

铁路工程施工安全交底手册

铁路隧道工程 施工安全交底

闫晓禾 耿永旺 © 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路工程施工安全交底手册

铁路隧道工程施工安全交底

闫晓禾 耿永旺 编著



中国铁道出版社

2014年·北京

内 容 简 介

铁路隧道工程施工具有流动性强、施工环境条件差、临时设施多、工人文化水平偏低等特点,加之工程地质与水文条件往往比较复杂,使得隧道工程施工安全风险高。本书针对工人专业素质培训的特点以及目前安全交底针对性不强而撰写。

全书共分十三章,阐述了铁路工程施工安全交底编制的基本原则与主要内容,并包含了施工准备与监控量测、洞口工程施工、洞身开挖施工、装卸渣与运输、支护加固与衬砌作业、施工排水、通风防尘与风水电供应作业、不良地质和特殊岩土地段隧道施工、斜井与竖井施工、全断面岩石掘进机(TBM)施工、盾构法施工、逃生及救援等方面的100余项施工安全交底范例,范例主要内容有主要危险源与危害因素、安全注意事项、重点强调事项。

本书特别适合作为施工作业人员的安全指导用书,同时也适合于施工安全管理人员、施工技术人员等参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

铁路隧道工程施工安全交底/闫晓禾,耿永旺编著. —北京:
中国铁道出版社,2014.8
(铁路工程施工安全交底手册)
ISBN 978-7-113-18966-2

I. ①铁… II. ①闫…②耿… III. ①铁路隧道—隧道
施工—安全技术 IV. ①U459.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 156320 号

书 名: 铁路工程施工安全交底手册
铁路隧道工程施工安全交底
作 者: 闫晓禾 耿永旺

策划编辑:江新锡 曹艳芳

责任编辑:冯海燕

电话:010-51873371

封面设计:崔欣

责任校对:龚长江

责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:三河市宏盛印务有限公司

版 次:2014年8月第1版 2014年8月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:13 字数:320千

书 号:ISBN 978-7-113-18966-2

定 价:36.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

作者简介

闫晓禾，男，1959年5月生，1978年参加工作，大学本科学历，高级工程师，高级政工师，国家一级注册建造师。现任中铁十六局集团第五工程有限公司党委书记（兼任集团公司项目副总工程师）。先后多次在铁路、公路工程施工中从事项目管理工作，是全国公路工程优秀项目经理，全国优质工程鲁班奖管理者，在省部级以上刊物发表论文数十篇，曾担任项目经理的工程先后被评为中国建筑工程鲁班奖、詹天佑大奖和省部级优质工程。

耿永旺（1983—），男，工程硕士，国家一级注册公路、铁路建造师，现任中铁十六局集团第五工程有限公司总经理助理兼项目经理。先后在武广铁路客运专线、沪昆铁路客运专线、中石油 LNG、镇江市政等工程从事项目管理工作，具有丰富的桥涵、隧道、路基、市政工程施工经验。多次获得集团公司先进工作者、优秀共产党员、优秀项目经理、优秀青年突击队等荣誉称号。编写中国铁建股份有限公司优秀工法两项，获得中国铁建股份有限公司科技进步奖一项，获国家新型实用专利一项，在国家核心期刊发表论文一篇。

前 言

铁路隧道工程施工有着流动性强、临时设施多、职业卫生条件差、施工条件艰苦、安全管理人才数量少、工人文化水平偏低等特点,这些特点决定了铁路隧道工程施工有着比较高的安全风险。加之铁路建设任务重、工期紧,新材料、新技术、新工艺、新装备大量采用,建设队伍规模急剧扩张,水平参差不齐。

安全无小事,细节决定成败。在铁路隧道工程施工安全管理工作的事前预防、超前控制上,抓好每一件小事,重视每一个细节,把小事做细,把细节做严、做实、做到位,向精细化管理要安全。在铁路隧道工程施工领域,很多的安全事故来自于作业人员的不安全行为。铁路工程施工安全交底是架设在铁路工程施工安全管理和作业这两大要点之间的桥梁。因此,在铁路隧道工程施工安全精细化管理过程中,做好安全交底工作是非常重要的环节。

全书列举了100余项铁路隧道工程施工安全交底范例,每项范例包含三大块:主要危险源与危害因素、安全注意事项、重点强调事项。在撰写过程中,力求内容通俗易懂,图文并茂、可读性强。

