

UDC

中华人民共和国行业标准



CJJ/T 289 - 2018

备案号 J 2639 - 2019

P

城市轨道交通隧道结构养护 技术标准

Technical standard for maintenance of tunnel
structures in urban rail transit

2018 - 12 - 18 发布

2019 - 05 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2011年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2011〕17号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 检查；5. 隧道结构健康度评定；6. 隧道结构监测；7. 隧道结构保养与维修；8. 隧道附属结构保养与维修；9. 养护管理。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由同济大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送同济大学（地址：上海市四平路1239号，邮编：200092）。

本标准主编单位：同济大学

广州地铁设计研究院股份有限公司

本标准参编单位：上海申通地铁集团有限公司

上海市隧道工程轨道交通设计研究院

上海同岩土木工程科技股份有限公司

交通运输部公路科学研究院

北京城建设计发展集团股份有限公司

上海市市政工程设计研究总院（集团）有限公司

安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司

武汉广益交通科技股份有限公司

本标准主要起草人员：朱合华 刘学增 史海欧 王如路

王华牢 朱祖熹 周质炎 杨秀仁

	陈修和	翟利华	朱 妍	李家平
	黄宏伟	蔡永昌	丁文其	张冬梅
	李晓军	张 胜	柳 献	冯守中
	师 刚	吴建勋		
本标准主要审查人员：	何 川	龚彦峰	袁大军	刘小刚
	张 帆	刘国平	张雁珍	刘建国
	徐 凌	许敏娟	方恩权	

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	5
4	检查	7
4.1	一般规定	7
4.2	初始检查	7
4.3	日常检查	11
4.4	定期检查	13
4.5	特殊检查	18
4.6	专项检查	21
4.7	处治后复查	22
5	隧道结构健康度评定	23
5.1	一般规定	23
5.2	初始检查健康度评定	23
5.3	日常检查健康度评定	28
5.4	定期检查健康度评定	30
5.5	特殊检查、专项检查和处治后复查健康度评定	37
6	隧道结构监测	39
6.1	一般规定	39
6.2	常规监测	39
6.3	特殊监测	40
6.4	监测频率	41
6.5	预警管理和信息反馈	41
7	隧道结构保养与维修	43
7.1	一般规定	43

7.2	日常保养	43
7.3	明挖法隧道维修	43
7.4	矿山法隧道维修	44
7.5	盾构法隧道维修	46
7.6	沉管法隧道维修	47
8	隧道附属结构保养与维修	48
8.1	一般规定	48
8.2	风井	48
8.3	排水沟	48
8.4	排水泵房	48
8.5	疏散平台	48
9	养护管理	49
9.1	一般规定	49
9.2	养护记录	49
9.3	文档管理	49
附录 A	隧道检查记录表和病害展示图	50
附录 B	隧道保养与维修记录表	55
	本标准用词说明	56
	引用标准名录	57

1 总 则

1.0.1 为规范城市轨道交通隧道结构养护，提高养护管理水平，保障结构安全，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于城市轨道交通隧道结构的养护。

1.0.3 城市轨道交通隧道结构养护除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 城市轨道交通隧道结构 tunnel structures in urban rail transit

保障城市轨道交通列车安全运营和结构体系稳定的主要受力结构，包括明挖法、矿山法、盾构法和沉管法隧道及相关附属结构。

2.0.2 养护 maintenance

对城市轨道交通隧道结构及其附属结构进行的检查、健康度评定、监测、保养与维修作业。

2.0.3 病害 defect/disease

影响隧道结构安全性和耐久性的现象，包括裂缝、剥落剥离、渗漏水、冻害、锈蚀、材料劣化、变形等。

2.0.4 健康度 health index

隧道结构状态的完好程度。

2.0.5 健康度评定 health index evaluation

依据检查结果，采用相应方法对隧道结构健康度实施的分级、判定。

2.0.6 控制保护区 control and protection area

为保护城市轨道交通结构的正常使用和安全，在其结构及周边的特定范围内设置的控制和保护区域。

2.0.7 初始检查 initial inspection

为把握新建或更换后的隧道结构健康度而实施的全面检查。

2.0.8 日常检查 daily inspection

按照规定时间和频次对隧道结构表观状况进行目测为主的检查。

2.0.9 定期检查 periodic inspection

为把握隧道健康度，按照规定时间和频次对隧道结构进行的全面检查，包括常规定期检查和特别定期检查：常规定期检查是为了排查隧道结构病害状况而实施的定期检查，特别定期检查是为了提高隧道结构健康度评定精度而实施的定期检查。

2.0.10 特殊检查 special inspection

隧道控制保护区内施工作业期间、极端或突发事件后对遭受影响的隧道结构实施的详细检查。

2.0.11 专项检查 detailed inspection

依据初始检查、日常检查、定期检查和特殊检查的结果，对于需要进一步查明病害详细情况的隧道结构而进行的检测、分析等工作。

2.0.12 处治后复查 reinspection after treatment

隧道病害处治后，依据日常检查的要求对隧道结构进行的检查。

2.0.13 单项指标法 single index method

依据隧道检查结果，采用单一病害指标进行隧道结构健康度评定，将最严重病害确定的健康度作为隧道结构健康度的方法。

2.0.14 限制使用 restriction

为保证隧道结构运营安全，采取的限制隧道结构附加荷载、减速慢行、暂停运营等措施。

2.0.15 常规监测 routine monitoring

采用仪器量测、现场巡查或远程监控等方法，采集和收集反映运营期隧道结构安全状态、变化特征及其发展趋势的信息，并进行分析、反馈的活动。

2.0.16 特殊监测 special monitoring

针对控制保护区工程活动或运营期隧道结构病害段开展的结构或周边环境的监测。

2.0.17 监测控制值 control value

针对监测项目的监测数据变化量设定的受力或变形的设计允许值的限值。

2.0.18 附属结构 ancillary structures

隧道结构相关的其他土建结构，包括风井、排水沟、排水泵房、疏散平台等。

3 基本规定

3.0.1 城市轨道交通运营期间应定期开展隧道结构的养护。

3.0.2 隧道结构检查应分为初始检查、日常检查、定期检查、特殊检查、专项检查和处治后复查。

3.0.3 隧道结构检查周期应符合表 3.0.3 的规定。

表 3.0.3 隧道结构检查周期

检查类型		实施周期或时间
初始检查		隧道试运营前或结构更换后的 3 个月内
日常检查		(1~3) 次/季度
定期 检查	常规定期检查	(1~2) 次/年
	特别定期检查	(1~2) 次/10 年
特殊 检查	控制保护区内施工作业期间	隧道结构出现异常时
	极端或突发事件：火灾、地震、 洪灾、脱轨、恐怖袭击	事件发生后
专项检查		初始、日常、定期和特殊检查的结果中 存在 4 级或 5 级隧道结构时
处治后复查		处治后不少于 (1~3) 次/月， 病害不再发展时停止处治后复查

3.0.4 隧道结构健康度评定宜采用单项指标法，健康度应按表 3.0.4 分为五级。

表 3.0.4 健康度分级

健康度	评定因素			
	病害程度	病害发展趋势	病害对运营安全的影响	病害对隧道结构安全的影响
1 级	无	无	无影响	无影响

续表 3.0.4

健康度	评定因素			
	病害程度	病害发展趋势	病害对运营安全的影响	病害对隧道结构安全的影响
2级	轻微	趋于稳定	目前尚无影响	目前尚无影响
3级	中等	较慢	将来影响运营安全	将来影响隧道结构安全
4级	较严重	较快	已经影响运营安全	已经影响隧道结构安全
5级	严重	迅速	严重影响运营安全	严重影响隧道结构安全

3.0.5 当病害导致构造物侵入建筑限界时，应将隧道结构健康度评定为5级。

3.0.6 养护措施应根据隧道结构健康度按表 3.0.6 确定。

表 3.0.6 养护措施

健康度	养护措施
1级	正常保养
2级	正常保养，在下次检查中重点关注
3级	按需要实施特殊监测，依据监测结果确定是否采取维修措施
4级	按需要限制使用，尽快采取维修措施，实施特殊监测
5级	立即限制使用，进行维修、更换，实施特殊监测

3.0.7 附属结构应保持完好，并应具有良好使用功能。

3.0.8 养护应填写记录，检查记录表和病害展示图宜按本标准附录 A 执行。

3.0.9 养护作业应保证安全，养护记录应采用数字化管理。

4 检 查

4.1 一 般 规 定

4.1.1 检查范围应包括隧道结构和道床。

4.1.2 检查人员应携带常规检查和记录工具，应配备防护器材和通信器材。

4.2 初 始 检 查

4.2.1 明挖法隧道初始检查的项目、内容和密度应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 明挖法隧道初始检查的项目、内容和密度

