

T/CCPITBSC

团 体 标 准

T / CCPITBSC XXX—2025

城市隧道结构性能评定规范

Specification for performance evaluation of urban tunnel structures

(征求意见稿)

2024 — XX — XX 发布

2024 — XX — XX 实施

中国国际贸易促进委员会建设行业分会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	1
5 城市隧道结构检查	2
5.1 一般要求	2
5.2 定期检查	2
5.3 专项检查	5
6 结构性能等级评定	7
6.1 一般要求	7
6.2 结构技术状况评估	7
6.3 结构安全状况评估	8
6.4 评估后建议	9
7 报告编制	9

前 言

本文件按GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。
请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由提出。

本文件由中国国际贸易促进委员会建设行业分会归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

城市隧道结构性能评定规范

1 范围

本文件规定了城市隧道结构性能评定规范的基本要求、城市、隧道结构检查、结构性能等级评定和报告编制。

本文件适用于城市隧道结构性能的评定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50157 地铁设计规范

GB/T 50299 地下铁道工程施工质量验收标准

GB/T 50344 建筑结构检测技术标准

JTJ 270 水运工程混凝土试验规程

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 基本要求

4.1 城市轨道交通运营期间应定期进行隧道结构性能评定工作。

4.2 隧道结构性能评定内容分为结构技术状况评估，结构安全状况评估和行车影响状况评估。

4.3 开展隧道结构性能评定应收集相关勘察设计资料和运营养护数据，查明隧道使用条件及其变化，查验检测隧道结构性能参数与几何尺寸，分析隧道结构监测数据，研判结构性能变化趋势。

4.4 隧道结构性能评定工作包括前期准备、隧道结构检查和服役性能等级评定等。

4.5 隧道结构性能评定前期准备包括资料搜集、现场查勘和工作方案编制，具体如下：

a) 资料搜集应包括下列内容：

- 1) 工程地质勘察报告，隧道结构设计资料，隧道控制保护区外部作业资料；
- 2) 隧道施工与验收资料，日常检查记录，养护维修记录；
- 3) 隧道历次检测、监测及安全评估资料等。

b) 现场查勘应对隧道结构内部及周边环境进行初步查勘。

c) 根据搜集的资料和现场查勘结果编制工作方案，工作方案应包括下列内容：

- 1) 工程概况，包括工程名称、结构类型、评估区间，建造年代，运营情况，工程地质水文情况、周边环境、隧道结构异常情况；
- 2) 评估目的及依据；

- 3) 检查内容、检查方法、仪器设备及人员安排;
- 4) 服役性能评定方法;
- 5) 组织实施计划;
- 6) 质量安全保证措施。

4.6 隧道结构检查根据目的可分为定期检查、应急检查、专项检查及处治后检查。

4.7 现场检查应及时填写记录,当现场检查结果异常时,应查找原因,重新检查,必要时可采用其他手段补充检查。

4.8 根据隧道结构检查结果进行专项评估分析和性能等级评定,应符合下列要求:

- a) 定期检查后应进行结构技术状况评估;
- b) 专项检查后应进行结构安全状况评估。

4.9 重大灾害或复杂工况条件下的隧道结构性能评定工作方案和评定报告宜组织专家论证。

5 城市隧道结构检查

5.1 一般要求

5.1.1 城市轨道交通隧道结构检查对象包括主体结构(管片)接缝结构(管缝)隧底结构和附属设施四类。

5.1.2 城市轨道交通隧道结构检查可按表 1 的要求执行。

表 1 隧道结构检查要求

检查类型	检查要求
定期检查	新建隧道初期运营前应进行一次定期检查,运营过程中定期检查频次不应低于 1 次/年
专项检查	根据定期检查和应急检查结果综合确定

5.1.3 隧道结构检查应以人工检查和设备检测相结合的方式进行,对隧道结构进行定性和定量的检查及描述,填写检查记录表并附以必要照片、图示。

5.1.4 隧道结构检查宜选用无损检测方法,检测范围应具有代表性。

5.1.5 城市轨道交通运营期间宜对隧道结构变形情况开展监测。

5.2 定期检查

5.2.1 隧道结构符合下列情况时,宜提高定期检查频次:

