

公路工程施工安全风险控制

# 公路隧道工程 施工安全技术与风险控制

杨永敏 吴树东 周士杰 编著

GONGLU SUIDAO GONGCHENG SHIGONG ANQUAN JISHU YU FENGXIAN KONGZHI

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

公路工程施工安全风险控制

# 公路隧道工程 施工安全技术与风险控制

杨永敏 吴树东 周士杰 编著

中国铁道出版社

2016年·北京

## 内 容 简 介

全书以风险分析为基础、以风险控制为主线,全面阐述了公路隧道工程在施工准备、洞口工程施工、洞身开挖、施工装渣与运输、支护加固与衬砌、风水电供应等方面的风险控制重点和风险控制技术措施,介绍了不良地质条件和特殊岩土地段隧道施工风险控制技术与策略,论述了斜井、竖井和非钻爆法开挖安全策略与风险控制技术措施,研究了隧道施工灾害事故自救逃生与救援的方式方法。为提高读者的工程施工风险分析能力,本书还介绍了隧道工程施工风险控制策略分析范例,以供同行借鉴。

### 图书在版编目(CIP)数据

公路隧道工程施工安全技术与风险控制/杨永敏,  
吴树东,周士杰编著. —北京:中国铁道出版社,  
2016.9

(公路工程施工安全风险控制)

ISBN 978-7-113-22319-9

I. ①公… II. ①杨… ②吴… ③周… III. ①  
公路隧道—隧道工程—工程施工—安全管理②公路隧  
道—隧道工程—工程施工—风险管理 IV. ①U459.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 211948 号

书 名:公路隧道工程施工安全技术与风险控制  
作 者:杨永敏 吴树东 周士杰

策 划:曹艳芳  
责任编辑:张 瑜 编辑部电话:010-51873017  
封面设计:王镜夷  
责任校对:孙 玫  
责任印制:陆 宁 高春晓

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:2016年9月第1版 2016年9月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:9.75 字数:233 千

书 号:ISBN 978-7-113-22319-9

定 价:25.00 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

# 前 言

公路隧道工程施工有着流动性强、临时设施多、施工工序复杂、工作环境恶劣、施工灾害风险高等特点,这些特点决定了公路隧道工程施工有着很高的安全风险。加之公路建设队伍规模急剧扩张,水平参差不齐,其风险控制就显得尤为重要。“安全无小事,细节决定成败”。在公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。

全书以风险分析为基础、以风险控制为主线,全面阐述了公路隧道工程施工安全技术与风险控制的方法与策略;以事故超前控制为理念,系统阐述了施工准备阶段的风险控制重点与风险控制技术措施以及应急救援培训与演练的方法;以风险全过程控制为理念,论述了临时设施选址、设计、施工、使用的全过程风险控制策略与技术措施;以施工过程风险精细化分析与控制为主线,阐述了洞口工程施工、洞身开挖、装渣与运输、支护加固与衬砌、施工排水、通风防尘、风水电供应的风险控制重点与风险控制技术措施,另外,还专门论述了不良地质隧道施工、特殊岩土地段隧道施工、斜井和竖井施工、TBM 法施工、盾构法施工、沉管法施工、盖挖法施工、明挖法施工的风险控制重点与风险控制技术措施;以确保施工人员生命权、降低施工灾害事故损失为主线,论述了施工灾害征兆识别、险情处理、事故救援方法与措施;以提高技术人员与安全管理人员的风险辨识、风险策略分析水平为目的,通过工程实例论述了如何在实际工程中分析风险控制策略,力求使本书对同行有一定的借鉴意义。

全书共分十三章,撰写分工为:第一章、第二章、第三章、第四章、第十一章由河北省滦平县交通运输局杨永敏撰写;第五章、第六章、第七章、第十二章由河北省滦平县交通运输局公路管理站吴树东撰写;第八章、第九章、第十章、第十三章由河北省承德市交通运输局公路管理处周士杰撰写。全书由杨永敏负责统稿。本书撰写工作得到了石家庄铁道大学黄守刚的大力支持和热情帮助,在此表示衷心感谢。

限于编著者们的水平和能力,书中错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编著者  
2016 年 5 月

