

中国科学院地质研究所
工程地质力学开放研究实验室

地质工程理论与实践

孙广忠 著



地质出版社

中国科学院地质研究所
工程地质力学开放研究实验室

058545
分 P642
种 008

地质工程理论与实践

孙广忠 著



5448/09



200823519

地震出版社

1996

内 容 提 要

地质工程是工程地质学的新的学科生长点。它是以地质结构控制论为基础,以地质工程和地质灾害防治为实践的应用地学。全书分四部分:第一部分绪论,论述地质工程的提出、发展与现状;第二部分地质工程基础理论,对地质构造控制论、岩体结构控制论、地应力、地下水、地质环境、岩体质量评价、工程地质超前预报及地质体改造等专题进行了具体论述;第三部分地质工程实践中的一些基本观点与技术方法;第四部分地质灾害防治中的地质工程问题。此书是理论与实践密切结合之专著。适合铁路、水利水电、矿山、国防、建筑、地震、地质等行业的工程技术人员及有关院校师生、科研人员阅读。

地质工程理论与实践

孙广忠 著

责任编辑:商宏宽

责任校对:张晓梅

*

地质出版社出版

北京民族学院南路9号

中国地质大学轻印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 2、印张 538 1字

1996年12月第 版 1996年12月第一次印刷

印数 0001—1100

ISBN 7-5028-1292-X/P·809

(1721) 定价:30.00 元

孙广忠教授简介



中国科学院地质研究所研究员、博士研究生导师、有突出贡献科学家。辽宁省庄河县人。1928年10月生。1953年大连工学院水利工程系毕业，1956年长春地质学院工程地质研究生毕业，1957年到中国科学院地质研究所从事土质学、土力学、工程地质、构造地质、岩体力学、地质工程、地质灾害防治等研究工作。

在科研和生产两个方面做出了突出贡献，概括起来有：(1)广泛地参加了水利水电、冶金煤炭矿山、铁路、国防工程及地质灾害防治的工程地质、岩体力学及地质工程实践，主持和参加完成的有“二滩电站岩体力学研究”、“大同煤矿坚硬顶板放顶理论与技术研究”、“军都山隧道快速施工地质超前预报”、“南桐煤矿煤与瓦斯突出综合治理”、“长江三峡水库库岸稳定性研究”、“长江三峡链子崖危岩体及黄腊石滑坡地质灾害防治”等各种类型地质工程实践及科研工作60余项，到过150多个工程现场考察和咨询，开创了地质超前预报新领域，在地质体改造理论和实践方面都做出了显著成绩，为发展地质工程事业做出了重要贡献，多次受到国家和中国科学院表彰和奖励；(2)提出了“岩体结构控制论”学说，创立了以“岩体结构控制论”为基础理论的《岩体结构力学》理论体系，获中国科学院自然科学奖一等奖，“岩体结构控制论”以当代高新科技成果的条目选编入《中国当代科技精华》(1995年，地学卷)，在国内外讲学40余次；(3)创办了工程地质力学开放研究实验室，为工程地质力学基础理论研究打下了基础。

1990年被美国国立传记研究所选入国际卓越领导人名人录(第五卷)，1993年被中国作家协会创联部《名人传》编辑室选入《当代世界名人传》(中国卷)，同年被选入《当代科学家与发明家大辞典》，中国《地学名人大辞典》，1994年被英国国际传记中心选入世界名人录(11卷)，1995年被选入《中国当代科技精华》(地学卷)。曾任中国科学院地质研究所工程地质研究室主任、第一届工程地质力学开放研究实验室主任、第二届工程地质力学开放研究实验室学术委员会主任、国家发明奖评审委员会委员、国务院长江三峡链子崖、黄腊石地质灾害防治领导小组专家组组长、国家科委、水电部三峡工程论证专家组专家等职。现任中国科学院自然灾害研究委员会副主任、地质矿产部长江三峡链子崖、黄腊石地质灾害

