

广东省标准

GD

DBJ/T 15-XX-202X

备案号 J XXXXXX-202X

城市地下空间检测监测技术标准

Testing and monitoring technical code
for underground space in cities
(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

广东省住房和城乡建设厅 发布

本标准不涉及专利

广东省标准

城市地下空间检测监测技术标准

Testing and monitoring technical code
for underground space in cities

DBJ/T 15-XX-202X

备案号： J XXXXX-202X

批准部门： 广东省住房和城乡建设厅

施行日期： 202X年XX月XX日

XXXX 出版社

广东省住房和城乡建设厅关于发布广东省标准《城市地下空间检测监测技术标准》的公告

粤建科函[202X] 号

广州市住房和城乡建设局，各地级以上市建设局、规划（国土）局、城建局（公用局、市政局、城管办）、房管局（住宅局），省直有关单位，厅直属有关单位：

根据我厅要求，由广州市建筑科学研究院集团有限公司等单位编制的《城市地下空间检测监测技术标准》经我厅组织专家审查，现批准为广东省地方标准，编号为 DBJ/T 15-XX-202X，自 202X 年 XX 月 XX 日起施行。

本标准由我厅负责管理，广州市建筑科学研究院集团有限公司负责具体技术内容的解释，并在广东省住房和城乡建设厅门户网站（<http://zfcxjst.gd.gov.cn>）公开。

广东省住房和城乡建设厅

二〇二X年XX月XX日

前 言

根据广东省建设厅粤建公告[2019]38号文的要求，标准编制组经过广泛调查研究，认真总结国内外城市地下空间检测监测技术的实践经验和科研成果，参考相关标准规范，在广泛征求意见的基础上，制定了本标准。

本标准的主要技术内容是：总则、术语符号、基本规定、隧道施工检测与监测、既有地下结构健康检测与监测、地下空间空气质量检测、地下空间防火检测、地下空间消防电气检测、地下空间防烟、排烟、通风和空气调节系统检测、地下空间环境保护监测等。

本标准以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本标准由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。

主编单位：广州市建筑科学研究院集团有限公司（地址：广州市白云大道北 833 号建研大厦；

邮编：510440；E-mail：tmx@gibs.com.cn）

参编单位：广州建设工程质量安全检测中心有限公司

广东省建筑科学研究院集团股份有限公司

广州市盛通建设工程质量检测有限公司

广州市市政工程试验检测有限公司

广州地铁集团有限公司

广州地铁设计研究院股份有限公司

广州市住房和城乡建设行业监测与研究中心

广东粤信建设工程质量安全检测有限公司

广州新中轴建设有限公司

主要起草人：唐孟雄、胡贺松、陈乔松、朱六兵、王洋、张世军、周治国、陈晓丹、汪传斌、唐孟华、陈云飞、梅爱华、杨建坤、陈仁进、马焯红、何 钦、孙 晖、刘 轩

主要审查人：

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
3.1	检测与监测内容和方法	5
3.2	检测与监测工作程序和要求	5
3.3	安全等级与报警值控制值	6
4	隧道施工过程检测与监测	14
4.1	一般规定	14
4.2	隧道施工监测	17
4.3	施工隧道周边环境变形监测	18
4.4	邻近开挖对既有隧道影响监测	20
4.5	监测成果及信息反馈	23
4.6	隧道施工质量检测	25
5	既有地下结构检测监测与健康诊断	31
5.1	一般规定	31
5.2	矿山法隧道结构检测监测	31
5.3	沉管隧道检测监测	32
5.4	盾构法隧道检测监测	34
5.5	顶管法隧道检测监测	36
5.6	既有地下车站结构检测监测	37
5.7	地下平面结构物检测监测	38
5.8	地下结构健康诊断	41
6	地下空间空气质量检测	43
6.1	一般规定	43
6.2	地下空间空气质量标准值	43
6.3	地下空间空气质量检测	44
6.4	质量保证与质量控制	46
7	地下空间防火检测	48
7.1	一般规定	48
7.2	地下空间建筑防火检测	48
7.3	地下空间装饰装修材料燃烧性能检测	49
7.4	地下空间电线电缆阻燃和耐火性能检测	49
7.5	地铁防火检测	50
7.6	综合管廊防火检测	52
7.7	防排烟系统有效性检测	52
8	地下空间消防电气检测	54
8.1	一般规定	54
8.2	消防电源及其配电检测	54
8.3	配电线路检测	54

8.4	火灾自动报警系统检测	55
8.5	消防应急照明和疏散指示系统检测	58
9	地下空间消防给水与灭火系统检测	59
9.1	一般规定	59
9.2	给水与灭火系统检测	59
10	地下空间防烟、排烟、通风和空气调节系统检测	62
10.1	一般规定	62
10.2	风管检查与检测	62
10.3	防烟、排烟检查与检测	63
10.4	通风与空调系统检测	63
11	地下空间环境保护监测	65
11.1	一般规定	65
11.2	噪声监测	65
11.3	振动监测	67
11.4	废水监测	67
11.5	废气监测	69
11.6	电磁辐射监测	72
11.7	粉尘监测	74
附录 A	已有结构构件材料强度标准值的确定	76
附录 B	装修/装饰材料进场验收记录表	77
附录 C	地质雷达法	78
附录 D	声波法	80
附录 E	隧道激光断面仪法	81

1 总 则

1.0.1 为了确保广东省城市地下空间工程质量和正常使用功能，规范地下空间检测和监测方法，为设计、施工验收及运行维护提供可靠依据，使城市地下空间质量检测和安全监测工作满足安全适用、技术先进、数据准确、正确评价的要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于广东省城市地下空间施工和运营阶段的检测与监测。

本标准不适用于生产和贮存火药、炸药、弹药、火工品及各类危化品等有爆炸危险的场所的检测与监测。

1.0.3 地下空间检测和监测方法应根据其特点和适用范围，考虑地质条件、地下工程隐蔽施工、地下特殊环境和保证安全等因素，因地制宜地进行合理选择搭配。检测与监测结果应综合分析评价。

1.0.4 地下空间的检测和监测除应执行本标准外，尚应符合国家、地方现行有关强制性标准及规定。

2 术语

2.1 术语

2.0.1 地下空间 underground space

地表以下以土体或岩体为主要介质的空间领域。城市地下空间是指城市规划区内地表以下的空间。地下空间涵盖地下室、轨道交通、地下道路交通、地下人防工程、地下停车库、地下综合管廊和地下商业等多种地下建构物。

2.0.2 地下建筑 underground building

地表以下以土和岩石为载体构成的、覆土层深度超过 2m 的房屋建筑空间，包括地下公共建筑、工业仓储建筑、停车库、地下空间综合体和建筑组合空间形态。

2.0.3 地下结构 structure of underground space

是指地铁隧道等线形结构物以及地下室、地下停车场、地下商场、地下旅馆、地下娱乐场所及地下餐厅、人防工事等平面结构物的统称。

2.0.4 地下室 basement

在房屋中室内地平面低于室外地平面的高度超过该房间净高 1/2 的建筑空间。

2.0.5 城市轨道交通 urban rail transit 或 mass transit

在不同型式轨道上运行的大、中运量城市公共交通工具，是城市中地铁、轻轨、单轨、直线电机、自动导向、磁浮等轨道交通的总称。

2.0.6 矿山法 mining method

矿山法是指用钻眼爆破的方法开挖断面，修筑地下工程的暗挖施工方法。

2.0.7 盾构法 shield method

用盾构修筑隧道的暗挖施工方法，盾构是一种钢制壳体内配有开挖和拼装衬砌管片等设备，在钢壳体的保护下进行开挖、推进、衬砌和注浆等作业。

2.0.8 沉管法 immersed tube method

预制管段沉放法的简称，是一种修筑水底隧道的施工方法。

2.0.9 防火 fire prevent

防止火灾发生，限制其影响的措施。

2.0.10 燃烧性能 burning behavior

当材料、产品及构件燃烧或遇火时，所发生的物理化学变化。

2.0.11 耐火性 fire resistance

建筑构件、配件或结构在一定时间内满足标准耐火试验的稳定性、完整性、隔热性的能力。

2.0.12 耐火极限 fire-resistance limit

是指按时间-温度标准曲线进行耐火试验，从受到火的作用时起，到失去支持能力或完

整性被破坏或失去防火作用时为止的这段时间，用小时表示。

2.0.13 电磁辐射 electromagnetic radiation

是指能量以电磁波的形式通过空间传播的现象。

2.0.14 比吸收率 specific absorption rate SAR

是指生物体每单位质量所吸收的电磁辐射功率，即吸收剂量率。

2.0.15 功率密度 power density

是指在空间某点上电磁波的量值用单位面积上的功率表示，单位为 W/m^2 。或在空间某点上坡印廷矢量的值。

2.0.16 等效辐射功率 equivalent radiation power

是指在 1000MHz 以下，等效辐射功率等于机器标称功率与对半波天线而言的天线增益的乘积。在 1000MHz 以上，等效辐射功率等于机器标称功率与全向天线增益的乘积。

2.0.17 热效应 thermal effect

是指吸收电磁辐射能后，组织或系统产生的直接与热作用有关的变化。

2.0.18 非热效应 non-thermal effect

是指吸收电磁辐射能后，组织或系统产生的与直接热作用没有关系的变化。

2.0.19 总挥发性有机化合物 total volatile organic compounds, TVOC

利用 Tenax GC 或 Tenax TA 采样，非极性色谱柱（极性指数小于 10）进行分析，保留时间在正己烷和正十六烷之间的挥发性有机化合物。

2.0.20 新风量 air change flow

在门窗关闭状态下，单位时间内由空调系统通道、房间的缝隙进入室内的空气总量，单位： m^3/h 。

2.0.21 A 声级 sound level A

用 A 计权网络测得的声级，用 L_A 表示，单位 dB。

2.0.22 等效声级 equivalent sound level

在规定时间内 A 声级的能量平均值，又称等效连续 A 声级，用 L_{Acq} 表示，单位为 dB。

2.0.23 昼间等效声级 day equivalent sound level

昼间 A 声级的能量平均值，用 L_d 表示，单位 dB。

2.0.24 夜间等效声级 night equivalent sound level

夜间 A 声级的能量平均值，用 L_n 表示，单位 dB。

2.2 符号

2.2.1 物理参数

T_0 ——标准状态的绝对温度；

T ——采样时采样点现场的温度与标准状态的绝对温度之和；

P_0 ——标准状态下的大气压力；

P ——采样时采样点的大气压力；

$Q_{m,n}$ ——第 m 个辐射 n 频段辐射的辐射水平；
 $Q_{m,n,L}$ ——对应于 n 频段的电磁辐射所规定的辐射限值；

2.2.2 强度参数

$f_{cor,m}$ ——芯样试件换算抗压强度样本的均值；
 $f_{cu,m0}^c$ ——被修正方法检测得到的换算抗压强度样本的均值；
 $f_{cu,i}^c$ ——修正后测区混凝土换算抗压强度；
 $f_{cu,i0}^c$ ——修正前测区混凝土换算抗压强度。
 $f_{cor,m}$ ——芯样试件换算抗压强度样本的均值；
 $f_{cu,m0,loc}^c$ ——被修正方法检测得到的与芯样试件对应测区的换算抗压强度样本的均值。
 $f_{cu,i}^c$ ——修正后测区混凝土换算抗压强度；
 $f_{cu,i0}^c$ ——修正前测区混凝土换算抗压强度；
 m_f ——按 n 个构件算得的材料强度平均值；
 s ——按 n 个构件算得的材料强度标准差；

2.2.3 几何参数

V_0 ——换算成标准状态下的采样体积；
 V ——采样体积；
 d ——衬砌厚度；
 t ——双程旅行时间；
 ν ——电磁波速；
 T ——乘客从站台层疏散至站厅公共区或其他安全区域的时间；
 Q_1 ——远期或客流控制期中超高峰小时 1 列进站列车的最大客流断面流量；
 Q_2 ——远期或客流控制期中超高峰小时站台上的最大候车乘客(人)；
 A_1 ——一台自动扶梯的通过能力(人/min·m)；
 A_2 ——疏散楼梯的通过能力(人/min·m)；
 N ——自动扶梯数量；
 B ——疏散楼梯的总宽度(m)，每组楼梯的宽度应按 0.55m 的整倍数计算。

2.2.4 系数

k ——材料标准强度计算系数；
 α ——确定材料强度标准值所取得概率下分位数；
 C ——检测所取得置信水平；
 ε_r ——相对介电常数；

3 基本规定

3.1 检测与监测内容和方法

3.1.1 地下空间施工阶段应进行质量检测 and 施工监测。

3.1.2 地下空间运营阶段应定期进行结构健康状况检测诊断和监测、空气质量检测、防火性能检测、消防电气设备检测、消防给水与灭火系统检测、防烟、排烟、通风和空气调节系统检测、环境保护监测。

3.1.3 地下空间检测和监测方法应根据被检测空间的可操作性合理选择。

3.2 检测与监测工作程序和要求

3.2.1 检测与监测工作程序为接受委托、调查和收集资料、制定检测与监测方案、仪器领用登记和检查、现场检测与监测、数据处理和结果评价、编写检测与监测报告。

3.2.2 调查和收集资料应包括下列内容：

1 收集检测与监测项目相关的岩土工程勘察资料、周边及地面建（构）筑物环境、设计图纸、施工方案、施工记录和施工中的异常情况；

2 委托方的具体要求；

3 现场踏勘，确定检测与监测项目现场实施的可行性。

3.2.3 应根据调查结果和检测与监测目的，选择检测与监测方法，制定检测与监测方案。检测与监测方案应包括下列内容：工程概况，检测与监测方法及其依据的标准，抽样(测点布置)方案，检测与监测数量，所需机械或人工配合，检测与监测所使用的仪器，检测与监测所需时间或周期，点位布置图，精度，频率，控制值、预警值标准及异常情况下的措施，质量管理、安全管理措施，信息反馈及应急措施等。

3.2.4 检测与监测仪器设备必须在计量检定周期的有效期内。检测与监测前应对仪器设备检查调试。

当现场操作环境不符合仪器设备使用要求时，应采取有效的措施消除环境影响。

3.2.5 现场检测与监测应先从对环境或检测对象本身没有影响的项目开始，最后做对环境或检测对象有影响的项目。

3.2.6 现场检测与监测期间，应遵守国家有关安全生产的规定。

3.2.7 当发现检测与监测数据异常时，检测人员应查找原因。属于操作失误、仪器故障或环境条件不满足要求等，应重新检测与监测。

3.2.8 检测数据应符合下列要求：

1 检测采样、样品运输、样品保存、样品交接和实验室分析的原始记录应在记录表格或专用记录本上按规定格式，对各栏目认真填写。个人不得擅自销毁，按期归档保存，涉及同一检测报告的原始记录一并归档；

2 各种手写原始记录均使用墨水笔或档案用圆珠笔书写，做到字迹端正、清晰。如原始记录上数据有误需改正时，应将错误的数字划两道横线，再在错误数字的上方写上正确的数字，并在右下方签名(或盖章)。

3.2.9 如果检测结果异常是施工质量问题造成的，应扩大检测与监测范围。当需要进行验证或扩大检测时，应得到有关各方的确认。当对检测结果出现争议时，应委托得到各方认可的第三方检测机构进行检测。

3.2.10 地下空间的桩基检测方法、数量及验证与扩大检测应执行行业标准《建筑桩基检测技术规范》JGJ106 及广东省标准《建筑地基基础检测技术规范》DBJ/T15-60 的有关规定。

3.2.11 检测报告应准确、完整，检测与监测数据应真实、齐全。内容应包括：

1 工程名称、地点，建设、勘察、设计、监理、委托方和施工单位，基础、结构形式，设计要求，检测目的，检测依据，检测数量，检测日期；

2 地质条件描述；

3 受检测对象；

4 检测点的布置、抽样；

5 检测方法、仪器设备，检测过程描述；

6 检测数据处理分析，绘制曲线、表格和汇总结果；

7 检测结论；

8 附图、附表等。

3.2.12 检测与监测机构应通过计量认证，第三方机构应具备检测与监测的资质。

3.2.13 检测与监测人员应经过培训合格，持证上岗。

3.3 安全等级与报警值控制值

3.3.1 工程监测安全等级应根据地下空间工程的自身风险等级、周边环境风险等级和地质条件复杂程度进行划分。地下空间施工阶段应委托第三方监测。

3.3.2 地下空间工程的自身风险等级应根据支护结构发生变形或破坏、岩土体失稳等的可能性和后果的严重程度，采用工程风险评估的方法确定，也可根据基坑设计深度、隧道埋深和断面尺寸等按表 3.3.2 进行划分。

表 3.3.2 地下空间工程的自身风险等级

工程自身风险等级		等级划分标准
基坑工程	一级	设计深度大于或等于 20m 的基坑
	二级	设计深度大于或等于 10m 且小于 20m 的基坑
	三级	设计深度小于 10m 的基坑
隧道工程	一级	超浅埋隧道；超大断面隧道
	二级	浅埋隧道；近距离并行或交叠的隧道；盾构始发与接收区段；大断面隧道
	三级	深埋隧道；一般断面隧道

注：1 超大断面隧道是指断面尺寸大于 100m² 的隧道；大断面隧道是指断面尺寸在 50m²~100m² 的隧道；

一般断面隧道是指断面尺寸在 10m²~50m²的隧道；

2 近距离隧道是指两隧道间距在一倍开挖宽度(或直径)范围以内；

3 隧道深埋、浅埋和超浅埋的划分根据施工工法、围岩等级、隧道覆土厚度与开挖宽度（或直径），结合工程经验综合确定。

3.3.3 周边环境风险等级宜根据周边环境发生变形或破坏的可能性和后果的严重程度，采用工程风险评估的方法确定，也可根据周边环境的类型、重要性、与工程的空间位置关系和对工程的危害性按表 3.3.3 划分。

表 3.3.3 周边环境风险等级

周边环境风险等级	等级划分标准
一级	主要影响区内存在既有轨道交通设施、重要及密集建(构)筑物、重要桥梁与隧道、河流、湖泊或重要地下管线
二级	主要影响区内存在一般建(构)筑物、一般桥梁与隧道、高速公路； 次要影响区内存在既有轨道交通设施、重要建(构)筑物、重要桥梁与隧道、河流或湖泊； 隧道工程上穿既有轨道交通设施
三级	主要影响区内存在一般地下管线或一般市政设施； 次要影响区内存在一般建(构)筑物、一般桥梁与隧道、高速公路

3.3.4 地质条件复杂程度可根据场地地形地貌、工程地质条件和水文地质条件按表 3.3.4 划分。

表 3.3.4 地质条件复杂程度

地质条件复杂程度	等级划分标准
复杂	地形地貌复杂；不良地质作用强烈发育；特殊性岩土需要专门处理；地基、围岩和边坡的岩土性质较差；地下水对工程的影响较大，需要进行专门研究和治理
中等	地形地貌较复杂；不良地质作用一般发育；特殊性岩土不需要专门处理；地基、围岩和边坡的岩土性质一般；地下水对工程的影响较小
简单	地形地貌简单；不良地质作用不发育；地基、围岩和边坡的岩土性质较好；地下水对工程无影响

注：符合条件之一即为对应的地质条件复杂程度，从复杂开始，向中等、简单推定，以最先满足的为准。

3.3.5 地下工程监测安全等级可按表 3.3.5 划分，并应根据经验结合地质条件复杂程度进行调整。

表 3.3.5 地下工程监测安全等级

周边环境风险等级	工程风险等级	一级	二级	三级
	工程监测安全等级			
一级	一级	一级	一级	一级
二级	二级	一级	二级	二级

三级	一级	二级	三级
----	----	----	----

3.3.6 明挖法和盖挖法基坑支护结构和周围岩土体的监测项目控制值应根据工程地质条件、基坑设计参数、工程监测等级及工程经验等确定，当无工程经验时，可按表 3.3.6-1 和表 3.3.6-2 确定。

3.3.7 盾构法隧道管片结构竖向位移、净空收敛和地表沉降控制值应根据工程地质条件、隧道设计参数、工程监测等级及工程经验等确定，当无工程经验时，可按表 3.3.7-1 和表 3.3.7-2 确定。

表 3.3.6-1 明挖法和盖挖法基坑支护结构和周围岩土体监测项目及控制值

监测项目	支护结构类型、岩土类型		工程监测安全等级一级			工程监测安全等级二级			工程监测安全等级三级		
			累计值 (mm)		变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)		变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)		变化速率 (mm/d)
			绝对值	相对基坑深度 (H) 值		绝对值	相对基坑深度 (H) 值		绝对值	相对基坑深度 (H) 值	
支护桩 (墙) 顶 竖向位移	土钉墙、型钢水泥土墙		-	-	-	-	-	-	30~40	0.5%~0.6%	4~5
	灌注桩、地下连续墙		10~25	0.1%~ 0.15%	2~3	25~30	0.15%~0.3%	3~4	30~40	0.15%~0.3%	3~4
支护桩 (墙) 顶 水平位移	土钉墙、型钢水泥土墙		-	-	-	-	-	-	30~60	0.6%~0.8%	5~6
	灌注桩、地下连续墙		15~25	0.1%~ 0.15%	2~3	25~30	0.15%~0.3%	3~4	30~40	0.2%~0.4%	3~4
支护桩 (墙) 体 水平位移	型钢水泥土 墙	坚硬~中 硬土	-	-	-	-	-	-	40~50	0.40%	6
		中软~软 弱土	-	-	-	-	-	-	50~70	0.70%	
	灌注桩、地下 连续墙	坚硬~中 硬土	20~30	0.15%~ 0.2%	2~3	30~40	0.2%~0.4%	3~4	40~50	0.2%~0.4%	4~5
		中软~软 弱土	30~50	0.2%~0.3%	2~4	50~60	0.3%~0.5%	3~5	60~70	0.5%~0.7%	4~6
地表沉降	坚硬~中硬土		20~30	0.15%~ 0.2%	2~4	30~40	0.2%~0.3%	2~4	40~50	0.3%~0.4%	2~4
	中软~软弱土		30~40	0.2%~0.3%	2~4	40~50	0.3%~0.5%	3~5	50~60	0.4%~0.6%	4~6
立柱结构竖向位移			10~20	-	2~3	10~20	-	2~3	10~20	-	2~3

支护墙结构应力	(60%~70%)f	(70%~80%)f	(70%~80%)f
立柱结构应力			
支撑轴力	最大值:(60%~70%)f	最大值:(70%~80%)f	最大值:(70%~80%)f
锚杆拉力	最小值:(80%~100%)f _y	最小值:(80%~100%)f _y	最小值:(80%~100%)f _y

注: 1 H—基坑设计深度, f—构件的承载能力设计值, f_y—支撑、锚杆的预应力设计值;

2 累计值应按表中绝对值和相对基坑深度(H)值两者中的小值取用;

3 支护桩(墙)顶隆起控制值宜为 20mm;

4 嵌岩的灌注桩或地下连续墙控制值可按表中数值的 50%取用。

表 3.3.6-2 竖井井壁支护结构净空收敛监测项目控制值

监测项目	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
竖井井壁支护结构净空收敛	30	2

表 3.3.7-1 盾构法隧道管片结构竖向位移、净空收敛监测项目控制值

监测项目及岩土类型		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
管片结构沉降	坚硬~中硬土	10~20	2
	中软~软弱土	20~30	3
管片结构差异沉降		0.04%L _s	-
管片结构净空收敛		0.2%D	3

注:1 L_s—沿隧道轴向两监测点间距, D—隧道开挖直径。

2 表中土性指标好取低值, 土性指标差取高值。

表 3.3.7-2 盾构法隧道地表沉降监测项目控制值

监测项目及岩土类型		工程监测等级					
		一级		二级		三级	
		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
地表 沉降	坚硬~中硬土	10~20	3	20~30	4	30~40	4
	中软~软弱土	15~25	3	25~35	4	35~45	5
地表隆起		10	3	10	3	10	3

注:1 本表主要适用于标准断面的盾构法隧道工程。

2 表中土性指标好取低值, 土性指标差取高值。

3.3.8 矿山法隧道支护结构变形、地表沉降控制值应根据工程地质条件、隧道设计参数、工程监测等级及工程经验等确定, 当无工程经验时, 可按表 3.3.8-1 和表 3.3.8-2 确定。

表 3.3.8-1 矿山法隧道支护结构变形监测项目控制值

监测项目及区域		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
拱顶	区间	10~20	3
沉降	车站	20~30	
底板竖向位移		10	2
净空收敛		10	2
中柱竖向位移		10~20	2

表 3.3.8-2 矿山法隧道地表沉降监测项目控制值

监测等级及区域		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
一级	区间	20~30	3
	车站	40~60	4
二级	区间	30~40	3
	车站	50~70	4
三级	区间	30~40	4

注: 1 表中数值适用于土的类型为中软土、中硬土及坚硬土中的密实砂卵石地层;

2 大断面区间的地表沉降监测控制值可参照车站执行。

3.3.9 地下工程周边建（构）筑物监测项目控制值的确定应符合下列规定：

1 建（构）筑物监测项目控制值应在调查分析建（构）筑物使用功能、建筑规模、修建年代、结构形式、基础类型、地质条件等的基础上，结合其与工程的空间位置关系、已有沉降、差异沉降和倾斜以及工程经验进行确定，并应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007-2002 的有关规定；

