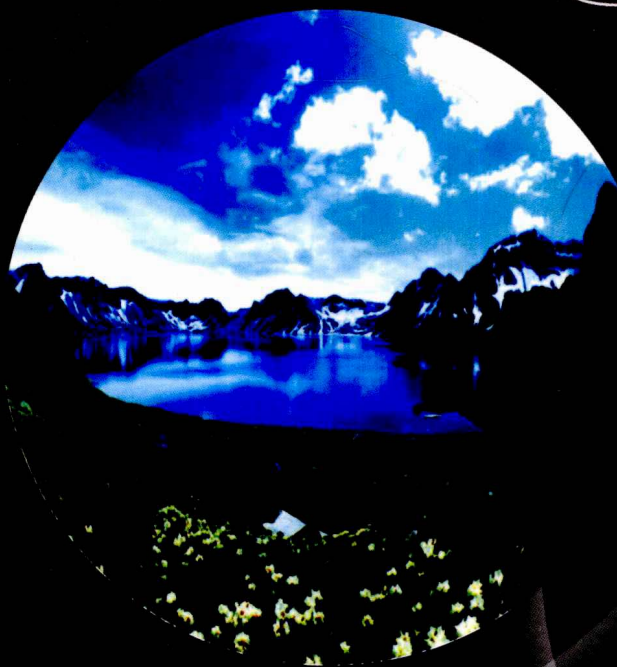




21世纪技术与工程著作系列·地质工程
地质工程江苏省重点学科建设项目

地质工程监测 预警理论与方法

吕建红 袁宝远 等 著



科学出版社
www.sciencep.com

21 世纪技术与工程著作系列·地质工程

地质工程江苏省重点学科建设项目



地质工程监测 预警理论与方法

吕建红 袁宝远 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统研究了地质工程监测与预警工程地质力学综合集成体系、地质工程监测与地质信息系统、地质工程监测信息管理与查询系统、地质工程监测不稳定先兆分析系统,以及基于神经网络的位移反分析、人工神经网络与遗传算法的监测信息预测、智能算法的监测信息预测研究、灰色神经网络组合算法的变形预测、模糊控制理论的变形控制研究、小波的时序改进法的监测信息预测等理论与方法,并应用于边坡、地基基础及深大基坑等地质工程实例。

本书可作为地质工程与岩土工程专业研究生的参考书,也可供相关领域的科研人员、工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

地质工程监测预警理论与方法/吕建红,袁宝远等著. —北京:科学出版社, 2010

(21世纪技术与工程著作系列·地质工程;地质工程江苏省重点学科建设项目)

ISBN 978-7-03-027163-1

I. 地… II. ①吕… ②袁… III. 工程地质-监测 IV. P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 059007 号

责任编辑:童安齐 / 责任校对:赵 燕

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 4 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2010 年 4 月第一次印刷 印张: 17 1/4

印数: 1—1 500 字数: 331 000

定价: 56.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137026 (BA08)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

地质工程失稳所造成的地质灾害危及人民的生命财产与工程安全,影响工程的建设,尤其是我国独特的地形地质条件及大规模工程建设,使得这一问题尤为突出,已引起世界各国的高度重视,地质工程监测预警与防治已成为工程建设的热点和关键科学技术难题。

地质工程由于岩体特性的不均匀性,地质构造的复杂性,勘测设计阶段不能完全搞清工程的地质模型。在各种力的作用和自然因素的影响下,地质工程的变形失稳机理复杂,在此基础上的地质工程初步设计和治理措施不能完全把握地质工程的工作性态和安全状况,需要依赖于有效的施工期监控进行及时的诊断、预警,达到动态设计、信息化施工,有效防治地质工程的变形失稳问题。因此,研究地质工程监测及预警的理论与方法具有重要意义。

