



隧 道 隧 洞 施 工 地 质 技 术

刘志刚 赵勇 编著



中国铁道出版社

945

111
122

隧道隧洞施工地质技术

刘志刚 赵 勇 编著



A1021381

中 国 铁 道 出 版 社

2001年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书分为隧道隧洞施工地质基础、隧道隧洞施工地质技术和隧道隧洞施工地质实践三篇,共十九章。施工地质基础篇概要介绍了做好隧道隧洞施工地质工作必须掌握的地质学基础知识,包括矿物岩石学基础、地层地史学基础、构造地质学基础、地质力学基础、地质填图学基础、地应力学基础、水文地质学基础、工程地质学基础、煤田及瓦斯地质学基础和隧道工程地质学基础等。施工地质技术篇是核心篇,系统阐述了隧道隧洞施工地质技术,其中包括作者在国内外首创的断层参数预测法预报隧道断层技术在内的六种长期和短期超前地质预报技术,隧道隧洞施工期间的围岩稳定性即围岩级别评价技术,重大地质灾害临近监测和警报技术,以及依据围岩地质条件提出的施工方法、施工技术和复杂地质区段的应急处理技术在内的施工建议技术。施工地质实践篇,则通过作者在朔黄铁路长梁山隧道、株六复线新保纳隧道和公伯峡水电站右岸导流洞等工程的科研实践,较详细、并结合实际地阐述了全面系统隧道隧洞施工地质技术的工作方法和工作步骤,以及在实际应用过程中遇到的问题及其解决的途径。

本书可作为隧道隧洞工程的指挥员和工程技术人员,特别是从事隧道隧洞施工地质工作的工程技术人员的工作手册。它也是各类地下工程专业的大学本科、硕士和博士研究生的一本很好的参考书,更是从事隧道隧洞设计和科研人员的重要参考书。

图书在版编目(CIP)数据

隧道隧洞施工地质技术 / 刘志刚, 赵勇编著. - 北京: 中国铁道出版社, 2001. 12
ISBN 7-113-04455-7

I. 隧… II. ①刘… ②赵… III. 隧道工程-地质勘探 IV. U452.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 090481 号

书 名:隧道隧洞施工地质技术
作 者:刘志刚 赵 勇 编著
出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
责任编辑:程东海
编辑部电话:路电(021)73135,市电(010)51873135
封面设计:冯龙彬
印 刷:中国铁道出版社印刷厂
开 本:787×1092 1/16 印张:22.5 字数:559千
版 本:2001年12月第1版 2001年12月第1次印刷
印 数:1~3000册
书 号:ISBN 7-113-04455-7/TU·683
定 价:35.70元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

联系电话:路电(021)73169,市电(010)63545969

序 一

这是一部至少在国内属于首次出版发行的、专门全面系统研究隧道隧洞施工地质技术的著作。作者积在地质队 12 年的野外工作经验、在煤炭高校 14 年的矿井地质科研工作经验和近几年在铁路高校的隧道隧洞施工地质科研工作的经验编写的这部著作,不论在理论深度上,还是在实际应用上,都是难得的一部好书。

在国外,一般的隧道隧洞施工地质工作已普遍开展,学术研究也有一定深度;但是,尚未达到全面系统地开展隧道隧洞施工地质工作与学术研究的水平。在国内,甚至一般的隧道隧洞施工地质工作也只在个别隧道隧洞开展,基本处于刚刚起步阶段;学术研究只见零星报道,尚不够深入。隧道隧洞施工地质学是工程地质科学与桥隧工程科学相结合的一门边缘科学,这部著作的出版发行,将对这门科学的发展起到“抛砖引玉”的作用。

我国“西部大开发”战略的实施、铁路公路建设的大发展、大量水电站的建设、“南水北调”工程和很多城市引水工程的开工,需要修建大量穿越山岭的隧道隧洞。伴随我国“四个现代化”建设,隧道隧洞施工地质工作,特别是全面系统的隧道隧洞施工地质工作也必将普遍开展起来。这部著作的问世,显然具有重要的现实意义,盼望她能为祖国“四化大业”作出应有的贡献。