本书特别适合作为作业人员的安全指导用书,同时也适合于施工安全管理人员、施工技术人员等参考阅读。可作为施工单位在安排安全生产工作前编写分部、分项工程交底的参考资料。施工单位在编写安全交底时,要根据分部、分项工程的工作内容、部位、作业环境以及天气情况编写,不可完全照搬照抄本书的内容。

本书第一~九章由闫晓禾撰写,第十~十三章由耿永旺撰写,全书由闫晓禾负责统稿。在撰写过程中,得到了石家庄铁道大学教师黄守刚的大力支持,石家庄铁道大学四方学院学生覃泽鹏、闫金亮、张赛、李冬、李明成、李浩、刘建军、刘勇、芦奎奎、聂振华、刘建平、李玉建、李鹏伟、厉天培、董龙飞、贾超、戴侃、刘佳松、张旭亮、王浩、许志坤、张南、郭一凡、张世宁、张乐、郭峰、依子龙、马海龙、杨春华参与了部分工作和文字的校对。中国铁道出版社石家庄铁道大学发行分部赵春虎、于超、杨晓燕对本书撰写也提出了宝贵意见。在此一并表示感谢。

限于作者的水平和图片素材的选取局限性,书中错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作者

2014年4月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 隧道工程施工特点	1
第二节 铁路隧道工程施工安全形势	2
第三节 铁路工程施工安全交底编制的基本原则与主要内容	13
第四节 铁路工程安全交底的组织与落实	15
第五节 铁路隧道工程施工安全交底范例的内容构成与特点	15
第二章 施工准备与监控量测安全交底	17
第一节 工人进场安全交底	17
新工人进场安全须知交底	17
新工人进场安全生产纪律交底	20
装卸工、搬运工、勤杂工安全交底	23
第二节 施工现场临建设施安全交底	25
围挡搭设与使用安全交底	25
硬化场地施工安全交底	28
人工运材料作业安全交底	30
支搭临时设施作业安全交底	32
板房和简易工作间安装作业安全交底	33
临时房屋拆除安全交底	34
第三节 隧道施工机械安全交底	36
隧道施工机械安全交底(通用)	36
第四节 监控量测与超前地质预报安全交底	37
监控量测作业安全交底	37
超前地质预报作业安全交底	39
第三章 洞口工程施工安全交底	41
第一节 洞口工程开挖与防护安全交底	41
洞口工程开挖施工安全交底	41
洞口地层加固施工安全交底	43
第二节 明洞施工安全交底	44
明洞开挖与回填施工安全交底	44
明洞衬砌施作安全交底	46
明洞防水施工安全交底	47

第三节 洞门施工安全交底	48
洞门施工安全交底	48
第四章 洞身开挖施工安全交底	49
第一节 各种开挖方法施工安全交底	49
全断面法开挖施工安全交底	49
台阶法开挖施工安全交底	51
分部法开挖施工安全交底	53
第二节 钻爆作业安全交底	56
钻孔作业安全交底	56
装药与爆破作业安全交底	58
第五章 装卸渣与运输安全交底	60
第一节 装渣与卸渣安全交底	60
装渣安全交底	60
卸渣安全交底	62
第二节 运输安全交底	64
有轨运输安全交底	64
无轨运输安全交底	66
第六章 支护加固与衬砌作业安全交底	68
第一节 支护与加固作业安全交底	68
管棚和超前小导管作业安全交底	68
预注浆作业安全交底	70
喷射混凝土作业安全交底	72
锚杆作业安全交底	74
钢架作业安全交底	76
第二节 衬砌作业安全交底	78
衬砌台车组装与使用安全交底	78
防水板存放及作业安全交底	80
钢筋作业安全交底	82
混凝土浇筑作业安全交底	85
第七章 施工排水安全交底	88
正洞排水安全交底	88
斜井排水安全交底	90
竖井排水安全交底	92
第八章 通风、防尘与风水电供应作业安全交底	94
通风与防尘作业安全交底	94