2 对风险等级为一级、二级的建（构）筑物，宜通过结构检测、计算分析和安全性评估等确定建（构）筑物的沉降、差异沉降和倾斜控制值；

3 当无工程经验时，对于风险等级较低且无特殊要求的建（构）筑物，沉降控制值宜为 10mm~30mm，变化速率控制值宜为 1mm/d~3mm/d，差异沉降控制值宜为 $0.001l \sim 0.002l$ （ l 为相邻基础的中心距离）。

3.3.10 地下工程周边地下管线监测项目控制值的确定应符合下列规定：

1 地下管线监测项目控制值应在调查分析管线功能、材质、工作压力、管径、接口形式、埋置深度、铺设方法、铺设年代等的基础上，结合其与工程的空间位置关系和当地工程经验进行确定；

2 对风险等级较高的地下管线，宜通过专项调查、计算分析和安全性评估确定其沉降和差异沉降控制值；

3 当无工程经验时，对风险等级较低且无特殊要求的地下管线沉降及差异沉降控制值可按表 3.3.10 确定。

表 3.3.10 地下管线沉降及差异沉降控制值

管线类型	沉 降		差异沉降(mm)
	累计值(mm)	变化速率(mm/d)	
燃气管道	≤ 30	2	$0.3\%L_g$
雨污水管	≤ 20	2	$0.25\%L_g$
供水管	≤ 30	2	$0.25\%L_g$

注: 1 燃气管道的变形控制值适用于 100mm~400mm 的管径；2 L_g —管节长度。

3.3.11 地下空间工程周边高速公路与城市道路监测项目控制值的确定应符合下列规定：

1 高速公路与城市道路监测项目控制值应在调查分析道路等级、路基路面材料、道路现状情况和养护周期等的基础上，结合其与工程的空间位置关系和当地工程经验等进行确定，并应符合现行行业标准《公路沥青路面养护技术规范》JTJ 073.2 和《公路水泥混凝土路面养护技术规范》JTJ 073.1 的有关规定；

2 对风险等级较高或有特殊要求的高速公路与城市道路，宜通过现场探测和安全性评估等确定其沉降控制值；

3 当无工程经验时，对风险等级较低且无特殊要求的高速公路与城市道路，路基沉降控制值可按表 3.3.11 确定。

表 3.3.11 路基沉降控制值

监测项目		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
路基沉降	高速公路、城市主干道	≤30	3
	一般城市道路	≤40	3

3.3.12 地下工程周边城市轨道交通既有线监测项目控制值的确定应符合下列规定：

1 城市轨道交通既有线监测项目控制值应在调查分析地质条件、线路结构形式、轨道结构形式、线路现状情况等的基础上，结合其与工程的空间位置关系、工程经验，进行必要的结构检测、计算分析和安全性评估后确定；

2 城市轨道交通既有线路结构及轨道几何形位的监测项目控制值应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013 的有关规定，并应满足线路维修的要求；

3 当无工程经验时，城市轨道交通既有线隧道结构变形控制值可按表 3.3.12 确定。

表 3.3.12 城市轨道交通既有线隧道结构变形控制值

监测项目	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
隧道结构沉降	≤10	2
隧道结构上浮	5	1
隧道结构水平位移	≤10	2
隧道差异沉降	0.04%L _s	-
隧道结构变形缝差异沉降	≤4	1

注: L_s—沿隧道轴向两监测点间距。

4 隧道施工过程检测与监测

4.1 一般规定

4.1.1 本章隧道涉及采用明挖法、矿山法、盾构法、沉管法及顶管法等工法形成的线形地下结构物，其它地下结构物检测与监测应按现行有关国家、行业标准执行。

4.1.2 隧道施工检测监测前的准备工作应符合下列要求：

- 1 监测、检测技术要求；
- 2 收集和熟悉隧道工程的岩土工程勘察、设计、施工组织设计和周边环境等资料；
- 3 进行现场调查，复核相关资料与现场状况的关系，确定拟监测项目现场实施的可行性；
- 4 制定工作计划，选定技术参数。

4.1.3 隧道监测前应编制监测方案，并应经建设单位、设计单位、监理单位等同意，并经过专家评审后方可实施。监测方案应包含工程概况、工程地质条件、结构埋深、支护类型、开挖方式、监测项目、编制依据、监测范围、监测对象、基准点设置、测量方法和精度等级、监测人员配备和投入使用的主要仪器设备、监测周期和监测频率、监测预警报警、异常及危险情况下的监测措施、质量管理、监测作业安全及应急管理制度。

4.1.4 隧道施工监测包括仪器监测和巡视检查，监测对象包括隧道结构以及其周边环境监测。

4.1.5 仪器监测内容主要为隧道结构、其周边岩土体和地面建（构）筑物，巡视检查内容主要包含支护结构、施工工况、周边环境和监测设施。

4.1.6 监测点的布置应能反映监测对象的实际状态及其变化趋势，监测点应布置在监测对象受力及变形关键点和特征点上。监测点应埋设牢固，并便于监测。易遭毁坏的监测点应加设保护装置。

4.1.7 对同一监测对象进行变形测量时宜采用相同的观测路线、观测方法、观测仪器和观测人员，应在基本相同的时段和环境条件下工作。

4.1.8 监测项目初始值应在相关施工工序之前测定，并取至少连续观测 3 次的稳定值的平均值作为初始值。中间观测值出现异常应分析原因，采取相应措施，必要时及时复测。

4.1.9 地上与地下监测应同步实施。

4.1.10 在变形观测过程中变形达到或超过报警值时，应立即报告有关各方，并调整加大变形监测频率，必要时进行实时变形监测。

4.1.11 位移监测应按下列要求建立变形监测控制网：

- 1 水平位移监测控制网的布设应符合下列要求：

(1) 水平位移监测控制网应布设独立控制网，水平位移监测控制网的基准点不应少于 3 个；

(2) 水平位移监测控制网可采用三角网、导线网、边角网、视准轴线和 GPS 网等形式；

(3) 水平位移监测控制网中的基准点应埋设在变形区外，按变形测量精度要求可建造具有强制对中器的观测墩，亦可采用对中误差小于 0.5mm 的光学对中装置。在变形观测中应定期对其稳定性进行检测。

2 垂直位移监测控制网的布设应符合下列要求：

(1) 垂直位移监测控制网宜采用当地高程系统或所测工程的高程系统，当条件限制时，可采用独立的高程系统；

(2) 垂直位移监测控制网可布设成闭合、附合或结点水准路线等形式；

(3) 垂直位移监测控制网高程基准点不应少于 3 个，基准点可埋设在变形区外的露头基岩、密实的砂卵石层或原状土层中，也可埋设在稳固建筑物的墙上。受条件限制时，在变形区内也可埋设在隧道变形影响深度以下的深层金属管高程基准点。在变形观测中应定期对高程基准点进行检测。

4.1.12 自动化监测可利用网络通信手段实现远程实时监控和信息传输。应符合下列要求：

1 根据工程监控需要，下列情况可采用自动化监测：

(1) 监测频率要求高或需要连续监测，隧道或周边环境变形或变形速率超过警戒值、出现危险征兆或进行工程抢险时；

(2) 因条件限制或有安全风险难以进行人工监测时；

(3) 其他适合采用自动化监测的情况。

2 自动化监测的技术要求不应低于常规监测方法的要求。

3 自动化监测系统使用前应进行检验，自动化监测结果宜与人工监测结果比对；使用过程中应定期对自动化监测系统进行检查，保证系统运作正常和测量数据可靠。

4 监测前应在收集资料基础上，进行现场踏勘调查，编制自动化监测技术方案。根据监测对象、范围、方法和现场环境等方面的具体情况，选取全自动化监测方式或自动化监测结合人工监测方式。

5 自动化监测根据测量数据采集手段，可采用光学仪器自动化监测和力学传感器自动化监测两种类型，有条件时，可使用卫星导航定位测量接收机等设备。

6 测试前应做好测点检查，进行自动化监测系统的安装调试，保证系统的测试、数据采集和信号传输等功能正常。

7 数据的采集、通信传输可采用无线方式或有线方式。采用无线传输方式时，环境条件需要满足信号传输要求，数据采集系统应具有数据临时存储功能；采用有线传输方式时，应对敷设线路做

好保护，光纤或电缆连接处应有绝缘和防水措施。

8 信息管理系统应具有数据自动上传、处理、分析、生成过程曲线及变化趋势曲线、自动判别、报警、查询和信息发布等功能。

9 当发现自动监测的数据异常变化时，应及时进行现场检查，对数据异常变化的原因进行分析，排查仪器或通信系统有无故障，或者测点是否被外界人为触碰或破坏，必要时采取弥补措施。

4.1.13 采用光学仪器设备进行测点变形自动化监测时，应符合以下规定：

- 1 应定期对基准点进行联测。
- 2 采用全站仪进行测点变形自动化监测时，还应符合以下规定：
 - 1) 根据工程需要进行测点竖向变形、水平变形或纵向变形的一个或多个变形量的监测；
 - 2) 需采用具有自动跟踪功能的全站仪进行监测；
 - 3) 全站仪自动化监测系统一般由全站仪、观测墩（或支架）、基准点、工作基点、监测点、供电设备、有线（或无线）通讯系统、计算机和自动化监测软件等组成；
 - 4) 测站应设立在基准点或工作基点上，并使用有强制对中装置的观测台或观测墩；
 - 5) 基准点和监测点埋设宜采用反光棱镜；
 - 6) 每次测量不少于 2 测回；
 - 7) 应采取措施保证设备在小角度条件下能有效跟踪识别不同的测点；
 - 8) 当观测距离、光线或视线阻挡等因素影响，一台仪器无法满足观测要求时，应增加观测仪器。多台观测仪器需要联测时，宜采用具有联测精度分析功能的软件；
 - 9) 数据分析处理软件应具有观测数据自动检核、超限数据自动处理、不合格数据自动重测和观测目标被遮挡时自动延时等功能。

4.1.14 采用力学传感器进行测点应力应变自动化监测时，应符合以下规定：

- 1 采用的传感器应与数据采集系统匹配，数据采集系统应能激励、测读采用的传感器；
- 2 采集系统应有良好的防潮、避雷等防干扰功能。

4.1.15 采用静力水准仪进行测点沉降自动化监测时，应符合以下规定：

- 1 各等级静力水准观测精度要求应符合有关规范规定；
- 2 观测前向连通管内充水时，应保持管内液体无气泡。可采用自然压力排气充水法或人工排气充水法进行充水；
- 3 连通管宜水平铺设，连通管任何一段的高度都应低于蓄水罐底部，采取措施避免连通管受到阳光直射；
- 4 应保持连通管路无压折，当通过障碍物时，应防止连通管在竖向出现 Ω 形而产生滞气“死角”；

5 观测时间应选在气温稳定的时段，各测点的环境温度不宜相差过大。观测读数应在液体完全呈静态下进行。

4.2 隧道施工监测

4.2.1 隧道施工阶段应对其支护结构进行监测，隧道的监测项目应根据表 4.2.1 选择。

表4.2.1 隧道施工监测项目

隧道工法	仪器监测项目		
	应测	宜测	可测
暗挖法	初撑拱顶沉降、底板竖向位移、净空收敛、中柱结构竖向位移、地表、周边管线、周边建筑物等沉降	隧道拱脚位移、中柱倾斜、中柱应力、初撑和衬砌应力、隧道净空收敛、隧道拱顶沉降监测	
盾构法	管片竖向位移、水平位移和净空收敛，地表、周边管线、周边建筑物等沉降	管片应力、连接螺栓应力、围岩压力、	衬砌环应力、地层与管片的接触应力监测
沉管法	混凝土测温、管节应力、管节姿态、管节定位、管节接头张开量	沉降监测、腐蚀监测	水压监测或覆盖层土压力监测
顶管法	周边环境的水平位移和垂直位移测量，地表、周边管线、周边建筑物等沉降	地下水位监测	
明挖法	围护墙（边坡）顶部水平位移、围护墙（边坡）顶部竖向位移、深层水平位移、立柱竖向位移、支撑轴力、锚杆轴力、地下水位、周边地表竖向位移、周边建筑竖向位移和倾斜、周边管线沉降和地表裂缝、周边管线竖向位移、周边道路竖向位移	围护墙内力、周边建筑水平位移	立柱内力、坑底隆起、围护墙侧向土压力、孔隙水压力、土体分层竖向位移、周边管线水平位移

4.2.2 水平位移测量可采用前方交会法、边角交会法、导线测量法、极坐标法、小角法、投点法、视准线法等。垂直位移测量可采用精密几何水准测量、静力水准测量及三角高程测量等方法。

4.2.3 变形测量应遵守下列规定：

- 1 测量前应对施工现场工程岩土变化和支护工程的状况进行察看并作简明记录；
- 2 分步施工时，每步应有完整的连续观测数据；
- 3 雨后、地震等对变形体产生显著影响时应增加观测次数并缩短两次观测之间的间隔时间；
- 4 根据变形体的变形趋势，变形体趋于稳定期间可延长两次观测之间的间隔时间，急剧变动期间应缩短两次观测之间的间隔时间。

4.2.4 应力应变测试和弹性波速测试可选用压力盒、应变片、轴力计、锚杆测力计和波速仪等物理仪器进行。

4.2.5 深层水平位移可选用测斜仪进行测试。地下水位可选用钢尺水位计和压力式水位计进行测试。分层沉降可选用分层沉降计和深层沉降标进行测试。振动监测可选用加速度采集器进行测试。

4.2.6 隧道工程施工监测周期应从施工前开始，直至施工完成且结构和周边环境变形稳定后终止。

4.2.7 隧道内观测点应在围岩工程施工的同时埋设。初始观测值应在开挖后 12h 内或 0.5 倍洞径范围内采集。观测点断面应测注线路里程（或坐标）和高程。

4.2.8 隧道拱顶下沉和净空收敛等项目宜在同一断面内进行，断面间距宜为 10m~50m，风险很大的部位，可加密监测，断面间距 5m。测点布设应按表 4.2.8 进行选择。

表 4.2.8 隧道测点布设原则

监测项目	监测方法	监测仪器	布点原则
拱顶下沉	水准测量、三角高程测量	水准仪、全站仪	断面间距宜
净空收敛	位移测量、距离测量	全站仪、三维激光扫描仪、收敛计	10m~50m

4.2.9 各项变形测量项目的测量频率，应根据变形速率和变形量的大小以及施工状况按表 4.2.9 选择。

表 4.2.9 变形测量项目的测量频率

变形速率 (mm/d)	施工状况	测量频率 (次/d)
>10	距工作面 1 倍洞径	2/1
5~10	距工作面 1、2 倍洞径	1/1
1~4	距工作面 2~5 倍洞径	1/2
<1	距工作面 >5 倍洞径	1/>7

注：d 为时间天。

4.3 施工隧道周边环境变形监测

4.3.1 环境变形监测应包括下列主要内容：

- 1 线路地表和道路沉降观测、周边桥梁、既有轨道交通的变形监测；
- 2 变形区内燃气、热力和大直径给水、排水等管线变形测量；
- 3 变形区内可能受影响的建（构）筑物，隧道穿越的建筑物和文物、古迹建筑物等倾斜度、水平位移、沉降和裂缝测量；
- 4 地下水位变化观测。

4.3.2 周边建筑沉降监测点的布置应符合下列规定：

- 1 建筑四角、沿外墙每 10m~15m 处或每隔 2 根~3 根柱的柱基或柱子上，且每栋建筑不应少于 3 个监测点；

- 2 不同地基或基础的分界处；
- 3 不同结构的分界处；
- 4 变形缝、抗震缝或严重开裂处的两侧；
- 5 新、旧建筑或高、低建筑交接处的两侧；
- 6 高耸构筑物基础轴线的对称部位，每一构筑物不应少于 4 点。

4.3.3 周边建筑水平位移监测点应布置在建筑的外墙墙角、外墙中间部位的墙上或柱上、裂缝两侧以及其他有代表性的部位，监测点间距视具体情况而定，一侧墙体的监测点不宜少于 3 点。

4.3.4 周边建筑倾斜监测点的布置应符合下列规定：

- 1 监测点宜布置在建筑角点、变形缝两侧的承重柱或墙上；
- 2 监测点应沿主体顶部、底部上下对应布置，上、下监测点应布置在同一竖直线上；
- 3 当由基础的差异沉降推算建筑倾斜时，监测点的布置应符合本标准第 4.3.2 条的规定。

4.3.5 周边建筑物裂缝、地表裂缝监测点应选择有代表性的裂缝进行布置，当原有裂缝增大或出现新裂缝时，应及时增设监测点。对需要观测的裂缝，每条裂缝的监测点应不少于 2 个，且宜设置在裂缝的最宽处及裂缝末端。

4.3.6 周边管线监测点的布置应符合下列规定：

1 应根据管线修建年份、类型、材质、尺寸、接口形式及现状等情况，综合确定监测点布置和埋设方法，应对破坏后果严重的、距离基坑近的、抗变形能力差的管线进行重点监测；

2 监测点宜布置在管线的节点、转折点、变坡点、变径点等特征点和变形曲率较大的部位，监测点水平间距宜为 15m~25m，并宜向隧道边缘以外延伸 1 倍~3 倍的隧道埋深；

3 供水、燃气、供热等压力管线宜设置直接监测点，也可利用窰井、阀门、抽气口以及检查井等管线设备作为监测点，在无法埋设直接监测点的部位，可设置间接监测点。

4.3.7 地表沉降观测点应埋设在原状土层中，并应加设保护装置。沉降观测点稳定后，方可进行初始观测。

4.3.8 土体分层竖向位移监测孔应布置在靠近被保护对象且有代表性的部位，数量应视具体情况确定。在竖向布置上测点宜设置在受影响的各层土的界面上，也可等间距设置。测点深度宜大于 2 倍基坑开挖深度、测点数量应根据基坑开挖、降水对土体垂直方向位移的影响范围以及土层的分布确定。

4.3.9 周边环境爆破振动监测点应根据保护对象的重要性、结构特征、距离爆源的远近等布置。对于同一类型的保护对象，监测点宜选择在距离爆源最近、结构性状最弱的保护对象上。当因地质、

地形等情况，爆破对较远处保护对象可能产生更大危害时，应增加监测点。监测点宜布置在保护对象的基础以及其他具有代表性的位置。

4.3.10 隧道穿越的地表沉降观测点应和隧道拱顶下沉和净空水平收敛点布置在同一断面内，并应在线路中线上及其两侧变形区内布设沉降观测点，隧道影响区内均应布置监测点，观测点纵横间距见表 4.3.10。

表 4.3.10 地表沉降观测点间距

隧道埋设深度 H	纵向间距 (m)	横向间距 (m)
$H > 2B$	20~50	7~10
$B < H < 2B$	10~20	5~7
$H < B$	10	2~5

注： B 为隧道开挖宽度。

4.3.11 隧道穿越地面建筑物、铁路、桥梁、管线时，不仅应在施工全过程中对隧道自身和穿越体进行观测，还应增加对其周围土体变形观测。环境变形监测应在施工降水前进行初始观测，并应从距开挖掌子面前方 $H + h$ (H 为隧道埋深， h 为隧道高度) 处开始，直到观测对象变形稳定后结束。

4.3.12 隧道周边环境变形监测中水位监测孔的布设应符合下列要求：
补充

4.4 邻近开挖对既有隧道影响监测

4.4.1 邻近开挖施工前，应结合既有隧道的安全保护要求，确定邻近开挖对既有隧道的影响等级。邻近开挖对既有隧道的影响等级宜根据开挖工法、开挖工程影响分区及其与既有隧道接近程度进行划分。开挖工程与既有隧道接近程度见表 4.4.1-1，开挖工程影响分区见表 4.4.1-2，邻近开挖对既有隧道的影响等级划分见表 4.4.1-3。

表 4.4.1-1 开挖工程与既有隧道接近程度

开挖工程类型	相对净距	接近程度
明挖、盖挖法开挖隧道	$< 0.5H$	非常接近
	$0.5H \sim 1.0H$	接近
	$1.0H \sim 2.0H$	较接近
明挖、盖挖法开挖基坑、风道、出入口	$< 0.3H$	非常接近
	$0.3H \sim 0.5H$	接近
	$0.5H \sim 0.7H$	较接近
矿山法开挖	$< 1.0W$	非常接近
	$1.0W \sim 1.5W$	接近
	$1.5W \sim 2.5W$	较接近
盾构法或顶管法	$< 1.0D$	非常接近
	$1.0D \sim 2.0D$	接近
	$2.0D \sim 3.0D$	较接近

注：相对净距指外部开挖边线与既有隧道结构外边线最小净距离， H 为明挖、盖挖法开挖深度， W 为矿山法隧道毛洞跨度， D 为盾构法、顶管法隧道开挖外径或矩形顶管开挖长边宽度。

表 4.4.1-2 开挖工程影响分区

开挖工程类型	区域范围	影响分区
明挖、盖挖法开挖	结构正上方及外侧 $0.7H_1$ 范围内	强烈影响区 (A)
	结构外侧 $0.7H_1 \sim 1.0H_1$ 范围内	显著影响区 (B)
	结构外侧 $1.0H_1 \sim 2.0H_1$ 范围内	一般影响区 (C)
浅埋矿山法、盾构法开挖	隧道正上方及外侧 $0.7H_2$ 范围内	强烈影响区 (A)
	隧道外侧 $0.7H_2 \sim 1.0H_2$ 范围内	显著影响区 (B)
	隧道外侧 $1.0H_2 \sim 2.0H_2$ 范围内	一般影响区 (C)
深埋矿山法、盾构法开挖	隧道正上方及外侧 $1.0B$ 范围内	强烈影响区 (A)
	隧道外侧 $1.0B \sim 2.0B$ 范围内	显著影响区 (B)
	隧道外侧 $2.0B \sim 3.0B$ 范围内	一般影响区 (C)

注： H_1 为明挖、盖挖法开挖深度， H_2 为矿山法、盾构法开挖底板埋深， B 为矿山法、盾构法开挖毛洞跨度，浅埋矿山法、盾构法指开挖隧道顶部埋深小于 $3B$ ，深埋矿山法、盾构法指开挖隧道顶部埋深大于 $3B$ 。

表 4.4.1-3 邻近开挖对既有隧道的影响等级划分

接近程度 影响分区	非常接近	接近	较接近
	强烈影响区 (A)	特级	特级
显著影响区 (B)	特级	一级	二级
一般影响区 (C)	一级	二级	三级

注：1. 本表适用邻近开挖围岩等级 IV、V 的情况；开挖围岩等级为 I~III 的情况下，影响等级可降低一级；开挖围岩等级为 VI 的软土地区，或开挖地质条件复杂（表现为砂层、淤泥层、岩溶发育、断裂带、高富水等情况），影响等级应提高一级，特级时不再提高；

2. 既有隧道处于复杂的工程地质条件或存在工程地质灾害（表现为砂层、淤泥层、岩溶发育、断裂带、高富水等情况）的情况下，邻近开挖影响等级应结合周边工程经验综合确定，不宜低于一级；

3. 围岩等级应按现行标准《铁路隧道设计规范》TB10003 中的有关规定确定。

4.4.2 邻近开挖施工前，应编制既有隧道保护专项监测方案。且应征得产权单位的同意。

4.4.3 监测项目应及时反映邻近施工对既有隧道安全影响程度，应根据既有隧道的类型、邻近施工对既有隧道的影响等级按照表 4.4.3 选择。

表 4.4.3 既有隧道监测项目

监测对象	监测项目	邻近施工影响等级			
		特级	一级	二级	三级
隧道结构	水平位移	应测	应测	应测	宜测

	竖向位移	应测	应测	应测	宜测
	净空收敛	应测	应测	宜测	宜测
	差异沉降	应测	宜测	宜测	宜测
	裂缝	应测	应测	宜测	宜测
	断面椭变	应测	宜测	可测	可测
轨道和道床	变位	应测	宜测	可测	可测

注：1.当邻近开挖进行爆破作业时，应监测既有隧道结构的振动速度；

2.邻近开挖有降水措施、处于溶（土）洞区域或既有隧道底部存在承压水等情况下，需对地下水位变化进行监测；

3.应根据既有隧道类型选择监测项目，未铺设轨道类既有隧道（如电力隧道、综合管廊等），则无需进行轨道和道床的变位监测，明挖法暗埋隧道则无需断面椭变监测。

4.4.4 监测方式应根据既有隧道现场情况取舍，已运营隧道应以远程自动化监测方式为主。

4.4.5 监测项目的初始值应在邻近开挖实施前测定，人工监测应至少连续测取3次稳定值，取其平均值作为初始值，其中裂缝初始状态应进行调研并摄影留档。

4.4.6 监测点应埋设在既有隧道主体结构、道床等位置，埋设点不能影响其正常使用功能，监测点布置要求见表4.4.6。

表 4.4.6 监测点布置要求

监测项目	监测点布置位置	监测断面布置距离（m）
竖向位移	隧道道床、顶部、侧墙或腰部	≤10
水平位移	隧道道床、顶部、侧墙或腰部	≤10
净空收敛	隧道顶、底和侧墙中部	≤10
变形缝差异沉降	变形缝两侧对称布置	变形缝两侧5m范围内
裂缝	结构裂缝位置	重点位置观测
隧道椭变	隧道道床、顶部、侧墙或腰部	重点位置观测
道床和轨道变位	道床纵、横断面上	≤20

