

科学能力学引论

赵红州 著

科学出版社

科学能力学引论

赵红州 著

科学出版社

1984

内 容 简 介

本书是理论科学学的专门著作，主要讨论科学发展的内在动力问题。著者从系统论观点出发，讨论社会的科学能力诸要素及其相互作用所产生的新质，对科学家社会集团、图书情报系统、实验技术系统、劳动结构系统，以及科学教育系统的社会功能分别做了详细的分析，并用定量分析与定性分析相结合的方法，说明近代科学中心的转移问题、世界科学的未来问题和我国科学现代化的战略和战术问题。

本书既可以供科技工作者和科学学专业工作者参考，又可供研究生、大学生和广大干部阅读。

科 学 能 力 学 引 论

赵红州 著

责任编辑 余志华

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年12月第一版 开本：850×1168 1/32

1984年12月第一次印刷 印张：11 3/4 插页：3

印数：0001—8,000

字数：303,000

统一书号：17031·201

本社书号：3774·17-2

定价：3.55 元

序 言

从文艺复兴到现在,自然科学已经走过将近五百年的历程。在这几百年里,科学取得了惊人的进步和突破。尤其是本世纪以来,她所取得的重大成就,要比以往全部历史的总和还要多。

科学发展的不平衡性和不稳定性,使得近代科学出现波澜起伏的壮观局面。有的国家科学兴起了,有的国家科学衰落了;兴隆的科学事业又孕育着新的危机,衰落的科学事业又酝酿着新的崛起……这样,便在近代科学史上出现一个又一个的科学兴隆时期和科学活动中心。

是什么因素决定了一个民族科学事业的兴衰荣辱?是什么因素影响了一个民族科学发展的方向?是什么东西推动了科学技术的加速发展?又是什么东西代表了整个国家的科学技术水平?

毛泽东同志曾经有过一句名言,“外因是变化的条件,内因是变化的根据,外因通过内因而起作用”^①。生产斗争和社会需要如何通过科学的内在因素起作用,科学的内在因素又如何在社会需要的动力基础上,相对独立地推动科学的自身发展与变化。这将是本书自始至终的学术兴奋中心。

按照马克思主义的观点,决定科学发展的内在因素,乃是社会的科学能力。科学能力作为特殊的生产力,推动科学知识的创生、发育、增长和变化,并且给社会生产提供着力点,进而决定科学事业的兴衰。

科学能力(Capacity)不同于科学潜力(Potence)。六十年代苏联经济学界曾经广泛使用“科学潜力”(Потенциал)一词^{②③},

① 《毛泽东选集》(合订本),第291页。

② Г. М. Добров и др., Потенциал Науки, Киев, 1969.

③ В. Н. Клименюк, Управление Развитием и Использованием Научного Потенциала, Киев, 1974.

意思同经济潜力、军事潜力一样,都是指在一定的时间点上,可能变成现实力量的最大限度的能力。而我们这里所说的科学能力,则是在一定的时间间隔之内的、正在起作用的最大限度的包容力量。这种力量,既有瞬时点上的现实力量,又有 Δt 时间间隔内超前的和滞后的效应。前者可以反映现实,后者可以说明变化。因此,科学能力在科学劳动过程中,决不是潜在因素,而是现实的因素、正在起作用的因素。虽然其中有的成分在 Δt 时间内表现一定的潜在性,但是,相对 Δt 之外的事件来说,它又是地地道道的现实能力。因此,我诚恳地希望读者,不要把我们讨论的课题,同苏联的科学潜力相混淆。虽然它们之间有一定的联系。

值得指出的是,苏联学者关于科学潜力的概念,是从生产的角度来看科学的。认为生产力是现实的力量,科学的力量则当然是社会生产的潜力^①,这种观点在忽略科学自身因素的情况下,是正确的。但是,如果考虑科学自身的内在因素(如科学结构、科学能力等),那就不全面了。尤其是现代,科学结构的形成,科研领域生产关系的完善,人们如果不从内因和外因的结合上,讨论社会的科学现象,那就很难解释科学史上许多生动的细节。这正象人们若不从电磁场与电子的相互作用来研究塞曼效应,就很难解释光谱线在磁场中的分裂一样。

比如,英国科学在十八世纪晚期至十九世纪三十年代的衰落,就是例子。当时,英国正值产业革命时期,无论生产力或是生产关系,都比世界上任何一个国家先进得多。但是,这时的英国科学却衰落得一踏糊涂!这时的科学中心不在英国,反而在生产力远比英国落后的法国。

如果认为只有生产才是科学的现实动力,除此之外再没有别的现实的力量(比如科学自身的直接动力),那就很难解释诸如上述这样的科学现象。

事实上,科学的发展和变化,除了生产和经济上的需要这一

① Я. М. Жуковский, Наука как Производительная Сила Общество, Москва "Мыслы", 1973.