供风作业安全交底	96
供水作业安全交底	98
供电作业安全交底	100
第九章 不良地质和特殊岩土地段隧道施工安全交底	102
第一节 不良地质隧道施工安全交底	102
岩溶隧道施工安全交底	102
富水软弱破碎围岩隧道施工安全交底	104
岩爆隧道施工安全交底	106
膨胀性和挤压性围岩隧道施工安全交底	108
第二节 瓦斯隧道施工安全交底	110
瓦斯隧道施工安全交底(通用)	110
瓦斯隧道瓦斯工区钻爆作业安全交底	112
煤层段隧道施工安全交底	114
瓦斯隧道施工通风安全交底	116
隧道瓦斯检测安全交底	118
瓦斯隧道照明与电气信号设备安全交底	120
瓦斯隧道防火安全交底	122
瓦斯隧道救护工作安全交底	124
第三节 特殊岩土隧道施工安全交底	126
风积沙和含水砂层隧道施工安全交底	126
黄土隧道洞口及地表水处理安全交底	128
黄土隧道开挖安全交底	130
黄土隧道初期支护与二次衬砌施工安全交底	132
黄土隧道施工防排水安全交底	134
高原冻土隧道安全交底	136
第十章 斜井与竖井施工安全交底	138
第一节 斜井施工安全交底	138
斜井掘进安全交底	138
斜井有轨运输安全交底	140
斜井无轨运输安全交底	142
第二节 竖井施工安全交底	144
竖井井口及井架施工安全交底	144
竖井掘进及防排水施工安全交底	146
竖井提升机械的使用安全交底	148
竖井采用吊桶升降人员和物料安全交底	149
竖井采用罐笼升降人员和物料安全交底	150
第十一章 全断面岩石掘进机(TBM)施工安全交底	152
第一节 施工准备阶段安全交底	152

TBM 施工准备阶段安全交底	152
第二节 掘进阶段施工安全交底	154
TBM 掘进阶段施工安全交底	154
TBM 设备保养和检修安全交底	155
第三节 支护与衬砌施工安全交底	156
开敞式 TBM 支护与衬砌施工安全交底	156
护盾式 TBM 支护与衬砌施工安全交底	157
第四节 到达掘进施工安全交底	158
到达掘进施工安全交底	158
第五节 拆卸作业安全交底	159
拆卸作业安全交底	159
第六节 特殊地段施工安全交底	160
软弱围岩中 TBM 施工安全交底	160
小岩溶地段 TBM 施工安全交底	161
膨胀岩地段 TBM 施工安全交底	162
高瓦斯地段 TBM 施工安全交底	163
第七节 TBM 施工运输安全交底	164
TBM 施工运输安全交底	164
第十二章 盾构法施工安全交底	166
第一节 盾构施工准备与始发安全交底	166
盾构施工准备安全交底	166
盾构始发安全交底	168
第二节 盾构掘进施工安全交底	169
土压平衡盾构掘进作业安全交底	169
泥水平衡盾构掘进作业安全交底	171
复合盾构掘进作业安全交底	172
盾构设备维修安全交底	173
第三节 管片制作与拼装作业安全交底	174
管片制作与拼装作业安全交底	174
第四节 盾构接收作业安全交底	175
盾构接收作业安全交底	175
第五节 盾构过站、调头及解体作业安全交底	176
盾构过站、调头及解体作业安全交底	176
第六节 盾构洞门与联络通道施工安全交底	177
盾构洞门与联络通道施工安全交底	177
第七节 特殊地段盾构施工安全交底	178
特殊地段盾构施工安全交底	178
第八节 盾构施工运输安全交底	180

盾构施工运输安全交底.....	180
第十三章 逃生及救援安全交底.....	182
逃生安全交底(通用).....	182
隧道内发生瓦斯燃烧、中毒、爆炸险情时自救与救援安全交底.....	184
隧道内发生突涌水险情后自救与救援安全交底.....	186
隧道发生塌方时自救与救援安全交底.....	188
隧道内发生火灾时自救与救援安全交底.....	190
可能发生自然灾害的地区隧道施工安全交底.....	192
事故伤员救援处理安全交底.....	194
参考文献.....	198

第一章 绪 论

第一节 隧道工程施工特点

一、隧道工程的一般特点

隧道工程是铁路最重要的专业工程之一,长大隧道工程常常也是控制通车期限的关键工程。与地面工程相比,具有以下特点:

(1)由于隧道是地下构筑物,受地质和水文条件的制约,因而施工环境差、难度大、技术复杂、要求高。隧道开挖时的坑道在未衬砌前,通常需加支撑以承受地层压力。同时地层不得暴露过久,必须及时衬砌,以免地层压力增大发生坍塌事故。

(2)隧道施工是一种多工序、多工种联合的地下作业,工作面狭窄,工作面能容纳的人数不多,出砵、进料运输量多,施工干扰大,为加快施工进度,需以横洞、斜井、平行导坑增加工作面,施工复杂而艰巨。因此施工进度受到限制,必须全面规划,科学地组织施工。

