

Gonglu Suidao Gongcheng
Zhiliang Tongbing Fangzhi Shouce

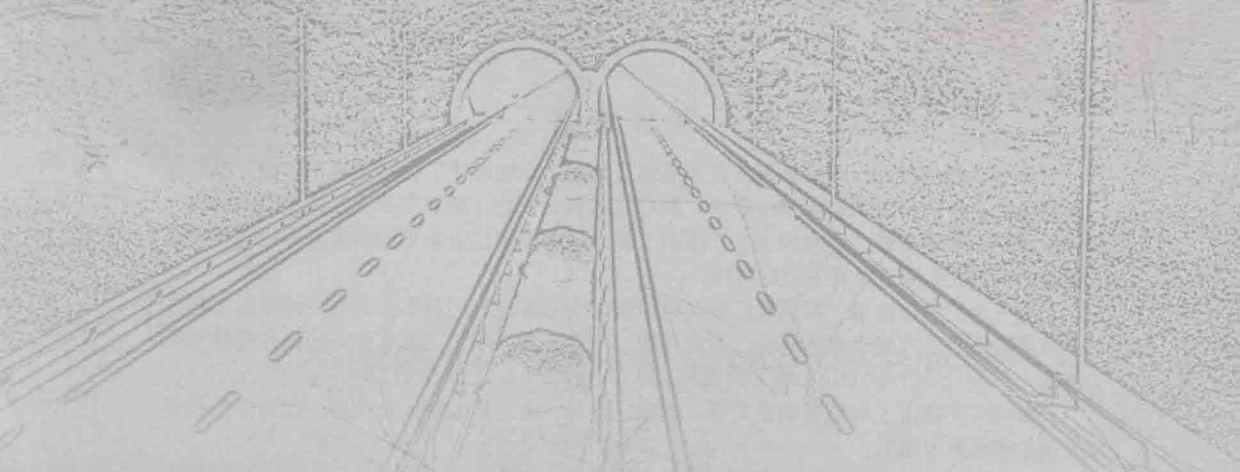


公路隧道工程 质量通病防治手册

交通运输部工程质量监督局



人民交通出版社
China Communications Press



Gonglu Suidao Gongcheng
Zhiliang Tongbing Fangzhi Shouce

公路隧道工程 质量通病防治手册

交通运输部工程质量监督局



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书从表现形式、原因分析及防治措施三方面,详细阐述了公路隧道工程施工质量通病的防治,内容包括:基本管理要求,洞口与明洞,开挖,初期支护,二次衬砌,仰拱、仰拱填充及隧道底板,防水与排水,路面工程,超前支护,应急工程措施。书后还收录了隧道坍塌营救和隧道大变形处置案例。

本书由交通运输部工程质量监督局组织业内专家编写,汇集了各地在公路隧道工程施工质量通病防治方面取得的经验,图文并茂,内容简洁、明了,具有较好的操作指导与示范性。

本书可供隧道工程质量监督人员、建设、设计、施工及监理人员使用,也可作为相关人员的培训参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

公路隧道工程质量通病防治手册 / 交通运输部工程质量监督局组织编写. — 北京:人民交通出版社, 2014.3

ISBN 978-7-114-11214-0

I. ①公… II. ①交… III. ①公路隧道—隧道工程—工程质量—技术手册 IV. ①U459.2-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第036415号

书 名:公路隧道工程质量通病防治手册

著 作 者:交通运输部工程质量监督局

责任编辑:孙 玺 刘永超

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.cccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 销 售:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京天宇万达印刷有限公司