注：1 外部开挖为桩基作业时，每个桩位投影位置布置不少于1个监测断面；

2 对新增宽度大于0.2mm以上以及既有宽度大于0.5mm的典型结构裂缝，选取代表性的裂缝实施裂缝监测；

3 监测断面布置距离可根据工程实际需求或设计要求进行加密。

4.4.7 邻近施工对既有隧道的影响监测范围应根据施工工程类型、影响等级来设定，应符合表4.4.7的要求。

表 4.4.7 既有隧道监测范围

邻近施工工程类型	影响等级	监测范围
基坑工程	特级	投影区外扩不小于3倍基坑基底埋深
基坑工程	一、二级	投影区外扩不小于2倍基坑基底埋深

隧道工程	特级	投影区外扩不小于 3 倍开挖隧道洞径
隧道工程	一、二级	投影区外扩不小于 2 倍开挖隧道洞径

4.4.8 既有隧道监测频率应根据邻近施工工程影响等级、施工方法和进度、既有隧道结构评估结果、监测项目、地质条件等情况和特点，并结合当地类似项目工程经验确定。

4.4.9 既有隧道的监测周期应贯穿于邻近施工的全过程，从测定监测项目初始值开始，至邻近施工完成后监测区域数据稳定后结束。当最后 100d 的最大沉降速率小于 0.01mm/d~0.04mm/d 时，达到稳定状态。

4.4.10 邻近施工的监测应与既有隧道的监测建立联动，监测报警及应对措施应符合《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ 202 的要求。

4.5 监测成果及信息反馈

4.5.1 监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、图表、曲线、监测报告等。

4.5.2 现场监测资料应包括监测记录、现场巡查记录以及仪器、视频等电子数据资料。监测报告应包括日报表、警情快报、阶段性分析报告和总结报告。

4.5.3 外业测量结果和巡查记录必须在现场直接记录于监测记录表中。原始记录不得涂改、伪造和转抄。现场监测资料应符合下列要求：

- 1 使用专用的监测记录表格；
- 2 应有相应的工况描述；
- 3 监测数据应及时整理；
- 4 对监测数据的变化及发展情况应及时分析和评述；
- 5 采用电子文件存储记录的测试数据和处理结果，应采取有效措施，保证记录信息的可追溯性，

避免原始信息和数据的丢失或改动。

4.5.4 监测成果应做到数据可靠、正确判断、准确表达，及时报送。并用文字阐述与绘制变化曲线或图形相结合的形式表达。

4.5.5 监测单位应配备专业的信息化监测数据采集、处理和管理系统。

4.5.6 应结合施工工况、地质条件、环境条件以及监测数据定期对变形测量信息进行综合分析，对变形前期的时态曲线可进行回归分析，选择与实测数据拟合较好的函数进行处理。并应绘制隧道净空收敛、拱顶下沉、地表沉降和建筑物变形测量的过程曲线图及其变形与施工开挖工作面距离关系图。

4.5.7 数据处理、成果图表及分析资料应完整、清晰。监测数据的处理与信息反馈宜利用监测数据处理与信息管理系统专业软件或平台，其功能和参数应符合本标准的有关规定，并应具备数据采集、处理、分析、查询和管理一体化以及监测成果可视化的功能。

4.5.8 监测信息反馈应符合下列要求:

- 1 应建立畅通的信息反馈渠道,当实测变形值大于允许变形值时应及时通报主管部门采取措施;
- 2 当监测数据正常时,应不迟于次日把监测结果发送至建设和监理单位;
- 3 当监测数据超过报警值时,应立即把监测结果和报警信息发送至工程参建各方和监管部门,并不迟于次日提交监测报告。

4.5.9 监测报告应包括下列内容:

- 1 日报
 - 1) 工程施工概况;
 - 2) 现场巡查信息:巡查照片、记录等;
 - 3) 监测项目日报表:仪器型号、监测日期、观测时间、天气情况、监测项目的累计变化值、变化速率、控制值、监测点平面位置图等;
 - 4) 监测数据、现场巡查信息的分析与说明;
 - 5) 结论与建议。
- 2 警情快报
 - 1) 警情发生的时间、地点、情况描述、严重程度、施工工况等;
 - 2) 现场巡查信息:巡查照片、记录等;
 - 3) 监测数据图表:监测项目的累计变化值、变化速率值、监测点平面位置图;
 - 4) 警情原因初步分析;
 - 5) 警情处理措施建议。
- 3 阶段性报告
 - 1) 工程概况及施工进度;
 - 2) 监测数据图表:监测项目的累计变化值、变化速率值、时程曲线、断面曲线图、等值线图、监测点平面布置图;
 - 3) 监测数据、巡查信息的分析与说明;
 - 4) 结论与建议。
- 4 总结报告
 - 1) 工程概况;
 - 2) 监测目的、监测项目和监测依据;
 - 3) 监测点布设;

- 4) 采用的仪器型号、规格和元器件标定资料;
- 5) 监测数据采集和观测方法;
- 6) 现场巡查信息: 巡查照片、记录等;
- 7) 监测数据图表: 监测值、累计变化值、变化速率值、时程曲线、断面曲线图、等值线图、监测点平面布置图;
- 8) 监测数据、巡查信息的分析与说明;
- 9) 结论与建议。

4.6 隧道施工质量检测

I 矿山法隧道

4.6.1 矿山法隧道施工过程的质量控制和工程验收的质量检测, 内容包括隧道轮廓检测、初期支护检测、二次衬砌质量检测、材料检测以及防水质量检测。

4.6.2 隧道轮廓测量包括隧道开挖轮廓、喷层后的轮廓、衬砌后轮廓测量。

4.6.3 初期支护质量检测主要包括喷射混凝土厚度、强度检测、钢拱架质量、锚杆抗拔力检测以及二衬与初期支护间填充密实度、初衬背部空洞检测。

4.6.4 喷射混凝土厚度检测可分两个阶段进行。第一阶段是在喷射过程中的喷射厚度控制。第二阶段是在喷射完成后进行厚度检测。

每个断面拱、墙分别统计, 全部检查孔喷层厚度应有 80%以上不小于设计厚度。平均厚度不得小于设计厚度, 最小厚度不应小于设计厚度的 80%, 软弱破碎围岩喷层厚度不应小于设计规定的厚度。

4.6.5 喷射混凝土抗压强度试验宜采用喷大板切割法进行强度试验。隧道每 20 延米, 至少在拱部和边墙各取一组试样, 材料或配合比变更时另取一组, 每组至少取 3 个试块进行抗压强度试验。喷射混凝土的强度应符合设计文件要求。

4.6.6 喷射混凝土与围岩粘结强度试验宜采用直接拉拔法。强度标准按喷射混凝土与岩石的粘结力, I~III 级围岩不低于 0.8MPa, IV~VI 级围岩不低于 0.5MPa。

4.6.7 钢拱架质量检测应符合下列要求:

1 钢拱架在平面上应垂直于隧道中线, 在纵断面上其倾斜度不得大于 2°。在平面上的检测可用直角尺, 在纵断面上检测可用坡度规;

2 钢拱架之间必须用纵向钢筋连接, 架脚必须放在牢固的基础上。钢拱架应尽量靠近围岩, 当钢拱架与围岩之间的间隙过大时应设垫块;

3 钢拱架间距用钢卷尺测量, 其误差不应超过设计尺寸 50mm。

4.6.8 锚杆抗拔力应采用抗拔试验法检测。检测数量为锚杆总数的 1%，且不少于 3 根，设计变更或材料变更时应另作一组拉拔力检测。

4.6.9 喷射混凝土与围岩的密贴状况、围岩超挖回填状况可用附录 C 地质雷达法进行检测。

4.6.10 隧道衬砌质量检测主要包括衬砌混凝土强度、衬砌厚度、混凝土抗渗强度、衬砌背部空洞、衬砌钢筋的布置及钢筋保护层厚度检测。

1 衬砌混凝土强度检测应符合下列要求：

1) 混凝土施工过程中强度的检验，应在混凝土拌合、浇注过程中，进行随机抽样，制作标准试件，标准养护 28 d 进行抗压强度试验。每 10 延米至少随机抽取 2 组试件，应按国家标准《混凝土强度检验评定标准》GBJ107-87 进行强度评定，抗压强度应符合设计及规范要求；

2) 施工后混凝土强度检测应符合本标准第 4.6.3 条规定；

3) 沿隧道轴线每隔 20m 抽检一个断面。单洞隧道每个断面上不少于 5 个测区（分别布置于拱顶 1 个、拱部 2 个、直墙 2 个），连拱隧道 10 个测区。

相邻测区间距不宜大于 2m，测区的大小能容纳 16 个回弹测点为宜，一般取 400cm²。

2 完工后的二次衬砌厚度、背后空洞、衬砌钢筋布置及钢筋保护层厚度可采用附录 C 地质雷达法或附录 D 声波法结合钢筋扫描仪法进行检测。

4.6.11 隧道工程防水质量应符合《地下防水工程施工质量验收规范》GB50208-2002 的要求。

4.6.12 检测断面布置及检测频率应符合表 4.6.12 的要求。

表 4.6.12 检测断面布置及检测频率

序号	项目名称		断面布置
1	隧道轮廓检测		20m 一个断面
2	初衬	喷射混凝土厚度	10m 间隔，沿环向 2m 间隔布置一个点
3		喷射混凝土强度	20m 一个断面，在拱部、边墙布置三个测点
4		喷射混凝土与围岩粘结强度	40m 一个断面，布置三个测点
5		钢拱架质量	10m 间隔一个断面，布置 5 个测点
6		锚杆抗拔力	锚杆总数的 1%，且不少于 3 根，设计变更或材料变更时另作一组拉拔力检测
7	二衬	衬砌混凝土强度	20m 间隔布置一个断面，每个断面上不少于 5 个测区，连拱隧道 10 个测点

8		衬砌厚度、背部空洞、衬砌钢筋	地质雷达连续检测
---	--	----------------	----------

II 盾构法隧道

4.6.13 盾构法施工隧道的质量检测包括钢筋混凝土管片制作、结构性能及拼装检测。

1 钢筋混凝土管片混凝土制作应满足《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2002、《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299-1999、《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082-2017 及《盾构法隧道施工与验收规范》GB 50446-2008 的有关规定。

- 1) 混凝土抗渗试件应在混凝土的浇筑地点随机抽取。同一配合比每 30 环留置抗渗试件一组；
- 2) 每日生产且不超过 15 环，应抽取 1 块管片检验，允许偏差和检验方法应符合表 4.6.13-1 的规定；

表 4.6.13-1 钢筋混凝土管片检验方法和允许偏差

项 目	检验工具	检查数量	允许偏差 (mm)
宽 度	卡尺	3 点	±1
弧弦长	样板、塞尺	3 点	±1
厚 度	钢卷尺	3 点	+3, -1

3) 钢筋混凝土管片，每生产 100 环应抽查 1 块管片做检漏测试，连续 3 次达到检测标准，则改为每生产 200 环抽查 1 块管片，再连续 3 次达到检测标准，最终检测频率为每生产 400 环抽查 1 块管片做检漏测试。如果出现一次检测不达标，则恢复每生产 100 环抽查 1 块管片做检漏测试的最初检测频率，再按上述要求进行抽检。当检漏频率为每 100 环抽查 1 块管片时，如出现不达标，则双倍复检，如再出现不达标，应逐块检测。

- 2 应按设计要求进行结构性能检验，检验结果应符合设计要求。
- 3 每生产 200 环管片后应水平拼装检验 1 次，其允许偏差和检验方法应符合表 4.6.13-2 的规定。

表 4.6.13-2 钢筋混凝土管片水平拼装检验方法和允许偏差

项 目	检验工具	检验频率	允许偏差 (mm)
环向缝间隙	塞尺	每缝测 6 点	2
纵向缝间隙	塞尺	每缝测 2 点	2
成环后内径	钢卷尺	测 4 条 (不放衬垫)	±2
成环后外径	钢卷尺	测 4 条 (不放衬垫)	+2, +6

4 钢筋混凝土管片拼装过程中应对隧道轴线和高程进行控制，其允许偏差和检验方法应符合表 4.6.13-3 的规定。施工中管片拼装允许偏差和检验方法应符合表 4.6.13-4 的规定。

表 4.6.13-3 隧道轴线和高程允许偏差和检验方法

项 目	允许偏差 (mm)	检验方法	检查频率
隧道轴线平面位置	±50	用经纬仪或全站仪测 中线	1 点/环
隧道轴线高程	±50	用水准仪测高程	1 点/环

表 4.6.13-4 管片拼装允许偏差和检验方法

项 目	允许偏差 (mm)	检验方法	检查频率
衬砌环直径椭圆度	±5‰D	尺量后计算	4 点/环
相邻管片的径向错台	5	用尺量	4 点/环
相邻管片环面错台	6	用尺量	1 点/环

5 在隧道建成后，隧道轴线平面位置和高程偏差应符合表 4.6.13-5 的规定，隧道允许偏差值应符合表 4.6.13-6 的规定。

表 4.5.13-5 隧道轴线平面位置和高程允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)	检验方法	检查频率
隧道轴线平面位置	±100	用全站仪测中线	10 环
隧道轴线高程	±100	用水准仪测高程	10 环

表 4.6.13-6 隧道允许偏差和检验方法

项 目	允许偏差 (mm)	检验方法	检查频率
衬砌环直径椭圆度	±6‰D	尺量后计算	10 环
相邻管片的径向错台	10	用尺量	4 点/环
相邻管片环面错台	15	用尺量	1 点/环

III 明挖法

4.6.14 明挖法施工结构的质量检测应包括围护结构、主体结构、基底结构的检测。

4.6.15 围护结构检测应包括混凝土灌注桩、水泥土搅拌桩（墙）、地下连续墙、土钉墙、锚杆（索）、高压旋喷桩的质量检测。检测方法和数量应符合行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ106 和广东省标准《建筑地基基础检测规范》DBJ/T15-60 的要求。采用低应变法检测时，检测桩数不应少于总桩数的 20%，且不少于 10 根；采用声波透射法检测时，检测桩数不应少于总桩（墙）数的 20%，且不少于 10 根（幅）；采用钻芯法检测时，检测桩数不应少于总桩数的 1%，且不少于 5 根；采用支护锚杆检测数量不应少于总数的 5%，且不少于 6 根；采用土钉检测数量不应少于总数的 1%，且不少于 10 根。

4.6.16 明挖法现浇混凝土结构应进行混凝土强度、保护层厚度检测，混凝土强度检测优先选用回弹

法检测、保护层厚度检测可采用电磁感应法进行检测。检测方法和数量应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204-2002 的要求。

4.6.17 支护桩（墙）、边坡顶部水平位移和竖向位移监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应沿基坑周边布设，工程监测安全等级为一级、二级时，布设间距宜为 10m~20m；监测等级为三级时，布设间距宜为 20m~30m；

2 基坑各边中间部位、阳角部位、深度变化部位、邻近建(构)筑物及地下管线等重要环境部位、地质条件复杂部位等应布设监测点；

3 出入口、风井等附属工程的基坑每侧监测点不应少于 1 个；

4 水平和竖向位移监测点宜为共用点，监测点应布设在支护桩(墙)顶或基坑坡顶上。

4.6.18 支护桩(墙)体水平位移监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应沿基坑周边的桩(墙)体布设，工程监测安全等级为一级、二级时，布设间距宜为 15m~20m；工程监测安全等级为三级时，布设间距宜为 20m~30m；

2 在基坑各边中间部位、阳角部位及其他代表性部位的桩(墙)体应有监测点控制；

3 监测点的布设位置宜与支护桩(墙)顶部水平位移和竖向位移监测点处于同一监测断面。

4.6.19 支护桩(墙)结构应力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 基坑各边中间部位、深度变化部位、桩(墙)体背后水土压力较大部位、地面荷载较大或其他变形较大部位、受力条件复杂部位等应布设竖向监测断面；

2 监测断面的布设位置与支护桩(墙)体水平位移监测点宜共同组成监测断面；

3 监测点的竖向间距应根据桩(墙)体的弯矩大小及土层分布情况确定，监测点竖向间距不宜大于 5m，在弯矩最大处应布设监测点。

4.6.20 立柱结构竖向位移、水平位移和结构应力监测点布设应符合下列规定：

1 竖向位移和水平位移监测数量不应少于立柱总数量的 5%，且不应少于 3 根。当基底受承压水影响较大或采用逆作法施工时，应适当增加监测数量；

2 竖向位移和水平位移监测宜选择基坑中部、多根支撑交汇处、地质条件复杂处的立柱；

3 竖向位移和水平位移监测点宜布设在便于观测和保护立柱侧面上；

4 水平位移监测点应在立柱结构顶部、底部上下对应布设，必要时可在中部增加监测点；

5 结构应力监测应选择受力较大的立柱，监测点宜布设在各层支撑立柱的中间部位或立柱下部的 1/3 部位，可沿立柱周边均匀布设 4 个监测点。

4.6.21 支撑轴力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 支撑轴力监测宜选择基坑中部、阳角部位、深度变化部位、支护结构受力大的部位及在支撑系统中起控制作用的支撑；

2 支撑轴力监测应沿竖向布设监测断面，每层支撑均应布设监测点；

3 每层支撑的监测数量不宜少于每层支撑数量的 10%，且不应少于 3 根；

4 监测断面的布设位置与相近的支护桩(墙)体水平位移监测点宜共同组成监测断面；

5 采用轴力计监测时，监测点应布设在支撑的端部；采用钢筋计或应变计监测时，可布设在支撑中部或两支点间 1/3 部位；当支撑长度较大时也可布设在 1/4 点处，并应避免节点位置。

4.6.22 锚杆拉力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- 1 锚杆拉力监测宜选择基坑各边中间部位、阳角部位、深度变化部位、地质条件复杂部位及周边存在高大建(构)筑物部位的锚杆；
- 2 锚杆拉力监测应沿竖向布设监测断面，每层锚杆均应布设监测点；
- 3 每层锚杆的监测数量不应少于 3 根；
- 4 每根锚杆上的监测点宜设置在锚头附近或受力有代表性的位置；
- 5 监测点的布设位置与支护桩(墙)体水平位移监测点宜共同组成监测断面。
- 6 锚索拉力监测初始值宜与设计给出预加力进行对比。

4.6.23 周边地表沉降监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- 1 沿平行基坑周边边线布设地表沉降监测点不应少于 2 排，排距宜为 3m~8m，第一排监测点距基坑边缘不宜大于 2m，监测点沿基坑边方向间距为 10m-20m；
- 2 应根据基坑规模和周边环境条件，选择有代表性的部位布设垂直于基坑边线的横向监测断面，每个横向监测断面监测点的数量和布设位置应满足对基坑工程主要影响区和次要影响区的控制，每侧监测点数量不宜少于 5 个；
- 3 监测点及监测断面的布设位置应与周边环境监测点布设相结合。

4.6.24 支护桩(墙)侧向土压力、土体深层水平位移、土体分层竖向位移和孔隙水压力监测点布设应按国家现行标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497-2009 的有关规定执行。

IV 沉管法隧道

4.6.25 沉管法隧道基槽底面法检测方法、检测数量及允许偏差应符合 4.6.25 的规定。

表 4.6.25 隧道基槽底面允许偏差、检测数量及方法

检验项目	允许偏差	检验数量		检验方法
		范围	点数	
轴线	±500mm	每 10m	2	回声探深仪
基槽底宽	-200mm~+2500mm	每 10m	2	回声探深仪
基槽底标高	-500mm~0mm	每 10m	4	回声探深仪

4.6.26 隧道结构的工程限界检测应包括结构横断面测量、结构底板纵断面测量。直线段每 6m、曲线段每 5m 布置测量断面，结构横断面变化段和施工偏差较大段应加测断面。横断面测量可采用全站仪极坐标法、断面仪法、支距法、三维激光扫描法及摄影测量法等，底板纵断面测量应采用水准测量法。当采用全站仪坐标法、断面仪法水准测量法时，全站仪或断面仪不应低于 III 级，水准仪不应低于 DS3 级。

5 既有地下结构检测监测与健康诊断

5.1 一般规定

5.1.1 地下结构投入使用后每年应进行不少于一次的定期检查，地下结构经历地震、火灾、爆炸等灾害和异常事故后也应进行检查，检查发现异常应进行健康检测和监测，并应根据检测和监测结果进行健康诊断分析，作为判断是否需要维修、加固的依据。

5.1.2 城市地下线性结构物（隧道）包括明挖法、矿山法、盾构法、沉管法、顶管法隧道结构，其他工法隧道结构健康检测与监测可参照本标准执行。

5.1.3 隧道常见病害包括衬砌开裂、渗漏水、变形侵限、掉块、坍塌、基底翻浆冒泥、下沉、底鼓等。隧道检测应覆盖隧道病害所有发生部位。

5.1.4 地下平面结构物常见病害包括混凝土裂缝、渗漏水、钢筋锈蚀、建筑物倾斜或沉降超限等。检测内容和频率应符合《建筑结构检测技术标准》GB/T50344-2009的规定。

5.1.5 应采取措施保证地下结构健康检测与监测人员和设备安全。

5.2 矿山法隧道结构检测监测

5.2.1 矿山法隧道监测包括隧道围岩和支护、衬砌的力学和变形监测。矿山法隧道检测主要包括隧道衬砌及相应缺陷检测。健康检测项目与监测断面布置及监测频率要求见表 5.2.1。

表 5.2.1 矿山法隧道结构检测与监测断面布置及频率

序号	项目名称	断面布置
1	隧道变形监测	根据检查情况，在异常的变形部位布置断面，监测频率根据变形速度适时调整
2	隧道轮廓测量	20m（曲线）或 50m（直线）一个断面，测点间距 ≤0.5m
3	隧道外观表面缺陷检测	全部检测
4	隧道围岩和支护、衬砌的力学、变形监测	根据监测仪器施工预埋情况选做
5	隧道地下水 pH 值检测	可见漏水点全部检测
6	隧道衬砌厚度	每 20m 抽测一个断面，每个断面不少于 5 个测点
7	隧道衬砌混凝土强度	每 50m 抽测一个断面，每个断面不少于 5 个测点
8	隧道衬砌配筋	每 20m 抽测一个断面，每个断面不少于 3 个测区
9	隧道衬砌背部空洞及内部缺陷	沿隧道拱顶和拱肩 3 条线连续检测
10	隧道穿越的地表沉降观测	参考本标准第 4.3.10 条

5.2.2 隧道衬砌缺陷检测内容可分为外观表面缺陷检测和内部缺陷检测两部分，内部缺陷宜采用附录 C 地质雷达法或附录 D 声波法等非破损方法检测。外观表面缺陷宜照相统计、图形记录、缺陷尺

寸测量，并存档。

5.2.3 隧道衬砌裂缝检测采用裂缝显微镜或游标卡尺检测其宽度，采用米尺测量其长度，裂缝深度可采用超声波法检测，并记录裂缝位置、方向、密度等对结构稳定有影响的因素。对于仍在发展的裂缝应进行定期观测，提供裂缝发展速度的数据，可采用高清摄像机记录病害图像，利用数据处理算法对收集到的图像进行分析。裂缝观测应符合《建筑变形测量规范》JGJ8 的有关规定。

5.2.4 地下水 pH 值的检测可采用酚酞试纸测试。

5.2.5 隧道衬砌厚度的检测可采用附录 C 地质雷达法、附录 D 声波法、附录 E 隧道激光断面仪法和直接测量法等。

5.2.6 隧道衬砌混凝土结构原材料性能、混凝土强度、外观质量与缺陷、尺寸与偏差、变形与损伤和钢筋配置等项检测工作可参照本标准第 5.8 节规定进行。

5.2.7 隧道轮廓测量宜采用激光断面仪进行测量。首先用经纬仪或全站仪定出控制导线，获得断面仪的定点定向数据，再根据激光断面仪获得的数据计算输出各测点与相应设计开挖轮廓之间的超、欠挖值（距离或面积）。

5.3 沉管隧道检测监测

5.3.1 既有沉管隧道健康检测与监测包括运营期的检查以及安全监测、检测等内容。

5.3.2 沉管隧道检测方法，与用其他施工方法建成的山岭隧道、水底隧道等原则上是相同的。健康检测项目与监测断面布置及监测频率要求按本标准表 5.2.1 确定。

5.3.3 对沉管隧道的接头，特别是柔性接头，应按表5.3.3的要求进行定期监测和检查。

表 5.3.3 沉管隧道经常性检查内容

检查部位		检查项目	检查方法	检查频率	
				定期检查	巡回检查
主体	混凝土	开裂漏水	目视、开裂宽度测定、无人机巡检、数字相机	每年两次	每年两次
	端部钢壳	腐蚀漏水	目视、锤击检查、数字相机	每年一次	每年一次
接头	接头的移动 (相对移动)	轴向、垂直、水平向的伸缩量，温湿度	用游标卡尺测定接头的变化、光纤布拉格光栅传感器监测温度	每年两次	——
	接头部位和止水带	渗(漏)水和变质情况	目视、锤击检查、高清摄像监测	每年两次	每年两次
	Ω钢板	钢板的腐蚀、焊接处的损伤	目视	每年一次	每年一次
地层	地基	管底和基础间空隙、垂直下沉等；	下沉计、三维测量系统、地质雷达等	每年一次	——
	上载土砂	土砂的堆积	声波探测、三维测量系统	每 5 年一次	——

