

中华人民共和国行业标准

公路隧道养护技术规范

Technical Specification of Maintenance
for Highway Tunnel

JTG H12—2003

主编单位:重庆市交通委员会

批准部门:中华人民共和国交通部

施行日期:2003年10月01日

人民交通出版社

2003·北京

中华人民共和国行业标准

公路隧道养护技术规范

JTG H12—2003

重庆市交通委员会 主编

责任校对：尹 静 责任印制：杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京交通印务实业公司印刷

开本：880×1230 1/16 印张：6.25 字数：186千

2003年8月 第1版

2003年8月 第1版 第1次印刷

印数：0 001—6 000册 定价：26.00元

统一书号：15114·0695

**关于发布《公路隧道养护技术规范》
(JTG H12—2003)的公告**

第 7 号

现发布《公路隧道养护技术规范》(JTG H12—2003),自 2003 年 10 月 1 日起施行,原《公路养护技术规范》(JTJ 073—96)中相应内容同时废止。

该规范由重庆市交通委员会主编并负责解释,人民交通出版社出版。请各有关单位在实践中注意积累资料,总结经验,及时将发现的问题和修改意见函告重庆市交通委员会(重庆市渝北区龙溪红锦大道 20 号,邮政编码:401147),以便修订时参考。

特此公告。

中华人民共和国交通部
二〇〇三年五月十六日

前 言

近十年来,随着公路建设的发展,我国新建了若干公路隧道投入营运使用。为了保证公路隧道的正常使用,必须对其进行科学养护。隧道比一般路段养护要求高,技术较为复杂,具有一定的特殊性,需要进行专门的养护管理。为此,交通部下达了编制《公路隧道养护技术规范》的通知(交公路发[1997]731号),由重庆市交通委员会(原重庆市交通局)为主编单位,重庆交通科研设计院(原交通部重庆公路科学研究所)、重庆交通学院、重庆市成渝高速公路管理处作为参编单位,共同组成了《公路隧道养护技术规范》编写组。

在编制过程中,编写组对全国已建的公路隧道的养护状况进行了较广泛的调查研究,收集并分析了大量的设计文件、工程报告、营运管理报告和养护技术资料。考虑到我国公路隧道养护技术起步较晚,养护经验不多,因此,在我国现有养护技术的基础上,采用或者借鉴了国外公路隧道养护的成功经验和先进技术。

本规范由总则、土建结构、机电设施、其他工程设施、安全管理共计5章组成,主要包括:隧道养护工作的计划安排;土建结构的清洁维护、破损检查、保养维修和病害处治;机电设施(含通风照明等设施)的养护维修;环境保护和房屋设施的养护维修;养护作业时的安全管理等。

本规范在编制过程中曾向全国各省市、自治区交通主管部门及有关单位征求意见。为使本规范能更加符合我国公路养护的实际情况,请各单位在执行过程中,将发现的问题和意见,及时函告重庆市交通委员会(通信地址:重庆市渝北区龙溪红锦大道20号,邮政编码:401147;电话:023-69076523;E-mail:jwhaoyi@sina.com)以便修订时参考。

主编单位:重庆市交通委员会(原重庆市交通局)

参编单位:重庆交通科研设计院(原交通部重庆公路科学研究所)

重庆交通学院

重庆市成渝高速公路管理处

主要起草人:蒙进礼、蒋树屏、杨宗厚、滕西全、张太雄、刘 伟、索耆续、曹明全、吴志辉、张 卫

目 录

1 总则	1
2 土建结构	2
2.1 一般规定	2
2.2 清洁维护	2
2.3 结构检查	4
2.4 保养维修	10
2.5 病害处治	12
3 机电设施	19
3.1 一般规定	19
3.2 供配电设施	21
3.3 照明设施	28
3.4 通风设施	30
3.5 消防与救援设施	33
3.6 监控设施	34
4 其他工程设施	38
4.1 一般规定	38
4.2 环保设施	38
4.3 房屋设施	38
5 安全管理	41
附录 A 土建结构检查记录表	43
附录 B 喷射混凝土抗压强度评定	46
附录 C 机电设施养护计划及故障记录表	47
附录 D 本规范用词说明	49
附件 公路隧道养护技术规范(JTG H12—2003)条文说明	51
1 总则	53
2 土建结构	55
3 机电设施	85
4 其他工程设施	90
5 安全管理	92

1 总则

- 1.0.1** 为给公路隧道的养护及其管理提供技术依据和行为准则,特制定本规范。
- 1.0.2** 本规范适用于高速公路、一级公路、二级公路的山岭隧道,其他公路隧道可参照执行。
- 1.0.3** 隧道养护的范围应包括土建结构、机电设施以及其他有关设施。
- 1.0.4** 应根据每一座隧道实际的围岩地质条件、结构和设施状况、交通营运条件以及病害程度等,制定相应的养护方案。
- 1.0.5** 养护维修完成后,应适时进行跟踪观察和监测,了解处治效果。
- 1.0.6** 隧道内养护作业不中断交通时,应采取措施,保证安全并减少对交通的干扰。
- 1.0.7** 隧道养护管理机构应参与土建结构、机电设施和其他有关工程设施的交工和竣工验收,接收、整理和分析隧道竣工资料和工程技术档案,为养护工作提供原始的技术依据。
- 1.0.8** 公路隧道养护维修应贯彻国家的技术经济政策,积极而慎重地采用新技术、新材料、新设备、新工艺,使养护维修达到安全实用、质量可靠、经济合理、技术先进的要求。
- 1.0.9** 公路隧道养护维修除应遵守本规范外,尚应符合国家和交通部现行的有关标准、规范。

2 土建结构

2.1 一般规定

2.1.1 土建结构主要是指隧道的各类土木建筑工程结构物,如洞门、衬砌、路面、防排水设施、斜(竖)井、检修道及风道等结构物。

2.1.2 土建结构的养护工作分为清洁维护、结构检查、保养维修和病害处治四个部分。

- 1 清洁维护的工作内容应包括扫除隧道内垃圾、清除结构物脏污、清理(疏通)排水设施,保持结构物外观的干净整洁。
- 2 结构检查的工作内容应包括发现结构异常情况,系统掌握结构技术状况,判定结构物功能状态,确定相应的养护对策或措施。
- 3 保养维修的工作内容应包括预防性地对结构物进行维护,修复结构物轻微破损,经常保持结构物完好状态。
- 4 病害处治的内容应包括修复破损结构,消除结构病害,恢复结构物设计标准,维持良好的技术功能状态。

2.1.3 养护作业时,应采取必要的安全措施,保证养护作业安全。

2.1.4 隧道内清理出的垃圾或废渣严禁随意倾倒,产生的废水严禁随意排放。

2.2 清洁维护

2.2.1 土建结构应经常性、周期性地清洁维护,其周期应综合考虑隧道状况、交通量大小及组成、结构物脏污程度、清洁方式及效率和环境条件等因素加以确定,并尽量减少对交通营运的干扰。

2.2.2 隧道内路面应定期进行清洁。

- 1 高速公路隧道的清扫应不少于 1 次/日,其他公路隧道可根据具体情况,确定适宜的清扫频度,但不宜少于 1 次/月。
- 2 路面清扫宜以机械作业为主,以人工作业为辅。
- 3 作业时,应注意路面脏污部位的清扫。路面两侧边缘应清扫到位,对紧急停车带、车行横洞洞口应减速慢行清扫,必要时辅以人工清扫。
- 4 当路面被油类物质或其他化学品玷污时,应及时采取必要的措施清除污垢,并用清洁剂清洗干净。

2.2.3 隧道的顶板和内装应定期进行清洁。

- 1 顶板的清洁宜不少于 1 次/2 年;内装的清洁宜不少于 1 次/季度,高速公路隧道内装的清洁宜 1 次/月。
- 2 顶板和内装的清洁宜以机械作业为主,以人工作业为辅。
- 3 采用湿法清洁时,应注意保护隧道内机电设施的安全,防止污水渗入设施内。可根据实际效果选择确定清洁剂,宜选用中性清洁剂。采用干法清洁时,应严格遵守清扫机械操作规程,既应保证清扫质量,也应避免损伤顶板或内装。清扫时应采取必要的降尘措施。对于清扫不能去除的污垢,可用清洁剂进行局部处理。
- 4 在寒冷地区寒冷季节,宜采用干法清洁。

2.2.4 隧道的排水设施应定期进行清理和疏通。

- 1 排水设施的清理不宜少于 1 次/半年。在雨季,应加强对排水设施的检查和清理疏通工作。
- 2 对纵坡较小的隧道或隧道的洞口区段,应加强其清理和疏通工作;对于窨井和沉沙池,应及时将其底部沉积物清除干净。

2.2.5 隧道的标志、标线应定期进行清洁维护,保持其清晰、醒目。

标志、标线的清洁应不少于 1 次/月,当标志牌面或路面标线有污秽,影响其辨认性能时,应及时进行清洗。清洗标志、标线时,应避免损伤其表面覆膜或涂层。

2.3 结构检查

2.3.1 土建结构的检查工作分为日常检查、定期检查、特别检查和专项检查四类。

2.3.2 日常检查、定期检查和特别检查的结果,宜按表 2.3.2-1 的规定分为三类判定;专项检查的结果,宜按表 2.3.2-2 的规定分为四类判定。

表 2.3.2-1 日常、定期和特别检查结果的判定

判定分类	检 查 结 论
S	情况正常(无异常情况,或虽有异常情况但很轻微)
B	存在异常情况,但不明确,应作进一步检查或观测以确定对策
A	异常情况显著,危及行人、行车安全,应采取处治措施或特别对策

表 2.3.2-2 专项检查结果的判定

判定分类	检 查 结 论
B	结构存在轻微破损,现阶段对行人、行车不会有影响,但应进行监视或观测
1A	结构存在破坏,可能会危及行人、行车安全,应准备采取对策措施
2A	结构存在较严重破坏,将会危及行人、行车安全,应尽早采取对策措施
3A	结构存在严重破坏,已危及行人、行车安全,必须立即采取紧急对策措施

2.3.3 当日常检查的判定结果为 B 时,应进行监视、观测或做特别检查;当特别检查或定期检查的判定结果为 B 时,应做专项检查。

2.3.4 日常检查是对土建结构的外观状况进行的日常巡视检查。通过日常检查,应及时发现早期破损、显著病害或其他异常情况,并确定对策措施。

- 1 检查的频度应不少于 1 次/月,高速公路隧道应不少于 1 次/周。在雨季或冰冻季节,应加强日常检查工作。

- 2 检查宜采用目测方法,配合以简单的检查工具进行。
- 3 检查以定性判断为主,检查内容及判定标准宜按表 2.3.4 执行。

表 2.3.4 日常检查内容及判定表

项目名称	检 查 内 容	判 定	
		B	A
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	存在落石、积水、积雪隐患;洞口局部挂冰;构造物局部开裂、倾斜、沉陷,有妨碍交通的可能	坡顶落石、积水漫流或积雪崩塌;洞口挂冰掉落路面;构造物因开裂、倾斜或沉陷而致剥落或失稳;边沟淤塞,已妨碍交通
洞门	结构开裂、倾斜、沉陷、错台、起层、剥落;渗漏水(挂冰)	侧墙出现起层、剥落;存在渗漏水或结冰,尚未妨碍交通	拱部及其附近部位出现剥落;存在喷水或挂冰等,已妨碍交通
衬砌	结构裂缝、错台、起层、剥落	衬砌起层,且侧壁出现剥落状况,尚未妨碍交通,将来可能构成危险	衬砌起层,且拱部出现剥落状况,已妨碍交通,并有继续恶化的可能
	(施工缝)渗漏水	存在渗漏水,尚未妨碍交通	大面积渗漏水,已妨碍交通
	挂冰、冰柱	存在结冰现象,尚未妨碍交通	拱部挂冰,形成冰柱,已妨碍交通
路面	落物、油污;滞水或结冰;路面拱起、坑洞、开裂、错台等	存在落物、滞水、结冰、裂缝等,尚未妨碍交通	拱部落物,存在大面积路面滞水、结冰或裂缝,已妨碍交通
检修道	结构破损;盖板缺损;栏杆变形、损坏	栏杆变形、损坏;道板缺损;结构破损,尚未妨碍交通	栏杆局部毁坏或侵入建筑限界;道路结构破损,已妨碍交通
排水设施	破损、堵塞、积水、结冰	存在破损、积水或结冰,尚未妨碍交通	沟管堵塞,积水漫流,结冰,设施破损严重,已妨碍交通
吊顶	变形、破损、漏水(挂冰)	存在破损、漏水,尚未妨碍交通	破损严重,或从吊顶板漏水严重,已妨碍交通
内装	脏污、变形、破损	存在破损,尚未妨碍交通	破损严重,已妨碍交通

- 4 检查结果应及时填入“日常检查记录表”(见附录 A),详实记述检查项目的破损类型,估计破损范围和程度以及养护工作量,作出判定分类,并采取相应的对策措施。

2.3.5 定期检查是按规定周期对土建结构的基本技术状况进行全面检查。通过定期检查,应系统掌握结构基本技术状况,评定结构物功能状态,为制订养护工作计划提供依据。

- 1 检查的周期宜 1 次/年,高速公路隧道应不少于 1 次/年。检查宜安排在春

季或秋季进行。新建隧道应在交付使用1年时进行首次定期检查。

- 检查宜采用步行方式,配备必要的检查工具或设备,进行目测或量测检查。检查时,应尽量靠近结构,依次检查各个结构部位,注意发现异常情况和原有异常情况的发展变化。对于有异常情况的结构,应在其适当位置作出标记。检查结果宜尽可能量化。
- 检查的内容及判定标准宜按表2.3.5执行,应根据隧道的实际情况进行选择。

表 2.3.5 定期检查内容及判定表

项目名称	检查内容	判 定	
		B	A
洞口	山体有无滑坡、岩石有无崩塌的征兆;边坡、碎落台、护坡道等有无缺口、冲沟、潜流涌水、沉陷、塌落等	存在滑坡、崩塌的初步迹象,尚不危及交通	山体开裂、滑动,岩体开裂、失稳,已危及交通
	护坡、挡土墙有无裂缝、断缝、倾斜、鼓肚、滑动、下沉或表面风化、泄水孔堵塞、墙后积水、周围地基错台、空隙等	存在此类异常情况,尚不妨碍交通	挡土墙、护坡等产生开裂、变形、位移等,可能对交通构成威胁
洞门	墙身有无开裂、裂缝	墙身存在轻微开裂,尚不妨碍交通	由于开裂,衬砌存在剥落的可能,对交通构成威胁
	衬砌有无起层、剥落	存在起层、剥落,不妨碍交通	在隧道顶部发现起层、剥落,有可能妨碍交通
	结构有无倾斜、沉陷、断裂	墙身存在轻微的倾斜或下沉等,尚不妨碍交通	通过肉眼观察,即可发现墙身有明显的倾斜、下沉等,或洞门与洞身连接处有明显的环向裂缝,有外倾的趋势,对交通构成了威胁
	混凝土钢筋有无外露	存在轻微的外露现象,尚不妨碍交通	混凝土保护层剥落,钢筋外露,受到锈蚀,对交通安全构成威胁
衬砌	衬砌有无裂缝、剥落	在拱顶或拱腰部位,存在裂缝且数量较多,尚不妨碍交通	衬砌开裂严重,混凝土被分割形成块状,存在掉落的可能,对交通构成威胁
	衬砌表层有无起层、剥落	存在起层,并有压碎现象,尚不妨碍交通	衬砌严重起层、剥落,对交通构成威胁
	墙身施工缝有无开裂、错位	存在这类异常现象,尚不妨碍交通	接缝开口、错位、错台等引起止水板或施工缝砂浆掉落,发展下去可能妨碍交通
	洞顶有无渗漏水、挂冰	存在漏水,未妨碍交通,但影响隧道内设备的安全	衬砌大规模漏水、结冰,已妨碍交通

续上表

项目名称	检查内容	判定	
		B	A
路面	路面上有无塌(散)落物、油污、滞水、结冰或堆冰等;路面有无拱起、沉陷、错台、开裂、溜滑	存在此类异常情况,尚不妨碍交通	路面出现严重的拱起、沉陷、错台、裂缝、溜滑,以及漫水、结冰或堆冰等,已妨碍交通
检修道	道路有无毁坏、盖板有无缺损;栏杆有无变形、锈蚀、破损等	道路局部破损,栏杆有锈蚀,尚未妨碍交通	道板毁坏,碎物散落,栏杆破损变形,可能侵入限界,已妨碍交通
排水系统	结构有无破损,中央窰井盖、边沟盖板等是否完好,沟管有无开裂漏水;排水沟(管)、积水井等有无淤积堵塞、沉沙、滞水、结冰等	存在沉沙、积水,尚不妨碍交通	由于结构破损或泥沙阻塞等原因,积水井、排水管(沟)等淤积、滞水,已妨碍交通
吊顶	吊顶板有无变形、破损;吊杆是否完好等;有无漏水(挂冰)	存在此类异常情况,尚不妨碍交通	存在严重的变形、破损、漏水,已妨碍交通
内装	表面有无脏污、缺损;装饰板有无变形、破损等	存在此类异常情况,尚不妨碍交通	存在严重的污染、变形、破损,已妨碍交通

4 检查结果应及时填入“定期检查记录表”(见附录 A),将检查数据及病害绘入“隧道展示图”(见附录 A),应详细、准确地记录各类结构的基本技术状况,分析病害的成因,给出判定结论。

5 定期检查完成后,应提出土建结构定期检查报告,内容应包括:

- 1)对土建结构的技术状况和功能状态的评价;
- 2)对土建结构的养护维修状况的评价及建议;
- 3)需要实施专项检查的建议;
- 4)需要采取处治措施的建议。

此外,检查报告还应附上检查记录表、隧道展示图以及其他有关检测记录资料。

2.3.6 特别检查是在隧道遭遇自然灾害、发生交通事故或出现其他异常事件后,对遭受影响的结构立即进行的详细检查。通过特别检查,应及时掌握结构受损情况,为采取对策措施提供依据。

- 1 应根据受异常事件影响的结构,决定采取的检查方法、工具和设备。
- 2 特别检查的内容应按表 2.3.5 针对受异常事件影响的结构或结构部位作重

点检查,掌握其受损情况。

- 3 特别检查应按定期检查的标准判定,当难以判明破损的原因、程度等情况时,应作专项检查。
- 4 检查结果的记录,与定期检查相同。检查完成后,应提交特别检查报告,包括检查记录,评估异常事件的影响,给出判定结论,确定合理的对策措施。

2.3.7 专项检查是根据定期检查和特别检查的结果,或者通过其他途径,判断需要进一步查明某些破损或病害的详细情况而进行的更深入的专门检测。通过专项检查,应完整掌握破损或病害的详细资料,为其是否实施处治以及采取何种处治措施等提供技术依据。

- 1 专项检查宜委托具有相应检测资质的专业机构实施。
- 2 检查的项目、内容及其要求,应根据定期检查或特别检查的结果有针对性地确定。
- 3 检查人员应对有关的技术资料、档案进行调查,并对隧道周围的地质及地表环境等展开实地调查,以充分掌握相关的技术信息,寻找土建结构发展变化的原因,探索其规律,确保专项检查结果的准确性。
- 4 检查的结果可按外荷载作用、材料劣化和渗漏水三种主要情况分别考虑,进行判定分类。

1)由外荷载作用而导致的结构破损,以衬砌变形、移动、沉降、裂缝、起层、剥落以及突发性的坍塌等为主要表现形态,其判定可按表 2.3.7-1 执行。

表 2.3.7-1 外荷载作用所致结构破损的判定基准

异常 情况 判定	衬砌变形、移动、沉降	衬砌裂缝	衬砌起层、剥落	衬砌突发性坍塌
B	虽存在变形、位移、沉降,但已停止发展,已无可能再发生异常情况	存在裂缝,但无发展趋势	—	—

续上表

异常 判定	衬砌变形、移动、沉降	衬砌裂缝	衬砌起层、剥落	衬砌突发性坍塌
1A	出现变形、位移、沉降,但发展缓慢	存在裂缝,有一定发展趋势	——	衬砌侧面存在空隙,估计今后由于地下水的作用,空隙会扩大
2A	出现变形、位移、沉降,估计近期内结构物功能会下降	裂缝密集,出现剪切性裂缝,发展速度较快	侧墙处裂缝密集,衬砌压裂,导致起层、剥落,侧墙混凝土有可能掉下	拱部背面存在大的空洞,上部落石可能掉落至拱背
3A	出现变形、位移、沉降,结构物应有的功能明显下降	裂缝密集,出现剪切性裂缝,并且发展速度快	由于拱顶裂缝密集,衬砌开裂,导致起层、剥落,混凝土块可能掉下	衬砌拱部背面存在大的空洞,且衬砌有效厚度很薄,空腔上部可能掉落至拱背

