

地质与岩土力学基础

王建林 主编



西北大学出版社



数据加载失败，请稍后重试！

21世纪 高等职业教育系列规划教材

中央财政重点支持示范专业、水利部示范建设专业教材

地质与 岩土力学基础

DIZHI YU
YANTULIXUE
JICHU

主 编 / 王建林

副主编 / 梁引乐 闫爱军

图书在版编目(CIP)数据

地质与岩土力学基础/王建林主编. —西安: 西北大学出版社, 2014. 8

ISBN 978 - 7 - 5604 - 3432 - 2

I. ①地… II. ①王… III. ①地质力学—基础知识 ②岩土力学—基本知识 IV. ①P55②TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 180708 号

地质与岩土力学基础

作 者 王建林 主编

出版发行 西北大学出版社

地 址 西安市太白北路 229 号

邮 编 710069

电 话 029 - 88303313

经 销 全国新华书店

印 装 陕西奇彩印务有限责任公司

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 24.75

字 数 560 千字

版 次 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5604 - 3432 - 2

定 价 49.00 元

前言

QIANYAN

为深入贯彻落实《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》，积极学习和领会《国务院关于加快发展现代职业教育的决定——国发〔2014〕19 号》文件精神，结合杨凌职业技术学院水利工程学院的教学实际，在高职高专国家级教学改革试点专业试用教材《工程地质与土力学》的基础上编写了《地质与岩土力学基础》教材。

新形势下的高职高专教育正在经历着前所未有的变革和发展，培养什么人才的理念也在蜕变里出新。终生教育理念，素质提高与能力的培养，创新驱动，职业对接，所有这些观念都需要思想上的不断更新，不断打破旧的思维和思考模式，用踏实的行动——教学过程来逐渐实现，而贯彻这一理念的教材势必先行，让为教者和受教者在一种有预设目标和启发性的情景下开启自己的智慧之门，最终接近较为完美的教育教学目标，实现高职教育的根本任务。终生教育的解释不只是一生不断的继续学习，而是在学生时代的教育必须树立终生学习的思想。一切教学活动和过程也要旨在培养学生的终生学习能力，不能只看眼前，以功利性的手段和技巧来肢解综合能力的培养和全面学习的有机性，不能从根本上破坏了学习者的兴趣——对科学的兴趣，对思考的兴趣。也不能把学习者沦为职业的背书者，以职业的狭隘破坏了人生观与世界观。创新不只是对科技前沿的要求，它也是我们学习生活的基本要求，需要教育中的为教者和受教者在传承知识文化的过程中全面开动大脑，突破传统学习的桎梏，以全新的心态和灵活的思维去接触世界，哪怕是不完美的思考也是值得肯定和需要发扬光大的。时下的职业教育中动手能力被不断重视，究竟什么是动手能力，怎么动手，每一门课程或者专业与动手是怎样的关系，才是更应该探讨的话题。动手是相对于传统灌输教育、学科教育的一种更强调实践与应对状态的观念，是面对对象的掌控与调适，灵活以及反应，不是语言的、规范的、机械的程式所可尽包。有些人把简单的操作仪器，按部就班当作了动手能力的代名词，已经滑向了形而下之下。其实，传统的人才评价里已有的名词“心灵手巧”才是动手能力的最佳注脚。所以手巧还要心灵。怎么做到心灵，我们多年所强调的“创新教育”“素质教育”都是为“心灵”而作的尝试。教育教学里的启发式教育等一系列的教育活动就有助于僵化的心灵灵动起来。所以，“动手”还是需要先“动心”，然后才是手随心动，意纵天高。高职教育应该不亡失“心灵”，本教材就努力想做这样的尝试。职业活动与学习活动是不异的活动，只是职业具体，学习宽泛，职业规范，学习发散，它们两者本来是相辅相成的事情，时下强调的职业性只是针对传统教材里千篇一律的抄袭性和知识资料的陈旧性的一种警示和提醒，教学毕竟是学习与思考，不是工作过

