

我国岩石力学学科结构及其演变初探

任 重^{1, 2}, 盛 谦²

(1. 中国地质大学(武汉)政法学院, 武汉 430074; 2. 中国科学院武汉岩土力学研究所, 武汉 430071)

摘 要: 以中国岩石力学与工程领域公认最有影响力的中文核心期刊《岩石力学与工程学报》创刊 25 年来的论文为研究对象, 基于科技史理念、以中图分类法为依据, 对我国岩石力学的学科结构及其演变开展研究, 从一个侧面对中国岩石力学学科发展轨迹进行梳理和勾勒, 对学科的发展历程进行探究。

关 键 词: 岩石力学; 学科结构; 演变

中图分类号: C811 **文献标识码:** A

Study on the disciplinary structure and its evolution of rock mechanics in China

REN Zhong^{1, 2}, Sheng Qian²

(1. School of Politics and Law, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

2. Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071)

Abstract By taking the papers of Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering in 25 years as the research subject, this article is trying to study the disciplinary structure and its evolution of Rock Mechanics in China based on the concept of History of Science and Technology and the Chinese Laboratory Classification. In order to explore the developing process of Rock Mechanics in China, this article will also help to trace the track of development for the discipline from one side.

Key words: rock mechanics; disciplinary structure; evolution

1 引 言

岩石力学是一门年轻的、应用性很强的学科, 和现代许多技术科学(或称工程科学)一样, 岩石力学是由多学科交叉所形成。它涉及的学科和工程领域非常广泛, 尤其与水利水电、矿山建设、能源开采、土木建筑、地铁交通以及防护工程等一系列工程建设关系密切^[1]。

我国岩石力学研究从起步到发展已经迈过 50 余年, 尤其在 20 世纪 80 年代以后得到了蓬勃发展。王思敬院士^[2]认为, “因为开放政策尚未实施, 我国岩石力学界到 20 世纪 70 年代末才加入到国际岩石力学队伍的行列。”尤其是 20 世纪的最后 20 年里, 我国建成的许多世界级工程中的复杂岩石力学问题极大地促进了我国岩石力学的发展。此时, “我国岩石力学学科已经成熟, 并具有现代科学技术分支学科的水准。”^[2]

周思孟先生^[3]将我国岩石力学发展分为 4 个阶段: (1) 萌芽阶段(20 世纪 50 年代初~1958 年); (2) 起步阶段(1958 年~20 世纪 70 年代初); (3) 成长阶段(20 世纪 70 年代初~1985 年); (4) 发展阶段(1985 年中国岩石力学与工程学会成立至今)。以科技史的观点看一门学科正式诞生的几项主要标志(刊物、组织、课程), 20 世纪 80 年代初, 《岩石力学与工程学报》(以下简称《学报》)创刊以及中国岩石力学与工程学会成立是岩石力学学科在中国得以确立并全面发展的重要时间节点, 也正是从此时起, 我国岩石力学才真正完成其建制化, 成为一门独立的学科。

关于岩石力学学科的发展, 虽然已有前人进行过探讨, 但多属本领域科学家结合自身多年的科研心得及体会对学科自身的思考。本文将以 1982 年至 2006 年为时间区间, 基于科技史理念, 通过科学社会学方法从一个侧面对此时间区间的岩石力学学科

结构及其演变进行探究,为进一步研究岩石力学学科发展史提供线索,同时也有助于岩石力学科技工作者更加深入了解学科本身及学科的发展历程,促进该学科的进一步发展。

2 研究意义及方法

2.1 研究意义

学科结构体现了学科知识体系的构成,是学科作为科学分支的内在属性。对学科结构的认识,将有助于更好了解本学科与其他学科间的联系、提高对本学科的认识,从而为学科发展策略的制定提供基础性支撑。另外,学科结构的演变是学科发展过程中的一种内在变化,这种知识体系的演进是学科发展历程的一个方面,是研究学科发展史的一个组成部分。通过该研究,也能使人们从一个侧面对中国岩石力学学科发展轨迹进行梳理和勾勒,达到对学科的发展历程进行探究的目的。