中国科学院 资深院士
地质力学研究所 名誉所长

孙殿卿

2001 年 10 月 1 日 于北京

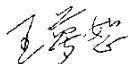
序 二

21世纪是我国向西部开发的世纪,也是人类将地下空间作为资源开发的世纪。我国又是多山国家,三分之二的国土由不同类型的山脉、高原组成。铁路和公路交通工程、水电工程、南水北调工程、各种矿山工程以及军工防护工程等的大发展,都离不开大量隧道、隧洞的修建。由于隧道、隧洞都处于地下各种复杂的水文地质、工程地质岩体中,所以,安全、优质、快速、不留后患地修建隧道、隧洞的前提是要摸清和预知周围的水文地质和工程地质条件。刘志刚教授等编著的《隧道隧洞施工地质技术》,既非常及时,又符合当今工程建设大发展的需要。本书全面总结了刘志刚教授三十多年从事地下工程地质科研工作珍贵的地质实践经验和深入的理论研究成果,尤其总结了他在国内外首创的、并已被工程应用所验证了的“断层参数预测法预报隧道断层技术和 Liu Zhigang 公式”,因此,这是一本难得的好书。

全书由浅入深,具有系统性、先进性和可操作性,对推广超前地质预报工作有很大的实用价值;对施工期间围岩稳定性(围岩级别)评价技术和对塌方、突泥突水、瓦斯爆炸、煤与瓦斯突出、岩爆、片帮、掉块等施工地质灾害监测、警报技术均有所突破,具有很强的实用性。

作为一个隧道和其他地下工程工作者,必须掌握地质学这门科学;否则,将是“半残人”。人们都承认超前地质预报等隧道隧洞施工地质工作的重要性,而且,该项技术已较为成熟。显然,本书的出版发行对该项技术的总结和推广,并为该技术作为正常和必不可少的工序列入隧道、隧洞施工工序提供了前提条件。只有做好隧道隧洞施工地质工作,才能克服隧道、隧洞开挖和施工过程中的盲目性;凡是抱着侥幸心理去组织施工的建设者,必将被激烈的市场竞争所淘汰。这是我写这段序言的由衷。最后,感谢编著者为了我国隧道及地下工程的健康发展,以无私奉献的精神,将自己多年积累的成果毫无保留的贡献给社会。

中国工程院院士



2001年10月12日 于重庆

前 言

我国“西部大开发”战略和铁路、公路、水电建设宏伟蓝图的实施,将修建大量山岭隧道和隧洞。种种迹象表明,21世纪将是我国隧道隧洞修建史上一个大发展时期。伴随大量山岭隧道隧洞的修建,隧道隧洞施工地质工作作为隧道隧洞施工必不可少的工序,必将得到广泛的普及。然而,不论国内国外,都缺乏一部全面系统地、专门论述隧道隧洞施工地质技术的著作,本书正是在这种背景下出版的。

本书共三篇,十九章,由刘志刚、赵勇编著。施工地质基础篇(含十章),概要介绍了做好隧道隧洞施工地质工作必须掌握的地质学基础知识,由刘志刚、李忠和张振文编写。施工地质技术篇(含七章),全面系统地论述了隧道隧洞施工地质工作的四大技术,即超前地质预报技术、施工期间隧道隧洞围岩级别评价技术、施工地质灾害监测与警报技术和依据围岩地质条件的施工建议技术,由刘志刚和赵勇编写。施工地质实践篇(含两章),结合在朔黄铁路长梁山隧道、株六复线新保纳隧道和公伯峡水电站右岸导流洞开展的全面系统隧道隧洞施工地质科研实践,详细阐述了隧道隧洞施工地质技术的具体工作方法与工作步骤,由刘志刚和赵勇编写。

作者特别感谢中国科学院资深院士、地质力学研究所名誉所长孙殿卿先生和中国工程院院士王梦恕先生在百忙之中为本书撰写序言。

本书的出版得到石家庄铁道学院院长领导和科研处领导的大力支持,在此表示衷心谢意!

本书部分插图和少量内容参考或引用了其他著作,在此予以声明。

作 者

2001年10月12日 于石家庄

目 录

绪论	1
第一节 国内外地下工程施工地质工作现状	1
第二节 隧道隧洞施工地质工作的重要性 and 迫切性	3
第三节 隧道隧洞施工地质工作的任务与目标	5
第一篇 隧道隧洞施工地质基础	7
第一章 矿物岩石学基础知识	7
第一节 矿 物	7
第二节 岩浆岩	10
第三节 沉积岩	16
第四节 变质岩	24
第二章 地层地史学基础知识	28
第一节 地层学概述	28
第二节 地史学概述	32
第三章 构造地质学基础知识	37
第一节 岩层产状	37
第二节 岩层产状类型与特征	38
第三节 褶 皱	41
第四节 节理与劈理	47
第五节 断 层	55
第六节 赤平投影	61
第四章 地质力学基础知识	65
第一节 构造形迹力学性质鉴定	65
第二节 构造序次	69
第三节 构造等级	71
第四节 构造体系	74
第五节 我国主要构造体系简介	75
第六节 构造体系的联合与复合	111
第五章 地质填图学基础知识	115
第一节 地质填图的基本类型	115
第二节 地质填图的主要技术	115
第六章 有关地应力方面的基础知识	127
第一节 地应力的形成	127
第二节 构造应力的主导性和方向性	130
第三节 构造应力与岩体稳定性评价	131

