

黄志全
王晓睿

编著

软弱隧道塌方机理及 治理技术研究



科学出版社

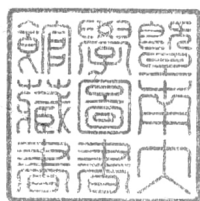
U458.3

20131

阅 览

软弱隧道塌方机理及治理技术研究

黄志全 王晓睿 编著



科学出版社

北京

内 容 简 介

根据工程实际,本书对洞口地段,浅埋隧道,城市暗挖隧道,扁平、大跨度隧道,偏压隧道等特殊类型的施工坍塌处理技术进行了分类研究;对通过松散地层、岩堆体、断层等特殊地段的软弱地层隧道防塌技术进行了针对性研究;对提高土层和低强度岩层承载力的方法进行了研究,同时对防坍量测及地质超前预测预报技术进行了说明。最后,本书结合成渝高等级公路、十漫高速等大量隧道塌方实例,对防坍塌施工技术和坍塌加固施工技术进行了讨论和例证。

本书可供高等院校岩土工程专业的高年级本科生、研究生,以及从事岩土工程研究的工程技术单位科技技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

软弱隧道塌方机理及治理技术研究/黄志全,王晓睿编著. —北京:科学出版社,2012

ISBN 978-7-03-035763-2

I. ①软… II. ①黄…②王… III. ①隧道工程-塌方-事故处理
IV. ①U458.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 244521 号

责任编辑:杨向萍 陈 婕 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:张 倩 / 封面设计:陈 敬

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>

骏 杰 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 10 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2012 年 10 月第一次印刷 印张:11.5 插页 8

字数:220 000

定价:68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(骏杰))

前 言

近年来,在公路、铁路、水工隧道或者水电站地下洞室的施工过程中,因复杂的地质条件和施工工况,由不良地层或地下水影响或爆破扰动等因素引起的隧道塌方、涌水、岩溶塌陷等地质灾害较为多见,形成了严重的安全事故,给国家和人民的生命财产造成了巨大损失。

岩体作为一种经历地质构造运动的变形与破坏,包含各种结构面的复杂地质体,在某个初始应力状态下处于一定的平衡状态。隧道的开挖打破了上述平衡状态,使围岩发生卸荷回弹和应力重分布。如果围岩足够坚固,不会因卸荷回弹和应力状态的变化而发生显著的变形和破坏,那么开挖出的隧道就不需要采取任何加固措施而能保持稳定。但是,有时或因隧道围岩应力状态的变化大,或因岩体强度低,围岩适应不了回弹应力和重分布应力的作用而丧失稳定性。当隧道的开挖随着隧道掘进面向前推进时,隧道围岩的破坏因隧道开挖卸荷而产生围岩应力重分布和岩体的应变软化渐进。隧道开挖时,因土压等作用 and 地层出现临空面后的应力调整,在软弱围岩内产生裂缝或破坏,或者因围岩内已有的层理和节理等松弛、剥离,岩石和泥沙等发生大量坍落的现象称为塌方。塌方是和剥落相类似的现象,但塌方的规模比剥落大。

塌方过程大致为:开挖→围岩塑性变形→支护过大变形→支护局部破坏→支护与围岩破坏失稳→塌方。隧道开挖时、开挖后、施工支护后,甚至在衬砌之后,都可能发生隧道塌方。

随着现代计算机技术与岩土本构关系研究的深入,计算技术与数学方法的介入,我们有可能对地下工程的一些问题进行分析与研究。但围岩的工程特性到底是什么,如何描述,它与人工支护体的相互作用特征怎样?这些基础问题至今仍然困扰着我们,仍未得到解决。目前,虽然计算技术与数值分析方法的发展为我们提供了较为先进的理论基础和分析手段,但地下工程基础理论的研究尚处于探索阶段,因此对于隧道塌方技术机理及其防治技术的理论研究也一直是工程实践中的难点。

本书以岩石力学基本理论为基础,首先对隧道工程的特点进行了分析,对围岩稳定分析存在的问题及方法进行了思考和讨论,同时根据相关文献对隧道坍塌的分类进行总结,分别根据塌方发生速度与机制的不同以及塌方的位置、塌方形态、塌方发生机理的不同,按控制因素、诱发因素、塌方形态因素、机理因素等进行分型归类研究,对塌方的规模划分和典型形式也进行了详细介绍,同时配以大量图例进

行说明。

此外,本书对隧道围岩大变形形成机理和黄土的塌方机理进行了分析研究,对因不良地质条件、地下水、设计或施工因素或爆破扰动影响引起的隧道塌方机理进行了讨论,还对软弱隧道塌方原因,易形成塌方地形、地貌、地质条件,以及隧道进出口边仰坡稳定与地形、地貌的关系进行了讨论。

本书得到了国家自然科学基金项目(41140030)、郑州市创新型科技人才培育计划领军人才项目(10LJRC185)的资助,在此表示感谢!