检查项目	检查内容	检查密度
主体结构	裂缝、压溃等破损的位置、范围、类型、长度、宽度	全检
	起毛、酥松、起鼓等材料劣化的位置、范围和程度	
	剥落剥离的位置、范围和深度	
	渗漏水的位置、范围、状态、水量、浑浊和冻结状况	
	钢筋锈蚀的位置、范围和程度	
	断面轮廓检查	不少于 1 个断面/100m
施工缝、变形缝	错台的位置、范围和程度	目测明显错台位置
	压溃的位置、范围和程度	全检
	渗漏水的位置、范围、状态、水量、浑浊和冻结状况	
道床	裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水的位置、范围和程度	全检

4.2.2 矿山法隧道初始检查的项目、内容和密度应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 矿山法隧道初始检查的项目、内容和密度

检查项目	检查内容	检查密度
洞口	边（仰）坡滑坡、危石的崩塌征兆和发展趋势	全检
	边坡、碎落台、护坡、护坡道、挡土墙、排水沟的破损的位置、范围和程度	
洞门	墙身裂缝的位置、范围、类型、长度、宽度	全检
	渗漏水的位置、范围、状态、水量、浑浊和冻结状况	
	结构倾斜、沉陷和断裂的范围、变位量、发展趋势	
	墙背填料流失的范围和程度	
衬砌	裂缝、压溃等破损的位置、范围、类型、长度、宽度	全检
	起毛、酥松、起鼓等材料劣化的位置、范围和程度	
	剥落剥离的位置、范围和深度	
	渗漏水的位置、范围、状态、水量、浑浊和冻结状况	
	钢筋锈蚀的位置、范围和程度	
	断面轮廓检查	不少于 1 个断面/100m
施工缝、变形缝	错台的位置、范围和程度	目测明显错台位置
	压溃的位置、范围和程度	全检
	渗漏水的位置、范围、状态、水量、浑浊和冻结状况	
道床	裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水的位置、范围和程度	全检

4.2.3 盾构法隧道初始检查的项目、内容和密度应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 盾构法隧道初始检查的项目、内容和密度

检查项目	检查内容	检查密度
管片	裂缝、压溃等破损的位置、范围、类型、长度、宽度	全检
	起毛、酥松、起鼓等材料劣化的位置、范围和程度	
	剥落剥离的位置、范围和深度	
	渗漏水的位置、范围、状态、水量、浑浊和冻结状况	
	钢筋、螺栓和钢管片锈蚀的位置、范围和程度	
	断面轮廓检查	不少于 1 个断面/50m
管片接缝、变形缝	错台的位置、范围和程度	目测明显错台位置
	压溃的位置、范围和程度	全检
	渗漏水的位置、范围、状态、水量、浑浊和冻结状况	
	接缝止水条的脱落位置和范围	
螺栓孔、注浆孔	填塞物脱落的位置	全检
	渗漏水的位置、状态、水量、浑浊和冻结状况	
道床	裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水的位置、范围和程度	全检

4.2.4 沉管法隧道初始检查的项目、内容和密度应符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 沉管法隧道初始检查的项目、内容和密度

检查项目	检查内容	检查密度
管节	裂缝、压溃等破损的位置、范围、类型、长度、宽度	全检
	起毛、酥松、起鼓等材料劣化的位置、范围和程度	
	剥落剥离的位置、范围和深度	
	渗漏水的位置、范围、状态、水量、浑浊和冻结状况	
	钢筋锈蚀的位置、范围和程度	
	断面轮廓检查	不少于 1 个断面/100m
管节接头	剪力键变形、破损的位置、范围和程度	全检
	OMEGA 止水带破损的位置、范围和程度；压条锈蚀程度	
	渗漏水的位置、范围、状态、水量、浑浊和冻结状况	
施工缝	错台的位置、范围和程度	目测明显错台位置
	压溃的位置、范围和程度	全检
	渗漏水的位置、范围、状态、水量、浑浊和冻结状况	
道床	裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水的位置、范围和程度	全检

4.2.5 初始检查宜采用隧道检测设备，同时应采用锤击方法进行检查。

4.2.6 初始检查与竣工验收相同的检查内容宜采用竣工验收结果。

4.2.7 初始检查应填写初始检查记录表，并应对隧道结构健康度进行评定，初始检查记录表应作为隧道运营期养护管理的原始资料。

4.2.8 初始检查完成后，应形成初始检查报告，检查报告应包

括下列内容：

- 1 初始检查记录表、隧道病害展示图和检查记录资料；
- 2 统计分析病害类型、分布位置、严重程度，评定健康度；
- 3 需要实施专项检查的建议；
- 4 需要采取保养维修措施的建议。

4.3 日常检查

4.3.1 在雨季或冰冻季节，日常检查应增加检查频次。

4.3.2 明挖法隧道日常检查的项目、内容和密度应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 明挖法隧道日常检查的项目、内容和密度

检查项目	检查内容	检查密度
主体结构	裂缝、压溃等破损	全检
	起毛、酥松、起鼓等材料劣化	
	剥落剥离	
	渗漏水	
	钢筋锈蚀	
施工缝、变形缝	错台	存在病害的施工缝、变形缝
	压溃	全检
	渗漏水	
道床	裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水	全检

4.3.3 矿山法隧道日常检查的项目、内容和密度应符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 矿山法隧道日常检查的项目、内容和密度

检查项目	检查内容	检查密度
洞口	边（仰）坡滑坡、危石	全检
	边沟、护坡、挡土墙、排水沟等构造物的破损	

续表 4.3.3

检查项目	检查内容	检查密度
洞门	墙身裂缝	全检
	渗漏水	
	结构倾斜、沉陷和断裂	
	墙背填料流失	
衬砌	裂缝、压溃等破损	全检
	起毛、酥松、起鼓等材料劣化	
	剥落剥离	
	渗漏水	
	钢筋锈蚀	
施工缝、 变形缝	错台	存在病害的施工缝、变形缝
	压溃	全检
	渗漏水	
道床	裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水	全检

4.3.4 盾构法隧道日常检查的项目、内容和密度应符合表 4.3.4 的规定。

表 4.3.4 盾构法隧道日常检查的项目、内容和密度

检查项目	检查内容	检查密度
管片	裂缝、压溃等破损	全检
	起毛、酥松、起鼓等材料劣化	
	剥落剥离	
	渗漏水	
	钢筋、螺栓和钢管片的锈蚀	
管片接 缝、变 形缝	错台	存在病害的接缝、变形缝
	压溃	全检
	渗漏水	
	接缝止水条脱落	

续表 4.3.4

检查项目	检查内容	检查密度
螺栓孔、 注浆孔	填塞物脱落	全检
	渗漏水	
道床	裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水	全检

4.3.5 沉管法隧道日常检查的项目、内容和密度应符合表 4.3.5 的规定。

表 4.3.5 沉管法隧道日常检查的项目、内容和密度

检查项目	检查内容	检查密度
管节	裂缝、压溃等破损	全检
	起毛、酥松、起鼓等材料劣化	
	剥落剥离	
	渗漏水	
	钢筋锈蚀	
管节接头	剪力键变形、破损	全检
	OMEGA 止水带完整性	
	渗漏水	
施工缝	错台	存在病害的施工缝
	压溃	全检
	渗漏水	
道床	裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水	全检

4.3.6 日常检查宜采用目测和常规检查工具进行。

4.3.7 日常检查应填写日常检查记录表，并应对隧道结构健康度进行评定。

4.4 定期检查

4.4.1 常规定期检查宜在春季或秋季进行。

4.4.2 常规定期检查的项目、内容、密度和方法应符合本标准

第 4.2 节中初始检查的规定，首次常规定期检查应在初始检查 1 年后开展。

4.4.3 常规定期检查应填写常规定期检查记录表，并应对隧道结构健康度进行评定。

4.4.4 常规定期检查完成后，应形成常规定期检查报告，检查报告内容应符合本标准第 4.2.8 条的规定。

4.4.5 特别定期检查的项目、内容和密度应符合表 4.4.5 的规定。

表 4.4.5 特别定期检查的项目、内容和密度

类型	检查项目	检查内容	检查密度	
明挖法	主体结构	裂缝、压溃等破损位置、范围、类型、长度、宽度、深度 Δ 和发展趋势 Δ	全检	
		起毛、酥松、起鼓等材料劣化的位置、范围和程度		
		剥落剥离的位置、范围和深度		
		渗漏水的位置、湿渍面积、pH 值*、水量、浑浊和冻结状况		
		钢筋锈蚀位置、范围和程度		
		结构厚度 Δ		全检，3 条测线
		混凝土强度 Δ		不少于 3 处/区间
		混凝土碳化深度 Δ		不少于 3 处/区间
		钢筋保护层厚度 Δ		全检，3 条测线
		断面轮廓检查		不少于 1 个断面/100m
	施工缝、变形缝	错台位置、范围和程度	存在病害的施工缝、变形缝	
		压溃位置、范围和程度	全检	
		渗漏水的位置、范围、pH 值*、状态、水量、浑浊和冻结状况	全检	
	道床	裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水的位置、范围和程度		

