

普通高等教育“十四五”系列教材

# 地质工程概论

主 编 张 勤 张 俊



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十四五”系列教材

# 地质工程概论

主 编 张 勤 张 俊



中国地质大学出版社  
www.cugspub.com.cn

## 内 容 提 要

本教材紧紧围绕地质工程学科的基本概念、基本理论及从事研究的基本方法进行编写。内容主要包括地质工程概念、地质学基础、工程地质、水文地质及常见地质工程问题及研究,编写过程中紧密结合工程实际案例,参照相关的规范规程,较全面地反映了近年来我国地质工程领域所取得的科研成果和生产实践经验。

本教材主要供本科地质工程专业大一学生学习使用,亦可作为地质学、资源勘查工程、勘查技术与工程等专业,以及土木、水利等专业教学和参考用书,也可供相关专业的工程技术人员和研究人員使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

地质工程概论 / 张勤, 张俊主编. — 北京: 中国  
水利水电出版社, 2021. 2  
普通高等教育“十四五”系列教材  
ISBN 978-7-5170-9449-4

I. ①地… II. ①张… ②张… III. ①工程地质—高  
等教育—教材 IV. ①P642

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第039012号

书 名	普通高等教育“十四五”系列教材 <b>地质工程概论</b> DIZHI GONGCHENG GAILUN
作 者	主编 张勤 张俊
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 12.75印张 310千字
版 次	2021年2月第1版 2021年2月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	<b>39.00元</b>

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 前 言

---

地质工程专业的名称最早出现于1998年教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录》，作为专业名称虽然仅有20余年的时间，但其所研究的内容和相关的人才培养却有着长期的历史。

中华人民共和国成立之初，国家出于对各类专门人才的需求进行了院校调整，1952年成立了北京地质学院（现中国地质大学）、长春地质学院（现并入吉林大学），20世纪50年代又相继成立了成都地质学院（现成都理工大学）、河北地质学院（现河北地质大学）、西安地质学院（现并入长安大学）等，陆续开办了水文地质与工程地质专业和探矿工程（技术）专业（1992年改为勘察工程专业）。同时，各行业如水利、水电、煤炭、冶金、铁道、交通等部门所属院校以及部分综合性大学也根据各自实际情况设立了水文地质与工程地质专业以及钻凿技术专业或开设了与之相关的部分专业课程，为国家培养了一大批高素质的专业技术人才，在固体矿产勘查与开发、地下水及地热资源开发与利用、石油天然气勘探与开发、建筑基础工程、市政建设、道路桥梁建设、国防、建材、水利、水电等诸多领域建立了不可磨灭的功勋，为国民经济发展做出巨大贡献，形成了相对稳定的专业——水文地质与工程地质专业以及钻探（勘察工程）专业。

1998年教育部对本科专业目录进行了大幅度调整，将水文地质与工程地质（部分）（080103）、勘察工程（080108）、应用地球化学（部分）（080104）和应用地球物理（080105）4个专业合并成立勘查技术与工程（080104）专业；同时设立了涵盖勘查技术与工程与资源勘查工程〔由地质矿产勘查（080101）、石油与天然气地质勘查（080102）和应用地球化学（部分）（080104）3个专业合并而成〕两个专业的引导性专业——地质工程（080106Y）。当时的地质工程由近10个传统专业合并而成，涉及面很广，因侧重点不一而导致各校所开办的地质工程专业内涵差异较大。

2012年教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录（2012年）》，在地质类设置了3个基本专业——地质工程（081401）、勘查技术与工程（081402）

及资源勘查工程(081403)。2020年2月,教育部在普通高等学校本科专业目录(2012年)基础上,增补了近年来批准增设的目录外新专业,形成了最新的普通高等学校本科专业目录(2020年版)。其中,在地质类增补了地下水科学与工程(081404T)和旅游地学与规划工程(081405T)两个特设专业。至此,地质工程专业主要包括传统的工程地质与岩土钻掘(探矿工程),不再涵盖其他工科地质类专业(尤其是属于勘查技术与工程、资源勘查工程的内容)。原来采用地质工程专业招生的一些高校正逐步将其中属于勘查技术与工程、资源勘查工程的部分调整出来成立新的相应专业;而起初将工程地质、勘查工程归置为勘查技术与工程专业的高校,又将这两部分从勘查技术与工程专业中分离出来设置地质工程专业。