# 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第一章 绪 论                | 1  |
| 第一节 隧道施工特点             | 1  |
| 第二节 隧道施工安全风险原因分析       | 1  |
| 第三节 隧道施工安全风险管理         | 4  |
| 第二章 施工准备阶段安全技术与风险控制    | 7  |
| 第一节 施工安全调查策略           | 7  |
| 第二节 施工便道安全技术与风险控制      | 8  |
| 第三节 弃渣场安全选址与安全修建技术     | 12 |
| 第三章 洞口工程施工安全技术与风险控制    | 17 |
| 第一节 风险控制总体策略           | 17 |
| 第二节 洞口截、排水施工安全技术与风险控制  | 18 |
| 第三节 边、仰坡开挖和防护安全技术与风险控制 | 19 |
| 第四节 洞口基础施工安全技术与风险控制    | 20 |
| 第五节 洞口开挖施工安全技术与风险控制    | 20 |
| 第六节 明洞施工安全技术与风险控制      | 21 |
| 第七节 洞门施工安全技术与风险控制      | 22 |
| 第八节 洞口施工机械风险控制         | 23 |
| 第九节 脚手架使用风险控制          | 24 |
| 第四章 洞身开挖安全技术与风险控制      | 25 |
| 第一节 开挖作业安全技术与风险控制      | 25 |
| 第二节 钻爆作业安全技术与风险控制      | 28 |
| 第五章 装渣与运输安全技术与风险控制     | 33 |
| 第一节 装渣安全技术与风险控制        | 33 |
| 第二节 运输安全技术与风险控制        | 34 |
| 第三节 卸渣安全技术与风险控制        | 35 |
| 第六章 支护加固和衬砌施工安全技术与风险控制 | 37 |
| 第一节 支护加固安全技术与风险控制      | 37 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 第二节 衬砌施工安全技术与风险控制 .....             | 39  |
| 第七章 施工排水、通风防尘安全技术与风险控制 .....        | 43  |
| 第一节 施工排水安全技术与风险控制 .....             | 43  |
| 第二节 施工通风防尘安全技术与风险控制 .....           | 45  |
| 第八章 风水电供应安全技术与风险控制 .....            | 46  |
| 第一节 供风安全技术与风险控制 .....               | 46  |
| 第二节 供水安全技术与风险控制 .....               | 47  |
| 第三节 供电安全技术与风险控制 .....               | 48  |
| 第九章 不良地质和特殊岩土地段隧道施工安全技术与风险控制 .....  | 51  |
| 第一节 风险控制总体策略 .....                  | 51  |
| 第二节 岩溶隧道施工安全技术与风险控制 .....           | 52  |
| 第三节 富水软弱破碎围岩隧道施工安全技术与风险控制 .....     | 54  |
| 第四节 风积沙和含水砂层隧道施工安全技术与风险控制 .....     | 56  |
| 第五节 瓦斯隧道施工安全技术与风险控制 .....           | 57  |
| 第六节 岩爆隧道施工安全技术与风险控制 .....           | 65  |
| 第七节 膨胀性和挤压性围岩隧道施工安全技术与风险控制 .....    | 66  |
| 第八节 黄土隧道施工安全技术与风险控制 .....           | 67  |
| 第九节 高原冻土隧道施工安全技术与风险控制 .....         | 69  |
| 第十章 斜井和竖井施工安全技术与风险控制 .....          | 71  |
| 第一节 斜井施工安全技术与风险控制 .....             | 71  |
| 第二节 竖井施工安全技术与风险控制 .....             | 77  |
| 第十一章 非钻爆法开挖安全技术与风险控制 .....          | 80  |
| 第一节 全断面岩石掘进机(TBM)法施工安全技术与风险控制 ..... | 80  |
| 第二节 盾构法施工安全技术与风险控制 .....            | 82  |
| 第三节 沉管法施工安全技术与风险控制 .....            | 87  |
| 第四节 盖挖法和明挖法施工安全技术与风险控制 .....        | 91  |
| 第十二章 自救逃生与救援 .....                  | 94  |
| 第一节 应急预案的编制与程序 .....                | 94  |
| 第二节 应急资源配置 .....                    | 96  |
| 第三节 应急救援培训与演练 .....                 | 99  |
| 第四节 险情与事故处理 .....                   | 104 |
| 第五节 伤员急救 .....                      | 119 |

---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第十三章 隧道施工风险控制范例.....    | 126 |
| 第一节 工程概况及风险控制总体策略 ..... | 126 |
| 第二节 施工准备阶段风险控制 .....    | 129 |
| 第三节 主要工序过程风险控制 .....    | 133 |
| 参考文献.....               | 147 |