续表 4.4.5

类型	检查项目	检查内容	检查密度	
矿山法	洞口	边（仰）坡滑坡、危石崩塌征兆和发展趋势	全检	
		边坡、碎落台、护坡、护坡道、挡土墙、排水沟的破损的位置、范围和程度		
	洞门	墙身裂缝的位置、范围、类型、长度、宽度		
		渗漏水的位置、范围、状态、水量、浑浊和冻结状况		
		结构倾斜、沉陷和断裂的范围、变位量、发展趋势		
		墙背填料流失范围和程度		
	衬砌	裂缝、压溃等破损位置、范围、类型、长度、宽度、深度 [△] 和发展趋势 [△]		
		起毛、酥松、起鼓等材料劣化的位置、范围和程度		
		剥落剥离的位置、范围和深度		
		渗漏水的位置、湿渍面积、pH值*、水量、浑浊和冻结状况		
		钢筋锈蚀的位置、范围和程度		
		衬砌厚度和背后空洞 [△]		全检，3条测线
		混凝土强度 [△]		不少于3处/区间
		混凝土碳化深度 [△]		不少于3处/区间
		钢筋保护层厚度 [△]		全检，3条测线
断面轮廓检查		不少于1个断面/100m		

续表 4.4.5

类型	检查项目	检查内容	检查密度	
矿山法	施工缝、变形缝	错台位置、范围和程度	存在病害的施工缝、变形缝	
		压溃位置、范围和程度	全检	
		渗漏水的位置、范围、pH 值*、状态、水量、浑浊和冻结状况	全检	
	道床	裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水的位置、范围和程度		
盾构法	管片	裂缝、压溃等管片破损位置、范围、类型、长度、宽度、深度 Δ 和发展趋势 Δ	全检	
		起毛、酥松、起鼓等材料劣化的位置、范围和程度		
		剥落剥离的位置、范围和深度		
		渗漏水的位置、湿渍面积、pH 值*、水量、浑浊和冻结状况		
		钢筋、螺栓和钢管片锈蚀的位置、范围和程度		
		管片强度 Δ		不少于 3 处/区间
		背后空洞 Δ		全检, 3 条测线
		混凝土碳化深度 Δ		不少于 3 处/区间
	断面轮廓检查	不少于 1 个断面/50m		
	管片接缝、变形缝	错台的位置、范围和程度	存在病害的接缝、变形缝	
		压溃的位置、范围和程度	全检	
		渗漏水的位置、范围、pH 值*、状态、水量、浑浊和冻结状况		
		接缝止水条脱落位置和范围		
	螺栓孔、注浆孔	堵塞物脱落的位置		
	螺栓孔、注浆孔	渗漏水的位置、pH 值*、状态、水量、浑浊和冻结状况	全检	
道床		裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水位置、范围和程度		

续表 4.4.5

类型	检查项目	检查内容	检查密度	
沉管法	管节	裂缝、压溃等破损的位置、范围、类型、长度、宽度、深度 Δ 和发展情况 Δ	全检	
		起毛、酥松、起鼓等材料劣化的位置、范围和程度		
		剥落剥离的位置、范围和程度		
		渗漏水的位置、湿渍面积、pH值*、水量、浑浊与冻结状况		
		钢筋锈蚀的位置、范围和程度		
		混凝土强度 Δ		不少于3处/区间
		混凝土碳化深度 Δ		不少于3处/区间
		断面轮廓检查		不少于1个断面/100m
	管节接头	剪力键变形、破损的位置、范围和程度	全检	
		OMEGA止水带破损的位置、范围和程度；压条锈蚀程度		
		渗漏水的位置、范围、pH值*、状态、水量、浑浊与冻结状况		
	施工缝	错台的位置、范围和程度	存在病害的施工缝	
		压溃的位置、范围和程度	全检	
		渗漏水的位置、范围、pH值*、状态、水量、浑浊和冻结状况		
道床	裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水的位置范围和程度			

注：带“*”的内容为选测内容；带“ Δ ”的内容为特别定期检查相对常规定期检查增加内容。

4.4.6 特别定期检查应按初始检查、日常检查和常规定期检查结

果进行抽检，抽检隧道区间数量不应少于隧道区间总数的50%。

4.4.7 特别定期检查应填写特别定期检查记录表，并应对隧道结构健康度进行评定。

4.4.8 特别定期检查完成后，应形成特别定期检查报告，检查报告应包括下列内容：

- 1 隧道以往资料分析和周边环境状况描述；
- 2 检查的组织实施过程、时间节点和工作内容；
- 3 检查中采用的检查设备、方法、依据；
- 4 特别定期检查记录表、隧道病害展示图和检查记录资料；
- 5 统计分析病害类型、分布位置、严重程度，评定健康度；
- 6 需要采取保养维修措施的建议。

4.5 特殊检查

4.5.1 特殊检查在不同检查情况下的项目、内容和密度宜符合表 4.5.1 的规定。

表 4.5.1 特殊检查在不同检查情况下的项目、内容和密度

检查情况分类	检查项目	检查内容	检查密度
火灾	资料调查	火灾温度	—
		火灾持续时间	
	洞内检查	裂缝、龟裂、爆裂、掉块的位置、范围和程度	火灾影响范围：全检
		混凝土碳化深度* 和损伤厚度	火灾影响范围：不少于 1 处/5m
		断面轮廓变形的的位置、范围和程度	火灾影响范围：不少于 1 个断面/5m
		衬砌背后空洞的位置、范围和程度	火灾影响范围：不少于 5 条测线
		螺栓脱帽松动	火灾影响范围：全检
		OMEGA 止水带破损程度	
钢筋劣化的位置、范围和程度			

续表 4.5.1

检查情况分类	检查项目	检查内容	检查密度	
地震	资料调查	滑坡、垮塌等不良地质	—	
		节理、断层等地层构造		
		烈度、震源、震级等地震信息		
	洞内、外检查	边（仰）坡滑塌破坏	全检	
		裂缝、压溃、错台、掉块等破损的位置、范围和程度		
		渗漏水的位置、湿渍面积、pH 值*、水量、浑浊和冻结状况		
		断面轮廓变形的的位置、范围和程度		存在病害的区段，不少于 1 个断面/10m
		衬砌背后空洞的位置、范围和程度		全检，不少于 3 条测线
	道床裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水的位置、范围和程度	全检		
	螺栓脱帽松动			
洪灾	资料调查	降水量	—	
		受灾历史		
	洞内检查	裂缝的位置、范围、类型、长度和宽度	洪灾影响范围：全检	
		渗漏水的位置、湿渍面积、pH 值*、水量、浑浊和冻结状况		
	断面轮廓变形的的位置、范围和程度	洪灾影响范围：不少于 1 个断面/5m		
脱轨	洞内检查	擦痕的位置、范围和程度	脱轨影响范围：全检	
		掉块的位置、范围和程度		
		断面轮廓变形的的位置、范围和程度	脱轨影响范围：不少于 1 个断面/5m	
		螺栓脱帽松动	脱轨影响范围：全检	

续表 4.5.1

检查情况分类	检查项目	检查内容	检查密度
其他异常情况 (恐怖袭击)	洞内检查	裂缝的位置、范围、类型、长度和宽度	异常情况影响范围： 全检
		压溃的位置、范围和程度	
		剥落剥离的位置、范围和深度	
		渗漏水的位置、湿渍面积、pH 值*、水量、浑浊和冻结状况	
控制保护区内 施工期间	资料调查	历史病害资料	—
		运营期监测数据	
		控制保护区内施工及与隧道之间的相互关系	
	洞内检查	裂缝的位置、范围、类型、长度和宽度	施工影响区段：全检
		压溃的位置、范围和程度	
		剥落剥离的位置、范围和深度	
		渗漏水的位置、湿渍面积、pH 值*、水量、浑浊和冻结状况	
		道床裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水的位置、范围和程度	
		断面轮廓变形的位罝、范围和程度	施工影响区段：不少于 1 个断面/5m

注：带“*”的内容为选测内容。

4.5.2 特殊检查应填写特殊检查记录表，并应对隧道结构健康度进行评定。

4.5.3 特殊检查完成后，应形成特殊检查报告，检查报告应包括下列内容：

- 1 资料调研情况和现场记录资料；

- 2 检查部位结构受损原因和影响程度的分析，评定健康度；
- 3 需要采取维修措施的建议。

4.6 专项检查

4.6.1 专项检查范围应包括病害所在区段及前后不少于 30m 范围内的隧道结构。

4.6.2 专项检查前应进行资料调查，资料调查宜符合表 4.6.2 的规定。

表 4.6.2 资料调查

分类	调查项目	依据资料
隧道信息	线路名，里程桩号	设计资料 竣工资料 监测资料 检查记录 灾害记录 养护记录
	建设年份	
	设计、施工、监理单位	
	隧道长度	
	纵坡，平纵曲率半径	
隧道结构	断面形状、尺寸	
	结构厚度	
	结构强度	
	配筋（螺栓）	
	结构形式	
隧道历史	使用历史	
	灾害历史	
	维修、加固历史	
隧道环境	气象条件	地质勘察资料* 巡查报告
	水文、工程地质条件	
	隧道周边作业活动	