程的简单复制,否则,高职教育就成为培养劳动力的流水线。尽管高职教育的培养方向是面向一线的,但一线不等于工具,是完整的人,人的心智的培养是远大于职业的范畴。回顾国家建设中条块分割、部门垄断给国家建设造成的损失,教育人的理念的失误会给一代到数代人造成终生的遗憾,在实现中国梦的今天,我们更应该敞开自由的翅膀,努力营造美好的教育理念。基于以上的一些思考,我们打造了这一新的教材,以大环境、大地质的概念囊括了工程地质的基本内容,以完整的岩土一致性更新了以前教材的两个系统的拼接,希望用适应本专业的教学大纲和学科科学的协调性来统揽全书,更加注重对教育过程的细微关照、对心智开发的殷殷期盼。

《地质与岩土力学基础》所牵扯的方方面面的知识性、理论性和实践性都很强,在有限的学时里完成这个任务是艰巨的,本教材立足于打好基础,系统相对完整,不让学习者先天有失,学习过程中可以根据具体专业具体学习对象而有侧重和取舍。

为了突出实践性,在有限条件下尽可能的把实践做好,需要教材和教学活动去倾力关注。本教材突出了实例,力求图文并茂。也加强了实训的引导,让学生在实训活动中加深对问题的认识和理解。

本教材关联的是很庞大很庞杂的一个体系,牵扯到很多的知识与信息,本教材针对这个特点,强调了对概念的分析与学习,强调对对象的理解与把握,强调对形象的关注与重视,使学习与研究尽量从分崩离析的概念里走向整合与整体。只有这样的学习习惯,才会紧紧抓住思考的源头,而不是渐行渐远,不知所终。因而,每一个情景单元都尽量指向简单,指向形象。

情景1 引导学习者对环境的重视,对问题的发现,对概念的基本分析,以期建立本课程的学习认知模式;情景2 以地质作用单独设单元,是本书的特色,强调地质作用在地质学习中的重要性和核心意义,增添了一般工程地质教材略去的地球概论,力争使地质作用这一地质学根本概念落在实处;情景3 篇幅加大,缘于矿物与岩石是地质学学习的难点,课堂教学不能完全解决的问题留待以后继续消化,大量信息作为资料库可以方便查阅;情景4 以地质现象的观察分析入门,通过各种现象探寻地质运动和构造作用力,引导学习者思考看不见的地质构造作用力的工程意义;情景5 以图为题,强调形象在地质学学习中的重要性,总结了地学现象交流、表达的图形图类方法,使学生明白地质图是地质现象表达的最简洁、最概括和最综合的方式;情景6 以水为题展开对地表各种现象的研究,以动和静、以行和迹来发现自然和自然规律,以形质关系来揭示风化和地貌。学习者应该明白内在与外在不可分割的关系,明白水在地球运动中的独特地位和重要性;情景7 以岩土综合体中的土为对象,全面分析它在工程实践中的各项性质,是土力学的基础知识,重点在于实训活动;情景8 和情景9 是岩土力学的核心内容,包括了土力学概念和基本运算,需要学习者认真思考基本概念,掌握运算法则,为岩土工程设计打牢基础;情景10 以土压力为理论基础,重点解决挡土墙设计问题;情景11 岩石、岩体的各种工程性质是工程稳定分析的基础,边坡失稳是岩土工程实践中的基本问题,滑坡是边坡失稳问题中严重的例子,应重点掌握;情景12 单

独设地下水为单元,强调地下水的重要,它是工程与环境的主要的、常见的影响因子,诸多工程灾害病害以及环境问题因地下水而起;情景 13 重点分析了与水利水电工程有关的部分地质灾害,同时分析了水利水电工程地质问题,进一步的深入学习有赖于广泛的调查分析和后续课程的学习。

本教材也通过设置学习环节中的思考提问训练学生思考能力,通过一些拓展知识提升学生科技意识,注意培养正向、良性学习兴趣,发掘教育内涵,提升综合素质。本教材也力争领会和贯彻“十八大”提出的大力推进生态文明建设的思想和方针,以培养符合时代精神的人的宗旨强调了许多环境知识和理念。

