

岩体工程地质力学基础

谷德振 著

科学出版社

岩体工程地质力学基础

谷德振 著



科学出版社

1983

内 容 简 介

岩体工程地质力学作为推进工程地质学发展的一个有效途径，已为实践所证实，它已初步形成了一套理论与工作方法。本书作者在丰富的工程实践基础上，概述了岩体工程地质力学的地质基础。从岩体结构基本观点出发，讨论了岩体的形成、发展和演化的过程；论述了岩体的现状和所具有的工程地质特性；初步探索了岩体变形-破坏受其内在结构控制的基本规律。

本书可供广大地质、水文工程地质、工程设计、施工等技术人员和研究人员以及有关院校师生参考。

2677/45

岩体工程地质力学基础

谷德振 著

责任编辑 周文辅

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1979年10月第 一 版 开本：787×1092 1/16
1983年5月第二次印刷 印张：19 1/4 插页：28
印数：10,771—13,070 字数：594,000

统一书号：13031·1066

本社书号：1497·13—14

定价：3.35 元

重 印 说 明

《岩体工程地质力学基础》第一次印刷是在 1979 年,受到各方面的好评,现应读者的要求重印。这本书曾获得 1981 年优秀科技图书奖。

这本书的初稿写作始于 1973 年,几经周折,到 1979 年才正式出版。原计划请作者进行增订再版,遗憾的是,作者谷德振教授于 1982 年 6 月 21 日逝世,只好暂按原版重印。

谷德振教授生前曾任中国科学院学部委员、地学部常委、中国科学院地质研究所研究员、研究室主任、中国地质学会工程地质专业委员会主任委员、中国地质学会理事。他是我国著名的地质学家,是我国工程地质和水文地质学界杰出的先驱者,为我国工程地质科学的发展作出了卓越的贡献。

在地质科学研究工作中,他一向重视理论联系实际,注意在广泛深入实际的基础上提高科学理论水平。他曾说过:“工程地质科学工作者应当熟悉掌握工作地区的构造和地层的详细情况”。在谷德振教授的努力带动下,开创了岩体工程地质力学研究工作,提出了岩体结构控制岩体稳定的理论,提出了解决工程地质问题的方向,奠定了我国岩体工程地质工作系统的理论基础,博得国内同行的高度好评,也受到国外学者的赞赏。

岩体工程地质力学是一项富有生命力的紧密联系工程实践的工程地质学理论研究工作。这本《岩体工程地质力学基础》著作仅仅是一个开头,随着这方面理论与实践的不断深入发展,相信会有更多的优秀作品问世。

编 者

1982 年 9 月 12 日

前 言

《岩体工程地质力学基础》这本书是在许多工程实践中所得到的一些认识的基础上,经过长期积累、逐步总结而形成的。特别是在工程施工及运营过程中,曾遇到一系列复杂的工程地质问题,有些问题给施工处理带来了很大困难,有些问题还酿成了灾害事故。不论工程地质问题如何复杂,归纳起来就是一个与工程有关的岩体稳定问题。岩体之所以失稳,影响因素很多,最关键的问题在于岩体内部存在着一些软弱结构面,根据这些软弱结构面的空间分布状态和组合关系形成了岩体结构的概念。岩体是地质体的一部分,它的形成、演变和现状与区域地质发展历史有着密切的联系。本书就是从工程地质学的观点出发,采用地质力学的理论和方法探索岩体结构特性的形成和演变规律;同时也采用岩体力学的理论和方法,研究裂隙岩体在受力条件下变形破坏的机制。本书的一些观点和论述是初步的概括和总结,有不当之处,希望读者提出批评指教,以便在实践中进一步得到验证与提高。

