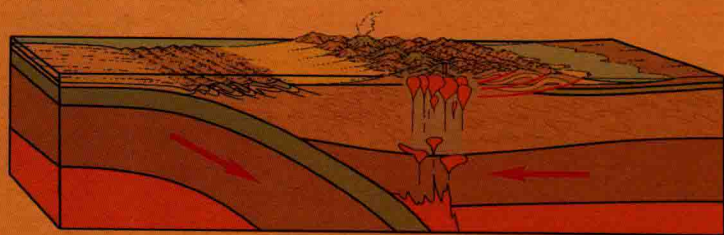


中国科学院大学研究生教材系列

# 高等构造地质学

第一卷 思想方法与构架

◎侯泉林 编著



科学出版社

中国科学院大学研究生教材系列

# 高等构造地质学

第一卷 思想方法与构架

侯泉林 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

《高等构造地质学》按照“思想方法与构架—新理论与应用—专题知识与实践—知识综合与运用”思路构思，分四卷先后出版。本书为第一卷，主要涉及科学哲学与地质学思维、地球科学革命的发展过程和启示及板块构造理论的基本框架、主要内容和发展趋势。并对一些前沿性和有争议的问题进行了深入剖析，同时注意与其他相关学科的衔接与延伸。

主要读者对象为高等院校（研究所）地质学专业研究生，也可供本科生及大学教师和科研人员等地质工作者参考。

### 图书在版编目（CIP）数据

高等构造地质学. 第一卷, 思想方法与构架 / 侯泉林编著. —北京: 科学出版社, 2018.8

中国科学院大学研究生教材系列

ISBN 978-7-03-058458-8

I. ①高… II. ①侯… III. ①构造地质学—研究生—教材 IV. ①P54

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第178198号

责任编辑: 韦 沁 韩 鹏 / 责任校对: 张小霞

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 北京东方人华科技有限公司

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京汇瑞嘉合文化发展有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2018年8月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018年8月第一次印刷 印张: 17

字数: 403 000

定价: 128.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



# 总 序



研究生是科学人生的关键阶段，与本科和中学阶段不同，它既有扩充拓展深化知识的功能，又有知识专门化专业化的功能，更有研究创新能力培养训练的功能。我认为教与学的方式可以分为三个层次，不同阶段其侧重点不同。

第一层次：知识传授与汲取——知识拥有；

第二层次：科学问题研讨，解决科学问题能力的培养——知识运用；

第三层次：发现和提出科学问题，创新能力的培养——知识创新。

大学之前，主要是第一个层次；大学阶段要从第一层次扩展到第二层次；研究生阶段要扩展到第三层次，且以第三层次为重点。

只要上了研究生，不管将来是否从事本专业的工作，都要不遗余力地努力学习，因为研究生不仅仅是学知识，更主要的是能力的培养，进而发现自己的发展潜能。不管从事什么工作，能力是通用的。

科学是一种理论化的知识体系，更是人类不断探索真理的一种认识活动。现代社会条件下，科学也是一种社会建制，科学的发达水平、公民的平均科学素养，是衡量一个国家文明程度和综合国力强弱的重要指标。北京大学老校长蒋梦麟先生曾指出：“强国之道，不在强兵，而在强民。强民之道，惟在养成健全之个人，创造进化的社会。所谓教育，就是为了达此目的之方法也。”作为知识体系，科学是逻辑连贯的、自洽的；作为活动，科学是不断修正自身，不断发展；作为社会建制，科学是人类文化的最重要组成部分，科学为技术提供指导。科学精神就是实事求是，勇于探索真理和捍卫真理的精神。主要包括：求实精神、创新精神、怀疑精神、宽容精神等几个方面，其中最主要的，是求实与创新，不求实就不是科学，不创新科学就不会发展。著名地质学家孙贤鋈先生指出：“业余选手总是沉醉于自己的成绩中，而职业选手——真正的科学家总是看到自己的不足。”要成为一名真正的科学家，必须经受严格的科学训练。

研究生开展研究工作要调研和思考三个问题：

- 为什么要做这项研究？
- 还有其他人在做或做过相关的研究工作吗？已经做到了什么程度？
- 别人是怎样做的？有无借鉴的价值？如何超过前人的工作？

构造地质学有其自身学科特点，主要表现在以下方面：

**时间跨度大：**地球长达 42 亿年的变形历史，从前寒武纪变形到现代地裂缝；早期变形可能被后期变形改造、破坏殆尽，造成对早期变形的识别困难，但辨认各期变形特色，



建立变形期次、序列，重塑变形历史和过程又是构造地质学的重要任务。

**尺度跨度大：**从整个地球到晶格位错，以超宏观到超微观构成特色，而且其原理具有普适性，与自然现象最为贴近，这有别于其他学科。因此需要注意：①从更大的区域去理解小区域构造，避免“只见树，不见林”；②正确处理大尺度构造和小尺度构造之间的关系，避免以小代大；③忠实于野外现象，谨防以假乱真。

