《海纳百川·藏书博览》
简装书库·社会科学总论：社会学、
人口学、管理学、人才学、
决策与智谋
（社会科学理论）

科学的社会功能 4

[英]J·D·贝尔纳

上海市黄浦区教育信息中心

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第十二章　科学经费筹措

科学和经济制度

建立一个令人满意的经费筹措制度将是科学事业的改组工作的一个不可分割的部分。不过探讨这样一个制度要比讨论科学行政管理困难得多，因为科学经费筹措并不是科学本身范围以内的事，而更多地取决于科学事业所在的社会的经济结构。我们将在旨面一章里讨论看起来充分利用科学为人类谋福利所必需的那种经济结构。此刻，只要联系两种类型的社会组织谈谈科学经费筹借办法就够了。在其中一种社会里，整个经济是由人们自觉地加以控制的，而且可以利用整个经济来达到任何希望达到的目标；在另一种社会里，即在苏联境外的目前社会里，经济因素的实际控制权操在垄断企业者板以及代表他们的共同利益的国家的毛中。第三种办法——纯粹小规模的竞争性的资本主义——几乎不值得研究，因为它现在仅仅具有历史意义。

科学的经费需要——灵活性和可靠性　一个有组织的统一的科学部门的需要是灵活性，连续性以及稳定的或不断提高的发展速度。由于科学研究的不可逆料的因素以及各学科之间的复杂的相互关系，任何僵硬的规划都会造成极大的浪费。不但科学事业的总的经费需要，而且各学科之间的经费分配也往往在较短期间有相当大的变化。为整个科学事业或者它的任何分支规定僵硬固定的经费都会造成困难和浪费。要末是没有经费继续进行新的和重要的研究，要末是一时经费多余出来。由于一切部门都根深蒂固地不愿把经费上交，往往会把多余经费浪费掉。科学的经费需要的这种多变性质，使适用于其他政府机关的经费管理办法变得十分有害，而且还会使许多科学家摒弃有组织地开展科学工作 310 的整个概念，因为他们想不出除开目前看到的管理形式以外还有别的什么管理办法。

既然如此，如果断言目前科学经费筹措办法的主要弊病不在于其僵硬性，而在于其极度的可变性，那看来是荒谬的。不过，随着不断变化的科学需要而产生的经费变化和国家财政紧急措施和临时的大笔赠予所造成的经费变化之间有着根本的不同。目前科学在这两方面都深受其害。在新发展急需经费的时候往往得不到新的资金，而同时在没有特殊需要的时候，在事实上也没有人手来进行必要的工作的时候，却可能收到大笔金钱。在另一方面，需要有稳定的经费收入的长期科学项目往往突然削减经费，造成大量已经完成的工作全部报废的巨大浪费。

计划经济中的科学

预算的决定　理想的安排将是这样的：由科学组织本身的财务部门和包括工业、农业和社会服务行业在内的国民经济代表联合协商确定科学预算。这样，就可以一方面根据科学部门自己估计的科学内部发展的需要，另一方面根据社会急需的某一应用项目听要求的某一门学科特别发展的需要，把两者加以平衡，然后决定科学经费金额及其分配办法。例如，科学家可以提出增加化学胚胎学研究经费的要求，并且指出其所以有必要发展化学胚胎学是为了弄清楚妨碍着其他学科进展的问题，而全国经济委员会则可能希望对高炉炉壁的效率进行深入的研究。这些要求不一定都会互相矛盾。如果能很好

地认识到有可能取得成果的科学各组成部分的总趋势并且能同时很好地认识到根据科学在一定时期内满足社会需要的可能性所估算出来的整个社会需要，那么，科学发展的实际进程就将是这种认识的结果。

内部经费分配　有人可能说：有了科研经费的总金额，就可以让科学家自己在科研部门内部进行经费分配，不过在目前，科学家是否最善于判断发展科学的最好办法还是值得怀疑的。假如他们必须结合当时的社会需要来考虑科学发展问题，那么在经费使用上就肯定要比单单考虑科学内部发展为好。与之相反的意见——科学并不是应该遵照社会要求的质量和数量来购买的东西——当然也是同样错误的。目前造成科学工作的最大浪费的原因之一正是把科学当作一种商品看待的观念，亦即根据成果来付款的办法。这是商业时代的必然后果。正是这种态度，几乎从科学一开始诞生，就造成科学界那种特种的不诚实作风：科学家为了取得他自己认为极为重要的科研项目的经费，就假装说自己要把钱用于支持者可以获利的研究项目。刻卜勒说过，“上帝为每一种动物提供适当的养料，他为天文学家提供了占星术”。

在开头，科学界和国民经济的代表的联席协商将会是困难的，因为要双方理解彼此的语言需要时日，不过正如已经在苏联发生的那样，对彼此利益说来，不久这种协商就会开始显得既自然又有必要了。这种协商不仅有必要包括来自科学院的科研工作代表，而且还要包含来自大学的代表，因为发展科学的任何规划都必然意味着培养适当人才并把他们分配到不同的领域中去。任何合理的科学经费筹措办法都会促成生物学和社会学的巨大发展。这个发展本身就要求对不同学科的学生人数和教学组织形式作相当大的变动。

实验室的经费筹措　科学工作的财务和行政单位将是研究所或实验室。财务委员会的任务将是保证源源不断地提供或增加每一个实验室所要求的经费，只要它们认为这些要求合理。他们还能够保证任何拥有长期规划的实验室都能够继续进行工作，不致缺乏经费而中断工作。这种不断的经费供给将为科学事业提供基本预算，使之能缓慢而完全正常地发展。此外还会有额外支出的需要。例如，一项新发现可能开辟一个新领域，需要为之开设一个新研究所，或者一个新的社会需要可能要求设立一个研究所，以研究满足它的办法。虽然这类发展会在多年的长期过程中取得平衡，不过由于它们也包含着资本支出，会造成短期的非正常资金支出，为数最多可能达整个科学经费预算的三分之一。可以根 312 据国民经济特点，按照需要随时批准此类经费，或者另外建立有固定数额资金的特别基金，可以从中支出非经常性的款项。

加强科学事业　迄今我们都是把科学当作一个营业发达的机构来研究它的经费问题，虽然还考虑到了经费的某些经常性的增加，其数额只同应用科学成果所带来的每人实际收入的增加成比例。不过眼前的而且更为实际的问题是把科学发展和科学成果的应用提高到可以为社会带来最大效益的水平。显然现在世界上甚至还没有任何国家接近这个水平。在科学事业有多年历史的国家中，科学应用的规模还完全不够，而在苏联，虽然科学预算有点接近充足的程度，也还需要时间来建立科学传统和它的文化基础。由于缺乏这个传统，就使这些费用不能产生应有的效益。筹措科学经费的第一个任务将是加强科学事业而不仅仅是使它保持现状。