开 本:787×980 1/16

印 张:7.5

字 数:133千

版 次:2014年3月 第1版

印 次:2014年3月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11214-0

印 数:0001-4000册

定 价:35.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

《公路隧道工程质量通病防治手册》

编审委员会

审定委员会

主 任：李彦武

副主任：张晓冰

委 员：和 昆 丁彦昕 程崇国

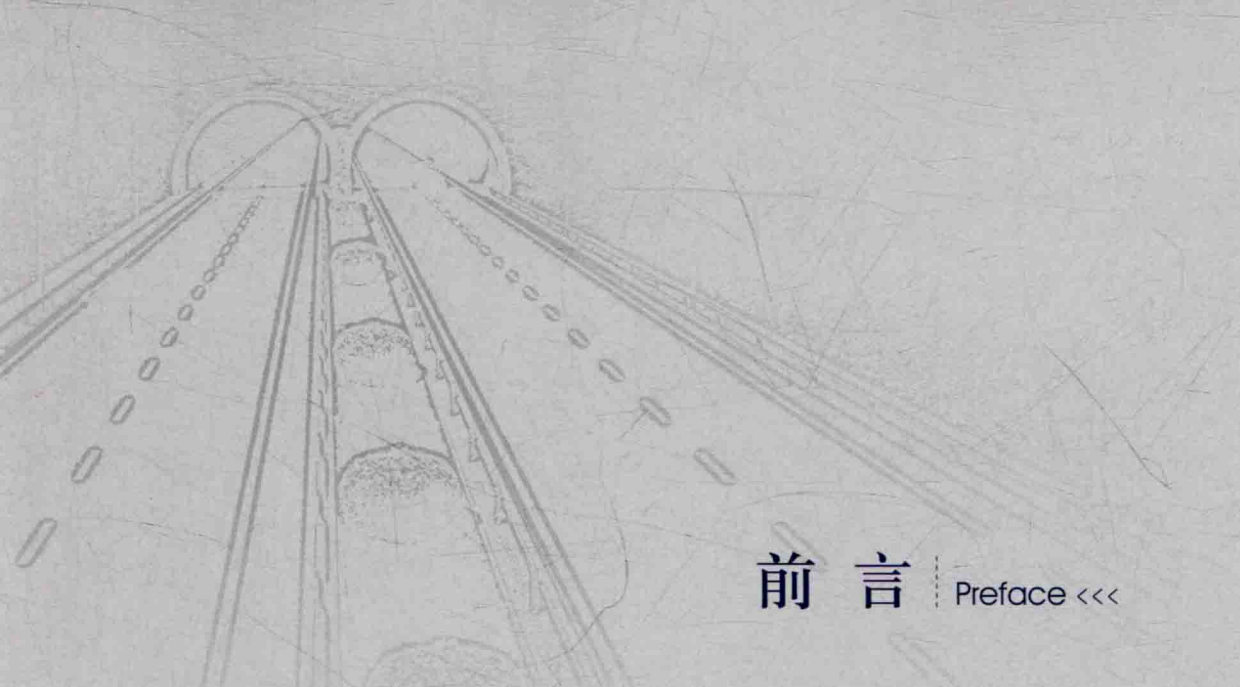
编写委员会

编写人员：和 昆 张 卓 李俊锋 秦 峰

程崇国 秦之富 涂 耘 李志厚

陈树汪 姜 云 孙己龙 许明雷

李建军 徐爱军 李强明 胡 平

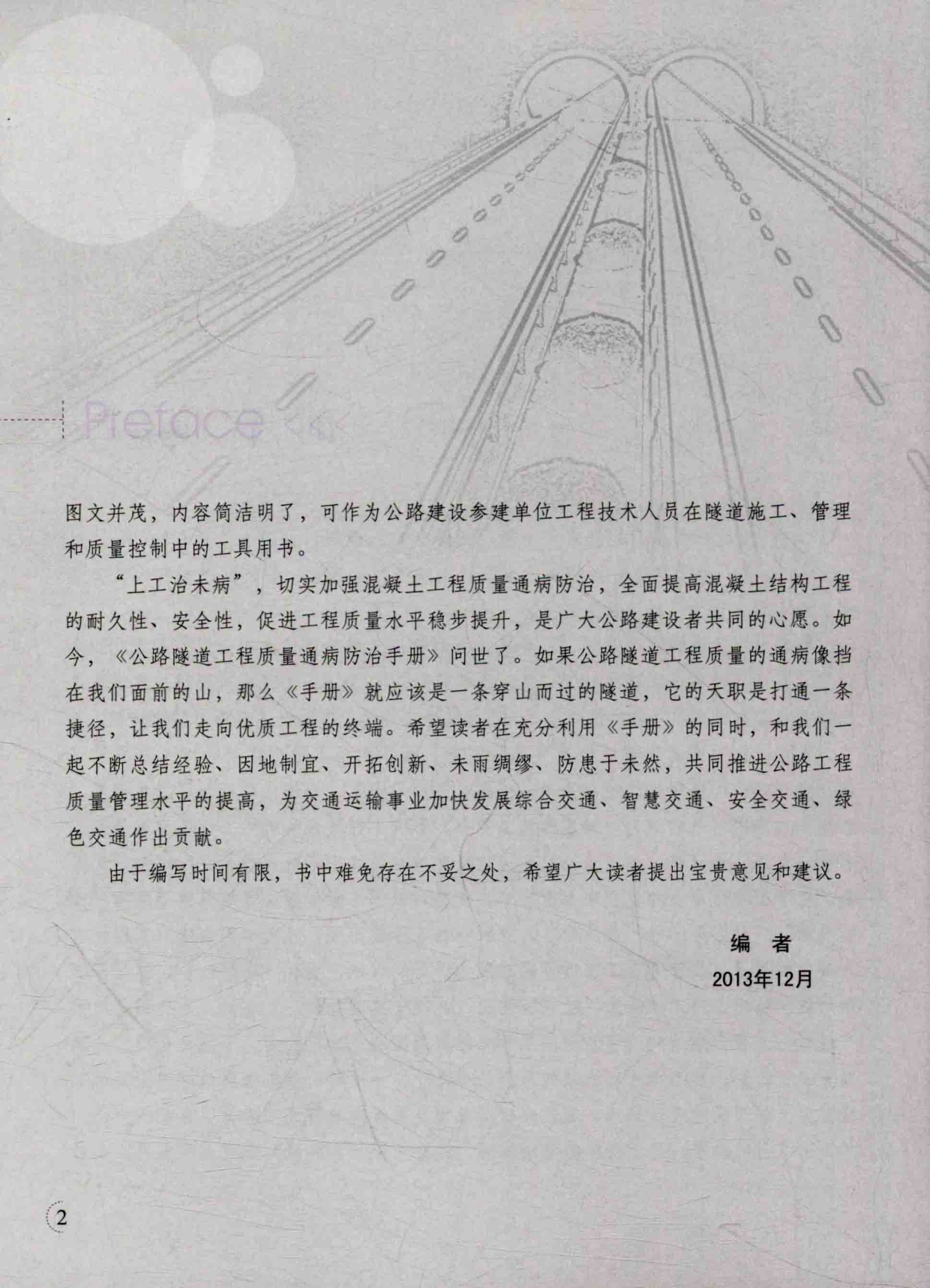


前 言 | Preface <<<

我国是一个多山的国家，山地、丘陵和高原面积约占国土总面积的69%。过去，由于建设资金短缺，公路隧道建设技术落后，修筑隧道难度大，公路多以盘山绕行为主，隧道数量很少。