**层次跨度大：**上地壳—中地壳—下地壳—岩石圈—地幔—地核；板块构造—大陆漂移—磁条带对称分布—海底扩张—地幔对流—登陆局限性—逆冲、裂谷、走滑断层—地体—层圈构造—地幔柱构造。涉及地球整体及各圈层的相互作用。

**应用和服务对象跨度大：**涉及固体矿产资源（构造成矿控矿，断层阀模式等）、油气资源（构造圈闭作用）、工程建设（地基和大坝选址）、各类地质灾害（包括地震、滑坡、泥石流等）、环境保护以及全球环境变化（青藏高原隆升与气候关系）等。这是其他学科所不能媲美的。

**学科跨度大：**构造地质学除自身的知识体系外，还涉及岩石学、矿物学、地层古生物学、地球化学、地球物理学等方面的知识，它不仅记录了历次构造—热事件，而且是重要研究手段；构造地质学是地球科学中的上层建筑，起统帅作用。因此，构造地质学家不仅要有深厚的构造地质学功底，而且要有广博的地质学知识和扎实的野外基本功。

在地球科学领域中，各分支学科均拥有稳定的研究队伍，有各自的研究方法和技术手段，建立了各具特色的科学思维方式，能比较得心应手地研究本学科所面临的主要科学问题。然而，随着社会和科学的发展，地球科学家所面临的许多重大科学命题，却往往要求综合性的、跨学科的研究工作。这种以综合（synthesis）为主导的研究工作，已成为地球科学所面临的重大挑战，这正符合构造地质学的学科特点。因此这既是构造地质学和构造地质学家严峻的挑战，同时也是难得的机遇。

随着我国经济实力的提升，我国构造地质学研究也相应取得长足进展，拥有了国际上最先进的仪器设备；研究领域日趋扩展，地壳→岩石圈→软流圈；大陆→大洋；本土→国外；微观→超微观；定性→定量；现象描述→理论创新（如最大有效力矩准则及其扩展、广义断层模式等）。但与国际先进水平相比仍有差距，存在明显不足，主要表现在如下方面：①模仿多于创新，整体表现为跟踪为主，近些年来在有些方面显示出了领先端倪。②缺乏稳定的研究基地，泛泛提出的模式多，公认的模式和新理论产出少。我国拥有各种类型的造山带，但没有一个能够像阿尔卑斯造山带研究的那样精细，它尽管没有太多的年龄数据，但却成为了“构造地质学”的摇篮，构造地质学家的“朝圣地”。③实验和定量研究手段创新偏少，购买国外的先进仪器多，自己研发的装备少。④对方法学研究重视不够，缺乏后劲，近些年来有所改观。⑤知识不够宽厚，基础知识和实践经验明显不足，我们的教材与发达国家相比明显逊色。⑥在广泛利用现代化仪器分析的同时，野外地质有被边缘化或弱化之趋势，年轻地质学家的野外基本功有趋弱现象。⑦学术风气相对浮躁，存在“著书不立说”现象。作为研究生，对这些现象要有清醒地认识，要脚踏实地，力戒浮躁！

“构造地质学”（tectonics）按照研究对象尺度不同，可分为大地构造学（简称“大构造”，geotectonics）、（中小尺度）构造地质学（简称“小构造”，structural geology）、显微



构造地质学（简称“显微构造”，microstructural geology），乃至超显微构造地质学（简称“超显微构造”，super-microstructural geology）。本教材侧重于小构造，但同时注重与大构造以及显微构造的衔接和延伸。此外，考虑到目前研究生通常对某一学科知识掌握的比较好，但对学科知识的综合运用相对薄弱的情况，力图使本教材能体现思想性、综合性、系统性、实用性和前沿性。

广义的“构造地质学”是地质学科的核心和基础，俗称地质学的三大件之一（三大件是指构造地质学、岩石学、地层古生物学）。构造地质学科本身有其独特的一面，它不仅具有很强的知识体系，而且具有明显的哲学色彩，其思想方法独特，涉及面宽，有较强的探索性。所以有人说“构造地质学”是地质学的统帅性学科。鉴于此，本教材的结构按照“思想方法与构架—新理论与应用—专题知识与实践—知识综合与运用”思路构思，分四卷先后出版。