第一篇主要论述岩体结构形成的物质基础。很多巨型建筑物都要置于岩体之上或赋于岩体之中,因而就需要对岩体结构有足够的认识。岩体结构特性的好坏与地质建造的形成环境、形成时代、成岩作用和演变过程有着内在的有机联系,所以,弄清组成各种建造的岩石组合特征和岩石的工程地质性质,并依此进行岩石的工程地质分组,是论证岩体稳定的根本所在。工程地质工作者的主要任务是专门解决工程所在地区岩体结构特性的,不可能有更多时间从事更大范围的区域地质的专题研究,但又不能脱离地质背景和地质发展历史而探讨岩体的工程地质特性,所以要善于运用已有的区域地质研究成果。如中国地质科学院所编四百万分之一地质图说明书就很简单明了,值得参考。

第二篇是阐述岩体结构的地质力学分析。我们既要重视地质建造,也更重视建造的改造和再改造。本书强调了构造变形场形成的时间性、空间性和力学性;并探索褶皱断裂形成的力学机制和构造型式及构造体系;也论述了构造应力场的转化和构造体系的联合以及复合问题。构造复合问题是一个极为复杂的问题,现在还没有取得令人满意的结果,尚需进行专门的研究。岩体结构特性与褶皱断裂有着密切的关系,为了能把这个问题阐述得更加完善,需要从力学观点加以解决。北京大学王仁教授正在从事这方面的研究,所得成果是值得应用和学习的。希望对力学与地质的结合方面,提出宝贵意见。

第三篇阐述了岩体裂隙水和岩溶水的形成、运动和分布规律。它们的存在往往给工程造成很大危害。涌水量的计算固然重要,但是计算所需的边界条件和参数则与水文地质结构类型以及含水岩组的富水性和空间分布分不开,渗透压力的变化更是与此有关。

本书最后两篇,主要是探索岩体结构特性和岩体的变形破坏规律。书中强调了岩石

性质与岩体性质有着显明的本质差别,并重视岩体的物理力学特性和岩体分类,提出了岩体质量评价的初步设想,即以岩体的完整性、坚强性和稳固性作为评价准则。在进行岩体稳定分析时,一定要结合建筑物类型和工程部位考虑岩体受力状态和岩体结构特点,重点抓结构面,特别是软弱泥化结构面的性质组合和临空面的相互关系。这两篇仅仅是从工程地质角度出发探索裂隙岩体的稳定问题,为今后岩体力学试验和稳定分析计算打下基础。有关坝基、坝肩岩体抗滑稳定、地下工程围岩稳定和边坡岩体稳定的综合分析及理论计算、岩体力学理论分析、物理力学性质测试技术、地球物理探测技术、赤平极射投影和实体比例投影及座标投影在岩体工程地质力学方面的应用等,都将作为专门论述陆续编写出版。

这本书是在各方面的鼓励和大力支持下完成的。有些资料是室内同志提供的,也有些资料是搜集其它单位的,如地质力学研究所提供的构造体系图等。与此同时也参考了近十多年来国外有关岩石力学的专著和岩石力学及采矿工程等方面的期刊杂志,恕不一一列举。在写作过程中,承蒙许兵、黄鼎成、李毓瑞、徐嘉谟等同志搜集大量资料,并参与了编排、分析、制图繁重工作;王思敬、杨志法和时梦熊等同志在力学分析及校对工作方面,也付出了很大的劳动;书中的照片大部分是我所照相组桂文立、郭寅同志协助完成的;大型岩石薄片的制备是由工厂杨俊明同志承担的,特志于此表示衷心的感谢。

作 者

1978年11月

目 录

前言	ix
绪论	1
第一篇 岩体结构的物质基础	12
一、岩石的物质组成与组织结构	13
(一) 沉积岩建造	13
(二) 岩浆岩建造	14
(三) 变质岩建造	14
二、岩石的成因类型和岩性岩相变化	15
(一) 沉积岩建造	15
(二) 岩浆岩建造	15
(三) 变质岩建造	19
三、岩石的成层条件及厚度变化	20
(一) 沉积岩建造	20
(二) 变质岩建造	21
(三) 岩浆岩建造	22
(四) 岩层厚度划分问题	22
四、岩石组合特征及岩组划分	23
(一) 岩石组合特征	23
(二) 岩组划分	24
1. 碳酸岩建造	25
2. 碎屑岩建造	27
3. 复理式建造	28
4. 含煤建造	29
5. 含盐建造	30
6. 岩浆岩建造	31
7. 火山岩建造	33
8. 变质岩建造	34
9. 构造岩组	36
10. 风化岩组	39
五、岩石的物理力学属性	42
(一) 孔隙度和孔隙比及孔隙指数	42
(二) 膨胀性	44