2)由材料劣化而导致的结构破损,一般出现衬砌强度降低、起层剥落、钢材腐蚀等形态,其判定可按表 2.3.7-2 执行。

表 2.3.7-2 材料劣化所致结构破损的判定基准

异常 判定	衬砌断面强度降低	衬砌起层、剥落	钢材腐蚀
B	存在材料劣化情况,但对断面强度几乎没有影响	难以确定起层、剥落	表面局部腐蚀
1A	由于材料劣化等原因,断面强度有所下降,结构物功能可能受到损害	——	孔蚀或钢材表面全部生锈、腐蚀
2A	由于材料劣化等原因,断面强度有相当程度的下降,结构物功能受到一定的损害	由于侧墙部位材料劣化,导致混凝土起层、剥落,混凝土块可能掉落或已有掉落	由于腐蚀,钢材断面明显减小,结构物功能受到损害
3A	由于材料劣化等原因,断面强度明显下降,结构物功能损害明显	由于拱顶部位的材料劣化,导致混凝土起层、剥落,混凝土块可能掉落或已有掉落	——

3)对于渗漏水、结冰、砂土流出等形态的破损,其判定可按表 2.3.7-3 执行。

表 2.3.7-3 渗漏水所致的结构破损的判定基准

异常情况 判定	渗 漏 水	结冰、砂土流出
B	从衬砌裂缝等处渗水,几乎不影响行车安全	有渗漏水,但现在几乎没有影响
1A	从衬砌裂缝等处漏水,不久可能会影响行车安全	由于排水不良,铺砌层可能积水
2A	从衬砌裂缝等处涌水,影响行车安全	由于排水不良,铺砌层积水
3A	从衬砌裂缝等处喷射水流,严重影响行车安全	在寒冷地区,由于漏水等,形成挂冰、冰柱,侵入规定限界;砂土等伴随漏水流出,铺砌层可能发生浸没和沉降

5 检查完成后,应提交专项检查报告。报告的内容应包括:

- 1)检查的主要经过,包括检查的组织实施、时间和主要工作过程等;
- 2)所检查结构的技术状况,包括检查方法、试验与检测项目及内容、检测数据与结果分析以及对破损结构的技术评价等;
- 3)对病害的成因、范围、程度等情况的分析,及其维修处治对策、技术以及所需资金等建议。

2.4 保养维修

2.4.1 土建结构的保养维修工作主要包括经常性或预防性的保养和轻微破损部分的维修等内容,以恢复和保持结构的良好使用状态。

2.4.2 当日常检查的判定结果为 A 时,应及时对土建结构进行保养和维修。

1 洞口

及时清除洞口边仰坡上的危石、浮土,冬季应清除积雪和挂冰,保持洞口边沟和边仰坡上截(排)水沟的完好、畅通,修复洞口挡土墙、护坡、排水设施和减光设施等结构物的轻微损坏,维护洞口花草树木的完好。

2 洞身

无衬砌隧道出现的碎裂、松动岩石和危石,应本着少清除多稳固的原则,加以处理;围岩的渗漏水,应开设泄水孔接引水管,将水导入边沟排出;冬季应及时清除洞顶挂冰。

有衬砌隧道出现的衬砌起层或剥离,应及时加以清除或加固;对衬砌的渗漏水,可将水流引入边沟排出;冬季应及时清除洞顶挂冰等。

3 路面

及时清除隧道内外路面上的塌(散)落物,及时修复、更换损坏的窨井盖或其他设施的盖板;当路面出现渗漏水时,应及时处理,将水引入边沟排出,防止路面积水或结冰;冬季应及时清除洞口处积雪。

4 人行和车行横洞

横隧道内严禁存放任何非救援用物品,及时清除散落杂物,修复轻微破损结构,定期保养横洞门,确保横洞清洁、畅通。

5 斜(竖)井

及时清除井内可能损伤通风设施或影响通风效果的异物;维护井内排水设施的完好,保持水沟(管)的畅通;对井内的检查通道或设施进行保养,防止其锈蚀或损坏。

6 风道

清理送(排)风口的网罩,清除堵塞网眼的杂物;定期保养风道板吊杆,防止其锈蚀或损坏;及时修复风口或风道的破损,更换损坏的风道板。

7 排水设施

维护隧道内外排水设施的完好,发现破损及时修复;排水管堵塞时,可用高压水或压缩空气疏通。

8 吊顶和内装

吊顶和内装应保持完好和整洁美观,如有破损、缺失应及时修补恢复,不能修复的应及时更新。

9 人行道或检修道

维护人行道或检修道的完好和畅通,道板如有破损或缺失,应及时进行修复和补充;定期保养人行道或检修道护栏,防止其锈蚀、损坏。

2.4.3 寒冷地区隧道的防冻保温设施应做好保养维护,如有损坏及时维修,确保其正常使用功能。

2.4.4 洞口设有防雪设施的隧道,应做好防雪设施的保养维护,并在大雪降临前完成设施的维修加固。

2.4.5 隧道的交通标志应保持外观完整、清晰、醒目,保持位置、高度和角度适当,确保交通信息传递无误。

1 及时清洗标志牌面的脏污,清除遮挡标志的障碍。

2 及时修补变形、破损的标牌,修复弯曲、倾斜的支柱,紧固松动的连接构件。

3 对锈蚀损坏、老化失效的标志,应及时更换,缺失的应及时补充。

2.4.6 隧道的交通标线应保持完整、清洁和醒目。

1 及时清洗脏污的标线,对破损严重和脱落的标线应及时补画。

2 清除突起路标的脏污和杂物,及时紧固松动的路标,发现损坏或丢失的,应及时修复或补换。

2.5 病害处治

2.5.1 病害处治应根据结构检查结果,针对病害产生原因,按照安全、经济、合理的原则确定方案。处治方案可由一种或多种处治方法组成,处治方法可按表 2.5.1 选用。

表 2.5.1 病害处治方法选择表

处治方法	病害原因											病害现象特征	预期效果	
	外力引起的变化							其 他						
	松弛压力	偏压	地层滑坡	膨胀性土压	承载力不足	静水压	冻胀力	材料劣化	渗漏水	衬砌背面空隙	衬砌厚度不足			无仰拱
衬砌背面浆注	★	★	★	★	★	★	★		○	★			衬砌裂纹、剥离、剥落	衬砌与岩体紧密结合,荷载作用均匀,衬砌和围岩稳定
防护网								★					①衬砌裂纹、剥离、剥落 ②衬砌材料劣化	防止衬砌局部劣化
喷射混凝土	○	☆		☆	☆	○	○	☆			☆		①衬砌裂纹、剥离、剥落 ②衬砌材料劣化	防止衬砌局部劣化
锚杆加固	☆	★	☆	★	★	○	☆	○			☆	★	①拱部混凝土和侧壁混凝土裂纹、侧壁混凝土挤出 ②路面裂缝,路基膨胀	①岩体改善后岩体稳定性提高,防止松弛压力扩大 ②通过施加预应力,提高承受膨胀性土压和偏压的强度
排水止水	○	○	☆	○	○	★	★		★				①衬砌裂纹或施工缝漏水增加 ②随衬砌内漏水流出大量砂土	①防止衬砌劣化,保持美观 ②恢复排水系统功能,降低水压
套拱	○	☆	☆	☆	☆	○	○	☆			★		①衬砌裂纹、剥离、剥落 ②衬砌材质劣化	由于衬砌厚度增加、衬砌抗剪强度得到提高
绝热层							★						①拱部混凝土和侧壁混凝土裂缝,侧壁混凝土挤出 ②随季节变化而变动	①由于解冻,防止衬砌劣化 ②防止冻胀压力的产生
滑坡整治		☆	★										①衬砌裂缝、净空宽度缩小 ②路面裂缝,路基膨胀	防止岩层滑坡
围岩压浆	○	○				○		○	☆	☆	☆		①拱部混凝土和侧壁混凝土裂缝,侧壁混凝土挤出 ②路面裂缝,路基膨胀	周边岩体改善,提高了岩体的抗剪强度和粘结力
灌浆锚固	☆	★	★	★	★						○	★	①拱部混凝土和侧壁混凝土裂缝,侧壁混凝土挤出 ②路面裂缝,路基膨胀	由于施加预应力,提高膨胀性岩层、偏压岩层的强度
增设仰拱		★	☆	★	★	○	☆					★	①拱部混凝土和侧壁混凝土裂缝,侧壁混凝土挤出 ②路面裂缝,路基膨胀	提高对膨胀围岩压力和偏压围岩压力的抵抗力
更换衬砌	☆	☆	☆	☆	☆	○	○	★	☆	☆	★	★	①拱部混凝土和侧壁混凝土裂缝,侧壁混凝土挤出 ②路面裂缝,路基膨胀	更换衬砌,提高耐久性

注:(1)符号说明:★-对病害处治非常有效的方法;☆-对病害处治较有效的方法;○-对病害处治有些效果的方法。

(2)松弛压力中包括突发性崩溃的情况。

2.5.2 采用衬砌背面注浆方法处治病害,应符合下列要求:

- 1 应根据专项检查结果,确定空隙部位,合理布置注浆孔。
- 2 注浆压力应小于 0.5MPa,在注浆过程中应加强监测。当发生衬砌变形或排水系统堵塞等异常情况时,可降低注浆压力或采用间歇注浆,直到停止注浆。
- 3 注浆效果检查可采取钻孔取芯、超声波或雷达检测等方法。

2.5.3 采用防护网方法处治病害,应符合下列要求:

- 1 防护网必须选用耐火的材料。
- 2 施工前应凿除衬砌剥离劣化部分。
- 3 防护网可用锚栓固定在衬砌表面上,应固定牢固。

2.5.4 采用喷射混凝土方法处治病害,应符合下列要求:

- 1 喷射混凝土的种类主要有:素混凝土、钢筋网喷射水泥砂浆、钢筋网喷射混凝土和钢纤维喷射混凝土等,应根据病害程度和施工条件等因素进行选择。
- 2 喷射混凝土必须有足够的强度和附着率,其配合比应通过实验确定,喷射机的工作风压,应满足喷头处的压力在 0.1MPa 左右。
- 3 当采用钢筋网喷射混凝土时,钢筋网必须有恰当的保护层厚度。
- 4 喷射混凝土终凝 2h 后应喷水养护,养护时间应不少于 7d;当隧道内相对湿度大于 85%时,可采用自然养护,寒冷地区的养护应按相关规范进行。
- 5 当喷射混凝土作业完成后,应对喷射混凝土层进行检测,强度指标应达到设计要求。其强度指标及检测方法可按表 2.5.4 执行。

表 2.5.4 锚喷支护实测项目

序号	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按附录 B 检查
2	锚杆拔力 (kN)	28d 拔力平均值 \geq 设计值, 最小拔力 ≥ 0.9 设计值	按锚杆数 1% 做拔力试验且不小于 3 根
3	喷层厚度 (mm)	平均厚度 \geq 设计厚; 检查点的 60% \geq 设计厚; 最小厚度 ≥ 0.5 设计厚, 且 ≥ 60	每 10m 检查 1 个断面, 每断面从拱顶中线起每 2m 检查 1 点, 用凿孔或激光断面仪、光带摄影法确定厚度

2.5.5 采用锚杆加固方法处治病害,应符合下列要求:

- 1 锚杆的长度和间距应根据病害原因和地质情况确定。
- 2 当采用水泥砂浆锚杆时: 注浆开始或中途停止超过 30min, 应用水或稀水泥浆润滑注浆罐及其管路; 杆体插入后, 若孔口无砂浆溢出, 应及时补注。
- 3 当采用自进式锚杆时: 安装前, 应检查锚杆中孔和钻头的水孔是否畅通, 若有异物堵塞, 应及时清理; 锚杆灌浆料宜采用纯水泥浆, 地质条件差时可灌入聚胺脂、硅树脂。
- 4 锚杆质量的检查可按表 2.5.4 做锚杆拔力试验。

2.5.6 采用排水、止水方法处治病害,应符合下列要求:

- 1 当隧道局部出现涌水病害时, 宜采用外置排水管和开槽埋管的排水法处治。其施工应注意以下事项:
 - 1) 水管的位置、间距应根据涌水量的大小和位置等情况确定;
 - 2) 水管不得堵塞, 管道材料应具有抗老化性和足够强度;
 - 3) 当采用开槽埋管法时, 衬砌表面可用氯丁橡胶等材料覆盖;

- 4)当采用外置排水管时,可用固定装置将 U 形排水管固定在衬砌表面,将水引入管内排出;
 - 5)外置排水管的设置不得侵入建筑限界,并严禁在设置机电设施的地方开凿排水沟槽;
 - 6)设置外置排水管应尽量减少对隧道外观的破坏。
- 2 当地下水沿衬砌裂纹、施工缝以滴水形式漏出时,宜采用向衬砌内注浆的止水法。其施工应注意以下规定:
- 1)衬砌内注浆宜采用水泥浆液、超细水泥浆液、自流平水泥浆液、化学浆液;
 - 2)注浆时采用低压低速注浆,化学注浆压力宜为 0.2 ~ 0.4MPa、水泥浆注浆压力宜为 0.4 ~ 0.8MPa;
 - 3)注浆后待缝内浆液初凝而不外流时,方可拆下注浆嘴并进行封口抹平;
 - 4)衬砌裂缝的注浆施工质量检验可采用渗漏水量测,必要时采用钻孔取芯、压水(或空气)等方法检查。
- 3 当漏水量小且呈表面渗透状时,可设置防水板进行处治。施工时应注意以下要求:
- 1)防水板材料应具有耐热和耐油性,一般有聚乙烯(PE)、乙烯醋酸共聚体(EVA)、橡塑、橡胶板等;
 - 2)防水板不得侵入建筑限界;
 - 3)施工前应清除粉尘并保护好电缆等设施;
 - 4)防水板的搭接处理应牢固,不漏水;
 - 5)有裂纹需要检查的部位,可在防水板上设置检查观察窗。
- 4 当地下水特别发育并有稳定来源时,可采取在隧道内设置排水孔、水平钻孔、加深排水沟和深井降水等措施。施工时应注意以下规定:

- 1)应采用过滤性良好的材料,防止排水孔堵塞;
- 2)应根据地下水位,确定排水沟加深的深度;
- 3)排水孔和排水沟之间应有管道连系;
- 4)排水钻孔的位置,必须根据围岩的地质条件和地下水的状况决定。

2.5.7 采用套拱加固方法处治病害,应符合下列要求:

- 1 套拱设计不得侵入建筑限界。
- 2 为确保衬砌与套拱结合牢固,施工前应凿除衬砌劣化部分,衬砌内面应涂抹界面剂,并设置联系钢筋。
- 3 当套拱厚度较大时,可在套拱与衬砌之间设置防水层。
- 4 当隧道净空无富余时,可在衬砌的裂纹处贴碳素纤维,提高衬砌承载能力。

2.5.8 采用设置绝热层方法处治病害,应符合下列要求:

- 1 应选用导热系数小和耐高温的绝热材料。
- 2 绝热层的厚度和延长幅度应根据气象数据、岩体和绝热材料的性质确定。

2.5.9 采用滑坡整治方法处治病害,应符合下列要求:

- 1 洞口段边仰坡出现裂缝,可用粘土等填实,必要时可采用锚杆加固。
- 2 滑动面以上地层厚度不大时,可在滑动面下端设置抗滑锚固桩。
- 3 对洞顶山体进行保护性开挖,减轻下滑力。
- 4 在滑动面下方修筑挡土墙,进行保护性填土,土方应夯实不积水。

2.5.10 采用围岩注浆方法处治病害,应符合下列要求:

- 1 围岩注浆压力应比静水压力大 $0.5 \sim 1.5\text{MPa}$ 。
- 2 注浆材料宜采用水泥浆液、超细水泥浆液、自流平水泥浆液等。
- 3 围岩注浆可采取钻孔取芯法对注浆效果进行检查,必要时进行压(抽)水试验,当检查孔的吸水量大于 $1.0\text{L}/(\text{min}\cdot\text{m})$ 时,必须进行补充注浆。
- 4 注浆结束后,应将注浆孔及检查孔封填密实。

2.5.11 采用增设仰拱方法处治病害,应符合下列要求:

- 1 仰拱的厚度可根据围岩情况确定。
- 2 应使用拱架模板浇筑仰拱混凝土。

2.5.12 采用更换衬砌方法处治病害,应符合下列要求:

- 1 衬砌的内轮廓线必须与原衬砌内轮廓线一致。
- 2 施工前应收集衬砌背面空洞和围岩垮塌资料,必要时可用超声波进行检测。
- 3 拆除衬砌时,应根据围岩的地质情况及时进行支撑。
- 4 施工时,在不影响通行的情况下,可采用简易施工台车。

3 机电设施

3.1 一般规定

3.1.1 公路隧道机电设施主要指为隧道营运服务的相关机电设施,包括供配电设施、照明设施、通风设施、消防及救援设施、监控设施等。

3.1.2 在进行机电设施养护前应做好以下工作:

- 1 养护管理机构应参与机电设施的交工和竣工验收。
- 2 养护管理机构应获取如下技术文件:
 - 1)竣工系统图、安装图、技术说明书、电缆清册、软件备份等资料;
 - 2)设备制造厂提供的产品说明书、故障检测手册、合格证明和出厂试验报告等技术文件;
 - 3)检验报告和验收报告。
- 3 根据机电设施的复杂程度、养护工作量等配备养护人员,建立岗位责任制,制订养护计划。
- 4 养护人员应经上岗培训,并熟练掌握设施的使用要领和技术特性。特殊工种上岗前应作专门培训,并按当地劳动部门规定,经考核持证上岗。

3.1.3 机电设施的养护维修可分为日常检查、经常性检修、定期检修、分解性检修和应急检查。

- 1 日常检查是指在巡视车上或通过步行目测对机电设施外观和运行状态进行的一般巡视检查,高速公路隧道应不少于1次/日,其他各级公路可按1次/1~3日进行。

- 2 经常性检修是指通过步行目测或使用简单工具,对设施仪表读数、运转状态或损伤情况进行的检查,可按 1 次/1~3 月进行;对破损零部件应及时进行维修更换。
 - 3 定期检修是指通过检测仪器对仪表进行的标定,和对连接及装配状态等机电设施运转情况和性能进行的较全面检查和维修,可按 1 次/年进行。
 - 4 分解性检修是指通过对设备分解拆卸而进行的重点检修,可按 1 次/3~5 年进行。
 - 5 应急检查是指公路隧道内或相邻处发生重大事故或自然灾害后对机电设施进行的检查,没有固定周期,可配合土建检查一起进行。
- 3.1.4** 机电设施养护应充分考虑营运车辆、养护人员的安全,并按本规范第 5 章的有关规定进行。当需中断交通时,应与土建的养护作业计划综合考虑。隧道内经常性检修、定期检修、分解性检修时的烟雾浓度不得高于 0.0035m^{-1} 。
- 3.1.5** 机电设施养护应使设备技术状态达到产品说明书、设计文件或有关规范的要求。
- 3.1.6** 机电设施养护应配备专门的电工工具、测试仪器、清洁工具、安全防护设备及高空作业设备。对配备的专用工具应定期检查,耐高压工具试验 1 次/半年,测试仪器校对 1 次/年,安全防护设备及高空作业设备检查 1 次/季度。
- 3.1.7** 机电设施养护应按月制订养护计划,计划宜按附录 C.0.1 填写。
- 3.1.8** 机电设施养护应真实记录各种设备的检查情况,建立专门的技术档案,检查记录宜按附录 C.0.2 填写。
- 3.1.9** 机电设施故障应真实记录,建立专门的技术档案,故障记录宜按附录 C.0.3 填写。
- 3.1.10** 机电设施故障应按月填报,故障记录月报表宜按附录 C.0.4 填写。
- 3.1.11** 机电设施养护效果可用设备完好率进行考核,设备完好率应按下式计算。各种机电设施可分系统并按对营运安全的重要度建立设备完好率考核指标。

$$\text{设备完好率} = \left(1 - \frac{\text{设备故障台数} \times \text{故障天数}}{\text{设备总台数} \times \text{日历天}} \right) \times 100\%$$

3.1.12 高速公路长和特长隧道、其他公路特长隧道应针对隧道内可能出现的火灾及交通事故,制订周密的救援计划,并按计划进行不少于1次/年的针对性的实地救援及防灾演习,其他各种设施应与消防救援设施紧密配合。

3.2 供配电设施

3.2.1 供配电设施包括高压断路器柜、高压计量柜、高压电压互感器、避雷器柜、高压隔离开关、高压负荷开关、电力变压器、高低压熔断器、高低压电力电容器柜、低压开关柜、信号屏、微机继电保护装置、高低压母线、电力电缆、控制电缆、各种金属构件、自备发电机等各种为隧道用电设施服务的供配电及辅助设施。