第七章 水文地质学基础知识	134
第一节 地下水的基础知识	134
第二节 隧道隧洞水的主要来源及其特征	138
第三节 地下水的运动规律与涌水量计算	147
第八章 工程地质学基础知识	150
第一节 工程地质学中的区域稳定问题	150
第二节 工程地质学中的岩体稳定问题	153
第九章 煤田、瓦斯地质学基础知识	159
第一节 我国地史上的主要聚煤期	159
第二节 煤系与煤系地层	160
第三节 煤系地层中的瓦斯	161
第四节 煤与瓦斯突出	165
第十章 隧道隧洞工程地质学基础知识	169
第一节 隧道隧洞工程地质勘测	169
第二节 隧道隧洞围岩稳定研究	175
第二篇 隧道隧洞施工地质技术	186
第十一章 地面地质调查与预报技术	189
第一节 概 述	189
第二节 地层地面地质调查	191
第三节 断层地面地质调查	193
第四节 其他构造的地面地质调查	199
第五节 溶洞、暗河地面地质调查	201
第六节 岩溶塌陷地面地质调查	202
第七节 煤系地层、瓦斯地质及水文地质地面调查	204
第十二章 断层参数预测法预报隧道隧洞断层技术	207
第一节 概 述	207
第二节 断层参数预测法基本原理	209
第三节 断层参数预测法的精髓—Liu Zhigang 公式	216
第四节 断层参数预测法的关键技术	229
第五节 断层参数预测法预报隧道隧洞断层的方法和步骤	233
第六节 断层参数预测法预报隧道断层实例	234
第十三章 TSP 探测解译技术	248
第一节 概 述	248
第二节 TSP 的基本原理与探测解译技术	248
第三节 TSP 探测解译技术新发展	259
第十四章 短期超前地质预报技术	261
第一节 掌子面编录预测法	261
第二节 地质雷达探测法	263
第十五章 施工期间围岩稳定性评价技术	265
第一节 围岩稳定性初步评价与围岩工程地质条件	266

第二节	围岩稳定性最终评价的其他指标	269
第三节	施工期间围岩稳定性评价的方法和步骤	270
第十六章	施工地质灾害监测与警报技术	272
第一节	塌方监测与警报	272
第二节	突水监测与警报	277
第三节	突泥监测与警报	279
第四节	瓦斯爆炸和煤与瓦斯突出监测与警报	280
第五节	岩爆监测与警报	283
第六节	片帮与掉块监测	284
第十七章	施工方法和施工技术建议	287
第一节	围岩地质条件与施工方法	287
第二节	围岩地质条件与施工技术	288
第三节	施工地质灾害防治措施	289
第三篇	隧道隧洞施工地质实践	291
第十八章	新保纳隧道施工地质实践	291
第一节	长期超前地质预报	291
第二节	围岩评价、短期预报与重大地质灾害监测与警报	306
第十九章	公伯峡水电站右岸导流洞施工地质实践	323
第一节	地面地质调查	323
第二节	TSP—202 探测	324
第三节	围岩评价与短期超前地质预报	330
第四节	重大地质灾害监测与警报	345
参考文献		349

绪 论

第一节 国内外地下工程施工地质工作现状

一、国外隧道隧洞施工地质工作现状

在国外,瑞士、日本等发达国家进行隧道(特别是铁路、公路隧道)修建过程中,隧道施工地质工作都是重要的、不可缺少的工序,重视隧道施工地质工作已成为管理部门和广大工程技术人员的一致。有些施工单位配备有专门从事隧道施工地质的工程技术人员,有些则由业主提供施工地质队伍,并拨出专款开展这项工作。他们在咨询部门提交的设计图纸的基础上,“在施工过程中,还要求做好超前地质预报和围岩量测工作”。

很多国家,在隧道工程发包中,多采取一次性投资的办法,即投资中,已包括了风险投资在内。若在以后施工中出现各种风险,均由施工单位或承包商承担,业主或发包商不再追加投资。由于隧道施工地质工作和高水平的隧道施工地质技术能极大地减少塌方、突水突泥、瓦斯爆炸、煤与瓦斯突出和岩爆等地质灾害,保证施工顺利进行,又能大大地降低成本,这就使施工单位或承包商尤其重视隧道施工地质工作。