地质工程专业是地质类专业之一。地质类专业是研究矿产资源开发、工程建设、灾害防治与环境保护等领域地质问题的工科类专业,主要依托地质资源与地质工程一级学科,与社会和经济可持续发展密切相关,在国家社会经济发展中具有核心战略地位和举足轻重的作用。地质工程专业主要侧重于研究与地质体相关的工程勘查、设计、监测、施工的理论、方法和技术,是地质学科与工程学科交叉的学科,包括工程地质与岩土钻掘两个主要方向。

地质工程学科是属于地球科学的一门应用型学科,它是在传统的水文地质学、工程地质学的基础上发展起来的,其发展与当代科学以及人类的各项工程活动密切相关。据调研,国内多所高校开设地质工程概论、入学教育与专业导论等课程作为地质工程专业的入门课程。但是由于缺乏教材或者参考书,正常教学活动受到影响。经过多次商讨,我校地质工程教研室老师们抱着“吃螃蟹”的心态尝试编写一本《地质工程概论》教材,希望通过比较全面的介绍地质工程学科的基本概念、基本理论及其应用,使同学们初步了解该学科的专业内涵,为本科阶段的专业基础课程和专业课程学习打下良好的基础。

本教材是编者结合自己多年为地质工程专业本科生讲授《地质工程概论》课程的教学经验,针对地质工程专业本科教学实际需要而编写的一本教材,具有以下特色。

(1) 内容体系完整。《地质工程概论》作为地质工程专业的入门教材,紧紧围绕地质工程学科的基本概念、基本理论及从事相关研究的基本方法进行教材编写。教学内容主要由绪论、地质学基础、工程地质、水文地质、常见地质工程问题及研究共计五个部分组成。

(2) 理论与实践紧密结合。教材编写过程中结合大量工程实例,同时每

章后附有思考题，教师可在随堂进行讲解，也可以让学生查阅资料进行自学。既可以加深对理论知识的理解，又提高了运用理论知识的能力，使得学生能更深入地了解工程项目，为以后工作打下坚实基础。

(3) 规范性。教材内容反映国家在地质工程方面的最新政策、法律法规、规程、规范的内容，将相关内容恰当地贯穿到整个教材体系当中。

本教材的读者对象主要是本科地质工程专业大一学生，通过本教材的出版希望能对他们的专业教学有所帮助，亦可以作为地质学、资源勘查工程、勘查技术与工程等专业，以及水利、土木等专业教学和参考用书，也可供相关专业的工程技术人员和研究人员使用。

《地质工程概论》内容的编写以地质工程专业所涉及的基本理论、方法为主，同时兼顾大一新生的学习实际。本教材共分五章，主要内容是：第一章为绪论，介绍地质工程定义、研究对象、研究内容、研究方法以及学习方法等。第二章为地质学基础模块，包括地质构造与物质组成、矿物、岩石、地质构造、常见地质作用等；第三章为工程地质模块，包括水文地质学基础知识、基本任务、基本要求及水文地质相关问题；第四章为水文地质模块，包括水文地质学基础知识、基本任务、基本要求及工程地质相关问题；第五章为常见地质工程问题及研究，包括地质工程理论在水利水电工程、地基基础、城市地质调查、地下空间开发利用、斜坡地质灾害防治、矿产资源勘查与开发利用等方面的应用。同时，为了便于读者学习和掌握各章节核心内容，每章后面附有本章关键词、思考题和参考文献。

本教材由张勤、张俊担任主编，吴蓉、沈露担任副主编。第一章绪论部分由张勤负责编写，第二章地质学基础部分由张俊负责编写，第三章工程地质部分由沈露负责编写，第四章水文地质部分由吴蓉负责编写，第五章常见地质工程问题及研究部分由张俊负责编写。张勤和张俊对全书进行了统稿。

在本教材的编写过程中参考、引用了部分国内外相关文献、书籍等资料，在此向资料作者们表示诚挚的感谢。

本教材的出版得到了安徽省教育厅省级规划教材（编号：2017ghjc418）、安徽省教育厅水文地质工程地质教学团队（编号：2017jxtd151）、安徽省教育厅一流本科人才示范引领基地（编号：2018rcsfjd007、2019rcsfjd095）、安徽省教育厅高校优秀青年人才支持计划项目（编号：gxyq2019151）、安徽省教育厅高校学科（专业）拔尖人才学术资助项目（编号：gxbjZD2020100）、安徽省新工科研究与实践项目（皖教秘高〔2020〕60号）、皖江工学院重点学科建设（编号：WG XK19003）等质量工程项目的联合资助。

