

# 陕西省高速公路运营隧道土建结构病害成因与管理对策

吴兴建<sup>1</sup> 徐 娇<sup>2</sup>

1. 陕西高速公路工程试验检测有限公司 陕西 西安 710086

2. 陕西交控供应链管理集团有限公司 陕西 西安 710000

**摘要:** 为了提高陕西省高速公路运营隧道管养水平,按照规范要求,采用人工现场检查的方式对310座隧道的洞口、洞门、衬砌、路面、检修道、排水系统、吊顶及预埋件、内装饰和标志、标线与轮廓标等土建结构病害进行了统计分析,从设计、施工、水文与管养角度分析了病害的成因,进而提出了具有针对性的管理对策。研究成果对隧道土建结构病害处治具有一定参考价值。

**关键词:** 高速公路;隧道;结构病害;成因;管理对策

## 引言

随着我国公路交通基础设施的不断建设和完善,越来越多的公路隧道投入到管理运营中。截至2022年年末,全国公路隧道24850座、26784.公里,其中特长隧道1752座、7951.1公里,长隧道6715座、11728.2公里<sup>[1]</sup>。无论是隧道数量还是隧道公里数,都居世界首位<sup>[2]</sup>。陕西省也越来越多的高速公路隧道投入到管理运营中。截至2022年底,陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司管辖运营公路隧道达1498座(单洞),里程超过1423公里。在隧道投入运营后,病害逐渐涌现出来,引起了有关学者的关注。

孟庆生等对贵州省5条高速公路隧道的各类土建结构病害进行了频率统计<sup>[3]</sup>;汪金育对贵州省259座高速公路隧道洞口、洞门、衬砌裂缝、衬砌渗漏水、路面、排水系统、检修道等病害进行了调查、统计和分析<sup>[4]</sup>;周嘉宾对河南省323座公路隧道的主要病害进行了分析,并指出了公路隧道运营管理的一些问题<sup>[4]</sup>。然而,目前尚未有针对陕西省高速公路运营隧道土建结构病害的相关调查研究报告。为此,本文以陕西省310座(单洞)(累计长度536公里)高速公路运营隧道作为研究对象,对洞口、洞门、衬砌、路面、检修道、排水系统、吊顶及预埋件、内装饰和标志标线轮廓标等土建结构病害进行分类统计,并针对病害现状提出隧道养护管理对策,期望能为陕西省乃至全国公路隧道建设运营管理提供借鉴和参考。

## 1 隧道土建结构病害现状

本次调查运用举升车、裂缝宽度观测仪、钢卷尺、钢板尺以及摄影摄像等主要仪器设备,严格按照《公路隧道养护技术规范》(JTG H12-2015)<sup>[5]</sup>的规定,采取现场检查的方式对隧道土建结构病害现状进行统计。本次

调查隧道310座,其中特长隧道76(42%)座,长隧道42座(14%),中隧道62座(20%),短隧道130(24%)座,单洞累计长度536公里。

### 1.1 洞口病害现状

在所调查的隧道中,隧道洞口山体基本稳定。但120座隧道(41.7%)边仰坡岩体裸露、破碎、滑塌、碎石掉落;39座隧道(13.5%)边仰坡喷射混凝土脱落、脱空;8座隧道(2.8%)岩土体或支挡结构开裂;1座隧道(0.3%)边仰坡渗漏水;2座隧道(0.6%)排水系统破损。

### 1.2 洞门病害现状

在调查的隧道中,隧道洞门结构基本稳定。但75座隧道(26.0%)洞门存在裂缝;62座隧道(21.5%)存在渗漏水(渗迹、浸渗或涌流)。

### 1.3 衬砌病害现状

#### (1) 结构破损

在调查的隧道中,隧道衬砌结构基本稳定。结构破损主要表现为衬砌的开裂,较为严重的病害为网状裂缝、衬砌混凝土破损、防水板外露。衬砌结构存在主要病害的隧道统计如表1所示。

#### (2) 渗漏水

衬砌渗漏水较为严重的病害为拱部滴水 and 边墙的涌流。

### 1.4 路面病害现状

在调查的隧道中,隧道路面较为平整,车道干净、整洁、无落物。路面病害主要表现为路面的开裂,较为严重的病害为破损、反水和积水。

### 1.5 检修道病害现状

在调查的隧道中,隧道检修道结构基本完好。检修道主要病害为盖板缺损、边缘破损。

### 1.6 排水设施病害现状

在调查的隧道中，路面排水基本通畅，系统排水个别隧道存在排水不畅现象。69座隧道（24.0%）路面排水存在排水篦子缺损、排水边沟积水等病害；133座（46.2%）系统排水存在检查井积水、检查井杂物堆积等病害。