第一卷 思想方法与构架：科学哲学与地质学思维方式、地球科学革命与启示、板块构造学的基本内容和思想方法。

第二卷 新理论与应用：以岩石变形理论为基础，以最大有效力矩准则的分析和应用为核心，进而探讨广义断层模式和岩石不同变形准则的联合与应用问题等。

第三卷 专题知识与实践：构造形迹（面理、线理等）、构造岩石特征、逆冲推覆构造、伸展构造、走滑构造、韧性剪切带、变质核杂岩等。

第四卷 知识综合与运用：碰撞造山带及其大地构造相分析方法、造山带研究中的若干问题、造山带研究实例分析、构造作用与成矿等。

此外，针对容易混淆和误解的一些问题，或者当前使用中有些混乱的概念，以附录的方式附于每卷之后，以便学生学习和讨论。

按说研究生不应有固定教材，而是随着学科的发展而不断修正和补充，所以与其说是教材倒不如说是参考教材更为贴切。研究生的专业课程并没有统一的教学大纲，这为各个大学和教授本人根据具体情况和自身特色因材施教提供了空间。本教材主要是作者在中国科学院大学（简称“国科大”，原中国科学院研究生院）地球科学学院多年讲授“高等构造地质学”研究生核心课程、“碰撞造山带研究方法”和“板块边缘地质学”等研究生研讨课程，郑亚东教授讲授的“构造地质学新进展”以及作者在河南理工大学开设的“构造地质学系列讲座”等的基础上，经不断修正、补充完善综合而成。因涉及内容较多，不同专业研究生可根据需要选择不同部分阅读。本教材若能为研究生在课程学习阶段提供参考、有所裨益，作者就已很感满足，除此之外并无其他奢望。本教材并未邀请名师作序，主要担心书中会有错误和不妥之处，影响大师之声誉。教材中若有任何错误和问题均由作者本人负责。

这里要特别感谢中国科学院大学地球与行星科学学院的吴春明教授和闫全人教授，还有中国科学院地质与地球物理研究所的王清晨研究员，是他们的多次鼓励才使我下决心撰写本教材。本教材实际上是整个学科组集体劳动的成果，在各卷的前言中会分别予以致谢。本教材得到了多个研究项目的支持，主要包括：国家重点研发计划“深地资源勘查开采”重点专项（编号：2016YFC0600401）、国土资源部行业科研专项项目（编号：201211024-04）、岩石圈演化国家重点实验室开放课题（编号：开 201605）、国家自然



科学基金重点项目(编号: 41030422; 90714003)、中国科学院战略性先导科技专项项目(编号: XDA05030000)等。

这里要特别感谢我的博士生导师,中国科学院地质与地球物理研究所的孙枢院士和李继亮研究员、硕士生导师钟大赉院士;我在北京大学进修时的指导老师郑亚东教授和刘瑞珣教授;我的构造地质学启蒙老师,河南理工大学的康继武教授;博士后阶段的合作导师,中国科学院高能物理所的柴之芳院士等,他们的学术思想和科学精神都深深地影响着我。遗憾的是,在第一、二卷书稿成稿之时,恩师孙枢先生和康继武先生不幸辞世,谨以本教材寄托哀思!

书中一些观点仍存在争论或还很不成熟,有些内容仍在讨论和完善之中。作者认为,这正是研究生教材与本科生教材的不同所在。此外,由于作者水平所限,疏漏和错误之处一定不少,恳请读者和广大师生不吝指教,以便今后修正完善。

于中国科学院大学雁栖湖校区

2018年4月



# 前 言



“思想方法与构架”，顾名思义包括“思想方法”和“思想构架”两方面内容。前者主要涉及科学哲学、地质学思维、地球科学革命和启示；后者主要涉及板块构造理论的基本框架、主要内容和发展趋势。之所以这样构思，主要基于以下方面考虑。

(1) 地质学在科学哲学中应有自己独立的位置。地质学特别是构造地质学具有浓厚的哲学色彩，板块构造学说的创立引起了一场气势恢宏的地球科学大革命，其之于地球科学，与原子结构的发现之于物理学和化学、进化论之于生命科学一样，同等重要，它深刻地改变了我们观察这个世界的方式。但是在科学哲学中并没有地质学的位置，或者说科学哲学家们认为地质学没有自己独立的逻辑术和方法论。我每年讲授这门课时，都要面对和思考这个问题，认为这是一种误解。这部分内容篇幅不大，但作为全书内容的灵魂引子，旨在唤醒地质学家，特别年轻学者要有成为科学大师的志向和胆略，应有更高地站位和思考，不仅仅是做些具体研究工作而已；另一方面也希望哲学家能正确认识地质科学，在科学哲学中给予地质学应有的位置。本部分内容主要体现在第1章。