(3)隧道工程大部分地处深山峻岭之中,场地狭小,要使用多种机械设备,需要相当数量的洞外设施来保证洞内施工,而洞外往往受地形限制,场地布置比较困难。

(4)隧道内工作条件差,空气不足,光线不好,有时还有地下水和有害气体,如存在坍塌、涌水、瓦斯等诸多不安全因素,因此,要制定出切实可行的安全技术组织措施。

(5)由于地质、水文地质以及围岩压力复杂多变,施工过程中往往需要改变施工方法。隧道工程的工作是循环性的,常常是几个工序组成一个循环,重复各个循环,使隧道工程向前发展。所以,也要求隧道施工必须不间断地连续进行。

由隧道工程的一般特点可看出,要保证隧道施工的顺利进行,必须要有严密的施工组织,并且使各工序有条不紊地按着循环作业的顺序和时间进行施工。

二、隧道施工的技术特点

隧道施工技术的形成和发展与隧道施工的技术特点有关。因此,首先要充分了解隧道施工的基本特点。

概括地说,隧道施工的特点有:隐蔽性大;作业的循环性强;作业空间有限;作业的综合性强;施工是动态的,施工过程的力学状态是变化的,围岩的物理力学性质也是变化的;作业环境恶劣;作业的风险性大。

各种施工技术必须考虑这些特点,才能够发挥其作用。隧道工程竣工后,只能看到其外观的面貌,而其内部及结构物背后的状态是隐蔽的。严格意义上说,隧道工程就是一个隐蔽工程。但要求结构物做到“内实外美”,就是说,要把隐蔽的工程做到实处,不留后患。

隧道工程一般都是纵长的,施工是严格地按照一定的顺序循环作业。如钻爆法开挖就是按照“钻孔—装药—爆破—通风—出砵”的顺序,一步一步地循环开挖,直到最后隧道贯通。这

种循环性是地下施工最具特色的一点,也是组织隧道施工的基本原则。

由于隧道工程通常都是在地下一定深度修筑的,所以结构物的尺寸会受到极大限制,这就决定了施工空间的尺寸和形状。在有限的空间内进行施工,投入的人力和机械,都不能够“畅所欲言”,都要考虑有限空间这个特点。因此像地面工程使用的大型机械,是很难在地下工程中发挥作用的,必须采用适合地下工程有限空间的施工机械和施工方法。

隧道工程施工由多种作业构成,开挖、支护、出砵运输、通风及除尘、防水及排水、供电、供风、供水等作业,缺一不可。每一项作业做得不好都会影响全局。因此,地下施工的综合性强。这就要求隧道施工必须有良好的施工管理和施工组织经验,才能使工程有序地快速进展。

隧道工程力学动态是极为复杂的,其复杂程度直到目前还有许多不清楚的地方。要求在修筑隧道工程的整个过程中,逐渐地去认识和理解其力学状态的变化,并通过各种手段极力控制和调整结构的力学状态变化。施工过程,从力学角度看,就是控制和调整这个力学状态变化的过程。施工技术也就是控制和调整这个力学状态的手段和方法。理解了这一点是极为重要的。

隧道工程施工的作业环境比较差,黑暗、潮湿、粉尘多,在恶劣的地质条件下,还有安全问题。因此,如何创造一个安全、舒适和工厂化的作业环境,就成为隧道施工技术要解决的重要课题。

最后,风险性与隐蔽性是相关联的,施工人员必须经常关注隧道施工的风险性。特别是在不良地质条件下,更要有风险意识和应变意识。

目前,在隧道工程施工中出现的问题,许多是由于对上述特点认识不充分或没有认识所造成的。因此,提高对隧道工程施工特点的认识是十分必要的。

第二节 铁路隧道工程施工安全形势

隧道工程施工特点决定了铁路隧道工程施工安全风险比较高,加之铁路建设任务重,工期紧,新技术新标准大量采用,建设队伍规模急剧扩张,施工人员水平参差不齐。一旦作业人员疏忽铁路隧道工程施工中的某个细节,就可能出现本可以避免的安全事故。下面列举近年来的各类隧道施工安全事故。

【案例 1】 2006 年 2 月 7 日上午,某局承建的温福铁路(福建段)秦屿隧道出口 DK127+701~723 处左侧拱部发生坍塌。所幸及时发现并迅速撤离了人员,未造成严重后果。