另外，本教材在编写、出版过程中得到了皖江工学院朱洪高董事长、吴继敏校长、阮怀宁副校长、土木工程学院陈礼和院长、教务部门和地质工程教研室全体同事的关心和大力支持，在此一并表示感谢。

由于各章是由不同人员分头编写，编写中力求统一并避免重复及遗漏，但因时间紧，有些工作做得不够细致，加之编者水平有限，书中可能还存在不妥之处，诚恳希望读者在使用本教材的过程中提出宝贵意见，以便我们能及时修订和完善。

编者

2020年10月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 绪论</b> .....	1
第一节 概述 .....	1
第二节 地质工程学的产生 .....	3
第三节 地质工程的定义 .....	4
第四节 地质工程的研究对象 .....	6
第五节 地质工程的研究内容 .....	7
第六节 地质工程的研究方法 .....	8
一、自然历史分析法 .....	9
二、数学力学分析法 .....	9
三、模型模拟试验法 .....	9
四、工程地质类比法 .....	10
第七节 主要内容和学习方法 .....	11
本章关键词 .....	11
思考题 .....	12
参考文献 .....	12
<b>第二章 地质学基础</b> .....	14
第一节 地球概况 .....	14
一、地壳运动的特征 .....	14
二、地球的内部构造 .....	15
第二节 矿物与岩石 .....	16
一、常见造岩矿物 .....	16
二、岩石 .....	22
第三节 地质作用 .....	35
一、内动力地质作用 .....	36
二、外动力地质作用 .....	36
第四节 地质年代 .....	37
一、地质年代的划分 .....	37

二、地质年代的确定 .....	37
第五节 地质构造 .....	42
一、岩层产状 .....	42
二、水平构造和单斜构造 .....	43
三、褶皱构造 .....	44
四、断裂构造 .....	45
五、地层接触关系 .....	46
本章关键词 .....	47
思考题 .....	47
参考文献 .....	48
<b>第三章 工程地质</b> .....	<b>49</b>
第一节 概述 .....	49
一、工程地质学的基本任务和研究方法 .....	49
二、工程地质学研究的内容 .....	49
三、工程地质问题 .....	50
第二节 工程地质基础知识 .....	50
一、工程地质条件 .....	50
二、工程地质条件各要素的分析 .....	51
第三节 岩土的工程地质特征 .....	52
一、岩石的工程分类与描述 .....	53
二、土的工程地质分类 .....	55
三、特殊土 .....	56
第四节 工程地质问题 .....	61
一、工程地质问题的类型 .....	61
二、崩塌 .....	61
三、滑坡 .....	63
四、泥石流 .....	68
第五节 工程地质勘查工作方法 .....	71
一、工程地质勘查的目的与任务 .....	71
二、工程地质勘查阶段的划分及要求 .....	72
三、勘查成果整理 .....	73
本章关键词 .....	76
思考题 .....	76
参考文献 .....	77
<b>第四章 水文地质</b> .....	<b>78</b>
第一节 概述 .....	78
第二节 水文地质学的基本任务 .....	80

第三节 水文地质基础知识 .....	81
一、地下水的基本概念 .....	81
二、地下水的类型 .....	84
三、地下水的运动 .....	86
第四节 水文地质工作的基本要求 .....	91
一、各类型水源地应查明的水文地质问题 .....	91
二、供水水文地质测绘的一般规定 .....	93
三、供水水文地质测绘内容和要求 .....	93
四、各类地区水文地质测绘的专门要求 .....	94
第五节 水文地质相关问题 .....	95
一、地下水的作用 .....	95
二、潜蚀问题及防治 .....	96
三、管涌问题与防治 .....	97
四、流沙问题与防治 .....	98
五、沙土液化问题与防治 .....	100
六、渗流问题 .....	103
七、坑底突涌和井底土体位移问题与防治 .....	103
本章关键词 .....	105
思考题 .....	106
参考文献 .....	106
<b>第五章 常见地质工程问题及研究</b> .....	<b>108</b>
第一节 概述 .....	108
第二节 地基工程地质问题 .....	108
一、地基承载力 .....	109
二、地基稳定性 .....	113
三、地基处理 .....	120
四、工程实例：某 220kV 变电站场地强夯地基处理方案设计 .....	122
第三节 斜坡地质灾害 .....	125
一、地质灾害基本概念及特征 .....	125
二、斜坡地质灾害研究意义 .....	126
三、我国斜坡地质灾害发育的分布规律 .....	127
四、崩塌地质灾害 .....	128
五、滑坡地质灾害 .....	133
六、泥石流 .....	140
第四节 城市地下空间开发 .....	145
一、城市地下空间开发概述 .....	145
二、地下空间是城市可持续发展的重要自然资源 .....	146
三、城市地下空间开发与工程地质区划 .....	147