- a) 岩溶、断裂带、地裂缝等不良地质作用区段;
- b) 存在软土、膨胀性土、湿陷性土等特殊岩土区段;
- c) 穿越河流、湖泊等地表水体及地下水压力较大的区段;
- d) 采用新工艺、新材料、新技术的区段;
- e) 保护区有外部作业活动的区段;
- f) 技术状况评价等级为 4 类或 5 类的区段,

5.2.2 隧道结构定期检查前应编制定期检查方案,宜包括下列内容:

- a) 编制依据;
- b) 隧道基本概况、工程地质条件、水文地质条件和周边环境状况;
- c) 检查对象、内容、方法等;
- d) 检查周期和频次;
- e) 技术状况评价方法及标准;
- f) 检测仪器、设备;

- g) 作业组织机构、人员及实施计划等；
- h) 作业质量、安全管理措施；
- i) 检查成果及信息反馈。

5.2.3 明(盖)挖法隧道结构定期检查内容和可按表 2 执行。

表 2 明(盖)挖法隧道定期检查内容和检测方法

检查项目		检查内容	检测方法
主体结构		裂缝的位置、类型、长度、宽度、深度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		压溃、起鼓的位置、范围	目测、直尺(钢尺或卷尺)
		起毛、酥松的位置、范围和程度	目测、直尺(钢尺或卷尺)
		剥落剥离、掉块的位置、长度、宽度和深度	目测、直尺(钢尺或卷尺)目测、直尺(钢尺或卷尺)、游标卡尺
		渗漏水位置、水量、PH 值、浑浊程度、湿渍面积	目测、干手触摸、灯光照射、秒表计频、量测、直接电位法
接缝结构	施工缝、变形缝	错台位置、范围和程度	目测、直尺(钢尺或卷尺)
		错台位置、范围和程度渗漏水位置、水量、浑浊程度、湿渍面积、pH 值	目测、干手触摸、灯光照射、秒表计频、量测、直接电位法
		压溃位置、范围和程度	目测、直尺
隧底结构		裂缝的位置、类型、长度、宽度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		翻浆冒泥位置、范围	目测
		脱空、下沉及隆起的位置及程度	目测、监测、地质雷达
		错台的位置和差异值	目测、钢尺或卷尺
附属设施	联络通道、迂回风道、区间风道	裂缝的位置、类型、长度、宽度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		渗漏水位置、水量、浑浊程度、湿渍面积 pH 值	目测、干手触摸、灯光照射、秒表计频、量测、直接电位法
		压溃、起鼓的位置、范围	目测、直尺(钢尺或卷尺)
	防火门、防淹门、人防门、疏散平台	开裂的位置、类型、长度、宽度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		掉块的位置、范围	目测、直尺(钢尺或卷尺)游标卡尺
		松动的位置及程度	目测、直尺(钢尺或卷尺)
	排水设施	破损的位置及程度	目测、直尺(钢尺或卷尺)
		堵塞状况	目测

5.2.4 矿山法隧道结构定期检查内容和方法可参照表 3 执行。

表 3 矿山法隧道定期检查内容和检测方法

检查项目		检查内容	检测方法
主体结构	洞口	边坡或仰坡滑移、危石崩塌征兆和发展趋势	目测
		边坡、碎落台、护坡、护坡道、挡土墙、排水沟等构造物破损的位置、范围和程度	目测、钢尺或卷尺
	洞门	墙体裂缝位置、范围、类型、长度、宽度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		渗漏水的位置、范围、pH 值、水量、浑浊和	目测、干手触摸、灯光照射、秒表计频、