二、国内其他地下工程行业地质工作现状

与隧道施工相近的国内其他地下工程行业,主要是各类矿山企业,包括煤矿和金属矿山。在煤炭行业,从矿业集团(矿务局)到所属的各个煤矿,几乎全部有专职的矿井地质人员;从组织形式上,上有地质(测)处,下有地质科。这些人员的工作是:在设计院提交的设计图纸的基础上,作为必不可少的工序,随时随地解决煤矿生产中(主要是各类巷道掘进)遇到的、在设计阶段没有发现的、大量影响施工的复杂地质问题和与地质有关的突发事件,保障生产顺利进行。

冶金行业的金属矿山,与煤炭行业相似,也是全部拥有自己的专职矿山地质队伍,并设置地质科,具体组织全体地质人员协助总工程师指导各类矿山巷道的掘进工作,解决掘进过程中出现的复杂或突发的不良地质问题,保证安全生产。

三、国内隧道隧洞施工地质工作现状

(一)施工地质队伍与施工地质工作

可以说,除水电行业某些施工单位的隧洞施工外,国内绝大多数铁路、公路隧道施工单位没有自己的施工地质队伍,设计院驻点的地质人员也不承担具体的施工地质工作。

由于勘察设计精度的限制或其他各种原因,设计院提交的隧道隧洞设计图常常遗漏很多(甚至大量的),只在隧道隧洞掘进过程中才能发现的不良地质体,围岩级别也只能粗略地圈定。然而,由于没有施工地质这道工序,大多施工单位只得处于盲目施工状态。在个别长大隧道隧洞施工过程中,设计院可能会派驻少量人员,但也大多不从事具体的施工地质工作。至于

具体施工地质技术工作,除近年来个别长大隧道隧洞施工过程中,由设计院参与了部分工作外,绝大多数隧道隧洞的施工地质技术工作几乎等于零。所以总体说,我国隧道隧洞施工地质工作十分薄弱,尚没有真正起步,从上到下也没有对其给予足够的重视。具体施工单位则基本处于盲目施工,“靠侥幸”施工和“地质科盲”施工状态。

出现上述情况的原因很多,但归根结底,仍是管理体制问题。首先,在我国,由于甲方(投资方)第一次投资不包括塌方等风险投资,乙方(工程承包方)在施工出现塌方等地质灾害后,可以争取到更多的投资,甚至出现“不塌方不赚钱,少塌方少赚钱,多塌方赚大钱”的怪现象;只要不延误工期、不伤(亡)人,施工单位就不怕塌方。有时,上级主管部门常常不认真地调查塌方的主观原因,追究塌方的技术责任;反而常以塌方多少来评价工程的难易程度。在舆论导向上,也常常单纯报导如何抢救塌方,基本不过问发生地质灾害的技术原因和工作责任。至于那些重视施工质量(包括重视施工地质工作)的单位,由于少塌方或不塌方,反被认为是地质条件好(其实并非地质条件好,甚至还比那些多塌方的隧道、隧洞的地质条件还复杂)。所有这些都为某些施工单位不重视施工地质工作提供了不好的先例。至于分配到工程局的地质专业的大学生,也大多所学非所用,去从事计划、经营等非专业工作。

(二)认识上的误区

1. 关于“塌方不可抗御论”

“塌方不可抗御论”至今仍是我国隧道(洞)施工队伍和施工单位难以动摇的观点,也是某些媒体或舆论界在认识“施工地质灾害”之所以发生,在观念上存在的一个死角。上述习惯势力或习惯思维在我国地下工程施工队伍和单位的长久存在,恰恰是忽视施工地质工作的必然恶果。

科研实践表明,造成隧道(洞)施工塌方等地质灾害发生的最主要原因无非有两个方面。

第一个原因是施工方法不当,特别是隧道(洞)通过不良地质区段的预支护不当。然而,在这方面,在我国隧道(洞)施工中还是比较重视的。例如,专门制订了通过不良地质区段辅助工法的十八字口诀,即“管超前、严注浆、短开挖、快封闭、勤量测、快衬砌”。多年来,他对减少隧道(洞)塌方起到一定的作用。

第二个原因,其实这是更主要的原因,就是地质情况不明。长期以来,我国隧道(洞)施工不重视,甚至忽视隧道(洞)施工过程中的地质调查;大多数隧道(洞)施工既无隧道(洞)施工地质工作这道工序,更无专职隧道隧洞施工地质技术人员。虽然“新奥法”隧道(洞)施工技术在我国已推行多年,但是,作为“新奥法”施工技术重要组成部分的“隧道(洞)施工地质调查”工作却基本上没有得到贯彻执行。地质情况不明,对不良地质性质及塌方、突泥、突水等地质灾害监测不利、判断不准,只凭“感觉”施工,这是造成隧道隧洞塌方的最主要原因。

因此,只要在施工中做好上述两项工作,隧道塌方是完全可以抗御的!

