

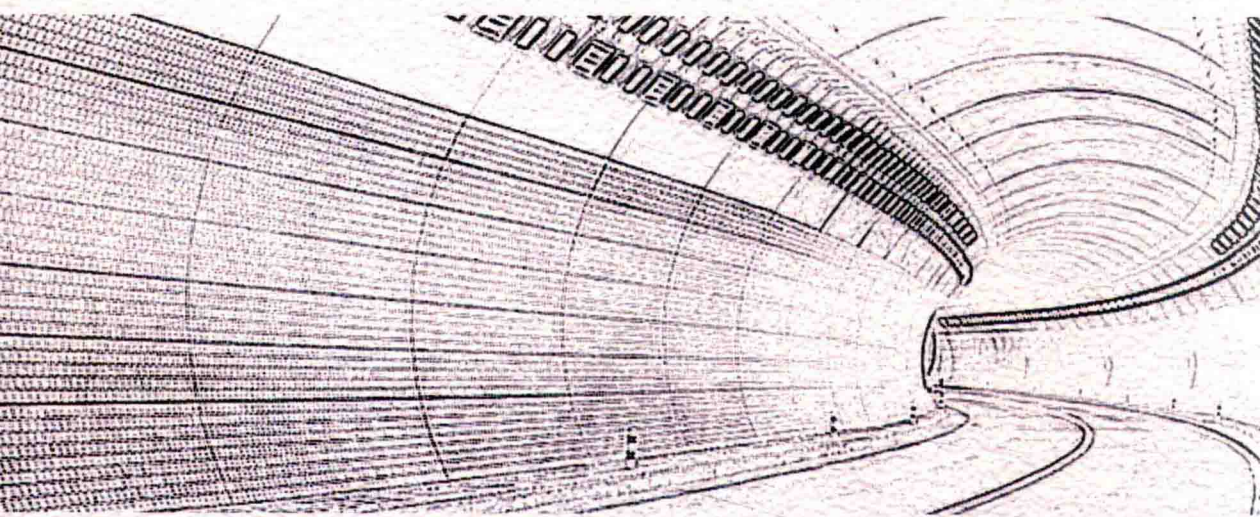
运营隧道

缺陷与病害整治技术

Yunying Suidao Quexian yu Binghai Zhengzhi Jishu

申志军 李树忱 吴治家
龚 伦 冯文山 刘同江

◎编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

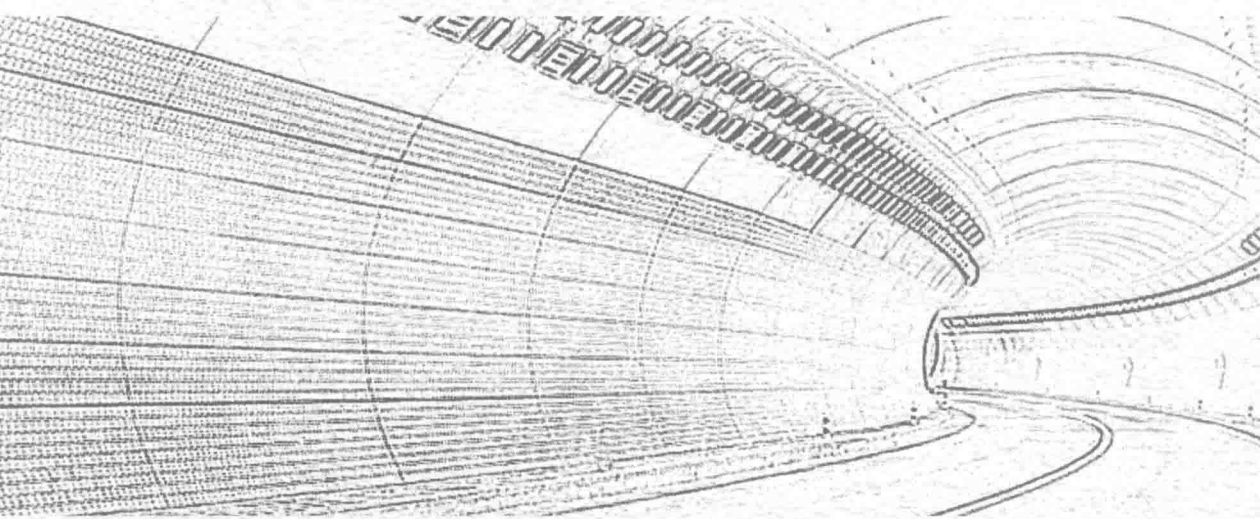
运营隧道

缺陷与病害整治技术

Yunying Suidao Quexian yu Binghai Zhengzhi Jishu

申志军 李树忱 吴治家
龚 伦 冯文山 刘同江

◎编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书在运营隧道结构缺陷与病害整治的大量工程实践、最新科研成果的基础上,紧紧围绕运营隧道结构缺陷与病害整治技术展开论述。具体介绍了运营隧道结构缺陷与病害现状,运营隧道的检查与检测,运营隧道缺陷与病害类型、形成原因、等级划分,具体缺陷与病害的整治措施,隧道整治的施工管理与施工组织等。同时,结合新规范、新材料和新工艺,列举了大量不同类型运营隧道结构缺陷与病害检测和整治的典型工程实例。