限于作者水平,书中难免存在不妥之处,敬请读者指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 隧道工程的特点	4
1.2 围岩稳定分析及支护设计方法	5
1.3 对围岩稳定分析存在的问题及方法的思考	6
第 2 章 软弱隧道塌方分类及塌方机理	9
2.1 隧道坍塌分类	9
2.1.1 按控制因素	9
2.1.2 按诱发因素	11
2.1.3 按塌方形态因素	12
2.1.4 按机理因素	12
2.2 规模与基本形式	14
2.2.1 塌方规模	14
2.2.2 塌方形式	15
2.2.3 塌方现象与规模	20
2.2.4 典型塌方事例	20
2.3 隧道塌方研究方法	22
2.3.1 物理模拟	22
2.3.2 数值分析	22
2.3.3 围岩坍塌与围岩强度、埋深关系	23
2.4 隧道塌方机理	24
2.4.1 岩体塌方机理	24
2.4.2 隧道围岩大变形形成机理	26
2.4.3 黄土塌方机理分析	28
第 3 章 软弱隧道塌方原因分析	31
3.1 不良地质条件原因	31
3.1.1 不良地质构造	31
3.1.2 软弱围岩大变形	31
3.1.3 不利的地形、地貌因素	33
3.2 地下水因素	33

3.3 设计或施工因素	34
3.3.1 设计不当	34
3.3.2 施工不当	35
3.4 爆破扰动影响分析	38
第4章 易形成塌方地形、地貌和地质条件	40
4.1 一般地质条件下易形成塌方地形、地貌及地质条件	40
4.1.1 岩浆岩、沉积岩和变质岩	40
4.1.2 断裂构造地貌	41
4.1.3 黄土地貌	43
4.2 不良及特殊地质下易形成塌方地形、地貌及地质条件	46
4.2.1 滑坡地貌	46
4.2.2 岩堆地貌	49
4.2.3 岩溶地貌	50
4.2.4 冻土地貌	51
4.2.5 采空区、地面沉降及地下有害气体	53
4.2.6 膨胀岩土	55
4.2.7 隧道偏压	57
4.3 隧道进出口边仰坡稳定与地形、地貌的关系	58
4.3.1 隧道洞口边仰坡施工中易出现塌方滑坡的地形、地貌单元	58
4.3.2 影响隧道洞口边仰坡稳定的因素	59
第5章 隧道坍塌处理技术	61
5.1 隧道洞口地段防坍技术	62
5.1.1 洞口及洞口段工程地质特点	63
5.1.2 隧道洞口段施工防坍技术措施与预加固方法	63
5.1.3 防止洞口滑坡塌方技术方案	64
5.1.4 不良地质条件下隧道洞口段防坍技术措施与施工参数	64
5.2 浅埋隧道防坍技术	67
5.2.1 浅埋隧道的界定	67
5.2.2 浅埋隧道防坍技术要点	67
5.3 暗挖隧道施工防坍技术	70
5.3.1 暗挖隧道工程与力学特征	70
5.3.2 暗挖隧道施工防坍技术要点	70
5.3.3 暗挖隧道施工防坍技术措施	71
5.3.4 施工参数	76
5.4 扁平、大跨度隧道防坍技术	79