# 第一章 绪 论

## 第一节 隧道施工特点

进入 21 世纪以来,随着国民经济的快速发展,特别是在“7918”国家高速公路网规划和西部大开发的历史机遇下,公路建设进入了一个高速发展的时期。截至 2015 年年末,全国公路总里程 457.73 万公里,比 2014 年末增加 11.34 万公里;全国等级公路里程 404.63 万公里,比 2014 年末增加 14.55 万公里。随着我国公路网交通线不断向崇山峻岭、离岸深水延伸,公路隧道的总量和建设规模继续增大。截至 2015 年底,全国公路隧道为 14 006 处、12 683.9 km,增加 1 602 处、1 927.2 km。其中,特长隧道 744 处、3 299.8 km,长隧道 3 138 处、5 376.8 km (据交通运输部统计,来源: [http://www.moc.gov.cn/jiaotonggaikuang/201510/t20151015\\_1902280.html](http://www.moc.gov.cn/jiaotonggaikuang/201510/t20151015_1902280.html))。近年来,公路隧道每年净增里程 1 000 km 以上。目前,我国已是世界上公路隧道最多、发展最快的国家。

在建设高等级公路的山区,隧道规划特别重要,可以避免自然灾害,保护环境,提高公路线形,减少出行里程,提高运营效率。与地面工程相比,隧道施工具有以下特点:

(1) 由于隧道是地下建筑物,受地质和水文地质条件的制约,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,通常须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,以免地层压力增大而发生坍塌事故。

(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,而且地层愈差,所采用的坑道愈小,工作面能容纳的人数不多,出渣、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,因而施工进度受到限制,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,如发生坍塌、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。

因此,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照循环作业的顺序和时间进行。

## 第二节 隧道施工安全风险原因分析

由于隧道工程具有投资大、施工周期长、施工项目多、施工技术复杂、不可预见风险因素多和对社会环境影响大等特点,隧道工程建设是一项高风险建设工程。由于规模大、发展快、技术和管理力量难以充分保证的客观原因,加之施工人员(安全管理人员、技术人员、

民工等)的安全素质、安全水平良莠不齐,加上对隧道工程安全风险的认识不客观、风险管理不科学、风险管理的投入不到位的主观原因,所以隧道工程建设中的事故频发,形势非常严峻,令人担忧。

隧道施工安全风险产生的原因可分为直接原因和间接原因。

### 一、直接原因

根据系统工程的分析观点,引发隧道安全事故的原因主要有施工过程中物的不安全状态、环境的不安全条件、人的不安全行为和管理缺陷(混乱)。

#### (一)人的不安全行为

人的不安全行为是事故产生的直接因素。除了先天性的身体、生理因素外,导致事故的人的因素主要包括人的安全知识、安全意识、安全习惯、安全技能水平等方面。

(1)安全知识不够。操作人员若缺乏必要的安全知识,就不能正确判断其操作过程是否安全。例如:缺乏必要的电气安全知识,在检修作业中就容易误合开关,造成检修中的带电作业,或在检修中启动设备;由于缺乏必要的塌方征兆预判知识,一旦发生事故,本可以顺利逃生,却遗憾地受到伤害甚至丧失生命。

(2)缺乏安全意识。缺乏必要的安全意识,对不安全行为视而不见,在自觉不自觉中产生失误。比如:在台架上作业时不系好安全带;钻眼时不戴口罩,强行启动不安全的设备;本来应该用设备或工具操作,但为了省事,用手、脚或身体其他部位代替。

(3)不安全的习惯。人们在长期的生产过程中会形成一些不安全的习惯,这些习惯也是造成人失误的一个原因。比如:由于作业习惯,有时物体的存放角度、位置、高度、方式等不合理,容易引起物体的掉落;不系好安全带在高空作业;不戴安全帽进入现场作业等。

(4)安全技能水平低。包括技能熟练程度、按规则行动能力及知识水平三个方面,主要表现为:缺少实际经验、技术知识,对存在的事故隐患认识不到,或认识较浅、片面,看不到问题的本质,对看到的问题的处理也容易出现治表而不治本;还有一种表现,那就是技术知识不足或知识面狭窄,因掌握的知识有限,不能举一反三,对一些新出现的问题无法提出解决的办法,或解决的办法不妥,在新材料、新技术、新工艺、新装备、新岗位面前显得无所适从。技能水平与教育水平有关,与职业培训有关。经过职业教育和训练及长期积累工作经验,方可提高技能水平。