3.2.2 供配电设施养护人员应持有特殊工种上岗证书,并配备专门的电工检修工具。

3.2.3 供配电设施养护应严格执行相关设备的检修规程及《电气装置安装工程施工及验收规范(GBJ 232)》的有关规定。

3.2.4 高速公路隧道、其他公路长和特长隧道,以及有特殊要求的中短隧道应进行供配电设施日常检查。供配电设施日常检查主要针对变压器、高低压配电柜及变配电室内相关设备外观及一般运行状态进行,通过观察外观异常、声响、发热、气味、火花等现象,及时发现设备故障。

3.2.5 供配电设施经常性检修、定期检修、分解性检修主要项目可按表3.2.5进行。

表 3.2.5 供配电设施经常性检修、定期检修、分解性检修主要项目

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修	分解性检修
			1次/ 1~3月	1次/年	1次/ 3~5年
高压断路器柜	断路器触头、真空泡	1.触头有无烧损,接触是否紧密,动静触点中心是否相对 2.触头或真空泡是否损坏		√ √	
	“五防”功能	1.在断路器处于分闸位置时,手车能否抽出和插入 2.在手车处于不同位置时一次、二次回路是否正常 3.断路器与接地开关的机械联锁是否正常 4.柜后的上、下门联锁是否正常 5.仪表板上带钥匙的控制开关(或防误型插座)是否正常		√ √ √ √ √	
	穿墙套管	穿墙套管有无破损		√	
	排气通道	排气通道有无堵塞		√	
	二次端子	端子有无污染松动		√	

续上表

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修	分解性检修
			1次/ 1~3月	1次/年	1次/ 3~5年
高压断路器柜	线圈	线圈绝缘是否良好		✓	
	分合闸试验	1.分、合闸能否正常进行 2.电磁式弹簧操动机构有无卡塞,是否正常		✓ ✓	
	运行	1.电气整定值是否满足电力系统要求 2.保护装置能否与中央信号系统协调配合		✓ ✓	
高压互感器与避雷器柜	高压互感器	有无污染、裂痕、绝缘是否良好		✓	
	避雷器	1.避雷器外观有无损伤 2.有无放电痕迹 3.接地装置有无腐蚀,接地电阻是否小于10Ω 4.预防性试验	✓	✓ ✓ ✓	
高压计量柜	电流互感器	有无污染、损伤、绝缘是否良好		✓	
	计量仪表	1.计量仪表有无污染、计量是否准确 2.仪表检验参照国家相关标准的检验方法执行,并递交当地供电部门进行检验	✓	✓	
高压隔离开关和负荷开关	触头	1.有无污染、损伤 2.接触是否紧密 3.灭弧装置是否烧损	✓ ✓ ✓		
	操动机构	1.操动机构有无污染 2.有无卡塞、转动是否灵活	✓ ✓		
	高压熔断器	1.外观有无污染、烧伤痕迹 2.熔断丝是否熔断	✓ ✓		
电力变压器	全部	1.有无污染、漏油、油量是否足够 2.有无异常声响和过热 3.噪声是否符合要求 4.内部线圈直流电阻是否符合生产厂规定 5.内部相间、线间及对地绝缘是否符合要求 6.铭牌有无污染 7.绝缘套管有无污染及裂痕 8.接线端子有无污染、松动 9.变压器油耐压测试	✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	
电力电容器柜	电力电容器	1.外观有无污染、接头有无松动 2.有无漏油、过热、膨胀现象 3.绝缘是否正常,有无击穿现象	✓ ✓ ✓		
	接触器	1.有无机械卡塞,噪声是否符合要求 2.线圈直流电阻是否符合生产厂家要求 3.触头有无烧损痕迹,闭合是否紧密,动静触头是否中心相对 4.能否正常动作 5.引线接头有无污染、松动	✓ ✓ ✓ ✓ ✓		
	控制器	控制器能否正常工作	✓		
	熔断器	1.有无烧伤痕迹 2.电熔丝是否完好	✓ ✓		
	仪表	1.外表有无污染 2.仪表能否正常显示	✓ ✓		

续上表

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修	分解性检修
			1次/ 1~3月	1次/年	1次/ 3~5年
低压开关柜	断路器	1.外观有无污染、裂痕 2.触头有无烧伤、接触是否紧密 3.有无明显的噪声 4.脱扣器是否正常 5.绝缘是否良好 6.整定值能否满足系统保护要求 7.引线接头有无污染、松动	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓		✓
	接触器	按电力电容器柜中接触器执行			
	熔断器	按电力电容器柜中熔断器执行			
	仪表	按电力电容器柜中仪表执行			
	热继电器	1.外部检查 1)继电器外壳是否清洁、完整、嵌接良好 2)外壳与底座接合是否紧密牢固、防尘密封是否良好、安装是否端正 2.内部和机械部分检查 1)热元件是否烧毁 2)进、出线头是否脱落 3)接线螺钉是否拧紧 4)触头是否烧坏或动触头杆的弹性是否消失 5)双金属片是否变形 6)动作机构是否卡死 7)继电器内是否清洁 8)整定把手是否能可靠固定在整定位置 9)触点固定是否牢固 3.校验 1)一般性校验 2)整定值动作值与整定值误差不应超过 $\pm 3\%$	✓	✓ ✓	
	互感器	1.有无污染 2.绝缘是否良好 3.外部接线是否断开	✓ ✓ ✓		
	二次回路及继电器	1.端子排是否污染、接线是否松动 2.继电器检验参照继电器屏执行	✓		✓
	转换开关	1.外部检查 1)转换开关外壳是否清洁、完整、嵌接良好 2)外壳与底座接合是否紧密牢固、防尘密封是否良好、安装是否端正 2.内部和机械部分检查 1)转换开关端子接线是否牢固可靠 2)构件是否磨损、损坏 3)转换开关端子有无锈蚀 4)手柄转动后,静触头和动触头是否同时分合 5)转换开关可动部分是否灵活、旋转定位是否可靠、准确 6)开关接线柱相间是否短路 7)控制是否达到要求 8)各部件的安装是否完好、螺丝是否拧紧、焊头是否牢固可靠	✓	✓	

续上表

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修	分解性检修
			1次/ 1~3月	1次/年	1次/ 3~5年
配电箱、插座箱、控制箱	断路器	按低压开关柜中断路器执行			
	接触器	按电力电容器柜中接触器执行			
	熔断器	按电力电容器柜中熔断器执行			
	二次回路及继电器	继电器检验参照继电器屏中的内容执行			
	转换开关	按低压开关柜中转换开关执行			
	箱体	接地是否良好	√		
	照明控制箱	1. 可编控制程序是否正确 2. 自动集控手动操作是否正确	1次/季 1次/周		
	风机启动及控制柜	1. 有无腐蚀及积水 2. 接触是否良好	√ √		
电力电缆	全部	1. 外表有无损伤 2. 电缆线间、相间和对地绝缘是否正常 3. 电缆工作温度是否正常 4. 接头处是否正常, 有无烧焦痕迹 5. 电缆沟是否干净, 有无杂物垃圾, 有无积水、积油, 盖板是否完整 6. 高压架空线路及其附属设施巡查 7. 高压架空线路及其附属设施登杆检查	√ √ √	√ √ √ √	
电缆托架及支架	全部	1. 外表有无变形、断开 2. 有无腐蚀 3. 接地是否良好		√ √ √	
接地装置	全部	1. 有无腐蚀 2. 接地电阻是否正常		√ √	
变电所铁构件	全部	有无腐蚀		√	
直流电源、UPS电源	微机继电保护装置	1. 新安装的保护装置全部检验 2. 安装一年以后全部检验		√	1次/6年
	箱体	接地是否良好		√	
	电池组	1. 电池组外观有无污染损伤, 电池的电解液是否正常, 温度是否正常 2. 电池的电压是否正常 3. 电池的绝缘是否正常 4. 进行一次容量恢复试验	√ √ √		
	充电器及浮充电机	1. 输出直流电压、电流是否正常 2. 整流装置是否正常	√ √		
继电器屏	继电器	1. 外部检查 1) 继电器外壳是否清洁、完整、嵌接良好 2) 外壳与底座接合是否紧密牢固, 防尘密封是否良好, 安装是否端正	√		

设施名称	检查项目	主要检查内容	续上表		
			经常性检修	定期检修	分解性检修
			1次/ 1~3月	1次/年	1次/ 3~5年
继电器屏	继电器	<p>2. 内部和机械部分检查</p> <p>1) 继电器端子接线是否牢固可靠</p> <p>2) 继电器内是否清洁</p> <p>3) 继电器可动部分动作是否灵活, 转轴的横向和纵向活动范围是否适当</p> <p>4) 各部件的安装是否完好, 螺丝是否拧紧, 焊头是否牢固可靠</p> <p>5) 整定把手是否能可靠固定在整定位置</p> <p>6) 整定孔接触是否完好</p> <p>7) 弹簧是否有变形, 层间距离是否均匀</p> <p>8) 触点固定是否牢固, 有无折伤和烧损。常开触点闭合后是否有足够压力, 常闭触点的接触是否紧密可靠, 动静触点接触时是否中心相对</p> <p>9) 对具有多对触点的继电器, 各对触点的接触时间是否符合要求</p> <p>10) 时间继电器的钟表机构及可动系统在前进和后退过程中运作是否灵活, 触点闭合是否可靠</p> <p>11) 继电器底座端子板上接线螺钉的压接是否紧固可靠, 相邻端子的接线鼻子之间是否有一定距离</p> <p>3. 绝缘检查</p> <p>1) 保护接线回路绝缘电阻是否小于 $1\text{m}\Omega$</p> <p>2) 继电器经解体后, 测定绝缘电阻</p> <p>(1) 全部端子对底座和磁导体的绝缘电阻是否小于 $50\text{m}\Omega$</p> <p>(2) 各线圈对触点及各触点间的绝缘电阻是否小于 $50\text{m}\Omega$</p> <p>(3) 各线圈间的绝缘电阻是否小于 $10\text{m}\Omega$</p> <p>3) 具有几个线圈的中间电磁继电器应测各线圈的绝缘电阻</p> <p>4) 继电器解体检修后, 应进行 50Hz 交流电压历时 1min 耐压试验。无耐压试验设备时, 允许用 2500V 摇表测定绝缘电阻来代替交流耐压试验, 所测定绝缘电阻不应小于 $20\text{m}\Omega$</p> <p>4. 继电器内辅助电气元件检查</p> <p>继电器内辅助电气元件如电容器、电阻、半导体元件等, 只有在发现电气特性不能满足要求, 而又需要对上述元件进行检查时, 才核对其铭牌标称值或通电实测。对个别重要辅助电气元件有必要通电实测时, 按有关规定进行检查</p> <p>5. 触点工作可靠性检验</p> <p>仔细观察继电器触点的动作情况, 除发现有抖动、接触不良等现象要及时处理外, 还应结合保护装置整组试验, 使继电器触点带上实际负荷, 再仔细观察继电器触点有无抖动、粘住、火花等异常现象</p>			✓
	电流及电压继电器	<p>1. 一般性检验</p> <p>2. 整定点动作和返回值检验</p> <p>1) 整定点动作值与整定值误差不应超过 $\pm 3\%$</p> <p>2) 返回系数应满足下列要求: 过流继电器返回系数不小于 0.85, 当大于 0.9 时应注意触点压力, 过电压继电器不小于 0.85, 低压继电器不大于 1.2</p>			✓ ✓
	时间继电器	<p>1. 一般性检验</p> <p>2. 动作电压及返回电压: 动作电压不大于额定电压的 70%, 返回电压不大于 5% 额定电压</p> <p>3. 动作时间: 在整定位置, 于额定电压下测量动作时间三次, 每次测量值与整定值误差不应超过 0.07s</p>			✓ ✓ ✓

续上表

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修	分解性检修
			1次/ 1~3月	1次/年	1次/ 3~5年
继电器屏	中间继电器	1.一般性检验 2.线圈直流电阻检查其实测值与制造厂规定值误差不应大于 $\pm 10\%$ 3.动作值、返回值及保持值检验 1)动作电压不宜大于70%额定电压,动作电流不应大于铭牌上额定电流,出口中间继电器动作电压应为其额定电压的50%~70% 2)返回电压应不小于其额定电压5%,返回电流应不小于额定值的2% 3)具有保持线圈的继电器的保持电流不应大于其额定电流的80%,保持电压不应大于其额定电压的65%,线圈极性应与厂家相符 在现场检验继电器动作值、返回值和保持值时均应与实际回路中串联和并联电阻元件一起进行 4.动作时间与返回时间检验 在额定电压下,测定具有延时返回的中间继电器的返回时间,对于经常通电的延时返回中间继电器应在热状态下测其返回时间			✓ ✓ ✓ ✓
	直流冲击继电器	1.一般性检验 2.中间继电器的动作电压与返回电压检验 中间继电器动作电压不应大于额定电压的70%,返回电压不小于额定电压的5% 3.最小冲击动作电流和返回电流检验 4.继电器返回电压检验 继电器动作后,在返回电路加90%~110%额定电压时应能可靠返回			✓ ✓ ✓ ✓
自备发电设备	负荷运行时间30 min以上	1.启动、停止试验 2.油压、异响、振动、过热检查 3.额定转数及电压确定 4.预热的情况是否正常 5.各部分温度情况是否正常 6.各机械的动作状态是否灵活 7.自动调节励磁是否正常,响应时间是否正常	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓		
	柴油发动机	1.外观有无污染、损伤 2.计量表有无异常、漏油、漏水 3.各部分加油 4.各部位有无松动	✓ ✓ ✓ ✓		
	发电机	1.外观有无污染、损伤 2.给轴承加油 3.电刷的接触状态及磨损情况	✓ ✓ ✓		
	接线	1.连接是否可靠 2.绝缘是否正常 3.温度是否正常	✓ ✓	✓	
	启动装置	1.外观有无污染、损伤 2.空气压缩机的润滑油量 3.计量表是否正常 4.有无异响、振动 5.各部位有无污染、损伤、油量是否正常、有无变形、松动 6.是否更换润滑油 7.附属装置是否正常 8.直流电动机是否满足启动要求 9.直流电动机是否正常	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓	

续上表

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修	分解性检修
			1次/ 1~3月	1次/年	1次/ 3~5年
自备发电设备	燃料装置	1.外观有无污染、损伤 2.有无漏油、贮存量 3.泵的运行状态是否正常 4.燃料过滤器的手动操作是否可靠 5.油位计及漏油开关的动作状态 6.给轴承部位加油 7.贮油槽的排水泵是否通畅 8.各部分有无松动	✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	
	润滑油装置	1.外观有无污染、损伤 2.燃料过滤器手动操作是否正常 3.泵的运行状态有无异常 4.油的粘度是否正常 5.保温装置的运行状态有无异常 6.除渣、放水	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓	
	冷却塔方式冷却装置	1.外观有无污染、损伤 2.冷却水量、水温是否正常,有无漏水 3.运行状态 4.浮球阀的工作状态是否正常 5.轴承部位加油	✓ ✓ ✓	✓ ✓	
	散热器方式冷却装置	1.外观有无污染、损伤 2.冷却水量、水温是否正常,有无漏水 3.风扇工作状态是否正常 4.压力栓的工作状态是否正常	✓ ✓ ✓	✓	
	空气净化器或换气扇	1.外观有无污染、损伤 2.工作状况有无异常 3.排气颜色有无异常 4.排气管、支撑接头有无裂纹、腐蚀 5.空气净化器有无污染	✓ ✓ ✓	✓ ✓	
	减振装置	减振橡胶、锚具螺栓有无变形损伤	✓		
	控制台	1.外观有无污染、损伤 2.计量仪表、显示灯、故障显示器有无异常 3.操作开关、继电器、电磁开关、配线断路器等有无异常 4.盘内配线有无异常、有无污染、损伤、过热、松动、断线 5.电压、电流、电量测量 6.运行时间计量是否正常 7.供配电盘中定期检修项目	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓	
	配线管	各接头有无松动		✓	
	接地线	有无断线、连接部位状态、接地电阻是否正常		✓	

3.2.6 供电线路的养护应按电力部门的有关规定进行。当供电线路存在异常情况时应采取措施并及时通知有关部门。

3.2.7 供配电设施需进行带电养护作业的项目,应使隧道内、变配电室及中心控制室相互协调,密切配合,并严格按电气操作规程的有关要求进行。

3.2.8 供配电设施的设备完好率对于高速公路隧道应不低于 98%,其他公路隧道应不低于 95%。

3.3 照明设施

3.3.1 照明设施包括灯具、托架、标志及信号灯、洞外路灯和照明线路等为隧道营运提供照明服务的设施。

3.3.2 照明设施日常检查主要是对设施使用及损坏情况进行的巡检登记。对中间段连续坏灯 2 盏以上,洞口加强段连续坏灯 3 盏以上应及时进行更换或维修。

3.3.3 照明设施经常性检修、定期检修宜按表 3.3.3 的要求进行,可不进行照明设施的分解性检修。

表 3.3.3 照明设施经常性检修、定期检修主要项目

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修
			1次/1~3月	1次/年
隧道灯具	全部	1.电压是否稳定,灯的亮度是否正常 2.灯泡的损坏与更换 3.灯具的清洁 4.引入线检查,电磁接触器、配电盘是否积水 5.开关装置定时的准确性与动作状态有无异常 6.脱漆部位补漆及灯具修理更换 7.补偿电容器、触发器、镇流器、金属器是否损坏 8.对地绝缘检查	1次/季 1次/季 1次/季 1次/季 1次/季	✓ ✓ ✓
	各安装部位	有无松动、腐蚀		✓
	密封性	灯具内是否有尘埃、积水、密封条是否老化		✓
	检修孔、手孔	有无积水		✓
	照度测试	清洁后进行照度测试,是否满足设计指标		✓
标志及信号灯	全部	1.指示灯的损坏与更换 2.灯具的清洁与维护 3.灯的亮度是否正常 4.设置状态是否有误	✓ ✓ ✓	✓
洞外路灯	灯杆	1.外观有无裂纹、焊接及连接部位状况 2.有无损伤及涂装破坏 3.接地端子有无松动		✓ ✓ ✓
	基础	1.设置状况是否稳定 2.有无开裂、损伤 3.锚具、螺栓有无生锈、松动		✓ ✓ ✓

续上表

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修
			1次/1~3月	1次/年
洞外路灯	灯体	1.有无损坏、亮度目测是否正常 2.灯具的清洁 3.防护等级检查	√ √	√
照度计	全部	1.动作状态是否有误 2.感光部的清洁维护 3.安装是否松动等 4.光度计校正	√ √ √	√
照明线路	全部	1.回路工作是否正常 2.有无腐蚀及损伤 3.托架是否松动及损伤 4.对地绝缘检查	√	√ √ √

3.3.4 照明光源达到其额定寿命的 90% 时, 应进行成批更换, 并选用节能的光源。更换后的照明设施应达到下列要求:

1 夜间及中间段照明亮度应符合表 3.3.4-1 要求。

表 3.3.4-1 夜间及中间段亮度

计算行车速度 (km/h)	夜间及中段亮度 (cd/m ²)	
	双车道、单向交通 $N > 700$ 辆/h	双车道、单向交通 $N \leq 700$ 辆/h
	双车道、双向交通 $N > 360$ 辆/h	双车道、双向交通 $N \leq 360$ 辆/h
100	9.0	4.0
80	4.5	2.0
60	2.5	1.5
40	1.5	1.5

注: (1) 当双车道单向交通 $700 \text{ 辆/h} < N \leq 2400 \text{ 辆/h}$; 双车道双向交通 $360 \text{ 辆/h} < N \leq 1300 \text{ 辆/h}$, 且通过隧道的行车时间超过 135s 时, 可按表中的 80% 取值。