随着公路建设的快速发展，近年来，公路隧道年增长量达上千公里，截至2012年年底，我国已建成公路隧道10 022座，通车里程8 052.7km。不断提升的隧道建设技术已成为我国交通事业发展的推进器，一座座隧道也连通了中国经济奔腾向前的捷径。

当前，在公路隧道建设快速发展的同时，还不同程度地存在着一些工程质量问题，如洞口边仰坡滑塌；衬砌渗水、变形、开裂、剥落、坍塌；路面开裂、推移等。在施工过程中，也常遇到一些威胁施工安全、影响工程质量的挑战，如围岩大变形、岩爆、瓦斯、涌水等。为了让公路隧道建设能够在挑战中不断完善，在总结中不断提高，在中国交通事业的发展中有所担当，交通运输部工程质量监督局（以下简称“部质监局”）从服务工程一线的角度，组织一批业务能力强、经验丰富的隧道工程技术人员，编写了《公路隧道工程质量通病防治手册》（以下简称《手册》），这是部质监局继《高速公路工程质量风险预控手册（混凝土桥涵分册）》之后，为全面总结推广混凝土工程质量通病治理活动成果和工程质量控制先进经验的又一重要举措，是混凝土工程质量通病治理活动成果的系列丛书之一。《手册》形象生动地描述了隧道工程常见质量通病的表现形式、原因分析及危害，重点对病害成因进行了客观的分析，并提出了针对性强、易于操作的防治措施，还介绍了一些典型的隧道工程案例。全书



