

G30/9

科学的社会功能

〔英〕J. D. 贝尔纳 著

陈体芳 译 张 今 校

商 务 印 书 馆

1982年·北京

J. D. Bernal

THE SOCIAL FUNCTION OF SCIENCE

George Routledge & Sons Ltd. London, 1944.

据英国乔治·劳特利奇父子有限公司1944年版译出

科学的社会功能

〔英〕J. D. 贝尔纳著

陈体芳译 张 今校

商务印书馆出版

（北京王府井大街36号）

新华书店北京发行所发行

民族印刷厂印刷

统一书号：2017·286

1982年11月第1版

开本850×11681/32

1982年11月北京第1次印刷

字数442千

印数12,300册

印张19 1/8 插页3

定价：（精）3.05元

出版说明

科学学，又称“科学的科学”，是一门以科学本身为研究对象的新学科，它探讨科学的社会性质、作用和发展规律，以及科学的体系结构、规划、管理和科学政策等问题。这是在本世纪三、四十年代逐步发展起来的一门综合性的边缘学科。一般认为，这一名称是波兰学者奥索夫斯基夫妇在1936年首先提出的，但明确地阐述了科学学的思想，为这门学科的形成奠定基础的还是J.D. 贝尔纳在1939年出版的这部《科学的社会功能》。

六十年代以来，科学学在国外有了很大的发展。1964年英美科学家为纪念本书出版二十五周年，在伦敦出版了一部题为“科学的科学”论文集，贝尔纳曾为该书撰写了论述本书出版二十五年以后情况的文章。1965年，第十一届国际科学史大会召开时，贝尔纳在会上致开幕词，题为《在通向科学学的道路上》。此后，世界各国相继开展了科学学的研究，先后出版过科学学的论文集。目前，科学学在国外已形成为一门受到科学家和科学管理工作普遍重视的新学科。

近年来，我国科学工作者也逐步开展了科学学的研究。1979年7月在北京召开了“科学学学术讨论会”，会上许多科学工作者尝试用马克思主义来指导和研究科学学问题，表明我国的科学学已经有了一个良好的开端。

J. D. 贝尔纳(1901—1971)是英国著名的物理学家、伦敦

大学教授。他根据结晶学和生物化学方面的成就，研究了物质结构问题，在金属、激素、维生素、简单蛋白质和病毒结构方面均有著述。他还写有科学史、科学哲学和科学与社会问题的论著。代表作还有：《必然的自由》论文集(1949)、《生命的物理学基础》(1951)、《十九世纪的科学与工业》(1953)和《历史上的科学》(1954)等。

贝尔纳的这部著作，我馆1950年曾出版过张子美的摘译本(书名《科学与社会主义》)。为了给我国科学学的研究提供资料和借鉴，这次我们将本书全译出版。在书前，我们又转载了作者和麦凯合写的题为《在通向科学学的道路上》的文章，一并供读者参考。

商务印书馆编辑部

1981年5月

目 录

在通向科学学的道路上(J. D. 贝尔纳、A. L. 麦凯).....	13
序言.....	25

第一部分 科学现在所起的作用

第一章 绪论.....	33
-------------	----

科学面临的挑战.....	33
--------------	----

客观事态的影响； 是否应该禁止科学？ 对理性的背叛

科学和社会之间的交互作用.....	37
-------------------	----

科学作为纯思维； 科学作为一种力量； 幻想的破灭， 出路； 科学对社会的重要性； 作为劳动者的科学家； 以盈利为目的的科学； 科学机构； 科学能够存在下去吗？

第二章 科学的历史概况.....	49
------------------	----

科学、学术和手工艺.....	49
----------------	----

原始的科学； 农业和文明； 城镇和工匠； 僧侣和工匠之间不幸的分家；天文学； 医学； 希腊人和科学； 哲学家们支配下的科学； 希腊文化复兴； 伊斯兰教； 中世纪

现代科学的诞生——科学和贸易.....	57
---------------------	----

发明才能和学术的结合； 技术进步； 在手工艺知识基础上建立起来的科学； 意大利和第一批科学学会； 荷兰、英国和皇家学会； 新发现和航海术； 第一批科学家； 牛顿时代

科学和制造业.....	63
-------------	----

蒸汽机； 科学与革命——月社； 法国科学的伟大时代； 气体革命和化学工业； 十九世纪——科学成为必需的东西； 德国登场了； 作为一种机构的科学事业——纯科学的概念

科学和帝国的扩张.....	71
---------------	----

世界大战； 科学家的协作； 国家举办的科学事业； 战后时期和

经济危机	
科学和社会主义	75
第三章 英国科研组织现状	76
大学、政府和工业中的科研工作	
大学中的科研工作	77
科研工作者； 大学科研工作的性质； 工程学研究工作； 物理学和 化学研究工作； 医学课题的研究； 不平衡的科研规划	
科学学会	83
皇家学会； 英国促进科学协会	
政府科研工作	86
科学和工业研究部——国家物理实验所； 燃料研究工作； 食品研 究工作； 林业产品和建筑； 研究协会； 研究津贴	
医学科研工作	93
医学研究委员会； 私人医学研究	
农业科研工作	99
工业中的科研工作	105
费用； 工作的性质	
科研经费筹措	108
捐赠； 政府津贴； 经费管理； 财务监督； 科研财务的性质； 科 研费用的性质	
科研预算	115
第四章 科学教育	120
过去的科学教学	120
中学的科学教育	122
大学的科学教育	125
讲课制度； 专业化； 课程； 考试； 医学教育； 工程学	
科研工作者的培养	135
经济困难； 从事科研的机会； 发迹的问题； 科研职业	

科普工作	141
科学在现代的影响； 科学的孤立； 渗入科学界的迷信； 前科学的态度； 对科学的需要和对科学的压制	
第五章 科学研究的效率	150
科学的三个目的——心理目的、理性目的和社会目的	
纯科学的理想	151
把科学作为一种逃避现实的方法； 科学与玩世不恭	
科学在技术上的低下效率	158
糟糕的组织形式； 实验室工作对人才的浪费； 虚假的节约； 科学工作者的薪金	
科学研究所	164
大学实验室； 捐赠的影响； 政府办的实验室	
工业中的科研工作	170
保密； 缺乏学术自由； 低标准	
科学仪器	175
大量生产； 高昂的价格	
科研工作缺乏协调	178
非正规的方法； 不同学科互不通气； 老人统治； 科学工作必须组织起来吗？	
科学出版物	184
出版物的湮没； 出版费用； 个人交流和旅行	
效率不高的组织形式的后果	188
科学处于危机中	
第六章 科学的应用	191
科学和技术之间的交互作用； 科学对工业的渗透； 科学应用过程中的时间差距	
科学的有利可图性	199
筹措科研经费的困难； 取得实际成功的条件； 规模问题； 发明的浪费和挫折； 建设性和补救性的应用	
工业竞争和科学研究	206

垄断与科研	208
缺乏刺激力， 设备的废弃	
对科研的扼杀	214
专利	
工业科研合作	223
各工业行业之间的竞争	
经济民族主义和科研	226
保密， 国际垄断组织	
工业科研工作走上邪路	231
科学和人类福利	234
技术改进带来的失业， 不可能做到富足	
第七章 科学和战争	241
科学和战争在历史上的关系	241
火药， 大炮和文艺复兴， 战争和工业革命， 十九世纪， 世界大 战中的科学， 战争促成了国家组织的科研工作	
当前的军事科研工作	253
什么是军事科研？ 战争趋向于机械化	
科学和军备	256
重工业， 飞机生产， 化学工业， 炸药和毒气	
国家食品供应	260
科学研究转用于军事	264
军事科研， 战时的科学家， 全面备战， 防空， 保护平民	
科学家正视战争问题	271
科学家为和平而组织起来	
第八章 国际科学概况	274
过去的科学和文化	274
今日的国际科学事业	
语言问题	276

科学界及其各大区域	277
科学 的民族特点	
老工业国的科学	280
英国的科学； 纳粹当权以前的德国科学； 法国的科学； 荷兰、比利时、瑞士和斯塔的纳维亚的科学； 奥地利和捷克斯洛伐克的科学； 波兰、匈牙利和巴尔干诸国的科学； 西班牙和拉丁美洲的科学	
美国的科学	291
东方的科学	295
印度的科学； 日本的科学； 中国的科学； 伊斯兰国家的科学	
科学和法西斯主义	299
法西斯国家意大利的科学； 纳粹科学； 对犹太人的迫害； 对科学的镇压； 一切科学都为备战服务； 科学被歪曲得面目全非； 科学处于危机之中	
科学与社会主义	316
苏联的科学； 革命前的科学； 早期的斗争； 苏联科学的规模； 科学规划； 组织机构； 这个制度如何工作； 科学教育和文化普及； 苏联科学的特色； 辩证唯物主义和科学	

第二部分 科学所能起的作用

第九章 培训科学家	335
改组科学工作	335
扩展的必要性； 既有组织又能保持学术活动的自由； 吸收科学家的办法； 职业选择； 敞开进入科研工作的大门； 吸收新人员的指导机关	
改变科学教学方法	340
中学科学教学	341
一种有生气的课程； 为大众所共有的科学	
大学科学教学	344
科研作为教学方法； 科学和文化； 职业教育； 专业化； 高级大学；	

科研和教学	
修订课程	349
物理学； 化学； 天文学和地质学； 生物学； 医学； 社会科学	
第十章 改组科研工作	360
若干首要的原则	360
作为职业的科学工作	
专业化	362
专业化的控制	
实验室组织	365
作为基本单位的实验室； 协作事业； 作为训练中心的实验室； 民主办实验室； 实验室主任； 行政主管人； 实验室代表； 经费筹措； 图书管理员； 样品管理员； 机修师和仓库保管员； 实验室委员会； 科研计划； 组织起来的各种危险性； 为成长预作安排； 科研工作中的主动性； 组织和自由	
科学事业的全面组织	381
科研的横的和纵的分类； 大学的地位； 科学的复杂性； 相互联系	
的方案	
科学院	385
职权； 保证科学院工作能力的方法； 选举形式	
技术—科学研究所	389
科学界和工业界之间的双向交流； 研究所和新生产； 人员； 物理学部门和化学部门； 生物学部门； 社会学研究所和规划工作	
工业实验室和野外试验站	393
实验工厂； 野外试验站； 应用研究的性质； 控制设备废弃	
资本主义制度下的科学应用	396
社会主义和科学发展的条件	
第十一章 科学交流	398
科学出版物的职能	399
发表单元的种类； 发行的问题； 以发行服务机构来取代期刊； 直	

接影印复制； 这个制度将如何进行工作； 摘要； 报告； 控制弊端； 眼前的可能性	
国际上的问题	409
分散化； 第二科学语言	
个人接触的重要性	411
为旅行提供便利条件	
科普工作	413
科学和报界； 通过无线电和电影院来传播科学知识； 科普书籍； 世界百科全书； 群众参加科学工作	
第十二章 科学经费筹措	419
科学和经济制度	419
科学的经费需要——灵活性和可靠性	
计划经济中的科学	420
预算的决定； 内部经费分配； 实验室的经费筹措； 加强科学事业； 人才的利用； 科学工作者的地位； 对经费不加任何外来限制； 最适宜的支出	
资本主义经济中的科学经费筹措	427
科学界和工业界之间必须更好地相互了解； 科学基金； 官方的反对理由； 私人赠款； 科学事业能否自给自足？ 经济民族主义和计划性科学	
科学自由	433
摧残； 科学事业需要组织起来； 科学家和人民	
第十三章 发展科学的战略	437
科学工作可以规划吗？	437
灵活性； 全线推进； 受阻地点； 扩大战线； 巩固阵地； 理论的重要性； 经常的修正； 基本研究和应用研究的平衡	
第一阶段：对科学作全面调查	443
大自然的世界和人的世界； 需要真正起作用的社会科学	

科学的前景	445
未完成的任务	
物理学	447
物质的结构； 地球物理学	
化学	450
金属； 反应； 化学的改造； 胶质和蛋白质	
生物学	453
生物化学； 生物物理学； 胚胎学； 细胞核和遗传学； 生态学； 动物行为； 动物社会	
社会科学和心理学	458
科学的前途	460
交互作用	
第十四章 科学为人类服务	462
人的需要	462
基本需要：生理需要和社会需要	
食物	464
新农业； 用细菌方法和化学方法生产食物； 分配； 烹调	
衣着	468
废弃纺织	
住房	468
新材料； 室内气候； 家用设备； 未来的城市； 城市和乡村； 规划	
健康	472
疾病防治； 老年人的疾病和死亡； 人口控制； 在良好社会条件 下，人口大幅度增长	
劳动	477
主要考虑应该是工人而不是利润； 设计可以消除而不是制造单调乏 味的劳动的机器； 劳动是一种乐趣	
娱乐	479

目 录

在通向科学学的道路上(J. D. 贝尔纳、A. L. 麦凯).....	13
序言.....	25

第一部分 科学现在所起的作用

第一章 绪论.....	33
-------------	----

科学面临的挑战.....	33
--------------	----

客观事态的影响； 是否应该禁止科学？ 对理性的背叛

科学和社会之间的交互作用.....	37
-------------------	----

科学作为纯思维； 科学作为一种力量； 幻想的破灭； 出路； 科学对社会的重要性； 作为劳动者的科学家； 以盈利为目的的科学； 科学机构； 科学能够存在下去吗？

第二章 科学的历史概况.....	49
------------------	----

科学、学术和手工艺.....	49
----------------	----

原始的科学； 农业和文明； 城镇和工匠； 僧侣和工匠之间不幸的分家；天文学； 医学； 希腊人和科学； 哲学家们支配下的科学； 希腊文化复兴； 伊斯兰教； 中世纪

现代科学的诞生——科学和贸易.....	57
---------------------	----

发明才能和学术的结合； 技术进步； 在手工艺知识基础上建立起来的科学； 意大利和第一批科学学会； 荷兰、英国和皇家学会； 新发现和航海术； 第一批科学家； 牛顿时代

科学和制造业.....	63
-------------	----

蒸汽机； 科学与革命——月社； 法国科学的伟大时代； 气体革命和化学工业； 十九世纪——科学成为必需的东西； 德国登场了； 作为一种机构的科学事业——纯科学的概念

科学和帝国的扩张.....	71
---------------	----

世界大战； 科学家的协作； 国家举办的科学事业； 战后时期和

经济危机	
科学和社会主义	75
第三章 英国科研组织现状	76
大学、政府和工业中的科研工作	
大学中的科研工作	77
科研工作者； 大学科研工作的性质； 工程学研究工作； 物理学和	
化学研究工作； 医学课题的研究； 不平衡的科研规划	
科学学会	83
皇家学会； 英国促进科学协会	
政府科研工作	86
科学和工业研究部——国家物理实验所； 燃料研究工作； 食品研	
究工作； 林业产品和建筑； 研究协会； 研究津贴	
医学科研工作	93
医学研究委员会； 私人医学研究	
农业科研工作	99
工业中的科研工作	105
费用； 工作的性质	
科研经费筹措	108
捐赠； 政府津贴； 经费管理； 财务监督； 科研财务的性质； 科	
研费用的性质	
科研预算	115
第四章 科学教育	120
过去的科学教学	120
中学的科学教育	122
大学的科学教育	125
讲课制度； 专业化； 课程； 考试； 医学教育； 工程学	
科研工作者的培养	135
经济困难； 从事科研的机会； 发迹的问题； 科研职业	

科普工作	141
科学在现代的影响； 科学的孤立； 渗入科学界的迷信； 前科学的态度； 对科学的需要和对科学的压制	
第五章 科学研究的效率	150
科学的三个目的——心理目的、理性目的和社会目的	
纯科学的理想	151
把科学作为一种逃避现实的方法； 科学与玩世不恭	
科学在技术上的低下效率	158
糟糕的组织形式； 实验室工作对人才的浪费； 虚假的节约； 科学工作者的薪金	
科学研究所	164
大学实验室； 捐赠的影响； 政府办的实验室	
工业中的科研工作	170
保密； 缺乏学术自由； 低标准	
科学仪器	175
大量生产； 高昂的价格	
科研工作缺乏协调	178
非正规的方法； 不同学科互不通气； 老人统治； 科学工作必须组织起来吗？	
科学出版物	184
出版物的淹没； 出版费用； 个人交流和旅行	
效率不高的组织形式的后果	188
科学处于危机中	
第六章 科学的应用	191
科学和技术之间的交互作用； 科学对工业的渗透； 科学应用过程中的时间差距	
科学的有利可图性	199
筹措科研经费的困难； 取得实际成功的条件； 规模问题； 发明的浪费和挫折； 建设性和补救性的应用	
工业竞争和科学研究	206

垄断与科研	208
缺乏刺激力， 设备的废弃	
对科研的扼杀	214
专利	
工业科研合作	223
各工业行业之间的竞争	
经济民族主义和科研	226
保密； 国际垄断组织	
工业科研工作走上邪路	231
科学和人类福利	234
技术改进带来的失业； 不可能做到富足	
第七章 科学和战争	241
科学和战争在历史上的关系	241
火药； 大炮和文艺复兴； 战争和工业革命； 十九世纪； 世界大 战中的科学； 战争促成了国家组织的科研工作	
当前的军事科研工作	253
什么是军事科研？ 战争趋向于机械化	
科学和军备	256
重工业； 飞机生产； 化学工业； 炸药和毒气	
国家食品供应	260
科学研究转用于军事	264
军事科研； 战时的科学家； 全面备战； 防空； 保护平民	
科学家正视战争问题	271
科学家为和平而组织起来	
第八章 国际科学概况	274
过去的科学和文化	274
今日的国际科学事业	
语言问题	276

科学界及其各大区域	277
科学的民族特点	
老工业国的科学	280
英国的科学； 纳粹当权以前的德国科学， 法国 的科学； 荷兰、 比利时、 瑞士和斯堪的纳维亚的科学； 奥地利和捷克斯洛伐克的科学； 波兰、 匈牙利和巴尔干诸国的科学； 西班牙和拉丁美洲的科学	
美国的科学	291
东方的科学	295
印度的科学； 日本的科学； 中国的科学； 伊斯兰国家的科学	
科学和法西斯主义	299
法西斯国家意大利的科学； 纳粹科学； 对犹太人的迫害； 对科学的镇压； 一切科学都为备战服务； 科学被歪曲得面目全非； 科学处于危机之中	
科学与社会主义	316
苏联的科学； 革命前的科学； 早期的斗争； 苏联科学的规模； 科学规划； 组织机构； 这个制度如何工作； 科学教育和文化普及； 苏联科学的特色； 辩证唯物主义和科学	

第二部分 科学所能起的作用

第九章 培训科学家	335
改组科学工作	335
扩展的必要性； 既有组织又能保持学术活动的自由； 吸收科学家的办法； 职业选择； 敞开进入科研工作的大门； 吸收新人员的指导机关	
改变科学教学方法	340
中学科学教学	341
一种有生气的课程； 为大众所共有的科学	
大学科学教学	344
科研作为教学方法； 科学和文化； 职业教育； 专业化； 高级大学；	

科研和教学	
修订课程	349
物理学； 化学； 天文学和地质学； 生物学； 医学； 社会科学	
第十章 改组科研工作	360
若干首要的原则	360
作为职业的科学工作	
专业化	362
专业化的控制	
实验室组织	365
作为基本单位的实验室； 协作事业； 作为训练中心的实验室； 民 主办实验室； 实验室主任； 行政主管人； 实验室代表； 经费筹 措； 图书管理员； 样品管理员； 机修师和仓库保管员； 实验室 委员会； 科研计划； 组织起来的各种危险性； 为成长预作安排； 科 研工作中的主动性； 组织和自由	
科学事业的全面组织	381
科研的横的和纵的分类； 大学的地位； 科学的复杂性； 相互联系 的方案	
科学院	385
职权； 保证科学院工作能力的方法； 选举形式	
技术—科学研究所	389
科学界和工业界之间的双向交流； 研究所和新生产； 人员； 物理 学部门和化学部门； 生物学部门； 社会学研究所和规划工作	
工业实验室和野外试验站	393
实验工厂； 野外试验站； 应用研究的性质； 控制设备废弃	
资本主义制度下的科学应用	396
社会主义和科学发展的条件	
第十一章 科学交流	398
科学出版物的职能	399
发表单元的种类； 发行的问题； 以发行服务机构来取代期刊； 直	

接影印复制， 这个制度将如何进行工作， 摘要， 报告， 控制弊端， 眼前的可能性	
国际上的问题	409
分散化， 第二科学语言	
个人接触的重要性	411
为旅行提供便利条件	
科普工作	413
科学和报界， 通过无线电和电影院来传播科学知识， 科普书籍， 世界百科全书， 群众参加科学工作	
第十二章 科学经费筹措	419
科学和经济制度	419
科学的经费需要——灵活性和可靠性	
计划经济中的科学	420
预算的决定， 内部经费分配， 实验室的经费筹措， 加强科学事业， 人才的利用， 科学工作者的地位， 对经费不加任何外来限制， 最适宜的支出	
资本主义经济中的科学经费筹措	427
科学界和工业界之间必须更好地相互了解， 科学基金， 官方的反对理由， 私人赠款， 科学事业能否自给自足？ 经济民族主义和计划性科学	
科学自由	433
摧残， 科学事业需要组织起来， 科学家和人民	
第十三章 发展科学的战略	437
科学工作可以规划吗？	437
灵活性， 全线推进， 受阻地点， 扩大战线， 巩固阵地， 理论的重要性， 经常的修正， 基本研究和应用研究的平衡	
第一阶段：对科学作全面调查	443
大自然的世界和人的世界， 需要真正起作用的社会科学	

科学的前景	445
未完成的任务	
物理学	447
物质的结构； 地球物理学	
化学	450
金属； 反应； 化学的改造； 胶质和蛋白质	
生物学	453
生物化学； 生物物理学； 胚胎学； 细胞核和遗传学； 生态学；	
动物行为； 动物社会	
社会科学和心理学	458
科学的前途	460
交互作用	
第十四章 科学为人类服务	462
人的需要	462
基本需要：生理需要和社会需要	
食物	464
新农业； 用细菌方法和化学方法生产食物； 分配； 烹调	
衣着	468
废弃纺织	
住房	468
新材料； 室内气候； 家用设备； 未来的城市； 城市和乡村； 规划	
健康	472
疾病防治； 老年人的疾病和死亡； 人口控制； 在良好社会条件	
下，人口大幅度增长	
劳动	477
主要考虑应该是工人而不是利润； 设计可以消除而不是制造单调乏	
味的劳动的机器； 劳动是一种乐趣	
娱乐	479

改造世界	
生产.....	481
合理社会中工业的一体化	
矿业.....	484
取消地下作业； 熔炼——新金属	
电力生产	487
节省资本； 新式发电机； 动力储存； 电力的应用； 流体力学 ——火箭飞行	
工程.....	490
合理的机器； 有智慧的机器； 土木工程	
化学工业	492
为了需要而规划物质的生产； 食品生产； 药品； 化妆品； 废物处 理； 新材料； 新生产方法	
运输.....	499
空中运输； 旅行中的舒适； 货物运输； 进一步的可能性	
分配.....	501
食物； 商品	
通讯.....	503
取消单调乏味的工作； 自动化	
管理和控制	505
科学的总效果	506
人类的主要任务； 是帮助科学完成其使命还是给科学泼冷水？ 抛 弃乌托邦； 新的文明； 自由和斗争； 对人类的信心	
科学和社会	511
第十五章 科学和社会改造	513
社会条件和科学	513
科学如何改变社会	513
科学对于生产方法的影响； 意识到这种摧残	

今天的科学工作者	515
在经济上的依赖性； 遵奉时尚的倾向； 科学癖好； 科学和宗教；	
狭隘的眼界； 科学界的老人统治	
作为公民的科学家	521
形势的影响； 经济危机； 五年计划； 马克思主义和科学史； 法	
西斯主义的产生； 科学家的反应； 备战	
社会觉悟	529
由科学家来统治？	
科学家的组织	531
对于社会责任的认识； 科学工作者的协会	
科学和政治	536
保持中立是不可能的； 群众对科学的看法； 科学和民主； 人民阵	
线； 科学家如何出一份力量	
第十六章 科学的社会功能	542
历史上的大变革	542
社会与文明； 科学革命——资本主义的作用； 科学的社会意义；	
科学在过渡时期的任务； 可以防止的祸害； 发现需要、 满足需要	
科学和文化	546
改造科学	547
新事物的起源问题； 辩证唯物主义； 理性的扩展； 将来的趋势；	
作为共产主义的科学	
附 录	553
I. 关于大学和科学学会的图表	553
(A) 文科、理科、医科和工科的职位数目与分配	
(B) 各年级专职教学人员的人数和平均收入	
(C) 理科、医科、工科和农科高年级学生的人数和分配	
(D) 1934—35年大学的收入	
(E) 主要科学学会所属科学家人数	
II. 政府资助的研究	557

(A) 政府科研经费, 1937年	
(B) 科学和工业研究部年度经费概况	
(C) 1936—37年度研究协会的收入	
(D) 研究协会接受政府津贴和工业捐助的总额	
III. 工业科研	560
(A) 英国大小工厂的数字	
(B) 学会、政府和工业企业提供给各种科学刊物发表的论文数字	
(C) 各企业的工业研究经费	
IV. 军事研究经费	562
V. 议会的科学委员会报告	563
VI. 法国科学事业的组织	573
VII. 苏联科学事业简介	575
VIII. 科学出版工作和文献目录编制工作机构方案	582
IX. 世界和平大会1936年布鲁塞尔国际和平运动科学小组委员 会的报告	592
X. 科学工作者协会	595
(A) 英国科学工作者协会的政策	
(B) 美国科学工作者协会的临时纲领	
汉英人名索引	603

图 表

一、科学和工业研究的组织体系	384
二、工业生产	482
三、苏联科学事业的组织	581

在通向科学学的道路上*

J. D. 贝尔纳、A. L. 麦凯

1. 关于科学学的定义

《道德经》，这部描述中国人对自然与社会运动看法的中国古典优秀著作，一开始就明确告诫人们，过于刻板的定义有使精神实质被阉割的危险：

“道，可道；非常道。

名，可名；非常名。”^①

“道”，就是在一定的结构内永无休止的变化。对于科学或科学学，我们也无需下一个严格的定义，因为科学或科学学正是此类性质的活动。作为一般的阐述，我们可以采纳普赖斯的定义，他认为科学学就是“科学、技术、医学等等的历史、哲学、社会学、心理学、经济学、运筹学及其他”。M. 奥索夫斯卡和 S. 奥索夫斯基于1935年提出的研究纲要就包含了这个一般的定义。奥索夫斯卡和奥索夫斯基正是用了“科学的科学” (Science of science) 这个术语，并且第一次把这个术语用于我们今天要使用的含义上(他们认为，这个术语是T. 科塔尔宾斯基教授在1927年创造

* 本文摘译自波兰《科学学问题》季刊，1966年第1—2期。原文系 J. D. 贝尔纳和 A. L. 麦凯在第十一届国际科学史大会(1965年)开幕式上联合发表的报告。——编者

① 这段引文可译为：“道”，说得出的，它就不是经常的“道”；“名”，叫得出的，它就不是经常的“名”。老子的“道”有两个意思：有时是指物质世界的实体；更多的场合下是指物质世界变化发展的规律。——译者

的)*。

首先应该指出“科学的科学”这个术语的“反身的”性质。重复使用“科学”一词就是强调，我们应该着手来完成连物理学、心理学、宗教科学等都向我们提出的对主体与客体、观察者与观察对象、创造者与创造物、火种与媒介物的综合工作。这里的每一对概念都是统一的有机体。总之，科学也应该研究它自己本身。

牛顿发现苹果落到地上的意义在于使天和地形成一个统一的机体。量子力学得到发展，要归功于它考虑到了一直袖手旁观的观察者对被观察的结构发生影响的事实。

正如其他学科一样，科学学也可以分为理论的和应用的两个部分。前者是描述和分析，说明科学和科学家活动的方式。后者是综合和规范化，提出的问题是：如何使科学应用于人类社会的需要。科学学应该成为真正的、具有某种特点的科学。它应该充分运用观察、估算、试验以及运筹学等手段。如同研究箭的飞行不能提供出现代物理学规律的充足数据一样，关起门来谈论科学的作用也不能建立起科学学。如果哲学家今天仍然用芝诺^①的范畴来理解“时间”这个概念，而置相对论、量子力学、天体物理学等最新概念于不顾，那就只能自我出丑。科学学不是从天上掉下来的，必须通过研究现实生活、花大气力去寻找。

2. 科学学的必要性

E. 赖特于1599年在《航行中的一些错误》一书的献词中鼓励

* M. 奥索夫斯卡、S. 奥索夫斯基：《科学的科学》，载《波兰科学》，第20卷，1935年。

① 芝诺(Zenon, Z. Elea)，公元前五世纪希腊哲学家。——译者

他的资助者继续进行科学探索。赖特认为,在科学发现的规范中,出现了根本的变化,这也是同后来T. 库恩的解说相一致的。S. 斯特德文特差不多在同一时间也发现了这一点。培根也曾竭力寻求新规范的变化方式,并且完成了“有待后人克服的……知识的全部缺陷”。他曾预见“艺术的艺术”的产生,以及“在哲学方面给以指导和启示的科学”的产生*。培根在《新工具》一书中写道:“正如我们现在所有的科学并不能帮助我们发现新的工作一样,我们现在所有的逻辑也并不能帮助我们发现新的科学。”**在科学革命的时代,敏锐的人们正在纷纷发现新事物,并且提出了“它到底是什么”的问题。

最近数十年,出现了规范继续变化的标志。普赖斯的统计表明,从1660年起,科学出版物的数量是按照指数曲线增长的,但这种倾向也不会一成不变地持续下去。美国在1965年的科学与发展研究经费为国民收入的3.2%,约210亿美元,在最近十三年,这类费用每年增长13%,也就是五、六年增长一倍。

美国历史学家H. 亚当斯在1905年就注意到了这一点,他写道:“表现中世纪人类思想特点的单一性,逐渐被多样性所代替。由于镭的发现使科学界感到震惊,即是一个例证。然而,可以完全肯定的是,根据我的系数和曲线的分析,随着发展速度的加速(我们看到从十七世纪以来就是如此),一百年以后,也许是五十年以后,在人类的思想上将要出现一个彻底的转折。那时,作为理论或先验论原理的法则将消失,而让位于力量。道德将由警察

* F. 培根:《知识的进展》之九。

** F. 培根:《新工具》,华沙,1955年,第59页。中译文转引自《十六——十八世纪西欧各国哲学》(北京大学哲学系外国哲学史教研室编译),商务印书馆1975年版第9页。

所代替。爆炸材料的能量将达到宇宙水平。分散将压倒集中”。尽管亚当斯懂得，以数字为依据的方法在历史研究中是不可缺少的，而他的历史设想，正如他自己所承认的那样，都是由科学的描绘和借喻所构成，而不是依据严格的论证。尽管如此，他的这种历史设想仍然具有极大的启发性。

由于变革速度的加快，每一个人的生活与其父辈相比，其共同之处越来越少。他会碰到越来越多的用传统方法解决不了的新问题。因此，科学，作为解决新问题的手段，其作用将日益增大，我们将会越来越强烈地感到，认识科学的所有方面是如何发展的，是十分必要的。

某些因素的数量变化，导致不同质的问题的产生。当我们开始认识科学发展的某种模式时，科学却又在向前迈进了。

对科学学的需求，部分地说，是总的知识水平的反映，而主要源泉是下列诸实际因素：

(1) 美国的科学与发展研究经费以指数速度的增长不可避免地要出现停滞。最近一个时期，联邦政府在这方面的经费每四年增加一倍，而这种增长速度是不可能长久持续下去的。不论是在美国，还是在实力较差一些的国家，必然要在费用极高的发展研究方案中进行某种选择。在培养和使用科学力量方面，也必须制定合理的计划。因此，为了进行选择，就需要有一些标准。

(2) 生产的改进是随着科学研究经费的增加而来的。结果，尽管交通联络手段在发展，各国之间的经济与科学的不平衡状况，将有增无减。

(3) 科学上的一种病态——求大，如同建筑金字塔一般追求庞大，其迹象是明显的，不仅仅美国是这样。随着原子能委员会的增多，此类现象也日益明显。军事装备的科学与发展研究，取

代了装甲舰的建造(这种进程对科学与科学家的影响尚待研究)。

(4) 科学在提供食物和其他生活用品以及文化娱乐方面,取得的成就是惊人的。这就要求更好地利用现有的可能性。分配有限的财富的战略,也要求加以实际的拟定。

3. 科学学产生的初步条件

我们认为,目前已经存在着科学学产生的足够的初步条件,并且在这方面第一次有可能形成一整套知识、理论和技术。下边就是这些条件的一部分:

(1) 目前,科学具备了从事深入统计研究的相当规模和多样性。在开普勒和伽利略的时代,从事科学研究仅仅是一种个人活动,这种统计研究就无从谈起。

(2) 目前,我们掌握了相当多的经过集中整理的历史事例,足以使我们去认识其主要现象,并对它们进行分类。

(3) 目前,科学研究是在各种不同的文化环境条件下进行的,通过比较,即与中国的、伊斯兰的、印度的、日本的或俄国的经验相比较,便可以把西欧的由希腊、犹太、基督教、罗马传统因素所产生的科学的特点,从比较普遍的因素中区别出来。同样,通过对不同经济制度下的科学发展的比较,也就能确定经济因素对科学发展的作用。

(4) 目前,在科学和科学界的组织方面,存在着有计划的试验的可能性。

(5) 生活的速度,主要由于通讯联络的日益完善,在我们的时代是如此迅速,现在进行的一些试验,在过去那是不可想象的。上述大部分因素,是与通讯联络的发展密切相关的,这也许在一

定意义上来说是不利的，与世界的普遍影响相隔绝来观察科学，会遇到重大的困难。但是，如今恐怕很难找到一种文化能幸免于来自地球大气中的放射性尘埃的“污染”。

(6) 我们正处于科学发展的极为有意思的阶段，在这个阶段，新的联系与综合迅速出现。整个文化大厦的阶梯和全面联系的结构轮廓已经开始呈现出来。我们也开始看到了每到达一种水平高度时所出现的新特点。普赖斯关于科学联系机体的研究工作，在这方面具有拓荒者的性质，他的研究是数量分析的尝试，促进了揭示支配科学运动的规律。

4. 科学学的特性

(1) 可以说，科学学这门学科，如同其他大多数学科一样，也不能臆断地预言这门学科的理论结构，我们只能通过试验和观察来描绘其细节。然而，理论结构的假设，不仅无害，甚至还是必要的。因为假设能帮助我们的是：当我们看到的现象不符合所假设的结构时，就修改这种假设的结构；而当我们看到的现象符合所假设的结构，并通过分析确认它们在这一结构中的地位时，那就更有意义了。

(2) 过去在欧洲曾经存在过亚里士多德的和宗教教义的宇宙观，它对待矛盾的态度是通过论证或试验加以解决。但是在印度，当人们发现某些与世界面貌不相符合的现象时，唯一的反映却是：“是的，这是奇迹，那有什么办法？”因此，在这里感觉不到有任何矛盾。而在中国则又是一种情况，老夫子们认为，他们是被紧紧地束缚在大自然运动的机器上，每当这架自然机器失调，他们就感到不自在，反之亦然。

(3) 可以认为, 在科学研究中, 许多新的概念将作为新的现象出现。例如, 在对语言的研究中, 情况正是这样, 语言是地地道道的人类独特的一种体系, 但在语言研究中, 却发展了(尽管是缓慢地)统计与数字这样的新的部门。而信息理论和语言统计学(是和韦弗、香农、布里渊、维纳、赫登等人的名字密切相联的), 又导致产生了一些新的观点, 其中不仅有语言学方面的, 而且还有物理学方面的新观点。

(4) 最近二十年, 由于 X射线和电子显微镜的应用, 生物学在我们的视野里发生了深刻的变革。目前, 它具有比以往更加令人满意的和更加清晰的概念轮廓, 它已经成为了一种真正的科学, 而不再仅仅是被观察到的事实的汇总。这要归功于对各个具体等级的验证, 这些等级包括: 原子、单体粒子、聚合物粒子、分子结构、机体、社会性等, 对每一个等级, 只有在研究了它的上、下级的条件下才能充分理解。

(5) 科学是科学家从事的劳动。个体心理学和个体行动的方式, 是科学学的最基础的一级。可惜, 心理学是比分子生物学更为复杂的领域。虽然它是从1860年 G. T. 费希纳的著作《心理物理学要素》出版时起就已开始形成一门科学, 但其发展却很缓慢。

其他的社会科学, 例如经济学, 尽管进行一些量的归纳是没有问题的, 但也还明显地处在科学前的阶段(Stadium Przednaukowe)。

(6) 虽然我们希望高尔顿的格言“只要你能够, 就要算清楚”能在科学学上得到应用, 但是, 必须避免出现虚假的概念。布莱克特的定律“任何一个设计的完成, 所要求的时间为原先计划的3.14倍”, 是一种对所谓精确性的嘲笑。普赖斯曾提醒洛特克有关1926年科学效率的分布的法则, 洛特克1956年出版的《数学生

物学要素》一书^{*}，更进一步预示了结构分析法，并包含了许多对科学学有益的思想。很值得将该书以及托马森1948年的《发展与形式》同现代分子生物学的状况加以比较，那时我们会立刻发现，稍微直接一点观察严密的机体，其价值至少不低于许多次不连贯地分析宏观结果的同样价值。

当然，比科学学更高一级的科学也还处于刚刚发展的开始阶段。然而，任何一种研究科学的最一般特点的理论，必然会遇到军事因素、威信因素以及宇宙竞争因素等等的压力。L. F. 理查森于1922年研究了气象学的复杂物理问题之后^{**}，又转向更加困难的社会心理问题，然而，对这些问题的研究，至今没有收到太大的效果。

在目前科学学发展的最初阶段，把科学作为一种现象来研究，也应该象研究其他对象一样，从能够获得有力的立足点和取得具体的结果的方面开始。

目前可以举出下列研究：

(1) 统计研究：因为统计研究能够揭示客观存在的法则和规律，我们正在探索开展这种研究的手段。就象根据反应速度来鉴定单分子、双分子和链型结构一样。但是，根据几个宏观参数，目前还难以详细阐述这些手段。

在各个阶段互不协调的体系中，往往形成紧张现象，而在有计划的体系里，却能达到最大效益。这个事实正是说明必须进行计划的明显证据。这两者之间的差别，可说是一种不变的常规，就象蜡烛与激光之间、闲逛与有计划的旅行之间的差别一样。为

^{*} A.J. 洛特克：《科学效率的分布规则》。

^{**} L.F. 理查森：《用数字程序预报天气》。

了设计激光，必须懂得具体结构，而统计并不见得就是达到此目的的最好途径。

其他用途的情报源也可以利用，但必须制定一个关于收集情报的具体要求方案，任何类型的科学组织，不论是列昂节夫的或斯通的输入-输出型的，都要求收集科学家流动的专门数据。

(2) 关键事例的详细研究：当然，这是正统的科学史家基本的工作范围。无需多说。然而，这里应该指出的是同时发明的事例，因为它们具有可资借鉴的性质。在相反的情况下，则可以提出这样的问题：为什么两个人研究同一个问题，其中一个找到了答案，而另一个却没有呢？如同普赖斯一样，我们也引用圣马太的一段话：“有两个人在地里，一个被接受，另一个却没被录用”。这同在农业科学中对于单卵双生的现象的研究，情况是一样的，这种方法可以比复杂的和费用高的因素分析提供更多的情况。

(3) 结构研究：结构研究也可以叫作科学的生理学，它的任务是把科学活动按其各种组成和特征“装配”成模型。它与分类理论一样，结构分析可以研究带有完全不同结构成分的同形结构。分析科学的组成以显示它的结构，也是这个生理学的对象。例如《伦琴射线五十年》一书中包含的内容，也可以用来进行分析，以表示出“教师-学生-学校”的关系，亦即是前一批发明和后一批发明之间相互联系及相互作用的后果，就象研究青蛙的血管活动一样。

(4) 试验研究：由于现在的科学研究都是由大型的组织领导的，因而可以进行科学结构的试验。在复杂的经济结构和其他结构中，利用专门的信号，在选定的点上导入干扰，并且在一定部位上表示完全位移的“噪音”中探测出这种波来，从而完成测量工作。这种情况，就如同根据外部尺寸，求出盒子内部的容积的情

况差不多。这类试验可以是什么破坏性的，甚至不被判定是一种试验。

从人力耗费的意义上来说，特定任务的研究是最方便的研究方式。但是，因为人脑的工作非常缓慢，尽管由于有良好的记忆力能同时研究许多问题，但这种途径毕竟不是实现上述任务的最好途径。比如，可以提出这样的论点：如果印度存在的主要经济问题是传统的出口环节薄弱，那么印度的科学家大家都来利用自己的一部分时间研究这个问题，是不是比几个专家利用自己的全部时间研究这个问题更好一些呢？因为过去没有试验过的研究方式必定存在。

(5) 分类是在收集具体事例的描述之后出现的一个阶段。目前，这样的描述非常多，我们可以根据下列方式对科学发明作如下分类(默顿已经作过这样的分类)：

a. 由于一个人偶然的观察得到了根本的启示而获得的科学发明，

b. 由于两个人每人都拥有一部分数据材料而获得的科学发明(F. 克里克和 J. 沃森肯定就是这样的“实践小组”)；

c. 由于人们集体有步骤地在凡是有可能的一切地方寻找期待得到的答案而获得的科学发明。

时间、地点、姑娘，还有激情的火花，所有这一切加在一起，就是创造活动所必须的条件。

这里就出现一些实际问题。如果寻求上千个问题的答案的愿望是每个多产的科学家的特点，那么怎么样组织科学家的有效合作，以便取得最高频率的成效呢？一个科学机关招聘某一位苏格拉底(或者御前丑角)，让其跟随身边，发问一些幼稚可笑的问题，试问，那会有什么意义呢？任何研究工作的中心问题是：“两

个脑袋要比一个脑袋取得较好的成果，这是怎么回事？”而更困难的一个问题是：“一个脑袋也会工作，这又是怎么回事？”

5. 结 论

为了发展科学学，我们应该支持现代科学研究，其办法是：

(1) 在高等学校设立科学学的研究机构；

(2) 促使现有的科学史研究机构从事现代科学学的研究，因为目前还没有人从整体上来从事科学的研究（恐怕在英国的大学里没有这种整体科学的教研室，而只有各种专业教研室）。经济学与社会学教研室与研究所，比科学的哲学单位更有条件着手开始科学学的工作。

(3) 支持科学评论家的职业和活动，赋予他们以类似于文艺评论家的职责，使其担负起发掘根本因素和进行评论分析的创造性责任。

(4) 国家机构以应有的形式积累统计材料，并且建立自己的科学学研究机关。从国际范围来讲，这自然也是很必要的，因为科学是带有世界性的活动。

开展科学学的试验研究，特别是：

(1) 对比各种培养干部的方法；

(2) 在为发展科学创造合适的环境方面进行社会学的试验；

(3) 对科学创造进行社会心理学试验；

(4) 开展科学经济学的研究；

(5) 要研究小国是否也能最有效地利用科学，例如，能否让科威特的酋长仿效哈伦·拉希德的榜样，成为一位教育和科学的慷慨施主呢？

支持传统的科学史研究：

(1) 应该支持具有更加明确观点的倾向，这就是分析决定方向的因素，对历史事实进行分类和揭示科学发明的规范。

(2) 支持非欧洲文化的研究(在那里书面文献的意义远比“师生”关系的意义为小)。

(3) 建立原始技术协会或普罗米修斯俱乐部，可以由它们出面组织周末郊游营地，以便让科学家和其他人实地试验过去的各种科学技术。世界上有一些机构对正在过时的各种技术方法进行着勤奋的工作，以便在它们完全消失之前记录下来，但是，这种机构尽管为数不少，却总是很不够。

总起来说，我们希望把科学当作整个文化的一个组成部分来对待，以促进所有人的智育和体育的发展。

(刘仲春摘译)

序 言

过去几年的事态促使人们用批判的眼光对科学在社会中的功 xiii
能进行审查。人们过去总是认为：科学研究的成果会导致生活条件的不断改善；但是，先是世界大战，接着是经济危机，都说明了：把科学用于破坏和浪费的目的也同样是很容易的，于是就有人要求停止科学研究，认为这是保全一种过得去的文明的唯一手段。面对这些批评，科学家们自己也不得不开始第一次卓有成效地考虑他们所做的工作同他们自己周围的社会和经济现象有何种关系。本书试图对这种关系进行一些分析；探讨科学家个人或科学家集体对这一状况应负多大责任，并且提出一些可行的办法，以便把科学用于有益的目的，而不是破坏性的目的。

首先，决不能用孤立、静止的眼光来研究科学的社会功能，而要把它当作一种随着科学的发展不知不觉地发展起来的事物来加以研究。科学已经不再是富于好奇心的绅士们和一些得到富人赞助的才智之士的工作。它已经变成巨大的工业垄断公司和国家都加以支持的一种事业了。这就不知不觉地使科学事业，就其性质而言，从个体的基础上转移到了集体的基础上，并且提高了设备和管理的重要性。不过由于科学事业的发展很不协调、杂乱无章，结果到目前已经形成了一种极其无效率的体制，无论就其内部组织而言，还是就其应用于生产或福利问题的手段而言，都是如此。要使科学为社会所充分利用，就必须首先把它加以整顿。这是一项非常困难的任务，因为要把科学事业组织起来就有破坏科学进步

所绝对必需的独创性和自发性的危险。科学事业当然决不能当作行政机关的一部分来加以管理，不过无论在国内还是在国外、特别是在苏联，最新的事态都表明，在科学组织工作中把自由和效率结合起来还是可能的。

科学的应用还引起了另外一些问题。在这方面，过去的倾向几乎完全是把科学用来改进物质生产(主要是通过降低生产成本)和发展武器。这不仅带来了由于技术改进而引起的失业，而且使人们把那些对人类福利、特别是对人们的健康和家庭生活有更直接价值的应用几乎完全置诸脑后。这就使各种学科的发展变得极不平衡。可以比较直接地带来利润的物理学和化学欣欣向荣；生物科学，尤其是社会科学，则奄奄一息。

要讨论科学的应用，就必然涉及经济问题。我们不得不追问一下：现行的或者大家所提出的各种经济制度，到底能为最大限度地利用科学造福于人类提供多大机会？而且，经济不能同政治割裂开来。法西斯主义的出现，此刻在世界到处燃起的一系列战争，以及迎接一场更为全面更为可怕的战争的准备工作都不仅使科学家们作为公民受到影响，而且还使他们的工作受到影响。自从文艺复兴以来，科学本身似乎也破天荒第一次陷于危机之中。科学家已经开始认识到自己的社会责任，不过如果要使科学执行传统所要求于它的功能并且避免威胁着它的危机，就需要科学家们和普通群众都进一步认识科学和当代生活之间的复杂关系。

对现代科学本身进行分析，已经变成了一项绝不是一个人所能单独担当的任务；事实上，至今还没有过这样一部研究性著作，连一部把各种资料搜罗到一起的著作也没有。要分析许多世纪以来发展起来的科学、工业、政府和一般文化之间的复杂关系，那就更为困难了。这样的任务不仅需要人们对整个科学有全面的了

解,而且还需要人们具备一位经济学家,一位历史学家和一位社会学家的技能和知识。我不能不用这些笼统的话作为部分理由来替本书的性质辩护。我很明白,而且现在比自己刚刚着手写作时更深刻地明白自己缺乏这项工作所需要的能力、知识和时间。我是一个埋头于一项专业的、从事实际工作的科学家,又有不少其他的职务和工作。这个课题本来要求对参考文献进行研究,我连这项工作都没有做得很彻底,而且,我也不可能连续长期地集中精力从事这项工作,只能断断续续地工作,每次也不过短短数天而已。

在任何全面的研究性著作中,绝对有必要既在统计数字上又在细节上做到精确无误,可是有时,由于缺少某些档案资料,我根本无法达到这种精确性,有时,由于其他档案资料过多而且凌乱不堪,以致我只有在作出巨大努力之后才能达到这种精确性。例如,谁也不知道各国有多少科学家(也许苏联除外),在他们身上化了多少钱。而这些钱又是由谁供给的。他们在做些什么工作按 xv理是可以查明的,因为他们的研究成果都发表在三万多种科学期刊上,不过他们怎样进行工作并且为何进行这些工作却无从知道。

我不得不主要依赖个人经验来描述和评论科学工作的管理状况。这容易产生双重的缺点:个人经验可能不具有代表性或者个人的结论有偏见。关于第一点,我同许多领域中各式各样的科学家们多次谈话的结果使我相信:同我所经验的许多情况相类似的事情在科学界任何其他部门中几乎都可以遇到。至于第二点,我得坦率承认:我是有偏见的。我对于缺乏效率,摧残科学事业和把科学研究用于卑鄙目的感到愤慨。正是由于这个原因,我才来研究科学和社会的关系,并尝试写作这本书。如果说在细节方面偏见看来可以使人们作出苛刻的判断的话,那么,无法否认:科学家当中普遍存在的愤慨情绪本身就证明,科学界的情况并不都

很美妙。不幸，人们却无法在任何公开出版的著作中自由而且精确地谈论科学事业的管理状况。禁止诽谤的法律、国家的种种借口，更有甚者，科学界本身的不成文法规都使人不可能把具体的事例作为赞美或谴责的对象而公之于世。责难必须是泛泛的，以至达到不能令人信服和缺乏实质内容的程度。不过总的论点若是正确的话，科学家们就能用自己的事例来加以补充，非科学家们也能根据自身的经验来考核科学事业的最后成果，并且体会本书的论点对这种现象产生的原因作出多少说明。

科学事业遭受的摧残对于亲身目睹的人们来说，是极其令人痛心的事。对于大多数人来说，它意味着种种疾病，强制的愚昧，苦难、无效的劳动和未尽天年的夭折，对于其余的人来说，它意味着忧心忡忡、探索不已而又虚度年华的一生。科学能够改变这一切情况，不过只有当科学界同一切能够理解它的功能的、志同道合的社会力量配合起来的时候，才能做到这一点。

面对着这个严酷但却充满希望的现实，把科学看做是一种纯粹的、超脱世俗的东西的传统信念，看起来在最好的情况下也只不过是一种逃避现实的幻想，而在最糟糕的情况下则是一种可耻的伪善。不过人们向来就是要我们这样看待科学的。许多人会对我们在这里所阐述的对科学的看法感到陌生，还有某些人会感到我们的看法是对科学的亵渎。但是，如果本书能够说明问题的确存在着，而且能够说明科学和社会的繁荣昌盛都有赖于科学和社会两者之间的正确关系，那么写作本书的目的也就达到了。

xvi 在写作这本书的过程中，我得到许多人的帮助，无法一一列举其名。我十分感谢我的朋友们和同事们，尤其是 H. D. 迪金森、I. 范库切恩、朱利安·赫胥黎、李约瑟、约翰·皮利、和 S. 朱克曼。他们都提出了批评和建议。我得感谢布伦达·赖尔森夫

人、M. V. H. 威尔金斯和鲁赫曼博士为本书提供很多资料、特别是统计资料。后者还撰写了一份关于苏联科学事业状况的附录。最后，我特别要感谢P. S. 米勒小姐为我订正手稿。

1938年9月于伯克贝克学院

第 一 部 分

科学现在所起的作用

第一章 绪 论

科学面临的挑战

什么是科学的社会功能呢？在一百年或甚至在五十年以前，即使对科学家自己来说，这也会是一个奇怪的，几乎没有意义的问题，对于行政官员或普通公民来说，更是如此。当时，很少有人去考虑科学的社会功能。如果有人考虑这个问题的话，他们当时也认为，科学的功能便是普遍造福于人类。科学既是人类智慧的最高贵的成果，又是最有希望的物质福利的源泉。虽然有人怀疑它能否象古典学术那样提供同样良好的普通高等教育，然而，当时人们认为，无可怀疑的是，它的实际活动构成了社会进步的主要基础。

现在我们有了与此完全不同的看法。我们这个时代的种种困难本身似乎就是这种社会进步所造成的。科学所带来的新生产方法引起失业和生产过剩，丝毫不能帮助解救贫困。这种贫困状态现在和以往一样地普遍存在于全世界。同时，把科学应用于实际所创造出来的武器使战争变得更为迫近而可怕，使个人的安全几乎降低到毫无保障的程度，而这种安全却是文明的主要成就之一。当然我们不可以把所有这些祸害和不协调现象全都归咎于科学，但是不可否认，假如不是由于科学，这些祸害就不致于象现在这个样子。正是由于这个原因，科学对文明的价值一直受到了怀疑，至今仍然如此。至少对比较体面的阶级来说，只要科学的成

果有利而无弊，科学的社会功能就毋庸置疑，不必加以审查。现在，科学既然兼起建设和破坏的作用，我们就不能不对它的社会功能进行考察，因为它本身的生存权利正遇到挑战。科学家们和一些思想进步的人士可能感到：这是不用回答的问题，世界所以陷入目前的状态，完全是由于滥用科学的缘故。但是，现在已经不再可能把这种为科学辩护的论点看作是不言而喻的道理了，科学必须首先接受审查，然后才能够为自己洗刷掉这些罪名。

客观事态的影响 过去二十年的事态不仅仅使普通人改变了他们对科学的态度，也使科学家们深刻地改变了他们自己对科学的态度，甚至还影响了科学思想的结构。三百年来科学领域中理论方面和总看法方面的最重大的变化足以同世界大战、俄国革命、经济危机、法西斯主义的兴起、以及迎接一场更新的、更可怕的战争的准备工作等令人不安的事态相提并论。这看来似乎是一个奇怪的巧合。关于公理学和逻辑学的论战，动摇了数学的基础本身。牛顿和麦克斯韦的物理学被相对论和量子力学完全推翻了，而后者至今仍是人们不甚理解的、似非而是的理论。生物化学和遗传学的发展使生物学面目一新。这些都是在科学家们个人一生中相继迅速发生的变化，迫使他们比前几个世纪的科学家们更加深入得多地去考虑他们自己的信念的根本基础。他们也无法不受外界力量的影响。对所有各国的科学家来说都一样，战争就意味着把他们的知识用来为直接的军事目的服务。经济危机直接影响到他们，使许多国家的科学进展受到阻碍，并使其他国家的科学事业受到威胁。最后，法西斯主义证明，虽然人们本来认为迷信和野蛮行为已经随着中世纪的结束而绝迹了，但是现在，就连现代科学的中心也可能受到迷信和野蛮行为的波及。

是否应该禁止科学？ 这一切令人震惊的事实所造成的结

果自然是，科学家自己的思想陷于巨大混乱，人们对科学的估价也发生巨大混乱。有人提出——而且是在英国促进科学协会这样一个令人意想不到的地方提出来的——要禁止科学研究，或者至少要禁止把科学的新发现加以应用。里彭主教在1927年向英国促进科学协会讲道时说：

“……我甚至甘冒被听众中某些人处以私刑的危险，也要提出这样的意见：如果把全部物理学和化学实验室都关闭十年，同时把人们用在这方面的热血和才智转用于恢复已经失传的和平相处的艺术和寻找使人类生活过得去的方法的话，科学界以外的人们的幸福也不一定会因此而减少……”
——摘自1927年9月5日《泰晤士报》第15页。

对理性的背叛 人们不仅反对科学的具体成果，而且对科学思想本身的价值也表示怀疑。十九世纪末叶，由于社会制度面临危机，反知识主义开始抬头了，索雷尔和柏格森的哲学就表现了这种思潮。他们把本能和直觉看作比理性更为重要。在某种程度上，正是哲学家们和形而上学理论家们自己首先铺平了道路，使人们有可能替法西斯主义的思想——在神人般的领袖指导下采用残暴手段的思想——辩护。伍尔夫先生是这样说的：

“我们正生活于这样一个斗争和文明毁灭的时期中。我们在周围到处可以看出，大家熟知的学术上的江湖骗术的征候正在侵入形而上学的思想界。这些征候在表面上虽然可能各不相同，实质上却是一样的。人们把理性视为过时而予以摒弃。如果有人要在人家证明之后才肯相信某一事实，对方就会以太师爷的态度声言人家只配当个一年级小学生，并且罚他照下面的话抄五百遍：‘我决不应该要求证明。’美立都之辈责备苏格拉底派和阿那克萨哥拉派信奉亵渎神灵的无神

论。罗马知识分子抛弃了卢克莱修和希腊哲学家，而去学习东方诸国巫师从天启中得到的关于宇宙的真理。有的书由于要求提供证据，或者对某人关于宇宙性质的直觉是否具有真理性表示怀疑就被焚毁，有时还因此把书的作者活活烧死。狄俄尼索斯^①的秘术、伊西斯或奥塞利斯^②的符箓、对于太阳的崇拜或对于一只圣牛的崇拜，通过凝视自己的脐孔或在早餐前使自己害病而获得的知识、从桌子腿上和从心灵体的外流得到的启示等等在当时都已经证明是洞察宇宙、上帝和绝对真理的本质的一些有效方法。一个人的强烈信仰既然已经成为衡量真理的尺度，竟然还有一些可耻的家伙仍然企图运用自己的理性，而且十分懦弱地承认自己不知道死亡时会遇上什么情况，不知道为什么无数星星会闪耀于空间、不知道自己的狗是否有不朽的灵魂、不知道为什么世界会有邪恶的事、不知道全能的上帝创造宇宙之前在做些什么、也不知道他在宇宙灭亡之后还要做些什么——很难让这样的蠢货进入有识之士和体面的哲人之林。”——《骗术！骗术！》第166页* 这种神秘主义和抛弃理性思维的倾向不仅是群众不安定和政治不安定的标志，而且还深深地渗透到科学结构本身中去。从事实际工作的科学家可能一如既往地坚决予以否定，但是，在十八、十九世纪已经为人们所不齿的一些科学学说、特别是涉及整个宇宙或生命的本质的形而上学的和神秘主义的学说，正在试图重新赢得科学界的承认。

① 希腊酒神。——译者

② 二者均古埃及的神。——译者

* 还可参考L. 霍格本教授著：《对理性的背叛》(The Revolt from Reason)。

科学和社会之间的交互作用

我们不能再无视这样的事实：科学正在影响当代的社会变革而且也受到这些变革的影响，但是为了使这种认识多少具有实在的内容，我们需要比以往更仔细地分析两者之间的交互作用。在着手进行这种分析(这是本书主要任务之一)之前，研究一下目前流行的关于科学具有什么性质和科学应该具有什么性质的各种看法，是有益的。存在着两种截然不同的观点，我们可以称之为理想主义的科学观和现实主义的科学观。在第一种观点来看，科学仅仅同发现真理和观照真理有关；它的功能在于建立一幅同经验事实相吻合的世界图象。这和神秘主义的宇宙论的功能有别。只要不忘记它的真正目标，如果它再具有实用价值的话，那就更好了。第二种观点则认为，功利是最主要的东西，真理似乎是有用的行动的手段，而且也只能根据这种有用的行动来加以检验。

科学作为纯思维 上述两种观点是两个极端：两者都有一些变通的观点，而且两者之间还存在着很多的共同点。持第一种观点的人们不承认科学有任何实用的社会功能，或者至多认为：科学的社会功能是一个比较次要的和从属的功能。他们为了替科学的存在辩护而提出的最常见的理由是：科学本身就是目的，科学就是为认识而认识的纯认识。这种观点在科学史上起了重大的、但并不是完全有益的作用。它在古典时代是一种占据支配地位的观点，柏拉图的话对这种观点作了完善的表述：

“问题在于：学术工作的比较主要和比较高级的部分，究竟是不是便于我们对至善的本质形态加以观照。照我们看来，这是一切事物的倾向。这种倾向强迫灵魂转移到包含着真实

的实在的最幸福的部分的那个领域中去，而灵魂能见到这个真实的实在则是具有头等重要性的。”——《理想国》第七卷。*

现代人在陈述这种科学观时，并没有说它是科学所以有存在权利的唯一理由，而只是说它是科学所以有存在权利的主要理由。他们认为科学是一种手段，可以用来找出答案，以便回答人们在宇宙和生命的起源、死亡和灵魂永存的原由等方面可能提出的一些最深刻的问题。把科学用于这一目的是自相矛盾的，因为这样做就是把科学所“无法”知道的事物，而不是把科学所确立的真理当作有关宇宙的种种论断的根据。既然科学无法说明宇宙如何形成，宇宙想必是由一个有智慧的造物者所创造的。既然化学无法合成生命，生命的起源当然就是一个奇迹。量子力学的不确定性本身变成了人类自由意志论的根据。这样，人们就把现代科学变成古代宗教的同盟军，甚至在很大程度上使它成为宗教的代用品。在伯明翰主教和英奇教长协助之下，通过秦斯、爱丁顿、怀特海和 J. S. 霍尔丹的努力，一门新的、科学的神秘宗教正在建立起来。这种宗教的基本观点是：绝对价值在不断地被创造出来，这个演进过程的顶点就是人类的出现。把科学这样地用来为基督教教义辩护在目前的社会中无疑也是科学的社会功能之一，

5 但是这并不能说明为什么要有科学，因为用简单的直觉也能找出同样令人满意和同样无法证实的答案来回答宇宙问题。把科学应用于现代派宗教中，实际上就是明明白白地承认科学在一般文化

* 值得注意的是：这一段紧接在讨论科学的军事用途的那段文字之后。在柏拉图看来，科学的军事用途便是科学的用途中最高尚的用途。

“他继续说：很显然，其中涉及战略的部分的确全都和我们有关系。因为在扎营、占领阵地、集中和布署军队时，以及当一支军队在战场上或在行军中进行一切其他活动时，对一个军人来说，自己是否具有几何学知识，情况会大不一样。

但是我却回答说：略知一点几何学和计算方法就足以应付这些情况。”

中的重要性。任何宗教观点都至少得要用科学术语来加以阐述而且要不违背当代科学理论的确凿成果，否则这种宗教观点就不可能在知识界站住脚。

理想主义的科学观的最温和的变种认为：科学简直就是人们的智慧和教养的不可分割的一部分，当代科学知识也和当代文学知识一样为上流社会所不可缺少。当然，事实上，至少在英国，情况决不是这样的，不过教育家们往往想单单用这种理由来为科学的存在辩护，从而把科学融化到一般人文主义中去。例如，伟大的科学史作家萨尔顿就发出呼吁，要求把科学人道化：

“要想使科研劳动人道化，唯一的办法是向它灌注一点历史精神，即崇敬过去的精神——崇敬世世代代一切良好意愿的见证人的精神。不论科学变得多么抽象、它的起源和发展过程本质上都是同人道有关的。每一项科学成果都是博爱的成果，都是人类的德性的证据。人类通过自身努力所揭示出来的宇宙的几乎无法想象的宏大性，除了在纯粹物质的意义上以外，并没有使人类变得渺小；反而使人类的生活和思想具有更深刻的意义。每当我们对世界有了进一步理解，我们也就能够更加深刻地认识我们和世界的关系。并不存在着同人文科学截然对立的自然科学；科学和学术的每一门类都是既同自然有关，又同人道有关。如果你指出科学对人道的深刻意义，科学研究就变成了人们所能创造的最好的人道主义工具；如果你排除了这种意义，单纯为了传授知识和提供专业训练而教授科学知识，那么学习科学，就失去了一切教育价值了，无论从纯粹技术观点来看其价值有多大。如果不结合历史，科学知识就可能危及文化；如果把它同历史结合起来并用崇敬过去的精神加以节制，它就会培育出最高级的文

化。”——《科学史和新人道主义》第68页。

这种对科学功能的看法和古典哲学家们的观点的共同性在于：两者都认为，科学是单纯的智力活动，同客观宇宙有关（这一点是千真万确的），而不涉及数学、逻辑学和伦理学的更纯粹的观念，但仍然是以严格的观照方式研究宇宙的。尽管许多科学家本身都持有这种观点，它本质上是自相矛盾的。假如科学的功能在于为了观照宇宙而去观照宇宙，那么我们今天所说的科学根本就不会存在了，因为极其粗略地阅读一下科学史就会知道：促使人们去作科学发现的动力和这些发现所依赖的手段，便是人们对物质的需求和物质工具。人们所以如此成功地并且如此长期地坚持这一观点，只有一个解释：科学家们和科学史家们忽视了人类的全部技术活动，尽管这些活动至少也如同伟大的哲学家们与数学家们所从事的抽象思维一样，和科学有许多共同点。

科学作为一种力量 与上述看法对立的观点把科学看作是一种通过了解自然而实际支配自然的手段。这种观点虽然遭到反对，但却普遍存在于古典时代。罗吉尔·培根和文艺复兴时代的人们明确地指出这种观点是希望的所在，不过最先以现代方式对这一科学观加以充分阐述的是弗朗西斯·培根：

“人类获得力量的途径和获得知识的途径是密切关联着的，二者之间几乎没有差别；不过由于人们养成一种有害的积习，惯于作抽象思维，比较万全的办法还是从头开始，阐明各门科学是怎样从种种和实践有关的基础上发展起来，其积极作用又怎样象印戳一样，在相应的思辨上留下印记并决定这种思辨。”

至少有两百年，这一直是占统治地位的科学观。

“那么培根对自己提出了怎样的目标呢？用他自己说过的

一个强调的词来说，便是“果实”，这便是增加人类幸福和减轻人类痛苦。这便是改善人类的境况。……这便是不断为人类提供新方法，新工具和新的途径。这便是他在科学的一切部门，在自然哲学、立法、政治和道德等方面所进行的一切思考的目标。培根的理论的关键就是“功用”和“进步”两个字眼。古代哲学不屑于对人有用，而满足于保持停滞不前的状态。它主要研究道德完美的理论，想去解决无法解决的谜团，想去规劝人们到达无法达到的心理境界。这些理论是如此崇高，以至于永远不过是理论而已。它无法屈身从事为人类谋安乐的低贱职能。一切学派都把这种职能看做是有失身分的；有的甚至斥之为不道德的。”

麦考利在维多利亚时代的第一年便是这样写的。正像在当时绝大多数持进步观点的人们一样，他认为，科学的功能便是普遍造福于人类，

“随便问一个培根的信徒，新哲学（在查理二世时代，人们是这样称呼科学的）为人类做了什么，他就会立即回答说：7
‘它延长了寿命、减少了痛苦、消灭了疾病、增加了土壤的肥力、为航海家提供了新的安全条件、向战士提供了新武器、在大小河流上架设了我们祖先所不知道的新型桥梁、把雷电从天空安全地导入地面、使黑夜光明如同白昼、扩大了人类的视野、使人类的体力倍增、加速了运行速度、消灭了距离、便利了交往、通信、使人便于执行朋友的一切职责和处理一切事务、使人可以坐着不用马拖曳的火车风驰电掣般地横跨陆地、可以乘着逆风行驶每小时时速十哩的轮船越过大洋。这些只不过是它的部分成果、而且只是它的部分初步成果。因为它是一门永不停顿的哲学，永远不会满足、永远不

会达到完美的地步。它的规律就是进步。昨天还看不到的一点就是它在今天的目标，而且还将成为它在明天的起点。’”——《论培根》。

幻想的破灭 一位现代的麦考利对于科学的成果会有不同的、更有说服力的看法。他可以指出现在人类已经有了一百年前根本无法想像的物质享受和力量、现在人类在征服疾病方面已经取得了真正伟大进展、现在人类已经有可能永远免受饥馑和瘟疫的威胁，但是他将不得不承认：如同古代道德学解决不了人人有道德的问题一样，现代物质科学在事实上也解决不了普遍富裕和幸福的问题。战争、金融混乱、千百万人所需要的产品被人甘心情愿地毁掉、普遍的营养不良现象、比历史上的任何战争都更可怕的未来战争的威胁等等，这些都是我们在描绘现代科学成果时必须指出现象。所以无怪乎科学家们自己也越来越不相信科学发展本身会自然而然地使世界变好一点了。例如，艾尔弗雷德·尤因爵士1932年以主席身分向英国促进科学协会致词时就说过：