		冻结状况	量测、直接电位法
		结构倾斜、沉陷、断裂的范围、变位量	监测
	衬砌	裂缝的位置、类型、长度、宽度等情况	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		压溃、起鼓的位置、范围	目测、钢尺或卷尺
		起毛、酥松的位置、范围和程度	目测、钢尺或卷尺
		剥落剥离、掉块的位置、长度、宽度和深度	目测、钢尺或卷尺
		渗漏水位置、水量、浊程度、湿渍面积	目测、干手触摸、灯光照射、秒表计频、量测
接缝结构	施工缝、变形缝	错台位置、范围和程度	目测、钢尺或卷尺
		压溃位置、范围和程度	目测、钢尺或卷尺
		渗漏水位置、范围、pH 值、水量、浑浊和冻结状况	目测、干手触摸、灯光照射、秒表计频、量测、直接电位法
隧底结构		裂缝的位置、类型、长度、宽度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		翻浆冒泥位置、范围	目测、钢尺或卷尺
		脱空、下沉及隆起的位置及程度	目测、钢尺或卷尺、超声回波、地质雷达
		错台的位置和差异值	目测、钢尺或卷尺
附属设施	联络通道、迂回风道、区间风道	裂缝的位置、类型、长度、宽度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		渗漏水位置、水量、浑浊程度、湿渍面积、pH 值	目测、干手触摸、灯光照射、秒表计频、量测、直接电位法
		压溃、起鼓的位置、范围	目测、直尺(钢尺或卷尺)
	防火门、防淹门、人防门、疏散平台	开裂的位置、类型、长度、宽度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		掉块的位置、范围	目测、直尺(钢尺或卷尺)、游标卡尺
		松动的位置及程度	目测
	排水设施	破损的位置及程度	目测、直尺(钢尺或卷尺)
		堵塞状况	目测

5.2.5 盾构法隧道结构定期检查内容和方法可按表 4 执行。

表 4 盾构法隧道定期检查内容和检测方法

检查项目		检查内容	检测方法
主体结构	管片	裂缝的位置、类型、长度、宽度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		压溃、起鼓的位置、范围	目测、钢尺或卷尺
		起毛、酥松的位置、范围和程度	目测、钢尺或卷尺
		剥落剥离、掉块的位置、长度和宽度	目测、钢尺或卷尺
		螺栓孔、注浆孔堵塞物脱落的位置	目测
		渗漏水位置、水量、浑浊程度、湿渍面	目测、干手触摸、灯光照射、秒表计频、

		积	量测、直接电位法
接缝结构	管片接缝	错台的位置、范围和程度	目测、钢尺或卷尺
		压溃的位置、范围和程度	目测、钢尺或卷尺
		渗漏水位置、范围、pH值、水量、浑浊和冻结状况	目测、干手触摸、灯光照射、秒表计频、量测、直接电位法
		接缝止水条脱落位置和范围	目测、钢尺或卷尺
隧底结构		裂缝的位置、类型、长度、宽度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		翻浆冒泥位置、范围	目测
		脱空、下沉及隆起的位置及程度	目测、钢尺或卷尺、超声回波、地质雷达
		错台的位置和差异值	目测、钢尺或卷尺
附属设施	联络通道、迂回风道、区间风道	裂缝的位置、类型、长度、宽度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		渗漏水位置、水量、浑浊程度、湿渍面积、PH值	目测、干手触摸、灯光照射、秒表计频、量测、直接电位法
		压溃、起鼓的位置、范围	目测、钢尺或卷尺
	中隔墙、烟道板等	裂缝的位置、类型、长度、宽度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		掉块的位置、长度、宽度和深度	目测、钢尺或卷尺、游标卡尺
		渗漏水位置、水量、浑浊程度、湿渍面积	目测、干手触摸、灯光照射、秒表计频、量测
	防火门、防淹门、人防门、疏散平台	开裂的位置、类型、长度、宽度	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
		掉块的位置、范围	目测、直尺(钢尺或卷尺)、游标卡尺
		松动的位置及程度	目测
	排水设施	破损的位置及程度	目测、直尺(钢尺或卷尺)
		堵塞状况	目测