整治专家组组长、中国地质学会工程地质专业委员会名誉委员、中国岩石力学与工程学会名誉理事、中国地质灾害研究会名誉理事、中国锚固工程协会科学技术顾问、中国岩石力学与工程学会灌浆与锚固专业委员会科学技术顾问、联合国教科文组织地质技术联合会滑坡编录委员会委员、国际岩石力学学会教育委员会委员等职。大连理工大学、河海大学、中国地质大学（北京）、长春地质学院、葛洲坝水电学院、中国矿业大学聘请为兼职教授。

主要著作有：①《岩体力学基础》（1983年，科学出版社）1985年获中国科学院科技进步奖二等奖；②《岩体结构力学》（1988年，科学出版社）1990年获中国科学院自然科学奖一等奖；③《西北黄土工程地质力学特性和地质工程问题研究》（1989年，兰州大学出版社）；④《中国自然灾害》（1990年，学术书刊出版社）；⑤《军都山隧道快速施工超前地质预报指南》（1990年，中国铁道出版社）；⑥《工程地质与地质工程》（1993年，地震出版社）；主要论文有：论“岩体结构控制论”等100余篇。

前 言

在多年从事工程地质科研和生产工作过程中,我逐渐地觉察到在工程中间存在有一种被忽视的特殊工程,这就是地质工程。土木工程师们不把它视为地质工程,而把它视为与土木工程一样的土木工程;工程地质工程师认为这类工程的设计和施工是土木工程师的事,工程地质工程师只是管工程地质条件勘察。结果是这类工程建筑中事故层出不穷。其原因就在于没有认识到这是一种特殊的工程,它是以地质体为建筑材料,以地质体为工程结构,以地质环境为建筑环境建筑起来的,所以我称它为地质工程,广义的来说,是一种大地改造工程。它既不是一般的建筑工程,也不是一般的土木工程,很有必要专门地把它提出来,引起有关方面重视它。所以在1984年3月在成都召开的全国第二届工程地质大会上,我以“工程地质—岩体力学—地质工程”为题作的报告中明确地提出了“地质工程”观点,至今已经十多年了。这个观点已经逐渐被人们接受。许多人以事实论述“地质工程”这个命题,以这个观点作指导开展工程地质工作,参与和承担地质工程设计、施工工作。引人瞩目的是“长江三峡链子崖黄腊石地质灾害防治”工作就是在这观点指导下进行的。近年来已经出现了“地质工程公司”、“地质工程勘察院”、“地质工程勘察设计院”这种企业实体。这表明,这一观点已经被社会所接受。这是一件值得高兴的事。

目前在地质工程实践中由于缺乏明确的和正确的理论指导,致使在工程实践中不是保守就是冒险,可以说保守和冒险并存,而且常常是保守大于冒险。原因就在于正确的地质工程理论没有确立起来,工程师们在进行设计和施工中主要应用土木工程理论和经验办事,为了工程安全可靠,采取了比较高的安全系数保证工程的安全。我估计目前在地质工程中由于缺乏正确的理论作指导,在工程实践中采取保守措施面造成的潜在损失可能达工程投资的20%~30%,这个数值十分令人吃惊,但是这个数值是看不见的,往往不被人们重视。这表明建立地质工程基础理论是极为重要的。

实践教育着人们,提高着人们的认识,人们经过总结,逐渐地认识到地质工程建筑的规律,概括上升成为地质工程建筑的理论。理论的作用可以指导人们思考、分析问题。没有理论指导的行动是盲目的行动,盲目的行动是要失败的。没有理论的知识领域,构不成学科,没有理论的支持的行为构不成行业。每一个人的思维活动都是在一定的理论指导下进行的,不是在正确的理论指导下进行,就是在错误的理论指导下进行,这就是理论的重要性。经过十余年的实践,地质工程已经形成了它的基础理论。1984年我提出了“岩体结构控制论”是岩体力学的基础理论,实际上它也是我用于指导地质工程实践的基础理论。在我组织搞煤与瓦斯突出综合治理时,又提出了“地质构造控制论”的观点,发展了“岩体结构控制论”。经过多年地质工程实践我深深体会到,控制地质工程建筑的因素除岩土体结构、地质构造外,还应强调地质体赋存环境因素,即地应力、地下水、地温、活动断层等,这是一个综合体系。显然地质工程理论不是简单的由一个两个定理构成的,而是一个理论体系。它由岩土体结构控制论、地质构造控制论、地质体赋存环境因素控制论综合构成,它们构成地质工程基本理论和应用基础理论或应用技术理论。概括起来可以称谓“地质控制论”。