### 1.7 吊顶及预埋件病害现状

在调查的隧道中，隧道电子标志、风机预埋件螺栓较为稳固，未见安装变位现象。但普遍存在风机底座锈蚀现象。

### 1.8 内装饰病害现状

在调查的隧道中，隧道内装饰表面整体较为干净、整洁。但58座隧道（20.1%）内装饰存在涂装脱落或装饰瓷片缺损病害。

### 1.9 标志、标线、轮廓标病害现状

在调查的隧道中，隧道标志、标线、轮廓标基本完好。60座隧道（20.8%）标志牌缺损、脏污；127座（44.1%）标线缺损、脏污；152座（52.8%）轮廓标缺损、脏污。

## 2 隧道土建结构病害成因

### 2.1 设计原因

在早期修筑隧道时，考虑到道路平面和纵向线形等方面的影响，而忽略了隧址区的地质状况，致使某些隧道在缺少可靠地质资料的情况下确定隧道位置。有的隧道穿越断层、岩溶区、采空区、地下暗河等地质条件复杂地段，从先天上给隧道带来了潜在的不良病害，导致隧道在运营过程中病害频发，影响过往司乘人员的安全。

新奥法是当前隧道建设中一种主流的施工方法。隧道在开挖后以喷射混凝土和锚杆作为初期支护的手段，充分发挥围岩的自承能力，通过观测围岩周边收敛、拱顶沉降等监测数据，动态调整初期支护的参数和二次衬砌施作的时间<sup>[6]</sup>。但是，当前在公路隧道施工，或者在铁路隧道施工中，多数隧道在进行参数调整是依据于围岩级别的变化，只有少数是根据监测参数动态调整。真正意义的设计变更也是在隧道开挖过程中出现涌水、变形、塌方、岩溶等病害后进行。所以，在设计上的缺陷，很大程度上增加了隧道后期产生病害的风险。

（1）洞口地质条件勘探不到位。若隧道埋深较浅，且地表岩体不稳定，易引起偏压，造成隧道衬砌开裂。同时，对洞口边仰坡的处治方法不合理，可能造成隧道洞口山体的滑塌。

（2）支护能力不足。当隧道穿越软弱夹层或围岩体

较破碎时，造成坍塌或大变形等病害，致使二次衬砌承受较大围岩压力，造成衬砌的开裂。

（3）排水设计不合理。当围岩体为千枚岩等泥质岩体或具有膨胀性时，应进行仰拱和深排水沟的设置。多数基底出现翻浆冒泥病害的隧道均存在基底积水、排水不畅等问题<sup>[7]</sup>。

### 2.2 施工原因

对调查的隧道进行病害原因分析，施工原因是造成当前隧道土建结构病害的主导因素，如衬砌厚度不足、衬砌背后空洞和渗漏水等。

（1）隧道欠挖或变形。隧道在施工过程中，由于围岩欠挖或变形等原因，致使衬砌厚度受到压缩，厚度不足，甚至出现防水板外露等严重病害。

（2）支护喷射或泵送混凝土操作不规范。围岩、初支和二衬混凝土应该是一个有机整体，但有时在喷射或泵送混凝土时，由于操作不规范，导致围岩与初支或初支与二衬之间留有较大范围的空隙，不能很好的发挥围岩和支护的弹性抗力作用。

（3）防水层缺陷。在进行隧道防水层施工时，合格原材料和铺设质量的保证缺一不可。应该在施工过程中，加强对防水层施工质量（搭接长度、焊缝宽度、焊缝密实性等）的关注，尽可能避免隧道渗漏水病害的发生。

### 2.3 水文原因

（1）原始水系平衡破坏。在修建隧道过程中，改变了原来地下水的渗流规律，隧道成为原始地下水集聚通道，使隧道被地下水所包围<sup>[8]</sup>。当围岩与含水岩层连接，且隧道防排水措施不完善时，将造成衬砌渗漏水或路面反水。

（2）渗流结晶<sup>[9]</sup>。在所调查的隧道中，部分隧道位于岩溶地区，随着地下水渗流进入隧道排水系统内，水溶液中的离子经过化学反应生成难溶性碳酸盐或硫酸盐等，附着于管道内表面，致使管道堵塞，水流从检查井或排水边沟流出至行车道。

### 2.4 管养原因

（1）专业养护人才缺乏，管养人员专业素质亟待加强。隧道养管人员的专业水平和素质直接影响隧道的管养质量。经了解，部分隧道养管人员并非来源于相关土建专业，在面对隧道设计和施工期间遗留问题时，缺乏专业的应对措施。同时基层专业养管人员缺乏，导致部分人员一岗多责，养护管理人员职责划分不清。