5.4.1 软弱围岩中扁平、大跨度隧道施工防坍技术要点	79
5.4.2 扁平、大跨度隧道防坍技术措施	80
5.4.3 施工参数	81
5.5 偏压隧道防坍技术	83
5.5.1 偏压隧道施工防坍技术要点	83
5.5.2 偏压隧道施工防坍技术措施	84
5.5.3 施工参数	85
第6章 软弱地层隧道防坍技术	88
6.1 隧道通过松散地层的防坍技术	88
6.1.1 松散地层防坍技术要点	88
6.1.2 防坍方法	88
6.1.3 技术措施	89
6.2 隧道通过岩堆体的防坍技术	90
6.3 隧道通过断层的防坍技术	91
6.3.1 断层塌方简述	91
6.3.2 断层的工程地质特征	92
6.3.3 隧道通过断层防坍技术要点	92
6.3.4 隧道通过断层的防坍技术措施	93
6.3.5 施工参数	95
6.3.6 量测重点项目	96
6.4 提高土层和低强度岩层承载力的方法	97
6.4.1 土层和低强度岩层特征	97
6.4.2 承载力提高方法	97
6.4.3 有关注意事项	98
6.5 特殊地层的防坍技术	99
6.5.1 关于特殊地层的界定	99
6.5.2 膨胀岩防坍技术	100
6.5.3 岩溶、溶洞防坍技术	103
6.5.4 黄土隧道防坍技术	108
6.5.5 高地应力软弱围岩的防坍技术	111
6.5.6 流沙、突水、突泥地层防坍技术	113
6.6 防坍基本经验和基本原则	119
6.6.1 防坍四条基本经验	119
6.6.2 防坍基本原则	119

第7章 防坍量测及地质超前预测预报	123
7.1 地质超前预测预报	123
7.1.1 预测塌方常用的方法	124
7.1.2 合理选择实用的地质超前预测预报方法	127
7.2 地质条件可能变坏和塌方的预兆	130
7.2.1 掌子面及其附近现象	130
7.2.2 经验预报	130
7.2.3 支护变形或破坏	130
7.2.4 洞口地段和浅埋地段塌方预兆	131
7.2.5 使用仪器、仪表监测到的变形值显示塌方预兆	131
7.3 防坍量测	132
7.3.1 量测目的	132
7.3.2 主要量测内容	132
7.3.3 量测项目	133
7.4 处理方法	135
7.4.1 量测结果的判断	135
7.4.2 量测结果数据的处理方法	137
7.4.3 根据量测结果采取的对策	138
第8章 工程实例	140
8.1 成渝高等级公路缙云山隧道	140
8.1.1 塌方的情况	140
8.1.2 塌方发生的原因	140
8.1.3 塌方的处理措施和步骤	141
8.2 赣定高速谷山隧道	141
8.2.1 工程概况	141
8.2.2 塌方的发生	142
8.2.3 下沉原因分析	142
8.2.4 下沉段的整治	142
8.2.5 后期施工下沉的预防措施	144
8.2.6 软弱围岩施工要点总结	144
8.3 石牙山隧道苍梧端左洞塌方处治技术研究	145
8.3.1 工程概况	145
8.3.2 水文地质概况	145
8.3.3 工程设计概况	145
8.3.4 施工概况	146

8.3.5 塌方情况	146
8.3.6 塌方原因分析	147
8.3.7 塌方处治措施	147
8.4 浅埋软岩隧道加固施工技术研究	149
8.4.1 工程概况	149
8.4.2 洞口长管棚超前预加固	150
8.4.3 地表高压旋喷桩加固	151
8.4.4 地表注浆加固	152
8.4.5 洞内超前小导管注浆加固	154
8.5 李师关隧道进洞坍塌加固施工技术研究	156
8.5.1 工程概况	156
8.5.2 事故情况简介	156
8.5.3 第一阶段塌方事故及处理措施	157
8.5.4 第二阶段塌方事故及处理措施	162
8.5.5 施工工序	167
8.6 总结	167
参考文献	170
彩图	

第 1 章 绪 论

近年来,在建造公路、铁路、水工隧道或者水电站地下峒室时,因复杂的地质条件和施工工况,在施工过程中遇到的围岩稳定性问题日益突出,稍有不慎或处理不当,都会造成严重事故,给国家和人民的生命财产带来巨大损失。

隧道的特点是断面大、地质条件复杂,隧道掘进面前方和洞身的不良地层条件极易引起隧道塌方、涌水、岩溶塌陷等地质灾害。其中,塌方是隧道施工中最常见的灾害现象之一,是因围岩失稳而造成的突发性坍塌、堆塌和崩塌,常会造成严重的安全事故。塌方已成为造成工期延误、生命财产损失和隧道运营的一个重要安全隐患。

