



现代科学研究丛书

NIUDUN LIXUE DE
HENGXIANG YANJIU

牛顿力学的横向研究

纪念《自然哲学之数学原理》发表300年（1687-1987）

（第二版）

查有梁 ● 著



四川教育出版社

K X

现代科学研究丛书

牛顿力学的横向研究

纪念《自然哲学之数学原理》发表300年（1687-1987）

NIUDUN LIXUE DE
HENGXIANG YANJIU

(第二版)

查有梁●著

四川教育出版社

· 成 都 ·



图书在版编目 (CIP) 数据

牛顿力学的横向研究: 纪念《自然哲学之数学原理》发表 300 年: 1687—1987 / 查有梁著. —2 版. —成都: 四川教育出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-5408-6412-5

I. ①牛… II. ①查… III. ①牛顿力学—研究
IV. ①03

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 046074 号

牛顿力学的横向研究(第二版)

——纪念《自然哲学之数学原理》发表 300 年 (1687—1987)

查有梁 著

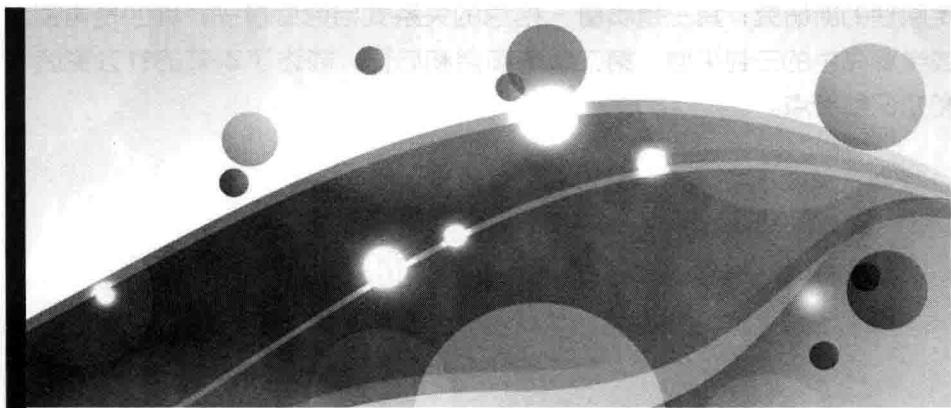
责任编辑	肖 勇
装帧设计	毕 生
责任校对	吴映泉
责任印制	吴晓光
出版发行	四川教育出版社
地 址	成都市槐树街 2 号
邮政编码	610031
网 址	www.chuanjiaoshe.com
印 刷	成都东江印务有限公司
制 作	四川胜翔数码印务设计有限公司
版 次	2014 年 5 月第 1 版
印 次	2014 年 5 月第 1 次印刷
成品规格	170mm×240mm
印 张	22.25
书 号	ISBN 978-7-5408-6412-5
定 价	55.00 元

如发现印装质量问题, 请与本社联系调换。电话: (028) 86259359

营销电话: (028) 86259605 邮购电话: (028) 86259694 编辑部电话: (028) 86259381

今天的物理学家的思想，在很大程度上还是为牛顿的基本概念所左右。至今还没有可能用一个同样无所不包的统一概念，来代替牛顿的关于宇宙的统一概念。但要是没有牛顿的明晰的体系，我们到现在为止所取得的收获就会成为不可能。（《爱因斯坦文集》第一卷）