Preface

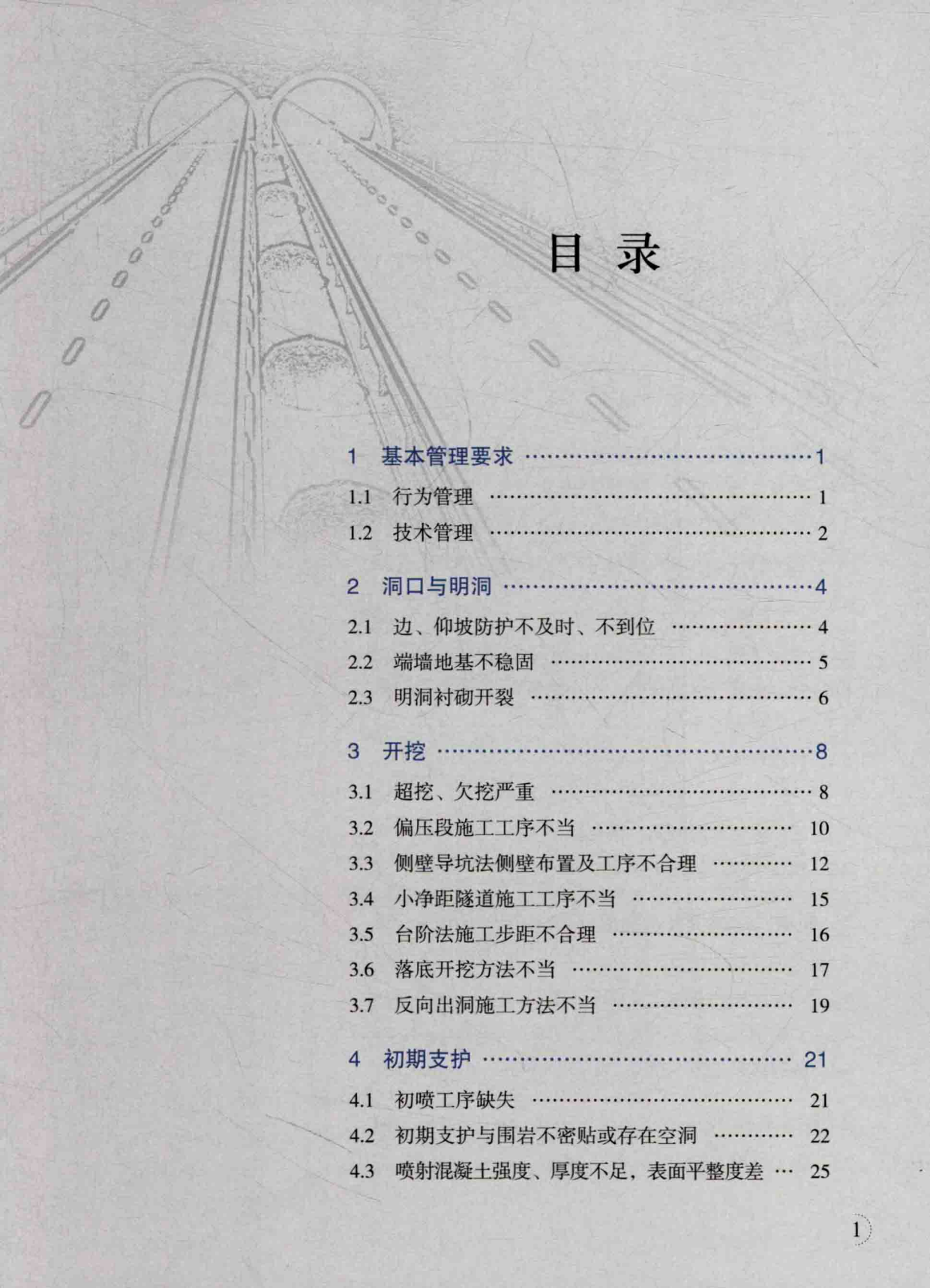
图文并茂，内容简洁明了，可作为公路建设参建单位工程技术人员在隧道施工、管理和质量控制中的工具用书。