从1983年以来,我以地质工程的基础理论观点作指导,组织开展了一系列的科研和生产工作。主要的有:①大同煤矿坚硬顶板有控压裂放顶理论及技术研究;②军都山隧道快速施工地质超前预报;③南桐煤矿煤与瓦斯突出综合治理;④长江三峡链子崖黄腊石地质灾害防治;⑤黄上中大型竖井建设;⑥鞍钢前峪废尾矿库上建排土场等工程。同时还进行了各种地质工程问题咨询、评估、评审、讲学等活动。在这些实践中,积累了经验,增长了认识,在1991年我总结了已从事的工作经验及部分研究成果,写成了《工程地质与地质工程》一书,1993年由地震出版社出版,受到了国内同行的欢迎。为了进一步地推动地质工程工作的开展,兹将我在各种类型活动中介绍我的观点、理论及实践经验的代表性报告、发言、文稿汇集起来,想从理论与实践相结合上阐述一下地质工程的理论、技术和方法,故本书取名为《地质工程理论与实践》,付诸出版,供同行们讨论、参考。让我们共同继续推进地质工程事业的发展,为解决我国正在出现的和将要出现的各类地质工程建设多作贡献!

本书共由四部分组成,第一部分 绪论,通过八篇短文,论述了工程地质学的发展、地质工程的形成、地质工程的特点、地质工程研究现状、地质工程工作内容及著者对地质工程的贡献。第二部分 地质工程基础理论,筛选了21篇在各种情况下做的发言稿、咨询报告、总结报告等稿件,以实例阐述了地质工程基础理论及其重要的理论内容和方法,如地质构造控制论、岩体结构控制论、地应力、地下水、地质环境、岩体质量评价、工程地质测试、工程地质超前预报及地质体改造理论及方法。这是本书的核心内容。第三部分为地质工程实践中的一些基本观点。在这部分里著者选取了在不同场合下写的论文、做的咨询报告、评估会和评审会上的发言稿和工作建议等14篇文稿,结合具体情况论述了地质工程实践中的基本观点、方法和技术。地质工程是以地质为基础建筑的工程。地质条件是千变万化的,地质工程的理论和方法是不变的,必须根据具体情况灵活运用,在地质工程理论运用中还必须充分考虑政策和社会条件,死搬硬套是不行的,这就是我选用实例来说明地质工程的理论和观点的原因。1987年以来,我用较多时间参加了地质灾害防治活动,主要参加了长江三峡链子崖危岩体、黄腊石滑坡地质灾害防治工作,担任专家组组长,主持长江三峡链子崖危岩体及黄腊石滑坡地质灾害防治技术论证工作。从立项论证、勘察设计到施工中的技术问题系统的、全面的组织专家研讨和论证,为领导上提出了咨询意见。在该项工作及其他一些地质灾害防治工作论证、评审工作中积累了一些经验和认识,探讨了地质灾害防治的基础理论和工作方法,提出了许多规程、规范、标准性建议,对地质灾害防治规范化做出了贡献。我认为地质灾害防治工作是一项地质工程,它必须以地质为基础开展这项工作。以此为指导,结合实际工作中的经验,论述了地质灾害防治理论、观点和方法,在各种会议上做了一系列发言,写了一些总结,我抽取了16篇与此有关的文稿,归纳起来取了一个题目叫地质灾害防治中的地质工程问题,作为第四部分纳入此书中,我相信这部分内容对地质灾害防治工作是很有参考价值的。全书贯穿着一个指导思想,即地质条件是千变万化的,地质工程是多种多样的,地质工程基础理论是相同的,但由于时间、地点、条件不同,出现的问题是不同的,故不能生搬硬套,必须在查清地质条件和弄清楚工程活动目的基础上进行科学的分析研究,提出解决问题的方案、方法,这是地质工程工作能否取得成功的关键。