2. 塌方与地质条件的关系

长期以来,在我国隧道(洞)施工队伍中存在着一个错误观念,就是“塌方越多,地质条件越复杂”。他的形成,也是多年来我国隧道(洞)施工不重视施工地质工作的另一个严重后果。

科研实践和大量的施工实践证明:只要做好施工地质工作,并与恰当的不良地质区段辅助工法紧密配合,地质条件再复杂的隧道隧洞,也可以做到不塌方,至少可以保证不发生大塌方;反之,地质条件并不复杂的隧道,如果缺少施工地质这道工序,对不良地质区段不能鉴别或不能进行恰当的预支护,塌方,甚至大塌方也会发生。

总之,我国的隧道隧洞施工地质工作,不论与国外同行相比还是与国内相近的其他地下工

程行业相比,都显示出明显的不足。突出表现在既缺乏专职施工地质队伍,又不重视具体施工地质工作。

(三)刚刚起步的工作

1996年~1998年,铁道部第一勘测设计院西安分院首次在秦岭特长隧道开展了施工地质综合测试工作及超前预报工作,并将地质工作贯穿隧道建设全过程。这实际上是在开展全面隧道施工地质工作的道路上迈出的极重要的一步。

1999年~2000年6月,石家庄铁道学院桥隧施工地质技术研究所与中铁十四局隧道处合作,在株六复线新保纳隧道正式开展了全面施工地质工作。该隧道全长2 080 m,属于典型的“烂洞子”型隧道,溶洞、暗河、煤系地层、软岩俱全,断层十分发育,最大涌水量近20万 t/d ,施工难度之大可以想象。然而,因为在施工过程中,全面正规地开展了隧道施工地质工作(其中包括由地面地质调查和地质体投射法、断层参数预测法、TSP-202仪器探测法、临近前兆预测法和掌子面编录预测法组成的综合长、短期超前地质预报工作,包括施工中的围岩级别的准确鉴定工作,还包括施工中各类地质灾害的监测工作以及依据围岩工程地质条件的施工建议工作),并在指挥部领导的大力支持下,与正确的不良地质区段辅助施工方法(主要是预支护方法和手段)紧密结合,致使该隧道从开挖至贯通没有出现一次塌方,也没发生任何其他施工地质灾害。这是全面、正规的隧道施工地质工作首次应用于我国隧道(洞)施工所取得的第一个丰硕成果,也创造了我国隧道(洞)修建史上不可多见的奇迹。

2000年6月,石家庄铁道学院桥隧施工地质技术研究所开始正式在若干铁路隧道和水电站隧洞进行全面正规施工地质工作,并于2000年6月~2001年3月在公伯峡水电站右岸导流洞施工中,与水电四局合作,应用TSP-202探测和围岩级别的准确鉴定以及施工地质灾害的监测判断等跟踪地质技术手段,开展了隧洞施工地质工作,取得了令人信服的工作成果:应用TSP-202,探明了两个宽达30~50 m的压性断层和两条断层交会组成的断层破碎带;通过监测与判断的跟踪地质工作,及时发出了塌方紧急警报,避免或极大地减少了两次大塌方~特大塌方事故。

综上所述,我国隧道(洞)施工地质工作虽然刚刚起步,但已有了一个良好的开端。

第二节 隧道隧洞施工地质工作的重要性和迫切性

一、施工地质工作是解决设计与实际地质情况有差距的需要

隧道隧洞施工地质工作,是在设计提交之后、在隧道隧洞施工阶段、伴随建设的全过程而进行的地质工作。

施工实践证明,除个别长大隧道隧洞设计精度稍高外,相当多的隧道隧洞设计与实际地质情况有一定差距甚至严重不符。造成这种情况的主要原因是:设计阶段的地质工作的精度,只能按隧道隧洞设计阶段的工程地质技术规范来进行,不应该、也无法达到施工地质阶段的地质工作所能达到的精度。因此,这里所说的设计与实际地质情况有一定差距,不能说明设计本身质量低,而是由于设计阶段的精度所限,不可能与实际没有差距。当然,设计与实际地质情况严重不符的情况也是存在的,这就涉及设计质量问题了。

以 $\times\times\times$ 隧道为例,被设计遗漏的、破碎带厚度超过6 m、每条涉及隧道长度平均超过10~15 m的、稍不注意就可能塌方的规模较大断层就有5条之多。在隧道通过的 F_1 断层段,设