例如,在 1984~1997 年,日本在隧道施工中死亡的 220 人中,因塌方而造成的死亡占 26%^[1]。成渝高等级公路中梁山隧道与缙云山隧道开挖不到一年共发生较大坍塌 8 次,严重延误了项目的建设工期^[2,3],其中缙云山隧道在施工过程中曾先后发生 5 次较大规模的塌方,以 1992 年 7 月 11 日发生的 4 号塌方最大,坍塌高度为 18~25m,塌方量达 4000~5000m³^[4]。云南元(江)磨(黑)高速公路大风垭口隧道长 3000m,曾塌方 20 余次,因隧道涌水,最大的一次塌方造成隧道后方初期衬砌结构的破坏,延误工期 3 个月。1996 年 2 月 28 日,位于福建省境内国道 104 线的飞鸢岭隧道发生冒顶大型塌方,地表形成 9.0m×100.0m 的凹形漏斗,塌方高度达 32.0m,塌方量为 3760m³,塌方处理耗时两个月^[5]。京珠高速公路靠椅山隧道发生的“通天”塌方,使地表出现一个长 71m、宽 51m、深 21m 的大坑,塌方量约超过 20000m³,在隧道内形成长达 188m 的塌体,其中有 60 余米全被塌体阻塞,并有 22 人被堵在洞内,隧道被迫停工^[6]。2011 年 7 月 18 日,辽宁省大连市在建的一隧道工地上发生了重大坍塌事故,12 名工人被阻隔于隧道内,生命安全受到极大威胁(图 1.1~图 1.3)。

山岭隧道所处的工程环境千变万化,从目前发生的塌方事故看,许多是由一些特殊的工程地质条件引起的。例如,隧道穿越断层破碎带时,由于围岩稳定性差,容易发生塌方事故。2005 年 10 月 29 日,诸永高速公路乌竹岭隧道右洞在穿越断层破碎带 F₈ 时发生特大塌方事故,开挖台车全部被压毁,塌方体在洞内延伸 20 多米,塌方处理时间达半年之久,严重延误了隧道建设工期。另外,在隧道进出洞口段,由于第四系松散覆盖层比较厚,也容易引发塌方事故。2006 年 4 月 19 日,位于诸永高速公路金华段的马鞍山隧道在出洞口发生冒顶塌方事故,延误工期 7 个月,使工程投资大大增加。2008 年 1 月 27 日,黄衡南高速公路大枫坑口隧道在进



图 1.1 大连市在建南山隧道坍塌正面截图

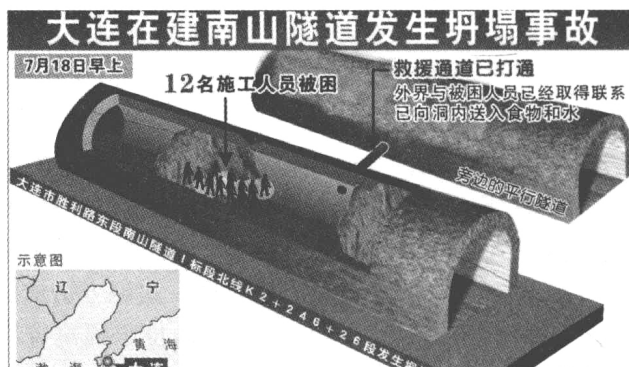


图 1.2 大连市在建南山隧道坍塌示意图



图 1.3 大连市在建南山隧道坍塌救援图

注:图 1.1~图 1.3 来自新华网。

洞口发生塌方事故,严重影响了施工进度。

塌方是指围岩失稳而造成的突发性坍塌、堆塌、崩塌等破坏性地质灾害,常发生于断层破碎带、膨胀岩(土)第四系松散岩层、不整合接触面、侵入岩接触带及岩体结构面不利组合地段^[7]。自然地质条件的复杂性和其他各种不确定性因素的影响,使得塌方的发生机理不甚明朗。许多国内外学者已对塌方机制及其防灾方法开展相关研究,可归纳为以下6个方面:

- (1) 塌方的调查与统计及影响因素分析。
- (2) 塌方机制的模拟研究。
- (3) 塌方机制的非线性理论研究。
- (4) 围岩分类研究。
- (5) 塌方预测研究。
- (6) 塌方治理方法研究。

隧道塌方破坏属于地下工程的稳定问题,即围岩的变形与破坏问题。在地下工程中,顶板塌落、边墙挤入、底板隆起、围岩开裂、突发岩爆、支护折断等都是围岩不稳定的表现。由于使用要求或标准不同,稳定性的定义就会有差异。究其原因,有地质上突发的因素,也有人们认识上的因素,但概括起来可以归纳为根本原因和直接原因(图 1.4)。