2.2 研究思路及方法

《学报》由中国科协主管、中国岩石力学与工程学会主办,是我国岩石力学与工程领域公认最有影响力的中文核心期刊,也是唯一一部以岩石力学为主题的学术期刊,被美国《工程索引》(EI)和国内许多权威数据库确认为收录期刊,是记载我国岩石力学发展的重要的信息源^[3]。对于研究岩石力学学科而言,是一个极具代表性的样本。

学科具有层次,学科结构是这种层次的体现。研究学科结构需要科学的依据,如何从科技文献中提炼出有用的信息并对这些信息进行有效的整合、分类?

我们发现,目前大多数学术期刊在发表文章时都需提供中图法分类号对文章进行分类。从中图法编制原则可以看出,“分类体系要符合科学性的原则,以科学分类为基础,采取从总到分、从一般到具体的逻辑系统”^[4],充分体现了中图法分类的科学性,本文将以此为依据对我国岩石力学学科结构及其演变开展研究。

《学报》纸本 1998 年 17 卷 3 期开始出现中图分类号(以下简称分类号),一般由论文撰写人自行提供,直接反映撰写人对文章分类的判断。1989 年至 1998 年论文分类号来自维普数据库,由数据库专业图书情报专业人员分类。1982 年至 1988 年文章分类为人工完成,为了保证数据的客观性,采取两人独立分类,结果一致性很高,可以说明主观性少,数据可信度较高。经删除 1982 年创刊至 2006 年正刊博士论文及简讯后的所有论文共 3854 篇。为了便

于数据分析,所有分类号均取至 4 级类目。

本文数据建立在“中图法”第 4 版分类体系之上,由于不同年代所使用的版本不同,随着知识结构的变化和发展,中图分类法也在进行着不断的补充和调整。但其本着“《中图法》的修订,必须贯彻该法的连续性,在类目类号的编排上,应具有前瞻性和预见性”^[4]的指导思想,以“保持《中图法》作为列举式分类法的基本属性不变;保持《中图法》的基本部类和基本大类设置以及序列基本不变;保持《中图法》字母-数字混合制的标记符号与层累小数制的标记制度基本不变”^[4]为原则,由此可见,分类的延续性是可靠的,数据的科学性和连续性得到了保证。

其中有两点需要着重说明,以便开展进一步研究。

(1) 由于学科发展的需要,《学报》在 2003 年引入土力学文章,导致在数据中有土力学文章的影响, TU4 类中除 TU45 为“岩石(岩体)力学”,其余下位类均为土力学相关类目。但我们还是在表 1 中将其保留,以供更为详尽的观察。尽管岩、土是否“分家”这一争论一直存在,但总的说来“岩土不分家”是大势所趋,这也是学科可持续发展的一个重要思想。在定量分析中,本文将不计入土力学论文,即“建筑科学”(TU)类论文只讨论“岩石(岩体)力学”(TU45)。

(2) 本文以中图分类法为指标,分类号反映了论文的研究内容及领域,其随时间的变化将在一定程度上体现学科结构的演变。

3 我国岩石力学学科的学科结构

岩石力学是在岩石工程建设的设计和施工中不可少的一门科学技术^[5],追溯该学科的起源,工程建设扮演了相当重要的作用。学科要发展,工程将为其提供巨大的源动力;而工程建设与社会发展关联紧密,所以岩石力学发展与社会发展具有重大关联。大坝、水电站、大型地下结构、露天采矿和在复杂困难条件下的巷道开拓都是岩石力学取得成功的标志^[5]。