我想说明一点,本书是以口语体形式发表,实际上多是讲话的录音稿。为什么这么做?原因有两条,其一、是想保持原稿的特征,就像和读者谈话一样,直接交流,更易沟通。其二、是表述我思考和分析问题的方法,也就是思维逻辑,同时也保持了我分析问题运用的实例。

对比是最好的论证问题的方法，而且也可以给读者增加一些零星的知识。西安地质学院曾给我来过一封信，要我写一下在进行科学创造时的思维方法，这下子把我难住了，我自己也不知道我的思维逻辑是什么。我只得回信说，“有了问题，我就可以想出解决问题的方法，也就是说，我的思维方法是和分析问题相联系的，没有问题我也说不清我的思维方法是什么”。有人说，我的思维充满了辩证法。是的，我年轻时很喜欢自然辩证法，恩格斯著的《自然辩证法》我反复研读过，受益很大。我分析问题时很重视理论依据，很重视证据、重视时间、地点、条件。因为事物是千变万化的，同一个事物，在不同的时间、地点、条件下的表现是不一样的，不能死搬理论，应该灵活运用理论。这个问题说起来容易，可是做起来就难了。还有北方交大和东北工学院搞岩体力学的老师要求我配合他们搞专家系统，也就是说以我做原型，让他们的研究生和我一起研究我思维逻辑，研究我的知识结构和知识库，共同来做专家系统。我想了很久，不知道从哪儿下手。我的思维逻辑我也说不清，我的知识并不比大家多多少，我处理问题也没有留下记录，我无法满足他们的要求，故没有实现。从那以后，我就有意识地，对自己的发言、讲话、报告做了录音，这本书实际上就是这样写成的。为此，我就保留了口语的形式。这样做的效果如何，请读者指正。我写过几部专著，也发表了不少论文，可是看起来对于满足认识和理解我的思维逻辑方面的问题需求，还是没能把问题说清楚。为了解决这个问题，现在我采取把我的讲话原稿拿出来发表，拿些实例来说明，供同志们对比研究。我很愿意和大家讨论问题，你们有问题可以给我来信，请我到工地去也可以。我的通信处是：北京市德外祁家豁子中国科学院地质研究所。邮政信箱 北京 9825，邮编 100029。电话：北京 62053784。

我还应该说明一点，在本书稿形成过程中，因为我的身体情况欠佳，不能过度劳累，我的妻子刘淑琴高级教师在本书稿形成中付出了巨大的劳动，她不仅对我的工作给予了巨大的支持，对我的身体给予了精心的护理，而且在本书稿形成的具体工作中还付出了巨大的劳动，确实我的成就有她的一半功劳，在此深表致谢。

本书成稿后得到地震出版社的热情支持，认为这本书从理论与实践结合上阐述了“地质工程”这个重要命题。有的书有重要的理论价值，有的书有重要的实用价值，《地质工程理论与实践》一书的价值在于它为实践工作者提供了地质工程实践的指导理论，而为科研工作者提供了实践经验，因此很有出版价值，在地震出版社领导热情关心和商宏宽编审的积极努力下本书得以顺利出版，与读者见面，及时地为地质工程界提供了一部以大量实践经验为依据的地质工程理论专著，我特深表感谢。

著 者

1996年6月 于北京

目 录

第一部分 绪 论

工程地质科学的一个重要生长点——地质工程·····	(3)
第四届全国工程地质大会开幕词·····	(7)
“国际地质工程进展”学术讨论会开幕词·····	(9)
十年来我国工程地质科学成就与展望·····	(11)
《地下工程建设中地质灾害学术讨论会文集》的序言·····	(17)
《工程地质与地质工程》的前言·····	(18)
地质工程的形成和发展·····	(19)
著者对地质工程的贡献·····	(26)