“上工治未病”，切实加强混凝土工程质量通病防治，全面提高混凝土结构工程的耐久性、安全性，促进工程质量水平稳步提升，是广大公路建设者共同的心愿。如今，《公路隧道工程质量通病防治手册》问世了。如果公路隧道工程质量的通病像挡在我们面前的山，那么《手册》就应该是一条穿山而过的隧道，它的天职是打通一条捷径，让我们走向优质工程的终端。希望读者在充分利用《手册》的同时，和我们一起不断总结经验、因地制宜、开拓创新、未雨绸缪、防患于未然，共同推进公路工程质量管理水平提高，为交通运输事业加快发展综合交通、智慧交通、安全交通、绿色交通作出贡献。

由于编写时间有限，书中难免存在不妥之处，希望广大读者提出宝贵意见和建议。

编者

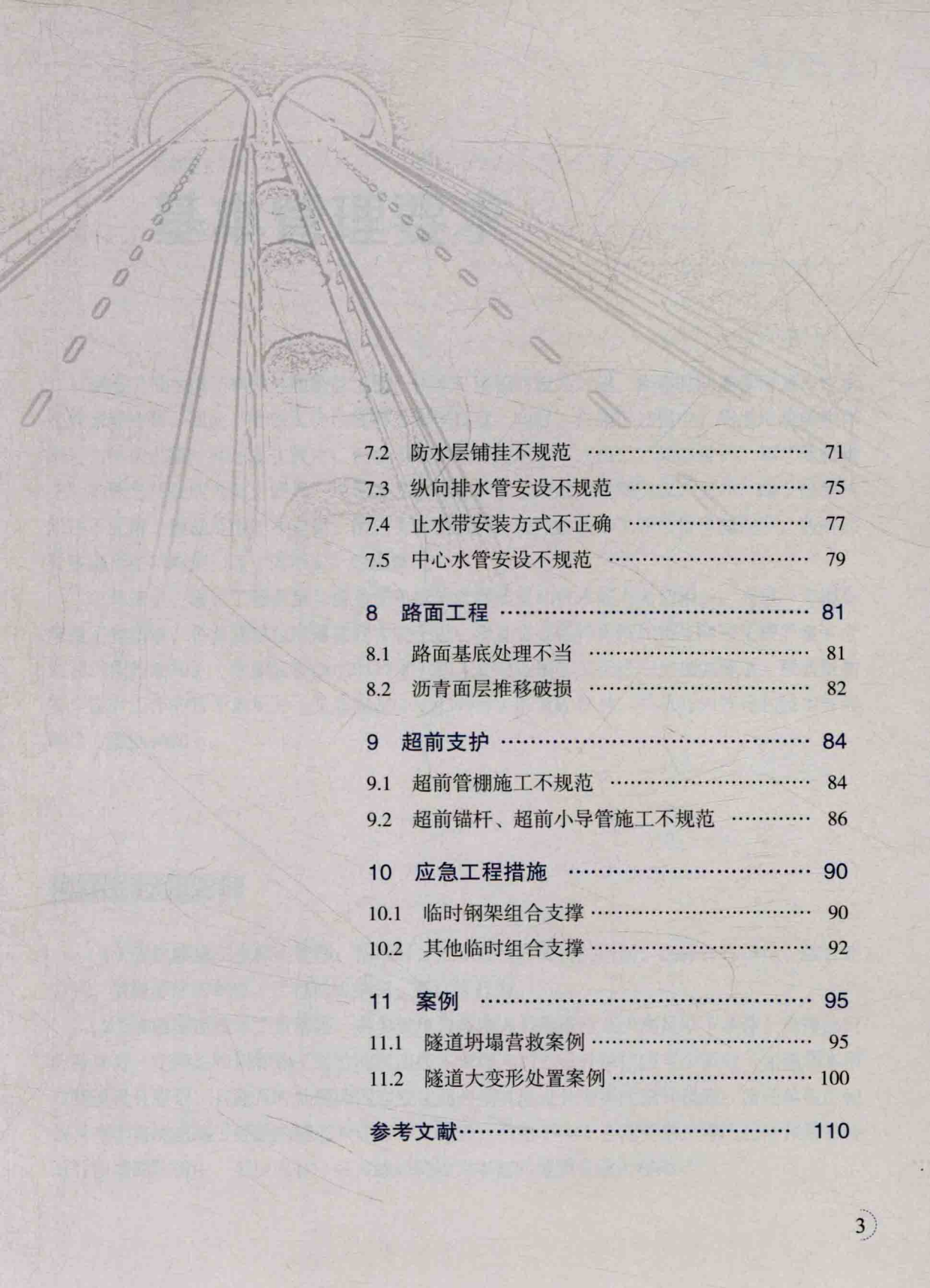
2013年12月



目 录

1 基本管理要求	1
1.1 行为管理	1
1.2 技术管理	2
2 洞口与明洞	4
2.1 边、仰坡防护不及时、不到位	4
2.2 端墙地基不稳固	5
2.3 明洞衬砌开裂	6
3 开挖	8
3.1 超挖、欠挖严重	8
3.2 偏压段施工工序不当	10
3.3 侧壁导坑法侧壁布置及工序不合理	12
3.4 小净距隧道施工工序不当	15
3.5 台阶法施工步距不合理	16
3.6 落底开挖方法不当	17
3.7 反向出洞施工方法不当	19
4 初期支护	21
4.1 初喷工序缺失	21
4.2 初期支护与围岩不密贴或存在空洞	22
4.3 喷射混凝土强度、厚度不足, 表面平整度差	25

4.4	复喷不及时	27
4.5	锚杆(管)制作、安装不规范	28
4.6	钢筋网安装不规范	32
4.7	钢架制作、安装不规范	33