“我们感到，当代思想家们对所谓机械的进步的态度已经有了变化。赞美之中兼有批评；满足的情绪已让位于怀疑的心理；怀疑又变成了惶恐。正如一个人走了一大段路之后才发现自己拐错了弯一样，大家都存在着徬徨失望的情绪。要回头走是不可能的：以后怎样继续走下去呢？如果沿着某一条路走下去，会走到什么地方呢？一位鼓吹应用机械的人士表达了幻想破灭以后的某些失望情绪还是情有可原的。他此刻正以这种情绪冷眼旁观着过去使自己感到无限喜悦的新发现和新发明的壮观行列。人们不可能不问：这个宏大的行列将走向何方？究竟它的目标是什么？它对人类的前途可能产生什么影响？

这个壮观的行列本身就是现代的事物。一个世纪之前，它才初具规模，还没有取得今天使我们相当敬畏的势头。众所周知，工业革命是从英国开始的；英国在一个时期中，一直是世界工厂。但是不久新的习惯不可避免地蔓延开来了，现在所有的国家，甚至中国也多少有点机械化了。工程师的丰硕成果遍及全世界，把过去从来没有过的、也从来不敢想象的人才和力量赐给世界各地。这些礼物当中有不少无疑是有益于人类的，使生活内容更为充实，使生活面更为广阔，使生活更为健康，使生活享受品和乐趣更多，使生活中更加充满物质所能促进的一切幸福。但是我们深深地明白：工程师的才能已经被严重滥用而且以后还可能被滥用。就某些才能而论，既存在眼前的负担，也存在潜在的悲剧。人类在道德上，对这样巨大的恩赐是没有准备的。在道德缓慢演进的过程中，人类还不能适应这种恩赐所带来的巨大责任。在人类还不知道怎样来支配自己的时候，他们已经被授予支配大自然的力量了。

我没有必要详细论述现在迫切要求我们注意的各种后患。我们知道：在国与国的关系中，就象在人与人的关系中一样，为了保持和睦，就得把自己的自由稍微牺牲一点。如果要使世界维持和平并且让文明存在下去，就得放弃对于国家主权的普遍偏爱。地质学家们告诉我们：他们能够从进化史中查出某些已经灭种的物种的痕迹。这些物种正是由于拥有充足的和有效的防身器官和攻击器官才遭到灭亡的。这里包含着一个应该在日内瓦加以考虑的教训。不过，生活的机械化还有另一个方面，也许不那么为人所熟知，我愿冒昧地在这里最后谈一谈。

不但在工业生产中，而且在我们的一切工作中，甚至在耕地这种简单的工作中，机械都越来越代替了人力。其结果，人类就发现：一方面他们有了原来做梦也没有想到的无数财产与机会，另一方面，他们在很大程度上也被剥夺了一个无法估计的福份，即劳动的必要性。我们发明了能进行大量生产的机器，并为了降低单位成本而大规模发展生产。机器几乎是自动地不断吐出产品。工人在创造这些产品时并不起什么作用。他们已经丧失了工匠的乐趣、丧失了过去在认真运用自己的技艺、仔仔细细创造产品的过程中所感到的快慰。他们还常常遇上失业，而失业比做苦工还要悲惨。虽然各国都力图建立关税堡垒以便至少保住国内市场，生产过剩的互相竞争的商品仍然充斥全世界。……

有些人的确一片好意，诚心诚意地要帮助人类利用自然资源，但是我们必须承认：即使是他们的这种和平性质的活动也有其坏的一面。

9 补救之道何在？我是不知道的。有人可能设想出一个遥远的乌托邦。在那里，劳动和劳动果实都得到完善的调节，就业机会、工资收入和机器所生产的一切产品都实行公平分配。即使做到这一点，问题还照样存在。人类把差不多全部的劳动担子都推给不知疲倦的机器奴隶之后，如何去消磨自己得到的余暇？他们敢不敢希望自己在精神面貌上取得极大进步，以至学会妥善使用空闲时间呢？上帝是允许他们争取并达到这一目的的。他们只有通过探索才能找出办法来。我决不认为人类由于培育了工程师的创造才能就注定要衰亡。毕竟，这种才能是人类同上帝最相象的才能之一。”——《自然》杂志，第130、349，1932年版。

出路 有些人对挽救不可救药的人性感到完全绝望而放弃科学事业。另外一些人则更加潜心从事实际科学工作，根本不去考虑它对社会所产生的一切后果，因为他们已经事先知道这些后果可能是有害的。G. H. 哈迪关于纯数学有一句名言，只有极少数幸运儿才能象他这样说：

“这一科目毫无实用价值；这就是说：不能直接用它来毁灭人的生命或者用它来加剧目前财富分配不均的现象。”

不少人接受了一种主观的而又有点玩世不恭的观点，认为从事科学就是象打桥牌或猜字谜，不过对热衷于此道的人来说，比打桥牌或猜字谜更有刺激性更有趣而已。从某种意义来说，这种观点肯定是有些道理的。任何一位从事实际工作的科学家，都必须真正能欣赏自己所从事的具体工作并感到乐在其中。这种欣赏本质上无殊于艺术家或运动员对自己的活动的欣赏。卢瑟福过去一直把科学区分为物理学和集邮两类，不过要是把这个类比贯彻到底的话，就要把它简化为“摆弄机器”和搜集邮票了。

科学对社会的重要性 上述这些主观的看法并不能向我们说明整个科学的社会功能是什么。我们不能指望仅仅通过考虑科学家怎样看待自己工作和他们希望别人怎样看待他们的工作而找到答案。他们可能对自己的工作感到乐在其中，可能感到这是一种高贵的职业，或者是一种有趣的消遣，不过这并不能说明为什么科学在现代世界中得到巨大发展，也不能说明为什么它会成为今天世界上许多最能干最聪明的人们的主要职业。

科学显然已经取得了巨大的社会重要性。这种重要性决不单单是由于对智力活动的任何估价而产生的。科学现在肯定不是直接用于造福人类的。我们有必要去查明，科学实际上被用于什么目的。这项研究属于社会和经济性质而不属于哲学性质。

10 **作为劳动者的科学家** 我们必须认识到：科学之所以能够在它的现代规模上存在下来，一定是因为它对它的资助者有其积极的价值。科学家总得维持生活，而他的工作极少是可以立即产生出产品来的。科学家有独立生活资财或者可以依靠副业为生的时代早已过去了。用前一代的一位剑桥大学教授的话来说，科学研究工作已经不再是“供一位英国绅士消遣的适当工作”了。美国若干年以前进行的一次调查统计说明，在这个国家的二百名最著名的科学家当中，只有两个人是富有家财的，其余的人都担任有报酬的科学职位。今天的科学家几乎完全和普通的公务员或企业行政人员一样是拿工资的人员。即令他在大学里工作，他也要受到控制整个生产过程的权益集团的有效控制，即令不是在细节上受到控制，也是在研究的总方向上受到控制。科学研究和教学事实上成为工业生产的一个小小的但却是极为重要的组成部分。^{*}我们就是要它在它对工业的贡献中来找寻科学当前的社会功能。

以盈利为目的的科学 包括特殊的政府军事工业和最古老的产业(农业)在内的工业的发展历史显示：朝着提高生产效率，因而也就是朝着提高利润的方向改变工业生产过程的 重要工作，目前几乎完全是通过把科学加以应用来进行的。随着科学的应用而产生的三大技术上的变化是：生产自动化不断提高、由于杜绝浪费而使原料得到更好利用、由于周转加速而节约投资费用。不过自动化机器资本费用的不断增加大概可以抵销最后一个变化的效果而绰绰有余。一般说来，结果总是生产的经营成本降低。更常见的情况是，经营成本不变但却扩大了生产。因而科学就成为

^{*} 医学可以说是例外，不过在这一方面，可以把现代卫生设施的巨大发展看成是保护众多而密集的工业人口的必要因素。

其他降低成本的办法——工业组织管理、提高工人劳动强度或降低工资等——的补充。利用科学的程度取决于科学同上述其他办法比较之下的相对优点。这些优点是实实在在的,但有其局限性,不过由于生产者的保守性,这些优点并没有得到充分利用。所以,不管科学在发展过程中受到多大的阻碍,要不是由于它对提高利润有贡献,它永远不可能取得目前的重要地位。假如工业界和政府的直接和间接补贴终止的话,科学的地位会立即变得起码和中古时代一样低。根据这个实事求是的考虑,人们根本没有可能象伯特兰·罗素等唯心主义哲学家们所希望的那样,一方面不断发展科学,另一方面又不同时发展工业。把工业在供应仪器设备和 11 提出有待解决的问题方面对科学所作的巨大贡献撇开不谈,科学也不可能从任何其他来源获得充分经费。在社会主义经济中,这种联系会继续存在下去,因为在那里,随着科学为利润服务的弊病的消除,为了造福人类而最大限度地发展生产就变成头等必要的大事了。这样就有必要使科学同工业、农业和卫生事业空前紧密地结合起来。

科学机构 在前一个世纪中,由于工业和科学之间具有这种联系,科学已经不知不觉地成为一个可以同宗教或法律机构相提并论、甚至更为重要的机构了。它也同另两种机构一样,是依存于现存的社会制度的。它的人员主要也是从同一部分居民中来吸收的,它还浸透了统治阶级的思想。不过它也在很大程度上有了自己的组织系统,自己的历史和自己的观点。人们通常很容易把这种科学机构的继续存在视为理所当然的;由于科学同工业联系在一起,在过去取得了如此巨大的进展以后,人们就认为这种进展会自动地继续下去。其实认为科学会继续发展不见得比认为工业会持续发展更有道理。过去短短几年的事态表明:根据自己

对近年趋势的肤浅考察去预测经济发展前途是多么靠不住。应该有一个更为深刻而长远的观点。

科学能够存在下去吗？ 我们已经看到各种机构在历史进程中产生、停滞不前和消灭的过程。我们怎么知道科学不会遇到同样的命运呢？事实上，在现时代以前，历史上也有过一次极其伟大的科学运动，那就是古希腊时代的科学，它也有过自己的机构，但是早在孕育它的那个社会本身毁灭之前，它就消失了。我们怎么知道现代科学不会遇上同一情况，而且的确确在此刻还没有遇上同一情况呢？在回答这些问题时，只去分析目前科学的状况是不够的。要了解整个科学史才能作出完满的回答。不幸，还没有人写出或者还没有人准备写出一部科学史，来叙述科学作为一种与社会和经济情况有关的机构的历史。现有的科学史只不过是伟大人物及其成就的一种虔诚的记录，也许用来鼓舞青年科学工作者是适宜的，但是用它来了解科学作为一种机构的成长情况则不相宜。不过如果我们要了解象目前所存在的科学机构的意义和它同其他机构以及同一般社会活动的复杂关系，我们就必须设法写出这样一本历史。指明科学的前途的线索在于它的过去。不论多么草率，我们只有在考察了它的过去以后，才能够开始判断：科学现有的社会功能是什么和科学可以有的社会功能是什么。

第二章 科学的历史概况

13

科学、学术和手工艺

我们现在所说的科学是比较晚近的产物。它在十六世纪才具体形成，但是它的根源可以一直追溯到文明的萌芽时期，甚至可以进而追溯到人类社会的起源期。现代科学具有双重的起源。它既起源于巫师、僧侣或者哲学家的有条理的思辨，也起源于工匠的实际操作和传统知识。直到现在，人们重视科学的前一方面远远超过后一方面，结果，科学的整个发展就显得比实际情况更富于奇迹色彩。人类的理论活动和实践活动的交互作用是帮助我们理解科学史的一把钥匙。

原始的科学 毫无疑问，科学的这两方面曾经一度集中于同一个人身上，那时人人身兼巫师和工匠两职。原始生活的巫术方面和技术方面都有同一目标：要主宰外部世界，不管他们对这个外部世界是怎样设想的；要取得食物并且避免痛苦与死亡。我们现在所使用的技术，至少有三分之一肯定是旧石器时代人类的技术：打猎、设置陷阱、烹调、制革、皮毛加工、石料、木料和骨料的加工，绘画。这一切都比动物阶段有了巨大进步，而且是靠了社会和语言的发展才做到的。可是人类同自然界最早的接触几乎谈不上有什么科学性质。人类在最早同自然界接触的时候，一定是先接触到自然界中同他有最直接关系的事物，即他自己的那一群人，他需要用来作为食物和用来加工制成其他产品的动植物。

我们现在知道：这些是自然界中最复杂的部分，我们至今在很大程度上还无法用纯科学技术加以控制。所以，太古人以大不相同的方法来应付它们是不足为奇的，而且事实上也是绝对必要的。实际上，应付其他的人，动物和植物的办法就是依靠社会的生产性协作，逐渐改良人本身的动物行为机制。在另一方面，理论则是随着语言而开始产生的纯社会的产物。因此，最初人们不可避免地要从社会行为的角度来解释外部世界，也就是说，把动植物甚至无生命的东西都看作是人，理应受到部落非正规成员的待遇。在这个阶段中，逻辑和科学思想不仅是不可想象的，而且也是毫无用处的。

农业和文明 随着农业的产生就发生了人类社会中的第一次大革命。它开始于近东的某一小小的地区，然后缓慢地扩大到世界其他部分去。这个缓慢过程至今仍在继续之中。农业和一些新技术密切相关——驯养家畜，纺织，陶瓷生产和不久以后随之产生的对金属的利用。由于农业的发明而破天荒第一次有可能建立起来的两种社会结构，即贸易和城镇，对科学的发展更为重要。一种生产食物的新方法可能而且的确常常生产出一定数量的剩余食物，可以贮存和运输而不变质，这样就使越来越多的人有可能脱离生产食物的劳动而生活。这也使人们有可能到远处去觅求非食物的其他物质（开始时是孔雀石和琥珀之类的巫术用物品，接着是金属和建筑材料，）并运往农业中心。这样，贸易的办法就从更原始时期的礼仪性质的礼品交换中不知不觉地产生出来了。可是即使在物物交换的情况下，贸易也需要某种标准，于是度量衡和数第一次有了重要的实用价值。随着度量衡和数的使用，也就有可能把智力活动直接用于实用目的，这样就产生了一种并不是完全脱离实践的理论。度量衡和数需要有比记忆力更牢靠的记录，

因而就产生了书写的技术。它开始时用于记帐，进而用于一切记录，并且使社会具有了在时间上前后连贯的面貌。从此，社会就再也没有丢失这种面貌。不久一切现代的贸易形式——信用、汇票、贷款和利息——就产生了，随之又产生了相应的数学。所以至少早在公元前4000年，商人和他的职员就已经必需拥有相当完备的算术和代数知识。*

城镇和工匠 后来，贸易使许多村庄连成一片，不久就出现了城镇。城镇依靠许多村庄的余粮过活，并生产工具和奢侈品来同乡村交换。在城镇里，手工艺、特别是冶金工匠的新工艺，在经常很急迫的武器需求的刺激下，有了发展的机会。因为这时农业已有可能累积大量剩余粮食，战争和征服变得有利可图了。这些古代的城镇工匠约在公元前6000至4000年之间为我们留下了至今仍在使用的绝大部分生活技术：设有房间和炉灶的永久性的木石砖瓦结构房屋，浴室和排水设备，有轮子的车辆和船只，以及最简单的机器：斜面、滑轮、机床和螺丝。所有这一切都需要人们对力学和物理学有相当的了解。至于冶金工匠，他们还需要懂得化学。我们不知道人们当初对科学的理解是清清楚楚的，还是含含糊糊的：我们除了看到他们生产的物品外，没有看到什么记录。不过在公元前4000年至公元1500年之间那些技术相对停滞不前的局面说明，促成这些技术的产生的科学知识可能比我们所知道的要多。因为在那期间，尽管文明屡经变迁，除了数量和样式之外，技术传统大部分都原封未动地保存下来。

僧侣和工匠之间不幸的分家 当然，可能是由于文明的创

* 要想深入研究早期科学史的这个方面和其他方面，可参看戈登·蔡尔德教授所著《人类创造了自己》(Man Makes Himself)和他在《现代季刊》(Modern Quarterly)第2号中的文章。

造者已经十分妥善地找到了解决生活主要问题的办法，因而就没有什么力量推动后来人去加以改变。阻挠发展的可能是连绵不断的战争和不安定，不过另一个原因可能是：随着城市的兴起，实干家工匠和词令家僧侣之间第一次开始分家了。在许多世纪中，文字工作几乎完全是由僧侣包下来的，僧侣们的生活优于工匠而且更受人尊敬，因而能吸引最有才智的人。对生活有保障、毋需关心世俗之事的人来说，神学和形而上学是一种游戏，就象科学那样的有趣。理论家和实干家之间的界限一旦确立，物质上的进步和科学的发展都会变得困难、不肯定而且容易衰落。

天文学 幸而理论和实践还能继续在天文和医学两个领域里相遇。天文学对农业这项根本性工作、对制订历法都有实用价值，商人和航海家也需要利用天文学来区别星座以便导航。但是决不能让农民或商人自己去掌握天文学；它不但过于艰深，而且涉及上界之事，涉及掌握人类命运的神的领域。因而必须让僧侣们去解释和预告神的意志。占星术推动了精密而系统的观察，大大有助于天文学和一般科学。天文学是初等数学可以对外部世界现象给予有效解释的唯一领域，当时，只运用智力还不足揭开工匠活动中所包含的过于复杂的科学道理，不过天体的运动似乎是

16 完全按几何学规律进行的，可以加以推导。这就需要进行观察和计算，而且也需要在各地都驻有天文学家长期进行工作，期限之长远超过一个人的生命（这一点对我们的研究目的来说是很重要的）——这种情况就意味着需要有大帝国和稳固的政府。作为一种机构的科学事业是在寺院的天文观察所中诞生的。众星的运动是有规律的；行星和月球的运动极为复杂，迫使天文学家们进行愈来愈艰苦的努力来加以解释。几何学的主要轮廓就是在这个过程中完成的。

医学 医学的情况就不那么幸运了。人们对于某种医治疾病的方法的需要比对于天文学的需要更为急迫，不过医疗取得成功的机会必然要少得多。在上一世纪中叶以前，医生实际上还不可能明白自己为了行医所必须了解的基本生理学和化学现象。的确，在外科方面可以采取一些有效的措施，在护理方面也可以运用某种常识，所用药物的一小部分偶而也可能有些好处*。不过，尽管医生有学问，他作为一个医务人员的主要任务仍然是使病人怀抱希望并使家属觉得尽了责任。由于医生侍候的是有钱有势的人，所以一开头医生就是从有特权和有知识的阶级中选拔的。由于有这样的出身，他们也的确想把他们的实践上升为某种理论。假如我们把希波克拉底药典等极少数有见地的著作除外的话，这些理论就都是一些比神学或哲学还可悲的胡思乱想，不过它们到底还是研究科学的一种尝试，我们的生物实验方法和科学教育制度在很大程度上应归功于这些医生们。

希腊人和科学 随着希腊文明的兴起，有一段时间似乎可能已经产生了我们今天所说的科学。早期的希腊人，特别是埃奥尼亚地方的希腊人，本身都是出身于海盗的商人。他们既对实用感兴趣，又对理论具有孩子般的好奇心。这两种品质对于澄清我们对宇宙的认识是大有好处的。希腊人当然不是直接去探索宇宙的。他们只是不择手段地去获得古代世界的一切技术。他们有一个极大的有利条件，就是他们刚刚开始接触到这些技术，还有新鲜之感；因此，他们从一开始就可以撇开纯属传说和纯属神秘的东西，挑选出有用的、有启发性的东西。最近的研究告诉我

* L·霍格本教授在《大众科学》(Science for the Citizen)第777—778页中提出同样的论点。

们：古希腊人的科学成果极少是纯由他们创始的，很多是直接来自巴比伦人和埃及人那里引进来的。例如，希腊人的天文学成就就是在别人进行了几百年有系统观察的基础上取得的，而在那几百年中，他们还仅是毫无教养的野蛮人。

哲学家们支配下的科学 但是理论家和实干家之间不幸的分家很快就变得十分明显了，到第五世纪，这种分家在希腊比在古代近东国家更加泾渭分明。这时，希腊人还在继续消化外来思想并在技术上取得某些进展，不过却得不到有权势者的赞助了。希腊各城邦已经把政治当作仅次于贸易和战争的切身大事了。为了从事政治活动，掌握语言技巧变得比掌握事物原理更为重要了。希腊人的最伟大的天才都是善于冥想的人物；他们设法理解客观世界，但仅仅是为了敬慕永恒的真理，苏格拉底和柏拉图对于利用人的智慧去促成变革，都感到深恶痛绝；他们从城邦之间和各城邦内部各阶级之间的毁灭性斗争中，看到了太多这类变革了。所以柏拉图写道：

“人们从事科学是为了认识那永恒的事物，而不是为了认识暂时出现、但不久就消失的事物。”——《理想国》第七卷。

希腊文化复兴 随着亚历山大帝国和以后的希腊式城邦的建成，就开始发生了对这种观点的某种反动。亚历山大大帝的导师亚里士多德在自己的全面哲学中把实用因素和形而上学的因素结合起来，虽然他仅是通过后一因素对后代产生了影响。希腊的君主们喜欢比较实用的科学。这时的确也是希腊力学和数学的伟大时期，不过需要解决的问题是十分有限的，实际上只限于建筑和军事工程。围攻战和海战对机械制造技术提出了很高的要求。力学是天文学之后最容易以数学形式表述的学科。阿基米德本人

就是一个伟大的工匠。他的工作表明：希腊人至少已完全掌握了静力学的原理了。

不过，我们认为更重要的是这样一个事实：在亚历山大城，科学工作破天荒第一次组织起来了，而且是由国家来组织的。亚历山大城博物院是图书馆，大学和研究院三位一体的结合体；科学家由国家供养，再不必到各处去觅求衣食了。这个博物院的工作不久就蜕化变质，陷入故弄玄虚和神秘主义的泥坑。它依赖向君王们提供劳务存在下去。君王们的需要是很容易加以满足的，总有一大群奴隶随时准备去完成需要花费气力的工作。这一经济 18 发展的时期也好景不长，各城邦不久就转入守势，希腊科学的最有前途的特征之一，对外国的好奇心，也消失了。只有文学、哲学和一点天文学存在下来。

伊斯兰教 不过，虽然博物院蜕化变质而且不复存在了，建立这样一个机构的想法却继续传下去。在科学史的下一时代，即伊斯兰教称霸的时代（那个时代把不出成果的罗马帝国时代丢在一旁），几所类似的机构设立起来了而且也兴旺过一个时期。当伊斯兰科学事业方兴未艾之际，促成希腊科学事业的那种既对实用发生兴趣又对理论发生兴趣的现象又重新出现了。伊斯兰教远远比希腊哲学更带有注重物质的倾向。最受尊敬的穆斯林不是农夫，战士，僧侣或哲学家而是有道德的商人。阿拉伯人大事搜罗希腊、波斯和印度的比较带有理论性质的著作，但是他们也注意收集手艺人的，特别是药剂师和金工工匠的著作。炼金术对化学所起的有力推动作用不下于过去占星术对巴比伦天文学所起的作用。化学同天文学与数学不同。这是一门只有通过逐渐积累实验结果才能加以掌握的学科。它并不需要用全面的理论加以圆满解释。事实上，早期的化学理论并没有对古代冶金工匠操作过程中

包含的道理作出什么重要的说明。当讲求实效的化学家想要取得某种结果时，他明白该怎么办，不过他却不可能知道方法所以奏效的真正原因。

中世纪 伊斯兰和希腊的科学知识传入还处于野蛮状态的中世纪西方的过程是缓慢的。在很长一段期间，它在那里完全没有用武之地。开头，人们更需要的是通过阿拉伯文译本传入的希腊哲学著作，接着才对比较具体的科学成就有所需求。西方人先是输入东方工匠和商人的产品——丝绸，钢铁，宝石，香料和药品，过了好几百年才尝试同样地生产这些产品，才尝试去发现这些产品的来源地。我们只偶尔在学者中间（例如大阿尔伯特和罗吉尔·培根）发现有人对科学的重要性及其对人类的价值有所觉察。中世纪的社会已经摆脱野蛮状态，建成了相对稳定的社会制度了，不过这个社会制度却是以一种原始的经济为基础的，因而也不需要先进的科学，更不能为先进科学提供发展机会。并不是说没有什么发明创造；而是说这些发明无从发展起来。在意大利有人在十三世纪就发明了同哈格里夫斯式纺纱机基本上相似的纺织机，并且实际投入了使用，但是，不久行会就因其危及手工业者生计而予以禁止。

中世纪社会正是由于十分成功地造成了停滞不前的状态因而也使得这种状态变得不稳定起来。社会秩序和安定有助于贸易，贸易使财富积累起来。财富的积累又同封建政府的经济不相适应。裂痕首先发生于意大利，现代的科学也是在那里诞生的。文艺复兴的经济方面和学术方面相互密切地发生作用。工商业仍照传统方式迅速发展，在此同时又重新发现了哲学的希腊本源，附带地也发现了科学的希腊本源。

现代科学的诞生——科学和贸易

理论与实践之间的不幸差距虽然还相当大，但在某些方面却弥合起来了。优秀的工匠依靠自己的手艺出了名，甚至跻身于富人之列。某些有学问的人和某些贵族竟然肯对机械技巧感到兴趣了。在文艺复兴时期的意大利城市里，画家、诗人、哲学家和从希腊流浪来的学者都聚集在银行家或巨商的宅第中。科西莫·德·梅迪契于1438年在佛罗伦萨创办了第一所现代科学院、它固然仅是一个柏拉图式的学园，但却无疑是一个冲破了经院界限的科学院，而且还是以后接着成立的许多科学院的典范。希腊和伊斯兰科学事业初创时的条件在这里也具备了，不过却存在着一个重要的差别。西欧是一个比较贫穷而且人口稀少的地区，它的统治者一心想发财致富，但都缺乏发财致富的天然手段。采掘贵重金属、战争和无殊于海盗行径的海外贸易是最现成的手段。可是中世纪的基督教世界却极度缺少古代帝国的那种人力资源。

发明才能和学术的结合 发明才能就是在这时身价倍增。起初这种才能仅是工匠或水车工人的天然才具。小规模采矿公司想要不吸收新的合伙人或者不支付雇佣工人的沉重工资，又能排水采掘矿砂，就只好自己去发明新机器来进行工作。不过后来，当封建王侯或巨商变成矿山、铸造厂和船只的主人时，他们自然要求助于有教养的人们，即技匠和数学教授们，或者不如说后者 20 乘这个机会毛遂自荐。下面列举的列奥纳多·达·芬奇写给米兰公爵的信(边码第167页)可以作为一个烱炙人口的例子。他在信中提出要制造一大批各式各样新式军用机械，要去管理排水和土木工程。并且还添了下面一句话作为补充：“我善于雕刻大理石像、铜

像及石膏像；我的绘画能力亦不亚于任何人。”实际上，他大概是由于仪容和歌唱能力而受宠。这事本身说明廷臣、学者、军人和机械匠等行业是多么接近。这一情况在中世纪是不可能存在的，在古典时期的古代，也同样是是不可能的。

技术进步 技术发展本身必然是缓慢的，这并不是由于个人无法改进它，而是由于他们无法将这种改进传给后人。由于保密的必要性，由于个人技能无法传授，由于在行会支持下不那么成功的对手们的嫉妒愈形加剧，技术发展慢得无以复加。更有力的因素也许就是无法找到足够的资金来实施新的生产方法。什么地方有一批受过科学和数学训练的人，通晓历史，得到当代最重要的保护人的支持，而又对于手工业加以注意，什么地方就一定会出现崭新的前景。在科学院工作的科学家从一开始就没有工匠们所遇到的种种困难。他们身为王侯或富翁的谋士，因而可以激发起王侯或富翁的兴趣，使他们愿意推行各种计划而不顾行会的反对。

在手工艺知识基础上建立起来的科学 不过哲学刚刚进入实用领域时对生产方法所产生的影响并不大，相形之下，由于人们研究这些生产方法而对现代科学的发展产生的影响反而更大一些。有学问的人不仅对自然感到兴趣，对人类的劳动产品也感到兴趣，而且他们并不是以希腊人的纯粹思辨的方式来这样做，而是力求改善劳动产品以造福人类，起码也是要为他们的保护人谋利益。一位人文主义学者阿格里科拉的毕生工作便是这一过程的典型例子。他是梅朗克松和艾拉斯谟的朋友，毕生从事于矿工生涯的研究，自己也成为一个矿主，还写了一篇有关采矿问题的著名论文，题为《金属学》，内容持平而全面。在它以前和以后的技术手册没有一本比得上它。他对矿工和铁工的传统操作技术所作的描述，为科学的地质学和化学打下了基础，但是历史并没有载明他对矿

业的兴趣使矿业发生了什么具体变化。事实上在工业革命时代以前，十六和十七世纪的科学研究成果始终没有转化为技术，只有 21 一个例外——航海事业*。

意大利和第一批科学学会 最初，文艺复兴时代的科学家都是单独工作的，或是几个人在某一大学城或者某一王侯的宫廷中偶尔碰在一起共同合作的。他们通过函件互通情报。由于他们人数极少，谁都能够很快地获悉任何一项新发现或新理论。大家一开头就有通过合作来更有效更迅速地取得进步的愿望，可是实行起来却不容易。意大利仍然遥遥领先。除了刻卜勒之外，十五、十六和十七世纪初叶的大发明家全是意大利人或是意大利培养出来的人。有一个时期，在欧洲只有意大利的大学，特别是帕杜亚大学和波伦亚大学不具有明显的经院倾向和反科学的倾向。1601年在罗马建立了第一所科学研究院林切研究院。不过不到三十年，意大利就让西班牙夺去了它在精神上的和政治上的独立，又让北欧国家夺去了它在商业上的霸权，因而也肯定地放弃了它在科学活动上的领先地位。

荷兰、英国和皇家学会 北方各国的情况则有所不同。它们是方兴未艾，而不是日薄西山。由伟大王公来提倡科学的时代已经过去了，商人和制造商的时代即将到来。先是荷兰，接着是英国，都开始关心新的学问。因为新学问对于航海事业和作战已经作出很大贡献**，人们还希望它对各行各业也会同样地有用。发

* 弹道学可以自称和航海术共享这种光荣，不过虽然包括伽利略和牛顿在内的所有大科学家花了大量时间对它进行研究，他们的一切聪明才智对具体炮手是否有所用殊堪怀疑。（参看边码第169页）

** 参看边码第169页，布鲁日市的史特维纳斯是沉默的威廉的秘书。他是第一个科学家出身的行政官员。他通过自己的技术和经济措施对联合省（译按：荷兰原处于西班牙治下，那时称为联合省）争取独立的事业所作出的贡献不亚于任何人。

展新科学的工作不能交给赞助人或大学去管；这项工作应当由团结一致相互支援的有身份的科学家们自己担任起来。因此，1645年在英国产生了一个“无形的学院”。它在王政复辟之后成为皇家学会。1631年在巴黎埃田恩·帕斯卡尔厅举办的私人性质的讨论会，也同样在1666年被承认为皇家科学院。培根曾经是这些事业的先驱。这些机构从一开始就具有《新大西岛》的强烈的实用目的。正如雷恩所起草的皇家学会章程草案所说的那样：

22 “……我们明白，再没有什么比提倡有用的技术和科学更能促进这样圆满的政治的实现了。通过周密的考察，我们发现有用的技术和科学是文明社会和自由政体的基础。它们通过奥菲士^①的魔力把众人组织成城市，结合为行会。这样，通过把好几种技术和工业生产方法汇集起来，就可以用互相交流的办法使全体都学会每个人的特殊才能；因而，脆弱人生的种种痛苦和劳累就可以通过同样多的各种现成办法，来消除或者减轻；于是财富和富足便会按照每人的勤劳，也就是按每人的功绩，公平分配给每个人。

无疑地，建立城市所依据的那一方针也会使城市富裕壮大起来；因为促使人们愿意聚居的上述引诱力不仅使一个国家人口兴旺，而且使它变得比一个人口较多但却较为野蛮的国家更为富强；可以增加人手，也可以通过技术改善劳动使少数人能掌握技术，两者效果一样。

因此，我们的理智告诉我们，我们自己在国外旅行的见闻也充分证明：我们只有增加可以促进我国臣民的舒适、利

^① 奥菲士是希腊神话中的歌手，善弹竖琴，据说他的歌声富有魔力，能感动鸟兽草木。——译者

润和健康的有用发明，才能有效地发展自然实验哲学，特别是其中同增进贸易有关的部分；这项工作最好由有资格研究此种学问的有发明天才和有学问的人组成的一个团体来进行。他们将以此事作为自己的主要工作和研究内容，并组成拥有这一切正当特权和豁免权的正式学会。”（皇家学会成立特许状序言；录自雷恩先生的第一份清样和草稿。）

特许状序言本身以更为简短严肃的形式表达了这些想法：

“朕获悉，一个时期以来，有不少一致爱好和研究此项业务的才智德行卓著之士每周定期开会，习以为常，探讨事物奥秘，以求确立哲学中确凿之原理并纠正其中不确凿之原理，且以彼等探索自然之卓著劳绩证明自己真正有恩于人类；朕且获悉他们已经通过各种有用而出色之发现、创造和实验，在提高数学、力学、天文学、航海学、物理学和化学方面取得了相当的进展，因此，朕决定对这一杰出团体和如此有益且堪称颂之事业授予皇室恩典，保护和一切应有的鼓励。”*

新发现和航海术 不过就近期实际效果而言，皇家学会接近于斯威夫特所写的《拉普他》^①而不类乎培根的《大西岛》。人们对工业进行了很好的研究，但却提不出什么改进办法。十七世纪的科学的伟大成绩是为弄清物理学和化学的基本事实开辟了道路。只有天文学方面的工作，由于牛顿集伽利略和刻卜勒研究成果之大成而终于有所成就。天文学在十七世纪尤其具有巨大的经济重要性。环球航行，世界贸易，建立殖民地的事业都是方兴未

* 可参看本书第387页原注*。

① 《拉普他》是英国文学家斯威夫特笔下的一个飞岛。居民好空想，常做出荒谬可笑的事。——译者

艾。在这方面，天文学家的图表，物理学家的钟摆和平衡轮钟都意味着可以及时拯救船只和货物，可以征服远处海外的帝国。在英国，第一个受国家津贴的科学机构是格林威治的皇家天文台*。

第一批科学家 十七世纪标志着业余科学家到专业科学家的过渡。皇家学会的大部分成员都是乡下绅士和城市中的活跃人物，不过其中也包括一些大贵族，甚至包括国王自己在内。对他们大多数来说，皇家学会会议只是一种娱乐，也许可以从中听到一些有益的点子。但是除了这些人以外，还有学会的工作人员们，胡克**和他的助手们以及秘书奥尔登伯格。他们是依靠科学工作

* 查理国王所提供的支援并不是十分可观的。韦尔德先生在他所著《皇家学会史》(History of the Royal Society)中谈到学会设立经过时说了如下的话：

“国王批给500镑现金，此外还有从蒂尔伯里要塞运来的一些多余的砖头，在拆除伦敦塔门房时收回的一些木材、铁和铅，他还答应继续提供必需的物资，因而进一步鼓舞了我们。建筑物是1675年8月10日奠基的。工程进行得很顺利，到圣诞节已经装上了屋顶，把房子加以覆盖。

“贝利先生说：‘天文台原来是格洛斯特公爵汉弗莱建造的一座塔，1526年经亨利八世整修或重建过。它有时是王室年轻一代的住处，有时又是受宠情妇的公馆；有时用作监牢，有时用于防御。爱德华四世的第五个女儿约克城的玛丽1482年死在格林威治花园的塔中。在伊丽莎白女王时代，它被叫作米拉夫勒。1642年，它改名为格林威治堡，成为要塞，极受重视，政府下令立即采取措施予以占领。王政复辟后，查理二世在1675年拆除了旧塔，并在原址上建立了目前的天文台’。

“这座草草建立的天文台几乎有十五年之久没有从政府得到一部仪器。如果你记得国王对于皇家学会的冷淡态度，这就不足为怪了。乔纳斯·摩尔爵士向弗拉姆斯蒂德提供了一部六分仪，两只镜，一只望远镜和一些书籍；除了上述物品和皇家学会借给的设备以外，所有其他设备都是由弗拉姆斯蒂德自己出钱制造的。贝利先生说：‘他们的确给了他一座住房，而且还拨付给他每年100镑的靠不住的薪金；可是与此同时，虽然他自己的工作已经够累了，国王还命令他月月给基督教堂公立学校的两名学生讲课。这使他极为苦恼，而且妨碍了他的正当工作。’”(第255—256页)

** 胡克可算是十七世纪最伟大的实验科学家。他作为一个大学学监，不得不为皇家学会每周进行两次别出心裁的实验。此外，他还是伦敦市的测量官，大火以后，这个职位决不是一个挂名闲缺。他又是负责建造伯利恒医院和圣保罗教堂的大建筑师。在建筑圣保罗教堂的过程中，他的贡献几乎超过了雷恩。

为生的，至少是部分地依靠科学工作为生的。对他们来说，科学工作是他们生活的主要事情。牛顿和虔信派贵族波义耳大致也同样是现代意义上的科学家。

牛顿时代 十七世纪的科学工作十分成功，但其成就的性质殊出意外。科学并没有象培根原来所希望的那样，立即使人类的需要得到满足，但是，主要是通过牛顿的工作，科学已经确立了自己的地位，成为在力学和物理学领域进行定量计算的非常有效的方法。牛顿方法把一切东西都归结为受到各种力的作用的密实粒子，在当时似乎象培根的归纳法和笛卡尔的逻辑几何学一样，为科学的进展提供了巨大的希望。除此之外，牛顿的方法还有一个巨大的优点：它至少在天文学和力学中是实际有效的。人们开始把牛顿的方法十分不恰当地应用于整个自然科学中去，甚至应用到神学和伦理学中去。认为人类单凭理性和计算就可以解决一切问题的想法是十八世纪哲学的指导思想之一，它已经远远地超出了科学思想的范围。科学第一次变成了一个重要的文化因素，甚至对政治也产生了影响。十八世纪变成了一个理性的世纪，虔诚而保守的牛顿成为法国大革命的先驱。不过它对于科学的直接影响却是一场灾难。牛顿已经做了那么多的工作，才华不及他的人似乎就不值得去做什么事了。

科学和制造业

24

十七世纪科学大昌盛的局面没有维持下去。它过份依赖于社会，政治和经济因素的特别有利的凑合，而且也过份依赖极少数人的天才。从1690到1750年是科学史上相对的空白阶段。这段时间足够用来消化十七世纪的伟大成就，但是这也足以使人们把这

些成果忘掉*。等到科学事业重新振兴的时候，它的环境又大不相同了。实际上，十七世纪的绅士和商人们也实在太一帆风顺了。资金扩大的正常过程和贸易的发展满足了他们的一切需要。他们不久就对科学这种玩意儿感到厌倦了。不过，一个由小制造商组成的新阶级正在抬头；他们利用在贸易战争中夺得的新市场和战争所造成的新需求，竭力推进新产品和制造新产品的新方法。十八世纪的科学研究一开始就同工业革命结下不解之缘。现在，问题已经不仅仅是请科学界对传统的工业生产方法进行研究了；这些方法本身也在改变，科学必须在这种变革中起一定作用。起先，它所起的作用还不是决定性的，因为只有打破了行会的阻力、一方面提供了可供利用的资金，另一方面又提供了赤贫的工人，从而建立了资本主义之后，科学才第一次有可能在工业生产方法的变革中起决定性的作用。一向潜伏着的人类创造才能的大解放，主要并不是靠科学的训练或激励。工业革命初期的发明——采用自动纺织机器——主要应归功于一些没有受过教育的工匠，不过，一举解决了关键性的动力问题的伟大发明蒸汽机却至少可以部分地归功于科学。

蒸汽机 蒸汽机起源复杂；大炮和水泵可以说是它的前身。长期以来，人们就认识到了火药的潜在力量，因此，一再有人考虑到可以把火药用于战争以外的目的。当事实证明人们不能对火

* 科学家们十分明白这种衰落情况。正象G. N. 克拉克在《牛顿时代的科学和社会福利》(Science and Social Nelfare in the age of Newton)一文中指出的那样，就在科学衰落的时候，经济形势也发生重大变化：美洲开发以后的物价昂贵时期终结了，一直持续到拿破仑时代为止的物价稳定时期开始了。虽然克拉克教授小心翼翼地避免从经济角度看待科学史，这两种现象同时发生却是极其令人注目的，其所以如此还因为科学不仅是在经济形势再次变化的时候，而且还正好是在变化最厉害的地方重新兴盛起来。

药加以控制时，人们自然就想去使用不那么猛烈的力量：火和蒸汽。不过起先动力的需求是极其有限的。在大多数场合，风力和水车足敷使用。就象工业现在集中在原料来源地周围一样，当时，工业自然而然地集中在这种动力的来源地周围。可是采矿业就不那么方便了。矿山要设在矿石所在的地方，那里往往缺乏天然动力。要么就得花钱去使用畜力或人力，要么就得完全停止生产。²⁵因而自然就产生了利用火力抽水的念头，可是武斯特侯爵所设想的一类粗糙办法却失败了，因为当时还不可能造出经得起蒸汽压力的材料来。于是科学便插手进来了。托里拆利所发现的真空状态启发人们想起了一种能源。就算它很笨重，到底还是可以加以控制的。经过了帕潘等科学家的一番摸索后，军事工程师萨弗里和康沃尔锡矿工人纽科曼分别于1695年和1712年建成了第一批实用的蒸汽机，可以把水从矿井中排出去而在经济上又划算。有了一种可以到处设立的能源，工业就可以摆脱一切地区性限制了，不过还得花上几乎一个世纪并经过瓦特彻底改良，蒸汽机才做到经济上划算而被普遍采用。

科学与革命——月社 蒸汽机和富兰克林在1752年发明的避雷针之类的科学的有效应用产生了很大效果，使讲求实效的人们不仅看清在科学中蕴藏有可以加以利用以谋取厚利的巨大力量，而且看清，为了利用它，就有必要深入探索大自然的秘密。十八世纪末叶，制造业开始对科学发生极大兴趣，而且科学的新进展大多数也都是发生在制造业中。工业革命时期的科学事业生根的地方是利兹、曼彻斯特、伯明翰、格拉斯哥和费拉德尔菲亚，而不是牛津、剑桥和伦敦。从事科学的人不再是乡下小绅士和教士而是持有不同见解的牧师和长老会会员。他们的赞助人也不再是贵族和商人兼银行家而变成了制造商。在十八世纪末叶，英国

科学思想的实际中心不是皇家学会而是月社。它设于伯明翰。赞助者有博尔顿，威耳金森和威季伍德等人。参加者有瓦特，普里斯特利和伊拉兹马斯·达尔文等。^{*}不过，不仅工业领导人需要科学，主要技工也变得越来越需要起码掌握一些科学原理了。科学，至少在制造业地区，是需要列入教育计划中去的。不能期望各大学对此有什么作为；它们在十八世纪已经陷入空前严重的懒惰、无知和顽固的深渊中。于是在新的制造业地区的中心就设立了机械师研究院和图书馆以满足需要。第一所这类研究院出现于美国是很能说明问题的。富兰克林于1755年在那里设立了费城研究院。在曼彻斯特，伯明翰和格拉斯哥也设立了类似的机构，最后，一个同富兰克林相象但又略逊一筹的人物朗福德伯爵在伦敦创立了

26 皇家科学普及协会。它后来成为所有这些机构中最负盛名者。

“1796年，他提出‘一项建议，要利用私人捐款在伦敦设立一个机构，以便向贫民施舍食品并使他们从事有用的职业，并且还向另外一些可能需要帮助的人提供廉价的食物。为此，要再设立一个机构，以便介绍和推广新发明和革新项目，特别是管理热能和节省燃料的方法以及有助于家庭的舒适生活和节省家庭开支的其他各种机械设备。’

朗福德告诉他的朋友说：他‘深深地感到有必要提倡周济贫民，使之成为风尚。’

为了实现他鼓吹的第一点建议，建立了改善贫民状况协会。关于设立一个研究机构的第二点建议另作处理，因为它‘十分突出，十分有趣而重要，不能作为任何其他现存的机构

^{*} 见S. 斯迈尔著《工程师传记·瓦特传》(Life of Watt, Lives of the Engineers)等等。还见于H.W. 迪金森著《马修·博尔顿传》(Matthew Boulton)。

的附属部门，所以它必须单独设立而且必须具有应有的规模。’1799年，这个协会创立了，人们为这个‘群众性机构’向私人募集了捐款。‘该机构的宗旨是传播机械方面的有用的新发明和革新的知识，并且加速全面推广这些发明和革新；并通过定期举行哲学讲座和实验课程，来教授科学新发现的应用方法，以便改进技术和制造，并促进取得生活的舒适和便利的手段。’皇家学会主席约瑟夫·班克斯爵士任理事会主席，朗福德担任秘书。在阿尔比马尔街买下了一幢房子，把它的各个房间改成实验室，讲堂，办公室等等；还有一套房间供朗福德使用。‘雇用了一位出色的厨师以改进烹调技术——这是皇家科学普及协会的目标之一，而且还是一个比较重要的目标。’就象社会理想主义者所创办的一切其他机构一样，这个协会的性质很快就被篡改了。它不再致力于严格实现创办者所提出的目标，而是致力于实现社会势力愈来愈大的某些阶级感到兴趣而又见于它的章程的一些目标。正象十五世纪的公立学校学生逐渐从孤儿变为王侯子女一样，正象罗奇代尔先驱者的合作运动从社团变为支付股息的企业一样，皇家科学普及协会也从解决贫民问题的实验室变为解决在当代占支配地位的舆论认为十分重要的科学问题的机构。科学问题的解决最终会为穷人带来好处，不过只有在利用科学的工业家得到好处之后才能为穷人造福。……”——克劳瑟《十九世纪的英国科学家》，第35—36页。

法国科学的伟大时代 在法国，十八世纪是一个从王权和封建统治过渡到以英国为蓝本的中产阶级共和国的时代。政治和哲学居于首要地位，不过特别是在十八世纪下半叶，当制造业也得到发展的时候，对科学便很感需要。但是法国科学比英国的更

具有官办的性质，尤其是军事的性质。事实上，法国的炮兵学校是可以从中获得科学教育的第一批正式学校。在这一时期末尾时产生的法国大数学家和物理学家，如拉格朗日，拉普拉斯和蒙日等人都是这些学校训练出来的，不过它们的最出色的学生却是拿破仑。他是第一位认识到科学价值的统治者。拉瓦锡既是捐税包收人金融垄断集团巨头之一，又是政府兵工厂的科学研究领导人。他的大多数重要实验都是在这家工厂的试验室中进行的。巴黎人民对捐税包收人所怀的仇恨是他受审并被处决的最终原因。法国大革命更加促进了十八世纪的发展趋势，虽然这种发展在革命后不久的时期中由于局势混乱而停顿了一阵。在工艺学院和度量衡管理局成立之后，第一个完全由国家资助的科学机关就产生了。

气体革命和化学工业 力学的科学基础实际上是在十七世纪奠定的；它的果实就是十八世纪的蒸汽机和随后发明的蒸汽机车。十八世纪的伟大成就在于把化学从一种传统的技术变成一门象力学一样可以用数学来计算的科学。由于拉瓦锡和道尔顿把主要是从气体的性质中推导出来的物理概念带到传统的化学中去，才终于做到这一点。在十九世纪，随着重化学工业的发展，这个“气体革命”的成果就在碱、漂白粉和气体的制造上表现出来。*

* 克拉克教授对于这个变化没有发生在十七世纪似乎感到惊讶！而且还把它作为一个例子加以引证，以证明经济因素并不决定科学的实际发展进程，但是他也承认，经济因素可能会影响科学研究的劲头。作者认为这恰恰极其有力地证实了相反的论点。只有当酿酒、制革、印染、漂白等不再是一家一户的或小规模经营的事业，而大大扩大规模，值得人们理智地考虑怎样加以改进的时候，才需要在化学上有所发现（参看边码第128页）。这种变化到十八世纪才发生，所以说这类科学是缺乏经济动力的。从纯科学角度来说，必须先对机械力和物理力进行分析，特别是先对气体特性进行研究，才能使解决这些技术问题所需要的化学发展起来。而气体特性的研究本身就是发明蒸汽机的结果。所以不论是直接地或间接地，化学的伟大革命都是经济力量推动的结果。亦可参看霍格本著《大众科学》，第七和第八章。

十九世纪——科学成为必需的东西 工业革命一旦顺利开展，科学作为文明的不可分割的组成部分的地位就巩固了。在工业测定和工业生产标准化方面，以及在推广节省成本的办法和新的制造方法方面，人们处处需要利用科学。不过工业需要科学并不等于说：科学的工业基础会自然而然地产生。事实上，在十九世纪整个期间，尽管人们不断要求发展科学，不论是科学研究工作还是科学教育工作，都很难得到充分的财政支援。这是资本主义发展时代的无政府主义性质所固有的现象，人们对一切官办研究所、特别是对政府直属的研究所不予信任，并且无法为不能立即获利的规划筹到巨款。十九世纪初叶，大部分科学研究工作仍然是在皇家科学普及协会或富有者的私人试验室一类地方进行的。在戴维和法拉第的时代，皇家科学普及协会几乎成了国家物理学和化学研究所。可是尽管它对工业有贡献，筹措经费却不容易。1833年，即法拉第划时代地发现了电感应原理后的第三年，他竟然感到难以为协会筹措区区几百英镑的款项，来使它得以维持下去。*

德国登场了 在这当儿，欧洲的科学 研究进展十分神速。十九世纪初标志着法国科学成就的顶峰，不过这个运动很快地从法国发展到德国。自从十六世纪以来，破天荒第一次它可以在欧洲文化中起独立的作用了。由于德国各大学进行改革，由于德国人很乐意从法国人那里接受新科学、特别是化学，科学事业迅速发展起来，所以到十九世纪中叶，德国科学事业显然已经至少在数量上名列前茅了，德国制造业似乎也比英国制造业更善于吸收科学资源。

* 见克劳瑟，《十九世纪的英国物理学家们》(British Physicists of the Nineteenth Century)。要想了解法国的类似情况还请参看边码第201页。

部分地是由于这种形势的推动，特别是由于女王的丈夫德国亲王的直接影响，英国的科学在十九世纪中叶开始受到了官方的注意。政府设立了一个科学和技术部。皇家委员会采取了坚决的措施，要老的大学开办理科，并且要各省和伦敦设立的新大学也都开办理科。这些新的科学学科自然大多是可以立即出成果立即应用的学科；即物理学和化学，生物学还要等候更久才能得到赏识。达尔文大半生是作为一个退休人员依靠个人资财进行工作的；赫胥黎依靠“地质调查”杂志维持生活。*

作为一种机构的科学事业——纯科学的概念 不过在十九世纪中，有一批名符其实的科学机构建立起来了。皇家学会恢复了而且重新掌管了它在十七世纪的职能，虽然规模相对来说远比原来为小**）。创立于1831年、主要用以取代皇家学会的英国促进科学协会逐渐成为官方的科学喉舌。许多分门别类的学会，化学学会、地质学会等纷纷自动成立，对出版刊物的工作作了适当的安排。一个由大学教授、工业实验室工作人员和业余爱好者组成的

29 科学界出现了，不过与十七世纪科学界所不同的是，它自称自己的职能是了解客观事实，而不是参加实际行动。进化论之类的十九世纪的大论战是在思想领域中进行的。科学家们不参预管理国家或企业的大事。他们只关心纯粹的认识。这对于双方都是一种

* 要想详细叙述，就有必要对这些话大打折扣。在十九世纪中叶许多其他领域也有显著的进展。在医学上，发明了麻醉剂和防腐剂。不过这些东西和细菌致病理论主要是化学研究的成果。在农业科学中，李比希和本生取得了显著成绩，不过这两个人也都是化学家。地质学是研究矿山和测量运河和铁路的直接结果，大体上也是在这个时期建立起来的。不过大古生物学家欧文在皇家外科医师学院担任教授，却是对赫胥黎的职业的奇异注脚。

** 皇家学会在十八世纪后期和十九世纪早期的衰落是千真万确的。英国的最有独创思想的人物之一巴贝奇于1830年撰写了“英国科学的衰落”一文，极力反对单凭个人财富和社会地位选拔学会学员。参看霍格本著《大众科学》，第616和713页。

令人满意的安排。工业家利用了科学家的工作成果，一般地向他们付出一笔代价，但金额不大；科学家们则满意地知道：自己正生活于一个不断进步的时代，他们的工作则对这种进步作出最大的贡献而无需接受审查。正当科学应该同机器时代的发展最明显地密切联系在一起的时候，却产生了纯科学的观念：认为科学家的职责仅限于进行本身的工作，工作成果则应交给一个理想的经济体系，其所以是理想的是因为它适合于并允许各种经济力量自由发挥作用。这种态度至今仍然支配着不少科学家和门外汉对科学的看法，虽然这同当今世界形势是很不相适应的。

科学和帝国的扩张

到1885年，产生了一个新的潮流。显然，制造业的发展正在产生一些意想不到的、令人不安的结果。英国已经丧失了它对制造业生产的垄断，它作为工业国的优越地位也正在迅速地消失之中；德国和美国成为可畏的敌手。人们要求帝国向英国工业提供新的出口市场以拯救英国工业。这时出口商品已经主要是生产资料，铁路和机器设备，而不是消费品了。这就附带地促使科学得到进一步的发展。为了应付扩张帝国的一些新问题，创立了帝国学院和帝国研究所，并对科学教育工作和科学研究工作进行了全面的改革。可是德国的工业化搞得更是如火如荼，德国是在完全不同的另一种规模上利用科学。高等技术学校训练出成千上万的化学家和物理学家，把他们派到工业试验室中去，在短短几年之中，原来主要是在法国和英国奠定基础的染料和炸药化学工业就变成德国新工业的一部分。它实际上垄断了世界市场。

世界大战 科学史上的转折点随着世界大战而出现了。这

30 次战争和以往战争不同的地方在于，不仅各国的军队卷进去了，连有关各国的全体人民都卷进去了。工农业都直接为战争服务，科学也是这样。当然，自古以来，改进战争技术一直比改善和平生活更需要科学。这并不是由于科学家具有好战的特性，而是因为战争的需要比其他更为急迫。各国君主和政府不那么乐于向其他研究工作提供津贴，却很乐于向军用研究工作提供经费，因为科学界能研制出新的装备，而这种装备由于十分新颖，在军事上极为重要。（参看边码第171—173页。）

科学家的协作 在上次世界大战中，科学家的协作达到前所未有的程度。问题不在于少数技术人员和发明家把众所周知的科学原理都加以应用，而在于所有国家都对本国科学家实行总动员，其唯一目的就是为了在战争期间提高现代化武器的破坏力并且设计出防护方法，以应付对方在现代化武器方面所取得的进展。（参看边码第180页）在这方面，开始时，德国人是占便宜的。他们的科学家不但人数众多，而且同协约国的科学家比起来，还同工业保持着更为密切的联系。这是一个可以立即见效的有利条件，要不是由于德国严重缺乏金属，橡胶和石油等基本原料的话，这本来可能证明具有决定意义。协约国不得不在战时临时拼凑科学和工业机构。采取这一措施的结果，在英国终于在1917年成立了科学和工业研究部，在美国则于1916年成立了国家研究委员会。这个研究部1932年度的报告中说道：

“这个计划是我们的前任官员在历史上规模最大的战争中制订的。战争一开始，就可以看出，科学的应用将在战争中起重要作用；于是便把科学工作者征集到国家的工作人员大军中并收到相当效果。有些人过去一直要求英国工业和科学更密切配合起来，并庸前进，战争的环境使他们的呼吁更

显得有力，因为战争环境空前有力地说明，在有了可以由工业加以利用的科学发明之后，不接着采取措施，就会产生什么后果。例如我们很快就发觉：我国不幸主要得依赖国外来供应一部分作战所必需的物资。当时我国的头号敌人已经通过对科学成果的应用掌握了某些工业产品，按其程度及其性质来说，都足以危及我国的利益。大家也普遍认识到：为了在平时和战时都能取得成功，应该充分利用科学资源。战争的危险为和平时期提供了教训，人们认识到：一旦战争结束，³¹工业界就要面临一种新形势。如果英国要保持工业优势，如果我国工业品要在世界市场上继续站得住脚，就要作出更大的努力。为了先期应付这一形势，当时的政府就设立了科学与工业研究部。议会还议决拨出一百万英镑巨款来鼓励工业研究工作，作为供该部使用的财政经费的一部分。我们的前任在同工业界领袖的磋商中所周密考虑的问题是怎样最有效地达到这一目的，于是就制订出合作研究协会的计划。”（也可参看边码第172页）

国家举办的科学事业 上面引述的一段话表明世界大战怎样自然而然地使人们对科学在现代工业国中的功能有了新的、比过去自觉得多的认识。这时人们认识到，不能让科学处于完全无组织的状态，也不能让科学依赖旧有的基金和偶而的施舍。人们明白，不论在平时和战时，——从技术观点来看，这两种情况所涉及的问题没有什么根本差别——一个现代工业国的存在本身就依赖于有组织的科学活动。探索自然资源和探索最有效地加以利用的方法都要依靠、而且也只能依靠科学。不过，象刚才引述的那段话所表明的那样，人们对这一点的认识决不是完全清楚的。在老的制度与习惯之中有一些固有的力量，反对采取任何这样的

措施来使科学工作合理化。几乎在所有的国家中，科学改组工作都是在混乱的、半心半意的情况下进行的。政府和工业需要它，但却不准备付出代价。科学家本能地死抱着战前相对独立的地位不放。虽然在战时几乎所有的人都毫无异议地同意为国家工作，在平时却有可能问一下：把科学界整个地交给政府和垄断企业使用是否可取。结果在几乎一切国家中都实行折衷，这种折衷按其性质来说是特别不能令人满意的。科学事业既不是有组织的，也不是独立的。控制它的机构重重叠叠，授给的经费名目就更多了。

战后时期和经济危机 这种混乱状态本身并不能阻止科学研究的巨大生产率。最初，在战争结束以后，科学一从急迫的技术任务中解脱出来，就大大活跃起来，活跃的程度在它的历史上是少见的，在德国尤其是这样，仿佛是要表明：德国人能在和平的知识领域中取得暴力所不能夺取的优势。这一平静时期由于1929年的危机及其政治后果而告终。科学事业到处都由于节约原故而紧缩，纳粹的狂热则破坏了德国的表面上牢不可破的局面。32 自从1933年以来，在那里和其他地方，军备的增长到处都限制着整个科学的结构；并且使其面目全非。

科学家本来就天生不讲效率，官僚主义的发展则使科学家的效率更低了，而不是提高了；既不能让科学遵照科学自己固有的倾向自由发展，也不能有效地加以指导，使之为工业服务。在科学的新阶段中，由于仪器设备支出比重增加，由于有必要在有组织的协作中雇用多得多的各级人员，科学经费肯定地需要比以前大大增加；可是也许除了美国之外，所提供的资金到处都不能满足这种发展的需要。既不容许科学照老样子继续下去，又不能有效地帮助它另辟蹊径。

科学和社会主义

与此同时，在苏联则出现了很不相同的局面。在帝俄时代，随着资本主义的发展，科学的重要性本来就不知不觉地有所增长。然而这种重要性并没有得到正式承认。1917年的革命以后，科学事业开始蓬勃地发展起来。科学在马克思主义理论中一直占有重要地位。培根的理想——利用科学为人类谋幸福——的确是马克思主义的建设理论的一个指导原则。它认为，应当把科学直接用于这一目的，而不再用之于增加利润。尽管沙皇俄国的科学力量极为薄弱，尽管世界大战和国内战争造成巨大破坏，尽管建设时期有巨大苦难和贫困，科学在苏联的重要性仍在继续增长。不过直到1927年实施第一个五年计划的时候，才开始把科学大规模地有效地组织起来，作为改善国内情况的伟大运动的一个组成部分。从此以后，苏联科学事业不论在人数上和经费上，都有了持续不断的迅速增长。它完全没有受到大大阻碍了资本主义国家科学进展的经济萧条的影响。不能期望科学这样的事业迅速取得巨大成效，它需要多年的努力甚至需要数代人的共同努力才能成熟。事实上，苏联科学要在精确度和识别力上超过德国或者英国还得经过一段时间。不过它已有的成绩已经足以证明：这条组织科学为人类服务的新道路为苏联科学提高自己的精确度和识别力开辟了广阔前景，这是目前西方科学和工业的脆弱而混乱体系所望尘莫及的。（参看边码第221—231页。）^{33*}

* 原书33—34页为注释，中译本改排在每页脚注部分，页码省略。下同。——编者

第三章 英国科研组织现状

35 **大学、政府和工业中的科研工作** 我们现在且回头来对科学研究工作的现状作一番比较具体的研究。象苏联以外的几乎所有其他国家一样，在我国，科学研究工作是在三个不同的管理领域里进行的：即各大学、各政府机关和各工业企业。在较早时代，甚至在十九世纪都还十分重要的独立的科学家实际上已经绝迹了。仅就协调一致的科研工作而言，它是由各科学学会来协调的，在较小的程度上也是由医学研究委员会和其他提供经费的机构来协调的。刊物的出版事宜则主要由各科学学会负责。

大学的科研工作一直是教学人员个人研究的自然派生物。它主要涉及纯科学，不过在比较晚近时期，在一些大学里也进行了少量的应用科学的研究。政府主持的科学研究的目的是有两个：第一，为陆，海，空三军进行研究；第二，为改善工业，农业和卫生事业进行研究。这两种研究工作都必然大部分具有应用的性质。工业中的研究几乎完全属于这种性质，因为英国工业试验室的纯科学研究工作不如德国和美国发达。

不过这三个领域并不是各自为政。特别在科学研究方面，大学变得越来越依赖政府部门的拨款和工业家的捐赠。大学里大部分科研工作者的工资实际上不是由政府支付，就是由工业来支付的。另一方面，工业和政府部门的科研工作大都是由在大学任职的人、特别是高级人员或者是由这种人组成的行使咨询职能的委员会来指导的。政府和工业科研工作也是密切结合的，建立科学

研究协会的全部目的就是要使工业界能利用政府所集中提供的科研设备，并由大家来分摊对政府和工业可能都有好处的科研项目的费用，一个特别重要的政府研究部（军事研究部）和军火工业的科研工作有着不可分割的关系。这个工业本身只不过是重工业——钢铁，建筑，火药和重化学工业——的一个方面而已。各科学学会，尤其是皇家学会在三个领域里都有份儿。各学会的人员大多是从各大学抽调出来的。它们经管政府的巨额科研经费，这样实际上就部分地成为政府的部门。它们也同工业中的科研工作保持密切联系。

这一切会使人产生这种印象：在我国有着一个组织严密的科研体系。不过实际上，所有这些联系都是迫于形势的需要，由于人事关系，完全以偶然方式产生的。如果用图表来表明最后形成的体制，就会看出各种科研机构是互相错综复杂地联系在一起的，没有清晰的轮廓*。科研工作的最有力的领导并不存在于这些机构内部，而是靠了国内少数几位比较重要的科学家彼此相识，而且也都认识科学界和政界或实业界的几乎一切其他重要人物。科学发展计划是非正式地，自然也是秘密地加以讨论的。人们和富翁接触，私下劝说他们提供资金。认识首相的人也会建议他为某一门科学做一点事。科研工作就是以这样典型的英国方式进行下去的。

大学中的科研工作

在基本科研工作中，大学占着最重要的地位。的确可以有把

* 参看W.布拉格爵士的演说稿，第66页以下。

握地说：在英国完成的基本科研工作约有五分之四是在大学试验室里进行的。这是一个极其缓慢地逐步发展的过程，在物质方面尤其如此。大学只是在本世纪才建立了规模巨大和设备完善但主要不是用于教学的试验室，大学在科研工作中的地位正在十分迅速地变化中。在世界大战前，大部分的大学科研工作是由教授，讲师和其他大学教师们在课余时间进行的，虽然当时大家也越来越明白：对大学说来，科研工作即使不比教学更为重要，起码也是同等重要。

- 37 **科研工作者** 大战结束以来，由于增加了两种人员而使科研工作数量愈见其多，这就是研究生和拿津贴的专职高级研究人员。人们竞相争夺科学界的职位，对资格的要求也提高了。部分由于德国和美国的影响，英国大学采用了哲学博士的学位。取得这一学位的必要条件是有创造性的研究成果。现在谁想要在科学界中获得稍为重要一点的职位，都必须有哲学博士学位。这就保证大学能源源不断地得到工作期限为二至四年的青年科学工作者。很难估计出他们的精确人数。根据大学津贴委员会发表的数字，一共有1791个专职的和936个兼职的科学、技术、医学和农业等学科的高年级学生(关于他们学科分布的情况，可参看附录I(C))，不过其中做研究工作的人数也许还不到一半。我们有理由假定1500人是初级研究人员人数的上限。其中某些人靠自费继续学习；不过大多数人都部分地或全部地依靠高等院校以奖学金形式授予的津贴、依靠科学和工业研究部或其他政府机构和地方当局的津贴。此外，在大学还有一批人数不多但却与日俱增的(约100名)高级研究人员。这些人大多数不由大学支付工资。实际上，在我国大约只有20个这样的研究职位；大多数人依靠各种形式的研究员薪金和政府的高级研究奖金生活。(参看边码第83页)

大学中的研究人员的地位还很不正常。他没有公认的地位，被看作是学生兼教师。结果，固定的或专业性的研究人员至今仍然不多。学生花二至六年时间在大学里从事研究，然后转到教学，行政或工业岗位上去。这是很常见的现象。这种不正常的地位对于研究工作人员本身的影响和对他们的工作的影响将在以后一章中加以讨论。

大学的研究工作是遵照传统院系体制来组织的，由教授来管理一个系，并对该系的研究人员提出工作意见；这就是说，总的来说要由他来提出他们的研究项目，并在工作过程中对他们进行协助和批评。不过对高级研究人员来说，这当然大多是有名无实的。在不少情况下，教授亲自帮助个别研究人员进行工作。他指派某人进行他感到兴趣的问题，自己参预大部分或小部分的实际工作，并且和研究人员联名发表论文。这个制度对于青年研究人员来说，可能大有好处，不过它会造成极其严重的弊病。

38

大学科研的有效领导权实际上完全由教授们来掌握。大学教授会或其相当的组织和大学的总的领导当局只能控制分配给各系的经费，来间接进行干预。它们没有充分资格指导实际研究工作或者把这种研究工作和其他机构的类似研究工作加以协调。这实际上就意味着：基本科研工作是由众多的（约有400个）各自为政的试验室来进行的。当然，它们的重要性各不相同，而且相差极大。其中只有极少数比得上欧洲大陆的科学研究所，雇用20至40名研究人员。大多数只有一、二人进行研究工作。任何实验室的重要性都取决于许多因素。当需要讲授极为高深的理论或需要解决某些工业或半工业性质的问题时，才会建立大型实验室。当主管教授在科学上非常有能力或在一种更加困难的技术——争取科研经费——上非常有能力的时候，也会设立这种实验室。