注：带“*”的资料为可选资料。

4.6.3 专项检查的项目、内容、密度和方法应符合本标准第 4.4 节中特别定期检查的规定，其中断面轮廓检查密度不应少于

1 个断面/10m。

4.6.4 专项检查应填写专项检查记录表，并应对隧道结构健康度进行评定。

4.6.5 专项检查完成后，应形成专项检查报告，检查报告应符合本标准第 4.4.8 条的规定。

4.7 处治后复查

4.7.1 当隧道采取维修、更换措施后，应进行处治后复查。

4.7.2 处治后复查的项目、内容、密度和方法宜符合本标准第 4.3 节日常检查的规定。

5 隧道结构健康度评定

5.1 一般规定

5.1.1 隧道结构健康度应根据检查结果进行评定。

5.1.2 隧道结构健康度应以隧道单个区间为基本单位评定。

5.2 初始检查健康度评定

5.2.1 明挖法隧道初始检查结构健康度评定标准应按表 5.2.1 执行。

表 5.2.1 明挖法隧道初始检查结构健康度评定标准

项目		评定标准				
		健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
主体结构	破损	无	表层存在轻微开裂，以干缩、温缩裂缝为主或有少量轻微的环向裂缝	裂缝以环向裂缝为主，存在少量纵向裂缝或斜裂缝	局部存在纵向裂缝或斜裂缝，因裂缝或压溃混凝土存在掉块的可能性	裂缝发育密集，出现多处纵向裂缝或斜裂缝，因裂缝或压溃已出现掉块
	材料劣化	无	材料劣化引起少量轻微的起毛、酥松	材料劣化导致混凝土表层多处出现起毛、酥松	材料劣化导致混凝土酥松、起鼓，存在掉块的可能性	材料劣化导致混凝土起鼓，并出现掉块
	剥落剥离	无	表层出现少量轻微的剥离	表层出现剥离，敲击有空响，尚未出现剥落掉块	表层出现大面积剥离，混凝土存在剥落掉块的可能性	表层多处出现大面积的剥离，并多处剥落，混凝土掉块侵入建筑限界

续表 5.2.1

项目		评定标准				
		健康度 1级	健康度 2级	健康度 3级	健康度 4级	健康度 5级
主体结构	渗漏水	无	轻微渗漏水, 表现为湿渍	渗漏点较稀疏, 渗漏水量较小, 以湿渍和浸渗为主; 洞内积水较少; 顶板以外位置出现挂冰	渗漏水类型以滴漏为主, 局部存在线漏、涌流; 洞内已出现积水; 顶板出现少量挂冰	渗漏点密集, 以线漏、涌流为主, 伴有漏泥沙; 洞内积水严重; 顶板出现明显的挂冰
	钢筋锈蚀	无	混凝土表层出现轻微锈迹	构造筋存在局部锈蚀或因保护层过薄而出现外露	钢筋混凝土沿主筋出现严重的纵向裂缝, 保护层起鼓, 敲击有空响, 主筋出现锈蚀	钢筋混凝土主筋严重锈蚀, 混凝土表层已因锈蚀出现掉块并出现钢筋外露
施工缝、变形缝		无	个别接缝位置存在轻微的压溃、错台、湿渍, 对结构无影响	压溃、错台分布稀疏, 持续发展可能出现掉块; 渗漏水水量较小, 水质清澈, 以浸渗、滴漏为主	多处接缝存在压溃、错台, 局部已出现混凝土掉块、明显错台; 局部存在线漏、涌流或漏泥沙; 顶板出现少量挂冰	接缝存在严重的压溃、错台, 多处出现混凝土掉块, 已影响建筑限界; 渗漏水严重, 以线漏、涌流为主, 伴有漏泥沙; 顶板出现明显的挂冰

续表 5.2.1

项目	评定标准				
	健康度 1级	健康度 2级	健康度 3级	健康度 4级	健康度 5级
道床	无	道床两侧边缘出现轻微的裂缝、变形和湿渍	道床局部存在破损、变形，道床和主体结构之间局部出现破损、脱空和浸渗	道床多处存在破损、变形，道床和主体结构之间多处出现脱空，存在涌流，影响轨道的稳定性	整体道床出现严重破损、变形，出现环向裂缝，道床和主体结构间产生严重脱空，涌流并伴有漏泥沙，已导致轨道无法满足正常运营要求
病害发展性	无	趋于稳定	较慢发展	较快发展	迅速发展

5.2.2 矿山法隧道初始检查洞口、洞门结构健康度评定标准应按表 5.2.2 执行，主体结构（衬砌）、施工缝、变形缝、道床结构健康度评定标准应按本标准第 5.2.1 条执行。

表 5.2.2 矿山法隧道初始检查洞口、洞门结构健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1级	健康度 2级	健康度 3级	健康度 4级	健康度 5级
洞口	无	边（仰）坡、挡土墙、护坡等有轻微裂缝产生；边沟、排水沟存在轻微破坏	边（仰）坡裂缝发育，存在滑坡、崩塌的初步迹象；挡土墙、护坡等产生开裂、变形，土石零星掉落；边沟、排水沟存在一定裂损、阻塞	边（仰）坡严重开裂；挡土墙、护坡产生严重开裂、明显的永久变形，墙角或坡面有土石堆积；边沟、排水沟完全堵塞、破坏，排水功能失效	边（仰）坡有明显而严重的滑动、崩塌现象；挡土墙、护坡断裂、外倾失稳、部分倒塌

续表 5.2.2

项目	评定标准				
	健康度 1级	健康度 2级	健康度 3级	健康度 4级	健康度 5级
洞门	无	洞门结构表层开裂、起层；墙身存在湿渍	洞门下部结构开裂、起层，并存在剥落剥离；墙身存在浸渗、滴漏；墙背填料存在流失	墙身结构严重开裂、错台；边墙起层、剥落，混凝土块可能掉落；钢筋外漏、锈蚀；墙背填料存在大量流失，墙身有明显倾斜、沉陷或错台趋势；壁面线漏或挂冰	洞门结构大范围开裂、砌体断裂、混凝土块已有掉落；墙身出现部分倾倒、倒塌；存在涌流或大面积挂冰等

5.2.3 盾构法隧道初始检查结构健康度评定标准应按表 5.2.3 执行，道床结构健康度评定标准应按本标准第 5.2.1 条执行。

表 5.2.3 盾构法隧道初始检查结构健康度评定标准

项目	评定标准					
	健康度 1级	健康度 2级	健康度 3级	健康度 4级	健康度 5级	
管片	破损	无	表层存在轻微开裂，存在少量轻微的环向裂缝	裂缝以环向裂缝为主，存在少量纵向裂缝或斜裂缝	局部存在纵向裂缝或斜裂缝，因裂缝或压溃混凝土存在掉块的可能性	裂缝发育密集，出现多处纵向裂缝或斜裂缝，因裂缝或压溃已出现掉块
	材料劣化	无	材料劣化引起少量轻微的起毛、酥松	材料劣化导致混凝土表层多处出现起毛、酥松	材料劣化导致混凝土酥松、起鼓，存在掉块的可能性	材料劣化导致混凝土起鼓，并出现掉块

续表 5.2.3

项目		评定标准				
		健康度 1级	健康度 2级	健康度 3级	健康度 4级	健康度 5级
管 片	剥落 剥离	无	表层出现少量轻微的剥离	表层出现剥离, 敲击有空响, 尚未出现剥落掉块	表层出现大面积剥离, 管片存在剥落掉块的可能性	表层多处出现大面积的剥离, 并多处剥落, 混凝土掉块侵入建筑限界
	渗漏水	无	轻微渗漏水, 表现为湿渍	渗漏点较稀疏, 渗漏水量较小, 以湿渍和浸渗为主; 洞内积水较少; 封顶块以外位置出现挂冰	渗漏水类型以滴漏为主, 局部存在线漏、涌流; 洞内已出现积水; 封顶块出现少量挂冰	渗漏点密集, 以线漏、涌流为主, 伴有漏泥沙; 洞内积水严重; 封顶块出现明显的挂冰
	锈蚀	无	混凝土表层出现轻微的锈迹; 螺栓表层存在锈迹; 钢管片表层出现轻微锈迹	构造筋存在局部锈蚀或因保护层过薄而出现外露; 螺栓浅层锈蚀; 钢管片表层多处出现锈蚀	钢筋混凝土沿主筋出现严重的纵向裂缝, 保护层起鼓, 敲击有空响, 主筋出现锈蚀; 螺栓因锈蚀部分截面减少; 钢管片表层存在少量点蚀	钢筋混凝土主筋严重锈蚀, 混凝土表层已因锈蚀出现掉块并出现钢筋外露; 螺栓锈蚀全周截面明显减少, 螺栓帽锈蚀脱落; 钢管片表层普遍存在点蚀
管片接缝、变形缝	无	个别接缝位置或变形缝存在轻微的压溃、错台、湿渍, 对结构无影响	压溃、错台分布稀疏, 持续发展可能出现掉块现象; 因接缝张开、止水条松动出现渗漏水, 水质清澈, 以浸渗、滴漏为主	多处存在压溃、错台, 局部已出现混凝土掉块、明显错台; 局部接缝张开、止水条脱落出现线漏、涌流或漏泥沙; 顶部出现少量挂冰	出现严重的压溃、错台, 多处出现混凝土掉块, 已影响建筑限界; 渗漏水严重, 以线漏、涌流为主, 伴有漏泥沙; 顶部出现明显的挂冰	