人才的利用　只要对经济资源加以利用，说到头就是只要对原始的人力加以利用，物质技术就可以成倍增长。不幸，加强科学事业却与此有所不同。

它不能不是一个比较缓慢的过程，因为它取决于是否有人才，即智力和经验高于一般人的人才。所以科学事业的成长有一个上限。这是由人才而不是由可资利用的资金决定的。不过这并不等于说，科学事业的成长不可能比目前快得多。这也不等于说成长速度本身不能逐步提高。科学事业不可能象工业那样每年增长百分之二十五或者百分之五十，不过现在却可以做到增长百分之十，而且一旦这个制度开足马力，就可以提高到百分之二十，如有必要，还可以再提高，其原因上面已经说过了。从根本上来说，原因在于现行吸收科技人员的制度和科学组织制度浪费极大。人才就在那里；只等人去使用。真正发展科学必须从教育制度做起，不过这实际上就意味着起码得经过八至十年才能在这方面收到任何明显成效，而且还要假定有足够的有才能的人担任教育工作。

为了取得更迅速的结果，就有损于充分使用现有的训练有素的有才能的科学家。毫无疑问，单是把已经有相当详细的规划的 313 科研方案付诸实施，就会在苏联境外的几乎一切国家中，使科学成果的数量大大增加。这些计划都由于经费不足而搁置起来，而这种限制在苏联是不存在的。当然某些困难一定会随着科学的需要的增加而产生，例如缺乏仪器或者缺乏有训练的助手等。这会多少妨碍科学工作，不过这主要是技术性困难，只要经费增加就会自动消失。显然，突然把科学主动性解放出来会造成浪费，不过这只是一切新的建设事业中存在的浪费。同目前停滞不前的状态比起来，这种浪费反而会是一种对社会有益的事。

科学工作者的地位　在任何科学财务方案中,科学工作者本身的实际工作条件都是一个主要的考虑。我们已经讨论过他们在目前的困难（见第四、五章）。这显然有必要加以补救。但是仅仅消除这些困难是不够的；科学工作者需要特殊照顾，假如要使他能为科学尽力的话。他的主要需要是职业有保证，有充分的空余时间和适当的地位。我们应当这样对待科学研究职业。这并不是说，科研人员毋需做任何其他事情，例如教学或行政工作，而是说，如果他是善于做研究工作的，他就不必从事其他有碍于他进行科研的事务，而这种情况在目前也实在太多了。法国所采取的明确划分职业级别的政策（见边码第 201 页和附录 VI）规定科研人员可以轮换从事教学和行政工作。这个政策为我们提供了一个理想的解决办法。关于工资的问题，根据社会制度的普遍不平等现象来看，目前上层的少数人和许多低层的人之间的工资差别过大。研究人员在早年思想最没有框框而且最富于想象力时，往往由于经济拮据而不能发挥其聪明才智。应该有可能规定一个差距不那么大的工资级别制度，以适应科学工作者的实际需要。目前人们用两个理由为教授所得的高工资辩护：他们必需有力量援助科学。学会和接待外国科学家等等，一个更有力的理由是：他们必需维持一定的社会地位，以便可以同富有者交往，为自己的工作筹集 314 经费。满足第一项需要的办法是照已经提出的办法改造科学学会和提供接待外宾的经费。科学协会不再承担出版费用后，就不会再成为会员的负担。第二项，也是比较重大的一项需要意味着要改变经济制度。在改变后的制度中，科学家的重要性会直接得到承认，而不必以金钱收入多少为标志。

应该改善他们的工作条件，以使科学家享受长期而且不定期的假期。苏联的习惯做法以及其他国家的越来越普遍的做法就是这样。这种假期可以同科学考察工作结合起来。这办法的要点在于：应使科学家能独自思考自己的

问题而不至损及其境况，这应该既适用于科学院科学家，也适用于工业中的科学家；事实上，最根本的改革之一，便是通过经常轮换和定期会议以消除这两类人员之间的差异。一旦科学被承认为现代生活的机器的一个基本组成部分，科学家的地位自然就会改变。他不再会遇到人们既在实际上鄙视他，又迷信般地钦佩他的那种复杂情绪，而是被看作为一个有运气而且有能力来应付新的事物——而不是既有事物——的普通工作人员。

对经费不加任何外来限制　应该明白，科学开支的特点不同于正常生产企业开支。科学费用的任何一笔金额可能是浪费掉了，但是总的说来，整个科学的收益会抵补这笔费用，其比例要比任何其他形式的支出和收益的比例为大。换言之，实际用于科学研究的金额仅为整个社会支出的千分之几，可是它却能使社会收入每年增加百分之十以下。所以，从长远看来，对科研费用不加限制也许是经济的。这就是说费用仅受现有科学家花费能力的限制。只要想到科研费用将受到确定的内在限制，这种无节制的建议就不会被认为是轻率了。首先，从事科学工作的人必须具有高度能力和努力工作的条件，第二，除了应该增加低级科学家工资之外，额外支出不会用于个人。第三，用于仪器的支出将受一个人能使用的仪器数量的限制，即使可能比目前多两三倍，也并不是无限制的。

最适宜的支出　尤其是在英国科学界，自然有人根据吃不 315 到葡萄就说葡萄酸的原理认为，钱多了其实是害了科学家。他们把美国当作一个例子。在那里科学经费比别的地方多得多，却没有与之相称的成果，而且反而产生了一些弊病。的确，有钱购买昂贵的、多少合乎标准化的仪器会在某一程度上妨碍人们去制造质量较差、操作困难，但却可能开辟新途径的仪器。不过这种弊端应该同由于缺乏某种仪器而完全无法取得成果的弊端相权衡。同样，有人认为，如果科学变成似乎是一个收入丰厚的职业，就会吸引一批不良份子到科学界来，极力从中捞一把。然而，我们在考虑这一点时还应该考虑另外一个事实：如果科学工作收入低微，无保障，从业人数有限制，许多有才能的人会裹足不前。必须把这些针锋相对的论点加以权衡，得出适中的办法来。肯定会有某种科学开支能使所耗金钱收到最大效益，然而这种开支不一定就是最适宜的科学支出。从社会观点看来，花双倍的钱去取得一倍半的科学成果是值得的。那种认为美国科学界可能比英国科学界花钱多，然而它对社会的价值也不见得更大的看法是无法肯定的。不过我们已经指出，目前科学上的浪费主要由于它的组织上的缺陷。这种浪费要比一个规划周密的科学事业中可能无成果的实验所支出的开支大得多。此外同科学开支增加有关的不少弊病其实是与科学工作无关的，而只不过是经济制度弊病的特殊例子。只要人们把获取利润当作可取的目标，没有什么行业、甚至连科学这一行也在内，可以不受到它的影响。不过这并不就是说，在存在这些令人可叹的活动的社会中，增加科学开支就会造成目前同它相联系的一些弊端。

理想的科学经费筹措办法首先要迅速增加经费。这种增加仅受觅得有足够能力的新工作人员的可能性的限制。而且在以后还要同样迅速地，即使不是更快地增加经费，不过这种增加将和人们自觉认识到的发展科学的社会需要相一致。如果我们想到有可能建立一个摆脱了目前令人不安的经济不安全和战争，而且能够为造福人类而发展科学的井然有序的社会的话，我们就能够看到：在这样的社会中，将会存在发展科学的加倍动力。这部分将是由于科学对社会的用处，部分将是由于科学活动本身使人们不再那么有必要从事