除了在某些有限的领域外，科研工作在规模比较大的大学和规模比较小的大学中的地位大不相同。可以设想，大部分小型实验室和完全独立的研究人员都在后一种大学里；也就是在这里，教学的需要占用科研的时间最多。偶而由于得到特别捐赠，也可能在一所小型大学里设立一个有相当规模的高度专业化的研究所。但是在大多数情况下，大部分有价值的科研工作都集中在大型大学的为数较少的实验室里。在上述情况下，由于把大多数有卓越能力的人抽调到可以发挥作用的研究中心去，由于进一步降低了分支研究中心的水平，这就加剧了各大学之间已经存在的差距。大学之间多多少少在平等基础上不断交换教师和研究人员的办法，是德国大学生活的最优良的特色，但在英国却几乎完全不存在。反之，在英国存在着竞相争取大型大学中的职位和一旦获得这种职位就要无限期留任下去的倾向。

并没有什么正式机构来协调各大学实验室的工作。由于部门繁多，除了在行政管理方面外，大学本身工作也无法协调起来。因此，在不同地点从事同一课题研究的实验室只有在完全自愿的基础上才能进行合作，因为并没有什么更高级的行政当局来指导他们的工作。仅有的协调工作就有赖于各科学学会了。

大学科研工作的性质 我们并不想在这儿描述各大学的实际研究课题。不过值得惋惜的是，的确还没有人作过这种描述；我们可以从朱利安·赫胥黎所著《科学和社会需要》等名著中收集到点滴情况，也可以从《剑桥大学研究项目》中收集到各个大学的详细情况。当然谁也没有责任描述各大学或全国的科研进展情况，但是这个计划却可能值得某些有进取精神的出版商注意。大学的科研工作的数量和性质，主要是由历史和经济条件决定的。所以这样说是因为任何一个年度的科研工作一般总是前几年工作

的继续, 还因各新教授一般总是继承前任的大体上很明确的工作计划。有些学校的科研工作的重要性得到科学界的公认, 例如卡文迪什实验室对原子核构造的研究就是这样。除了这种情况之外, 限制一切科研工作的因素便是弄到经费的可能性。这主要看一个系在教学上的重要性如何。而这又是由在该系学习的学生人数来决定的, 实际上也就是说, 是由某一专业可以向学生提供的职位数目来决定的。大学的理科学学生绝大多数都注定从事下述四种职业中任何一种职业——工程、工业、医学和教学。最后一种吸收的毕业生比其余职业多得多——而同时则有少数人会从事纯科研工作。

工程学研究工作 多数大学工程系都有点与众不同, 因为它同工业界的联系一般要比它同大学其他各院系的关系更为密切。不过尽管如此, 人们还是常常认为, 同车间经验相比, 大学课程在训练从事实际工作的工程师方面用处不大。事实上, 大多数工程系都是两头落空。一般认为, 工程师所需要的是技术训练, 深入学习工程学的基本原理对于技术训练并不适宜, 可是另一方面, 工程系很少配备有足够的算得上现代化的机器设备, 可供学生们取得实际工业生产经验之用。

物理学和化学研究工作 化学工业吸收的从事工业工作的科学家最多, 它还需要兼具有化学和物理知识的人员。因而这些系一般成为大学里最大而且最重要的系。这些系也是受传统影响最深的部门。由于需要培养教师, 大学课程就变得更加空洞了。似乎没有什么办法打破大学和中学理化教育的恶性循环。大学必须训练人员去教授中学所需要的学科, 以便应付大学入学考试的需要, 而工业中的化学师的职务又主要是属于日常工作性质的。正是由于大学物理系和化学系既同传统教学有密切联系, 又同工业中

的化学师的学识要求有密切联系，大学中的化学研究工作才受到严重阻碍，并难于吸收过去十年中从物理学借来的新的化学原理。

医学课题的研究 医学院学生的需要支配着许多大学的生物系。植物学、动物学、生理学和生物化学系的规模及重要性在很大程度上要看医学院学生需要掌握这类知识的数量而定。在这里，又是为了适应严格的考试制度的要求而极力推行传统课程。在科研方面，津贴在很大程度上也是由医学研究委员会提供的。近年来，农业的需要正开始对生物学提出了要求，不过由于我国的农业研究工作陷于混乱状态并由于农业科研工作的待遇极低，这种研究工作也无法有条不紊地产生效果。

不平衡的科研规划 这些外来的需要促成了一种不平衡的科研体系，在其中物理科学占极大优势。不论从各种物理科学在目前或在今后的相对重要性来看，或者从其内在的意义来看，这种情况都是不合理的。生物学明显地得不到发展，心理学和社会学等处于精确科学边沿的学科更是如此。可以从附录 I (A) 项中多少看出这种不平衡的情况。表中列有各大学中不同学科所设置的职位数目。

这一不平衡的科研规划是事关重大的，因为在英国，实际上仍然只有大学能为基本科学研究提供机会。当然还有象皇家科学普及协会那样的寥寥几所独立的科学研究院，可是为数过少，不能使整个情况大大改观。现在有着这么一种倾向：政府，皇家学会和洛克菲勒基金会等外界机构越来越多地对大学内部的研究提供补助，而不是自己设立半独立性质的机构。因而大学的科研总
41 方向就有效地决定了国内科研的状况。传统因素或者经济因素在多大程度上对大学科研工作起着阻碍作用并改变其方向，所有其他科研部门也要在多大程度上蒙受其害。

科学学会

虽然大部分基本科研工作实际上是在大学里进行的,可是基本科研工作的协调却完全要依靠自愿结合的学会,即由科学家自己管理并主要由他们出钱维持的学会。几乎每一学科都有一个专门学会,除了极穷的研究人员外,几乎所有的科研工作者都是会员。这些学会的最重要的职能是发表论文,不过它们还举行非正式的讨论会,而且在这一范围内,以纯咨询的方式来影响该学科的总的发展方向。^{*}每一个工作者都略知国内各实验室在他自己的领域中正在做些什么,因而他能够使自己的研究方向同他所了解的情况相适应,虽然他们所知道的情况往往是极其粗略的。不过,任

^{*} 除了大批的地方性科学学会之外,《大不列颠和爱尔兰的科学和学术学会正式年鉴》(Official Year-Book of the Scientific and Learned Societies of Great Britain and Ireland)还列出六十个全国性科学学会和十五个医学学会。这类学会的活动范围及其局限性可以从不久以前最野心勃勃的组织活动,即成立化学协会的例子中看出来。菲利普斯教授在《科学代表什么》(What Science Stands For)一文中是这样地写到它的:

“在过去两年中,人们已经通过成立化学协会采取了值得注意的步骤,来巩固化学这门科学和职业。化学协会的基础是已经提到的三个特许设立的组织(化学学会,化学研究所和化学工业学会)以及代表重要工商业利益的英国化学制造商协会。化学协会首先预定设立七年,目的是为以前各自为政的一些组织所专管的事业打下共同的基础,而且还要取得企业对这件事的支持。在化学这样发展得如此迅速的一门科学中,不论用交流原文的方式或用已经发表的论文摘要的形式来发表新知识都是头等重要的。对每一个化学家来说,不管他的专业属于哪个领域,都有必要多少知道一下新观点,新发现和新应用方法。以适当形式来发表新知识的确是关系到整个行业的事。要成功地完成这项工作也是依靠化学知识的应用和化学研究的进展来顺利经营和不断发展的各有关企业的大事。

如果新设立的化学协会能够团结化学从业者和化学工业支持出版工作和设立中心图书馆等同样有广泛吸引力的其他目标,它就会取得显著的进展。它的设立是进一步巩固和统一化学行业的措施当中最认真的措施,这些措施还有取得充足的中心活动场所和建立一套完整的训练有素的化学家登记册等等。”(第58—59页)。

何一个学科都不大想再进一步提出具体的计划和工作规划为每一个实验室规定具体的任务。实际上，只有当科研工作的性质本身要求这样做时，也就是只有在天文，地质物理，气象等领域内，才有这种类型的合作。

皇家学会 除了专门性的科学学会之外，还有两个促进科学的全面机构——皇家学会和英国促进科学协会。它们成为英国最接近科学工作者代表大会的组织。象大多数英国机构一样，皇家学会一方面保持它的原来形式，另一方面却在它的历史过程中不知不觉地改变了它的职能。它目前所行使的职能要比它的创办人所设想的更加有限*。这主要是因为：它原来的不少职权已经被各专业科学学会接管了，而它原来的科研和教学职能则被并入大学和政府各部了。所剩下来的主要是荣典机关的职能，即处理科学交往的礼仪事宜。它是负责分配比较重要的科研经费的机关，它也是一家出版局**和政府科学问题上的半官方咨询机关。不

* 第一位撰写这个学会历史的人斯普拉特主教是这样说明它的多种多样的技术工作的。

“首先他们雇用一些人来审查各国的论文等等；他们又雇用另一些人专同海员，旅行家，大小商人谈话；然后他们编制一套关于可以观察到的事物的问题集。然后会友们开始同东印度，中国，圣赫勒纳，特纳里夫，巴巴里，摩洛哥等地通信”……（第155页）。

“我国不少主要的和最富裕的商人和公民也亲自在场襄助此事，而且还贡献力量和帮助通信工作，雇用了海外代理人来回答问题；他们在所有国家安排观察和赠送礼品事宜”……（第129页）。

“他们建议编制各手工产品和制造品的目录……这份目录要注意到一切具体配方或秘方，仪器，工具和机器，手工操作程序或技术。……他们建议改进挂毯和丝织品的制造方法，以矿煤熔解铅矿石的方法……为了完善陶瓷技术，他们建议对英国各种陶土进行试验，看看它们是否（适用）。他们对各种土壤和粘土作了比较，以便明了哪些能制成较好的砖瓦。他们开始推广马铃薯，并对烟草油进行试验”……（第256页）——斯普拉特，《皇家学会史》，1667年。

还请参看第291，394页。——原注

** 威廉·布拉格爵士在1936年的主席演说中提到这些事以及皇家学会在英国科学研究总规划中的地位。

“如果我们把沃伦遗赠包括进本学会所掌握的基金数字内的话，其数字已达到一百

过最近有迹象表明：它准备在两个方面扩大它的活动范围：一个方面是纯科学的活动，要通过定期讨论会，把有关的科学领域的工作统一起来，不过还不打算考虑制订规划或发布全面指令，另一个方面是想过问科研工作的社会后果。显然，假如真想把科学工作更密切而有机地统一起来的话，皇家学会将是一个在形式上最适宜于执行这一任务的机构，不过值得怀疑的是，它究竟是否具有必要的主动性或灵活性(参看边码第399页)。

英国促进科学协会 英国促进科学协会的职能与上述大不相同。它是整个科学界和一般大众之间的唯一组织上的桥梁。多年来它的会议报告一直是通过报纸向公众报道科学发现的成果的唯一途径。因而这些报告就很象奉命发表的科学大会的文告。报告的内容总是包括科学家对一切重大问题，诸如哲学、生活、宗教、性和道德等问题所发表的意见。这是报告的最显著的特色。

万镑以上。……目前学会管理的科研费用一共约为每年31,000 镑。这项管理工作使会友们花了不少时间和精力。他们欣然地而且出色地在许多委员会中做了很多工作。为此而向他们致谢，是一个令人愉快的义务。

这些款项的使用在相当程度上受到了各个信托基金条款的限制。不过学会还是有很多机会来决定总方针的。在捐款人的愿望允许的范围内把重点放在全面的或者基本的研究上是理所当然的，正确的，而且捐款人所提出的条件本身的确也是有利于这类研究的。

可以看到有不少其他机构也拥有用于类似目的的基金。在1851年度展览会皇家委员会发表的一份清单中，这个委员会是最老的机构之一，而利弗赫尔姆信托基金会是最新的机构之一。这份清单包括卡内基信托基金会，哈利·斯图尔特信托基金会，拜特纪念研究员基金会等著名单位。其中还有各种城市公会。在许多以各种具体的应用为目的的团体展开活动之后，自然知识改进会也成立起来。国防机构的每一部门都自己设有研究实验室，医学研究委员会，科学和工业研究部，农业研究委员会，邮政局等等也是这样。

和自然知识的直接应用更密切相关的是我国各种工业的实验室。它们之中不少是久负盛名的。总的来说，工业实验室本应成为工业中十分经常的因素，但还有一定距离，不过近年来的确已有所改进。

这样简略地列举出某些促进自然知识的单位，目的在于让人们想起在这方面所完成的工作总和是很大的。它可能还远远地达不到所希望的目标，然而它已经形成了一个开始在某种程度上联合起来的力量了。这是一种可以作为整体来看待、可以按其特性和其影响来加以考虑的力量。它就象吉卜林的船一样，开始发现自己了。

一个立即可见的结果是书籍出版数量的剧增。科学学会的出版物数量一倍、两倍地增加了；它们的财务人员往往穷于应付由此产生的额外费用。许多工业出版物也包

群众中普遍流行的对科学知识的现状的奇特印象，主要应归咎于这些报告，因为这些报告对事实真相作了双重歪曲。不过近年来，这个协会变得越来越过问科学的经济，社会，甚至政治方面了。科学家们在某种程度上一直在受审判，他们就是在协会开会期间为自己作辩护的。在协会主席的演讲中，甚至在某些不那么具有专业性的会议上，都就科学对社会的价值问题进行了讨论，而且意见往往很尖锐。显然，这个协会的潜力还很大，应该利用这个协会来使科学家和公众对科学在社会生活中的重要性有更为深刻而切实的认识。

政府科研工作

政府在促进科研工作方面所起的作用在重要性上仅次于大学。政府在四个方面对科学产生兴趣——战备，工业，农业和卫

抵抗特别研究工作的记录。自然知识随着人们对科研的鼓励而大大增多了，我们有一切理由对此感到满意。

至少在某些方面，所取得的知识的应用情况也是令人满意的，不过不同的观察者按照他们在广阔领域中所处的不同地位对此有不同的判断。在全国的健康状况和普遍福利方面，在我国的工业，在我国的贸易实力和我国的国防力量方面，都有了显著进步；这些都是最重要的事情。虽然这些进步都只不过是达到一个目的的手段，这些进步和知识的适当应用却是首先应当加以考虑的事情。

任何一种科研工作都可能对这种应用作出贡献，因为即使那些认为从事科学研究决不应考虑科学的用途的人也不得不承认，只有极其纯粹的科学才会在无限的远方同科学的应用相遇，象一条直线在无限的远方和其平行线相遇一样。一般来说，我们可以预期，科学研究很快就会遇上应用的问题，以致科学研究的应用问题在现时就具有重要影响，因而必须把它考虑进去。学会会员个人可能使自己的思想和实验局限于一个孤立的范围，并从而尽他作为会员应尽的义务。不过学会作为一个整体就应当持有更为开阔的目光，经常注视科学进展和有关的人们之间的关系。当它着手管理委托它的巨额金钱的时候，它就接受了这些义务了。根据会议记录可知在学会创立早期，会员们就承认了这方面的义务。不少创办人在政府中占有重要地位。他们的科学工作和国家需要直接相关。在学会存在的整整三百年期间，同样的理想一直鼓励着学会的活动。在某些时候，这些理想所起的作用不如在其他时候有力。然而这些理想的总的目的从来是明明白白的。所以学会的整个工作是目的在于提高知识以期获得有益成果的总的努力的一个重要部分。”

生。前两种活动是密切关联的，不过卫生和农业科研都同战备有间接的但却很重要的关系。我们将在第七章中更详尽地探讨政府为了备战而开展的科研工作的性质和意义；现在只需要说一下三军各设有自己的研究部门就够了。这些部门自然主要是致力于工程，物理和化学方面的研究。甚至在这次扩军运动之前，这些部门每年的费用总数就几乎达到三百万镑。这至少占每年科研费用总数的三分之一。但是如果不经进一步的说明就把这个数字接受下来，却是不公平的，不过却也难以对它进行详细的分析（参见附录IV）。我们必须假定，大量专供三军科研使用的经费并没 43
有用于真正的科研工作即实验室工作，而是用于具体武器和军用机器，坦克，试验用小艇，飞机等的大小规模的试验。

科学和工业研究部——国家物理实验所 科学和工业研究部领导之下的政府工业科研工作，比较易于检查。它大体上属于两种类型：政府所属的实验所本身和工业研究协会。在政府实验室当中特别重要的是国家物理实验所。它兼有负责制订各种工商业度量单位的中央标准局的职能和工业物理研究实验所的职能。它特别拥有实验池和风洞等对制造船只和飞机极为重要的大规模液体动力和气体动力设备。它还拥有在工业条件下测试材料性能的最完善的设备。国家物理实验所在它的年度报告中详尽地说明了它的工作成果。它使人产生了如下的印象：日常检验工作所占的地位过于突出，因而使它的其余活动可以说归于无效。国家实验所对材料或生产方法进行测定的目的当然是要找出缺陷。这个实验所的积极的工作似乎只限于设法纠正实际工作中所产生的缺陷。这项工作当然是很重要的；显然在任何应用科学研究成果的体系中，都应该进行这项工作。不过我们还是有理指出，象国家物理实验所这样的机构不应把自己的工作局限于上述范围。

它应该象关心补救原有缺陷一样地力求发现新的可能性。该实验所中和三军科研工作关系最密切的部门——即汽体动力学和无线电部门——的工作成绩说明它在这一方面可以做到什么程度。在这些部门里,主要的考虑是新的生产方法和积极发展技术的问题。国家化学实验所的职权范围更小;它本质上是一个化学分析实验室,从化学角度来帮助商业部实现产品标准化。不过政府不大采取什么积极行动来指导化学研究工作。

- 燃料研究工作** 除开这些机构外,两个主要的政府研究所便是燃料研究委员会和食品研究委员会。政府花在燃料研究委员会身上的钱不下于花在国家物理实验所身上的钱〔参看附录Ⅱ(B)〕。
- 44 它的任务是研究煤的利用,特别是从煤中提炼汽油的方法以及使国家不依靠国外石油供应等课题。因此它在国防计划中所占的重要性是毋庸强调的。不过联系到政府研究工作和工业的关系,值得注意的是:煤的氢化方法主要是由燃料研究委员会研究出来的,但不是交给一家政府工厂使用,而是交给帝国化学工业公司使用。该公司甚至还得到政府的变相巨额津贴金,因为通过这种方法生产的汽油是免税的。这笔税的税金等于它的出售价格的五分之四。

食品研究工作 食品研究委员会是发展得最快的政府研究部门之一。它几乎一直是专门研究食品保管方法的。最初的目的是用这些方法来帮助国内食品生产者;实际上人们发现,研究工作创造了十分有效的食物保管方法,使人有可能在大得多的规模上从遥远国家运来食品,从而利用地区差价为帝国及外国产品带来了比过去多得多的利润。这种利润仅部分地被关税壁垒所抵消。这种研究工作的十分令人注意的地方是:在食品保管和加工方面,把科学应用于前科学时代传下来的简单方法上是极为有效的。这说

明，在充分的规模上应用生物工程学可能会取得极为惊人的效果。它和新的农业技术配合，可能在技术上解决世界食物的供应问题。我们仍然缺乏的，是实现这种可能性所必需的社会和经济调整。

林业产品和建筑 还有两个值得注意的研究所是林业产品研究所和建筑研究所，两者都很有希望，但由于官僚主义的种种限制和它们所服务的工业的无政府状态，它们的工作都停滞不前。可以从它们自己的报告中看出木材研究工作的困难情况达到什么程度：——

“帝国海外森林和联合王国用户之间有一条由三个环节组成的纽带，实验室的研究工作仅能提供中间的一个环节。这三个环节是：（甲）关于供应和价格的情报；（乙）关于木材质量的情报；（丙）推销。……帝国销售委员会的工作范围本来包括这三个环节。现在，这个委员会撤销了。我们认为应该乘这一机会重申我们的意见，以便在帝国销售委员会撤销之后，象有人照顾第二个环节一样，也有人充分照顾第一个和第三个环节。如果我们在普林塞斯·里斯巴勒继续研究帝国木材质量问题，但却没有关于木材供应的适当情报，那就等于 45 是不打地基就造房子。如果这样做，但却没有一个适当的销售组织，那也等于是造一幢没有门窗的房子。……”——摘自科学和工业研究部咨询委员会报告书，1932——33年。

从这以后，由于设立了殖民地森林资源发展部，已经在消除这些不正常情况方面做了一些工作，不过还有大量工作需要做。

建筑研究站与众不同的地方在于，它的研究范围既涉及生产者，也涉及消费者。它近年来致力于研究住房的方位、隔热和家庭生活便利等方面的设备条件。

研究协会 科学和工业研究部的研究协会是在大战将近尾声时设立的。它的明确目的是要向英国工业家表明应用研究的价值，并且要防止1914年的情况重演。那时更加注重科学的德国工业趁英国工业的不备占了便宜。政府捐赠了1,000,000镑钱并且在“一镑对一镑”的基础上向研究协会付款。换言之，即工业企业每捐赠一笔钱，政府就付出同等金额的钱。其目的是：等到这一百万镑钱用完时，工业本身就会理解科研工作的价值，这样就不再需要这种扶植了。结果说明，这些目标仅部分得到实现。一共大约设立了二十所这类研究协会，主要是在1918年至1920年间。其范围包括我国全部工业的百分之五十。其余的行业，主要是老式的和传统性的行业。它们认为自己完全可以毋需科研而维持下去；无论如何，即令出了什么问题，也可以依靠保护关税，那是更好的办法而且用不着花费什么钱。头五年过去以后，制定了一个逐年减少政府捐赠的制度但是却行不通，于是采用了一个新的“基准线”制度。专家们为每一工业部门规定了基准线数字，只有当工业企业本身提供了相当于这一数字的捐款的时候，政府才付给“一镑对一镑”的赠款，其最高数额不超出基准线数字的一倍。这样，假如工业界充分利用这一办法的话，政府就为工业研究总费用提供了三分之一的钱。这项百万镑的基金后来全部用光，于1932年在经济萧条的最严重期间告一段落。有一段时间，人们不想放弃橡胶研究工作。假如人们也不准备放弃整个工业研究工作的话，那末除了继续由政府补助之外，就别无他法。目下，形势正在好46 转之中，不过大家认为还远远地不够令人满意。在截至1936年3月31日为止的那一年度中，全国一共向研究协会提供了346,479镑，其中有108,951镑是由政府提供的。

主要困难在于经费，其原因将于下面加以讨论。工业企业对

协会的捐助金额小而且无规律，它当然在很大程度上是随商业循环而变化的，不幸政府的津贴也往往是照同样的曲线波动的。结果收入十分不稳定，使人不能制订长期的研究计划，因而不得不集中力量解决眼前的，往往是比较琐细的问题。一份报告书(1933年)，把这一情况作了一个很好的总结：

“经费不足继续在各方面阻碍着研究协会的工作。假如有足够经费可以聘请有资格的科学家来适当处理等待解决的问题的话，这些问题在科学上本来并不难解决，不过由于没有经费雇用足够的人员并向他们提供专业上所需要的工具，上述问题仍然不能解决。……”

在经费来源无把握的情况下是不可能制订出明智的计划的。在此情况下，短浅的目光往往会压倒长远的打算。结果，极其重要但却不能立刻见效的研究项目往往被专门的研究排挤掉。总之，研究协会无法有效地进行工业发展所必需的一些研究，也无法为它们的工作规划的重要部分制订计划，除非这些计划在研究协会科学工作人员看来有相当的经费保障。因而只有当研究协会觉得有把握得到经费支援，可以在长达数年的期间开展活动时，它们才能希望去开展上述研究工作。

只有养成科学的思考习惯并且根据已有的技术知识对制造方法仔细地和不不断地进行考察，才能保证工业得到新的技术进步的全部好处。

此后情况当然大有好转，研究协会得自政府和企业的收入都迅速增加了(见附录II(C))。这就引起了自满并且使人认为：英国工业科研情况一切都很好。现在的确有机会对科研工作资助，以便使进行中的工作不致遭受下次萧条的影响(参看边码第317页和附

录V)。不过由于当局认为：决不会再度发生萧条现象，或者认为，这种制度是经不起第二次萧条的打击的，因此它们不大有可能采取任何措施，同国家物理实验所及其附属研究所的工作比起来，研究协会的工作在技术上更具有直接见效的性质。它们所处理的问题大多同工业生产过程中发生的困难有关，诸如金属在某些应力作用下产生的缺陷，或巧克力糖存放一段时间后发生表面无光泽现象的原因*。但是对于表面看来无关紧要的问题加以注意往往能促成工业上的巨大节约。例如，研究熔化生铁所用的焦炭质量的结果，企业每年节省燃料费达800,000镑，研究冻肉表面上的粉霜的结果，企业每年节省300,000镑（参看附录V）。举这些例子只不过说明：只要把科学直接应用于工业，即使研究范围极其狭隘，而且仅仅试图解决一些弥补缺点的问题，也可能使节约的成本大大超出研究费用。

现有的研究协会见于附录II(C)。它们大体上可分为六类，我们可以从它们分得的经费款额来断定其相对的重要性。重工业，电气工业和纺织工业得到了最大的发展。机器制造业，造船业，水泥，制砖，玻璃和酿造及烟草工业没有设立研究协会。不设立研究协会的许多行业是老的，传统性的工业。它们大多分成无数小企业。它们并不感到有必要进行科研或者由于害怕泄露自己的行业奥秘而真的对科研心怀疑惧。

化学工业是一种大不相同的工业，不过它也没有设置研究协会。这里的问题不如说是一个拥有广泛的国际联系的巨大垄断工业宁愿自己单独搞科研，而不需要同政府部门合作。**

* 为了了解进一步的详情，读者可参考科学和工业研究部的年度报告（英王陛下出版局）。

** 参看帝国化学公司在调查私商军火制造情况的皇家委员会面前所提供的证据记录。

研究津贴 科学和工业研究部除了资助研究协会之外，还对主要是在大学进行研究工作的大学生提供高级和初级津贴。它在这里直率地承担了教育部无法完成的任务。拿津贴的人数不多——在二千名优秀理科毕业生之中每年大约只有八十名，不过即使这样，由于对有训练的研究人员的需要量极小，其中只有三分之一的人继续进入工业研究部门工作。这个部门的这一部分活动相当有助于基础研究，因为尽管学生人数不多，他们为学术研究增添了一支可观的生力军。不过这整个制度却处于不正常的状态，因为没有人对科研工作加以协调，或者设法把研究工作同工业上的问题联系起来。津贴本身金额极小，使接受者处境困苦（参看边码第84页）。它是否达到原来的目的殊值怀疑。

由此可见，在英国由于有了科学和工业研究部而存在着一个很不完善地囊括大部分工业活动的科研体系。政府的科研工作当然要比大学的科研工作更密切地联系到日常的问题。我们甚至可以说在目前经济制度之下，这是国家把科学引进工业中去的最好 48 的办法。它的指导原则之一是抚慰工业家们，机智地向他们指出科研的好处，同时向他们提供充分保证，说明政府决不希望同他们竞争。这样，在二十年中，它就渗入到英国工业中较先进的那一半中去。一项更为直截了当的政策也许反而可能遭到失败，不过如果我们说它所取得的成就达到了国家科学机构——即使是资本主义制度下的国家科学机构——的要求，那就未免过于乐观了。

医学科研工作

医学研究委员会 政府除了进行军事科研工作与设置科学和工业研究部之外，还直接过问医学和农业的科研工作。医学研

究委员会设立于1920年，目的在于协调原有的，多少各自为政的医学研究津贴发放工作。这个委员会在行政管理上同科学和工业研究部大不相同。它主要是一个谘询机构而不是执行机构。它所能处理的经费也少得多，目前(1938年)仅为每年195,000英镑。委员会直接控制自己的各研究所，其中最重要的是汉普斯特德的国家医学研究所；维持这些研究所需58,500英镑。拨款的余下部分大多用于津贴全国各地的个别研究工作者。在这方面，有证据说明他们进行了合理的统筹，胜过科学和工业研究部的类似计划。他们选择了一些重要问题加以研究，有时这些问题是由工作人员组成协作小组来进行研究的，例如，维生素D的构成问题便是由国家研究所的一个这样的八人小组成功地加以解决的。不过从报告书中可以看出，也有大量研究工作完全没有协调。它们都是有地位的人认为可能取得重要医学成果的研究项目，并且由委员会加以津贴。结果，完成了不少出色的工作。——例如，剑桥的生物化学实验室主要就是从这里获得津贴——但是如果实行一项更为全面的计划的话，所取得的成果会比这不知大多少倍。

而且医学研究委员会的方针缺乏严格的连续性。它经常受到医学研究上的两种不同概念——临床观点和科研观点——之间的矛盾的干扰。前一观点目前开始支配着这个委员会的方针。这种观点认为：研究的目的是着眼于取得医学上有直接价值的成果，而且
49 研究人员照例应该持有医学学位。不过高兰·霍普金斯爵士在1934年以主席身分向皇家学会致词时就有见识地指出，在缺乏足够广泛的科学背景知识的情况下，过于单纯的医学观点是危险的。*

* 弗雷德里克·高兰·霍普金斯爵士在1934年11月召开的皇家学会年会上以主席的身份致词(《皇家学会会议记录》，第148卷，第24—25页)说：

“在一切研究生命机体的科学的历史中可以找出一个天然的次序。首先是对形态

委员会的科研工作即使在它发展的全盛时期也受到种种影响,主要是受到经费不足和缺乏全面指导的影响。* 委员会手头没

进行研究的单纯描述阶段,这种形态研究归根结蒂会促使人们去进行分类。接着是对机能进行研究,并且设法把机能和结构联系起来。以后就注意到形成结构和外形的材料的性质,再以后,就力图探索构成积极机能的一切表现的基础的分子力学活动。现代生物物理学和生物化学忙于从事最后一个任务。这一工作虽然才开始不久,却已在今天取得进展而且其进展还在加速之中。

我相信,我们最终将会从理智上充分了解这些看不见的活动的情况以及它们在生物组织中的结构。那时,我们的思想会深入到可见现象表层之下。人们将以新的观点来看待疾病本身。我确信:即使在今天,单凭可见事物来进行思考的人们可能仍然不理解那些从分子活动角度来思考的人对今后进展的想象。

研究完整的物体至多只能对推进这种知识起极小的作用。你们自然会明白,我所讲的始终仅涉及知识的进展而没有涉及知识的应用。

说到这里,我要停一停,请你们不要把我仅仅看作是一个妨碍者,我不希望看到人们在一个从事物本性来看必然始终极为重要的领域中的活动受到阻碍。我个人希望看到每一所能够为实验医学讲座提供完善临床诊所的大学都设置一个实验医学讲座,而且——如果能鼓励临床科学而又不影响实验科学的话,我希望鼓励办法越慷慨越好。我们应该在一些领域中探索新知识。我只是要求在为今后医学研究筹划捐款的时候,应当适当考虑到这些领域的相对广度。

不过我似乎已经感到,在国内和其他国家中,开始产生了一个明确的动向。它当然不是忽视实验室,而是在分配医学研究经费的时候向临床诊所提供过多经费,其规模之大可能危及基本生物科学研究的前途。我说,这些话是由于我深信,从长远来看,这样的方针会妨碍科学进展。

我不禁要引述克努德·法布尔所引用过的一句话。这句话摘自伟大的法国内科医生夏尔科的著作。夏尔科教导我们说:临床观察应该始终是为临床诊所本身的存在进行辩护的最高法庭,不过他又说:如果没有科学革新,它不久就会变成一个落后的常规工作,而且仿佛是变陈旧了。法布尔说,夏尔科很明白,基础科学是临床观察和临床分析经常汲取前进推动力的源泉。”

* 政治经济规划学会编写的《关于英国卫生机构的报告书》(Report on the British Health Services)第312页对医学研究委员会的工作有略为不同的看法:

“过去临床研究一直是同专业实践密切结合的。在既是科学又是一种技术的外科中必然是要这样做的。不过在某些学科中,把医学科研人员和医务人员的职能划分开来可能是有好处的。过去医学实践和研究所以一直合在一起,部分地是由于研究人员报酬太少。不过近来已经采取措施,使专职科研人员的薪金有保证,使他们感到值得放弃私人开业的报酬。医学研究委员会已经多少成功地争取到更多专职高级研究职位和高级教学职位,从而制止了青年科研人员私人行医。委员会已经在伦敦主要医院设立了特别临床研究单位(在第五章中提到)。牛津的纳菲尔德信托基金会也遵行这个方针,不过除开对工作的爱好之外,没有什么可以诱使有才华的学生在毕业后献身于医学研

有足够的钱,只能向少数大学生理和生物化学研究人员提供津贴。因而工作就具有个人各自为政和不协调的倾向。这一点在谈到大学的科研工作时已经提到了。同时,所有受政府资助的科学家们本来就都处于朝不保夕的境地,就医学研究人员来说,由于难以取得任何其他职位,情况就更为糟糕*。由于这个原故,原先存在的要求医学研究人员必须具有行医资格的压力就更大了。这是一

研究工作。在某些学科中,对科研人员的选拔和训练也还是注意得太少,虽然提供了相当多的奖学金和研究津贴名额。

医学研究的成果是通过专业杂志传授给医学院学生和其他人的,不过普通开业医生却几乎无法跟上最新的科研成果。但是由于开设了研究生班,由于卫生部和苏格兰卫生部分配经费,使得那些为参加国民健康保险者治病的开业医生能够参加研究生班学习,这就有助于传播有关研究成果的知识。正如第三章所指出的那样,企业家并没有推行或者甚至没有研究过科研人员在工业卫生领域中的调查结论。这部分是由于工业卫生研究委员会不敢对自己的调查结论进行普遍宣传,只怕卷入争论,以致可能损及它的中立和超然地位。

医学研究尽管有了一些缺点,但总的说来,除了涉及国防的研究工作以外,大概比英国所有其他各类主要研究工作都更为全面,规划和组织得也更为完善,其人员配备更为充足,经费也更为充足。它具有极大的优点:它有一个领导有方和密切配合的生气勃勃的传统,在许多部门中拥有高水平的工作人员。在生理学和病理学的基本问题上,医学研究工作尤其有成绩,不过虽然对问题有了一个宽阔的眼光,还需要对产生了这么多矛盾的经济,社会,心理和人口问题进行多得多的研究。最急需的补充研究工作并不是纯医学研究,而是主要属于卫生部和苏格兰卫生部职权范围内的混合和应用性质的研究工作。这两个部最近做了一些属于这一类型的出色工作,例如联系到社会条件对英格兰,和威尔士的产妇死亡原因进行了调查并且探索了苏格兰受保险的人中间疾病发病率情况。这种工作大有发展前途。它把实验室工作和日常生活沟通起来。

医学研究的一个同样严重的缺陷是没有一个对外联系机构,以便使公众,包括工厂主和工人等特殊集团,了解许多有待很好利用的有价值的发现的大体内容。把涉及面广阔的人类问题的研究成果埋葬在很少有人阅读的技术报告中,倒不如干脆就不要进行这种研究。医学研究委员会在1934—35年度的报告中提出了这个问题,但是仍然没有采取什么充分措施,用明白的措词向公众宣布同他们有切身关系而且主要是用公家钱搞出来的保健方面的发现。虽然有些事情仅仅需要让医学工作者知道,尽管在什么机构向公众提供情报最为适当的问题上有分歧意见,显然还是需要有人把大量保健情报告诉公众,目前是没有什么人告诉他们的。”

* 莫特拉姆教授对委员会的经费方针作如下的评论:

项很成问题的方针，因为进行科研的能力和行医的能力是大不相同的，而取得医学学位必然意味着损失二至四年的研究时间。

医学研究委员会的一个重要分支机构是工业卫生研究委员会。这个机构负责研究各种疾病的许多方面，还负责研究工厂车间和矿山的劳动条件。当我们考虑到，除了营养不良外，工业劳动条件是疾病和死亡的最重要的原因*的时候，我们就可以看出这个机构具有多么巨大的潜在重要性。实际上，它的职权范围由于两种因素而受到了极大的限制。第一，为了获准研究工业劳动条件，它不得不一直是一个纯粹的咨询机构，既不是行政机构，也不是宣传机构（见本书95页原注*）。它既没有权力调查工业劳动条件，也没有权力强制执行任何有关的措施，甚至不能够把这些劳动条件公诸于世。第二，虽然它不再叫做工业疲劳委员会，人家还没有完全消除对它的怀疑，总疑心它是受雇主们利用的，起码是既要保护工人健康和舒适，也要通过改善物质条件来加重工人劳动强度。这就妨碍了工会对它的工作给予重要的积极配合。

私人医学研究 在这里顺便谈谈我国医学研究的 其他 方

“政治家对科研需要的看法可以从下列事实看出来：在英国1931年的金融危机中，不但医学研究委员会固定工作人员的薪金减少百分之十——这也许是不可避免和可以辩解的——而且研究津贴的金额也减少了这样多，使不少有价值的工作夭折。为了每年‘节省’可怜的19,000镑左右的钱，竟然使本来可以救活无数生命的研究工作由于经费不足而化为乌有。因为经费是科研的生命线。经费主要是用来津贴研究工作的，但是它在津贴科研工作者方面也是极为重要的。这种人在英国和美国多得很——事实上，他们队伍之中存在着严重的失业危险，多年训练的成果也弃而不用。今天英国医学研究由于财政部的吝啬而无法进展。”——《科学遭受的摧残》(Frustration of Science)，第81，82页。

* J. 库新斯基在《工资理论的新花样》一书中以统计方式研究了失业对死亡率的影响，而且清清楚楚地发现，死亡率所以略有降低是由于某些工作条件造成的疾病消失了，以致足以抵消伴随失业而来的营养不良所引起的普遍衰弱现象。

面。大学，私人医院和市立医院以及各种私人资助的研究所都对医学研究作出贡献。这种研究大部分是在各个医院和医学院里进行的，规模很小。而且研究工作的类型比医学研究委员的科研项目50更具有临床的性质。很难对费用总数作出估计，不过每年不可能超出200,000英镑。^{*}假如我们考虑到每年用于治疗 and 赡养病人的估计费用多达200,000,000英镑^{**}。其中医务从业人员拿到的钱肯定不少于60,000,000英镑^{***}的话，那末每年用于医学研究的400,000英镑总费用就显得少得可笑了。根本的困难是：虽然对病人的治疗效果归根结蒂几乎完全取决于医学研究，医生所收的费用却与医学研究完全无关；事实上，医学研究越是发展，它的成果的应用越是广泛，为私利行医的整个制度就越加显得荒谬。比这种考虑更有密切关系的是这样一个事实：并没有一个组织完善的机构来管理医学研究的发展问题，同时私人行医的制度和经费极度不足的私营医院制度实际上不可能推动医生们自己对医学研究规划作出捐献。^{****}政府的兴趣显然是冷淡的。毒气战争防御部的经费实际上比医学研究委员会的经费还要多一些(204,000英镑)。

不用说，医学研究委员会活动范围以外的医学研究工作相互之间和这种私人医学研究工作同委员会的研究工作之间实际上都是互不通气的，而且私人研究工作者的处境也相应地更为恶劣。

^{*} 自从我写了这段话以后，由于纳菲尔德勋爵对牛津大学医学研究工作给予巨额捐助，情况大为好转。要估计这一笔遗赠的作用还为时过早，不过部分地由于牛津地区不能提供充分临床资料，部分地由于临床研究本身的价值有限，象F. 高兰·霍普金斯爵士所指出的，它似乎不能充分发挥作用。(本书94页注)

^{**} 政治经济规划学会《关于英国卫生机构的报告书》，第25页。

^{***} 大约有34,000名实际开业医生。一名为参加国民健康保险者治病的医生的估计平均毛收入为1,700英镑。不过人数达一千名以上的专家收入比这多得多。见同上所引述的著作。

^{****} 参看克罗宁关于行医职业的一本刻画入微的小说《城堡》。

的确，过去在不比现在更好的条件下，医学研究工作也帮助过医务人员取得重大的，甚至革命性的成绩。但是我们决不能利用这个事实来为目前的麻木不仁和自满情绪辩护。早期医学研究所取得的成绩是发现疾病的细菌理论的结果。这种理论使人们虽然对于传染和复元的机制只有比较肤浅的认识，但仍然能对急性疾病加以控制。在现代的条件下造成大部分死亡(由于营养不良而引起的死亡不计在内)的则是慢性疾病。慢性疾病问题大体上还没有获得解决，而且要求人们对生理现象取得更加彻底的了解，以便解决这些问题。只有作出更为巨大的努力来发展医学研究，经过相当一段期间才能出现这种局面。如果我们考虑到由于缺乏医学研究，每年有成千上万的人死于非命并且有亿万人受到病魔的折磨的话，那末我国医学研究现状就不仅是一种耻辱而是一种犯罪行为了。

农业科研工作

农业科研的情况比医学科研情况更为混乱。农业研究经费来自若干不同的政府部门，来自地方当局，来自各种依靠自由捐款维持的团体以及商业企业。人们想通过设立农业研究委员会来协调这些经费来源。设立这个机构并不是要使它象科学和工业研究部那样在自己的活动范围中统一地接管和管理农业科研经费，而仅仅是要它协调经费来源并防止现有开支有重复现象。农业科研工作是在全国的一些不同的试验站中进行的，但是每一个试验站都从许多不同的来源获得经费。在这种情况下，要想提供一项统一的农业科研方案，困难实际上是无法克服的。政治经济规划学会就这一点所提出的一份报告书令人钦佩地综述了这一情况： 51

“英国的农业科研经费的使用方式极为奇特复杂。要想详尽地叙述这方面的实际情况，远远不是本文篇幅所能胜任的。可以简单地综述如下：英格兰和威尔士划分为若干区域，由十七所农业学院和农业研究所分管，其收入的百分之九十来自政府的一整笔159,000镑补助金。研究所是独立自主的，它们的工作由一位所长控制，人力、物力、财力都由他支配。

这些研究所从国库中得到的补助金数额由中央政府所属五个部门，即农业部，苏格兰农业部，发展委员会，农业研究委员会及财政部为一方以及地方当局和研究所及实验室领导人为另一方通过协商决定。这些研究所如果得不到这笔钱是无法存在的。

虽然我们可以清楚地划出行政管理的总系统表，可是，各县当局之间的关系在细节上有巨大的差异，给人以相当复杂的印象。

除开经费不足的问题外，目前农业科研的安排受到各式各样的批评。有人从农场主的观点提出，目前许多科研工作实用价值不大或者根本没有实用价值，要么是因为在进行这种科研项目时并没有充分顾及实际农业条件，要么就是因为这种科研项目仅研究某些方面，而毫不触及在采取措施前必须加以研究的其他方面，要么就是因为它们是以普通农场主所不能理解的方式或者是在他从未听到过的出版物中提出来的。此外人们还提出：所采用的组织形式过于复杂，一个普通农场主所提出的问题很难得到迅速的解答，除非他的问题简单得可以由现场的顾问立即加以回答，而这个顾问显然无法同不久以前的、更带专门性质的许多课题的研究工作保持充分联系。

人们还提出：由于职权划分得太繁复，产生了一套相当复杂的规章制度，为的是保护各有关方面的利益，结果除非 52 询问者恰巧是熟人，有关方面很容易用过于谨慎的态度和拖拖拉拉的态度来对待各方的询问。又有人认为：牲畜疾病和家畜研究同果品研究之间的经费分配与有关的农业生产在国内的相对重要性不相称，和它们需要得到科研帮助的紧迫程度也不相称。前一种研究经费很感缺乏，而后一种研究经费则很充裕。人们还根据同一理由批评基础研究和特别研究之间，或者经济学和病理学研究之间的经费分配。人们还提出：假如现行的经费分配办法确有理由，至少也应该整个地予以公布，提交公众审议，而不应该有这么多不同的批准手续，也不至于如此复杂，以致只有一个头脑清楚的会计员才能搞清楚情况。有人埋怨说：人们不知道可以向什么地方提出有关值得研究的新科研方针的请求、建议和意见，而且在提出建议时还可以确信：有关方面会同情而迅速地予以审查，而且当他们认为建议有价值时就会接着采取行动。

我们可以对农场主所提出诸如此类的批评意见加以答辩，而且可以提出更多的意见。例如，研究工作人员可以说：尽管有着许许多多困难和广泛的阻力，他们已作出非常巨大的贡献。他们可以指出，国家向它的不少法律和医学顾问们支付1,000镑以上的年薪，可是从事农业研究的人极少能够指望得到800英镑以上的年薪，即使他们的薪金已经是800镑了。薪金水平如此之低，身兼教育、谘询、科研和行政人员的现象如此普遍，可以断定，收入低微和工作过劳的人员是无法比目前做更多的工作的。我们还可以说，有效的科研工作有赖于热心而聪明的合作，而农场主并不是总是会给予这样的

合作的。如果农场主不多费点脑筋弄清自己的需要，或者说说明自己的需要，他们就不可能指望别人认识到他们的需要。最后，研究所所长，可以说，他们自己的很大一部分时间都浪费在向一些官方的和非官方的负责发放津贴的机构申请和随后连续申请零星资助上面。行政人员又可以反驳说：这个体制不管从字面上看多么繁杂，却已经在现有的财力和人力容许范围内，产生了极好的成果：事实上，通过私人之间的联系还是细心地和不断地保持着相互间的配合；虽然有时会产生摩擦，可是目前还没有人能制订出一套组织体系，可以使不愿意合作的两个人在一起工作。

我们已经列举了不少论据了，不需要再多加列举就可以看出，第一，现有的体制并不象它可能做到的那样顺利而有效地进行工作；第二，要想把缺点归咎于任何一个具体的有关方面都必然是徒劳的。”——《规划》第57号，第3—5页。

由此可见：无论政府，农场主或者研究工作者都对农业科研
53 现状感到不满。这种情况的产生并不令人感到十分奇怪。英国农业基本上继续停滞于某一发展阶段。这个发展阶段在十八世纪是以盈利为目的的食品生产的先驱试验。不过在二十世纪却变成了不折不扣的时代错误了。农业科研的基本困难不在于有多少研究成果，而在于保证一旦有了研究成果就能用于实际。现代农业的主要倾向是限制产量，以便维持价格。这在根本上是同任何农业科研目的相违背的。丹尼尔·霍尔爵士在《科学遭受的摧残》一书中说过：

不论是由于国家对农业的干预，还是由于同世界性不平衡有关的更为普遍的原因，销路不限于本地的各种农产品充斥于市场。批发价格肯定地低于一般生产成本。人们普遍地

把这种低的市场价格归因于生产过剩。可是从过剩的通常的意义上来说，食品生产过剩应该说是极其遥远的事。消费者对食品需要的明显特征在于它对质量要求的伸缩性，即便我们承认所有的人都在数量上得到了满足（这绝对是不符事实的）。家庭收入越少，饮食中谷物——小麦，裸麦，玉米，大米——的比重就越大，因为这些物质提供身体所必需的最廉价的能量来源。随着家庭和社会收入的增加，谷物就会越来越多地被牲畜产品——肉类，乳品，蛋类等——以及蔬菜和果品所取代。肉类和牲畜产品本身就是利用谷物和来自土壤的初级收获物生产出来的。所以过剩的小麦可以转化为咸肉或蛋品，而从能量观点来看，这种转化是一种浪费：小麦所包含的维持生命的物质是由它转化而成的肉类所含的同类物质的五至十倍。再把生产蔬菜和果品同生产谷物所需的劳动量相比较，同样可知，比照生产成本，即耗于种植的劳动量，蔬菜和果品所具有的维持生命的能量是低的，所以全体居民要求于农场主的总需求——即需要土地生产出来的总产量——将随着公众的购买力和生活水平而提高。贫穷的阶级除了谷物之外所耗不多。谷物对土地面积和农场主的劳动力需求最小；要向比较富裕的阶级的家庭供应混合性的饮食，就需要更多的土地、劳动力和技术。从这一观点来说，断言食物生产过剩是毫无意义的。

可是按照实际需求和价格来衡量的生产过剩现象的确是存在的，于是人们就要求科学界停止它在增产上所作的努力，目前普遍试用的补救之道是限制产量。人们正在缔结国际协定来限制小麦、糖和橡胶的生产。巴西一直在焚毁咖啡，美国已经把棉花和烟草挖掉并且把小猪杀掉，爱尔兰自由邦已

下令杀掉小牛。农业科学研究工作者为数极少。他们在各国中的人数是在上世纪下半叶逐渐增多的。他们已经能够多少控制自然了，但却似乎发现自己已经不复为世界所需要了。也许情况并不完全是这样的，因为假如世界各国都采取本国自给自足的方针的话，种植大米的任务——例如在埃塞克斯——，就会大大需要科学。不过要是以居民所拥有的真正财富来衡量好事情的话，亦即以个人在世界资源中所分得的份额来衡量好事情的话，还是有一个较好的办法的，那便是也利用科学来改进世界生产力的分布状况和管理世界各国人民。

在一百年之前，工厂并没有一下子把手工纺织机都换掉。就农业而言，个体劳动者在斗争中还具有另一个有利之处，即他至少是为自己的家庭生产食物。不过斗争的最后结果是不容置疑的。假如人们容许自由竞争左右一切的话，拥有资金，势力和科学的组织——换言之即机器——一定会取得胜利。国家以某种形式来组织农业变得不可避免了：英国的不少农业部门，要是不加以“哺育”的话，势将消灭。问题在于：应采取何种组织形式？俄国的方案为我们提供了一个榜样，这可以说是一个力求从土地获得最大生产效率的工程师设计图，假定土地、劳动力和资金都不成问题，而且除了土壤和气候之外没有其他不利条件，这就是我们在美国和热带国家的某些大庄园中所看到的那个工业开发的方法，只不过权力更加集中，由控制一切的国家机构把规模从数千英亩扩大到数百万英亩而已。其目的是要通过使用最少量的人力从土地取得国家所需的粮食和其他原料，而且要通过科学和机器的应用来实现这一点，从而把本来用于这方面的大部分劳动力解放出来，以便用到能增加社会实际财富的其他类型的生产

上去。要实现这一点，就要求具有极其丰富的管理才能和管理全国性组织工作的技术。这种组织工作在世界大战中才开始试行。这就需要进行一场其他国家不准备进行的社会革命。”（第26—29页）

目前每年直接用于补助农业的钱约为40,000,000镑，以关税等方式给予的间接津贴为此数的一倍。同时建立了一个复杂的市场委员会的体系，主要目的是防止农场主生产超出定额的食物。其结果象约翰·奥尔爵士所指出的那样，有一半居民吃不到足够的合适食物。假如把农业津贴费用的五分之一用于农业科研工作，而且运用政府权力，保证科研成果迅速得到应用，象在埃及等比 55 较落后的国家，就有可能在增加生产，向居民提供丰足的食品，只要小麦和肉类基本依靠进口，同时大大降低生产成本，使农业毋需津贴而有利可图。以复杂方式结合在一起的保守主义、偏见和既得利益阻挠这样做。大概正是由于这个原因，单纯由于营养不足而造成的死亡和痛苦才比由于公共卫生体系不灵而造成的还要多得多。

工业中的科研工作

要估计出各工业企业试验室中完成的科研工作量是不容易的。缺乏关于这项工作的全面调查材料，而且由于它的性质，很难收集到有关的情况。不过可以通过工业中雇用的科研工作人员的数目和工业科研人员在科学刊物上发表的文章数量来看出一些大概情况。我们在一开头就遇上了怎样区分在工业中工作的科学家和技术人员的困难。不少机械工程师必然是部分地从事科研工作，电气工程师和化学工程师就更其如此了，但是他们的工作总的来

说不能列入科研工作，因为他们的工作主要是把已经得出的科学成果化为实用的和有经济效果的东西。在另一方面，工业雇用的许多训练有素的科学家恰恰是从事这类工作的，因而刊物上发表的论文数字也许要比工业雇用的科学家的实际数字更能反映出工业科研在科学研究中的地位。一项取样性的分析说明：虽然工业雇用的科学家数目约占所有合格的科学工作者人数百分之七十*，可是他们向科学刊物所提供的论文篇数仅占百分之二，他们对技术刊物所提供的甚至也仅占发表的论文总数的百分之三十六（参看附录III(B)）。在这里还有必要加上主要是由工业企业取得的专利中包含的科学情报（参看边码第144—147页）。不过这些专利的绝大部分是技术改进方面的。除了在有限的领域中以外，专利文献对科学进展所作的贡献是微不足道的。还有必要考虑到秘密进行的科研工作的数量。要估计其数量肯定是完全不可能的，不过，即令只是根据工业企业大力反对联合科研和反对政府详细视察的事实来判断，也可以十分清楚地看出其数量一定是相当可观的。

56 **费用** 用于工业科研的金额同用于政府科研的钱相比大概为数是很大的。我们当然几乎得不到任何数字，不过总金额可能多达200,000,000镑（参看附录II及III）。这个总数当然是不足为凭的，因为它包括用于建立半工业规模的非盈利工厂的费用，而这项费用远比科研本身费用为多。工业科研工作十分不均匀地分布于各行业和同一行业的各企业之中。当然依靠整个科研而存在的较新的行业在工业科研中所占比重最大，而许多较老的传统性的行业差不多不进行任何科研活动（参看附录II(C)及附录V）。在大

* 这里自然没有把学校里的理科教师计算在内，他们在大学学位保有者中间无疑占大多数。

多数情况下，只有行业中较大的企业才能够进行科研，因而我们可以说也许绝大部分的工业科研工作是在极少数企业的实验室中进行的。大部分企业可能雇用一、二名化验师去进行日常工作，而真正的科研工作则至少需要五名科研工作人员。只有三百五十多家雇用一千名以上工人的企业和无线电和精密化学等行业中规模较小的专业性企业才能做到这一点。我们可以有把握地假定研究实验室的数目在三百至六百所之间。其中绝大部分是小实验室，主要从事于日常监督和发展工作。对工业科研作出真正贡献的也许只有不满一打的大企业。它们拥有工作人员人数达一百至三百名的大实验室。

工作的性质 要估计工业实验室的工作性质也是很困难的。大型的电气和化学企业的一打左右的实验室，在规模上当然可以同政府所办的实验室相比。它们的工作条件基本上是差不多的。它们雇用有很高资格的科学家为主任，并且完成了相当多的比较基本的研究工作。但是毫无疑问，英国在这方面是远远落后于欧陆各国和美国的。英国工业有一种绝对不利于科学，因而也就限制了工业科研的范围和自由的传统。在过去十年中，英国工业实验室很少取得带有根本性的重要成就，可是德国和美国的实验室则取得了不少这类成就。大战以后在英国产生的巨大的新的电气和化学联合企业同国外同业订有共享专利的协议。存在着输入现成的科学成果而不是在英国实验室里取得这些成果的不可否认的倾向。不用说，在外国公司为了逃避关税而在英国设厂的地方，其全部科研工作实际上都是在外国进行的。尽管政府力求保护英国工业的产品和利润，它似乎并没有考虑到怎样保护英国工业的科学主动权。正象在1914年一样，只有当战争临头的时候，当局才会注意到这一情况。我国极有可能在下次战争爆发时，无

法提供足够的科研科学家和技术人员。

除了托拉斯的形成和企业之间的协议所促成的协作之外，工业科研方面的其他协作实际上是不存在的。由于不能保证不发生重复现象，这种缺乏协调的局面本身就引起效率低下的现象，实际上，在大部分工业科研工作中，大概工作至少重复两次。在钢铁工业等由于政府的干预而联合起来的地方，是通过研究协会来进行科研合作的。在这种情况下，工作一半处于政府控制之下。工业中的科学家和研究协会之间也还存在着非正式的联系，不过由于需要保密，这种联系既有助于科学家，却至少同样地妨碍了协会的工作。各协会的很大一部分时间都用来为本行业的厂商进行工作。所以我们可以说，总的来说，我国政府和私营企业花在工业科研方面的金额不仅少得可笑，而且所花的大部分钱也由于内部不讲效率和缺乏协调而浪费了。

科研经费筹措

鉴于我们已经谈过的情况，我国科研经费筹措具有十分复杂的特点就不足为怪了。而且，科研经费来源与我们已经列举的科研行政管理系统也不一致。大学的，工业的，独立的，以致于政府的科研工作，都在不同程度上从同一类来源取得经费。主要的一些经费来源是：旧有的捐赠基金所得的收益，新的捐款，政府和地方当局的津贴以及工业给予的补助金。大学科研从四方面都取得经费。上面已经说过，工业科研经费可以取自政府，政府科研经费也可以取自工业，这要看它们对于科研价值的不同估价而定。要估计从这些来源得到的实际金额是极其困难的，不过附录II(B)、(C)及附录III(C)提供了某些公开发表的数字。

捐赠 从最实际的观点出发,旧有基金的作用可以略而谈,因为只有老牌大学才能从中得到大量好处(参看附录I(D))。在这里,基金所得的收益总数的确相当可观,每年几乎达到1,000,000镑,不过大部分用于维持大学设备和教学。用于科研的钱也许至多为其总金额的十分之一。大学收费所得收入也不应予以考虑,因为这些学费本身还不足支付教学开支,因此也就无从资助科研工作。

新的捐赠数额相当大,但它所指定的受益对象自然是极其缺乏规律性的。主要受益者为各大学,其次为独立的研究所和医院。这方面的数字也不容易得到,不过有的已列入附录中了。和老的捐赠基金一样,这些金额中有多少可以看做是用于科研本身的,自然是不清楚的。大学所得到的许多赠款都指定用于设立讲座,而讲座往往以教学为主,或者用于兴建既用于教学又用于科研的楼房。捐助往往是不定时地大笔收到。它们总的来说有随着商业循环而变动的倾向。就老牌大学而言,这种无规律的现象并不太危险,因为有老的基金可以调剂。在别的场合,捐助可能成为科研工作不稳定和无规律的额外原因。

政府津贴 我们已经谈过政府对科研的资助。政府除了维持自己的实验室之外,还以津贴形式向学生和研究工作者提供资助,总金额是比较微不足道的:医学研究津贴每年90,000镑,工业研究津贴每年26,000镑,农业研究津贴每年7,000镑,合计123,000镑。这些金额虽小,但在大学收支中的作用却不容忽视,因为它们在研究生大学毕业之后和就任高级职位(假如他们能够做到这一点的话)之前的一段时间内,为研究生提供了一大笔生活费。政府津贴开支的管理权主要操在由各大学派代表参加的各委员会之手,虽然它们并不过问具体开支金额。地方当局对大学

的教学工作提供了相当多的经费，但是除了农业研究以外，它们对大学的科研工作很少支援。就目前情况来看，这也许是好事，因为在得不到各政府科研单位所享有的保护的情况下，地方政界对研究机构的干涉有时是很糟糕的。*

工业界所提供的科研经费主要限于资助工业界本身的实验室。不过有时，除了个人捐助之外，工业企业也对大学捐赠。**但是更常见的是由工业界来支援特殊研究项目。这些研究项目是在大学实验室中进行的，参加的人员有一部分是大学工作人员，有一部分是完全在工业企业中拿工资的科研工作者。这种体制没有被广泛采用，因为它在某些方面对双方都是不利的。主要的困难是：从大学观点看来，这样做就把研究人员过份束缚在为工业服务的战车上，而从企业的观点看来，同他们自己的研究工作比起来，更难看出从中究竟能得到什么经济利益。保密是另一个困难问题。大学的人员一般认为在那里进行的商业性质的科研带有与学术研究不相适应的保密性质，而在企业看来，听任自己的工作人员陷入大学中存在的那种普遍的自由讨论气氛中是危险的。因此，无怪乎化学工业中最大的厂商逐渐取消了它们对大学科研的支持，而把力量集中在它可以更加严密地加以监督的地方。***

* 参看学术自由会议的报告中海先生(Mr. Hay)的案件，牛津1935年(赫弗版)。

** 英波(斯)石油公司就是这样地于1920年在剑桥建立了新的化学实验室。

*** 在剑桥大学元老会中的下述发言可以多多少少说明大学同工业科研的关系。这些发言是由于一项显然无害的规定而引起的。这项规定要把原来由教授控制的秘密的和商业性质的科研置于大学控制之下。

“W. 波普教授说，拟定中的第一条规定的措词反映了古代学术界对工商界的不信任。它建议，参加这几类研究的细节需要由大学管理机构逐一加以审查，因为有发生丢脸事件的危险，例如一个青年科研人员为了促成一个肮脏的商业目的而被迫对自己的研究成果实行保密。这项规定竟然会使用这种措词是令人遗憾的，特别是鉴于工商业界通过企业和个人在过去二十年中对大学赠送了巨款，而且赠送的方式也显示出他们有开阔的胸怀和眼界。他相信委员会会撤销这项可能伤人感情并引起义愤的规定。

经费管理 在大学中，用于科学研究的经费主要是由负责实际指导科研的同一机构来掌握的。在其他地方，亦即在政府和工业举办的研究部门中，经费管理权操在不需要具备科学知识的行政人员手中。科学管理委员会是在始终缺乏经费的气氛中成立起来的，因而它们对经费开支往往过于谨慎，唯恐自己陷入山穷水尽的境地。科学机构极少借钱，因为它们实际上提供不出什么

在这以前一直是由一个实验室的主管人设法同商业企业和研究协会之类的工业单位进行合作；合作的办法一般是由一个在工业企业拿薪金的科研工作者到实验室来解决某个问题。这个企业也向实验室支付一笔由大学系主任确定的酬劳，其金额足够实验室用来应付有关的费用。几乎在所有情况下，所进行的科研工作都是属于纯学理性质的，对发表研究成果不加限制；承担费用的工业企业的目的完全是支持大学培养在研究方法上有训练的人员，受训练的人以后不一定都进入科学机构。偶尔一家大企业的职工也到科学机构那里去解决某个工业上的问题，当他回到工厂时，科学机构对他所获得的知识如何处置不予过问。不过当工艺科学工作者觉得在大学实验室研究一些问题有利时，大学应乐意接纳。

他愿意强调指出，以种种方式建立的合作关系对大学有过不可估量的价值。这种合作通常会为有关工业的科研人员提供机会；它使大学各系和工业之间产生了一种共鸣感，在需要用人时，工业对剑桥毕业生给以优先考虑；它一直是促使工业企业向大学提供可观的经费捐赠的决定因素。

劳里教授说，几乎用不着强调工商企业对大学有多大的恩惠。他认为他们最近通过一个教育信托基金会得到的美国石油公司捐赠的那笔款子，已经同支付经费的那家工业企业完全没有联系了；不过当化学系收到它的整个历史上最大的一笔赠款时，情况却不是这样。这笔钱是由一家仍在营业的石油公司赠予的。他不敢断言提供这笔钱是否部分地是由于剑桥化学实验室在战前的某些发现成为战时火药供应的重要因素。他认为人们不是普遍都理解：科研部门的有效工作在多大程度上仰赖由不同的外界单位、特别是工商业单位提供而不是由科研工作所在机构提供的经费，或许，比较有钱的美国大学除外。举一个例子。他有一个朋友是伦敦的一个重要实验室主任，每年可以自由使用的经费达5,000镑之多，其中部分由研究协会提供，部分由工商业单位提供，毫无疑问，假如他每年没有这5,000镑左右的钱，用来促进他所感到兴趣的研究项目的活，他就不可能作为该实验室主任而誉满全球。

至于他自己的实验室，他认为仅仅需要指出一点：工商企业每年在那里所花的钱要比大学向整个化学系所供给的经费总额还多得多。”——《大学学报》(University Report)1934年第24卷，第991页。

在继续进行的辩论中，元老院的其他成员表示反对在大学实验室进行任何秘密研究工作，不过最后达成一个妥协办法，基本上保持原状不变。

抵押品。科学机构也很少要求取得更多经费，至多是希望能维持下去，能够弥补损耗，也许还希望能够极为缓慢地增加收入。人们毫无怨言地接受现状，因为他们感到，要求数额大得多的捐助只会使施惠者畏缩不前，并且使人得到科学家不完全满足于现状的印象。筹措新的经费的确是十分难办的事。它主要是通过个人联系，在极度秘密的情况下进行的。有时也发出公开呼吁，但只是在事前作好充分准备、有人私下保证要提供重要支持的情况下才这样做。即使在催促政府增加经费时，也要极其谨慎地从事，以避免参与党派政治的嫌疑，换言之，也就是避免完全缺乏保守的正统作风的嫌疑。

财务监督 受到财务监督的政府科研部门处于严重无能为力的状态。在支出科学研究经费的时候，合理的办法应当是：允许材料和仪器支出有大幅度的升降，同时在工资方面则保持相当稳定或是逐渐增加的开支。这和行政管理部门的日常常规支出大不相同。在那里，开支需要是可以相当准确地事先估计好的。除了实行整笔补助办法或者津贴办法的地方外，每年分配的金额必须在当年用完。不能用完这笔款子就说明该部门不是真的需要钱，因而它在次年就得少拿些钱。结果就造成了逐年交替地产生开支浪费和工作不能开展的现象。整笔补助办法虽然受到财政部的反对，它无疑能够大大地改善这种情况，因为人们可以在这种条件下把当年的财政盈亏转到次年的同一帐目中去。不过主要困难在于：行政官员们不理解科研开支作何用途，他们部分地根据过去的惯例，部分地根据科学研究所主任的人选，对它采取了一种完全专断的态度。

工业中的情况更严重地反映出这些症状。就理想而言，科研在财务上应该不致受到种种妨碍支出的限制；可是在实际上，人

们把科研费用看作是一笔装饰性的开支，在厂商经营顺利时可以花一下，在景况差时又可以无情地砍掉。科学仪器实际上不可能出卖，因而唯一有效的节约办法就是解雇人员或者减少他们的薪金。

科研财务的性质 这种财务制度造成了如下的结果：当科研经费应当可以变动时，它往往是不可变动的，而当需要它固定不变时，它却发生极大的变动。科学工作者自己最最痛切地体验到它的影响。在现代条件下，求职时最基本的要求之一是工作有保障；因而就存在着这种倾向：大家纷纷希望在可靠的地方，例如在大学和在部分政府机关，接受科研工作，而避免接受待遇较好、但在最难找到工作的时候很有可能遭到解雇的一些职位。^{*}的确在这方面，科学工作者的处境并不比大部分体力劳动者和职员差，可能还略胜一筹。这一财务制度中属于社会性质的不公平现象是一种常见的不公平现象，不过由于这种现象阻障了纯科学的进步，更阻障了应用科学的进步，因此，不但科学工作者对其后果有深切体会，整个社会对其后果也有深切体会。有效的科学研究决不是可以在一天，一个月或者甚至一年之内完成的工作，一个人的工作从初步设想到最后成功往往可能经过十年之久。除非在如此漫长的期间提供合理的保障，不少长期研究就可能永远无法完成，而甚至更多的这类研究就可能永远无从着手。这一情况加上其他倾向，就只能促使人们从事收效快的科研工作，在工业科研中尤其是这样。不过这种科研的用处极为有限，而且从长远看来也是很很不经济的。可以说，大体而论，研究得越是深入，某项科研工作的好处就越大。任何充分发展科研的制度都必须包括

^{*} 贝布拉格爵士的讲话，边码第83页。

一条保障职业的规定。

科研费用的性质 我们必须先对科研费用的性质加以研究，才能够对科研费用的金额有一个概念。科研费用的最明显的四个项目是：薪金、仪器和实验材料，维持费用（包括实验室助理员和机械师的薪金等）以及房屋。对不同种类的科研工作说来，这些项目所需金额相差极大。数学研究仅需支出薪金和少量粉笔和文具等费用，不过现在由于采用了计算机，大有可能使数学研究部门变得同其他部门一样地费钱。处于另一极端的农业野外试验站的维持费，包括购买牲畜的费用在内，远比花在工资上的钱为多。大体说来，研究项目越是实用，工资以外的费用就越是多。

在应用科学的边缘上，由于我们说过很难把技术人员和科学家加以区别，很难把半工业性质的工厂和科研设备加以区别，情况更为复杂。所以在发表科研费用帐目时，最好在每一情况下都能够说明薪金在总费用中所占比重，以便说明那种科研工作的或多或少的实用性质，并使人们有可能把两种不同的科研经费拨款中所包含的相对的科研工作量加以比较。随着时间的推移，随着科研变得更加复杂，在一切情况下，薪金的相对比重都会普遍缩小。因此，经常稳定的科研捐款，甚至略有增加的科研捐款，都可能掩盖着科研工作的实际倒退。在最近一次经济衰退期间，这种倒退现象，在所有资本主义国家里都很明显、而且至今在许多国家中仍然持续着。