5.2.6 隧道结构定期检查结果应形成报告，宜包括下列内容：

- 隧道基本信息，包括隧道名称、结构形式、所在线路区间名称、里程长度、工程地质状况、水文地质状况、周边环境、以往检查情况及现状等；
- 检查目的和依据，包括定期检查执行的规范、规程、相关图纸及技术资料；
- 检查内容和方法，包括检查对象、内容、方法、检查指标等；
- 使用设备，包括设备的名称、编号、型号、检定有效期等；
- 检查结果，包括相关照片、病害描述及成因分析；
- 结果分析，结合隧道日常养护情况，汇总分析隧道检查结果；
- 结论及建议，包括检查结果总结、隧道技术状况评价结果、道病害的处理建议；
- 附件，包括相关影像、量测数据、物探数据、结构病害纵向展示图等资料。

5.3 专项检查

5.3.1 隧道结构符合下列情况时，应进行专项检查：

- 技术状况评价等级为4类或5类的隧道；

- b) 预留时间超过 3 年将投入使用的隧道；
- c) 发生列车脱轨事故，遭受车辆或其他异物撞击造成损伤的隧道；
- d) 受地震、火灾等自然灾害影响或破坏的隧道。
- 5.3.2 城市轨道交通保护区内施工对隧道结构有严重影响的，宜在工程开工前、结束后分别进行专项检查
- 5.3.3 隧道结构专项检查前应编制专项检查方案，宜包括下列内容：
- a) 编制依据；
- b) 隧道基本概况、工程地质条件、水文地质条件和周边环境状况；
- c) 检查对象、内容、技术要求、方法等；
- d) 结构安全评价和行车影响评价方法及标准；
- e) 检查仪器、设备；
- f) 作业组织机构、人员及实施计划等；
- g) 作业质量、安全管理措施。
- 5.3.4 隧道结构专项检查内容和检测方法可按表 5 执行。

表 5 隧道结构专项检查内容和方法

检查项目	检查内容	检测方法
混凝土裂缝	裂缝的位置、类型、长度、宽度、深度和错开量大小	目测、钢尺或卷尺、裂缝测宽仪、超声波
	裂缝分布	目测
	裂缝性质：张拉、剪切、挤压	现场测试、取样室内测试
剥离掉块	剥落剥离的里程位置和断面位置	目测
	剥落剥离的范围和深度	目测、钢尺或卷尺
	掉块的里程位置和断面位置	目测
	掉块的形状、面积、纵向长度、环向长度、深度	目测、钢尺或卷尺、游标卡尺
材料劣化	混凝土碳化深度、强度	酚酞酒精溶液喷涂法、回弹法
	混凝土保护层厚度	打孔直接量测或无损检测
	混凝土有效厚度	打孔直接量测或无损检测
	混凝土材料中氯离子、硫酸根离子的含量	按照 JTJ 270 的要求执行
	钢筋锈蚀率	剔凿量测或取样称重或无损检测
	管片螺栓锈蚀程度	剔凿量测或重量法或无损检测
净空限界	隧道全断面收敛	监测、现场巡查
	结构及设备特征点平面坐标及标高	监测、现场巡查
	实测限界与隧道建筑物限界、车辆限界、设备限界对比	监测、现场巡查
渗漏水	渗漏水里程位置和断面位置：施工缝、变形缝、管片接、管节接头、衬砌拱部、拱腰、边墙等	目测
	漏水类型：浸渍、滴水、淌水、涌水	目测、干手触摸、灯光照射、秒表计频
	测量渗漏水流量	量筒量测、容积法、投浮子法、堰法或堵塞估算法
	检查渗漏水中是否混有泥沙，并测定砂土流出量	目测
	测量渗漏水的温度、pH 值、电导率	直接电位法
	水质化学分析	按照 GB/T 50344 的有关规定