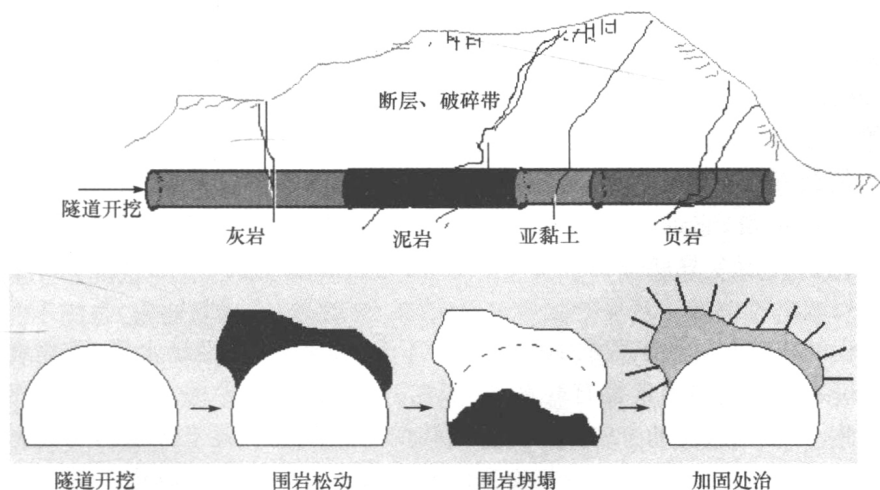


图 1.4 公路隧道围岩破坏

其根本原因是隧道围岩理论研究跟不上工程建设发展的需要。目前隧道设计规范推荐的荷载-结构法和地层-结构法存在的局限性以及对隧道围岩在开挖应力状态下的渐进性破坏规律和围岩压力的演化趋势研究方面的不完善性,导致不能全面分析隧道在开挖过程中围岩级别的劣化过程、围岩稳定性演化趋势以及围岩

压力变化规律^[8]。

其直接原因是当前隧道设计与施工存在的突出问题,主要表现在:一是隧道结构变更设计,软弱围岩级别的现场判定依据不足;二是隧道围岩变形破坏,坍塌频繁,预测不准。造成这两个问题的主要原因首先是围岩分级与现场监控量测毫无关系,人为判断;其次是监控量测与分析水平低下,预警标准没有建立。因此,专题研究软弱围岩条件下隧道塌方的破坏机理,并有针对性地进行治理技术研究是非常有必要的^[9]。

目前,围岩稳定性分析方法主要有:块体理论支持的分析方法,主要用于裂隙岩体的稳定分析中;模型试验方法,多用于重要的难以用现场试验方法解决的复杂工程;数值分析法,基于某种力学模型和分析理论对围岩进行稳定性分析的方法,是目前应用较广泛的一种分析方法,它根据力学模型和分析思想的不同又分为有限元分析法、边界元分析法、位移反分析法等。

1.1 隧道工程的特点

隧道工程涉及地理与地质环境因素、工程因素、社会经济水平、材料科学发展水平、施工过程控制水平以及地下工程在国民经济中的地位等因素。地理与地质环境本身就是复杂的,它是天然的介质(涉及地应力、地下水、岩性、地质结构、地质构造……),很少有地质条件完全相同的两个工程;工程因素则是指工程规模、断面形状与尺寸、施工技术、过程控制、环境控制、工程材料、人机料的协调水平等^[10]。工作面在时间和空间上的动态性、技术发展的历史性均增加了地下工程的复杂程度。岩土体这种特殊的材料组成和结构的复杂性,还远远没有被人们认识清楚,它远不像金属等均质材料那样简单。这种状况导致开挖技术的理论研究至今只能停留在简单的结构分析和孤立的固体力学与数值分析领域^[11]。

工程的成败与隧道工程的地理与地质环境、投资水平、设计水平、承建者的技术与管理水平等诸多因素都有联系,它们相互作用、相互渗透、相互影响、相互制约。因此,必须用系统的方法去解决所面临的工程问题。限于传统确定性思维方式的单纯,精确的力学与数学分析方法已无法解决稳定分析在隧道工程设计施工中的普及应用问题。理论研究和工程实践表明,要想解决岩石力学在隧道工程设计施工中的普及问题,单纯应用力学、数学的理论分析是行不通的,必须从隧道工程实际出发,以系统概念为指导,依靠原型观测资料的验证与反馈,走理论分析与经验分析相结合的道路。