我们将所有论文的中图分类号按 3 级层次做数据统计及分析,如: TU313 (岩石力学性质),第 1 上位类取 TD31 (矿山压力理论),第 2 上位类取 TD3 (矿山压力与支护),第 3 上位类取 TD (矿业工程)。对每个层次类目内论文数量进行归类统计,取论文数量大于 10 篇的类号,可以得出如表 1 的结果,其中每个类目名称后的数字表示该目类论文的数量。

表 1 我国岩石力学学科结构框架图
Table 1 Frame table of rock mechanics in China

O 数理科学 (318)	O1 数学 (12)	O24 计算数学 (120)
	O2 (131)	O31 理论力学 (一般力学) (16)
	O3 力学 (160)	O34 固体力学 (76)
	O4 物理学 (12)	O35 流体力学 (48)
P 天文学、地球科学 (304)	P5 地质学 (28)	P58 岩石学 (19)
	P6 (259)	P62 地质、矿山普查与勘探 (19)
	TD2 矿山设计与建设 (61)	P64 水文地质与工程地质学 (227)
TD 矿业工程 (598)	TD3 矿山压力与支护 (384)	TD23 凿岩爆破工程 (44)
	TD7 矿山安全与劳动保护 (32)	TD26 进巷工程 (15)
	TD8 矿山开采 (115)	TD31 矿山压力理论 (122)
		TD32 矿山压力与岩层移动 (166)
TE 石油、天然气工业 (39)	TE2 钻进工程 (18)	TD35 矿山支护与设备 (92)
	TE3 油气田开发与开采 (18)	TD71 矿进大气 (27)
TL 原子能技术 (18)	TL9 (17)	TD82 煤矿开采 (86)
TP 自动化技术、计算机技术 (45)	TP1 自动化基础理论 (27)	TD85 金属矿开采 (18)
	TP7 遥感技术 (11)	TE35 采油工程 (10)
TU 建筑科学 (1878)	TU3 建筑结构 (32)	TL94 放射性废物管理及总和利用 (17)
	TU4 土力学、地基基础工程 (1746)	TU31 结构理论、计算 (22)
	TU5 建筑材料 (28)	TU41 土工试验 (140)
	TU7 建筑施工 (28)	TU43 土力学 (151)
TV 水利工程 (230)	TU9 地下建筑 (26)	TU44 各类型土与地基 (103)
	TV1 水利工程 (11)	TU45 岩石 (岩体) 力学 (1074)
	TV2 (84)	TU47 地基基础 (267)
	TV3 水工结构 (14)	TU52 非金属材料 (20)
U 交通运输 (267)	TV4 水工材料 (13)	TU75 各项工程与工种 (23)
	TV5 水利工程施工 (23)	TU94 地下建筑施工、施工机械与设备 (14)
	TV6 水利枢纽、水工建筑物 (63)	TV22 水工勘测、水工设计 (83)
	TV7 水能利用、水电站工程 (15)	TV64 挡水坝 (29)
X 环境科学 (16)	U2 铁路运输 (21)	TV69 (TV698 水工建筑物管理) (24)
	U4 公路运输 (237)	U21 铁路线路工程 (11)
		U41 道路工程 (22)

由于中图法版本的修订和其自身的一些原因，有些目类并不存在，如：O2 目类就不存在，但其下位类的分类是属 O1 (数学) 类的，为了忠实反应这种层进关系，表中 O2 是一个虚拟的目类号，我们也依据对其进行数量统计，按层进式真实反映文章分类和数量状况。

通过表 1 可以看出，岩石力学学科的构建涵盖

了数理科学 (O 类)、地球科学 (P 类)、工业技术 (T 类)、交通运输 (U 类) 以及环境科学 (X 类)；从论文数量上可以看出，工业技术与交通运输类研究占了主要部分，工业技术涉及矿业工程 (TD 类)、石油天然气工业 (TE 类)、原子能技术 (TL 类)、自动化技术及计算机技术 (TP 类)、建筑科学 (TU 类)、水利工程 (TV 类)。下位类的延伸表示了更