续表 5.2.3

项目	评定标准				
	健康度 1级	健康度 2级	健康度 3级	健康度 4级	健康度 5级
螺栓孔、 注浆孔	无	填塞物存在轻微的脱落、孔位附近存在湿渍	局部孔位填塞物存在脱落、浸渗、滴漏	多处孔位填塞物存在脱落、滴漏、线漏；出现少量挂冰	孔位填塞物均存在连续的脱落、涌流或伴有漏泥沙；封顶块或邻接块孔位出现明显的挂冰
病害 发展性	无	趋于稳定	较慢发展	较快发展	迅速发展

5.2.4 沉管法隧道初始检查管节接头结构健康度评定标准应按表 5.2.4 执行，主体结构（管节）、施工缝、道床结构健康度评定标准应按本标准第 5.2.1 条执行。

表 5.2.4 沉管法隧道初始检查管节接头结构健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1级	健康度 2级	健康度 3级	健康度 4级	健康度 5级
管节 接头	无	剪力键轻微变形、破损；OMEGA 止水带出现轻微变形	剪力键局部变形、破损，结构物功能可能受到损害；OMEGA 止水带局部出现变形或湿渍	剪力键有破损现象，结构物功能受到一定损害；OMEGA 止水带出现多处变形、浸渗、滴漏	剪力键存在严重的错位或破损；OMEGA 止水带破损或严重变形，出现线漏、涌流

5.3 日常检查健康度评定

5.3.1 日常检查隧道结构健康度评定标准应按表 5.3.1 执行。

表 5.3.1 日常检查隧道结构健康度评定标准

项目		评定标准		
		健康度 1 级	健康度 2 级或 3 级	健康度 4 级或 5 级
洞口		无	岩土体存在开裂, 构造物轻微破损	边(仰)坡存在塌落、落石, 构造物结构破损严重, 丧失使用功能
洞门		无	裂缝、湿渍、浸渗、滴漏、剥落剥离	倾斜、沉陷、错台, 背后填料流失, 墙身存在线漏、涌流、挂冰、掉块
隧道结构	破损	无	轻微开裂, 裂缝以环向裂缝为主	纵向或斜向裂缝, 结构因开裂、压溃出现剥落掉块
	材料劣化	无	起毛、酥松、起鼓	剥落掉块
	剥落剥离	无	轻微剥离、敲击有空响	剥落掉块
	渗漏水	无	湿渍、浸渗、滴漏	线漏、涌流、漏泥沙、挂冰
	锈蚀	无	表层锈迹、浅层锈蚀	钢筋(螺栓)锈蚀有效截面减少, 表层混凝土胀裂, 螺栓帽锈蚀脱落; 钢管片表层普遍存在点蚀
施工缝(管片接缝)、变形缝		无	轻微错台、压溃、湿渍、浸渗、滴漏	严重错台、压溃, 出现破损、剥落, 变形导致止水带脱落、防水失效, 出现线漏、涌流、漏泥沙、挂冰
螺栓孔、注浆孔		无	局部脱落、湿渍、浸渗、滴漏	孔位填塞物多处存在脱落并伴有线漏、涌流、漏泥沙、挂冰

续表 5.3.1

项目	评定标准		
	健康度 1 级	健康度 2 级或 3 级	健康度 4 级或 5 级
管节接头	无	局部变形、破损、湿渍	剪力键存在严重的错台或破损；OMEGA 止水带严重变形或破损，并存在浸渗、滴漏、线漏、涌流
道床	无	破损、脱空、湿渍、浸渗	严重脱空、破损、涌流、漏泥沙，并导致轨道出现异常变形和损坏
病害发展性	无	缓慢发展	较快或迅速发展

5.3.2 当日常检查评定结果为健康度 2 级或 3 级时，应在后续日常检查中重点检查；评定结果为健康度 4 级或 5 级时，应进行专项检查。

5.4 定期检查健康度评定

5.4.1 常规定期检查隧道结构健康度评定应按本标准第 5.2 节初始检查的健康度评定标准执行。

5.4.2 明挖法和矿山法隧道特别定期检查结构健康度评定标准应按表 5.4.2-1~表 5.4.2-11 执行，矿山法隧道特别定期检查洞口、洞门结构健康度评定标准应按本标准第 5.2.2 条执行。

表 5.4.2-1 基于裂缝的健康度评定标准

	裂缝宽度 b (mm)		裂缝长度 l (m)		健康度
	$b > 3$	$b \leq 3$	$l > 5$	$l \leq 5$	
当裂缝发展时	✓		✓		4 级或 5 级
	✓			✓	3 级或 4 级
		✓	✓		3 级
		✓		✓	3 级

续表 5.4.2-1

	裂缝宽度 b (mm)			裂缝长度 l (m)			健康度
	$b > 5$	$5 \geq b > 3$	$b \leq 3$	$l > 10$	$10 \geq l > 5$	$l \leq 5$	
当无法确定裂缝是否存在发展时	✓			✓			4级或5级
	✓				✓		3级或4级
	✓					✓	3级或4级
		✓		✓			4级
		✓			✓		3级或4级
		✓				✓	3级
			✓	✓	✓	✓	2级或3级

表 5.4.2-2 基于压溃、剥落剥离的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1级	健康度 2级	健康度 3级	健康度 4级	健康度 5级
压溃、剥落剥离	无	压溃范围很小，剥落剥离区域直径小于50mm	压溃范围小于 1m^2 ，剥落块体厚度小于3cm，剥落剥离区域直径50mm~75mm	压溃范围为 $1\text{m}^2 \sim 3\text{m}^2$ 、剥落剥离区域直径75mm~150mm，或有可能掉块	压溃范围大于 3m^2 或衬砌掉块最大厚度大于衬砌厚度的 $1/4$ ，剥落剥离区域直径大于150mm，危及行车安全

表 5.4.2-3 基于材料劣化的健康度评定标准

部位	起层和剥落的可能性		劣化程度 (有效厚度/设计厚度)			健康度
	有	无	$< 1/2$	$1/2 \sim 2/3$	$> 2/3$	
拱部	✓					5级
		✓				2级
			✓			4级
				✓		3级
					✓	2级

续表 5.4.2-3

部位	起层和剥落的可能性		劣化程度 (有效厚度/设计厚度)			健康度
	有	无	<1/2	1/2~2/3	>2/3	
侧墙	√					4级
		√				2级
			√			4级
				√		3级
					√	2级

表 5.4.2-4 基于渗漏水健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1级	健康度 2级	健康度 3级	健康度 4级	健康度 5级
渗漏水	无	渗漏水使得道床状态恶化, 钢轨腐蚀, 养护周期缩短, 继续发展将会升至3级	隧道湿渍、渗水及排水不良引起洞内局部道床积水	隧底涌流、拱部滴漏, 严寒地区边墙涌流、漏泥沙, 道床下沉, 不能保持轨道几何尺寸, 影响正常运行	水(沙)突然涌入隧道, 淹没钢轨, 危及行车安全; 拱部线漏、涌流或直接传至接触网
冻害	无	冻融使线路的养护周期缩短	① 冻害致使洞内排水设施破坏; ② 冻融使道床漏泥、轨道几何状态恶化; ③ 冻害造成衬砌变形、开裂, 但未形成纵横交错裂缝	冰楔和围岩冻胀的反复作用使衬砌变形、开裂并构成纵横交错的裂缝	① 冰溜、冰柱、冰锥等不断发展, 侵入限界, 危及行车安全; ② 接触网及电力、通信上挂冰, 危及行车安全和洞内作业人员安全; ③ 道床结冰(丘状冰锥), 覆盖轨面, 严重影响行车安全