四、城市地下工程地质问题 .....	148
第五节 水利水电工程 .....	150
一、水利水电工程特点 .....	150
二、水利水电工程地质发展历史 .....	151
三、水利水电工程涉及的主要地质问题 .....	152
四、水利水电工程地质研究方法 .....	156
五、典型水利水电工程的地质研究简介 .....	161
第六节 矿产资源勘查与开发利用 .....	164
一、矿产资源的概念及其特征 .....	165
二、矿产的种类与形成 .....	166
三、矿产资源的供给现状 .....	168
四、我国矿产资源的特点 .....	170
五、矿产开采中的地质工程问题 .....	172
第七节 城市地质调查 .....	181
一、概述 .....	181
二、国内外城市地质工作概况 .....	181
三、城市地质调查工作的需求 .....	184
四、城市地质调查主要任务 .....	185
五、城市地质调查的主要内容 .....	185
六、城市地质调查的主要勘查技术 .....	186
七、城市地质调查的主要方法体系 .....	187
本章关键词 .....	190
思考题 .....	190
参考文献 .....	190

# 第一章 绪 论

## 第一节 概 述

目前,我国正处于经济快速发展阶段,同时也面临着人口增长、资源短缺、生态破坏、能源危机等问题。为解决这些问题,必须坚持走经济建设与人口、资源、环境协调发展的道路,而地质工程专业在这其中就具有举足轻重的作用。

为了满足社会经济发展的需求以及人类生活的需要,国家今后仍要加大各项工程建设的力度,包括城镇建设、交通、水利、电力等。这些工程建设规模越来越大、工程结构和地质条件越来越复杂,对周围地质环境的影响也越来越严重,所面临的各种工程地质问题不断增多,难度不断增大。

金沙江白鹤滩水电站坝址区地质剖面如图 1-1 所示,坝址区柱状节理玄武岩与一般柱状节理玄武岩相比,特点明显,其柱状节理起伏、不规则,柱体断面不规则且切割不完全,柱体内微裂隙发育,岩体内缓倾角构造结构面也较发育,岩体完整性较差,呈断续镶嵌结构。石安池等(2008)在柱状节理玄武岩工程地质调查、岩体弹性波测试、多种现场岩体变形试验等工作基础上,系统分析了白鹤滩柱状节理玄武岩的基本力学特性和不同试验加载条件下的岩体变形机制。

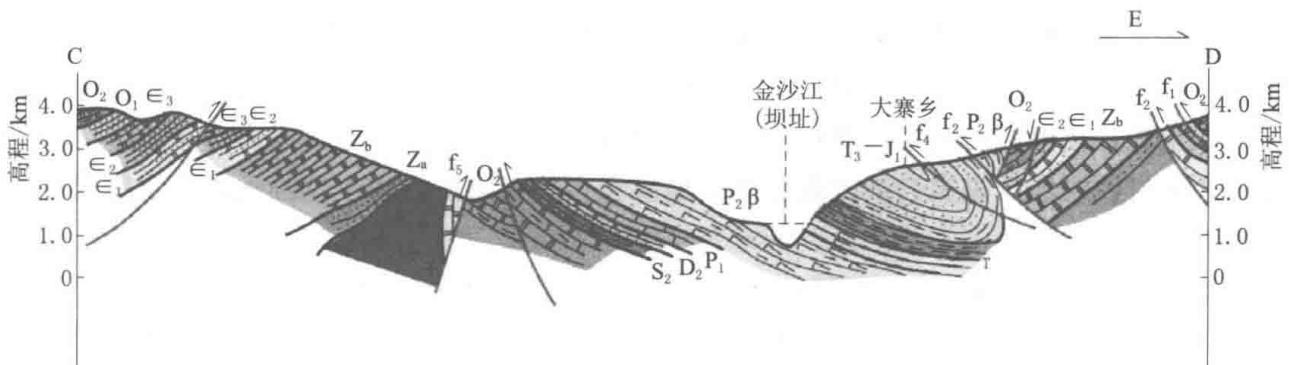


图 1-1 金沙江白鹤滩水电站坝址区地质剖面示意图

现在国家对于能源和矿产资源的需求不断加大,除了传统能源的开发外,还要探索新型能源,例如煤层气、页岩气等。在能源的勘探和开采过程中,就涉及找矿勘探、岩土钻掘技术以及资源安全高效开发的地质保障问题。