	翻浆冒泥的里程位置和范围	目测
冻害	冻结, 挂冰的里程位置和断面位置: 洞口、洞门、基床、拱部拱腰、边墙	目测
	冻结, 挂冰的范围、数量	目测、监测
	冻结, 挂冰的 pH 值和导电率	直接电位法、pH 测试法
	冻结, 挂冰的水化学成分	按照 GB/T 50344 的有关规定
保护区	隧道上方地表开裂长度、深度、宽度、走向	目测、钢尺或卷尺、游标卡尺
	隧道上方地表沉降范围、深度隧道周边堆载、卸载情况	监测
	周边地表水、地下水水位变化	监测
	隧道周边堆载、卸载情况	现场巡视
	隧道外部作业情况及相对位置关系	现场巡视、钢尺或卷尺
	隧道结构外侧围岩空洞位置、大小	超声回波、地质雷达

5.3.5 隧道结构专项检查应形成报告, 宜包括下列内容:

- a) 隧道基本信息, 包括隧道名称、结构形式、所在线路区间名称、里程长度、工程地质状况, 水文地质状况、周边环境, 及以往检查情况及现状等;
- b) 检查目的和依据, 包括专项检查执行的规范、规程、相关图纸及技术资料;
- c) 检查内容和方法, 包括检查对象、内容、方法、检查参数等;
- d) 使用的设备, 包括设备的名称、编号、型号等;
- e) 检查结果, 包括相关照片、病害描述;
- f) 机理分析, 包括病害成因机理、发展趋势;
- g) 结论及建议, 包括检查结果总结、评价及隧道病害的处理建议;
- h) 附件, 包括现场检查照片、病害照片等相关影像, 量测数据, 无损物探资料, 有损钻探资料, 试样测试报告, 修正结构物的病害纵向展示图等。

6 结构性能等级评定

6.1 一般要求

6.1.1 隧道结构性能等级评定应根据检查类型和检查结果, 按要求进行结构技术状况评估、结构安全状况评估或行车影响状况评估。

6.1.2 隧道结构性能等级评定应先划分评定单元, 逐一评定服役性能状况后, 按隧道区间分段进行综合评定。

6.1.3 隧道结构性能等级评定单元划分宜满足下列要求:

- a) 明(盖)挖法、矿山法隧道以两道施工缝间 1 个结构浇筑长度为一个评定单元;
- b) 盾构法隧道以 3 环~5 环管片为一个评定单元;
- c) 隧道结构类型单一或区间地质条件较为简单时可适当增加每个评定单元长度。

6.2 结构技术状况评估

6.2.1 隧道结构技术状况评估包括区间隧道技术状况评估和分项技术状况评估。

6.2.2 隧道技术状况评估应采用计权重的多项指标综合评价和单项指标评定相结合的方法隧道技术状况等级评定采用分值制, 隧道技术状况评价等级见表 6。

表 6 隧道技术状况评定等级

等级	分值 (SI)	状态	病害程度
1 类	[90, 100]	正常	无
2 类	[75, 90)	退化	轻微
3 类	[60, 75)	劣化	中度严重
4 类	[40, 60)	恶化	极严重
5 类	[0, 40)	危险	无

6.2.3 隧道技术状况评分按式(1)计算:

$$SI = 100 \times \left[1 - \frac{1}{4} \sum_{i=1}^n SI_i \times \frac{W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \right] \dots\dots\dots (1)$$

式中

SI——隧道技术状况评分, 值域为0~100;

SI_i——分项技术状况值采用标度值表示, 值域为0~4, 仅设定整数标度值; 其中, 各等级的评分依据应根据实际情况和项目要求制定;

W_i——隧道主体结构、接缝结构、隧底结构和附属设施分项权重, 宜按表7执行。

表 7 隧道结构各分项权重表

分项编号 (i)	分项	分项权重W _i
1	主体结构	0.50
2	接缝结构	0.20
3	隧底结构	0.20
4	附属设施	0.10

6.2.4 根据隧道结构检查结果对评定单元按主体结构(管片)、接缝结构(管缝)、隧底结构和附属设施逐一进行分项技术状况评估, 当分项技术状况值达到3或4时, 隧道技术状况直接评定为4类或5类。