（2）日常养护不到位，预防性养护工作开展不足。对隧道土建结构病害进行分析，发现大部分病害可以通过日常养管工作解决，比如：洞口的落石与排水系统破

损；洞门的瓷砖缺损；路面病害（除积水和反水外）；检修道盖板缺损与破损；排水设施破损与杂物堆积；内装饰的防火涂料脱落或装饰瓷片缺损；交通标志标线缺损和脏污等。对于洞门、衬砌和路面的裂缝病害，可以通过预防性养护工作得以解决。

（3）病害处治不及时，处治方法不对症。和往年定检病害进行比对，发现许多比较严重的病害并没有及时进行处治（如衬砌混凝土破损、防水板外露、检查井或排水边沟积水满溢等），致使病害继续发展，给行车造成安全隐患，增加后期处治费用。同时，对已出现病害的隧道进行病害治理时，病害原因分析不清楚，或处治措施不当，或病害处治不彻底，同样导致原始病害继续发展，形成更加严重的病害。

### 3 隧道土建结构病害养护管理对策

#### 3.1 加强隧道专业化管养队伍建设

根据各分公司隧道养护管理工作量，配备与其相对应的专业化管养队伍。定期对管理人员和养护队伍进行专业培训，并建立专业技能考核制度，考核合格后上岗，确保管养队伍的专业化水平。在隧道管养过程中，可以准确判断病害发生的原因，并能够推测病害发展的趋势，为养护计划的制定建言献策，化被动养护为主动养护。

#### 3.2 推动隧道预养护工作开展

隧道病害的发展是一个逐渐变化的过程，如果能在早期对病害有针对性的整治，可以使病害的危害程度降到最低。各分公司应该根据所管辖隧道病害的具体情况，制定完善的预养护计划，开展隧道裂缝治理、渗漏水及排水系统的疏导与修复等预养护工作。同时，定期和不定期开展隧道预养护工作的督查，确保预养护工作有序开展，保证隧道病害的发展程度在可控范围之内。

#### 3.3 推行隧道建养一体化管理

对调查的隧道进行统计分析，发现大部分隧道的建设和养护管理是由不同的单位进行。管养单位作为运营隧道管理养护工作的具体实施者，对建设期间遗留的病害或存在安全隐患的位置难以进行深入的判断分析和重点关注。同时，也很难从隧道建设时的具体状况分析

病害发生的原因，导致病害处治不彻底。如果管理养护单位能够在隧道建设时就参与其中（或者建设单位直接转成管养单位），了解隧道建设过程中的重点和难点问题，后期在管养过程中就能够很好地从隧道的设计、施工、水文地质等方面，全面分析隧道病害产生的原因，在病害处治问题上才能够做到有的放矢。

### 结论

通过对陕西省310座隧道土建结构病害进行调查与统计分析，揭示了隧道洞口、洞门、衬砌、路面、检修道、排水系统、吊顶级预埋件、内装饰和标志、标线与轮廓标等土建结构的病害现状与具体特征，明晰了病害产生的原因归结于设计、施工、水文和管养方面的问题，提出了加强隧道专业化管养队伍建设、推动隧道预养护工作开展和推行隧道建养一体化管理三个方面的管理对策。

### 参考文献

- [1]交通运输部.2022年交通运输行业发展统计公报[N].中国交通报,2023-06-16(002).DOI:10.28099/n.cnki.ncjtb.2023.000982.
- [2]刘燕鹏,缙婷,田正,蔺虎平,李祥.公路隧道运营期衬砌病害分析及对策研究[J].公路,2015,60(10):257-263.
- [3]孟庆生,黄启舒.贵州省公路隧道常见病害调查与成因分析[J].公路与汽运,2019,(05):147-151.
- [4]周嘉宾.河南省公路隧道病害调查分析与运营管理思考[J].现代隧道技术,2018,55(02):1-10.
- [5]JTG H12-2015,公路隧道养护技术规范[S].
- [6]朱汉华,杨建辉,尚岳全.隧道新奥法原理与发展[J].隧道建设,2008,(01):11-14.
- [7]陈礼伟.浅析隧道病害产生的原因[J].隧道建设,2004,(02):83-85.
- [8]卢颖明,陈礼伟.既有隧道病害现象分类及原因分析[J].铁道建筑,2010,(11):46-49.
- [9]卢冠楠,王鹏,杨蕴,毛成君,吴咏敬,吴剑锋,董平,吴吉春.岩溶区隧道排水系统地下水渗流结晶堵塞机理及阻垢技术研究综述[J].现代隧道技术,2021,58(06):11-20.