随着科学技术的发展,非常规能源勘探、科学钻探项目逐步增多,大口径取芯钻探技术也在不断发展与完善。松页油二井是中国地质调查局沈阳地质调查中心为探明松辽盆地白垩系青山口组泥页岩层段的页岩油赋存状况部署的一口页岩油参数井,位于松辽盆地北

部古龙凹陷,设计井深 2340m,全井段开展综合测录井工作,设计取芯 200m。钻井取芯是此井主要工作内容之一,要求目的层取芯 200m,其中密闭取芯 18m。从钻井实践可以看出,KT194 型取芯钻具配套孔底动力复合回转的钻进工艺能够较好地适应松辽盆地页岩油钻井取芯钻进的实际需要,适应该地区的地层特性,选用的钻进参数、钻具组合和操作方法合理,使用的 KCl 聚胺强抑制钻井液体系能够满足该地区使用动力钻具的需要。大口径孔底动力取芯技术的应用为其他地区页岩气、页岩油等非常规油气资源勘探取芯提供了一种成功的经验方法。

中国是世界上最早认识和开发利用煤炭资源的国家之一,煤炭一直是我国的主体能源。长期开采使得一些大型煤矿区的浅部资源逐年减少或枯竭,国内已有 120 多对矿井开采深度超过 600m,其中 70 多对矿井的采深超过 800m,10 对矿井进入 1000m 以深生产。按照目前的开采强度和 8~12m/a 的延深速度,预计未来 20 年内中国大多数矿井将进入 800~1500m 的开采深度。我国深部煤炭资源丰富,但勘查程度低,开采地质保障薄弱。据第三次全国煤炭资源预测,全国五大含煤区垂深在 2000m 以内的煤炭资源总量为 55697.49 亿 t,其中探明保有资源量 10176.45 亿 t,预测资源量 45521.04 亿 t,仅华北含煤区东部山东、河北、河南、安徽、江苏、江西和山西等七省的老矿区埋深在 600~1000m 的预测资源量在 1822.68 亿 t,埋深在 1000~1500m 的预测资源量约为 2494.11 亿 t。全国含煤面积约 60 万 km<sup>2</sup>,近 2/3 为煤田地质空白区,其中大部分是深部区。过去对煤炭资源勘查主要集中在 600m 以浅,深部煤矿床地质勘查工作薄弱,已知信息少,勘查思路、技术手段和方法尚不成熟,煤炭资源赋存与开发地质条件的探测模式和综合研究不够深入,深部资源勘探和开采的风险大。因此,全面认识影响深部矿井安全高效生产的主要地质因素,研究深部煤矿床勘查类型和深部矿井开采地质条件精细探查技术体系,对于制定矿区规划与深部矿井设计,保障煤矿安全高效生产和能源经济健康发展等,具有重要的理论意义和战略价值。

随着人类各项工程活动的加剧,我们赖以生存的地球所承担的负荷逐渐在加大,地质环境日趋恶劣。山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等自然地质灾害及人为地质灾害频频发生,尤其是我国西南地区,严重威胁着周边百姓的生命财产安全,阻碍着社会经济的发展。评价与预测地质灾害,最大限度减少地质灾害所带来的损失,加强地质环境的保护迫在眉睫。

2008 年 5 月 12 日 14 时 28 分,四川省汶川县发生里氏 8.0 级特大地震,截至 2008 年 9 月 18 日 12 时,共造成 69227 人死亡,374643 人受伤,17923 人失踪,是中华人民共和国成立以来破坏力最大的地震,也是唐山大地震后伤亡最严重的一次地震。由于地震主灾区位于四川西部山区,山高谷深,地质构造复杂,断裂发育,属于滑坡和泥石流等山地灾害多发区。此次地震不仅直接引发了大量的崩塌、滑坡、碎屑流等次生灾害,还进一步引发了堰塞湖和泥石流等链式灾害。祁生文等(2009)对汶川地震极重灾区地质背景进行了系统研究,并分析了次生斜坡灾害空间发育规律;黄润秋等(2009)通过灾后对地震地质灾害的现场调查和遥感解译,共获得地质灾害点 11308 处,对地震地质灾害发育分布有了总体认识,在此基础上利用 GIS 技术对地震地质灾害的分布与距发震断裂距离坡度、高程、岩性等因素的关系进行统计分析,形成了对汶川大地震触发地质灾害发育分布规律的