全书共十四章。第一章总结了地质工程监测的研究意义、地质工程安全的因素,分析了地质工程监测工程地质力学综合集成体系;第二章介绍了地质工程监测地质信息系统体系和程序;第三章介绍了地质工程监测信息管理与查询系统体系和程序;第四章介绍了地质工程监测不稳定先兆分析系统体系和程序;第五章建立了基于BP神经网络的参数反分析理论与方法;第六章建立了基于人工神经网络基坑工程预测模型并应用于大型工程;第七章阐述了基于智能算法的监测信息预测研究方法 with 体系;第八章论述了基于灰色神经网络组合算法的变形预测模型和体系;第九章建立了基于模糊控制理论的变形控制的模型与方法;第十章阐述了基于小波的时序改进法的监测信息预测理论与方法;第十一章阐述了五强溪水电站左岸船闸边坡监测信息系统的建立与应用;第十二章介绍了锦屏一级电站左岸缆机平台边坡稳定分析与监测策略研究成果;第十三章介绍了润扬大桥地基基础安全监测与反馈研究工作与成果;第十四章介绍了润扬大桥南锚碇排桩冻结法基坑监测分析研究成果。

本书内容是作者多年来科研工作的总结,尤其是得到了国家自然科学基金“雅砻江水电开发联合研究基金”重点项目“岩石高边坡失稳的大型滑坡预警和防治(50539110)”的资助和江苏省长江大桥建设指挥部、国家电力公司中南勘测设计研究院等单位的大力支持,在此表示衷心的感谢!

本书由河海大学“地质工程——江苏省重点学科”建设经费资助出版。

本书共十四章,具体撰写分工为:吕建红(第二、三、五、八、九、十一章);袁宝远(第一、四、七、十二~十四章);朱旭芬(第六章);赵燕容(第

十章)。此外,在撰写本书过程中冯建伟、陈艳国、李爱国、王江做了大量工作,付出了辛勤劳动,在此对他们表示感谢。

由于作者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

前言

第一章 地质工程监测工程地质力学综合集成体系	1
1.1 地质工程监测研究意义	1
1.2 地质工程安全的因素	2
1.3 工程地质力学综合集成监测体系	6
第二章 地质工程监测地质信息系统	9
2.1 地质信息管理系统	9
2.1.1 地质数据计算处理	9
2.1.2 系统的基本结构	11
2.1.3 主控制屏幕	11
2.2 地质信息可视化查询分析系统.....	12
2.2.1 系统的总体结构	13
2.2.2 钻孔可视化模块	13
2.2.3 界面可视化模块	13
2.2.4 主控制屏幕	14
2.2.5 钻孔可视化屏幕	15
2.2.6 地质界面可视化屏幕	16
2.3 地质信息三维图形分析系统.....	16
2.3.1 地质界面空间插值	16
2.3.2 地质界面多项式拟合	16
2.3.3 地质体空间单元划分	17
2.3.4 系统的总体结构	17
2.3.5 单一结构面分析模块	17
2.3.6 地质空间单元划分模块	18
2.3.7 单元结构面分析模块	18
2.3.8 主控制屏幕	18
2.4 地质信息剖面分析系统.....	19
2.4.1 剖面地质界限点获得	19
2.4.2 剖面上地质界限线拟合	20
2.4.3 系统的总体结构	20

2.4.4	地质剖面生成模块	20
2.4.5	地质剖面编辑模块	21
2.4.6	地质剖面输出模块	21
2.4.7	主控制屏幕	21
第三章	地质工程监测信息管理与查询系统	23
3.1	地质工程监测信息管理系统	23
3.1.1	地质工程监测数据基本计算	24
3.1.2	数据库总体结构	26
3.1.3	主控制屏幕	27
3.2	地质工程监测信息可视化查询分析系统	28
3.2.1	大型地质工程监测信息数据特征	28
3.2.2	系统的总体结构	29
3.2.3	系统的功能模块	29
3.2.4	主控制屏幕	30
3.2.5	功能选择屏幕	31
3.2.6	图形报表屏幕	31
第四章	地质工程监测不稳定先兆分析系统	33
4.1	稳定程度分级	33
4.2	不稳定先兆分析方法	34
4.3	不稳定先兆分析判别参数的获得	34
4.4	地质工程不稳定先兆分析计算	35
4.4.1	位移速率及其增幅先兆分析	35
4.4.2	钻孔倾斜仪曲线形态先兆分析	35
4.4.3	单条裂缝先兆分析	36
4.4.4	项目先兆分析	36
4.4.5	地质工程整体先兆分析	36
4.5	系统的结构和功能	37
4.5.1	系统的整体结构	37
4.5.2	系统的功能模块	37
4.6	主要控制界面	39
第五章	基于 BP 神经网络的参数反分析	41
5.1	基于 BP 网络的位移反分析原理	41
5.2	BP 神经网络原理	42
5.2.1	引言	42
5.2.2	BP 网络模型的建立	43