(三) 各向异性	45
(四) 水理性	45
(五) 弹性参数	45
1. 弹性模量 E	45
2. 泊松比 μ	48
3. 刚度模量 G	48
4. 整体模量 B	49
5. 拉梅常数 λ	49
6. 岩石弹性参数	49
7. 弹性抗力系数 K	52
(六) 岩石应力-应变曲线类型	53
(七) 流变特性	53
(八) 岩石强度与破裂	55
1. 轴向强度	55
2. 围压状态下的岩石强度	57
3. 莫尔破裂准则	59
4. 脆性破裂理论	60
(九) 动态性质	61
(十) 岩石工程地质分类	66
(十一) 结构面效应问题	70
六、综合岩性地层柱状图的应用	71
第二篇 岩体结构的地质力学分析	75
一、构造运动的发展历史	82
(一) 前震旦纪阶段的构造运动	82
(二) 相当于北方震旦纪范畴的构造运动	84
(三) 古生代阶段的构造运动	84
(四) 中、新生代阶段的构造运动	85
(五) 构造运动分期在工程实践中的意义	86
二、地质构造分析的力学基础	88
(一) 有关静力学的一些基本概念	88
1. 关于刚体的概念	89
2. 有关力矩的概念	91
3. 内力和外力	91
4. 平衡条件	92
5. 摩擦力与摩擦系数	92
(二) 有关材料力学的基本概念	93
1. 附加内力与应力	94
2. 有关应变的概念	95

3. 抗压试验与虎克定律·····	96
4. 横向变形与泊松比·····	98
5. 应力分析与莫尔圆·····	98
6. 广义虎克定律·····	106
7. 三向应力状态下材料的弹性变形能·····	107
8. 应变椭球的概念·····	108
9. 有关强度理论的一些问题·····	109
(三) 构造变形场与构造应力场·····	113
1. 构造应力场·····	113
2. 边界条件·····	116
3. 平衡条件·····	117
4. 地质体介质的复杂性·····	117
5. 协调条件·····	117
6. 应力集中问题·····	118
三、构造体系与构造型式·····	118
(一) 褶皱构造·····	119
1. 褶皱类型·····	119
2. 褶皱应力状态·····	122
3. 褶皱受力状态分区·····	126
4. 褶皱发育深度的探讨·····	127
5. 褶皱在实践中的意义·····	129
(二) 断裂构造·····	130
1. 断裂的发生机理·····	131
2. 构造应力场·····	132
3. 构造应力场与构造形变图象·····	136
4. 构造线的确定·····	137
5. 构造应力场的序次·····	140
6. 结构面的特性·····	142
7. 中间应力轴或应变轴的转化问题·····	147
(三) 褶皱断裂的发生和发展·····	148
1. 近水平岩层区·····	150
2. 倾斜岩层区·····	150
3. 陡倾倒转岩层区·····	151
4. 褶皱轴部地区·····	152
5. 强烈褶皱变形区·····	152
(四) 构造体系的划分·····	153
1. 巨型纬向构造体系·····	153
2. 经向构造体系·····	154