初步认识。一系列研究成果对灾后重建、高山峡谷地震多发区的防灾减灾等具有重要借鉴意义。

国家一系列重大战略的实施也离不开地质工程专业的支撑。例如在海洋工程中，深海勘探和海底资源开发就要依靠岩土钻掘技术；正在实施的探月工程，月壤的取样等也离不开岩土钻掘技术；世界各国联合实施的大陆科学钻探更是要岩土钻掘技术大显身手。

2018年5月26日，自然资源部中国地质调查局在黑龙江省安达市松科二井工程现场举行完井仪式。松科二井于2014年4月13日开钻，历时4年多时间，完钻井深7018m，成为亚洲国家实施的最深大陆科学钻井和国际大陆科学钻探计划成立22年来实施的最深钻井。该工程攻克了超高温钻探和大口径取芯等关键技术难题，创造了四项世界纪录，取得了一系列重要成果，达到国际先进水平，在深部钻探技术和白垩纪陆相古气候研究方面达到国际领先水平。大陆科学钻探工程是一项集科学与技术于一体的综合性工程，也是多学科、多领域的系统集成。从特定意义上说，松科二井成就了一次地质领域联合攻关取得突破的典范，实现了理论、技术、工程、装备的重大突破，对拓展我国深部能源勘查开发新空间、引领白垩纪古气候研究和服务“百年大庆”建设具有重要意义。

因此，地质工程在国民经济发展中地位越来越重要，其重要作用也是其他学科无法替代的。不仅目前是这样，而且将来也一定如此，甚至随着经济的发展，其重要性只会越来越大。

## 第二节 地质工程学的产生

当代工程地质学和岩体力学相互结合，不断深化、拓展和延伸，产生了一门新的学科——地质工程学。从工程地质发展到地质工程，是一个质的飞跃。地质工程学的产生和发展，是人类社会发展的要求和工程实践的结果。我国的地质工程研究是随着20世纪50年代初大规模建设发展起来的，已经走过了近70年的历程，在理论和实践上都得到了很大的发展，同时加深了对地质工程的学科特点的认识。

20世纪80年代以来，随着人类工程建设的规模越来越大，在工程建设中出现了一种新的工程类型——地质工程。一些大型工程，如日本的青涵海底隧道、英吉利海峡的海底隧道、美国赫尔姆斯水电站地下厂房及我国的三峡水利工程和小浪底水利工程等，在兴建中提出了许多工程地质和岩体力学方面的棘手问题。在工程设计和施工过程中，如何认识和解决这些岩体力学问题，往往会对工程进展起到决定性的作用。

20世纪40年代以后，特别是在法国的Malpasset大坝和意大利的Vajont水库等工程失事的惨痛教训的影响下，人们开始寻求能够考虑岩体裂隙影响的计算模型，建立了各向异性的等效连续介质模型，解决了一大批岩体工程问题。

岩体力学作为一门新兴学科形成于20世纪50年代，其发展主要经历了三个阶段，即连续介质模型—等效连续介质模型—不连续介质模型。早期的岩体力学视岩体为连续介质，采用材料力学或弹性力学的方法来处理岩体力学问题，因此早期的岩体力学实质是关于岩石或者岩块的力学。

20世纪60年代以来，随着计算机及计算技术的发展，在等效连续介质模型中开始引

入数值方法来模拟岩体中断裂、裂隙等结构面；同时，随着各种岩体结构形式的揭示及块体理论、离散单元法等创立，形成了岩体力学的不连续介质模型，并使之从理论研究逐步进入工程应用。

20世纪70—80年代，我国著名工程地质学家谷德振院士运用岩体力学观点，在研究岩体的工程地质力学及岩体结构等方面取得了显著进展。他提出了岩体结构这一重要概念，并对岩体结构进行了分类，强调岩体结构控制了岩体的变形、破坏及其力学性质。这些研究成果经过不断发展，逐渐形成了“工程地质力学”这一重要理论体系。该理论的创立对解决大型岩体工程建设问题具有重要意义。