需要全本请访问 www.ertongbook.com

其他职业，这样就有可能首次充分合法地为科学而研究科学。

资本主义经济中的科学经费筹措

如果我们撇开仅仅由于科学对社会的价值而考虑如何为之筹措经费的问题，转而考虑在目前情况下如何最好地筹措经费的眼前问题，我们首先就面临着一堆困难和矛盾。首先，正如已经指出的那样，为了私人利润而进行的科研经费筹措有一个根本不利的条件。一般说来，用于科研的费用不论在长远看来多么有利，并不能使原来出资的人得到好处。竞争的存在以及其所引起的保密的必要性构成又一个障碍。这两个障碍本身就使得人们有必要建立一个非常复杂和效率低下的制度。资本主义国家的科研就是通过这个制度，部分由工业界。部分由国家来提供经费。比这些困难更严重的困难是：为了国家经济和军事力量而对科学实行国家垄断的倾向日益增长。不过这并不等于说，在这些限制范围之内，就不能使科学经费筹措工作建立在比目前大多数国家的情况好一点的基础上。

科学界和工业界之间必须更好地相互了解　除开已经指出的阻力之外，还有一些理应是可以消除的阻力。这些阻力主要由于科学研究所的科研主任，企业经理和政府行政管理人员之间缺乏相互了解所致。目前科研经费筹措制度并不是精心设计出来的，它是不同发展项目的临时应付办法积累而成的。它的复杂性和低下效率主要是由于人们从来没有全盘加以检查的缘故。如能这样做，就应该既有可能为科学筹措到比目前多的经费，又能使钱花得更得当。要达到第一个目的，资本主义国家的科学必须让人们知道自己的价值；而要做到这一步的有效办法是通过商业企业所发明的方法，即广告和宣传。至少是在英国，职业的道德准则迄今大体上使科学家们不愿采用这种方法。甚至也没有完善的科学新闻报导机构。在英国没有一家大报没有科学编辑，连拥有经常 317 性科学新闻采访记者的报纸也极少。美国的情况自然是好一点，但是即使在那里，重要的发明和应用也极少象在苏联的一切报纸上那样，被当做头条新闻刊登。由于大家不知道科学工作情况，它就不能得到人们的赏识，于是就不得不以转弯抹角的和特别的方法来筹款，结果就象我们已经指出的那样，促使科学家为那么一点点可以弄到手的金钱而进行了不体面的倾轧，而不是大家联合起来提出要求，以便为科学争取充份的预算。

科学基金　解决办法是设立某种集中的科学基金。尽管这个办法能否做到殊堪怀疑，技术上还是可行的。采用这个办法就可以把一切现有科学财源集中起来，而且可以用个人、企业和政府的补充津贴来作为补充。基金分配权将操在一个同前一节所说委员会相似的科学和工业委员会手中。要解决的最困难的问题与其说是资金分配，不如说是筹措经费的手段和不同来源的款项的相对比例。我们一开始就知道，在资本主义社会中不可能有一个统一的科学部门，因为各企业仍然需要科学工作的某一部分为它们自己的利益服务。不过如果各企业能够至少把科研经费的一部分用于牵涉整个行业的研究工作的话，我们就能够比目前更加接近于建立统一的科学部门。这便是英国建立研究协会时所采用的原则，不过还可以加以扩大以便包括现有工业的全部，而不是象目前那样仅包括全部工业的一半。在另一方面，至于对许多工业可能有帮助的更带有基本性质的科研和对整个社会有价值的科研，在目前

条件下期望企业向这些研究项目捐款，那完全是痴人做梦。在目前情况下，这种科研费用应由政府负担，也就是由纳税人直接地或间接地负担。实际上，议会科学委员会已经向政府提出了遵照这一原则设想的一个关于科学捐赠基金的方案，其主要内容见于附录。它的主要论点是：在应用科学中，研究项目需要十年期间才能达到可以实际应用的程度。所以，科学的需要同现时生产条件无关，而是在十年以后才会与之发生关系，源源不断供给经费是基本的必要条件，科研经费随商业循环而变化所造成的可悲结果已在上文谈过了（边码第 45，60 页）。有了一个捐赠基金，就可以在繁荣年代交进大笔款项，而在萧条时期就可以交纳小笔款项或者不交纳。这样就可以消除经费收入的波动，并且使科研 318 工作可以获得稳定的和缓慢增加的收入。同这个方案同时提出的还有关于扩大应用科学范围，把英国工业全部包括进去，而不是象现在这样仅包括其半数的建议。

官方的反对理由　不出所料，官方对议会科学委员会的建议作了否定的回答（见附录 V）。谱询委员会的反对理由有两点：第一，政府捐款资助科研时，其数额超过工业家自己愿意捐助的程度是不适宜的。其次，捐赠基金的原则有其内在的缺陷。他们指出：虽然工业家对科学好处的认识可能来得很慢，不过还是有所提高的。为了说明为什么情况是这样，他们提到自己的报告书：

“ 在工业中应用和发展科学设想，有赖于彻底理解工业怎样利用科学和科学方法。只有在科学家和工业家对这种合作的问题加以研究后，才能做到充分应用和发展。在受过科学教育的人和大多数从事工业生产的人之间有着不同的训练、经验和观点。某些人希望科学得到合理利用以便为社会带来潜在好处。他们往往没有想到上述各种因素。科学家必须同工业家取得妥协。为此，我们最重要的任务之一，便是妥善组织科研工作，以便促进同工业界的联系。……

有人催促我们立即建议大大增加国家科研开支以解决工业上的困难。我们认为：这种没有条件的发展是没有理由的。符合国家利益的合理的开支要看工业界在多大程度上普遍准备利用科学方法和科学知识的进展。只要我们象现在那样地确信，工业界正显得越来越准备有效地利用科学成果，我们就能够向国民说明为什么要采取不断发展科学以适应随时产生的新需要的政策。自 1915 年任命首届谘询委员会以来，我们的前任和我们自己就一直遵循着这一政策前进。 ”——《1930—31 年度报告书》。

他们的第二个论点是：政府的捐助已经不断有所增加了，虽然根据他们自己所列举的数字看来，在 1928 和 1933 年之间每年增加比率仅为百分之一又二分之一，在以后的五年中为百分之七又二分之一。这十分明显他说明商业循环的影响。他们显然是假定后一种增加比率可以永远继续下去。他们甚至一点也没有考虑过衰退 319 的可能性，而这个可能性现在已经变成了一个紧迫的现实了。反对捐赠基金的根据是：这样，基金就不能由议会加以控制了。这种议会控制权似乎只有理论上的重要性，因为在过去十五次的预算辩论中，科学部门的预算只占用了半小时。这个回答本身就等于完全承认我们目前经济和工业制度甚至无力为本身的利益来充分利用科学。在这种情况下，官方的意见大概是正确的，目前的科研经费筹措制度可能是现有经济体制下最好的办法了。