(2) 科学哲学对自然科学研究具有重要指导作用。板块构造学说引起地球科学革命的同时，库恩的《科学革命的结构》一书也问世(Kuhn, 1962)，开创了科学哲学的新时代。用活动论思想的板块构造学说取代固定论思维的槽台学说符合库恩提出的用新范式取代旧范式的科学革命过程。库恩认为，科学革命到来之前必然有科学危机阶段。近年来，地质学科发展迅速，新观点层出不穷，所以总有人认为自己提出了新的范式。这到底是新一轮地球科学革命到来之前的危机响应，还是幻觉式思维？因此，认识和了解科学哲学对科学研究的指导作用，有助于地质学家尤其是青年学生不狂躁、不低沉，更加理性地审视科学的发展，潜下心来做好自己的研究工作。这一部分内容篇幅不大，意在强调通过了解地球科学革命过程，认识科学的发展规律，主要内容体现在第2章以及第1章部分内容。

(3) 清晰的思想构架是走向成功的关键。构造地质学知识浩瀚、内容纷杂，以致给学生造成“构造地质学”难学，望而生畏的错觉。因此对初学者在思想上构筑清晰的板块构造框架和脉络，对进一步内容充实和学习深造很有帮助。鉴于此，本部分内容由浅入深，循序渐进，旨在既培养学生的兴趣，又不至于产生畏难情绪。这部分是本教材的重要内容，主要体现在第3章。

(4) 扎实的基础知识是做好科研工作的前提。没有雄厚的基础知识积累，任何思想和理想都只能是空想。这部分是本卷的核心内容，占了较大的篇幅，主要介绍板块构造





的基本内容和思想。对一些前沿性和有争议的问题进行了深入剖析，同时注意与其他相关学科的衔接与延伸，如岩石学、地震学、地幔柱学说等。主要内容体现在第4章。

板块构造学内容十分丰富，涉及面广，因篇幅所限并未对板块构造学的所有内容作全面介绍，而是根据我多年来的教学经验，对学生容易混淆或误解的内容进行了着重解剖和介绍。

在章节安排上，按照“科学哲学与地质学思维—地球科学革命与启示—板块构造学概论—板块构造学各论”的顺序编排，体现从思想到内容、从抽象到具体的循序渐进原则。除参考文献外，第1章参阅了中国科学院地质与地球物理研究所李继亮研究员的部分手稿资料；第2章参阅了中国科学院地质与地球物理研究所孙枢院士的部分手稿资料；第3、4章重点参阅了Frisch等（2011）的 *Plate Tectonics—Continental Drift and Mountain Building*、Hamblin 和 Christiansen（2003）的 *Earth's Dynamic Systems*（第十版）等国外教材。

本卷由侯泉林执笔和统编，博士研究生石梦岩和程南南帮助查阅资料、清绘图件和全部文字校对。中国科学院地质与地球物理研究所肖文交研究员、中国科学院大学地球与行星科学学院闫全人教授、吴春明教授和柴育成教授，中国科学院大学人文学院尚智丛教授等就一些问题与笔者进行了深入讨论，对书稿提出了宝贵意见，并提供了相关资料；中国科学院地质与地球物理研究所卫巍副研究员和中国科学院大学地球与行星科学学院刘庆副教授、郭谦谦副教授、孙金凤副教授、张玉修副教授、张吉衡讲师、宋国学讲师和博士后研究人员何苗博士、陈艺超博士和陈博博士等就有关内容提出宝贵意见并提供相关资料；中国科学院大学地球与行星科学学院博士研究生韩雨贞、王瑾和硕士研究生赵腾格等，加拿大 Western University 博士生卢茜等帮助查阅资料和其他相关工作。

中国科学院地质与地球物理研究所吴福元院士、中国科学院青藏高原研究所丁林院士、北京大学张进江教授审阅了部分稿件，提出了宝贵意见，使笔者获益良多。在此一并致以衷心感谢！还要感谢中国科学院大学教材出版中心的资助和大力支持。由于作者水平和学识有限，错误和不当之处在所难免，敬请读者批评指正！