本书可供从事运营隧道工程维修管理和病害整治的工程技术人员使用,也可作为隧道工程建设、设计、施工、监理人员及高等院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

运营隧道缺陷与病害整治技术/申志军等编著. —北京:
人民交通出版社股份有限公司,2016.2

ISBN 978-7-114-12693-2

I. ①运… II. ①申… III. ①公路隧道—公路养护
②铁路隧道—铁路养护 IV. ①U459

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 314688 号

书 名: 运营隧道缺陷与病害整治技术

著 作 者: 申志军 李树忱 吴治家 龚 伦 冯文山 刘同江

责任编辑: 张江成

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 12.75

字 数: 295 千

版 次: 2016年2月 第1版

印 次: 2016年2月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12693-2

定 价: 45.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

序

目前,我国公路和铁路隧道总里程接近2万公里,世界排名第一,我国已经成为世界上隧道工程数量最多、发展最快的国家。我国地域辽阔,各地自然条件差异较大,隧道穿越的山体地质条件复杂多变,受隧道设计、施工技术条件、建筑材料、地质条件等限制,早期修建的隧道经常出现衬砌厚度、混凝土质量、衬砌背后脱空等缺陷,以及隧道水害、冻害、衬砌侵蚀破损等病害。甚至一些隧道在运营前就存在质量缺陷。隧道的缺陷或病害问题是世界性问题,在我国尤其突出,因此,要改变以往"重建设、轻维修、轻整治"的理念,对隧道缺陷和病害采用综合检测方法,做到及时发现、及时整治,确保和延长隧道使用寿命。

本书的几位作者是来自施工现场一线的建设、设计和施工工程师,以及对隧道整治有一定研究深度的科研工作者和高校教师。他们将多年的运营隧道整治研究与实践经验,系统总结,编著成书。本书的作者首先从运营隧道检查与检测入手,对运营隧道缺陷与病害类型及成因、等级划分、具体整治原则与方法,进行了系统阐述。同时,辅以大量的公路、铁路隧道结构缺陷与病害整治的工程实例,进行具体说明。我将本书推荐给广大隧道施工、运营工程技术人员和广大读者,相信本书的出版对运营隧道缺陷与病害整治技术的提高,定会起到积极的促进作用。当然,隧道整治技术还需要不断完善,如何在施工期避免缺陷,如何在运营期快速发现和整治缺陷和病害,还需要今后进一步研究。



中国工程院院士

2016年1月

前 言

随着交通工程建设的飞速发展,我国已成为世界上隧道工程数量最多、最复杂、发展最快的国家。截至 2013 年年底,我国运营隧道的总里程位列世界第一,其中铁路隧道 11074 座,总长约 8939km;公路隧道 11359 座,总长约 9606km。

目前,我国隧道处于建设与维修整治并重阶段。受地质、地形、气候条件和建筑材料及勘察、设计、施工、运营等各种因素影响,运营隧道病害问题日益突出。运营隧道结构缺陷与病害整治已成为隧道运营阶段不可避免的重要工作。

本书共分八章内容,第一章介绍我国隧道发展状况、运营隧道结构缺陷和病害现状及存在问题、病害调查;第二章介绍运营隧道检查与检测内容、方法和组织方案及检测实例;第三章介绍运营隧道结构缺陷与病害类型及其形成原因;第四章介绍运营隧道缺陷与病害等级划分;第五章介绍运营隧道衬砌结构缺陷与病害整治原则、程序、措施和整治实例;第六章介绍运营隧道水害与冻害整治;第七章介绍运营隧道隧底缺陷与病害整治原则、程序、措施和整治实例;第八章介绍运营隧道整治施工管理与施工组织。

本书由申志军、李树忱、吴治家、龚伦、冯文山、刘同江编写,在编写过程中,得到仇文革、李小青、李桢祥、陈馈、闵凡路、张成平、王殿明、马伟斌等专家的大力协助和支持。感谢王梦恕院士百忙之中亲自为本书作序。在此,谨向所有关心、支持本书编写的有关领导、专家、学者表示衷心感谢。

鉴于作者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

作 者
2016 年 1 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 我国隧道发展状况	1
第二节 运营隧道结构缺陷与病害现状、特点	5
第三节 运营隧道缺陷与病害存在的问题、病害调查	7
第二章 运营隧道检查与检测	10
第一节 运营隧道检查内容	10
第二节 运营隧道检测方法	13
第三节 运营隧道检测组织方案	36
第四节 运营隧道检测实例	42
第三章 运营隧道结构缺陷与病害类型及其成因	56
第一节 运营隧道结构缺陷类型及其成因	56
第二节 运营隧道结构病害的类型	60
第三节 运营隧道结构病害形成原因	68
第四章 运营隧道缺陷与病害等级划分	71
第一节 我国铁路运营隧道缺陷及病害分级相关规定	71
第二节 我国公路运营隧道缺陷及病害分级相关规定	78
第三节 日本运营隧道病害分级相关规定	81
第五章 运营隧道衬砌结构缺陷与病害整治	83
第一节 整治原则及程序	83
第二节 衬砌缺陷与病害整治措施	84
第三节 衬砌缺陷及病害整治实例	105
第六章 运营隧道水害与冻害整治	114
第一节 隧道水害整治原则	114
第二节 隧道衬砌水害整治	115
第三节 隧道冻害整治	128
第四节 隧道水害及冻害整治实例	136