为详细的研究方向分类, 可以通过该表了解整个学科的结构和构架。

通过对表 1 中第 1 层类目的定量分析, 可得出图 1 所示的比率图。

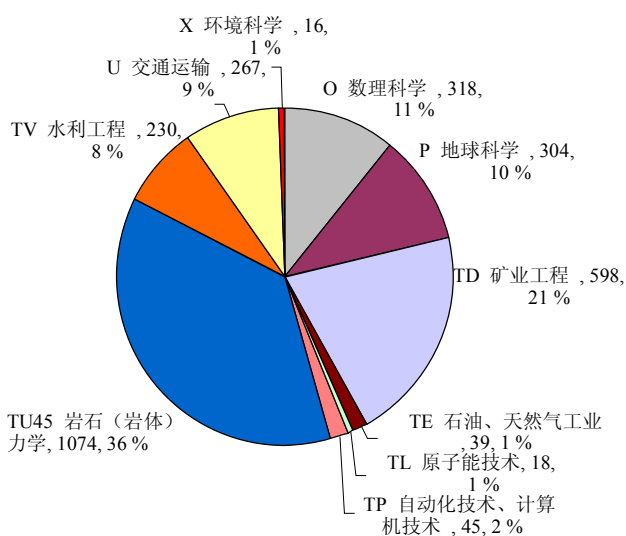


图 1 各类目论文比率图

Fig.1 Ratio chart of all categories' theses

结合表 1 和图 1 可以看出, 岩石力学主要由数理科学、工程技术类科学(其中交通运输类科学问题也来自工程)以及地球科学交叉形成。

在工业技术类研究中, 有关矿业工程类研究的论文比率达 21%; 水利工程次之, 论文比率达 8%。交通运输类论文比率占 9%, 同样也是一个重要因素。这说明在岩石力学学科的架构中, 矿业、水利水电、交通运输类研究占了相当大的比例。我们知道, 岩石力学是一门复杂的综合性学科, 其目的是要解决工程问题^[6], 与国民经济建设关系密切。通过以上的分析, 也从一个侧面反映了对这三个领域的研究为岩石力学学科的构建和发展提供了主要的源动力。

属于纯科学研究的“岩石(岩体)力学”(TU45 类)和“数理科学”(O 类), 其论文所占比例为 47%, 接近论文总数的 1/2, 其反映的趋势正好表现出: (1) 学科自身具有特色的理论的系统形成; (2) 当代数理学科的最新成就的融入, 尤其是岩石力学领域的不确定性、非线性和系统科学理论; (3) 试验测试技术, 分析预测理论趋于完备^[3]; 符合现代科学技术的标准, 也从侧面体现了该学科的良好发展。此外, 占 2% 比率的“自动化技术、计算机技术”(TP 类)类论文, 主要体现为“智能岩石力学”和“遥感岩

石力学”两个新的研究方向, 这也说明最新的计算机科学、信息技术和人工智能技术的广泛应用^[3]在岩石力学学科构成中具有一定的地位。

“原子能技术”类论文涉及“放射性废物管理及综合利用”(核废物地质处置), 通过《学报》我们发现我国岩石力学学科核废物地质处置问题的提出是在 1985 年, 而后处于相对停滞状态, 其大规模研究始于 2000 年后, 对于岩石力学学科而言是一个较新的领域; 对于只占 1% 的“石油、天然气工业”类论文, 是否可从侧面反映石油、天然气工程类研究对岩石力学学科发展的影响不如其他类研究; 占 10% 的地球科学类研究则强烈地表达了岩石力学的地球科学属性, 以及在岩石力学发展过程中, 地质学对岩石力学的深远影响。

4 我国岩石力学学科结构的演变

现做如下分析: 将《学报》每年每类论文数量除以当年论文总数, 即每年某类论文占当年的百分比。为了使数据更为直观, 再将这些百分数乘以 100, 得到表 2 中反映的“学科结构演变指标”, 即:

学科结构演变指标 = 当年某类论文数量 / 当年论文总数 × 100

需要说明的是, 这些指标的变化只能反映一个相对的趋势。比如有的类目的指标是 0, 即当年无该类目的文章, 但这并不代表该方面的研究不存在, 只能说明该类目研究处在一种相对的停滞状态。其实, 这些指标的本质意义在于它们为考察学科内部发展的趋势提供了基础。短期内指标反映的起伏有可能受科学研究以外一些类因素的影响, 笔者所考察的 25 年内的学科发展趋势(此时也是中国科学技术进入蓬勃的发展时期), 可近似地反映了学科实际的发展情况^[8]。1982~2006 年间岩石力学学科结构的演变情况如图 2 所示。

由图可知:

(1) 1982~1991 年, 属于纯科学研究的岩石(岩体)力学(TU45 类)、矿业工程(TD 类)和水利工程(TV 类)研究占主导地位;

(2) 整体上看, 交通运输(U 类)与水利工程(TV 类)研究强度基本持平; 水利工程(TV 类)研究在 2000 年之前都要强于交通运输(U 类), 从社会影响因素来看, 三峡工程建设带来的影响是其中一个原因, 随着我国大规模交通建设, 交通运输(U 类)研究渐呈上升趋势, 甚至超过水利工程(TV 类);

表 2 岩石力学学科结构演变指标（据 1982–2006 年《学报》）
Table 2 Disciplinary structure evolution indexes of rock mechanics
(according to Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 1982–2006)

	O 数理 科学	P 地球 科学	TD 矿业 工程	TE 石油、天 然气工业	TL 原子能 支术	TP 自动化技 术、计算 机技术	TU45 岩石（岩 体）力学	TV 水利 工程	U 交通 运输	X 环境 科学
1982	0	0	41.67	0	0	0	23	25	8.33	0
1983	0	6.25	18.75	0	0	0	50	0	0	0
1984	7.14	0	28.57	0	0	0	14.29	28.57	0	0
1985	9.52	0	33.33	0	0	0	47.62	4.76	4.76	0
1986	5.88	11.76	11.76	0	0	5.88	35.29	11.76	5.88	0
1987	12.12	3.03	18.18	0	0	0	48.48	9.09	9.09	0
1988	2.94	0	14.71	0	0	0	47.06	11.76	8.82	0
1989	0	7.50	20	0	0	0	25	15	7.50	0
1990	0	5.13	25.64	0	0	0	53.85	12.82	2.56	0
1991	0	8.33	30.56	0	0	0	33.33	19.44	8.33	0
1992	0	22.73	22.73	0	0	0	20.45	15.91	9.09	2.27
1993	0	6.38	36.17	0	0	0	36.17	6.38	4.26	2.13
1994	0	8.11	24.32	2.70	0	0	35.14	8.11	16.22	0
1995	0	13.33	22.22	0	0	0	40	8.89	6.67	0
1996	1.67	3.33	33.33	0	0	0	27.67	11.67	8.33	0
1997	1.11	3.33	12.22	1.11	0	0	48.89	7.78	6.67	0
1998	3.42	2.56	21.37	0	0	0	28.21	16.24	4.27	0
1999	15.53	5.59	14.91	0.62	0	1.24	24.84	7.45	4.97	0
2000	13.37	8.14	22.67	0	0	0.58	22.67	4.07	1.74	0
2001	8.43	6.74	12.92	0	0	3.37	25.28	9.55	2.25	0
2002	9.54	7.99	16.24	0.77	0	2.32	22.16	6.19	8.25	0.26
2003	15.28	9.72	17.22	0.83	0	1.94	18.61	4.17	7.22	0.83
2004	8.62	8.75	14.16	3.09	0.13	1.67	23.29	3.09	6.44	0.90
2005	8.60	6.87	11.19	0.67	0	0.81	30.10	4.18	8.49	0.13
2006	8.29	11.23	8.29	0.27	4.55	0	36.10	4.01	8.29	0.53