表 5.4.2-5 基于钢筋锈蚀的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
钢筋截面损失率 r	$0\% \leq r < 3\%$	$3\% \leq r < 10\%$	$10\% \leq r < 25\%$	$25\% \leq r < 40\%$	$r \geq 40\%$
钢筋锈蚀	无锈蚀	钢筋表层存在轻微锈蚀	钢筋部分表层存在浅层锈蚀	钢筋部分断面因锈蚀导致截面减少或者大部分钢筋表层存在浅层锈蚀	钢筋全断面存在锈蚀, 断面截面明显减少

表 5.4.2-6 基于背后空洞的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
背后空洞 (k : 连续长度, m ; s : 面积, m^2)	无	$k \leq 3$ 或 $s \leq 1$	$3 < k \leq 5$ 或 $1 < s \leq 3$	$5 < k \leq 10$ 或 $3 < s \leq 5$	$k > 10$ 或 $s > 5$

表 5.4.2-7 基于厚度不足的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
厚度不足 (h_i : 有效厚度; h : 设计厚度; l : 缺陷长度, m)	衬砌厚度 $0.90 \leq h_i/h < 1.00$	① 衬砌厚度 $0.75 \leq h_i/h < 0.90$, 且长度 $l < 5$; ② 衬砌有剥蚀	① 衬砌厚度 $0.60 \leq h_i/h < 0.75$, 且长度 $l < 5$; ② 衬砌厚度 $0.75 \leq h_i/h < 0.90$, 且长度 $l \geq 5$	① 衬砌厚度 $h_i/h < 0.60$, 且长度 $l < 5$; ② 衬砌厚度 $0.60 \leq h_i/h < 0.75$, 且长度 $l \geq 5$	衬砌厚度 $h_i/h < 0.60$, 且长度 $l \geq 5$

表 5.4.2-8 基于强度不足的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
强度不足 (q_i : 实际强度; q : 设计强度; l : 缺陷长度, m)	衬砌混凝土强度 $0.85 \leq q_i/q < 1$	衬砌混凝土强度 $0.75 \leq q_i/q < 0.85$, 且长度 $l < 5$	① 衬砌混凝土强度 $0.65 \leq q_i/q < 0.75$, 且长度 $l < 5$; ② 衬砌混凝土强度 $0.75 \leq q_i/q < 0.85$, 且长度 $l \geq 5$	① 衬砌混凝土强度 $q_i/q < 0.65$, 且长度 $l < 5$; ② 衬砌混凝土强度 $0.65 \leq q_i/q < 0.75$, 且长度 $l \geq 5$	衬砌混凝土强度 $q_i/q < 0.65$, 且长度 $l \geq 5$

表 5.4.2-9 基于结构变形的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
水平位移、竖向位移的变形速率 v (mm/年)	无	有变形, 但速率 $v < 3$	变形或移动速率 $10 \geq v \geq 3$, 且有新的变形出现	变形或移动速率 $v > 10$	围岩滑动使衬砌移动、变形、下沉发展迅速, 危及行车安全

表 5.4.2-10 基于施工缝、变形缝错台的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
明挖法隧道施工缝、变形缝错台量 c (mm)	$c \leq 10$, 施工缝、变形缝位置无渗漏水	$10 < c \leq 20$, 施工缝、变形缝位置出现湿渍	$20 < c \leq 30$, 施工缝、变形缝位置出现浸渗、滴漏	$30 < c \leq 40$, 施工缝、变形缝位置出现线漏	$c > 40$, 施工缝、变形缝位置涌流或伴有漏泥沙

续表 5.4.2-10

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
矿山法隧道施工缝、变形缝错台量 c (mm)	$c \leq 20$, 施工缝、变形缝位置无渗漏水	$20 < c \leq 30$, 施工缝、变形缝位置出现湿渍	$30 < c \leq 40$, 施工缝、变形缝位置出现浸渗、滴漏	$40 < c \leq 50$, 施工缝、变形缝位置出现线漏	$c > 50$, 施工缝、变形缝位置涌流或伴有漏泥沙

表 5.4.2-11 基于道床病害的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
道床病害	无	道床两侧边缘出现轻微的破损、变形、湿渍、浸渗	道床存在破损、下沉、隆起, 道床和主体结构之间出现脱空	道床多处存在破损、变形, 道床和主体结构之间多处出现脱空, 脱空量已超过 3mm, 局部涌流、漏泥沙, 影响轨道的稳定性	道床出现严重破损、变形, 出现环向裂缝, 道床出现脱空, 脱空量已超过 5mm 或涌流、漏泥沙, 已导致轨道无法满足正常运营要求

5.4.3 盾构法隧道结构特别定期检查基于管片裂缝、材料劣化、锈蚀、变形和接缝错台的健康度评定标准应分别按表 5.4.3-1~表 5.4.3-5 执行, 基于压溃、剥落剥离、渗漏水、背后空洞、强度不足和道床病害的健康度评定标准应分别按本标准表 5.4.2-2、表 5.4.2-4、表 5.4.2-6、表 5.4.2-8、表 5.4.2-11 执行, 基于变形缝、螺栓孔和注浆孔病害的健康度评定标准应按本标准表 5.2.3 执行。

表 5.4.3-1 基于管片裂缝的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
裂缝宽度 b (mm)	$0 \leq b < 0.2$	$0.2 \leq b < 0.5$	$0.5 \leq b < 1.0$	$1.0 \leq b < 2.0$	$b \geq 2.0$

表 5.4.3-2 基于管片材料劣化的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
材料劣化	无	混凝土有轻微的起毛、酥松	混凝土表层多处出现起毛、酥松	材料劣化, 稍有外力或震动, 即会崩塌或剥落, 对行车安全产生重大影响	材料劣化严重, 经常发生剥落, 危及行车安全

表 5.4.3-3 基于钢筋、螺栓、钢管片锈蚀的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
钢筋、螺栓截面损失率 r	$0\% \leq r < 3\%$	$3\% \leq r < 10\%$	$10\% \leq r < 25\%$	$25\% \leq r < 40\%$	$r \geq 40\%$
钢筋、螺栓、钢管片锈蚀	无锈蚀	表层存在轻微锈蚀	部分表层存在浅层锈蚀	部分断面因锈蚀导致截面减少或者大部分钢筋表层存在浅层锈蚀	全断面存在锈蚀, 断面截面明显减少

表 5.4.3-4 基于管片变形的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
通缝管片 收敛 (直径 变化量 c , $\%D$)	$0 \leq c < 5$	$5 \leq c < 8$	$8 \leq c < 12$	$12 \leq c < 16$	$c \geq 16$
错缝管片 收敛 (直径 变化量 c , $\%D$)	$0 \leq c < 4$	$4 \leq c < 6$	$6 \leq c < 9$	$9 \leq c < 12$	$c \geq 12$

注: D 为盾构隧道直径。

表 5.4.3-5 基于管片接缝错台的健康度评定标准

项目	评定标准				
	健康度 1 级	健康度 2 级	健康度 3 级	健康度 4 级	健康度 5 级
接缝错台量 f (mm)	$0 \leq f < 4$	$4 \leq f < 8$	$8 \leq f < 10$	$10 \leq f < 12$	$f \geq 12$

5.4.4 沉管法隧道结构特别定期检查基于裂缝、压溃、剥落剥离、材料劣化、渗漏水、钢筋锈蚀、强度不足、结构变形、道床病害的健康度评定标准应分别按本标准表 5.4.2-1~表 5.4.2-5、表 5.4.2-8、表 5.4.2-9、表 5.4.2-11 执行,基于管节接头病害的健康度评定标准应按本标准表 5.2.4 执行,基于施工缝病害的健康度评定标准应按本标准表 5.2.1 执行。

5.5 特殊检查、专项检查和处治后复查健康度评定

5.5.1 特殊检查隧道结构健康度评定应按本标准第 5.4.2 条~第 5.4.4 条中特别定期检查的健康度评定标准执行。

5.5.2 专项检查应基于现场检查结果对隧道结构状态进行评估

分析，隧道结构健康度评定应按本标准第5.4.2条～第5.4.4条中特别定期检查的健康度评定标准执行。

5.5.3 处治后复查隧道结构健康度评定应按本标准表5.3.1中日常检查的健康度评定标准执行。

6 隧道结构监测

6.1 一般规定

- 6.1.1 隧道运营期间应进行常规监测。
- 6.1.2 当隧道结构健康度为3级、4级和5级且存在影响到隧道结构安全和运营安全的病害时，应对病害分布范围进行特殊监测。
- 6.1.3 控制保护区内施工期间，应对受施工影响的隧道结构进行特殊监测。
- 6.1.4 运营期间监测应与施工阶段监测衔接，位移和收敛监测宜采用施工阶段已布设的控制点。特殊监测宜采用自动化监测。
- 6.1.5 监测期间应建立信息反馈渠道。