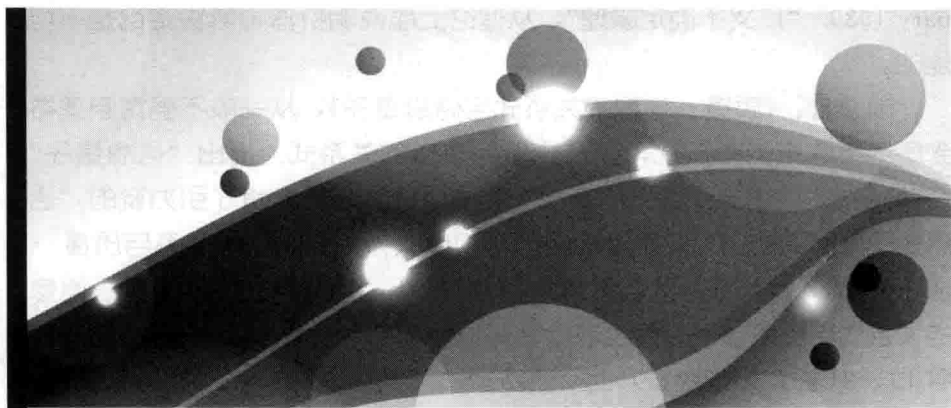
——爱因斯坦



内容提要

本书的第一版是为纪念牛顿的《自然哲学之数学原理》发表300周年而作。作者从数学、物理学、物理教学、科学哲学、科学方法、科学史六方面，对牛顿力学的横向方面进行了研究。第一章论述了非标准分析、切线坐标变换、圆锥曲线新论、力学与航天等；第二章推导出了包容牛顿引力定律的引斥力公式，探讨了〔能量·时空〕表述和量纲对称原理，对“惯性起源”提出了种种揣测；第三章概述了牛顿力学四种水平的教学结构，进而论述了相对论力学的教学结构；第四章阐述了从牛顿的力学自然观到现代辩证自然观的发展；第五章论述了牛顿力学的方法论、科学方法论的三种结构、现代物理的方法论原理；第六章具体论证了中国传统的科学同以牛顿力学为代表的近代西方科学之间，决没有不可逾越的鸿沟，并对中国近代科学落后的原因进行了历史剖析。本书的第二版增加了四个附录。其一是引力定律的新研究；其二是不确

定原理的新研究；其三是质量—信息的关系式与信息量子；其四是再读钱学森先生的三封来信。第二版的前言和后记，简述了本书的社会影响和知识创新点。



第二版序言

《牛顿力学的横向研究（第二版）》完全保持了第一版的内容，第二版增加了四个附录。附录主要是对第一版有关物理学内容深入再研究的新成果。

附录 I：《引力定律的新研究》，已经发表在《大学物理》1996 年第二期第 3~9 页和第三期第 1~2 页。作者的研究推证表明：从天体运动的轨道出发得到的并不仅仅是牛顿万有引力的公式，天体运动内在就既包含引力又包含斥力，是引斥力。

附录 II：《不确定原理的新研究》，详细推导出“广义不确定原理”。由“广义不确定原理”推导出“海森伯不确定原理”。这一成果的“研究简报”以题目为《信息测不准关系》，发表在《科学通报》，1988 年，第 33 卷，第 6 期，476~477。英文发表：Zha You-liang, *Information Uncertainty Principle, Chinese Science Bulletin*, Vol. 34 No. 1, Jan-

uary 1989. “广义不确定原理”，从理论上能说明拉普拉斯决定论是不可能的。

附录Ⅲ：《质量—信息的关系式与信息量子》，从一般不确定原理得到质量与信息的关系式，以及能量与信息的关系式。提出“信息量子”“信息寿命”“信息长度”的新概念和新公式，进而分析了引力波的“信息量子”及探测引力波困难的原因。初稿以《一般测不准关系与质量—信息关系》，发表在《大自然探索》，1995年，第2期。以《质量—信息的关系式与信息量子》为题在“首届国际信息哲学研讨会”（2013年10月19—21日，中国西安）上交流宣读。

附录Ⅳ：《再读钱学森先生的三封来信》，原文发表在《科学时报》，2007年9月28日。记载了1885年到1994年这10年期间，钱学森先生与作者就物理学、系统科学、教育科学的几封通信。这些通信与《牛顿力学的横向研究》的第一版和第二版都有密切关系。

《牛顿力学的横向研究》第一版，由四川教育出版社于1987年11月出版。四川教育出版社特别聘请时任四川省力学学会理事长康振黄教授担任本书的主审。现代力学家康振黄教授非常认真地审读了全稿，并提出了宝贵意见。

1988年，由国家教委、新闻出版署、全国出版研究联合会联合召开的“全国第一届教育图书评奖会”，《牛顿力学的横向研究》获二等奖。1988年，此书获“四川省第三次哲学社会科学优秀科研成果”二等奖，由四川省人民政府颁奖。

世界著名的现代力学家、美国加州大学圣迭戈分校（UCSD）冯元桢教授（美国国家科学院院士、美国国家工程院院士、美国国家医学院院士、中国科学院外籍院士及台湾中央研究院院士。2000年获美国科学最高荣誉“美国国家科学奖章”），1988年1月24日，从美国UCSD给作者写信：