计是Ⅳ级围岩(原铁路、公路隧道围岩分类表中的Ⅵ、Ⅴ、Ⅳ、Ⅲ、Ⅱ、Ⅰ类围岩,分别对应新铁路、公路隧道围岩分级表中的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ级围岩——下同),而实际在 F_2 断层以东约30 m地段内,就有4条以上富水断层交会。从工程地质特征、岩体结构以及开挖后的围岩稳定性和水文地质特征看,均十分确切地说明他应属Ⅴ级围岩,按Ⅳ级围岩支护根本无法通过。再以 $\times\times$ 隧道为例,在隧道进口标段,始见煤系地层位置与设计相差50 m,仅DK444+177~915段,就新发现破碎带厚达5 m以上断层3条;在出口标段的DK446+700~240段,在460 m范围内,设计遗漏的断层多达15条。其中破碎带宽度超过5 m以上的、每条涉及隧道长超过15~20 m的断层就有11条,地下水涌水量达大股涌水级。对这样的地段,原设计为Ⅱ级围岩,后经实际“会诊”,改为Ⅳ级围岩。

类似上述的情况,甚至比上述两个隧道还要严重的隧道隧洞还有许多。

由于相当多隧道隧洞的设计与遇到的地质情况有差距甚至严重不符,在没有施工地质技术人员参与、没有施工地质这道工序严格把关、具体施工人员又不懂地质的情况下,只得盲目施工,因而塌方、突水突泥等地质灾害时有发生。

二、与国外相比,我国隧道隧洞施工,除施工质量以外,最大的差距就是塌方比例过大,次数过频

以西康线为例,自1997年全面开工至1998年4月,在全线96座隧道施工中,仅一年中就发生各类塌方近50次,塌方长度达600 m,占隧道总长0.57%,其中洞口塌方4次,洞身塌方40多次。在上述塌方中,规模较大、对结构发生较大影响的就有13次之多。这些塌方给隧道施工造成极大困难,给国家造成巨大经济损失,甚至个别塌方还造成机具损坏和人员伤亡。

再以 $\times\times$ 高速公路 $\times\times$ 隧道大塌方为例,据报道,大塌方发生在700 m深处,塌方物质以泥浆为主,塌方发生后,饱和的稀泥狂泻而下,瞬息间将隧道堵死。从塌方的隧道所在深度和塌方物质、塌方特征推断,这可能属于断层破碎带引起的淤泥带塌方。从施工地质的角度看,如果超前预报和不良地质的鉴别准确,因而施工支护得当,这类塌方是完全可以避免的。

三、隧道隧洞施工地质工作是21世纪我国隧道隧洞修建的需要

21世纪,我国铁路建设的重点将西移,云、贵、川、藏、陕等省区的铁路修建将成为“重头戏”。这些省区都属多山地区,大量的长大、高难度山岭隧道摆在我们的面前。如近期修建的西安至南京铁路,要再次修建第二个长大秦岭隧道;京沪高速铁路将修筑穿长江的隧道等等。总之,近年将修筑的铁路隧道约855座,总长约687 km。再如,今后一个时期将修建的几个沿江、沿海铁路和进藏铁路,还将出现大量的隧道工程。

公路建设,特别是高速公路建设近年来发展很快。公路建设的重点仍将以高等级公路和中西部公路为主,从而形成我国贯穿南北、东西的公路干线网,将同样需要修建大量的公路隧道,特别是长大公路隧道。

以西北、西南地区大型水电站,华东、华北、华南和东北等地高水头抽水蓄能电站为重点的水电工程建设,都将修建大量的深埋长隧洞和高水头隧洞。我国即将实施的南水北调工程,无论是西线工程还是中线工程,大都位于我国西部山区,更将修筑大量穿越山岭的长大隧洞。某些缺水城市的供水工程也要开挖很多长大隧洞,如沈阳市饮水工程,就要开挖全长75 km的、亚洲第一的特长陆上隧洞。

所有这些事情都说明,随着我国四个现代化建设的进行,各类山岭隧道(洞)修建的任务是

十分繁重的。要完成这项艰巨的任务,正如王梦恕院士指出的:快速施工将是我国 21 世纪隧道隧洞修建的主攻方向。消除施工中的塌方是快速施工的主要措施之一,也是我们赶超世界先进隧道隧洞施工水平的主要奋斗目标之一。

要消除隧道隧洞施工中的塌方,关键的关键是加强隧道隧洞施工地质工作。除此之外,施工决策人(指挥长或总工)与具体施工地质技术人员的紧密配合亦十分重要。因为,即使施工地质技术人员对可能引起塌方的地质现象(地质体)预报、监测、判断得十分准确,提出的支护方案也相当匹配,如果施工决策人仍不能科学地、严格按照要求进行支护,塌方仍在所难免。