“主要动力”^①和“根本动力”^②之外，还有科学的“内在动力”。这就是社会的科学能力。科学能力迭加在生产的根本动力之上，再加上社会政治诸因素的影响，这就造成了科学中心转移的有趣现象。

同样，标志一个国家科学技术水平的，也是社会的科学能力，而不是科学潜力。潜力只能说明未来可能达到的科学水平，不能说明现在具备的科学水平。只有社会的科学能力才是现实的、真正的影响科学发展的内在动力。

科学能力的概念，是建立在马克思关于科学是一般社会生产力^③和科学变成直接的生产力^④的科学论断基础上的。本书中所谓“科学能力是特殊的生产力”，正是指这种“一般社会生产力”。而“科学作为一般社会生产力”^⑤，也就包含在“科学能力是特殊的生产力”这一命题之中。因为这里所说的“科学”，乃是以图书情报为物质载体的科学劳动资料，而这种科学资料恰是科学能力的要素之一。科学能力把科学知识生产出来，技术能力把科学知识物化成一定的专业技术和生产技术，生产能力则最后完成科学技术向“直接生产力”的过渡。因此，科学向直接生产力的转化过程，就是科学能力、技术能力和生产能力（三种社会生产力的存在方式）共同起作用的过程。科学变成直接生产力，也正是科学在生产力的王国里不断变换存在形式的结果，即知识形态的生产力变成了物质形态的生产力。

有趣的是，社会的科学能力与科研领域的生产关系的矛盾运动，它在社会生产方式的孕育下，最终产生了一种相对独立的、特殊的生产方式^⑥。

① 恩格斯：《致康·施米特的信》（1890年10月27日），《马克思恩格斯选集》第4卷，第484页。

② 龚育之：《关于自然科学发展规律的几个问题》，上海人民出版社1978年版，第60页。

③ 《马克思恩格斯全集》，第26卷（I），第422页。

④ 马克思：《政治经济学批判大纲（草稿）》第3分册，第358页。

⑤ 查汝强：《科学是愈来愈重要的生产力》，《哲学研究》，1978年，第10期。

⑥ 马克思：《经济学哲学手稿》，何思敬译本，第83页。

本书力求把上述马克思列宁主义、毛泽东思想的有关论述作为指导思想,从而探讨科学能力的结构要素、社会功能、社会属性及其在促进国家科学事业发展和科学技术的进步方面的若干规律问题。

在确立“社会的科学能力”这一概念时,作者曾经多次得到我国著名的科学学家、马克思主义理论家龚育之同志、著名经济学家苏星同志的指教,同时也就教过我国知名的物理学家何祚庥和郭汉英教授。《红旗》杂志刊登《试论社会的科学能力》一文之后,作者又受到我国著名的科学家钱学森教授的赞赏和教诲。特别是我国著名的经济学家、马克思主义理论家于光远教授提出的关于建立和发展马克思主义“生产力经济学”的建议,给作者很大的启发和勇气。喝水不忘挖井人。当作者有机会出版《科学能力学引论》的时候,特别要对诸位尊师(一些我在学生时代就十分崇拜的学者),深表谢意。

是钱学森教授最先提出要建立“科学能力学”的,并且主张把科学能力学作为科学学的三大分支学科来研究。读者面前这本书正是在这一领域的冒然尝试。因为抛砖引玉,故以“引论”取名。敬请读者批评、指正。

最后,我要诚挚地感谢科学出版社的编辑同志。要不是他们多次敦促,鼓励“小母鸡也要下蛋”,我是决不会动笔的。我的学长杨沛霆、韩秉承、柴本良、王兴成、符志良、郑慕琦、徐跃宗、柳树滋、申先甲、李惠国、赵文彦、李秀果、陈益升、赵海源,蒋国华、王铁男、刘易成、陈德述、曹勇进、袁萌、汪培庄等学者,在作者从事这方面问题的研究时,都给我不少的帮助。尤其是上海的夏禹龙、刘吉、冯之浚、张念椿、纪树立,天津的何钟秀等学者,在作者遇到困难时,慷慨相助。这里一并致谢。