5	二次衬砌	39
5.1	衬砌开裂	39
5.2	衬砌钢筋安设不规范	41
5.3	衬砌强度不足	47
5.4	衬砌厚度不足	49
5.5	二次衬砌与初期支护间不密贴或存在空洞 ...	52
5.6	衬砌表面蜂窝麻面、错台	54
5.7	预留预埋设施施工不规范	56
6	仰拱、仰拱填充及隧道底板	58
6.1	仰拱开挖不规范	58
6.2	仰拱及填充混凝土浇筑不规范	59
6.3	仰拱钢筋加工、安装不符合要求	65
6.4	隧道底板施工不规范	68
7	防水与排水	69
7.1	施工排水不畅	69



7.2	防水层铺挂不规范	71
7.3	纵向排水管安设不规范	75
7.4	止水带安装方式不正确	77
7.5	中心水管安设不规范	79
8	路面工程	81
8.1	路面基底处理不当	81
8.2	沥青面层推移破损	82
9	超前支护	84
9.1	超前管棚施工不规范	84
9.2	超前锚杆、超前小导管施工不规范	86
10	应急工程措施	90
10.1	临时钢架组合支撑	90
10.2	其他临时组合支撑	92
11	案例	95
11.1	隧道坍塌营救案例	95
11.2	隧道大变形处置案例	100
	参考文献	110

隧道工程主体结构多为隐蔽性工程，作业环境相对较为封闭，作业时间连续性强，作业过程循环性强，因此，监管工作往往容易出现盲点。同时，在施工过程中，隧道地质条件和围岩力学状态随时都在发生变化，但由于缺少地质判识技术人员，“动态设计”和“动态施工”的理念往往成为纸上谈兵，现场经常出现支护强度不足或过剩现象。另外，由于检测技术还不完善，检测范围还不全面，部分关键性隐蔽工程往往缺少工后质量检验程序，造成部分隧道存在“外美”而“内不实”的现象。