不过在对科研作经济上的估计时，真正的困难是怎样划分纯科学研究费用和应用科学研究费用。目前二者是混在一起的，使人们感到：由于有了比较来说数额很大的经费——换言之，即和过去所花金额比较而言，而不是同有关工业的预算比较而言——

所以科学事业还是得到充分奖励的。但是由于应用科学费用大得多，这项金额中的大部分开支严格地说不是科研费用，而是一项完全有把握在将来收回的明明白白的投资。显然有必要按某种确定的比例把钱用于纯科学研究和应用科学研究。但是除非把钱分别管理，否则就不可能保证公平地对待基本科研的一些在眼前看来不那么必要的需要。

科 研 预 算

从上面已经谈过的情况可知，对每年用于科研的精确金额进行估计有很大困难，这种困难实际上是无法克服的。因为要进行精确估计，就必须改变大学、政府部门、厂商的会计方法，而除非采取科研费用免征所得税之类大量减税的奖励办法，这种情况就不大可能发生。但是，为了了解科研在国民经济中的地位，仍然有必要得出一个不管多么粗糙的概念，以便了解科研费用可能有多大金额。

下表列示的是萧条时代以后一个相当正常的年份(1934年)的这样一个估计。目下(1937年)国防费用估计可能要增加很多(2,800,000镑)，工业科研经费会相应增加，不过应该把这两者都看作非正常支出，也许以后不会继续维持这种状态。表中列示了两种估计。第一个估计，亦即粗略的估计，包括了凡是可以称为科研的一切项目。例如，就大学而言，它假定所有的科学、医学、技术和农业专业的大学教师的时间有一半是用于科研的，并且各系的支出中有三分之二是用于科研的目的的。就政府和工业企业而言，它把一切称为科研的项目都算作科研。精确估计力求把上述假定考虑在内，但从粗略数字中扣除一些同各部门中性质已

63 经明确的工作相当的因素。扣除得并不是那么厉害,仍然顾及很多常规测试工作,不过最后数字必须相当接近在促进科学知识和技术的进步方面所花费的金额。这些估计数的准确性自然是很不相同的。只有政府所花费用的数字是清清楚楚有案可查的。大学方面的数字是根据大学津贴委员会报告书所提供数字以复杂方法计算出来的。工业方面的数字当然最难取得。它是根据三方面的资料估计的:《工业研究实验室》所列出的三十五家厂商的科研费用报告书,根据雇用职工人数而对其他四十五家厂商所作的估计,并充分顾及拒绝提供详细资料的一些厂商。〔详细情况见附录III(C)〕所以这个数字是极不可靠的,上下出入可达百分之五十之多,但是考虑到总估计数字的粗糙性质,这个情况并无大碍。实际估计数如下:

各大学, 学会及独立基金会	粗略估计	精确估计
	1,500,000英镑	800,000英镑
政府部门——		
国防机关	2,000,000	80,000
工业科研	600,000	300,000
医学科研	150,000	120,000
农业科研	200,000	150,000
工业企业——		
对研究协会的捐助	200,000	100,000
独立进行的科研	2,000,000	400,000
总数	6,650,000英镑	1,950,000英镑

由此可知粗略估计总金额不超出七百万英镑而精确估计总金额则不超过二百万英镑。只有当我们记住这些数字所代表的内容的时候,它们才是有用处的。就大多数用途而言:四百万英镑的折中数字一般可以当作英国科研费用的宽裕估计。在1934年对英国科

研工作进行过调查的朱利安·赫胥黎教授就用于科研的绝对金额发表了明智而谨慎的意见，而他的估计同我们在这里列举的颇为一致。

“适应工业需要的科研费用在表上占首位——即把政府，大学的应用科学各系和私营厂商所花的钱算在一起——可以说几乎占总金额之半。如果不把单纯发展费用算在里面，三军的科研费用约占工业科研费用之半。涉及农业和林业，渔业等有关课题的研究费用居第二位，约占总金额五分之一或六分之一；再次是涉及医药卫生的研究费用，所占比重约为八分之一或者甚至更少。所有其他部门的研究，加上一切背景知识的研究，也许还不到总金额的十二分之一。但是我也承认，这个项目是最难确定的。至于实际金额，我是不愿意提供什么数字的，因为人们往往就象引证确定的事实一样地来引用粗略估计数字，不过我敢说我们每年用于科研的总费用约在4,000,000镑至6,000,000镑之间，也许更接近于较小的数字。”——《科学研究和社会需要》，第255页。 64

所以社会对于一切能够改变文明状态的研究工作所提供的总金额为4,000,000镑或者更少一点。这是把工业和文化的单纯机械性增长撇开不计，专用于发展工业和文化的款项。这样的一笔金额只能相对地加以估价。首先同四十亿国民收入比较，它仅为其千分之一。这看来当然是一个十分低的百分比，我们至少可以说：科研费用增加十倍，也不会明显地妨碍社会的眼前消费；事实上，它仅占国内花于烟草的金钱的百分之三，仅占花于饮料的金钱的百分之二，并且仅占花于赌博的金钱的百分之一。这些花钱办法虽然本身未必比研究科学更为有趣，的确在群众中更为普遍。不过当我们考虑到这样微不足道的费用所能带来的巨大福利

时，区区一点科研费用就显得可笑了。

国民收入在一百年中增加了八倍。这归根到底是由于应用了比较基本的科学原理的结果。可以估计，其全部费用不会超出100,000,000镑，也许还要少得多。要估计科研费用的精确收益是不可能的，不过它必然是十分可观的。基本科研需要相当长的时间才能使其成果具有商业上的价值，而一旦达到这一程度，许许多多企业都会得到好处，因此，这种好处是无法查对的。可是在受益范围小得多的应用科学中，其成果也是够令人吃惊的。在根据政府发表的数字而编制的附录IV中，列出了每年从节约中得到的好处，还对照列出了科研费用总额，其中包括上述有所节约的方面以外的许多其他问题的研究费用。每年投资的平均收益为百分之八百。我们将在以后讨论：我们目前的生产制度为什么不能
65* 利用科学的这种巨大好处，但是不论理由何在，事实仍然是：我们并没有把科学应用于一切方面，而仅仅利用了它可能拥有的物质功用的极小一部分。

英国虽然是一个十分富有的国家，它在这一方面是远远落后于其他国家的。胡佛总统于1926年估计，美国每年要在科研上花200,000,000美元。我们没有更新的数字，不过现在每年所花可能不下于300,000,000美元。这几乎是我国所花的粗略估计数字的十倍，不过考虑到美国国民收入较大（估计为50,000,000,000美元），这金额占国民总收入的千分之六，我国的则为千分之一。德国的数字难以取得，不过其总额当然与我国的不相上下（参看边码第200页）。苏联的科研费用远比我国的管理得法。它在1934年的费用为900,000,000卢布，照官方外汇牌价折算达到36,000,000

* 原书66—70页为注释，中译本已改排为脚注。页码从略。——编者

英镑，为我国毛估费用的九倍，即国民收入的千分之八，英国的则为千分之一。有必要大声疾呼，提醒大家，注意英国科研的这一主要缺陷、注意同国家需要相比，它的总的发展是十分不够的。科研费用规模也许还少于一个文明国家应有的合理和适当的费用的十分之一。这是同经济制度目前存在的一些缺陷在性质上完全不同的一种缺陷。最近工程师研究小组提出的名为《食品和家庭预算》的一次调查报告自称可以证明：只要每年把国民收入增加百分之二十五或1,000,000,000镑左右，用不着明显改变目前的荒唐的分配制度，就可以满足我国人民的物质需要。*同这个数字相比，科学所需费用不能算多。每年花费20,000,000至40,000,000镑，亦即国民收入的千分之五和千分之十之间，就能使科学得到充分发展和同样必要的全面改组。人们可能还会发现：在短短数年中每年这样花费一笔钱，其本身就足以使每年国民收入的增加大大超出1,000,000,000英镑。

* 自从进行这次调查以来，国民收入每年从4,400,000,000镑增加到了5,700,000,000镑，不过由于分配不均，所必需的1,000,000,000镑对于弥补人们所不满的缺乏经费的状况并没有显著的帮助。

第四章 科学教育

过去的科学教学

科学列入教育课程为时较晚。它在中世纪教育中没有地位原是不足为奇的，可是在文艺复兴中复活的人文主义也差不多同样地毫不理睬它。在大学里可以学到一些数学，航海学校甚至还教授数学，医科学学校也教授一点植物学和化学，如此而已。在十七和十八世纪，科学有了很大发展，但并不是由于它在教育中占着重要地位才有了发展，而恰恰是在它毫无地位的情况下发展起来的。在十九世纪中叶以前，所有伟大的科学家就其科学知识而言都是自学出来的，尽管有了波义尔和牛顿的先例，科学并没有在较老的大学中生根。十八世纪末叶，提供若干充分的科学训练的教育机构只有普里斯特利和道尔顿所任教的英国几所非国教派研究院和拿破仑在那里当过学生的法国炮兵学校。工业革命使科学的重要性提高了。在十九世纪，它逐渐开始进入了大学，后来又进入了中学。剑桥大学的第一任矿物学教授克拉克先生，由于就高级僧侣胸甲上的宝石发表学术讲演而获得了教授职位。这是在一个科学学科中最早授予的教授职位之一。在另一方面，剑桥却不允许当时最有才能的一位英国植物学家詹姆斯·史密斯爵士在那里教书，因为他既非大学成员，又非英国教会的成员。在阿诺德博士的拉格比中学中可以看到科学的唯一痕迹便是那个不幸

的马丁。他把自己的书房变成了一所自然历史博物馆。^{*}当时的科学教学带有一点激进主义的味道,因而受到了教会的猛烈反对,特别是在达尔文引起论战之后。

当人们把科学接受下来的时候,科学要末好象是附于其他学科的一个额外学科,要末就象是灵魂卑鄙,只讲物质,舍弃经典而求科学的人们所选择的道路。连 T. H. 赫胥黎和他的学生们的大力提倡,也不能把科学从这种景况中拯救出来,或许在剑桥除外。以这种方式把科学列入学校课程所造成的一个结果是:科学 72 教学不是遵照早期科学家们学习科学的方法——师傅带徒弟的方式——来进行,而是遵照原来古典学术的教学法来进行,换言之,主要是以讲课或学术讲演方式进行,除此之外,也不能不适当照顾到实际的实验室活动。

科学教学的先驱们原以为把科学纳入教育课程会消除古典学术所特有的因循守旧、矫揉造作和往后看等缺点,可是他们却大失所望。当代的人文主义者当初也同样地认为,学习古典作家的原著就能立即消除中世纪经院哲学的乏味的学究作风和迷信。专业教师同他们二者相比也毫无逊色。他们使理解化学反应和阅读继吉尔的《伊尼德》^①一样变成枯燥无味、背诵教条的事情。当时为

^{*} “如果我们知道如何对待我们的孩子的话,我们本来可以选中马丁,把他培养成一个自然科学家。他酷爱鸟、兽和昆虫,比拉格比中学的任何人——那位万事通的博士也许应该除外——都更了解它们并熟知它们的习性。马丁还是一个小实验化学家。他为自己造了一台电动机器。他最感到快乐和得意的事就是用这台机器叫任何胆敢闯入他的书房的鲁莽小孩受一点虚惊。此外,闯入他的书房决不是一次不叫人兴奋的冒险,因为除了有可能会有一条蛇掉到你的头上或者亲热地盘在你的腿上、或者有一只老鼠钻进你的裤袋里找寻食物之外,你还要嗅到始终迷漫在洞口周围的动物和化学药品的味道,还有可能在许多次实验中的某次实验中被炸死。马丁一直在进行这些试验并取得了那个死了的孩子闻所未闻的最奇妙的成果,既有爆炸,又有难闻的气味。”——《汤姆·布朗的学校生活》第215页。

① 继吉尔是古罗马大诗人,《伊尼德》是他所写的叙事诗。——译者

科学在教育中的用处辩护的主要理由是：科学可以让小孩了解科学发现的成果，从而得到一点关于他们所在的宇宙的知识，同时通过学习科学方法，教他们学会用逻辑方法和归纳方法思维，他们在第一个目标上取得了某些有限的成就，但在第二个目标上却一事无成。

也许可以希望受过中等或公立学校教育的有特权的社會成员对一百年前的初级物理和化学知识略知一二。不过他们所知道的也许不比现代的一个聪明的孩子由于对无线电感兴趣或者对校外科学癖好发生兴趣而获得的知识更多。至于说到学习科学方法，那就完全是一个笑话。实际上，为了教师的方便，为了适应考试制度的要求，学生不但没有必要学习科学方法，相反地倒有必要学习恰恰相反的东西，那就是全盘接受教师和教科书所教的东西并且在教师要求之下把它复述出来，不管他们自己是否觉得有意义。受过教育的人对招魂术或者占星术的骗局（更不用说种族理论或者流传的神话等更危险的骗局了）的反应说明：在英国或者德国进行了五十年的科学方法教育并没有产生任何明显效果。学习科学方法唯一之道是一条漫长而痛苦的个人经验的道路。在改变教育制度或者社会制度以使这一点成为可能之前，我们至多只能指望培养出少数能学到某些科学技术的人和为数更少的能对这种技术加以利用和发展的人。

中学的科学教育

- 73 现在我们仅仅在这样一个小范围内来考虑教育制度中涉及科学的问题，暂时不希望科学从学生早年起就在全部教学中占有不可或缺的主导地位，象在苏联那样（因为那种希望只是一种幻想），

并且仅仅集中力量来研究培养科学工作者的问题。即使这样，目前的制度仍然有极其惊人的缺陷和效率低下的情况。除开某些专门致力于培养极少数儿童的特殊学校之外，学生在十四岁之前，换言之，直到我国大部分儿童完成他们的学业的时候为止，都学不到什么科学知识。的确，在小学中教授了某些自然知识，转弯抹角地讲了一些性知识，不过，要是说这便是科学教育，那是太可笑了。教师对此是没有责任的。即使有世界上最完美的课程表，一次向四十名学生讲授科学也是极为困难的。但是这个早期的限制有其严重的后果。第一，当孩子年龄还小，天生的好奇心还没有被社会传统磨掉的时候，不对他们讲授科学，就会失去唤起他们对科学的持久兴趣的最好机会。实际上，如果教育家们能花时间研究一下科学教学，他们就会发现：它的很多内容的确是适合幼小儿童的接受能力的。事实上，有可能而且有人已经把物理学化学和生物学的基础知识传授给六岁的儿童。这些儿童有的甚至还不识字。*

这个限制造成的另一后果是：许多有前程的科学新兵就在这一阶段中失去了。这一点当然不限于科学。格雷和莫斯钦斯基的著作**表明：能力超群的小学生中仅有百分之二十六能在中学里继续学习，而在不能继续学习的那些学生当中，肯定有不少会成为有前程的科学家。的确也有少数人在后来由于当上实验室助理员而参与科学工作，不过人数寥寥无几。无线电业余科学家和其他科学爱好者人数颇多。这一事实就证明了的确存在着潜在的科

* 苏珊·艾萨克，《幼儿智力的发展》(Intellectual Growth in Young Children)，劳特利奇，1930年。

· ** 《社会学评论》，第27期，第113页。还可参看雷格本：《政治算术》(Political Arithmetic)。

学人才的巨大储备。

74 科学开始在中等学校和公立学校占有一席之地了。然而所讲授的科学知识还非常有限。一开头就遇到一个不利条件：在目前的教育制度下，中等学校和公立学校都不能不教一些平均智力低下的学生，这样就错过了培养真正有才能学生的机会。在大学阶段就可以明显看出由此造成的后果。至今还存在着一种反对科学的顽固的偏见。这种偏见渊源于公立学校的古典传统。科学教师和学习科学的学生往往受到冷遇。就仿佛他们的专业兴趣使他们在社会上低人一等似的。考试制度的传统使科学教学仅限于物理学和化学，也许还有一点生物学，主要是为有志于医学的学生设置的，再就是少得可怜的植物学。据认为：由于某种神秘的原因，植物学可以使女性思想变得纯洁。物理学和化学成为考入大学或取得中学毕业文凭所必需学习的科目，因而变成了最令人厌恶不过的常规课程。中学和大学之间形成了一个恶性循环。任何一方都不能改变课程内容，因为这会引起对方的反对。教授科学的目的是使极少数学过科学的学生能进入大学，而这些学生进入大学的目的又是学习完全原封不动地向后代传授科学的本领。中学科学教师的确花了大量精力，煞费苦心使所教课程变得有吸引力，但是每吸引住一个学生，就必定要使两三个学生永远放弃科学。一个不幸的事实是：科学中最适于作考试材料的是物理学和化学的公制计算部分（磁铁之间的吸力、碳酸氢钠的化合量和硫酸的化合量）。对懒惰和数学学得不好的学生来说，这些是最困难的部分，而对于另一些真正喜爱科学，并且希望继续进而学习科学中新鲜和有趣的部分的学生来说，这些又叫人恼火。实际上，在中学理化中很少有什么知识不是一百年前就知道了的，而且有很多是三百年之前就知道了的。

科学教师自然是了解这个情况的，而且一直在不顾麻木不仁和蒙昧主义的阻力，想法进行整顿。最近科学教师协会关于普通科学教学的一份报告*同这里提出的不少批评意见颇有暗合之处。这份报告书包含一个学习期限为四年的教学大纲。它也许是第一个具有科学精神的教学大纲。有三位教师把自己学生对有科学意义的日常事物的兴趣列举出来，另有三位教师扼要列举出一些基本科学概念。这两张一览表在教学大纲中交织在一起。这虽然肯定是一个进步，但却缺乏全面性和现代性。生物学的部分很好。但却没有天文学和地质学部分。每年学习的物理学知识分为十个部分。头两年的学习内容每年仅包含十九世纪发现的一个原理，第三年的学习内容仅包含两个这样的原理。只在最后一年，面貌才变得比较现代化一点，可是即使这样，也并未介绍1890年以后的 75 发现。X射线、无线电和电子根本没有提到。化学课就更糟了；整个课程包括的内容都是1810年以前已知的东西。不学习有机化学就无从理解生物学，然而却把有机化学整个地删掉了。关于物质结构的现代概念连提也没有提。不过，假如能发扬这个教学大纲的精神的话，还是有可能指望在英国建立起一个有活力的中学科学教学制度的。美国的现代教育委员会已经沿着这个方针又往前走了一步。他们编制的精密的教学大纲相当精确地列出了当代的科学观点，特别涉及科学和社会生活的关系。

大学的科学教育

从来没有人研究清楚科学教学在大学中究竟占有什么地位。

* 《普通科学教学》，科学教师协会总委员会于1936年10月提出的报告书。默里，1937年。

显然有一种看法认为：非文即理，不学文科，就得学科学。这种态度反映在经常向学生炫示的纯科学的理想中。不过实际上，这是划地为牢，把科学囚禁起来，使它同文化的一切其他方面都隔绝开来，因此，也就是使科学教学完全服从技术训练。即使在这一点上也还是存在着很多混乱看法。科学教学的目的仿佛是期望学生能在日后把它用于某种目的。虽然没有精确统计数字，不过在每一百名英国大学理科学生中，可能就有六十名左右的人变成中学教师。他们只要简单地把自己所学的知识向后辈复述一遍就可以了。有三十名进入工商业或政府机关工作，他们在那些地方大部分从事日常工作，而他们在大学所学的大部分知识对他们的工作是没有什么用处的。有三名继续在大学担任教学工作。最后还有两名成为科研工作者。他们不得不吃力地去设法纠正在大学里学到的不正确的和过时的知识，并且还得设法把其余的东西都忘掉。

大学理工学院的职能本来就是多种多样的，由于需要各理工学院对多种多样的材料进行研究，就变得更其复杂了，在牛津和剑桥尤其如此。尽管有了考试制度，进入大学仍然主要是一个资财问题，而不是才能问题。这一事实*就意味着：在物理学和化学这样在中学就学过的理科学科中，即使是优等生的课程也必须从极浅易的水平开始，而在所有其余学科中，他们更是要从头学起。

* D. V. 格拉斯和J. L. 格雷对英格兰和威尔士的大学学生入学机会和财产的关系作了专门的研究。（重新刊印在《政治算术》第419—470页中）他们指出大学男生总数中的百分之二十七原是小學生，仅有百分之二十二的人受过免费的中学教育，因此，在收费学校求学的男学生进入大学的机会要大得多，比例为四十比一。在不同基础上编制统计数字的教育部却宣称：大学入学学生中有百分之四十二来自小学（见《泰晤士报》，1938年7月5日），不过这个数字上的出入并不重要，由于公立学校的特殊有利条件，富有者所占有的实际优势要超过这两个数字所显示的程度。

其结果，一般大学课程的头两年都用于讲授在质量上更适于中学高年级的教材。事实上，事情竟荒谬到如此程度，以至在一些老牌大学中，奖学金领取者入学考试的标准即令不高于优等学生最后考试的水平，也往往与之不相上下。不过结果却不完全是一件坏事。这就是说：有才能的理科学生完全可以把头两年的功课抛开不管而万无一失，而且由于参加学生社团的活动而学得某些普通文化知识和社会经验。

讲课制度 在教学方式上，各大学推行的传统无殊于其中世纪前辈所奉行的传统。过去设置讲师专门向学生详细讲解亚里士多德或盖仑^①的晦涩文字是有某些理由的。这些学生自然会感到那种文字难以理解。他们也不大可能自己备有书籍。因此，就需要这位理发师兼外科医师^②和讲解员相当巧妙地去说明：解剖学的实际事实怎么能够和经典作者的教条式的论述并行不悖。

所有这一切都已成过去，可是这个教学方法却传下来了，而且还从老牌的大学推广到后来创办的学校，甚至也推广到技术学校。把一个学期中每天的整个上午都用于听科学讲演是一种毫无用处的违背时代精神的错误和一件浪费时间的事情。这并不是说讲演毫无用处，不过可以用其他方式达到同样效果。科学讲演处于两个极端之间。它可能是对讲题的一种有感受的、概括的评述，其目的在于通过详细论述目前达到的限度而不是论述知识的现状、通过把科学同技术问题和社会问题密切联系起来，来引起兴趣和激发学生深思。这种讲演必然是很少的，而且总的说来是不受欢迎的，因为它对考试用处不大。实际上，除非是由大学中

① 盖仑是古希腊的医学家。——译者

② 中世纪的理发师往往兼任医生。——译者

来访的著名科学家偶尔发表一些讲演之外，不如用向科学社团宣读论文的方式或者用有充分机会进行讨论的小型辅导班来取代这种科学讲演。

另一个极端是拘谨的讲课，对所有各点、特别是对最后数据和得出数据的必要数学论据都进行周密而有条理的论述。这些讲演往往沉闷得难以令人置信，不过却极受重视，因为大家明白：听讲的人好好记下笔记就能应付考试试卷中需要钻研书本才能回答的部分。不过明显的事实是：在这种情况下，向学生分发用打字机打下的讲稿能更好地达到讲演的目的。这份讲稿应包含一切必要的数字、公式和论点，这样就成为一份教科书的有用的摘要。某些讲演者甚至真的在讲演之后还另外提供这种讲稿。

77 在这两个极端之间自然还存在种种程度不等的中间性的讲课。在不少情况下，讲演的确起了有益的作用。特别是在新的、发展迅速的学科中，讲课能代替还没有写出的教科书。在大学里，新的知识仍然被认为有点危险性。一般认为：对低年级学生而言，科学理论需要经过四十年的考验再告诉学生才万无一失。因而一个学生可能在剑桥获得包括物理学和化学在内的自然科学优等生学位，但他除了偶然机会之外，在学校根本没有听说过1900年首次提出的量子理论。维持讲课制度的另一个理由是：它可以使学生有机会看到复杂的实验，而学生自己去进行这种实验是有困难的。虽然这具有某种戏剧性的价值，并可以提高人们对科学的兴趣，不过只是观看实验却很少能帮助人们真正领会实验技术。

讲课是由示范或实习来补充的。这主要是进行一组预定的实验，并实地练习使用显微镜的技术、化学定量定性分析技术和物理测量技术。示范固然能提供有关科学的操作技术的少得无以复加的知识，可是其作用也仅此而已。即使在高级的示范中，也没

有办法超出现有方法范围以外，也无法提示怎样使用科学方法来解决一个其结果尚不得而知的问题，也无法提示怎样使用科学方法来观察一种意想不到的现象。在科学作为一种手工工艺的范围內，这种学习方法是“不对头的”。培养早期的大科学家的方法要比这有效得多。用师傅带徒弟的老方法——即由已经具备工作能力的人们加以监督和帮助，再加上通过摸索熟悉情况的非正规学习方法——传授的科学方法，可能要比安排得最好的一套示范所传授的科学方法多得多。学徒之所以能熟悉情况是由于在实验室里东摸西碰想要解决自己的某些问题，其效率也许是极差的，但毕竟能学到一点东西。

正是由于考虑到这些大不相同的方法，我们才看出：使人们保留目前的讲课和示范教学的原因不单是虔诚的保守主义，更为有用的办法肯定更加费钱，因为这会提高教师同学生的比例而且会增加每一个学生所需要的仪器设备的数量。目前各大学都处于长期财源拮据的境地。它们大大提高教学水平的办法可能有两个，二者必居其一：或者增加人员，不是设置一种课程而是设置好几 78 种课程以适应不同能力和最终从事不同职业学生的需要，或者提高入学标准，只录取智力高的学生。但是第一个办法会增加费用，而第二个办法则会减少收入。所以在我们认清我们的社会为了无效率的大学不能不付出多大代价之前，我们可能还不得不忍受目前的教学制度。

专业化 在大学科学教学中不知不觉地产生的另一弊病是分系过多。在十九世纪，当科学首次在大学中出现时，它叫做自然科学，不久就划分为物理学、化学、动物学等系，而医学这个较老的系继续存在而且变得更为突出。科学学科大多是分别讲授而且互不通气。从它们的根本性质看来，重复之处势所难免，不过

由于缺乏协调，人们往往以相互矛盾的方式把两个学科的共有内容讲授两遍以上。每一学科都被认为是一个或多或少地封闭的知识体系。它不仅要同一个讲求实用的世界截然分开，而且还要同其他学科截然分开，以保持其纯洁性。这就使各个课程变得十分陈旧，考试制度的刻板性自然大大促进了这个过程。

课程 除了偶尔有一位年青的生气勃勃的教授设法取得重要的教席之外，所有学科的课程都时而扩大、时而紧缩，变化无穷，使人感到很不好过。很不幸，从教学观点来看，科学与经典著作的差异在于：科学的内容不断增加而学习的时间却不变。通常用来应付这种内容增加的第一种方法是：在把新知识加入课程之前，要等待相当的时间。理由是，这个理论还有争论，以后可能还要修正。学究们不大会想起：各学科的较老部分可能更有必要加以彻底的修改。总而言之，为了方便，科学教学中的真理仅仅局限于应付考试的真理。最后当加进新知识时，就把它加在教学大纲的后面，学科的其余内容就要适当地予以紧缩，以便让出地位来。整个过程就象农民穿衣的老办法：每年把一条新裙子穿在旧的上面，并且虔诚地预计到：旧的裙子中总有一条变得太破烂而毫无用处了。结果所有的课程都成为新老内容的大杂烩，其中充

79 满自相矛盾的论点，教师只含糊地一带而过，学生则很少能看出其毛病。例如，化学教学的基本内容是1784年的化学大革命以及它在1808年得出的成果原子论。通过量子论并由于现代物理学的进展，现在我们对化学问题有了更为合理更为直接的解决办法。可是我们也许还得再等五十年，然后才会有某一位有进取心和目光远大的化学教授把目前整个课程都一扫而尽，而代之以一个在当时已经过时八十年的课程。物理学的情况也好不了多少。例如，伦敦大学的大考所依据的教学大纲，大部分内容都是在1880年就发

现了的原理。它仅仅顺便提了一下 X射线和无线电放射现象，而且对整个现代物理学都略而不提。

当然大学当局并不是存心要保持过时的课程，不过却存在着一种十分自然的惰性，根本不考虑要定期修改课程或者在各学科的课程之间维持适当关系。象大学生活的许多其他方面一样，这方面的弊病主要也应归咎于考试制度。从教师和学生的眼前利益的狭窄观点来看，就要求考试提纲至少要在若干年内保持不变，以便收集足够数量的标准考题，据以训练或辅导应考者。改变考试提纲和采用新的和陌生的考题会加重教师 and 主考人的负担，而且也许还会使考试结果中包含的已经相当大的运气因素有所增加。这一点本身就指明了考试制度的另一个内在的缺陷：往往要依赖就事论事的考题、依赖死记硬背、或者依赖某种技术的机械性操作。

考试 考试是测验知识水平的最便利的方式，一般来说，也能提供最公平的结果。不幸，从了解应考者具有的科学才能的观点来看，考试却恰恰是最无价值的办法。假如我们根据每一个应考者从事崭新的观察的能力或者根据他把一些新观察到的现象有条理地加以归纳的能力来测验应考者的话，换言之，假如我们以科研作为考试办法的话，我们就可以找到更加可靠的理想的办法，来了解应考者在理解和运用科学方面究竟有多大能力。不幸，不把这种测验进行多年，就完全不可能把一个人的天生才能和偶然的反常表现区别开来。可以查明的只有笨蛋和有才能的科学家两类人。笨蛋不能处理显然很容易的问题；有才能的科学家则能解决困难的问题。就大多数人而言，如果困难超出两者的能力范围，或者极为容易，或者极为困难，考查就毫无效果。

实际上，这种方法是用于或者说理应用于大学高级哲学博士 80

学位考试的。在表面上,这种学位是因为个人科研成绩而授予的,可是说它是一种测验能力的办法,不过是笑话而已。实际的论文是由一二名专家来审查的。他们的结论不管是明智的还是有偏见的,总是受到委员会的支持。而委员会则对论文的内容一窍不通。他们在令人昏昏欲睡的夏日午后,以肘支桌,年复一年地摆出一副姿态,表示同意大学再授予一个学位和再收入一笔费用。

考试制度的最大害处不在于考试本身和考试成绩的不公平,因为,正如人们经常指出的那样,真正有才能的人即使在考试中也是会顺利通过的。害处在于考试制度所引起的整个思想状态。在大学主要作为富家子弟消磨几年愉快岁月的场所的时候,人们可以对考试理所当然地加以藐视,可是现在一个有教养的公民从十岁开始,一生事业就取决于自己在一连串考试中的成绩,考试就成为不得法的教育的最最大的因素。如果没有金钱或者充分的天才做后盾,贸然参加考试是危险的。*对没有金钱或充分天才的人来说,一切知识都要以它适应考试目的的价值标准来衡量。这样便恰恰在学生学一些还有商榷余地的知识,最需要他们发生兴趣时,有意地使他们意兴索然。也许是由于这原因,大学才具有肯定的反面的教育价值;也许正是由于这个原因,学生才在学习开始之时比结束之时更具有全面的和开朗的见解,虽然这一点还没有得到证实。幸而理科学生可以免于受到这种制度的最坏的弊病之害,因为,要求他信奉的正统信念一般仅是相当确定的客观事实,而不是文科中的传统观念。

医学教育 在整个大学科学教学中,有两个系即医学系和

* 参看克利斯托夫·伊舍伍德在《狮子和影子》(Lions and Shadows)一书中所叙述的他自己如何对待考试的情况。

工程学系占有特殊地位。由于历史和社会的原因，医学教学一直是同科学教学主体分开的。它在学术上是各门科学的老大姐，更加完整地保存着中世纪教学传统。医学教学从社会方面言之，要训练出一个大体说来是世代相沿的医生阶层，因此医科学生便同他们在大学中的同学隔绝开来。可以根据两个理由来非议医学教育：莫特拉姆教授在《科学遭受的摧残》*一书中出色地说明了第

* 莫特拉姆教授本人是教医学的。他认为目前的制度没有什么可取之处：

“第一，说任何一个穷人、任何一个没有富有亲戚支持的人都无法很容易地当上医生，并不过份。一个有才能的人，除非有金钱做后盾，是要被摒诸门外的。一个人在取得医学学位之前需要学习五、六年，即使到取得医学学位以后，他还不能出去当普通医生。在大学里，特别是在老的大学里，的确是设有理科学生奖学金的。而奖学金会帮助一个聪明的学生完成他在大学那几年的学业。医学院则向聪明的生物学、解剖学和生理学学生提供奖学金。它会帮助他完成那几年的行医训练；可是这种奖学金名额过少。在训练结束时他又陷入困境，因为他要末就得出钱买下一个诊所，要末呆在某个地方等自己的业务发展起来——这是一个教人伤心的过程，如果他没有资产的话。一个人也可以一面等业务发展起来，一面通过旁的方法赚钱过活——写作医学新闻、在公共卫生机构中兼职等等。不过这些方法都很靠不住，除了最聪明和最上进的人以外都会裹足不前。在另一方面，中等才能而富有的人很容易地就得到了一个行医的职业。如果他的父亲是医生，那就更好办了。只要在教师的推推拉拉之下，接受点死记硬背的知识，设法通过必要的考试，到时候就可以接过他父亲的衣钵。不少人由于他父亲业务兴隆而当医生，并不是由于本身热爱医学。

其次，可以断言，医学院学生在大学学到的学识是十分不够的。虽然可以说，医学仍然是一种艺术而不是一门科学，然而很明显，为了理解和应用现代医学研究的发现，一个医生应当受到严格的科学方法的训练。他应当形成一套善于鉴别的和科学的观点。按理，他在大学年代所学的生物学、化学、物理学和生理学应当可以使他具有这样的能力。我们可以有把握地说，当他进入病房工作时，他十之八九会把自己所受的科学训练忘掉。实际上人们往往劝他把自己所学到的生理学统统忘掉。这个劝告可能是对头的，因为它究竟对他是不是有丝毫用处是值得怀疑的。事实上，虽然他想要在二年半至三年内学会生物学、化学、物理学、生理学和解剖学，其结果，他仅学到这些学科的一些皮毛，一点也没有学到它们的真谛。他仅仅学到这些学科的干巴巴的条条，丝毫没有学到它们的活的精神。一个人只有深入而有鉴别地学习了一个科目①之后才能开始发现科学工作的精神。几乎没有人在完成大学学业时就有能力阅读同自己研究（或者不如说是‘学习’？）过的学科有关的具有独创性的文章并对它作出判断。他也不能从事任何独创性的工作”。

① 只有当一个学生摆脱医学课程，花一年或者更多的时间来学习优等生或高级生课程的时候，他才能进行这样的学习。据作者所知：在英国、美国和加拿大是有这样的课程的——如，剑桥大学自然科学荣誉学位考试的第二部分、牛津大学生理学优等生学院、伦敦大学特别优等生班、多伦多大学和芝加哥大学的P. and B. 班。能够花得起必要的时间和金钱的学生为数寥寥无几。”——《科学遭受的摧残》(Frustration of Science)第86—88页。

一点。他说，对于行医来说，这是一种极坏的训练，主要是因为
81 它比较忽视对于人类常见病的研究或对于保持健康的根本问题的研究。第二，即使同其他科学教学相比，它也没有把医学当作一门科学来传授，而是把医学当做一种具有传统学理的和有点神秘的技术来加以传授的。

医学训练的初期阶段，从上述任何一点来看，老实说都是可笑的。青年医科学生所学的物理学、化学以及在很大程度上还有生物学——当然还有植物学——是在丝毫不顾及科学方法或者实用价值的情况下讲授的，大多数医科学生很正确地把这看做是必要的和令人厌倦的始业仪式。他们不得不花最少的气力去学习这种仪式的答礼方法，不过却能在他们的余生中很方便地把这些方法忘掉。学习解剖学和生理学的中间阶段就更加糟糕了。学习第一门学科时，要背诵人体各部分名称，给学生记忆力带来极大负担。这些名称大多已失去临床或生理学上的意义，而且这种学习还同人体各部分器官的用处的知识割裂开来。因为这方面的知识划入了生理学范围。而生理学，主要是由于它同医学的联系，正处于如此混乱和自相矛盾的状态，以至妨碍医科学生从中学取得本来可以学到的大部分重要教训。也许还需要经过多年的共同努力，并且要不顾医学界的猛烈反对才能用一门特别重视人体的相当有条理的形态生物化学来代替这些学科。关于医学教育的后一些阶段，我们在这里没有什么可说。医科学生一旦进入医院，他基本上就永远脱离科学的领域了。

工程学。 工程学系无法而且事实上一般也没有代替实际工程工作所提供的见习经验。因此，与其让学生在工学院中花几年时间来学习关于工程实践的一知半解的入门知识，倒不如让学生用这几年时间联系一个工程师以后工作的社会和经济环境来学习

数学、物理和化学。不这样做看来是可惜的。这些实际上最能为社会创造新价值的人们竟在这个时候由于这种教育方法被剥夺了获得任何普通文化知识的权利，真是不幸的事*。正同医学一样，工程学是又一个正迅速地变成世代相传的行业，这也是一个不利条件。因此，工科学生的平均能力水平要比整个大学的学生水平为低，他们也和医科学生差不多一样地同一般大学生活隔绝开来。

科研工作者的培养

82

进入科研部门的少数大学生还需要相当的训练，才能在发展科学的工作中起积极作用。不过这还不是正式的训练。青年科研工作者应该从他的科研工作的同事、他的名义上的督导员以及他自己的阅读和实践学得技术。这总的说来并不是一个坏的制度。正式教一点批判方法和写论文方法的确是有用处的。有些略为胆小和无进取精神的科研工作者惯于一种严格的训导式教育制度，当突然要他们自己作主时便会完全手足无措。不过，由于科研人员的初期训练主要在于抛掉先前所受的教育之谬见，在于学会不去相信人家原来告诉他的话、而且对原来用以说服他的一些论据表示怀疑，这就使人有点难以想象怎样用正规方式来教授这种内容了。

经济困难 青年科研工作者的主要困难与其说是在于学习方面，不如说是在于物质方面。研究工作者一级以下的教育补助金办法，虽然很不完善而且对较穷的学生有失公平，毕竟还是相

* 麻省理工学院设置的出色的文化课说明这一点是可以做到的。

当简便可行的。如果学生在规定的考试中，获得必要的优异成绩，向适当的教育当局提出申请后，就会获得一份标准的奖学金，这份奖学金还可能继续拿到毕业生参加科研工作的第一个年头前后。以后这位研究人员就要遇上一个极其复杂的问题。而他自己所受的训练根本不能够使他适应这个问题。如果我国的大学能开办一门课程，专门讲授取得职位和津贴金的复杂方法，它一定会成为最受欢迎和最必要的一门课。实际上，对绝大多数科研工作者来说，从事科研工作的头几年，在许多方面说来也就是最有成果的几年，往往由于在物质上完全没有保障而变得黯然无光。能维持三年以上的津贴金很少，许多津贴金为期仅仅一年，总之，津贴金领取者的名额要比申请者少得多，所以科研人员明白：从统计学上来看，他不得不成为一个教师或者一个从事日常分析工作的工厂化学师的或然率，要比在大学里取得教席或者继续担任科研工作的或然率大。事实上，某些政府官员在一次巡回视察中，听到一个青年科研人员真的说他希望继续从事科研工作，都大为震惊，就象贫民院当局听说奥利弗尔·退斯特想要再吃一点粥^①时大吃一惊一样。

从事科研的机会 在英国一共有三种专职科研教授职位。83 其中一种属于医学。有51个一般科学高级研究津贴名额，每年平均金额为425镑，平均年限为二年半，还有37个医学研究津贴名额，其每年平均金额为475镑，平均年限为三年半。这就意味着，在1600名从事科研的研究生中，每年平均仅向19名科学研究生提供专职科研机会，并向750名从事医学研究的研究生中的12名提供类

^① 奥利弗尔·退斯特是狄更斯所著同名小说的主人翁。他所生活的孤儿院对孤儿十分苛刻，每餐限定食量，不让吃饱。奥利弗尔·退斯特由于要求再吃一点粥而遭到驱逐。——译者。

似的机会。初级研究津贴大多已由这些学生领取，其人数自然较此为多，不过不可能加以精确估计。1851年度展览会皇家委员会统计每年有45个这种津贴名额，每年平均金额为186镑，平均年限为2.2年。此外，科学和工业研究部大约提供120个平均金额为140镑的津贴名额，其中80名是每年授予的，一共凑成165个名额，亦即每年有100个空额(原文如此——译者)。这个数字当然是低的，但是即使假定它再增加一半，即150个名额，也不过占每年英国大学科学和技术毕业生3,700名中的百分之四而已。从事科研的机会无疑是不够多而且不能令人满意的。这个情况终于被官方所认识，不过迄今仍未采取什么措施加以纠正。威廉·布拉格爵士于1936年以主席身份在向皇家学会所作的演说中是这样提到这一点的：

“在这些金钱支援的鼓舞下把自己最富于才智的年华用于科研的人的处境，特别是青年人的处境应由决定他们前途的人们加以考虑。帝国的一部分最出色的青年人是为一个特殊目的挑选出来的。他们无疑能满足这个目的。他们取得了出色的成绩。一旦工作完成了，一批优秀的和最有用的类型的人就能脱身去从事其他工作。在许多情况下，从事其他工作的令人满意的机会会自然而然地出现。不过情况并不总是如此。可能有人从一个又一个科研信托基金取得收入借以维持生活，直到他由于年龄或其他限制条件而不再具有取得帮助的资格为止。他过去的工作可能是良好的，他的能力可能和以往一样强，可是他发现自己得去另找生路。他对学术活动可能也毫无用处了，而学术活动可能对他同样地没有什么用处了。他的职业使他走进了一条死胡同。我听说在工业中从事科研工作的人往往一有可能就改行从事单纯行政工作。据

信此种工作更为可靠而且到头来有更好的报酬。产生这个问题的真正原因是线索可寻的。应该使这条死胡同成为通衢大道，使这些人可以获得更适宜、更能使他们发挥最大的才能的职业。这些职业的性质是不问而知的。这就是迄今还很少让科学专家们担任的负责职位，已经有了一个令人鼓舞的开头，不过还需要一些时日，人们才能明白：一个人在一方面接触到日益增长的自然科学知识，也应该在另一方面有应用这些知识的机会。他应该在会议室里同别人平起平坐，而不应该是坐在候召室的下手。在另一方面，科学专家本身应该帮助把造成死胡同的障碍拆除掉。这就要求他所受的教育大大超出培养单纯的实验室人员所要求的水平。”

青年科研工作者的实际收入也并不是真正足够的。人们最希望得到的科学和工业研究部津贴仅能糊口而已（在牛津和剑桥两校除外，那里每年发给200至250镑），每年为120镑。从中还要扣除种种款项，不过当局特别开恩准许保留教学收入的三分之一（在牛津和剑桥可以保留六分之一）（参看边码第406页）。依靠这样的收入为生的科研人员无法扩大自己的涉猎范围，因而变成一个知识不广的专家，难道还有什么值得大惊小怪的吗？

发迹的问题 在这个领域里，象在一切其他领域中一样，自然有着由来已久的办法，其中之一便是明智地选择自己的上司，并且讨好他。最优秀的科学家并不就是最优秀的研究导师；他们有的忙于自己的工作，每年和学生见面一次，每次仅有一个小时左右；还有的则对学生极为关注，以至很容易忘记学生自己还不能全靠自己动手完成工作。青年人一旦发现年岁和真正的声誉并不能保证一个人不致窃取他人的功劳，总是感到痛苦。也许最合乎一时需要的上司便是那些和蔼的恶棍了。他们同他们的

科研工作者建立了一种共生关系，细心地选择优秀的工作者，保证他们的仪器设备齐全，在他们的论文上都附上自己的大名，一旦这种做法被人发觉，一般就通过自己的数不清的社会关系设法把被保护者提升到一个好的职位上去。独立精神在科学界里并不受鼓励。当一位参加选拔委员会的著名教授征求一位青年科研人员对于共同合作进行科学研究的意见时，凡是回答他不打算成为别人的跟班的人，都得不到那个职业。经过多年后，他那确定无疑的天才和品格才开始赢得一些赏识，但是，能力远远赶不上他，可是更为恭顺的同辈却已经身居教授之职了。

不过，这些都是一切权威制度下的共同的弊病。一个对科学事业更加特别有害的弊病是：所有科研人员都必须作出研究成果，而且必须予以发表。刚刚从考试制度压力下解放出来的青年毕业生发觉自己已经以一种奴隶地位换取了另一种奴隶地位，因为他的前途不但取决于他所发表成果的质量，而且取决于他所发表的成果的数量。所有穷苦的科研人员，即大多数的科研人员，都无法利用那一段本来可以最有效地加以利用——象伟大的科学家们 85 那样最有效地加以利用——的岁月，来学习、思考和进行表面看来漫无目标的实验。其结果，在独创性最能出成果的时候，在独创性还没有受到以后的行政和社会职责负担的影响的时候，就把独创性扼杀了。另一个结果就是使科学文献中充满大量毫无用处的论文，从而使发掘优秀论文的任务变得更加困难。

科研职业 这一切现象所以产生都是由于科研人员地位本身不正常，没有成为公认的体系的一部分的缘故。科研过去原是由业余爱好者或教师在业余时间进行的。人们还不习惯于把科研看做是一种独立的职业，人们也没有怎么认识到进行科学教学的能力和进行科研的能力并不总是一回事，以适当的方式承认科研

是一种单独的职业，就会使情况大为改观。这样一来，也许会有少数无所事事的科研人员继续存在下去，但是在同时却能保证大多数认真的工作者全心全意地从事工作，不必再象现在那样致力于自我奋斗了。在法国现在已经承认了科研职业而且加以照顾，这个事实说明这是一个完全切实可行的目标（参看边码第201—202页及附录VI）。

现在从事实际工作的科学家是现行的选拔和教育制度的产物。在如此迥然不同的社会和经济环境中，他们同那些奠定现代科学基础的人们有所不同是不足为怪的。在过去，决定从事科学研究是一种个人的抉择，只有极少数人这样做而且他们在作出这种抉择时，还准备承担由于选择如此无用的职业必然要产生的严重不利后果*。因此只有有钱的人和能够取得别人赞助的人才能从事科学。现在科学肯定是一种职业了，至少可以从中取得中等的生计，因此吸引了许多新来者。在科学教育体系内部进行的选拔过程，一方面注重技术效率和勤奋，另一方面注重遵奉社会习俗的一般态度。假如一个科学家想成功的话，他就象行政人员一样需要同有权势的人打交道。过份关心社会和政治问题会带来有双重恶果：使人不能专心致志工作，而且促使舆论认为他不可靠。在科学界中有一个缺乏历史根据的不成文的传统，认为：真正优秀的科学家对社会问题应该一无所知，更谈不上关心，言外之意

86 也就是说：如果一个人表现出关心社会问题，承认自己对合法当局以外的事物有所偏爱，他就同样可能在自己的科研工作中持有

* 要了解维多利亚时代的关于科研工作者的处境的描述，可以参看索比《研究才能》(The Endowment of Research, 伦敦, 1876年)一书中所写的文章。他的结论是值得引证的。他写道：“只有当一个研究工作者有充裕时间从事工作，并且能够摆脱有碍思索的各种忧虑时，他才能圆满地进行独创性的研究工作。”

偏见而且不可靠。

当这种看法越来越多地不仅应用于政治活动方面而且应用到人们本身工作范围以外的几乎一切文化活动方面的时候，正式的科学界就变得缺乏一般文化素养了。对文艺的爱好没有真的受到谴责，而且事实上还可以作为一种无害的嗜好而加以宽容，可是实际写作或绘画，除非显然很拙劣，就肯定会危及一个人在科学上的名气。文化界和科学界都有过错。双方都对另一方不甚了解而却显出鄙视的态度。这使大家都不光彩。科学界的确也象其他重要的职业一样，当然有一些真正有修养的，有独立精神的出类拔萃的和光辉的人物，不过他们不能代表所有从事此项职业的人。懦怯的百依百顺的态度是一个更为常见的现象。由于外界不把科学家当做科学家加以赏识，为了弥补起见，科学家们就在日常生活中显得很平常，并把自己的整个脑力活动用于科学专业的狭窄范围之内。科学家的工作使现代世界面目一新，可是并不是由于科学家有这样的性格，才使世界变了样，而是尽管他们有这样的性格，仍然使世界变了样。

科 普 工 作

任何科学教育方案的效果都见于科学在日常生活中的地位。在这里，问题不在于科学的物质贡献——各种发明。因为：这些发明不是作为科学的贡献，而是作为在科学昌明之前已经存在的事物的代替物或延伸物而交给使用者的。在这个意义上来说，电影只不过是更容易看到的戏剧，而电话也不过是同朋友讲话的一种简单工具而已。在几乎所有这些情况下，使用科学用具并不需要很多科学知识，也根本不需要知道科学方法。小孩子们不大

知道电台设在哪里，也根本不知道电振荡的原理，却能很容易地收听自己所需要的节目。但是到处存在的，包含科学原理的机器和服务项目必然迫使人们产生一种不同于先前时代的科学意识。在职业科学家队伍之外，有着成千上万的人对科学感到某种程度的兴趣，包括业余无线电操作者需要实际掌握某些有限的科学知识，直到一般人对科学奇迹所感到的兴趣。为此就产生了大量的
87 科学普及读物、文章、杂志和书籍，其数量并不比科学文献本身为少。

不过，正如大众化音乐大大不同于古典音乐一样，大众科学几乎是同样地大大有别于实际科学的。人们以或多或少正确的方式或者以耸人听闻的方式转载了一些关于科学成果的消息，但这些消息却是零星片断不完整的，把整个科学方法和精神都置诸脑后。英国的报界从来不曾重视过科学，除了一两个突出的例外情况，甚至没有一家报纸有相当于科学编辑的人员。科学消息是零星刊登的，其内容一般变动于耸人听闻和神秘暧昧两个极端之间。杰拉尔德·赫德先生1936年在他为《科学战线》所写的绪言中，是这样地加以描述的：

“不过科学消息是几乎不见报的，即令见报，印出来的几条新闻也好象是完全无关联的零星消息。畅销报纸刊登一条有关某种发现的消息仅仅是因为这种发现似乎有点惊人——仅仅是因为它似乎推翻了我们公认的观点。比较严肃的报纸实际上也不比这更好，因为当它们刊登科学消息时，它们就叫一个专家写一段文章。他不仅认为他是在为和他自己一样有知识的人写文章，而且他还认为有知识的人也和无知的人一样，看不出或者不知道这块新积木和未知图案——科学正在加以拼凑，使其成为巨大整体——的其余部分有何关系。

这种消息除了一时使人感到新鲜之外，很难令人对之产生智力上的兴趣。要我们对这些片断的消息加以保存，分类，筛选和整理就更难了，除非我们能够看出它们在什么地方能为日益增长的知识的战线增添实力。”——《科学战线》，第9页。

科普杂志情况较好，不过多半仍然包含着惊人的故事，实用指导，偶尔也有一篇正确而严肃的文章。没有一个刊物的宗旨在于用通俗易懂的方式来描述科学在当时的经济和政治发展背景下的进展情况*。科普书籍最为糟糕了。其中内容都是一些大概是为了出版商利益而拼凑的卖弄学问的和一般说来不符合要求的知识摘要，业余科学家对最新成果的叙述（他们严重歪曲而且不理解这些成果）以及科学界中最知名者的不脛而走的说教。其中也有几本书做到既通俗易懂又正确无误，不过它们并不能树立良好风尚，它们和其他出版物的比例比维多利亚女王时代还要少。

科学在现代的影响 科学对公众事务的价值可以用它有意识地对当代思想产生的影响来衡量。毫无疑问，虽然总的说来，现代英国人对科学有相当大的兴趣，但这种兴趣却没有为科学提供 88 充分的群众批评背景。前几个世纪甚至在社会上对科学感兴趣的人还很少的时候，科学思想和群众思想之间就有着互相交流的关系，现在却没有了这种交流关系。人们观看足球赛或者赛马的时候，有着一种全神贯注和训练有素的欣赏能力，对于科学，则没

* 《现实主义者》(The Realist) 一度想这样做。《科学工作者》(The Scientific worker) 对普通大众和专业人员都有一定的吸引力。《现代季刊》(The Modern Quarterly) 要批判地处理这些问题。但是这些都是相当严肃的刊物。我们需要的是份优秀的大众化科学画报周刊，虽然新出版的《发现》(Discovery) 做了一点工作可以弥补这方面的不足。

有这种能力，这不能仅仅用科学幻想不能引起人们的赌博兴趣或科学本身艰深难懂来解释。生物学或者生理学论战的确不能象打板球或打弹子那样使人感到有意思；不过要是人们真的对科学感兴趣的话，人们不久就会发现：以十比一的赌注押在甲教授的理论上以反对乙教授的理论，该是多么有趣呀！*

无可避免的是：科学在很大程度上高高在上地脱离了群众的觉悟，其结果对双方都极为不利。这对普通大众之所以不利是因为：他们生活在一个日益人为的世界中，却逐渐地越来越不认识制约着自己生活的机制。说到底，在干旱或疾病等自然现象面前一筹莫展、一无所知的野蛮人和在技术进步引起的失业和科学化战争等人为灾难面前无能为力的现代人是没有什么差别的。他们两者都面对着不可知的可怕的灾难，而又无法理解它们。在这两种情况下，人类都只好求助于异想天开而神秘的说明。人们原以为占星术和招魂术早已在中世纪末寿终正寝了。现在占星术和招魂术又复活了。这决不是偶然的。蛊惑群众的法西斯思想更加危险地发生影响，足以说明群众是多么无知和他们多么需要有一种信仰啊。

科学的孤立 这对科学也是很很不利的。从最粗糙的观点看来，除非普通大众——这包括富有的赞助者和政府官员——明白科学家在做些什么，否则就不可能期望他们向科学家提供他们的工作所需要的支援，来换取他们的工作可能为人类带来的好处。不过，更加微妙的是，如果没有群众的理解、兴趣和批评的话，科学家保持心理上的孤立的危险倾向就会加强。这种心理上的孤

* 群众缺乏兴趣的现象仅是表面现象，这一点可以从各类科学书刊和媒介在苏联受到热烈欢迎的情景中看出来。这种情景在报上、俱乐部中与文化和休息的公园中都可以看到。参看边码第228页。

立通常并不象人们常常设想的那样，表现为科学家成为一个超世脱俗的人，仅由于女性亲属的帮助才能勉强生活下去。这是科学的孤立而不是科学家的孤立。撇开了他的专业，他可能显得极为普通：玩高尔夫球、讲动听的故事，而且还是一个忠诚的丈夫和慈父，不过他的专业是自己的“本行”。他除了向二十个左右内行的人透露一二之外，对此守口如瓶。受过文学熏陶的人几乎都假装对科学一无所知，科学家自己也不能例外。不过对他们来说，这是指他们自己专业以外的一切其他学科。在社交场合，以科学为题材的有趣的普通对话是极其罕见的，即使在座的人大多数是科学家时情况也是如此。当伏尔泰和夏特勒夫人在家宴中进行哲学实验或者当雪莱以同样的热情讨论化学和完美的道德时，情况当然决不是这样的。在较年青的著名英国作家中，只有一个人在作品中表现出他对现代科学有所了解，而他这样做是有家庭的原因的。

渗入科学界的迷信 科学缺乏文化背景的局面，使科学专业化的种种害处更为严重了。但是，与此同时，更糟糕的结果是这样一种情况：那些不知不觉地渗透到最具体的科学理论以外的一切科学理论中去的社会影响并不是一个有鉴别力的、有教养的社会的成熟想法，大多是当代最常见的偏见和迷信。其后果反映在科普读物中。虽然公众既缺乏训练又缺乏兴趣因而无法理解科学的作用，他们还是可能愿意为科学成就喝彩的，越是了不起的成就越好。他们也愿意去听取有相当名气的人就任何题目发表的意见。他们能够理解这些意见，因为这些往往就是他们自己的意见，经过权威批准之后再送回来的。相对论和宇宙起源之类问题本来是极其艰深难懂的，却被认为十分适宜，并不是适于作技术性说明，而是适于提供论证，来说明人类之无能和愚昧以及造物

者的福佑和智慧。在此同时，量子论等更有意义、更有实际重要性的理论却很少受到注意。

结果不仅加深了我们前面提到的科学家与公众之间的鸿沟，而且也加深了科学家和科普读物之间的鸿沟。从事实际工作的科学家对宇宙和生命起源或者生物学中的活力论等课题的态度和科普书籍所发表的意见截然不同。科学家认为：现象的实在性正在消失的设想完全是无稽之谈。他们明白自己由于有了量子论就能够更好地掌握物质，由于有了生物化学和遗传学知识就能够更好地研制生物制品。他们也明白自己无法使人们明白这一点，因为推广这些观点比推广相反的观点困难得多。结果公众大上其当，误以为唯心主义在控制着科学界而实际上却是唯物主义在取得全
90 面胜利。同时从事实际工作的科学家却因为自己有知识，因为公众无知迷信，而独自沾沾自喜。

有不少原因造成这种可悲的局面。说来奇怪，在一定程度上，科学和文化实际隔绝是由于学校里讲授科学的缘故。可以说科学正是由于失去了它的业余活动的性质，同时也使公众对它失去了很多的兴趣。谁也没有必要自己费心去想到科学，总是有人知道这一类事情的。科学发明一日千里的发展和其日益增多的数量大有令人不知所措之势。使这一情况显得更加突出的是，科学家自己也各有专业；而且还有一个神话被愈来愈多的群众信以为真：任何一个人可以凭借自己的智力掌握不止一小部分人类知识——更不说掌握全部知识了——并身受其惠的时代已经过去了。实际上，这个信条所说明的问题是：解释和传达科学知识的方法还跟不上发明的速度。一个安排适当的科学出版体系（其性质将在第十一章中加以讨论）应该完全有可能使每一个受过良好教育的人对科学领域的全貌有足够具体的了解，以便使自己能理

解任何一个科学部门中的发展所具有的意义。目前他所以不能做到这一点是由于科学语言十分暧昧和科学刊物十分混乱的缘故。

前科学的态度 对科学缺乏适当认识的现象还不限于普通大众：它在行政管理人员和政界中特别严重而且带有危险性。这种前科学的态度使我们无法从科学研究的技术成果中取得我们本来可以得到的大部分好处。人们从不以科学方式考虑影响人类生活的一些比较重要的普遍性因素，甚至也不去收集科学分析所必需的资料。《政治和经济规划》的一份宣传资料对这一情况作了出色的叙述：

“在工业主义的倡导之下，一种文明已经发展起来了。这种文明要求动员巨大的知识资源，以便使这种文明运转自如而不致于经常发生令人痛苦的故障。我们这样说决非言之过甚：我们既不具备必需的知识，也并没有在目前作出充分的努力以取得这种知识，虽然这一点并不是做不到的。我们对知识的取得和使用的整个态度仍然受到科学和技术昌明以前时代的偏见和假定的影响。长期以来只有少数人在进行孤军奋战。由少数人在这里对房租和收入多作一点调查，在那里对心理学多做一点研究，再对教育研究、社会调查、交通调查、医学研究等等多加注意，是搞不出名堂的。问题还不在于不能提供某些设备，问题要比这还要深刻。居民中很大一部分有教养的和无教养的人还需要认识到：技术既然能生产出电力、无线电、飞机、化肥和新品种的动植物，如果适当 91 地加以改进，也就能够同样充沛地创造出十分急需的社会性质、政治性质和经济性质的发明来。不幸，虽然第一流的生产方法或产品可以由一个古怪的人在亭子间里想出来，而且可以利用小额私人投资制造出来，可是社会性质的发明由

于它的性质的缘故，却往往需要获得大体上只能到群众中去搜集的原料。而且，企业经理已经渐渐认识到：一种产品或生产方法不会永远存在下去，因而理所当然地必须为创造新品种和新技术做好准备，可是人们却没有相应的警觉性或设备来检查和改善——举例来说——政府机器、卫生机构的性能以及交通或者属于社会或经济性质的其他问题的处理方法。”——《规划》第17号，1934年1月2日。

对科学的需要和对科学的压制 不过，群众和政府都把科学置诸脑后，决不是偶然的。现在人们对科学的态度是我们目前社会制度的基本和必要的构成部分。科学和社会生活的关系见于两个方面。社会要求科学满足它在当前的需要，所以不管这些需要性质如何，总是需要一点科学。不过这样产生的科学一定会创造新的需要并且一定会批判旧的需要。在这一过程中，它一定要在社会的改造中起一定作用，这种作用要比原来要求它起的作用为大，而且与之大不相同。十七世纪各国政府所发起的科学运动，在十八世纪证明是批判这些政府本身的形式的最有力的根据。今天的形势更加清楚地表明了这个矛盾。一旦人们对于科学的成果，对于它在人类面前展现的前景，或者对于它的批判方法有了普遍认识，那一定会具有巨大的社会和政治意义。社会中反对这种变革的力量一定会设法使科学不超出它原来的界限。它应该是一个有用的仆人而不是主人。因而科学同时受到内部的推动和外部的压迫。在现在的德国可以最清楚地看到一种矛盾现象：一方面，极其需要科学家来为一个专制主义的经济国家奠定基础，来建立一个无敌的军事机器，另一方面又把他们痛斥为文化上的布尔什维主义的潜在来源。在我国也可以清楚看出同样的趋势。关于科学界应当发挥的作用，有两个针锋相对的理论。其一是：科

学家仍然被允许存在，只要他完成工作而且不介入政治，他就可以取得豁免权(参看边码第394页)。朱利安·本达在《职员背叛》^{92*}一书中则提出了一种相反意见。他把学者们都当作经过挑选的文化保护人而大加嘲笑，因为他们都屈从迷信和暴力而辜负了对他们的信任。今天的世界要科学家在这两种观点之间作出痛苦的选择，不过，不论他怎样作抉择，从长远看来，显然只有能够理解科学的好处的全部意义并且加以接受的社会才能得到科学的好处。

* 原书92—93页为注释，中译本改排在各页脚注部分，页码从略。——编者

第五章 科学研究的效率

我们一旦承认科学在社会中的功能，就有可能问一下：究竟科学是有效率地还是效率低下地执行着这个功能？取得的成果是不是以现有人力和物力资源所能取得的最好成果？不过，我们对科学效率低下程度的判断将主要取决于我们对于什么是科学的功能的看法。什么是科学的功能乃是本书的中心问题。在对这个问题不预先作出判断的情况下，还是有可能就科学的各种假定的功能，来谈谈科学研究的效率的。

科学的三个目的——心理目的、理性目的和社会目的 我们可以认为，科学作为一种职业，具有三个彼此互不排斥的目的：使科学家得到乐趣并且满足他天生的好奇心、发现外面世界并对它有全面的了解、而且还把这种了解用来解决人类福利的问题。可以把这些称为科学的心理目的、理性目的和社会目的。科学的社会功用将是下一章的课题。我们在这里仅涉及另外两个目的。

显然不可能在任何严格的意义上，联系科学的心理目的来估量科学的效率。不过由于心理上的快慰在进行科研过程中起着重要作用，因此，只要讨论科学的总的效率，都应该把这种心理上的快慰考虑进去。

无可否认，对于愿意从事科研工作的人来说，这种工作是极为令人快慰的。总的说来，人们正由于预料到这种乐趣才愿意当科学家。不过这并不是科学所特有的一种乐趣。在几乎一切职业中，都存在着运用有训练的好奇心的机会。这种好奇心在本质上

无殊于在科研中所表现出来的好奇心。科学界发展到目前的规模，并不说明天生有好奇心的人的数目自发地有所增加，而只是说明人们认识到科学可以给科学事业的资助者带来多少价值。心理上预先存在的天生好奇心就是用于这一目的的。科学利用好奇心，它需要好奇心，可是好奇心却不就是科学。

说来很奇怪，直到比较近的时期，科学家们自己才设法用科学所带来的心理上的快慰来为科学辩护。最初，人们本来是用科学是对上帝的赞颂或科学可以造福人类的说法来为科学辩护的。这些说法虽然等于默认心理上的快慰是从事科学事业的理由，但在表面上却把科学同神和功利联系起来，因为神和功利在当时被认为是人类总的社会目的。十七世纪的科学家有明显的理由坚持科学的功利论，因为只有他们能看出科学的潜力，而且他们还需要外界的支持，而只有指出它的物质好处才有可能获得这种支持。他们也不得不坚持这种实用的功利论以便反对象斯威夫特教长那样的诽谤者。当时，斯威夫特教长曾经讥笑当代的科学家从事空虚和无益的幻想。但是，没有理由认为，科学家们并不真诚地认为自己的工作是有有益于社会的，他们也的确没有想到把科学的成就用于任何其他目的。

纯科学的理想

早期的这一信念在十九世纪开始动摇了。那时，已经可以明显看出，科学可以用于而且正用于卑鄙的目的；因此，早期的信念就被纯科学的理想主义——从事科学而不求应用和报酬——所取而代之。托马斯·亨利·赫胥黎在他的颇有说服力的文章中，说出了维多利亚女王时代科学家的感想。

“事实上，自然科学的历史教导我们（我们无论怎样仔细地牢记住这个教训都不过分）：对于生来就有解释自然界的天才的人们来说，通过自然科学可以取得的实际好处从来都没有、而且以后永远也不会有足够的吸引力，足以使他们鼓起勇气去经受劳苦，去作出这个职业要求它的从业者们作出的牺牲。推动他们的脉搏跳动的是他们对知识的热爱和他们由于发现古代诗人所歌颂的事物的原因而感到的欢乐——由于把存在规律的领域不断推向那无法达到的无穷大和无穷小目标而感到的无上欢欣。我们的小小生命竞赛便是在这两个大小极端之间进行的。自然哲学家在这项工作的过程中，有时是有心地、更常见的是无心地发现一些证明有实用价值的事物。由此而受惠的人十分欢欣，科学一时成为一切工匠的黛安娜^①。不过就是在欢呼声响彻云霄的时候，就在这种研究浪潮所带来的飘流物正在变成工人的工资和资本家的财富的时候，科学研究的浪峰早已远远地翻腾于无限的未知事物海洋之中了。”

96

“因此，虽然我们一刻也不假装瞧不起增进自然知识的实际成果和自然知识对物质文明所起的有益作用，我认为：我们必须承认，我已经指出一二的伟大思想和我过去力图在自己所能支配的短暂时间中加以概括描述的道德精神，构成了自然知识的真正和永恒的意义。

假如这些思想正如我所相信的那样，注定会随着世上岁月的荏苒而越来越牢固地确立起来，假如那种精神会象我相信的那样注定要扩及人类思想的一切领域，而且会随着知识

① 黛安娜是古罗马的月亮女神，是狩猎者守护神。——译者

的范围的扩展而扩展；假如我们的种族在逐渐接近成熟的时候，象我们相信的那样，发现世上仅仅存在一种知识，而且也只有一种方法来获致它；那末，尚在幼年时期的我们这些人，就可以心安理得地感到：我们的最高职责就是认识到增进自然知识是正确的，从而帮助我们自身和后人走向人类未来的崇高目标。”——《方法和成果》第54及第41页。

从另一个意义上来说，纯科学的理想是一种势利习气的表现，是科学家追随大人先生亦步亦趋的标志。一个应用科学家一定显得有点象生意人；他冒着失去业余爱好者地位的危险。可是，由于坚持为科学而科学，纯科学家就抛弃了自己的工作所凭借的肮脏的物质基础。

把科学作为一种逃避现实的方法 随着战后产生的普遍幻灭，连纯科学的观念也开始褪色了。这种心理的产生似乎说明：追求知识只不过是把童年的好奇心继续带到成人生活中去而已。赫胥黎的一个孙子在描写科学家时，叫他的一个角色说出下面的一段话：——