由于篇幅所限,思考性的情景训练展开不足,希望在学习过程中灵活掌握,多做训练。

希望教学过程中增大多媒体信息量,使地质学习有声有色,优化学习状态。

对于高职教育和学生学习来说,岩土力学的学习重点在于实训项目的开展,这些都需要在课程设计里重点体现。

本教材情景 1、情景 2、情景 3、情景 4、情景 5、情景 6 由王建林编写;情景 7.1、7.2 由王建林、闫爱军编写;情景 7、情景 8、情景 9、情景 10 由闫爱军编写;情景 11.1、11.2 由王建林编写,情景 11.3、11.4 由梁引乐、闫爱军编写;情景 12 由王建林、盛海洋、罗碧玉编写;情景 13 由梁引乐、闫爱军、王建林编写。

经过岩土工程教研室老师反复酝酿讨论,各位编写老师认真努力,通力合作,本教材得以出版,对于教研室同仁的付出与辛劳,在此铭记致谢。也一并感谢张建辉老师的精心校对。

本教材得到了西北大学出版社马来社长和陈新刚编辑的倾力帮助,在此谨表深深谢意。

本教材资料来源众多,许多未注署名,对于引用资料方的作者表示歉意和深深谢意。

本教材心愿强烈,而力有不逮,错误遗漏,在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2014 年 8 月

目录

M U L U

- 情景1 工程、环境、问题、概念 / 1
 - 1.1 岩土工程与岩土环境 / 1
 - 1.2 水利工程与岩土环境及相关的问题 / 3
 - 1.3 地质,工程地质、岩土力学基础 / 10
- 情景2 地质作用 / 15
 - 2.1 地质作用概念提出 / 15
 - 2.2 地球概论 / 18
 - 2.3 地质运动 / 27
 - 2.4 地质作用系统 / 29
 - 2.5 外动力地质作用 / 32
 - 2.6 内动力地质作用 / 33
- 情景3 地壳物质组成的认识,矿物、岩石 / 37
 - 3.1 火山活动与岩浆岩 / 38
 - 3.2 沉积现象与沉积岩 / 58
 - 3.3 变质作用与变质岩 / 75
 - 3.4 岩石的转化 / 85
- 情景4 地壳物质的层次观念与构造现象 / 87
 - 4.1 地层概念 / 87
 - 4.2 地质构造作用力与地质构造运动 / 91
 - 4.3 地史概念与地质年代表 / 93
 - 4.4 岩层类型和岩层、构造面的产状以及观测 / 96
 - 4.5 褶皱构造 / 98
 - 4.6 断裂构造(一)——节理 / 104
 - 4.7 断裂构造(二)——断层 / 112
- 情景5 地质现象的图形表达与地质图 / 125
 - 5.1 地质现象的图形表达 / 125

5.2	普通地质图 / 129
5.3	工程地质图 / 135
■ 情景 6	地表水的地质作用与地貌 / 138
6.1	概述 / 138
6.2	陆地水系统 / 140
6.3	地表流水地质作用及流水地貌 / 143
6.4	海洋地质作用 / 157
6.5	与水有关的其他陆地地貌 / 163
■ 情景 7	土的形成、状态、类型及土的物理指标 / 181
7.1	土的概念 / 181
7.2	风化作用与风化物状态 / 182
7.3	土的三相组成 / 187
7.4	土的物理性质、水理性质和力学性质 / 192
7.5	土的物理状态 / 197
7.6	土的压实原理 / 201
7.7	岩土的工程分类 / 204
■ 情景 8	土中的应力与沉降计算 / 208
8.1	概述 / 208
8.2	土中应力的类型 / 211
8.3	地基中的自重应力 / 212
8.4	基底压力及其分布规律 / 217
8.5	基底附加压力 / 222
8.6	地基中的附加应力 / 223
8.7	土的压缩性和地基沉降计算 / 233
■ 情景 9	土的抗剪强度 / 250
9.1	概述 / 250
9.2	土的抗剪强度理论 / 252
9.3	土的极限平衡条件 / 253
9.4	土的抗剪强度指标的测定 / 257
■ 情景 10	土压力 / 264
10.1	概述 / 264
10.2	土压力的性质与影响因素 / 266