赵红州

一九八二年十月 北京

目 录

序言.....	vii
---------	-----

第 一 篇

一、现代社会的全新力能	
——论社会的科学能力.....	1
（一）社会的科学能力是科学劳动社会化的产物	2
（二）社会的科学能力的基本要素	7
（三）社会的科学能力的基本属性	13
二、主体是科学家队伍	
——二论社会的科学能力.....	16
（一）一定规模的科学家社会集团	16
（二）一种最佳的社会年龄结构	20
（三）一种稳定的人员代谢速度	27
（四）一个科学的知识专业构成	30
（五）建设我国第一流的科学家队伍	33
三、两翼是图书情报	
——三论社会的科学能力.....	34
（一）作为科学能力的图书情报系统	34
（二）作为科学劳动资料的图书情报资源	37
（三）作为创造“中介”的图书情报知识	40
四、实验技术装备是科学能力的脊梁	
——四论社会的科学能力.....	49
（一）实验技术装备是特殊的生产资料	49
（二）实验技术装备的非生产特征	52
（三）实验技术装备是科学能力的分度尺	56
（四）实验技术装备是科学能力的要素	59
（五）我国实验室现代化问题	62

五、科学能力的社会骨架	
——五论社会的科学能力·····	64
（一）科学劳动社会结构的馈赠性·····	64
（二）科学劳动社会结构的历史演变·····	67
（三）现代科学劳动结构的柔性特征·····	71
（四）向科学劳动结构要馈赠·····	76
六、科学教育的潜在力量	
——六论社会的科学能力·····	78
（一）科学教育是近代科学的产物·····	78
（二）科学教育是科学能力的潜在因素·····	80
（三）科学教育与科学研究是对立统一的关系·····	85
（四）提高全民族的科学教育水平·····	88
七、知识的潜流	
——七论社会的科学能力·····	92
（一）孕育中的科学·····	92
（二）潜科学的结构要素及其变化·····	96
（三）潜科学的无形力量·····	101
八、科学能力的原动力	
——八论社会的科学能力·····	106
（一）好奇心与怀疑精神·····	106
（二）自信心与谦逊精神·····	108
（三）进取心与献身精神·····	112
九、科学创造的集团效应	
——九论社会的科学能力·····	115
（一）论争中的智力激发·····	115
（二）协作中的智力互补·····	117
（三）学派中的智力系统·····	119
十、社会化的集团力量	
——十论社会的科学能力·····	122
（一）学会的产生是历史的巨大进步·····	122
（二）学会是学派集团的社会力量·····	125
（三）我国学会应当成为社会主义科学事业的促进会·····	130

十一、民族的创新精神	
——十一论社会的科学能力·····	135
（一）独创自立的科学战略·····	135
（二）鼓励创新的科技政策·····	137
（三）自由探讨的学术风气·····	140
（四）民族的创新精神是科学事业奋飞的大气·····	142
（五）发扬中华民族的创新精神·····	148
十二、科学能力是特殊的生产力	
——十二论社会的科学能力·····	151
（一）科学劳动资料的多样性·····	151
（二）科学劳动者的高度创造性·····	153
（三）科学劳动结构的机动性·····	155
（四）科学教育的潜在性·····	158
十三、科研领域的人与人关系是一种特殊的生产关系	
——十三论社会的科学能力·····	161
（一）科研领域生产关系的相对滞后性·····	161
（二）分配关系上的相对优厚性·····	168
（三）学术关系的复杂性·····	173
十四、科学实验是一种特殊的生产方式	
——十四论社会的科学能力·····	178
（一）科学实验与生产斗争·····	178
（二）科学实验的自然本质·····	179
（三）科学实验的社会本质·····	181
（四）科学实验是一项伟大的革命运动·····	186
（五）结论·····	189

第 二 篇

十五、关于科学家社会年龄问题	
——十五论社会的科学能力·····	191
（一）从世界科学中心的转移说起·····	191
（二）科学家人数的变化与科学中心转移的关系·····	193
（三）科学家队伍的社会年龄与科学中心转移的关系·····	195