6.2 常规监测

- 6.2.1 常规监测应符合表6.2.1的规定。

表6.2.1 常规监测

序号	监测项目	监测点布设	监测断面间距	
			土质隧道	岩质隧道
1	竖向位移	至少布设1个测点	10m~20m	50m~100m
2	水平位移*	两侧边墙至少各布设1个测点		
3	净空收敛	竖向和水平向至少各布设1条测线		
4	道床竖向位移*	道床两侧至少各布设1个测点		

注：带“*”的内容为选测项目。

- 6.2.2 变截面、不同施工工法结合处、泵房、大断面、曲线段和联络通道位置前后20m范围内应加密监测断面，土质隧道宜按5m~10m间距布设，岩质隧道宜按10m~20m间距布设。

6.3 特殊监测

6.3.1 特殊监测应符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 特殊监测

序号	监测项目	监测点布置	监测断面间距	
			土质隧道	岩质隧道
1	竖向位移	两侧边墙至少各布置 1 个测点	5m~10m	10m~20m
2	水平位移	两侧边墙至少各布置 1 个测点		
3	净空收敛	竖向和水平向至少各布置 1 条测线		
4	道床竖向位移	道床两侧至少各布置 1 个测点		
5	结构裂缝、变形缝张 开量*	典型裂缝位置、 结构变形缝两侧	按实际情况布置	
6	盾构隧道管片接缝 张开量和错台量*	管片两侧接缝位置		
7	沉管隧道剪力键 三向位移*	管节接头剪力键位置	按剪力键实际 位置布置	
8	地表沉降*	垂直于隧道结构外边线 两侧各 50m 范围内布置	5m~10m	
9	地下水位*	各地下水层分层布置	15m~25m	
10	岩土体分层竖向位移*	各岩土层的中部布置	与变形监测断面一致	
11	岩土体深层水平位移*	各岩土层的中部布置	与变形监测断面一致	
12	沉管隧道覆土厚度*	沿着隧道轴线方向布置	10m	

注：带“*”的内容为选测项目。

6.3.2 特殊监测项目测点布置位置宜和常规监测同一项目测点位置相同。

6.3.3 特殊监测断面布设范围应覆盖隧道病害段，并向两侧各延伸 50m。

6.3.4 当特殊监测数据已稳定半年后，且控制保护区内无施工影响时，可结束监测工作。

6.4 监测频率

6.4.1 监测频率宜符合表 6.4.1 的规定。

表 6.4.1 监测频率

监测类型		隧道结构监测频率	周边环境监测频率
常规监测		(1~2) 次/年	—
特殊 监测	健康度 3 级	1 次/周	—
	健康度 4 级	(2~3) 次/周	1 次/周
	健康度 5 级	1 次/d	(2~3) 次/周
	控制保护区施工期间	(2~3) 次/周	—

6.4.2 当遇到下列情况之一时，应提高监测和日常检查的频率：

- 1 监测数据变化速率持续增大；
- 2 地表、建（构）筑物等周边环境因不均匀沉降产生破损；
- 3 控制保护区内存在邻近施工、超载、卸载和振动作业；
- 4 暴雨、长时间连续降雨或隧道内因漏水导致洞内积水；
- 5 在过江（河）隧道段上部存在挖沙、疏浚河道。

6.5 预警管理和信息反馈

6.5.1 隧道结构和周边环境监测控制值、监测预警等级和预警标准，应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的规定。

6.5.2 当出现下列情况之一时，应进行预警：

- 1 监测数据超过预警标准；
- 2 隧道地表出现开裂、坍塌、隆起等现象；
- 3 隧道内部结构变形持续增大、病害持续发展；

- 4 根据现场经验判断，出现其他需要报警的情况。
- 6.5.3 监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、图表、曲线、文字报告等。
- 6.5.4 监测成果应按时反馈给相关单位，监测数据宜采用信息化管理。

7 隧道结构保养与维修

7.1 一般规定

7.1.1 隧道结构保养与维修应根据隧道结构类型和病害类型确定，应按本标准附录 B 的规定填写保养与维修记录表。

7.1.2 当隧道结构健康度达到 4 级及以上时，宜进行维修专项论证，并应明确维修方案的可行性和适用性。

7.1.3 当隧道结构维修完成后，应按本标准第 4.7 节进行处治后复查。

7.2 日常保养

7.2.1 隧道结构和道床应每年进行一次清洁保养，应清除附着在隧道内壁和设备设施上的粉尘和杂物。

7.2.2 当隧道结构出现轻微渗漏时，宜封堵，并应符合现行行业标准《地下工程渗漏治理技术规程》JGJ/T 212 的规定。

7.2.3 当混凝土出现局部的酥松、起鼓、剥离、掉块、露筋时，应进行修补。

7.2.4 当变形缝、螺栓孔和注浆孔填塞物出现脱落时，应根据原设计方案修复。

7.2.5 沉管法隧道运营期间应清理隧道顶板上覆淤积。

7.3 明挖法隧道维修

7.3.1 明挖法隧道结构病害维修措施宜按表 7.3.1-1、表 7.3.1-2 执行。

表 7.3.1-1 明挖法隧道结构病害维修措施（不含渗漏水治理）

维修措施	病害类型						
	地基沉降	结构破损	材料劣化	钢筋锈蚀	变形缝破损	道床破损	道床脱空
地表卸载	—	☆	—	—	☆	—	—
砂浆涂抹	—	★	★	☆	★	★	—
防腐处理	—	—	—	★	—	—	—
粘贴芳纶布	—	★	☆	—	—	—	—
粘贴钢板加固	—	☆	☆	☆	—	—	—
注浆	★	★	—	—	—	☆	★
增大截面	—	☆	★	☆	—	—	—

注：★治理效果较好；☆治理效果一般或在一定条件下适用。

表 7.3.1-2 明挖法隧道渗漏水维修措施

维修措施	裂缝或施工缝渗漏			变形缝渗漏
	点渗漏	线渗漏	面渗漏	
直接堵塞	★	—	—	—
挂网喷射	☆	—	★	—
注浆堵漏	★	★	★	★
埋管引排	☆	★	☆	★
内装止水带	—	—	—	★
嵌填密封	—	☆	—	☆

注：★治理效果较好；☆治理效果一般或在一定条件下适用。

7.3.2 当明挖法隧道结构沉降超过现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的控制值时，宜采用基底注浆加固。

7.4 矿山法隧道维修

7.4.1 外力引起的病害维修措施宜按表 7.4.1 执行。

表 7.4.1 外力引起的病害维修措施

维修措施	外力来源								
	围岩压力	滑坡	水压力	冻胀力	地基沉降	膨胀力	地表超载	地表卸载	振动荷载
边坡加固	—	★	—	—	—	—	—	—	—
背后注浆	★	★	★	☆	★	★	—	★	★
挂网喷射	☆	☆	☆	—	—	☆	—	—	—
锚杆加固	☆	☆	—	—	—	☆	—	—	—
粘贴钢板加固	★	—	☆	☆	—	—	☆	—	—
套拱加固	★	—	—	—	—	—	☆	—	—
灌浆锚固	★	★	—	—	—	★	—	—	—
埋管引排	—	—	☆	☆	—	☆	—	—	—
增设隔热保温层	—	—	—	★	—	—	—	—	—
卸载	—	—	—	—	—	—	★	—	—

注：★治理效果较好；☆治理效果一般或在一定条件下适用。

7.4.2 材料劣化维修措施宜按表 7.4.2 选择执行。

表 7.4.2 材料劣化维修措施

劣化类型 维修措施	起毛、酥松、 起鼓	碳化	钢筋锈蚀	剥落剥离
表面清除	★	★	★	☆
砂浆涂抹	☆	☆	☆	☆
防腐处理	—	—	★	—
挂网喷射	—	—	—	★
局部改建	—	☆	—	☆

注：★治理效果较好；☆治理效果一般或在一定条件下适用。

7.4.3 渗漏水维修措施（无冰冻时）宜按表 7.4.3 执行。

表 7.4.3 渗漏水维修措施（无冰冻时）

维修措施 \ 渗漏水类型	衬砌渗漏	道床渗漏	施工缝、变形缝渗漏
导水、排水	★	☆	★
防水抹面	★	☆	☆
背后注浆	★	★	★
嵌缝	☆	—	☆
局部改建	☆	☆	☆

注：★治理效果较好；☆治理效果一般或在一定条件下适用。

7.4.4 隧道冻害宜采用隔热法或加热法治理。冻害治理前应治理漏水点、疏通排水通道。

7.4.5 当隧道结构厚度不足时，宜采用喷射混凝土、锚杆加固或施加套拱的处理方法。

7.4.6 当隧道结构存在背后空洞时，宜采用衬砌背后注浆处理方法。

7.5 盾构法隧道维修

7.5.1 盾构法隧道病害（不含渗漏水）维修措施宜按表 7.5.1 执行。

表 7.5.1 盾构法隧道病害（不含渗漏水）维修措施

维修措施	病害类型						
	地基沉降	管片收敛变形	管片结构破损	管片材料劣化	钢筋锈蚀	道床破损	道床脱空
地表卸载	☆	☆	☆	—	—	☆	☆
砂浆涂抹	—	—	★	★	☆	★	—
防腐处理	—	—	—	—	★	—	—
粘贴芳纶布	—	☆	★	☆	—	—	—
粘贴钢板加固	—	★	☆	☆	—	—	—
壁后注浆	★	☆	—	—	—	—	☆
洞外双液微扰动注浆	☆	★	—	—	—	—	★