- 10.3 朗肯土压力理论 / 267
- 10.4 几种常见工程情况下的朗肯主动土压力计算 / 273
- 10.5 库伦土压力理论 / 279
- 10.6 挡土墙设计 / 282
- 情景 11 岩石、岩体的工程性质与边坡工程 / 290
 - 11.1 岩石的工程性质 / 290
 - 11.2 岩体的工程性质 / 303
 - 11.3 边坡失稳与滑坡 / 307
 - 11.4 边坡稳定性分析基本理论和假定 / 312
- 情景 12 地下水及相关的工程、环境地质问题 / 325
 - 12.1 地下水概述 / 325
 - 12.2 地下水的物理性质和化学性质 / 327
 - 12.3 地下水的基本类型 / 330
 - 12.4 泉 / 339
 - 12.5 地下水运动 / 340
 - 12.6 地下水与工程建设关系 / 343
 - 12.7 地下水引起的环境灾害 / 346
- 情景 13 常见地质灾害与水利水电工程地质问题 / 350
 - 13.1 常见地质灾害 / 350
 - 13.2 水利水电工程中的工程地质问题 / 374

情景1 | 工程、环境、问题、概念

【学习目标】

1. 了解岩土工程概念,理解岩土环境的重要性。
2. 了解水利工程与岩土环境关系以及出现的问题。
3. 理解地质问题,了解《地质与岩土力学基础》的思路和学习方法。

【能力要求】

1. 基本的概念分析能力。
2. 形象观察能力。
3. 搜集资料的能力。

【必要的理论知识与资料】

1.1 岩土工程与岩土环境

以岩土工程与岩土环境概念开启《地质与岩土力学基础》课程的学习和思考,是由于它们的相关性,也是为同类和相接近专业学生找到的兴趣点。相近的工作域,巨大的市场需求,就业的著名度,以这样的驱动引导我们的思考,充满了积极主动性。

1.1.1 岩土工程

随着时代进步,土木工程领域逐渐摆脱了以自然木材为主的传统,大量的混凝土、现代复合材料等在工程里广泛运用,以及人们不断向自然的纵深发展开拓,使得土木工程这一传统概念出现了表达上的为难和不足,因而概念必须嬗变和创新。20世纪60年代,欧美国家在土木工程实践中根据工作对象和技术相关性提出了岩土工程这一概念和系统雏形。

在工程建设中有关岩石或土的利用、整治或改造的科学技术叫岩土工程。在学理性上强调科学技术,在实践性上,包含与岩土相关的一切工程活动。

岩土工程是在探索和求解岩体与土体工程问题(包括地基与基础、边坡和地下工程等问题)中不断深入和发展,逐步成熟的,初步形成了自己的系统框架和方法手段。工作内容

可以分为:岩土工程勘察、岩土工程设计、岩土工程治理、岩土工程监测、岩土工程检测。

岩土工程是以土力学、岩体力学及工程地质学为理论基础,运用各种勘探测试技术对岩土体进行综合整治改造和利用而进行的系统性工作。这一学科在国外某些国家和地区被称为“大地工程”、“土力工程”或“土质工程”。本课程也刚好包括这些学科内容,只是侧重与水利工程建设的关系。

1.1.2 岩土环境

- 学习讨论 环境是什么呢? 对学习环境进行分析(图1-1,图1-2)。



图1-1 教室里学习的大学生



图1-2 大学的自习室

什么是学习环境?

环境要素都有哪些?

环境重要吗?

如何对待环境?

学习与环境能分开吗?