3. 新华夏系构造体系	154
4. 华夏式构造体系	156
5. 扭动构造体系	156
(五) 构造体系的复合	158
1. 归并	160
2. 交接	160
3. 包容	161
4. 重叠	162
(六) 新构造及接近构造应力场	163
1. 新构造与地震	163
2. 活动构造带的发生与发展	163
3. 活动断裂发生的机制	164
4. 活动断裂带的确定	165
5. 活动构造带的量测	167
(七) 节理统计与分析	168
1. 节理的重要意义	168
2. 节理调查统计时应注意的问题	169
3. 节理的统计	171
(八) 火成岩的构造分析	175
1. 构造运动与岩浆活动	175
2. 火成岩体的原始构造	176
3. 火成岩体的构造断裂	177
第三篇 水文地质结构	178
一、地下水类型	178
二、裂隙水的特性	179
(一) 裂隙水的形成条件	179
(二) 裂隙水的动力条件	179
1. 统一含水层	179
2. 层状含水层	180
3. 裂隙水的水力联系	181
(三) 裂隙水的不均一性	181
1. 越岭隧道中裂隙水的分布状况	182
2. 坝基岩体中裂隙水的分布状况	182
3. 深部开采围岩裂隙水分布状况	183
4. 滨海区岩体裂隙水的分布状况	184
5. 高山湖泊周边基岩裂隙水的分布状况	185
三、水文地质结构	186
(一) 含水层的特性	186

(二) 隔水层的特性	187
(三) 水文地质结构	187
1. 统一含水体	188
2. 层状含水体	188
3. 聚水构造	189
四、水文地质结构和岩溶发育分布规律	190
(一) 岩溶发育规律	191
(二) 岩溶的分布规律	192
(三) 岩溶对工程的影响	194
五、裂隙水与渗透稳定	194
六、水文地质结构与水库地震	196
第四篇 岩体结构	198
一、结构面及其自然特性	200
(一) 结构面的成因类型	200
1. 原生结构面	200
2. 构造结构面	202
3. 次生结构面	204
(二) 结构面的分级	204
1. I 级结构面	204
2. II 级结构面	205
3. III 级结构面	206
4. IV 级结构面	206
5. V 级结构面	207
(三) 结构面的自然特性	207
1. 结构面的自然特性	208
2. 软弱结构面的特性	210
二、结构体的特性	214
(一) 结构体的大小及其分级	214
1. I 级结构体——地质体或称断块体	214
2. II 级结构体——山体	216
3. III 级结构体——块体	217
4. IV 级结构体——岩块	217
(二) 结构体的几何形态和方位	218
(三) 结构体的坚强性	221
三、岩体结构类型	222
(一) 围岩分类研究的现状和岩体结构分类的原则	222
1. 围岩分类研究的现状	222

2. 岩体结构类型划分的目的和原则	229
(二) 一般岩体结构类型划分的研究	230
1. 整体结构 (I ₁)	231
2. 块状结构 (I ₂)	231
3. 层状结构 (II ₁)	234
4. 薄层(板)状结构 (II ₂)	236
5. 镶嵌结构 (III ₁)	236
6. 层状碎裂结构 (III ₂)	237
7. 碎裂结构 (III ₃)	239
8. 散体结构 (IV)	241
9. 小结	243
10. 地震·声波法在分类研究中的应用	246
(三) 块体及组合块体	247
(四) 关于软岩及特殊岩类	251
1. 软岩	251
2. 遇水膨胀的软质粘土岩	252
3. 遇水易溶的化学沉积岩类及次生淋滤淀积的盐类	252
四、岩体质量指标的确定	253
(一) 控制岩体质量的内在因素	253
1. 岩体的完整性	253
2. 结构面的抗剪特性	254
3. 岩块的坚强性	254
(二) 岩体质量系数	255
(三) 岩体质量分级的探讨	255
(四) 岩体质量指标的应用	257
1. 岩体质量分段的实例分析	257
2. 小跨度毛洞塌方调查实例	259
第五篇 岩体稳定的工程地质力学分析概述	261
一、岩石与岩体的鉴别	261
二、岩体应力-应变性能	263
(一) 岩体的物理状态	263
1. 岩体的不均一性	264
2. 岩体的各向异性	265
3. 岩体的不连续性	265
4. 岩体中的初始应力	267
(二) 岩体应力-应变性能	268
三、岩体变形、破坏的基本形式	271