(四) 科学家人数、社会年龄与科学成果数之间的关系	205
(五) 科学创造最佳年龄定律	213
十六、关于科学劳动的智力常数	
——十六论社会的科学能力	223
(一) 什么是智力常数	223
(二) 智力常数的相对不变性	226
(三) 智力常数的突变与科学革命	228
十七、关于科学知识增长的指数规律	
——十七论社会的科学能力	231
(一) 指数增长的阶梯现象	231
(二) 指数增长的波动现象	237
十八、关于科学家的寿命与早慧问题	
——十八论社会的科学能力	241
(一) 科学家的寿命分布	241
(二) 科学家的早慧现象	245
(三) 少年早慧精英多	247
十九、关于科学发现的“当采现象”	
——十九论社会的科学能力	249
(一) 关于带头学科	249
(二) “当采现象”与“当采学科”	251
(三) “当采学科”的转移方向	254
(四) “当采学科”转移的历史条件	258
(五) “回采”现象	262
(六) “当采学科”的预测	263
二十、关于未来的科学中心问题	
——二十论社会的科学能力	266
(一) 汤浅现象	266
(二) 对科学中心转移现象的分析	268
(三) 美国科学的未来问题	276
(四) 下一个科学中心是谁	282
(五) 科学文化的特长周期涨落现象	284
(六) 苏联科学的未来问题	286

(七) 未来属于社会主义的东方大陆	290
-------------------------	-----

附录

(一) 关于杰出科学家社会年龄的数据	294
--------------------------	-----

表 1-1 1530—1670 年意大利杰出科学家年龄构成	294
表 1-2 1640—1950 年英国杰出科学家年龄构成	295
表 1-3 1730—1930 年法国杰出科学家年龄构成	296
表 1-4 1780—1960 年德国杰出科学家年龄构成	297
表 1-5 1810—1960 年美国杰出科学家年龄构成	298
表 1-6 全世界各国历代杰出科学家人数 (N)、平均年龄 (A)、及其 重大科学成果数 (W) 的统计值	
表 1-7 1950 年不同国家杰出科学家年龄构成的比较	299
表 1-8 1870 年不同国家杰出科学家年龄构成的比较	300
表 1-9 1790 年不同国家杰出科学家年龄构成的比较	301
表 1-10 1680 年不同国家杰出科学家年龄构成的比较	302
表 1-11 1600 年不同国家杰出科学家年龄构成的比较	303
表 1-12 1550—1630 年杰出科学家成果年龄分布	304
表 1-13 1660—1740 年杰出科学家成果年龄分布	305
表 1-14 1750—1830 年杰出科学家成果年龄分布	306
表 1-15 1850—1930 年杰出科学家成果年龄分布	307
表 1-16 1930—1960 年杰出科学家成果年龄分布	308
表 1-17 1550—1960 年按科学中心分期成果年龄的综合数据	309
表 1-18 1500—1600 年杰出科学家成果年龄分布	310
表 1-19 1600—1700 年杰出科学家成果年龄分布	311
表 1-20 1600—1700 年最佳年龄 (21—30 岁) 分布	312
表 1-21 1700—1800 年杰出科学家成果年龄分布	313
表 1-22 1700—1800 年最佳年龄 (21—40 岁) 分布	314
表 1-23 1800—1900 年杰出科学家成果年龄分布	315
表 1-24 1800—1900 年最佳年龄 (31—40 岁) 分布	316
表 1-25 1900—1960 年杰出科学家成果年龄分布	317
表 1-26 1900—1960 年最佳年龄 (31—40 岁) 分布	318
表 1-27 1500—1960 年按世纪分期成果年龄的综合数据	319

(二) 多产(一生有两项以上重大贡献)的杰出科学家社会年龄的 数据	320
--	-----

表 2-1 1500—1960 年世界各国多产的杰出科学家成果年龄的分布 ...	320
表 2-2 1700—1960 年世界各国多产的杰出科学家最佳年龄 (31—40 岁) 分布	322
表 2-3 1600—1700 年世界各国多产的杰出科学家最佳年龄 (21—30 岁) 分布	324