第七章 运营隧道隧底缺陷与病害整治..... 141

第一节 整治原则、程序与措施 141

第二节 隧道基底水害整治..... 149

第三节 隧底缺陷与病害整治实例..... 154

第八章 运营隧道整治施工管理与施工组织..... 164

第一节 高速公路隧道整治施工管理..... 164

第二节 运营铁路隧道施工安全管理..... 174

第三节 运营铁路隧道整治施工组织..... 180

第四节 运营铁路隧道整治施工组织实例..... 189

参考文献..... 196

第一章 绪 论

第一节 我国隧道发展状况

一、隧道的概念

隧道是人类利用地下空间的一种形式,是埋置于地层中的工程建筑物。1970 年世界经济合作与发展组织对隧道的定义为:“以任何方式修建,最终使用于地表以下的条形建筑物,其净空断面面积大于 2m^2 的洞室”。山岭隧道复合式衬砌结构形式如图 1-1 所示。

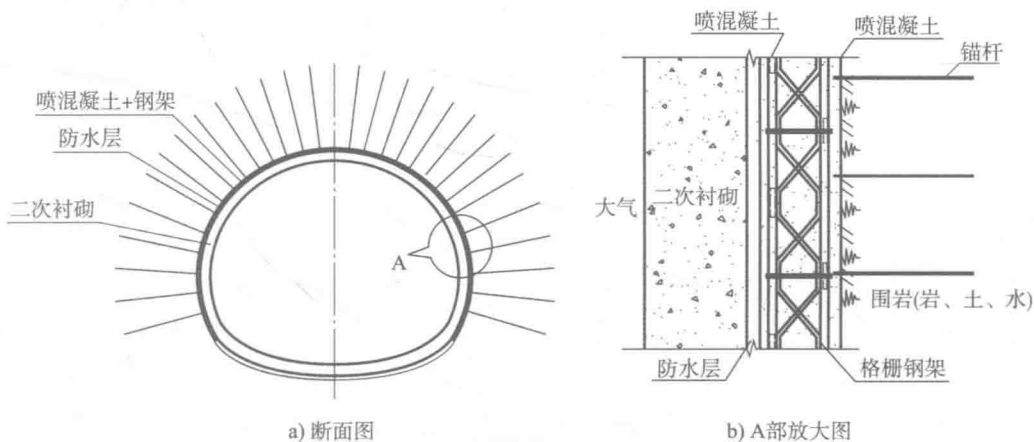


图 1-1 隧道结构形式

二、隧道的分类

隧道的种类繁多,从不同的角度区分,有不同的分类方法。

- (1)按地层分为:石质隧道、土质隧道。
- (2)按施工方法分为:矿山法(钻爆法)、明挖法、沉埋法、掘进机法隧道等。
- (3)按埋置深度分为:深埋隧道、浅埋隧道、超浅埋隧道。
- (4)按断面形状分为:圆形、马蹄形、矩形隧道。
- (5)按断面面积分为:特大断面(100m^2 以上)、大断面($50 \sim 100\text{m}^2$)、中等断面($10 \sim 50\text{m}^2$)、小断面($3 \sim 10\text{m}^2$)、极小断面(3m^2 以下)隧道。
- (6)按行车道数分为:公路隧道有单车道、双车道、多车道隧道;铁路隧道和地下铁道主要有单线隧道、双线隧道、多线隧道。

(7)按其所处地理位置分为:山岭隧道、城市隧道、水下隧道。

(8)按其长度分类,见表 1-1。

铁路隧道和公路隧道按长度分类(m)

表 1-1

隧道分类	特长隧道	长隧道	中隧道	短隧道
铁路隧道	>10000	10000 ~ 3000	3000 ~ 500	≤500
公路隧道	>3000	3000 ~ 1000	1000 ~ 250	≤250

(9)按隧道的用途分为:

①交通隧道,如公路隧道、铁路隧道、水下隧道、地下铁道、人行隧道。

②水工隧道,如引水隧洞、尾水隧洞、泄洪隧洞。

③市政隧道,如给水隧道、污水隧道、管路隧道、线路隧道、人防隧道、综合廊道。

④矿山隧道,如运输巷道、给水隧道、通风巷道。

三、交通隧道的作用

保证隧道岩体的稳定性,确保行车安全。

(1)洞身衬砌:承受围岩压力、结构自重及其他荷载,防止围岩风化、崩塌和洞内的防水、防潮。

(2)洞门:防止洞口塌方落石,保持仰坡和边坡的稳定性。

(3)通风、照明、防排水、安全设备:确保行车安全、舒适。

四、交通隧道的发展

交通隧道是隧道中为数最多的一种,主要有铁路隧道、公路隧道和地下铁道。我国最早的交通隧道是公元 66 年建成的陕西古褒斜道上的石门隧道,第一条铁路隧道是修建于 1888 年的狮球岭隧道。