5.3.4 沉管隧道在经历地震后应按表 5.3.4 开展检查。

表 5.3.4 沉管隧道在经历地震后的检查

检查部位		需要检查的状态	检查项目	检查方法	检查频率
主体结构检查	混凝土构件	四级（20~80gal）以上地震	开裂、漏水、剥离	目视、开裂宽度测定、锤击检查、数字相机	可见缺陷全部检测
	钢构件	五级（80~250gal）以上地震	漏水、变形	目视、锤击、变形量测、数字相机	可见缺陷全部检测
接头构件检查	接头变形	三级（8~25gal）以上地震	轴向伸缩量，上下、左右位移量	游标卡尺测量	全部接头
			接头、止水带的渗（漏）水和变质情况的检查	目视、锤击检查	全部接头
	Ω钢板	四级（20~80gal）以上地震	Ω钢板的变形焊接处的损伤	目视、超声波探测	全部焊接处
其他部位检查	地基	三级（8~25gal）以上地震	与经常性检查同	与经常性检查同	与经常性检查同
	上载土砂	四级（20~80gal）以上地震	确认覆土厚度	超声波探测、三维测量	——
	沉管移动	五级（80~250gal）以上地震	垂直、水平方向的移动	参考经常性检查方法	参考经常性检查方法

5.3.5 沉管隧道在经历火灾或事故后的检查应包括表 5.3.5 的内容。

表 5.3.5 沉管隧道在经历火灾或异常事故发生后的检查

异常事故	检查部位		需要检查的状态	检查项目	检查方法	检查频率
火灾	主体检查	混凝土构件	火灾发生后	开裂、剥离	目视及锤击、超声波法、数字相机	可见缺陷全部检测
		钢结构(端部钢板)	接头附近发生火灾	变形	目视、测定变形量、数字相机	可见缺陷全部检测
	接头检查	Ω钢板	接头附近发生火灾	钢板变形、焊接处损伤	目视、超声波探测	可见缺陷全部检测
爆炸事故	主体检查	混凝土构件	爆炸事故发生后	开裂、漏水、剥离	目视、锤击、超声波法，漏水流量测量、数字相机	可见缺陷全部检测
		钢结构(端部钢板)	接头附近发生爆炸事故	漏水、变形	目视、变形量测量、数字相机	可见缺陷全部检测
	接头检查	Ω钢板	接头附近发生爆炸事故	钢板变形、焊接处损伤	目视、锤击、超声波探测等	可见缺陷全部检测
异常潮位发生	主体检查	混凝土构件	潮位变化超过设计允许范围时	开裂、漏水	目视、锤击、超声波法，漏水流量测量、数字相机	可见缺陷全部检测

		钢结构(端部钢板)	潮位变化超过设计允许范围时	漏水、变形	目视、变形测量、漏水流量测量、数字相机	可见缺陷全部检测
车辆事故发生	主体检查	混凝土构件	内壁等发现有冲击痕迹时	开裂、剥离	目视、锤击、超声波检测、数字相机	可见缺陷全部检测

5.3.6 在经历船舶沉没、河床疏浚后沉管隧道应按表 5.3.6 的要求进行检查。

表 5.3.6 在经历船舶沉没、河床疏浚后沉管隧道的检查

检查条件	检查部位		需要检查的状态	检查项目	检查方法	检查频率
船舶沉没及其他	主体检查	混凝土构件	锚落在隧道上或可能有沉船	开裂、漏水	目视、锤击、超声波检测、数字相机	可见缺陷全部检测
	接头检查	接头变形量	隧道上有沉船	轴向、垂直、水平方向变形量	三维测量系统或游标卡尺测量	所有沉船范围接头
		钢板	——	钢板变形、焊接处损伤	目视、锤击、超声波检测、数字相机	可见缺陷全部检测
疏浚	——	——	疏浚作业	确认覆盖层厚度	声波探测或常规测量	——

5.4 盾构法隧道检测监测

5.4.1 既有盾构法隧道每年应进行不少于一次线路状况巡查，根据巡查结果决定是否需要进行隧道健康检测与监测。

5.4.2 盾构法隧道健康检测与监测包括隧道渗透水检测，管片缺陷检测，管片接头缺陷检测，隧道环境监测、隧道结构监测等内容。隧道沉降和椭圆度量测应符合表 5.4.2 的要求。

表 5.4.2 盾构法隧道结构检测项目

项目	允许偏差 (mm)	检测方法	检测频率
隧道变形测量	衬砌结构不侵入建筑限界不影响结构稳定性	全站仪、水准仪、三维激光扫描或断面仪测量	20 环
隧道轴线平面位置	±100	全站仪测中线	20 环
隧道轴线高程	±100	水准仪测高程	20 环
衬砌环直径椭圆度	±0.6%D	断面仪或全站仪	10 环
相邻管片径向错台	10	卷尺测量	10 环，4 点/环
相邻管片环向错台	15	卷尺测量	10 环，4 点/环
外表缺陷	——	目视和照相	可见缺陷全部检测

裂缝	——	裂缝测量尺、数字相机	可见缺陷全部检测
渗漏水	——	照相, 流量测试仪器等	可见缺陷全部检测

5.4.3 盾构法隧道环境监测包括地表沉降观测、邻近建（构）筑物变形量测和地下管线变形量测等，可根据需要选作，测量精度应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB50308-2017 的规定。穿越水系和建（构）筑物或有特殊要求等地段的监控量测项目应根据设计要求确定。

5.4.4 环境监测控制点应设置在不受运营影响的地方，设置牢固，测量时应联测控制导线的 2~3 个点，以提高精度和检查点位有无位移。应根据隧道的尺寸、线形等因素决定测点的间隔。曲线地段宜为 20m~30m，直线地段宜为 50m 左右。

5.4.5 盾构法隧道横断面测量可采用全站仪极坐标或激光断面仪等进行测量，测量精度应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB50308-2017 的要求。

5.4.6 当地表及建（构）筑物受既有隧道影响产生沉降时，应对地表及建（构）筑物进行监测与评估，具体方法应符合《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292-2015 及《建筑变形测量规范》JGJ8-2016 的规定。

5.4.7 盾构法隧道管片嵌缝防水检测应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB50108-2008 的规定。管片嵌缝防水检测的方法及数量要求如表 5.4.7 所示。

表 5.4.7 管片嵌缝防水检测方法及其数量要求

项目	要求	检测方法	数量要求
管片嵌缝槽的深度比及断面构造形式、尺寸	应符合设计要求	观察检查	全数检查
嵌缝防水	隧道基本稳定后应及时进行嵌缝防水处理	观察检查和检查相关记录	全数检查
嵌缝材料	嵌缝材料嵌填应密室、连续、饱满。表面平整，密贴牢固	观察检查和检查相关记录	全数检查

5.4.8 管片表面的缺棱掉角、混凝土剥落、裂缝深度和宽度应调查、检测并记录。裂缝深度和宽度检测方法和数量要求应按表 5.4.8。

表 5.4.8 裂缝深度和宽度检验方法及数量要求

项目	检测方法	数量要求
裂缝深度	超声波相控阵、钻孔全景图像	可见缺陷全部检测
裂缝宽度	目视、开裂宽度测定、数字相机	可见缺陷全部检测

5.4.9 盾构管片壁后空洞及管片壁后注浆效果可采用地质雷达法等无损检测方法检测。检测数量符合一下要求：

1 对于一般断面，则按 6 环~10 环进行管片壁后注浆质量检查，每 100 环为一个检验批，自检率达到 100%，抽检率为 10%~30%；

2 纵向布线的位置在拱顶、左右拱腰（起测线）、左右边墙和底部各一条。纵向布线应采用连续测量的方式，扫描速度不得小于 40 道（线）/s；特殊地段或条件不允许时可采用点测的方式，测量点距不得大于 20cm；

3 横向布线一般线距 8m~12m，点测时每个断面不少于 6 个点；

对于直径在 10m 以内不少于 4 条测线，但必须包括拱顶、底部、拱腰；

直径 10m~15m 不少于 6 条，必须满足拱顶 1 条、拱腰 4 条、隧底 1 条；直径大于等于 15m 不少于 8 条。

5.4.10 隧道管片外观质量缺陷等级可按表 5.4.10 划分。

表 5.4.10 隧道管片外观质量缺陷等级

缺陷	缺陷描述	等级
裂缝	可见贯穿裂缝	严重缺陷
	长度穿过密封槽、宽度大于 0.1mm，且深度大于 1mm 的裂缝	严重缺陷
	非贯穿性干缩裂缝	一般缺陷
外形缺陷	棱角磕碰、飞边等	一般缺陷
外表缺陷	密封槽部位在长度 500mm 内存在直径、深度各大于 5mm 气泡超 5 个	严重缺陷
	管片表面麻面、掉皮、起砂、存在少量气泡等	一般缺陷

5.4.11 隧道衬砌混凝土强度、钢筋分布和锈蚀情况等检测项目可参考本标准第 5.2、5.3、5.8 的规定。

5.5 顶管法隧道检测监测

5.5.1 顶管工程的质量检查应符合下列要求：

- 1 顶进管道不偏移，管节不错口，管道坡度不得有倒落水；
- 2 管道接口套环应对正管缝与管端外周，管端垫板粘接牢固、不脱落；
- 3 管道接头密封良好，橡胶密封圈安放位置正确。需要时应按要求进行管道密封检验；
- 4 管节无裂纹、不渗水，管道内部不得有泥土、建筑垃圾等杂物；
- 5 顶管结束后，管节接口的内侧间隙应按设计规定处理；设计无规定时，可采用石棉水泥、弹性密封膏或水泥砂浆密封，填塞物应抹平，不得突入管内；

6 钢筋混凝土管道的接口应填料饱满、密实，且与管节接口内侧表面齐平，接口套环对正管缝、贴紧，不脱落。

5.5.2 浅埋顶管要进行地表沉降、分层沉降、水土压力和地下水位等环境监测，对于埋深大于 3 倍直径的顶管，可不进行环境监测。

5.5.3 顶管法隧道结构监测项目的允许偏差应满足表 5.5.3 的要求。

表 5.5.3 顶管法隧道结构监测项目的允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	
	轴线位置	D<1500
D≥1500		<200
管道内底高程	D<1500	+30~+40
	D≥1500	+40~+50
相邻管间错口	钢管	≤2
	钢筋混凝土管	15%壁厚且不大于 20
对顶时两端错口	20	

5.6 既有地下车站结构检测监测

5.6.1 地下车站结构的监测工作不得影响车站正常运营。运营车站结构应进行长期监测和专项监测，长期监测应按规定频率对车站及其附属结构进行全面监测；专项监测应根据长期监测的结果、结构病害情况以及车站保护区内邻近开挖影响程度，对车站结构进行针对性的监测。

5.6.2 地下车站运营期间应对车站结构竖向位移进行长期监测，监测点宜布设在车站侧墙结构上，布设间距≤50m，车站与区间衔接位置两侧应布设监测点，监测频率宜为第一年 1 次/3 个月，第二年 1 次/6 个月，以后不少于 1 次/1 年。当遇到特殊地段、监测数据异常、变化速率较大或达到预警标准时，应提高监测和巡查频率。

5.6.3 地下车站结构应进行巡查，巡查频率与现场监测频率一致。现场巡查内容应包括接缝错台、裂缝、破损、起鼓、掉块、剥落剥离、渗漏水等。

5.6.4 地下车站结构周边的邻近开挖影响等级应划分为特级、一级、二级、三级。邻近开挖影响等级判定为特级、一级和二级的影响区段应开展专项监测。

5.6.5 地下车站结构专项监测项目应根据监测对象的特点、邻近开挖影响等级、邻近开挖施工特点、安全保护的要求确定，监测对象及项目可按表 5.6.5 选择。

表 5.6.5 邻近开挖影响监测要求

序号	监测对象	监测项目	邻近开挖影响等级			
			特级	一级	二级	三级
1	车站结构	结构竖向位移	应测	应测	应测	宜测
2		结构变形缝差异沉降	应测	应测	应测	宜测
3		结构水平位移	应测	宜测	可测	可测
4		结构裂缝	应测	应测	宜测	可测
5		周边地下水位	应测	应测	宜测	可测

5.6.6 地下车站结构专项监测点的位置、间距及布设形式应符合下列要求：

1 竖向位移、水平位移监测点应按监测断面布设，监测断面间距宜为 5m~20m；竖向位移、水平位移在两侧边墙各布设 1 个测点；

2 结构变形缝差异沉降和开合度监测点应布设于结构变形缝两侧；

3 裂缝监测应选取有代表性部位的裂缝进行监测，监测点宜在裂缝的最宽处及裂缝首、末端按组布设。

5.6.7 专项监测的频率应按照《城市轨道交通既有结构保护监测技术标准》DBJ/T 15-231 的要求执行。当遇到监测数据异常、变化速率较大或达到预警标准，以及巡查发现异常时，应提高监测和现场巡查频率。

5.6.8 在开展专项监测的同时应对结构及监测点进行巡查。专项监测应在邻近开挖前进行初始巡查，在施工过程中进行过程巡查，完工后进行工后巡查。并结合影像数据做好相应记录。现场巡查内容应包括接缝错台、裂缝、破损、起鼓、掉块、剥落剥离、渗漏水等。

5.6.9 监测方法的选择应根据结构形式、工程特点、地质与环境条件、监测对象和监测项目的特点、邻近开挖影响等级、设计要求、精度要求和当地工程经验综合确定。监测精度应根据监测项目、工程要求、受力或变形特征分析的要求以及国家现行有关标准规定综合确定。监测点埋设完成并稳定后应及时采集监测初始值，至少连续独立进行 3 次观测，取其算术平均值作为初始值。

5.6.10 地下车站结构的监测项目控制值、预警值应根据邻近开挖影响等级、轨道交通结构设计容许变形量、安全管理和运营要求，结合当地工程经验，考虑轨道交通结构已有的变形量，通过综合分析确定。

5.6.11 地下车站结构监测长期监测成果包括阶段性报告、警情报告和总结报告。专项监测成果包括日报、阶段性报告、警情报告和总结报告。成果报告应采用文字、表格、图片、照片等形式，表达直观、明确。纸质监测成果应保存不得少于 6 年，电子监测成果宜长期保存。

5.6.12 监测单位应与相关单位建立信息反馈机制，及时将长期监测与专项监测的成果按规定的信息反馈流程、格式和内容报送相关单位。监测数据的处理与信息反馈宜利用专门的监测数据处理与信息管理系统软件，实现数据采集、处理、分析、查询和管理一体化以及监测成果可视化。

5.7 地下平面结构物检测监测

5.7.1 混凝土结构检测应包括原材料性能、混凝土强度、混凝土构件外观质量与缺陷、尺寸与偏差、变形与损伤和钢筋配置等工作，必要时，可进行结构构件性能的荷载试验。

5.7.2 原材料性能检测应符合下列规定：

1 混凝土原材料的质量或性能可按下列方法检测：

(1) 当工程尚有与结构中同批、同等级的剩余原材料时，可按有关产品标准和相应检测标准的规定对与结构工程质量问题有关联的原材料进行检验；

(2) 当工程没有与结构中同批、同等级的剩余原材料时，可从结构中取样，检测混凝土的相关质量或性能。

2 钢筋的质量或性能可按下列方法检测：

(1) 当工程尚有与结构中同批的钢筋时，可按有关产品标准的规定进行钢筋力学性能检验或化学成分分析；

(2) 需要检测结构中的钢筋时，可在构件中截取钢筋进行力学性能检验或化学成分分析；进行钢筋力学性能的检验时，同一规格钢筋的抽检数量应不少于一组；

(3) 钢筋力学性能和化学成分的评价指标，应按有关钢品标准确定。

3 既有结构钢筋抗拉强度的检测，可采用钢筋表面硬度等非破损检测与取样检验相结合的方法。

4 需要检测进行力学锈蚀钢筋、受火灾影响等钢筋性能时，可在构件中截取钢筋进行力学性能检测。在检测报告中应对测试方法与标准方法的不符合程度和检测结果的适用范围等予以说明。

5.7.3 混凝土强度检测应符合下列规定：

1 结构或构件混凝土抗压强度可采用回弹法、超声回弹综合法、后装拔出法或钻芯法等方法检测。

2 采用不同的混凝土抗压强度检测方法应符合下列规定：

(1) 采用回弹法，被检测混凝土的表层质量应具有代表性，且混凝土的抗压强度和龄期不应超过《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23 限定的范围；

(2) 采用超声回弹综合法，被检测混凝土的内外质量应无明显差异，且混凝土的抗压强度不应超过《超声回弹综合法检测混凝土抗压强度技术规程》T/CECS 02 限定的范围；

(3) 采用后装拔出法，被检测混凝土的表层质量应具有代表性，且混凝土的抗压强度和粗骨料的最大粒径不应超过《后装拔出法检测混凝土强度技术规程》CECS 69 限定的范围；

(4) 当被检测混凝土的表层质量不具有代表性时，应采用钻芯法；当混凝土的龄期或抗压强度超过回弹法、超声回弹综合法或后装拔出法等相应技术规程限定的范围时，可采用钻芯法；

(5) 在回弹法、超声回弹综合法或装拔出法适用的条件下，宜进行钻芯法或利用同条件养护立方体试块的抗压强度修正。

3 检测批混凝土抗压强度的推定应符合《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344-2009 的规定，并进行评定。

4 混凝土的抗拉强度可采用对直径 100mm 的芯样试件施加劈裂荷载或直拉荷载的方法检测；劈裂荷载的施加方法可按《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081-2002 的规定执行，直拉荷载的施加方法可按《钻芯法检测混凝土强度技术规程》CECS 03-2007 的规定执行。

5 受到环境侵蚀或遭受火灾、高温等影响，构件中未受到影响部分混凝土的强度可采用下列方法检测：

(1) 采用钻芯法检测，在加工芯样试件时，应将芯样上混凝土受影响层切除；混凝土受影响层的厚度可依据具体情况分别按最大碳化深度、混凝土颜色产生变化的最大厚度、明显损伤层的最

大厚度确定，也可按芯样侧面硬度测试情况确定；

(2) 混凝土受影响层能剔除时，可采用回弹法或回弹加钻芯修正的方法检测。

5.7.4 混凝土构件外观质量与缺陷检测应符合下列规定：

1 混凝土构件外观质量与缺陷的检测可分为蜂窝、麻面、孔洞、夹渣、露筋、裂缝、疏松区和不同时间浇筑的混凝土结合面质量等项目；

2 混凝土构件外观缺陷，可采用目测与尺量的方法检测；检测数量，对于建筑结构工程质量检测时宜为全部构件。混凝土构件外观缺陷可按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204-2002 评定；

3 结构或构件裂缝的检测应遵守下列规定：

(1) 检测项目应包括裂缝的位置、长度、宽度、深度、形态和数量；裂缝的记录可采用表格或图形的形式；

(2) 裂缝深度可采用超声法检测，必要时可钻取芯样予以验证；

(3) 对于仍在发展的裂缝应进行定期观测，提供裂缝发展速度的数据；

(4) 裂缝观测应按《建筑变形测量规范》JGJ8-2017 的有关规定进行。

4 混凝土内部缺陷的检测可采用超声法、冲击反射法等非破损方法；必要时可采用局部破损方法对非破损的检测结果进行验证。采用超声法检测混凝土内部缺陷时，可按《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS21-2000 的规定执行。

5.7.5 尺寸偏差检测应符合下列规定：

1 混凝土结构构件的尺寸与偏差应检测构件截面尺寸、标高、轴线尺寸、预埋件位置、构件垂直度和表面平整度；

2 现浇混凝土结构及预制构件的尺寸，应以设计图纸尺寸为基准确定尺寸的偏差，尺寸的检测方法和尺寸偏差的允许值应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204-2002 确定；

3 对于受到环境侵蚀和灾害影响的构件，其截面尺寸应在损伤最严重部位量测，在检测报告中应提供量测的位置和必要的说明。

5.7.6 变形与损伤检测应符合下列规定：

1 混凝土结构或构件变形的检测可分为构件的挠度、结构的倾斜和基础不均匀沉降等项目；混凝土结构损坏的检测应包括环境侵蚀损伤、灾害损伤、人为损伤、混凝土有害元素造成的损伤以及预应力锚夹具的损伤等项目。

2 混凝土构件的挠度，可采用激光测距仪、水准仪或拉线等方法检测。

3 混凝土构件或结构的倾斜，可采用经纬仪、激光定位仪、三轴定位仪或吊锤的方法检测，宜区分倾斜中施工偏差造成的倾斜、变形造成的倾斜、灾害造成的倾斜等。

4 混凝土结构的基础不均匀沉降，可用水准仪检测；当需要确定基础沉降发展的情况时，应在混凝土结构上布置测点进行观测，观测操作应遵守《建筑变形测量规范》JGJ8 的规定；混凝土结构的基础累计沉降差，可参照首层的基准线推算。

5 混凝土结构受到的损伤可按下列规定进行检测：

(1) 对环境侵蚀，应确定侵蚀源、侵蚀程度和侵蚀速度；

- (2) 对火灾等造成的损伤,应确定灾害影响区域和受灾害影响的构件,确定影响程度;
- (3) 对于火灾的损伤,应确定损伤程度;
- (4) 宜确定对混凝土结构的安全性及耐久性影响程度。

6 当怀疑水泥中游离氧化钙(f-CaO)对混凝土质量构成影响时,可按《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344-2019 进行检测。

7 混凝土存在碱骨料反应隐患时,可从混凝土中取样,按《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检测方法》JGJ53-1993 检测骨料的碱活性和碱含量。

8 混凝土中性化(碳化或酸性物质的影响)的深度,可用浓度为1%的酚酞酒精溶液(含20%的蒸馏水)测定,将酚酞酒精溶液滴在新暴露的混凝土面上,以混凝土变色与未变色的交接处作为混凝土中性化的界面。

9 混凝土中氯离子的含量可按《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344-2019 附录C进行检测。

10 对于未封闭在混凝土内的预应力锚夹具的损伤,可用卡尺、钢尺直接量测。

5.7.7 钢筋的配置与锈蚀检测应符合下列规定:

- 1 钢筋配置的检测应包括钢筋位置、保护层厚度、直径、数量等项目。
- 2 钢筋位置、保护层厚度和钢筋数量宜采用地质雷达法或电磁感应法等无损检测法进行检测,必要时可凿开混凝土进行钢筋直径或保护层厚度的验证。
- 3 必要时,可对钢筋的锚固与搭接、框架节点及柱加密区箍筋和框架柱与墙体的拉结筋进行检测。
- 4 钢筋的锈蚀情况可按《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344-2019 附录D进行检测。

5.8 地下结构健康诊断

5.8.1 地下结构健康诊断应按《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292-2015 附录D的规定将结构分解为基础、墙、柱、板等构件,可参考《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292-2015 的规定将非隧道地下结构分解为地基基础(含桩基和承台)、承重结构和围护系统承重结构部分三个子单元,然后按层次依次进行诊断评估。

5.8.2 地下结构健康诊断评级的层次、等级划分以及工作步骤和内容,应符合下列规定:

1 安全性和正常使用性的诊断评级,应按构件、子单元和诊断单元各分三个层次。每一层次分为四个安全性等级和三个使用性等级,从第一层开始,分层进行:

- (1) 根据构件各检查项目评定结果确定单个构件等级;
- (2) 根据子单元各检查项目及各种构件的评定结果确定子单元等级;
- (3) 根据各子单元的评定结果确定诊断单元等级。

2 各层次健康诊断评级应以该层次安全性和正常使用性的评定结果为依据综合确定。每一层次的可靠性等级分为四级。

3 当仅要求诊断某层次的安全性或正常使用性时,检查和评定工作可只进行到该层次相应程序规定的步骤。

5.8.3 健康评级应符合下列规定:

- 1 地下结构的健康诊断,应按本标准第5.9.2条划分的层次,以其安全性和正常使用性的诊断结

果为依据逐层进行。

2 当不要求给出健康等级时，地下结构各层次的健康可采取直接列出其安全性等级和使用性等级的形式予以表示。

3 当需要给出地下结构各层次的健康等级时，可根据其安全性和正常使用性的评定结果，按下列原则确定：

(1) 当该层次安全性等级低于《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292-2015 规定的 b_u 级、 B_u 级或 B_{su} 级时，应按安全性等级确定；

(2) 除前款情形外，可按安全性等级和正常使用性等级中较低的一个等级确定；

(3) 当考虑诊断对象的重要性或特殊性时，允许对本条第 2 款的评定结果作不大于一级的调整。

6 地下空间空气质量检测

6.1 一般规定

6.1.1 每项地下空间设计、施工和运营阶段监测均需参考该建设项目环境影响评价报告及批文等技术文件中的相关意见。

6.1.2 本章适用于新建及既有地下室、地铁车站、地下停车场、人防工程平时功能为地下旅馆（招待所、宾馆），地下商场、地下娱乐场所及地下餐厅等地下空间的空气质量检测。