以环境为题,充分思考提出各种问题。

环境: ①周围的地方。②环绕所管辖的地区。③周围的自然条件和社会条件。

环境总是相对于某一中心事物而言的。环境是有别于主体的外在,无所不包。时空的、物质的、精神的都是主体的外在。地球上的任何主体其基本的环境要素都相似。只是A主体与B主体他们环境里一个有个B,一个有个A,是唯一的区别点,其他的都相同。(当然,A也是A的环境,即他也有他自己的内环境。)

要素虽然在属性上类似,但是时空的距离,作用的强弱,直接与间接,依然可以让关系更加丰富多样。如空间的三个齿轮,我们可以看出很多特点(图1-3)。

如果不是均质和对称的齿轮,想象是变形的和不均质的齿轮,在作用过程中的每时每刻它的运动就更加特殊,远远超出了简单的要素概念。

如果我们以岩土作为一个主体,它当然也有自己的环境,如果以岩土工程活动为主体,它也必然有自己的环境。在岩土

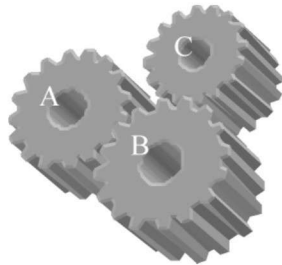


图1-3 齿轮关系图

里做工程,岩土与工程紧密贴近贴紧在一起。例如在一个隧道里,面对的全是岩土,还有背后开挖的空间,环境显示出它的刚性、迫近与直接。离得远一些,工程就相对缩小。例如,我们在高空思考地下的隧道掘进就是一点隐伏的小隙,岩土又浑厚巨大起来,这样,岩土与岩土工程就显示出了区别所在(图1-4,图1-5)。



图1-4 在岩体上切割建材石料



图1-5 隧道开挖支护

在我们充分明白了环境的意义之后,分析岩土环境就有了动力。岩土环境既可以理解为我们当前工作所面对的岩土体及其相关的延伸的自然体的一定范围;也可以理解成工作之前的自然状态,强调的是原来的状态;更可以理解为工作场所周围较大范围甚至更大区域。因为从地球上的任何一点扩散开来,都是层层联系,环境的立体圈层就渐次扩大,我们很难划清一个边界,所以环境是丰富而广延的。

岩土环境就其狭义来说,是包围或支撑工程主体的岩石土体。广义来说,地面附近的大气,水分,直至生物体,人类,都是属于岩土环境因子,虽然各别与岩土,但是以充分的相互作用和扰动而增加了岩土环境的信息量和能量,使得我们无法割裂它们,从而成为一个整体,而有些在不同地质时期已经转化为岩土,所以,我们不能忽视这些。环境有物质属性,运动属性,更有高级的结构构造,它不只是一个简单的空间概念和地域概念。

1.2 水利工程与岩土环境及相关的问题

1.2.1 水利工程与岩土环境

对于水利行业或者水利工程来说,其中的多种建筑工程人们习惯称之为土建工程,而且这种土建工程量大面广,是水利建设的主业。随着社会生产力的进步,水利工程的“土建性”愈益趋向“岩土性”,水利工程越来越向崇山峻岭和深深的地下开进,它的环境日益“坚硬”,“岩性”更加突出,岩土二字就必然成为水利人的基本概念。

相应的,岩土环境也越来越呈现出它的丰富的一面。人们认识到,环境不单只是水利

工程即岩土工程建设的场所、场地、资源、条件,不只是考虑环境对工程的影响,也需要考虑工程对环境的反馈,对自然的反作用。全面、正确的工程建设理念就会指导人们尽可能避免一些环境灾害、灾难的发生,工程建设效益的最大化才可实现。

人类的生产生活离不开水,也离不开大地,人类生活和生存的主要区域——陆地,水少岩土多,但是由于不平衡的降水以及不平衡的陆地地形,以及人类分布和活动的特殊性,使得人类在利用水的过程中产生了很多矛盾,出现了很多困难与障碍,在协调和处理人类与水的关系中,人们也积累了丰富的经验教训。我国传统文化中的朴素认识“水来土掩”,“因势利导”等就是最为形象的描述之一,深刻反映了水利活动与岩土的关系。