目前,我国的隧道建设规模已处于世界第一位。截至 2013 年年底,运营铁路隧道有 11074 座,总长 8938.8km;公路隧道已达到 11359 座,总长 9605.6km。

1. 铁路隧道的发展

我国第一座铁路隧道是在台湾基隆至台北铁路上的狮球岭隧道,全长 261m,修建于 1888 ~ 1890 年。1903 年在滨洲线建成兴安岭隧道,全长 3077m,是我国第一座超过 3km 的铁路隧道。詹天佑主持修建的京张铁路,是我国自行设计、施工的第一条铁路,在关沟段建成 4 座铁路隧道,其中最长的八达岭隧道全长 1091m,建成于 1908 年,是我国依靠自身力量修建的第一座越岭铁路隧道。1939 年,为增建滨绥二线修建的杜草隧道,全长 3840m,是新中国成立前最长的铁路隧道。

清末时期的 37 年中,共修建隧道 238 座,总长 42km。民国时期的 38 年中,共修建隧道 427 座,总长 114km。截至 1949 年,共修建铁路隧道 665 座,总长 156km。

新中国成立后,20 世纪 50 年代开始大规模铁路建设,隧道建设步入新阶段,这一时期建成隧道最多的铁路主要有宝成、天兰、丰沙 I 线、石太复线、川黔等铁路,共建成隧道 1005 座,总长 306km。

20 世纪 60 年代,组织了西南铁路大会战,建成一批隧道较多的山区铁路。相继建成贵

昆、成昆、京原以及东川、嫩林等干支线,共修建隧道 1113 座,总长 660km。

20 世纪 70 年代,铁路路网迅速扩展,进行大规模铁路建设,完成了较多的铁路隧道,主要有焦枝、枝柳、襄渝、湘黔等铁路,共建成隧道 1954 座,总长 1035km。

20 世纪 80 年代,由于改革开放的需要,旧线改造和新线建设并举,出现了特长隧道。进行了衡广、沪宁、沪杭、浙赣等复线建设,修建了京秦、大秦、兖石、新菏等铁路。共建成隧道 319 座,总长 199km,从数量上看有所减少,但建成的长隧道特别是双线长隧道增多。其中大瑶山隧道是我国当时已建成隧道中最长的双线隧道,全长 14.29km。

20 世纪 90 年代,随着改革开放的深入发展,国家要求加快铁路建设,发展和完善路网,加强路网大通道建设,提高铁路综合运输能力,修建的铁路干线主要有侯月、宝中、京九、南昆、神朔、朔黄、达成、横南、广大、西康、神延、内昆等铁路,同时还对宝成、兰新、宝天、株六等铁路增建二线。共建成隧道 1822 座,总长 1311km。

进入 21 世纪,国务院制定了《中长期铁路网规划》,铁路进入大发展时期,同时,客运专线和高速铁路快速发展。隧道占线路比例增大,隧道数量增多。建成的客运专线和高速铁路主要有京沪、京广、石太、郑西、合武、甬台温、温福、哈大、福厦、厦深、西宝、渝利、遂渝二线等铁路,普通速度铁路有青藏、宜万、渝怀、达成、襄渝二线等铁路,隧道穿越地区地质复杂、环境恶劣。宜万线为我国目前已建和在建铁路中最艰难的复杂岩溶山区干线铁路,其中隧道 159 座,总长 338km,占线路总长的 60%。截至 2013 年,运营铁路隧道长度见表 1-2。

运营铁路隧道长度统计表(km)

表 1-2

年代	1949	1950 ~ 1959	1960 ~ 1969	1970 ~ 1979	1980 ~ 1989	1990 ~ 1999	2000 ~ 2013
长度	156	306	660	1035	199	1311	5272
累计	156	462	1120	2157	2356	3667	8939

2001 ~ 2013 年铁路隧道增长曲线如图 1-2 所示。

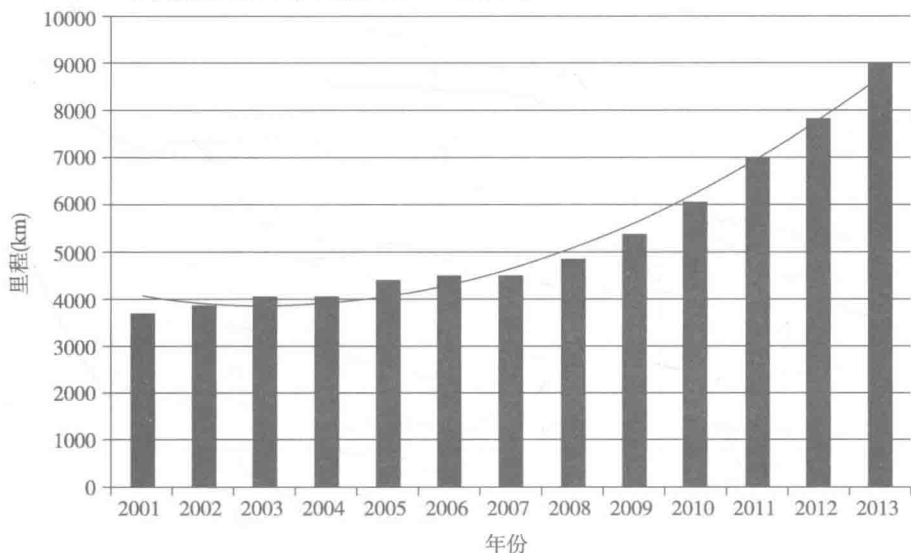


图 1-2 铁路隧道增长曲线

截至 2013 年年底,运营铁路隧道共 11074 座,总长 8939km;2014 年在建的铁路隧道有 4206 座,总长 7795km;已规划有 4600 余座铁路隧道,总长 10600km。