(一) 塑性变形	271
(二) 剪切破坏	272
1. 某工程野外抗剪断试验	273
2. 云南禄劝大滑塌	273
3. 某水库右坝肩的变形	273
4. 一大型地下工程端墙的稳定问题	276
(三) 张性破裂	277
四、岩体稳定分析	277
(一) 岩体失稳的地质条件	278
1. 区域稳定性	278
2. 山体稳定性	279
3. 工程岩体稳定性	280
(二) 软弱结构面效应	284
(三) 岩体的受力条件	284
1. 内在应力	285
2. 外部荷载	286
(四) 岩体稳定分析	287
1. 工程岩体稳定分析的一些方法	287
2. 岩体稳定分析程序	288
3. 岩体稳定的结构分析	290

绪 论

近三十年来,随着我国社会主义建设的发展,我国的工程地质学得到了迅速的发展和提高。工程地质学是一门综合性很强的自然科学,也是应用非常广泛的学科。它是解决国民经济建设和国防建设有关的建筑物地基和围岩稳定分析的理论基础。它不但要研究工程建设地区的自然环境,也要解决建筑物所拥有的工程地质条件,同时还要提出工程评价和处理的科学依据。

我国幅员辽阔,自然景观则随地而异,并且悬殊颇大。因受多期构造运动的持续作用,特别是强烈的燕山运动的普遍影响,全国各地无论滨海地区、平原或山区,地质结构与岩体结构都是错综复杂的。在多年的工程实践中,我们曾遇到各种各样的工程地质问题,譬如软弱岩层的蠕变和承载力问题;坚硬岩体的脆性破裂和岩爆、岩炮问题;软弱泥化夹层的恶化和渗透稳定问题;可溶岩的溶蚀架空和渗漏问题;风化岩的特性和分布规律及其利用和处理问题;构造岩的特性和处理问题;褶皱断裂组合所引起的坍塌、冒顶、片帮及滑坡问题;地下水的突然袭击、冻胀与渗透压力问题;动荷载所引起的变形破坏问题以及水库地震对工程岩体影响问题等等。所有这些问题都给设计施工、运营管理带来极大的困难;不但拖延了施工周期,也增加了工程的造价。工程地质问题虽然很多,概括起来就是两大问题,一是岩体稳定;一是地下水的危害。问题的本质在于岩体结构特性,即岩体结构的形成和变形破坏性能。

一、岩体工程地质力学的由来和发展

岩体工程地质力学是近几年来在工程地质学的基础上逐步发展起来的一个新的分支。它是工程地质学和岩体力学相互渗透、相互融化的结果,是地质和力学相结合的产物。在工作过程中,我们不但重视工程地质条件,而且也重视力学的作用;既要从定性条件入手,也要取得定量成果。

解放初期,在水利水电、铁道交通等工程实践中,根据所遇到的工程地质问题,在进行工程地质评价时,主要侧重岩性、构造与地下水等对工程的影响。

随着治淮工程与长江大桥修建的实践,使我们认识到构造断裂对工程危害的严重性,究竟如何把地质构造与工程稳定有机的联系起来,当时还不十分明确。六十年代初,从一个拥有坚强花岗岩坝基的大坝所发生的局部变形破坏,给我们一个深刻的启示,不管基础岩石如何坚强,只要岩体中存在着不利的软弱地质界面或分割面,如断层、夹泥的节理或