5.2.3 BP网络的缺陷及改进	44
5.2.4 BP神经网络编程	45
5.3 均匀试验设计法	46
5.3.1 引言	46
5.3.2 均匀设计表的构造	48
5.3.3 均匀设计表均匀性的度量	49
5.3.4 均匀设计使用表的产生	50
5.4 基于BP网络的参数灵敏度分析	51
5.4.1 基于BP网络的参数灵敏度分析原理	51
5.4.2 参数灵敏度的计算步骤	53
5.5 基于BP神经网络的参数反分析实例	53
5.5.1 正分析模型的建立	53
5.5.2 BP网络学习样本的构造	55
5.5.3 位移反分析结果	61
5.5.4 参数灵敏度分析结果	62
第六章 基于人工神经网络基坑工程预测模型	71
6.1 概述	71
6.2 基于横向推广的神经网络建模	71
6.3 基于时间序列的神经网络建模	72
6.3.1 基于时间序列的神经网络建模原理	72
6.3.2 神经网络预测	73
6.4 神经网络多步预测建模	74
6.4.1 多步预测建模原理	74
6.4.2 多步滚动预测技术	74
6.5 基于时间序列上的基坑变形预测的应用	75
6.5.1 基坑变形的影响因素分析	75
6.5.2 预测步长的确定	76
6.5.3 样本构成	76
6.5.4 建立神经网络模型	77
6.5.5 预测成果分析	77
6.6 基于横向推广的神经网络支撑轴力预测的应用	80
6.6.1 支撑轴力的主要影响因素分析	81
6.6.2 样本构成	83
6.6.3 建立神经网络模型	83
6.6.4 结果分析	83

第七章 基于智能算法的监测信息预测研究	85
7.1 监测信息预测问题的神经网络建模	85
7.1.1 BP 网络输入输出确定	85
7.1.2 BP 网络样本构成	86
7.1.3 BP 网络结构确定	86
7.1.4 BP 神经网络模型整体构成	87
7.2 基于遗传算法的 BP 神经网络 (GABP) 预测	89
7.2.1 GA 确定 BP 网络初始权值及阈值	89
7.2.2 南锚深基坑排桩位移 GABP 网络预测	94
7.3 基于模拟退火法的 BP 神经网络 (SABP) 预测	95
7.3.1 SA 确定 BP 网络初始权值及阈值	96
7.3.2 南锚深基坑排桩位移 SABP 网络预测	96
7.4 基于变尺度混沌优化的 BP 神经网络 (MSCBP) 预测	100
7.4.1 MSC 确定 BP 网络初始权值及阈值	100
7.4.2 南锚深基坑排桩位移 MSCBP 网络预测	100
7.5 预测成果分析	104
第八章 基于灰色神经网络组合算法的变形预测	107
8.1 概述	107
8.2 灰色系统的基本理论	108
8.2.1 灰色模型建模机理	108
8.2.2 GM (1, 1) 模型	109
8.3 人工神经网络的基本原理	110
8.4 灰色神经网络组合预测方法	112
8.4.1 串联组合方式预测	112
8.4.2 利用神经网络增强灰色系统	113
8.5 灰色模型和灰色神经网络串联算法变形预测实例	114
第九章 基于模糊控制理论的变形控制	119
9.1 模糊逻辑理论概述	119
9.2 模糊控制的数学基础	120
9.2.1 模糊集合的运算及其性质	121
9.2.2 模糊集合隶属度函数的建立	121
9.2.3 常用的隶属度函数	122
9.2.4 建立隶属度函数应遵循的原则	123
9.2.5 模糊逻辑与模糊推理	124
9.3 深大基坑变形的模糊控制系统	125