目前开通运营的最长隧道为新关角隧道,全长 32.645km,该隧道位于青藏铁路西宁至格尔木二线控制性工程,为双线双洞。在建隧道最长的是大瑞铁路高黎贡山隧道,全长 34.5km,为单线隧道。

2. 公路隧道的发展

我国公路隧道起步较晚,发展较快,现代意义的公路隧道仅有 40 年的发展历史。20 世纪 50 年代,我国仅有 30 多座公路隧道,总长约 2.5km。20 世纪 60~70 年代,我国干线上曾修建了百米以上的公路隧道。1964 年修建的北京至山西原平公路上,修建了两座 200m 以上的隧道,已是较大的工程。据统计,截至 1979 年,我国公路隧道通车里程仅为 52km,数量为 374 座。1993 年发展到 682 座,总长 136km。隧道平均长度为 199m,均以短隧道为主。进入 21 世纪的 13 年来,我国公路网交通逐渐穿越崇山峻岭,向离岸深水延伸,秦岭终南山隧道、上海崇明隧桥、厦门翔安、青岛胶州湾海底隧道等重大工程相继建成。截至 2013 年,我国公路隧道为 11359 座、总长 9605.6km,其中,特长隧道 562 座、总长 2506.9km,长隧道 2303 座、总长 3936.2km。截至 2013 年,公路隧道数量及长度见表 1-3,代表性的公路隧道见表 1-4。

公路隧道数量及长度统计表 表 1-3

序号	年份	隧道数量(座)		隧道长度(km)	
		增加	累计	增加	累计
1	2000 年		1684		628
2	2001 年	98	1782	77	705
3	2002 年	190	1972	130	835
4	2003 年	203	2175	166	1001
5	2004 年	320	2495	244.6	1245.6
6	2005 年	394	2889	281.4	1527
7	2006 年	899	3788	314.8	1841.8
8	2007 年	885	4673	713.7	2555.5
9	2008 年	753	5426	630.9	3186.4
10	2009 年	713	6139	755.6	3942
11	2010 年	1245	7384	1180.6	5122.6
12	2011 年	1138	8522	1130.8	6253.4
13	2012 年	1500	10022	1799.3	8052.7
14	2013 年	1337	11359	1552.9	9605.6

具有代表性的公路隧道 表 1-4

序号	隧 道 名	长度(m)	位置	车道
1	秦岭终南山隧道	18020	陕西	2×2
2	大坪里隧道	12290	甘肃	2×2
3	包家山隧道	11500	陕西	2×2

续上表

序号	隧 道 名	长度(m)	位置	车道
4	宝塔山隧道	10391	山西	2×2
5	泥巴山隧道	9985	四川	2×2
6	麻崖子隧道	9000	甘肃	2×2
7	龙潭隧道	8700	湖北	2×2
8	米溪梁隧道	7923	陕西	2×2
9	括苍山隧道	7930	浙江	2×2
10	方斗山隧道	7581	重庆	2×2

第二节 运营隧道结构缺陷与病害现状、特点

一、运营隧道结构缺陷与病害现状

我国是一个多山的国家,山地和丘陵占国土面积的 75% 左右。目前,我国已经成为世界上隧道工程数量最多、最复杂、发展最快的国家。但是,我国地域自然条件差异较大,隧道穿越的山体工程地质及水文地质等条件复杂多变,运营隧道又受修建时期的设计与施工技术条件的限制,早期修建的隧道经常出现拱墙开裂、衬砌背后脱空、结构渗漏水、隧道冻害、衬砌厚度不足、混凝土强度低等缺陷或病害。隧道的缺陷或病害问题是世界性问题,在我国尤其突出,隧道结构病害是当今工程中常见的突出问题,我国铁路、公路和地下铁道都存在不同程度的病害。

公路隧道土建结构病害近年来呈现快速增长趋势,我国 90% 的公路隧道修建于 1998 ~ 2013 年之间,而公路隧道的衬砌开裂变形和渗漏水等病害多发于其投入运营 5 ~ 10 年间。目前,我国大部分公路隧道已进入土建结构病害高发期。

通过对隧道结构病害进行整治时发现,隧道病害的一个重要原因是隧道在施工过程中遗留下来的工程缺陷。这些缺陷主要为衬砌存在脱空、空洞或厚度不足,成为隧道结构的薄弱点。在外力水压的作用下,形成衬砌开裂掉块、渗漏水等病害。因此,对隧道结构缺陷和病害均要引起高度重视,采取有效措施尽早发现缺陷和病害,及时整治,确保行车安全。下面的工程案例给出了日常隧道结构病害的形式。