查有梁先生：

承赐《牛顿力学的横向研究》一书，已由程贞一先生转到。展卷即觉新鲜，粗读一过，觉着眼点高，有许多地方卓有见地，功力深厚。除

道谢外，特向你祝贺！

便中望向康振黄兄致意。

专此，敬祝

康健

冯元桢

1988年1月24日

1992年9月至1993年3月，作者应美国加利福尼亚大学圣迭戈分校物理系终身教授程贞一先生的邀请到UCSD物理系做高级访问学者。《牛顿力学的横向研究（第二版）》附录中，其中前三项物理学的研究成果，主要就是在美国加利福尼亚大学圣迭戈分校物理系期间完成的。

《牛顿力学的横向研究》第一版的主要成果是作者在中国科学院成都分院工作期间（1980—1984）完成的。1984年作者调往四川省社会科学院自然辩证法研究所担任副所长。1987年，《牛顿力学的横向研究》申报哲学社会科学优秀科研成果评审。

1988年，四川省哲学社会科学优秀科研成果评委会主任康振黄教授在《评奖工作报告》中写道：“还有一些成果，是跨多种学科的综合研究，研究内容较广泛和具有开拓性。如《牛顿力学的横向研究》，是一本涉猎较广的自然科学与社会科学交叉研究的新型学术专著。”

中国管理科学研究院的《学坛》第39期（1988.6.6）发表书评时，在“编者按”中写道：“科学学研究所客座教授查有梁是我国交叉科学领域的佼佼者。他不仅有深厚的理论功底，而且还有相当好的数理能力，凭借这种能力和理论勇气，他近年来在牛顿力学这个公认为‘完美无瑕’的‘后科学’领地上，发现了一些可以横向开发的物理课题。这些研究在国内外物理学界和科学史界引起了强烈反映。查有梁的这种精神，值得交叉领域的探索者们学习。”

其在评论的最后写道：“我们祝贺查有梁教授的成功，并且殷切希望他有机会带领更多的青年学者在这个方向上继续前进。也许中国未来的诺贝尔物理奖获得者将在这里起步。”

此书主要内容曾为中国科学院成都分院、西南师范大学、四川师范

大学的研究生作为课程讲授。曾作为四川师范大学物理系助教进修班的选修课程。

《光明日报》1988年7月26日以《在“后科学”领地上耕耘》为题，发表了中国管理科学研究院副院长、学术委员会副主任、科学学研究所所长赵红州研究员以笔名司伦发表的书评。全文如下：

在“后科学”领地上的耕耘 ——评《牛顿力学的横向研究》

牛顿发表《自然哲学之数学原理》已历时三百年。世界各国许多科学家、哲学家对这本著作进行了研究。查有梁教授的《牛顿力学的横向研究》（以下简称《横向》）一书别开生面，他从数学、物理、教育、自然观、方法论、科学史六个方面对牛顿力学作了“横向研究”，每一部分都有作者的创造性的研究成果。这是一本经过多年深入探索后的著作。

从牛顿的微积分到柯西等人的微积分（标准分析），再到鲁滨孙的非标准分析，是一个辩证的发展过程。这一发展表明了牛顿的数学物理直觉的敏锐性。《横向》具体地论述了非标准分析的优越性。作者提出切线坐标方法，这种方法的突出优点是能把轨道的几何规律与物理规律有机地结合起来。《横向》得出了计算曲率半径等新公式，只有一项一阶导数，大大简化了计算式。应用切线坐标变换，《横向》建立了一种圆锥曲线的新理论，由此得到天体沿圆锥曲线运动统一的能量方程。由这个统一方程出发便能很简明地推导出离心率公式等。这一项研究可以明显地看出，追求统一性的科学美学观，对于作者的研究起了重要的引导作用。应用切线坐标方法，《横向》给出了一个由开普勒行星运动定律得到牛顿万有引力定律的漂亮推导。上述研究都是在“牛顿力学规范”之内的，属于常规科学范围内的研究。然而，从数学到物理学都有作者的独创的成果，这是十分难得的。