9.3.1 变形控制指标	125
9.3.2 变形控制标准确定	125
9.3.3 控制变形的手段	126
9.3.4 变形模糊控制系统的实现	127
9.4 模糊推理系统在 MATLAB6.5 中的实现	130
9.5 基坑施工变形的模糊控制	132
9.5.1 变形控制标准的确定	132
9.5.2 变形模糊控制与动态设计	135
第十章 基于小波的时序改进法的监测信息预测	138
10.1 信号的小波降噪	138
10.2 信号的小波包降噪	139
10.3 小波变换在信号特征检测中的应用	139
10.4 变形监测信息的小波降噪	140
10.5 基于小波技术的监测数据动态预测	144
10.5.1 引言	144
10.5.2 小波改进时间序列的基坑支撑轴力动态预测	145
10.5.3 小波改进 BP 神经网络的基坑支撑轴力动态预测	150
第十一章 五强溪水电站左岸船闸边坡监测信息系统	152
11.1 工程概况	152
11.2 枢纽工程地质	152
11.3 边坡监测系统	154
11.3.1 监测目的和布置原则	154
11.3.2 变形监测	154
11.3.3 应力应变监测	155
11.3.4 地下水	156
11.4 边坡监测信息管理系统的建立和使用	156
11.4.1 系统中的监测项目	156
11.4.2 系统中项目结构	157
11.4.3 监测信息管理系统的應用	171
11.5 边坡监测信息可视化查询分析	172
11.5.1 可视化查询分析系统的建立	172
11.5.2 边坡监测信息可视化查询分析结果	173
11.6 边坡不稳定先兆分析	173
11.6.1 测点先兆参数	173
11.6.2 项目先兆参数	174

11.6.3	边坡先兆参数	174
11.6.4	边坡各先兆类型的基本建议	174
11.6.5	边坡先兆分析主要结果	176
第十二章	锦屏一级电站左岸缆机平台边坡稳定分析与监测策略	177
12.1	左岸缆机平台边坡工程地质条件	177
12.1.1	基本地质条件	177
12.1.2	岩体结构面分级	178
12.1.3	岩体结构类型的划分	180
12.1.4	岩体及结构面强度参数选取	181
12.2	缆机平台边坡破坏模式分析	181
12.2.1	岩质边坡可能的破坏形式	182
12.2.2	缆机平台边坡破坏模式的地质判断	183
12.3	楔形体边坡性稳定影响因素分析	184
12.4	应力变形规律分析	186
12.4.1	初始应力场分析	186
12.4.2	位移计算成果	188
12.4.3	应力计算成果分析	194
12.4.4	塑性区分布	196
12.4.5	边坡潜在失稳机理评价	197
12.5	边坡安全监测策略	197
12.5.1	边坡监测的目的	197
12.5.2	信息化监测的设计原则	198
12.5.3	监测内容与方法	199
12.5.4	监测点布置方法	200
12.5.5	监测系统总体布置	201
第十三章	润扬大桥地基基础安全监测与反馈	203
13.1	工程概况	203
13.1.1	基础工程概况	203
13.1.2	工程地质概况	204
13.1.3	塔基稳定研究与安全监测思路	205
13.1.4	锚碇基础稳定研究与安全监测思路	206
13.2	地基基础安全监测方案	208
13.2.1	南锚碇地基基础监测布置	208
13.2.2	北锚碇地基基础监测布置	209
13.2.3	南汉南塔地基基础监测布置	209

13.2.4	南汊北塔地基基础监测布置	210
13.2.5	北汊南塔地基基础监测布置	210
13.2.6	北汊北塔地基基础监测布置	211
13.3	地基基础监测及成果分析	214
13.3.1	南汊桥南锚碇	214
13.3.2	南汊桥北锚碇	219
13.3.3	南汊桥南塔	224
13.3.4	南汊桥北塔	227
13.3.5	北汊桥南塔	227
13.3.6	北汊桥北塔	230
13.4	结论与建议	232
第十四章	润扬大桥南锚碇排桩冻结法基坑监测分析	235
14.1	工程概况	235
14.2	工程地质与水文地质条件	239
14.2.1	工程地质	239
14.2.2	水文条件	240
14.3	现场监测系统	240
14.4	基坑监测数据分析	244
14.4.1	冻胀力随时间变化的分析	244
14.4.2	冻胀力随空间变化分析	248
14.4.3	支撑轴力变化分析	252
14.4.4	排桩钢筋应力变化分析	256
14.4.5	排桩水平位移变化分析	260
14.5	基坑施工监测反馈	262
参考文献		263