#### (二)物的不安全状态

物的不安全状态也是事故产生的直接因素。导致事故发生的物的因素主要包括施工设备、施工设施、施工材料、隧道结构等。

(1)施工设备的不安全状态。主要是指隧道加固、开挖、支护、衬砌、出渣、提升、通风、运输、地质预报等过程中所用到的机械设备的不安全状态。

(2)施工设施的不安全状态。主要是指隧道施工涉及的脚手架、安全防护装置、个人防护用品、施工便道等临时设施的不安全状态。

(3)施工材料的不安全状态。主要是指施工原材料、构件有质量缺陷、性能不达标等。

(4)隧道结构的不安全状态。主要是指施工方案不合理导致隧道围岩和结构处于不稳定状态,或原材料标准、施工质量不合格导致隧道围岩和结构处于不稳定状态。

### (三) 环境的不安全条件

环境的不安全条件也是事故产生的直接因素。导致事故发生的环境因素主要包括隧道内部的作业环境、隧道外部的自然环境、隧道外部的周边环境等。

(1) 作业环境的不安全条件。主要是指造成职业健康危害方面的不安全风险因素,比如照明不足、尘、毒、噪声、振动超标,作业空间狭小、温湿度等不良、恶劣的作业环境。

(2) 自然环境的不安全条件。一方面是指滑坡、崩塌、泥石流等引发的自然灾害,一般包括来源于隧道内部的自然灾害和来源于隧道外部的自然灾害;另一方面是指隧道施工对自然环境的破坏和污染。

(3) 周边环境的不安全条件。一方面是指由于隧道施工导致周围建筑物、管线、既有线、桥梁等环境结构物破坏或不能正常使用;另一方面是指隧道施工产生的噪声、振动、扬尘等对周围居民健康的不良影响。

### (四) 管理缺陷

人的不安全行为和物的不安全状态往往只是事故直接和表面的原因,深入分析可以发现,发生事故的根源在于管理的缺陷。虽然造成安全事故的原因是多方面的,但根本原因在于管理系统,包括安全费用投入、管理的程序、监督的有效性、员工培训、施工检查、方案制定与审批、作业标准、施工质量控制、原材料质量控制等方面的缺陷,都是因管理失效而造成的安全事故。导致安全事故的管理因素主要包括企业主要领导者对安全不重视,组织结构和人员配置不完善,安全规章制度不健全,安全操作规程执行不力等。在隧道业,劳动力密集,劳动者文化素质低,在这种情况下加强安全管理就显得十分重要。

上述是事故形成的四大直接原因。在事故管理中,尤其是在具体的事故分析以及事故的报告中,是按照事故的性质来划分事故原因的。因此在实际的工作中,必须找出事故的直接原因和间接原因,以便分清事故最直接和最真正的触发原因,从而采取切实可行的防范措施,防止类似的事故重复发生。

## 二、间接原因

事故的间接原因,是指引起事故原因的原因。事故是由直接原因产生的,而直接原因又是由间接原因引起的。换句话讲,事故最初就存在着间接原因,由于间接原因的存在而产生了直接原因,然后通过某种触发的加害物而引起了事故发生。

间接原因与人的技术水平、受教育的程度、身体健康状况、精神状况以及管理、社会等因素有关。

### (一) 技术原因

技术原因是指由于技术上的缺陷引起事故的原因。如工程装置或设施的设计不合理、没有考虑安全系数和物质的自然规律,结构材料选择不当,设备的检查及保养技术不科学,操作标准技术水平低,设备布置和作业场所(地面、空间、照明、通风技术)有缺陷,机械工具的设计与保养技术不良,危险场所的防护及警报技术不过关,防护设施及用具的维护与使用不当,设备的性能存在问题,以及使用的材料达不到要求或者是假冒伪劣材料、产品等。

### (二) 教育原因

教育原因主要是指对上岗人员缺乏应有的安全教育。如缺乏安全知识和安全技术教育,对作业过程中的危险性及应当掌握的安全操作、运行方法不了解或安全训练不够,不安

全的坏习惯未克服,根本就没有进行安全教育与培训(如采用替考或弄虚作假进行安全培训)等。

### (三) 身体原因

身体原因是指操作人员的健康状况。如生病(高血压、头痛、头晕、腹痛、癫痫等)、身体缺陷(色盲、近视、耳聋等)、疲劳(睡眠不足、局部器官较长时间工作等)、饮食失调(醉酒、饥饿、口渴等)等。

### (四) 精神原因

精神原因通常分为三种类型:一是精神状态不良,例如思想松懈、反感、不满、幻觉、错觉、冲动、忘却、紧张、恐怖、烦躁、心不在焉等;二是性格方面的缺陷,例如固执、心胸狭窄、内向、不愿交流等;三是智力方面的缺陷,例如白痴、脑膜炎患者和反应迟钝等。