不适用于无人停留的地下建筑及有特殊净化要求场所如医院等的空气质量检测。

6.1.3 对已投入使用的城市地下空间，建设单位或使用单位应委托具有资质的检测机构定期对室内环境质量进行检测。

6.1.4 除了一年一次的常规检测，对于一些特定的环境还应有定期的日常监测，日常监测的项目可对不同的地下工程，有针对性地选择监测项目：

1 选择人们日常活动可能产生的污染物。

2 依据室内装饰装修情况及污染源的情况选择可能产生的污染物。日常监测的频次可根据使用功能和人群聚集程度等决定。

6.1.5 新建、扩建的地下建筑工程设计前，应进行建筑场地的土壤中氡浓度或土壤氡表面析出率测定，并提供检测报告。

民用建筑工程设计应根据建筑场地土壤中氡浓度的测定结果，确定防氡措施。土壤中氡浓度的测定方法，应符合《建筑环境通用规范》GB55016-2021 的规定。

6.2 地下空间空气质量标准值

6.2.1 地下空间室内空气质量标准值应符合表 6.2.1 的规定，所有参数每年至少应检测 1 次。

表 6.2.1 地下空间室内空气质量标准值

参数类别	参数名称	单位	标准值
物理性	温度	°C	18~26
	相对湿度	%	40~80
	空气流速	m/s	≥0.20
	照度	lx	≥100
	新风量	m ³ /(h.人)	≥12.6
化学性	二氧化碳	mg/m ³	≤0.15
	一氧化碳	mg/m ³	≤10
	氨	mg/m ³	≤0.5
	甲醛	mg/m ³	≤0.12
	苯	mg/m ³	≤0.09
	甲苯	mg/m ³	≤0.2
	二甲苯	mg/m ³	≤0.2

	总挥发性有机化合物	mg/m ³	≤0.6
	氮氧化物	mg/m ³	≤0.15
	铅	μg/m ³	≤1.5
	可吸入颗粒物 (PM10)	mg/m ³	≤0.15
生物性	菌落总数(撞击法)	cfu/ m ³	≤2500
	溶血性链球菌	cfu/ m ³	≤36
放射性	氡浓度	Bq/ m ³	≤400(24h 以上平均浓度)

6.2.2 日常检测项目应包括以下内容:

- 1 新装饰、装修过的地下空间室内环境应检测甲醛、氨、苯、甲苯、二甲苯、总挥发性有机化合物 (TVOC) 和氡等国家规定工程验收必测的项目;
- 2 人群比较密集的室内环境应检测菌落总数、溶血性链球菌、新风量、二氧化碳、氨及氡浓度等;
- 3 对于地下轨道交通工程应检测铅、可吸入颗粒物等。

6.3 地下空间空气质量检测

6.3.1 地下空间空气质量检测布点应遵守下列原则:

- 1 检测点位的布设应具有较好的代表性, 应能反映一定空间范围内的空气污染水平和变化规律。
- 2 检测点之间设置的条件应基本一致, 使各个检测点取得的检测资料具有可比性。
- 3 检测点位的布局上应基本分布均匀。同时, 在布局上还应考虑能大致反映该区域主要功能区、主要空气污染源和污染现状及变化趋势。

6.3.2 空气质量检测点具体位置应满足下列要求:

1 采样点的高度原则上与人的呼吸带高度一致, 相对高度宜为 0.5m~1.5m 之间。也可根据房间的使用功能, 人群的高低以及在房间立、坐或卧时间的长短, 来选择采样高度。有特殊要求的可根据具体情况而定;

2 布点原则上要求采样点位的数量根据室内面积大小和现场情况而确定, 能正确反映室内空气污染物的污染程度。小于 50m² 的房间应设 1 个点; 50 m²~100m² 应设 2 个点; 100m² 应设 3 个点; 100 m² 以上每增加 50m² 相应增加一个测点;

3 多点采样时应按对角线或梅花式均匀布点, 应避开通风口, 离墙壁距离应大于 0.5m, 离门窗距离应大于 1m。

6.3.3 经装修的地下空间室内环境, 采样应在装修完成 7d 以后进行, 且应在使用前采样检测。采样应在地下空间正常使用条件下进行。

6.3.4 空气中各种参数应采用表 6.3.4 的检验方法进行检测。

表 6.3.4 空气中各种参数的检验方法

序号	参数名称	检验方法	依据的标准
1	温度	玻璃液体温度计法 数显式温度计法	《公共场所卫生检验方法 第 1 部分: 物理因素》 GB/T180204.1-2013

2	相对湿度	干湿球法 氯化锂露点法 电阻电容法	《公共场所卫生检验方法 第1部分：物理因素》 GB/T180204.1-2013
3	照度	照度计法	《公共场所卫生检验方法 第1部分：物理因素》 GB/T180204.1-2013
4	室内风速	电风速计法	《公共场所卫生检验方法 第1部分：物理因素》 GB/T180204.1-2013
5	新风量	示踪气体法 风管法	《公共场所卫生检验方法 第1部分：物理因素》 GB/T180204.1-2013
6	二氧化碳	(1)气相色谱法 (2)容量滴定法 (3)不分光红外线气体分析法	GB/T 18204.2-2014 公共场所卫生检验方法 第2部分：化学污染物
7	一氧化碳	(1)气相色谱法 (2)不分光红外分析法	GB/T 18204.2-2014 公共场所卫生检验方法 第2部分：化学污染物
8	氨	靛酚蓝分光光度法	GB/T 18204.2-2014 公共场所卫生检验方法 第2部分：化学污染物
9	甲醛	(1)酚试剂分光光度法 (2)AHMT 分光光度法	GB/T 18204.2-2014 公共场所卫生检验方法 第2部分：化学污染物 《居住区大气中甲醛方法 分光光度法》 GB/T16129-1995
10	苯/甲苯/二甲苯	气相色谱法	《民用建筑工程室内环境污染控制规范》 GB50325-2020
11	总挥发性有机化合物	气相色谱法	《民用建筑工程室内环境污染控制规范》 GB50325-2020 《室内空气质量标准》GB/T18883-2020
13	铅	火焰原子吸收分光光度法	《环境空气 铅的测定 -火焰原子吸收分光光度法》 GB/T 15264-1994
14	可吸入颗粒物 (PM10)	撞击式-称重法	《室内空气中可吸入颗粒卫生标准》GB/T17095-1998
15	嗜肺军团菌	液体冲击法	公共场所卫生检验方法 第3部分：空气微生物 GB/T 18204.3-2013
16	真菌总数	撞击法 自然沉降法	公共场所卫生检验方法 第3部分：空气微生物 GB/T 18204.3-2013

17	细菌总数	撞击法 自然沉降法	公共场所卫生检验方法 第3部分：空气微生物 GB/T 18204.3-2013
18	β溶血性链球菌	撞击法	公共场所卫生检验方法 第3部分：空气微生物 GB/T 18204.3-2013
19	氡浓度	(1) 活性碳盒法 (2) 泵吸脉冲电离室法 (3) 泵吸闪烁室法	《建筑室内空气中氡检测方法标准》T-CECS 569-2019

6.4 质量保证与质量控制

6.4.1 室内空气质量检测的质量保证体系贯穿检测全过程，包括：人员培训、采样点位的选择、检测分析方法的选定、实验室质量控制、数据处理和报告审核等一系列质量保证措施和技术要求。

6.4.2 检测人员应满足下列基本要求：

1 凡从事室内环境空气质量检测的工作人员，须经专业技术培训，经有关部门考核合格后，持证上岗；

2 正确、熟练地掌握环境检测中操作技术和质量控制程序；熟知有关环境检测管理的法规、标准和规定；学习和了解国内外环境检测新技术、新方法；

3 检测人员对于所获得的检测数据资料应及时整理归档，认真填写各种检测表格，字迹工整。严禁弄虚作假、擅自涂改、伪造数据资料；

4 要定期对所用仪器、仪表及各种检测用具进行检查、校准和维护。

6.4.3 采样应采取下列质量保证措施：

1 采样仪器应符合国家有关标准和技术要求，并通过计量检定。使用前，应按仪器说明书对仪器进行检验和标定。采样时采样仪器（包括采样管）不能被阳光直接照射；

2 采样人员必须通过岗前培训，切实掌握采样技术，持证上岗；

3 有动力采样器在采样前应对采样系统气密性进行检查，不得漏气；

4 采样前和采样后要用经检定合格的高一级的流量计(如一级皂膜流量计)在采样负载条件下校准采样系统的采样流量，取两次校准的平均值作为采样流量的实际值。校准时的大气压与温度应和采样时相近。两次校准的误差不得超过5%；

5 在进行现场采样时，一批应至少留有两个采样管不采样，并同其它样品管一样对待，作为采样过程中的现场空白，采样结束后和其它采样吸收管一并送交实验室。样品分析时测定现场空白值，并与校准曲线的零浓度值进行比较。若空白检验超过控制范围，则这批样品作废；

6 每批采样中平行样数量不得低于5%。每次平行采样，测定值之差与平均值比较的相对偏差不得超过20%；

7 在计算浓度时应按式(6.4.3)将采样体积换算成标准状态下的体积：

$$V_0 = V \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \frac{P}{P_0} \quad (6.4.3)$$

式中 V_0 ——换算成标准状态下的采样体积，L；

V ——采样体积，L；

T_0 ——标准状态的绝对温度，273K；

T ——采样时采样点现场的温度（t）与标准状态的绝对温度之和，（t+273）K；

P_0 ——标准状态下的大气压力，101.3kPa；

P ——采样时采样点的大气压力，kPa。

6.4.4 实验室样品分析应采取下列质量控制措施：

1 所用检测方法优先选用国家标准、行业标准规定的检测分析方法和分析仪器；

2 采用基准试剂或用分析法指定规格的试剂配制标准溶液。用称量法直接配制标准溶液时，应准确称量 0.1mg，在 A 级容量瓶中定容；

自行配制的标准溶液必须经过标定，取平行标定结果平均值作为标定值。平行标定结果的相对偏差应小于 2%，否则需重标，也可直接使用有证标准溶液；

3 配制好的标准溶液必须储存在适宜的试剂瓶中，变质或过期的标准溶液必须重新配制，标准溶液需分装使用，以避免污染。

7 地下空间防火检测

7.1 一般规定

7.1.1 地下空间防火检测主要包括地下建筑防火检测、装饰装修材料燃烧性能检测、电线电缆阻燃和耐火性能检测。

7.1.2 地下空间建筑防火检测应符合下列要求：

1 地下空间耐火等级不应低于一级；

2 地下空间防火分区面积以及防火墙、防火窗、防火门、防火卷帘等防火分隔组件的设置应符合设计文件要求；

3 地下空间的疏散门、疏散走道、疏散楼梯及前室、安全出口的设置应符合设计文件要求。

7.1.3 地下空间装饰装修材料燃烧性能检测，主要包括对建筑内顶棚、墙面、地面、隔断、固定家具、装饰织物等不同使用部位和功能材料进行燃烧性能检测，结果应符合设计要求。

7.1.4 地下空间电线电缆阻燃和耐火性能检测，主要包括电线电缆阻燃性能、耐火性能、无卤性能、低烟性能、低毒性能检测，检测结果应符合设计要求。

7.1.5 地下空间建筑构件的防火性能检测，主要针对防火门、镶玻璃构件、防火卷帘、通风管道等进行耐火性能检测，检测结果应符合设计要求。

7.2 地下空间建筑防火检测

7.2.1 地下空间的墙、柱、梁、楼板、屋顶承重构件、疏散楼梯、吊顶等构件的燃烧性能和耐火极限，根据其生产工艺、材质及结构尺寸等信息与《建筑设计防火规范》GB 50016-2014 附录《各类建筑构件的燃烧性能和耐火极限》比较判定。必要时应按《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624-2006、《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978-1999 要求分别对构件燃烧性能、耐火极限进行试验判定。建筑构件的耐火性能检测应按现行国家标准《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978-1999 实行；镶玻璃构件的耐火性能检测应按现行国家标准《镶玻璃构件耐火试验方法》GB/T 12513-2006 实行；门和卷帘的耐火性能试验应按现行国家标准《门和卷帘的耐火试验方法》GB/T 7633-2008 实行；通风管道的耐火性能试验应按现行国家标准《通风管道的耐火试验方法》GB/T 17428-2009 实行；电梯层门的耐火性能试验应按现行国家标准《电梯层门耐火试验 完整性、隔热性和热通量测定法》GB/T 27903-2011 执行。

7.2.2 现场测量计算各个防火分区面积，判定与设计要求的符合性。

7.2.3 疏散门的检测应包含设置位置、数量、宽度、开启方向及火灾时开启可靠性等项目。

7.2.4 疏散走道的检测应包含疏散宽度、疏散距离及两侧隔墙的燃烧性能、耐火极限等项目。

7.2.5 疏散楼梯间的检测应包含设置形式、疏散楼梯间净宽度、首层防火分隔、楼梯材料燃烧性能及耐火极限等项目。

7.2.6 前室的检测应符合下列要求：

1 前室无卷帘及其他标准不允许的门、窗、洞口；

2 前室防火门耐火等级应符合设计要求；

3 测量前室使用面积、短边长度，应符合设计要求。

7.2.7 安全出口的检测应包含安全出口位置、数量、净宽度等项目。

7.2.8 地下空间建筑防火检测方法可参考《建筑防火及消防设施检测技术规程》DBJ/T 15-110-2015 附录 A “5 建筑防火”的规定。

7.3 地下空间装饰装修材料燃烧性能检测

7.3.1 地下空间内各不同使用部位或功能的装饰装修材料的燃烧性能等级，应符合《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222-2017 要求。材料燃烧性能分级检测应按《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624-2006 进行。

7.3.2 当使用多层装修材料时，各层装修材料的燃烧性能等级均应符合本标准第 7.3.1 条相关规定。复合型装修材料的燃烧性能等级应进行整体检测确定。

7.3.3 顶棚材料、墙面材料、地面材料、隔断材料、固定家具、装饰织物和其他装修装饰材料进场时，应对其燃烧性能进行见证取样检验。具体包括：

- 1 B₁、B₂级纺织织物和现场对纺织织物进行阻燃处理所使用的阻燃剂；
- 2 B₁级木质材料和现场对木质材料进行阻燃处理所使用的阻燃剂及防火涂料；
- 3 B₁、B₂级高分子合成材料和现场对高分子合成材料进行阻燃处理所使用的阻燃剂及防火涂料；
- 4 B₁、B₂级复合材料和现场对复合材料进行阻燃处理所使用的阻燃剂及防火涂料；
- 5 防火封堵材料和电气设备、灯具、防火门窗、钢结构装修所使用的其他 B₁、B₂级材料和现场对其进行阻燃处理所使用的阻燃剂及防火涂料；
- 6 检查数量：同厂家、同品种、同规格、同批次，应进行 1 次见证取样检验。

7.4 地下空间电线电缆阻燃和耐火性能检测

7.4.1 地下空间用电线电缆的阻燃性能、耐火性能、无卤性能、低烟性能、低毒性能应符合设计要求。

7.4.2 电线电缆的阻燃性能分为单根阻燃性能及成束阻燃性能，检测结果应符合《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》GB/T 19666-2005 要求。单根阻燃按《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 12 部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 1kW 预混合型火焰试验方法》GB/T 18380.12-2022、《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 13 部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 测定燃烧的滴落(物)/微粒的试验方法》GB/T 18380.13-2008 要求进行；成束阻燃按《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 32 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 A F/R 类》GB/T 18380.32-2008、《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 33 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 A 类》GB/T 18380.33-2008、《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 34 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 B 类》GB/T 18380.34-2008、《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 35 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 C 类》GB/T 18380.35-2008、《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 35 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 D 类》GB/T 18380.36-2008 要求进行。

7.4.3 电线电缆的耐火性能分为常规耐火性能（N）、耐火加机械冲击性能（NJ）、耐火加机械冲击加喷水性能（NS），检测结果应符合《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》GB/T 19666-2019 要求。试验方法应依据：

- 1 常规耐火性能（N）依据《在火焰条件下电缆或光缆的线路完整性试验 第 21 部分：试验步骤和要求-额定电压 0.6/1.0kV 及以下电缆》GB/T 19216.21-2003、《在火焰条件下电缆或光缆的线路完整

性试验 第 23 部分:试验步骤和要求-数据电缆》GB/T 19216.23-2003、《在火焰条件下电缆或光缆的线路完整性试验 第 25 部分:试验步骤和要求-光缆》GB/T 19216.25-2003 要求进行;

2 耐火加机械冲击性能 (NJ) 依据《Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity –Part 1: Test method for fire with shock at a temperature of at least 830 C for cables of rated voltage up to and including 0,6/1,0 kV and with an overall diameter exceeding 20 mm》IEC 60331-1、《Tests for electric cables under fire conditions–Circuit integrity–Part 2: Test method for fire with shock at a temperature of at least 830 C for cables of rated voltage up to and including 0,6/1,0 kV and with an overall diameter not exceeding 20 mm》IEC 60331-2-2018 要求进行。

3 耐火加机械冲击加喷水性能 (NS) 依据《Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity–Part 1: Test method for fire with shock at a temperature of at least 830 C for cables of rated voltage up to and including 0,6/1,0 kV and with an overall diameter exceeding 20 mm》IEC 60331-1 及《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》GB/T 19666-2019 附录 B、《Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity –Part 2: Test method for fire with shock at a temperature of at least 830 C for cables of rated voltage up to and including 0,6/1,0 kV and with an overall diameter not exceeding 20 mm》IEC 60331-2 及《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》GB/T 19666-2019 附录 A 要求进行。

7.4.4 电线电缆的无卤性能应符合《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》GB/T 19666-2019 要求, 试验方法应依据:

1 酸度和电导率依据《取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 第 2 部分: 酸度 (用 pH 测量) 和电导率的测定》GB/T 17650.2-2021 要求进行。

2 卤酸气体释出量依据《取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 第 1 部分: 卤酸气体总量的测定》GB/T 17650.1-2021、《Flexible insulating sleeving –Part 2: Methods of test》IEC 60684-2:2011 中 45.2

3 卤素含量依据《Test on gases evolved during combustion of materials from cables》IEC 60754-3-2018 要求进行。

7.4.5 电线电缆的低烟性能应符合《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》GB/T 19666-2019 要求, 试验方法依据《电缆或光缆在特定条件下燃烧的烟密度测定 第 2 部分: 试验程序和要求》GB/T 17651.2-2021 要求进行。

7.4.6 电线电缆的低毒性能试验方法及结果应符合《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》GB/T 19666-2019。

7.5 地铁防火检测

7.5.1 地铁各建(构)筑物的耐火等级应符合下列规定:

- 1 地下车站、区间、变电站等主体工程及出入口通道、风道的耐火等级应为一級;
- 2 地面出入口、风亭等附属建筑, 地面车站、高架车站及高架区间的建、构筑物, 耐火等级不得低于二級;
- 3 控制中心建筑耐火等级应为一級;
- 4 车辆基地内建筑的耐火等级应根据其使用功能确定, 并应符合现行国家标准《建筑设计防火

规范》GB 50016-2014 的有关规定。

7.5.2 两个防火分区之间防火墙和甲级防火门分隔，防火墙耐火极限应不低于 3h，防火分区的楼板耐火极限应不低于 1.5h。

7.5.3 提升高度不超过三层的车站，乘客从站台层疏散至站厅公共区或其他安全区域的时间应按下式计算：

$$T = 1 + \frac{Q_1 + Q_2}{0.9[A_1(N-1) + A_2B]} \leq 6 \quad (7.5.3)$$

式中： T ——乘客从站台层疏散至站厅公共区或其他安全区域的时间（min）；

Q_1 ——远期或客流控制期中超高峰小时 1 列进站列车的最大客流断面流量(人)；

Q_2 ——远期或客流控制期中超高峰小时站台上的最大候车乘客(人)；

A_1 ——一台自动扶梯的通过能力(人/min·m)；

A_2 ——疏散楼梯的通过能力(人/min·m)；

N ——自动扶梯数量；

B ——疏散楼梯的总宽度(m)，每组楼梯的宽度应按 0.55m 的整倍数计算。

7.5.4 车站的装修材料燃烧性能等级应按《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624-2012 检测确定，且符合下列规定：

1 地下车站公共区和设备与管理用房的顶棚、墙面、地面装修材料及垃圾箱燃烧性能等级应为 A 级不燃材料；

2 地上车站公共区的墙面、顶棚的装修材料及垃圾箱燃烧性能等级应为 A 级不燃材料，地面应不低于 B1 级难燃材料。设备与管理用房区内的装修材料，应符合现行国家标准《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222-2017 的有关规定；

3 地下车站公共区的广告灯箱、导向标志、休息椅、电话亭、售检票机等固定服务设施的材料应不低于 B1 级难燃材料。装修材料不得采用石棉、玻璃纤维、塑料类等制品。

7.5.5 重要设备用房的隔墙耐火极限应不低于 3h，楼板耐火极限应不低于 1.5h。

7.5.6 顶棚材料、墙面材料、地面材料、隔断材料、固定家具、装饰织物和其他装修装饰材料进场时，应按本标准第 7.3.3 条要求进行见证取样检验。

7.5.7 建筑构件的防火性能检测应按本标准第 7.2.1 条执行。

7.5.8 建筑电气工程材料进场时，应对其防火性能进行见证取样检验。具体包括：

1 开关、插座、接线盒及面板等绝缘材料非正常耐热、耐燃和耐漏电起痕性能；

2 绝缘导线和电缆的燃烧特性（阻燃特性、耐火特性、无卤特性、低烟特性）；

3 塑料导管和塑料槽盒的阻燃性能；

4 检查数量：开关、插座、接线盒及面板等绝缘材料，同厂家、同材质、同类型的，数量 500 个（套）及以下时应抽检 2 个（套），但应各不少于 1 个（套），500 个（套）以上时应抽检 3 个（套）。绝缘导线、电缆、塑料导管、塑料槽盒，同厂家、同批次、不同种规格的，应抽检 10%，且不应少于 2 个规格。

7.5.8 电线电缆的阻燃和耐火性能检测应按本标准第 7.4 节进行。

7.6 综合管廊防火检测

7.6.1 综合管廊内的电力电缆应采用阻燃电缆或不燃电缆，舱室火灾危险性类别为丙类。

7.6.2 综合管廊主结构应为不燃性结构，其耐火极限应不低于 3.0h。

7.6.3 综合管廊内不同舱室之间应采用不燃性结构进行分隔，耐火极限应不低于 3.0h。

7.6.4 除嵌缝材料外，综合管廊内装修材料应采用不燃材料。

7.6.5 天然气管道舱及容纳电力电缆的舱室应采用不燃性墙体进行防火分隔，分隔间距不大于 200m，墙体的耐火极限应不低于 3.0h，安装的防火门应为甲级防火门，管线穿越防火隔断部位应采用阻火包等防火封堵措施进行严密封堵。

7.6.6 综合管廊交叉口及各舱室交叉部位应采用不燃性墙体进行防火分隔，耐火极限应不低于 3.0h。

7.6.7 防火封堵、防火墙和阻火段等防火封堵组件的耐火极限不应低于贯穿部位构件(如建筑物墙、楼板等)的耐火极限，且不应低于 1h，其燃烧性能、理化性能和耐火性能应符合现行国家标准《防火封堵材料》GB 23864-2009 的规定，测试工况应与实际使用工况一致。

7.6.8 对同一通道中数量较多的明敷电缆实施防火分隔方式，宜敷设于耐火电缆槽盒内，也可敷设于同一侧支架的不同层或同一通道的两侧，但层间和两侧间应设置防火封堵板材，其耐火极限不应低于 1h。

7.6.9 电线电缆的阻燃和耐火性能检测应按本标准第 7.4 节进行。

7.6.10 顶棚材料、墙面材料、地面材料、隔断材料、固定家具、装饰织物和其他装修装饰材料进场时，应按本标准第 7.3.3 条要求进行见证取样检验。

7.6.11 建筑电气工程材料进场时，应对其进行见证取样检验，检验要求同本标准第 7.5.7 条。

7.7 防排烟系统有效性检测

7.7.1 轨道交通、地下商业等地下空间的防排烟系统检测应符合《防排烟系统性能现场验证方法热烟试验法》XF/T 999 的规定。防排烟系统性能指标应符合表 7.7.1 的要求。

表 7.7.1 防排烟系统有效性检测

序号	检测项目	性能指标
1	轨道交通工程的站台、站厅、车站隧道、区间隧道的温度场	疏散路径区域 1.5m 高度以上烟气层温度不超过 180℃
	地下商业空间的疏散走道	
2	轨道交通工程的站台、站厅危险高度平面的温度	疏散路径区域 1.5m 高度的温度不超过 60℃
	地下商业空间的疏散走道	
3	轨道交通工程的站台、站厅、区间隧道的烟气层高度	不小于 1.5m
	地下商业空间的疏散走道	
4	轨道交通工程的各楼扶梯开口流速	不小于 1.5m/s
5	轨道交通工程的区间隧道烟气控制流速	不小于 2.0m/s

6	轨道交通工程的车站公共区、车站隧道和区间隧道通风排烟系统是否正确执行测试场景的火灾事故模式及动作时间	通风排烟系统模式切换正确,动作时间不超过 1min
---	----------------------------------------------------	---------------------------

7.7.2 轨道交通、地下商业等地下空间的烟气控制效果应符合下列要求:

- 1 轨道交通工程的车站测试时, 烟气未蔓延至其他防烟分区; 区间隧道测试时, 烟气向下风向定向流动。
- 2 地下商业空间测试时, 烟气未蔓延至其他防烟分区。

8 地下空间消防电气检测

8.1 一般规定

8.1.1 地下空间内的消防供配电设备、电线电缆、火灾报警系统设备、应急照明灯具等消防设备应检查其型号规格等关键参数是否符合设计要求，检查是否具备出厂合格证及法定质量证明文件。

8.1.2 地下空间内消防设施经具有第三方检测资质机构检测合格后方可投入使用。

8.1.3 地下空间内在用消防设施每年至少应进行一次全面检测，应符合《建筑防火及消防设施检测技术规范》DBJ/T15-110 要求。

8.2 消防电源及其配电检测

8.2.1 消防电源检测应符合下列要求：

- 1 供电负荷等级及供电电源、专用供电回路满足设计文件要求；
- 2 检查消防控制室、消防水泵房、消防电梯机房、防烟与排烟风机房等消防用电设备最末一级配电箱应设置双电源自动切换装置，并模拟常用电源断电，查看备用消防电源投入、对应指示灯显示应正常。

8.2.2 备用发电机组检测应符合下列要求：：

- 1 发电机组的型号、规格和容量、组件及安装情况、启动运行功能等应符合设计文件要求；
- 2 检查发电机储油设施设置、燃油标号及燃油量、备用量应符合合要求；
- 3 核对设计文件、现场观察判断，模拟手动和自动控制方式启动发电机，查看机组运行情况、启动时间应符合要求。

8.2.3 消防电源监控系统检测应符合下列要求：：

- 1 检查消防控制室是否设置消防电源监控器；
- 2 检查电源监控器是否能正常显示消防电源、备用电源的工作状态及失压、过压、欠压等信息；
- 3 模拟电源故障，查看其报警功能是否正常。查看供电电源、备用电源工作状态及报警信号是否传输给消防控制室图形显示装置。

8.2.4 消防配电检测应符合下列要求：：

- 1 检查地下空间内消防设备配电箱是否独立设置；
- 2 检查消防配电设备使用环境、IP 防护等级是否适应地下空间要求，消防设备是否设置明显标志。

8.3 配电线路检测

8.3.1 消防配电线路应满足火灾时连续供电的需要，其检查应符合下列要求：：

- 1 线缆明敷（包括敷设在吊顶内）有金属导管或封闭式金属槽盒保护，且金属导管或封闭式金属槽盒应采取防火保护措施。
- 2 线缆暗敷应穿管保护，其不燃性结构保护层厚度应不小于 30mm；
- 3 敷设在墙体内或穿过楼板、防火分区的电气线路的防火保护措施应符合设计要求，与墙体、楼板之间的缝隙应采用防火封堵材料填塞密实；
- 4 电力电缆应不与输送甲、乙、丙类液体管道、可燃气体管道、热力管道敷设在同一管沟内；

5 综合管廊内非消防设备的供电电缆、控制电缆应采用阻燃电缆；消防设备用电缆应采用耐火电缆或不燃电缆。

8.3.2 电线电缆的阻燃和耐火性能检测应按本标准第 7.4 节进行。

8.3.3 电线电缆的燃烧性能分级检测应符合《电缆及光缆燃烧性能分级》GB 31247-2014 的要求。

8.4 火灾自动报警系统检测

8.4.1 消防控制室的检测应符合下列要求：

- 1 开向建筑内的门应采用不低于乙级的防火门，并向疏散方向开启；
- 2 穿过消防控制室的送、回风管应设置防火阀；
- 3 测试消防控制室"119"直拨功能应正常。

8.4.2 消防控制室接地系统检测应符合下列要求：

- 1 测量系统接地电阻值，对共用接地装置不应大于 1Ω ，对专用接地装置不应大于 4Ω ；
- 2 消防控制室内的电气和电子设备设备的金属外壳、机柜、机架和金属管、槽等应满足等电位联结要求；
- 3 消防控制室接地板与建筑接地体之间应采用铜芯绝缘导线连接，且规格不应小于 25mm^2 ；
- 4 检查消防控制室接地板与各消防电子设备之间应采用铜芯绝缘导线连接，且规格不应小于 4mm^2 。

8.4.3 火灾报警控制器的检测应符合下列要求：

- 1 检测自检功能正常；
- 2 检测报警及显示功能，包括接收火灾报警信号，发出火灾报警声、光信号，指示火灾发生部位，记录火灾报警时间等功能；
- 3 检测故障报警功能，当发生相关的故障信号时，控制器应在 100s 内发出故障声、光信号，并显示故障部位；
- 4 检测火灾优先功能，在线路故障状态下其他火警发生时，控制器仍能正常实现发出火灾报警声、光信号，指示火灾发生部位，记录火灾报警时间等功能；
- 5 检测二次报警功能，在当产生初次火警信号后，报警声信号应能手动消除，当再有火警信号输入时，依然能正常报警；
- 6 检测消音复位、检查屏蔽功能应正常；
- 7 检测打印功能应正常；
- 8 检测控制器供电应符合下列要求：
 - 1) 主电源直接与消防电源连接，且不能通过电源插头方式连接。
 - 2) 主电源连接线路中未设置剩余电流动作保护和过负荷保护装置。
 - 3) 具有蓄电池备用电源，当主电源断电时，能自动转换到备用电源。

8.4.4 消防联动控制设备的检测应符合下列要求：

- 1 检测自检功能正常；
- 2 检测联动控制功能，在接收到火灾报警信号后，应在 3s 内按设定的控制逻辑向各相关的受控设备发出联动控制信号，并能接收相关设备的联动反馈信号；
- 3 检测手动直接启动功能，能直接手动控制消防水泵、预作用阀组和快速排气电动阀、雨淋阀组、水幕系统相关控制阀、防烟风机、排烟风机的启动或停止，手动控制送风口、挡烟垂壁、排烟口、排烟窗、排烟阀的开启或关闭；
- 4 检测故障报警功能，当发生相关的故障信号时，消防联动控制器应在 100s 内发出故障声、光

信号。

5 检测信息显示与查询功能应正常；

6 检测非消防电源切断功能，在联动测试条件下，查看消防联动控制器应按设计切断火灾区域及相关区域的非消防电源。

7 检测消防联动控制器供电应符合下列要求：

- 1) 主电源直接与消防电源连接，且不能通过电源插头方式连接；
- 2) 主电源连接线路中未设置剩余电流动作保护和过负荷保护装置；
- 3) 具有备用蓄电池电源，当主电源断电时，能自动转换到备用电源。

8.4.5 图形显示装置的检测应符合下列要求：：

1 检测状态显示功能，能显示建筑总平面布局图、各层平面图及各系统图，能明确指示出报警区域、主要部位和各消防设备的名称和物理位置；

2 检测火灾报警和联动状态显示功能，对火灾报警信号和联动控制信号，显示装置应在 3s 内接收并准确显示相应信号的物理位置，并能优先显示火灾报警信号相对应的界面；

3 检测故障状态显示功能，应能接收控制器及其他消防设备发出的故障信号，并在故障信号输入 100s 内显示故障状态信息；

4 检测通信故障报警功能，与控制器及其他设备之间不能正常通信时，应在 100s 内发出与火灾报警信号有明显区别的故障声、光信号；

5 检测火灾报警平面优先显示功能，故障或联动显示状态时，当火灾报警信号输入时，显示装置应能立即转入火灾报警平面的显示。

8.4.6 对点型火灾探测器、手动报警按钮、火灾声光报警器、应急广播扬声器、火灾显示盘等数量大的设备应按回路进行抽样检测：

- 1 当回路中安装数量在 20 只及以下，应全部检测；
- 2 安装数量在 100 只及以下，抽样检测数量为 20 只；
- 3 安装数量超过 100 只，按 10%-20%抽检，但不应少于 20 只；
- 4 对现场未抽检设备，应确认其在报警系统中正确注册、巡检正常。

8.4.7 点型感烟/感温探测器的检测应符合下列要求：：

- 1 检测探测器周围 0.5m 内不应有遮挡物；
- 2 检测走道探测器安装间距，感温探测器的安装间距不应超过 10m；感烟探测器的安装间距不应超过 15m；探测器至端墙的距离不应大于探测器安装间距的 1/2；
- 3 检测探测器报警功能，感烟/感温后，探测器能发出火灾报警信号，报警部位应正确。

8.4.8 吸气式火灾探测器的报警功能应正常。检测时在采样管末端(最不利处)采样孔加入试验烟，查看探测器或其控制装置在 120s 内发出火灾报警信号，报警部位应正确。

8.4.9 线型光束感烟探测器的检测应符合下列要求：：

- 1 检测线型光束感烟火灾探测器安装质量应符合：
 - 1) 在发射器和接收器之间的光路上应无遮挡物或干扰源。
 - 2) 测量相邻两组探测器的水平距离不应大于 14m。
 - 3) 测量探测器至侧墙水平距离不应大于 7m，且不应小于 0.5m。

2 检测探测器报警功能，当对射光束的减光值达到 1.0dB~10dB 时，应在 30s 内向火灾报警控制器输出火警信号，报警部位应正确。

8.4.10 手动火灾报警按钮的检测应符合下列要求：

- 1 数量设置应满足设计要求，每个防火分区应至少设置一只手动火灾报警按钮；
- 2 检测安装质量，安装牢固，不应倾斜；测量从一个防火分区的任何位置到最邻近的手动火灾报警按钮的步行距离应不大于 30m；
- 3 检测报警按钮的报警功能，使报警按钮动作，能发出火灾报警信号，报警部位正确。

8.4.11 火灾警报装置的检测应符合下列要求：

- 1 检测声压级不应小于 60dB；在环境噪声大于 60dB 的场所，其声压级应高于背景噪声 15dB；
- 2 检测火灾声光警报器的联动启动功能，确认火灾后，建筑内的所有火灾声光警报器应全部启动。

8.4.12 消防应急广播的检测应符合下列要求：

- 1 测试应急广播音质应清晰；
- 2 检测播放声压级，在环境噪声大于 60dB 的场所，其播放范围内最远点的播放声压级应高于背景噪声 15dB；
- 3 检测应急广播的联动启动功能，确认火灾后，应同时向全楼进行广播；
- 4 检测消防应急广播的强切功能，消防应急广播与普通广播或背景音乐广播合用时，在火灾情况下应强制切入消防应急广播。

8.4.13 消防专用电话的检查应符合下列要求：

- 1 消防专用的设置，消防控制室应设置消防专用电话总机且为独立的消防通信系统。检查消防水泵房、发电机房、配变电室、排烟机房、防烟机房、送风机房、灭火控制系统操作装置处或控制室、企业消防站、消防控制室、总调度室、消防电梯机房等应设置消防专用电话分机；
- 2 测量通话质量，消防控制室与所有消防电话、电话插孔之间互相呼叫正常，语音应清晰。

8.4.14 电梯的检测应符合下列要求：

- 1 测试消防电梯的迫降性能，触发首层的迫降按钮，消防电梯应强制下降至首层，且其他楼层按钮不能呼叫控制消防电梯，此时仅能在轿厢内控制消防电梯；
- 2 测试电梯的联动控制功能，发出联动控制信号后，所有电梯是否强制停于首层或电梯转换层，检查电梯运行状态信号和停于首层或转换层的反馈信号应传回消防控制室；
- 3 检测消防电梯运行时间，从首层至顶层的运行时间不大于 60s；
- 4 检测消防电梯轿厢专用电话，对讲功能正常，语音清晰；
- 5 检测消防电梯井底排水设施，排水井容量及排水泵规格应符合设计要求。

8.4.15 可燃气体探测报警系统的检测应符合下列要求：

- 1 可燃气体报警控制器的检测应符合第 8.4.3 条要求；
- 2 可燃气体报警探测器报警功能正常，向探测器释放对应的试验气体，探测器能发出报警信号，报警部位正确。

8.4.16 电气火灾监控系统的检测应符合下列要求：

- 1 电气火灾监控器的检测应符合第 8.4.3 条要求；
- 2 剩余电流式电气火灾监控探测器报警功能正常，当被保护线路剩余电流达到报警设定值时，探测器应发出报警信号，报警部位正确；
- 3 测温式电气火灾监控探测器报警功能正常，当被监视部位温度达到报警设定值时，探测器应发出报警信号，报警部位正确。

8.5 消防应急照明和疏散指示系统检测

8.5.1 建（构）筑物中消防应急灯具进行抽样检测，对含有 5 个及以下防火分区、楼层、隧道区间、地铁站台和站厅的，应全部检验；超过 5 个防火分区、楼层、隧道区间、地铁站台和站厅的应按实际区域数量 20%的比例抽样检测，但抽检总数不应小于 5 个。

8.5.2 消防应急照明灯具的检测应符合下列要求：

1 检测地面水平最低照度，照度值应符合《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》GB 51309-2018 要求；

2 检测作业面的照度，消防控制室、消防水泵房、自备发电机房、配电室、防排烟机房等发生火灾时仍需正常工作的消防设备房，其作业面最低照度不应低于正常照明的照度。

8.5.3 消防应急灯具配电回路检测应符合：

1 不同防火分区、隧道区间、地铁站台和站厅不能共用同一配电回路；

2 避难走道、配电室、消防控制室、消防水泵房、自备发电机房等发生火灾时仍需工作、值守的区域和相关疏散通道，应单独设置配单回路；

3 任一配电回路配接灯具数量不超过 60 个；

4 配接灯具的额定功率总和不应大于配电回路额定功率的 80%；

5 A 型灯具配电回路额定电流不应大于 6A；B 型灯具配电回路额定电流不应大于 10A。

8.5.4 灯具采用自带蓄电池供电时，应急照明配电箱的设置应符合下列要求：

1 隧道场所、潮湿场所内产品防护等级应不低于 IP65；

2 电气竖井内产品防护等级应不低于 IP33；

3 应急照明配电箱的供电及输出回路数量应符合要求。

8.5.5 应急照明控制器的检查应符合下列要求：

1 设置在消防控制室内或有人值班的场所。

2 应急照明控制器的主电源应由消防电源供电。

3 自带蓄电池备用电源，在主电源断电后能供控制器工作时间不少于 3h。

8.5.6 应急灯具性能检测应符合下列要求：

1 检测持续工作时间应符合：

1) 总建筑面积大于 20000m²的地下、半地下建筑，不应小于 1h；

2) 一、二类城市交通隧道不应小于 1.5h，隧道端口外接站房不应小于 2.0h；

3) 三、四类城市交通隧道不应小于 1.0h，隧道端口外接站房不应小于 1.5h；

4) 综合管廊不应小于 1h。

2 应急灯具光源应急点亮、熄灭的响应时间应符合下列要求：

1) 高危险场所应急点亮的响应时间不应大于 0.25s；

2) 其他场所应急点亮的响应时间不应大于 5s；

3) 具有两种及以上疏散指示方案的场所，应急点亮、熄灭的响应时间不应大于 5s。

9 地下空间消防给水与灭火系统检测

9.1 一般规定

9.1.1 各消防设施组件和设备的铭牌和标志应清晰准确,出厂产品合格证、消防产品的质量证明文件、灭火剂的有效期等材料齐全。

9.1.2 消防水池的有效容积应满足在火灾延续时间内室内消防用水量的要求;消防给水泵检测应工作泵、备用泵转换运行 1~3 次;消防控制室内操作启、停泵 1~3 次。

9.1.3 各消防设施组件,必须符合国家现行的相关标准,并经国家认可的消防产品质量监督检验测试中心检测合格。

9.1.4 应对进场材料时进行外观质量检查,并对管道及管道连接件进行耐压强度、严密性能和耐腐蚀性能检查。

9.1.5 称重检查应按储存容器全数的 20%检查,储存容器不足 5 个时按 5 个计;储存压力检查应按储存容器全数检查;低压二氧化碳储存容器应按全数检查。

9.1.6 地下空间消防给水与灭火系统检测应符合《建筑防火及消防设施检测技术规程》DBJ/T15-110 的规定。

9.2 给水与灭火系统检测

9.2.1 稳压泵、增压泵、变频供水设备及气压水罐检查包括下列内容:

1 进出口阀门应常开;

2 启泵与停泵压力应符合广东省《建筑防火及消防设施检测技术规程》DBJ/T15-110 的规定,压力表显示应正常;

3 变频设备当有火警或火灾信号到来时,系统应能自动切换到火灾状态。

9.2.2 消防水泵检查包括下列内容:

1 消防水泵应有注明系统名称和编号的标志牌;

2 压力表、试水阀及防超压装置等均应正常;

3 启动运行应正常,应向消防控制设备反馈水泵状态的信号。

9.2.3 水泵控制柜检查包括下列内容:

1 应注明所属系统及编号的标志;

2 按钮、指示灯及仪表应正常,应能按钮启停每台水泵;

3 按性能要求,应自动切换启动备用泵。

9.2.4 水泵接合器检查包括下列内容:

1 安装位置应满足消防规范要求;

2 应设置永久性标志铭牌,并应标明供水系统、供水范围和额定压力;

3 控制阀应常开,且启闭灵活;单向阀安装方向应正确,止回阀应严密关闭。

9.2.5 室内消火栓检查包括下列内容:

1 消火栓箱应设置明显的永久性固定标志;

2 消火栓箱组件应齐全，箱门应开关灵活，开度应符合要求；

3 消火栓的阀门应启闭灵活，栓口位置应便于连接水带。

9.2.6 室外消火栓检查包括下列内容：

1 阀门应启闭灵活；

2 地下式消火栓应有明显标志（应设置明显的永久性固定标志），井内应无积水。

9.2.7 系统功能检测应包括下列内容：

1 室内消火栓栓口处的静水压力应符合设计要求，且不应大于 1.0MPa。触发启泵按钮时，消防水泵应启动。水泵启动后，栓口出水压力应符合设计要求，且不应大于 0.5MPa，同时亦应检测最不利点充实水柱的压力；

2 消防炮触发启泵按钮时，消防水泵应启动；出水压力应符合设计要求。

9.2.8 自动喷水灭火系统的湿式、干式、预作用系统应设置在自动控制状态。自动喷水灭火系统的抽验应符合现行国家标准《自动喷水灭火系统设计规范》GB50084-2017 的要求，并应符合下列要求：

1 开始检测前，查看系统的控制方式；

2 工作泵、备用泵转换运行 1~3 次；

3 消防控制室内操作启、停泵 1~3 次；

4 水流指示器、闸阀关闭器及电动阀等按实际安装数量的 10%~30%的比例进行末端放水试验。

以上控制功能应正常，信号应正确。

9.2.9 湿式报警阀、干式报警阀、雨淋报警阀、预作用报警阀组的检查应注明系统名称和保护区域的标志牌，压力表显示应符合设定值。各种阀体应符合现行国家标准《自动喷水灭火系统设计规范》GB50084-2017 的要求。

9.2.10 信号阀及水流指示器检查包括下列内容：

1 应有明显标志；

2 信号阀应全开，并应反馈启闭信号；

3 水流指示器的启动与复位应灵敏可靠，并同时反馈信号；

4 水流指示器的安装应与水流方向一致。

9.2.11 喷头检查应包括下列内容：

1 应符合设计选型；

2 闭式喷头玻璃球色标应符合设计要求；

3 不得有变形和附着物、悬挂物。

9.2.12 末端试水装置检查包括阀门、试水接头、压力表和排水管应正常。

9.2.13 自动喷水灭火系统功能检测包括湿式系统、干式系统、预作用系统、雨淋系统、水幕系统及水喷雾系统，各系统应符合《自动喷水灭火系统施工及验收规范》GB50261-2017 的要求。

9.2.14 泡沫灭火系统检查包括供水设施、启泵按钮、泡沫液贮罐、比例混合器、泡沫产生器、泡沫栓、泡沫喷头及系统功能，各系统应符合《泡沫灭火系统设计规范》GB50151-2021 的要求。

9.2.15 气体灭火系统检测包括瓶组与储罐、喷嘴、气体灭火控制器、系统功能、IG541、二氧化碳、惰性气体等灭火系统的抽验，应在符合现行各有关系统设计规范的前提下按实际安装数量的 20%~

30%抽验其控制功能。

9.2.16 手提式灭火器检查包括下列内容：

- 1 选型、数量及放置地点应符合设计要求；
- 2 应在有效期内使用，经过维修的应有维修标志；报废年限应符合《灭火器维修》GA95 的要求；
- 3 筒体应无明显锈蚀和凹凸等损伤，手柄、插销、铅封、压力表等组件应齐全完好；灭火器型号标识应清晰、完整；
- 4 压力表指针应在绿色区域范围内。

9.2.17 悬挂式灭火装置检查应包括下列内容：

- 1 选型、安装高度应符合设计要求；
- 2 检查电启动电路的安全电流不超过 150 毫安；
- 3 相应的信号启动装置、消防报警装置或手动按钮启动应正常；
- 4 应在有效期内使用，经过维修的应有维修标志；报废年限应符合《灭火器维修与报废》GA95 的要求。

9.2.18 柜式无管网灭火装置检查包括瓶体的压力、喷嘴、气体灭火控制器、定温玻璃球爆破启动、电磁启动、机械应急启动三种方式。各设备应符合《气体灭火系统设计规范》GB50370-2019 的要求。

10 地下空间防烟、排烟、通风和空气调节系统检测

10.1 一般规定

10.1.1 地下空间防排烟系统由挡烟垂壁、排烟口、排烟防火阀、排风（烟）道、送排风（烟）风机、防火阀、排风（烟）前道送风口组成；通道风空调系统由空气处理机、送排风管、送排风口、风口、风道组成，自然通风与排烟由地下空间通风井、风道出入口组成，各系统的设备均应检测。

10.1.2 检测前需对各系统进行逐项检查，数量及安装位置等符合设计要求。

10.1.3 地下空间防烟、排烟、通风和空气调节系统检测尚应符合《建筑防火及消防设施检测技术规程》DBJ/T15-110 的规定。

10.1.4 通风空调和防排烟设备（包括风机和阀门）的检测，应按实际安装数量的 10%~20%抽验联动控制功能，且不得少于 1 个系统，其控制功能、信号均应正常。

10.1.5 防火风管的本体、框架与固定材料、密闭垫料应为不燃材料，其耐火等级应符合设计的规定，应按材料与风管加工批数量抽查 10%，且不应少于 5 件。

10.1.6 复合材料风管的覆面材料应为不燃材料，内部的绝热材料应为不燃或难燃 B1 级，且对人体无害的材料，应按材料与风管加工批数量抽查 10%，且不应少于 5 件。

10.2 风管检查与检测

10.2.1 风管检查应包括以下内容：

- 1 风管的材质、断面尺寸及壁厚应符合设计要求；
- 2 风管的路径、设置防火阀的情况。；
- 3 风管外保温材料的可燃性；
- 4 风管的强度和严密性；
- 5 防火阀支架安装是否符合要求。

10.2.2 风管检测应符合下列要求：

1 风管的严密性检测依据现行行业标准《通风管道技术规程》JGJ/T 141-2017 做漏风量测试，测试结果应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243-2016 的要求；

2 风管的强度检测应依据《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243-2016 进行，必要时应按照《通风管道技术规程》JGJ/T 141-2017 的要求进行风管耐压强度（管壁变形量、挠度）试验；

3 风管应采用不燃烧材料制作，并不应穿过防火墙、防火隔墙，当必须穿过，还应在穿过处设置排烟防火阀。防火阀的动作温度应为 280℃；

4 当必须穿过时，应设预埋管和防护套管，其钢板厚度不应小于 1.6mm。风管与防护套管之间，应用不燃且对人体无害的柔性材料封堵。

10.3 防烟、排烟检查与检测

10.3.1 机械排烟系统检测包括下列内容：

1 控制柜

- 1) 应注明系统名称和编号的标志；
- 2) 仪表、指示灯显示应正常，开关及控制按钮应灵活可靠；
- 3) 应有手动、自动切换装置。

2 风机

- 1) 应注明系统名称和编号的标志；
- 2) 传动皮带的防护罩、新风入口的防护网应完好；
- 3) 启动运转平稳，叶轮旋转方向正确，无异常振动与声响；
- 4) 接地良好，运行电流不超过额定电流，风量满足设计要求。

3 防火阀

- 1) 安装方向、位置应正确及阀体安装要牢固；
- 2) 开启与复位操作应灵活可靠，关闭时应严密，反馈信号应正确。

4 排烟阀

- 1) 安装牢固；
- 2) 开启与复位操作应灵活可靠，关闭时应严密，反馈信号应正确；

5 排烟防火阀

- 1) 安装牢固；
- 2) 开启与复位操作应灵活可靠，关闭时应严密，反馈信号应正确。

6 系统功能

1) 应能自动和手动启动相应区域排烟阀、排烟风机，并向火灾报警控制器反馈信号。设有补风的系统，应在启动排烟风机的同时启动送风机；

- 2) 排烟口风速不宜大于 10m/s，排烟量应符合设计要求；
- 3) 当通风与排烟合用风机时，应能自动切换到高速运行状态。

10.3.2 自动排烟系统检测应满足下列要求：

- 1 火灾探测器报警确认后自动排烟系统应能联动火灾模式。
- 2 自动排烟系统应能控制相关风机的自动启动。
- 3 防火阀、排烟防火阀的动作应准确可靠。
- 4 对于通风排烟合用系统的风机，运行状态应能自动切换。