第一章 地质工程监测工程地质力学综合集成体系

1.1 地质工程监测研究意义

地质工程^[1~5]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建筑工程。它是建筑工程中的重要组成部分。它以岩土地基、岩土边坡、岩土围岩等主要形式形成建筑物,或与结构物组成各种形式的建筑物整体。地质工程主要包括边坡工程、地下洞室工程、地基及基础工程和基坑工程等。

大型、超大型工程及其基础的设计、施工和运行虽然已经积累了丰富的实践经验,但由于其规模较大,难免存在一些不确定因素。

(1) 岩土体由于其复杂的地质成因和经受过复杂的地质变化,使其成分和结构具有很强的不均匀性、各向异性及不连续性。岩土体成分和结构的不均匀性、各向异性及不连续性决定了岩土体力学性质的复杂性。有限的工程勘探和岩土试验取得的力学参数反映的岩土体力学性质难免与岩土体的实际力学性质存在偏差,而且这些偏差存在不确定性。

(2) 其结构的复杂性导致其应力分布的复杂性。构筑物应力分布的复杂性决定了计算的应力分布与实际的应力分布难免存在偏差,这种偏差存在着不确定性。

(3) 自然环境和人类活动对工程构筑物的影响是设计中不可忽视的因素,如风、地震、天气、洪水、交通运输等,这些因素具有突发性和不可预测性,这些因素产生的荷载更具有不确定性和复杂性。

不确定因素的存在,即使采用保守的设计标准,仍难完全避免在某些部位发生局部变形和局部破坏,影响基础工程的稳定性。而大型、超大型工程一旦不测,损失惨重。所以,通过对工程进行安全监控,随时掌握工程的稳定状况,及时发现不稳定因素,及时采取安全措施,是保证工程安全运行的必备措施。

建筑物建造在地质构造复杂、岩土特性不均匀的地质体上或其内部,在各种力的作用和自然因素的影响下,其工作性态和安全状况随时都在变化,如果出现异常,又不被我们及时掌握这种变化的情况和性质,任其险情发展,其后果不堪设想,如能在事前运用必要的有效观测手段对这些工程进行监测,及时发现问题,采取有效的措施,上述灾难就可避免。

使用观测仪器和设备对建筑物进行长期和系统的监测,具有诊断、预测、法律和研究等方面的作用。诊断的作用包括验证设计参数改进未来的设计,对新的施工技术以及优越性进行评估和改进,对不安全迹象和险情的诊断并采取措施进行加固,以及验证建筑物运行处于持续良好的正常状态。预测的作用,主要运用长期积累的观测资料掌握变化规律,对建筑物的未来性态做出有效的预报。法律的作用是对由于工程事故面引起的责任和赔偿问题,观测资料有助于确定其原因和责任,以便法庭做出公证判决。研究的作用是指观测资料是建筑物工作性态的真实反映,为未来设计提供定量信息,可改进施工技术,利于设计概念的更新和对破坏机理的了解。正是这些作用,各国都很重视安全监测工作,使其成为工程建设和管理工作中极其重要的组成部分。

一般情况下,监测的目的包括:

(1) 监测的基本的和最重要的目的是提供用于控制和显示各种不利情况下工程性能的评价和在施工期、运行初期和正常运行期对工程安全进行连续评估所需要的资料。

(2) 修改工程设计。监测除表明工程的“健康状况”外,研究监测工程状况的累积记录有助于对工程设计进行修改,并通过观测数据与理论上和试验中预测的工程特性指标进行比较,以便了解设计的合理程度。

(3) 改进分析技术。工程设计一般需要根据岩土、材料特性和结构性能的保守假设来进行严密而复杂的力学分析。这些假设是用来规定设计中的“未知数”或不定值。监测提供的资料及各种因素对工程运行性能影响的评价,将有助于减少这些未知数,从而可以进一步完善和改进分析及工程试验,从而使未来的各种设计参数的选择更加趋于经济、合理。