1.2.2 历史上的经验教训

大约在 4000 多年前帝尧时,中原洪水泛滥造成水患灾祸,百姓愁苦不堪。帝尧命令鲧(gǔn)治水,鲧受命治理洪水水患,鲧用障水法,也就是在岸边设置河堤,但水却越淹越高,历时九年未能平息洪水灾祸。接着命鲧的儿子禹继任治水之事。

黄河为害最甚,所以大禹治水时,在黄河上下工夫最多。他上溯黄河源头,从积石山疏导到龙门,然后南到华阴,东折至砥柱(修三门峡水库时已炸掉),又至孟津等处。“禹以为河从来者高,水湍悍,难以行平地,数为败,乃厮(义为分)二渠以引其河”。

他发现龙门山口过于狭窄,难以通过汛期洪水;他还发现黄河淤积,流水不畅。于是他大刀阔斧,改“堵”为“疏”。就是疏通河道,拓宽峡口,让洪水能更快地通过。如孟子所说,“禹之行水也,行其所无事也。”不是用人力去与大自然对抗,而是顺其自然,因势利导,给洪水找出路,所以他是“疏九河,濬(yuè)济、漯(tà)而注诸海,决汝、汉,排淮、泗而注之江”,洪水导入长江,排入大海,终于有所归依。

大禹治水的活动是人类历史上不可多得的伟大壮举,在处理水问题中,已经拥有了系统的全局眼光,堵与疏这一水土环境根本问题在这里有了成功的答案。

建于公元前 256 年的都江堰水利工程,是战国时期秦国蜀郡太守李冰率众修建的一座大型水利工程,是现存的最古老而且依旧在良好运行的伟大水利工程。都江堰水利工程是全世界水文的鼻祖,是至今为止,年代最久、唯一留存、以无坝引水为特征的宏大水利工程。由鱼嘴分水堤、飞沙堰溢洪道、宝瓶口进水口三大部分和百丈堤、人字堤等附属工程构成,科学地解决了江水自动分流(鱼嘴分水堤四六分水)、自动排沙(鱼嘴分水堤二八分沙)、控制进水流量(宝瓶口与飞沙堰)等问题,消除了水患,使川西平原成为“水旱从人”的“天府之国”。人类巧妙利用自然,改造自然,科学治水,高效永固的典范非他莫属。洪水与岩土和谐相处,从此不再成为制造泛滥的原罪,而成为创造肥沃的功臣,矛盾的转化只在那轻轻的一点。

公元前 246 年兴建,历时十年完工的郑国渠是关中最早的大型水利灌溉工程。根据古书记载和今人实地考察,它位于关中北山南麓,在泾阳、三原、富平、蒲城、白水等县二级阶

地上,由西向东,比降为 0.64‰,沿线与冶峪、清峪、浊峪、沮(jū)漆(今石川河)等水相交。将干渠布置在平原北缘较高的位置上,便于穿凿支渠南下,灌溉南面的大片农田。它西引泾水东注洛水,长达 300 余里(灌溉面积号称 4 万顷)(图 1-6)。

建于公元前 214 年的广西壮族自治区兴安县境内的灵渠,是世界上最古老的运河之一。将兴安县东面的海洋河(湘江源头,流向由南向北)和兴安县西面的大溶江(漓江源头,流向由北向南)相连,凿成通航,长约 30 多 km,宽约 5 m,跨越分水岭太史庙山时,从几十米高的石山中,劈开一条河道,蔚为壮观。

大运河是中国古代伟大工程,南起杭州,北到涿(zhuō)郡(今北京),全长 2700km,跨越地球 10 多个纬度,纵贯中国最富饶的东南沿海和华北大平原,通达黄河、淮河、长江、钱塘江、海河五大水系,是中国古代南北交通的大动脉,也是世界上开凿最早、规模最大的运河(图 1-7)。后经元朝取直疏浚,全长 1794km,成为现今的京杭大运河(图 1-8)。