注：★治理效果较好；☆治理效果一般或在一定条件下适用。

7.5.2 盾构法隧道渗漏水维修措施宜按表 7.5.2 执行。

表 7.5.2 盾构法隧道渗漏水维修措施

维修措施	渗漏部位				
	管片环、纵 接缝及螺孔	隧道进出 洞段	隧道与联络 通道相交部位	道床以下 管片接缝	预留孔、洞 漏水及冰冻 管渗漏水
注浆止水	★	★	★	★	—
壁后注浆	★	★	★	★	★
嵌填密封	☆	—	☆	—	—

注：★治理效果较好；☆治理效果一般或在一定条件下适用。

7.6 沉管法隧道维修

7.6.1 沉管法隧道维修宜按本标准第 7.3 节、第 7.4 节执行。

7.6.2 因回淤荷载、地基沉降引起的结构变形、开裂、渗漏水等隧道病害应分别采用清淤、基底预加固措施，病害处理应按本标准第 7.3 节执行。

7.6.3 管节接头出现渗漏水时，应对维修方案进行论证。

8 隧道附属结构保养与维修

8.1 一般规定

- 8.1.1 风井、排水沟、排水泵房和疏散平台应进行养护。
- 8.1.2 附属结构饰面应定期进行保洁工作。
- 8.1.3 附属结构损坏或缺损应进行修复。

8.2 风井

- 8.2.1 风井应保持送风口不堵塞、无异物，并应保持畅通。
- 8.2.2 当混凝土发生缺损或缺失时，宜采用与主体结构同等强度的混凝土修补。

8.3 排水沟

- 8.3.1 排水明沟应进行日常清扫、清理，对隧道接缝处的明沟应进行检查，破损宜设嵌缝槽进行嵌缝处理。
- 8.3.2 当排水横截沟盖板存在翘起、碎裂时，应进行维修或更换，当横截沟发生堵塞时，应进行清理。
- 8.3.3 当集水池池底存在淤泥时，应对淤泥进行清排处理。

8.4 排水泵房

- 8.4.1 隧道排水泵房应整洁和完好，当出现脱落、起壳、缺损时，应进行修补。
- 8.4.2 泵房水池中的淤泥和管道应定期清理和疏通。

8.5 疏散平台

- 8.5.1 疏散平台结构应完好，并应无杂物、无锈蚀，固定螺栓应紧固。
- 8.5.2 当疏散平台有掉角开裂时，应对破损部位进行修复。

9 养护管理

9.1 一般规定

9.1.1 养护记录应包括检查、监测、健康度评定、保养和维修的资料。

9.1.2 养护记录和管理应满足隧道结构长期维护要求。

9.2 养护记录

9.2.1 养护基础信息应包括下列内容：

- 1 隧道设计资料；
- 2 隧道竣工资料；
- 3 隧道历史灾害记录。

9.2.2 养护资料应包括下列内容：

- 1 检查、监测、评定的资料；
- 2 保养和维修时间、位置和方案；
- 3 保养和维修竣工图、现场照片及施工工期、费用信息；
- 4 保养和维修间歇时间。

9.3 文档管理

9.3.1 养护基础信息和养护资料应进行归档。

9.3.2 隧道建设初期应建立建养一体化信息管理系统，系统应包含建设期文档管理模块和运营期文档管理模块，并提供两模块文档上传接口。

9.3.3 养护期间检查、监测、健康度评定、保养、维修等文档应录入建养一体化信息管理系统。

A.0.4 明挖法和沉管法隧道结构病害展示图宜按规定（图 A.0.4-1）制定，矿山法隧道结构病害展示图宜按规定（图 A.0.4-2）制定，盾构法隧道结构病害展示图宜按规定（图 A.0.4-3）制定，病害表述图例宜按规定（图 A.0.4-4）制定。

里程桩号		
主体结构	左边墙	
	顶板	-----中轴线
	右边墙	
道床		

图 A.0.4-1 明挖法和沉管法隧道结构病害展示

里程桩号		
衬砌	左边墙	
	左拱腰	
	拱顶	-----中轴线
	右拱腰	
	右边墙	
道床		

图 A.0.4-2 矿山法隧道结构病害展示

管片编号/里程桩号		
管片	标准块1	
	邻接块1	
	封顶块	-----中轴线
	邻接块2	
	标准块2	
	标准块3	
道床		

图 A.0.4-3 盾构法隧道结构病害展示

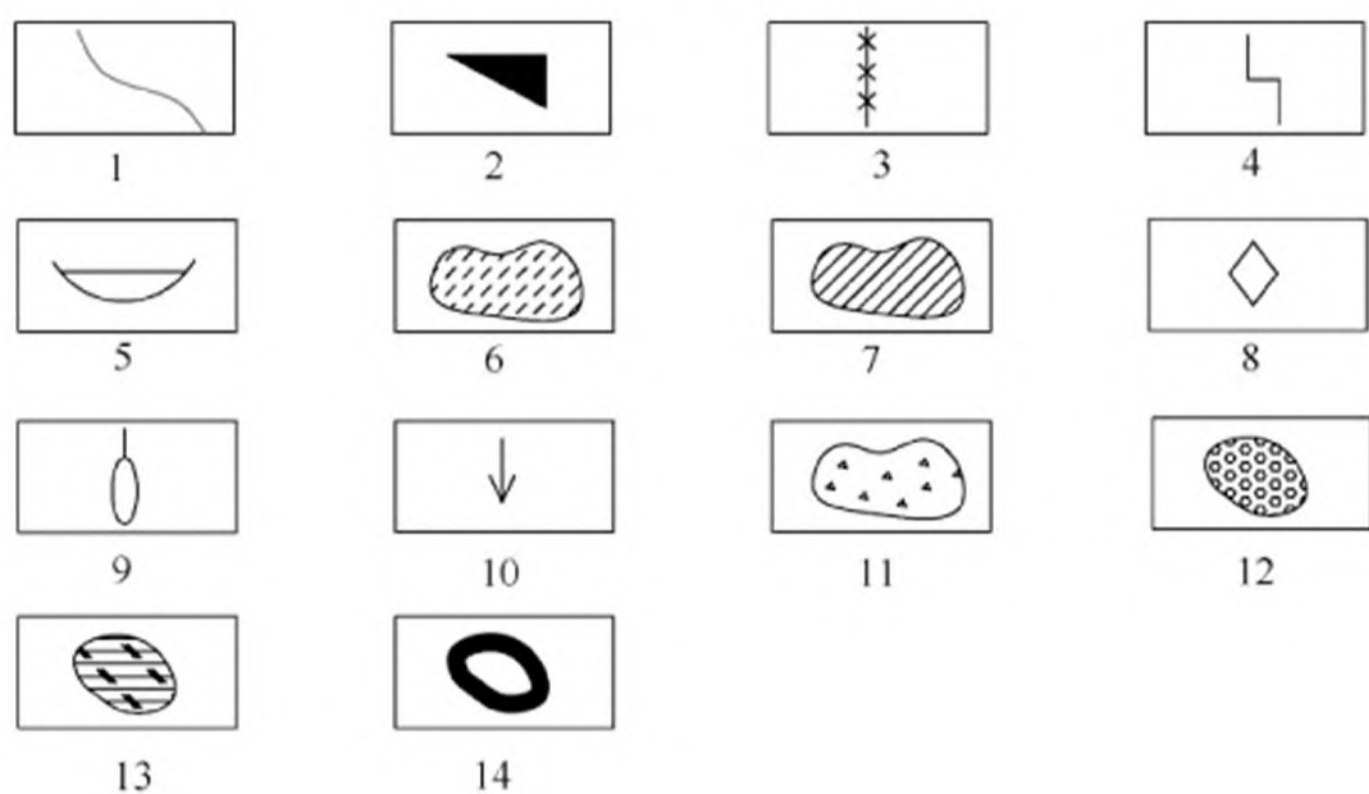


图 A.0.4-4 病害表述图例

1—裂缝；2—缺角；3—压溃；4—错台；5—道床脱空；6—湿渍；
7—浸渗；8—滴漏；9—线漏；10—涌流；11—漏泥沙；12—材料劣化；
13—锈蚀；14—剥落剥离

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

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：

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，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911
- 2 《地下工程渗漏治理技术规程》 JGJ/T 212