(4) 提高人们关于各种参数对工程性能影响的认识。岩土体成分和结构的不均匀性、各向异性及不连续性决定了岩土体力学性质的复杂性,加上自然环境因素等的影响,人们在认识上尚有一定的局限性,必须借助监测手段进行必要的补充。

1.2 地质工程安全的因素

地质工程安全的因素,概括起来可以表述为地质工程的自然条件是安全的基本因素;地质工程设计、施工和运行水平与质量的等工程条件是安全的工程因素;贯穿在工程设计、施工和运行始终的安全监测,应该是工程安全的保障因素。

1. 安全的基本因素

地质工程安全的自然条件包括地质工程自身固有的工程地质条件和与其所处的自然环境有关的外部物理事件。这些条件对地质工程而言,有安全的因素,也有危险的因素。从对地质工程安全而言,应对这些自然因素有全面的认识和准确的预测。这些主要因素包括以下几个方面。

1) 地应力

地应力是地质体中已存在的应力。一般情况下,地应力很大的地区,对岩土体稳定不利;地质工程均应仔细考虑地应力状况,主要通过实测地应力状态,观测地应力变化,计算分析地应力场,为地质体稳定分析提供依据。

2) 地质体结构

岩体常为节理面、层面、片理面、断层等结构面所分割,土体也同样有荷分层、透镜体、裂缝利滑移面。这些结构面的强度较低,是影响岩土体稳定的主要因素之一。这些软弱结构面常常有很多组,各组的特点不同,即间距、连续性、宽度、充填情况、强度、成因、组合关系都不同,这种不均一性和不利的组合就是危险的因素。这些因素又常常与岩体应力、地下水互相影响加重危险程度,在工程建设中要分辨这些因素对岩土体稳定的影响程度,确定岩体结构类型,然后决定工程的设计、施工和运行控制的安全度。

3) 地质体的力学性质

地质体强度和变形指标是影响地质工程稳定的主要指标。一般情况下,岩土体结构的状态是控制性的;在有利的结构状态下,结构体的强度为控制性的因素。因此,岩土体力学属性不同,稳定性不同,力学分析方法也不同。岩土体强度和变形实测值的真实性和代表性,将直接影响工程安全的工程条件。

4) 地下水

地下水的存在及其活动常使岩土体的稳定性恶化;地质工程形成新的渗流场,岩土体受到场力作用失稳。地下水使岩土软化,强度降低,对软岩尤为明显。对于有软弱结构面的岩体,会使弱面夹层加速侵蚀及泥化,减少层间摩擦力对于承受内水压力的水工洞室,内水外渗也可能引起山体失稳。因此,地质工程设计、施工和运行时,对地下水的动态和影响必须充分考虑。

5) 地质工程的环境因素

与地质工程所处的自然环境有关的外部物理事件,主要有地震、水文、气象、地层错位等。自然地震活动以及爆破等诱发的振动,河流及其他地表径流的侵蚀,冻胀,各种风化作用等,是通过岩土体内部起破坏作用的,通常是不可抗拒的因素。因此,地质工程应根据测定的作用强度为依据,通过工程条件提高安全度。

2. 安全的工程因素

地质工程的工程措施是地质工程安全的工程因素。它通过设计、施工、运行来体现。工程设计的总体布置和体型设计主要取决于对自然条件的分析,地基的选线,地下工程位置和长轴方位的决定,合理的边坡角的确定都需要正确的岩土体稳定分析才能做出合理的安全度设计。符合实际的依据和可靠的方法是地质工程安全的设计因素。

工程安全的施工条件包括工程的形状、大小、施工程序和施工方法,例如爆破法还是非爆破法,全断面开挖还是分层分段开挖等。此外,还包括施工组织的好坏,如及时加固还是没有及时加固等。尤其在自然条件较差的地区,施工条件将对岩土体稳定起重要作用,及时地根据施工过程中暴露出来的事先未预计到的问题进行修改设计,也是地质工程安全的重要工程因素。

工程运行条件是指正常运行和运行偏离值与设计值之差,对工程安全的影响情况,如载荷的循环形式、人为的振动、超载情况、维护水平和质量、运行组织的好坏,以及工程老化度的判断等,都是工程安全的运行因素。