“我现在认识到：知识分子的生活——致力于学问、科学研究、哲学、美学、批判的生活——的真正美妙之处是它的轻松愉快。这是以简单的知识图案来代替复杂的现实；以静止的和形式的死的东西来取代令人迷惑不解的生命的运动。了解很多艺术史——举例来说——的知识，对形而上学和社会学形成深刻的观念，要比亲自直觉地了解自己同伴的许多事情，要比同自己的朋友、恋人、妻子和儿女保持满意的关系容易得多。生活要比梵文或化学或经济学难得多。知识分子的生涯是小儿的游戏：正是由于这个原因，知识分子往往变成小孩子——然后变成白痴，最后，正如前几世纪的政治

和工业发展史所清楚显示的那样，变成杀人的狂人和野兽。受压抑的功能不会消亡；它们恶化、化脓、回到原始状态。但是在这时候，要做一个有知识的小孩子或者做一个狂人或者做一只野兽，要比做一个同人家合得来的成人容易得多了。正是由于这个原因(和其他原因)，人们才这样迫切地要求受到高等教育。人们象涌入酒店一样地对书本和大学趋之若鹜。人们认识到自己难以在这个奇异的当代世界中过应有的生活，想要忘掉这一切；他们可悲地无法成为生活艺术家，也想要忘掉这一切。有些人借酒消愁，不过更多的人则沉溺于书本和艺术爱好；有些人想靠纵欲、跳舞、电影、收听无线电来忘掉自己，其余的人则想靠讲课和科学性的嗜好来忘掉自己。书本和讲课比酗酒和女色更能消愁，事后不会留下头疼的感觉、令人失望的 *post coitum triste* (聚会后的悲哀) 的感觉。我必须承认，直到不久以前，我也曾十分严肃地看待学术、哲学和科学——所有这些都被华而不实地统称为“追求真理”。我一直把“追求真理”看作是最高尚的人类任务、把“追求真理者”看做是最高贵的人。不过，大约到去年，我才开始看出这种有名的“追求真理”只不过是一种娱乐、一种无殊于任何其他嗜好的嗜好。一种真正的生活的相当优雅而精致的代替物；“追求真理者”的作风也变得和酒徒、纯唯美主义者、商人、“放荡儿”的作风一样愚蠢、幼稚和腐化。我还看出：知识分子喜爱一种消遣，就是以简单的因而也是虚假的抽象来代替活生生的复杂的现实，追求“真理”只不过是知识分子所喜爱的这种消遣的一个雅名而已。但是追求“真理”要比学会过完满生活的艺术容易得多(在这种生活中，“追求真理”当然会同九柱戏和爬山之类其他娱乐一道，占有其应

有的适当的地位)。正是由于这个原因,我才继续过分地沉溺在阅读知识性书籍和进行抽象概括的罪恶中,虽然这个原因并不能证明我这样做是情有可原的。过完满的生活是一个更加严肃、更加困难的任务。我会有坚强的意志摆脱自己这些懒惰的知识主义习惯,把自己的精力用于过完满的生活吗?即使我的确想改变这些习惯,我会不会发现遗传是这些习惯的根本原因,而且我自己生来就不能过完满而和谐的生活呢?——摘自奥尔德斯·赫胥黎著《对位法》,第442—444页。

在这个问题上,人们认识到:科学现在主要是被用来使少数人发财致富而把许多人毁掉。因此,归根结蒂,为科学辩护的理由是:它是十分有趣的消遣。虽然很少有人承认他们持有这种态度,其实它在科学家当中、特别是在拥有比较稳固和比较舒适的职位的科学家当中极为普遍。科学是一种最有趣和最惬意的消遣,因此它才以不同的方式吸引着不同类型的人。对某些人来说,这是同未知事物进行游戏,人们在其中只会获胜而不会失败。对其他更善于考虑到人的因素的人来说,这是不同研究者之间的竞赛,看谁首先从大自然夺得奖赏。科学具有字谜游戏或侦探小说所具有的使千百万人入迷的一切特点,唯一的不同之处是:科学中的难题是大自然或偶然性提出来的,而不是人提出来的,而且并不是肯定能够得到答案的,一旦有了答案,往往又会提出一些比原来的难题多得多的问题。

假如我们从这个观点来考察科学的现状的话,我们就不得不承认:它总的说来是令人满意的。科学家只是根据纯物质上的理由有一些不满足。只要向科学家提供足够的薪金、相当可靠的任职年限,再免去完成某些特定任务的义务,科学家就十分满意了。从我们已经谈过的情况来看,大多数科学家连这些条件也没有。不过不少科学家还是能得到这样的待遇的,而且这些条件毕

竟是一种完全做得到的理想。假如游戏是唯一重要的问题的话，那么从其他角度看来构成主要缺陷的问题——缺乏仪器和情报、缺乏总的计划或指导，不能使科学同其他人类活动协调起来——就全不重要了。可以把实际的物质缺陷看作是妨碍游戏的额外障碍；科学家克服这些障碍本身就是受教育。科学家的工作条件特别容易使他采取这种游戏观点。不过把科学单纯看作是一种游戏的危险在于：把游戏作为一种毕生工作并不是经常能带来经久不衰的或者充分的满足。人们需要感到他们自己所做的事情还具有社会意义。连莫菲那样卓越无比的表演家也不能从自己的成功中得到满足。因为他不能容忍别人把他仅仅看做是象棋棋手。

科学与玩世不恭 不过由于专业化范围十分狭窄，而又有人抱着在现有条件下尽力而为的态度，因此，仍然有不少科学家过着比较愉快的生活。某些视野较为开阔的人还可能有意识地接受这个态度。一位教授说过：“每当我向外界观看的时候，我都看到一片悲惨混乱的景象，以致我宁愿埋首工作，把自己无论如何也无能为力的事情忘掉。”其余的人则从心理学角度看待科学研究，以玩世不恭的态度承认科学本身完全无用。*这种态度表现在

* C. P. 斯诺的小说《探索》，在描写主人翁终于决定脱离科学界的段落，很好地表明了那些在今天希望从科学中找到乐趣的人们所面临的冲突和困难：

“我以前为什么要献身于科学呢？我的热忱为什么又消失掉呢？我记得自己多年前同亨特和奥德丽的几次争论。虽然当时全部逻辑都在我这一边，可是凭直觉来看，他们似乎比我有眼光。我向奥德丽讲的是人们为什么要搞科学的各种理由。我要讲的还是那样一些话，只是我现在认为偶然性的作用要更大一些；许多人由于方便的缘故成为科学家。干这一行或干任何别的一行对他们说来横竖一样。但是仍然存在着真正急迫的动力：这些动力似乎可以分为三类。也就是说，人们自己可以提出三类理由：一个人为了使自己同更为深刻的冲动力协调一致就不能不相信这些理由。一个人可以由于相信科学能实际而有效地造福于世界而搞科学。许许多多科学家都把这当作是自己的主要的自觉的理由：对我说来，这种理由是从来不成立的。在我三十岁的时候，这理由似乎变得比十年前更其愚蠢了。因为假如我要直接造福于世界，我就应该尽自己

一些力图证明精确知识不可能为人们所获得、力图证明决定论，甚至简单的因果性都不管用的理论上。

微小的一点力量去防止西方文明在——比如说——二十年内衰败。这个任务要比应用科学更为急迫。应用科学一点也没有使这个任务更为轻松一点；随着科学的进展，科学所在的世界就会在科学自己的脚下垮下去。我自己在两个方面的作用都可能是极小的，不过要是我的作用突然无限扩大起来，人家要我在两个机会之间进行抉择：一个是参加治疗癌的工作，另一个是让开明、清醒和丰富的思想可以自由地在英国和法国继续存在三十年。我将毫不犹豫地挑选后者。

人们可以因为科学代表了真理而去搞科学。这句话或者类似的话就是我在过去提出的理由。如果我有一个自觉的理由，那便是这个理由。可是当我看到一艘悬着红帆的小船往来于一个小岛和海岸之间时，我就想到这个理由还不十分充足。科学在自己的领域中是真实的，它在自己的局限性范围以内是完善的。一个人自己选择了自己的数据——仿佛是为自己找了一个字谜画——而且最后通过说明这些数据怎样和同类的其他数据符合一致而解决了这个谜团。我们现在对这个过程知道得太清楚了，所以明白我们由此得出的结果的质量如何。我们也明白经验的某些侧面是这个过程永远无法接触到的。不管人们如何长久地再把科学搞下去，由于科学必须先给自己定下界限才能开始，这些界限必定会存在下去。情况仿佛是这样：人们对这个城市和那个城市之间的整个乡下极感兴趣；他们要科学作解答，而得到的答案则是两个城市之间的一条道路。我感到，如果把这当作是真理，把“真理”完全看做是独一无二的理想，那是有点头脑太天真了。

另一方面，如果认为自身局限性范围以内的科学是不真实的，那也是不懂这些字的意义。我知道康斯坦丁对这两句话都会表示同意。不过我们分歧之处是怎样估价这个特定的、有局限性的科学真理。我认为，既然它的性质已经确定，我们就明白了我们的头脑怎样确定它的局限性，因此，我认为，它的价值仅在于应用；一个科学事实并不能使我们明白一切事实的性质；我们在发现一个科学事实之前就知道了它的意义了；它所以重要仅在于它给我们一个新单元，以便于我们控制外部世界。不过当日我同康斯坦丁争论时，他总是把科学事实的价值说得超过它的用途——一个几乎带有神秘性质的价值，与其说是把它当作真理，不如说是把它作为知识。不知怎么的，就仿佛只要我们知道得多了，我们就会得到启示。也许我这样说对他有失公正；他说了许多话，不过他所说过的没有哪一点能够使我重新接受科学真理具有内在价值的观点。

一个人也可以由于从科学中得到乐趣而搞科学。任何一个全心全意地相信科学有用或者相信它是真理的人自然也会从科学中得到乐趣。例如康斯坦丁从研究所得到的纯朴乐趣比大多数人从自己爱好的娱乐中所得的乐趣更多；虽然他是我所知道的最有献身精神的科学家，不过却有不少人由于信仰科学而从中得到乐趣。我倒认为，即令人们不过于相信科学的用处，对科学的真理的价值也没有形成任何看法，他们也有可能从科学中获得乐趣。许多人喜欢猜谜。科学谜是很不错的，而且还有相当的奖赏。所以不少人要末根本不去考察科学的功能，对之漠不关心，要末把这些功能

从根本上来说，这一观点认为科学是文明社会的产物，多少有装饰作用，但无论如何也是毫无用处的。不过事情是很清楚的：不管科学家自己怎样想，世界上决没有任何经济制度愿意为了让科学家消遣一番就把钱付给科学家。科学也同任何其他人类活动一样，要想前进，就必须付给人家一笔过境费用，虽然这笔费用不一定总是采取纯粹的物质形态。我们还应该把科学的声望和它对道德和政治的影响考虑进去。

科学在技术上的低下效率

科学家所以有可能以接近满意的态度来接受目前科学工作的条件，完全是由于专业化范围极其窄狭的缘故，或者是由于他们
99 采取极彻底的玩世不恭态度的缘故。如果根据我们的第二个衡量标准——整个科学知识的极为迅速的发展——来判断，就决不可

视为理所当然，象干法律那一行一样地搞起科学研究工作。他们以此为生，遵从它的规律，从解决问题的过程中得到很大乐趣。这是一种十分实在的乐趣。你可以在这些人当中发现几个最有能力的科学家。他们无疑有心醉神迷的时刻，就象我在青年时代发现一个科学真理时一度感到乐趣那样。这些欢乐并不取决于对科学价值的信仰，就象从宗教得到的欢乐并不取决于对上帝的信仰那样。也许信仰更容易使人感到欢乐；不过我却感到不信教者也同样地可以得到欢乐，也许除了圣徒之外，不少人也会感到宗教般的欢乐，只不过他们用不同的名称称呼这种情绪而已。

我想也许最后的这个理由，即朴素的、无批判的乐趣，是最常见的理由，再加上一些有关动机的更加冠冕堂皇的瞎话；因为几乎任何一个由于喜欢科学而搞科学的人，如果问他为什么要搞科学，都会夸耀自己，说是要揭开自然界的秘密。唔，我得承认这是一个相当好的理由。但是我过去却不愿意承认这一点，因为对我来说，我总需要先对成果有信心，才能从中得到乐趣。我过去对人类的错综复杂的事可能由于其本身的缘故而感到兴趣。不过我对科学问题却不是那样，除非它们由于具有比本身更丰富的意义而使我感到重要。

我想：‘它的内容对我毫无价值’。

‘令人奇怪的不在于我现在对它不忠心了，而在于我竟然长期相信它。’

我想：‘我再也不会恢复这种忠诚了。’”(第364—369页)

忽略这个制度的低下效率。科学家的大部分工作都浪费了，要末是由于眼前缺乏仪器或助理人员，要末是由于没有同其他工作充分配合，最后，他们的研究成果还有很大可能湮没在一大堆混乱不堪、读不胜读的科学文献中。

糟糕的组织形式 假如我们设法更为周密地考查一下科学作为发现新事物的方法的低下效率，我们就会发现这种情况源出于两个主要缺陷。第一是经费数额完全不足，关于这一点我们早已谈过了；第二是组织上的缺陷。由于组织上的缺陷，连这一点点资金也有很大一部分浪费掉了。科学家可能认为这最后一句话有点近乎大逆不道。即使真是这样，也不应该公开说出来。因为科学界目前获得的那一点点钱，也是由于人们相信它卓有成效才得到的。一旦人们怀疑科学家浪费了交给他们的钱，他们连那么多的钱也得不到了。不过这种忽视科学界内部效率低下情况的君子协定，从长远看来是肯定会带来灾难的。不论怎样小心地掩盖这种事情，人们总是会怀疑有这种事情，并且愿意施舍的人和普通公众也会产生隐约的猜疑。对科学来说，由此而造成的损失要比公开的指责厉害得多。同样地，如果有一套详尽的道德规章规定医生们在任何情况下都必须相互支持，决不承认同业中存在统计学上不可避免的差错，也决不承认同业中有同样不可避免会有的恶棍和笨蛋，那也只能使人们更加不相信正式医务人员而使庸医和江湖骗子得利*。不过更为重要的是应该考虑到：如果没有一个真正有效的内部工作组织，科学家就永远也不可能为自己的一行取得他们认为应得的赏识或者科学事业所急需的更多经费。

造成目前的科研现状的原因是不难找到的。具体科学活动是

* 见A.J.克罗宁的小说《城堡》(Citadel)。

自发地发展起来的。协调这些活动的组织却没有在事前规划好，而是随着科学本身的发展而扩大，总是比科学活动晚一步。这是人类的各种机构发展的总的状况。不过就科学而言，情况由于特殊因素而变得更加严重了。科学家个人的兴趣各不相同，同时他们的兴趣同行政部门的兴趣也大不相同。科学家们本能地不愿意
100 占用具体工作的时间去处理组织的问题；因而这些事情大多交给少数薪金相当低微的官员以及年龄较大、不再接触当前动向的科学家组成的委员会去处理。

科学研究的低下效率与其说表现在深度上不如说表现在广度上。越是接近科学家个人和他的工作，效率就愈大；调查的范围愈大，效率低下的状况也愈严重。科学的实际发展太快，以致它现在受到了自己过去和现在的丰硕产物的干扰和妨碍。这主要表现在各种不同的研究工作之间的关系上，而不是表现于工作本身上面。

实验室工作对人才的浪费 但是，即使在具体工作中，也在很大程度上由于虚假的节约而造成相当大的浪费。由于设备不良和缺少足够的实验室助手和机械师，许多科学家不得不把大量时间浪费在机械性和常想性工作上。他们不一定对这种工作十分熟练，而且这无论如何是会妨碍他们的正当工作的。在这里，人们可以不无理由地提出异议说，这有时是塞翁失马，科学家只有在进行有意义的观察和操作的时候才需要全神贯注地工作，工作过度会使神经过份紧张；科学家有必要做一些其他的事情，这样工作节奏就可以放慢到适于人体的速度。不过，当然应当让科学家自己选择自己要做的日常工作。没有必要阻止他做机械性工作，但在正常情况下，不应该一定要他这样做。

这种情况所以难以改善，主要是因为科学工作的经济算盘同

一个盈利社会的算盘不完全相同。每年收入400镑的科学家可能由于没有一个每年要花费150镑的助手而不得不浪费掉四分之三的时间,虽然这种安排十分不讲效率,对于大学和有关的政府机构来说,这只是每年花费400镑还是花费550镑的问题而已。由于无法在资产负债表上表示科学家的工作的价值,他们总是会选择前一个数字。人们确定了科学研究人员和助手之间的某种传统的比例,可是这些比例一般都太低了,没有顾及现代科学不断提高的机械化程度和由此造成的愈来愈需要更多科研辅助人员的局面。这一点尤其适用于机械师。他们在实验室里从没有充分发挥过作用。这是绝对浪费金钱的清楚例子。一个实验室机械师能制造大部分必需的比较简单的特殊类型的仪器,成本几乎总是低于科学仪器制造商所供应的仪器的价格,往往只达到其价格的一半或四分之一。事实上,可以向制造商购买的唯一合算的仪器都是一些由于有工程用途或其他用途而大规模制造的东西,例如一切无线电器具(参看边码第111页)。

101

虚假的节约 凡是科学研究成果的取得关系到财务收入的地方,例如在比较进步的工业实验室中,一般并不缺少有训练的助理人员,可是人们往往认为:这些实验室所以很少做出有科学价值的工作,正是由于助理人员过多,而不是由于极易使工业科研得不出成果的人事因素和组织上的因素(参看边码第138页及后文)。人们在提出这个论点的同时,往往还要对依靠火漆和绳子进行工作的实验室加以表扬。的确,让科学家在一定程度上直接接触材料并且亲自去克服眼前的物质困难,要比派给他们大批职工和助手更能迅速查明哪些科学家有能力和哪些科学家没有能力。过去许多最伟大的实验科学发现也的确是靠极为简陋的仪器获得成功的。不过人们不应该从这些事实得出结论说,早期科学家在物质上的

困难正是他们伟大的原因，或者只要制造一些困难就能再度自然而然地促成伟大的成就。随着科学的进步，科学所观察的现象也变得越来越复杂了。这就促使人们去使用越来越精巧的仪器。而且，随着科学的进步，一般科学工作者的学识质量也必然会降低，因为居民中从事科学工作的人的比重比过去增多了。虽然科学的威望吸引了在从前本来会从事其他职业的有才能的人士，可是科学发展的速度远远超过吸收有才能的人员的速度。所以，如果我们希望一般科研人员能象过去的寥寥可数的几个科学家那样，从不充分的材料得出成果来，那是不公平的。科学上的清教主义最终是会贻害自己的。

科学工作者的薪金 我们已经谈过科学工作者的一些经济情况，不过在这里还是值得再提一下，因为这是造成工作效率下降的一个因素。很难估计出科学工作者的平均工资是否足够。首先，我们对他们拿到多少钱知道得不够确切*，不过一般的印象是：虽然大学毕业生在开头几年的工资过低，年龄较大的工作者
102 通常每年都能拿到300镑至600镑的薪金。这相当于他们的要求不高的需要。具有同等能力的人也许的确可以在企业的其余部门多拿百分之五十或更多的薪金，不过据认为：科学工作者的工作称心足可补偿这个损失。常常有人议论说：由于财富是现代社会中衡量地位的唯一标准，假如科学家的薪金相当于目前的二倍或三倍，科学才算受到应有的重视。不过这种说法却把因果关系搞颠倒了；薪金是由供求规律决定的。目前社会并不重视科学，因而

* 科学工作者协会一直在努力通过发出调查表来了解区一点。迄今为止的结果说明，年在20至24岁之间的人每年平均薪金为245镑，到50至59岁之间时都相当一律地增加到800镑。在每一阶段中，从事工业研究工作的人的收入都明显地多于从事学校研究工作的人。

它就没有理由向科学家付出更高的薪金。而且直到现在，科学家本身并没有表示过自己需要更高的薪金。他们甚至还没有采取工会式的联合行动或者建立在医学界和法律界十分成功的关门式行会制度，来大规模地争取更高的薪金，不过科学工作者协会、英国化学家协会和各科学研究所却是在这方面采取的一些步骤（参看边码第400页）。增加科学家待遇，总的说来是不是会有利于科学事业，也有些值得怀疑，因为这自然会吸引来大量自私自利的人，科学在目前对他们是没有吸引力的，我们已经看够了经济竞争给科学造成的损失，所以不愿意去扩大这个因素。

不论指出科学家的平均收入有什么理由，人们很难为工资在各种类别之间的分布状况说出道理来。科学家收入的高低差距很大，虽然这和一般收入差距比起来算不了什么。每年能拿到2,000英镑以上的教授很少，向优等毕业生提供的每年收入一百英镑以下的研究职位也不多*。以这种待遇雇用科学家的单位解释说：由于他们能经常找到这种工作的求职者，它们实际上是对本来找不到这种工作的人们施恩。科学和工业研究部在发给研究津贴时，不是把研究生的研究工作看作是拿报酬的工作，而把它看作是适应将来工作的一种训练，因此，当申请人能证明自己无法从父母得到帮助，也无法从地方当局或其他地方得到津贴时，它仅发给他们平均为130英镑的、总的来说为数很少的津贴。

确确实实存在的薪金差距，特别是每年400至500英镑的讲师

* 《1929—1935年度大学津贴金报告书》(University Grants Report 1929—1935)说明，在1935年有669名教授，亦即79%，年薪在800至1400英镑之间；273名高级讲师，亦即73%，年薪在550至850英镑之间；1068名讲师，亦即77%，年薪在375至600英镑之间；以及702名助理讲师和示范员，亦即82%，年薪在225至400英镑之间。这说明工资等级之间没有很大重叠现象。

薪金和每年为1,000英镑的教授薪金之间的巨大差距,是推动科学界内部趋炎附势和猎取肥缺的极大动力。如果能使薪金有更均匀的分布,科学界就更有可能实现内部民主。这种民主将比科学界目前的寡头独断组织更能应付自己的任务。

另一个更令人痛心的缺点是,科学职位、尤其是工业中的职位和一切低级职位的任期没有保障。我们已经在82页中提到现行制度的弊病。由于现行制度要求马上见效,成果丰硕,它必然加重科学内部工作效率低下的状况。有前途的科学家往往不敢承担一项只要坚持下去就可能对科学发展作出显著贡献的工作,因为他不知道一二年后,如果他拿不出什么具体成果,他是不是得离开那个职位。使科学工作者,尤其是年轻和有前途的工作者,不能专心致志,不能获得有条理的思维所必需的平静心境的,还有一般的经济上的忧虑,只不过更为隐蔽罢了。

科学研究所

在现代的条件下,大部分科研工作是在实验室或研究所中进行的。这些研究单位拥有四至四十名科研工作人员,从事研究一些多少有关联的问题。迄今我们只研究了个别科研人员的工作效率。实验室组织的效率也许对科学的进步更具有意义。目前科学组织方式正处于发展中的过渡阶段;它正从科学只是个人努力的总和的阶段过渡到人们通过自觉的合作促进科学进步的阶段。科学家个人的贡献通过这种合作而被吸收到总的成果中去。今天的实验室相当象早期的原始工厂。这种原始的工厂由一些独立的劳动者组成,每一个人拥有自己的工具,并得到电力或材料之类某些常见的供应品。

我们已经能够看到形形色色的实验室组织方式。在某些实验室里，工作人员总是保持几乎完全孤立的状态。每一个工作人员都把自己办公室的门锁起来，许多人工作了多年还不知道其余的人在研究什么问题。在其他的实验室里，已经有了明确的分工。例如，一个工作人员可能负责全部光谱工作，另一个负责显微镜分析工作等，不过总的来说，所有这些工作往往限于少数专家，大部分科研工作者还是相对独立的。

目前，内部配合的程度几乎完全取决于实验室主任的性格。处于一个极端的是一种专制式的实验室。实验室主任把所有的研究人员都当作他个人的助手，不时向他们规定要执行的任务；处于另一极端的是一种无政府状态的实验室，其中每一个工作者都是独立工作的，他选择自己的课题，并且仅作为一种礼貌而向主任提出报告。第一种极端例子的内在危险在于：它妨碍独创精神，不能使助手具有责任感。就是在这类实验室里，高级人员尽量利用低级人员的工作成果的情况继续存在着。不少人几乎完全是通过巧妙的合作来赢得科学声誉的。如果人们象经常发生的那样遇上一位年龄又大又专断的主任，研究的内容就可能是三十年前认为重要的课题。结果我们发觉：在任何一个学科中，除了对研究课题作常规的描述和实验之外，能对科学思想的进步有所贡献的实验室，只是全部实验室中的极小的一部分。

另一极端的无政府状态的实验室则存在不同性质的弊病。在完全没有指导的情况下，除了最能干的工作人员之外，大家都面临做什么以及怎样去做的问题。他们不得不过分依赖自己的才智。鉴于科学工作一般说来都很难搞，个人的才智可能是十分无济于事的。这类实验室容易培养出一批科学隐士。他们相互妒忌，偷偷摸摸地一个人独自进行自己的研究工作。

这两个极端类型之间还有一种比较能够互相合作的安排。主任和研究人员经常正式地或非正式地互相商量，研究工作的一般进展情况和派个别人员去解决某种共同性难题的办法。显然最后一种类型同可以避免内部浪费的组织方式最为接近。不过在目前，共同合作进行研究的实验室还是凤毛麟角。只有遇到一位有极大预见力和愿意把权力下放的主任时，才能有这样的实验室。这种人在科学界中仍然太少。除了为数寥寥的几所这种类型的实验室之外，一般实验室都没有长远的多年综合规划或工作方案。由于除了笼统了解之外就无法知道实验室正在做什么工作或者将要做些什么工作，所以不可能使这些工作和其他地方类似的一些实验室的工作或者同一地方的各种不同的实验室的工作配合起来。因此，本来可以通过共同努力来研究的许多普遍性的科学问题只得由个人分散进行，而且工作的成果总是不完整，不得不吃力地从许多分散的来源凑集起来。

- 105 **大学实验室** 迄今所谈的大体上适用于一切实验室工作，不过各种不同类型的机构的实验室又各有特殊的缺陷。除了某些突出的例外，大学实验室的主要缺陷是规模小、设备不足。使用火漆和绳子来进行科研的说法就是从这些地方产生的。研究手段的缺乏到处妨碍着工作：无法雇用新的助理人员、可能要经过好几年才能获得一次补助金来购买一件仪器。最后，工作成绩十分令人失望，因而使一些课题的研究工作变得疲疲塌塌。如果说我国几乎有一半大学实验室处于这种状况，那也许并非过甚其词。由于把力量分散到数目众多的实验室，这种倾向就更加严重了。这种分散是极为不经济的；由于无法共同利用设备，不得不无谓地重复购置设备，还缺乏联系和相互激励。只是靠了科学学会才部分地补救了这个缺陷。

大学科研工作的另一特有的缺陷是教学对科研的干扰。这是一个内在的困难问题，而且无法简单地予以解决。几乎可以肯定地说，一个大学教师承担一些科研任务是有好处的，即令只是为了使他在他自己的眼中和他的学生们眼中具有一个真正科研工作者的地位。在另一方面，每一个科研人员由于在一定程度上从事教学工作，学会怎样说明自己的成果，学会怎样认识科学的比较普通的方面，也肯定会得到好处。问题在于如何确定教学人员和研究人员之间的正确比例以及如何选择这两种人员，还有如何确定每一种人员用于教学和科研的适当时间分量。照目前情况看来，大学中的教学职位远比研究职位为多，几乎不可避免的结果是：有一些主要兴趣在于科研、而且只要有可能便会去担任科研职位的人员只好担任教学职务。大学教师几乎总是要么忽视了自己的教学，要么忽视了科研工作。他们不少人根本不宜于教学；还有的人感到教学的需要妨碍他们不断地考虑和关心科研工作，而这种关注则是科研工作所必不可少的。在较高级人员中，这种情况更其严重，因为他们除了有教学和科研工作之外，还有行政工作。由于时间紧迫，必然促使人们尽量挑选日常性质的工作做；年复一年内容不变的老一套的讲课要远比新开设的课程便当，于是改变课程或者改变实验室组织方式就变得几乎难以设想了。

捐赠的影响 大学科研工作特别容易遇到的另一个困难是 106
由于大学接受捐赠而产生的。这些捐赠总是有利也有弊；除了在规模极大的大学里人们可能通过适当的巧妙办法在相当广的范围内分配捐款之外，捐款容易完全不合理地破坏学习课程的平衡。某些系营养过多，另外一些则处于饥谨状态。由于英国的富人比较吝啬，捐款的全部弊病可以最清楚地从美国的情况中看到。然而捐款附有条件决不限于美国。甚至在我国，人们也隐隐约约但

确确实实地感到施主的影响的存在。较老的大学，由于接受老的捐赠基金而这些基金又早已给施主们带来荣誉，因此，情况都很好。除了较老的大学，大学的方针与其说往往受旧施主的操纵，不如说往往受未来的施主的操纵。大学科研的发展既有赖于教授们和系主任们的科研能力，也有赖于他们从当地巨头获得金钱的能力。如果由于某些科研人员的研究活动，一个系可能受到经济损失的话，就连开明的系主任也不敢贸然雇用他们。^{*}在经济学和社会学研究方面，这些考虑尤其起作用。对其他学科来说，科研工作者的挑选和训练方法一般都足以防止这方面的令人不快的情况发生；不过这本身就是对现行制度的严厉批判。

政府办的实验室 政府控制下的科研工作的特殊困难主要是由于官僚主义的方法而产生的。政府机关和陆军的管理方法基本上不适宜于科研工作。科研总是去探索未知的事物，它的价值不是按所费时间衡量的，而是按所想出来和试验出来的新设想的数量衡量的。用记时钟记录上下班钟点的有规则的作息间，加上每年两星期的假期，并不能帮助人们的独创性思考。^{**}科学家的

^{*} 在一所边省大学里，由于大学教职员竭力为救济西班牙的事宜奔走，董事会的一个有钱的董事就不让这个大学在遗赠中得到分文。

^{**} J. G. 克劳瑟在他所著有趣的小册子《科学和生活》(Science and Life)中也提到这一点：

“最有名的政府实验室是国立物理实验室。……它是欧洲设备最好的实验室之一，它的工作也搞得很彻底。虽然它做了不少出色的工作，不过却很难使人相信，实验室的人力与设备都已经得到最充分的利用了。

科研人员按照一定的办公时间来工作，他们也沾染上了英国机关的传统。当局者使他们感到，遵从先例和遵从这个传统的其他特征，要比科学发现更为重要。这种情况的产生是由于人们相信：政府较老的部门所掌管的事务在性质上比科研更为重要。据认为，财政部工作人员的工作习惯是科学发现者的适当学习典范。

为什么要期望科学家们效仿在截然不同的领域中工作的其他人的工作习惯呢？

这是由于政治和财政享有更高地位的缘故。至今人们仍普遍认为，现代世界的政

工作时间极不规律。有时可能连续几个星期，每天都要工作十六或二十四小时；在其他的场合中，耗于实验室的全部时间都白费了。参加联欢会或者去爬山反而会取得最好的效果。在政府实验室中，不但工作的条件很不适宜于科研工作，而且工作本身往往也是带有日常性质的。政府办的实验室当然必须做大量的日常性质工作，不过为了完成这些工作，它们往往对人员不加区别地使用，因而，既使有前途的科研人员的才能得不到发挥，又使其他的人不敢到它们那里去工作。

受政府雇用的科学家在两方面都吃了亏。他不能享受学术界 107 特权，又没有文职官员享受的提升机会，甚至往往得不到文职官员享有的职业保障。较高的职位仅能由拥有行政级别的人来担任，因而不少在政府工作的科学工作者都直接由一些至多略知一点科学知识的人来指导。今后的情况可能更差，高等文官考试已经取消了科学常识这个科目。同时，很大一部分科学工作者都不是固定人员，仅仅担任临时职务，*或者作为进行特殊研究工作的学者

治原理和科学并不存在必然的联系。据认为，政治必然包含如何操纵人和政党的事务，科学之重要性仅在于它是达到这种目的的一个工具。这种看法自然是从目前英国社会制度的哲学原理中产生的。

下院六百名议员中没有一名是日常从事科学研究的职业科学家。只有几名理科毕业生。这情况比上院更其反动，因为在上院还有二、三位著名科研人员。这反映出人们认为科学在现代社会中不具有头等重要性。这使许多具有科学才能的人感到科学不如政治来得重要。他们就有从科研工作转入更享有威望的政治工作之势。”（第79—80页）。

* 临时职位往往是一个委婉的说法。这是科学工作者协会最近处理的一桩事：

X先生在1918年被雇用为“临时”助理科学家，过了十年，X先生仍然被算为“临时人员”。约在这时雇用单位订出了一条后来证明可以运用于X先生的新规定。在1930年至1932年经济萧条时期，有人在不同的场合劝告X先生另行高就，虽然他的主任也不时鼓励他，说他已经内定要升级了。X先生终于在1934年被解雇了，而解雇所依据的规定却是在最初雇用他为“临时”助理员十年以后才订出来的。根据这一规定，一个“临时”助理员的任期应在他拿到他（那一级）的最高工资一年后即告终止。X先生的专业能力显然没有问题；人们仅不过是执行了这样一条规定而已。而这条规定是在最初按某一级别雇用X先生以后很久才制订出来的。而且X先生甚至在做了“临时”工作十六年之后，也没有得到提升。——《科学工作者》第9卷，第166页，1937年。

或工作人员而受聘。在这种情况下，除了各种因素之外，还要加上职业无保障的因素，妨碍着人们超出规定的最低限度做更多工作。

难怪在这些条件下，不少优秀的科学工作者不愿为政府工作。几乎所有能取得大学职位的人都宁愿拿比政府所给工资低一些的工资，到大学去工作。

工业中的科研工作

保密 有两个因素严重影响工业科研工作的效果。一个是笼罩着科研工作的普遍的保密气氛，另一个是科研工作者个人缺乏自由。由于任何研究都是秘密的，它当然使所有从事这种科研的人不能同外国和大学里的科学家同行们保持有效联系，甚至往往不能和同一公司其他部门的同行保持有效的联系。保密的程度自然各有不同。某些较大的厂商从事具有一般性和根本性的研究，不保密对它们极为有利。不过，许多有赖于这种研究的生产方法，在取得专利权之前却是以完全秘密的方式来探索的。还有更多的生产方法根本不申请专利，而被当作秘密方法保存起来。这一情况尤其适用于化学工业。因为，偶然的发现在化学工业中比在物理性质或者机械性质的工业中作用要大得多。有时秘密得连研究的性质也不能说出来。例如不少厂商难得从图书馆借阅科技书籍，因为它们不愿意因为借了某一本书而让人家把自己的名字记下来，唯恐其他厂商的代理人会猜出它们可能在进行什么种类的科研。作为另一个例子，我们可以举出科学工作者协会编写的《工业研究实验室》为例。这本书载有各实验室的详情、大约的支出金额、雇用的科研人员人数等等。在编写时，向 450 家进

行科研的厂商发出了通知书。其中只有80家有回信，在这中间仅有35家提供费用的详细数字，12家甚至拒绝说明自己雇用的合格科研人员的人数。一家厂商回答说：“我厂实验室人员的姓名是永远不让人家知道的。”(参看附录III(C))

不管这种保密的方法是如何的不道德，只有当保密同进行秘密研究的人们有切身利益关系的时候，这种保密方法才有实际效果。不过在这个问题上，现行制度却害了自己。有关厂商普遍禁止使用工业科研的成果只能使科研人员灰心丧气。如果厂商由于愚蠢或则由于占有稳固的垄断地位，认为使用改进的方法不值得的话，那末研究人员就不值得费力去改进这些方法了，或者事实上，就不值得他在自己本身利益范围之外为企业操心了。科学家很少是一个董事，甚至很少是企业的一个重要股东；他对保密的兴趣通常仅限于保住饭碗和增加一些工资或者从每一项交他做的工作中取得小额的或名义上的奖金。事实上，为了避免树立一个以后不能不遵循的标准，表现出自己在这方面很有能力是有点危险的。在开头一段热心的时期后，一旦科研人员看到自己工作并没有使社会或科学事业得到什么好处，自己也没有得到什么金钱上的好处，他们就不会费很大力气不辞劳苦地推进自己的研究工作。他更有可能牺牲企业的利益，采取一种有效的虚张声势的办法。

缺乏学术自由 工业中的科学家遇到的最大障碍之一便是缺乏学术自由。大多数人员是根据合同来工作的。这些合同几乎完全是为保护厂方利益而制定的，未来的雇员通常总是过于无知或者是过于害怕，而不加以拒绝。在一定期间，一个人的脑力产物被收购了。他的一切发明和设想，即使是在工厂外面研究出来的，也全部归厂方所有。一切专利权，即使能赚到成千上万英镑，

也必须以每项十先令的价格交给厂方。有些合同甚至阻止工作人员在离开本厂两年之内到敌对的工厂，亦即同行业的其他工厂去工作。这实际上就是说：他要长期地受厂方的束缚，而厂方却不受他的束缚。近来出现了更加糟糕的弊病。厂方雇用科研人员的合同明确规定：有关人员的工作应终止于三十岁或四十岁。当他们年纪轻、聪明而且便宜的时候就雇用他们，到时候就把他们解雇掉，使他们没有就业的希望。不用强调说明就可以明白：这决不是让一个科研人员大显才能的办法。企业领导人缺乏科学知识的状况在两方面都起了坏的作用。这使人们不能适当地赏识或奖赏科学家，但又使企业无法了解自己的科研人员整天忙忙碌碌，其实什么事也没有干。到工业实验室参观的大学科研人员往往对那里雇用的科学家的无知感到惊讶(从工厂科学家所处情况看来，这是不足为奇的)而他们对于这种无知状况竟然能瞒过企业领导人，就更为吃惊了。

政府管理的实验室所固有的一切缺点也更其有力地表现在一些工业实验室中。一个大企业科研经费充沛的好处由于相应发展了官僚主义而丧失殆尽。科研人员自己支配时间和假期的自由也同样受到很大的限制，实际上往往使工作受到损失。工业中的科学家每年在大学实验室里工作譬如说三四个月将大有好处，可是很少做到这样，甚至连参加科学会议或科学讲演的机会也受到相当的限制。一家大企业甚至规定：大学专为工业中的科学家举办的学术讲演应在业余时间进行，这样就砍掉了事实上比讲演本身更为重要的讨论时间。还存在着日常性质的工作过多和希望科研工作立即收效的很自然的倾向。

低标准 科学家的管理能力本来就普遍很差，因此，他们更无法指导和控制把他们的研究成果付诸应用的总进程。这往往

使他对工作失去兴趣。这种情况造成的后果是，工业中比较有天才和比较有进取心的科学家往往回到大学去从事科研。即使少拿很多薪金，他们一般还是愿意去大学工作。比较看重金钱的人，担任了次要的经理职务，其余的人只好安于现状，进行日常任务，在工作上不太活跃，也没有什么大的创造精神，其最后结果自然是：工业科学实验室的效率特别低，尤其是从仪器设备费用比较多的角度来看。由于这个缘故，科研对企业的潜在价值是被大大低估了。

鉴于工业科研的工作条件，无怪乎在人们选择职业时，工业中的科技职位处于科研工作中最低的一级，而且往往低于中学科学教师的职位。虽然也有一些出色的科研人员，为了这样的或那样的原因参加工业工作而且继续留在那里。不过这是例外情况。工业中的科研人员总的说来不能算是比较优秀的科学工作者。这种倾向由于吸收工业科学家的方法而变得更加严重。在大多数情况下，即使在最大的企业中，工业科研人员也主要不是由科学家来挑选，而是由负责所有人事任命的人员来挑选的，因此，外表、遵奉时尚、公立学校学历、文体活动特长，即使不是摆在学识资格之上，也是和学识资格相提并论地一起加以考虑的*。忽视上述最后一个条件，还有一定的理由，那就是，就大部分情况而论，由于大学教育性质的缘故，大学训练出来的学生很少或根本不能担任工业科研任务。因此，招考办法和各种条件合起来就使工业科研工作变得必然是由和颜悦色、彬彬有礼，可能很勤奋，但肯定不很能干，也没有进取心的工作人员来担任(参看边码第388页)。工 110

* 在主试人同一位研究职位的应考人的谈话结束时，应考者听到这样的问题而吃了一惊：“你会投球吗？”考问他的人员看到他吃惊就说道：“唔，你明白，我们其实并不需要再聘请一位化学研究人员，不过我们却很需要一个快速投球员。”

业科研的目前状况没有可能轻而易举地加以改变，因为这有其根深蒂固的原因。主要原因在于工业生产本身的性质。我们将在下一章看到：为利润而生产无可避免地使科学的应用走上邪路，而且从而使科研误入歧路。企业之间的竞争和垄断直接促使大家相互保密并且扼杀基本研究工作。使得工业科研特别没有创造性的一个更为直接的原因是：它是由具有纯商人气质的人来控制的。他们一般对科学一窍不通，把它的成果看作是商品，并且把得出这些成果的人看作是雇用的工人。有理由相信：这方面的情况远比五十年以前更糟糕。特别是大企业，控制权已经从不能不懂得科学的创办人手中转到对科学一知半解或一无所知的继承人手中，而同时由于垄断，科学家们实际上完全没有可能自己设立任何规模的新企业。

对九家电器和化学企业的董事们所作的一份分析，可以说明这种情况发展到什么程度。靠了科学存在的这几家企业都是由具备科学才能的人所创立的，而且控制了我国四分之三以上的工业科研工作。在114名董事中，仅有13名具有科学学历，他们分散于五家企业之中，其中有五个人在同一家企业中。所有这些董事之中只有一个人是科学界中卓有才能的人。在这种环境之中，科学工作者对于上级管理部门采取玩世不恭的态度是可以理解的。董事们不仅不懂科学，而且由于他们所属的阶级的传统或者由于他们所愿意归属的阶级的传统，他们总的来说对科学精神是极为敌视的。*

* J.G.克劳瑟在《科学和生活》一书中是这样评论英国人对科学的态度：

“德国人约在1850年左右开始把受过大学训练的化学家送到英国化学厂工作，以便学习实际生产方法。这些人回到德国后，用他们的提高了的化学知识改进了生产方法，并且设立了化学企业。德国化学工业一开始便由有理论训练的化学家来开设和指导。它在半个世纪中，便在世界化学工业占有重要地位。

科学仪器

111

造成科研工作效率低下的一个重大原因是科研仪器的费用和性质。除了由实验室工场自己制造的少量仪器之外，科研工作者依靠科学仪器工业来供应他们需要的大部分器材。科学仪器工业是一个依赖科学而存在的工业，虽然它自己也从两个较老的工业，玻璃和陶瓷工业取得供应品。早期的科学仪器制造商要末是专业性质的钟表或眼镜制造商，要末是天生爱好科学的有发明天才的人。他们为了维持生活或独立进行研究工作，不得不去制造仪器。这些人对科学作出了巨大的贡献。发现消色差透镜原理的便是第一个多隆。整个现代天文学、显微镜学和摄影学都是以这个原理为基础的。瓦特在格拉斯哥开设了一家仪器店。他由于替大学修理蒸气机模型，所以才能够制造出现代蒸气机。弗朗霍费和阿贝两人都经营光学玻璃业。

不过，除了光学仪器之外，在本世纪初以前，科学仪器工业

不过英国的化学大亨还可以依靠他们老的垄断企业和积累的利润继续过着阔绰的生活。他们对自己在工业发展上失去主动权并不介意；他们更关心的是在英国闲阶级中取得一席之地。

已故的弗利茨·哈柏是世界上研究科研和工业之间的关系的最大权威。当人家问他英国工业为什么在大战前没有找出组织这些关系的满意办法来的时候，他把这部分归因于英国上层阶级的社会观点。他说，有成就的英国的企业家和科学家在俱乐部见面时不谈本行业务。因此企业家和科学家很少作为平辈而相识，而且从不知道对方的问题的性质，以及彼此如何可以进行合作。反之，在德国，人们期望企业家谈生意，期望科学家谈科学。这便增进彼此了解和相互敬重。

哈柏所评论的英国社会习惯反映出英国闲阶级的理想多么有威望。英国企业家或者科学家通常希望首先被人家看作是一个优哉游哉的绅士，然后再被看作是一个伟大的组织家或者发明家。他利用自己的成功所带来的资财来培养闲阶级的习惯。

虽然第一次世界大战以来英国工业对科学的利用已大有改善，这种阶级观点仍然十分普遍，它不知不觉地对英国科学发展起着深刻影响”（第76—77页）。

规模还比较小，使用手工制造，一般同使用其产品的几个科学家保持密切的联系。但是由于工业界开始进行科研，原来只是科学仪器而现在却变成工业界必需品的各种仪器（例如各种电气测量仪器和电表等）的需求就大大增加。无线电的普及进一步推动了仪器工业。这就意味着原来可以说是极其精巧而复杂的科学仪器现在有了一个巨大的消费市场。结果我们现在就有了一个规模比较大的科学仪器工业，其每年营业额达到六百万镑。这还没有把电器制造公司所生产的数量极为可观的科学仪器和非专业的陶瓷厂所制造的化学器具包括在内。由此可见，这个工业肯定至少有相当于科研收入本身三倍的收入，因此，它已经不再主要依靠科研存在了。

大量生产 在某些方面，这是有益于科学的。由于科学仪器某些部件的需求增多，人们就以大规模生产的方法进行生产，使生产成本大为降低，以致使实验室技术得到真正的改造*。在另一方面，科学仪器行业中过于盛行的某些方针对实验室工作非常不利。科学仪器工厂现在是严格依照商业原则来经营的，因而很容易产生普通商业的弊病。就各厂为工业其他部门制造的仪器来说，标准是高的，虽然价格往往也不低，但是当它们为了供公众消费或者为了供无技术的使用者消费而生产的时候，仪器的很多部件就成为非必需的装饰品，而且价格更贵。最显著的例子是为医生制造的仪器。在这里当然存在着双重的讹诈。制造厂明白：医生不可能断定物品的真正价值，就照成本的四倍或者四倍以上定价，不过他很注意使产品外表堂皇美观，足能使医生的病

112

* 不过大规模生产并不总是有利的，特别当它使生产丧失灵活性的时候。例如虽然人们可以造出好得多的X射线管，可以仅仅由于这样做就要在工厂实行相当大的变革，这种射线管的设计在过去十年中就一直不加改变。

人得到深刻印象，从而使医生相应提高诊费显得合理。例如拍摄一张X光照片的实际费用，包括经常费用和折旧费，很少超过三先令，可是如果一个病人的花费不到两几尼亚^①，那就算幸运了。

高昂的价格 在把比较专业化的仪器直接卖给科学实验室时，就出现了其他的困难。同公众的市场比较起来，这个市场是小的，各厂商不愿为此多花费精力。结果，价格虽然不象卖给容易受骗的公众的仪器那么贵，仍然足以限制销售量并使市场狭窄，这样，就形成了恶性循环。实际上实验室使用的许多仪器都可以大规模生产，并且把价格降低到原来价格的零头，往往降低到十分之一，甚至照样还可能得到同样多的赚头。这一点已经在苏联的新科研仪器工业中做到了(参看边码第227页)，而且也在这里的无线电工业中做到了。老的情况所以能继续下去，主要是由于大家对改变这种情况毫不关心。科学仪器必须是买来的传统已经形成了。没有一所大学有足够远大的目光来投资建立自己的仪器工厂，虽然建立这样的工厂既能向大学各系供应仪器，又能赚不少钱。几乎所有仪器都是由各系用津贴金购买的，而且一般都是照零售价格买的。结果，大学和研究所就这样地向零售商付出了巨额津贴金。要是每一所大学或者每一类研究所都通过一个购买机构以批发价格购进，可以很容易地避免这种情况。也许有人会反对这样做，因为人们也许能以各种方式从中取得不少佣金。但是，从长远看来，这种方针对大学和仪器制造商都会有好处，因为这样就可以购买多得多的仪器。目前的情况是对科学的无计划的发展和科学界鄙视物质的态度的一种惩罚。

仪器制造厂和大学之间通常保持相当密切的联系，可是，厂 113

^① 几尼亚是过去英国的金币，相当于21先令。——译者

商赠送仪器的办法无论如何在英国是罕见的，因此实验室一方就不大愿意去协助制造厂改进产品。结果，特别是在理化和生物仪器方面，实际的设计往往落后好几年。

科研工作缺乏协调

各个研究实验室的效率不高和组织不完善决不是科研工作所遇到的最严重的缺陷。更严重的是不同的科学研究所之间和各地科研工作者个人之间普遍缺乏协调。实际上，科学工作的全面组织和各部分之间的联系一直处于原始水平，因而远远不能适应过去五十年中科学活动的巨大发展的需要。科学界大体上仍然把学会保留下来，作为它的唯一组织形式。这些学会虽然对于科学在十七世纪的初期发展很重要，却完全不足以应付今天的科学发展的问題。学会的主要缺点是：它被认为是业余科学家的一个自愿结合的协会，每个会员对自己的活动享有完全的自由。他们是为了相互启发和安排出版刊物以代替私人通信之类某些共同便利事宜才聚会在一起。这种协会一度的确是大大前进了一步，事实上也可以称之为革命性的步骤，这可以从它们一度引起的高昂狂热情绪和猛烈的反对看出来。* 由富裕悠闲的绅士们自愿组成协会的

* 格兰维尔在他对皇家学会的颂词《更上一层楼》(Plus Ultra)中是这样写的：

“这是一个宏伟的规划，由光辉的创始人牢固地加以制定、聪明地加以表达、恰当地加以推荐。他本着崇高的精神着手工作，并且不可比拟地运用机智和决断来加以指导；不过要把这个宏伟规划执行下去，就必须有许多人才和许多人手。这些人组成集体，彼此可以相互交流试验和观察的结果，可以共同工作，共同研究；这样就可以把分散于巨大的自然界的可以改进的和有启发性的现象，收集起来并且放在一个共同的宝库之中。这正是伟大的人物(弗朗西斯·培根)的希望。他还组织了罗马式的实验者学会，不过他也仅能到此为止。在他的时代中这样做的条件还不成熟。

因此，以后的学者也对这些事情加以考虑。他们之中有一些人联合起来为这个宏伟的规划而努力”

办法不再能满足现代科学的组织需要了。一切国家的科学工作者很少不是大学、政府或企业的雇员。他们表面上的自由在很大的程度上是由于他们对自己工作的最后结果无能为力，或者是由于当局者对他们的工作的最后结果一无所知。正如我们已经知道的那样，现有的科学学会不能为科学工作的组织形式提供足够的基础，更谈不上为科研方面的主动性提供基础了；它们几乎变成了纯粹的出版机构和授予荣典的团体了。

非正规的方法 科学事业现有的一点点组织形式几乎都是非正式的。任何领域的科研工作者一般彼此都有私交，假如他们

一个匿名作者写了下述的一篇文章以示强烈抗议！

《更上一层楼》

应贬低为

《到此为止》

亦即

对格兰维尔先生所著《更上一层楼》的某些批评的一个选样。我们从这篇文章中摘下次述的引语，其内容足以同任何反对科学的现代人士的论点媲美。

“我在那本有名著作中见到了这么多无见识的段落，以致对这本著作加以驳斥，似乎成为一件关系到我们国家的体面的事情。我看到具有极大破坏性的段落，以致我不应当保持沉默，如果任何人只要关心目前的王室、新教和每一个人（不单是手工业者）的收入利益，就有理由执笔写文章的话。我把所写的批评分为若干部分；有些部分把这些有趣的才子描写得的确可笑；其余部分要使他们受到全国的唾弃。我本来认为，在当时没有多少人有耐心阅读冗长的论文；我本来也设想到，如果人们看到各种那类性质的论述为之激动的话，论战就会更加深深地印在他们脑海中，……”

还有一篇文章说明了康帕内拉所设想的那个实验派哲学家协会的雏型，还包含了一个方案，同他所设计的使英国和荷兰沦为天主教国家的方案相似（协会的历史家们已照此进行）；还有几个学者所发表的各种实验的选样——这些实验不是伪造的便是剽窃的，可是却被吹嘘成他们自己的发明；以及可以说明这个团体继续存在下去必然会使所有手工业者都陷入危险境地的实例；为了进一步说明这一点，我将在这里添上一项想要在上届议会中提出并修订成法案的提案。它是由P. N. 爵士交给一位可敬的下院议员，然后再由他转交给我的。这位议员在把提案交给我的时候还说：‘你可以从他们目的何在，即：不是要一次垄断某一个行业，而是要一劳永逸地把应该发明出来的一切东西都加以垄断。’提案中建议：此类已向或将向议会提出的涉及机械、手工业或制造的所谓新发明，可以由他们交给无利害关系的有识之士。此等有识之士应能向他们提出忠实报告说明申请制造的物品的新颖、真实、有用等性质，以及它们是否能产生所说的效应，并如实向议会报告。

- 114 交情好，就可以在彼此之间安排各人打算进行的工作和彼此工作之间的关系。这种制度无疑有其优点。它避免了僵硬的规定和官僚主义的官样文章，不过与此同时它却容易产生十分严重的弊端。它对个人的争权夺利不能加以限制。当然在科学界推动人们假公济私的因素要比在商界和政界为少，但多少还是有一点，因为科学职位的薪金虽然不高，科学家们却几乎象小孩般重视自己的头衔和名气。人们用尽一切阴谋诡计进行激烈的斗争，有的是个人之间的斗争，有的是不同科学部门之间功过是非的斗争。由于科学界现有的经费一向仅能满足极小一部分需要，大家为了争夺现有的一点经费就不断地进行幕后竞争。所有这些交易一般是秘密进行的，因而使竞争更为激烈；一切交易，特别是同富有的施主进行的交道，在可以作为既成事实加以宣布之前，都严加保密。凡是获悉内情的人，都可以用一部分“赃款”来收买。人们为了牺牲其他科学家的利益，从政府部门或者潜在的施主那里获得经费，不知费了几许精力，这些精力如果组织得井井有条的话，就足以形成一种不可抗拒的压力，迫使有关方面拨出充裕的科学经费，使得大家都有钱花。由于缺乏这样的制度，现在除了成功合作的

‘改进自然知识伦敦皇家学会已经形成一个社团；这个学会的由二十一人组成的委员会，根据他们通过宣誓确定的章程，应忠实地处理委托上述委员会处理的一切事务。因而建议，可以把这类事情交给上述委员会处理，再由他们向议会提出报告。’

对这些人有所了解的人，都会明白他们的用心：凡是知道我们各届议会的章程的人都肯定明白，为了使议会知道新发明的真实、有用或者新颖等性质如何，他们用不着在自己同僚之外去寻找各种有识之士；再不然，万一议会在任何时候缺乏此类人才，该委员会就必须提出比他们的历史学家的报告更好的报告，否则也是白白请教他们。基于同一理由，要是他们一旦做到这一点，也就是说，那个鱼龙混杂的团体或者无利害关系的有识之士们竟然自称找出了各手工业的弊病，并力图把有发明天才和有学问的人向大学和其他地方一切负责提升事宜的人士推荐，事情可就糟了。不过我也说得过远了，我只想再添一句话，我的确向伦敦的手工业者传达了这个计划的审议情况和宗旨。他们对此事的趋势和后果比我更清楚。”

例子以外，也有工作重复浪费的现象。这种现象完全是由于大家没有事先商量而造成的。

不同学科互不通气 更为重要的是科学界缺乏强烈而自觉的动力。由于最近各门学科的内在关系变得更加密切，这种现象就变得更糟糕了。目前，非正式的合作方法，虽然在一个学科内部取得相当的成就，在各学科之间几乎就完全失灵了。不同学会会员相互之间见面的机会要比同一学会会员少得多。由于专业化程度大大提高，他们即使见面，谈话的话题也可能完全和科学无关。也许有人希望大学对这种情况加以补救，不过实际上，系与系之间的猜忌往往战胜共同的利害关系。一位物理学教授对地球另一端的一个物理实验室的了解，可能远远超过他对隔壁房子里的化学实验室的了解程度。其结果，人们对各个科学领域相互间的关联的认识就大大落后了。例如，二十五年来，化学家一直不能认识：物理学和结晶学的进步不仅使自己有必要修正本学科的基本结构、而且还有必要彻底改变本学科的基本结构(参看边码第253 115页)。数学家们也没有认识到最近对机体发展的研究向他们所提供了极其肥沃的土壤。

这种现象的后果之一是：科学在最需要科学发展的地带——各门公认的学科之间的中间地带——被卡住了。每一门学科都找到了自己的筹措经费和物色人材的非正式但有效的方法。在学科之外和学科之间，这种财力和人力方面的便利条件只能慢慢地创造；而不具备这些便利条件，即使有了科学发现，也无法乘胜追击。人们通常都认识不到缺乏这种物质资源会对科学发展的进度产生什么影响。仪器和助理人员的确不能产生科学，不过假如没有他们，科学就会象一只饥饿的幼小动物一样发育不良(参看边码第100页)。真正的悲剧是：凡是在一个没有得到公认的领域中进行

研究的才思敏捷的人，在他们还没有经过多年工作取得一定成果，引起足够注意的时候，总是缺乏必要的物质条件；只有在他们取得成就以后，也就是在他们的创造力已经衰退的时候，才让他们有机会发挥自己的才能。的确，具有充分创造才能和充分决心的人即令在最差的物质条件下也能作出优异成绩。法拉第和巴斯德那样的伟大科学家，已经无可争辩地证明了这一点。不过即使如此，往往还是使科学进展推迟好几年，而且每有一个人取得了这样的成就，就有几十个有前途的科学新兵丧失信心，从他们所从事的科研工作中退出来。

各学科之间缺乏联系也有力地耽误了各学科内部的技术发展。明智地和有组织地采用物理学的新技术可以使所有的化学分析和合成过程都大大缩短。在正常的发展进程中，这种改进可能需要十至五十年，可是到那时，这些新技术在物理学中可能已经过时了。这就意味着：现在花在化学研究上的很大一部分时间和金钱完全是浪费——工作人员正在用几星期的时间来从事只需要几天就可以完成的工作。

老人统治 如果有人批评科学工作组织不善，人们总是可以提出一个中肯的意见来反驳：在科研管理部门中担任高级职位的、有确定无疑的科学成就的人们的性格可以保证科学工作的效率。在一切行业中，由年迈的人掌权的得失都是一个值得争论的问题。一方面，我们可以把老年人富有经验和比较无私的优点考虑进去。这种优点保证原来传统能继续下去而且能避免鲁莽的方针和过分的自我宣扬。另一方面，我们也可以把老年人因循守旧、不能抓住机会、和当代世界脱节的缺点考虑进去。不过，科学本身的存在有赖于发现新事物和创造新的结合方式，而且在科学工作中，主动性比经验更重要。因此，在科学领域中，老年人

的缺陷比在别的领域中更显突出。特别是在过去五十年中，基本概念有了这么迅速的发展，以致大部分年龄较大的科学家都无法理解自己的学科，更不用说发展自己的学科了。可是科学事业的原来全部组织形式几乎原封不动，而且重要的经费管理权是操在老一辈的手中的*。的确，在不少情况下，他们是有提拔青年有为的人的眼光，不过恩宠和门户制度总是容易产生流弊**，而且这无论如何和科学的性质不相宜。实际科研工作中的同事要比任何前辈科学家组成的委员会更能判断青年科学工作者的才能，不管这些老人的声望是多么高。还有一个反对老人统治的理由：在现有条件下，一个人往往是牺牲开阔的视野和普通文化知识在科学上取得盛名的。官方科学机构所以在更广阔的问题——科学的社会责任问题——上缺乏理解力和主动性，应该部分地归咎于此。

科学工作必须组织起来吗？ 有人从完全相反的角度反对改组科学事业的组织形式，也正是由于他们看到老一辈科学家们统治的危险性。科学工作目前的无政府状态为逃避特别讨厌的控制提供了许多机会。如果有人反对某一个委员会的方针，就可以由另一个人主持成立另一个委员会去进行同一的工作。有人认为：把科学工作组织起来就会杜绝这些可能性，而且由于有可能把独断统治的原则带到新组织中来或许还会比以往更有效地阻碍

* 例如在英国科学界的最重要机构之一，科学和工业研究部咨询委员会中，成员的平均年龄为64岁，没有一个人小于55岁。

** 在科学史上不乏这类事例。例如，皇家学会委员会在它存在的大部分历史中，对和颜悦色的平庸之辈显得比对有才华的人更有好感；他们对待普里斯特利和焦耳的态度就是很好的例子。伟大的科学家也难免有人类常有的缺点。戴维对法拉第的嫉妒就是一个证明。要是按他们对待青年一辈的态度来对他们进行裁判的话，只有象巴斯德和卢瑟福那样最伟大的人才能不受裁判。

科学事业中非正统派的发展。不过这与其说是反对把科学组织起来，不如说是反对现有组织形式的弊端。任何新的科学事业组织形式，假如既要生气勃勃又要有成效，就必须具有民主原则，因为这个原则能保证各种资历的科学工作者都能充分地参加负责的管理工作。

科学工作需要进一步加以组织的观点自然要受到许多科学家的猛烈反对。主张维持现状的人们用科学家享受的传统自由来为自己的主张辩护。所谓传统的自由就是指，每一个人都可以自行决定需要去发现什么，去判断为了有所发现采用什么方法最好，而且还能够取得研究手段并有从事研究的时间。不过在科学工作的目前状况下，这些条件已经不复存在了。即使存在着这种条件，取得别的科学工作者的合作并且认识到自己正在参加一项相互配合的努力，也一定会有助于任何个人的工作。怎样才能够做到这一点将见于以后各章。

科学出版物

- 117 随着科学的发展，科学所根据的事实和根据这些事实建立法则和理论的方法，都越来越不依靠科学工作者对大自然的直接观察，而是越来越依靠别的科学工作者先前的观察和他们的解释方法。科学仪器本身仿佛就是先前建立的理论的物质化身。因此，极端重要的一件事就是要使科学家在他的工作的每一阶段，都能够迅速地方便地接触到一切有关的最新科学成就。这是随着科学本身的发展而成长的科学出版体系的任务。目前它是一个庞大而紊乱的体系。现在全世界的各种科学期刊不下33,000种，也许实际上还不止于此，因为这个数字是由最后一期《世界科学期刊》一

览表》(1934年版)提供的。除此之外,还有无数的书籍、小册子和论文。这些期刊都满足了,或者想要满足一个特定国家的特定领域对科学情报的需要。某些刊物,诸如各科学院主办的期刊,涉及一切学科并且在全世界发行,其余的则是某些高度专业化的单独的研究所的刊物。要在其本国范围以外获得这类刊物,需要花九牛二虎之力。

科学刊物数量早已变得如此庞大,以致人们都认识到,科学工作者只能阅读涉及某一学科的一小部分论文,而这个学科本身又只是科学的极小的一部分。不过他怎样才能保证自己阅读的论文就是对自己的工作最有用处的论文呢?他怎样才能保证自己并没有在事实上重复别人已经做过的工作呢?为此,近年来出现了篇幅庞大的摘要汇编,把每篇科技论文的内容缩短成几行字。尽管人们力求做到合理化,摘录工作中仍然存在大量的重复和遗漏现象,而且摘要汇编本身篇幅也达到臃肿的程度。例如,每年出版的《美国化学摘要》包括三册,每册为二千页,还要加上多达一千页的索引。这种情况在不断迅速恶化;《生物学摘要》所收集的条目从1927年的14,506条增加到1934年的21,531条。

出版物的湮没 其结果,不愿意把大部分时间用于阅读的普通科学工作者就无法跟上自己的研究领域的进展,而且任何人也无法了解整个科学的进展,哪怕是最笼统地了解一下。与此同时,大量优秀科学著作可能永远湮没无闻,因为它发表的时候 118 没有人加以赏识,以后大家忙于应付新的出版物,就再没有时间去翻阅过去的档案来把它发掘出来。这些困难有一部分是科学的巨大发展所造成的无可避免的结果,不过在更大的程度上是由于科学家们没有对怎样传达自己的研究成果加以考虑。科学出版物的庞大数量本身就足以迷惑人。科学出版物的价值是不相等的,

其中大部分，可能多达四分之三，根本不值得出版，其所以能出版是由于与科研事业的真正利益完全无关的经济考虑。科学工作者的地位过于依赖他所发表的科学论文的数量，而不是依赖其质量。刊出的论文往往是不成熟的，而且是为了抢在别人前面才发表的。这本身就是科学界内部存在不必要的生存斗争的标志。

科学刊物数量是太多了。每一种刊物在开办之时都有一定的 *raison d'être* (具体理由)。人们创办它是为了要从不同于正统观点的新观点来表达某种新学科的成果，可是随着时间的推移，这些差别消失了，但刊物却继续存在下去。为了局部的爱国主义和个人荣誉，科学事业作出巨大牺牲。因此，这些刊物的发行量都很少，而且除了最重要的大学和学会的图书馆之外，并没有什么图书馆收集其中多数刊物，因而，它们大多也达不到自己的目的。

出版费用 大量出版物的费用负担本身是科学研究的一大障碍。除了政府的某些津贴之外，科学刊物出版费用是由科学家自己支付的。极少刊物是盈利的，而其中大多是技术性刊物。大多数是由学会来主持的。因而学会经费枯竭，很少能够花钱去进行科研。期刊和书籍费用和对学会的捐款一般不作为实验室费用来报销，因此科学家的真正薪金收入总要比他名义上的工资少百分之五到百分之十。此外，由于大家都知道在目前条件下，并不是所有有兴趣的人都有可能看到某一作品，于是就产生了由每个科学家把多达二百份的复印本送给自己挑选的对象的做法。为此，他当然要付出额外的、而且往往是相当可观的费用。赠送复印本的做法本身是一个有希望的迹象，象下一章所说的那样，有可能为更好的交流制度指出一条途径，可是在目前，它既无效果又费钱，因为对于任何一篇论文，并不存在供求关系。特别是，被认

为重要的论文的复印本一般经过短短一年之后就无法找到了。

从以上所说的应该可以看出：目前的科学出版制度既浪费时间又浪费金钱，而且是不断使科学家自己烦恼的原因。人们的确正不断作出努力来改进它。一个报道不同科学领域的进展的制度正在逐渐扩大。摘要期刊的数目减少了，而且摘要的分类也改进了，不过这些改进还赶不上新期刊的增加和没有人阅读的论文的积累速度。我们需要对科学交流的整个制度进行一次更加彻底的改组。这方面的某些建议见于下一章中。

个人交流和旅行 科学出版工作的混乱状态并不是科学工作者之间缺乏充分交流的唯一表现。在科学工作中有许多东西即使可以发表在出版物上，也不是很容易做到的。在一切实验科学中，取得数据的技术几乎同数据本身同等重要。与此相仿但更加微妙的是，与普通科学方法有别的某些学科的心理技术，对于科学的进步也极为重要。尽管人们可以制定出最好的出版制度，手工技术和心理技术一般最好是通过直接体验来传授。这至今仍然是正确的。实际上，这便是过去传授这些技术的主要方法。一项新技术或甚至一门新科学主要是通过外国学者到发源地去访问和建立分支学派来传播的。从分支学派可以继续个人传授。不过虽然现在有了这种办法，却还不够普遍。旅行和在国外实验室工作的便利条件是存在的，但十分不足。除了少数幸运儿能出国访问或者和国外交换奖学金之外，出国费用使大家裹足不前。最需要出国的人偏偏最难出国。他们干了三四年研究工作，还不能取得可以使他们有足够的钱到国外去旅行或居住的地位。结果，技术传布得比必需的速度慢得多，而且事实上很少能在淘汰之前传到整个科学界。在参观各实验室时，往往同时看到使用了多年的出乎意料之外的新技术和继续使用了同样长久的过时技术。以过