(1)事故经过。该隧道出口为 V 级围岩,浅埋(约 5 米),设计施工工法为 CRD 法,实际施工时洞口 5 米为 CRD 法,后改为三台阶法施工,且上台阶长 22 米,采用长管棚和钢架喷锚加固。2006 年 2 月 7 日上午开挖左侧边墙(纵向长 1.6 m),准备接长两榀钢架。由于开挖过长,钢架悬空造成失稳,于 9 时 40 分发生坍塌。

(2)事故原因。

1)未按设计要求组织施工,擅自变更施工工法,违章施工是造成事故的主要原因。

2)在三台阶法施工中,超前支护施作不到位,尤其是注浆加固未能起到应有作用,开挖中槽时边墙开挖过长,钢拱架悬空、失稳,是造成事故的直接原因。

3)隧道监控量测不到位,未及时进行隧道沉降观测,对量测数据没有认真分析,更无法指导具体施工,是造成事故的重要原因。

4) 监理力量不足、现场监理工作不到位,没有严格要求施工单位按设计文件和施工组织设计进行施工,抱有侥幸心理,不能坚持原则,是造成事故的重要原因。

5) 工区项目部管理人员和技术干部责任心不强,对隧道施工中存在的困难准备不足,没有超前预想,管理上存在脱节,施工作业管理存在漏洞。

6) 温福项目部对工区管理不严格,指导现场不力,对造成本次事故的隐患没有及时发现并纠正。

【案例 2】 2006 年 12 月 10 日 23 时,由某单位在洛湛铁路大桂山隧道进口掘进过程中,为加快施工进度,在前一循环初期支护钢架焊接作业未完成之前,违章准备下一循环掌子面开挖所用的爆破物品,将一车爆破物品运至正在进行钢架焊接作业的掌子面,焊接作业的焊渣飞溅到炸药车内,引发炸药爆炸,造成当场炸死 3 人、炸伤 3 人(其中 2 人经医院抢救无效死亡)、失踪 1 人的事故。

【案例 3】 2007 年 9 月 30 日 16 点 10 分,某单位施工的兰(州)青(海)铁路二线八盘峡二号隧道上方山体垮塌,造成隧道塌方冒顶,掌子面 8 名施工作业人员被困(后经全力抢险 8 名被困人员全部安全获救)。

【案例 4】 2006 年 1 月 21 日,宜万铁路马鹿箐隧道出口段平导开挖至 PDK255+978 时发生突水、突泥,如图 1-1 所示。突水总量约 18 万方,在抢险抽水时又多次发生突水。

马鹿箐隧道全长 7 879 米,最大埋深约 660 米,隧道自进口至出口为连续 15.3‰ 上坡。在线路左侧 30 米预留二线位置设置预留二线位置设置贯通平导,平导全长 7 850 米。

隧道穿越地层中灰岩地层为 7 408 米,占隧道总长的 94%,隧道区域漏斗、落水洞、暗河十分普遍,岩溶强烈发育,管道岩溶水系极为复杂。这次事故除多人逃生外,造成 10 人死亡,1 人失踪。



图 1-1 宜万铁路马鹿箐隧道出口段突水突泥现场

【案例 5】 宜万铁路野三关隧道 I 线斜井向进口方向突水、突泥。

(1) 事故经过。2007 年 8 月 5 日凌晨 1 时左右,宜万铁路野三关隧道 I 线斜井向进口方向 DK124+602 掌子面右侧下部发生突水、突泥,一个半小时内总突水量约 15 万立方米,突泥量 5.4 万立方米。斜井工区 I 线距掌子面约 220 米填满淤泥和石块,其他地段淤泥厚 1~4 米不等。

野三关隧道 I 线全长 13 846 米,隧道最大埋深 695 米,设计为人字坡。I 线左侧 30 米设

置Ⅱ线。隧道穿越石马坝背斜及二溪河向斜,发育有5条暗河及管道流。突水后,掌子面5人受困,共计52人被困。其中42人生还,3人死亡(1人医治无效死亡,另2人在隧道内死亡),7人失踪。

(2)事故原因。当地连续降雨,事故发生地段地表雨水与地下岩腔及断层水系相通,并存在大容量承压水体,地质构造复杂。在设计和施工过程中,虽然也做了多方面的地质勘测工作,但由于认知水平的局限,工作措施不到位,未能发现不明承压水体;加之对岩层变化及实测出主要发育岩溶裂隙水超压先兆分析判断不够,未能采取有效措施。因此,当隧道岩体揭露后,造成岩溶水压的承载失衡,最终导致突水、突泥重大事故的发生。