3. 安全的保障因素

一般认为,地质工程的安全不仅取决于自然因素和工程因素,而且取决于贯穿在工程设计、施工以及整个工程寿命内对其实际状况监测的因素。合理的监测可以获得作为工程安全状况的正确评估,还可以改进分析方法和试验技术,使未来的设计、施工和运行更好、更安全。为了保证工程的安全,有必要对工程的性态进行连续监测。这种必要性已被所有国家承认和接受,并都在为创建一个良好的监测条件而努力。在当前的技术和设备的基础上,一个能够确保地质工程安全的监测需具备以下几方面条件。

科学地选择地质工程安全监测的方法和分析安全的整体方法,充分利用已有的先进技术,避免已投入运行或将来要修建的工程所构成的危险。从观测仪器、数据传送和处理系统来讲,要有可靠性、精确性和测量数据采集速度的保证。在测量结果的记录、比较和评价以及远距离传送方面也要有一定的水平。

建立正确的监测系统。不论是施工阶段还是运行阶段,监测系统必须能查明工程的性态是否与设计预测的一致。只要这种一致性存在,就表明工程具有设计时由设计人员规定,并经管理部门核准的安全度。如果在施工和运行期间,岩土工程性态与设计预测的性态有很大的偏离,此时监测系统应能揭示各种现象,并将其与所有对工程安全有影响的参量联系起来,为工程校核和修改设计提供依据。

确定工程安全和危险程度的最适宜时间应是设计阶段的开始。为了避免施工

和运行中对工程安全的主观分析,应由监测系统通过监测来解决。在设计阶段应确定参照模型,给出观测参量及其变化范围。这些监测参量不仅要包括与建筑物和工程有直接关系的参量,而且还要包括决定环境和运行状况的参量。对设计没有遵循上述准则的已有工程来说,运行监测不能参照设计阶段确定的模型。对这些工程进行校核或修改设计不仅是可能的,也是必要的。可以采用“后验的”监测准则,这要根据用统计方法对工程性态观测结果所做的分析及其全面评价来确定。

地质工程监测工作要有确定的监测准则^[5]。对于地质工程性态的监测,已有两个基本准则(可以替换的或互补的)被确认,它们运用于正在设计的或施工的工程,也适用于已有的和运行中的工程。一个监测准则是将监测的工程性态与设计确定的分析模型预测值进行对比,这种比较是通过分析一组描述工程现在性态的物理量来实现的。预测值和与相应运行条件有关的允许偏离值均得自模型。因此,必须观测最能说明工程性态特征的参量,以及那些能说明外部条件的参量。最需要将这些参量引入参照模型,以便得出与观测结果相比较的关系。另一监测准则是将一组重要的观测结果与工程历年取得的相应值进行统计性的比较。换句话说,就是需要证实:能够说明工程性态的变量以及有关环境和运行条件的变量是否在以前观测值范围之内,并且是否相互保持一致。如果取得的参量组很大,并能及时充分地扩大,足以重建一个工程性态的经验模型,那么这个监测准则实质上与前一准则相似。统计准则的重要性和效能,随工程寿命的延长而增大,它能验证设计模型和用以确定模型的参数。上述监测准则在当前都是适用的,实际上也是有效的,可以作为评定工程安全的既合理又客观的工具,用于各类型的地质工程。

不管观测准则如何,监测系统的结构及数据采集和处理方法,都应满足一定的先决条件,而且应当是实用合理的。这一点可以通过发展观测设备、改进信息传递和处理手段来实现。监测系统的基本先决条件是观测的速度和频度与被观测的现象的演变速度之间要协调一致;在这方面,用自动化的数据采集方法代替人工方法,用电子数据系统代替机械式图表记录系统,可以对演变特别迅速的现象(如地震现象、弹性变形释放等)及其影响进行跟踪。监测系统的另一个基本条件是能同时全面地考虑观测结果分析和比较的全过程。实际上,分析工作的依据应是全部观测到的参量(其一致性可预先确定),而不是个别变量或某些变量组。还有一个现在能够实现的条件是能把观测与数据处理、分析之间的时间间隔限制在最小值(几乎为零)之内。

根据上述准则建立的监测系统具有灵活性,能在一个可以忽略的时期内,根据实际性态的观测及其分析,完成监控程序,从而几乎消除了监测程序中最不利的固有局限性。