于中国科学院大学雁栖湖校区

2018年1月29日

# 目 录

<b>第 1 章 科学哲学与地质学思维</b> .....	<b>1</b>
1.1 范式与科学革命 .....	2
1.1.1 范式 .....	2
1.1.2 科学革命 .....	5
1.2 范式的启示与地球科学哲学 .....	7
1.3 地质学的思维方式 .....	8
思考题 .....	10
参考文献 .....	10
<b>第 2 章 地球科学革命与启示</b> .....	<b>11</b>
2.1 地槽学说回顾 .....	11
2.2 地槽学说的挑战 .....	13
2.2.1 来自魏格纳的挑战 .....	13
2.2.2 来自大陆地质的挑战 .....	16
2.2.3 来自海洋地质的挑战 .....	17
2.2.4 来自磁学和古地磁学的挑战 .....	24
2.2.5 来自地震学的挑战 .....	25
2.3 地球科学革命的兴起——新的综合、新的范式 .....	26
2.3.1 洋盆历史：海底扩张说 .....	26
2.3.2 大西洋两侧的计算机拼合 .....	27
2.3.3 瓦因 - 马修斯 - 莫莱假说 .....	28
2.3.4 球体表面构造发育规则 .....	29
2.3.5 地震学与板块构造 .....	34
2.3.6 板块构造与造山作用 .....	37
2.4 启示和思考 .....	38
2.4.1 创新是科学进步的原动力 .....	38
2.4.2 新领域为地球科学的创新提供了机遇 .....	40
2.4.3 领域交叉和学科交叉是创新的生长点 .....	41
2.4.4 科学家个人和优秀团队是科学创新的决定性力量.....	42



2.4.5	技术进步是科学创新的重要条件	42
2.4.6	学术交流是科学创新的催化剂	42
	思考题	43
	参考文献	43
<b>第3章</b>	<b>板块构造学概论</b>	<b>46</b>
3.1	板块构造的基本理念	46
3.1.1	地球的圈层结构	46
3.1.2	板块构造学说的基本思想	46
3.2	板块边界的基本类型	51
3.2.1	离散型板块边界 (divergent plate boundaries)	51
3.2.2	转换型板块边界 (transform plate boundaries)	56
3.2.3	汇聚型板块边界 (convergent plate boundaries)	60
3.2.4	汇聚型板块边界的主要构造单元	62
3.2.5	汇聚型板块边界的应力分析	71
3.3	重要的构造单元	71
3.3.1	(深)海沟及其沉积物	71
3.3.2	增生楔 (accretionary wedge)	73
3.3.3	增生地体 (accreted terranes)	81
3.4	弧前域的沉积盆地	85
3.4.1	海沟盆地 (trench basins)	86
3.4.2	增生楔顶盆地	88
3.4.3	弧前盆地	92
3.5	弧背盆地与弧后盆地	97
3.5.1	弧背盆地 (retro-arc basin)	97
3.5.2	弧后盆地 (back-arc basin)	101
3.5.3	弧背盆地与弧后盆地的形成机理讨论	103
3.6	被动大陆边缘	103
3.6.1	被动大陆边缘的沉积圈闭	106
3.6.2	被动大陆边缘沉积类型和沉积过程	107
3.6.3	被动大陆边缘的油气资源	109
3.6.4	广阔的深海平原	111
3.6.5	深海平原的沉积物	112
3.6.6	大洋传送带上的相变化	115
3.7	板片窗构造	117
3.7.1	板片窗构造的概念与特征	117
3.7.2	板片窗的形成	118
3.7.3	板片窗构造的岩浆作用	120
3.7.4	板片窗构造的变质作用	122



3.7.5	板片窗构造的成矿作用 .....	122
3.7.6	问题讨论 .....	123
	思考题 .....	124
	参考文献 .....	125
<b>第 4 章</b>	<b>板块构造学各论</b> .....	<b>130</b>
4.1	蛇绿岩及其就位 .....	130
4.1.1	大洋岩石圈的形成 .....	130
4.1.2	蛇绿岩的基本特征 .....	133
4.1.3	蛇绿岩的就位方式 .....	140
4.1.4	蛇绿岩概念的发展及类型 .....	143
4.1.5	问题讨论 .....	146
	思考题 .....	150
4.2	大洋拆离断层与大洋核杂岩 .....	151
4.2.1	大洋拆离断层 .....	151
4.2.2	大洋核杂岩的特征 .....	153
4.2.3	大洋核杂岩的岩石构成 .....	154
4.2.4	大洋核杂岩的发育机制 .....	155
4.2.5	大洋核杂岩的分布 .....	156
4.2.6	问题讨论 .....	157
	思考题 .....	157
4.3	板块构造与岩浆作用 .....	157
4.3.1	火成岩形成的基本理念 .....	157
4.3.2	汇聚板块边界的岩浆作用 .....	159
4.3.3	离散板块边界的岩浆作用 .....	168
	思考题 .....	173
4.4	板块构造与变质作用 .....	174
4.4.1	变质作用的基本理念 .....	174
4.4.2	变质岩与构造环境关系的基本框架 .....	179
4.4.3	俯冲带的高压变质作用 .....	180
4.4.4	高压变质岩的折返就位 .....	183
4.4.5	高压变质岩的保存 .....	186
4.4.6	岛弧区的变质作用 .....	187
4.4.7	离散边界的变质作用 .....	188
4.4.8	转换边界的变质作用 .....	190
	思考题 .....	190
4.5	板块构造与地震 .....	190
4.5.1	全球地震活动分布规律 .....	190
4.5.2	地震与贝尼奥夫带 .....	194