### (五) 管理原因

管理原因既属于直接原因,又属于间接原因。管理不善、缺陷与混乱造成的事故是多种多样的。如领导者的安全责任心不强,安全管理机构不健全,安全技术措施不落实,安全教育与培训不完善,安全标准不明确,安全对策的实施不及时,作业环境条件不良,劳动组织不合理,职工劳动热情不高和管理者的急功近利行为严重等。

### (六) 社会及历史原因

社会及历史原因是指造成事故的社会原因和历史原因。社会及历史原因涉及的面很广,情况也比较复杂。如学校对安全教育不重视,国家或政府部门没有切实可行的或没有制定健全的安全法律及政策,安全行政机构不健全,社会对安全的重要性认识不清,生产技术水平落后等。

总而言之,导致事故发生的间接原因大体上是上述诸原因中的一种或几种。在实际的工作中,技术原因、教育原因和管理原因是较常出现的,身体原因和精神原因也时有出现,而社会及历史原因由来深远,牵涉面较广,直接提出针对性的对策也比较困难。但这绝不是说社会及历史原因就不应当受到重视,恰恰相反,更应当深刻认识并重视社会及历史原因,只有这样,我们国家国民的安全素质才能得到真正提高,事故发生率才会真正彻底减少。

## 第三节 隧道施工安全风险管理

安全是人类最重要、最基本的需求,是人的生命与健康的基本保证。隧道工程是一个风险源多、风险性较大的行业,也是事故多发的行业。这就要求参建各方必须加强安全风险管理,隧道施工应将风险评估与管理贯穿于隧道设计和施工的全过程。建设、勘察设计、施工和监理单位应根据工程地质、施工环境和条件对隧道工程实施动态、有效的风险控制和跟踪处理。

建设单位应制定风险评估和风险管理工作实施办法,督导勘察设计单位和施工单位分别在设计阶段和施工阶段开展风险评估工作,对高度和极高的风险等级进行审查,必要时委托相关专业机构进行风险监测,检查、监督、协调和处理评估工作中的有关问题。勘察设计单位应在设计阶段开展风险评估工作,将评估结果纳入设计文件,向施工单位进行有关风险的技术交底和资料交接,参与施工期间的风险评估,并根据风险监测结果提出风险处理意见。施工单位应对施工阶段的风险进行评估,根据评估结果提出相应的处理措施并报建设单位批准后实施,在施工期间对风险实时监测,定期反馈,根据风险监测结果调整风险处理措施。监理单位应参