第三节 隧道隧洞施工地质工作的任务与目标

全面隧道隧洞施工地质工作的任务应当包括长期(即长距离——下同)、短期(即短距离——下同)超前地质预报、施工期间的围岩稳定性评价、施工地质灾害监测与警报和施工方法和施工技术建议等四项任务。

一、超前地质预报

这是隧道隧洞施工地质工作最主要的任务。超前地质预报又分为长期和短期超前地质预报两类,他们各有不同预报距离,采取不同的技术手段,承担不同的任务和具有不同的精度。

长期超前地质预报的预测距离一般为 100~500 m,甚至更长。采用的技术手段有地面地质调查法、断层参数预测法和 TSP 等仪器探测法。长期超前地质预报一般要对整个隧道或隧洞连续地进行,通常采用其中的两种、甚至三种技术手段和方法进行综合预报。预报的精度一般可达 85%~90% 以上。

短期超前地质预报又称为跟踪预报,是跟踪地质工作的一部分。他是在长期超前地质预报的基础上进一步开展的预报工作。预报的距离,一般可达掌子面前方 15~30 m。其技术手段有两种,即掌子面编录预测法和地质雷达等仪器探测法。短期超前地质预报一般只在隧道或隧洞的部分构造复杂、不良地质多发区的局部地段进行;当然,如果条件允许,对整个隧道或隧洞进行“全方位”的、连续的短期超前地质预报当然是最理想的。同样,不同预报方法有不同的预报精度,如果应用两种方法进行综合预报,其精度可达 90%~95% 以上。

二、施工期间的围岩稳定性评价

这是隧道隧洞施工地质工作的任务之一。与设计阶段进行的粗略的围岩稳定性评价不同。这是在施工过程中、伴随隧道隧洞掘进,大多在各类导洞中进行的、进一步的、精确的围岩稳定性评价工作。隧道隧洞施工阶段的围岩稳定性评价工作,一般分为初步评价和最终评价两个工作步骤。

三、施工地质灾害监测和警报

这是隧道隧洞施工地质工作中的最重要的、核心的任务,它所达到的目标也是隧道隧洞施工地质工作的根本出发点和落脚点。

施工地质灾害监测和警报工作采用的技术手段是不良地质前兆预测法和地质灾害发生可能性判断法。它既包括塌方、突泥突水、瓦斯爆炸、煤与瓦斯突出和岩爆等重大施工地质灾害的监测和警报工作,也包括拱顶掉块和侧壁片帮等一般施工地质灾害的监测工作。当然,前者

是重点,后者也不应忽视。

四、施工方法与施工技术建议

施工方法与施工技术建议即施工建议,是隧道隧洞施工地质工作必须完成的任务。施工建议作为隧道隧洞施工地质工作的重要组成部分,即施工地质技术人员以设计为基础,再依据开挖后的具体地质条件,从地质角度出发,结合施工机械化水平、隧道隧洞断面大小等因素,对隧道隧洞施工方法和施工技术提出恰如其分的施工建议。

21世纪是我国隧道隧洞修建大发展时期。隧道隧洞施工地质工作也将走过从无到有、从不被重视到极受重视的历程。隧道隧洞施工地质工作必将为我国四化建设,特别是铁路、公路和水电建设的大发展做出自己应有的贡献。这是隧道隧洞施工地质工作者的光荣,也是隧道隧洞施工地质工作者施展自己才华、报效祖国的大好机会。

隧道隧洞施工地质学作为工程地质学的一门边缘科学,将得到进一步充实和提高。中国的隧道隧洞施工地质工作者也必将为隧道隧洞施工地质学的发展填上重重的一笔。

第一篇 隧道隧洞施工地质基础

要做好隧道隧洞施工地质工作和熟练运用隧道隧洞施工地质技术,除了要有较扎实的地质基本功和较丰富的工作经验外,还必须切实掌握下面 10 个方面的基础地质知识:矿物岩石学、地层地史学、构造地质学、地质力学、地质填图学、地应力学、水文地质学、工程地质学、煤田及瓦斯地质学和隧道隧洞工程地质学的基础知识。

第一章 矿物岩石学基础知识

隧道、隧洞及其他地下洞室施工,特别是山岭隧道隧洞施工,常常要与岩石打交道。所以,要掌握隧道隧洞施工地质技术,必须要掌握矿物岩石学的一些主要的基础知识,包括了解组成岩石的基本单元——矿物,了解三大岩类(岩浆岩、沉积岩、变质岩)的形成、主要特征和常见的岩类和识别它们的简单方法。