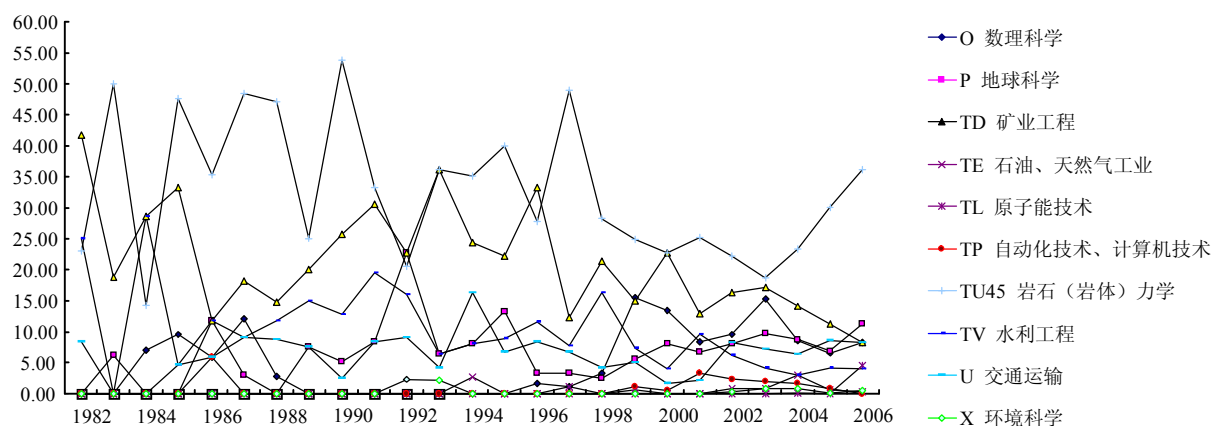


图 2 1982~2006 年间的岩石力学学科结构的演变
Fig.2 Evolution of discipline structure of rock mechanics during 1982–2006

(3) 以回归统计的观点来看，指标较高的类目都有平缓下降的趋势，如岩石（岩体）力学（TU45 类）、矿业工程（TD 类）和水利工程（TV 类）；1998 年，曲线间的差距稳步减小，形成等间距趋势的分布，这说明学科结构组成分布趋于均匀，这也是学科成熟、平稳发展的直接体现；

(4) 2003 年后，岩石（岩体）力学（TU45 类）、地球科学（P 类）、自动化技术、计算机技术（TP

类）、原子能技术（TL 类）、交通运输（U 类）和环境科学（X 类）研究都有不同程度地上扬趋势，其中以交通运输（U 类）、地球科学（P 类）和岩石（岩体）力学（TU45 类）尤为明显；

(5) 1999 年后，自动化技术、计算机技术（TP 类）研究开始兴起。

通过以上对学科结构演变的研究，可以大致能对 1982 年至今的我国岩石力学学科发展勾勒出这

样的脉络:

20 世纪 80 年代,随着我国改革开放和社会大发展,工业建设突飞猛进,一系列大规模工程建设被付诸实施。资源开发是国家和社会发展的命脉,正是由于能源开发和矿产资源的需要,对岩石力学与岩石工程相关技术提出了更多的要求。作为国家资源开发基础的采矿业为岩石力学的发展提供了持续的源动力;此外国家对水电事业的重视也导致了一批大型水电站的上马,这也是对岩石力学发展的有力刺激;交通工程建设对学科的发展也起到了重要作用,但不如采矿和水电业对学科发展的影响;另外,《岩石力学与工程学报》的创刊和中国岩石力学与工程学会的成立也标志着我国岩石力学已逐渐完成其学科建制化,成为一门独立的学科。