第二部分 地质工程基础理论

I 地质工程基本理论概述·····	(35)
浅谈地质工程理论·····	(35)
地质工程的理论·····	(37)
地质构造控制论·····	(45)
岩体结构控制论·····	(48)
II 地应力·····	(53)
在《中国工程地质学》审稿会上的发言·····	(53)
对地应力的新认识·····	(56)
给国家科委工业局的复信·····	(63)
宝中线大寨岭隧道地应力反分析及围岩稳定性问题初步探讨·····	(65)
III 地下水·····	(70)
地下水的基本特性·····	(70)
地下水与地质工程·····	(76)
IV 地质环境·····	(84)
《环境工程地质学导论》的序·····	(84)
在建设部组建“建设环境工程技术中心”论证会上的发言·····	(87)
十三陵抽水蓄能电站蟒山卸荷带及其对地质工程的影响·····	(91)
工程地质环境模型·····	(97)
V 岩体质量评价·····	(100)
在《工程岩体分级标准》审查会上的发言·····	(100)
VI 工程地质测试原理·····	(106)
工程地质测试与地质工程·····	(106)

VI	工程地质超前预报·····	(109)
	隧道施工地质超前预报原理·····	(109)
	对“××黄上竖井工程”咨询的报告·····	(116)
VII	地质体改造·····	(121)
	地质体改造原理·····	(121)
	煤矿坚硬顶板管理中的有控水力压裂理论及技术·····	(128)
	关于十三陵抽水蓄能电站地质工程问题的建议·····	(133)
	总参二部宿舍楼保护工程设计·····	(135)
IV	地质工程设计和施工的理论·····	(138)
	关于地质工程设计和施工的理论问题·····	(138)
	矿山地质工程原理·····	(143)
V	小结·····	(163)
	地质工程的基础理论·····	(163)

第三部分 地质工程实践中的一些基本观点

工程地质工作的新动向·····	(169)
三峡科研水平应该保证三峡工程高水平·····	(174)
在黄河大柳树水利枢纽工程可行性研究预审会上的发言·····	(178)
十三陵抽水蓄能电站地质工程问题咨询报告·····	(185)
十三陵抽水蓄能电站咨询汇报发言·····	(192)
对十三陵抽水蓄能电站工程地质环境分析及地质工程问题处理意见·····	(199)
与铁道部工程总公司总工程师秦淞君等谈秦岭隧道建设中的地质工程问题·····	(204)
关于朔港铁路长梁山隧道工程地质及地质工程问题综合研究的建议·····	(211)
给虎门大桥筹建处赵华明总工程师的复信·····	(214)
在大连大窑湾琉璃坨子散粮进出口码头工程筒仓场地地基评估会上的发言·····	(217)
在大连大窑湾琉璃坨子与大连湾柳柴沟群仓场地调研会专家组会上的发言·····	(221)
对大连北良散粮进出口码头群仓地基补充勘察意见·····	(227)
大连北良股份有限公司粮食中转设施工程可行性研究报告评估会上的发言·····	(230)

第四部分 地质灾害防治中的地质工程问题

地质灾害防治·····	(235)
地质灾害勘察·····	(241)
地质灾害勘察工作中的若干问题·····	(251)
中国地质灾害灾情及减灾战略分析·····	(255)
长江三峡链子崖危岩体防治的必要性和可能性·····	(258)
在“长江三峡链子崖、黄腊石地质灾害防治工作计划会”上的讲话·····	(266)
在链子崖和黄腊石地质灾害防治工作领导小组第三次会议上的汇报提纲·····	(269)
在链子崖和黄腊石地质灾害防治工作领导小组第四次会议上的汇报提纲·····	(276)
长江三峡链子崖危岩体、黄腊石滑坡地质灾害防治方案论证中的几个问题·····	(280)