挤压错动面,岩体就失去它的完整性,就有可能沿着这些弱面发生变形破坏。在山区铁路施工中,我们也遇到不少人工边坡及隧道开挖时,多次发生坍塌、滑动与冒顶。在西南山区,也多次碰到自然边坡发生大规模的崩落或滑坡。所有这些物理地质现象和工程地质现象,都反映了岩体或山体的失稳,它们都与山体或岩体内部的某些地质界面有着密切的联系,并由此而产生了软弱结构面控制岩体稳定的基本概念。因之,我们就有意识地重视岩体特性的研究。初步认识到岩体特性取决于岩体内部的结构。后来结合边坡、坝基、地下工程的专门研究,探讨岩体结构和岩体变形破坏之间的相互关系,逐步对岩体结构有了较为清晰的概念。认识到岩体结构反映着岩性、构造与地下水的综合特征,决定着岩体的工程地质特性以及地下水的赋存条件和循环条件。七十年代伊始,更多地接触了一些矿山工程和巨型地下工程,实践证明,工程岩体失稳与结构面的发育程度、组合特征有着紧密的内在联系。而且结构面的性质与组合形式不同,岩体变形破坏方式也不一样。与此同时,我们还重视了地下工程的几何形态和跨度大小以及岩体中的应力状态情况,开始了地应力现场测试工作。由此就更加深了我们对岩体结构的理解与认识。

岩体是由各种各样的岩石建造组合而成,后期又受过不同时期及不同性质构造运动的改造,因之,岩体中则拥有复杂的构造遗迹。现在国内国外都称岩体为裂隙岩体,这是客观实际的正确反映。岩体中的裂隙成因不同,种类繁多,有的称为地质接触界面,有的称为地质分割面或不连续面。我们把岩体作为结构来看待,所以把这些地质界面统称之为结构面,被这些结构面切割而成的岩块或块体称为结构体。所谓岩体结构,就是结构面与结构体以不同形式的相互结合。它的特性或工程地质性质,视结构面及结构体的特性和组合特点的不同而不同。岩体是地质体的一部分,组成岩体的这些结构面及结构体,不论其成因如何、形状如何、体积大小如何、分布状况如何、性质如何,都是地壳长期运动变化的结果,所以不能静止孤立地来看待岩体,它仍随着地球运动而在不断地变化和发展的。与工程有关的工程岩体今后在地应力及工程作用力直接影响下,究竟如何变化,确是一个复

的主要任务。

作为建筑物基础和环境的岩体,在自然条件下和人工开挖后是否稳定,从来就是工程技术人员十分关心的大问题,亦是工程地质工作者应该回答和解决的大问题。

岩体稳定性是个相对概念。它所涉及的范围很广,工作内容很多,根据工程意图和工程勘测设计阶段的不同,可分为下列问题,逐步加以解决。

(一) 区域稳定性

区域稳定性,简言之,就是地壳运动的现代活动程度。就其活动方式来说,一类是大面积的掀斜或升降,它往往是长时间的缓慢的隆起或拗陷运动;一类是沿活动断裂的差异运动,往往伴随着不同能量的地震。对人类工程活动来说,活动断裂及其所赋予的地震,是区域稳定最重要的研究内容。在工程规划阶段,区域稳定性是首先要考虑的问题。一般来说,应尽量避免开地震活动区或地震危险带;而且在通常情况下,都要论证工程区断裂活动与地震发生的可能性以及邻区发生强烈地震对本区的影响程度。

地震的发生具有它特定的地质背景。一般说来,大的地震多集中在不同大地构造单元接壤地带的大断裂带上。所以,首先要分析工程区所处的大地构造部位,论证断裂带两侧的地质发展史以及断裂带两侧地貌的发育状态。重点应放在大断裂的特性上。

(1) 断裂带的延展性 断裂的空间分布,即断裂的延长方向和纵深发育情况。要搜集足够的地质区测资料和地震地质资料,加以充分论证,弄清是否为区域性深大断裂带。

(2) 断裂带的时间性 断裂带何时形成?应探讨它形成时的构造应力场和断裂组合特征及力学机制。

(3) 断裂的多期性 构造运动是多期的,从而往往导致断裂的复活再复活。这样,断裂带规模加剧,构造岩特性愈益复杂,工程地质特性有显著变化,这对岩体稳定必然产生巨大影响。