(2) 人车混合通行的隧道, 夜间及中间亮度不低于 2.5 cd/m^2 。

2 路面亮度总均匀度应符合表 3.3.4-2 要求。

表 3.3.4-2 路面亮度总均匀度

设计交通量 N (辆/h)		路面亮度总均匀度
双车道、单向交通	双车道、双向交通	
≥ 2400	≥ 1300	0.4
≤ 700	≤ 360	0.3

注: 当交通量在中间值时, 按内插考虑。

3 亮度纵向均匀度应符合表 3.3.4-3 要求。

表 3.3.4-3 亮度纵向均匀度

设计交通量 N (辆/h)		亮度纵向均匀度
双车道、单向交通	双车道、双向交通	
≥ 2400	≥ 1300	0.6~0.7
≤ 700	≤ 360	0.5

注:当交通量在中间值时,按内插考虑。

4 照明灯具的防护等级应不低于 IP65。

3.3.5 照明设施养护工具除必备的电工工具、高空作业车、清洁卫生用具外,应配备照度仪等相关设备。

3.3.6 高速公路隧道照明设施的完好率应不低于 95%,其他公路隧道应不低于 90%。

3.4 通风设施

3.4.1 通风设施主要包括轴流风机、离心风机、射流风机及其配套设施等。

3.4.2 通风设施的日常检查主要是通过观察设备运转有无异常,确定设备是否存在隐患,并及时排除故障。

3.4.3 通风设施的经常性检修、定期检修、分解性检修可按表 3.4.3 的要求进行。

表 3.4.3 通风设施经常性检修、定期检修、分解性检修主要项目

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修	分解性检修
			1次/ 1~3月	1次/ 年	1次/ 3~5年
轴流风机及离心风机	全部	1. 运转状态有无异响和异常振动 2. 各计量仪器、仪表读数是否正确 3. 基础螺栓及连接螺栓的状态有无异常 4. 轴承温度、油温、油压有无异常 5. 振动测试有无异常 6. 逆转 1h 以上的工作状况有无异常 7. 与监控测试联动试验 8. 手动旋转的平衡状态 9. 正、反转间隔一定时间的试验 10. 叶片安装状态检查	√ √	√ √ √ √ √ √ √	

续上表

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修	分解性检修
			1次/ 1~3月	1次/ 年	1次/ 3~5年
轴流风机及离心风机	减速机	1.油量是否正常 2.有无异响、油温是否正常 3.润滑油老化试验 4.更换油脂	✓	✓ ✓ ✓	
	润滑油冷却装置	1.配管、冷却器、交换器、循环泵的状态 2.运转中有无振动、异响、过热现象	✓ ✓		
	气流调节装置	1.动作状态有无异常 2.内翼有无损伤、裂纹 3.密封材料状态	✓	✓ ✓	
	动翼、静翼及叶轮	1.翼面有无损伤、剥离 2.焊接部有无损伤 3.检查叶轮液压调节装置		✓ ✓ ✓	
	导流叶片及异型管	有无生锈、涂装剥离、螺母松动		✓	
	驱动轴	1.接头、齿轮润滑状态有无异常 2.传动轴的振动与轴承温度有无异常 3.加油脂	✓ ✓	✓	
	电动机	1.运转中有无异响、振动、过热 2.连接部的工作状态 3.绝缘测试 4.三相电流平衡试验	✓ ✓	✓ ✓	
	消音器	1.清扫消音器内壁灰尘 2.噪声检测 3.吸音材料检查与变质材料更换		✓ ✓	✓
射流风机	其他	1.仪表的检查、校正和更换 2.供油装置的检验 3.必要时的金属探伤 4.组装、检查后的试运转及风速、推动测试			✓ ✓ ✓ ✓
	全部	1.风机运转过程中有无异响 2.风机运转时电流值是否在额定值内 3.风机反转是否正常	✓ ✓ ✓		
	各安装部位	有无松动、腐蚀现象		✓	
	叶片	1.叶片有无损伤与裂纹,叶片是否清洁 2.叶片与机壳有无摩擦 3.叶片涂装有无剥离	✓ ✓ ✓		
	电动机	1.转动轴有无振动、异响、过热 2.润滑油的检查、更换及轴承清洗 3.电机的拆卸检查、轴承清洗与油脂更换 4.防护情况检查 5.绝缘测试 6.三相电流平衡试验 7.运行中的电动机温升是否正常		✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓
	其他	拆卸组装后的风速及推力测试			✓

3.4.4 通风设施应按各种设备的操作规程和养护要求进行,并使主要性能指标,如风

速、推力、功率、噪声及防护等级等符合产品说明书的要求。

3.4.5 通风设施养护应配备专用电工工具和机修工具,必要时配备风压计、风速计、声级计等。

3.4.6 进行通风设施养护时,应根据隧道交通流量和通风能力,对交通进行必要的组织和限制。

3.4.7 在进行定期或分解性检修后,应对隧道通风设施的效率进行全面的测试。

3.4.8 通风设施的设备完好率不应低于 98%。通风设施经分解性检修后应使其通风能力满足下列要求:

- 1 隧道 CO 允许浓度应按表 3.4.8-1 取值,当为人车混合通行隧道时应按表 3.4.8-2 取值。

表 3.4.8-1 CO 允许浓度 δ (一)

隧道长度(m)	≤ 1000	≥ 3000
$\delta(10^{-6})$	250	200

注:隧道长度为 1000m~3000m 时,可按插入法取值。

表 3.4.8-2 CO 允许浓度 δ (二)

隧道长度(m)	≤ 1000	≥ 2000
$\delta(10^{-6})$	150	100

注:隧道长度为 1000m~2000m 时,可按插入法取值。

- 2 隧道烟雾允许浓度应按表 3.4.8-3 取值。

表 3.4.8-3 烟雾允许浓度

计算行车速度(km/h)	100	80	60	40	10
烟雾设计浓度 $K(m^{-1})$	0.0065	0.007	0.0075	0.009	0.0095

3.4.9 对于高速公路长和特长隧道、其他公路特长隧道应配合防灾设施进行每年不少于一次的模拟火灾情况下的通风及排烟演习。单向交通排烟风速应按 2~3m/s 进行控制,双向交通排烟风速应按 1.5m/s 进行控制。

3.5 消防与救援设施

3.5.1 消防与救援设施是指用于预防隧道火灾和进行必要救援的设施,包括火灾报警装置、紧急电话、消防设施、横通道设施等。

3.5.2 消防与救援设施的标志应保持完好、醒目。

3.5.3 消防与救援设施日常检查主要是对隧道内消防设备、报警设备、洞外消防设施的外观进行巡视,及时处理设施的异常情况。

3.5.4 消防与救援设施一般不进行分解性检修,其经常性检修、定期检修可按表 3.5.4 进行。在检修期间应有相应的防灾措施。

表 3.5.4 消防与救援设施经常性检修、定期检修主要项目

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修
			1次/1~3月	1次/年
火灾报警器	火灾传感器	1.感应部的清洁 2.各回路的报警随机抽检试验	√ √	
	手动报警按钮	报警信号及传输测试	√	
消火栓及灭火器	全部	1.有无漏水、腐蚀、软管损伤 2.确认灭火器的数量及其有效期 3.室外消火栓的放水试验及水压试验 4.灭火器腐蚀情况,有无失效 5.泡沫消火栓的使用与防渣检查 6.消火栓的放水试验 7.寒冷地区消防管道的防冻检修	√ √ √	√ √ √ √
自动阀	全部	1.外观检查、有无漏水、腐蚀 2.操作试验是否正常 3.导通试验 4.保温装置的状况	√ √ √	√
泵	全部	1.运转时有无异响、振动、过热,压力上升 时间阀的动作是否正常 2.外观有无污染与损伤 3.轴承部位加油与排气检查 4.启动试验与自动阀同时进行	√ √ √ √	
电动机	全部	1.运转时有无异响、振动、过热 2.外观有无污染、损伤 3.电压、电流检测 4.启动试验 5.各连接部情况 6.绝缘试验	√ √ √ √	√ √

续上表

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修
			1次/1~3月	1次/年
配水管	全部	1.有无漏水,闸阀操作是否灵活 2.管支架是否腐蚀、松动 3.洞外及隧道内水管的防冻 4.管过滤器清洗	✓	✓ ✓ ✓
横通道门	全部	是否开关自如	✓	
紧急停车带	全部	有无障碍物	✓	
水池	全部	1.有无渗漏水 2.水位是否正常及水位计是否完好 3.泄水孔是否通畅 4.水池的清洁 5.寒冷地区保温防冻检查	✓ ✓ ✓	✓ ✓
紧急电话	全部	1.外观有无污染、损伤 2.通话效果试验 3.内部检查 4.测定输入输出电流 5.强制切断试验 6.测定接地阻抗	✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓
引导设施	全部	有无污染、损伤	✓	

3.5.5 消防设施的设备完好率应达到 100%,救援设施的设备完好率应不低于 98%。

3.6 监控设施

3.6.1 监控设施主要包括烟雾浓度探测仪、CO 检测仪、交通量检测仪、车高仪、电视监控设施、播音设施、可变信息板、限速标识设施、信息处理设施以及控制软件等监视隧道营运状态、设备运转情况及控制相关设备运转的各种设施。

3.6.2 监控设施日常检查是对隧道内各种监控传感器、信息板及信号标识、监控室的各种监视设备进行的一般外观巡检,发现异常应立即处理。

3.6.3 监控设施可不进行分解性检修。其经常性检修、定期检修可按表 3.6.3 进行。

表 3.6.3 监控设施经常性检修、定期检修主要项目

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修
			1次/1~3月	1次/年
烟雾浓度 探测仪	感光单元	1.外观有无污染、损伤 2.聚焦镜防护罩全面检查清洁	√ 1次/季	
	记录仪	1.记录状态 2.补充油墨、记录纸	√ √	
	监控单元	1.外观是否有污染、损伤 2.调整工作状态、透过率指标 3.计量仪、显示器、故障显示灯是否正常 4.操作开关、继电器、电磁开关、配线断路器是否正常	√ √	√ √
		5.配线有无异常、污染、损伤、过热、松动、断线等 6.清扫		√ √
CO 检测仪	分析仪及 自动校正 装置	1.确认分析仪的指示值是否正确 2.空气过滤器是否有污染 3.确认除湿装置的功能 4.确认自动校正装置的功能 5.检查通风装置的功能	√ √	√ √ √ √
	吸气装置	1.吸气泵的运转有无异响、过热、振动 2.外观有无污染、损伤 3.检查检测仪读数有无异常	√ √ √	
	记录仪	同烟雾浓度记录仪		
	采气口	隧道采气口过滤器的清洁与更换		√
	监控单元	同烟雾浓度探测仪监控单元		√
交通量 检测仪	检测单元	1.外观有无污染、损伤 2.检查动作及调整灵敏度 3.安装状态		√ √ √
交通量 检测仪	监控单元	1.外观有无污染、损伤 2.动作状态 3.各种测量数据可靠度 4.测量仪、显示器、故障显示灯有无异常 5.测定传输电流 6.电子线路板、继电器的安装状态 7.盘内配线有无损伤、过热、松动、断线 8.清扫	√ √ √	√ √ √ √ √ √ √
	记录仪	同烟雾浓度记录仪	√	
车高仪	检测单元	1.外观是否有污染、损伤 2.确认工作是否正常 3.调整光轴 4.发射和受光部的清扫 5.确认设定高度	√ √	√ √ √
	控制单元	1.外观有无污染、损伤 2.工作状态 3.测量仪、显示灯有无异常 4.配电部分检查	√ √ √	√

设施名称	检查项目	主 要 检 查 内 容	续上表	
			经常性检修	定期检修
			1次/1~3月	1次/年
电视监控设施	摄像机	1.外观有无污染、损伤 2.动作确认 3.防护罩的清洁 4.电流电压测量 5.调整聚焦及焦距	✓ ✓ ✓	✓ ✓
	安装部位	是否松动、锈蚀		✓
	控制装置	1.外观是否污染、损伤 2.操作是否灵敏、正常 3.与紧急电话等的联动试验 4.与防灾控制的联动试验 5.电压、电流测量 6.设备清洁 7.机内保养	✓ ✓ ✓ 2次/月 ✓	✓ ✓
	传送装置	1.外观检查是否有油污、损伤 2.电压、电流测量 3.测定传送水平	✓	✓ ✓
	操作台	1.外观有无污染、损伤 2.功能是否正常	✓ ✓	
	监视器	1.外观有无污染、损伤 2.除尘 3.图像是否清晰、稳定	✓ 1次/周 ✓	
	录像机	走带及录像质量测试	1次/周	
播音设施	中波播音装置	1.行车接听试验 2.外观有无污染、损伤 3.电压及输出功率测定 4.调制输入确认 5.设备清洁	✓ ✓	✓ ✓ ✓
	扩音装置	1.外观是否有污染、损伤 2.电压、电流测量 3.确认输出功率 4.设备清洁	✓	✓ ✓ ✓
	操作平台	1.外观有无污染、损伤 2.紧急播音试验 3.监控试验 4.电流、电压测量	✓	✓ ✓ ✓
	话筒	1.外观检查 2.紧急播音试验	✓	✓
	扩音器	1.安装状态检测 2.接听试验		✓ ✓
	空中线路	有无腐蚀、损伤		✓
可变信息板	全部	1.外观检查 2.检查自动闭合器的动作 3.配线断路器、电磁接触器、变压器等有无异常 4.显示板及继电器的安装状态 5.接发信号水平测定 6.各接线端子是否松动 7.更换坏灯	✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓

续上表

设施名称	检查项目	主要检查内容	经常性检修	定期检修
			1次/1~3月	1次/年
计算机 主控系统	全部	1.外观检查		✓
		2.各部位检查、清洁、加油	✓	✓
		3.各部位的电压、电流检查		✓
		4.发热检查	✓	✓
		5.病毒的防治		✓
		6.系统启动的动作确认		✓
		7.线路板检查、清扫		✓
		8.控制软件维护与系统联动		✓
		9.打印设备状况检查		✓
		10.磁带存贮设备的动作检查及磁头行车与清洁		✓
		11.系统的开机检查与维护		✓
中控室	全部	1.温、湿度及清洁检查 2.地板抗静电检查	1次/周	✓

3.6.4 高速公路长和特长隧道、其余公路特长隧道监控系统的软件维护每年应不少于两次,其余公路隧道监控系统的软件系统维护每年应不少于一次。维护时应注意软件的修改完善,并保证联动运行功能的实现和软件可靠性各项技术措施的落实,严格按操作规程或使用说明进行。

3.6.5 监控设施养护主要指标应按相应设备的产品说明要求进行,监控设施设备完好率高速公路隧道应不低于98%,其他各级公路隧道应不低于95%。

4 其他工程设施

4.1 一般规定

4.1.1 其他工程设施包括环保设施、房屋设施等,应经常保持完好、齐全。

4.1.2 有特殊要求的其他工程设施应按相关规定进行养护。

4.2 环保设施

4.2.1 环保设施包括洞口范围内的绿化、消音设施、污水处理设施、洞口雕塑等。

4.2.2 隧道洞口绿化与植被应与周围环境协调,绿化工程应符合以下要求:

- 1 及时对树木修剪抚育,树木透光适度、通风良好、减少病虫害的发生。
- 2 草皮宜适时修剪、保持美观。

4.2.3 隧道内应每月清洗、擦拭消音设施上的污秽,如有损坏应及时修复或更换。

4.2.4 隧道污水处理设施的养护应符合以下要求:

- 1 污水处理池和净化池不渗漏,如发现渗漏应查明原因及时处治。
- 2 污水处理池和净化池沉积的泥砂、杂物,应适时清除。

4.3 房屋设施

4.3.1 隧道附属的房屋设施包括为隧道营运服务的生产、生活用房。

4.3.2 房屋的养护应符合以下要求:

- 1 房屋屋面及墙体如发生渗漏应及时维修,并符合以下要求:
 - 1)屋面渗漏维修工程应根据房屋防水等级、使用要求、渗漏现象及部位,查清渗漏原因,找准漏点,制定相应的维修方案;
 - 2)选用材料应与原防水层相容,与基层应结合牢固;
 - 3)屋面防水层维修完成后应平整,不得积水、渗漏;
 - 4)墙体渗漏维修前,应对渗漏墙体的墙面、外部粉刷分格缝、门窗框周围、窗台、穿墙管道根部、阳台和雨棚与墙体的连接处、变形缝等渗漏部位进行现场查勘。确定渗漏部位,查明渗漏原因,制定相应的维修方案;
 - 5)墙体维修后不得出现渗漏水现象,应在完工 3d 后进行检验,墙面冲水或雨淋 2h 无渗漏水。
- 2 屋面墙体粉刷后,起壳、剥落、疏松等损坏部位应凿除并清理干净后重新粉刷。
- 3 房屋的木门窗可两年油漆一次,损坏的门窗应及时修理或更换。
- 4 房屋的钢构件应定期维护,清除锈蚀,并按规定涂刷防锈漆和油漆。
- 5 风机房、变电所、监控室等主要生产房屋应做到地面无积尘和油污。
- 6 风机房、变电所、监控室等房屋的专业养护可参照相关规定执行。

4.3.3 保持房屋及其周围环境的整洁、美观,周围场地应排水畅通。

4.3.4 防雷接地装置如有损坏、锈蚀应及时养护维修,并符合以下要求:

- 1 修换防雷接地装置前,应对接地体进行接地电阻测试,接地线和接地体焊接开焊、断裂的应修换,完好的应除锈刷防锈漆。
- 2 接地体锈蚀严重无法修复时,按查勘设计换装新接地体。
- 3 修换防雷装置前,对避雷网(带)、引下线等发生开焊、变形的应修复,对防锈

漆脱落的应除锈刷漆。

4 修换接地装置及固件均宜采用镀锌制品,各部连接点应牢固可靠。

4.3.5 防冻保温设施的维修保养应不少于 1 次/年。

5 安全管理

- 5.0.1 隧道的安全管理应包括正常营运及养护作业时和发生事故时的交通组织和安全防护。
- 5.0.2 隧道养护机构应及时掌握公路隧道的信息,作出预测,采取必要的预防性安全措施。
- 5.0.3 隧道内进行养护作业时,应执行《公路养护安全作业规程》(JTG H30)的有关规定。
- 5.0.4 隧道洞口周围 100m 范围内,未经隧道养护机构许可,不得挖沙、采石、取土、倾倒废弃物,不得进行爆破作业及其他危及公路隧道安全的活动。
- 5.0.5 超限运输和运送危险品的车辆需要通过隧道时,须按有关规定报经有关部门批准后方可通过。
- 5.0.6 高速公路的长隧道、特长隧道及其他公路的特长隧道,每年应进行不少于一次的消防救援实地演习。
- 5.0.7 养护作业的安全防护应包括养护作业机械、人员的安全防护。
- 5.0.8 养护作业宜选择在交通量较小时段进行。在进行养护作业前,应做好以下工作:
 - 1 制定周密的施工组织计划,确定合理的工作区。
 - 2 作业人员必须接受专门的安全教育和作业规程训练。
 - 3 检测隧道内 CO、烟雾等有害气体的浓度及能见度是否会影响施工安全。
 - 4 观察隧道结构状况是否会影响作业安全,如有危险,应先处理后作业。

- 5 检查施工信号灯是否准确、明显,施工标志设置是否规范。
- 6 对养护机械、台架应进行全面的安全检查,并应在机械上设置明显的反光标志,在台架周围设置防眩灯,以反映作业现场的轮廓。

5.0.9 在隧道内进行养护作业时,应遵守以下规定:

- 1 养护维修作业控制区经划定后不得随意变更。
- 2 作业人员不得在施工路段外活动或将任何施工机具、材料置于养护维修作业控制区以外。
- 3 养护施工路段内的照明应满足要求。

5.0.10 电力设施等有特别要求的维护,应按有关部门的安全操作规程执行。

5.0.11 隧道内发生火灾时,必须立即按消防预案进行救助。

5.0.12 隧道内发生交通事故时,应通知并配合交通安全管理部门到现场处理交通事故。

5.0.13 事故发生后,应尽快清理现场,排除路障,恢复隧道正常行车,并登记相关损失。应认真分析事故原因,恢复或改善隧道的防灾能力。

A.0.3 隧道展示图可按图 A.0.3-1 所示采用,其图例可按图 A.0.3-2 所示采用。

桩 号		
土建 结构	左墙	
	拱部	
	右墙	

隧道名称: _____

检查日期: ____年__月__日

检查人: _____

记录人: _____

图 A.0.3-1 隧道展示图

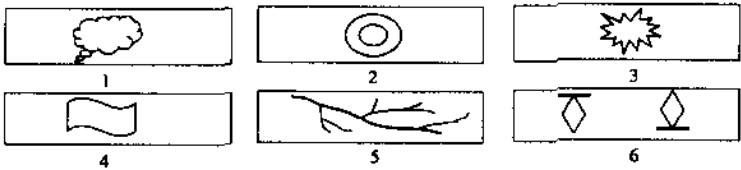


图 A.0.3-2 病害表述图例

1-出水冒泥;2-衬砌凸起;3-围岩碎落;4-墙体变形;5-衬砌或围岩开裂;6-漏水、挂冰、堆冰

附录 B 喷射混凝土抗压强度评定

B.0.1 喷射混凝土抗压强度系指在喷射混凝土板件上,切割制取边长为 10cm 的立方体试件,在标准养护条件下养护 28d,用标准试验方法测得的极限抗压强度,乘以 0.95 的系数。