图 1-6 郑国渠



图 1-7 隋运河分布图



图 1-8 京杭大运河

古今中外人类利用自然改造自然的成功经验很多,失败教训也多有记述。在自然环境中御水治水是最为复杂浩大的工程,成功的原因是人们充分认清了环境,分析清楚了事物运动变化的脉络,才会孕育出宏大空间的工程华章。

安阳红旗渠是一个人工修建的灌渠工程,位于河南省林州市(原林县,属于安阳市),林州市处于河南、山西、河北三省交界处,是个土薄石厚、水源奇缺的贫困山区。为了改变因缺水造成的穷困,林县人民从 1960 年 2 月开始修建红旗渠(原称“引漳入林”工程),竣工于 1969 年 7 月。灌区有效灌溉面积达到 54 万亩。红旗渠以浊漳河为源。渠首位于山西省平顺县石城镇。总干渠长 70.6km,渠底宽 8m,渠墙高 4.3m,纵坡为 1/8000,设计加大流量 $23 \text{ m}^3/\text{s}$,全部开凿在峰峦叠嶂的太行山腰,工程艰险。被世人称之为“人工天河”,在国际上被誉为“世界第八大奇迹”。这里的悬崖峭壁为工程增加了罕见难度,而层状水平岩层为工程建设提供了比较有利的条件(图 1-9)。

在极其艰难的施工条件下,林县人民靠自力更生,艰苦创业的精神,克服重重困难,奋战于太行山悬崖绝壁之上(图 1-10),险滩峡谷之中,逢山凿洞,遇沟架桥,削平了 1250 座山头,架设 151 座渡槽,开凿 211 个隧洞,修建各种建筑物 12408 座,挖砌土石达 2225 万

m^3 。如把这些土石垒筑成高 2m, 宽 3m 的墙, 可纵贯祖国南北, 把广州与哈尔滨连接起来。这是当代岩土工程的卓绝一页。



图 1-9 依水平岩层而建的红旗渠



图 1-10 悬崖峭壁上的施工

1.2.3 当代水利工程一些典型环境问题的思考

随着工业革命的爆发, 人类利用和改造自然的活动的广度、深度、频度前所未有的, 经验教训不一而足。科学技术的核心价值是发现和创造, 但是科学技术的自我纠错矫正功能更应该加强。在现代生产力条件下, 人类活动的能力、能量爆发式增长增大, 思路与方法少有差池就会产生巨大的损失与破坏, 甚至产生不可挽回的损失, 如环境退化、资源枯竭, 生态破坏等。因而未雨绸缪, 及时纠错, 总结教训, 随着时代进步而不断提高科技活动的安全性、高效性、预见性, 就能够可持续发展。

从古至今, 黄河无数次泛滥, 治黄成为历代统治阶级和老百姓共同的愿望。

据史料记载, 自周定王五年至 1938 年的 2500 年间, 黄河下游决口 1590 次, 大规模改道 26 次, 洪水波及范围北抵天津、南达江淮, 达 25 万 km^2 。民间有“三年两缺口, 百年一改道”之说。究其原因, 是黄河流域的气候特性(主要是降水特性)、流水作用与流域的地质系统的不平衡不协调造成。大江大河是一个大系统, 处理大系统必须整体兼顾。

1949 年 8 月, 黄委会提出解除下游洪水为患的方法是: 选择适当地点建造水库, 首选三门峡。经过了反复的论证比较, 地质水文勘察, 经过全国人大表决, 1957 年 4 月 13 日, 三门峡水利枢纽工程正式开工。1958 年 11 月 25 日, 三门峡工程完成对黄河的截流! 当坝前水位达 332.58m(尚未到设计高度)的时候, 泥沙淤积迅速发展。1962 年 2 月工程建设按设计完成。在自蓄水以来一年半的时间里, 15 亿吨泥沙全部铺在了从三门峡到潼关的河道里, 把潼关河床抬高了 4.5m。不到一年, 渭河流域淤积了大量泥沙, 河床抬高, 大片良田淹没(后期出现了大面积土壤盐碱化), 危险直逼古都西安。蓄水不到 5 年, 库容损失一半。改建后的三门峡, 与没有修建水库前的自然情况无大区别(自然径流发电)。但是却产生