【案例 1】 运营管理部门在日常检查中发现,某隧道 K1961 + 399 衬砌环向施工缝处拱顶掉块露出空洞、钢筋外露,经进一步查实空洞环向长 3.5m、纵向长 1.35m,薄层为混凝土浮浆(图 1-3),现场临时采取清除薄层和浮浆、限速措施。然后在施工天窗内采取模注混凝土回填处理。

【案例 2】 运营管理部门检查发现,某隧道 K1420 + 390 处拱顶有裂缝,怀疑有空洞,经凿除发现空洞环向长 5.5m、纵向长 1.2m,衬砌最薄处仅 1cm(设计 40cm,如图 1-4 所示),临时采取凿除薄层、限速措施。后采用植筋、模喷混凝土方案处理。

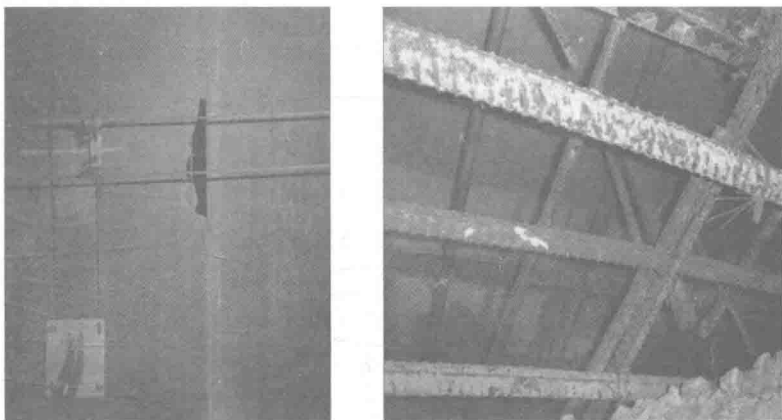


图 1-3 隧道表面及内部空洞



图 1-4 隧道衬砌空洞中可见防水板

【案例 3】某隧道全长 14.295km, 1988 年建成通车, 1990 年 5 月洞内两处涌水涌砂, 造成行车中断。经分析, 涌水涌砂是由于灰岩地段富水引起, 整治措施为以排为主的方式, 增设 8km 泄水洞, 并对地表进行堵、截、排相结合的综合治理方法。

【案例 4】某隧道 K1905 + 103 拱顶出现大量涌水, 拱顶混凝土剥离掉块 3 块, 最大掉块 35cm × 25cm × 7cm, 凿开 2m × 2m 混凝土后出露防水板、渗水盲管和单层钢筋网, 衬砌厚度 6 ~ 10cm, 存在空洞(图 1-5)。后采取增加泄水洞、衬砌套拱加固等措施, 处理过程中长期间速。

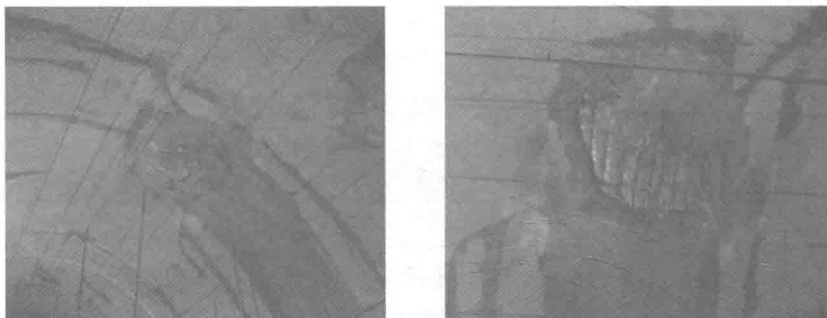


图 1-5 隧道掉块和渗漏水

【案例5】 检查中发现某隧道 K1358 + 600 ~ K1358 + 700 范围内有三处掉块:①拱顶掉块纵向长 9m,环向宽度约 60cm,厚度约 12cm;②拱顶掉块长 4m、宽 0.3m、深 0.2m;③左侧边墙掉块长 4m、宽 0.6m、深 0.1m。同时,左侧边墙存在 10 余条裂纹,以环向为主,右侧较少(图 1-6、图 1-7)。为防止发生新的掉块危及行车安全,立即采取线路封锁措施,进行锚、工字钢、网喷混凝土套衬加固,整治封锁线路长达 25d。