在长江三峡链子崖危岩体防治施工图设计审查会上的发言.....	(289)
在长江三峡黄腊石滑坡治理检查总结会上的发言.....	(294)
在万县豆芽棚滑坡防治初步设计审查会上的发言.....	(297)
在马江鸡冠岭山崩防治方案讨论会上的发言.....	(301)
在“临潼骊山斜坡与滑坡地质灾害防治可行性研究报告”审查会上的发言.....	(306)
陕西临潼骊山北坡三元洞上下坡体变形分析.....	(309)
蛤蟆石变形体产生滑坡可能性预报.....	(315)
新滩滑坡预报成功的意义及变形监测.....	(318)

第一部分

绪 论

工程地质科学的一个重要生长点——地质工程*

当前国际国内都存在这样一个问题,重大工程建设中出现的灾害性事故,与地质有关的比例越来越大。出现这一情况的原因有两个:一个方面是与工程地质勘察工作深度不够和质量不高有关,另一个方面是与设计、施工对工程地质勘察资料认识不足和设计方案、施工措施与地质条件针对性不强有关。这个问题不是今天、也不是一两个人认识到的,已经在很长时期内有很多人都认识到了。这个问题是怎么造成的呢?我们认为是地质勘察与设计、施工相互脱节造成的。我们说的是相互脱节,不是单方面造成。一方面是地质勘察工作不够深入,对一些不良的地质条件没有查清或由于对所从事的工作性质认识不深,对所需要的地质资料的要求深度认识不够,以至地质勘察取得的有用资料不够完全,而使设计上不好用造成的。另一方面在设计上对所从事的工程性质认识不清和对所从事的这类工程对地质条件的依赖性不认识,而对地质的重要性认识不足或对地质勘察资料消化不够造成的。这个问题怎么解决呢?我们认为应该把地质工程这个命题提出来,从两个方面来解决,一方面,地质上应该尽量提高对地质工程认识水平,拓宽工程地质工作领域,这要求既要努力做好地质勘察工作,又要开展地质工程咨询工作,使所取得的工程地质工作结果好用;另一方面,设计和施工要提高建筑对地质的依赖性的认识,这就要求既应认识地质体是工程结构的一部分或全部,地质材料就是工程建筑材料,地质环境就是地质工程的建筑环境,又要依靠地质工程咨询部门的咨询结果,尽量防止设计、施工与地质脱节。这一观点我们相信大家都会同意的。地质工程是指以地质体为工程结构、以地质体为工程的建筑材料、以地质环境为工程的建筑环境修建的一种工程。由这一观点出发,从设计上讲,在作地质工程设计、施工时要充分考虑并利用地质体作建筑结构、建筑材料、地质环境是建筑环境等实际情况,在地质体自稳能力不足时,要想办法对地质体加固或对其赋存环境进行改造,使之满足地质工程的需要。这样就提出另一个重要课题,即地质体改造问题。据此,我们认为设计和施工需要转变一个观念,即从土木工程观念转到地质工程上来,要认识地质控制作用,建立用地质控制施工法做指导的观念。另一方面,地质工作者也要认识到地质勘察和地质试验都是为地质工程服务的,要积极参与地质工程设计和施工工作,积极开展地质工程咨询工作。亲自运用自己取得的地质勘察、试验结果进行地质工程设计和施工。从这一点出发,地质工作者作的地质勘察、试验结果就会好用。这样,地质、设计、施工就逐渐地走到一起来了。将来的发展方向是工程地质工作者要将地质工程勘察、设计、施工三部分工作三位一体的承担起来,这是工程地质科学的一个新的发展方向,一个重要生长点。

一、工程地质的发展

地质工程是工程地质发展的必然趋势,下面我们再从工程地质发展来考察一下。工程地

* 为胡海涛教授七十寿辰举办的学术报告会而作,1993年。

质工作发展过程是什么？我们认为到目前为止，工程地质研究已经经历了三个阶段：

第一阶段 第二次世界大战后至 60 年代，以工程地质条件研究和质量评价为主要工作。一方面是作为工程建筑载体、工程建筑材料、工程建筑结构的地质体质量评价，另一个方面是作为工程建筑环境的质量评价。在 60 年代末，世界各国大体同时都开始了工程建筑中能否出现地质灾害，或者说能否出现工程地质灾害的成灾条件研究，开始了成灾预报研究工作。随此，工程地质工作进入了第二阶段。