私人赠款　科学还有第三种收入来源——私人赠款；但是这必然是极难

加以规划的。在现代条件下，这也许是筹措科研经费的最糟糕的办法了。这种捐赠不能不是极其无规律的而且金额大多是无法预料的，不过它的最糟糕的特点是这类基金的分配和使用的一般国的。除了一些令人肃然起敬的例外情况外，现在人们把大笔钱交给科学界的原因是为了作宣传或者为了不受良心责备。一个企业或者个人对科学界的大笔捐款可能很有助于提高或保障施舍者的名誉。在英国，这可能是取得荣誉的捷径，在美国则会赢得普遍的尊敬。不过不论施舍的动机如何，大施主和潜在的施主成为一种经常存在的诱惑力，促使科学家个人或者集体勾心斗角要从这些捐赠中分得一点残羹冷炙。这些钱一般并不用于最急需的地方，而是落入最善于从富人那里争取捐助的科学家之手。结果，大量遗赠都浪费子砖瓦和灰浆[①]，或者浪费于能力差的或趋炎附势的科学家。更糟糕的是，获得这种捐助的机会促使科学界对富有者和他们的机构普遍采取奴颜婢膝的态度。大多数有激进思想的教授，一旦觉得自己的观点可能妨碍他们取得有助于他们最心爱的研究项目的经费，就不敢贸然发表意见了。经验已经证明，只有当基金金额数字很大、足够慢慢花用而且可以由公正而独立的委员会控制的时候，才能减少这些弊病。不过，没有一个基金，甚至包括洛克菲勒基金在内，有足够多的金额足以符合这些条件。如果有一个企业、政府和个人都向它捐助的总的科学捐赠基金，就可以消除目前的许多弊端。但即使这样，普遍存在的奉承现象必然会继续存在。

科学事业能否自给自足？　如果科学家自己能够从应用他们的发明所得的收益中分得可观的一份，筹措经费的问题就可以迎刃而解了。人们已经作过这种尝试，设法制订了科学发明专利取得办法以便使科研工作直接获得好处。最卓著的例子是威斯康星大学所取得的制造维生素 D 的专利权。不过总的来说，科学家本身并不赞同这种做法，因为他们明白，在大多数情况下，专利办法会阻止科学的有益成果的应用，在医学方面尤其如此。由于专利的限制，有益于整个人类的药品维持高价，以至只有最富有者才用得起。科学家感到自己参加这种交易是违反自己的基本原则的，虽然由于现有企业的排外性集团的缘故，他们不得不这样做。

不过除开这种道德上的考虑之外，任何通过专利来筹措科学经费的规划也还是有严重的实际困难的。目前不大有什么重要的专利交给大型垄断公司以外的企业来经营可以获得成功。有时，这些垄断企业把专利收买起来可能是值得的，不过一般来说，避开专利的规定要容易得多，而且在诉讼中，钱多的总是操胜算。总的说来，科学家本能地不参预商业还是一桩好事。由于他们专长不在此，亏损机会大概不少于赚钱机会。这种损失可能使整个科研部门无限期关闭并使许多人受苦。即使科学家在商业上取得成功，他们一般只能以牺牲自己的科学才能为代价，而且还得同意实行保密和刊登夸张的广告。这种夸张的广告是在商业上取得成功的必要条件，然而却和科学精神很不相容。

经济民族主义和计划性科学　在现代国家中，科学经费筹措工作中越来越重要的是它和国民经济的关系。事实上，某些国家可以能保全一些科学，几乎完全是由于这个缘故。例如在德国，政治生活的整个气氛是敌视科学精神的。血统和国土被认为比知识更重要，不过在现代世界中，他们也不得不

[①] 砖瓦和灰浆指建造房屋。——译者

勉强承认，血统和国土不足以保证国家荣誉和民族自由。他们由于两件事而需要科学 :要使战争机器完善起来以及同一件事情的另一方面，要使国民 321 经济朝着自给自足方向而完善起来。虽然这是一个极端的例子，可是所有其他资本主义国家都明显存在同一倾向。例如，在英国，这一倾向促使政府成立和保持科学和工业研究部（见边码第 80 页）。国民经济对科学所施的压力的效果主要是使应用科研朝两个方向发展：第一，是朝主要同军备有关的重工业，特别是冶金和化学工业发展，第二是在较小的程度上朝着解决食品的生产和保存问题的方向发展。这就扩大了物理学和生物学之间已经存在的不平衡。假如食品研究工作更带有生物学性质，这种不平衡当然不至于这样明显，可是我们在这里却遇上了现代政治的一个内在矛盾，即在政治上对农业的原始生产方法的关注。这种关注总是和经济上的民族主义同时存在的。由于不能得罪保守的地主和农民，所以有必要使农业保持原始状态，因为他们是内政上的反动力量和兵源的支柱。结果，社会把大量的化学人才用于制造合成食物，以免实行农业合理化所必需的比较小的行政和政治改革。食物保存的研究使组成大规模商品分配托拉斯的中间商人得到的好处实际上远远超过生产者或消费者。不过为了经济民族主义利益而发展科学可能也是有间接好处的，因为这第一次指明可以进行有组织的科学研究来解决涉及整个社会利益的问题，并且说明了，可以在美好的时代把这类有组织的研究工作从目前备战的轨道转移到造福社会的轨道上来。

科学自由

我们就这样地粗略描述了在两种不同类型的社会和经济环境中科学发展的可能性。这可能有助于说明一个要科学在其中发挥充分作用的社会组织的必要条件是什么。从根本上来说这是一个涉及面更广的问题——科学自由的问题。科学自由不单是对这个或那个研究项目或者理论不加禁止或限制，虽然今天在某些国家中，科学连这个最起码的自由也没有。充分的科学自由还不仅仅以此为限。要是人们得不到经费，即使允许他们进行科研也是没有什么用处的。研究资金的缺乏象警察监视一样有效地妨碍科学 322 发展。不过即便提供了资金、而且在一定程度上是依照科学发展的内部需要提供的，科学还是没有充分自由。科学活动的整个周期并不因为有了一个发现就算完成了。只有当这个发现作为一个观念作为一种实际应用，被当代社会所充分吸收的时候，这个周期才算完成。

摧残　只有当科学在社会生活中可以起积极的作用，而不仅仅是供人思考的时候，科学才能充分发展。这当然就是科学在十七世纪和十九世纪初期大发展时代中所起的作用。那时资本主义破天荒第一次为有效地利用自然力量提供了机会。可是今天科学的利用越来越受限制而且被用于卑鄙的目的。科学自由的缺乏和对科学的滥用也转而影响它的内部发展。在建立了一个伟大的传统的学科中，科学还是有可能遵循那个传统的路线前进，可是在其余的学科中，例如在生物学和社会学方面，科学的进展已经无疑地受到阻碍了。和当代实际生活脱节的科学肯定要堕落到学究作风的地步。

可见整个科学经费筹措问题所具有的社会经济性质远远大于它所具有的纯科学性质。一旦科学在推动社会进步中起了公认的作用，依照一个合理计划为科学筹措充足经费的问题就不应该有什么困难。所需经费的总额是这样