【案例6】丹金山1号隧道冒顶事故。2009年5月28日晚9时20分,全长630米的丹金山1号隧道掘进210米至DK260+610里程处,挖掘机正在清理掌子面,部分人员进行下导坑开挖。洞内共有作业人员7人(其中下导坑开挖班4人,队长兼安全员、工班长、挖掘机司机3人)。队长在值班中发现掌子面顶部连续掉块,渗水量有所加大,立即指挥作业人员停止施工,迅速撤出洞外,并要求洞外安全员立即通知洞外人员向高处撤离。不久,洞内出现轰隆隆的声音,随之涌出大量矿灰形成的泥石流并沿山谷而下,将位于距洞门300米外的施工队生活区两排板房冲塌。由于撤出及时,现场施工人员没有发生死亡情况,仅1名施工人员被泥石流卷带的钢筋等轻微扎伤,但住在生活区板房内一名当地群众在躲避泥石流时不慎滑入路边排洪沟中,被泥石流卷走,后送往医院抢救无效死亡。

发生冒顶事故的DK260+550~DK260+630段约80米范围是覆盖层只有5~6米的浅埋段,围岩为软弱的黄褐色粉质黏土,强度判定为5级B,设计在此采取了双排小导管超前支护、钢拱架支撑的方案,施工采取台阶法掘进。但关键是该段洞顶有尾矿库,该尾矿库占地约250米×60米,容量约29万方,事发当时存灰厚约5米,存灰量约22万方左右。初步分析:因当地前几天的连续暴雨,该尾矿库存灰含水量加大,重量加重,当隧道掘进至DK260+610里程处,尾矿库积水透过洞顶上覆土层渗出,破坏了隧道覆盖土层和支护加固层,压垮隧道洞顶造成冒顶事故,随之大量尾矿库存灰沿隧道泻出形成泥石流造成危害。

【案例7】隧道洞口边坡塌方。2006年3月21日18时20分,武汉安康铁路增建二线襄胡段王家沟隧道明洞洞口上部边坡突然坍塌,8名施工人员被困洞内。后经紧张抢险,至22日凌晨4时50分,被困人员全部获救。

【案例8】隧道洞口仰坡塌方。2006年5月21日上午10时40分,洛湛线DK58+620处发生山体滑塌,正在双牌2号隧道开工准备的4名作业人员被砸伤,1人死亡,其余3人受伤。

【案例9】隧道洞口坍塌。2006年9月13日11时50分,武康铁路增建二线工程系家山1号隧道突然发生坍塌,造成正在隧道上方地表进行现场勘察的2名设计人员和1名工程技术人员随塌体埋入土中,后经抢救无效死亡。

【案例10】2007年8月6日,广深港客运专线水田隧道进口正在进行导向墙施工准备时,右侧导向墙顶部仰坡忽然滑塌约2~3立方米土体,两人被埋,后经抢救无效死亡。

【案例11】茅田冲2号隧道位于淑水右侧,属湘黔复线右线,铁路里程为DK353+176~DK353+305,全长129米,属软弱围岩地段的浅埋隧道。施工中发现隧道进口洞顶仰坡干砌护坡出现塌滑现象,洞门端墙及洞内衬砌产生裂缝,经有关方面专业人员现场勘察,认为隧道洞门有失稳可能,将严重威胁铁路行车安全。

通过现场勘察,认为该隧道地质情况复杂,洞顶山坡较陡,表土较薄。上层岩土为褐黄色砂黏土夹碎石及风化灰黄色板岩,节理发育,岩体大部分为强风化,下层为较完整的硬板岩,上下层风化程度差异较大,倾角约为 40° ,岩体分界面以上约1米范围内有数条粉红色砂黏土层,宽约2~3厘米。岩层顺坡顺向,有裂隙水。

(1)洞门事故隐患成因分析。根据对现场地形地貌的勘察,并仔细分析各处裂纹裂缝的形状、大小、走向、性质等,初步判定为山体滑坡灾害所导致的隧道洞门失稳破坏,形成事故隐患的原因主要有:

1)隧道的进口洞顶表土薄,上层岩土节理发育,岩层破碎松散,力学性质较差。

2)隧道进口端在施工过程中曾多次出现坍方,致使隧道进口洞门顶填方达955立方米,在施工中填方未夯实,留下隐患。随着时间的推移,下沉量逐渐增大,出现裂缝,地表水沿裂缝渗入土体,使其抗剪强度降低,形成潜在破裂面。大雨过后,雨水渗入土体范围内,使土体抗剪强度急剧下降,进一步恶化了滑动面的力学性质,导致护坡同填方一起向下塌滑,加之山坡较陡,引起上部土体下滑。