第二阶段 大体上开始于 60 年代末，以开展地质体稳定性分析为特征的工程地质灾害预测预报研究阶段。如 60 年代末开始提出地基稳定性、边坡稳定性、地下洞室稳定性评价研究课题；70 年代进一步提出地基稳定性、边坡稳定性、地下洞室稳定性、山体稳定性、地壳稳定性评价研究五大课题，开始了工程地质研究的第二阶段。当时研究内容主要是稳定性评价。评价的内容是什么？就是分析预报工程建筑后能否出问题，也就是工程地质预报。不过当时不敢叫工程地质预报，因为怕预报不准招来非难，叫稳定性评价缓和一些，实际上开始了工程地质预报研究工作。

第三阶段 80 年代以来出现了许多新技术，大力开展不良地质体改造，推动着工程地质发展进入第三阶段。工程地质发展第三阶段是以地质改造为主要课题的工程地质灾害及地质灾害防治、施工地质超前预报为特征的地质工程研究阶段，明确提出了地质控制施工法。地质控制施工法的核心就是超前地质预报和超前地质体改造。而超前地质预报和超前地质体改造正是工程地质工作进入第三阶段的重要标志。这样，今天的工程地质工作已经不仅仅作工程地质条件评价、各类地质工程稳定性评价或工程地质预报，而且还应该研究不良地质条件的改造及地质工程施工问题。因此，今天的工程建筑就不必再担心受客观条件限制，而是已经能够有一些办法对不良的地质体进行改造，使之适应工程建筑的要求。过去解决不良地质条件的办法主要是支护，不让它下来。这种作法现在看来是不够的。今天可从另一个角度来做，即进行地质体改造，使之满足工程建筑要求。地质体赋存环境也可以改造，改造后的地质体照样可以建筑工程，这样工程地质就发展到以地质体改造为核心的地质工程阶段。这是一个自然的发展过程，经过前两个阶段，今天才形成以地质体改造为核心的地质工程发展阶段。

二、工程建设实践中的地质工程

过去工程地质工作主要是研究工程地质条件的质量评价，也就是说评价建筑地区地质条件好坏。在工程建设早期时候，工程建设规模比较小，对工程地质条件要求也不高，作一般评价也就够了，现在情况不同了，现在的工程建筑规模比以前大得多了。比如说边坡工程，目前建成的矿山边坡已经高达 300~500m，而正在蕴酿开挖 700m 的高边坡。目前在工程建筑中遇到的自然边坡已达千米以上。工程建筑地基要求是与建筑物高度有关。坝基承受力的大小与坝高有关，目前修建的大坝高度已经高达 300m 多。这么高的大坝座落在地质体上，对坝基要求就不一般了。工业与民用建筑物的规模也在发展，对地基承载力要求也在不断提高。如我们国内已有 67 层高层建筑物，国际上已有 120 层高层建筑物，也就是说其高度达 300 多米。这样高的高层建筑物地基如果是土基问题就更严重了。在地下工程方面，目前地下工程中双轨隧道的跨度是 11m，洞高约 10m；地下厂房跨度达 20~30m，边墙高度达到 50~60m。正

在计划建筑的地下工程的边墙高度达到 70m；埋深是 500~600m，现在计划建筑的秦岭隧道最大埋深是 1500m，在矿山的矿井设计方面，这里问题就更严重，矿山的一些地下采场跨度常达 80~140m，一个使用综合采煤机的采场跨度是 120~160m。

上述这些工程实例说明了什么问题？当前的地质工程规模大、条件复杂，要使地质工程建筑安全、可靠，必须提高对地质体的认识水平。关键在于要掌握住工程地质及岩体力学条件。如果掌握住工作地区的工程地质条件及岩体力学性质，就自由了，否则就要被动。目前出现地质工程类型是相当多的。如下表所示，几乎所有的建筑工程中都存在。