与制定和监督施工阶段风险评估与管理工作,并检查风险处理措施的落实情况。

在隧道施工过程中,应通过风险计划、风险识别、风险评估、风险处理和风险监测等程序积极进行风险管理。风险管理基本流程如图 1-1 所示。

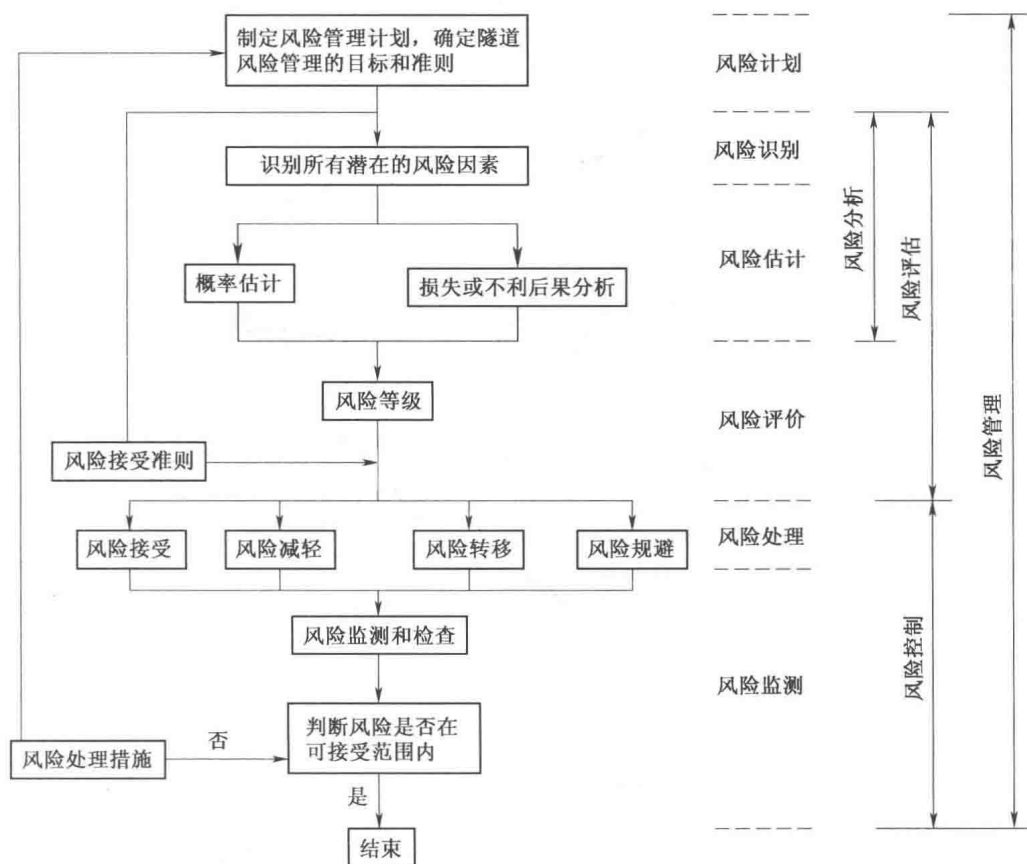


图 1-1 风险管理基本流程图

隧道施工前,施工单位应对设计文件中涉及施工安全的内容进行核对,并将结果及存在的问题报送建设、勘察设计、监理等相关单位,建设单位应督促勘察设计单位对存在的问题及时提出完善措施。重点核对下列内容:(1)穿过不良地质和特殊岩土地段的设计方案;(2)地下管线和相邻建(构)筑物;(3)施工对环境可能造成影响的预防措施;(4)隧道与辅助坑道的洞口位置及边、仰坡的稳定程度;(5)弃渣场位置、安全防护措施和环境保护要求。

施工中,施工单位应在设计阶段风险评估的基础上,结合环境和地质条件、施工工艺、设备、施工水平、经验和工程特点等,对新出现的风险进行识别,提出风险处理措施供建设单位决策,对已识别的风险进行监测。施工单位应在施工现场公示识别的风险,其内容包括风险描述、监测方案、应急措施和责任等。

施工过程中风险的监测包括施工监测、工况和环境巡视、工作面状态描述、风险处置过程和发展趋势等内容。施工单位在施工过程中应将地质超前预报、监控量测纳入施工的重要工序,按照设计要求编制施工监测的实施方案,对工程自身结构及环境风险进行全面监测;提前识别和预测地质风险因素,保证施工安全。

施工中,参建单位应建立风险的预警、响应及信息报送机制。施工单位应根据实时监测数据、工况、环境巡视和工作面异常状态等确定预警级别,形成异常状况报告;对可能发生重大突发风险事件的预警状态,施工单位应立即启动相关预案,组织处理,并报建设、勘察设计和监理单位。

隧道洞口应设专人值班,建立隧道进出人员动态管理制度。隧道施工应建立有线通信联络系统,长、特长及高风险隧道施工还应建立可视监控系统,并定期维护,保证洞内外信息及时传达。

## 第二章 施工准备阶段安全技术与风险控制

### 第一节 施工安全调查策略

隧道施工前,应核对设计文件,对工程结构物和临时工程所处的地形地貌、地质条件、社会环境、气象条件等进行调查,确保临时结构、临时工程的选址、设计和施工的安全,确保工程结构物的安全,为制定安全规章制度等提供资料支持。

#### 一、隧道施工安全条件调查策略

准确把握隧道位置、施工方案、技术难点、推广新技术项目等,尤其应注意瓦斯、岩溶、风积沙、含水砂层、富水软弱破碎围岩、岩爆、膨胀性和挤压性围岩、黄土、高原冻土等高风险隧道的工程特点。

#### 二、水文气象资料安全调查策略

应掌握的水文气象资料包括河流分布、流量、流速、洪水期、水位变化、气温、雨量等,了解隧道地段的地表水及补给对地下水的影响,掌握冰雪融化对隧道施工安全的影响(与隧道土质有关)。

#### 三、地形地貌及地质安全调查策略

全面掌握地形、地貌特征,地质构造(土壤类别、岩层分布、风化程度、不良地质现象和工程地质状况),地下水的水质、水量,地震裂度等,为工程结构物的安全专项方案编制、安全技术措施的采用、安全风险的管理控制提供基本资料,为便道等临时工程选址设计与施工维护提供基础资料。

另外,要特别强调的是,泥石流、滑坡、塌方落石等对工程结构物的施工安全构成极其严重的威胁,务必做好调查。临时工程(尤其是施工驻地)选址时应进行必要的规避,尤其是要避开易发生塌方落石地段,避开泥石流区等不良地质地段(须重视隧道钻爆法施工时振动引发地质灾害的风险)。无法规避时应制定相应的安全措施和应急预案并贯彻实施。