20世纪80年代，随着工程规模和数量的不断扩大，在大型工程建设中不仅需要对复杂地质体进行评价和预测，而且需要对复杂地质体进行有效的改造和控制。这些问题的解决涉及工程地质学、岩体力学和工程设计等多种学科的综合和渗透，单靠原有的工程地质理论和技术已远远不能满足工程上的各种要求。岩体力学使工程地质研究趋于定量化，工程地质又是岩体力学发展的基础，两者相互结合，通过吸取其他学科知识，在原来的基础上不断拓展和延伸，逐渐发展形成了一门新的学科——地质工程学。

进入21世纪，随着经济建设的发展和现代高新技术的兴起，地质工程得到了前所未有的发展，地质工程学研究的内容在不断丰富，范畴也在不断扩展。地质工程所涉及的领域已由传统的水利工程（堤坝、水库）、建筑工程（基坑、地下洞室）、隧道工程和边坡工程扩大至地震工程、海洋工程、环境保护、地下水资源利用、地热开发、地下蓄能、地下空间开发利用等诸多领域。

### 第三节 地质工程的定义

1974年，E. Hock和J. W. Bray合著的*Rock Slope engineering*一书，首次把岩石边坡作为工程来研究，强调了根据基本地质资料分析与良好的工程知识的结合，提出解决岩石边坡设计问题的方法，体现了地质工程设计的一些基本思想。

1976年，美国工程地质学家R. E. Goodman在*Methods of Geological Engineering in Discontinuous Rocks*著作中，首次使用了“地质工程（Geological Engineering）”这个术语，提出了地质工程的概念。他认为地质工程的主要任务是调查和评价地质条件，对不良地质条件进行处理，同时将岩体看作工程结构的一部分。但在Goodman的研究中，地质工程仍停留于工程地质勘察领域，只是更强调岩体的工程特性而已。

1984年，中国科学院地质研究所孙广忠教授提出了岩体改造原理，强调工程地质、岩石力学和地质工程三位体，他是我国最早将地质工程作为一个命题进行探讨的学者。他在1993年出版了专著《工程地质与地质工程》，对地质工程的定义、特性、工作内容、工作方法进行了论述；1996年出版了专著《地质工程理论与实践》，论述了地质工程的概念、定义、理论和方法，提出地质工程的基本原理是地质控制论；2004年出版了专著《地质工程学原理》，提出“地质工程是以地质体做建筑材料、以地质体做工程结构或以地质体赋存环境做建筑环境建筑起来的一种特殊工程，如地基、边坡、地下工程、钻井、地质灾害防治、地质环境整治等可以统称为地质工程”。孙广忠教授论述了地质工程基本理

论：地质构造控制论、岩体结构控制论、土体结构控制论和地质环境因素控制论，以及在这个基本理论指导下建立的、解决实际地质工程问题的应用技术理论：地质环境评价、岩土体质量评价、岩土体分析、地质工程勘测、设计及施工、工程地质超前预报和地质体改造等方面的理论与方法。

1992年，中国工程院院士、著名工程地质与环境地质专家胡海涛提出了狭义和广义地质工程的划分。其中，广义地质工程主要对地质体进行改良——强化或弱化，或对一个地区的资源开发、地质灾害防治和地质环境保护等进行改善地质环境的各项工程。而狭义的地质工程指各类工程，如建筑、土木、水利、道路和采矿都不可避免地要进行地基、边坡和地下洞室开挖以及防渗、排水等。在这一层次上，地质工程基本上等同于岩土工程。

1992年，南京大学罗国煜教授在对地质工程的研究中，强调了充分利用地质体潜能和对地质体进行改造的观点。他认为地质工程立足于地质体特性，应用的不是一般工程技术，而是具有鲜明特色的地质工程技术，地质工程服务于三个层次：全球性系统、地区性系统和地带性系统。

1994年，现任自然资源部地质灾害技术指导中心（中国地质环境监测院）副主任、首席科学家殷跃平教授指出，地质工程是工程地质的新拓展，它是与岩土工程密不可分的一种技术。岩土工程主要解决建立于工程岩体之上的地基稳定，以及一般边坡和洞室稳定的评价、改造和控制问题，岩土体结构是岩土工程的核心。而地质工程所面对的是复杂地质体，并且这种地质体处在不断地变形破坏过程中，它解决的是建立于复杂地质体之上的山体稳定性和区域地壳稳定性的评价、改造与控制问题。

2006年，浙江大学尚岳全教授指出，地质工程应包括两个基本点：一是地质条件对工程安全的控制性作用，二是地质灾害防治技术的开发和应用。地质工程学的研究对象是以地质体为主要工程结构的一类特殊工程，如边坡工程、地下洞室工程、地基工程等。地质工程学研究的基本思路是以地质条件研究为基础，有针对性地提出合理的工程施工方法和加固治理工程措施及防灾设计。