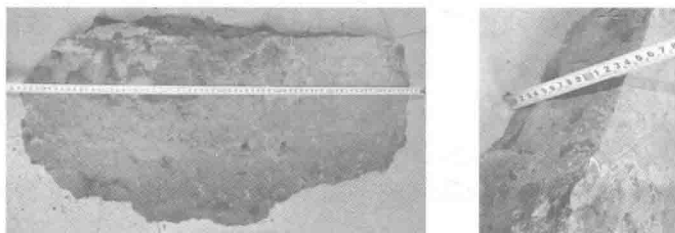


图 1-6 隧道衬砌已碎的掉块

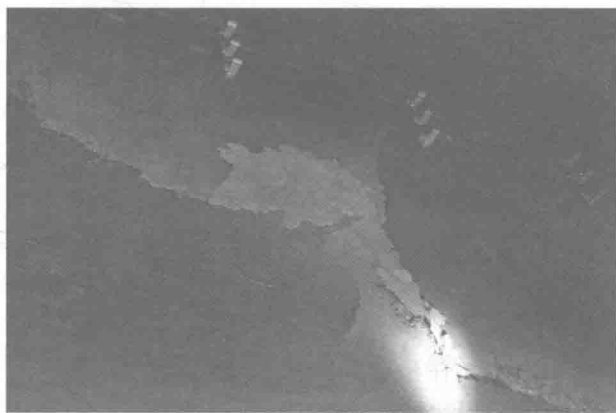


图 1-7 局部衬砌压溃

二、隧道缺陷和病害特点

(1)隧道缺陷在衬砌内部不易发现,病害具有一定的隐蔽性。因隧道内光线差、隐蔽性强,不易被发现。

(2)隧道缺陷在外力或水的作用下,极易形成病害,需及早发现缺陷并整治。

(3)隧道缺陷和病害数量较大、病情多。病害具有突发性(如掉块),危及行车安全。

(4)缺陷与病害整治比较困难,干扰大,工序复杂,整治一处病害往往需要较长时间封锁铁路或公路,对运营影响较大,整治一座隧道的病害有时需要几年甚至十几年才能完成。

(5)隧道空间狭小,作业时间短,造成施工环境恶劣。

由于以上原因,致使隧道病害数量逐年增加,治理严重不足,有些隧道的病害还相当严重,甚至已危及行车安全。

第三节 运营隧道缺陷与病害存在的问题、病害调查

一、运营隧道缺陷与病害存在的主要问题

(1)由于隧道修建年代久远,基础资料不完整,管理手段落后。

(2)隧道的检查和检测手段落后而且不够规范,早期病害难以发现,使某些可以早期整治的病害,得以发展成严重的病害,彻底整治更加困难。

(3)整治材料耐久性不好,一些隧道整治效果不佳,不易彻底整治,易出现反复,如渗漏水等。

(4)新建隧道的设计和施工遗留问题较多,某些隧道还相当严重。

(5)整治缺陷和病害所需费用大。新开通隧道的缺陷整治费用一般由施工单位承担,隧道病害根据造成原因分别由施工单位、运营管理单位或业主承担,筹集整治费用较难。

二、运营隧道病害的调查

我国对于隧道病害调查和整治最早始于铁路隧道。近年来,公路隧道以业主单位为主,对隧道缺陷和病害进行整治。

1. 全国隧道病害调查

1972年,对全国20世纪30~70年代在不同地质(坚硬、软岩、黄土)条件下修建的不同类型(单心圆拱、三心圆拱、直边墙和曲边墙、单线和双线断面)的隧道混凝土衬砌裂缝产生的原因进行调查分析,共调查隧道94座,总长约80.3km,约有93.2%的隧道衬砌开裂,有裂缝的隧道长度占隧道总长的19.2%。

1995年,我国共有运营铁路隧道4855座,总长2261.56km,存在的主要病害是侵限、漏水。严重漏水的隧道1428座,衬砌严重腐蚀的隧道677座,仰拱变形的隧道212座。

1997年,全国共有运营铁路隧道5200座,总长达2500km以上。其中严重漏水(包括拱部滴水、边墙渗水、流水,隧道底部翻浆冒泥,严寒地区隧道结冰、冻胀)影响隧道正常运营的达1520座,占隧道总数的30%左右。存在漏水、衬砌严重裂损及道床损坏等病害的隧道达2000多座,总长约250km,有病害的隧道长度约占隧道总长度的10%。

2003年年底,全国共有运营铁路隧道6087座,总长3247.66km。其中,因病害失格隧道有3739座,占统计隧道的61.4%。

2006年年底,全国共有运营铁路隧道6495座,总延长3768.7km,存在病害劣化的隧道合计有4255座,其中AA级病害劣化的隧道195座,占全国运营铁路隧道总座数的3%;有A1级病害劣化的隧道2864座,占全路运营铁路隧道总座数的44.1%。

2013年,铁路运营部门对2005年以来投入运营的铁路隧道进行了调查和检测,发现2250座隧道中共有23090处缺陷并进行了整治。

2014年,交通部门组织开展为期一年的公路隧道安全隐患排查治理专项行动,要求隧道技术状态为A类(存在显著异常情况)的隧道,立即采取喷射混凝土、套拱等措施,设立醒目标志、并由专人监控,对于B类(存在异常情况)的隧道,立即开展检测并采取针对性的整治措施。

2. 某铁路局管段运营隧道病害调查

截至2011年,某铁路局管内共有1995座隧道,总延长1397km,约占全国运营铁路隧道总数及里程的1/4。这些隧道的竣工时间从1938年(成渝线)到2010年(成昆线、川黔线),时间跨度较大、修建标准不统一(设计速度120~200km/h)、结构形式各异(砌体、锚喷、模筑、复合式等),但是同一条线路上的隧道修建年代及标准还是较为接近的,可以据此将这些主线隧道