4.5.3	深源地震机理讨论 .....	196
	思考题 .....	199
4.6	热点与地幔柱 .....	199
4.6.1	基本观念 .....	199
4.6.2	热点与地幔柱的提出 .....	200
4.6.3	热点和地幔柱的特征和演化 .....	203
4.6.4	地幔柱岩浆的形成 .....	207
4.6.5	大洋地幔柱 .....	208
4.6.6	大陆地幔柱 .....	216
4.6.7	地幔柱的有关争论 .....	220
4.6.8	古老地幔柱的鉴别 .....	222
	思考题 .....	223
4.7	威尔逊旋回 .....	223
	思考题 .....	234
	参考文献 .....	235
附录 1	造山带研究 21 问 .....	246
附录 2	我国关键区域构造问题 .....	252
	参考文献 .....	255
附录 3	糜棱岩与片岩和片麻岩的比较 .....	257
后记	.....	258

## 第 1 章 科学哲学与地质学思维

地质学，尤其是构造地质学具有很强的哲学色彩，反之哲学对自然科学研究具有重要指导作用。

科学哲学 (philosophy of science) 是以科学活动和科学理论为研究对象，主要探讨科学的本质、科学知识的获得和检验、科学的逻辑结构等有关的科学认识论和科学方法论方面的基本问题。

20 世纪 60 年代气势恢宏的地球科学革命开阔了地质学的研究空间和地质学家的视野，从大陆推进到广袤的大洋 (详见第 2 章)。地学革命的同时，科学哲学也取得了重大的发展，其标志是 1962 年库恩的《科学革命的结构》 (*The Structure of Scientific Revolutions*) (Kuhn, 1962) 一书的问世 (图 1.1、图 1.2)，在科学哲学界和科学界引起了巨大的反响，标志着科学哲学领域中历史主义学派的崛起，是 20 世纪科学哲学的转折点，开创了科学哲学的新时代。该著作的 1962 年版 1980 年被翻译为中文版；1970 年再版后，2003 年又被翻译成中文版 (图 1.2)。此外，一些中国学者对库恩“科学革命的结构”进了精辟的诠释和论述 (尚智丛和高海云，2002)。