进入 20 世纪 90 年代,得益于“六五”至“八五”的科技攻关,有力推动了岩石力学学科的发展,呈现了百花齐放、百家争鸣的蓬勃发展态势^[3]。90 年代末,我国大规模交通建设的需求为岩石力学的发展提供了又一契机,而有关此领域的岩石力学研究也呈现了大幅度的提升;在研究思路和方法上,以人工智能为代表的计算机科学、信息技术与岩石力学的交叉,也在世纪末崭露头角并衍生出新的研究方向,为学科架构注入新的活力。随着学科发展的日益成熟,学科结构的组成也趋于均匀布局。

进入 21 世纪,学科结构继续保持展布均匀的态势;可持续发展概念的提出引起了学者更多的思考,以核废物地址处置和环境科学为代表的新研究方向开始兴起;研究对象尺度和范围的扩大^[3]也使地球科学类研究得到了复兴;国家对交通事业的大投入和重视使得交通类研究较其他工业技术类研究呈上升趋势。

5 结 语

通过以上内容可以看出,岩石力学主要是由数理科学、工程技术类科学以及地球科学交叉形成的一门技术科学,运用数理原理和方法来研究岩石(岩体)的力学性质以及解决岩石工程中实际力学问题。岩石力学的科学问题大多来自与工程建设,其中包括水利水电工程、交通工程、矿山工程、建筑工程、石油工程、核工程和环境工程等。

在近 30 年的变迁中,我国岩石力学学科结构随着社会的发展而不断演变,从一门地质学的分支学科逐渐成为一门独立的学科,从相对自由探索到与国民经济建设紧密联系、学科结构有序布局,中

国岩石力学学科正迎来一个新的起点。

本文通过对《学报》创刊以来所有学术论文的分析,以中图分类为依据,尝试勾勒了中国岩石力学学科结构及其发展历程,但这只是从一个侧面来观察科学内部的发展。这种趋势只是从一个方面为研究学科发展提供线索。把学科发展放在社会环境内进行考察,将是深入研究岩石力学发展史的重要课题。

参 考 文 献

- [1] 陈宗基. 发刊词. 岩石力学与工程学报[J]. 1982, 1(1): 3—4.
- [2] 王思敬. 中国岩石力学与工程的世纪成就与历史使命[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(6): 867—871.
- [3] 周思孟. 复杂岩体若干岩石力学问题[M]. 北京: 中国水利水电出版社: 1998, 14—15.
- [4] 王可钧, 李焯芬. 我国岩石力学现状与发展初探. 面向国民经济可持续发展战略的岩石力学与工程[M]. 北京: 中国科学技术出版社: 1998, 43—49.
- [5] 中国图书馆分类法编辑委员会. 中国图书馆分类法[M]. 第四版. 北京: 北京图书馆出版社: 1999, 1—12.
- [6] 陈宗基. 岩石力学的发展方向. 岩石力学与工程学报[J]. 1990, 9(3): 175—183.
- [7] 陈宗基. 第二次全国岩石力学与工程学术大会开幕词. 岩石力学与工程学报[J]. 1990, 9(2): 85—87.
- [8] (美)默顿. 十七世纪英格兰的科学、技术与社会. 范岱年, 等译. 北京: 商务印书馆: 2000, 70—88.
- [9] 王思敬. 作为现代学科的岩石力学研究与实践. 面向国民经济可持续发展战略的岩石力学与工程[M]. 北京: 中国科学技术出版社: 1998, 17—21.
- [10] 孙钧. 世纪之交的岩石力学研究. 面向国民经济可持续发展战略的岩石力学与工程. 北京: 中国科学技术出版社: 1998, 1—16.
- [11] 王思敬主编. 中国岩石力学与工程: 世纪成就. 南京: 河海大学出版社: 2004, 1—7.
- [12] 冯夏庭. 面向学科前沿, 面向国家需求: 中国科学院武汉岩土力学研究所岩土力学与工程研究进展, 北京: 科学出版社: 2003.