1.2 围岩稳定分析及支护设计方法

20 世纪 70 年代末,“新奥法”引入我国后,人们对隧道设计理论有了认识上的飞跃。人们认识到,支护结构和围岩是一个受力的整体,隧道支护设计需要考虑的问题已经不仅仅局限于支护结构体本身的强度和稳定性,而是要将眼光更多地投向围岩,要充分发挥围岩的自撑能力,并将围岩与支护结构有机地统一在结构稳定性与经济性的合理水平上。

概率极限状态和可靠度设计方法在地面结构中的成功应用,引起了隧道界的重视,自 20 世纪 80 年代中期就开始将可靠度方法引入隧道结构设计的研究中。各研究机构联合攻关,经过可行性研究阶段和基础性研究阶段,到 90 年代中期,以“荷载-结构”模式为主的一般地区单线隧道整体式衬砌、单线隧道偏压衬砌和单线拱形明洞等结构的可靠度设计方法已达到实用阶段。1999 年颁布的《铁路隧道设计规范》(TB 10003—99)中已采用这一成果。在现行《铁路隧道设计规范》(TB 10003—2001)中仍在应用^[12]。

支护结构设计方法主要有概率极限状态法、荷载-结构模式算法、经验类比法以及岩石力学算法。对这些方法的进一步了解可知,前三种方法是以往及今后一段时间内的主流设计方法,它们是以前人工程实践的经验为基础,通过统计分析的方法得出的荷载计算模式或经验式,在材料强度理论的基础上,赋予可靠性指标或安全系数得以实际应用。这些经验式是在成千的工程实例基础上得出的,从统计意义上来说具有一定的高概率特征。这些方法具有简单、快速、易掌握的特点,已成为事实上地下工程支护设计与结构稳定分析的主流方法。但是,应该看到这些经验式的产生过程不可避免地存在着许多不严密之处,如样本采集的技术很大程度上不能完全满足概率抽样的要求,样本的统计数量也难以保证。因此,前提条件的不满足(采样过程)形成的严密的数值推论结果显然不能期望获得与实际工程高符合度的结论,据此进行的稳定性预测其可靠性也就可见一斑。另外,从揭示围岩变形的实质、探索其科学道理的角度看,必须进行岩土工程理论的研究^[13~15]。

岩石力学算法已不再依靠任何一种荷载假定,而是依靠结构与岩体之间的相互作用,是围岩稳定分析的主要方法。在这种方法中目前得到应用的有:特征曲线法(收敛-约束法)、剪切滑移破坏法和数值分析法(有限元法)。这种方法的一个重要特点是强调了围岩与支护共同作用的思想,并在设计与稳定分析中加以体现。这一点也正是这种方法较前述方法的进步之处。其设计(稳定分析)过程是,以经验为基础的初步设计,在施工中获取围岩及支护稳定信息,反馈设计这样一种螺旋上升的设计(稳定分析)优化过程,它与前述三种方法是不同的。但稍加分析后可知,这种方法的基础均离不开建立工程问题模型,这是一切工作的关键所在。那

么,如何建立模型?什么样的模型才是真正能代表工程问题特性的模型呢?这些问题正是目前正在研究与探索的,陆续有一些这方面的成果出现,其中仍有许多基础性问题,甚至在方法论层次上的问题还没有解决,还远未达到广泛应用的程度^[16~18]。

1.3 对围岩稳定分析存在的问题及方法的思考

随着计算机技术与岩土本构关系研究的进展,支护系统的数值算法有了新的发展。用弹塑性力学理论分析围岩和支护结构的有限元程序迅速普及,边界元及边界元与有限元耦合法在隧道工程中的应用也有不少成果,用于裂隙岩体的块体理论和离散元理论也编有相应程序。计算技术与数学方法的介入,使我们有可能对地下工程的一些问题进行分析与研究;但是研究的方向、途径、策略手段、工具及其操作程序的选择系统是否正确则需要不断探讨。