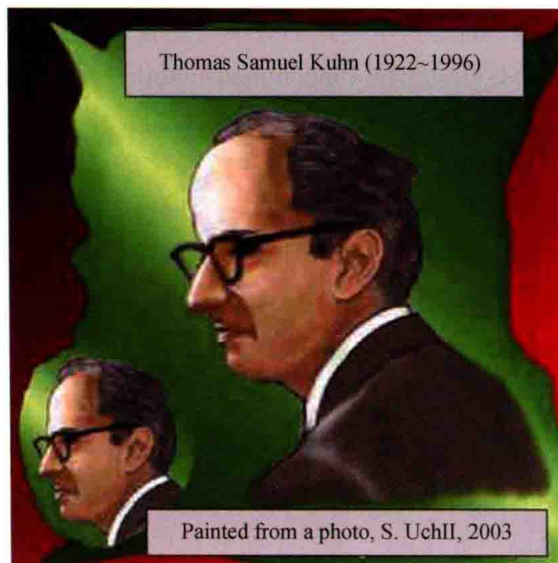


图 1.1 哲学家 Thomas S. Kuhn

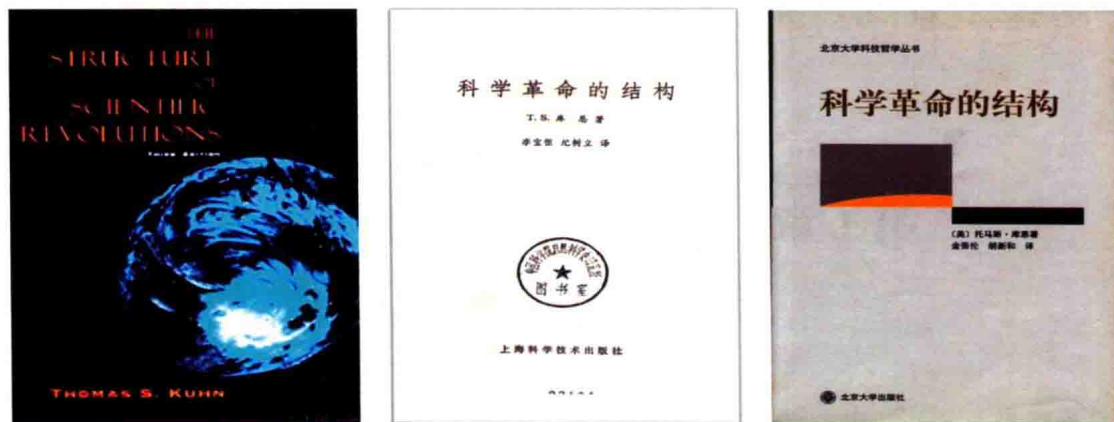


图 1.2 Thomas S. Kuhn 《科学革命的结构》1962 年英文版和 1980 年、2003 年的中文版

## 1.1 范式与科学革命

托马斯 S. 库恩 (Thomas S. Kuhn, 1922 ~ 1996 年) 是美国著名科学哲学家和科学史家, 20 世纪最博学、最有影响的学者之一。其《科学革命的结构》尽管篇幅不长 (中译本只有 18 万字) 却震撼了国际学界, 被公认为是现代思想文库中的经典名著。自此之后, 科学哲学分化日甚, 科学史、科学社会学研究也因之发生巨大变化。然而, 我们也应注意到, 库恩是理论物理学博士, 所以在他的著作中常以物理学为例进行哲学分析。

库恩指出: “科学的进步不能被简单地理解为一个在实验的推动下, 更精确的概念逐渐取代不精确概念的过程, 而是科学范式的竞争与更替。”为此, 提出了两个重要概念: “范式 (paradigm)” 和 “不可通约性 (incommensurability)”。

《科学革命的结构》出版之后, 科学就很少被人们看作是需要逻辑分析的静态知识实体了。科学哲学家们开始更加谨慎和仔细地考察科学的历史发展, 并且也日益关注于科学活动的重复性。提出类似观点的还有著名哲学家保罗·费耶阿本德、诺伍德·罗素、汉森和斯蒂芬·图尔明。但是没有一个人能像库恩这样对科学史进行了详细的研究, 也没有一部著作能达到《科学革命的结构》那样的影响力。

### 1.1.1 范式

库恩在《科学革命的结构》一书中首次明确、大量使用“范式” (paradigm) 的概念。他的“范式”是指在特定时期内, 根据科学共同体的理论体系和心理特征所制订的一整套原则、理论、定律、准则、方法等, 是一个包括科学、哲学、社会、心理等多重因素在内的综合体, 是科学共同体所共有的全部规定。这是一种逻辑上不能再分的功能单位, 它在科学的进化和发展中具有非同一般的作用。



首先，库恩以范式作为科学的划界标准和开展科学活动的基础。

究竟什么是科学，科学研究的基础和出发点是什么？库恩一反传统的可证实性和可证伪性的划界标准，冲破“科学始于观察”的古典经验论，指出科学之所以成为科学就在于范式的形成。库恩把科学发展分为“前科学”“常规科学”“科学革命”三个基本阶段。他认为历史上每一个研究领域在成为一门真正科学的过程中都经历了“从前科学到科学”的过渡。“从前科学到科学”的转变，其标志是科学研究者获得一种共同的范式。

库恩认为，在“前科学”阶段，科学家对于他们所从事的学科的原理、概念甚至观察现象的描述，都完全不一样，而且经常发生争论。在那个时期，某个领域有多少名重要的科学家，就有多少种理论。例如，电学的“前科学”时期：“在那时候，几乎有多少重要的电学实验家……对电的本质就有多少看法。”富兰克林正是适应这一要求，把关于电现象的各种观点、概念纳入一种占统治地位的自然观中，消除了各种观点、概念无拘无束运动和变化的状态。富兰克林的工作，为大多数电学工作者提供了一致采纳的一般性原理和假设，提供了应用这些假设的定律和技术。在富兰克林及其后继者的努力下，电学家才有了一个共同的范式，他们的工作才有了一定的方向。这时，电学才成为科学。

地质学也是如此，在赫顿（James Hutton, 1726 ~ 1797年）和莱伊尔（Lyell Charles, 1797 ~ 1875年）之前，对地球表面的岩石和山脉的认识莫衷一是。18世纪末叶赫顿提出“均变说”，认为现代地质过程在整个地质时期内，以同样方式发生过，据此能够用现在观察到的现象去解释过去的地质事件，在地学界赢得了广泛的支持，并成为地质科学的基础；19世纪初叶莱伊尔在掌握了大量第一手地质资料基础上，撰写了《地质学原理》四卷，应用现实主义原则特别是“将今论古”方法，提出了“渐进论”，并证明地球表面的所有特征都是由难以觉察的、作用时间较长的自然过程形成的，地壳岩石记录了亿万年的历史。此后地质学才有了自己的范式，成为科学。而后的槽台学说、板块构造学说则是范式的更替。