#### 四、原材料安全调查策略

主要应调查钢筋、水泥等的产地、产量、质量、运距等,既要考虑经济性,又要考虑加工运输的安全性。

#### 五、既有设施调查策略

既有设施调查的主要目的在于考虑能否及如何利用既有的电力、油料、燃料情况,交通、通

讯情况,当地水源和生活供应情况,可利用的民房、劳力和附属辅助设施情况等。不可忽视的是,既有设施对于工程结构物的施工安全也有较大的影响,例如邻近建筑物、邻近铁路营业线、邻近既有公路、邻近高压输电线路等,若施工方案不当,可能造成触电、火灾、建(构)筑物损毁等严重事故。

## 六、社会环境调查策略

掌握当地人口、土地数量、农田水利、征(租)用土地、拆迁的政策和规定等,了解地方生活供应情况,熟悉当地人民群众生活风俗习惯、社会治安、医疗卫生防疫等情况,以免与当地群众发生矛盾甚至社会群体性事件。

## 第二节 施工便道安全技术与风险控制

利用乡村道路作为施工便道时,要与当地政府(与所属行政级别对应,比如村道就是村委)签订协议,加强日常道路维修与养护,保证便道顺畅,待工程完工后按照协议进行补偿或修复,以免造成社会矛盾,引发群体性事件。

本节所述施工便道,主要系指新建临时便道。

### 一、风险控制重点

施工便道属于临时工程,是指为维持短期通车而修建的临时线路,一般采用较低的建筑标准,通常在达到预期使用目的后即拆除或废弃。随着我国公路建设向山区的不断延伸,山区既有交通逐渐闭塞,公路施工时一般都需要修筑施工便道。由于便道的临时性、低标准、所建山区地质条件复杂等特点,近年来,因便道引发的安全事故时有发生,成为山区公路工程施工中重要的安全隐患。

施工便道的风险控制重点在于:

- (1) 杜绝因选线不当引发地质灾害。
- (2) 防止因修建标准偏低导致交通事故。
- (3) 防止排水、防洪措施不当的不安全行为,以免造成便道被冲毁或坍塌。
- (4) 防止无必要安全标志或安全标志设置错误的不安全状态,以免造成交通事故。
- (5) 杜绝便道的土石方弃渣未弃置在河道、沟谷的不安全行为,以免引发泥石流灾害和洪水灾害。
- (6) 在盘山道、“之”字道上同一段内进行便道施工时,严防作业人员上下同时进行开挖土石方作业的不安全行为,以免造成物体打击伤害或埋压事故。
- (7) 严防施工机械的指挥及操作人员酒后作业或疲劳工作的不安全行为,以免造成机械伤害或交通事故。
- (8) 陡坡作业时,防止作业人员不系好安全带和安全绳的不安全行为,以免造成高处坠落伤害。
- (9) 维修便道时,防止施工地段的两端未正确设置安全警告标志的不安全行为,以免造成车辆伤害或交通事故。
- (10) 防止因便道恢复不到位而引发社会群体性事件。

## 二、建设标准

### (一) 宽度

要求便道干线 5 m 宽,支线 3.5 m 宽,曲线或地形复杂地段应适当增加。

特殊地段可适当降低宽度要求并增加会车台处理,但干线不得低于 3.5 m 宽,支线不得低于 2.5 m 宽。

在临壑地段,应适当加宽路面,以确保行车安全。

在需要设置会车台的路段,按照每 200 m 设置一处,会车台处路段路面宽度不得小于 6 m,路基宽度不小于 7 m,长度不小于 20 m,且有明显标识。

### (二) 坡度

纵向:一般情况下不得大于 8%,困难条件下不得大于 10%,极困难条件下不得大于 15%(须根据所配备的各种车辆和大型机械的具体情况来确定)。挖方和低填方路段,应设置不小于 0.3% 的纵坡,以利于排水。

横向(路拱):1.5%~2%。

### (三) 转弯半径

一般情况下不得小于 20 m,困难条件下不得小于 15 m,极困难条件下不得小于 10 m(须根据所配备的各种车辆和大型机械的具体情况来确定)。

### (四) 路基

新建路基必须经过分层碾压,以满足施工车辆运输要求。对于特殊地段,务必进行换填或加固处理。施工便道边坡坡率不应小于 1:0.5。

### (五) 路面

施工便道路面最低标准采用泥结碎石或级配碎石(基层应采用不小于 20 cm 厚的 6% 石灰土,面层应采用不小于 5 cm 泥结碎石)。在条件允许的情况下,便道面层可采用矿渣铺筑(不小于 8 cm);特大桥、搅拌站和预制场与地方路连接段,便道路面必须采用 20 cm 厚 C25 混凝土硬化。