3)隧道施工是采用上下导坑先拱后墙法,此方法缺点是衬砌整体性差,特别是在边墙顶部与拱脚连接处结合不好。

(2)处理方法。根据滑坡成因、场地施工条件、施工队技术力量、一次性彻底根治和节约费用的原则,决定采用以抗滑桩防滑为主、其他工程措施为辅的综合整治方案。

【案例 12】 宜万铁路巴东段高阳寨隧道口发生岩崩。

(1)事故经过。2007年11月20日8时44分,宜万铁路高阳寨隧道Ⅱ线进口发生特别重大坍塌事故,约3000立方米的石块滑落,堆积于318国道,使这一湖北通往重庆的重要公路交通干线中断,造成现场施工人员4人和318国道行驶中的大客车内32人中,35人死亡、1人受伤,直接经济损失1498.68万元。图1-2为事故现场情况。



图1-2 宜万铁路巴东段高阳寨隧道口发生岩崩

(2)事故原因。

1)直接原因。经调查认定,高阳寨隧道Ⅱ线进口边坡坍塌的直接原因是:隧道洞口边坡岩体在长期表生地质作用下,受施工爆破动力作用,致使边坡岩石沿原生隐蔽节理面与母岩分离,在其自身重力作用下失稳向坡外滑出,岩体瞬间向下崩塌解体,造成事故发生。

2)间接原因。

① 勘察设计方面的原因。

一是地质勘察与现场实际不符。勘察人员对高阳寨隧道进口段边坡岩体的隐蔽节理认识不足,对桥隧相连、与 318 国道相交的高边坡洞口施工风险重视不够,未采取切实有效措施探明不稳定岩体所处的位置和具体构造,相反却作出了岩体“岩层产状倾向山体,对棱体稳定有利”的说明。综合评价时,作出洞口边坡稳定的地质勘察结论。

二是地质勘察工作深度不够。在分析判断进口处围岩组合性和岩体完整性程度时,基于 318 国道运行近 30 年,该处陡崖未曾出现塌方、掉块,边坡基本稳定的现象,仅采取常规的地质调绘、量测及测试手段,对裂隙勘探未进行挖探等工程措施,勘察设计也未达到规定的深度。在对控制岩体稳定的隐蔽节理未作进一步探明的前提下,作出了高阳寨隧道进口工点边坡现状是稳定的判断,将高阳寨隧道施工地质定为 B 级,没有把全线唯一一处桥隧相连、与 318 国道相交的高边坡工点列入 A 级重要风险予以防范。

三是勘察设计方案中的部分措施指导性不够。由于未探明不稳定岩体,所以在施工设计图中没有提出对隧道进口部位及其下部采取有效的工程措施,进口下部没有设计锚索,而采取锚杆支护,对坍塌的巨石和边坡的稳定性没有起到加固和防护作用。在边坡设计中也没有充分考虑隧道施工爆破对边坡岩体稳定性的影响。

② 施工单位方面的原因。

一是高阳寨隧道进口超前地质探测工作不到位。施工单位没有严格按照高阳寨隧道进口 II 线超前地质探测要求对洞口岩体边坡展开进一步的勘察工作,且在实际施工中只采用冲击钻超前探测,没有采取水平钻探取岩芯,作进一步探测分析。因此,未能发现掌子面前方的异常地质情况和隐患点,未采取有力措施予以防范和消除。

二是施工地质工作存在缺陷。施工过程中,发现掌子面上方有层间夹黄泥情况,但未引起重视。对掌子面地质编录与观察记录深度不够,只作掌子面的素描图,未作洞壁展示图,不能描述横切导洞的不良地质结构面及其变形情况,不符合《铁路隧道施工规范》(TB 10204—2002)和《宜万铁路复杂隧道施工地质实施细则》(宜万技〔2006〕240 号)要求,使得研究分析和正确判断地质变化等缺少依据。此外,地质素描不能保证超前地质预报数据的准确性和真实性。

三是洞口段未严格按照批准的施工设计方案组织爆破施工。设计的小导坑开挖断面为 4.0 米×4.0 米(宽×高),而实际开挖断面达到 4.4 米×4.5 米。11 月 20 日掌子面爆破装药的 50 个炮眼,按施工设计方案,应为五段延时起爆,但在实际中只分二段延时起爆,违反了小导坑出洞施工方案的爆破参数设计规定,使得小导坑开挖同段最大起爆药量由设计的 5.1 千克增加到 6.4 千克,导致爆破震动的负面效应增大,加剧了崩塌体与母岩的分离。同时,对导洞开挖及洞口边坡监控量测也不认真、不到位。