B.0.2 双车道隧道每 10m 至少在拱脚部和边墙各取 1 组(3 个)试件。其他工程,每喷射 $50 \sim 100\text{m}^3$ 混合料或小于 50m^3 混合料的独立工程,不得少于一组。材料或配合比变更时需重取试件。

B.0.3 喷射混凝土强度的合格标准

- 1 同批试件组数 $n \geq 10$ 时试件抗压强度平均值不低于设计值,任一组试件抗压强度不低于 0.85 设计值。
- 2 同批试件组数 $n < 10$ 时试件抗压强度平均值不低于 1.05 设计值,任一组试件抗压强度不低于 0.9 设计值。

附录 C 机电设施养护计划及故障记录表

C.0.1 机电设施养护计划宜按表 C.0.1 填写。

表 C.0.1 机电设施养护计划表

养护机构：		编号：			
隧道名称：		日期： 年 月			
养护时间	养护内容	(设备名称)			备注
	养护项目	养护方法	养护标准		
1					
2					
3					
⋮					
⋮					
31					
制表：		复核：		审定：	

C.0.2 检查记录宜按表 C.0.2 填写。

表 C.0.2 检查记录表

养护机构：		编号：	
隧道名称：		日期： 年 月 日(星期) 天气：	
设备名称		检查时间	自 时 分 至 时 分
检查位置			
检查内容			
巡视车、作业车 使用情况	车号		
	台数		
注意事项			
检查：		记录：	

附录 D 本规范用词说明

D.0.1 执行本规范时,对条文严格程度的用词按以下写法,以便在执行过程中区别对待。

1 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

2 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择,在条件许可时应首先这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”。

4 表示有选择,在一定的条件下可这样做的,采用“可”。

附件

公路隧道养护技术规范

(JTG H12—2003)

条 文 说 明

1 总则

1.0.1 我国是一个多山的国家,随着高等级公路的发展,公路隧道日益增多,规范公路隧道养护行为势在必行。

公路隧道既是道路工程构造物又是地下工程结构,它涉及工程地质、结构力学、空气动力学、光学、自动控制和工程机械等多种学科,技术较为复杂,这就增大了养护维修及其管理的难度。而且,公路隧道一般都处于崇山峻岭之中,无绕行可能,如果隧道内出现严重渗漏水、衬砌开裂或设施故障等情况,就会妨碍交通,进而使整个交通线完全处于中断状态,给公路交通造成恶劣影响,因此,隧道的养护管理比一般路段的养护管理更为重要。为此,特制定本规范,以作养护管理的技术依据和行为准则。

1.0.2 本规范是以公路山岭隧道为主要对象来编制的。对于盾构隧道、沉管隧道等不同类型的隧道,其养护维修及其管理的技术思路与前者相似,可参照本规范执行。

1.0.3 本规范所说的土建结构包括洞门、洞身、路面、人(车)行横洞、斜(竖)井、通风道及防排水设施等。机电设施包括为保证隧道内行车安全和良好环境所必需的供配电、通风、照明、防灾、监控等相关设施。

1.0.4 每座隧道由于不同自然环境的影响,所发生的结构破损情况和设施状况不一样,因此应根据具体情况制定相应的养护维修方案、技术措施和作业计划。

1.0.5 日常检查和定期检查的目的是要发现隧道早期病害形态,并掌握破损的程度,为进一步检查或处治提供判断依据。专项检查的目的是收集隧道破损的详细资料,为制订处治方案和措施提供依据。

1.0.6 洞内养护作业时采取的安全措施是为了防止养护作业与通行车辆互相干扰。

1.0.7 有关隧道的设计文件和竣工资料是制订养护维修方案的重要依据,故要求收集齐全。

1.0.8 比较国外经济发达国家,我国公路隧道工程技术较为落后,养护技术与管理更是滞后,为了提高隧道养护质量和技术水平,有必要积极采用成熟的隧道养护新技术、新材料、新设备和新工艺,使我国隧道养护技术尽快达到较先进水平。

1.0.9 条文中涉及的有关标准、规范主要有:

- (1)《公路工程技术标准(JTJ 001)》;
- (2)《公路隧道设计规范(JTJ 026)》;
- (3)《公路隧道通风照明设计规范(JTJ 026.1)》;
- (4)《公路隧道施工技术规范(JTJ 042)》;
- (5)《公路工程质量检验评定标准(JTJ 071)》;
- (6)《公路养护技术规范(JTJ 073)》;
- (7)《道路交通标志和标线(GB 5768)》;
- (8)《道路作业交通安全标志(GA 182)》;
- (9)《电气装置安装工程施工及验收规范(GBJ 232)》;
- (10)《装饰工程施工及验收规范(GBJ 210)》。

2 土建结构

2.1 一般规定

2.1.1 土建结构是指构成公路隧道的土建工程结构物,包括洞门、衬砌、路面、检修道(洞)、防水层、排水管(沟)、横洞、斜(竖)井、风道、防护设施、减光设施、防冻设施等,围岩等自然构造也归入土建结构养护中考虑。

2.1.2 根据土建结构养护工作的内容及要求,将其分为四个组成部分。这四部分工作,内容互不相同,具有相对的独立性,但又彼此衔接,相互关联。

2.2 清洁维护

2.2.1 一般说来,隧道交通量越大、污染越严重、结构物越易脏污,清洁周期越短;否则反之。相比其他公路结构物,隧道呈长管状,烟尘不易散发,因此其清洁周期相对要短一些。

结构物的清洁养护通常都选择在交通量较小的时候进行,如假日、夜晚等,以尽量减少交通干扰,降低事故风险。

2.2.2 为了保持路面干净整洁,提供安全舒适的通行环境,需要经常清扫路面。

- 1 隧道内路面由于无雨水冲刷,较易脏污,而路面的整洁与隧道的服务质量密切相关,因此倾向于规定较短的清扫周期,以便能经常清扫。
- 2 隧道内空间有限,要求迅速而有效地实施清扫作业,因此适宜以路面清扫车进行清洁。路面清扫车主要有刷式和真空式两种,刷式清扫车适用于砂土较多的路面,而真空式清扫车适用于要求高速作业的环境。根据国情,人工扫路还很普遍,先以扫帚清扫路面,然后用车辆出渣的情况在我国公路隧道路面的清扫中仍很常见。
- 3 路面脏污部位是指如车道两侧、紧急停车带等。由于车道两侧容易积聚尘

土,覆盖分道标志标线、轮廓标志等,使其难以识别;而紧急停车带经常积聚尘土和散落物等,因此清扫时需特别留意。

- 4 目前,国内在隧道路面清洗中使用清洁剂的经验还不多,需要在今后的养护工作中加以探索和总结,逐步提高和完善。

2.2.3 为了经常保持顶板和内装的外观整洁,维护舒适的通行环境,提高照明系统的功效,需要定期对顶板和内装进行清洁养护。

- 1 顶板和内装的清洁周期,考虑国情而作此规定。如成渝路重庆段的中梁山隧道、缙云山隧道,因未设顶板,故很少清扫拱顶;内装为瓷砖镶面,清洗周期约为1次/月。

据有关资料介绍,美国高速公路隧道(尤其是城市道路隧道)的顶板或内装的清洁周期一般为1次/周,最长不超过1次/月;日本高速公路隧道的顶板和内装的清洁周期一般为1~2次/月,在一些交通量较小的国道上,清洁周期相对长一些。

- 3 清洁的方式有湿法和干法两种。湿法清洁目前应用较广,但是需要设置清洗水沉淀池,将废水处理后排放;干法清洁无需处理废水,但产生大量的尘埃,恶化隧道环境,可能需要同时使用集尘装置或对通行车辆加以引导。表1简单列出了两种清洁方式的特点。

表1 湿法、干法清洁的特点

项目 \ 清洁方式	湿法清洁	干法清洁
设备	需设置废水沉淀池	设备相对简单
作业规模	较大	较小
对内装板的影响	刷的压力小于干式	清扫压力较大,可能损伤内装板
对通行车辆的影响	污水散流,但可控制,对交通有一定影响	清扫时产生大量尘埃,影响交通
清洁效果	较好	较差,飞散的尘埃可能再附着

在湿法清洁时,一些脏污仅用清水冲洗即可去除,而沉积的烟灰和油状的(燃烧)残留物,尤其是来自柴油发动机的油烟,可能需要使用清洁剂和清洁器具才能洗掉此类污垢。为了给清洁剂留有充分的反应时间,最好单独设置一辆小卡

车用于喷洒清洁剂溶液。为此,卡车应配有一个容量约为 1.2m^3 的容器,一台动力泵和喷嘴等设备。清洁剂宜尽量采用中性的,以减少对隧道内养护工作人员、结构和设施的危害。通常,隧道清洗车装备有一个容量约为 5.7m^3 的水箱,一台能提供约 120Pa 压强的水泵,以及喷嘴、旋转刷等设备。根据经验,刷毛比较硬且长的旋转刷能提高清洗效率。

此外,高压喷水枪也用于顶板和内装的清洁,以替代刷子。其方法是:先喷洒清洁剂溶液,待其与污垢发生反应后,再将清水在 $500 \sim 600\text{Pa}$ 的压强下,由细小的喷嘴喷出,以高压进行冲刷。此法在美国 Potapko River 隧道中使用过,效果良好。

2.2.4 隧道排水设施需经常进行清理、疏通,以保持其良好的排水功能,确保水流畅通无阻,及时排泄隧道内漏水、污水、汽车挟带水以及其它积水,防止积水影响行车、损害隧道结构或设施。

- 1 具体的清洁周期应根据隧道的具体情况,综合考虑确定。
- 2 《公路隧道设计规范(JTJ 026)》规定:隧道内的纵坡应不小于 0.3% 。当坡度在 $0.3\% \sim 0.5\%$ 时,水流缓慢,杂物易淤积,水沟易被堵塞,因而需特别注意;隧道的洞口段容易积聚垃圾和各类杂物,易于边沟内淤积而影响排水,需特别留意。

2.2.5 经常清洗隧道内外的标志标线,是为保持其外观的清晰、醒目,确保交通信息传递清楚无误。

2.3 结构检查

2.3.1 根据结构检查的目的、内容、方法等因素,将其分为四类检查。

2.3.2 日常检查、定期检查和特别检查结果的三级判定分类和专项检查结果的四级判定分类是一种预先设定的对策,以便发现结构异常情况时能迅速作出反应,其

2.3.3 工作流程如图 1 所示。

专项检查主要根据结构的破损程度、发展变化趋势和对交通安全、结构设施安全的影响等因素进行判定,如表 2 所示。

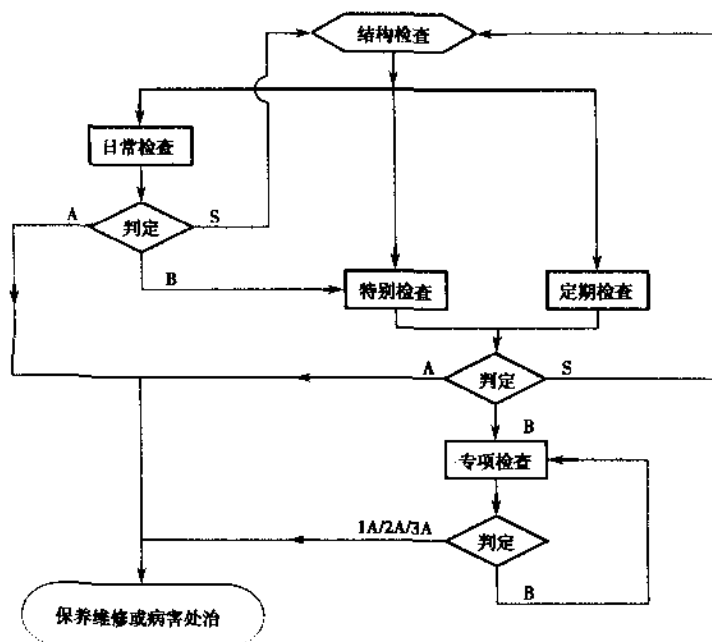


图1 土建结构检查工作流程图

注：S—Safe,安全/正常；

B—Back,返回、需进一步检查或观测/异常情况不明；

A—Alert,警报/异常情况；

根据异常情况的严重程度,专项检查进一步区分为：

1A-破损;2A-较严重破损;3A-严重破损

表2 专项检查结果的判定因素

判定分类	判定因素				对策
	破损程度	破损发展趋势	对行人、行车安全的影响	对结构、设施安全的影响	
B	轻微	无或趋于稳定	无或轻微	无或轻微	监视、观测
1A	一般	较慢	暂无,将来可能构成危险	暂无,将来可能构成危险	准备采取对策措施
2A	较重	较快	已有一定的威胁,比较危险	已有一定的威胁,比较危险	尽快采取对策措施
3A	严重	迅速	危险	危险	立即采取紧急对策措施

2.3.4 外观状况是指通过目视观察所及的结构表面情况。

- 1 考虑国内公路隧道的情况差别较大,因此只对日常检查的最大频率作出规定。
- 2 简单检查工具是指皮尺、钢卷尺、铁锤、手电筒和粉笔等常用的、易于携带的工具。
- 3、4 表中的洞口包括洞口防护设施、地面排水设施和减光设施等;路面是以水泥混凝土路面为例,如为其他路面,可参考《公路养护技术规范(JTJ 073)》和本规范的有关规定执行;内装包括装饰板、镶面(表面处理)等。

2.3.5 为掌握土建结构基本技术状况,评定结构功能状态,更新技术档案资料,需要定期对土建结构进行全面检查。基本技术状况是指隧道土建结构物的完好程度、破损或病害情况、功能状态等。

- 1 考虑国内公路隧道的技术水平、工程质量以及隧道的重要性等因素,确定定期检查的最大周期。检查的时间一般选在春融期后或在汛期到来前后。对新建隧道的要求,是为了尽可能早期发现结构破损情况,为日后的养护维修提供基本技术资料。
- 2 定期检查一般是徒步进行,必要的工具和设备主要指:

尺寸测量——卷尺、钢卷尺、游标卡尺等;

裂缝检查——带刻度的放大镜、宽度测定尺、测针、标线等;

材料劣化检查——锤子等;

漏水检查——pH 试验纸、温度计等;

路面检查——摩擦系数测定仪、平整度仪等;

照明器具——卤素灯或目测灯、手电筒;

记录工具——隧道展示图纸、记录本、照相机或摄像机;

升降设备——可移动台架、升降台车;

此外,清扫用具、交通控制标志牌板等也是需要的。

- 3 定期检查项目中,围岩检查主要是针对无衬砌隧道,路面检查是以水泥混凝土路面为例,如为其他路面类型,可参照《公路养护技术规范(JTG 073)》的有关规定执行。

从隧道的一般断面来看,拱脚附近为非常薄弱的构造。在外部压力作用下,结构变形往往首先发生在这个部位,如基脚膨胀、路基下部冻胀、上拱、下沉等,于是出现路面裂缝、施工缝错裂等。在检查时,边沟内部的裂缝、边沟盖板的凹凸和倾斜、路面裂缝、接缝错裂等状况都要进行观察并记录于展示图上。

一般要求将裂缝绘入隧道展示图,标明裂缝的宽度、长度,为评价裂缝开裂程度及养护维修提供基本资料。

- 4 对于表中未包括的内容,可参照本表及有关规范进行判定。
- 5 “隧道展示图”的正面为图(坐标纸),背面为文字记录,逐年记录以便把握病害发展规律,评价隧道安全程度。比较而言,照片和录像带(包括数码摄像)能更客观、准确地记录结构实际状况,有助于正确判定结构状态,如有条件宜积极采用。
- 6 定期检查报告综合了各个结构物的检查结果,对土建结构的技术状态和使用功能作出评价,并根据检查中发现的问题,对养护工作提出改进建议或措施;对于判定为 B 的结构,应提出专项检查的建议,内容包括专项检查的原因、项目、目的、要求等;对于判定为 A 的结构,应提出采取处治措施的建议,内容包括实施处治的原因、项目、处治措施、所需的工程费用以及实施时间等。

2.3.6 自然灾害是指地震、山体滑坡或崩塌、泥石流、暴雨、山洪、暴风雪和雪崩等;交通事故是指擦挂、撞车(墙)、翻车、失火等;其他异常情况是指结构突发性的破坏、超限车辆通过等危及交通安全、结构设施安全的异常事件,如洞口落石、围岩坍塌、衬砌变形或塌落、路面沉陷、大量渗漏水、大量挂冰、严重冻害或者爆炸等。

- 1~4 特别检查的方法与定期检查基本相同,采取步行方式,携带必要的仪器和设备;检查的内容比定期检查有所侧重,主要针对异常事件的影响而展开;检查的目的是了解异常事件对结构的影响,掌握结构受损情况,确

保人员、车辆、结构和设施的安全,是特殊情况下的检查,需尽快实施。

2.3.7 通过其他途径是指通过具有类似情况的其他隧道而得知结构可能存在问题;破损或病害的详细情况是指其成因、范围、发展程度和状况,以及对结构物使用功能的影响等;更深入的专门检测是指专门的现场试验检测、验算及分析鉴定,以及相关资料的调查分析等。

- 1 由于某些检测需要专业的检测手段和设备,因此需要委托专业的检测机构实施检查。此外,当一次检查不足以提供详细资料时,还需进行连续的或长期的检查。
- 2 专项检查的项目通常由定期检查或特别检查报告提出,并由此确定专项检查的内容和要求等,一般可按表3的内容选择实施。

表3 专项检查项目表

检 查 项 目		检 查 内 容
结构变形检查	道路线形、高程检查	道路中线位置、路面高度、缘石高度以及纵、横坡度等测量
	隧道横断面检查	隧道横断面测量,周壁位移测量(与相邻或完好断面比较)
	净空变化检查	隧道内壁间距测量(自身变化比较)
裂缝检查	裂缝简易检查	裂缝的位置、宽度、长度、开展范围或程度等
	裂缝变形检查	裂缝的发展变化趋势及其速度;裂缝的方向及深度等
漏水检查	漏水简易调查	漏水的位置、水量、浑浊、冻结及原有防排水系统的状态等
	漏水检测	水温、pH 值检查、电导度检测、水质化学分析
材质检查	衬砌强度检查	强度简易测定、钻孔取芯,各种强度试验等
衬砌及围岩状况检查	无损检查	无损检测衬砌厚度、空洞、裂缝和渗漏水等,以及围岩状况
	钻孔检查	钻孔测定衬砌厚度等、内窥镜观测衬砌及围岩内部状况
荷载状况检查	衬砌应力及拱背压力检查	衬砌不同部位的应力及其变化,拱背压力的分布及其变化

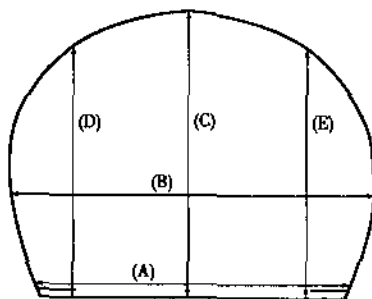
1)结构变形检查

- a. 道路线形、高程检查:通过测量结构高度、角度、坡度等的变化,发现结构的

变形,掌握其发展变化的趋势。一般使用经纬仪、水准仪、花杆、卷尺等工具进行测量,根据测量的内容、方法等设置测点。

- b. 隧道横断面检查:根据结构的变化状况,在可能发生断面倾斜、顶部下沉等变形的地方,测量隧道横断面尺寸,通过与相邻横断面的比较,发现变形的有无和变化程度。

简单的横断面测定,可布设横、竖测线,测量隧道各部尺寸,即可基本掌握横断面的形状,如图 2 所示。



注:(A)、(B)、(C)、(D)、(E)——测线

图 2 横断面检查测线布置示意图

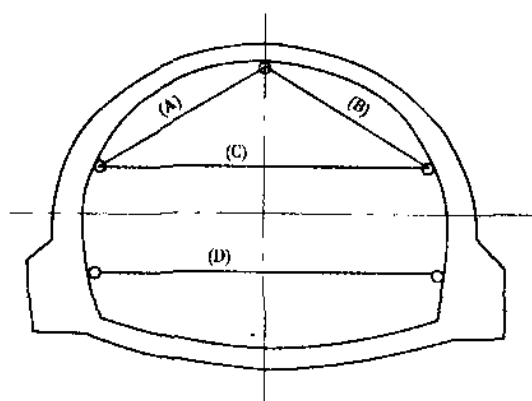
如果需要更准确地掌握隧道横断面尺寸,可用激光式横断面测量仪进行测量。激光式测量仪在操作性、作业效率等方面具有优越性,便于处理测量数据、显示横断面形状并输出测量结果等。

- c. 净空变化检查:净空变化的测量方法较多,一般是在隧道内壁安装锚销、布设测线,测量锚销间距的变化,测线布置如图 3 所示。推测断面可能变形的地方,通过测量左右侧墙间距、拱部的水平测线或斜测线的长度,掌握净空变化的有无和发展速度。