以上所述为众多专家学者从不同的角度对地质工程的定义进行了阐述，将地质工程的研究范畴主要定位于服务工程建设领域。虽然各自定义不同，但是都强调了地质工程的重要研究对象是地质体。地质体不仅作为工程地质体服务于工程建设，而且地质体本身也是自然环境与资源开发、利用和保护的对象，如地质体的水资源利用、地热开发、地质-地貌景观开发与遗址保护、核废料地下埋置、滑坡体防治与利用、跨流域调水、生态环境保护等。如何合理地利用并保护地质体的自然环境，如何协调人类工程活动与自然环境的关 系，已经成为整个人类社会日益关注的问题。社会发展和工程实践使得地质工程的研究范畴大大扩展，也赋予了地质工程这一学科新的内涵。

地质工程是在人类利用地球的自然环境、物质材料和自然资源等各项人类活动中，涉及地质体的评价、处理、改造和控制的科学技术。地质体主要是指在内、外动力作用下形成并经过地质演化，受环境因素包括地下水、地温、地压等制约的岩土体。简单地说，地质工程是一门研究和解决与地质体有关的工程问题的应用型学科。

地质工程的概念是随着工程建设的需要、工程实践经验、工程技术与工程地质学的发展以及系统理论应用而逐步形成的，其基本特征是把地质体作为工程结构的一部分，将地

质工程作为一个系统来考虑，并充分认识地质体、环境因素、工程措施三者间的相互作用，把科学、技术、管理三者结合起来。地质工程是由地质学科和工程学科大跨度交叉与综合所形成的新的独立学科，强调地质条件对工程安全的控制性作用，注重以工程措施对地质环境改造和加固技术的应用，谋求工程建设投资与地质环境协调的最佳效益。伴随着工程建设经验的积累和工程建设技术水平的提高，人们利用和控制地质环境的能力得到了很大的提升。同时受建设场地资源的制约，始终有大量的工程建设处于复杂的地质环境条件下。为了确保工程建设的成功，不仅需要深入研究地质条件，更需要有效地利用和改造地质环境。地质工程正是在这样的背景下形成和发展的，地质工程的思想也是在工程实践中产生的。

#### 第四节 地质工程的研究对象

地质工程是连接地质研究和工程应用之间的桥梁，是各项工程的基础。工程活动内容

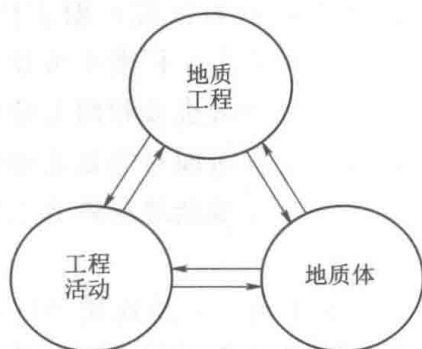


图 1-2 工程活动、地质体与地质工程三者关系

决定着对地质体级别的要求，也确定了对地质工程认识的程度；反过来，地质体的赋存环境和工程适应性也决定了工程活动的程度。工程活动和地质体研究之间是通过地质工程研究实现的（图 1-2）。由于地质工程的直接服务对象是各类工程活动，所以地质工程的研究也体现在各种工程实践中（表 1-1）。

地质工程的研究对象主要是赋存在一定的地质环境中的岩体和土体。就其属性来说，它属于自然产物，是一种具有工程意义的地质体，是地质历史的产物，其形成是受到各种地质作用的控制。同时，作为工程所依存的地质体而言，其又赋存于一定的地质系统中，保持着

与周围环境之间的相互依存和相互作用关系，导致地质体的工程性质变得十分复杂，主要表现为以下三个方面：

表 1-1 工程实践中的地质工程

工程活动	地 质 工 程
土木工程	高层建筑地基、边坡及地下空间开发等
水利水电工程	坝基工程、水库边坡、引水隧洞、地下厂房、防渗工程等
交通工程	边坡工程、路基与桥梁、隧道工程、港口与码头等
矿业工程	露天矿边坡、井巷工程、地下采场等
油气开采工程	深井工程、燃气输送管道工程等
地质灾害	滑坡、崩塌、泥石流等灾害防治
核电工程	电厂基础、高放废物深地质处置
海洋工程	海上钻井、海底隧道等
国防工程	各类掩体工程等