6.2.5 有下列情况之一时, 隧道技术状况直接评定为5类:

- a) 隧道拱部/顶部衬砌出现大范围交错开裂、结构性裂缝贯穿衬砌混凝土;
- b) 隧道钢结构衬砌出现受力裂缝, 且存在发展状态;
- c) 隧道衬砌结构发生明显变形, 且有危及结构安全和行车安全的趋势;
- d) 地下水大规模涌流、喷射, 出现涌泥、涌砂或严重积水, 威胁运营安全;
- e) 隧道道床发生明显隆起、错台、断裂, 影响行车安全;
- f) 外部施工导致隧道结构被击穿;
- g) 出现严重影响行车安全的其他情况。

6.3 结构安全状况评估

6.3.1 隧道结构安全状况评估应依据检查结果, 结合相关规范、隧道结构设计资料, 竣工验收资料等进行安全性计算分析。

6.3.2 隧道结构安全状况评估宜采用数值模拟、位移反分析等方法结合工程类比进行, 隧道结构构件应结合其设计时采用的规范和计算方法进行设计验算。

6.3.3 隧道服役性能评定等级为4类或5类时, 应分别进行正常使用极限状态和承载能力极限状态下的结构安全评价, 安全评价分析应满足 GB 50157 和 GB/T 50299 的要求。

6.3.4 隧道结构安全状况评估等级见表 8。

表 8 地铁隧道结构安全评价等级

类别	描述
A类	满足正常使用相关要求。
B类	不满足结构裂缝宽度、变形收敛、混凝土强度，钢筋强度等的安全要求，应结合实际情况采取试验验证、限速、加固或停止使用等措施。

6.3.5 当现有隧道结构安全状况评估结果不满足要求时，应采取加固措施处理，重新进行安全状况评估。

6.4 评估后建议

6.4.1 服役性能等级评定完成后宜找出缺陷问题并分析原因，提出合理化措施和日常运维建议。

6.4.2 技术状况等级为1类时，隧道结构不需要维修，采取日常检查措施。

6.4.3 技术状况等级为2类时，隧道结构可正常使用，宜对检查过程中发现的病害部位进行跟踪观测。技术状况等级为3类时，隧道结构可正常使用但需要维修，应加强巡查，宜常规监测病害发展趋势，采取一般性处置措施，并制订病害持续发展时的处治预案。

6.4.4 技术状况等级为4类时，隧道结构应结合结构安全状况评估和行车影响状况评估结果判定是否限制使用，尽快采取加固处治措施并实施隧道结构特殊监测。

6.4.5 技术状况等级为5类时，隧道结构应结合结构安全状况评估和行车影响状况评估结果判定是否停止使用，立即采取应急处置措施，开展应急监测，组织专项检查并实施加固处治措施，特殊情况应进行大修、改建或重建。

7 报告编制

7.1 隧道结构性能评定报告应全面反映评估过程及成果。

7.2 结构性能评定报告应内容全面、文字简洁、数据完整、客观公正，提出的处置措施应具有可操作性。评定报告宜采取统一的格式和内容要求，报告中相关调查和评估数据表应有相关责任人员签字。报告须经评定单位盖章。

7.3 隧道结构性能评定报告宜包括下列内容：

- a) 工程概况，包括工程名称、结构类型、评估区间、建造年代、运营情况、工程地质水文情况、周边环境、隧道结构异常情况、外部作业工程概况；
- b) 评定目的及依据；
- c) 隧道结构检查内容、方法、仪器设备及检查结果；
- d) 隧道结构技术状况评估；
- e) 隧道结构安全状况评估；
- f) 结论及合理化措施建议；
- g) 附件，包括现场调查记录表、图片和现场描述及其他资料等。