四是对高边坡防护工程技术措施不到位。没有严格按照施工设计图纸的有关要求和工程措施组织施工。边坡防护工程设计锚杆直径为 25 毫米,实际施工采用 22 毫米;设计喷混凝土厚度为 10 厘米,实际喷混凝土厚度最薄处只有 3 厘米,达不到边坡设计防护要求。同时,高边坡防护设计加固方案不够合理,防护措施不完善;在进入高边坡洞口段施工前没有进行四方会勘;在隧道出洞前没有对高边坡的岩腔进行嵌补;没有完成拱顶以上两排锚索的张拉;高边坡施工防护和隧道洞口施工监控方案不落实,对洞口边坡的变形情况观察不仔细(无专人负责连续观察);施工日志记录不规范、不真实。

五是火工品管理混乱,爆破设计人员没有相应的资质,火工品的领取和退库也不符合《民用爆炸物品安全管理条例》的有关规定要求。

③ 监理单位方面的原因。

一是部分监理人员不具备隧道监理资质。监理单位仅安排2名监理员承担高阳寨隧道工区监理工作,不符合铁路建设工程监理规范的要求,且在施工关键时刻,该工区近4个多月只有1名监理人员在现场监理,监理分站和总监都未安排监理人员进行替补,现场监理力量严重不足。

二是对关键工序未做到旁站监理。现场监理人员未按照相关规定对小导坑施工情况进行认真监理和旁站。由于现场监理人员对爆破作业等关键工序缺乏旁站监理,未能有效控制高阳寨隧道小导坑开挖、爆破作业的违规行为,安全和质量监控不力。特别是在事发前的11月19日至20日7时30分的施工中,现场监理人员未对施工方地质编录工作质量、地质围岩监控测量和最后一次爆破进行监理。

三是监理人员违规行使职权。监理员代替监理工程师签名和签发指令,严重违反建设工程监理规范有关规定。

四是监理基础工作薄弱,履行职责不力。监理日志记录不全面、不规范;监理所下达的指令和监理日记中,缺乏对施工中存在的和质量问题的相关记录;没有督促有关单位按照设计图要求进行四方会勘,没有要求施工单位严格按照批准的洞口段施工方案组织施工;监理站总监、分管副总监在对Ⅱ线高阳寨隧道监理工作的巡检中亦未按照宜万铁路土建监理三标现场监理管理制度和“关于加强质量监控和再次重申监理工作纪律的紧急通知”等文件要求督促基层监理人员对存在的问题予以整改。

④ 建设和安全监管单位方面的原因。

一是对勘察设计的技术管理不严格。没有对Ⅱ线高阳寨隧道勘察设计组织咨询;对高阳寨隧道的施工组织设计复查工作深度不够;在设计文件审查、施工图审核、施工组织设计编制过程中把关不严;未对高阳寨隧道高边坡稳定性组织进一步的勘探和评价。

二是隐患治理和安全监管不到位。未按国务院办公厅和铁道部有关隐患排查治理的工作部署,认真组织和督促参建单位开展隐患排查治理工作;未按要求对纳入风险等级隧道的高阳寨隧道进行每月施工安全评估和论证;日常经常性安全检查监督不到位。

三是对监理单位的合同履约疏于监管。对现场监理人员资质审查不严,对其业务能力和工作质量缺乏考核,尤其是对监理单位现场监理人员的监理工作监管不到位,现场核查力度不够。

(3)事故性质。经调查认定,湖北恩施宜万铁路高阳寨隧道口“11·20”特别重大坍塌事故是一起生产安全责任事故。

【案例 13】 2009年2月17日上午10时30分左右,某局施工人员对寨山村隧道进行检查时,出口DK364+310~DK364+303位置左侧的初期支护混凝土出现裂纹,格栅钢架扭曲变形,隧道发生坍塌;两名检查人员被埋入塌方体,经现场施救,17日下午6时25分,被困人员被救出,但经抢救无效死亡。

【案例 14】 2006年6月6日,云南省大理州鹤庆县境内的大丽铁路北松坪一号隧道,在施工过程中一辆台车倾倒,造成3人死亡,两人受伤。

【案例 15】 2006年12月10日白天,在广西壮族自治区洛湛铁路大桂山隧道,施工人员