表 2-4	按世纪排列的多产成果年龄分布的综合数据	325
表 2-5	按科学中心排列的多产成果年龄分布的综合数据	326
表 2-6	一般的和多产的杰出科学家平均年龄的比较	327
表 2-7	全世界各国历代多产的杰出科学家人数 (N)、平均年龄 (A) 及其重大科学成果数 (W) 的统计值	
(三) 高产(一生有三项以上重大贡献)的杰出科学家社会年龄		
数据		328
表 3-1	历代高产(三项以上)的杰出科学家人数比例	328
表 3-2	历代高产(三项以上)的杰出科学家成名年龄分布	329
(四) 全世界各国重大科学成果数的相对变化		
表 4	全世界各国历代重大科学成果数的统计值(据《自然科学大事年 表》修正值)	
(五) 全世界各国学科分布的数据		
表 5-1	历代科学成果数的学科分布	330
表 5-2	物理学各分支学科的成果分布	333
表 5-3	数学在各国历史上的成果分布	336
表 5-4	物理学在各国历史上的成果分布	339
表 5-5	化学在各国历史上的成果分布	342
表 5-6	天文学在各国历史上的成果分布	345
表 5-7	地学在各国历史上的成果分布	348
表 5-8	生物学在各国历史上的成果分布	351
表 5-9	意大利的学科结构变化	354
表 5-10	英国的学科结构变化	355
表 5-11	法国的学科结构变化	357
表 5-12	德国的学科结构变化	359
表 5-13	美国的学科结构变化	361

第 一 篇

一、现代社会的全新力能

——论社会的科学能力

多数力融合为一个总体力时将会产生出新的力能。

——马克思

科学劳动是社会的“一般劳动”^①。现代化的科学劳动，是高度社会化了的一般劳动。

由于庞大的科学家队伍的出现，综合性实验技术装备的形成，“图书—情报”网络系统的建立，科学劳动社会结构的整体化，以及现代科学教育体系的确立，在全社会范围内造成了一种由上述诸因素有机结合起来的集体力量，推动一个国家科学技术的不断前进。它把原来科学家分散的、孤立的个人研究联系起来，把个人的能力作为一个因素包括在集体的力量之中。这种集体的社会力量，就是社会的科学能力。

社会的科学能力是一个国家科学技术发展的内在动力，也是人类认识和改造自然的巨大力量。它用复杂的技术折光，反映了人与自然的关系，它应当属于生产力的范畴。正如生产力是一个社会的生产水平的标志一样，科学能力也是一个国家的科学技术水平的标志。因此，科学现代化的问题，也就是科学能力的现代化问题。

^① 《马克思恩格斯全集》第25卷，第120页。

(一) 社会的科学能力是科学 劳动社会化的产物

历史表明,社会的科学能力不是古来就有的。它是社会生产发展到一定阶段的产物,也是科学劳动社会化的产物。

科学劳动的社会化,首先表现在科学家队伍的形成。十七世纪,资本主义生产的发展,大大促进了自然科学的蓬勃发展。由于生产对科学的要求愈来愈高,科学劳动的复杂程度也愈来愈大。一个人很难不依靠别人的力量,独立地完成一项重大的科学发明和创造。著名的物理学大师牛顿如果不借助于法国天文学家皮卡尔关于地球半径的精确数据,就不能完成万有引力的计算^①。因此,科学历史把科学劳动的社会协作问题尖锐地提出来。十七世纪中期,西欧普遍出现学会那样的科学组织。意大利的山猫学会、齐门托学会,英国的“无形学会”(即皇家学会的前身),法国巴斯噶“私人学会”,以及法国王家科学院等,都是适应这种要求而出现的。这样一来,科学家的个体劳动,就同社会发生了直接的关系。他们的科学研究需要与别人协作,他们的科研成果需要有杂志刊登。学会自然成为当时科学家交流学术、启发思想、互相切磋、共同提高的极好形式。

十八世纪末,产业革命使科学开始大规模地、广泛地变成直接生产力。“由于自然科学被资本用作致富的手段,因而科学本身对于那些发展科学的人来说也变成致富的手段,所以科学人员为了寻求这些科学的实际应用而互相竞争着。”^②竞争扩大了科学劳动的社会联系,同时也加速了科学劳动社会化的进程。于是,在社会上就造成了一种特殊的职业^③,形成了一种新的社会力量,即科学

① H. S. 塞耶:《牛顿自然哲学著作选》,上海人民出版社1974年版,第234页。

② 马克思:《1861—1863年经济学手稿》第20个笔记本,第1263页。

③ 1840年,惠威尔(Whewell)在《归纳科学的哲学》一书中,首次把这种职业的人叫科学家。他说:“有些人在隐蔽不开的实验室里使用古怪仪器工作着,另有一些人,从事于复杂的深奥的计算和证明,他们所用的语言,只有他们之间才能通晓。”