第一节 矿 物

一、什么是矿物

矿物是组成岩石的基本单元,它是地壳中一种或几种元素在多种地质作用下形成的,以固态化和物为主的自然产物。它们都具有一定的内部构造和比较固定的化学成分,因而,也具有一定的物理性质和形态。

自然界中的矿物,绝大多数呈固态,只有少数呈气态或液态。前者是构成岩石的基本单元。

二、矿物的肉眼鉴定方法

矿物的肉眼鉴定方法(包括放大镜下的鉴定方法)主要包括矿物的外形特征(形态)、颜色、条痕、光泽、解理(断口)、透明度、比重、硬度、磁性和与化学试剂反应等 10 个方面。

(一) 矿物形态

颗粒状矿物,在放大镜下,有时能观察到它们的形态。如黄铁矿,多呈立方体状;云母、石墨等多呈片状;角闪石多呈长柱状等(图 1—1)。

(二) 矿物颜色

大多数矿物都有自己独特的颜色,这是矿物的主要鉴定特征。如黄铁矿为淡黄色,方铅矿为铅灰色、磁铁矿为黑色、褐铁矿为褐色、方解石多为白色等等。

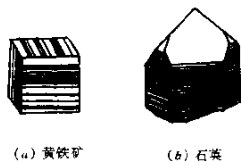


图 1—1 两种常见矿物的
晶形及晶面条纹

(三) 矿物条痕

矿物条痕,即矿物粉末的颜色。通常用矿物在未上釉的瓷板上刻画、留下的条痕颜色来显示,它反映了矿物本来的颜色。

(四) 矿物光泽

矿物光泽是指矿物表面反射光线的能力和特征而言的。矿物光泽可分为:金属光泽、半金属光泽和非金属光泽3大类。具有金属光泽的矿物如方铅矿、黄铁矿等;具有半金属光泽的矿物如磁铁矿、赤铁矿等;非金属光泽又分为金刚光泽(如闪锌矿)、玻璃光泽(如石英、方解石)、油脂光泽(如石英断口)、绢丝光泽(如石棉)、腊状光泽(如滑石)和土状光泽(如高岭石)等。

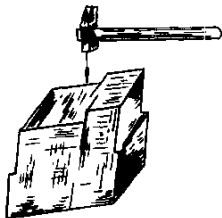


图1-2 方解石三向完全解理

(五) 矿物透明度

矿物透过光线的能力称为矿物的透明度。主要透明矿物有:水晶(单晶石英)、冰洲石(透明方解石)等;主要半透明矿物有:长石等;主要不透明矿物种类很多,如磁铁矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、辉石、角闪石等。

(六) 矿物解理及断口

某些矿物受外力作用,容易沿一个或几个方向劈开,并形成光滑晶面的性质,称为解理(图1-2);而另一些矿物在外力作用下,不能沿着一定方向裂开成平面,只形成不平整的裂口,称为断口(图1-3)。如方解石有3组解理,而石英只能形成贝壳状断口等。

(七) 矿物比重

矿物重量与同体积(4℃)的水的重量比,称为矿物比重。重矿物有:黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿等;中等比重的矿物有:石英、方解石、长石等;轻矿物有:石盐、石膏等。

(八) 矿物硬度

矿物硬度系指矿物抵抗外力刻划或摩擦的能力,一般用10种不同硬度的矿物来作评价的标准和级别。这10种硬度由小到大的矿物顺序为:滑石→石膏→方解石→萤石→磷灰石→正长石→石英→黄玉→刚玉→金刚石。

(九) 矿物磁性

有些矿物具有磁性,是很明显的鉴定特征,如磁铁矿。

(十) 与化学试剂的反应

它主要是与稀盐酸等的反应如方解石遇稀盐酸剧烈反应起泡,放出 CO_2 ;再如,磷灰石与钼酸铵反应可形成黄色的沉淀等。



图1-3 石英晶体贝壳状断口

三、常见的造岩矿物

自然界中,造岩矿物多达2000多种,但常见的造岩矿物只有20余种。现将三大岩类中常见的造岩矿物及主要特征简述如下。

(一) 石英 SiO_2

石英是最主要的造岩矿物之一。在岩石中多呈粒状或块状;单晶石英称水晶,为六方柱或六方锥状晶体。一般为白色、灰白、乳白色,水晶则为无色,如含杂质呈多种颜色。晶面为玻璃光泽,透明一半透明,硬度大于小刀,无解理,具贝壳状断口,断口为油脂光泽。比重为2.65。