围岩的工程特性是什么,如何描述,它与人工支护体的相互作用特征怎样?这些基础问题至今仍然困扰着我们,未得到解决。虽然计算技术与数学方法为我们提供了广阔的应用空间,但其成熟程度远远大于地下工程基础理论的成熟程度,这种极大的反差本身就预示着下一步研究工作的重点。因此,在围岩稳定问题的分析中,如果不把岩体的地质特征搞清楚,那么任何精确的计算都没有意义。

围岩稳定性分析中存在基础理论不成熟、失稳判据难以确定、思维方式禁锢等问题,具体表现在如下方面。

1. 数值分析模型缺少基础理论支持

稳定分析的意义在于预测未来。目前在施工阶段围岩稳定性预测中广泛采用的是二元(时间与位移或时间与应力)原型预测的方法,监测数据通过统计分析建立回归模型,根据回归模型进行稳定性预测,即采样、回归模型参数的统计推断、未来趋势预测的方法。从对这种模式的分析中可以看出,这种方法的基本思路建立在随机事件的概率统计基础上,而普遍采用的模型是一维(二维)呈正态分布的概率模型,这样的简化也许是预测问题所不能接受的。其主要表现在以下方面。

1) 回归统计的概率模型过于简单

施工信息反馈中监控量测数据的处理方式通常是采用回归统计的方法。这种根据变形发展趋势预测围岩(支护结构)稳定性的方法中隐含了简单整数维、呈正态分布(其参数随时间而变)的概率模型。这是以时间可逆性为前提的、简单维的建模过程,它没有反映序的概念,这与地质体的不可逆时间序列不吻合,近似过程过于简单。每组量测数据是统计分析的一个样本,而这些样本的取样条件(如时间、

空间、工程环境、施工方法等)是不相同的,用确定性的回归参数进行处理,这种取样策略及处理方法本身就隐藏着概率模型参数推断上的误差甚至错误。

2) 位移反分析力学模型的假设缺少理论支持

位移反分析是用某种固定的变形模式去推断岩体力学参数的方法。它按照一定的规则,逐次改变侧压力系数及等效弹性模量(E)的值,从而使断面特征点——收敛(位移)点的分析值相应改变,使其接近实测值,在一定的计算精度下确定出反分析结果,即围岩的岩体力学参数。这是一种通过实测位移值进行试凑修正的过程,其力学模型是基于固体力学理论建立的(如弹性模型、弹塑性模型、黏弹塑性模型等)。它首先假设了围岩的变形规律,而这一规律还处于研究阶段:岩体的本构关系、喷锚支护的机理、开挖系统的控制理论等问题均未得到解决。

3) 模型试验尚难以实现时空模拟

地下工程围岩稳定性问题的研究始终与模型试验相伴随,模型与实际工程问题的相似性是模型试验解决问题的关键。从模型材料及其结构构造到模拟尺度、开挖步序、施工工艺等无不包含着诸多难以解决的问题。

另外,模拟参数越多,模拟理论越精细,模拟试验的复杂程度就越高,实现难度也就越大。加之大尺度模拟试验耗资巨大,难以大量进行。这导致模型试验只能作为重大工程决策参考的依据之一。

4) 围岩承载特征曲线的测量难以实现

特征曲线法也称收敛-约束法,其基本原理是利用岩体特征曲线和支护结构特征曲线交会的办法来决定支护体系的最佳平衡条件。这种方法的关键是合理确定这两条曲线的基本性质及其相互作用时的变化,如围岩变形的特征曲线难以实测。这种方法在概念上是明确的,但实践起来则涉及诸多问题,有的甚至是目前还难以解决的问题。这些问题仍然来自于地下工程围岩稳定分析的诸多影响因素及其复杂性。

2. 失稳判据难以确定

多年来,对于围岩稳定性问题,失稳判据的确定始终没有得到很好解决。现行的规范(TB 10003—2001)中,围岩稳定性是以极限净空相对位移值或允许收敛速率的形式给出的,当实测的位移值超出此值时即视为不稳定。这些作为判定标准的“极限位移”是在“新奥法”施工中监控量测的实践基础上经分析得出的经验值,工况条件的差异、量测误差等必然使其带有显著的定性使用的特点,在实际使用中,有悖于上述标准的现象也时常出现:有的软弱围岩当变形值超出规范允许值数倍仍未发生失稳;在浅埋隧道中,有的变形尚未达到允许值却发生了坍塌。此外,由于统计分析的原因,用于稳定性分析的有效量测数据滞后,使不稳定地层的稳定性分析难以真正服务于实施量测的工程。