10.4 通风与空调系统检测

10.4.1 机械加压送风系统检测应包括下列内容：

1 控制柜

- 1) 应注明系统名称和编号的标志；
- 2) 仪表、指示灯显示应正常，开关及控制按钮应灵活可靠；
- 3) 应有手动、自动切换装置。

2 风机

- 1) 应注明系统名称和编号的标志;
- 2) 传动皮带的防护罩、新风入口的防护网应完好;
- 3) 启动运转平稳, 叶轮旋转方向正确, 无异常振动与声响。

3 送风阀

- 1) 安装牢固;
- 2) 开启与复位操作应灵活可靠, 关闭时应严密, 反馈信号应正确。

4 系统功能

- 1) 应能自动和手动启动相应区域的送风阀、送风机, 并向火灾报警控制器反馈信号;
- 2) 采用风速仪测量送风口的风速不宜大于 7m/s;
- 3) 楼梯间与走道之间的压差应为 40Pa~50Pa, 前室、封闭避难层(间)与走道之间的压差应为 25Pa~30Pa。

10.4.2 机械加压送风系统检测应符合下列要求:

1 自动控制方式下, 分别触发两个相关的火灾探测器, 查看相应送风阀、送风机的动作和信号反馈情况;

2 采用微压计, 在保护区域的顶层、中间层及最下层, 测量防烟楼梯间、前室、合用前室的余压;

3 全部复位, 恢复到正常警戒状态。

10.4.3 空调系统检测应包括下列内容:

1 空调(包括新风)系统的风量应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243-2016 的要求;

2 空调(包括新风)系统中各风口的风量应符合设计值, 实测值与设计值的允许偏差应不大于 15%。;

3 空调系统冷水、热水、冷却水的循环流量与设计循环流量的允许偏差不应大于 10%;

4 空调机组的水流量与设计值的允许偏差不应大于 15%;

5 空调系统对应的监测与控制系统在安装完毕后应进行试运行。连续运行时, 系统控制及故障报警功能应符合设计要求。

11 地下空间环境保护监测

11.1 一般规定

11.1.1 城市地下空间环境保护的监测包括噪声监测、振动监测、水污染监测、大气污染监测和电磁辐射监测等。

11.1.2 城市地下空间投入使用前，建设单位应委托具有资质的检测机构对该项目的噪声、振动、水污染、大气污染和电磁辐射进行监测，监测的项目结合地下空间的特点选定，并出具监测报告作为竣工验收的依据。

11.1.3 对投入使用的城市地下空间，管理单位应委托具有资质的检（监）测机构定期对噪声、振动、水污染、大气污染和电磁辐射进行监测，必要时监测频率每年不应少于1次。

11.2 噪声监测

11.2.1 城市地下空间中工业企业和固定设备厂界环境噪声排放限值和测量方法应符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008的要求，机关、事业单位、团体等对外环境排放噪声的单位应按《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008执行。

11.2.2 城市地下空间中营业性文化娱乐场所和商业经营活动中产生环境噪声污染的设备、设施边界噪声排放限值和测量方法应符合《社会生活环境噪声排放标准》GB22337-2008的要求。

11.2.3 地下空间建设期间施工场地噪声排放限值应符合《建筑施工场界噪声限值》GB12523-2011的要求，监测工作应按《建筑施工场界噪声测量方法》GB12524-2011实施。

11.2.4 测量仪器应符合下列要求：

1 测量仪器为积分平均声级计或环境噪声自动监测仪，其性能应不低于《声级计的电、声性能及测试方法》GB 3785 和《积分平均声级计》GB/T17181-1997 对2型声级计仪器的要求。测量35 dB以下的噪声应使用1型声级计，且测量范围应满足所测量噪声的需要。校准所用仪器应符合《电声学声校准器》GB/T 15173-2010 对1级或2级声校准器的要求。当需要进行噪声的频谱分析时，仪器性能应符合《电声学 倍频程和分数倍频程滤波器》GB/T3241-2014 对滤波器的要求；

2 测量仪器和校准仪器应定期检定合格，并在有效使用期限内使用；每次测量前、后必须在测量现场进行声学校准，其前、后校准示值偏差不得大于0.5 dB；

3 测量时传声器加防风罩；

4 测量仪器时间计权特性设为“F”档，采样时间间隔不大于1s。

11.2.5 测量条件应符合下列要求：

1 测量应在无雨雪、无雷电天气，风速为5m/s 以下时进行。不得不在特殊气象条件下测量时，应采取必要措施保证测量准确性，同时注明当时所采取的措施及气象情况；

2 测量应在被测声源正常工作时间进行，同时注明当时的工况。

11.2.6 测点位置应符合下列要求：

1 根据工业企业声源、社会生活噪声排放源、周围噪声敏感建筑物的布局以及毗邻的区域类别，在工业企业厂界、社会生活噪声排放源边界布设多个测点，其中包括距噪声敏感建筑物较近以及受

被测声源影响大的位置；

2 测点宜选在工业企业厂界、社会生活噪声排放源边界外1m、高度1.2m以上、距任一反射面距离不小于1m的位置；

3 当厂界、边界有围墙且周围有受影响的噪声敏感建筑物时，测点应选在厂界、边界外1m、高于围墙0.5m以上的位置；

4 当厂界、边界无法测量到声源的实际排放状况时，应按第2款设置测点，同时在受影响的噪声敏感建筑物户外1m处另设测点；

5 室内噪声测量时，室内测量点位设在距任一反射面至少0.5m以上、距地面1.2 m高度处，在受噪声影响方向的窗户开启状态下测量；

6 固定设备结构传声至噪声敏感建筑物室内，在噪声敏感建筑物室内测量时，测点应距任意反射面至少0.5m 以上、距地面1.2 m、距外窗1 m 以上，窗户关闭状态下测量。被测房间内的其他可能干扰测量的声源应关闭。

11.2.7 测量时段应符合下列要求：

1 分别在昼间、夜间两个时段测量。夜间有频发、偶发噪声影响时同时测量最大声级；

2 被测声源是稳态噪声，采用1min 的等效声级；

3 被测声源是非稳态噪声，测量被测声源有代表性时段的等效声级，必要时测量被测声源整个正常工作时段的等效声级。

11.2.8 背景噪声测量应符合下列要求：

1 不受被测声源影响且其他声环境与测量被测声源时保持一致；

2 测量时段应与被测声源测量的时间长度相同。

11.2.9 噪声测量时需做测量记录。记录内容应主要包括：被测量单位名称、地址、厂界或边界所处声环境功能区类别、测量时气象条件、测量仪器、校准仪器、测点位置、测量时间、测量时段、仪器校准值（测前、测后）、主要声源、测量工况、示意图、噪声测量值、背景值、测量人员、校对人员、审核人等相关信息。

11.2.10 测量结果修正应符合下列要求：

1 噪声测量值与背景噪声值相差大于10dB(A)时，噪声测量值不做修正；

2 噪声测量值与背景噪声值相差在3dB(A)~10dB(A)之间时，噪声测量值与背景噪声值的差值取整后，按表11.2.10进行修正；

3 噪声测量值与背景噪声值相差小于3dB(A)时，应采取措施降低背景噪声后，视情况按第1款或第2款执行；仍无法满足前二款要求时，应按《环境噪声监测技术规范》HJ 706的有关规定执行。

表11.2.10 测量结果修正表 单位为dB (A)

差值	3	4-5	6-10
修正值	-3	-2	-1

11.2.11 测量结果评价应符合下列要求：

- 1 各个测点的测量结果应单独评价。同一测点每天的测量结果按昼间、夜间进行评价；
- 2 最大声级 L_{max} 直接评价。

11.3 振动监测

11.3.1 城市地下空间的建设和使用导致周边敏感区域环境振动应符合现行国家标准《城市区域环境振动标准》GB10070-1988 中规定的相应区域振动限值的要求。

11.3.2 监测工作应依据现行国家标准《城市区域环境振动测量方法》GB10071-1988 实施。

11.3.3 用于测量环境振动的仪器，其性能应符合《人体对振动的响应 测量仪器》GB/T 23716/ISO 8041:2005 有关条款的规定。测量系统每年至少送计量部门校准一次。

11.3.4 测量值及读值方法应符合下列要求：

- 1 测量值为铅垂向 z 振级；
- 2 读数方法和评价值应符合下列要求：
 - 1) 本测量方法采用的仪器时间计权常数为 1s；
 - 2) 稳态振动每个测点测量一次，取 5s 内的平均示数作为评价值；
 - 3) 冲击振动取每次冲击过程中的最大示数为评价值。对于重复出现的冲击振动，以 10 次读数的算术平均值为评价值；
 - 4) 无规振动每个测点等间隔地读取瞬时示数，采样间隔不大于 5s，连续测量时间不少于 1000 s，以测量数据的 VL_{z10} 值为评价值；
 - 5) 铁路振动读取每次列车通过过程中的最大示数，每个测点连续测量 20 次列车，以 20 次读值的算术平均值为评价值。

11.3.5 测量位置及拾振器的安装应符合下列要求：

- 1 测点置于各类区域建筑物室外 0.5 m 以内振动敏感处。必要时，测点置于建筑物室内地面中央；
- 2 确保拾振器平稳地安放在平坦、坚实的地面上。避免置于如地毯、草地、砂地或雪地等松软的地面上；
- 3 拾振器的灵敏度主轴方向应与测量方向一致。

11.3.6 测量条件应符合下列要求：

- 1 测量时振源应处于正常工作状态；
- 2 测量应避免足以影响环境振动测量值的其他环境因素，如剧烈的温度梯度变化、强电磁场、强风、地震或其他非振动污染源引起的干扰。

11.3.7 环境振动测量应按待测振源的类别逐项记录。测量交通振动，必要时应记录车流量。

11.4 废水监测

11.4.1 城市地下空间废水污染物最高允许排放浓度及最高允许排水量应符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978-1996、《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T 31962-2015 和广东省标准《水污染物排放限值》DB44/26-2001 的规定。

11.4.2 地下空间废水监测的内容和项目应符合现行标准《地表水和污水监测技术规范》HJ/T 91 和《固定源监测质量保证与质量控制技术规范》（试行）HJ/T373-2007 要求。

11.4.3 监测仪器管理与定期检查应符合下列要求：

- 1 为保证监测数据的准确可靠，达到在全国范围内的统一可比，必须执行计量法，对所用计量分析仪器进行计量检定，经检定合格，方准使用；
- 2 应按计量法规定，定期送法定计量检定机构进行检定，合格方可使用；
- 3 非强制检定的计量器具，可自行依法检定，或送有授权对社会开展量值传递工作资质的计量检定机构进行检定，合格方可使用；
- 4 计量器具在日常使用过程中的校验和维护；
- 5 新购置的玻璃量器，在使用前，首先对其密合性、容量允许差、流出时间等指标进行检定，合格方可使用。

11.4.4 水质监测分析方法的选用和验证应符合下列要求：

- 1 对不同的监测分析对象所选用的分析方法要遵循以下原则：
 - 1) 首先选用国家标准分析方法，统一分析方法或行业标准方法；
 - 2) 当实验室不具备使用标准分析方法时，也可采用原国家环境保护局监督管理司环监[1994]017号文和环监[1995]号文公布的方法体系；
 - 3) 在某些项目的监测中，尚无“标准”和“统一”分析方法时，可采用ISO、美国EPA 和日本 JIS 方法体系等其它等效分析方法，但应经过验证合格，其检出限、准确度和精密度应能达到质控要求；
 - 4) 当规定的分析方法应用于污水、底质和污泥样品分析时，必要时要注意增加消除基体干扰的净化步骤，并进行可适用性检验。
- 2 当实验室不具备采用标准方法或统一方法的条件时，或者水样十分复杂，采用标准方法或统一方法不能得到合格的测定数据，必须做方法验证和对比实验，证明该方法的主要特性参数：方法检出浓度、精密度、准确度、干扰影响等与标准方法有等效性、可靠性，并报省级以上环境监测部门审批、核准。

11.4.5 水质采样的质量保证应符合下列要求：

- 1 采样人员必须通过岗前培训，切实掌握采样技术，熟知水样固定、保存、运输条件；
- 2 采样断面应有明显的标志物，采样人员不得擅自改动采样位置；
- 3 用船只采样时，采样船应位于下游方向，逆流采样，避免搅动底部沉积物造成水样污染。采样人员应在船前部采样，尽量使采样器远离船体。在同一采样点上分层采样时，应自上而下进行，避免不同层次水体混扰；
- 4 采样时，除细菌总数、大肠菌群、油类、DO、BOD₅、有机物、余氯等有特殊要求的项目外，要先用采样水荡洗采样器与水样容器 2~3 次，然后再将水样采入容器中，并按要求立即加入相应的固定剂，贴好标签。应使用正规的不干胶标签；
- 5 每批水样，应选择部分项目加采现场空白样，与样品一起送实验室分析；
- 6 每次分析结束后，除必要的留存样品外，样品瓶应及时清洗。水环境例行监测水样容器和污染源监测水样容器应分架存放，不得混用。各类采样容器应按测定项目与采样点位，分类编号，固定专用。

11.4.6 分析实验室的基础条件应符合下列要求：

1 实验室环境应保持实验室整洁、安全的操作环境，通风良好，布局合理，安全操作的基本条件。做到相互干扰的监测项目不在同一实验室内操作。对可产生刺激性、腐蚀性、有毒气体的实验操作应在通风柜内进行。分析天平应设置专室，做到避光、防震、防尘、防腐蚀性气体和避免对流空气。化学试剂贮藏室必须防潮、防火、防爆、防毒、避光和通风；

2 实验用水电导率应小于 $3.0\mu\text{s} / \text{cm}$ 。特殊用水则按有关规定制备，检验合格后使用。盛水容器应定期清洗，以保持容器清洁，防止沾污而影响水的质量；

3 实验器皿应选用合适材质的器皿，使用后应及时清洗、晾干，防止灰尘等沾污；

4 化学试剂应采用符合分析方法所规定的等级的化学试剂。配制一般试液，应不低于分析纯级。取用时，应遵循“量出为出，只出不进”的原则，取用后及时密塞，分类保存，严格防止试剂被沾污。不应将固体试剂与液体试剂或试液混合贮放。经常检查试剂质量，一经发现变质、失效的试剂应及时废弃；

5 试液的配制和标准溶液的标定应符合下列要求：

1) 试液应根据使用情况适量配制。选用合适材质和容积的试剂瓶盛装，注意瓶塞的密合性；

2) 用精密称量法直接配制标准溶液，应使用基准试剂或纯度不低于优级纯的试剂，所用溶剂应为《实验室用水规格》GB 6682-2016规定的二级以上纯水或优级纯(不得低于分析纯)溶剂。称样量不应小于 0.1g ，用检定合格的容量瓶定容；

3) 用基准物标定法配制的标准溶液，至少平行标定三份，平行标定相对偏差不大于 0.2% ，取其平均值计算溶液的浓度；

4) 试剂瓶上应贴有标签，应写明试剂名称、浓度、配制日期和配制人。试液瓶中试液一经倒出，不得返回。保存于冰箱内的试液，取用时应置室温使达平衡后再量取。

11.5 废气监测

11.5.1 城市地下空间的大气污染物排放标准应符合广东省《大气污染物排放限值》DB4427 要求。

11.5.2 城市地下空间大气环境影响监测应符合《固定源废气监测技术规范》HJ/T397 和《固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范》（试行）HJ/T373 的要求。

11.5.3 仪器的检定和校准应符合下列要求：

1 属于国家强制检定目录内的工作计量器具，必须按期送计量部门检定，检定合格，取得检定证书后方可用于监测工作；

2 排气温度测量仪表、斜管微压计、空盒大气压力计、真空压力表（压力计）、转子流量计、干式累积流量计、采样管加热温度、分析天平、采样嘴、皮托管系数等至少半年自行校正一次；

3 定电位电解法烟气（ SO_2 、 NO_x 、 CO ）测定仪，应根据仪器使用频率，每3个月至半年校准一次。在使用频率较高的情况下，应增加校准次数。用仪器量程中点值附近浓度的标准气校准，若仪器示值偏差不高于 $\pm 5\%$ ，则为合格；

4 测氧仪至少每季度检查校验一次，使用高纯氮检查其零点，用干净的环境空气应能调整其示值为 20.9% ；

5 定电位电解法烟气测定仪和测氧仪的电化学传感器寿命一般为 $1\sim 2$ 年，若发现传感器性能明显下降或已失效，必须及时更换传感器，送计量部门重新检定后方可使用；

6 自动烟尘采样仪和含湿量测定装置的温度计、电子压差计、流量计应定期进行校准。

11.5.4 监测仪器设备的质量检验应符合下列要求：

1 监测仪器设备的质量应达到相关标准的规定，烟气采样器的技术要求见《烟气采样器技术条件》HJ/T47，烟尘采样器的技术要求见《烟尘采样器技术条件》HJ/T48；

2 对微压计、皮托管和烟气采样系统进行气密性检验。当系统漏气时，应再分段检查、堵漏或重新安装采样系统，直到检验合格；

3 空白滤筒称量前应检查外表有无裂纹、孔隙或破损，有则应更换滤筒，如果滤筒有挂毛或碎屑，应清理干净。当用刚玉滤筒采样时，滤筒在空白称重前，要用细砂纸将滤筒口磨平整，以保证滤筒安装后的气密性；

4 应严格检查皮托管和采样嘴，发现变形或损坏者不能使用；

5 气态污染物采样，要根据被测成分的存在状态和特性，选择合适的采样管、连接管和滤料。采样管材质应不吸收且不与待测污染物起化学反应，不被排气成分腐蚀，能在排气温度和气流下保持足够的机械强度。滤料应选择吸收且不与待测污染物起化学反应的材料，并能耐受高温排气。连接管应选择吸收且不与待测污染物起化学反应，并便于连接与密封的材料；

6 吸收瓶应严密不漏气，多孔筛板吸收瓶鼓泡要均匀，在流量为 0.5L/min 时，其阻力应在 $5\pm 0.7\text{kPa}$ 。

11.5.5 选择分析方法应符合下列要求：

1 选用的监测分析方法应充分考虑相关排放标准的规定、被测污染源排放特点、污染物排放浓度的高低、所采用监测分析方法的检出限和干扰等因素；

2 相关排放标准中有监测分析方法的规定时，应采用标准中规定的方法；

3 对相关排放标准未规定监测分析方法的污染物项目，应选用国家环境保护标准、环境保护行业标准规定的方法；

4 在某些项目的监测中，尚无方法标准的，可采用国际标准化组织（ISO）或其他国家的等效方法标准，但应经过验证合格，其检出限、准确度和精密度应能达到质控要求。

11.5.6 现场监测的质量保证应符合下列要求：

1 排气参数的测定

1) 监测期间应有专人负责监督工况，污染源生产设备、治理设施应处于正常的运行工况；

2) 在进行排气参数测定和采样时，打开采样孔后应仔细清除采样孔短接管内的积灰，再插入测量仪器或采样探头，并严密堵住采样孔周围缝隙以防止漏气；

3) 排气温度测定时，应将温度计的测定端插入管道中心位置，待温度指示值稳定后读数，不允许将温度计抽出管道外读数；

4) 排气水分含量测定时，采样管前端应装有颗粒物过滤器，采样管应有加热保温措施。应对系统的气密性进行检查。对于直径较大的烟道，应将采样管尽量深地插入烟道，减少采样管外露部分，以防水汽在采样管中冷凝，造成测定结果偏低；

5) 用奥氏气体分析仪测定烟气成分时，必须按 CO_2 、 O_2 、 CO 的顺序进行测定，操作过程应防止吸收液和封闭液窜入梳形管中；

6)排气压力测定时，事先须将仪器调整水平，检查微压计液柱内有无气泡，液面调至零点；对皮托管、微压计和系统进行气密性检查；

7)使用微压计或电子压差计测定排气压力时，应首先进行零点校准。测定排气压力时皮托管的全压孔要正对气流方向，偏差不得超过 10° 。

2 颗粒物的采样

1)颗粒物的采样必须按照等速采样的原则进行，尽可能使用微电脑自动跟踪采样仪，以保证等速采样的精度，减少采样误差；

2)采样位置应尽可能选择气流平稳的管段，采样断面最大流速与最小流速之比不宜大于3倍，以防仪器的响应跟不上流速的变化，影响等速采样的精度；

3)在湿式除尘或脱硫器出口采样，采样孔位置应避开烟气含水（雾）滴的管段；

4)采样系统在现场连接安装好以后，应对采样系统进行气密性检查，发现问题应及时解决；

5)采样嘴应先背向气流方向插入管道，采样时采样嘴必须对准气流方向，偏差不得超过 10° ；采样结束，应先将采样嘴背向气流，迅速抽出管道，防止管道负压将尘粒倒吸；

6)锅炉颗粒物采样，须多点采样，原则上每点采样时间不少于3min，各点采样时间应相等，或每台锅炉测定时所采集样品累计的总采气量不少于 1m^3 。每次采样，至少采集3个样品，取其平均值；

7)滤筒在安放和取出采样管时，须使用镊子，不得直接用手接触，避免损坏和沾污，若不慎有脱落的滤筒碎屑，须收齐放入滤筒中；滤筒安放要压紧固定，防止漏气；采样结束，从管道抽出采样管时不得倒置，取出滤筒后，轻轻敲打前弯管并用毛刷将附在管内的尘粒刷入滤筒中，将滤筒上口内折封好，放入专用容器中保存，注意在运送过程中切不可倒置；

8)在采集硫酸雾、铬酸雾等样品时，由于雾滴极易沾附在采样嘴和弯管内壁，且很难脱离，采样前应将采样嘴和弯管内壁清洗干净，采样后用少量乙醇冲洗采样嘴和弯管内壁，合并到样品中，尽量减少样品损失，保证采样的准确性；

9)采集多环芳烃和二噁英类，采样管材质应为硼硅酸盐玻璃、石英玻璃或钛金属合金，宜使用石英滤筒（膜），采样后滤筒（膜）不可烘烤；

10)用手动采样仪采样过程中，要经常检查和调整流量，普通型采样管法采样前后应重复测定气流速度，当采样前后流速变化大于20%时，样品作废，重新采样；

11)当采集高浓度颗粒物时，发现测压孔或采样嘴被尘粒沾堵时，应及时清除；

12)测定低浓度颗粒物宜采用《固定源排放物-低浓度颗粒物物质(粉尘)的质量浓度测定》ISO12141方法。

3 气态污染物的采样

1)废气采样时，应对废气被测成分的存在状态及特性、可能造成误差的各种因素（吸附、冷凝、挥发等），进行综合考虑，来确定适宜的采样方法（包括采样管和滤料材质的选择、采样体积、采样管和导管加热保温措施等）；

2)采集废气样品时，采样管进气口应靠近管道中心位置，连接采样管与吸收瓶的导管应尽可能短，必要时要用保温材料保温；

3)采样前,在采样系统连接好以后,应对采样系统进行气密性检查,如发现漏气应分段检查,找出问题,及时解决;

4)使用吸收瓶或吸附管系统采样时,吸收装置应尽可能靠近采样管出口,采样前使排气通过旁路 5min,将吸收瓶前管路内的空气彻底置换;采样期间保持流量恒定,波动不大于 10%;采样结束,应先切断采样管至吸收瓶之间的管路,以防管道负压造成吸收液倒吸;

5)用碘量法测定烟气二氧化硫,采样必须使用加热采样管(加热温度 120℃),吸收瓶用冰浴或冷水浴控制吸收液温度,以提高吸收效率;

6)对湿法脱硫装置进行脱硫效率的测定,应在正常运行条件下进行,同时测定洗涤液的 pH 值。在报出脱硫效率测定结果时,应注明洗涤液的 pH 值;

7)采样结束后,立即封闭样品吸收瓶或吸附管两端,尽快送实验室进行分析。在样品运送和保存期间,应注意避光和控温;

8)用便携式仪器直接监测烟气中污染物,为了防止采样气体中水分在连接管和仪器中冷凝干扰测定,输气管路应加热保温,配置烟气预处理装置,对采集的烟气进行过滤、除湿和气液分离。除湿装置应使除湿后气体中被测污染物的损失不大于 5%;

9)用便携式烟气分析仪对烟气二氧化硫、氮氧化物等测试,应选择抗负压能力大于烟道负压的仪器,否则会使仪器采样流量减小,测试浓度值将偏低,甚至测不出来;

10)用定电位电解法烟气分析仪对烟气二氧化硫、氮氧化物等测试,应在仪器显示浓度值变化趋于稳定后读数,读数完毕将采样探头取出,置于环境空气中,清洗传感器至仪器读数在 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下时,再将采样探头插入烟道进行第二次测试。在测试完全结束后,应将仪器置于干净的环境空气中,继续抽气吹扫传感器,直至仪器示值符合说明书要求后再关机;

11)用定电位电解法烟气分析仪进行烟气监测,仪器应一次开机直至测试完全结束,中途不能关机重新启动以免仪器零点变化,影响测试准确性。

11.5.7 实验室分析质量保证应符合下列要求:

1 属于国家强制检定目录内的实验室分析仪器及设备必须按期送计量部门检定,检定合格,取得检定证书后方可用于样品分析工作;