测线的设置方法根据变化的倾向、顶板的有无等可能有所不同:对于受偏压作用的隧道,斜测线的设置很重要;对于膨胀围岩作用下的隧道,宜在路基下部设置锚销,测量其与拱顶测点间的长度变化。

2) 裂缝检查

根据检查要求的不同,将裂缝检查分为简易检查和变形检查。



注:(A)、(B)、(C)、(D)——测线

图3 净空变化测线布置示意图

a. 裂缝简易检查:使用简易的测量器具或方法,查明裂缝形状有无发展变化。

图4所示为四种简易检查方法:

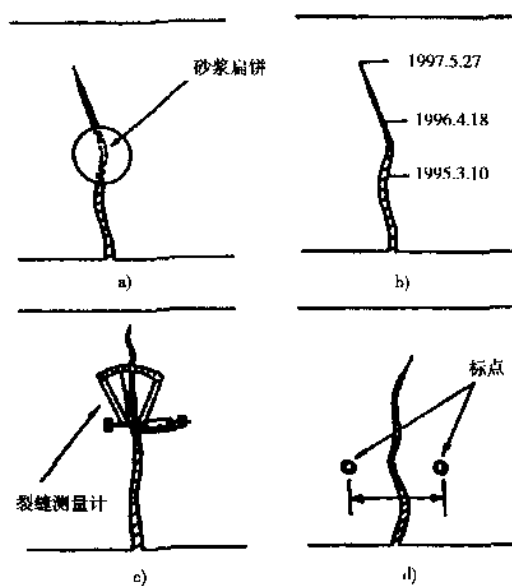


图4 裂缝简易检查方法

a)砂浆扁饼;b)标记;c)裂缝测量计;d)标点

a)砂浆扁饼——横跨裂缝涂以拌和砂浆(扁饼),观察裂缝有无新的发展;
(由于振动等原因,砂浆扁饼可能掉落,因此不宜设置在隧道拱部)

b)标记——目测裂缝末端位置并标记,用油漆等标明检查日期;

c) 裂缝测量计——横跨裂缝设置机械式宽度测量计,测量裂缝宽度变化;

d) 标点——横跨裂缝设置标点,用卡尺测量其间距变化。

b. 裂缝变化检测:主要针对裂缝的发展变化进行连续观测,可采用电阻丝应变型的裂缝变形计进行测量,图 5 为裂缝变化检测示例。由于季节的变化,裂缝宽度会随着混凝土的热胀冷缩而变化,因此宜连续测量 1 年以上的时间,将检查结果按时间顺序记录整理,掌握裂缝发展速度及其规律等。检查时间和周期可参考以下:

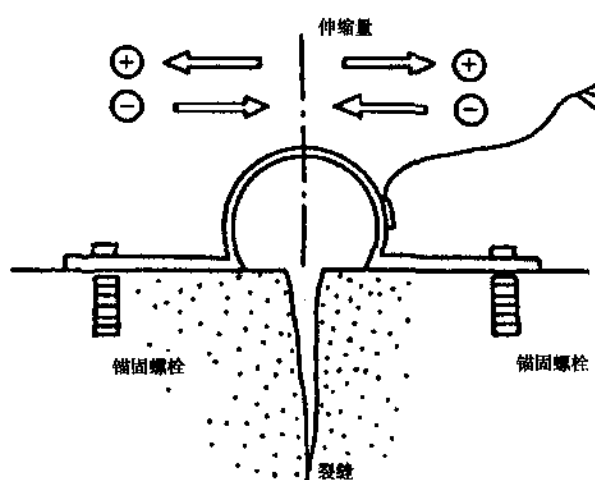


图 5 裂缝变化检测示意图

周期:1 次/月——设置后 3 个月内;1 次/3 个月——3 个月后;

当确认裂缝处于变化中时,可根据其发展变化程度适当增加检查次数;

地震(4 度以上震级)、暴雨后宜增加检查次数。

时间:1~2 年(以后监视即可)。

检查裂缝的深度或方向,可通过钻孔取芯的方法进行检查,如图 6 所示。

此外,超声波无损检测也应用于裂缝检查:根据超声波在衬砌混凝土中的传播速度,得出行程时间曲线;然后,超声波发射器位置固定,使接收器沿衬砌某一方向移动,根据裂缝位置处超声波传播时间的变化如延迟时间等,即可计算出裂缝深度,如图 7 所示。超声波检测方法简便易用,对检测结构无损害,应在结

构检查中推广应用。

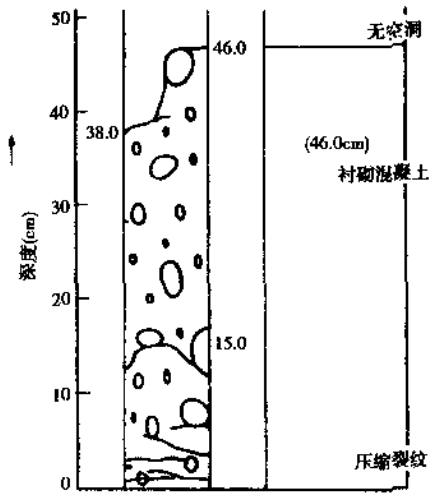
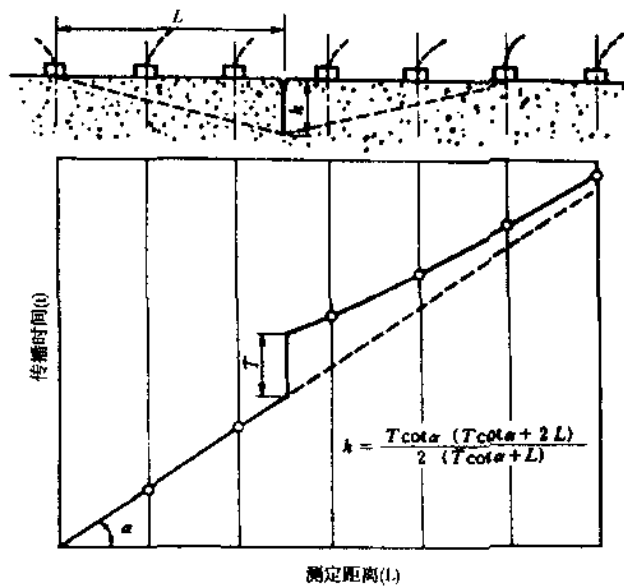


图6 钻孔取芯结果示例



注: T -超声波传播延迟时间; α -超声波传播曲线倾角; L -裂缝位置与超声波发射点的距离; h -裂缝深度

图7 超声波探查裂缝深度示意图

3)漏水检查

根据检查的内容、要求等,将其分为两类检查。

a. 漏水简易检查

检查漏水的位置、数量、浑浊、冻结以及原有防(排)水设施的状况,内容主要包括:

- a)位置:检查漏水位置是否会阻碍车辆行驶和妨碍坑洞内各种设备的功能。特别是在冬季冰冻地区,行车道处的漏水由于结冰、堆冰等而妨碍车辆行驶;不规则暴露层表面湿润的漏水表明结构材质不良或存在裂缝,并对这些缺陷起促进作用。检查清楚后,将漏水位置和范围标记于隧道展示图上。
- b)漏水量:检查漏水流量、漏水状态以及排水沟内的水流状态等。根据漏水压力、流量等因素,将漏水状态分为四类,如图8所示。在漏水显著的情况下,可用秒表和计量容器等测定其流量。

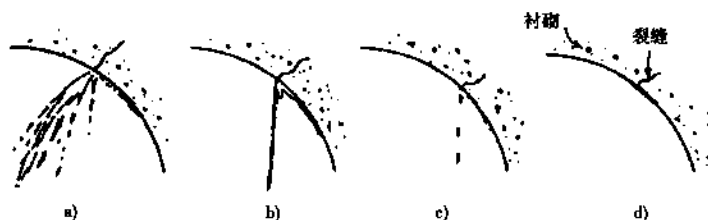


图8 漏水状态的分类

a)喷射;b)涌流;c)滴漏;d)浸渗

- c)浑浊:漏水如果是浑浊的,需要检查砂土是否和漏水一起流出;如有,需测定每处砂土流出量(如水槽内堆积的沙土量)。降雨后出现漏水浑浊的隧道,有必要进行详细的检查。
- d)pH值:漏水是助长衬砌材质劣化的原因之一,特别是当漏水显示出强酸性时,混凝土有严重劣化的危险,必须引起注意。检查时,一般使用pH试纸对漏水的酸碱度作简易测定。
- e)冻结:冬季漏水冻结,引起衬砌混凝土发生冻害、路面结冰和堆冰等,妨碍交通安全。主要检查以下项目:

位置——在隧道延长方向和断面方向的分布;

程度——挂冰、堆冰、路面结冰等的规模大小和发展速度;

温度——累记的寒冷温度、最低温度,长隧道内的温度分布等。

此外,当冻害可能使材质损坏时,还需对衬砌材质进行检测试验。在高寒冰冻地区,由于岩体冻结,其形状有可能发生变化,因而需对其形状变化的发展(发生显著季节变动时)、岩体的地质状况、温度等进行检查。

f)原有防(排)水设施检查

检查原有防(排)水设施的设置及技术状况,其功能是否发挥正常,能否满足现在的防(排)水要求。

b. 漏水检测

当漏水可能具有劣化作用时,应对其水质进行检测。通过对漏水和流入隧道中的地表水的温度、pH 值、导电度等的测定,可查明混凝土劣化的原因,大致推定漏水的流径。简单的漏水检测一般需要如下的工具:

水温检查——温度计;

pH 值检查——pH 值测定器、比色管法(水的酸碱性的表示);

导电度检查——导电计(全溶解物质及其数量的推定)。

通过测量水温,掌握各处水温的季节变动,可判明漏水与地下水、地表水的关系。在同一地点,如确认漏水温度有明显的季节变动,表明漏水与地表水有直接关系。

当需要详细检查漏水所含成分时,可取漏水水样,送交专业的水质检测机构进行详细的水质分析。与混凝土接触的水的 pH 值,其安全判断标准可参考表 4。当漏水具有强酸性时,对混凝土具有很强的劣化作用,必须引起警惕。

4)结构材质检查

结构材质检查主要是对衬砌混凝土强度进行检测,目的在于掌握衬砌混凝土材质的劣化和强度变化。

表4 漏水 pH 值的判定

pH 值	对混凝土的作用	判定结果
4.0 以下	水泥溶解崩溃	危 险
4.1 ~ 5.0	在较短时间内表面凹凸不平	危 险
5.1 ~ 6.0	表面易损坏	注 意
6.1 ~ 7.9	在混凝土使用初期要注意	较安全
8.0 以上	—	安 全

衬砌混凝土材质的状况,可通过目测或铁锤敲击等方法进行诊断,能在一定程度上了解其劣化的状况。

要准确掌握衬砌材料劣化状况,可取其试件进行检测试验,检测项目可参考表5所示的内容进行。其中,试件可由衬砌钻孔取得;在强度试验中,试件的标准尺寸为 $\Phi = 100\text{mm}$, $L = 200\text{mm}$,数量宜不少于3个。

表5 衬砌混凝土的检验项目

检 测 项 目	检 测 内 容
单轴压缩试验	单轴压缩强度(σ_c)、静弹性模量(E_s)、静泊松比(μ_s)
超声波传播速度检测	P 波速度(V_P)、S 波速度(V_S)、动弹性模量(E_D)、动泊松比(μ_D)
单位体积重量试验	单位体积重量(γ_t)、含水率($W\%$)
单轴拉伸试验	单轴拉伸强度(σ_t)

超声波传播速度与混凝土品质、强度的关系如无实测资料,可参考表6进行推断。

表6 超声波速度与混凝土品质、强度的关系

(I) 美国和加拿大的一例		(II) 前苏联的一例		
纵波速度(m/s)	品质	纵波速度(m/s)	品质	强度(kgf/cm ²)
4600 以上	优	4500 以上	卓越	400 以上
3700 ~ 4600	良	4000 ~ 4500	优良	400 左右
3100 ~ 3700	合格	3500 ~ 4000	良好	250 左右
2100 ~ 3100	不合格	3000 ~ 3500	合格	100 左右
2100 以下	恶劣	2000 ~ 3000	不合格	40 左右
		2000 以下	恶劣	

5) 衬砌及围岩状况检查

此项检查的目的在于查明衬砌混凝土厚度及其背后围岩状况,分析混凝土劣化的原因,并提供处治设计所需的资料。

a. 无损检查

土建结构的无损检测一般通过敲击、超声波、电磁波等方式进行。

a) 敲击法:通过测量敲击声的强度、频率、音质等,判断结构有无异常情况。在衬砌厚度、拱背空洞、有无剥离以及混凝土劣化等检查中应用效果较好。

b) 超声波法:通过测量超声波的反射行程时间,计算出衬砌厚度,并且根据其传播速度可推算混凝土的强度和劣化状态,其探查原理如图 7 所示。

c) 电磁波法:将数 MHz ~ 数 GHz 的高频电磁波由衬砌表面向混凝土中发射,接收反射回来的电磁波;经过对电磁回波的处理、分析,从而获得衬砌厚度、拱背空洞等结构物的信息,其探测模式如图 9 所示。

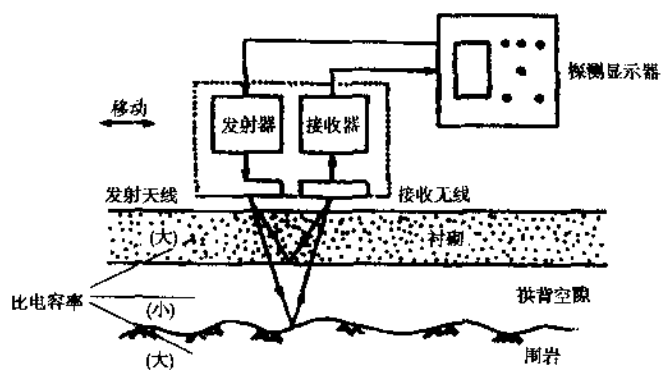


图 9 电磁波探测示意图

b. 钻孔检查

通过钻孔直接观察和测定衬砌厚度、空洞深度和墙背地质状况等,检查方法包括利用内窥镜插入钻孔观察结构内部状况、利用钻孔所取材料进行试验等。

a) 钻孔取芯:钻孔的位置和深度,因检查目的不同而异,图 10 为钻孔位

置示意图和简易钻孔机示例。检查衬砌厚度、拱背空洞和地质状况时,深度一般为从衬砌表面到岩体内 1m;当为了计划处治对策,必须掌握隧道围岩的地质状况和进行有关物理试验时,钻孔深度可为 3 ~ 10m,此时需使用较大型的钻孔机械。

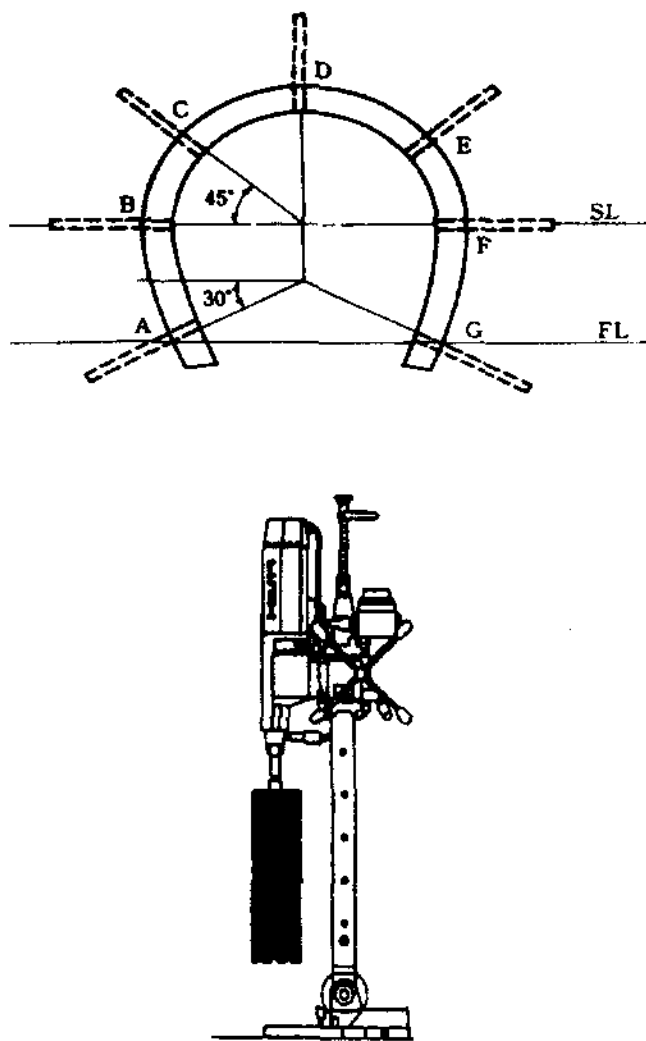


图 10 钻孔位置示意图和简易钻孔机示例

b) 钻孔完成后,可将内窥镜观察镜插入钻孔中,观察衬砌内部状况、衬砌背面空洞和围岩地质状况等,并可连接摄像机记录结构实际面貌。图 11 为内窥镜观察镜使用示例。

6) 结构荷载状况检查

为了查明结构应力或压力的状况及其变化规律,需要测量衬砌应力和拱背

压力。衬砌应力和拱背压力可用仪器直接测量,不同的设置方式,测量的结果可能有所差异。

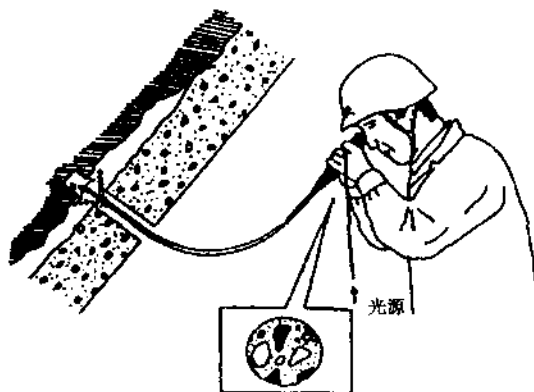


图 11 内窥镜观察镜使用示意图

测量衬砌应力,可将应力测定仪安装在混凝土内进行测量。对于已建成的隧道,可将测量仪安装在结构表面进行测量。

测量衬砌压力或拱背上压,是为了查明压力的变化及其发展规律,图 12 为拱背土压力测量示意图。

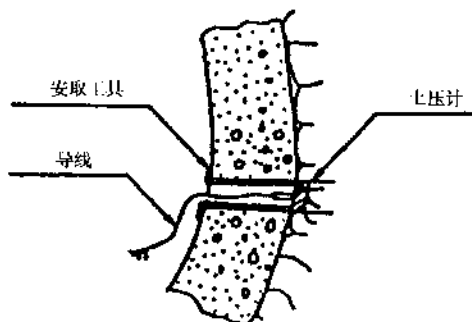


图 12 拱背土压测量示意图

通常,测量仪器的设置方式对检测结果有较大影响,要想得到准确的结果比较困难。需要注意的是,测得数值并非原有应力或压力,而是仪器安装后的应力或压力。此外,压力的大小还因测量支架和衬砌的刚度不同而异。因此,在测量时,需要注意其对测量结果的影响。

- 4 资料调查和隧道周围地质及地表环境调查是专项检查的重要内容,对确定破损或病害的成因及其发展趋势等,具有重要作用。

1)资料调查

资料调查一般要收集以下资料:

- a. 设计文件(包括隧道长度、洞门形式、断面形状、衬砌厚度、材料、埋置深度、支护、衬砌等)和地质调查报告;
- b. 施工方法(包括主要开挖方法、特殊施工方法、围岩变化记录、各种试验报告、测量报告等);
- c. 检查记录(包括断面净空检查报告等);
- d. 衬砌修复加固记录、漏水处治施工记录、路面变形记录(含维修记录)、气温及降雨量记录、洞口明挖段遭受自然灾害记录等;
- e. 裂缝、剥落、错位、漏水等破损或病害的现场检查记录。

2)隧道地质及地表环境调查

- a. 地表环境调查:隧道附近山体可能出现坡面排水不畅、坑凹积水、山体裂缝、溶洞发展、山体失稳滑动等,其原因可能是隧道处在滑坡区内或其边缘;隧道处在断裂岩层或其附近;岩石节理发育,支离破碎;山体植被破坏,水土流失以及溶洞发展等。通过了解隧道外地表状况,可有助于分析隧道内发生的异常情况。检查时,可对隧道周围的地形、地貌、地表开裂、塌陷、林木状况等予以注意,如图 13 所示。