各场(站、区)、重点工程施工等大型作业区,进出场的便道 40 m 范围应进行硬化,标准为:C20 混凝土,厚度不小于 15 cm,并设置碎石或灰土垫层,基础碾压密实。

### (六) 挡护

靠近沟壑一侧必须修建挡护工程,包括挡土墙(填方段)和防撞墩。防撞墩采用混凝土浇筑,黄黑色油漆竖向标识(黄黑间距 25 cm),在挖方段靠近易滑坡体侧要设置上浆砌片石挡护,高度不小于 1 m,勾横平竖直的阳缝。

### (七) 水沟

施工便道应设置必要的排水沟,确保便道路面排水畅通。排水沟根据地形设置,宽度和深度不小于 50 cm,并进行硬化处理,可采用石砌。根据地形每 100 m 左右将排水沟中水流通过路面下暗沟引至沟壑一侧排走,引入沟壑时注意水土保持,不得冲刷当地农田,暗沟采用埋设混凝土预制管的方法通过路面。

在汇水面积较大的低凹处设置涵洞,以满足排水泄洪要求。

便道经过水沟地段,要埋置钢筋混凝土圆管或设置过水路面,做到排水畅通。

### (八) 标识

便道全程必须悬挂或立警示、指示标志,标志标识制作要求见国家交通安全标识标准。标识标志包括:转弯警示、急坡警示、落石警示、会车台指示、桥梁指示、整里程标识、分岔路口指示、工地驻地指示、限高、限重、限速标志牌等。

## 三、安全选址与选线

在施工便道选址与选线过程中,应遵循如下原则:

(1) 结合地形、地物和现有生活、生产设施,充分利用现有道路,尽量避免对当地居民生活造成困扰。

(2) 便道处于傍山时,要注意避免修建便道引发滑坡、坍塌等地质灾害,要注意处理边坡危石,防止滑坡、塌方破坏便道。

(3) 遵循施工平面布置,必须满足工程施工机械、材料进场的要求。

(4) 便道宜利用永久性道路,新修施工便道应尽可能建在永久用地范围内(不用恢复原貌)。

(5) 应尽量避免与既有铁路路线、公路平面交叉。便道干线不宜占用路基,特殊地段必要时可考虑短期占用路基,但应采取短期临时过渡性措施,尽量缓解干扰。

(6) 尽量避开洼地和河流,不建便桥或少建施工便桥(风险高、成本高)。

(7) 便桥的选址要充分考虑河道的排洪要求,同时尽量地以减少桥长为原则。

(8) 施工现场的道路应保证畅通,并与现场的存放场、仓库、施工设备等位置相协调,满足施工车辆的行车速度、密度、载重量等要求。

(9) 合理保护便道上的古树、大树及珍贵树木,尽量少破坏原生态,将开挖范围内的树木、草根移栽到便道路边或边坡上,并适时在边坡植草、种树。

(10) 接到设计文件及线路征地图后,应立即组织相关人员进行征地放样及结构物的现场原地貌放样,结合现场的整体场地规划进行施工便道选线,并随实施性施工组织设计上报监理工程师批准后方可实施。

## 四、安全标志

(1) 对施工便道从起点起依序统一编号,设便道标识牌于路口处,标识牌按照 1.0 m×0.8 m 尺寸制作,蓝框白底蓝字,标明便道序号、方向(通往××)、陡弯段里程等内容。

(2) 路线明显变化处、便道平面交叉处,应设置指路和警告标志。施工便道转弯、临空处、交叉口和出场地入口须埋设高度不低于 80 cm、间距不大于 10 m 的警示桩。警示桩可采用直径不小于 10 cm 的 PVC 管制作,管内填 C15 混凝土,管外贴红白相间反光膜,警示桩采用 C20 混凝土基础,尺寸为 20 cm×20 cm×30 cm。

(3) 便道途经村镇、街道、学校等人口密集区,应设置禁令标志。

(4) 易塌方、滚石等危险路段,应设置道路防护及警告标志。

(5) 途经小桥,应设置限载、限宽警告标志;途经通道,应设置限宽、限高警告标志。在跨越河道便桥上,要根据计算的承载力和宽度设置限高、限重、限速标志牌,便桥两侧设置防坠落护栏,其高度符合相关要求。

(6) 施工便道宜设置里程桩和百米桩,从起点开始对应主线桩号在便道外侧路肩埋设。

(7) 在进入施工便道后的路侧应设置“进入施工现场,请减速慢行”标志,同时应并设限速