工程实践中的地质工程类型简表

工程实践	地质工程类型
1. 水利、水电工程	①高坝坝基 ②各类人工及自然边坡 ③隧道工程 ④地下厂房 ⑤防渗工程等
2. 铁路、交通及航运工程	①自然及人工边坡 ②桥基 ③隧道工程 ④码头及船闸等
3. 煤炭工业工程	①露天矿边坡 ②通风及提升竖井 ③地下采场及巷道等
4. 冶金工业工程	①露天矿边坡 ②竖井 ③地下采场及巷道岩体工程等
5. 工业与民用建筑工程	①高层建筑地基 ②山城边坡 ③地下空间开发等
6. 石油工业工程	①深钻工程 ②采油过程中井损等
7. 核电工业工程	①电厂地基 ②引水及排水隧道 ③核废料处理工程等
8. 国防工程	各类掩体工程等
9. 地质灾害防治工程	山崩、滑坡、泥石流防治工程等

今天摆在我们面前的地质工程类型多、规模大，条件复杂。地质工程中出的问题 80%~90%是设计与地质脱节和地质工作成果不符合地质工程建筑要求造成的。地质工作很难作好，如果说全都搞清楚了，那是说大话，这不是一件容易的事，地质条件和岩体力学性质不可能彻底搞清楚，主要问题搞清楚就不错了，这样我们就可以做到心中有数。再加上设计与地质紧密地相结合，按地质工程要求办事，在施工过程中加强地质预报，工作中把握就大一些。这样我们必须把地质工程提出来，这是一类特殊的工程。不仅我们把它叫做地质工程，国际上愈来愈多的人也认识到这个问题。

三、地质工程问题解决的途径

我们经过实践研究概括提出，地质工程工作有如下三大支柱：

- (1) 构造地质与岩体结构；
- (2) 工程地质力学（包括地质力学、岩体力学和土体力学）；
- (3) 地质技术（包括：①勘察技术；②试验测试技术；③地质改造技术）。

这三大支柱工作如不做好，地质工程工作就难以做好。第一个支柱是构造地质和岩体结构。对地质工程来说，大量的地质学知识中构造地质学知识最重要，这个问题不搞清楚，地质工程问题不好解决。第二个支柱是工程地质力学，它是地质力学分析为基础，开展岩体

力学和土体力学，特别是岩体结构力学研究。因为工程规模大了，主要出现地质工程是岩体工程，岩石边坡已经高达 300~500m，国际上最高露天矿边坡为 1000m。这么高的边坡分析它的稳定性时必须搞清楚它的地质构造、地质体的力学性质，采用科学的岩体力学理论，即岩体结构力学理论去分析、预测变形和破坏，防止工程地质灾害发生，当然也还要有经验。第三个支柱是地质技术。地质技术包括三大部分内容：第一个是地质勘察技术，第二个是地质测试及试验技术，第三个是地质改造技术。这三部分合到一起，我们称它为地质技术。上述三大支柱是做好地质工程工作的重要基础。这三大支柱还要大力发展，使之能够满足地质工程建筑的需要。

四、简短结论

随着工程建筑规模不断增大，地质工程愈来愈突出，这是一类特殊工程。它是以地质体为建筑材料，以地质体为工程结构，以地质环境为建筑环境的一类工程。工程地质工作者在这类工程建筑中大有作为，应该责无旁贷的顺应工程地质的发展趋势，担负起地质工程建筑的重担。工程地质工作不应该仅做地质勘察，而且应该积极开展地质工程咨询工作，有条件时还应该开展地质工程施工工作。当前的主要任务应该大力开展地质体改造及施工地质超前预报研究工作，积极推广地质工程建筑中的地质控制施工法，纠正现行工程建筑中的脱离地质的倾向，提高工程建设质量，避免不合理的浪费。