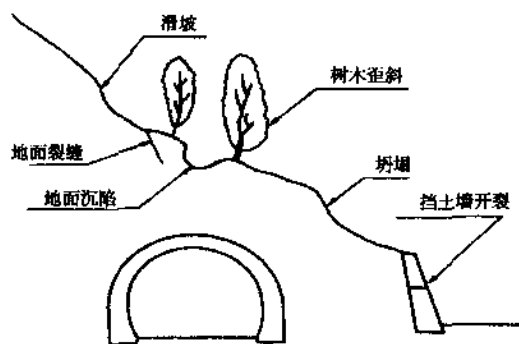


图 13 隧道外地表环境的异常情况(概念图)

b. 围岩变化调查

主要针对围岩内部变化进行检测,目的在于监视围岩变形,发现结构变化的原因,监视临近工程的影响或对策处治时围岩或衬砌的变化。通常在围岩内设置位移计或倾斜计,测定轴向变形或垂直轴向的变形。地表的变形则可通过地面位移计测量。

a)围岩变形调查:将围岩变形计插入钻孔中,计量围岩任意点间的变化。围岩变形调查用于确认偏压的有无、岩体松动范围、监视临近工程的影响、处治施工时的监视和效果判断等。

b)围岩倾斜调查:将倾斜计插入钻孔中,测量围岩水平方向的变形。

c)地表滑移调查:在地面位移异常的区域内外,分别设置移动桩和固定桩,在固定桩上安装地面位移计,以钢线与移动桩相连,将地面的滑移通过钢线长度变化反映出来。

5 隧道是地下工程结构物,异常情况比较复杂,其判定分类需要较丰富的知识和经验。判断时,应根据结构类型与破损或病害的形式、部位、状态以及发展趋势等因素进行综合分析,对比判断。

1)一般情况下,判定分类为 B 或 1A 的情况较多,但对新开展的裂缝或原有裂缝的发展变化应给予充分注意,进行周密的检查,防止发生 2A 或 3A 分类的情况。

由于混凝土剥落掉块,危及行人和车辆的安全,因而不论其规模大小,判定时均往上一档分类靠。

突发性的坍塌是指过分变形但没有发展的状况,突然之间发生破坏。

a. 衬砌的变形、移动、沉降一般为逐渐变化,在地震、滑坡、暴雨后可能发生明显的变化。在北方寒冷地区,结构由于冻胀而变形,并随季节的循环而反复发生。

洞口附近的覆盖层厚度较薄,结构的变形、移动、沉降即使不大,也可能导致斜坡不稳、拱背产生空洞和漏水增加等,检查时需充分注意。当断面变形时,一般是路面、边沟等处首先发生变化,因此检查时需特别留

意这些地方。判定时可参考表 7 执行。对于隧道净空等的变化,如果其变形呈现加速进行,宜将其判定升高 1 个等级;对于因山体滑移等而导致衬砌移动,应判定为 2A/3A,以采取紧急对策措施。

表 7 基于变形速度的判定标准

结 构	变形速度 v (mm/年)				判定
	$v \geq 10$	$10 > v \geq 3$	$3 > v \geq 1$	$1 > v$	
衬砌	√				3A
		√			2A
			√		1A
				√	B

注:‘√’表示相应情况下宜采取的判定分类,以下同此。

- b. 对衬砌开裂等破损进行判定时,应考虑根据裂缝有无发展情况等因素,可参考表 8-1、表 8-2 执行。表中的裂缝主要以水平方向的裂缝或剪断裂缝为对象,对于横向裂缝,将判定分类相应地降低 1 个等级即可。当宽为 0.3~0.5mm 以上的裂缝,其分布密度大于 200cm/m² 时,可升高 1 个判定等级或者采用判定分类中较高的判定。

表 8-1 当裂缝存在开展时的判定标准

结 构	裂缝宽度 b (mm)		裂缝长度 l (m)		判 定
	$b > 3$	$b \leq 3$	$l > 5$	$l \leq 5$	
衬砌	√		√		2A/3A
	√			√	A/2A
		√	√		1A
		√		√	1A

表 8-2 当无法确定裂缝是否存在开展时的判定标准

结 构	裂缝宽度 b (mm)			裂缝长度 l (m)			判 定
	$b > 5$	$5 \geq b > 3$	$3 \geq b$	$l > 10$	$10 \geq l > 5$	$5 \geq l$	
衬砌	√			√			2A/3A
	√				√		1A/2A
	√					√	1A/2A
		√		√			2A
		√			√		1A/2A
		√				√	1A
			√	√	√	√	B/1A

此外,当裂缝众多时,宜将宽度最大的裂缝作为主要检查对象。

- c. 对于衬砌起层、剥落等破损的判定,可参考表 9 执行。

表 9 衬砌起层、剥落的判定标准

结 构	部 位	掉落的可能性		判 定
		有	无	
衬砌	拱部	√		3A
			√	B
	侧墙	√		2A
			√	B

对于混凝土衬砌的起层、剥落,如果可能落下,在拱部判为 3A,在侧墙判为 2A;对于防水砂浆等材料的掉落,由于剥落层较薄,可降低 1 个判定等级。

- d. 关于突发性坍塌,根据国外资料显示,当拱背存在高 30cm 以上的空洞且有效衬砌厚度小于 30cm 时,空腔落石就可能砸坏衬砌结构,国外曾有过类似事例。因此,发现类似情况时,可按 2A/3A 判定分类。尤其是曾经发生坍方的地方或节理发育、漏水严重的地段,尤其应给予充分的注意。

- 2)对衬砌材质劣化等破损的检查,主要从结构物的功能和行车安全性的角度进行基本判定。因此,以衬砌混凝土的强度要求和混凝土剥落的有无作为判定因素。对于钢筋混凝土结构物等,还应从钢材腐蚀的角度进行附加判定。对于衬砌混凝土的起层、剥落,从确保行车安全的角度看,其判定标准与外荷载作用时的判定标准一致。材质劣化的速度,除火灾等异常情况外,与外荷载作用产生的变化相比,一般比较缓慢,通过采取适当的措施,有可能防止或抑制劣化的发展。判定时可参考表 10、表 11 执行。

衬砌断面强度的变化以有效衬砌厚度和设计衬砌厚度之比来表示。所谓有效厚度,是指混凝土强度不小于设计标准强度的衬砌的厚度,当不了解设计标准强度时,可取 $150\text{kgf}/\text{cm}^2$ 为标准。例如,设计衬砌厚度为 50cm,实际衬砌厚度为 60cm,其中低于设计标准强度的部分厚度为 20cm,有效厚度就为 40cm,则衬砌劣化程度就是 40/50,尚有 2/3 以上部分是符合设计要求的。实际的衬砌有效厚度必须确保 30cm,如小于 30cm 即可考虑判定为 1A/2A 分类,再考虑其他有关因素综合判定。

表 10 衬砌断面强度降低、起层和剥落的判定标准

结 构	主要原因	起层和剥落的 可能性		劣 化 程 度			判 定
		有	无	有效厚度/设计厚度			
				< 1/2	1/2 ~ 2/3	> 2/3	
拱 部	劣化,冻害,设计或施工不当等	√					3A
			√				B
				√			2A
					√		1A
						√	B
侧 墙		√					2A
			√				B
				√			2A
					√		1A
						√	B

表 11 钢材腐蚀的判定标准

结 构	主 要 原 因	腐 蚀 程 度	判 定
衬 砌	盐害、渗漏水、酸(碱)化等	表面或小面积的腐蚀	B
		浅孔蚀或钢筋全周生锈	1A
		钢材断面减小程度明显, 钢结构功能受损	2A

3)从裂缝或施工缝的漏水,一般无需采取紧急措施的居多。当漏水与冻害或盐害以及其他结合,可能会促使衬砌材质劣化、混凝土腐蚀等,对此需引起注意。判定时可参考表 12 执行。

表 12 渗漏水的判定标准

结 构	主 要 异 况	漏 水 程 度				是否影响行车		判 定
		喷射	涌流	滴漏	浸渗	是	否	
拱 部	漏水	√				√		3A
			√			√		2A
				√		√		1A
					√		√	B
	挂冰					√		2A
							√	B

续上表

结 构	主要 异况	漏 水 程 度				是否影响行车		判定
		喷射	涌流	滴漏	浸渗	是	否	
侧墙	漏水	✓				✓		2A
			✓			✓		1A
				✓		✓		1A
					✓		✓	B
	冰柱					✓		2A
							✓	B
路面	砂土 流出					✓		2A/3A
							✓	B
	积水					✓		2A/3A
							✓	B
	结冰					✓		2A/3A
							✓	B

注:此表主要根据漏水是否妨碍车辆行驶进行判定。例如漏水喷出妨碍车辆行驶,就可判定为3A。

漏水范围扩大和漏水量增加可能与拱背岩体松动和降水量增加有关,前者可能由于岩体松动,产生新的水流通路,使漏水范围扩大;后者可能由于降水量增加,渗入地下,使地下水量增大而致。

路面积水不仅影响车辆行驶,积水渗入路基会降低其强度,破坏铺砌部分。在寒冷地区,积水结冰,严重影响行车。因此,应经常保持排水畅通。

5)专项检查的报告形式不作具体规定,根据实际检查内容撰写,但应符合工程技术档案管理的有关要求。

2.4 保养维修

2.4.1 土建结构的保养维修是为了保持结构完好状态,维持其正常使用功能,而进行的经常性或预防性的日常养护工作。

2.4.2 由于我国公路隧道养护工作尚处于探索之中,积累的经验还不够充分,因而需要在养护工作实践中继续研究、总结,不断丰富和完善养护技术规范。

1 洞口段地质一般较差,山体覆盖层较薄,不良地质情况较多,受周围环境的

影响较大,需加强检查和养护。

2.5 病害处治

2.5.1 选定病害处治方法,重要的是要正确把握病害产生的原因。为了找出病害的原因,有必要将有关隧道设计和施工技术资料、地质资料和病害发生至今的过程作综合分析和研究。隧道病害的原因大体分类如下:

- (1)松弛土压(含突发性崩溃);
- (2)偏压;
- (3)地层滑坡;
- (4)膨胀性土压;
- (5)承载力不足;
- (6)静水压;
- (7)冻胀力;
- (8)材质劣化;
- (9)渗漏水;
- (10)衬砌背面空隙;
- (11)衬砌厚度不足;
- (12)无仰拱。

上述病害原因很少单独出现,大部分为几种原因重复出现,设计的欠缺、材料性质和施工不当,常常会引起病害。

在选定病害处治方法时,对表 2.5.1 中各项处治方法要进行综合研究,充分考虑到单项和组合的处治方法,并且应考虑到施工时的交通管理、安全和工期。

2.5.2 衬砌背面空隙主要指在隧道施工时,由于回填不密实或其他原因,在衬砌与围岩之间存在空隙。从隧道内或地表向衬砌背面注浆,试图提高衬砌与围岩的紧密结合形成整体,约束衬砌因外力作用而产生变形。

1 在单向行驶的隧道,当有车线规定时,考虑到车辆通行,钻孔有困难,可采取上下线注浆,其钻孔位置可按图 14 所示布置。

2 注浆设备主要有拌和器和压浆泵,注浆作业的施工如图 15 所示。

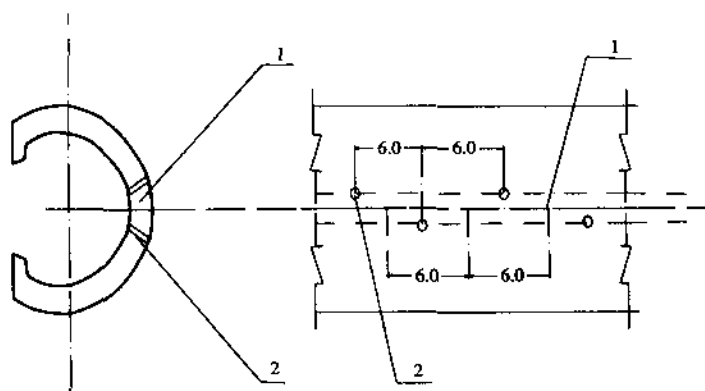


图 14 注浆孔设置
1-确认孔;2-注入孔

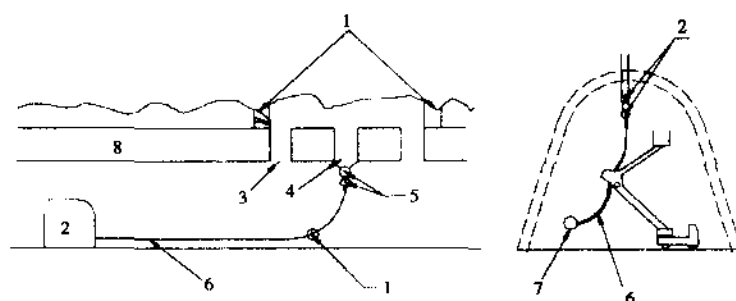


图 15 注浆施工示意图
1-灌浆堵塞;2-设备;3-流出孔;4-压入孔;5-阀;6- $\Phi 50$ 压送管;7-压力机;
8-拱部混凝土

- 3 超声脉冲波传播速度、衰减与介质的种类及密实程度有关,材料越密实,传播速度越快、衰减越小。遇到不同介质界面时,存在反射与折射。当有空洞或裂缝存在时,便破坏了材料的整体性,超声脉冲波只能绕过空洞或裂缝传播到接收换能器,因此传播的路程增大,测得的声波必然偏长或声速降低,衰减也较大。根据这一原理,可判断空洞或裂缝的位置和范围。

2.5.3 衬砌在较小范围内的裂纹、施工缝等由于材料劣化,局部有松动落下的危险,可在衬砌内表面上用锚栓固定防护网,力求防止落下。

防护网必须避免因通行车辆形成的风而掉落,可按每平方米 2 根以上的锚栓固定。

2.5.4 采用喷射混凝土施工,无论干喷或湿喷,拌合料设计必须符合下列要求:必须能向上喷射到指定的厚度、且回弹量少;在速凝剂用量满足可喷性和早期强度的要求下,必须达到设计的 28d 强度;有良好的耐久性;不发生管路堵塞。

1 胶骨比

喷射混凝土的胶骨比,即水泥与骨料之比,通常为 1:4~1:4.5。水泥过少,回弹量大,初期强度增长慢;水泥过多,不仅粉尘量增多使施工条件恶化,而且硬化后的混凝土收缩也增大,对喷射混凝土后期强度的增长也有不利的影响。铁道科学研究院西南研究所的研究结果表明,当水泥用量超过 400kg/m³时,喷射混凝土强度并不随水泥用量增大而提高,见表 13。

表 13 水泥用量对喷射混凝土抗压强度的影响

单位体积混凝土的材料用量(kg/m³)						混凝土抗压强度 (MPa)	表观密度 (kg/m³)
水泥		砂		石			
设计	实测	设计	实测	设计	实测		
380	526	950	883	950	810	31.4	2450
542	689	812	698	812	730	22.6	2370
692	708	692	716	692	644	19.0	2360

2 砂率

砂率,即砂子在整个粗细集料中所占的百分率。砂率对喷射混凝土施工性能及力学性能的影响,见表 14。综合权衡砂率大小所带来的利弊,喷射混凝土拌合料的砂率以 45%~55%为好。

表 14 砂率对喷射混凝土性能的影响

性 能	砂 率		
	< 45%	> 55%	45% ~ 55%
回弹损失	大	较小	较小
管路堵塞	易	不易	不易
湿喷时的可泵性	不好	好	较好
水泥用量	少	多	较少
混凝土强度	高	低	较高
混凝土收缩	较小	大	较小

3 水灰比

水灰比是影响喷射混凝土强度的主要因素。经测定,适宜的水灰比值应为 0.4~0.5。偏离这一范围,不仅降低喷射混凝土强度,同时也要增加回弹损失。

4 速凝剂掺量

由于国内目前生产的速凝剂在不同程度上降低混凝土的最终强度,因此速凝剂的掺量应严格控制,红星一型及 711 型速凝剂的掺量不应大于水泥重量的 4%;782 号速凝剂的掺量不应大于水泥重量的 8%。国内常用速凝剂的种类见表 15。

表 15 常用速凝剂的种类

种 类	主 要 成 分	常用掺量(占水泥重量%)
红星一型	铝氧熟料、碳酸钠、生石灰	2.5 ~ 4
711 型	铝矾土、纯碱、石灰、无水石膏	2.5 ~ 3.5
782 型	铝矾土、矾泥、石灰石、碳酸钠	6 ~ 7
尧山型	铝矾土、土碱、石灰石	3.5

5 配合比

目前,国内常用的配合比可根据表 16 确定。

表 16 喷射混凝土配合比

材料 喷射部位	指 标				配 合 比
	骨胶比	砂石比	砂率(%)	水灰比	水泥:中粗砂:砾石
侧墙	1~4	1:0.8~1	50~55	0.4~0.5	1:2:(2.5~2)
拱部					1:2:(1.5~2)

- 注:(1)可掺速凝剂以减少喷射的回弹量;
 (2)可掺钢纤维以提高强度,28d 抗压强度达 20MPa;
 (3)可掺加气剂、防水密实剂或特种水泥,以抗渗漏;
 (4)抗渗混凝土标号根据水头大小决定,一般用 40 号;
 (5)使用级配砾石比碎石更好,优先选用砾石。

2.5.5 自进式锚杆为锚杆自身带有钻头,可钻眼、注浆一次完成锚杆的安装,自进式锚杆的施工顺序如图 16 所示。

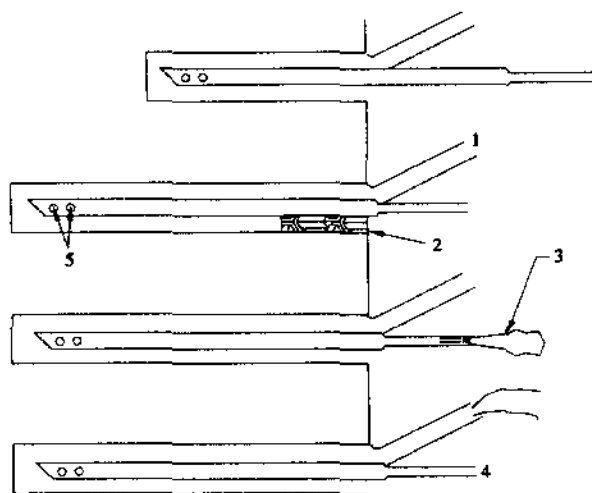


图 16 自进式锚杆施工

1-回流软管;2-密封材料;3-注入;4-回流确认;5-出浆孔

2.5.6 隧道由于漏水产生的病害,应根据围岩的地质条件和水文地质条件进行综合分析判断,采取以排水为主,截、堵、排综合治水的原则进行处治。

- 1 当隧道局部出现涌水时,应采用外置排水管或开槽埋管排水的方法直接将地下水引入隧道边沟。
- 2 止水施工方法是采用堵水措施,抑制地下水沿衬砌裂缝和施工缝渗漏,常用的有开凿 U 型槽注浆止水法和裂纹直接压浆止水法。
- 3 有裂纹的隧道,应在防水板上根据需要设置监视窗,主要目的是为了观测裂纹的发展,并在需要的时候能及时采取处治措施。

2.5.7 套拱的设计应根据围岩压力和建筑限界确定。

2.5.8 高寒地区的隧道,为确保结构物的安全使用,减轻冻害,关键是防止隧道漏水,另外应使用导热系数小的材料设置在衬砌表面,防止热量散失,从而防止冻害的产生。保温绝热材料种类较多,其导热系数较小的材料和制成品见表 17。各种制成品可粘贴在需要部位,受潮后更换,脱落损坏后宜用原装修材料修补、更换。防冻胀法包括保温材料插入法和保温材料表面处理法。

表 17 保温材料及制成品

名 称	特 性	密 度(kg/m^3)	导热系数
蛭石	防火保温吸音	120 ~ 150	0.06 ~ 0.08
膨胀蛭石	防火保温吸音	100 ~ 300	0.04 ~ 0.06
膨胀珍珠岩	防火保温吸音	40 ~ 300	0.021 ~ 0.053
矿渣棉	防火保温吸音	176 ~ 200	0.048 ~ 0.06
浮石	防火保温吸音		
油毛毡	防火保温吸音	120 ~ 150	0.055 ~ 0.065
玻璃棉	保温隔热吸音	100 ~ 120	0.045 ~ 0.05
加气混凝土制品	保温隔热吸音	400 ~ 600	0.125 ~ 0.19
泡沫水泥制品	保温隔热吸音	340 ~ 400	0.066 ~ 0.10
泡沫粉煤灰混凝土	防水吸潮少	750 ~ 850	0.17 ~ 0.20
沥青玻璃棉毡	耐温抗冻	80 ~ 90	0.03 ~ 0.035
水泥膨胀蛭石		300 ~ 1280	0.074 ~ 0.031