《横向》提出：考虑行星椭圆轨道本身的旋转，可以建立起一个包容

牛顿引力论的“引斥论”。作者具体地推导出一个行星近日点旋转的引斥力公式。这一引斥力公式在特殊情况下即为牛顿的万有引力公式。考虑到行星的自转，推导出又一个引斥力公式，同样能包容牛顿的万有引力公式。这一研究具有突破“牛顿力学规范”的性质。

根据对物理学发展的宏观整体分析，《横向》提出应当从〔力·时空〕表述进而研究〔能量·时空〕表述。《横向》提出〔能量·时间〕表述已有广泛成果，但忽视了〔能量·空间〕表述的研究。“引斥论”恰恰需要研究这种表述。《横向》提出新的原理：量纲对称原理。根据这一原理，可以推导出一系列基本的物理公式，但同时又推出一些物理意义尚不明确的新公式，这非常富于启发性。作者敢于在“后科学”研究的领域进行探索，并且能有丰硕成果，这是难能可贵的。

《横向》从质量守恒定律出发，推导出爱因斯坦质能关系式。作者提出，正如能量具有多种形式且在相互转化一样，质量也具有多种形式且在相互转化。于是建议把“质量守恒定律”改称为“质量守恒和转化定律”。这项研究是把物理研究与哲学探讨结合起来了。

对于“惯性起源”的揣测，《横向》提出了多种分析和揣测。这一研究具“前科学”的性质。他提出了一个新观点：引力作用的范围不是无限的。“第一宇宙条件”就正表明了引力作用的范围。

《横向》从信息论的基本公式出发，推导出一个广义的信息测不准关系（已发表在《科学通报》）。这一关系提出测不准关系不仅与普朗克常数有关，而且同“信息量”“信噪比”有关。海森伯测不准关系是广义的信息测不准关系的特殊情况。（注：测不准关系，现在已统称为不确定原理）这一研究具有重要意义。它提出了微观世界和宏观世界都遵从测不准关系，这是因果与机遇、必然与偶然、精确与模糊的辩证统一。

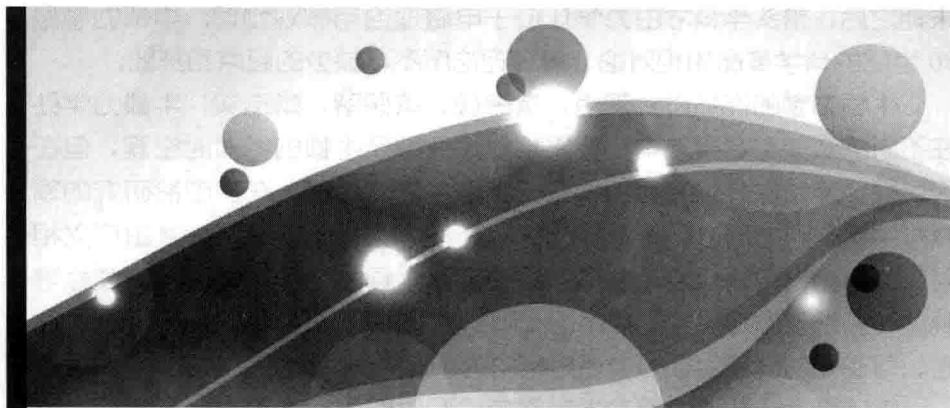
《横向》具体探讨了牛顿力学与中国传统科学的异同。作者从比较“托勒密系统”与中国古代的“落下闳系统”的相同点与不同点，进而用数理方法解释了从祖冲之的“缀术求 π ”到秦九韶的“缀术推星”（这些成果均在国际学术会议上报告过，受到同行重视）。这表明中国传统科学与牛顿力学之间没有不可逾越的鸿沟，中国传统科学是可以通向近代科学的。当然在形式上可能很不相同。牛顿力学是“质点—轨道力学”，

而中国传统科学则是基本上属于“系统—周期力学”。两者是可以沟通、可以转化的。《横向》提出：中国近代科学落后的根本原因是经济和政治的原因，而教育与科学也是重要的直接原因。不能以中国近代科学落后就把中国传统科学说得一无是处。应当实事求是，批判继承。《横向》对这一重大问题的研究不是抽象的、哲学的、整体的论证，而是具体的、数理的、分析的论证，因此，有强大的逻辑力量。