总体来讲，隧道工程质量与各参建单位的管理质量和技术能力密切相关。为进一步提高隧道工程质量，各参建单位应落实好《关于进一步加强公路特大桥和特长隧道工程质量安全监管工作的通知》（厅质监字[2012]117号）和《交通运输部关于进一步加强隧道工程质量和安全监管工作的若干意见》（交质监发[2013]549号）的文件精神，并从行为管理和技术管理两个方面强调如下。

1.1 行为管理

（1）强化质量安全源头管理，招标时，应本着优质优价的原则，选择管理规范、综合能力强、信誉度好的单位，严控低价抢标、围标等行为。

（2）加强隧道技术力量管理，各参建单位技术人员组成应至少满足以下条件：指挥部应配备具有一定理论知识和施工经验的隧道技术管理人员；设计单位应至少派驻一名熟悉本项目隧道设计原则，且能及时处理因围岩变化而必须实施设计变更的设计代表；监理单位应配备具有丰富隧道施工经验的隧道专业监理工程师，数量不少于合同要求；地质超前预报单位派驻现场的队伍中，至少应有一名实践经验较为丰富的地质专业工程师。

(3) 积极推行现代工程管理, 始终坚持质量是基础、安全是前提的原则。以工程坚固耐久为建设目标, 强化监管措施, 提高工程质量安全管理水平。

(4) 切实落实工程项目质量责任制、质量责任人登记制, 确保工程质量责任落实到人。

(5) 杜绝以包代管、偷工减料等违规行为, 规范建设市场秩序和施工管理。

(6) 严格执行隧道标准化施工。坚持因地制宜, 按标准化要求修建隧道施工钢筋集中加工厂、混凝土集中拌和场; 规范洞内施工场地, 维护洞内施工环境。

(7) 加强隧道施工主要环节质量管控, 强化关键工序质量检测验收程序管理。要把初期支护质量、二次衬砌钢筋安装质量、仰拱及仰拱初期支护质量的无损检测纳入正常管理程序。

(8) 隧道施工现场应配置视频系统、电子门禁系统、有毒有害气体连续监测系统等, 对隧道施工状态进行实时监测。通过视频系统, 实行隐蔽工程施工可视化监控管理; 通过电子门禁系统, 实现对施工人员安全定位管理; 通过有毒有害气体连续监测系统, 有效降低环境安全风险。

(9) 建立隐蔽工程施工过程照片、影像记录资料库, 确保施工过程可溯、可查。

1.2 技术管理

(1) 做好测量控制桩的交接和复核工作, 并使控制桩得到有效保护, 定期对控制桩进行检查、复核, 保证测量精度。进场后应对原始地形进行复核测量。应定期检查洞内施工导线, 并坚持在每循环开挖、支护前进行测量放样。

(2) 加强洞口位置定位测量管理。施工单位进场后, 应及时测绘洞口段实际地形图, 并将设计洞口位置套入实测地形图, 按程序提交管理部门组织核查洞口位置的合理性。

(3) 合理确定施工方法。应根据施工单位自身的施工能力和装备水平, 结合围岩条件、隧道埋深、施工环境等因素, 选择快速、安全、优质、环保的施工方法。

(4) 要充分发挥和积极调动围岩的自承作用。在开挖过程中, 要尽可能避免过度扰动和破坏围岩, 充分发挥其自承能力; 对已经暴露的围岩, 应及时采取措施进行支护, 有效控制其过度变形, 积极调动其自承能力。

(5) 要根据支护结构类型,合理布设各工程部位的施工步距,有效杜绝“重掘进、轻成环”的错误做法。

(6) 加强工序衔接,控制一次性开挖长度。要着力缩短工序衔接时间,避免某种支护长时间单独受力;要严格控制一次性开挖长度,特别是边墙和仰拱部位,避免拱部支护长距离处于悬空状态。要彻底改变只重视上部,而忽视下部的错误观念。

(7) 对隧道围岩和支护结构实行全过程监控量测,加强围岩跟踪地质调查和超前地质预报,随时掌握围岩与支护结构受力状态,用监测数据指导施工和设计调整,切实做到信息化施工。