注：(1)以上材料的抗压强度和质量(容量)随水泥用量的增加而增加；

(2)水泥膨胀蛭石的配合比：水泥 160 ~ 750kg，蛭石 $0.53 \sim 0.85\text{m}^3$ ；水灰比为 1 ~ 2.2 时，28d 抗压强度为 2 ~ 4.3Pa。

2.5.9 隧道养护中，不但要及时处治主体结构所发生的病害，还应切实注意隧道所处的山体及其附近的保护，缺陷修复，以防止因山体及附近出现问题而引起隧道较大破坏。

隧道附近可能出现的问题有：坡面排水不畅、坑凹积水、山体裂缝、溶洞发展等造成山体失稳滑动。其原因主要有：隧道处在滑坡区或其边缘；隧道处在岩体的断层上或其附近；岩石节理发达、破碎；山体植被破坏、水土流失，坡面积水，溶洞发展等。

根据存在的问题应采取相应的山体保护措施，当隧道附近的山体已出现影响隧道安全的滑动时，应及时采取补救措施，滑坡的治理可根据观测资料进行设计，视具体情况的不同，可采取：保护性填土、保护性挖土、增设锚固桩群等措施，如图 17 所示。

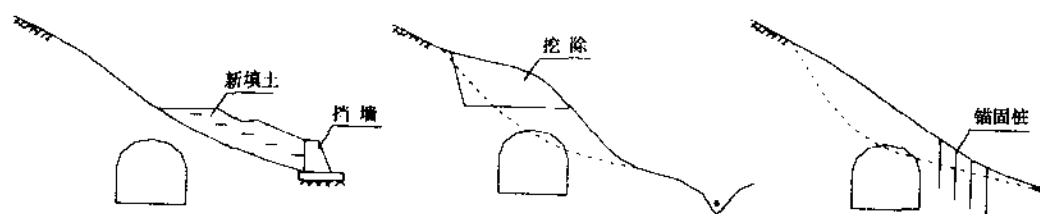


图 17 稳定山体措施示意图

- 2.5.10** 注浆压力是浆液在裂隙中扩散、充填、压实、脱水的动力。注浆压力太低,浆液就不能充填裂缝,扩散范围也有限,注浆质量也差。注浆压力太高,会引起裂隙扩大、岩层移动和抬升,浆液易扩散到预定注浆范围之外,造成浪费。特别在浅埋隧道,会引起地表隆起,因此,合理选择注浆压力,是注浆成败的关键。

为了检查注浆效果,通常是在分析资料的基础上采取钻孔取芯法进行检查。有条件时,还可采用物探等方法进行检查。钻孔取芯法是按设计要求在注浆薄弱地方,钻检查孔,检查浆液扩散、固结情况。

- 2.5.11** 由于地基为膨胀性岩层或承载力不足而引起局部下沉,造成隧道边墙挤出、路面裂纹。

如果下沉不严重,可采取扩大基础提高其承载能力;如果下沉较严重,可采取在路面下加设仰拱。在仰拱施工中应加强交通管理及采取相应的施工安全措施,必要时可封闭交通以便施工。

- 2.5.12** 拱部衬砌更换施工,可按下列顺序进行:

- (1)拆除拱部衬砌;
- (2)增补砂浆锚杆;
- (3)补喷混凝土;
- (4)补齐钢筋网;
- (5)增设防水层;
- (6)设纵横向排水管;
- (7)浇注拱部混凝土;
- (8)浆砌片石充填空洞。

3 机电设施

3.1 一般规定

- 3.1.1** 隧道机电设施以前常被称为附属设施,为了表明这些设施的重要性,本规范称为机电设施。
- 3.1.2** 提出接养单位应参与机电设施的交工和竣工验收,是针对我国近年公路隧道机电设施营运中存在的建设与养护脱节问题而提出的,以避免建设缺陷直接转入养护部门。
- 3.1.3** 机电设施养护周期对不同设备或同一设备不同部位应有不同要求。日常检查主要针对简便易行,同时对行车和设备安全特别重要的项目,养护周期参照上海延东路隧道、重庆中梁山隧道等情况规定。经常性检修、定期检修、分解性检修的周期主要参照《公路养护与管理手册》制订,其中经常性检修、定期检修与日本《公路隧道养护管理便览》、德国《公路排水设施规范及公路隧道工程设施营运规范简编》的规定相似,分解性检修与英国“隧道检测与记录”的规定一致。应急检查则参照英国设计手册中“隧道检测与记录”规定提出。设备运行中期可取长周期,设备运行早晚期可取短周期的规定是根据设备运行中期事故频率较低、设备运行早晚期事故频率较高提出的。
- 3.1.4** 洞内养护作业时的烟雾浓度指标根据《公路隧道通风照明设计规范》的有关规定确定,为了满足这一要求,不宜通过加大通风量的方式进行,而宜将养护作业时间安排在交通量较小的时段进行。
- 3.1.5** 机电设施产品说明书对产品使用、保养有较严格的规定,是养护的重要资料。有关规范是指一般技术规范,包括机电招标文件及相应技术规范等,该规范一般对各种机电设施的主要技术指标均有具体要求。
- 3.1.6** 对高速公路隧道提出采用高空作业车进行洞内空中作业的要求,主要是从养护安全及提高养护效率出发制定的,其他各级公路隧道没有强制要求,主要考虑到各地经济发展不平衡,养护手段差异较大的现实。对专用设备的养护规定参

照北京市公路局养护处八达岭高速公路隧道管理所的规定制定。

3.1.7 规定机电设施养护计划按月制定主要是为了使养护项目便于操作,并与养护考核容易结合。附录 C.0.1 参照日本《公路隧道维护管理便览》和我国国情修改而成。

3.1.8 本条规定对规范养护行为十分重要,过去我国的机电设施养护工作是个薄弱环节。附录 C.0.2 参照日本《公路隧道维护管理便览》和我国国情修改而成。

3.1.9、3.1.10 附录 C.0.3 参照日本《公路隧道维护管理便览》和我国国情修改而成,并与养护考核结合。

3.1.11 本条参照广东珠海市板樟山隧道管理所、广东深圳梧桐山隧道有限公司、广州珠江隧道管理所关于设备完好率考核的有关情况制定。

3.1.12 鉴于 1979 年的日本坂隧道、1999 年法国至意大利的勃朗峰隧道、2001 年瑞士的圣哥达隧道及我国浙江的猫狸岭隧道等火灾的惨痛损失和教训,进行每年不少于一次的救援、防灾实地演习,对检验设施的可靠性,消除隐患是十分必要的。救援计划也应对不同地段的火灾明确相应对策。进行救援、防灾实习演习是对隧道各系统的全面检验,必须得到各系统的密切配合。

3.2 供配电设施

3.2.1 供配电设施主要列出了为隧道用电设施服务的常用供配电及辅助设施。

3.2.2 强调供配电设施养护人员应持有特殊工种上岗证,并配备专门的电工检修工具,是因为高低压电器的维护专业性强,稍有不慎就容易导致伤亡事故并对设施造成危害。

3.2.3 各种较大型的供配电设施都备有较完善的保修规程,是养护工作的重要资料,一般可作为重要的技术档案加以保存。

3.2.4 有特殊要求的隧道是指位置特别重要或对安全有特别要求的隧道。

3.2.5 表 3.2.5 列出的供配电设施经常性检修、定期检修、分解性检修内容及周期主要参照日本道路公团《设施维护合同及要领》的有关内容,并结合我国国情进行了修改,在征求山西太旧高速公路公司、北京市公路局、广东省高速公路公司、

重庆成渝高速公路公司等隧道养护部门意见的基础上确定的,其养护周期均比日本的要求有所放宽。

3.2.6 供电线路养护的内容没有具体列出,主要是供电线路一般由供电部门养护,并有较完善的规定。

3.2.7 强调供配电设施带电养护作业是为了保障作业人员和设备的安全。

3.2.8 供配电设施设备完好率指标采纳了山西太旧高速公路公司的建议,并参照广东珠海板樟山隧道管理所《设备完好率考核制度》的要求制定。有人提出重要设备的完好率应为 100%,编写组讨论认为任何设备的完好率达到 100% 较为困难,出现问题只有通过及时修复和备用设备加以解决。

3.3 照明设施

3.3.1 照明配电及控制箱放入供配电设施,未包含在隧道照明设施中。

3.3.2 坏灯指标是参照珠海板樟山隧道及重庆中梁山、缙云山隧道的经验综合得到,其主要目的是不危及行车安全,该指标应与照明完好率综合考虑。

3.3.3 表 3.3.3 所列照明设施经常性检修、定期检修内容及周期主要在听取山西、北京、辽宁、广东、重庆等地隧道养护部门意见的基础上确定,养护周期的要求放得较宽。不进行照明设施的分解性检修是因为照明设施利用率高,定期检修可以解决其主要问题。

3.3.4 本条所列表格均引用《公路隧道通风照明设计规范》的相关部分。其指标应随该规范的修订而修改。

3.3.5 定期检修后的照度测试是定量评价养护效果的主要指标,过去对这一工作重视不够,以后应加强,所以应配备照度计等检测设备。

3.3.6 高速公路隧道照明设施完好率 95% 是根据深圳梧桐山隧道的指标提出,其他各级公路 90% 的指标则是考虑到一些低等级公路隧道养护水平不高的实际提出的。

3.4 通风设施

- 3.4.1** 通风设施目前主要有轴流风机、射流风机及其配套设施,离心风机暂未使用,但有可能在今后的工程中使用,故也列出,通风启动及控制箱放入供配电设施。
- 3.4.2** 通风设施日常检查的主要目的在于通过易观察和感觉到的现象,及时发现并排除故障。
- 3.4.3** 表 3.4.3 的通风设施的经常性检修、定期检修、分解性检修内容及周期主要参照《公路养护与管理手册》、日本道路公团《设施维护合同及要领》的有关内容,并结合国产及进口风机实际,在征求山西、北京、辽宁、广东、重庆等地隧道养护部门及通风机厂技术人员意见的基础上确定的。
- 3.4.5** 对通风设施量较大的隧道配备风压计、风速计、声级计等测试设备是必要的,而设施量较小的隧道可以委托专门的测试单位进行测试。
- 3.4.6** 通风设施停机检修时,必然影响隧道通风能力,因此必须结合剩余通风力制定交通的组织计划,以保障行车、行人的安全与舒适。
- 3.4.7** 分解性检修一定要有熟悉该设备的养护人员或生产厂技术人员参加。
- 3.4.8** 设备完好率指标是针对该设备在营运中和防灾中的重要性提出的,结合珠海板樟山隧道的经验,选取了达到优等的档次。该条所列表均引自《公路隧道通风照明设计规范》。
- 3.4.9** 通风设施在防灾中有重要作用,因此应定期演习,单向交通排烟风速根据《公路隧道通风照明设计规范》的规定提出。双向交通排烟风速是结合 1999 年欧洲勃朗峰隧道火灾后的经验制订,双向交通条件下火灾时的洞内风速 $\leq 1.5\text{m/s}$,可避免产生混流及对火灾排烟与救援的不利影响。

3.5 消防与救援设施

- 3.5.1** 把消防及其他紧急情况采用的设备归纳为消防与救援设施,以使其内容更加集中、突出。
- 3.5.4** 表 3.5.4 消防与救援设施经常性检修、定期检修内容及周期主要结合我国国

情,在征求山西、北京、辽宁、广东、重庆等地隧道养护部门意见的基础上确定。防灾设施检修期间应有相应的防灾措施的规定,主要针对设备检修时防灾能力下降提出,其具体做法主要是进行必要的交通管制。

- 3.5.5** 防灾设施完好率指标是结合珠海板樟山隧道的经验,按优的养护档次要求,主要强调了防灾的重要性。

3.6 监控设施

- 3.6.1** 监控设施的内容较多,本规范只列出了隧道监控较常用的部分。

- 3.6.3** 表 3.6.3 监控设施经常性检修、定期检修内容及周期主要参照日本道路公团《设施维护合同及要领》的有关内容,并结合我国国情进行了修改,在征求山西、北京、辽宁、广东、重庆等地隧道养护部门意见的基础上确定,养护周期比日本的要求有所放宽。

- 3.6.4** 监控软件的系统维护是指对控制软件进行的全面运行检测,对保障营运安全、经济十分重要。软件维护时应注意软件的修改完善,并保证联动运行功能的实现和软件可靠性各项技术措施的落实。

- 3.6.5** 监控设施设备完好率的要求参照我国的梧桐山隧道、板樟山隧道的经验,按高速公路从严,其他公路隧道酌情掌握制定。

4 其他工程设施

4.1 一般规定

4.1.2 其他工程设施应按相关规定进行养护,主要指国家制定的环保设施养护维修规程和民用房屋修缮工程施工规程所规定的养护维修内容进行养护维修。

4.2 环保设施

4.2.1 雕塑可美化洞口,是隧道的形象特征之一,应该定期清洁和维护。

4.2.2 隧道洞口绿化与植被应与周围环境协调,充分利用野生花草进行覆盖,并适当辅以人工栽植的树木,使洞口与周围自然景色融为一体。当隧道的边仰坡为土质时,一般可以采取网络绿化;对石质边仰坡,可以采用挂网种植绿化。树木与植被要加强抚育管理,做到及时检查、补植、浇水、除草、松土、施肥、修剪和防止病虫害。

4.2.3 隧道内的噪声随交通量的增大而增大,为减少噪声,可在隧道内表面贴上吸音材料。

1 吸音材料:玻璃棉、矿棉、无机纤维材料及其制成的板材。

2 吸音结构:有膜共振吸音、板共振吸音、腔共振吸音。

3 养护维修内容:主要是污染的擦试,如有损坏应及时用原材料修补。

4.2.4 清洗隧道和消防产生的污水,含有大量的有毒有害物质,必须经过污水处理设施处理达标后才能向外排放,避免对隧道周围环境造成污染。因此要求污水处理设施应处于完好的工作状态,如发生损坏或渗漏,要查明原因,找出渗漏部位,及时进行维修。

4.3 房屋设施

4.3.1 为营运服务的生产房屋包括:风机房、配电房、设备检修房、计算机监控房等。

4.3.2 根据房屋不同的防水等级和使用要求,以及屋面渗漏的现象和原因,在修缮前必须查清渗漏水部位,找准漏点。屋面防水层的检查方法,一般多以目视直观查看为主,必要时可采用取样的方法,这种方法通常是在特殊情况下才能采取的,为了避免因破坏防水层而引起更严重的渗漏,一般不宜采用取样方法。

修缮选用的防水材料,除了应用本身材料外,还可以采用其他类型材料复合使用,其耐用年限应考虑防水层剩余的耐用年限。

检查屋面工程修缮后有无渗漏现象,除了雨天观察外,还可采用浇水或蓄水的方法检查,出现渗漏水部位必须重做。

墙体渗漏修缮工程现场查勘应结合墙体结构、材料性能和使用情况综合考虑,查清造成渗漏的原因,制定有效的修缮方案。墙体渗漏修缮后,除应进行冲水检验外,还须经一年的观察,在一年中经冬、夏交融和雨季的考验,最后作出评价。

4.3.4 修换防雷接地装置前,应对接地板进行必要的测试,以确定接地电阻是否符合有关规范的规定,再进行检查和修换。对接地电阻不合格的、而接地体又锈蚀严重无法修复的,应拆除旧接地体再重新安装。如果接线锈蚀一部分但又不严重,采用增补接地极的方法,对开焊断裂的进行修换后,经除锈刷防锈油测试合格后,继续使用。

对防雷网(带),引下线等有开焊变形的应修复。为防止接地装置腐蚀,所有材料宜用镀锌件。为保证焊接质量,圆钢或扁钢之间的连接,应采用搭接焊,其搭接长度:圆钢直径的6倍,应在两面施焊;扁钢宽度的2倍,应在三面施焊。焊缝应平直、不间断、无夹渣、无气泡及没焊透等情况。

防雷与接地装置修换后,应进行测试,实测电阻值应符合查勘设计和有关标准规定。

4.3.5 房屋的防冻保温设施包括:采暖管道、采暖设备(散热器、阀门),这些设施应按《民用房屋修缮工程施工规程》的规定进行养护维修。

5 安全管理

5.0.3 在养护作业时,人员和机械所在位置应较为醒目,以免受过往车辆撞击。

5.0.4 本条中 100m 范围是指以洞门为圆心,水平距离 100m 为半径的圆。

5.0.5 因我国隧道的修建是根据相关公路等级来确定其几何尺寸的,本条的限高、限宽、限载是指应符合交通部颁发的《超限运输管理规定》。为了预防易燃易爆物品因停留、交通事故等发生爆炸和有毒物品的泄漏对隧道造成不利影响,采取引导车引导通过是必要的。

5.0.6 高速公路长、特长隧道及其他公路特长隧道进行防灾实地演习是为了在隧道内发生意外交通事故或火灾事故时作出最快、最适当的反应,以降低意外事故对隧道造成的损失。防灾实地演习的人员可以由管理人员或社会人员组成。有特殊要求的隧道可以设置专门的救援队伍,救援队伍可设置成四班,每班四人,并应配有消防车、吊车、指挥车及足够的干粉灭火器等。

5.0.8 本款所指烟雾还包括 CO_2 、瓦斯等对人体有伤害或易燃的气体。

5.0.9.3 本款所指照明的要求是指要满足施工要求的亮度,同时使施工路段更加醒目,又不能对过往车辆产生眩光,造成安全隐患。

5.0.11 消防预案的内容应包括发生火灾时隧道各管理部门在不同情况下的职责,比如由谁统一指挥,由谁组织义务救援、灭火行动、人员救护,由谁怎样控制和组织交通,由谁通知消防部门,以及在火灾事故发生后的损失记录和原因分析等。各岗位人员在通过消防预案演习后,才能冷静、有效地应对在发生火灾时的复杂情况,从而尽力防止事故的扩大和后续事故的发生,减少火灾事故带来的损失。

5.0.12、5.0.13 当发生交通和其他意外事故时,可参照图 18 执行。

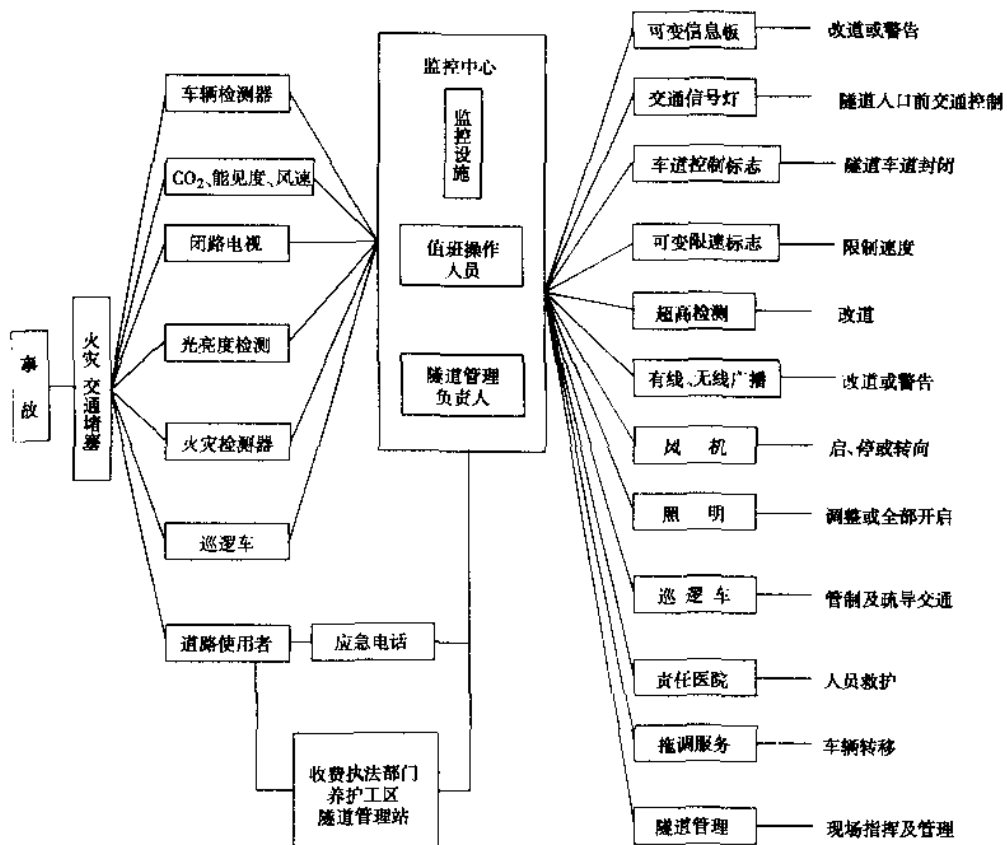


图 18 发生意外事故时的安全管理