希望《牛顿力学的横向研究（第二版）》的出版，能够引起更多科学爱好者的关注，能够促进科学工作者知识创新的思考。

2013年9月1日

作者写于成都百花潭



序 言

伊萨克·牛顿 (Isaac Newton, 1643—1727), 杰出的数学家、物理学家。于 1687 年发表了名著《自然哲学之数学原理》 (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, 简称《原理》)。1987 年是该书发表 300 周年的年代, 也是纪念牛顿逝世 260 周年。我捧出这本菲薄的小书, 献给这位伟大的科学家, 献给探索真理的人们。

读了《自然哲学之数学原理》后, 给我最深的印象是牛顿的创造性、探索性; 给我最大的教益是牛顿的科学思想、科学方法。300 年来, 牛顿的《原理》受到普遍的赞扬, 成为物理学研究的“经典”; 也受到激烈的批评, 成为物理学发展的“动力”; 同时, 触发了许多争论, 成为科学、科学史、科学哲学研究丰富的“源泉”。

牛顿力学创立已经 300 年了, 然而它并没有过时, 仍是现代物理科学的重要组成部分之一。从 1687 年以来, 约 200 年的时间内, 牛顿力学一直处于带头学科的地位, 促进了许多物理学分支的发展。直到 19 世纪

末期之后，带头学科才由力学让位于电磁理论与微观物理。牛顿力学是 20 世纪的科学革命如相对论、量子理论所不可缺少的起点和基础。

牛顿力学的许多重要观点，或突破、或保留、或充实，牛顿力学处在不断的演变和发展之中。狭义相对论突破了牛顿的绝对时空观，但在因果性、连续性等观念上与牛顿力学基本是一致的。在宇宙论研究的领域，牛顿的引力理论仍是很好的近似；在“强场”条件下，才由广义相对论的宇宙论取而代之。量子理论突破了牛顿力学的决定论和连续性等观念，揭示了微观世界的几率论和间断性（量子跃迁）；但在时间的对称性、可逆性方面与牛顿力学还是相同的。

统计物理突破了牛顿力学的简单性和时间可逆等观念，开始探索复杂性和时间的方向性；但牛顿力学由研究可积系统发展到研究不可积系统，发现了牛顿力学自身“内在的随机性”及其复杂性，从而使它重新跃入现代物理科学研究的前沿，“湍流”问题便是一个代表。在低速、弱场、宏观、二体的世界，仍是牛顿力学的天下。对于高速、强场、微观、多体的物理学理论，牛顿力学是他们的极限情况，同时也是他们重要的“突破”对象。

把牛顿力学作为一个开放体系，它本身是必然要不断发展的。当代科学的特点是既在分化又在不断综合。随着科学的发展，最能得到突破的将是两门科学之间的边缘接触部分，乃至三门、三门以上的学科之间的交叉、渗透形成的综合、横断科学。本书试图对牛顿力学的横向方面进行研究，全书共分六章，每一章都有作者的一些研究结果和探索尝试。第一章，论述了非标准分析（一种不用 ϵ - δ 语言的微积分），对于解决力学问题既严格合理又直观清晰，并用此方法证明了切线坐标变换；给出了一个新的圆锥曲线理论，得出了天体运行的能量方程等新结果。第二章，用切线坐标变换法推导出牛顿万有引力定律；如果考虑到近日点旋转，用同样的方法，却能推导出一个包容牛顿万有引力定律的新公式——引斥力公式；本章还探讨了〔能量·时空〕表述和量纲对称原理。第三章，探讨了牛顿力学的几种由浅入深的教学结构，并进而从研究相对论力学入手，具体给出了一个相对论力学的教学方案。第四章，从物质与运动、时间与空间、有限与无限、吸引与排斥、因果与机遇这五对范畴的研究，探讨了从牛顿的力学自然观如何发展到现代的辩证自然观。