分成三个阶段：

(1)1950 ~ 1972 年建成的成渝、宝成、成昆、沪昆铁路线,隧道主要采用砌体结构形式,衬砌材料采用 140 ~ 200 号混凝土,并有部分隧道或隧道的部分地段采用毛洞形式。

(2)2000 年前后建成的达成、内昆、渝怀、黔桂等铁路线路,这些线路仍以单线隧道为主,这一时期的隧道主要采用复合式衬砌形式。

(3)2008 年以后建成的以达成新线为代表的一大批双线高速铁路隧道,这一时期的隧道是考虑了耐久性设计的,设计标准较高。

某铁路局各主要线路的概况以及病害概况见表 1-5。病害隧道数量和以上三个阶段相差不多,病害隧道延长比随着时间的增加而逐渐增加,每千米延长的病害数量也是随着时间的增加而逐渐增加的。从表 1-5 中可以看出,隧道病害在隧道运营初期就出现了,可见病害的出现有其必然性,随着运营时间的增加,病害数量增加,病害程度加深。

某铁路局各主要线路隧道及病害概况 表 1-5

阶段	线路名称	修建年代	隧道总数 (座)	隧道总延长 (m)	病害隧道数量 (座)	总病害数量 (处)	总病害延米 (m)	病害隧道数量比 (%)	病害隧道延长比 (%)	病害数量 (处/km)
第一阶段	沪昆	1958 ~ 1996	380	156942.86	285	4210	27271.7	75.00	17.38	26.83
	宝成	1954 ~ 1970	32	12310.34	25	316	2666.8	78.13	21.66	25.67
	成昆	1961 ~ 1990	285	234135.8	170	852	20818.2	59.65	8.89	3.64
	成渝	1936 ~ 1992	44	8564.59	42	529	9383.6	95.45	109.56	61.77
	川黔	1958 ~ 1990	123	35846.01	98	384	13735.2	79.67	38.32	10.71
	平均							77.58	44.92	25.01
第二阶段	沪昆	1998 ~ 2010	201	132603.51	102	959	10790	50.75	11.99	7.23
	宝成	1994 ~ 2006	34	24494.51	28	714	7596.5	82.35	32.81	29.15
	渝怀	2002 ~ 2009	112	203694.54	54	646	5725.4	48.21	4.84	3.17
	黔桂	2008	81	67012	75	413	6573.7	92.59	10.07	6.16
	内六	1957 ~ 2009	145	148063.75	103	5125	29269	71.03	22.97	34.61
	达成	1994 ~ 1996	38	9524	37	406	2771	97.37	29.39	42.63
	达万	1998 ~ 2002	54	38324	46	558	4393	85.19	11.93	14.56
	平均							78.44	18.80	19.38
第三阶段	达成	2008	71	32096.43	60	280	548.33	84.51	2.12	8.72

第二章 运营隧道检查与检测

第一节 运营隧道检查内容

运营隧道土建结构的检查工作分为经常检查、定期检查、应急检查和专项检查四种。

一、运营隧道常规检查内容

为了确保运营安全,铁路隧道和公路隧道的运营管理部门需进行经常检查和定期检查,因其各自具有不同的特点,检查内容也不尽相同,分述如下。

1. 经常检查

经常检查是对土建结构的外观状况进行一般性检查。通过经常检查,及时发现早期缺损、显著病害或其他异常情况,确定对策措施,并应符合下列规定:

(1)经常检查宜采用人工与信息化手段相结合的方式,配以简单的检查工具进行。应当填写“公路隧道常检记录表”,翔实记述检查项目的缺损类型,估计缺损范围和程度及养护工作量,对异常情况做出缺损状况判定分类,并提出相应的养护措施。

(2)经常检查以定性判断为主。经常检查破损状况判定分三种情况,即情况正常、一般异常、严重异常。

(3)当经常检查中发现隧道存在一般异常情况时,应进行监视、观测或做进一步检查;当经常检测中发现隧道存在严重异常时,应采取措施进行处治;当对其产生原因及详细情况不明时,应做定期检查或专项检查。

根据《公路隧道养护技术规范》(JTG H12—2015),确定经常检查内容见表 2-1。

经常检查内容

表 2-1

序号	项目名称	检查内容
1	洞口	边(仰)坡有无危石、积水、积雪,洞口有无挂冰,边沟有无淤塞,构造物有无开裂、倾斜、沉陷等
2	洞门	结构开裂、倾斜、沉陷、错台、起层、剥落、渗漏水(挂冰)
3	衬砌	结构裂缝、错台、起层、剥落,渗漏水,挂冰、冰柱
4	路面	落物、油污,滞水或结冰,路面拱起、坑槽、开裂、错台等
5	检修道	结构破损,盖板缺损,栏杆变形、损坏
6	排水设施	缺损、堵塞、积水、结冰
7	吊顶及各种预埋件	变形、缺损、漏水(挂冰)

2. 定期检查

定期检查是按规定频率对土建结构的技术状况进行全面检查。通过定期检查,系统掌握