微不足道，除了遇上极大的危机或者在破坏性战争以后的重建时期，为科学研究找到充分的或者过于充分的经费理应是没有什么困难的。一旦把科学很好地组织起来，使大众能迅速而直接地受益，它的价值就会变得十分显著，把国民收入的百分之一、二拨给科学事业使用也就不会遇上什么困难了。这个数字将等于科学在今后二十年中可以吸收的经费，而且相当于今天它在大多数资本主义国家中所吸收的金额的五至二十倍。需要做的事情很多，其限制因素将不是可以取得的经费数额，而是可以使用这些钱的人人数不足。在人类需要可以用我们现在无法设想的方式满足之前，科学有着得到充分利用的前景。

科学事业需要组织起来　我们已经讨论了科学组织工作的一般问题的各个不同方面。这种讨论不能不带有纸上谈兵的性质，因为我们所谈的都仅仅是将来可能存在的组织形式，所以提不出具体例子。在这种论述中，仅能考虑到一些可以估计的因素，然而更为重要的却是那些不可估计的因素。一种组织形式，不论规划得多么完善也不论它和总的社会规划结合得多么密切，如果它不能代表推行这个组织形式的人们的实际愿望，就毫无用处。因
32 此，只有主要根据科学家自己的态度以及公众对科学的态度，我们才能估计出任何改组科学的工作取得成功的可能性。不承认迄今在科学界还存在不信任任何组织形式的想法是没有用的。不过这种不信任部分地是来源于科学要保持本身自由，不受教会和经院式大学的蒙昧主义限制的老传统，部分地来源于国家控制科学的较为近期的经验。至于第一点，老是念念不忘科学界过去的斗争往往只会使人看不到眼前的真正危险：人们已经不再对科学进行全面压制，而是具体加以利用。应该把现代的科学自由看作是行动的自由而不仅是思想的自由。为此就有必要组织起来，不过科学组织形式要想起作用，就不能而且也不可能是不加考虑地从企业或者政府机关硬搬过来的那种组织形式。把科学置于这种纪律和常规的束缚之下，科学就肯定会夭折。目前受到这种束缚的很大一部分科学工作实际上已经死亡了。组织起来不一定就意味着受这种纪律和常规的束缚。正如我们已经设法证明的那样，它可以既自由灵活，又井井有序。如果科学事业能保持以民主形式表达的民主精神作为它的主要核心，没有一个科学组织会失去科学的实际进步中所固有的团体精神和追求知识和争取造福人类的渴望。如果我们要拥有一个科学组织，主要要由科学家自己努力把它建立起来。他们如何才能做到这一点将在下一章予以讨论。

科学家和人民　不过建立科学组织不能单靠科学家自己。科学家不能强迫社会接受他们的服务，他们必须成为科学与社会之间自觉自愿的伙伴关系的一部分。可是这就意味着不从事科学工作的公众要更加充分认识科学的成就和发展的可能性。为了使科学充分发挥威力，也需要从经济上把社会妥善地组织起来，使普遍的人类福利——而不是私人利润和民族扩张——成为经济活动的基础。科学家也许会比目前社会中任何另外一部分比较富裕的人都更适合于这样的经济制度。因为科学事业一向是科学工作者的公社，彼此帮助，共享知识，它的个人或集体不追求超过研 324 究工作所需要的金钱或权力。他们习惯以理性的眼光和国际眼光看待问题，因此，从根本上来说，他们同力求把同甘共苦的原则不但扩大到知识界而且也扩大到社会和经济领域中去的运动是殊途同归的。为什么科学家或者社会还没有充分理解这个基本的共同点，将留待下章讨论。

第十三章　发展科学的战略

科学工作可以规划吗？

一旦解决了科学的充足经费和科学的完善组织问题，我们就面临着一个更为具体的问题：如何指导这个组织在科研及其应用方面进行工作。事实上，我们得制订一个科学规划。乍看起来，科学发展的战略问题似乎是无法解决的。科学就是发现人们过去所不知道的事物，在本质上是无法预知的。在许多人看来，科学发展的规划是一个语词矛盾。不过这种观点过于绝对，实际上，除非在某种程度上对科学工作加以规划，科学工作就无法进展。虽然我们的确不知道自己可能发现些什么，我们首先应该知道到哪里去找寻。某些短期规划一直是科学研究所固有的，长期规划则含誉地体现于科研人员的培训中。例如，如果不是考虑到化学还需要研究五十年的话，就不会去培训化学家了。发展规划的确是这样含蓄地存在着的，不过它是传统和机会主义的混合物。我们的任务是用一个经过更加自觉的深思熟虑的规划来代替它。这个规划将在同时顾及科学发展的不可逆料的性质。

灵活性要制订这样的规划显然需要一切科学领域的科学工作者通力合作。由此得出的不是一个实际规划，而是这样一群人所可能制订出来的那种规划的纲要。它称不上是一个确定的计划；当人们把不同学科的一切发展前景汇总在一起并编成一个科学总规划的时候，大家就可能发现原来的侧重点完全改变了。不过即令只是为了促使大家向这一共同事业前进一步，也还是值得尝试编制一个计划的。任何这类规划的第一个要求将是灵活性。刻板地执行预订规划对于科学是再有害也不过了。现在几乎被人忘记的赫伯特·斯宾塞的社会学规划就是这样。计划需要定期地，326 实际上是经常不断地修订。为整个科学制订五年或十年规划，并为各门学科制订较短的规划，也许是可行的，而且还应该规定可以修订，因为在任何时刻，新的综合性发现可能极为重要，以至要求对原先的规划进行全盘修改。在这个问题上，自觉的指导理应证明比目前无计划的科学发展灵活得多。由于缺乏有组织的预、测，斩发现的影响往往需要多年才能表现出来，甚至在其本领域中也是如此，而且还需要几十年才能进入其他科学领域。

全线推进　科学知识战线上的进展从来不是、而且也不应该是划一的。它总是包含一些凸出地带，在那里，进展容易而且迅速，在那里，未知领域的阵线被确定地突破了。在目前，凸出地带是核物理、量子化学、固体和液体结构、免疫学、胚胎学和遗传学。迄今的趋势是：大多数有才能的科研工作者，涌向这些地带，并且在其后面还拖了一大群才能较差的科研工作者，正象在淘金热潮中，跟在有经验的勘探者后而的人仅不过是想迅速发财而已。结果，没有出现惊人进展的其他科学领域可悲地遭到遗忘，而且由于失掉了本来很有前途的研究工作的知识，甚至可能倒退。就这样，化学在本世纪的成绩，同它在十丸世纪所取得的巨大进展相比，就微不足道了。一旦这些被遗忘的科学发展地带受到人们的注意，借助从比较发展的学科借来的新原理和新方法，这些学科到时候就会变成最容易发展的学科。只要组织得更好一些，这个最后的进展就可能一直保持下去，科学知识就不致于失落而需要人们重新拾起。