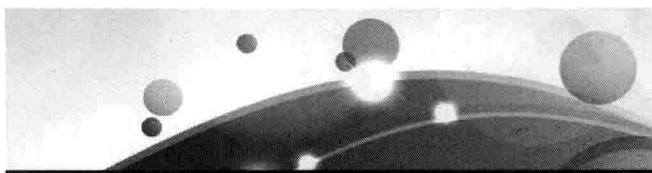
第五章，论述了牛顿力学的方法和牛顿的科学方法论原理，进而从整体上研究了科学方法的结构；从“对立”“对应”“对称”三原理，论述了现代物理学的方法论。第六章，探讨了牛顿力学能否在中国传统科学的框架中产生；比较了古中国的落下闳系统与古希腊的托勒密系统，论述了从祖冲之的“缀术求 π ”到秦九韶的“缀术推星”，表明中国传统科学与近代西方科学之间没有不可逾越的鸿沟；并应用耗散结构理论对中国近代科学落后原因进行了探索。

上述研究结果曾分别在“全国第二次非标准分析学术会议”（1984，8，秦皇岛）、“中国物理学会第三届全国代表大会”（1982，12，北京）、“中国引力与相对论天体物理学会第四次学术年会”（1983，10，南宁）、“中国自然辩证法研究会首届年会”（1981，北京）、“全国首届天文学哲学学术会议”（1982，10，济南）、“第17届国际科学史大会”（1985，7~8，美国·加州大学伯克利分校）、“中国科学史报告会”（1985，8，美国·加州大学圣迭戈分校）、“中国近代科学落后原因讨论会”（1982，10，成都）、“全国首届社会科学方法讨论”（1986，10，上海·松江）、“四川省物理学会年会”（1984，11，成都·彭县）、“四川省力学学会力学教学研讨会”（1986，12，成都）等学术会议上宣读或交流。

本书是为纪念牛顿的《自然哲学之数学原理》发表300年而按照现在这样集合、组织起来的，既论述了数学、物理学，又讲了力学教学；既分析了自然观的变迁、方法论的启发，又分析了中国和西方的科学史。每一部分都围绕与牛顿力学相关的问题进行横向研究。本书的一些研究成果，凡经严格数学推导而来的，作者自信有一定把握；然而，有一些研究是属于理论性、哲学性的探索，对读者或许有一定启发，但绝非定论。我诚恳地希望读者同样以探索的精神对待本书。批评、赞扬、争论——我都将以同样愉快的心情去接受、去思考、去探索。科学的发展是群体的事业，仅仅靠个人的力量是绝对不够的。在这里，我向那些曾经启发我思考问题、给我解答问题、一起讨论问题的每一位老师、学长、同事、同学和学生表示深深的谢意。

查有梁

1987年元旦于成都



CONTENTS

目录

目录 (一)

第二版序言

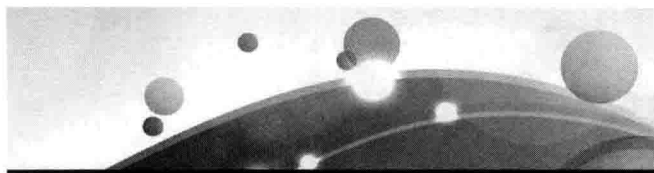
序言

第一章 从牛顿微积分到非标准分析

- 1.1 非标准分析 / 005
- 1.2 切线坐标变换 / 011
- 1.3 圆锥曲线理论 / 014
- 1.4 切线坐标的应用 / 019
- 1.5 天体运行的公式 / 021
- 1.6 四类匀变直线运动 / 029

第二章 从牛顿引力论到引斥论

- 2.1 万有引力定律 / 041
- 2.2 引斥力公式 / 043
- 2.3 [力·时空] 表述与 [能量·时空] 表述 / 047
- 2.4 量纲对称原理 / 050
- 2.5 惯性起源的揣测 / 053



CONTENTS

目录

目录
(二)

第三章 从牛顿力学的教学到相对论力学教学

- 3.1 牛顿力学的教学结构 / 071
- 3.2 狭义相对论的结构 / 079
- 3.3 迈克尔孙—莫雷实验 / 082
- 3.4 洛伦兹变换 / 085
- 3.5 相对论运动学 / 088
- 3.6 相对论动力学 / 092
- 3.7 行星近日点旋转 / 097

第四章 从牛顿力学观到辩证自然观

- 4.1 物质—运动观 / 107
- 4.2 时间—空间观 / 121
- 4.3 有限—无限观 / 127
- 4.4 吸引—排斥观 / 134
- 4.5 因果—机遇观 / 146

第五章 从牛顿力学方法到现代物理方法

- 5.1 牛顿力学的方法 / 163
- 5.2 科学方法的结构 / 172