(4) 断裂的活动性 新构造运动,特别是晚近地壳运动,往往受基底断裂的控制,有时也能导致古老构造断裂的再复活,从而引起上覆最新沉积盖层的变形与破坏。这种现象有时不十分明显,但新的构造应力场,确对工程有直接的影响,特别是地下工程更为明显。

(5) 断裂的危险性 大量地震地质和观测测试工作,确定了我国地震危险区或带以及一些孕震断裂和发震断裂。根据历史地震和仪器观测,可以看出震中或震源所在部位大都与大断裂相伴生,并沿断裂带往返迁移,且有一定的周期性,对这样的断裂应予以足够的重视。

(二) 山体与地面稳定性

山体或地面稳定性的研究目的在于工程方案对比,以期选择合理的工程布署。研究

的重点为工程地质岩组的划分、褶皱断裂体系分析及大型软弱结构面的确定和它们的分布规律,它们是山体(或地面)结构的内在因素,也是山体(或地面)稳定的控制因素。同时还必须注意山体的主要物理地质作用和水文地质条件。一些巨型工程往往是多工程项目的组合,所以在布局时,应区别主体和辅助工程以及不同工程性质,加以合理安排。鉴于各类工程特点不同,具体评价方法亦不一样。

(1) 地下采矿所引起的地面变形 由于地下采空,或人工回填不实,或预留矿柱间距过大,都可导致采场顶板岩体变形、坍塌,导致地表变形、开裂、拗陷或坍塌。对这一类工程的评价是根据矿体埋藏条件、矿体几何形态与空间分布,来测定崩落角,划出崩落线,作为矿山地面工程布置与地下永久建筑物合理选择的论据。从岩体工程地质力学观点来看,崩落角的大小与岩体结构特性有着密切的关系。

(2) 地下化爆核爆试验引起的地面变形和破坏 通过地质效应分析,虽埋藏较深,但当量较大,往往影响地面的变形与开裂。这与爆心腔室烟囱气化带、熔化变质岩带、强烈挤压剪切带以及巷道严重坍塌区等规模有关。触地爆炸亦是如此。这些地面变形破坏影响范围的大小亦与岩体结构特性有着内在的联系。

(3) 地震引起的地面变形和破坏 地震震源深度与地震能量大小对地面变形破坏亦有明显的反映。在不同地貌单元与地质结构地区,地震效应是不一样的;就是同一地区,由于具体地质结构或岩体结构的不同,而变形破坏也是不均一的。一般也是断裂所制约,即沿断裂而复活。由于土体和岩体的结构不同,地震波传播特性就有显著的差异。所以工程所辖地区场地烈度划分,应在土体岩体结构类型划分的基础上进行。并对各种岩体类型分别进行物理学属性的测试,论证在地震作用下,它们的抗震性能,亦即地震效应。

这些年来,水库地震引起了人们广泛的注意。从工程地质学观点出发,主要考虑水库地震对地面的影响。所谓水库地震,即有些水库蓄水后,由于荷载的增加及水文地质条件的改变,地下水纵深循环的动力条件加剧,促使水库区构造应力场的应力发生变化,而在水库地区发生地震。世界各国已有 30 余处,有的地震烈度高达 VII—VIII 度,具有一定的破坏性。但是,目前世界上建成的大坝为数甚多,为什么有很多水库,坝体很高,库容很大,并不发生水库地震,而有些水库地震频繁,并持续时间很长。初步分析,与当地构造应力场处于极限状态有关,但蓄水激发也不能忽视。地下水的纵深运动与库坝区的地质结构及岩体结构是分不开的。

(三) 工程岩体稳定性

当工程位置确定之后,针对工程的特点与工程所辖部位,结合岩体结构特性及受力状态,分别进行岩体稳定分析。根据工程需要,布置勘探、测试及动态观测工作,以期提供稳定分析所需的边界条件及计算所需参数。在岩体结构分析基础上,确定可能滑移的岩