受阻地点　在科学战线上，也有一些这样的地带：在那里，人们遇上了

需要全本请访问 www.ertongbook.com

一条死胡同，在那里，某一条发展战线似乎进展不动，或者遇上了无法克服的理论或实际困难。将近十八世纪后半期的电学就处于这一状态。伽代尼和伏打的发现把它从这种状态中拯救出来。十九世纪，在消色差显微镜发明出来以前，生物学一直没有进步。遗传学由于无法分析的原因，直到 1900 年为止始终进展不动。理论宇宙物理学在现今也进展不了。这些科学发展受阻的事例本身就意味着需要把科学工作加以全面组织。一个领域的科学工作者可能认为某些问题无法解决，可是在另一个领域中却可能已经有了现成答案了。如果情况不是这样，如果存在的困难完全超出了现代科学力所能及的范围以外，显然就需要把这个学科本身以及其邻近领域的最有才能的人员集中起来研究这些问题。因为恰恰是在科学观察看来无效或者得出相互矛盾的结果的领域，我们有最大的理由怀疑原来的理论是否有某种内在的 32 缺陷，因此我们也有最大的理由去组织新的突破以深入这些未知的领域。物理学在十九世纪末叶就处于这种状态，后来靠了一系列幸运的偶然事件才摆脱了这个局面。不难看出，假如当初对物理学有了更为全面的观点，并且对经常存在的不正常现象加以应有的注意，目前的局面可能老早就到来了。在科学史上，解释为什么没有某种发现，比解释为什么有这种发现要难得多。一个有组织的科学规划可能获得的一个确定好处便是能减少发生这种情况的次数。

扩大战线　此外，还存在着从来没有入进行科学研究的未知领域。科学战线仍然是过于狭窄了。扩大科学战线是可以为科学本身和整个人类都带来好处的。我们仍然遵照传统来管理我们的很大一部分生活。我们感到这些传统多少是有用处的，然而它们却没有科学根据。在最近二十年以前，我们甚至还不明白或者不肯费神，从科学角度研究一下我们吃饭睡觉或者养育子女的问题，甚至到现在，我们的整个家庭事务——吃饭、洗衣和烹调等等——还没有受到科学的过问，极其有限的和具有商业目的的那种科学除外。在纯科学世界中，各学科之间仍然存在实际上来经探索的广大地区。物理化学和生物化学的巨大成就就是填补这种空白的例子。不过生理学和心理学之间以及心理学、社会学和经济学之间的空白大体上还没有填补上。任何完善的规划都应对这些情况加以特别考虑，而且要把现有的一部分最精锐的兵力布置到这些领域中来。

过去二百年来科学分支的迅速增加说明科学智慧能进入多少新领域。同时这种局面也对科学造成局部损失，因为原来的单一的领域现在分裂为若干部门，彼此之间在开头很少联系。物理和化学一度是不能区分的，在十八世纪末，它们明确地分家了。到了十丸世纪中叶，人们感到有必要建立一门新学科物理化学，以便把两者联系起来。科学组织工作应该保证这种联系经常保持下去，而不是事后才想起建立这样的联系。任何学科取得进展都应立即向一切其他学科提供情报。显然要求一切其他学科的科研工作者把某一个学科的成果全都吸收下来，并不能达到这一目的。科学出版物有责任保证这些成果的交流。哪一个领域可能需要这 828 种资料，就应把这些成果编写成短小精干易于理解的资料供给哪一个领域，而不是仅仅提供原始资料。应该鼓励新工作人员进入中间地带，以保证科学前线上的工作的不间断的连续性。

巩固阵地　需要考虑的不仅仅是科学进展的前线。一旦取得进展，就要加以巩固。我们现在研究历代科学家们的生平和工作的好处之一，便是可以从中得到很多启示，这些启示过去一直没有挖掘出来，但对未来的发展却是很有意义的。这意味着他们当时的很大一部分工作都是自做了。其所以如此

并不是因为他们无法逐一地研究这些问题并在这些问题中的任何一个问题上取得进展，而是因为他们本身实际上不可能在所有这些问题上全都取得进展。他们也缺乏由能够研究这些问题的合作者组成的足够的学派。保证人们在最迅速的科学进展之后展开充分的大规模合作性后继研究并且不让有前途的开端湮没不闻，这是科学工作组织规划的一个重要部分。

最后，在一门新的学问的主要轮廓已经十分明显之后，打扫战场的工作总是值得进行的。总是有一些细心和工作有条理的工作者宁愿担任日常性工作而不愿当开路先锋，可以责成他们来详细研究普遍性理论的含义。我们所以有必要这样做不是由于我们有一种学究式的愿望，要想使理论无所不包，而且是由于我们明白：往往正是通过这种耐心的研究才找出理论失效的事例，而这些事例文可能转过来成为新的和有意义的修正的起点。

理论的重要性　除非创立充分的和全面性的理论来为新发现奠定巩固基础，否则科学的进展就没什么价值。我们已经看到，过去，在许多学科中，特别是在生物学中，一方面不断地有人进行重复的而且同别人不相配合的实验工作，另一方面，也不断地有人建立同事实没有充分联系的普遍性理论。如果科学实验者和理论家不是同一个人，应当加强他们之间的联系。这并不是说理论可以按照订单创立出来。建立新理论仍然将是思想家个人的最无法预料的特权之一。我们可能做到的是：向任何希望在某一领域进行综合工作的人提供经过整理、可以一次吸收的、该领域中过去的一切研究成果，而不要让他们通过大量调查和学术研究才能零零星星地把这些资料搜罗到一起。有条不紊地发展科学理应会使目前的状况一去不复返。目前，在一个领域重新进行研究往 829 往要比查明这个领域过去有什么可靠的研究成果容易一些，而其所以如此并不是因为以前没有研究成果，而是研究成果重复太多。我们的目标必须是促使理论尽可能和实验的结果密切吻合而且还能为以后的实验指出方向。

经常的修正　妨碍科学进步的因素不单是缺乏理论；过时的理论对新发展所起的拖后腿作用也是同样严重的。老传统的压力束缚并挫伤了活泼的思想。只要科学界单是由老人掌权，就一定会发生这种情况。我们已经提出的补救办法。——由青年人参加的实验室委员会辅助个人指导科研工作——是摆脱这个困难的一个方法。另一个方法是保证每隔一时期研究室主任可以脱产学习，以便使他有时间赶上时代，如果他们的思想还没有僵化，能够做到这一点的话。在制订科学发展规划时，应该更进一步地指出：在任何科学领域中，一旦一个新理论否定了旧的观念，就要毫不拖延地在那个领域进行彻底的修正。当然，由于旧的理论曾经在自己的时代证明是令人满意的，它们一定也有值得重视的成分。这些成分并不一定都包含在新理论中。有时老理论的某些方面会重新出现在后来的第三种理论之中。光的波动说和粒子说就是这样。在根据新理论对任何科学领域进行修正时，应当把这些因素考虑进去，不过这些因素的存在并不能作为一种理由，让新旧知识永远互相矛盾地混在一起。目前，这种新旧知识的大杂烩就被当做科学传授给别人。只要理论有了充分发展，在没有理论的情况下，只要人们对实验知识作出了有条理的归纳，在任何时候都应该有可能对现有知识作出全面综述。这种综述能够根据研究的性质，提供详略程度不等的有关各种事实和技术的综食性说明，作为科研和实践的任何领域的工作基础（见边码第页）。