- 120 时的方法来进行工作往往可能浪费掉多年的精力。不过除非能在科学工作者之间有效地组织起更加迅速更加直接的个人交流办法，这种浪费是不可避免的。

效率不高的组织形式的后果

极难估计我们刚才所谈的组织上的低下效率对科学进步造成多大损害。但是，毫无疑问，它在目前确是阻碍科学进步的主要因素之一。如以数字表示，平均效率不会多于百分之五十，可能少到百分之十。这就是说：照目前情况来看，科学经费和科学家的精力约有百分之五十到九十是浪费掉了。这并不就是说，假如把这些造成低下效率的原因消除掉，科学的进展就会快一至九倍，因为在目前经费和人员补充有限的条件下，科学进展速度一旦大大提高就会同这些限制因素发生矛盾。科学在上一世纪的迅速发展本身就是造成它目前的困难的部分原因。科学家仍然把注意力过分集中在眼前的手头工作上，以至忽略了自己工作的组织形式慢慢变得越来越复杂了，事实上除非这些困难妨碍眼前工作，困难大多被忽视了。

科学成就本身足以使公众看不到、甚至使科学家自己也看不到在取得这些成就时所浪费的精力。科学家孜孜不倦地工作，科学有了进展，应用和发明也接踵而来。这些都是看得见的；人们所看不到的是：进展的速度本来可以比目前快得多，而且要保持这一速度本来用不了那么多的时间和人才。从外界估量科学成就时，有三件事值得记住。第一，由于科学为科学工作者带来固有乐趣，由于科学的与世无争的外表，它的确仍然吸引着每一代人中很大一部分最有才华的人。第二，科学工作是容易的，比任何

门外汉所能设想的容易得多。一旦人们学会了它的语言，除了某些关键性的棘手的地方外，进展几乎是垂手可得的。对于大部分科研工作来说，只需要有起码的灵活手脚、勤奋和诚实就行了。可能的发现的丰硕成果足以抵消妨碍实际工作的低下效率而有余。总的来说，科学是阿拉丁的洞穴^①。要什么，就有什么。第三，人们很自然地要把今天科学工作的效率同其他人类活动的效率加以比较。比较之下，科学工作的成绩并不太差，因为就总的方向来说，大体上，科学界没有经济生活和政治生活中常有的更大弊病。这些更大的弊病就是投机、有意识的限制、欺诈和贪污等——既得利益在一个腐朽制度下所造成的极其有害的影响的全部标志。在另一方面，科学工作的低下效率只不过集中地具体地反映了现行经济制度的低下效率而已，科学就是在这个经济制度下才发展到目前的状态的。不过，在商业界和实业界，存在着要求实行有效管理的直接经济原因。管理企业的有效方法，即便要求在机器和人员方面多花些钱，还是合算的，因为在其他费用上节省下来的钱更多。虽然科学在一个工业文明社会中是利润的最终来源，它本身却并不创造利润。从商业观点来看，搞科学是不合算的；因此，让学识渊博的科学家的岁月浪费在琐碎或不必要的工作上面并不显得是一种损失，而防止这种浪费的开支反而成了浪费。科学的进步或者它对人类可能作出的贡献，对商业界来说是事不关己的。鉴于科学在社会上和经济上得不到重视，值得惊奇的也许并不是科研工作效率低下，而倒是它搞得如此有成效而出色。

① 阿拉丁是阿拉伯古典文学作品《一千零一夜》中的人物。他发现了一个洞穴，其中有数不尽的珍宝。——译者

* 原书122—125为注释，中译本已改排为脚注，页码从略。——编者

科学处于危机中 人们也许要问，在一个糟糕的世界中，科学的遭遇也同大多数事物一样，那么为什么我们希望对它另眼看待呢？其理由是：科学是人类社会的独一无二的产物。它要求，而且理所当然地要求特殊的照顾。不但人们征服贫穷和疾病有赖于科学的不断进展，而且一切深刻变革人类社会的手段也都依赖科学的不断进展。科学毕竟还是一个脆弱的过程；我们不知道它究竟能够经受得起多少限制和低下效率。我们已经在历史上不止一次地看到科学的昌盛和衰亡。这种情况还可能再发生。不论科学事业或者社会都决不能够冒这种风险。

第六章 科学的应用

126

要叙述科学的应用及决定这种应用的性质和范围的因素肯定是特别困难的。事实上，人们都认为把科学加以应用是理所当然的事，以致人们从来没有认真地去考察科学是怎样被应用的。大多数科学家和门外汉都满足于官方的一个神话：纯自然科学家们工作成果中对人类有用的那一部分，马上就被有进取心的发明家和实业家所采用，并以最廉价和最便利的方式交给公众使用。任何人只要认真了解一下科学和工业过去或现在的状况，都会知道：这个神话的全部内容都是虚假的，不过究竟真实情况如何，却是比较不容易查明的。

科学和技术之间的交互作用 科学发展与具体技术发展之间总是存在着密切的交互作用。它们相依为命，互不可缺，因为要是科学不发展，技术就会老化，变成传统的工艺，要是没有技术的刺激作用，科学就会再度变成单纯卖弄学问了。不过，这并不等于说，这种结合是自觉的或有效的；事实上，过去把科学应用到实际生活中去总是遇到极大的困难，即使在现在，当它的价值逐渐开始被人认识的时候，人们还是以极其偶然和无效的方式进行这项工作。斯坦普勋爵决不是目前情况的严厉批评家。他把这个过程刻画如下：

“所有这些发现、这些足月诞生出来并且被遗弃在社会门阶上的科学婴儿都被收留进来，并且以不同方式受到抚养，但是这样做既不是根据任何已知的原则，也不是根据任何祖传

指南。经济学家通常也不承认自己有责任研究这个方面，不承认有责任指出用什么样的一系列标准可以检验它们对社会的价值，可以检验采用新发明的方法，可以检验采用新发明的最宜速度的调节情况。这些发明通常仅仅是在利润和消费者的需求的推动下，在自由竞争的条件下‘偶然问世’的，丝毫也不顾及新需求同旧需求相比有多大价值，也不顾及生产变动情况和就业变动情况以及其社会后果。在这些发明问世以后，经济学家理所当然地要加以研究，不过经济学家并没有武断地说明，由于这些发明可能引起社会动乱或者非经济性价值标准的贬低，是不是应当根本不让它们完全以那种方式问世。”——《社会调整的科学》第13页。

127 科学同技术活动和经济活动发展的关系既复杂又多变。科学是人类有理性的、明确的和积累起来的经验，因此要比传统性的、含蓄的、但也是积累起来的工匠技艺产生得晚一些。情况不可能不是这样：人类的理解必须从简单发展到复杂。人类必须先满足自己的基本需要才能开始理解，可是人的基本需要却处于最复杂的水平上。人类最初的实际技术进步是属于生物化学领域的食物烹调，和属于动物心理学领域的狩猎，最后还有对禽兽的驯养。当时，要从科学上理解人类自己的所作所为是根本不可能的。实际上，甚至到今天，原始的巫术在这个领域的很大一部分区域中，仍然和科学一样，可以对各种现象提供立即有用的解释。

另一方面，可以从理性上加以理解的东西必须是简单的，但是除非它也是有用的，否则就不值得去理解。因而只有在文明的城市生活的较晚阶段，数学、力学和天文学等最简单的学科才开始出现，而当时人类生活的主要技术却已经确立起来了。烹调、畜牧、农业、陶瓷、纺织和金属工艺已经处于和十八世纪初期一

样的发展阶段了。在新的西方文明社会中，在大规模的机械技术不论平时和战时在经济上都变得很重要以前，同它在巫术上的使用价值相比，科学并没有显得有实用上的使用价值，除了航海和炮术这两种仅仅牵涉力学和光学的技术之外，到十八世纪末叶为止，工业向科学提供的知识，远比科学向工业提供的为多。*十八

* 在十七世纪人们对此视为当然，以致那时的科学家断言，以后科学可以为工业所利用。波义耳就写了一篇题为《自然科学家对各行业的探索可以增加人类财富》的论文。我们从其中摘录了如下的一段话，

“……最后，我愿意向大家说，我希望，象你们所深信的那样，实验哲学对各行业进行研究，不但可以使它本身进步，而且也能使各业进步；所以实验哲学对各行业所能起的良好作用，决不是自然科学家利用实验哲学来扩大人类主宰的领域的一个最不足道的方式。因为各种行业的正确管理显然事关公众利益，这一点表现在现在仍然有效的英国许多有关制革、制砖和各种其他机械行业的成文法规中。在这些成文法规中，法律制订者不惜作出十分具体的规定和指示。”

“如果我有时间的话，我还可以再指出某些理由，说明我为什么仍然希望，到时候，在自然科学家的帮助下，农夫可以在本职之外兼有治疗学家的身份，不仅用治疗方法提高土地的家畜产量和蔬菜产量；而且还能治疗土壤本身的疾病（就治疗这个术语的广义而言）。因为假如哲学家的智慧发现了各种土壤的一般瘦瘠原因，以及土壤不利于某些动植物生长的原因，就没有理由说为什么不能通过科学原理的合理应用和适当治疗方法把许多这类缺陷消除掉；这同消除我们所看到的许多其他无生命物体——紧密坚固的金属也不例外——的缺陷的情况是一样的。

“自然科学家可以依靠各行业来增加人类的力量和财富，不仅可以改进已经发现的行业，而且还可以引进新的行业，其中，一部分是完全新发明的，一部分是当地所不知道而由科学家介绍进来的。因为如果以为自然的富源和人类的勤奋都枯竭了，那会给自然和人类都带来不利后果。要是科学家孜孜不息地进行发掘的话，就能够依靠自然的富源和人类的勤奋为工匠提供新的职业。在这里，我认为，在不少情况下，一门行业所以不同于实验，不在于事情的性质，而在于它有幸能受到人类的利用，或者变成一批工匠谋取利润的业务；对于实验本身说来，这是外在的、偶然发生的事。举一个例来说，把硝石、硫磺和焦炭加在一起制成的火药，当它还没有走出僧侣（据说火药是他们发明的）的实验室的时候，只不过是一种实验，可是等到人们注意到它有一个伟大（而不幸的）用途，因而工匠们决定把它作为自己的行业，并加以改进和利用的时候，这个实验就产生了许多行业；例如，火药制造、大炮铸工、（大炮和臼炮的）炮手，枪炮匠；这包括好几种工匠，例如毛瑟枪、小手枪、一般枪管、螺旋枪管的制造者，以及不再在这里一一列举的其他各种行业。

磁针朝向两极的性能的发现，促成了制造所谓航海罗盘的手艺的诞生。在伦敦这门手艺发展成一个特殊而独立的行业。为此还可以举出其他不同的事例；特别是当机械工具和装置同大自然作用的发现配合起来的时候。所以往往有极少数的数学思想或者物理学观察在仪器发明的推动下，和手工艺者的手艺结合在一起发展为我们看到的行业。如某些光的折射理论被机械匠掌握后，世上就有了制造眼镜和制造优良器械望远镜及显微镜的行业”。

世纪末叶是一个转折点。不久以后，化学的发展就开始影响染匠和冶金工匠的比较老的传统生产方法。化学是其次最容易理解的自然机制。只是到本世纪才有力地再迈出了关键性的一步，开始通过生物化学和遗传学来理解有生命的机体，并且开始影响厨师和农民的更为古老的传统方法。

科学对工业的渗透 这段简单的历史描述可能足以表明科学与技术之间的关系的总趋势，不过要对此有更为深刻的理解，就需要对当代科学研究和技术之间交互作用的机制进行分析。这个过程必然受生产的社会条件、特别是经济条件的支配。目前除了苏联以外，到处都是为了私人利润进行生产，科学是不是能得到利用主要取决于科学对利润的贡献。总的来说，科学是在有利可图的情况下，而且只有在这种情况下，才能得到应用。

把科学应用于工业是一个渐进的过程，虽然这是通过一些几乎无法区分的阶段来进行的。科学可以说是按照科学活动的繁简程度逐渐渗透到工业中去的。旧式的传统工业，只要是一家一户小规模经营的，没有科学也可以搞得很好，不过即使在这里，也可以采用家用量尺或炉温表等测量仪器，而在某种程度上用到科学。可是只有当人们由于经济发展的结果尝试在大得多的规模上进行同样的生产过程的时候，科学才显得是必不可少的。例如在早年，烘烤和酿造是利用传统方法进行生产的单纯家庭工业，其经营成败部分地取决于经过考验的传统方法的功效、部分地取决于各个主妇个人的技巧。但是在较大规模上应用时，传统方法就没有多大用处了，个人就不可能象以前那样熟练地控制生产过程了。于是科学就以它的最基本的形态——测量和标准化——参加进来。旧的生产方法没有改变，可是却采用了各种仪器——温度计、流速计、量糖计——以保证新生产过程在必要的范围内尽量

遵照旧的生产过程的路子进行。

由于改变生产规模有困难，或者由于人们希望使用比较便宜的原料或缩短加工时间来节省金钱，改变生产方法就显得有利可图。这时就出现了下一阶段。人们可以根据各人的口味把这种改变称之为改良，也可以称之为偷工减料，不过不管是改良还是偷工减料都提出了传统方法本身无法满足的要求。有必要进行某种实验工作。凭经验进行大规模试验可能要花很多钱，甚至有可能使人倾家荡产。但是小规模试验却基本上是实验室式的实验。事实上，科学实验的整个观念都来源于试验。正如阿格里科拉指出的那样，这种试验不过是小规模进行的冶炼过程而已。要改进一个生产方法，就有必要在某种程度上从科学角度来理解它。这就是冶金工业在上世纪进入的阶段，而且它现在才刚刚脱离这个阶段。这也是老的生物化学工业现在才开始进入的阶段。这个阶段的存在就说明存在着一个相当复杂的工业实验室网和一个完整的经验科学体系。

在改进了工业生产过程以后，下一步显然就是要对这种过程完全加以控制，不过只有当充分了解了生产过程的性质的时候才能做到这一点。这又意味着要有一个真正胜任的科学理论，十九世纪的伟大进步之一就是为化学提供了这样一个理论，使化学工业能够不再象冶金工业过去和现在那样，依靠尝试性的和浪费很大的实验向前发展，而是遵照明确的推理方法向前发展。推理过程实际上决不是那么简单的。理论往往证明不能胜任，实践有时会跑在前面，需要理论迎头赶上它。科学和技术就是这样地相互促进。例如，虽然蒸汽机的发明主要渊源于早在十七世纪就已经确立的液体可以蒸发膨胀的理论，但是蒸汽机的实际运转却带来那个理论没有想象到的结果，尤其说明了先前的一些关于热的性质

的科学观念是很不够的。一旦克服了这个缺陷，就使蒸汽机得到进一步的改进并促使人们发明了别的热力机。

但是只有当人们对生产过程的基本性质有了十分广泛的知识，以致有可能发明前所未有的崭新生产过程、亦即利用传统方法所无法设想的生产过程的时候（例如，新染料和特种药品的化学合成就是这样），工业和科学才能够最彻底地结合起来。当人们从纯科学角度发现的一个效应可以应用于某种工业用途——如电报或电灯——的时候，就会更直接地产生同样结果。在这种情况下，我们就有了一个彻底科学化的工业，一个完全靠了科学创始和发展的工业。用于电力生产和供应的电器器材工业和用于改善通讯的电器器材工业是当代这方面的最主要的例子。

把科学应用于工业的这几种不同的程度当然并不是固定不变的。随着科学和工业一起进步，工业中的科学成分的比重会逐渐增加而工业中的传统成分的比重会逐渐减少。不过不同工业的发展速度必然是十分不均衡的。这不仅取决于对有关的生产方法进行科学描述的内在困难，例如在烹调和家畜驯养方面，而且主要取决于这些传统工业的相对落后的经济状况。在这个问题上，主要考虑仍然是经济性质的考虑。直到现在，把生产——因而也就是科学研究——集中于重工业和可以在工厂中大量制造的商品的生产上仍然是比较方便的。生产者节约经营费用的需要支配了消费者的需要。假如把花在研究和改进机器制造上的时间和金钱用来研究和改进生活资料的生产、特别是食品和医药卫生用品的生产，我们就早已取得极大的进展了，不仅会过着更富裕的生活，而且会对生物学的问题有了深刻得多的认识。

科学应用过程中的时间差距 在科学原理第一次发现和第一次加以实际利用之间过去有，至今仍然有巨大的时间间距。这

是科学的实际应用过程的最值得注意的特点之一。在科学发展的初期阶段，这种差距可以看做是不可避免的。因此，对于第一次发现真空现象和把它应用于大气蒸汽机之间几乎一百年的时间差距，我们就没有必要感到惊讶了。可是即在人们已经充分认识到科学的功用的时候，这种差距仍然继续存在。法拉第在1831年就发现了电磁感应的原理，而且制成了第一部发电机，利用机械力来产生电流。但是直到五十年后，第一部商用发电机才开始运转，而且直到1881年，爱迪生才建成了第一所公用供电站。这种情况至今依然存在。例如，冯·劳厄在1912年第一次揭示的以X射线分析物质的可能性，大体上还没有应用于工业。要了解造成这个差距的原因是一个包括科学、技术和经济因素在内的十分困难的问题。在不同情况下，解释也会大不相同，因为这种差距并不是一律的。有时，甚至在很久以前，一种发现或发明几乎马上就得到采用而且迅速得到推广，火药和印刷术便是这样。*

造成这种差距的科学上和技术上的原因可以迅速地消除掉。

* S. C. 吉尔菲兰在一篇讨论“发明的预测”的极其有趣的文章中，对一件东西从发明到应用的平均时间间距作了估计。这篇文章见于美国政府关于《技术发展趋势》的报告中：

“就拿1888—1913年之间采用的被公认为最有用的19项发明来说，平均差距为：从初次仅仅想到这项发明经过176年才制出第一个能工作的模型或取得专利，再经过24年才能第一次实际加以应用；再经14年才能够成功地投入商用；再经12年才用于重要用途，亦即：从首次对发明认真进行研究到普遍使用一共要花五十年时间。在《最近社会趋势》中，对1930年以前最后一代的最重要发明所作的研究说明，从相当于上述第二个日期的‘设想日期’到成功地用于商业的日期，平均时间间隔为33年。我们在找寻例外情况时，几乎无法找到这样的例子：即从人们开始对一件发明或者某种完全相同的代用品进行研究以来，它在不到10年的时间里就变得很重要了，在20年的时间中就变得很重要的也寥寥无几。这就为我们目前这项研究提供了一条很好的预测规律——仅仅对已经诞生的发明进行预测就行了。这些发明具体实现的可能性已经得到证明，不过这些发明通常还没有变成实用的东西，人们一般也没有认识到它们在将来重要性”（第19页）。

我们甚至可以消除第一个原因，办法也就是把人们不仅观察到新现象，而且把它作为当代科学知识的一部分加以接受的那一时刻算作发现新现象的最早时刻。例如，我们一般都不认为 X 射线和无线电是在人们首次注意到了这些现象的十八世纪发现的，而认为它们是在一个世纪以后它们已经在科学界取得确定地位的时候发现的。技术上的困难则更为严重。把实验室的发现加以实际应用需要扩大规模和耗费更大力气，而且只有当人们能够找到改变规模所需要的不同性质的材料时，才能有效地进行这种转变。因此，实际工作原理比真空蒸汽机更为简单的高压蒸汽机不得不等了一百年才制造出来，因为可用的金属经受不起必要的压力。可

131 是技术因素并不经常是一个限制因素。在很大程度上，技术性困难可以通过耗费金钱和时间、或者更准确地说单单通过耗费金钱来加以克服，因为时间也就是金钱。我们正是在经济因素中才能找到迟迟不采用科学成果的原因以及造成科学的实际应用的一般性质的原因。

伯恩哈特·J. 斯特恩把这方面的情况归纳如下：

“各种文化因素中最有力的显然是经济因素：为了对敌对阶级、对同一行业中的竞争者、对有关领域里争夺同一市场的手们维持经济优势和霸权而作出的努力；引进新方法或新产品的费用（新方法或新产品的早期形态往往是粗糙的和没有标准化的，但仍然是用来解决手头具体问题的革新项目之一）；由于有了新发明而变得过时的机器和产品的贬值所带来的损失；大规模法人企业的臃肿机构和僵硬作风（不敢限制生产以免扰乱有利可图的市场）；小规模企业进行必要基本投资的种种困难；资本主义危机的灾难性影响；在利润制度范围内，劳动者为了防止自己由于技术发展而失业、由于丧失技

能、由于劳动强度加强和工资降低而成为牺牲品所作出的努力。还有一些政治因素，其本身就有自己的作用规律，可以用来妨碍技术改革，例如民族主义的限制作用；有毛病的专利法以及支持压制技术革新的法院判例；颁发“永久性”特许状的制度，垄断工业集团为了本身的利益控制立法，反对危及他们的权益的有益革新的力量。”——《技术发展趋势和国家政策》，第59—60页。*

科学的有利可图性

必须记住，自觉地把科学直接应用于造福人类的思想是一个比较新的现象，即使到现在，除了苏联和少数慈善组织之外，也没有人尝试这样做。相反地过去和现在都一贯地把科学当作追求利润的工农业生产中一个可变因素而加以利用。人们是依照科学对提高产品价值和降低成本的贡献而看待科学并付给它报酬的。我们已经提及的基本困难是：科学研究带来的新发明的有利可图性，一般说来是可疑的而且迟迟不能实现。在刚有了科学发现的时候，人们还不可能看出，或者说具有商业头脑的人还不可能看出，它是不是有利可图。要加以采用就有一定的危险性，新发现在表面上和实际商用生产方法距离越大，危险性就越大，在商业基础上发展新发明的有利可图性就越小。当然，这个危险具有双重的性质：第一，新发现的或者新发明的方法可能行不通，第二，即使行得通，尽管有专利条例（参看边码第144页），它也可能很容易被

132

* 为了深入研究技术进展所受的经济限制，可参看斯特恩在《科学和社会》(Science and Society)一书中的文章(美国版)第二卷，第3页。

别人剽窃，那样，利润就会落入投资于新生产方法的人以外的他人之手。

筹措科研经费的困难 由于这个缘故，就出现了一个矛盾的局面：把科研成果加以应用虽然能比任何其他形式的投资取得更多的利润，但在筹措科研经费时却总是困难重重，有时则是完全不可能的。由于我们说过有组织的科研工作所带来的利润有时高达每年百分之八百（参看边码第64页及附录V），要是我们不记得这种利润在商业中毫无用处的话，这种矛盾局面就变得绝对难以置信了。即使如此，为了这样的好处，这个险还是值得冒一冒的，但却没有谁理会这一点。实际上，一项新发明的采用很可能变成一种投机性质的长期投资，资本市场根本不是为了替这种投资筹措资金而设立的。事实上，资本市场不但无助于技术进步，反而越来越倾向于变成一个阻碍技术进步的因素。我从 H. O. 迪金森先生得到的下面一份分析资料说明了其原因：

“投资组织（银行股票发行公司、证券交易所等）总是抱着一种纯商业观点，习惯于一套陈规陋习。它并不能十分有效地为同商业有所不同的工业的种种需要服务：这可以从人们不断的怨言中看出。有人说，并不存在为长期和中期工业发展——在工业说来，就是指应用已知的生产方法——（参看麦克米伦报告书）——提供资金的有效机构；有人说：其结果，厂商如果规模和范围不够大、或者产品品种不够多，以致无法从利润中提成来扩大本身生产的话，就无法找到必要的资金。这 *a fortior*（更加深刻地）适用于科研工作。资本市场同航海贸易和汇票的历史联系仍然限制着它的作用。证券交易所是为了便利人们买卖现有的投资而成立的，这附带地也有助于新企业的创办，不过它并不怎么直接参与进行新

的投资。银行、保险公司、金融公司、投资信托公司、推销辛迪加、局外经纪人和股票推销人等等组成了资本市场。……这些人对于筹措资金来促进新的科学原理的应用研究，根本没有多大兴趣。他们不懂技术，对任何这样的建议是否可行，无法作出判断，必须依靠出钱雇来的专家。因此不能期望他们经常在这个领域发起新的研究项目”*

还有两个因素妨碍人们欣然地向非大企业主办的科学应用研究项目提供经费。第一，和通常的金融交易比较起来，这种项目 133 所需要的金额少得可笑。至多不过十万镑，而不是几百万镑；因此，这是一种不大常见的类型的投资，不值得一顾。很少有什么企业愿意费神加以考虑。第二，只有在商业循环中很短的一段时间内，把钱投入科学研究之类很成问题的长期投资项目上，才是值得的。在繁荣条件下，通过投机可以弄到多得多的钱，在萧条之时，无人会冒投资的风险。结果，新的科学原理应用研究项目就越来越操在现有的企业，特别是巨大的垄断企业之手，只有它们才有力量解决比较重要的线路的问题(参看边码第138页注)。

针对人们不愿意投资发展科学原理的应用研究项目，我们必须指出这种投资的吸引力。我们已经在论及科学发现本身的时候指出，科学在任何领域中的进步都是在那个领域中所花费的金钱的数量的某种函数。它当然并不是和这笔钱成正比，不过要是不花钱，根本就不会有进展。同样的道理也适用于科学原理的应用研究，只不过在这里所需要的钱要多得多，因为试验是大规模进

* “通用汽车公司副总经理兼研究部主任查尔斯·F·凯特林 1927 年在谈到这个问题时也同样地说过：

‘由于科研在工业中引起迅速变革，银行家们认为科研具有极大的危险性，使银行业变成危险的事业。’”

行的，而且需要更大的资本开支和日常开支，而且还存在着已经指出的一些需要克服的技术困难。要在这些条件下把科学原理加以应用，一旦成功时所取得的节约一定是极其巨大的，足以抵消蚀本的风险。当应用研究的目的在于满足已经很紧急的经济需要的时候，多半是会成功的，当应用研究的目的在于防止造成损失的某一已知的原因时，就更加是这样了。

取得实际成功的条件 把工艺史研究一下就可以看出：科学原理通常是在马上可以获利的领域里首先得到应用。而这个领域却往往可能不是这种科学原理最能发挥作用的地方。例如，机器纺织方法首先是应用于织造缎带，很久以后才应用于织布，而蒸汽动力则先后应用于花园喷水池、矿井抽水、最后才用来推动机器。

马上获利的要求从一开始就妨碍了科学的应用，而在这时，发展速度很有可能达到最大的限度。例如，在已经提到的电力的例子中，在头十年中实际上没有取得什么成就，因为电流当时还没有什么马上有利可图的用途，到了四十年代，用于电镀的直流电机有了一些发展，直到七十年代才开始有了真正重要的发展，
134 这时弧光灯被采用了，先是用于灯塔，以后又用于街道照明。不过直到供家庭使用的钨丝灯照明方法出现后，人们才采用中央电力站。因为这种照明方法第一次说明了源源不断供应的电流有多种用途。的确，当时一直有不少技术上的困难需要加以克服，不过说一句公道话，要是 1880 至 1890 年之间用于发展电力的力量和金钱能够提供得早一点的话，本来可以节省下这种发展所需要的一半至三分之二的时间，而且工业的技术发展也会相应加速。

规模问题 有关科学发现的应用的所有这些盲目的经济发

展，有着一个内在的困难。只有大规模加以应用才能充分得到应用的好处。另一方面，大规模生产的技术困难远比小规模生产的困难大得多，实际上也可能是不可克服的，除非进行大量的中间规模的研究。而这事本身一般是费钱的而且很少是 有利可图的。所以我们就遇到了一个明显的矛盾现象：动力来源 要做到经济，规模就一定要大；但人的肌肉却能够最经济地提供小小的动力来源而且至今仍然这样。要做到规模大，就需要有极难制造和极难有效运转的巨大转动部件。第一部蒸汽机的气缸直径要比实际上具有一千倍功率的现代飞机引擎的气缸大十倍以上。所以制造质量很差，效率极低，半英寸的内径误差是常见的事。在这种情况下，蒸汽机必须有极大的经济好处才能被人采用。因此，在人们发现了某种有利可图的中间阶段的用途之前，应用的头一阶段就迟迟不能来临。电镀工业为电力的应用提供了这种 中间阶段用途；老爷们的花园的浇水工作则为蒸汽机 的应用提供了这种用途；这二者基本上都是大材小用。

发明的浪费和挫折 科学原理的应用的内在经济困难的另一个方面是：在开头，应用的效率总是很低的，需要人们在使用中加以改进。不过在另一方面，对它的要求在开头也最低，并且随着应用方法的成功而增加。结果是，一项新的科学原理会在不巧的当儿受到阻碍，并且会发展得极其缓慢，然后到了有利可图的临界时刻，人们才突然被迫竭尽全力加以发展。*从社会的观点

* 人们很明白这个情况，但却很少或者根本没有设法加以补救。詹姆斯·亨德森爵士1936年在英国促进科学协会发言时作了如下评论：

“一般人认为工业界总是亟欲寻找新发明，不过他们感到兴趣的主要是那种能够减少他们经营成本并且一般来说会使失业增加的发明。这几乎是大战以后需要的唯一一类发明。工业本质上是商业性企业。它的领导人是生意人，热衷于自己的股息收入，也热衷于保存资本，除非能够增加产量。

来看，这都是难以置信的浪费。具有独创性的研究成果大部分都是在发展的初期或创始阶段取得的，这种研究由于缺乏经费而奄奄一息，创造者本来可以节省出一些时间，从事其他应用研究和发明，但由于应付仪器设备不足和经费困难把这些时间都浪费掉了。除了最坚决和最狂热的人之外，任何人了解到这种情况都会裹足不前。几乎一切有才能的科学家都一度或多次想要把自己的研究成果加以实际应用，但都不愿意放弃自己的科学工作而去进行他们的尝试所必然要带来的无把握的斗争。一旦应用取得成功，急急忙忙从事改进工作进度也是一种浪费，因为事前缺乏准备，不能找到足够数目的有相当训练和智慧的人才，因而，从所耗费的金钱来看，所取得的成绩就要比有条不紊地进行工作时小得多。

建设性和补救性的应用 应用的性质自然要在很大程度上决定它在工业中是否很容易很迅速地得到利用。我们可以把对科学的积极性或建设性应用和对科学的消极性或补救性应用区别开来。在第一种情况中，科学指出怎样去创造飞机或电影院之类的新事物。在第二种情况中，人们要求科学消除金属腐蚀或蝗灾之类的已知的不利情况。在前一情况中，科学向人类赠送礼物。在这里，经济问题在于怎样发现有力的需求，以便帮助新发明渡过最初的几个阶段。社会最需要的正是把科学原理加以积极性应用，

一项发明发展到商用阶段以后，就不难找到利用它的资金。要为一件发明在商业上的利用找25,000镑以上的资金比为一项发明找5,000镑研究经费容易得多。可是一项发明研究成功后的利润是很大的，单是出售国外专利权就能使赞助人得到许多倍的收益。

在战前有一些富人以发明赞助人的身份出现，不过战后可能由于重税或其他原因，这种人不多了。现在产生了新一代资本家，还没有注意到这种有厚利的投资，要不然就是因为他们缺乏看出这种投资的前景的必要经济目光。

可是，在现行经济制度下，也最难实现这种应用。

当人们在工农业中需要把科学原理加以补救性应用——而不是建议性应用——的时候，情况就不是那么糟了。在生产中遇到了某种困难，或者需要消除造成浪费的一定原因。人们既然认识到需要进行研究，又有了进行科研的手段，就往往能够应用已经知道的科学原理把问题加以解决；事实上，过去科学家便是这样地赢得了而且现在还继续这样地赢得工业界对科学的赏识。戴维灯的发明便是一个典型的例子。当时，人们明确地提出需要一种放在碳化氢中不会引起爆炸的灯。戴维应用了简单的科学原理就很容易地找到解决办法。在这以前，熟悉矿下情况的斯蒂芬逊早已通过经验发现了那个解决办法。可是发明安全灯的结果却与原来预料到的情况颇不相同。据克劳瑟说：

“安全灯使得煤矿工业迅速得到发展。它并没有减少矿工死亡人数，因为它使人们有可能在更深更大的矿井中工作，因而大大地增加了易罹危险的工人人数。戴维拒绝为自己的发明申请专利，因为他的‘唯一目的是为人道事业服务’。他的发明的主要作用是使老板们更加富裕，并使得更多的人到矿里工作，而且使他们处于种种危险之中，碳化氢不过是其中一种危险而已。所以戴维灯作为一种经济学上的手段的重要性要比它作为安全手段的重要性为大。”——《十九世纪的科学家》第62—63页。 136

不过在许多重要的例子中，事情并不是那么容易。在这里，由于人们坚持要求立即取得实用效果反而达不到目的。解决具体问题所需要的知识可能不是现成的知识、而且还可能是带有根本性质的知识。研究这种知识，不论从科学观点来看是多么有价值，在出钱的人看来却似乎离开眼前研究课题过远了。就这样，工业

科学研究支出中的巨大金额或其大部分，由于同科研的实用方面有过于密切的联系，在不能取得预期成果的意义上来说，在眼前是浪费掉了。从长远看来，这种做法所造成的浪费更大，因为这样做就不能推动科学的全面发展，而根本性质的研究，如果进行得当的话，则能推动科学的全面发展。例如，我们发现人们花了大量金钱来进行详尽的冶金研究，但在金属状态的本质的科学研究方面，却仅仅花了比较微不足道的钱。要是对于后一种研究有力地加以发展的话，不仅会在第一种研究上节省大量时间和金钱，而且会加速合理使用金属的整个过程*。

很多科学原理的应用，如果从技术观点来看，属于建设性应用的范畴，如果从经济观点来看，又属于补救性应用的范畴。属于这一类是某些起着经济功能的制造方法、材料和机器，在技术上极为新颖，但从其出现那一时刻开始，就起着节约费用的功能。蒸汽机本身，在初期阶段取代马匹的时候，就是一个典型例子。水银弧整流器则是另一个例子。这类应用所遇到的主要障碍是：在一个无政府状态的生产制度下，我们难以把科学上的可能性和技术上的需要结合起来。眼前工业进展的最大的可能性也许就蕴存在这里。怎样才能解放出这些可能性，将在以后的一章中讨论。

工业竞争和科学研究

一些别的因素和上文提到的各种因素合在一起，妨碍着科学发明成果的顺利应用。我国工业在上一世纪中绝大部分——至今

* W.L.布拉格1938年3月及4月在皇家科学普及协会所作题为《工业的某些科学问题》的讲演。

还有很大一部分——是由许许多多规模很小、几乎完全独立的单位来经营的，我国的农业更是如此。为了使科学研究具有应用价值，总得花上一定的最低限度的时间和金钱。我们可以大体上以一个科研人员加上设备和助手在五年左右所花的费用，再加上一定规模的实验车间及其流动资本，作为这个最低限度的数字。总的费用不会少于4,000镑。假如研究成功，花了这4,000镑所取得的节约数字每年可能达到40,000镑之多。可是研究可能不成功，或者还需要再花同样数额的钱再经五年才能获得成功。假如经费无着落，原来花的钱就可能完全损失掉。如果不成功，也无法领取保险金，只能靠扩大已做的研究工作数量，因而也就是靠增加费用来弥补原来的失败所带来的损失。而这样做可能是超出小厂财力范围之外的。当然，根据古典经济理论，风险是由不同的企业家个人承担的，其中的幸运者则受到适当的奖赏，可是实际上，研究不成功的风险足以阻止大多数力量单薄的商号去进行任何研究工作。企业循环的波动使这种情况更加恶化了。我们说过，科学研究是一种长期的冒险(边码第61页)。小厂商无法在萧条的低潮时期把科研继续进行到底。放弃科研工作毕竟是最容易不过的。另一方面，在繁荣时期，小厂商却忙于趁热打铁，没有精力去顾及科研。

另一个考虑是，即使科研完满地取得成功，使成本显著降低，假如对研究成果加以保密的话，假如进行类似的研究取得成功因而降低产品价格的其他厂商为数不多的话，这种成本的降低也只能表现为进行科研的厂商的利润有所增加。即使申请了专利，且不说存在诉讼的危险，专利权收入在投资人看来，同原来的支出相比，也可能是不划算的。所有这一切都使企业不敢进行科研，如果它们进行的话，也是着重于秘密的，因而也就是无效率的研究。在农业中情况就更糟了。因为在农业中，要使科研具有价值，

就必须在极大的和极费钱的规模上进行研究，失败的风险也就大得多了。所以实际上没有哪一个农场主进行过科研工作，只有最富有的土地所有者偶尔为之。政府就是为了补救小规模企业的这些138些必不可免的缺点才设立研究协会和农业研究站的。但是象我们指出的那样，这两个组织的范围仅仅涉及半数左右的工业，即那些已经很为进步的工业，因而它们只能对少数厂商有所帮助。鉴于科学可以对工业提供的巨大好处，很明显，在目前条件下，竞争性的工业制度是一个最有力地妨碍技术进步的制度。*

垄断与科研

不过目前控制主要科学应用研究的，并不是竞争性的企业而是垄断性的企业。在垄断条件下，不论是单一企业，还是订有固定价格合同和分享生产方法合同的数目众多的企业，都有可能在科研上花费大量金钱。事实上，此刻在英国，除了政府进行的科研工作外，或许有五分之四的工业科研是由为数不超出十家的大公司进行的。在德国，这个情况有了更进一步的发展，象 I. G. 法本那样巨大的工业联合企业的研究实验室，变成了比政府或大学所设机构更加重要的研究中心了。垄断的存在消除了阻碍小厂商进行科研的许多经济上的阻力。显然，科研成果的一切好处必然是属于厂商所有的，科研业务的巨大规模足以保证，不管个

* 美国政府关于《技术发展趋势》的报告中说明了缺乏联合研究设施的小企业的困境：

“在萧条时期，所谓小工厂的高压设备的研制工作有了进展。……小工厂由于缺乏试验高压设备的任何设施而大感困难，它们无力购置这类试验设备，负责管理高压线路作业的人当然希望所有零件在使用之前都受到严格检验，可是小工厂却无力建立昂贵的检验室，因而工作就大受影响”（第279—280页）。

别的科研项目怎样达不到商业上的效果，这些失败将会被其他成就所抵偿。工业研究实验室的规模本身就增加了工作效率，因为它使研究协作成为可能。要把金钱用于研究，效率最低的方法大概莫过于建立只有一两人的小研究所了。在另一方面，却也不能说实验室越大，它的效率就越高。根据课题的性质，根据任何一项研究都必须包含的各种研究的多样性，任何一个应用科学研究所也许都有一个最宜规模，而工业实验室、特别是欧洲大陆上的实验室有时是超出了这个限度的。在苏联，一开始倾向于设立这样的规模极大的研究所，但是经过了几年的工作以后，他们明白这样做所引起的行政管理上的困难过大，而且存在着科学协作任务占用过多科研时间的危险，结果，现在又回过头来，恢复了五至二十五人的研究所。

缺乏刺激力 我们已经讨论过在垄断条件下工业科研面临的某些困难、特别是谈到过，人们往往把科研部门和任何工厂的商业部门同等看待而且往往用官僚主义的方法有效地加以扼杀。这些缺陷仅不过是更为根本的阻力的征状而已。在自由竞争的条件下，科学的应用研究工作带有极大的风险，不过在另一方面，也存在着进行这种研究的巨大刺激力，因为假如成功了而且能妥善保密，它就会大大增强企业竞争能力，使企业成功而不致破产。另一方面，在垄断条件下，进行科研的风险实际上不复存在了，可是进行科研的刺激力也在很大程度上消失了。^{*}在这种情况下，

^{*} 《技术发展趋势》对大公司研究实验室不能在促进技术进步方面起作用的情况有所评论：

“常常有人说，大公司和卡特尔设立了实验室和研究协会，就驳倒了关于大工业缺乏灵活性的指责。可是这些为数比较少的研究部门却使得大公司在更大程度上控制了可能扰乱市场的革新项目。据格罗夫纳说，在1889到1929年之间的75项最重要的发明中，仅有12项是大公司研究的成果。”（第13—14页）

科研仅仅变成许多增加利润的办法之一，而且不一定是一个重要的办法。科学成果的应用当然能够减少经营成本，不过生产合理化和提高生产效率的制度也能够做到这一点，而且垄断条件下的主要困难是在高的价格下保持市场，而不是改进生产方法。因而花在广告上的钱总比花在科研上的钱多好几倍。

要取得详细数字是困难的，不过据悉，单是报纸广告每年就要花35,000,000镑。传单及招贴广告所费也不会少多少。单是卖药的报纸广告，每年所费就达到2,800,000镑，比政府和工业界花在科研上的钱加在一起还要多，而这种广告大部分是对不懂科学的大众的一种残酷的欺诈(参看边码第155页)。

设备的废弃 在垄断条件下，科学应用研究遇到的另一个困难是：企业规模很大，一旦设备废弃就有带来巨大资本损失的危险。科研必然要引起的一个后果、特别是在原来依照传统方式经营的一些行业中所必然要引起的一个后果是，大大提高生产效率，而且提高的速度越来越快。但是这就意味着，在各个生产发展阶段建成的工厂肯定要在几年内变得过时，而且可能在它投产之前就真的过时了。人们认为这是一种极其实弊的弊病。据斯坦普勋爵说：

“对于经济进展极为重要、但可能由于过速的技术革新而遭到破坏的第二种平衡是废弃和折旧之间的平衡。可以促进经济进步的一切科学进展，要想产生效果，几乎都必须体现在各种资本形态中，而这些资本形态越来越精巧、越来越大而且费钱。此种器材和设备按每人平均计算的生产率变得更大了，即使把从事制造机器或生产程序的人员考虑进去，还是能够不断产生令人完全满意的成果，而且人力也越来越节省。过去总是说英国机器质量好，永远也用不坏，而且在

它变得过时以后，照样可以继续长期使用，而美国人制造的机器就是比英国机器坏得早，所以价格也就比较便宜，可以用包含最新装置的资本资产迅速加以更新。如果能使机器的实际寿命和其风行期一致，就会最大限度地节约资本并保证其安全。不过要是体现最新科学成果的费钱设备在没有用坏之前很久就变得过时并被取代，那末资本便会浪费掉，利息便会损失掉，以至生意和投资失去保障。单单物质安全因素就意味着每一部件，即使是粗制的也都必须是真正耐用的，因此就不可能把设备的实际寿命全部缩短到可能的“废弃”寿命。这样，过于迅速地接踵而来的革新可能意味着：为了取得很微小的薄利而使极好的固定设备废弃掉或使其不能盈利。一个负责的社会主义社会会在每一次都保证不致得不偿失，但相互竞争的个人却才刚刚开始承担集体责任。假如玛丽皇后号轮吸引了一批肯花钱的好旅客，仅仅两年后，一艘与它竞争的新船就依靠偶然新发明的设备以略低的票价把它的旅客全部吸引过去。作为一种典型来说，这是进步，但是，个人作为自由的消费者所取得的微小的好处，却可能付出了昂贵代价——巨大的脱节和资本的丧失。这种代价甚至会影响既作为消费者又作为生产者的同一个人。

假如革新成果显著，并且在经营成本上反映出来，那么，旧经营成本和新经营成本之间的差额就可能大到足以支付所使用的新资本的利息，而且还能够分期偿还更换掉的设备中未被利用的使用寿命的成本。一部机车可能还可以利用多年，不过新型的机车可能通过降低经营成本，不仅足以使人在正常设备更新情况下采用它，而且足以支付旧式机车提前报废的损失，因而仍然是划算的。可是现代技术革新的大部

分项目都属于不能支付废弃损失，不能在有条不紊的、自然的设备更新过程中加以采用的类型。

类似的论点适用于一个地区的全部各种各样的资本支出。这些资本支出可以在这个地区(例如煤矿区)的全部经济活动中分期偿还，不过要是由于采用某种革新项目，刺激了另一地区的竞争活动，以致引起脱节现象的话，这些资本支出便白白损失了。可以设想一下，如果人们发现可以用人工方法在别的地方创造出兰开夏的那种优越自然条件——那种适于纺织的湿度，而且湿度更为均匀的话，那会对兰开夏产生什么影响。

141 采用新方法的速度及其对就业的影响可能取决于企业单位的规模和性质。如果为某一特定市场进行生产的所有工厂是由独家控制的，或者有了相互协调的合同的话，采用节省劳动力的新型设备的速度将决定于本书已经提到的简单考虑。新型设备可以根据每次更换过时设备的每一更新计划加以采用，这样就不会由于过早报废而浪费资本。不过这仅适用于好处不大的革新。如果好处大，新老方法之间生产经营成本差距就足以抵补上述的一切费用。在这两种情况下，都不会浪费资本，而且还能及时吸收新发明。再者，在可以左右市场供应的单一企业内部发生的废弃可以作为日常开支处理。欧文·扬最近说过：‘总的说来，在过去五十年中，通用电器公司所制造的东西到付诸使用的时候，没有一件不是过时的，至少在某种程度上是过时了。’* 很明显，在一个单一的生产单位中，这个过程可以作为连续性的生产成本的一个普通部

* 通用电气公司在申纳克塔迪举行的第五十次年度会议。

分而加以处理。我们没有必要设想在过去五十年中，这家公司由于支付了设备废弃费用，而没有盈利或没有支付过股息。”——摘自《社会调整的科学》第34—37页。

这段引文清楚表明：设备废弃对于生产者个人的危险性由于无限制的竞争而大大增长了，虽然这不一定就是消费者所遇到的危险。大家可能迅速地照搬一种新生产方法，从而迫使使用旧方法的厂商废弃自己的设备。从通篇论点中可以清楚看出，经济上的无政府状态如何妨碍技术进步并如何以极其浪费的方式取得仅有的一点进展。垄断控制的好处是：在一套设备用旧之前、或者在业务大大扩充，有足够财力改用新设备并停止利用旧设备生产之前，没有真正必要去更换设备。垄断组织由于它可以对设备废弃加以控制的缘故，往往能比竞争更有效地阻碍科学进展。大规模生产的方法加强了这种保守的态度。要从细节上改变大规模生产的产品的的设计是困难的，而当需要对设备彻底重新进行设计时就更困难了。在我国有一家大规模的垄断企业，它对新设备每年按百分之五十进行折旧，习以为常。这就是说：新设备都必须能在两年之内从利润中收回成本，不然，就不改换设备。如果新设备能使用长久一些，它带来的一切收入都是纯利润。从这里就可以看出，把科学成果加以应用有巨大好处，而科学成果的应用又受到垄断组织多么严重的限制。*

* 关于《技术发展趋势》的报告中公布的估计数字显示出在美国存在的严重设备过时情况：

“1934年，《动力》杂志对454家‘优于一般’的工业动力工厂进行了一次研究。它们几乎拥有工业原动机能力的百分之十。研究结果发现百分之六十二的机器寿命在十年以上，而百分之二十五在二十年以上。有些较老的设备大概是应急的备用设备，可是大部分较老设备被认为过时到惊人程度，如果用最先进设计的设备来取代，从花费在老动力设备的每一元中平均可回收五角。1935年《美国机械师》杂志对金属加工设备的过

对科研的扼杀

人们对设备废弃的危险性的直接反应，并不是设法扩大科学在工业中的应用范围并使应用的程序合理化，而是设法阻止科学发展，以免造成设备废弃的难题。这个过程采取两种形式：扼杀已有的发明和限制科研以窒息新的发明。要找到第一种做法的具体例子自然是极其困难的，不过长期以来一直有人这样说，而且最近最权威的人士也这样说。例如，亚历山大·吉布爵士在诺丁汉(1937年)以主席的身份向英国促进科学协会的工程学部所发表的演说就说过：

“在这里，情况和在科研工作中常见的情况一样：科研

时情况进行了研究，其结论是：由于机器设计的迅速改进，金属加工设备，如果不是在过去十年中生产的，都过时了。它对这些机器的寿命进行清点，发现我国所有金属加工设备的百分之六十五的寿命在十年以上，而且大概是过时了。美国州际商业委员会的记录说明：我国有百分之六十一的蒸汽机车是造于二十年以前的。这些数字显示出基本设备过时的程度。

机器和有关产品研究所于1935年对全部工业的潜在机器需要所作的估计，进一步揭示设备过时的程度。这家研究所进行了广泛的调查，对占全国工业的百分之八十五的行业的需要进行取样，而且根据这个调查，估计出全国工业对机器的潜在需要达到180亿美元以上，其中用来更换老设备的新设备占100亿美元以上，老设备大多是过时了。

象上述的关于设备过时的调查，清楚地说明了设备过时的程度。可是人们对设备过时的社会含义很少进行研究，有一大串问题有待解答。当设备过时而失去价值之时，是谁受损失呢？废弃会不会使社会受损失或者仅不过使企业受损失呢？设备过时是不是造成工业失调的一个原因？大量过时设备的存在会不会妨碍人们使用较好的工业技术？能否在不妨碍采用较好的技术的情况下减少固定设备废弃的危险？是否应该把由于固定设备废弃而造成的损失交由整个工业摊派分担呢？我们对固定设备过时给工业活动带来的实际影响知道得极少，所以无法回答这些问题。不过这些却是我们的迅速改善的技术迫使我们解决的问题，值得极其详细的研究。如果要充分认识目前技术改进的趋势的社会含义并且解决技术改进所引起的一些问题，就应该对固定设备过时以及它所牵涉的一切问题进行广泛的研究”(第12—13页)。

成绩越大，对于原有的装备和设备的影响也就越加直接而厉害。有时这便是问题所在。必须把数以百万镑计的金钱投入固定资产，可是固定资产却可能由于新方法的发展而在一二年内过时。目前设备废弃速度极为迅猛，以四年时间来注销新设备是很平常的，既得利益集团把许多有价值的发明收购下来不予使用，以便避免由于利用这些发明而对已经在运转中的设备造成更大损失。因此人们对无限制进行科研并不总是有很大热情，也不总是乐意加以称颂，就不足为怪了。不过这是一种目光短浅的方针。”在英国促进科学协会诺丁汉会议上发表的演说——《英国促进科学协会报告书》1937年9月，第158—159页。

《自然》杂志*已经建议对这个问题举行公开的调查，不过这种调查会不会比调查私商军火制造情况的皇家委员会为了类似理由而进行的调查取得更多积极成果，是值得怀疑的。

在美国，人们说得更为坦率。我们在美国政府所发表《技术发展趋势和国家政策》的报告书中看到下列的话：

“企业家之间的竞争，虽然引起浪费很大的无政府状态的生产和销售，却在某种程度上激起人们进行工艺革新以求胜过竞争对手。可是一旦垄断组织在利润制度的环境中，可

* “A. 吉布爵士在讲话将近结束之时，请听众注意 这样的 一个事实： 科研所取得的成就越大，它对于现有工厂设备的影响就越直接而厉害。他说：‘人们不能不把亿万计的资金投在固定资产中，而这些固定资产可能由于新方法的发展而在一二年内过时’，他还说许多有价值的发明被既得利益集团加以购买和扣压，为的是阻止别人利用这些发明，给已经投产的工厂设备带来更大损失。由于人们一再提出了这种说法，我们不能不认为它是很有道理的。但是由于缺乏关于发明一经收购就立即遭到扼杀的具体事例的材料，我们很难估计国家由此而受到的以及以后可能再受到的损失。”——《自然》杂志1937年，第140卷第438页。

以做到控制价格、使产品标准化和限制生产，对工艺改进的敏感性就减退了，新发明及其应用就遭到制止。

威廉·M. 格罗夫纳已经在《化学制品市场》中说出了现代公司经理部门对利用新发明所持的看法：

‘我甚至看到了有些最有希望造福于公众的发明单单由于可能在工业中引起革命就被完全忽视或干脆被禁止了。我们没有权利期望一家公司出于单纯慈善的动机而自杀。……一家公司为什么要浪费自己的收益、使自己的股东得不到股息，来发明某种会打乱自己的销售市场或者废弃自己现有的一切生产设备的東西呢……如果主持革新工作的是在开支问题上向股东负责的有训练和有经验的人们，他们是不大愿意废弃自己负责加以革新和改进的东西的。’……

143

路易斯·D. 布兰迪斯，1912年在专利问题奥德费尔德听证会上，就注意到了垄断企业的过于僵硬的作风对技术发明的影响。垄断企业所以会有这种僵硬作风是由于企业担心新发明会危及自己的重型设备投资、特别是耐用品投资的缘故，而且是由于企业本身办事手续十分复杂的缘故：

‘这些巨大的组织的结构并不具有进步性质。它们不肯办大事。拿我国的煤气公司来说，他们不愿管电灯的事。拿西部联合电报公司来说，他们不愿管电话的事。电话公司和电报公司谁也不愿意管无线电报。人们可能设想过：在上述任何一个事例中，要是这些企业具有美国人的常有的进步性的话，他们就可能立刻说：“我们应该去发展这个。”可是他们却拒绝了，于是在上述每一个事例中，为了推广这些伟大而具有革命性的发明，就有必要去吸收全新的资本’”（第62—

63页)。

至于真正压制发明的事例，我们有联邦交通委员会的证据可供参考：

“联邦交通委员会在1937年说：贝尔电话系统把3400项未经使用的专利加以压制以便杜绝竞争。这个委员会说，‘其中有1307项是这家美国公司及其持有专利权的子公司为杜绝竞争而自愿搁置的专利。’公司说其余2126项专利是由于‘有了更为优越的代替方法’而没有加以使用。针对这一点，委员会报告说：‘这是把专利搁置不用和压制专利的一种类型。他们所以能够这样做是因为他们为了防止竞争取得了过份的专利保护的缘故。贝尔系统一直通过专利来防止别人在有线电话和电报事业上同它竞争。它根据自己的电报和电话器材专利，始终拒绝把许可证发给有线电话和电报事业方面的竞争对手，范围扩大到有关一切类型的构造的专利。而且，贝尔系统还把一切可能对竞争对手有价值的专利加进它自己的……专利中去。这个方针使公司取得了大量专利，其中包括贝尔系统毫不需要的另辟蹊径的装置和方法。……在西方电器公司和独立的制造公司所签订的专利许可证合同中，也可以找到有利于压制发明的条款’”——《工艺趋势》第50页。

关于第二种做法，即限制科研以扼杀发明的做法，由于其本身性质，我们无法提出确切的证据，因为没有一家公司有非花钱进行科研不可的义务，不过无可置疑的是：这种做法是妨碍应用科学的进展的一个最重要的因素。如果这种研究可能妨碍已经花费了大量资金的生产方法，情况就尤其是这样。充电气体管照明

方法发展比较缓慢就是一个显著的例子。*真正有效地普遍使用这种照明方法不仅会使取得一定亮度所需的电力减少到原来所需电力的三分之一或四分之一，而且使投在普通灯泡生产中的资本大部归于泡影。只有对廉价照明有了新的巨大需求时，例如由于现代街道照明规划或由于建筑物的装饰照明而引起需求时，人们才认真地对待发展充电气体管照明问题。如果当初在科研上花费比较少的钱，我们本来可能在二三十年以前就达到了今天的成就，我们现在也许已经往前多进步二三十年了

另一个例子是：直到晚近的时期才发展了对铝和其他轻金属的研究。这些金属的生产操在作风僵硬的一些垄断企业之手。它们致力于维持比较低的产量和高昂的价格。**在这种价格上，用铝来制造许多物品(例如用铝来制造汽车更为适宜)，是很难和钢铁争胜的。如果开展一项目的在于大大降低铝的价格的科学研究，人们或许就能利用陶土等低级原料来生产铝，而不必象现在那样使用大量电力，这样一来，这种改进就迟早会打破垄断局面。所以这类研究就得不到鼓励。不过最近由于各国准备世界大

* 第一个霓虹灯照明招牌早在1774年就有了。见克劳瑟《著名美国科学家》(Famous American Men of Science)，第67页。

** “1937年，美国司法部长办公室指责说：‘铝业公司由于百分之百地垄断了美国矾土和纯铝的生产和销售，已经取得了并且还维持着对矾土、铝、铝板、合金板、基本预制件的生产和销售的垄断控制权，它还通过这些产品，控制用这些材料生产出来的、在州际贸易和国际贸易中销售的产品。它还有权规定专断的，歧视性的和不合理的价格、有权扩大和永久维持上述垄断控制权、有权排斥上述垄断控制以外想要在铝土矿、矾土、纯铝以及用这些材料生产出来的铝制品的制造和销售方面同铝业公司进行竞争的其他厂商。由于希望从事铝业的新企业要受到控制着基本原料的唯一的强大公司的支配、由于从事一项由铝业公司及其子公司彻底垄断的事业必然要冒巨大风险，上述垄断控制已经并且还要继续马上直接产生一种效果，压制和防止在铝矿土、矾土、铝以及用这些材料制出的铝制品的生产中和在州际和国际贸易中本来可能出现的大量竞争，因此，这种垄断控制对公众利益是有害的。’”——《技术发展趋势》，第55页。

战，大大刺激了飞机生产，铝和镁合金大受重视。各国政府都不得不把铝和镁合金的生产问题作为国家的紧急需要而加以处理了。所以我们可以拭目以待地预期铝的生产方法在今后短短几年中将取得十分迅速的进展，最后价格会相应地迅速降低（参看边码第363页）。

要估计出科研成果的应用所受实际阻力的程度，总是不容易的，因为我们无法把已经做到的同耗费同样的金钱和时间所可能做到的相权衡。但是尽管自觉地指导和控制科研成果的应用的便利条件大大增加了，上述应用落后于科学的时间差距仍继续存在，这个事实说明限制的力量并未消除，而是和便利条件几乎同样迅速地在增长中。

专利 另一个严重干扰科学成果的应用过程的因素是专利法。虽然专利原来的宗旨是保护公众，使其免受处置不善的新生产方法之害，*它在现在却被认为是对发明者的奖赏，或者是他和社会之间交易的结果。它在过去可能是这样，不过毫无疑问，它在今天却可悲地起不了这种功能，而且对发明的进展妨碍多而帮助少。在实践中，除了常见的弊端之外，专利经常不能奖赏原来的发明家而且妨碍而不是促进发明的进展。** 145

* 见斯坦普，《社会调整的科学》。

** “美国法院已在某些判例中批准取缔专利。在人们正对美国的技术革新阻力进行估价的时候，这些判例是极为重要的。1896年法院判决如下：取得专利者‘可以保留自己的发明或发现以供自己专用。……他的所有权是独有的，宪法关于私人财产的规定十分清楚，他既没有必要非去利用自己的发现不可，也没有必要非让别人来利用不可。’法院在1909年把这项判例再度肯定下来时说：‘当使用已取得专利权的发明物或未取得专利权的发明物违反基本财产法律之时，公众就没有权利强迫人们去这样做。’这样技术进展就变得不可分割地取决于财产所有权了，而人们是根据同社会利益相对的个人权利和某一企业的权利来解释财产所有权的。实际上，这种解释是有利于大公司的。因为发明家们一直有这样的经验：凡是在这类公司控制的领域中，他们就

专利法是针对一种独立的小生产者的状况而制订的。在这种情况下发明家自己也能够找到资本。对于一切重大发明来说,情况是否这样,殊堪怀疑。即使在十八世纪,瓦特也不得不同博尔顿合伙。后者不得不使用自己的一切影响并且还花了70,000镑,才在蒸汽机上收回一部分资本。现在的情况不同了。个别的发明家还是有的,可是他要找到一个愿意出钱的资本家却越来越困难(参看边码第132页),并且不得不忍受愈益糟糕的条件。大部分专利是由公司取得的,这不仅是因为:由于我们已经说过的原因,现在只有大企业才有力量开展应用科学研究,而且因为:专利法本身现在变得十分复杂,只有最有钱的人才能保住专利,不让专利受到必不可免的侵犯。当然,在游戏中,你可以干我一下,我也可以干你一下。大企业可能宁愿收购对自己可能不利的专利,不管这种专利是不是有价值,而不愿去打官司。取得妨碍性的专利(莱文斯坦博士*估计有百分之九十五的专利是妨碍性质的)是最安全的合法讹诈方式。

大企业往往规定,任何职工的一切发明权属于企业(参看边码第108页)。原来发明人是否得到奖赏,是由管理部门决定的一种恩赐,而且是绝无仅有的。发明人哪怕只得到最终利润的极小一部分,就算很幸运了。因此,不论是独立的发明家也好,不独立的发明家也好,目前专利很少能达到其奖赏发明家的目的。现行的专利

无法独立地促进自己的专利的实现。一个主要的障碍当然是缺乏资金以推行自己的计划。他们会卷入极其费钱的权利侵犯诉讼中,而且受到干预程序的扰乱,以致他们不得不把专利权卖给拥有集中的资金的大企业,这样发明便有被扣压的危险。专利联营组织往往仅使少数公司享受专利的好处,不让独立自主的人士利用它,从而就妨碍了技术的广泛进展。垄断企业对技术革新的控制使人马上就觉得同中世纪行会的限制作用非常相像。”《技术发展趋势》,第3页。

* 莱文斯坦,《英国古今专利法》(British Patent Laws Ancient and Modern)。

法一方面无法奖赏发明家，另一方面却往往严重损害公众利益。即使象斯坦普勋爵这样保守的批评家，也指出在现代条件下，保护专利的期限也实在太长了：

“举例来说，我们假定发明中包含着社会利益的理论是正确的。如果专利制度使人们有可能阻止发明在商业上的应用，这个理论就不能成立了。如果别人能根据微小的并不带有根本性的差别另外取得专利的话，就会引起竞争，造成浪费，使社会得不到相应的好处。与我的研究更加有关系的是保护的期限。这一般是十四或十五年，在某些情况下，长达二十年。在生活的速度比现在缓慢和变化周期比现在长得多的条件下，当时认为这是适当的期限。真正的问题是：如果我们在现代条件下从新制订专利法的话，这个期限是不是我们仍然要选择的最理想的期限呢？假如在旧的条件下一件发明废弃之前的平均有效寿命是三十年的话，那么其寿命的一半是处于私人控制之下，另一半则处于社会控制之下。假如现在我们不改变专利条件而假定寿命周期为十五年的话，我们就会得出这样一个不正常的结果：一般说来，有效的发明在其整个寿命期间都处于专利的保护下，社会实际上只能控制已经过时的发明。如果我们真的开始制订新的专利法，事先不想到适应今天的条件，就采用根据一百年前的条件制订的社会与个人之间的一项真正交易的条款，那的确显然是不可思议的事。很可能，理想的专利期限不应该是划一的，而应该同有关设备的投资数额联系起来。在许多不同的国家中取得专利的麻烦手续当然不是无法解决的。目前即便要使专利有效范围遍及整个英帝国，也得填写五十多份申请书。更何况，在制订专利法的理论的时候，大部分发明都出自大 146

型工业实验室雇员之手的时代还没有到来。美国当局就断言：这个制度‘使得人们可以在某一项专利范围以外形成垄断组织，而且使得人们无法使用新发明为公众谋福利……即使可以说把现有设备废弃是浪费，这也不应该由垄断集团来决定，而应该由一个会把一切有关方面的利益都考虑在内的公正的权力机关来决定。’一般来说，纯科学原理的发现者既得不到保护，也拿不到赏金——赏金仅授给想出应用方法的发明家。”——《社会调整的科学》第151—153页。

有些人占有专利权并不是想应用、而是想阻挠别人使用某些生产方法。这就象利用专利来向社会敲竹杠一样，是另一种常见的弊病。在药品方面，这种做法尤其恶毒。因为，在药品领域，有人可以利用专利权扼杀科研工作，因而，真正有价值的药品的价格可能维持多年不变。这实际上是把贫穷的病人判处死刑。

由科学家取得专利是一种颇有争议的做法。这种做法同科学家的一般道德观肯定是格格不入的。人们感到，首先没有一个科学家能够问心无愧地自称自己对于一项发明有独一无二的权利，可以独享其好处。其次，科学家没有权利以任何方式来阻碍科学成果的应用的进展。在另一方面，有人感到，科学界由于向社会提供了新价值而得到一点报酬，是完全理所应当的。由团体而不是由个人取得专利可以克服而且已经克服了第一个困难，可是这只会增强第二个困难。在设计不周、执行不当的现行专利制度下，科学成果的应用受到阻挠的危险是经常存在的。不公平的现象依然存在。在创造现代文明的过程中，科学的功绩比任何其他单一因素都多，可是科学家个人和集体都无法在自己所创造的财富中得到自己应得的一份。

工业科研合作

不论是大型企业还是小型企业由于经济上的原因都无法充分利用科研成果。这就促使各国政府发展工业科研。政府插手科研的好处主要在于：它克服了小企业开展科研工作时所遇到的一些困难。小企业联合组成研究协会，就能一个行业一个行业地收集足够的经费来执行相当全面的科研规划。

但是，为这种科研合作筹款一向极为困难。这部分是由于人们对任何形式的科研都不感兴趣，但主要则是因为，如果这样进行科研，科研就失去了其主要价值——竞争价值。所有捐助的企业，在某种程度上甚至还有整个行业的所有厂商，都从研究协会的研究中得到相等的好处。竞争的好处几乎完全没有了。如果在这种情况下成本有所降低，这往往表现在价格和降低上，因而就不能增加利润，除非该行业已经属于垄断或半垄断性质，就是说：企业之间已有公开或默认的协议，规定彼此都不使用任何改进的方法来进行竞争。目前的经济制度和造福于公众的科研事业是互不相容的。说服企业进行这种科研工作时所遇到的极大困难可以说明这一点。科学和工业研究部的几乎每一份报告都是见证（参看边码第46, 318页）。但是反对扩大政府的科研工作的阻力不是仅仅来自这一个方面。有许多功能本来由这些实验室执行最好，现在却是由私人顾问来执行。他们的职业虽然一般说来没有什么保障，却也有利可图。粗看起来，一个真正全面的工业科研体系对他们来说，似乎会带来一场灾难，但是实际上，这样一个体系只会使科学具有更大的价值，肯定也会对他们有利。兽医从业人员也反对扩大农业研究，特别是在向农场主们提供咨询意见这个切身问题

148 上。正是由于缺乏考虑周密的科研政策，才使得这些无知的既得利益集团发展起来，不过在这方面，科研工作只不过是遵照生产组织现有紊乱状态的常规照章办理罢了。

政府由于政治和经济上的原因，也极其不愿意积极参加科学的应用研究。如果一所政府办的实验室得出了可能有商业价值的成果，它是无法加以利用的，或者不如说，它是绝对不能向厂商出售这个生产方法或者自己加以经营的。有这么一个总的原则：除了战时军事需要，政府部门在任何情况下，都不得同工业企业进行生产竞争。^{*}其不可避免的结果是，政府所办的科研机构对科研成果的应用几乎采取完全消极的态度。它们缺乏扩大应用的任何动机，因而它们往往只限于研究各厂商具体要求研究的课题，尤其是为工业生产中某一公认的困难寻找补救办法之类的课题。所以除苏联之外，政府科研工作既不能推动新科学成果的应用，也无法对已有的此类应用加以合理的控制和指导。

各工业行业之间的竞争 除了工业中的竞争和垄断的单纯影响之外，还有其他因素影响到科学的应用。虽然有效的垄断可以在整个一个行业内部防止竞争，可是在行业与行业之间仍然存在竞争。这种竞争本身时而有利，时而不利于科研成果的有效应用。假如消费者个人和企业的需要固定不变，工业的任何部门就没有改进产品质量的任何动力。在传统工业存在的漫长期间，这种平衡的状态最终是可能达到的。在其中各种原料或工具都适用于一种用途，而且仅有这样一种原料或工具适用于这种用途。在另一方面，在工业不断发展的条件下，由于各种原因，人们愈来愈