了最糟糕的问题,河床的“翘尾巴”——即泥沙淤积向上游延伸。即使拆除了大坝,想降低回复到原来的侵蚀基准面,也只能等待河流自我冲刷河床淤积了,那将是漫长的时间。所以环境灾变的修复有时需要比产生灾变的时间长无数倍。

新丰江水库又称万绿湖,它是1958年筹建新丰江水电站时,在距广东省河源市仅6km的新丰江下游的亚婆山峡谷修筑拦河大坝蓄水而形成的。新丰江水库湖面面积 370km^2 ,库容量139亿 m^3 ,平均深度30~40m,最深达80~90m。最宽处12km,碧波万顷,有“山中海洋”之称。

新丰江水库提供给地质科学的是水库诱发地震。超大量的水体开始存留于相对较小自然区域内,对于局部地层、地壳的扰动毋庸置疑。

新丰江水库蓄水的同年11月便记录到地震活动。

1960年5月,水库的水位蓄到81m时,发生了三至四次强度为3.1级左右的有感地震。

1960年7月18日,水库水位升到90m时,发生强度为4.3级的中度地震。

1962年3月19日,水库水位升到110.5m时,发生了震级6.1级(一说6.4级)的强震,震中位于大坝下游1.1km处,震源深度约为5km,此次地震对大坝的局部地段造成损害,此后,地震的强度逐年迅速减弱(水位上升,地震频度增加,水位下降,地震频度降低)。

天开水库位于北京房山西南13km,天开村西北。1959年11月动工,1960年4月落成。完成土石方40万 m^3 。水库面积 1.6km^2 ,库容1475万 m^3 。主坝高24.5m,坝顶长250m。库区地层为震旦亚界蓟县系迷山组厚层白云岩、厚层硅质条带石灰岩、条带状斑点状白云岩夹绢云母片岩,洪水庄组白云岩、板岩、页岩等。库区地层为单斜岩层,倾向 $\text{NE}70^\circ\sim 80^\circ$,倾角 $25^\circ\sim 40^\circ$ 。主坝处为牯牛河现代河道,副坝坝基下为古河道,松散沉积层厚20m以上,其中砂砾石层厚8m,未做防渗处理。

牯牛河在孤山口村以上常年有地表水流,孤山口村至龙泉为间歇河段,水流潜入地下,仅在洪水期有地表水,龙泉以下,又有常年水流。

据观测,当水库蓄水后,发生了严重的渗漏现象。一开始,库内便出现大量气泡,最严重的是牛耳湾至主坝前,库水渗干后便留有大量渗坑和渗沟,其方向与岩层裂隙方向一致。在水库开始蓄水的第二天,天开村的井水位开始上升。1963年库水为85.3m时,最大每天漏水量达10万 m^3 以上,天开村的井水位上涨了7.5~7.8m,坝下游河道阶地冒水,天开村的街道、居民院落、室内地面也冒水,房屋建筑安全受到威胁。另外,库水位在超过78m时,副坝下的古河道也开始漏水。副坝下游井水位增长幅度明显,如(1963年)30#井一天内水位上涨5.67m,水位最大上涨达18.85m。库水位下降时,天开村及副坝下游井水位也随之下降,说明库水和井水之间有水力联系。所以,水库多年不敢蓄水,即使是洪水期,也要尽快把水放走。水库建成后,从1960年至1981年期间,除1960年蓄水时间为149天外,其余各年均不满100天,最少的1968年,仅蓄水16天。近30年,仅主坝前在夏季有小面积水面。