基本研究和应用研究的平衡　任何发展科学的规划都应该始终在基本

研究和应用研究之间保持一个适当的比例，并且要使两者之间始终保持最密切的联系。我们已经在别的地方讨论过做到这一步的具体组织形式，即成套的研究所，人们将通过这些研究所把田间和车间生产问题归结为基本科研问题，然后逐级加以解决，一直到最后加以实际应用。不过在这种组织形式中，不同部门的工作人员的人数和质量及不同部门拥有的经费之间，必须有适当比例。这种比例必然随不同的学科和不同的时间而有所不同。如果在某些领域中全面性的基础理论在涉及具体实践的范围内已经为人们所公认，例如在化学或物理学中，就应该对应用方面给予极大的重视。在生物学方面，需要进行比目前多得多的基本研究工作，不过把任何领域中的基本研究和应用研究割裂开来当然都是不大自然的，尤其是在我们刚刚开始获得精确知识的领域里。社会学、经济学和政治理论研究之所以不出成果，主要是由于它们没有同这些领域的实践结合起来。研究社会科学甚至比研究物质世界更需要同社会活动结合。

第一阶段：对科学作全面调查

规划科学发展总方向的第一阶段是，在我们已经说明的意义上，对人类生活各个领域的现有知识和技术进行一次全面调查。只要进行这样的调查就一定要对科学的一切分支进行进一步的调查。这并不是一个新主意。在科学大发展的其他时代前夕，都采用过这个办法。皇家学会的创始人在十七世纪和法国大百科全书派在十八世纪都开展过若干次全面调查，不过我们可以在比他们高得多的水平上开始。

大自然的世界和人的世界　必须对两个主要的调查和活动领域加以考虑。在其中一个领域中，即在大自然的世界里，我们面临着如何替人——作为一个生理学单元——找到和创造最优环境的问题。这就牵涉到全部具体技术和其背后的自然科学的全部内容，还牵涉到建立在比我们目前拥有的深刻得多的生物学知识、基础上的生物学技术。我们必须理解人类产生以前自然界的全部过程，才能为人类进取精神创造最好的生物学背景。自然科学的学科，如天文学和群论，不管如何生僻或抽象，都不是同这一目的无关的。在第二个地带，即社会的世界里，问题已经变得比生物学上的生存问题更为急迫了。对社会、种族和阶级在经济上和政抬上交互作用的整个过程的理解和综合，要达到比我们目前有办法做到的高得多的程度。而且在将来，人类的社会方面显然会变得相对来说愈加重要。不仅人类的生物学上的需要将更容易得到满足，而且他还将创造出一个社会的世界，其复杂程度将远远超 331 出他最初所在的自然的世界。直到现在，社会的世界虽然是由有意识的力量创造出来的，却是无意识地创造出来的。在将来，社会的意识一定要成为社会变革的决定力量，而且这种认识不能不影响到眼前科学发展的方向。

需要真正起作用的社会科学　事情已经愈来愈明显，我们有必要把所谓科学的左派——生物学、尤其是社会学和经济学——提高到物理学和化学早期发展的水平上去。这不单是为这些学科的研究提供更多经费的问题，也不只是吸引有很大才能的工作者到这些学科中来的问题。生物学的、特别是社会学的重大因难，以及人们所以觉得它们不是真正的科学，而只是伪科学的根据是：它们和现实生活没有足够的积极关系。物理学家或者化学家所要发现的种种技术，只要有其内在的功效，就完全有希望直接用来为人类造福。

象我们已经讨论过的那样，的确也存在一些弊病，而且愈来愈多，然而这些弊病还不足以使整个工作从根本上来说，看起来是无效劳动。就生物学家来说，他的研究成果还很有可能在医学上得到应用。可是农学家却面临着这样的一个世界：在那里，当务之急不是去发展而是去限制生产，以致使生物学发现的巨大潜力根本没有希望得到实际使用。社会学的情况就更糟了。不仅一切社会学家都没有行政权力，以致社会学根本不能成为一门实验科学，而且对社会体制的研究本身一旦看起来会引起人们对现存社会制度的批判，就遭到阻碍并且被引到毫无成果、单纯描写性的学术水平上去。要想把生物学和社会学纳入正规，就必需使它们同正在改变生物学环境和社会本身的实际力量密切结合起来（见边码第 341 页）。

科学的前景

在研究了科学发展的这些比较一般的问题以后，我们就可以转而研究科学发展的眼前的具体前景。这种前景可以从两方面来看，既可以从发展科学技术和理论的观点来看，又可以从满足人类需要的观点来看。前者极其明显地决定了科学发展的眼前的内在可能性，后者则决定其长期的趋向。自然，如果有可能提供一幅同时显出这两个方面的科学发展的图景，那就更好了。不过这样的一幅图景几乎一定会由于包罗万象而失去其清晰性。所以，在 332 本章及下一章，我们将相继对这两方面加以介绍。我们还要在本章中说明怎样才可以利用科学的发展来帮助满足人类需要，并且在下一章中说明人类需要为什么可以促进科学发展。

未完成的任务　自然世界的图景一向就十分清晰，使我们可以看出迄今哪些任务是最重要的未竟工作。这些工作便是在自然科学的边缘上探索目前无法知道的根本机制、或者不如说隐蔽的机制，并且探索各学科之间，如物理学同化学之间、化学同生物学之间、生物学同社会学之间以及最后，社会学同心理学之间的联系环节。究竟是否能够把这几类现象联结成为一个整体，其实并不重要。重要的是，我们要知道：关于这些中间性环节，还有多得多的东西需要我们去发现，而且由于我们目前对这些中间环节一无所知，我们至今仍然根本无法充分理解这些中间环节本身的意义。在这些中间环节当中，有一个中间环节，即物理学与化学之间的空白，已经大部分填补了。由于量子论的创立，我们已经可以象解释电和光这两种物理现象一样地来解释化合和亲和力这两种化学现象了。在这个过程中，我们对古典化学的认识也深刻得多了。无疑，对于生物学的化学基础的进一步认识，同样会有助于说明先前认为是纯生物学问题的一些问题。事实上，最新趋势的最显著成果之一便是通过研究维生素和荷尔蒙之类比较简单的化学物质的效应而阐明了生理行为乃至心理行为。这并不是说，我们为了研究中间性课题应该忽略中心课题，而是说中心课题有可能从中间性课题中取得进行实验的新动力和建立理论的新基础。以下，我们要对科学研究的近期前景，尤其是从物理学到数学的各种中间地带的近期前景，作一番扼要的叙述，这种叙述当然不能不是十分一般化的。