^{*} 医学研究委员会通过它主办的化学治疗研究工作而部分地打破了这条清规戒律。它这样做引起了相当大的反对，其理由是：这属于化学工厂的专门业务范围。

愈倾向于使用几种有选择余地的原料，而且供应这些原料的各种产业必然是相互竞争的。在这种竞争中，就要依靠改进质量或降低价格而取胜，因而就有了进行科研的动力，以便向竞争对手争夺市场或者至少在其中保有一份儿。不幸，问题并不就这么简单。149 旧原料生产者地位巩固，有恃无恐，在竞争对手出现之前一般不会想到进行科研工作。其结果可能是：在他们还来不及研究和改进自己的生产方法之前，他们就可能遭到损失或者面临关闭。在上一世纪，靛青的土著生产者和收购、分销他们产品的商人就是由于苯胺染料的出现而这样地迅速破产了。据说有一百万印度农业劳动者因此饿死。^{*}不过随着销售的合理化和对产量所进行的生物学的研究，天然的产品从长远看来会不会更加便宜，还是很难说的。在某种程度上，人们已经明白这个教训了。例如，虫胶工业由于合成塑料的出现而受到了威胁，现在正花一笔钱去研究改进虫胶产品以及可能开辟的新用途。不过要在销路下降的基础上来维持这种研究是特别困难的。

在另一方面，由于有各种完全独立的金融集团生产各种供选择的产品，就产生了这样的情况：为了本行业的人们的利益而增加每一种产品的产量，毫不顾及这种产品在平衡的结构中应占有什么地位。例如，水泥和钢铁工业在房屋建造领域里进行了极其纷乱的竞争，但却没有一个公正的中央机构来确定用于各种用途的钢铁和水泥的最好比例。当建筑学会或其他学会作出此种估计时，要是估计数字不利于任何一个有关行业的利益，就不可能被采用。行业之间的竞争给科研带来的主要困难是，它使科研部门化了，妨碍了可以产生最丰硕的新成果的各种应用科学之间的充分

^{*} 见克劳瑟，《科学与生活》，第33—34页。

相互作用。这种类型的竞争本身就是对现行经济制度的谴责。这个制度在本质上就无法为了人民的利益而对整个生产加以规划。政府干预代替了这种规划，可是这种干预几乎总是支持竞争的这一方或另一方。^{*}在苦心制订关税、定额、强迫合并、销售等整套方案时，人们很少或者根本不考虑开展科研工作，以便改进产品或降低对公众的售价。这个事实说明，政府在这方面是怎样不顾及公众利益。

经济民族主义和科研

不过，在最近的所有倾向之中，经济民族主义的发展，对应用150 用科学成果为人类造福，危害最大。经济民族主义就是使用一些非经济因素，尤其是政治控制手段，通过保护主义、津贴或操纵货币，来保护和扩大各资本主义国家各种工业的市场。显然，从商业观点来看，通过政府干预更容易取得通过科学研究可以取得的成果，而且还有使有关企业不费分文的好处。政府干预的直接效果和垄断的效果一样，那就是减少了改进生产的动力。而且还有坏得多的效果。其中之一，就是把科学研究越来越多地应用于军事目的。我们将另辟一章，专门加以讨论。另一个效果是，经济民族主义妨碍了科学的国际性质。它首先妨碍应用科学研究，接着又妨碍了基本科学研究。在实行经济民族主义的国家中，科研成果只是一个国家的财产。

各国企业界内部的保密制度本来已经就够糟糕了，而现在这

^{*} 政府多次迅速改变它对从煤炭中提炼石油的不同方法的相对价值的政策，可以说明这一点。

种保密制度竟然变成更加危险的国家保密制度。各国都进行类似的研究工作，虽然研究工作的内容不可避免地会泄漏出去，这还是意味着重复劳动。在两处以上的地方进行同一工作（在两处同时进行工作可以由于起相互核对作用而被认为是合理的）不仅使人力分散，而且使人们无法通过自由交往、相互促进和交换意见而得到额外好处。科学上的经济民族主义的必然结果是使科学家变成国家的仆人、或者更准确地说，变成国家的奴隶，科学本身则变成国家宣传的内容之一。我们已经听到过德国物理学界的状况。从长远看来，这种状况是最能毁灭科学了）（参看边码第210页及以后）。保密的实际弊病已经是够糟糕了，保密给科学家本人和给他们的工作作风带来的损害就更其严重了。猜疑和追求私利变成风气。由于不能通过出版著作和自由议论加以制约，最荒谬的内容也可能得到官方的同意。教学将变成向人们传授奥秘的手段，科学将堕落为罗马帝国衰落时期的那种神秘的炼金术。科学内容也可能更丰富一点，实际应用方法还可能保存下来，不过它会象在中世纪那样，悲惨地丧失了解开未知之谜的力量。

保密 在现代科学发展的同时，就有人坚决反对保密。列奥弥尔在他的著作《把锻铁炼成钢的技术》中，再清楚不过地表明了这一点。他在书中公开发表了自己通过实验得出的制钢原理，虽然这一直是二三千年来制钢行业的秘密。为此他说了下面的话为 151 自己辩护，这些话是值得详细引述的：

“我荣幸地要加以回答的这些完全相反的责难，都是人们在科学院大会以后向我提出来的。有人对我发表了不应泄露的秘密感到惊讶；还有人本来希望：保有这些秘密的只限于那些有可能利用这些秘密的公司，它们不但为自己的利益而工作，而且为整个王国利益而工作。第一种想法中包含的情绪

是不够崇高的，甚至不足以使持有完全相反的意见的人觉得自己有什么可以自豪的地方。这种情绪不是甚至违背了天然的平等吗？我们真的可以肯定我们的发明完全属于自己吗？我们真的可以肯定公众对它们毫无权利，它们也丝毫不属于公众吗？我们大家是不是应该争取为社会的共同福利作出贡献？这难道不是我们的首要义务吗？凡是能够作出一点贡献而却没有这样做的人，凡是仅仅说几句话就能做到这点，而却没有这样做的人，都是没有尽一个基本的义务，而且是在最可鄙的情况下没有尽这个义务。这个原则既然肯定下来了，那末还可以根据什么情况说我们是自己发明的绝对主人呢？

“的确，人们长期以来一直在埋怨公众忘恩负义，说公众甚至也不肯以赞美之词来报答向他们透露的科学原理。凡是没有揭露出来的东西总是被视作神妙非凡，一旦泄露之后，人们就说：‘也不过是如此罢了’，他们是想说明自己以前早就知道了。连最最轻微的蛛丝马迹和一点点的相似之处都要被用来证明这一点。这就为各类学者们提供了对知识加以保密的借口，其余的人也根据这个理由故弄玄虚要使人们付出高昂代价才能得到这些东西而且觉得乐趣无穷。这些怨言是由于公众的不公正态度而产生的。但是，即令人们所抱怨的事情象某些作者所说的那样确有其事而且很普遍，人们是不是就有理由不让大家知道可能有用的东西呢？医生有时也难以希望某些病人报恩，甚至明知他们一贯忘恩负义。可是在危急情况下，医生是否有权利拒绝拯救这些病人呢？精神上的优点难道不如身体上的优点重要吗？得到应有的重视的知识难道不是最最确实的财产吗？我还要说，我感到：凡是不尽可能

清楚地发表自己的研究成果、仅仅说明一部分内容而让人家去猜测其余内容的人，都应该负浪费读者时间的责任。我希望人们不会钦佩那些与其说是要使自己有益于人类，不如说是要沽名钓誉的人。……

“现在来回答我方才说过的第二个反对理由。有人不同意公布这本回忆录所探讨的新发现；他们本来希望把这些发现保留在本王国范围之内；希望仿效我们的某些邻国向我们提供的保密范例——我认为这是不足为训的。我们首先要对祖国尽责任，不过我们也要对世界其余地方尽责任；为促使科学和技术臻于完善而工作的人们，也必须把自己看作是全世界的公民。总之，假如这本回忆录所记载的研究工作取得了我当初开始工作时想要取得的成就，可以说再没有什么国家能得到象本王国所得到的那么多的好处了：它在将来完全可以不必再象目前这样从国外输入纯钢了。不过这要假定我们 152 不会忽视利用自己的资源，我们往往是会忽视这一点的，而且还要假定我们不会虎头蛇尾，不会轻率地着手进行努力又同样轻率地放弃我们的努力。”*

他在这段话里显出自己既是一个真正的科学家，又是一个真正的爱国者，他提出的两个原则——科学原理的发现者的工作成果属于整个社会以及科学和技术工作者是世界公民——此后就一直是科学和社会之间的关系的指导原则，直到目前才再度处于危险之中。

民族科学的观念当然也同现代科学本身有同样悠久的历史，英国的皇家学会，法国的科学院，普鲁士和俄国的科学院都是为

* 原注的内容系该段法文引文的英译文，兹从略。——译者

了培养国内有科学才能的人而创建的，而且也十分明白地说明是为改进国家的贸易和制造业而创办的。但是在早年，由于科学家有在国外居住和工作的更大自由，由于鼓励科学，鼓励公开出版科学著作会使国家统治者得到威望，这些危险都得以避免。目前的危险是：念念不忘紊乱的经济、念念不忘准备总体战争的政府，都从最狭窄的经济意义上来看待科学的价值。研制代用品以取代来自国外的工业原料和食品变得极端重要了，这种情况也不仅限于德国。由于这在合理的世界经济中是没有必要的，它其实是不幸地把科学创造发明力量引上邪路。科学研究就象政府本身一样深深受到了巨大的垄断企业的控制，科学的自由公开活动的传统很可能抵抗不了要把科研工作引向这种目标的巨大压力。

国际垄断组织 经济民族主义倾向在某种程度上，被设立国际垄断组织的倾向所抵消了。更准确地说，这些国际垄断组织就是由国内垄断公司自愿组成的国际联合组织或者卡特尔，其合作范围通常仅限于确定价格、通过协商划出排外性的销售区或者通过协商共同利用销售组织，而特别重要的是分享专利和产品制造秘密。属于同一卡特尔的不同企业的实验室按理应该互通声气，至少它们的研究成果是可以彼此加以利用的，不过实际上，大部分科研工作往往是集中于卡特尔组织中的一家企业，其余的企业几乎完全依赖这些企业所取得的成果。例如，在化学工业中，
153 卡特尔的德国成员I. G. 法本化学公司所从事的研究工作要比任何其它化学工厂都多。1935年，法本负责发展555项新的有专利的生产方法，杜邦负责508项(1936年)I. C. I. (帝国化学公司)仅仅负责270项。但是世界性的国际卡特尔正逐渐地而且肯定地被政治上与各强国集团有联系的有限的工业集团所取代了。在这些工业集团内部，进行了一些科学和技术情报的交流，但是各

工业集团之间的竞争却随着保密和互不合作的相应发展而愈演愈烈。实际上，我们现在看到的情况是：大家正把科学和技术动员起来，以准备即将到来的战争。除此之外，还有我们要在下一章中加以研究的直接涉及备战的各个方面。

工业科研工作走上邪路

迄今所讨论的大多数因素都是有碍于科学成果的有效应用的因素。但这仅不过是一部分情况而已。科学研究成果的应用不仅在数量上受到了限制，而且在性质上也受到了限制。我们的现行经济制度所特有的有效需求的性质，使整个科学应用研究完全走上了邪路，因而也是使整个科学研究完全走上了邪路。从造福人类的观点看来，大家对于生产资料和重工业过于重视，对消费资料和普遍福利过于忽视。即使进行了这类科研工作，它的效果也往往由于商业上的考虑而化为乌有。*

这一点特别适用于消费品生产方面的研究。使用消费品的公众没有什么技术知识，最容易受广告的欺骗。对于消费者，商业的目的并不是以最低廉的价格供应质量最好的商品，而是以竞争的限制条件下所能维持的最高价格，供应最低贱的商品。目前消

* 朱利安·赫胥黎在《科学研究和社会需要中》(Scientific Research and Social Needs)提到这一点：

“在我国进行的大部分科学研究都是从生产出发而组织的——也就是说，组织和筹划科研的目的在于改进技术生产方法的效率并为生产者或国家减低费用。应该组织多得多的从消费出发的科研工作——面向既是个人又是公民的公民个人的需要。……当然，从消费角度进行的科研还是有一些的——科学和工业研究部辖下的一些研究委员会所做的大量工作就是属于这种性质的——例如关于建筑或无线电的研究，当然还有大量的医学研究。可是由于科研工作普遍侧重于生产，人们根本没有去研究或者仅仅零零碎碎地研究其他问题”(第256—257页)。

费品生产的主要倾向是：生产那些由于具有各种讨人喜欢的外表而最容易推销的商品，而不是生产最耐用最经济的商品。这些商品还必须能够尽速用坏，以便防止市场达到饱和状态，以便尽量增加生产，满足消费者重新购置的需要。工业科研工作目前的主要实际目的是生产品质低劣和容易出售的商品，例如，象汽车这样的典型产品，看起来在过去短短几年中，似乎已经大大改善其性能并且同时降低其价格，可是这方面的成绩却远远地赶不上新式大规模生产方法所可以做到的程度。它的各种改进也不足以使154 车主得到最大的方便和支出最少的费用。制造厂除了有意识地把汽车的耐用性和便于修理的优点尽量保持在最低水平，甚至还加以降低以外，由于要使汽车行驶平稳和速度高，还牺牲掉经济和效率。在技术上的确有可能生产出价格和维修费用减半的汽车，而且还能够使它的耐用程度达到目前生产的汽车的两倍。但是有人认为，这会使汽车市场整个垮下来。这种想法可能是十分错误的。*在这种情况下，汽车生产的科研大体上走上错误的道路，就不足为奇了。

满足中间生产厂商和一般消费者需要的各行业的科研工作也面临重重困难。我们可以拿无线电电子管的情况作为一个有趣的例子。为了保证电子管有销路，就必须保证电子管性能良好，既然保证电子管性能良好，就必然使制出的电子管的使用寿命相当于其所装配的收音机的寿命或更长一些。但这样做的结果，电子管制造厂就无法向广大消费者推销大量的电子管，它向收音机制造厂供应的电子管的数量就不得不减少，价格就不得不大大降低，再不然就得自行生产收音机。这种情况只能鼓励人们从事降低产品质

* 《明天的工具》(Tools of Tomorrow)，诺顿·伦纳德著。

量的研究，而不是改善产品质量的研究。

直接消费品生产的研究工作大体上也是如此。就专卖品而言——消费品中的越来越大的部分是专卖品——由于商标繁多和广告宣传大吹大擂，消费者实际无从作出自己的选择。附带说一下，这个趋势正迅速地把正统经济学的最后基石之一冲走了。在这种情况下，科研本身往往变成了广告的一部分，被用于非常庸俗的目的，即使不是彻头彻尾的欺骗目的。我们不是常常看到推销某种牌子的香烟或专利食品的广告上画着一个身穿白大衣的科学家，俯身观看显微镜或者眼睛盯着一只试管吗？人们往往在想：要是可以让这些人公开说话，他们自己会说些什么呢？不过美国的消费者研究委员会所做的工作却说明只要花费极其有限的资金也可以做很多的工作。在这里，这个团体向自己的成员提供了一些关于市场上各种产品的相对功效的准确情报并且把骗人的牌子暴露于光天化日之下。但是由于禁止诽谤法的阻挠，它无法向广大消费者提供这种出色的社会服务。欺骗公众的合法阴谋在我国要更加奏效。有害而无用的专卖药品可以风行多年，因为为了安全起见，这些药品的已知的成分是揭露不得的*。而且在法律后面还站着依靠广告收入的报界托拉斯。就连英国医学协会要刊登 155 一则极其温和、很不容易引起反感的广告，提醒人们注意提防饮用未经消毒的牛奶的危险性，都遭到大部分大报的拒绝。其实只要单单从目前的巨额广告费——约为全部科研经费的五十至一百倍——中拿出一部分钱来进行科学研究，来了解哪些类型的产品最叫人满意，就能越来越不费力地增加人类福利。不过在目前这种想法还只是空想，追求利润的生产使科学成果的应用研究走上

* 见《事实》(Fact)第14号，在其中首次有力地暴露了关于专卖药品的丑闻。

极其错误的道路。单是增加应用科学研究的经费或组织效率本身,是无法大大地改善这种局面的。虽然我们惯于把目前看作是科学得到越来越重要的应用的时期,不过同现有的知识和人力可能产生的效果比较起来,也许目前的科学应用研究比过去三百年来任何时期都更加不能令人满意。只有在发展科学的同时,把生产方法重新用于增进人类福利而不是用于增加利润,才能改善这个局面。

科学和人类福利

所有这一切当然都取决于一项假定:把科学迅速加以应用就能增进人类福利。这正是浪漫主义的反动派和保守主义的经济学家竭力反对的论点。浪漫主义的反动派立论的出发点就是全盘反对目前的科学成果,因而也就是反对科学本身。他们所以反对科学是因为,他们一方面厌恶当代文明的肯定无疑的弊端——恶魔似的吃人工厂、失业、乡村的破坏——另一方面通常又从宫堡而不是从茅舍看中世纪世界,从而把中世纪世界理想化。因此,他们在思想上矛盾重重。不能区别科学的必要作用和它在资本主义制度下的弊端是很自然的。科学所遭受的摧残以及科学发展的可能性,如果没有人清楚指出,是不容易看出的。在苏联,科学已被应用来为人类造福,并已取得效果。但是,有人却不予报导,或加以歪曲宣传,力图掩盖这方面的确凿证据和实例。但是不论是分析或是实例似乎都不可能影响这些浪漫主义者反对科学的态度。他们自觉地反对理性思维,他们成见过深,无法晓之以理。要不是因为法西斯主义利用他们的论点作为蛊惑青年的宣传核心的话,我们原是可以对他们置之不理的。

保守主义的经济学家则提出了一个合乎理性的、不过却是十分奇怪的论点,说由于把科学成果迅速加以应用,造成了飞快的工业上的变化,打乱了现有的经济制度。他们认为,目前的经济制度是再好也不过了,它不可能出毛病,需要减少的是科学所带来的令人痛苦的后果——附带说一下,这也是同一经济制度的一个组成部分。需要按照这个制度的吸收能力把技术进步的速度放慢下来。不过要是把问题说得这样赤裸裸,就容易使现行制度本身遭到攻击,于是人们就不得不把技术改进所必然引起的经济失调现象以及技术改进给保守的人性或社会带来的负担当作限制技术进步的理由。

据说把科学成果过于迅速地加以应用会引起三个主要后果:技术改进带来的失业,高额废弃费用和经济不稳定。此外,人们还认为,科学成果的应用可望带来的富足是空的,因为它仅仅考虑到技术因素,而没有考虑到经济因素。没有人否认社会上存在失业和不稳定状态,而不存在富足状况。不过科学成果的应用与此有多大关系却是另一回事。无疑这些都是科学对一个无法吸收它的成果的社会所产生的影响。不过可以直接算在现代科学的帐上的却只是其中比较小的一部分。

技术改进带来的失业 斯坦普勋爵决不能说是一个主张迅速发展工业的人。他却认为,人们过分夸大了科学所引起的失业:

“在任何特定时候,科学的冲击总是会使某些人失业,不过与此同时,也有一些在过去的冲击下失了业的人陆续获得建设性的就业机会。但是人们容易夸大技术改进带来的失业人数的净差额。因为工业失调有许多原因,与科学毫不相干。式样改变、资源枯竭、人口增长率的差别、关税和税率的不

断变动，由于货币原因和其他原因而产生的心理性的景气和萧条以及其他原因都会影响平衡，因而也都会使某些地方的失业人数有所增减。

157

我们对失业的分析使人清楚地看到：失业也同资本积累一样，是由许多因素所造成的。最近的一个官方报告表明：即使在繁荣时期，也会有意想不到的失业人数或失业率。我们现在已经知道：某一地区可以有百分之八或百分之十的失业率，但却可能缺乏所需的劳动力。例如，在英国，在我们应该称之为好年头的年代，也可能有足足一百万的失业人口——这便是我们为了保持在业人员的高标准生活而付出的一部分代价。因为，一种实际工资水平可能很高，以致并不是每一个人都能在那一工资水平上就业——虽然这决不是失业的全部经济原因。上述数字之中大概有二十万人在通常情况下实际上是无法雇用的——即所谓“老失业者”。也许有七、八十万人形成一个经常存在的人群，其成员不断发生变化，其中包括的工人都随着其季节性的职业不断改变其工作岗位、处所和行业——这些都是由于各种原因而产生的“游离”失业人员。我敢说，在这个数目中，单单由于科学发明这种特别令人不安的因素而失业的人不会超过二十五万人。

这便是可以算在科学帐上的最大罪状，战后时期之类特殊时期除外。在战后时期，由于新的科学发明的通常应用在战时耽搁下来，所有拖延下来的技术改革大有纷纷上马之势。当然，在任何特定时刻，根据新生产方法超过它所取代的旧生产方法的潜力计算出来的由于技术革新原因而失业的人数，似乎要大得多。不过这是毛数，必须从其中扣除由于利用科学成果生产新产品或扩大旧产品生产而增添的人员。

假如我们要提出在任何时刻都要科学负责的那一部分游离失业人数的话，那就是由于采用新生产方法而减少的总人数，加上由于需求方向改变而裁减的人数，再扣除由于生产新需求的商品而吸收的新就业总人数。当我们看到原来由十个人操纵而现在由一个人操纵的机器感到惊惶时，我们应该记住这一点。”——《社会调整的科学》第41—42页。

二十五万人为数不算少，然而这只是好年头失业人数的六分之一，或坏年头失业人数的十分之一而已。因此，在这方面，更重要的似乎是补救经济制度中的主要不稳定因素，而不是设法阻止科学的进展，而且无论如何，这二十五万人是科学在人们没有进行任何努力来调节在旧式生产中损失的劳动和在新式生产中增加的劳动的条件下所造成的失业人数。正如斯坦普勋爵所说的那样：

“大可以假定：总的说来，整个社会由于科学迅速发展得到的好处足以弥补其所造成的损害。不过社会并没有自觉地设法调节变革速度，使损益的净差额达到最适宜的程度。”

——《社会调整的科学》，第45页。

如果在一个合理的经济制度中，通过有条不紊地采用新生产方法——或许通过使用在下一章提出的某些办法——来明智地处理这个问题，那么技术改进引起的失业就可能完全消除。*

设备废弃费用也是这样。它主要是为新生产方法筹措经费和 158 引进新生产方法的混乱办法造成的。这些办法并不是无法改变的，不过斯坦普勋爵和一些最保守的经济学家们却似乎认为：这

* 温特罗布在《技术发展趋势》第78页以下，试图对美国因技术改进而引起失业的规模进行一次有趣的估计。他估计：由于技术改进而失业的工人人数是不断变动的，在萧条情况下，其人数可能增加到就业人数的百分之十四。

些办法是不可改变的：

“科学家往往以这样的态度来看待实际 应用 的问题：仿佛为了社会利益应该加以考虑的唯一因素就是尽快地加以应用。他们把垄断组织或统一经理部由于地位不同而可以‘阻挠’新发明的应用看作是对科学的摧残。所以有人说：‘设备废弃的危险是科学获得根本性应用的巨大阻力。大企业对于生产结构往往持过于僵硬的态度’。假如所说的废弃是成本的一个实际因素，不论是什么形态的社会，即使个人‘利润’刺激力已不复起作用，人们在计算过渡费用时也会把它考虑在内。用拐带方法是不可能把它拐走的。”——《社会调整的科学》，第42—43页。

除了改变经济因素之外，有两个技术措施可以大有助于把废弃费用“拐走”而又不至于妨碍新发明的应用。一个办法是建立保育工厂或试验工厂，来发展生产革新项目，直到能将其投入正式生产的阶段为止；另一个办法是有意识地灵活地设计工业设备，以便在资本损失最小的情况下进行改建。我们将在第十及第十二章中讨论这些问题。甚至科学的最危险的敌人也无法把目前社会制度在经济上的不稳定直接归因于科学。不过他们的攻击中也包含一点真理。那就是：现行经济制度和科学进步不能再并肩前进多久了。要末把科学加以扼杀、使现行制度本身在战争和野蛮状态中消灭，要末对现行制度进行改革，让科学继续进行自己的工作。

不可能做到富足 保守派经济学家的根本性的理由是：科学成果的应用看来可以带来的福利只是空想；虽然在技术上可以做到这一点，它却受到了科学家所不容易看出的经济和政治原因的阻挠：

“科学家认为，如果有一种社会能更加迅速理解科学的

好处、更乐于提供所需的资本、更乐于为脱节现象付出任何代价，因而更乐于调整社会结构，那里就有极其巨大的潜力等待着人们加以采纳以造福于人类。我们可以为这些潜力列出一张长长的清单。无疑，只要社会有进行改革的思想准备，它就会更加迅速地进展。不过，采纳人们决定要采纳的各种东西的不同方法之间是有真正区别的，而且还有一个更为重大的问题——更加彻底的采纳问题。我们能够在多大程度上缓和目前技术革新数量的冲击力，我们就能够在多大程度上应付更大的数量或更快的速度。除非大部分科学发现同利润动机不相冲突，值得人家费心把它们供应给社会，或者除非社会有了足够的科学头脑，愿意把这种特殊的需求包括在一般商业需求之内，或者用它来代替其他需求，否则一切都会照旧不变——潜力永远不能成为现实。……^{159*}

科学家清楚地看到：要是政治家更明智一些、要是商人更无私一些，而且有更大的社会责任感、要是政府更大胆、更有远见而且更有灵活性，我们的知识就能更为彻底，而且能迅速地用来大大提高生活和健康标准——这样就能够避免科研与应用之间的巨大时间差距，我们就能为社会目的而工作。朱利安·赫胥黎博士说过：这就意味着‘用对社会负责的机构来代替目前对社会不负责任的金融控制势力’。这显然也需要大大改变社会结构和目标以及它的成员的职业和先入之见。……

可以设想，有了社会主义性质的社会组织形式，就能够排除某些失调现象，即由于采用新发明的风险和好处不是由

* 原书160—164页为注释，中译本改排为脚注，页码从略。——编者

同一人承受而产生的失调现象,而且能够在顾及投入的资本、技术和当地利益的情况下,研究出理论公式来确定吸收科学发明的最有利的速度。只要指出一点就够了:需要有Tour de force (高超的)想象力,才能设想这种社会组织形式可以发挥作用,而又不致于严重影响经济进步的主要特征:即消费者可以根据自己的需求作出个人选择;而且还需要有同样高超的观点,假定社会组织形式和政治家的智慧都可以达到完善的境地。不过在唯一能使科学发现起充分作用的国际关系和对外贸易范畴内,这种社会组织形式则要求产品的产量远远高于目前能够达到的水平。”——《社会调整的科学》,第48—52页。

用这些论点来论证人们在资本主义社会中不可能达到富足,也许是没有争论余地的,不过如果用这些论点来论证人们在社会主义制度下也不可能富足的话,那么,苏联的实际经验就早已驳倒了这些论点。上述的种种困难也许使社会主义制度不能很好地或马上起作用,但是它是能够起作用的,而且的确在起作用。斯坦普勋爵认为通过科学成果的应用不可能做到富足的基本论点是:有效的需求不会大于目前生产的商品量,而且随着人口减少和海外出路的割断,它一定会变得更小。这种论点中始终暗含着一项假定:现行经济和社会制度会继续存在下去。我们认为,有效需求的性质是从现行制度中产生的。人们是很需要东西的,可是这个社会制度却不让他们赚钱去买,人口所以减少是因为人们对前途不抱什么希望而且忧虑重重。达到富足的阻力是的确存在的,不过这些都是政治和经济阻力,而不是技术性质的阻力。只要有决心和理解力,这些阻力是可以克服的。

第七章 科学和战争

165

科学在战争上的应用是一个十分重要的问题，以至必须专门加以研究。科学家和普通大众近来开始认识到：科学事业有很大一部分被用于纯破坏的目的，而且现代战争的性质由于应用了科学发明，已经变得空前可怕。例如我们知道：在英国，政府每年耗于军事研究的金额将近3,000,000镑，比其他类型的研究费用总和的一半还多，而且其他类型的研究不少也具有直接或间接的军事价值。具体说来，单是用于研究毒气的金额就几乎等于政府用于医学研究的全部拨款。在几乎所有国家里，科学家们被征召为军事工业工作，而且被归入在战争到来时从事各种军事工作的人员之列。这一切似乎都是可怕的新情况，但是科学与战争之间的联系决不是什么新现象；新奇的是，大家已经普遍认识到这并不是科学应有的功能。

科学和战争在历史上的关系

科学与战争一直是极其密切地联系着的；实际上，除了十九世纪的某一段期间，我们可以公正地说：大部分重要的技术和科学进展是海陆军的需要所直接促成的。这并不是由于科学和战争之间有任何神秘的亲和力，而是由于一些更为根本的原因：不计费用的军事需要的紧迫性大于民用需要的紧迫性，而且在战争中，新武器极受重视。通过改革技术而生产出来的新式的或更精良的

武器可以决定胜负。自古以来就是如此。我们知道巴比伦人的军事工程是十分精巧的；事实上，工程师这个词最初就是指军事工程师；因为当时并没有其他工程师。在希腊，技术比较落后，数学166学因为可用于军事用途而受到重视，不过，从我们所引证的柏拉图著作中的那段话(边码第12页)可以看出，这些用途是有限的。

在亚历山大里亚时期，人们更加自觉地把科学应用于战争。亚历山大里亚城博物院集中力量来研制和改进攻城机器和石弩。不管阿基米德是不是真的发明了远距离燃烧镜，一个为一座小城市统治者效劳的数学家需要完成这样的任务仍然是意味深长的。不用说，由于科学帮助满足了战争的需要，战争需要也同样地帮助了科学事业。首先，战争需要提供了金钱来养活科学家，其次，战争需要提出了一些难题，促使科学家把注意力集中在这些问题上面，并且在实践中来检验自己的科学猜想。

火药 随着火药的采用或发明，在中世纪的衰落时期，科学与战争之间产生了一种新的重要联系。火药本身是人们对盐类混合物进行一种半技术、半科学性质的研究的产物。火药的采用对军事技术产生了显著的影响，而且还通过军事技术对经济发展产生了显著影响，帮助促成了封建制度的解体。战争变得越来越费钱，而且需要多得多的技术。这两种需要都对市民和他们所支持的国王有利，而对贵族不利。职业军人对火药在理论上并不欢迎。弗鲁瓦萨关于克雷西之战的描写为此提供了一个有趣的例证。其原文如下：

“英国人仍然毫无动静，而是发射了他们拥有的一些射石炮去吓唬热那亚人。”

在后来的一种版本中，弗鲁瓦萨为了讨好英国宫廷，把有关射石炮的字样全部删掉了。他觉得，由于某种原因，这会使英国

人显得不光明正大。这便是传到后代写在我们学校课本中的那段记载。这段记载所大力宣扬的是英国弓箭手的英勇精神。从这里可以看出，军人阶层抱着鄙夷的态度利用技术人员，并不是什么新鲜的事。

火药后来在许多方面促进了科学。提高火药质量、改进大炮构造、提高射击准确率的需要不仅为化学家和数学家提供了生活出路，而且这些需要所提出的问题变成了科学发展的焦点。爆炸的化学反应过程促使人们去研究燃烧的性质和气体的特性。这方面的研究后来就成为十七和十八世纪现代化学理论的基础。爆炸现象的物理学问题促使人们去研究气体的膨胀，并从而促成蒸气机的发明。不过更直接的原因是因为人们看到把炮弹从大炮中推出去的巨大力量，因而想把它用于较为温和的民用目的。大炮的制造为冶金业和采矿业提供了一个巨大推动力，而且相应地推动了无机化学和冶金学的发展。德国南部和意大利北部十五世纪的巨大技术发展，主要是战争对大炮和贵重金属的集中需求所引起的。当时，在德国南部和意大利北部，各种机械工业基地、资本主义经济和现代科学都应有尽有。*

167

大炮和文艺复兴 炮弹的飞行给人带来的新的力学观念，至少具有同等的革命作用。在大炮出现以前，根本不可能有现代力学。过去，人们认为，一个物体只有在被人不断地推动或自然落下的时候才会移动。随着大炮的采用，人们第一次同这种观念决裂了。那时，布里丹以为：一个抛射体具有一种新的力量，反之亦然。一些炮手和数学家把这一见解进一步加以发展。这些人

* 阿格里科拉和比林格塞奥这两位十六世纪早期的主要采矿和冶金专家都对产品的军事价值给以极大的注意。

中包括了两个最伟大的科学家列奥纳多·达·芬奇和伽利略。他们两人都直接参预军事事务。列奥纳多写给米兰公爵的一封求职信是一个可以说明科学家与战争之间存在必然联系的典型例子：

“最杰出的先生，我已经看过而且研究了所有自称为军器发明技术大师们的试验，而且发现他们的设备与普通使用的并没有什么重大差别。我特向阁下报告我自己的某些秘密发明。兹将其一一简述如下：

(1) 我有一套建造轻便桥梁的方法。这种桥梁便于运输，可用于追击或击溃敌军；还有建造其他比较坚固的桥梁的方法。这种桥梁不怕火烧刀砍，易于升降。我也有办法烧毁敌人的桥梁。

(2) 在攻城时，我知道怎样排去护城河的水流和怎样建造云梯之类的设备。

(3) 又；如果由于敌方阵地居高临下，十分坚固，无法加以炮击，只要敌垒的基础不是岩石构成的，我自有办法埋设地雷炸毁敌垒。

(4) 我还知道怎样制造轻型大炮。这种大炮易于搬运，可以射出燃烧物，燃烧物发出的烟雾可以使敌军丧胆，造成破坏并引起纷乱。

(5) 又；我可以悄悄地挖掘狭窄而弯曲的地道，通往无法到达的地方，甚至可以通往河底。

168 (6) 又；我知道怎样建造坚固的带盖的车辆，把大炮运进敌军阵线、不论敌军如何密集都无法加以拦阻，步兵可以安全地跟随前进。

(7) 我能够制造大炮、臼炮和投火器等等，其外形既实用又美观，与目前使用的都有所不同。

(8) 在无法使用大炮的情况下，我可以改用石弩和目前还没有人知道的其他巧妙的投射武器；总之，凡是遇到这种情况，我都能不断想出攻击的办法。

(9) 如果进行海战，我也有无数用于攻守的最厉害的武器：有防弹防火的船只；还有火药和易燃物。

(10) 我自信在和平时期，在建筑方面、在建造公私纪念碑方面、在开凿运河方面，我比得上任何人；我会雕塑大理石像、铜像和泥像；我在绘画上也不比任何人差。我尤其愿意负责雕刻永远纪念你的父亲和十分杰出的斯福萨家族的铜马。要是你认为上述事项中有哪一些办不到或者不切实际的话，我愿意在你的花园或阁下乐于选择的任何其他场所当场试验。我卑恭地自荐如上。”——《大手稿》(Codice Atlantico)，第391页以下。

列奥纳多在笔记本中记下的大量有关军事的数据说明他的主要兴趣在于军事。他的主要兴趣究竟是不是这样，那是无关宏旨的。在这里有关系的是：只是靠了自称有这么大的军事才能，他才获得了那么重要的职位。伽利略自己就是帕维亚大学的军事科学教授，而且他所以能够把自己发明的望远镜卖给威尼斯元老院，完全是由于它在海战中有一用处。^{*}不过早期的科学家们有时也对自

^{*} 例如，我们在他的书信集第一卷中发现了一封1609年8月24日致威尼斯总督列奥纳多·杜纳托的信，并且在他1609年8月29日写给他的朋友贝内代托·郎杜契的信中又发现了一段评论。

致列奥纳多·杜纳托的信中说：“我制成了一只望远镜。这是一切海陆作战所必不可少的东西、是一件无价之宝。人们可以发现比通常远得多的地方的敌帆和敌方舰队，这样我们发现敌人就能比敌人发现我们早两小时以上。我们通过辨识敌船只数及其质量对其力量作出判断，就可以决定究竟是出击、迎战还是退避。……在陆上，也能从远处居高临下的地点看到广场、建筑物和敌方的防守工事，即使在旷野也可以明察敌方的一切调动和准备，对我们尤其有很大好处。此外，它还有一切有识别力的人都会

己的发明遭到滥用的现象感到不安；例如，为弹道学奠定基础的塔塔格里亚在为《投弹技术》一书所写的序言中写道：

“当我1531年居住在韦罗纳市时，我有一个亲密朋友是旧城堡的军械长。他是一个十分精通本门技术的有经验的

清楚注意到的许多其他用途。我认为它值得尊贵的殿下予以接受并作为有用的东西加以重视，所以才决心把它献给您，并请您对这一项发明作出决定——由您斟酌决定是否加以制造。”

致贝纳代托·郎杜契的信中说：“鉴于这项仪器在海陆作战中会证明非常有用、而且鉴于尊贵的殿下亟欲得到它，我在四天前决定到宫中去，把它免费赠给总督。”

结果他拿到了1000达卡特（过去在许多欧洲国家通用的货币名称——译者）的薪金并被授予终身教授的职位。

霍格本教授在《大众科学》一书中，说这个故事是我告诉他的。他把这个故事和我在同时告诉他的另外一个故事混淆起来。另一个故事讲的是伽利略提出的利用木星的卫星来确定经度的方法。伽利略研究出这个方法后来的事情。他在1616年方在一封信中第一次向西班牙国王提出这个方法。那封信中有下面一段话：

“简单说来，这是一项伟大而辉煌的事业，因为它涉及一个同完善地描述航海技术有关的十分高尚的课题。进行这项工作时所借助的手段是令人惊叹的——就是利用通过一种仪器所观察到的星球方位运动，这个仪器使我们的五官中最主要的感官大大完善起来。我为了此事已尽了最大努力。剩下的工作就不是我力所能及的了，因为我既无海港又无岛屿，也没有省份和领土，甚至也没有船只可以开到那些地方去。这是一个真正具有王者气派的伟大君王的事业。他通过对这件发明的赞助，可以期望为自己不朽的声名增光，让子孙后代看到自己的名字写在所有的海陆地图上。在今天世界中，再没有哪一个君王比西班牙国王更适于从事这项事业了。”（1616年11月13日，书信第1235号）

对方无法接受他的条件——他要求授予大公爵爵位并付给巨额金钱。因此，他晚年又写信把同一发明向荷兰联邦议会兜售——同样没有取得结果。这封信由于要诉诸民主情绪来打动荷兰人，同前函形成有趣的对照。

1637年6月致阿姆斯特丹的里阿利奥。

“我已经决定把它献给这些杰出的先生们，而不献给某个专制的君主，因为君主个人几乎总是不懂得这种机器，不得不倚重别人的意见，而这些意见往往是不大高明的。人类头脑中往往少不了一种情绪，即不愿看到别人超过自己。因此，没有头脑的君主对于别人向他提出的建议总是加以鄙夷。提建议的人不但得不到奖赏和谢意，反而招来麻烦与鄙视。但是在一个共和国中，考虑问题时要集思广益。在有权力的统治者当中，只要有少数人或甚至个别人对于所提议的事略有所知，就可能使其余的人有胆量批准并一致同意支持这项事业。”（第14卷）

人。他的天赋也极好。有一天他问我怎样瞄准才能使大炮具有最大的射程。我对大炮毫无实际知识，因为我一生中从来没有用火器、火绳枪、射石炮或者短枪射击过，但是我不想使朋友扫兴，还是答应很快向他提供这个问题的答案。（接着他叙述了自己着手解决这个问题的经过。）

结果，我就打算写出一篇关于炮击技术的论文，而且我想只试验几次，就使这种技术达到完善的地步，使人们在一切情况下都能瞄准射击，因为亚里士多德在《物理学》第七卷第20节中说过：‘个别试验是普遍性的科学的基础。’ 169

可是在这以后，有一天我在独自思考想到这种技术可能损坏邻国、可能毁灭人类、特别是可能毁灭彼此之间不断发生战争的基督教徒，而我却想使这种技术臻于完善，我觉得这实在是一桩应该受到谴责的事，一桩可耻的事，一桩野蛮的事，应在上帝和人类面前受到严厉惩罚。因此，我不但把这种研究完全置诸脑后，转而从事其他工作，而且把自己关于这一课题的计算和笔记全都撕掉烧毁。我对于自己在这方面花费了大量时间感到羞愧和懊悔，决心不再为了讨好朋友或传授这类材料而把不由自主地留在记忆中的东西写成文字，因为这类题材是一种重大的罪过，是灵魂堕落的表现。”

不过由于土耳其人恰好在最最虔诚的基督教国王法国国王的挑动下，马上就要进攻意大利了，他又改变了主张：

“但在今天，由于眼看凶猛的恶狼就要冲向我们的羊群，而且看到我们的牧羊人已经联合起来共同防御敌人，我感到再把这些东西保密起来就不妥了，我决定把这些东西，部分书面发表、部分口头发表，以便造福于基督徒，使大家不论在进攻共同敌人的时候或者在抗击敌人进攻实行自卫的时候，都

处于更加有利的地位。我在此刻很后悔自己一度放弃这项工作，因为我确信，要是自己坚持下去，我本来会发现一些极有价值的东西，因为我仍然希望找到……我希望爵爷们不会轻视我的这本著作，以便更好地向阁下最杰出的政府的炮兵传授有关他们的技术的理论，并且使他们能够更熟练地加以应用。”

实际上，塔塔格里亚的著作和几乎所有弹道学家的著作对于炮击实践并没有多少实用价值，但它们却证明很有助于力学的发展。把根据炮击实践提出的问题得出的新的力学概念和天文学概念结合起来的工作还有待于牛顿去完成。当时，天文学本身由于航海的需要，正在积极发展，因而已经部分具有军事性质、部分具有商业性质。科学不仅在天文学和力学方面同战争发生联系，而且，现代物理学在很多地方还得力于盖里克所发展的真空技术和摩擦电。他是古斯塔夫斯·阿道弗斯^①在三十年战争中的总军需官。他利用自己的地位进行了大规模的试验。*

170 **战争和工业革命** 科学和战争之间的这种联系一直不断地维持到现代。现代化学之父拉瓦锡是法国兵工厂“火药管理处”的主管。法国炮兵学校是在十八世纪中唯一系统地教授科学的地方。十八世纪后期和十九世纪初叶的大多数伟大数学家和物理学家都是在那些学校里受业的。这类学校的另一个产物便是拿破仑。他是第一个受过科学教育的军人。这和他的成就并不是毫无关系的。十八和十九世纪的伟大技术发展，特别是用煤来大规模熔化铁的方法以及蒸汽机的采用都是规模越来越大的战争要求，

^① 古斯塔夫斯·阿道弗斯是十七世纪的瑞典国王。他年青有为，称雄北欧，曾支持德国北部信奉新教的各邦同信奉旧教的奥地利进行长期的三十年战争。——译者

* 参看克劳瑟著《科学与生活》，第44页。

制造大量大炮的直接结果。蒸汽机气缸的精密镗孔工艺应归功于威耳金森的改进。正是由于这种精密的镗孔，瓦特的高效率的蒸汽机才变得同以前的气压机在实践中大不相同。而威耳金森所以能够有所改进，则是由于他在镗制炮管的过程中取得了经验。朗福德在同一领域中发现了热工当量^①。这就为一切热力机提供了基本理论。

十九世纪 十九世纪初叶的长期和平使战争对科学的相对重要性(但不是绝对的重要性)有所减少。例如，蒸汽机车就是同军事需要关系不大的几项主要发明之一。染料的发展证明是和炸药的发展同等重要的推动化学进步的力量，虽然这两者的化学过程是密切相关的。不过将近十九世纪末叶、特别是在普法战争之后和帝国主义竞争开展以后，战争对科学的作用又开始再度变得越来越重要了。一方面，重金属工业愈来愈仰赖于大炮和军舰的定货，另一方面，人们还在建立新的化学工业，以便在前此无法设想的规模上提供炸药。大规模钢铁生产是一项对现代机械文明几乎比任何其他因素贡献都要大的技术发展。可是大规模钢铁生产却是战争需要所直接促成的。贝塞麦在1854年克里米亚战争开始时就发明了一种来复线大炮，可是却找不到经得起这种张力的铁，因而才去从事钢铁生产的研究而且大获成功，与此同时，交通运输工具电话、无线电、汽车运输而特别是飞机等等的改进，使人们有可能一次调动和指挥几百万人，同时食品贮存方法和医疗设施的改进，也使这几百万人可以不受饥馑和疾病的影响而生活多年。 171

^① 科学史上一般认为热工当量是英国物理学家焦耳(1818—1889)发现的(见下页叙述)。朗福德则是在慕尼黑钻造炮筒时，观察到产生的热量和钻磨量或多或少是成反比的。——编者

直到经历过上次大战以后，人们才充分认识到这对战争来说意味着什么。在这以前，虽然有个别目光远大的科学家明白自己的工作正为人类带来怎样的前景，不过大多数人却认为，科学已经使战争变得如此恐怖，再也没有哪个国家想从事战争了，并以此自慰。发现热工当量的焦耳，对于科学对战争的贡献不抱什么幻想，不过他也和塔塔格里亚一样，在涉及本国的时候持保留态度。

“这些便是科学的正当目标。值得人们深深遗憾的是：科学又有了一个很不相宜的目标，而且这个目标的重要性还逐渐惊人地有所增加。这便是改进战争技术和相互残杀的工具。我知道，有人认为，这些改进会使战争的破坏力变得更大，因而往往会使战争打不起来。我认为持有这种见解的人毫无常识。我相信战争不仅会具有越来越大的破坏性，而且会更加激烈。个别战役肯定会变得很短而且立见胜负，但是，这一定会使得各个国家迅速兴起或迅速衰亡，并且使得边界和宪法变动不定，最终必然会败坏文明本身而使和平局面无法维持。所以科学由于致力于一个不适当的目标，最后可能会自掘坟墓。就这个问题而言，对于有人滥用科学来达到个人或国家的扩张目的，我们也不能不表示遗憾，因为，其结果只能是弱小种族灭亡，强大的种族占有其废墟。我这番话是指一般战争。我并不想毁谤人们为保卫大不列颠的完整和自由所作的努力。我们是迫不得已而这样做的，值得庆幸的是：我们对目前欧洲军事形势毫无责任。”——根据克劳瑟著《十九世纪的英国科学家》，第140页。

世界大战中的科学 尽管从技术上和科学上来说大战的准备工作规模极大，人们却发现随着战争实际局面的发展，这些准

备工作完全不足以应付需要。在战争期间，科学家们第一次发现自己成为各自政府不可或缺的人物，而不是可有可无的人物了。的确在一开头，对这些人才的使用，存在严重浪费现象。本来可能成为本世纪英国最伟大的实验物理学家的莫斯利竟被派前往加里波里并在那里阵亡了。英国的一位主要物理学家建议为陆军组织一个气象机构，人们却告诉他说：英国士兵能在任何气候中作战。只是在英军在弗兰德泥泞地带发动几次攻势遭到重大伤亡之后，才设立了这个机构。^{*}不过随着战争拖延下去，政府就把科学家们留在国内，以便改进现有的毁灭性武器、发展新武器和应付敌国新发展的武器。空中战争和化学战争是大战期间科学事业

172

^{*} 在战争中对科学家加以使用与其说是军事当局要求科学家工作的结果，不如说是科学家自己施加压力的结果。从《自然》杂志的一篇社论中摘录的 下述一段话可以证明这一点：

“现已公布的过去十个月的伤亡总额应当使全国人民相信：在这场战争中，我们决不能让敌方占优势；必须把科学人才和科学组织的全部力量都集中使用于海陆军作战。国内还有几百名科学家的精力和专业知识和没有得到有效的使用。我国应该拥有一支科学部队。它既有人在国内也有人在前线进行研究工作。而不仅仅是设立一个委员会，在可能采取的攻守办法问题上向政府官员提出谘询意见。象弗莱明教授这样的一位卓越的科学家竟会在6月15日《泰晤士报》上发表谈话说：经过了十个月的科学战争，却从来没有人请他去参加任何试验工作或者要他把自己的专业知识提供给皇家部队使用，虽然他本人是很愿意提供这种支援的。可见当权者并不理解被他们欣然置诸脑后的科学部队的价值。天天都有科学家问我们怎样才能把自己的知识贡献给国家，而我们却无法马上答复他们。把我国的科学人才组织起来是至关重要的，可是人们几乎还没有采取什么措施来促成此事。

在考虑怎样满足国家需要时，似乎有必要把发明新式攻守方法的任务和增产高爆炸力炮弹的任务分别处理。后一个问题在报纸上正占着突出地位。这次战争中出现的新情况和所使用的有别于传统方法的新作战方法使第一个问题越出了海陆军工程师们的工作迄今所遵循的常轨；必须由民众和军人共同努力来加以解决。有必要在整个科学领域内进行调查，以便找到一些破坏方法，便于我们自己加以使用，而我们的士兵也指望我们能够向他们提供对付这些破坏手段的防护办法。政府只请一名科学专家针对已经发生的情况提供建议是不够的，政府必须能在一旦发生新情况时随时都可以应付。”——《自然》杂志，第95卷，第419页（1915年）。

的两项福音。不过在战争条件下进行科研浪费惊人。往往要在物资和准备工作都不充分的情况下，在短短几星期中设计出新方法并投入生产。这自然造成物资的极度浪费和生命的重大损失。协约国为了应付德国人制造的毒气，不顾化学家和工人的死亡或伤残，加紧发展毒气生产。同样，飞机制造有长足进步，然而在物资和生命方面却付出了重大代价。*尽管这样，很显然，在战争的刺激下，科研成果付诸应用的速度仍然比和平时期活动表面上具有的限度快好几倍。这表明：在和平时期，科学的进步并不是受到内在因素的限制，而是受到外在的经济和政治因素的限制。

战争促成了国家组织的科研工作 大战爆发后不久，在德国境外就可以看出，各国科学的发展、特别是训练有素的科学家的人数完全不足以应付军事形势的需要。德国人的自然资源要少得多，在战争的大部分期间，他们却能够在技术上和军事上掌握主动权。德国和协约国士兵阵亡的比例为一比二，德国人每丧失一架飞机就要打下六架对方的飞机，这一点是意味深长的。因此，战争、而且只有战争才能使各国政府痛感到科学研究在现代经济中的极大重要性。英国通过成立科学和工业研究部而公开承认了这一点。这个部主要是为满足平时备战需要而设立的。例如，我们在1934年的报告书中看到这段话：

* 例如，我们在《科学遭受的摧残》一书中克劳瑟所写的文章中看到下面的一段话：

“在战时所取得的相当巨大的技术进步和飞机生产成本的增长之间的关系是否合理呢？在1914年，有记录的最高时速为126.5英里。在1920年则为188英里。在1914年有记录的飞机在空中逗留最长时间为24小时12分。在1920年则为24小时19分。在1914年，有记录的最高飞行高度为25,756英尺；在1920年则为33,113英尺。最远的直线飞行从646英里增加到1940英里。飞机在速度上每小时增加了61.5英里，在空中逗留时间增加了7分钟，在飞行高度上增加了7,357英尺，在直线飞行距离上增加了1,294英里，这些改进同全世界所花费的1,000,000,000英镑对比是否相称呢？（第34页）

“人们过去一直要求英国工业和科学更加密切地并肩前进，战争的环境使他们的呼吁更显得有力，因为战争环境空前有力地说明：有了可以在工业中利用的科学发现却不再继续采取措施，那会产生什么后果。例如，我们很快就发觉：我国不幸主要得依赖国外来供应某些作战上极为需要的物资。当时我国的头号敌人通过科学成果的应用，已经掌握了某些工业产品，按其程度和性质来说，都足以危及我国的利益。大家普遍认识到：为了在平时和战时都能取得成功，就应充分利用科学资源，战争的危险为和平时时期提供了教训。”……（也可参看边码第30页） 173

在订立和平条约时，获得胜利的协约国企图把德国人的科学事业据为己有，以便永远确保自己的势力。可是由于政府官员和工业家把科学看作是配方的总和而不是把它看作是作用遍及整个经济结构的一种活动，他们仅是取得一些制造染料和炸药的秘方，免得自己的科学家再去探索，而让德国科学家们通过自己专心致志的工作，把协约国用武力所推翻了的军事均势重新扭转过来。

当前的军事科研工作

在战后年代中，人们愈来愈把从科学上为近在眼前的未来战争作好准备当做当急之务。在一切国家里，政府都把科学看作是有用的军事附属物，在某些国家中，这实际变成了科学的唯一职能。这不仅反映在政府的比较巨大的军事研究预算拨款上，而且也反映在工业企业的类似支出上。只有三种工业规模较大、垄断程度较高，足以进行充分规模的科学研究。它们是重金属、化学和电器制造工业。前两种工业主要地而且在愈来愈大的程度上从

事军火生产。可以公正地说，英国约有三分之一到一半的科研经费是直接或间接用于军事科研的。其他国家的科研经费可能也不下于此，或甚至更多，虽然其数字更不容易收集。而且这只是平时的情况。十分显然，在战时，一切科研实际上都要为作战目的服务。

什么是军事科研？ 要精细确定什么算是军事科研、什么不算军事科研现在几乎不可能了。在一些还允许人们发表和平主义意见的国家里，当局自然设法缩小军事科研费用数字。通常的办法是，指出在有些情况下，为军事目的而进行的科研怎样地变得具有商业价值，结果还是有利于社会*。关于这一点，我们已经指出了从前的一些例子。现在人们列举的例子是炸药研究对于爆破矿山和石坑的用处和毒气在消灭害虫中的用途。然而宝剑可以
174 改成犁头，而且有时也的确被铁匠打成犁头，这只不过是事实的一半而已。同样正确的是：表面看来属于民用的科研也可以用于军事。事实上，我们正在脱离战争仅仅是社会一小部分人的专门任务的年代，而且已回到社会、部落、或者民族的每一个成员首先都是一个战士的时代去。在现代工业化条件下，战争不再单是由战场上的士兵来进行，而是由整个国家的工业体系来进行。工业体系参加战争的间接性是一个十分方便的烟幕，因为这样就可以使和平主义者的攻击矛头指向战争中大概最不重要的部分——实际的前线作战。不过把科学成果在现代战争中的直接应用和间接应用区别开来还不失为一个方便的办法。

战争趋向于机械化 在世界大战中出现而且在此后又大大

* 参看《自然》杂志中关于民主管理协会散发的小册子《爱国主义有限公司》的来往信件，《自然》杂志，第133卷，1934年2月及4月号。

强化的特征之一，便是一切类型的作战的机械化。结果，假如人们要进行战争，人们就不但象在旧式战争中那样，需要步枪和大炮之类的装备，还需要机关枪、坦克和飞机。这些武器又相应地需要更多的炸药、汽油和毒气。制造这些武器所必需的资本支出要比以前任何战争都多得多，而为了要在战争条件下在一段相当长的时期内使这些武器源源不断而来，就必须有一个有活力的和有效率的工业来供应，这个工业所雇用的职工人数要比作战部队的人数多得多。因此，人们立即可以得出结论说：只有高度工业化的国家才能有效地进行现代化战争。通过代理人去进行战争的一些国家可以把这个事实掩盖起来。它们雇用外籍人去作战，并且不断向他们供应现代化武器弹药。玻利维亚和巴拉圭之间的战争就是一个例子，这两个国家本身都制造不出任何有效的武器。这场战争部分地是作为英美两国的敌对经济集团夺取经济利益的一种斗争而进行的、部分地是为了向军火厂提供利润、部分地也是为了在作战条件下实地试验现代武器的效率。西班牙内战是另一个方法的例证：这个方法就是向难于驾驭的少数集团提供武器，试图推翻一个国家的政府。当一个高度工业化的国家同一个既缺乏工业又得不到另一个工业国支持的国家进行战争的时候，会产生什么结果，已经见于可悲的阿比西尼亚战争。所以，一个国家在战争中能否取胜取决于其平时工业的规模和效率。实际上，世界上仅有七个强国可以说在这方面是真正有力量的，不过其力量大小是不等的；即，美国、苏联、英国、德国、法国、日本和意大利。凡是能够加强本国工业、提高其生产方法的效率及其经济效果的一切办法都会增强一个国家的军事力量。就这一点来说，一切国家的工业科研都是潜在的军事科研。人们已经在德国清楚看到了这一点。在那里只需稍作变动，就能把民用工业研究的整

个机构转为公开为军事目的服务的机构(参看边码第217页)。

科学和军备

重工业 各工业部门自然并不都是同等地参预备战活动的,但是参预备战的主要部门却是国家的关键性工业——重金属、机械和化学工业。这些也是科研活动最多的部门。我们在过去几年中已经看到,欧洲的重金属工业几乎完全是靠了军事订货才从萧条的深渊中解脱出来*,制造大炮、战舰和坦克都需要大量钢铁,生产这种武器的需要已经证明是促使人们研究金属特性的最大动力。除了各个企业开展的科研之外,英国钢铁联合会用于合作研究的费用从1932年的5,000镑一跃而上升到1936年的22,500镑。

飞机生产 在机械工业中、特别是制造运输工具的工业中,人们可以同样清楚地感到军事需要的压力。某些种类的重型运输工具、卡车、拖拉机等,实际上可以无区别地用于战争或和平的目的,很难估计出研制这些东西的费用中有多少可以归入军事支出。不过对飞机来说,情况却是完全不同的。几乎从一开始,发展和扶助飞机生产就主要是为了军用。甚至在这次重整军备景气时期来到之前,英国全部飞机中,就有五分之四是军用飞机**,在德

* 维克斯公司在1932年与1937年之间的纯利润从529,038镑增加到1,351,056镑,同时其股票价值从1933年的6先令 $1\frac{1}{2}$ 便士上升到1937年的32先令9便士。

** 甚至早在1935年就可以说:“飞机工业现在已完全成为一个军事工业了,1933年出口的234架飞机和40台引擎大部分都是用于军事的。在我国的新规划中,军事职能变成飞机工业的压倒一切的主要职能了。今年实际生产的新式军用飞机(1,500架)将比目前已有的全部民用飞机(1,200架),包括供体育和游览用的飞机,还要多。”——《曼彻斯特卫报》,1935年5月24日。

国等国家里，由于禁止拥有军用飞机，人们就有意识地发展民用航空事业，以便在适当时刻把民用航空事业转到军用航空轨道上去。因此，在几乎一切国家中，航空科研都具有直接的军事重要性。征候之一就是，各国之间越来越难以在航空研究上进行任何合作。当然还是有一些表面上的合作；还有些国家对新飞机的设计进行了一些宣传，借以提高自己的威信，可是最好的设计都要等到实际上过时以后才予以公布。就这样，所有国家都希望在战争爆发时能比别国领先几年。飞机工业是上述意义上的几乎完全科学化的工业，而且正在迅速发展。它需要的科研工作比任何比较老的工业都多得多。实际上，我们发现，在大多数国家中，航空研究是一切工业科研中最优先发展的、接受津贴最多的项目。所以在英国除了一些军事航空研究站之外，国立物理实验室也有很大一个部门专门从事空气动力学的研究。上述这些军事航空研究站在1937年共花了727,500镑之多。甚至在大学里，空气动力学研究也占有重要地位。*

176

化学工业 化学工业在现代战争的准备和进行过程中占着日益重要的地位。然而在化学工业中特别难以区别有多少科研工作属于民用性质，有多少属于军用性质。化学工业供应的或者化学工业可以供应的军事物资是炸药、毒气、橡胶、汽油和其他马达用油。如果不能以大大超过平时的数量来供应这些物资，战争就无法长期进行下去。**所有这些物资在平时和战时都有用处，只有毒

* 例如，一位著名的飞机制造商约翰·西德利爵士1935年在剑桥捐赠了10,000镑以帮助人们进行航空科研工作。这事引起了一些争论，因为尽管当局否认，当时还是有人认为这是对大学军事科研的一种捐助。

** “要生产化学战的药物就必须拥有一个重化学工业。对这一目的来说，重化学工业比精密化学工业更为重要。这些重化学产品是硫酸、硝酸和盐酸、液态氯、漂白粉、苛性钠和纯碱之类的物质。

气主要用于战时，所以在平时生产得比较少。人们经常需要用炸药来爆破矿山和石坑，并用于许多土木工程用途。粗看起来，橡胶和汽油似乎不能列入化学工业范围。它们是资源分布得很不均匀的天然产品。在大国之中，美国和苏联都缺乏橡胶资源。英法则缺乏汽油，而德、意、日则二者俱缺。因此大战以后，科学界就拚命研究这两种物质的人工合成方法。在一个组织得合理的世界中，由于人们可以方便地在大庄园中生产橡胶，生产合成橡胶是不经济的，从煤中提炼汽油也是这样。当然，在花了几百万镑款项来进行研究和建立实验车间以后，人们也许有可能找出一些新方法，以相当于天然产品的成本来生产这些人工合成产品。或者甚至有可能生产出优于天然产品的新材料和燃料。我们的目的仅仅是要指出有多少科学研究力量转移到表面上属于商用性质，而实际上几乎完全是为了适应军事需要而产生的项目上去*。

炸药和毒气 制造更为直接的军用化学品——炸药和毒气——的方法和原料并没有什么特殊之处。炸药的主要成分是硝酸、硫酸、甲苯等煤焦油衍生物和各种纤维素物质。所有这些东西在平时都有很广的用途。不过各国都希望把这类物资准备得足足的，以供军用。这一直是推动人们研究用其他办法生产这类物资

“生产这些物质的详细情况在本文中另有叙述，不过我们应该在这里指出其主要原料为：煤、石灰石、盐、硫磺或硫化物；有了这些，再有了必要的农业资源来生产酒精，人们就不仅能生产出重要的可供销售的化学品（有机和无机化学品），而且还能够生产出大多数重要的军用毒气。只要加上砒霜和溴就可以使这份清单成为完整的军用毒气生产原料清单了。”

参看民主管理协会向调查私商军火制造和交易情况的皇家委员会所提供的证据。作证记录第7号和第8号，附录，第182页。

* 例如，经过多年试验后，英国在1927年以3,000,000镑的费用建立了一所煤的氢化工厂，可是它仅能在政府的巨额津贴扶植下维持生产。合成橡胶已经在苏联、美国和德国成功地生产出来了。

的一个十分自觉的动力。制造硫酸所必需的硫本来都是从高级硫矿石、黄铁矿或者天然硫沉积层中提取的,不过这些资源受到地点限制不能成为万无一失的战时物资来源。大部分的直接硫矿石都是由意大利、西班牙和美国提供的。因此,各国都纷纷研究怎样从分布很广的石膏之类的低级资源中提取硫。用了目前使用的方法来生产硫酸,再没有一个大工业国会感到缺乏硫酸了。硝酸供应曾经一度成为极其尖锐的问题。由于硝石几乎完全来自智利,在战时只有拥有制海权的国家才能取得它。可是由于哈柏在上次大战中发明了利用空气中的氮气制造硝酸的方法,情况就完全改观了。利用这个方法,不仅在战时,而且在战后都生产了大量硝酸盐,以致使天然硝石一度在竞争下被迫完全停产。当然,硝酸盐除了在战时有用处之外,在平时也有极为有价值的用途——作肥料用。不过由于农业生产者买不起,硝酸盐作为肥料是供过于求的。必须有一次真正的大战才能使合成硝酸盐工业复苏*。

毒气的生产情况与此相似;所需的天然原料,除了已经指出的以外,还有氯气。氯气可以从盐或海水以及砷中提炼。这些原料是到处都有的。毒气制造过程中的中间产品都是常见的商品,所以只要使科学研究的最后几个阶段转到军用轨道上去就可以生产出毒气来;毒气制造厂尽可以依靠普通的化学生产经验来处理其他阶段。另一个使化学工业比其他工业更带有直接军事性质的特征是:它可以比较容易比较迅速地 从平时生产转入战时生产。制造大炮和战舰的机器无法很快地装好。甚至用来制造大量飞机的机器也需要几个月的时间来准备必需的工具、夹具等等。但是化

* 由于硝酸在平时生产过剩,由纳西流域管理局的大力滩工厂从生产硝酸盐改为生产磷酸盐。不过一到战时还是可以很容易地使其重新恢复生产硝酸盐。

学工业至多只需要两三星期就可以转入军事生产。

由此可见每一个现代国家的三个主要工业——即重金属、机械和化学工业——的结构和军火生产有十分密切的联系，以致无法把这些工业中带有军事性质的部分和民用部分截然划分开来，这个问题不仅使善良的人们想要使战争无利可图的努力归于失败，而且也使各国政府感到不便。^{*}当他们试图减少军火厂向他们收取的费用时，他们总是发现厂方可以把这些费用转嫁到和同一托拉斯有关联的许多中间产品制造厂身上去，以致实际上无法实行节约。要精确判断可以使重工业普遍得到改进的任何一项基本研究或者应用研究是否具有很大军事价值，也是同样困难的。

国家食品供应

人们从军事需要着眼来发展生产力并不限于工业领域。在现代战争中，维持食物供应的问题也几乎具有同等的重要性。自从上次大战结束以来，各国都拚命努力要做到尽量由国内供应长期战争所需要的食品。这一趋势完全扭转了十九世纪的发展趋向。当时的趋向是，使大量人口集中于工业区，而利用不发达国家的或多或少机械化的农业所生产的多余产品来养活这些人。自由贸易理论背后的主张是：每一种产品都应该在最适宜的地区生产。这些地区要么由于气候条件、要么由于具备某种工业技术最宜于生产这种产品。任何别的政策都意味着不经济地使用劳动力，而且事实上要推行任何别的政策，就只能在行政上征收沉重的关税和

^{*} 调查私商军火制造和交易情况的皇家委员会的记录中记载的向帝国化学公司代表们提出的质询清楚地说明了这些困难，第2,712—2,756段。

发放补贴、在社会政策上平时不让工业国人民有充足的食物或其他必需品，战时只让他们有希望勉强活下来。新的发展趋势则要求科学完成一项重要的辅助任务：在多多少少不利的条件下提高动植物的产量，例如要在英格兰生产甜菜*，或者把山坡改造为牧场，以便利用原来的牧场来种植小麦。食品储存的问题也受到极大的注意，不过这方面的研究却得出了原来没有预计到的结果。这种研究虽然有助于国内食品生产，却使人们可以更方便地从远处海外的国家输入食品，而且迫使政府不得不实行新的关税和进口定额。

可是恰恰就在要求实行本国食品自给自足的呼声最高的国家 179 里，就有三个有力的对抗因素使这个运动的效果大体上化为乌有。第一，一个有力的经济因素是：工业国如果不从不发达国家购买食物，就会使这些国家的经济大受影响，以致使它们无法从工业国购买工业品，从而使工业国利润减少并造成失业，这样就大大抵消了工业国在国内生产食品在军事上的潜在好处。德国在纳粹统治时期曾经极其坚决地要使自己不依靠国外食品供应，但是就连德国也不得不从大多数中欧小国输入剩余食物以便为自己的工厂提供市场，第二个对抗因素是：殖民地都以生产食品和其他原料为主。它们的产品必然要和国内发展的生产竞争。在大英帝国的例子中可以清楚地看到这种情况。有人想要既支持国内农场主又支持帝国，结果只是引起了一片思想混乱，使保守党人无所适从。第三个阻力主要来自政治方面。要真正有效地生产食品，

* 丹尼尔·霍尔爵士在《科学遭受的摧残》第25、26页中说：“……一切证据都说明：热带和亚热带国家利用甘蔗生产糖，比利用温带的甜菜生产糖，具有更大的经济效果。可是人们却通过复杂的财政办法来维持和扩大欧洲国家的甜菜种植，连英国也正花巨款力图建立这个根据现有证据看来毫无经济前途的外来生产事业。”

不仅需要对农业进行科学研究，而且还需要对农业的实际经营加以合理的组织。这就必然意味着要对古老的农业生产方法进行彻底改革，从而既使地主受到打击，又使小自耕农或者佃农兼业主受到打击。这些人是全世界反动政府的主要支柱。这些互相矛盾的因素造成了最大的经费开支和混乱，只取得最小的实际效果。政府发放的大量津贴全都流入大地主和大农场主的口袋。科研工作开展了，却没有加以应用。居民付出的价格提高了，而所购得的食物反而减少了。不过，研究食品生产所耗费的金额，同付给效率低下的生产者的津贴金额相比，虽然微不足道，在整个可资利用的科研经费中却占有相当大的比重。农业、生物学、生物化学甚至医学研究工作都是其受益者。