家集团的出现。

科学技术巨大的社会价值,科学家崇高的社会声誉,足以吸引旧大学由一般文化教育转向科学教育。这种强大的社会要求,首先出现在英国的工业城市,在那里建立了许多诸如瓦灵顿大学那样的“叛离学院”^①。这些院校不顾旧势力的反对,决心把近代科学引入教材,专门培养科学家和工程技术人员。这种新产生的科学教育在法国大革命期间有了进一步的发展和完善,并且以“带薪式”的科学教育体制正式固定下来^②。在法国,科学家一般都在大学任教,一面科研,一面教学,既保证了科学家的生路,又及时地把最新科研成果,输送到大学教材里去。例如,1795年成立的“多艺学院”就是这样。它专门培养工程师队伍。法国许多有名的科学家都是这个学院毕业的。

科学教育的兴起,大大扩大了科学家的队伍,大大促进了科学技术的发展,它使近代科学迅速分化为专业性很强的近代自然科学体系,使学者们不但不能同时从事几种不同的学科,甚至一门学科也不可能全及。因此,科学家本人也在科学的专业化过程中,逐步变成知识狭窄的专门家。这些离开自己狭小专业就无法工作的“分工奴隶”,开始丧失从事重大科研项目研究的独立能力。因为这些项目往往要涉及很宽的领域,运用复杂的实验手段,同时需要进行规模较大的社会协作和集体劳动。十九世纪世界各国建立的专业性研究机构,都是建立在集体劳动的基础之上的。它们的社会化程度,显然比早期的英国皇家学会要高。

其次,科学劳动的社会化,还表现在实验技术装备的逐步综合化。

当实验技术装备处于简单的观察仪器阶段时,一个人的能力和财力,足以制造象伽利略天文望远镜那样的仪器。科学家本人也可以从事独立的个体劳动。但是,产业革命以后,实验技术发展很快,社会上开始出现测绘仪那样的几何测量仪器;出现振动仪、

① J. D. 贝尔纳:《历史上的科学》,科学出版社1959年版,第304页。

② 赵庆和:《法国资产阶级革命与近代科学》,《历史研究》,1977年,第5期。

陀螺仪那样的力学测试仪器；出现高倍显微镜、分光镜那样的光学仪器；出现压力计、温度计、流量计那样的热工仪器；出现电流表、电压表、功率表那样的电磁学仪器。这些仪器由于能精确地测量一种参量，故称“单参数”分析性仪器。分析性仪器相对观察性仪器来说，无疑是一种进步。它使科学实验第一次有可能“在自然过程表现得最确实、最少受干扰的地方考察自然过程的，或者，如有可能，是在保证过程以其纯粹形态进行的条件下从事实验的。”^①因此，分析性仪器大大促进了精确科学的发展。

但是，正因为分析性仪器的复杂程度和造价的昂贵，它使科学家个人的能力和财力望尘莫及，它使科学家个人的科研能力，很难胜任如此重大的科研项目。因此，要想从事某种重大课题的科学研究，必须参加到专业研究机构里进行社会化的劳动，正象卢瑟福的核物理实验必须在卡文迪什实验室进行一样。那里的仪器是专门技术人员制做的，那里的科学实验是合作进行的。尤其到二十世纪的头三十年，现代科学以历史上任何时期都无法比拟的速度发展着。现代科学的研究对象小至 10^{-13} 厘米那样的空间，大到 100 亿光年的广漠宇宙。自然界各种现象复杂地交织在一起。这时的实验，一般要求极快的速度和极高的精度，才能够同时测量两个以上的参数，描述自然现象的瞬时状态。比如，空间科学中飞行器的控制问题，由于飞行速度、方位变化极快，大大超过人的生理条件所能反应的限度，因此，不可能用“单参数”仪器先测量方位，然后再测量速度，这样测出的速度就不是原来方位上的速度了。由于这种状况，就迫使人们制造出综合性的自动控制仪器系统。目前，国际上普遍使用的“二次仪器”，正是这种综合性自控系统的典型代表。它是用电子计算机控制的“单参数”仪器系统。象高能物理实验中共振态探测系统，其中就有多丝正比室，闪烁计数器，切伦考夫计数器，磁铁系统，电子学系统以及在线电子计算机等项设备。这样的实验系统，科学原理比较复杂，技术环节特别精细，数

① 马克思：《资本论》第1卷，第8页。