物理学

在物理学中，对物质世界的隐蔽本质的探索，当然也就是探索宇宙中最微小，最迅速，最富有活力和最遥远、最古老的部分。对原子核的研究同时也就是对星球内部以及银河系的起源和发展 333 的研究。不仅如此，由于越出了我们普通人的经验，这种研究使我们称之为自然法则的各项实践行为准则受到最严峻的考验，并且有助于分清究竟在多大程度上，这些准则从任何意义上来说都是终极的准则，而且究竟在多大程度上，这些准则只是近似的实践准则，适合于具有我们这样的体积和生活节奏的动物。例如，人们也许会发现，在生物学和工业应用中都极为重要的能量不灭定律适用于或不适用于各个粒子和光的射线的交互作用。但不论结果如何，这个研究必然会使我们对宏观世界中能量不灭的意义有更多了解。理论物理学标志着我们知识的外层边界。它必然不仅能吸引最有创造才能的人而且也能吸引最善于思考的人。它的不少最概括的结论几乎不可避免地夹杂着有意无意地从前科学时代的信仰中汲取来的神秘的和形而上学的直觉成分，数量之多不下于从观察和实验得来的合理归纳成分。将来的工作有很大一部分将是如何消除这些妨碍发展的成分，不过要做到这一点，就有必要把我们解决物理学问题的方法建立在对宇宙及其发展有全面认识的更广阔的基础上。

现代物理学不但在理论方面大有可为。它所包含的技术，如高压电，真空管和振荡电路，也可以用来改造许多其他学科，而且这些技术本身就是物理学和电器工业之间的一条有用的直接联系纽带。双方已绎有了一种十分复杂的耳利关系，科学界字出有技术价值的设想，并作为报酬，接受进一步发展’所必需的经费和新工具。电子管和振荡电路，如能进一步发展，将在科学界内外具有重要意义。电子显微镜已经是既成事实了。它的性能已经超过光学显微镜好几倍；电视的发展也同它有关。现在凡是能影响任何种类的辐射的东西都可以被人类观察到，能够穿透云雾见物的红外线望远镜已臻于完善。现在只要把这些方法用来解决其他学科的问题就可以引起一场同望远镜和显微镜所带来的革命相类似的革命。

振荡电路的新组合的可能性是无穷的。在具有数学和电器发明才能的人员的适当合作下，可以在愈来愈大的程度上利用它们来代替运算过程。数学正随着这种应用变得机械化，不过在同时也开辟了一个数学化机器的新时代。这些新的数学物理方法可以用来控制仪器和机器，不是象迄今这样仅仅用于把人的意志传达给机器，而是用它来实际代替人进行观察和控制。已经可以通过红外线眼来监视工序，并且还能够找出肉眼看不到的差错。我们将来有可能建立一门新机械学。在其中，人类的智慧将主要用以设计完全自动运行、自动调节、自动修理的机器，从根本上消除由人来看管机器的必要性。

核物理学现在已经开始提供更大的无法预见的可能性了。元素的嬗变已成为事实了，目前还是在半微观的规模上，不过已经发展得足以对化学和生物具有巨大价值了。通过诸如放射性钠或放射性磷之类的新放射性元素，我们现在有了追踪单个原子运动的方法；因而也就是有了直接揭开消化和新陈代谢的秘密的方法。生物学应该准备充分利用这些方法去进行大量工作。

物质的结构　主要研究材料性质的几门较古老而且大半被人遗忘的物理学分支，现在正处于迅速改造的过程。真至前不久，只有在研究电场和粒子的碰撞时，物理学才涉及物质的内部结构；此外仅是根据对物质性质的初步认识而提出一些概括的概念——硬度、弹性、可塑性等。这些概念是可以加以利用，然而却根本无法加以说明。最近，光学方面的发展以及对物质进

行调射线和电子研究方面的发展已经完全改变了这种状态。物理学的一个巨大的新分支正在出现中。它和化学发生联系并且涉及固体或液体物质的结构。它的第一阶段是对现有形态的物质的原子结构进行研究。研究的结果，人们已经对技术性材料——金属、陶瓷、纤维等——的性质有所了解。所以需要朝这一方向发展是因为有可能创造出新的材料，不是用盲目实验的方法来创造新材料（这种方法永不会创造什么崭新的东西），而是通过充分利用结构理论来创造新材料，目的就在于使新材料具有人们所希望的任何性质。

我们对固体物质的认识已经越过认识结构的阶段而进一步力求理解结构是怎样改变的。摩擦和可塑性变形都同样地伴有局部发热和甚至材料熔解的现象。英国和苏联在这一方面同时开展的研究，必将对有关金属加工以及轴承、润滑、摩擦电、甚至还有 33 火药爆炸问题的工艺过程产生深刻影响。另一个极有希望的领域是关于物质的边沿和表面的研究。这种研究在理论上的优点是可以展示物质的两维特点而不是三维特点，不过这种研究对于腐蚀、吸收、矿物浮选、催化以及物理学和化学边沿上的其他方法也具有极大的实用价值。

地球物理学　现代物理学范围扩大的结果之一，是现在已经有可能解释而不仅仅是描写我们地球的变化。这是牵涉核物理学的宇宙问题的一个特殊方面，因为我们必须到核物理学中去寻找构成地球的各种元素有的多有的少的原因。不过，这些元素互相分开的原因以及这些元素在地壳或地球内鄙不同部分的分布情况，却是需要由新的晶体物理学加以研究的问题，同时在这个过程中，人们也许就能解答关于大陆和山脉的起源的历史问题以及关于地震原因和地震预测的眼前实际问题。在这里，迅速发展的地球物理学方法——重力、磁力、电气和振动方法——在理论方面以及在它们对合理勘探矿藏的贡献方面都有极大的前途。我们对地球表面的变化、即大气层和水界的问题当然尤其感到兴趣。

不但这些问题对飞行、水力、渔业和航行等等的实际重要性大大增加了，而且现在我们开始认识到，它们对科学也有很大意义的，因为它们从本质上阐明了表面上看来毫无道理可言的生命的化学构成，因而也从本质上阐明了生命的起源。地质学本身仅能对这个问题为我们提供一半答案，另一半须由化学来提供。

化学

过去一百五十年中化学的进展都应归功于拉瓦锡所开创的化学大革命在实践中的应用。不过，人们还没有充分认识到在过去十年中已经由于应用了新的量子力学以及光谱分析和调射线分析等新方法而产生了另一场规模大得多的革命。我们现在已经可以把电子和原子核的力学系统的行为和久已熟知的化学反应联系起来。起初，这当然仅仅促使人们对化学重新进行解释，不过，事情必然不是到此为止，必然还会建立一门比十九世纪的化学合理得多的新化学，就象十九世纪的化学比先前的实验化学更为合理那样。现在已经可以清楚地看出，早期化学所以表面上看来很简单，主要是由于它几乎仅仅研究单盐和气体分子。它把凡是无法解释的最基本的现象，如构成岩石的硅酸盐或者金属及其矿石的现象，干脆搁在一边。新方法已经把这一切都改变过来了，而且可能带来更大的变化。人们对硅酸盐化学，已有充分理解，说

需要全本请访问 www.ertongbook.com