(8) 加强施工过程质量检测,选择有相应能力的第三方独立检测机构承担施工监控和质量检测,对隐蔽工程实施隐蔽前后的质量检查。

(9) 当隧道穿越岩溶、富水、采空区、断层破碎带等地段,或洞内有瓦斯、硫化氢等有害气体逸出时,应进行安全分析、预测和评价,并制订专项施工方案,强化防范措施。

(10) 加强施工机械配套管理,提升隧道施工装备水平,降低作业人员劳动强度,减少人为施工偏差。应大力推广采用机械手喷射混凝土;应采用可以整体浇筑二次衬砌的模板台车,避免人工浇筑矮边墙带来的质量隐患;应采用可以定位二次衬砌钢筋间距的工作台架。

2 TWO <<< 洞口与明洞

洞口与明洞工程质量通病主要为：边、仰坡防护不及时、不到位；端墙地基不稳固；明洞衬砌开裂。

2.1 边、仰坡防护不及时、不到位

■ 表现形式：

边、仰坡在施工或运营过程中发生坍塌（见图2-1～图2-4）。



图2-1 施工中隧道边坡坍塌



图2-2 施工中隧道仰坡坍塌



图2-3 施工中隧道边、仰坡坍塌



图2-4 运营过程中隧道边、仰坡坍塌

■ 原因分析:

- (1) 防护工程施工不及时、不到位或措施不当。
- (2) 边、仰坡排水设施缺失或措施不当。

■ 防治措施:

- (1) 边、仰坡防护工程应紧随开挖实施, 防护措施及范围应符合现场实际。
- (2) 洞口开挖前, 应根据需要设置排水设施。

2.2 端墙地基不稳固

■ 表现形式:

洞门端墙基础悬空, 没有置于稳固地基上或嵌入深度不够 (见图2-5)。



图2-5 洞门端墙基础悬空

■ 原因分析:

- (1) 设计地面线与实际不符, 简单按图施工。
- (2) 超挖后未按规定处理。

■ 防治措施:

- (1) 在进行端墙施工前,应核查端墙基础设计高程是否与现场实际相符。
- (2) 出现超挖时,应按规范进行处理。
- (3) 洞门端墙地基必须稳固,承载力满足要求,且基础应有足够嵌入深度。
- (4) 根据实际地形、地质条件调整设计。

2.3 明洞衬砌开裂

■ 表现形式:

拱部、边墙、基础开裂(见图2-6、图2-7)。



图2-6 明洞衬砌拱部出现纵向裂缝



图2-7 明洞衬砌边墙出现斜向裂缝

■ 原因分析:

- (1) 明洞地基承载力达不到要求或地基承载力不均时,沉降缝设置不合理。
- (2) 明洞地基超挖后,未按要求进行处理。
- (3) 明洞基础混凝土浇筑前,基底虚渣、积水、杂物等未清理干净。
- (4) 衬砌未达到设计强度即进行回填或回填不规范。
- (5) 拆模时间过早。

■ 防治措施:

- (1) 明洞基础浇筑前,应对基坑进行核查验收。
- (2) 基底出现超挖时,应采用浆砌片石或片石混凝土或同级混凝土回填,或按设计要求处理。
- (3) 浇筑基础混凝土前,应先清除基坑虚渣、积水、杂物等。
- (4) 根据现场不均匀的地质条件,调整沉降缝位置或增设沉降缝。
- (5) 明洞回填应在衬砌混凝土达到设计强度后进行,且明洞两侧应分层对称回填。

3

THREE <<< 开 挖

隧道开挖常见质量通病主要为：超挖、欠挖严重；偏压段施工工序不当；侧壁导坑法侧壁布置及工序不合理；小净距隧道施工工序不当；台阶法施工步距不合理；落底开挖方法不当；反向出洞施工方法不当。

3.1 超挖、欠挖严重

■ 表现形式：

开挖后轮廓线与设计轮廓线相差较大，开挖轮廓表面严重凹凸不平，超挖、欠挖严重（见图3-1、图3-2）。



图3-1 拱顶超挖严重