再如，亚里士多德以前的动力学、阿基米德以前的静力学、布朗以前的热学、玻意耳以前的化学等，在没有共同的范式以前都是“前科学”。只有获得了共同的范式，它们才能在各自的领域成为科学。

库恩把范式作为科学的划界标准，对科学研究有着十分重要的指导意义。在他看来，范式是科学发展状况的测量器和指示器。它作为科学家在某一专业或学科中所具有的共同信念或思维模式，不是着眼于已有的知识内容，而是着眼于未来的活动。范式是活生生的行动指南，是一定领域内进行科学研究的纲领。范式不仅规定了该领域内科学家共同的基本理论、基本观点和基本方法，而且为他们提供了共同的理论模型和解决问题的框架。这就为科学步入常规状态奠定了基础。

其次，范式是科学共同体的形成机制。

库恩认为，只有在某一学科出现了占统治地位的范式时，各种对立的学派才趋于消失，统一为一个学派。这时，科学的发展才有可能，科学事业才能大踏步地前进。这主要在于范式能够把一些坚定的拥护者吸引到一起并为他们留下各种有待解决的问题，使某一科学领域的研究方向与研究方法得以确立，其特定的认识主体——科学共同体也在范式





的凝聚下得以诞生。

范式首先是某种科学成就，是包括一整套的信念、理论、方法与仪器设备的有机整体，是科学认知活动中必不可少的工具，它将那些处于混沌无序状态的认识成分统一起来，凝聚成一种统一的“概念容器”。它可以把已有的科学成就表达为一定的语言陈述，并通过语言形式传播出去，使某个人或少数人所独有的信念被更多人所具有，达到集体共享。这种共享的成就“使科学家……可以高度集中到共同体所关心的最微妙、最深奥的自然现象中去”“谁如果不肯或不能同它协调起来，就会陷入孤立，或者依附到别的集团里去。”这就是说范式通过凝聚作用将科学家的注意力集中在某一问题上，把一批坚定的拥护者吸引过来，把他们原来杂乱无章的科学活动集中到同一方向上去，形成共同的信念，并把科学研究工作者凝聚成同心协力的共同体。

再次，范式是科学认识的工具。

范式具有两个显著的特点，一是它足以把一批坚定的拥护者吸引过来，站在同样的立场上观察、分析问题；二是它为这些拥护者留下了各种有待解决的问题，并且提供了解决问题的途径。这就是说，范式对科学家的心理或知觉有定向作用，甚至对科学共同体的研究工作和目标也有定向作用。这种定向在一定程度上限制了科学工作的范围，使科学研究日趋深入和细致。这与没有范式的“前科学”时期形成了鲜明的对照，那时的工作是杂乱无章、海阔天空的活动，很难获得扎实可靠的成果。范式产生以后则使科学研究工作成为有目的地活动，科学研究的计划性、组织性加强了。科学家依靠范式中的科学定律、科学概念及科学理论提供的难题和可接受性解法进行定向研究，从而实现和维持了“常规科学”，并使它走向细致化、精确化和深刻化。例如，牛顿定律就使得 18 世纪和 19 世纪的物理学家集中精力去注意研究质量与力的问题，从而推动了经典物理学的深入发展。在范式的限制下，科学工作者有目的地进行观察和实验并同逐次的尝试性假说相结合，发现、搜集科学事实，以便进一步说明范式框架内的理论，解决它的某些含糊不清之处，解决以前引起人们注意的问题，促发一些特定的定律的发现。例如，库仑的电荷引力定律，成功之处就在于他制造了一种专门仪器来测量两个点电荷之间的力，而这一设计依赖于这样的认识：每一个电流体粒子都超距作用于其他每一个粒子。库恩在《科学革命的结构》中指出：“正是这些因为信仰范式而产生的限制，对科学的发展却是不可缺少的。由于集中注意狭小范围中比较深奥的问题，范式会迫使科学家仔细而深入地研究自然界的某一部分，否则就不能想象。”正如板块构造理论吸引了数以万计的科学家集中于活动论的研究一样。

最后，范式是科学革命的内在动力。

库恩关于科学革命的基本思想是：科学革命不是累积性的。从旧范式到新范式，并不是后者补充、发展或包容前者，而是旧范式被破坏或抛弃，让位于新范式。“拒斥一个范式的决定总是同时也就接受另一个范式的决定。”库恩认为，这是科学革命的本质所在和必然性所系。当“常规科学”长期解释不了应当解决的难题时，危机就出现了。这时，原范式理论的规则宣告失败，需要寻求新的范式。危机的出现，标志着旧的范式理论已无法调整和修补，以及它将为新发明的理论所代替。库恩指出：“危机的意义就在于，它可以指示更换工具的时机已到来。”库恩这里所说的“工具”就是指的范式。