现代生物学研究的成果和它在世界各地食品生产中的应用、特别是在苏联和爪哇甘蔗种植园中的应用表明：从技术上来说，食品生产的问题已经获得解决了，只等着人们实施经济和政治改革，就可以成为现实。甚至有可能找到集约生产食物的科学方法，在一定程度上，再配上人造食品（参看第十四章），这样即使象
180 英国这样地理条件很差的国家也能生产出本国居民所需的全部食品，虽然这是一种很大的精力浪费。有人根据存在着这个可能性的事实，硬说科学的进展已经使国际主义变得没有必要了，还有人根据这一事实鼓吹实行民族经济和文化的彻底分离。不仅法西斯主义者持有这种观点，连霍格本教授也受到小英格兰激进主义极端思潮的影响而极力宣扬这一观点，认为利用这种手段，通过放弃国际贸易所必需的海外的一切民族权益就可以消除战争的根源。

“如果我们逃避了感情用事的国际主义可以迅速带来的报应的话，那么就只有一种一贯的政策可以把我国的进步力

量团结起来进行改造社会的任务，而且可以象我们教友派教徒所说的那样，消除战争的根源。如果我们逃避不了那种报应的话，也只有主张实行使战争成为不必要的政策的政党才有希望存在下去。一个合理的方案是：激发谦虚而勤劳的人们对自己周围环境和亲人怀有的健康情操，全民一致地建设本国，对现有的全部科学知识资源实行社会化，以便使英国逐步地同欧洲和帝国更加隔绝开来。一个提出这种政纲的进步党派可望得到很大一部分薪金阶级的支持。对他们来说，对破产的工业实行国有化的前景是毫无吸引力的。如果不这样做的话，另一种前途就只能是，自由党人和社会党人继续竞相宣扬国际友好，迫使我们走向具有不堪设想的破坏性后果的全球大灾难，同时使我们轻而易举地成为独裁者的牺牲品。即使天然位置的原则是一个永恒的真理，在我们的时代中，民族意识的增长也是不容争辩的事实。我们不能不在两种前途之间作出抉择。我们可以利用这种意识动员人们普遍希望对私营企业无法为了造福社会而加以利用的技术资源实行社会化。我们也可以让人象希特勒那样去利用这种意识把我们一直推向野蛮和战争。”——兰斯洛特·霍格本：《从理性退却》（第40—41页）。

不幸在实际上，力求实行国内自给自足的政治势力恰恰就是力求最大限度地扩张陆海军力量的政治势力，而且在目前世界政治结构中，一个国家单靠本身资源生存的能力，只能被看作是战备的一个方面，而且还决不仅仅是战备的一个防御方面。

科学研究转用于军事

分析一下政府科研开支，就可以清楚看出在决定科研方向的时候军事考虑的相对重要性。如果我们首先看一下科学和工业研究部在1936—37年度的纯开支数字，我们就可以发现其中最大的一笔钱105,000镑是用于国立物理实验室的。该实验室的三个最重要的部门：冶金、空气动力学和无线电都多少具有直接的军事价值。审查了他们的报告后，也可以十分清楚地看到：这些部门也是最活跃和管理得最好的部门。其次的最大开支项目是用于燃料研究的22,000镑。它主要涉及煤的氢化和从煤中提炼汽油的生产方法。这也有直接的军事价值。38,000镑用于研究食品，主要是食品的保存方法。把这几项加在一起，就可以知道在这个部的总支出——460,000镑（不包括付给研究协会的津贴）——中，约有160,000镑，亦即至少不止三分之一的费用可以算作军事开支，而且同可能的军事用途还有相当密切关系；同时无庸置疑的是：这些正是管理机关最关注的几部分工作，迅速发展的前景也最大。*

军事科研 说得准确一些，军事科研并不仅仅限于可以提高工业生产效率和提高不依赖国外供应的程度从而增强军事潜力的各种科研工作。军事科研还涉及设计和试验进攻性和防御性

* 杰弗里·劳埃德先生在1937年11月16日的一篇演说中，反对非官方的科学界对防空计划的批评。他的发言透露出军事科研范围达到多么广泛的地步：

“我希望强调一下：政府在这桩事（防御毒气）上，并不仅仅依靠它自己的技术顾问，尽管这些技术顾问是极其有能力的，因为我认为所有明白这个问题的可敬的议员们都会同意：大战结束时，帝国防务委员会的化学品防御研究部被认为是全世界同类机构中最卓有成效的部门；不过除了这些专家之外，政府还向100名以上的著名外界科学家和技术化学家征询意见；事实上，我认为：说我国在这方面的主要科学家都是化学品防御委员会的成员，是一点也不错的。”

武器。正是这方面的工作吸收了我在本章开头所列举的巨额经费。*使这类科研有别于其余科学工作的特征有二。它具有自觉的社会目的，那便是寻找可以造成死亡和破坏的最迅速、最有效和最可怕的手段；其次，它是在极端秘密的情况下进行的。这两个特征往往使军事科研至少在平时和科学事业的主体隔离开来。制造新武器时的考虑和制造新生产机器时的考虑完全不同。技术上的完善和耐用程度要比任何经济上的考虑重要得多。所以在某些方面，武器设计师要比民用机器设计师更能自由地把自己想出的点子付诸实施。不过即使金钱不成问题，时间却是一个问题。除非以最快速度研究出新武器，否则就有落后的危险，这样就会把先前花在科研上的钱全部浪费掉。在普通工业中大量存在的设备废弃现象，在这里更为严重，而且由此造成科研工作的浪费也大得多。设备废弃不仅由于军事生产的条件而自然而然地产生，还由于商办军火制造厂的活动而变本加厉。在商业中，要是一项发明可能引起大量有价值的工厂设备报废的话，就不予使用，而在军事上，由于支付这些费用的是纳税人，设备报废越多就越好，每一种新设计都意味着生产厂商要得到一笔新订货。这时，政府就有责任把过时的军事物资加以处理，供落后国家进行战争时使用。当然也还有相反的力量在起作用。军事当局本身的传统的愚蠢和保守主义阻碍了新武器的研制，不过一旦有一个重要的国家研制新武器，其他国家也一定会群起效尤。军火厂的董事们和陆

182

* 各军种的详细费用见于附录 IV。在附录 IV 中，我们尝试把科学家的工作所耗费的那一部分费用从预算研究费用的 2,800,000 镑总数中划分出来。这个数字至少为 1,535,500 镑。这种工作中只有极小一部分是有助于增加科学知识的。如果把这笔钱和聘用的 842 名科学家的工作转入民用科研，那就几乎要使科学现有潜力增加一倍。这是衡量科学事业在平时为战争付出的代价的一个尺度。

海军高级军官之间的密切关系往往能减轻他们对于新武器的嫌厌情绪。*

在军事科研中忙乱、浪费、保密和重复劳动等现象比在最糟糕的工业科研中还要严重。所以无怪乎它平时不但效率低，而且不能吸收最有才能的科学家参加工作，因而也就进一步减低了工作效率。即使在强迫科学为战争服务的国家里，如象在现代德国，我们也可以怀疑，在那里有着相当多的心照不宣的破坏活动。只有当科学家认为自己的工作最终可能为人类造福时，他们才会自动拿出新颖的军事发明。事实上，肯定有成千上万的有才能的科学家能够很容易地大大改进目前的攻守方法，而且甚至可能暗地里这样做了，可是由于人道主义的理由或者因为对自己本国政府有自己的看法，而宁愿不发表自己的发明。

战时的科学家 当然，在战时一般是有可能说服科学家，使他们相信自己的国家是为正义事业而战的，因此他就可以问心无愧地专心致志地改进战争技术——由于政府可以另外用逮捕入

* “私商制造军火的最严重弊端之一渊源于政府官员和军火工业之间的勾结。由于政府是唯一的国内买主，而且由于出口时必须由政府发给许可证，政府人员和军火厂之间的这种勾结是这个制度所固有的现象。

政府官员所知道的情况对军火工业显然是大有好处的。众所周知，在军事机构和其他行政部门工作的官员往往在退休时或退休之前进入这些企业工作”(第198页)。民主管理协会所提出的证词说明：

“我的确认为：负责合同或工程设计等等的人在后来总是转到军火企业去工作的制度是一个很不可取的制度。……

“任何允许一个人担任本身职责和个人利益可能发生矛盾的职务的制度都是坏的制度。为此，我们提请你们注意这一情况。我们要说不应该让这种情况再继续存在下去了，我们还要说，在某些情况下，这已经引起麻烦了。”(第140页)。威廉·乔伊 特爵士。

摘自在调查私商军火制造和交易情况的皇家委员会面前提供的证据记录，第7和8号，1935年7月17日，星期三。

狱的办法或者更加令人不愉快的办法(直接服军役)来对付科学家,他就更加容易作出这个选择了。回顾起来,在上次大战中,科学家们的态度似乎是极其可悲的现象。他们连一点科学国际主义的气味也没有。他们不以帮助本国进行物质上的破坏为满足,而且还不得不辱骂敌国的科学家,甚至诽谤敌国的科学事业。已故威廉·拉姆赛爵士是当时最出色的化学家之一。他于1915年在《自然》杂志的社论中写道:

“科学的目的是探索未知事物的知识;应用科学的目的是改善人类的命运。德国人的理想离开真正的科学家的概念实在远得不能再远了;对于一切有正确思想的人来说,他们提出的所谓为人类造福的方法是令人厌恶的。虽然这些观点在普鲁士统治阶级身上得到积极表现,不过持有这种观点的人决不限于他们:这些观点其实是这个民族的灵魂。……

协约国的座右铭应该是‘此事决不许重演。’不仅要消灭 183
象癌一样侵入德意志民族的道德观念中的、危险的和令人无法容忍的专制主义,而且绝对不许它有复活的可能。用这个国家的一个出色的代表人物所说的漂亮话来说,就是必须使这个国家的“血流光”。

科学的进步会不会就此停滞呢?我认为不会这样。科学思想方面的最伟大的进步并不是由日耳曼种族的人促成的;而且早期的科学知识的应用也并不是以德国为发源地的。据我们目前所知,只要对条顿人实行限制,庸庸碌碌的人就不致于在世界上到处泛滥。他们先前的名声在很大程度上是由同他们居住在一起的犹太人赢得的;我们可以有把握地相信,那个种族会保持他们的活力并继续坚持学术活动。”——《自然》杂志,第94卷,第138页(1915年)。

这本身就是一个令人不安的征兆，因为在过去历史中，科学一直被认为是超然于斗争之外的。例如在拿破仑战争期间，伟大的英国化学家戴维不仅获准前往法国访问，而且还受到拿破仑本人的隆重接待，虽然戴维的某些工作是具有军事价值的。

全面备战 我们目前所处的状态正介乎和平与战争之间。到处都在日益紧张地进行备战。备战支配了经济和政治生活，在欧洲，战争已经在西班牙打响了。军事科研已成为最紧要的问题。越来越多的科学家正应召从事这项工作。人们不仅正要求科学家参加军事科研，而且要他们在战争中担负有新的任务。现代战争不同于过去的一切战争、甚至不同于上次世界大战之处是：全体居民都必须参加，大家都处于类似的危险中。空袭是不分青红皂白的，在保护居民免遭这类攻击的新任务中，人们期望科学家参加实际的防御工作、特别是防御毒气的工作。这个要求比任何其他事情都更使今天的科学家不能不正视目前军事形势的现实。科学家为了保护自己 and 同胞，竟要花费时间和智慧设法防止要不是因为有了科学本来根本不存在的危险。这种情况本身似乎是十分荒谬而可怕的。经过更周密的考察，他就会明白，防空问题不仅是军事和技术的问题，同时也是经济和政治问题。正是那些经济上和政治上的考虑，使得它与其说是一项可怕的但到底是必要的措施，倒不如说它是一宗可耻的骗局和伪善行为。

防空 防止空袭问题可以分为两个阶段——积极的防空和消极的防空。积极防空是要阻止敌机到达目的地或者在它们到达目的地后阻止它们飞回基地。这包括袭击敌方机场和平民以作为报复以及用战斗机、高射炮和气球阵进行各种截击。大多数军事专家认为：这些方法单独地或一起地加以采用，也只能在某种程度上阻挠一下军事和工业力量大致相等的国家之间的空袭。飞机

造起来是比较容易的，寻找驾驶飞机的热情青年差不多也是同样很容易能办到的。有人认为积极防空很有效。他们的观点凭借的是两个军事设想。但是，西班牙战况却说明这两个军事设想是毫无根据的。有一种设想认为，在今后战争中，空袭将仅限于军事目标，其中当然包括工厂。可是现代空军却毫不犹豫地轰炸居民中心，其目的只是为了造成心理效果即恐怖效果，*它不仅对居民中心进行投弹，而且还以机枪扫射逃避的平民。对于来犯的空军所造成的重大伤亡也并没有能象原来预期地那样阻止它再度来袭，虽然这使空袭成功的次数减少了。

保护平民 虽然科学家介入了现代空中战略的几乎一切方面，不过人们最需要他们合作的地方，却并不是这种积极防空，大家明白，在未来战争中，哪个国家维持本国平民工作能力和士气的时间最久，哪个国家就有获胜的机会，而且大家明白，虽然不可能防止空袭，却可以尽量减少空袭造成的损失。不过各国、特别是德国和英国提出的防空措施，清楚地表明了防空工作本质上具有军事性质的目的，而这些办法的制订者则具有极其狭窄的阶级观点**。迄今人们都是胡乱地制订消极防空措施，毫不顾及现代

* 正如上海的悲剧所说明的那样，即使当他们不是有意识地轰炸平民区的时候，他们也可能由于错误而很容易摧毁平民区。

** “首先，我们必须拥有一支足以在空战中保持主动权的强大空军；其次，我们必须拥有受到探照灯和其他现代侦察设备支援的高射炮，比起我们在大战中所拥有的高射炮来，其数量要多得多，其射击准确性也要高得多；第三，在地面要拥有一个防空体系，能够完成两个目标：第一，它能保证国内不发生恐慌，第二，它能保证文明社会的存在所必需的各种国内服务事业可以继续维持下去。如果空军在这两方面的任一方面得不到充分支持，它的处境就绝对不如在这两方面都得到充分支持的空军。一支空军可能拥有同敌方一样多的第一线飞机，不过要是它得不到一个有效的高射炮和探照灯体系和地面组织的支援，同不处于这种劣势的空军比起来，它就更难于防止恐慌和国家生活的中断。

此外，每当它要执行它的战术或战略任务时，它都会遇到阻力。在遇到空袭时，

空袭包含的种种有关的危险。高爆炸弹的危险性最大，而毒气的危险性则最小，可是人们所规划的几乎一切措施都是为了预防毒气和救护中毒的伤员。这些措施甚至不能有效地应付大量集中的毒气，而只有大量集中使用毒气，毒气才值得使用。对高爆炸弹根本没有提出什么防御办法，对燃烧弹也没有提出什么办法来，指定用于防空的金额仅为32,000,000镑，而用于潜在的进攻性武器的经费却将近2,000,000,000镑。两相比较，就可以看出当局对保护平民的重视程度。而且，且不说这些规划很不够，还把最沉重的负担加在居民中比较穷的一部分人身上，而他们所得到的保护却最少。这些人最接近攻击的目标：工厂和运输中心。西班牙和中国的经验可悲地表明，他们也是被存心选择为牺牲品的。他们没有力量建立私人避弹室，也无法坐私人汽车逃往乡间别墅。人们显然以为：只要保证富人有相对的安全，作战的士气就能维持下去。

实际上，消极防空的技术问题并不是解决不了的，要做到万无一失当然是不可能的，不过只要能在战争期间把大部分妇女和儿童成批疏散到乡下、在夜间把大多数余下的居民撤走并为留下的人员提供防火、防弹、防毒气、有通风设备的防空洞，就能收到相当大的防空效果。可是凡是保持私人财产权的国家都不可能

要是没有有效的地面组织，各居民中心一定会频频发出呼唤，要求保卫本地区，空军就会忙于这个或那个工业或居民中心的地区性防务而不得脱身。我清楚记得，当我还在空军部工作时，前辈空军战略家特伦查德勋爵不只一次对我说过：‘忙于地区性防务、自己捆住自己的手脚的空军是无法保持自己的主动权和战略的，这支空军是注定要在空战中失败的。’我要说，不能得到这种地面组织支援的空军几乎总是要被地区性防务缚住手脚的，而且会发现自己的处境比得到地面支持的空军不利得多。所以我们现在有必要制订一项尽可能完备的、建立地面组织的全面计划。只要组织起这个体系，我们就能够成功地保证国家不致发生恐慌、保证国民的生活不会停顿，因而我们也能够使战斗部队维持本身的战术和战略。”

（塞缪尔·霍尔爵士于1937年11月15日在下院的发言。）

采用这类防御措施，因为如果要做到这一步的话，房屋、食物和运输工具就都得由社会来管理。而且我们还得承认，长期处在空战阴影下的生活前景也并不是令人愉快的。只有付出巨大的社会代价才能取得相对的安全，而且在这种情况下，人们是否能够长期保持文明的生活水平也是值得怀疑的。目下的规划耗费的费用几乎与此相等，却不能提供这种安全。现代战争的危险性并不在于一切文明生活一下子都遭到毁灭，象畅销书作家所描写的那样，而在于攻守双方势均力敌所造成的一场旷日持久的破坏性战争。在这场战争中伴随而来的饥荒、露宿、疾病和沮丧情绪，会象一切突如其来的灾难一样彻底毁灭文明。政府自然不会向人民说明这种可能性。全部的规划不论多么无效，加在一起就造成了空袭没有多大妨碍，还是受得住的印象。科学家也奉命大力宣传这个大骗局。谁要是站出来反对这种骗局并且揭露所谓政府已经采取防空措施的说法毫无根据，人家就会谴责他们制造恐慌，官方的无数保证也会把他们的呼声窒息*。

科学家正视战争问题

不过，不管科学家们是参加防空计划还是反对防空计划，他们都不能不因此更加密切地正视和平与战争的问题。有些意见先前被认为是正确的，无人持有异议，现在也开始受到怀疑而且甚至受到谴责了。在上次大战中受难的千百万人明白了自己的苦难在很大程度上是科学的发展所直接造成的，科学不但不能有益 186

* 一群剑桥大学的科学家对这个问题的结论已载于《在空袭期间如何保护公众》中(高兰克兹，1937)，而在较近时期又见于《空袭防护：一些事实》(《情况》第13号，1938年)以及J. B. S. 霍尔丹著《防空措施》(高兰克兹，1938)。

于人类，反而在实际上证明是人类的最凶恶的敌人。科学的价值本身受到了怀疑。科学家们也终于被迫注意到这个呼声了。特别是在青年科学家中间，认为把科学应用于战争是对自己职业的最大糟塌的看法开始抬头了，而且越来越有力了。和平与战争问题比任何其他问题更能促使科学家们把视线移到自己的研究和发明工作范围以外，并注意到这些发明是怎样应用于社会的。

这种思潮造成的结果之一是：科学家比以前更不愿意主动帮助进行军事科研工作了，而且强烈地感到自己这样做就是多少破坏了科学精神。主要是由于科学工作者缺乏组织，所以还没有做到对军事科研工作宣布彻底的抵制。在目前形势下，这种方针是否会产生良好效果，甚至也是值得怀疑的，因为这样做的第一个直接效果将是使民主国家在法西斯国家面前处于不利的地位。不过目前可以做到而且已在做的，是把科学家吸收到一切和平力量的积极伙伴的队伍中来。尤其是在法国和英国，包括某些最著名的科学家在内的不少科学家都积极参加了争取防止战争的民主运动，以便争取创造条件，使战争无从爆发。

科学家为和平而组织起来 国际和平运动科学委员会于1936年在布鲁塞尔大会上采取了一项引人注目的进一步措施。来自十三个国家的科学家济济一堂，讨论了科学家在战争形势面前应负的责任。讨论主要围绕着科学家参预战争和备战工作的问题。在这里显然有三种思潮：有些人由于把国家利益放在首位，或者由于认为科学家没有必要过问自己工作的后果，所以在任何情况下都要参加这类活动；在另一方面，有些人则在任何情况下都拒绝参加战争工作或者备战工作；最后还有一个人数比较多但态度不明确的集团。他们是否参加备战工作要看战争的具体情况或战备的具体情况而定——即取决于在他们看来战争的目的是要促进还

是妨碍、或者战争是有可能促进还是有可能妨碍实现和平的全面事业。情况变得越来越明显了，各国都面临着一项抉择：究竟是在日益沉重的军备的支持下，发展单纯民族主义的、但最后成为法西斯主义的政策呢，还是联合起来通过集体行动来强行维护和平。两种做法都要求采取军事措施，或者至少需要为此进行准备。不少科学家虽然不愿支持第一种抉择，但却愿意无代价地为第二种抉择工作。本书附录所载的那次大会决议并没有走得这么远，而是表达了和平主义和非和平主义的科学家们的共同意见。这些决议并没有要求一切科学家不参预备战活动，只要求大家支持那些不顾迫害拒绝参加备战活动的科学家。不过最积极的贡献却是研究和宣传。必须对战争根源和科学在其中所起的具体作用进行研究；必须在科学家和普通大众中间进行宣传，说明这类研究所取得的结果。大会结束以来，人们已遵照这些方针在各国进行了工作。在英国成立了一个全国委员会，在伦敦、剑桥、牛津和曼彻斯特都设有积极活动的地方小组。但是我们必须承认，在不断恶化的战争形势下，这些努力显得极为无力。实际上，由于本书在以后将加以讨论的原因，看来科学家自己实际上是不可能为和平事业作出很大贡献的。他们固然处于举足轻重的地位，但是他们是不大可能利用这种地位的。他们过于分散而且受到周围社会力量的过大影响。必须先使科学家们与他们所在的社会互相有了比目前深刻得多的理解，才能使科学家们采取有力的反战立场。除非人们能充分理解战争的社会和经济性质，就不可能抵制战争，而科学家们对这方面的理解还差得很。在另一方面，除非公民和他们选出的机构更加清楚地理解科学在平时和战时的实际功能和科学经过适当组织以后所可能起的作用，就无法把科学的建设性方面和破坏性方面区别开来。

第八章 国际科学概况

过去的科学和文化

科学上的国际主义是科学的最特殊的特征之一。

即使在极其原始的时代，爱好科学的人们就愿意向别的部落或民族学习。从这个意义上来说，科学可说是从一开头就具有国际性质。各历史阶段的文化的广泛传播说明这一文化联系的工具是多么有力。以后当天然的障碍把各种文明分隔开来的时候或者当宗教或民族仇恨把文明世界分裂成敌对的阵营的时候，科学家和商人就竞相去打破这些障碍。现代科学的主流从巴比伦人传到希腊人、又从希腊人传到阿拉伯人、再从阿拉伯人传到法兰克人。这段历史说明科学家是多么有力地打破了各种天然障碍。在中国传道的耶稣会教士们发现，争取宫廷接待他们的最现成的手段是他们带来的天文学和数学，可是直到十八和十九世纪，人们才自觉地充分实现了科学的国际性。人们认识到，科学发现，不论是思维性的还是实用性的，都应该由一切能利用它的人加以支配，而不应作为私人或国家的机密秘而不宣。这种观念标志着现代科学的兴起。列奥弥尔在本书已经引述的一段话(边码第151页)中，出色地表达了这一点。当时唯一看得到的民族主义是：每一个宫廷都希望尽量网罗有名的科学家，以为国家增光或供其使用，不管他们所属国籍如何。德国和俄国的科学是在十八世纪从法国和荷兰科学移植过来的。交流是十分自由的，而且在平时和战时

都可以同样很便当地进行。

今日的国际科学事业 在整个十九世纪中，科学上的国际主义继续保持下去，而且甚至有所发展，可是在本世纪却有了一个确定无疑的倒退。科学虽然一方面还保持国际性质，另一方面却由于各国普遍具有民族排外倾向而蒙受其害，而且科学界的统一性正受到严重威胁。我在本章中想要说明一下当代科学在这方面的情况，描述一下科学界的分裂状况以及科学在各国的发展程度。要充分进行这种描述，需要专门写一本书，而且只有一个在许多不同国家长期工作过的人才能写得出。作者并无这种经验，只是一个对欧洲科学中心具有一般经验，而对欧洲以外的科学中心则一无所知的英国科学家。所以在这里只能对作者自己看到的别国科学工作情况作一番概括的而且显然很肤浅的叙述。非欧洲国家的科学工作情况仅系根据出版的著作以及根据同来访的科学家的谈话推断出来的。这段文章并不是、而且并不自夸是对于全世界科学工作所存在的问题、困难及其成就的一篇充分的描述或者估价。 192

在这些限制条件范围以内，即令只是为了纠正和补充人们对科学的组织形式和应用的描述和批评，我们也还是值得论述一下目前世界各地科学发展情况的。这里所引述的人们对科学的组织形式和应用的描述和批评几乎全都是取自英国科学界。我们有必要考察一下这些结论究竟在多大程度上不只具有有限的应用范围，以及所提出的问题又在多大程度上是英国科学面临的问题，或者在多大程度上是整个科学面临的问题。对人们提出的答案的主要性质，随便怎样怀疑都不过分。英国的科学在许多方面代表了一个工业大国的前进中的科学。科学的历史表明：它的成长基本上是符合经济发展的大方向的，科学发展的程度和规模也大体

上和商业及工业活动成比例。世界上的主要工业国也就是科学发达的主要国家。两个对立的经济和政治制度——资本主义和社会主义——的大分裂反映在苏联国内和国外的科学同社会事业和生产事业之间的十分不同的关系上。但是除了这个主要区别之外，在科学工作中，还存在着不仅取决于经济发展、而且取决于比较单纯的历史和传统因素的民族特征。

语 言 问 题

一个有决定性的因素是，整个科学界分裂为若干在外部由于语言障碍而相对隔绝、在内部则可以相互理解的区域，这个通用语言的问题在科学界的分裂和现代民族国家形成的过程中都起了相当作用。充分的科学国际主义仅仅在十六世纪和十七世纪早期
193 新科学萌芽时代实现过。当时，虽然民族国家和中央集权政府相继出现，学术界仍然保持相当大的统一性。拉丁文成为公认的共同语言，除了旅行困难之外，没有什么因素能够阻止一个生长在基督教世界任何地方的人去任何宫廷取得重要职位。存在着帕杜亚大学和波伦亚大学等重要的地方性科学院校。所有欧洲各国的人都可以以平等条件前往学习访问。哥白尼、维萨留斯、哈维基本上并不属于各自的国家，而是属于当时以意大利为中心的世界科学事业，可是就在这个伟大的科学进步时期，民族主义开始抬头了。伽利略不是用拉丁文而是用通俗的意大利文写下他的主要政治著作的。这显然是造成他受审和被判决的主要原因。史特维纳斯彻底打破旧传统，把荷兰文说成是科学的理想语言，而笛卡尔则把科学和高雅的法国文学结合起来。英国人比较保守，牛顿仍然用拉丁文著述，不过他的作品几乎一发表就立即被译成英

文。德国发展科学事业较晚，在那里人们一开始就强调民族特点。莱布尼兹对于把科学传进德国的工作以及发展德国语言的运动都大力赞助，到这时为止，德文仅仅使用于宗教文学。

这样，到科学事业有了长足进步，而且极其需要有一个共同交流的良好手段的时候，民族的考虑已经通过取消拉丁文的使用而破坏了这个可能性。在另一方面，当时，哪怕是用所有的欧洲语言，也完全不可能把科学加以有效的记载，因为这些语言中的大多数语言的应用范围过于狭窄，而且几乎还没有建立起自己的文学。因此，就出现了一些越出国界、以科学最发达的国家为中心的 science 地区。这些中心形成焦点，其周围聚集着一些新的科学中心，位置都在较小和较落后的欧洲国家、或者干脆越出欧洲范围以外。这样世界便被分割为若干科学地区，在每个科学地区内部通过共同语言进行交流是比较容易的，而在这些地区之间则存在着越来越大的分离倾向。不过这种分离相对来说还是轻微的，因为学科专业化是不受国界限制的。各学科科学家的国际学会的重要性不下于、有时甚或超过包含一切学科的国家科学院。不过语言障碍是十分严重的。科学家必须耗费大量时间使自己精通一些语言，否则他就必须准备放弃阅读大量原著的机会，即使有译本，也要在以后才能看到。这个困难已经在不同期间使许多人想到有必要去创立一种国际科学语言，其可能性将在下一章中加以讨论。

194

科学界及其各大区域

语言和文化的条件促成了科学交流圈。交流圈的数目必然少于语言的种类，而且是由世界上的一些工业大国来领导的。这些

交流圈并不是固定不变的；它们随着国家的政治和经济形势的盛衰而变化，而且目前正处于激烈变动的状态。这是由于在最后阶段，在德国出现了侵略成性的国家社会主义以及它对科学界所造成的直接影响。不过为了便于叙述，很难把这些迅速的变化考虑进去。下面述及的主要适用于1920至1933年之间的科学界分裂的状况。

世界主要科学交流圈是英美圈子和德国圈子。其次为法国圈子及苏联圈子。英美圈子里显示出英美之间的明显差别，不过这种差别同这个圈子和其他圈子之间的差别比起来，在程度上就差得多了。它不仅包括英帝国和美国，也还包括部分的斯堪的纳维亚、荷兰、中国和日本。德国的圈子在现在或者过去都远比其他圈子结合得更为紧密。在其内部不仅进行情报交换，而且有相当大的个人迁居自由，所以可以把大学教授职位一视同仁地授予圈子中不论是否住在德国的任何国家的公民。这个圈子不但包括德国和奥地利，也包括斯堪的纳维亚的大部分、瑞士和其他中欧国家。过去执科学牛耳的法国圈子的相对重要性现在大不如前了。它几乎仅限于法国、比利时以及瑞士的一部分、波兰和南美洲。俄国圈子也可以更为准确地称为苏联圈子。它是一个新产物。在革命之前，俄国科学是德国和法国科学的一个小小的分支，现在它已经确定无疑地自力更生了。苏联的科学出版物数量已大大超过法国，正迅速接近德国圈子的数量。把它称为一个圈子似乎是不妥的，因为它的范围迄今只限于苏联，不过苏联国内的发展不仅是俄国科学的发展，而且也是把科学介绍给组成联盟的所有其他民族的过程。不幸语言的障碍极其有力地妨碍了苏联科学界和其他科学圈子保持联系。学习俄文的困难大大加重了现有的政治障碍，使苏联科学得不到外界的充分赏识，并阻止它在

发展国际科学事业中起充分作用。意大利科学的地位有点与众不同。它本身的重要性是不足和其他圈子相提并论的，不过主要由于国内政治的原因，它不愿意参加任何一个现有的圈子，甚至拒绝照苏联做法在外国期刊上发表论文或者以外国文字在意大利期刊上发表论文。

科学交流圈的存在只能部分地克服民族科学的困难。为了教育目的和为了在所用语言同四种主要语言都不相同的国家内使人们都能理解科学，就有必要保持一套民族科学著作。这样，例如在日本，除了在英国和德国期刊上发表论文以及在日本期刊上用英文或德文发表论文之外，还有一套涉及面广泛的纯粹日文的科学著作。这些著作几乎完全不能为外界所理解。在象日本或波兰那样有大量科学著作需要发表的国家中，这种做法虽然不幸，还是情有可原的，不过在较小的欧洲国家中，需要译成当地语言的著作比当地科学家能发表的著作多得多，这样做就几乎变得可笑了。

科学的民族特点 我们已经谈过国际上科学界分裂的状况了。这主要是人为的而且是出于语言上的考虑而不得不这样。更重要的是科学的民族特点以及各国的科学和社会之间存在的各种不同关系。我们已经说过，这些固有的特点是十分复杂的，不过在很大程度上经过分析，我们还是可以看出这些特点都是一些可以看得出的原因造成的。如果照法西斯教育部长的办法，把这些特点神秘地说成是渊源于民族的灵魂或者种族的血统，那便是彻头彻尾的蒙昧主义，而且根本不能帮助我们理解这些特点怎样以不同的方式结合在一起促使整个科学往前发展。

我们可以在不同国家看到不同程度的科学发展。第一，是具有长期科学和工业历史的工业国的科学，不论它们是英国、法国、

德国和意大利这样的世界大国，还是象斯堪的纳维亚、荷兰和瑞士这样较小的、但在历史上却对科学知识的发展有过同样重要贡献的国家。第二是美国、日本和苏联这样最近才大规模实现工业化的国家的科学。第三，我们必须注意到欧洲和亚洲的落后的以农业为主的国家的科学发展。由于资本主义和社会主义经济中科学与社会之间截然不同的关系，把苏联划出并且另外单独加以研究实际上是比较方便的。

老工业国的科学

英国科学组织形式是历史悠久的工业国科学组织形式的典型。在这些国家里，科学和工业多少是不知不觉地一起成长起来的，结果就形成一个非常错综复杂的关系，毫无条理脉络可言。它通过它的传统并且通过科学界、工业界和政界之间存在的人事和阶级关系，来补偿它在正规组织上效率低下的缺点。这些国家的科学事业从传统得来的好处是：人们几乎本能地遵守某些行为的标准，这样就避免了一向会危及科学发展的因素：即科学家个人过分大出风头和自我宣扬，以致很容易转变为江湖骗子。在另一方面，人们对科学的传统态度也可以造成不出成果的后果。因为人们重视年龄和经验超过重视干劲和进取心。所有这些国家的科学大权都操在同现代发展失去联系的比较少数的老科学家之手。不过应该说，积累下来的宝贵的传统、各学科中存在的学派以及科学家个人所享有的不受经济或政治压力的相对自由（就德国而言，或者不如说是他们过去享有的自由），仍然使绝大部分新的和有价值的基本科学发现都产生在这些国家。它们仍然是科学进展的焦点。当其他比较不发达的国家的科学家们希望建立自己

的学派时，他们就是到这些国家的实验室来学习的。第一组中的每一个国家的科学都有其具体特点，视各国历史条件、社会条件和学术条件的总和而定。这些差别不能不是十分难以明确说清的，然而它们却对科学发展起了十分重要的作用。科学的每一个有特色的传统都对科学总的进展作出过自己的有价值的贡献。 197

英国的科学 英国科学的特点是从十七世纪起就延续下来的。它同德国或法国科学不同，特别讲求实用和着重类比。在英格兰，人们比在任何其他国家都更其是通过感觉达到科学，而不是通过思维达到科学的。英国人的想象是具体而形象化的。法拉第把力看作是一种管状的东西。照他的想象，力很象具有橡胶制品的性能。卢瑟福把原子当作乡村集市上一种投掷椰子的游戏来加以研究。他把粒子投到原子上面去，然后看看有什么碎片落下来。英国科学家心目中的主要问题是：“它如何作用？”英国科学界的三位伟大理论家中，只有牛顿是英格兰人。他既是一个理论家，又是一个讲求实际的实验家。麦克斯韦是苏格兰人，而他们之中最纯粹的理论家狄拉克则是法国血统的人。英国科学取得如此巨大成功的主要原因，正是这个爱讲实际的习惯和健全的常识。无论如何，直到最近，事实证明，自然界的作用一般至少是象一个工人的劳动那样简单。那些认为它神秘而微妙的人仅不过是自作聪明作茧自缚而已。英国人的一个缺点是他们几乎完全缺乏有系统的思维。在他们看来，科学只是几次对未知世界的成功的突袭。它不能提供一个前后连贯的全貌；英国人以怀疑的态度看待理论，而且不鼓励人们去思考。这些缺点在目前要比在上一世纪更为明显。英国人的方法在容易解决的科学问题中最能奏效。大部分这样的问题都已经解决了。现在要解决大多数科学问题，只有依靠和粗糙的常识大不相同的一些思维方法和工作方法。机械的

模型已经帮不了多大忙了。在物理学上的这场伟大革命中，除了狄拉克一人之外，英国比其他国家大为落后了，虽然这场革命的根本实验基础主要是在英国奠定的。不过由于从德国来的流亡者大量涌入，也许还是能够把处理更为困难的理论问题的能力传授给英国人的。

我们已经谈过英国科学的物质上的和组织上的特点了。我们在这里重温一下这方面的特点，为的是用它来和其他国家对照。同英国的财富以及它在世界事务中的重要性相比，它花在科学上的钱其实是很少的，而且它比任何其他大国都更少利用它的潜在的科学家。年龄在19岁到21岁的人中间大学生所占比重，在英国
198 要比在任何其他欧洲大国都小，比美国就更小了。这一点可以从下表中看出。苏格兰在这方面显得优越得多了。

国 别	学生人数 (正规学生)	尽可能在同一时间 估计的19到21岁的 青年男女人数	百分比
英国和威尔士	40,465(1936)	2,100,000	1.9%
苏格兰	10,064(1936)	260,000	3.8%
德国	116,154(1932)	3,000,000	3.9%
德国(边码217页)	67,082(1936)	3,000,000	2.2%
法国	82,655(1932)	1,900,000	4.3%
苏联	524,800(1936)	10,000,000	5.2%
美国	989,757(1932)	6,600,000	15.0%

英国科学为我们留下了伟大的传统和崇高的成就。它仍然充满生气，但是却存在着这样一个危机：除非采取措施在适应现代条件的充分规模上加以发展，否则它就会比别国或新兴国家的科学大大落后。

纳粹当权以前的德国科学 在纳粹夺取政权之前，德国科

学界自称占有知识界的领袖地位、或者至少可以同英国科学界争夺这种地位可能不是没有理由的。我们但愿促使德国科学取得这种地位的那些永久性特色并没有由于目前纳粹对科学的严密控制而化为乌有，只不过是暂时黯然无光而已。我们必须拿纳粹当权以前的德国科学同英国科学进行比较，才能比较得充分些。德国科学尽管博大精深，却是较迟的产物。虽然德国技术在十五世纪已经比欧洲其他国家领先，德国却由于宗教战争而无法统一，而英国、荷兰和法国等强大的商业和政治国家在本国科学开始诞生时就已经统一起来了。因此，当时的德国科学界就仅仅限于从事关于神学的枯燥争论和关于炼金术的想入非非的推理。在十八世纪初，它还可以自夸莱布尼兹一个人就抵得过整个一个科学院。德国科学的诞生是由于在弗雷德里克大帝的有力赞助下，从法国输入了科学。德国科学身上留下的那种受扶植的痕迹既是它的力量的源泉又是它的脆弱的原因。它从一开始就具有官办的性质，但是在十九世纪，当其他国家的大学仍然瞧不起科学的时候，德国的大学已经允许科学发展起来，而且在德国科学发展过程中提供了不少目前已经推广到整个科学界的组织方法。研究院校、研究所、大量的实验室技术、专业科学刊物的出版等等全都主要是由德国首创的。

德国科学在十九世纪的大发展，主要应归功于它同德国学术传统的联系以及官方的赏识给科学家带来的巨大声望。而在英国和法国，这种赏识还是必须极力争取的。可是官办科学的这种蓬蓬勃勃的有系统的发展有利也有弊。弊端就是：第一，不厌其烦而又有点故弄玄虚的治学传统，广引博证和对所引事实的繁琐注释；第二，科赫，欧姆或弗朗霍费等有独创才能和非正统观念的天才所遇到的更大的困难。德国科学的最有利的局面到将近十九

世纪末叶才出现，正好赶上姗姗来迟的工业革命。英国的讲求实际的实业家瞧不起只讲理论的科学家，甚至美国的实业家在很大程度上也是如此；而德国的实业家却尊重这种科学家而且加以使用。德国化学工业尽管遇上战争和萧条，现在仍然是世界上最重要的化学工业。它过去的巨大发展就是靠了工业家和新的理论化学家之间的这种密切联系。这里还涉及国家利益。首先充分认识到科学对备战的价值的是德国。军人阶层对科学所持的相当猛烈的反对态度并不能阻止德国陆军在1914年成为唯一得到科学界有效支持的军队。因此，科学有很多理由，理应得到官方支持。官方支持的方式与其说是拨给大量拨款，不如说是建立了一个组织完善的基础科学和高级科学教学体系。到1914年，德国科学在数量上已经大大超过世界其余国家；在质量上至少也不亚于任何其他国家。德国能够和世界其他国家对抗得这么久，主要就是由于这个原因。这一阶段中化学上的两项主要发明——把氮固定下来以便用于制造炸药的哈柏法和现代战争的主要新式武器毒气——都来源于德国。

德国科学史上最光辉之一页出现在世界大战之后。那时，战败的、饥饿的德国又在不稳定的国际大家庭中重新占有一席之地。德国在物质方面的损失由于人们可以自由地进行新的科研工作而且干劲十足而得到补偿。战争刚一结束，爱因斯坦的相对论就得到确凿的证明。这一成就使德国科学在战时遭到协约国的诽谤之后，又彻底恢复了原有的声望，可是做出这项贡献的人后来竟被赶出德国并被剥夺国籍，这不能不说是历史的恶作剧之一。然而相对论虽然是伟大的成就，却只是物理学思想革命的一部分。这场革命的最高潮是1925年问世的新量子力学。这一成就主要也应归功于德国科学，虽然英国和法国也都起了作用。即便魏玛共和国

没有什么其他成就值得后人纪念，人们也会记得，在这个政府治下，科学有过这些和许多其他的伟大成就。

在经济萧条还没有粉碎那个由于战争创伤和无法解决的社会斗争已经满目疮痍的社会以前，德国在有组织的科学研究上是领先的。不过德国科学经费总额相对地来说并不算多。据估计，1930年* 德国政府直接拨出10,000,000马克，各邦政府拨出20,000,000马克供科学研究之用(不包括军事科研)。如把当时马克币值折合为英镑的二十分之一，这就等于由政府一共提供了1,500,000英镑的经费，而以同样方式计算出来的英国经费则有1,200,000英镑左右。如果我们完全依靠猜测把工业界的科研费用估计为此数的二至三倍，那末科研费用的总数应在4,500,000到6,000,000英镑之间。这和英国的科研费用不相上下，然而德国国民收入为70,000,000,000马克，亦即3,500,000,000英镑，其中科研费用所占比例也许在千分之十三至十七之间，亦即为英国科研费用所占的百分比的一倍半。

比国家支持的科学更为重要的，也许便是德国在经济萧条之前就已经开始实行的一项办法，即科学和重工业挂钩的办法。这种办法在科学事业的发展中似乎足可以同大学分庭抗礼。其原型便是柏林和各地的威廉皇帝学会研究所。虽然这些研究所是由一个实业家协会在战前创办的，它们在一开头就显示出它们深刻理解工业对科学的需要。这些研究所从事基础研究，而不是象英国研究协会那样仅仅限于范围较狭窄的工业应用研究。此外，各大化学和机械工业企业也纷纷建立科研部门、其设备之完善是任何大学都不能望其项背的。在这些研究部门中，不仅使用青年科研人

* M. 波兰依，《德国国民经济》(Deutsche Volkswirt)，1930年5月23日。

员，还聘请有国际声誉的教授，只要求他们利用部分时间进行有利于企业的研究，而把其余时间用于基本性质的研究。在那些不理解自由主义政权在政治上的不稳定性和大资本垄断制度在经济上的不健全性的人们看来，德国似乎为科学应用的最有成效的发展指出了方向。可是仅在两三年之中，这一切全化为乌有。最有名的科学家中有一半流亡国外，被降职或被投入狱中，大多数实验室都从事琐碎的工作或者备战工作。

法国的科学 法国的科学有过光荣的历史，然而它的发展并不是一帆风顺的。它同英国科学和荷兰科学一起在十七世纪成长起来，但却始终更具有官办和集中的性质。在初期，这并不妨碍它的发展。它在十八世纪末叶仍然是生气勃勃的。它不仅在失去了拉瓦锡的情况下度过了大革命，而且还靠了大革命的东风进入它的最兴旺时期。在1794年创立的工艺学校就是教授应用科学的第一所学院。它对民用和军用都有好处，受到拿破仑的赞助。它培养出的人才如此众多，使法国科学无疑在十九世纪初期居于世界前列。不过这种进展并没有维持下去；和其他国家相比，法国科学变得越来越不重要了，虽然也出过一些优秀人才。原因似乎主要在于资产阶级政府官僚习气严重，目光短浅，并且吝啬，不论是王国政府，帝国政府还是共和国政府都是如此。法国大科学家们对这些不利条件都深有体验，但是他们还是取得了成就。例如巴斯德和居里夫妇就毕生为争取人们充分支持科学研究而奋斗*。

* 《箴言报》拒绝刊登他所提出的要求建立实验室的呼吁，但是这个呼吁在1867年作为一本小册子出版了。它标志着人们对提供科学经费的必要性的认识；

“……他写道：最大胆的概念、最合理的思维，也只有当有可能进行观察和实验的时候才是有血有肉的。实验室和科学发现是相关的词。把实验室取消了，自然科学就出不了成果，变成死的东西了。它将仅是狭窄而无力的教条性质的科学，不再是进步而有前途的科学了。把实验室交还给它，它的生机、它的成果、它的力量就随即重新

不过在这整个期间，法国科学从未失去其出众的特点——非常清晰而漂亮的阐述。它所缺乏的并不是思想而是使那个思想产生成果的物质手段。在二十世纪的头二十五年中，法国科学跌到第三或第四位；它有一种内在的沮丧情绪。世界大战在人力和资源方面，都给予法国十分沉重的打击。科学界的老人统治在法国比在任何别的地方都为严重。

不过在最近几年，可以看出有了好转的趋势。首先是工业家开始认识到：在人力和物力上，都必须在比迄今为止大得多的规模上进行现代科学研究；新的研究所创立了；大发展的准备工作完成了。经济萧条在经济上和政治上对法国科学界的影响，同它对德国科学界的影响恰恰相反。法国科学家们鉴于德国的前车之

出现了。物理学家们和化学家们离开了自己的实验室，就象是战场上没有武器的士兵一样。从这些原则推而广之的道理是显而易见的：如果这些对人类有用的成就使你们动心的话、如果你们对电报、达盖式铅字、麻醉药以及这么多其他令人钦佩的发现的惊人效果仍然感到困惑不解的话、如果你们亟欲你们的国家能够自称在促成这些美妙的发明中有一份功劳的话，我就恳求你们对人们富有表情地命名为“实验室”的这些神圣场所感到兴趣。你们应该要求增设这类场所并加以修饰；这些便是我们前途的神殿、是富裕和幸福的神殿。人类就是在这里壮大而且变得更为善良。它在那里学会阅读大自然的作品、阅读进步的和万物和谐的作品，而它自身的工作则往往是带有野蛮的、想入非非的和破坏性质的。

这些真理的和风吹到了一些民族的身上。三十年来，德国到处布满了设备齐全的实验室，而且每天都有新的设立起来，柏林和波恩建成了造价4,000,000的两座宫殿，二者都用于进行化学研究。圣彼得堡花了3,000,000来建造一所生理学研究院。英国、美国、奥地利和巴伐利亚都作了更加慷慨的捐献。……意大利也一下子走上了这条路。

那么法国将如何办呢？

而法国还没有采取行动。……

当我证实下列情况时，谁又能相信呢？在国家教育预算中没有一个钱拨给实验室以供发展自然科学之用，仅是通过一个虚构和变通的行政办法，作为教师的学者们才能够在教学开支项下，从国库支取某些个人劳动收入。”——摘自雷内·瓦雷里-腊多著《巴斯德传》，第215页。

他的呼吁产生了一些效果，不过居里夫人的女儿艾芙所著《居里夫人传》却生动地说明了法国在本世纪中还需要在这方面做多少工作。

202 鉴和他们自己对法西斯主义的体验而有所警惕。他们开始参加了当代的政治运动，但是他们并不因此而减少科学活动；反之，他们要求科学在建立一个自由而人道的世界的过程中占有其应有的地位。他们的工作显然有助于人民阵线的登台。人民阵线执政后也为科学发展创造了优越得多的条件。在老科学家和民主人士让·佩兰的领导下，在居里·约里奥的协助下，成立了一个新的科学委员会。他们不仅在短期内使科研经费有所增加，而且使科研本身成为一项职业而不仅是教学的附属物。（参看附录 VI。）但是变革远远不止是行政管理上的变革。科学工作者们自己还在他们新设立的工会中进行合作，正开始意识到自己的需要和自己在社会中的功能。考虑到这些变革都发生在战争威胁和政治动乱比以前任何时候都严重的时候，我们就不能不把这看作是蓬勃的科学复兴运动的证据了。

荷兰、比利时、瑞士和斯堪的纳维亚的科学 某些较小的欧洲国家——瑞士、比利时、荷兰和斯堪的纳维亚——的科学事业传统可以从十七世纪的伟大时期算起。虽然没有一个国家本身大得有足够力量在今天的科学思想上领先，不过由于在这些国家相对来说不存在使大国科学事业深受其害的政治偏见，这些国家都有一个更有连续性的传统和长期存在的高标准。再加上这些国家的普通教育水平都很高，所以这些国家的科学事业都有可贵的成绩，按人口来说，要比大国的科学成绩大得多。在这些小国里，科学家是受尊敬的社会成员。如果他再具有国际声誉，他的地位可能还超过国内政治家——这种情况在大国是不可能有的。要是不深知这些国家的科学工作情况，就很难说出其特点。由于它们国家小，这些特点必然比大国科学工作的特点更加取决于个人性格。各个科学工作者一般都受到这个或者那个较大的大陆学派的

影响,并且把这个学派的烙印带到自己本国的科学工作中去。总的来说,除了在比利时之外,处于支配地位的是德国学派的影响,但是在这些国家中,德国学派的官办性质和深奥的哲学性质已不复存在了。不过丹麦的经费筹措办法却需要加以特别说明。我们在这里可能碰上了一个独一无二的情况。一家大企业卡尔斯伯格酿造公司的创办人J. C. 雅克布森和卡尔·雅克布森把这家公司作为遗产,全部捐献出来,以支持科学研究和艺术。这个基金每年收入可观,可用于科研的金额达到1,310,000 克朗,亦即58,527 英镑。对于这样一个小国说来,这是一笔大款子。

奥地利和捷克斯洛伐克的科学 旧奥匈帝国的科学和德国 203
科学是不能截然分开的。这两国之间在思想上和人员上经常进行彻底的交流,而且教会的绝对影响近年来对科学已经不起什么妨碍作用了。不用说,奥匈帝国的科学事业在组织上和经费上都比不上德国,但是奥地利的科学自有其光辉之处。它在一个小而贫弱的国家中出色地维持下来,成为传统的自由的德国科学的最后代表,达五年之久。现在它也同德国科学一样,被粗暴地摧毁了,而且摧毁得更快。仅在短短几天之内就有八十八名教授和一百六十八名科研人员被解雇、被驱逐出境或者被囚禁。奥地利一下子就丧失了自己的差不多全部拥有国际声誉的科学家。

老传统目前仅仅在捷克斯洛伐克存在着。在那里,这个传统正受到迫在眉睫的战争和纳粹鼓动的内部分裂的威胁。

波兰、匈牙利和巴尔干诸国的科学 东欧国家中,仅有波兰具有本身的科学文化;其他国家的科学仅仅是德国科学的脆弱分支。只要它们一直是一小撮军事集团统治的农业国,科学就休想发展起来。波兰的科学研究是同民族希冀和革命热望结合在一起的。即使在那里,目前,科学家也显然由于政治原因而受到怀

疑。他们在经济上窘迫，在内部则由于反犹骚乱而惊恐不安。

西班牙和拉丁美洲的科学 其余欧洲国家的科学事业的境况也不怎么美妙。意大利科学的现状将在讨论法西斯主义对科学的影响时加以研究。尽管它具有古老和出色的传统，还有某些才华出众的科学家，它在现代科学界只起着很小的作用。西班牙的情况就更差了，不过却有比较大的希望。西班牙在许多世纪中一直受到僧侣的支配，从来不象其他欧洲国家那样有发展科学的机会。西班牙的教会断定、而且是正确地断定：科学兴趣的增长是自由主义的一个征兆。它在十九世纪中通过几场暧昧不明的不幸的斗争把人们的科学兴趣压制下去了，虽然也有卡哈耳等才华出众的人物冲出来了。^{*}不过在本世纪，教会的控制放松了，在一群英勇的先驱们引导下，在西班牙开始了一个发展科学的明确运动。在王政末期，它甚至还得到了官方的赏识。马德里大学城的建立就是一个典型例证。这个大学城最近被一批自命为西班牙文明的救世主的暴徒所摧毁了。幸而没有参加争自由的战斗的科学家都安全撤退了。我们可以确信，一旦共和国取得胜利，在目前斗争中一直支持着西班牙共和国的新的进取精神就会使西班牙的科学事业大踏步向前发展。^{**}

直到比较晚近时期，拉丁美洲的科学也和母国一样地困难重

^{*} 要了解他对蒙昧主义的斗争经过，可参看S.拉蒙·伊·卡哈耳著《我的一生的回忆》。

^{**} 西班牙科学家仍然在进行工作。尽管处于战时、遭到轰炸，并且缺乏一切必需品，他们继续进行科研工作而且甚至还发表了研究成果。除了希望留下的人之外，所有科学家都从马德里撤退了，先是撤退到巴伦西亚、后来又撤退到巴塞罗那，并由当局提供继续进行工作的手段。他们发表了许多论文，例如巴拉纳加教授关于数学的论文、莫勒斯教授关于化学的论文、杜佩里埃尔教授关于物理学的论文以及苏卢埃塔博士关于遗传学的论文。

重。在殖民地时期，特别是在其初期，拉丁美洲在历史学和采矿学方面取得了一些成就，但是人们不久就对此失去了兴趣。接着在十九世纪大部分期间连年发生革命和内战，对科学的发展毫无好处。不过在本世纪，在美国和自由主义思想的复活的影响下，一个可以寄以厚望的科学复兴正在开始中，特别是在墨西哥和阿根廷，在医学、生物学和考古学方面已经有了显著的进展。

美国的科学

一个没有在美国生活和工作过的人，要对那里的科学组织形式和科学的功效加以批判性评论，是不太恰当的。作者在下文仅仅想要指出美国在科学界似乎占有什么地位。到十八世纪末，伟大的十七世纪科学进展已成强弩之末。这时，物理学的重新诞生应归功于最伟大的美国人之一——本杰明·富兰克林。从十八世纪末叶科学发展的实用性质和功利性质处处可以看出富兰克林的鼓舞作用的痕迹。他不仅是十八世纪英国科学学会的倡导者，而且也是法国学会的倡导者。但是早期的美国人在科学之外，还有许许多多事情要做。所以在十九世纪初，当他们正在建立各州并且向西扩大自己的边疆的时候，美国科学没有名列世界前茅是不足为怪的。^{*}在另一方面，美国对于科学知识的应用却作出了显著的贡献。世界上大多数基本机械设备都是靠了美国人的进取精神创造出来的。这里仅仅列举缝纫机、收割机、打字机几个例子就够了。美国人具有英国人的经验主义的特点，但视野更为广阔、从事实用活动的动力更大。美国人的创造精神无疑同他们的巨大自

^{*} 不过请参看克劳瑟著《著名美国科学家传记》。

205 然资源和劳动力的不足有密切关系。不过在本世纪下半叶, 创业者的进取精神已经收到累累果实: 财富大大增加了、大型工业也建立起来了。因此, 美国科学也相应发生了变化。这部分地是两个因素所促成的: 美国各地广泛建立了教育体系, 包括设立大型免费大学在内*, 而且几乎从一切欧洲国家都有人移居美国, 其中有一些人富有才华 思想开通, 影响很大。美国科学必然多少要随着美国学风的成长而成长。在上一世纪中, 有一种模仿欧洲典范、特别是德国典范的趋势。在一个独树一帜的美国学派还没有形成之前, 美国科学是英国的实践和理论及德国的实践和理论的混合体。美国有过出色的科学家、特别是伟大的威拉德·吉布斯, 但是它在本世纪才开始建立自己的科学学派。**

研究工作单位变得越来越大, 昂贵的设备的需求日益增加。这个变化几乎影响到科学的一切方面。随着这个变化, 美国作出特殊贡献的机会也来到了。在建立各州工业的过程中集中到极少数人手中的财富有一部分又流回到科学事业中去了, 所以在本世纪中, 美国科学经费无疑一直是全世界最充足的。同时也不乏能够利用这些条件的才智之士。特别是在天文学方面, 美国很快就取得优势。因为, 在天文学领域只有最大、最费钱的望远镜才能够真正发现宇宙的新的现象。在物理学的许多分支、在医学、细胞学、遗传学和动物行为等方面也接着取得了成就。同时巨大的新工业企业也在进行技术研究工作, 其规模之大, 仅有德国能与之

* 这些学校的水平几乎不可避免地是很低的。那里的科研工作由于教学任务过多而受到严重阻碍。不过人们正在设法改善这一情况。见弗莱克斯纳《英、美、德三所大学》和《关于大学课程的报告》。美国的另一个特殊发展是群众博物馆。它不仅进行科研工作, 而且还派出重要考察团到全世界各地去。

** 克劳瑟(见上文)论述过其原因。

相比,而且它们还雇用同时也进行基本科学研究的著名科学家。由于爱迪生创立了门洛公园实验室,开展工业科研的办法的确可说是起源于美国。不过这在本质上还只是应用科学;通用电器公司的斯克内克塔迪实验室才真正可以说是工业中的基础研究实验室的先驱。

不过,从美国科学的发展特别带有个人主义的特征也可以想见,美国科学事业有许多在英国也可以看到的同等程度的不协调的现象。他们已经通过建立国家科研委员会来进行某些改革。这个委员会在某些领域内规划一些互相积极配合的科研项目、并在一定程度上予以指导。可是它只控制科研经费的一小部分,而且在其他方面仅有提供谘询意见的权力。另一个重要的协调机构是美国促进科学协会。它相当于英国促进科学协会。由于许多主要科学学会都是在它的主持下召集年会的,所以它的重要性也就更大一点。就经费筹措和对科学工作的有力指导而言,更重要的是洛克菲勒、卡内基或古根海姆等大型研究基金会。从国外看来,这些基金会有点象是起示范作用,指导人们怎样把钱得法地花在科学事业上。不过由于某些原因,它们还是很容易受到批评的。首先,基金会是纯粹的慈善机构。人们不能向它们提出什么要求,只能向它们提出申请。能说会道的研究津贴申请者占便宜,吹牛拍马本领差的人和研究所就要吃亏。往往很容易把钱花在鼓吹得比较厉害或者比较容易鼓吹的科学项目上,从而创造出的一套虚假的价值标准。最后,津贴金额是武断决定的而且不可靠。没有任何科研项目或者科研人员能够指望得到五年以上的支援,而五年对于发展科学理论来说,是很短的期间。不过主要缺点还在于:虽然有许多管理委员会处于科学家控制之下,但金额的分配却不是根据科学家的有组织的一致意见决定的。毫无疑问,这些

机构所发放的津贴虽然带来极大的好处，但几乎要比用任何其他方式支付的科学经费都更加浪费金钱。

美国花费在科学事业上的金钱是极其可观的。如果我们以前面说的数字为根据(边码第 65 页)(这个数字不会有很大出入)，每年花在大学、政府和工业科研上的费用就有 300,000,000 美元，亦即 60,000,000 镑。这是英国科研费用的十倍，也许比苏联以外其余世界的科研费用总额还多。不过效用递减的规律显然也在这里起着作用。不论美国科学的贡献有多大，它总不能自称为科学进步作了十倍于英国或是德国的贡献。这个差距可以部分归因于报酬比较丰厚，特别是设备和基建费用花得比较多。但是应该说，美国科学家本身也有一些浪费。科学家的地位不能不受科学界以外的社会风尚的影响、特别是个人奋斗和重视宣扬的风尚。虽然比较优秀的美国科学家没有受到这种风尚的影响，不过从美国发表的大部分著作的质量可以十分清楚看出：这些风尚并不是没有起作用。如果说美国的出版物和同类的德国出版物有什么区别的话，那便是前者的篇幅更长一些。在德国，人们觉得只有为了把问题说透彻起见才需要多说几句，而在美国，人们都觉得，一个人的地位可能取决于他发表的著作的篇幅。不过对科研工作进行宣传却是美国所独具的特点。这并非完全不利于科学。英国企业认为遵循传统方法是它们自己的一个特色。英国企业甚至把自己进行科研的事实隐瞒起来，而在美国，科研对于企业和进行科研的大学都有广告价值。因此，许多不大有直接实用价值的纯粹科学研究工作才有可能完成。在另一方面，这一做法无疑地也突出了可以大加宣传的学科，诸如天文学、原子内部结构、生命的本质或比较可怕的疾病的治疗方法等等，以至损害其他同等重要的学科。总而言之，我们可以说美国的科学也许可以说明一个建立在私营

企业和垄断企业混合体基础上的社会制度充其量可以为科学做到什么程度。它可以取得伟大成就，但是只要这个制度继续存在，它就永远不可能取得同所耗人力或物力资源相称的成就。

东方的科学

在十九世纪末叶以前，从事科学研究的人几乎只有住在美洲殖民地或自己本国的西欧人。东方比较古老的文明的确也产生过一些学者，然而他们仅仅以遵循固有传统为己任。这些传统大多同文艺复兴初期欧洲的固有传统处于同一水平，内容大体上也一样。科学是同更有力量的工业文明的其他外部标志一起突然传到东方去的。非欧洲国家的科学的发展程度很不相同，视帝国主义国家对这些国家的经济和政治控制的程度而定，印度和日本是两个极端例子。在印度一直有一个历史悠久而且没有中断过的、然而却在最近趋于衰败的科学传统。印度的数学家们曾经对数学的总的发展作出过卓越贡献。新思想和新教育方法随着英国统治而传入了，然而它们却是在和旧学术相对抗的情况下传入的，一开始就造成了传统学术和外来学术的更明显的对立。而且，从英国传入的教育方法在性质上过于偏重古典学术和文学而不注重科学。

印度的科学 印度科学实际上是在二十世纪才开始。我们可以有把握地说，印度蕴存着发展科学的巨大潜力；拉曼努疆的数学以及玻塞和拉曼^①的物理学成就已经表明印度的科学家是可 208

^① 拉曼努疆(Ramanujan, S. 1887—1920)印度著名的数学家；玻塞(Bose, S. N. 1894—1974)印度物理学家；拉曼(Raman, C.V., 1888—1970)印度物理学家，发现“斯梅卡耳-拉曼效应”。——译者

以达到第一流水平的。可是只要印度科学所遇到的困难存在下去，印度科学就不可能大规模发展、尤其是不可能对印度文化产生任何重大影响。正象在生活的其他方面一样，印度人必然会感到有必要在科学上提高民族地位，不过这种态度总是不大自然的。首先，印度科学家必须通过英国的渠道去学习科学，而且要受到英国人对其治下民族的傲慢态度的欺凌。由于这个缘故，就产生了一种服从和自傲兼而有之的心理。这必然会影响到科学工作的质量。印度科学既由于它的不少概念和实验方法别出心裁而受人注意，也由于它自己独立进行工作时极端不可靠和缺乏鉴别力而受人注意。

不用说，除了驻印度的英国政府机构和军队以外，一切方面都缺乏经费，印度科学自然也是缺乏经费的。印度全年用于科研的经费总额也许不超过 250,000 镑，等于全体人口每人负担五十分之一便士，亦即可怜的国民收入 1,700,000,000 镑的百分之零点零一五，可是世界上却再没有什么国家比印度更迫切需要把科学知识加以应用了。为了把印度人民当中发展科学的巨大潜力解放出来，就有必要把他们改变为一个自力更生和自由的社会。也许今日印度科学的最优秀工作者并不是科学家，而是朝着这个目标奋斗的政治鼓动家。

日本的科学 日本的科学构成了一个十分鲜明的对照。日本人很快就把西方国家的先进军事技术和足以支持军事技术的机械技术一起接过来了，因而能够在欧洲人自己的侵略和掠夺游戏中胜过他们一筹。非常讲求实际和理性的日本人明白：西方人所以拥有这些极为可贵的力量，完全是由于科学的缘故，所以日本也必须拥有科学；可是单单通过模仿来创立科学，效果不大。的确，按社会财富来说，日本的工业和政府实验室和研究所同世界任

何其他地方的实验室比起来,可能规模更大、经费更充足、组织更为完善。但是这些研究所的工作成绩却是比较值得怀疑的,日本的确也产生了如野口英世^①这样的一些科学界著名人物,可是大部分日本研究工作似乎都具有德国科学和美国科学的缺点,而且有过之而无不及。内容过于繁琐、故弄玄虚而且缺乏想象力。而且不幸地,在不少情况下,也缺乏鉴别力和精确性。要把这些 209 缺点归咎于日本科学家是不公正的。在一个对危险思想进行日益严重的迫害的国家里,科学的独创性是不会受到奖励的。在当局比欧洲人更加露骨、更加无耻地利用科学来进行军事科研并且力图查明工厂工人生活所必需的绝对最低限度食物数量的时候,科学就不可能吸引最有才智的人去从事最出色的工作。近年来,这种官办的和军事性质的科学引起了一种值得注意但却是隐秘的反应。青年一代的日本科学家开始明白自己工作的社会意义:他们正在抛弃帝国主义和军人的神话“神道”及其更为激烈的现代版本“皇道”等,来独立地进行思考。假如在东西方同样面临的革命中,日本人民果真获得和平与自由的话,我们可以预期它的科学工作的质量也将随之大大改进。

中国的科学 最近几年,中国开始独立发展科学。有史以来,在大部分期间,中国一直是世界三四个伟大文明中心之一,而且在这一期间的大部分时间中,它还是一个政治和技术都最为发达的中心。研究一下为什么后来的现代科学和技术革命不发生在中国而发生在西方,是饶有趣味的。也许是由于在农业生活与受过经典教育的统治阶级之间,在必需品和奢侈品的充沛供应与

^① 野口英世(1876—1928)日本著名的细菌学家。因1911年培养梅毒的病原体成功和1913年发现活动性麻疹及脊髓痨是梅毒性疾病而闻名于世界医学界。——译者

生产这些物品所需要的劳动力之间保持着十分令人满意的平衡，中国才没有必要把技术改进工作发展到某一限度之外。不管怎样，既然西方已经在技术上领先了，中国文化不经过彻底改组实际上就不可能建立起自己的科学，而且事实上，中国同西方发生接触的头一个后果便是加强了中国文化的保守主义，作为一种自卫措施。在整个十九世纪中，西方通过贸易战争、争夺租借地和破坏有秩序的政府等等，在中国进行干涉的可悲历史，也象妨碍印度科学发展那样，有效地阻止了中国的科学发展，虽然方式大不相同。

210 中国人从来都不象日本人那样享有充分的独立，可以大量输入西方技术和科学。即便他们有这样做的愿望，他们也无法做到这一步。只在1925年国民党上台以后，才在教会大学范围以外产生了一个建立民族科学的运动。由于美国政府对庚子赔款的开明态度，中国的新科学在许多方面只不过是美国科学的一个分支。迄今还没有什么重要的成就或有独创性的成就，不过我们可以寄希望于中国传统工艺的非常高超的质量。在目前这场毁灭性战争中，侵略者特别着眼于破坏科学和学术中心，*战争使最有才能的人才都把精力用在其他任务上，不过从中国已有的成绩可以看出，经过适当改造的中国文化传统可以为科学事业提供一个非常良好的基础。的确，只要有了表现在中国文化的一切其他形式中的那种细心、踏实和分寸感，我们可以有理由相信中国还会对科学发展作出即令不比西方更大，至少也和西方一样大的贡献。

* 可以从下列事实估计出破坏的程度：不宣而战的战争进行了六个月后，20所大学和80所以上的中学毁于轰炸，有七万名学生被迫逃往内地；同时在整个日军占领时期，在剩下的教学中心中，整个课程都按照日本主人的口味加以修订，还要求学生去庆祝日本人战胜本国同胞的胜利。