2 分析用的各种试剂和纯水的质量必须符合分析方法的要求;

3 应使用经国家计量部门授权的有证标准物质进行量值传递。标准物质应按要求妥善保存,不得使用超过有效期的标准物质;

4 送实验室的样品应及时分析,否则必须按各项项目的要求保存,并在规定的期限内分析完毕。每批样品至少应做一个全程空白样,实验室内进行质控样、平行样或加标回收样品的测定;

5 滤筒(膜)的称量应在恒温恒湿的天平室中进行,应保持采样前和采样后称量条件一致。

11.6 电磁辐射监测

11.6.1 城市地下空间电磁辐射限值应符合《电磁辐射防护规定》GB8702 的要求。

11.6.2 城市地下空间电磁辐射的监测工作应依据《电磁辐射防护规定》GB8702、《辐射环境监测技术规范》HJ/T61 和《辐射环境保护管理导则电磁辐射监测仪器和方法》HJ/T10.2 实施。

10.6.3 对超过豁免水平的电磁辐射体,其拥有者必须对辐射体所在的工作场所以及周围环境的电磁

辐射水平进行监测，并将监测结果向所在地区的环境保护部门报告。

- 1 新建、改建、扩建后的辐射体，投入使用后的半年内提交监测报告；
- 2 现有的辐射体在本规定生效后半年内提交监测报告。

11.6.4 工作场所监测应符合下列要求：

1 当电磁辐射体的工作频率低于 300MHz 时，应对工作场所的电场强度和磁场强度分别测量。当电磁辐射体的工作频率大于 300MHz 时，可以只测电场强度；

2 测量仪器应尽量选用全向性探头的场强仪或漏能仪。使用非全向性探头时，测量期间必须不断调节探头方向，直至测到最大场强值。仪器频率响应不均匀度和精确度应小于±3DB；

3 测量仪器探头应尽量置于没有工作人员存在时工作人员的实际操作位置。

11.6.5 环境监测应符合下列要求：

1 环境中的电磁辐射大多可视为平面波，只需测电场强度。但在不能当成平面波的场所，需对电场强度和磁场强度分别测量；

2 测量仪器可以用于干扰场强仪，频谱仪、微波接受机等，测量误差应小于±3DB，频率误差应小于被测频带中心频率的 1/50；

3 针对某一辐射体的特定环境测量，应依据所测辐射体的天线类型，在距该天线 2000m 以内最大辐射方向上选点测量或根据辐射方向图，分方位选点测量；

4 对于一般的电磁辐射环境监测布点，通常可依主要交通干线为基准，以一定的间距划分网格进行测量；

5 测点应选在开阔地段，要避开电力线、高压线、电话线、树木以及建筑物等的影响。

11.6.6 监测结果评价应符合下列要求：

1 当工作场所的电磁辐射水平超过限值时，必须对电磁辐射体的工作状态和防护措施进行检查，查明原因，并应采取有效治理措施；

2 某电磁辐射体使环境电磁辐射水平超过本规定的限值时，必须尽快采取措施降低辐射水平，同时向环境保护部门报告产生过量辐射照射的原因以及准备治理的措施；

3 在对辐射水平进行评价时，应考虑到某一辐射体可能存在的几种辐射频率的贡献以及多个辐射体的贡献，即应满足下式：

$$\sum_m \sum_n \frac{Q_{m,n}}{Q_{m,n,L}} \leq 1 \quad (11.6.6)$$

式中 $Q_{m,n}$ — 第 m 个辐射 n 频段辐射的辐射水平；

$Q_{m,n,L}$ — 对应于 n 频段的电磁辐射所规定的辐射限值。

11.6.7 监测的质量保证应符合下列要求：

1 电磁辐射监测事先必须制定监测方案及实施计划：

- 1) 监测点位置的选取应考虑使监测结果具有代表性。不同的监测目的，应采取不同的监测方案；
- 2) 监测所用仪器必须与所测对象在频率、量程、响应时间等方面相符合，以保证获得真实的测

量结果；

3) 监测时要设法避免或尽量减少干扰，并对不可避免的干扰估计其对测量结果可能产生的最大误差；

4) 监测时必须获得足够的数量，以便保证测量结果的统计学精度。

2 监测仪器和装置（包括天线或探头）必须进行定期校准。

3 监测中异常数据的取舍以及监测结果的数据处理应按统计学原则办理。

4 电磁辐射监测应建立完整的文件资料。仪器和天线的校准说明书，监测方案，监测布点图，测量原始数据，统计处理程序等必须全部保留，以备复查。

11.7 粉尘监测

11.7.1 城市地下空间中粉尘容许浓度应符合《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》GBZ 2.1、《职业卫生标准制定指南 第2部分：工作场所粉尘职业接触限值》GBZ/T 210.2要求。

11.7.2 城市地下空间空气中粉尘监测应符合《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》GBZ 159、《工作场所空气中粉尘测定 第1部分：总粉尘浓度》GBZ/T 192.1、《工作场所空气中粉尘测定 第2部分：呼吸性粉尘浓度》GBZ/T 192.2、《工作场所空气中粉尘测定 第3部分：粉尘分散度》GBZ/T 192.3、《工作场所空气中粉尘测定 第4部分：游离二氧化硅含量》GBZ/T 192.4、《工作场所空气中粉尘测定 第5部分：石棉纤维浓度》GBZ/T 192.5、《工作场所空气中粉尘测定 第6部分：超细颗粒和细颗粒总数量浓度》GBZ/T 192.6、《工作场所职业病危害作业分级 第1部分：生产性粉尘》GBZ/T 229.1的要求。

11.7.3 选择分析方法应符合下列要求：

1 粉尘监测分析方法应充分考虑空气中粉尘浓度容许度、工作场所粉尘职业接触限值的规定、被测粉尘源特点、所采用监测分析方法的检出限和干扰等因素；

2 粉尘浓度的监测按照《工作场所空气中粉尘测定 第1部分：总粉尘浓度》GBZ/T 192.1和《工作场所空气中粉尘测定 第2部分：呼吸性粉尘浓度》GBZ/T 192.2的要求，可采用滤膜质量法进行总粉尘浓度监测和呼吸性粉尘浓度监测；

3 粉尘分散度监测按照《工作场所空气中粉尘测定 第3部分：粉尘分散度》GBZ/T 192.3的要求，可采用滤膜溶解涂片法、自然沉降法进行测定；

4 游离二氧化硅含量监测按照《工作场所空气中粉尘测定 第4部分：游离二氧化硅含量》GBZ/T 192.4的要求，可采用焦磷酸法、红外分光光度法、X线衍射法进行测定；

5 粉尘中石棉纤维浓度监测按照《工作场所空气中粉尘测定 第5部分：石棉纤维浓度》GBZ/T 192.5的要求，可采用滤膜/相差显微镜法进行测定；

6 粉尘中超细颗粒和细颗粒总数量浓度监测按照《工作场所空气中粉尘测定 第6部分：超细颗粒和细颗粒总数量浓度》GBZ/T 192.6的要求，可采用冷凝颗粒计数法进行。

11.7.4 现场监测期间应有专业技术人员专人负责监督工况，粉尘源状态无异常，治理设施应处于正常的运行工况，并应符合下列要求：

1 采样点的选择原则

- 1) 选择有代表性的工作地点，其中应包括空气中粉尘浓度最高，人员接触时间最长的地点。
- 2) 在不影响工作的情况下，采样点尽可能靠近工作人员，粉尘采样器应尽量接近人员工作时的呼吸带。
- 3) 在评价地下场所防护设备或措施的防护效果时，应根据设备的情况选定采样点，在人员工作时的呼吸带进行采样。
- 4) 采样点应设在工作地点的下风向，应远离排气口和可能产生涡流的地点。

2 采样点数目的确定

- 1) 凡逸散或存在粉尘的地点，至少应设置 1 个采样点。
- 2) 地下空间逸散同一种粉尘时，采样点应设置在逸散粉尘浓度大的设备附近的地点；逸散不同种粉尘时，将采样点设置在逸散待测粉尘设备的工作地点。
- 3) 独立分开的地下空间，分别设置采样点。

3 采样时段的选择

- 1) 采样必须在正常工作状态和环境下进行，避免人为因素的影响。
- 2) 空气中粉尘浓度随季节发生变化的工作场所，应将空气中粉尘浓度最高的季节选择为重点采样季节。
- 3) 在工作周内，应将空气中粉尘浓度最高的工作日选择为重点采样日。
- 4) 在工作日内，应将空气中粉尘浓度最高的时段选择为重点采样时段。

4 现场采样应按照《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》GBZ 159 执行。

1) 定点采样根据粉尘监测的目的和要求，可以采用短时间采样或长时间采样。短时间采样点，将装好滤膜的粉尘采样夹，在呼吸带高度以 15L/min~40L/min 流量采集 15min 空气样品。长时间采样点，将装好滤膜的粉尘采样夹，在呼吸带高度以 1L/min~5L/min 流量采集 1~8h 空气样品（由采样现场的粉尘浓度和采样器的性能等确定）。

2) 个体采样将装好滤膜的小型塑料采样夹，佩戴在采样对象的前胸上部，进气口尽量接近呼吸带，以 1L/min~5L/min 流量采集 1h~8h 空气样品（由采样现场的粉尘浓度和采样器的性能等确定）。

5 采样后，取出滤膜，将滤膜的接尘面朝里对折两次，置于清洁容器内。或将滤膜或滤膜夹取下，放入原来的滤膜盒中。室温下运输和保存。携带运输过程中应防止粉尘脱落或二次污染。

11.7.5 实验室分析质量保证应符合下列要求：

- 1 分析用的各种试剂和纯水的质量必须符合分析方法的要求，如试剂纯度等级、有效期等；
- 2 送实验室的样品应及时分析，否则必须按各项项目的要求保存，并在规定的期限内分析完毕，每批样品至少应做一个全程空白样，实验室内进行质控样、平行样或加标回收样品的测定；
- 3 滤膜的称量应在恒温恒湿的天平室中进行，应保持采样前和采样后称量条件一致。称量前，将采样后的滤膜置于干燥器内 2h 以上，除静电后，在分析天平上准确称量。

11.7.6 评判标准应按照《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》GBZ 2.1中“工作场所空气中粉尘容许浓度”的要求对粉尘浓度进行评价。

附录 A 已有结构构件材料强度标准值的确定

A.0.1 当需在从已有建筑物中检测某种构件的材料强度时，除应按该类材料结构现行检测标准的要求，选择适用的检测方法外，尚应遵守下列规定：

- 1 受检构件应随机地选自同一总体(同批)。
- 2 在受检构件上选择的检测强度部位应不影响该构件承载。
- 3 当按检测结果推定每一受检构件材料强度值(即单个构件的强度推定值)时，应符合该现行检测方法的规定。

A.0.2 当按检测结果确定构件材料强度的标准值时，应遵守下列规定：

- 1 当受检构件仅 2~4 个，且检测结果仅用于诊断这些构件时，允许取受检构件强度推定值中的最低值作为材料强度标准值；
- 2 当受检构件数量(n)不少于 5 个，且检测结果用于诊断一种构件时，应按式 A.0.2 确定其强度标准值(f_k)：

$$f_k = m_f - k \cdot s \quad (\text{A.0.2})$$

式中 m_f ——按 n 个构件算得的材料强度平均值；

s ——按 n 个构件算得的材料强度标准差；

k ——与 α 、 C 、 n 有关的材料标准强度计算系数，可由表 A.0.2 查得；

α ——确定材料强度标准值所取得概率下分位数，一般取 $\alpha=0.05$ ；

C ——检测所取得置信水平，对钢材取 $C=0.9$ ；对混凝土和木材取 $C=0.75$ ；对砌体取 $C=0.6$ 。

表 A.0.2 计算系数 k 值

n	k 值			n	k 值		
	C=0.9	C=0.75	C=0.6		C=0.9	C=0.75	C=0.6
5	3.400	2.463	2.005	18	2.249	1.951	1.773
6	3.092	2.336	1.947	20	2.208	1.933	1.764
7	2.894	2.250	1.908	25	2.132	1.895	1.748
8	2.754	2.190	1.880	30	2.080	1.869	1.736
9	2.650	2.141	1.858	35	2.041	1.849	1.728
10	2.568	2.103	1.841	40	2.010	1.834	1.721
12	2.448	2.008	1.816	45	1.986	1.821	1.716
15	2.329	1.991	1.790	50	1.965	1.811	1.712

A.0.3 当按 n 个受检构件材料强度标准差算得的变异系数，对钢材大于 0.10，对混凝土、砌体和木材大于 0.20 时，不宜直接按(A.0.2)式计算构件材料的强度标准值，而应先检查导致离散性增大的原因。若查明系混入不同总体(不同批)的样本所致，宜分别进行统计，并分别按(A.0.2)式确定其强度标准值。

附录 B 装修/装饰材料进场验收记录表

材料类别	品种	使用部位及数量	进场材料燃烧性能	设计要求燃烧性能	检验报告	合格证书	核查人员
纺织 织物							
木质 材料							
高分 子合 成材 料							
复合 材料							
其他 材料							
验收 单位	施工单位：（单位印章）			施工单位项目负责人：（签章）			
				年 月 日			
验收 单位	监理单位：（单位印章）			监理工程师：（签章）			
				年 月 日			

附录 C 地质雷达法

C.0.1 测线布置应以纵向布线为主，横向布线为辅。沿隧道纵向时应布置 5 条测线，其中：拱顶布置 1 条、拱腰布置 2 条（两侧各 1 条）、起拱线布置 1 条、边墙布置 1 条（水沟盖板以上 1.2m）。具体布置方式见图 C.0.1 所示。

C.0.2 检测方法采用剖面法，应使用屏蔽型天线，发射天线（T）和接受天线（R）以固定间距沿测线同步移动的测量方式，结果用地质雷达时间剖面图象表示。隧道施工雷达质量检测流程图如图 C.0.2。

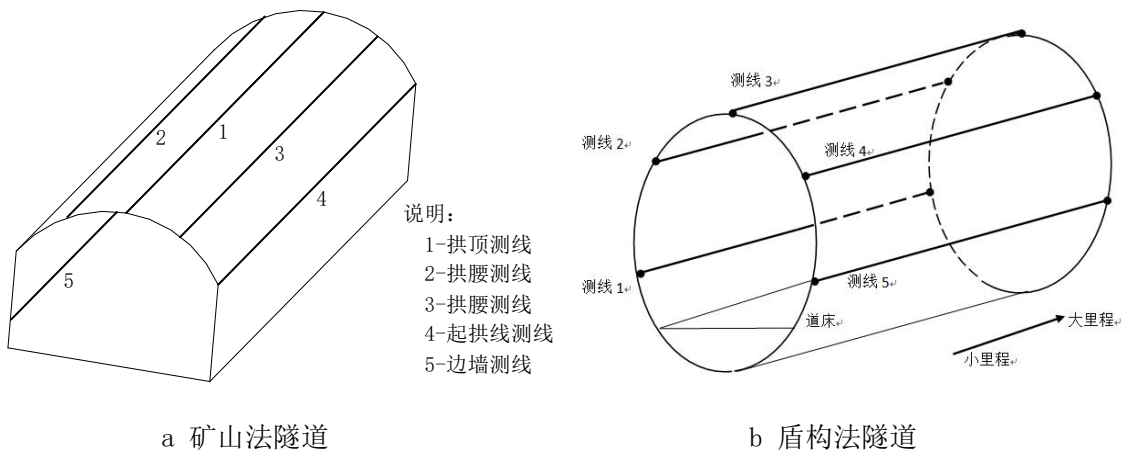


图 C.0.1 隧道内地质雷达测线布置示意图

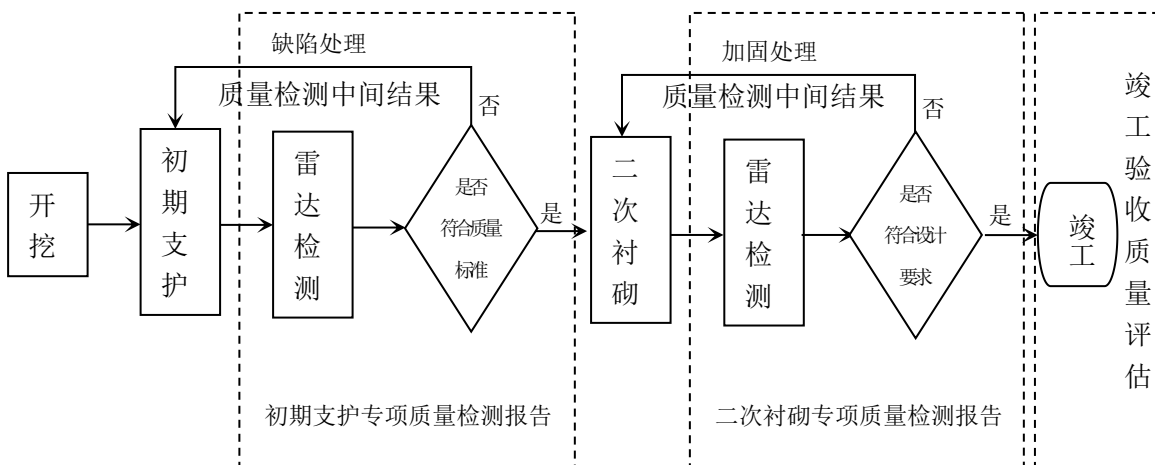


图 C.0.2 隧道施工雷达质量检测流程

C.0.3 原始数据处理前应回放检验，数据记录应完整、信号清晰，里程标记准确。不合格的原始数据不得进行处理与解释。

C.0.4 数据处理应确保位置标记准确、无误；确保信号不失真，有利于提高信噪比。

C.0.5 根据现场记录，分析可能存在的干扰体位置与雷达记录中异常的关系，准确区分有效异常与干扰异常；准确读取双程旅行时间的数据。

C.0.6 衬砌厚度可由下式确定。

$$d = \frac{0.3t}{2\sqrt{\varepsilon_r}} \quad \text{或} \quad d = \frac{1}{2}vt10^{-9} \quad (\text{C.0.6})$$

式中： d ——衬砌厚度（m）；

ε_r ——相对介电常数，应在已知厚度部位或类似材料上进行标定；

t ——双程旅行时间（ns）；

v ——电磁波速（m/ns）。

C.0.7 衬砌背后回填密实度的主要判定特征应符合下列要求：

- 1 密实：信号幅度较弱，甚至没有界面反射信号；
- 2 不密实：衬砌界面的强反射信号同相轴呈绕射弧形，且不连续，较分散；
- 3 空洞：衬砌界面反射信号强，三振相明显，在其下部仍有强反射界面信号，两组信号时程差较大。

C.0.8 衬砌内部钢架、钢筋位置分布的主要判定特征应符合下列要求：

- 1 钢架：分散的月牙形强反射信号；
- 2 钢筋：连续的小双曲线形强反射信号。

附录 D 声波法

D.0.1 声波法包括直达波法和反射波法，应根据不同的检测目的选用。直达波法适用于检测隧道衬砌表层混凝土质量，判定浅部的典型缺陷，在具有参照标准的前提下，可推定衬砌表层混凝土的单轴抗压强度等级；反射波法适用于检测隧道衬砌混凝土厚度、内部缺陷等。

D.0.2 沿隧道里程每 8m~12m 应布置一个测试断面。无仰拱的隧道，每个断面布置 5 个测点（拱顶、左右拱腰和左右边墙各一个）；有仰拱的隧道，应在隧道底部增加 1~3 个测点。

D.0.3 检测点的混凝土表面应平整、清洁。换能器、传感器应通过耦合剂与混凝土表面保持紧密结合，耦合层不得夹泥砂或空气。

D.0.4 数据采集前应通过试验选择最佳的激发、接收距离及仪器工作参数，设置里程、采样速度、记录长度、触发电平、负延时数等参数。

D.0.5 采用直达波法时，应以测点位置为中心安装发射换能器和接收传感器并使其耦合良好。发射换能器与接受传感器之间距离误差不得大于 0.5%。测试直达波并保存到磁盘文件，重复测试 3 次。

D.0.6 采用发射波法时，应以测点位置为中心点在隧道衬砌表面安装 2 个接收传感器，并通过电荷放大器接至声波仪的 1、2 通道。各传感器与衬砌混凝土表面之间应耦合良好。两传感器间距宜为 0.5m~1.0m。两传感器之间距离误差不得大于 0.5%。在两传感器延长线上距离 1 通道传感器 50mm 处激发声波，测试并确认得到清晰的直达波及反射波信号，保存到磁盘文件，重复测试 3 次。

D.0.7 应根据衬砌混凝土强度与纵波速度关系，推定衬砌混凝土的强度等级。

D.0.8 衬砌混凝土浅部缺陷的判识特征应符合下列要求：

- 1 低强度混凝土：直达波形态无明显异常但速度明显偏低；
- 2 充填低速异物（如片石等）：直达波形态畸变且速度偏低；
- 3 充填高速异物（如卵石等）：直达波形态畸变且速度明显偏高。

D.0.9 反射波路径中的缺陷判识特征应符合下列要求：

- 1 衬砌与围岩接触不密实：反射波能量相对较强且与直达波同相，甚至出现多次反射；
- 2 衬砌厚度不足：直达波速度正常，只有一个反射界面，界面深度较设计值低；
- 3 衬砌内部有充填物：直达波速度正常，衬砌厚度对应的发射界面有与其他不规则反射信号；
- 4 隐伏裂纹、间隙：直达波速度正常，发射波能量强且与首波同相位。裂纹很浅时，直达波出现异变甚至出现半波缺失。

附录 E 隧道激光断面仪法

E.0.1 隧道激光断面仪现场检测应达到下列目标：

1 对初次衬砌的检测：通过隧道净空断面检测，了解隧道开挖是否超出或侵入设计的开挖轮廓，超欠挖的部位及超欠量。在支护施作后进行净空断面检测，可以及时发现隧道内是否有足够的衬砌空间；

2 对二次衬砌内轮廓的检测：在二次衬砌施作后进行净空断面检测，可以检测到衬砌是否侵入相应的设计轮廓。通过比较初次衬砌和二次衬砌，可以得到二次衬砌厚度；

3 初期支护衬砌厚度检测方法。

E.0.2 隧道激光断面仪法的测量原理如图 E.0.2 所示。以某物理方向(如水平方向)为起算方向，按一定间距(角度或距离)依次测定仪器旋转中心与实际开挖轮廓线的交点之间的矢径(距离)及该矢径与水平方向的夹角，将这些矢径端点依次相连即可获得实际开挖的轮廓线。通过全站仪或其它方法测量获得断面仪的定点定向数据，在计算软件的帮助下自动完成实际开挖轮廓线与设计开挖轮廓线的空间三维匹配。可输出各测点与相应设计开挖轮廓之间的超、欠挖值(距离面积)。如果沿隧道轴向按一定间隔测量数个断面，还可算得实际开挖方量、超挖方量、欠挖方量和隧道衬砌厚度。

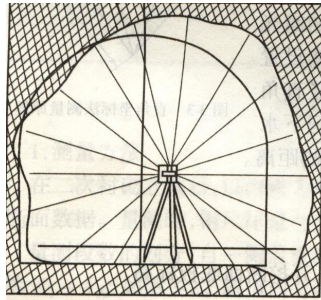


图 E.0.2 隧道断面仪测量原理

E.0.3 激光断面检测仪现场检测的方法，在隧道临时支护和初次衬砌完成后，将隧道激光断面仪放在隧道设计轴线选定里程的中心桩处，按照与隧道轴线垂直的方向进行测量，得到一组初期支护的断面轮廓数据资料。当隧道二次衬砌完成后，在同一里程处再次进行检测，就能得到隧道二次衬砌的断面轮廓数据资料。

E.0.4 进行现场检测应遵循以下几个原则：

1 初期支护断面和开挖断面的检测是位于同一里程桩号处；

2 确认两次检测激光头的起始转向相一致；

3 初期支护断面检测的仪高 $h_2 = h_1 - (H_2 - H_1)$ ， h_1 代表开挖断面检测的仪器高度； H_1 为开挖断面中线点的实测高程； H_2 为初期支护断面中线点的实测高程；

4 开挖检测断面和初期支护检测断面的检测点个数及检测角度范围要一致。

规定第 3 步的初期支护断面检测的仪高 h_2 是使开挖检测断面与初期支护检测断面相同序号检测点在同一径向上，准确地得出两个断面间同一径向的衬砌厚度。

E.0.5 计算流程为：

1 打开激光断面仪分析软件；

2 调出某一里程处已处理好的开挖断面，并把其作为标准断面；

3 导入所测得的同一里程处的初期支护断面，计算仪器按下式进行计算： $A=h_2-(C-D)$ ， A 表示计算仪器高度， h_2 为初期支护断面检测的实际仪器高度， C 为中线点的设计高程， D 为中线点实测高程；

4 在初期支护断面的顶部、两腰部及两边墙分别取3个点($i-1$ 、 i 、 $i+1$)，对每个部位所取的3个点的欠挖值求和、再取平均值，即为该部位的初期支护衬砌混凝土厚度。

E.0.6 激光断面仪检测的规范技术及应注意事项：

1 整体式衬砌和复合式衬砌的内轮廓检测，隧道横断面布置的间距应满足：直线地段50m，曲线地段20m，在每幅至少检测一个断面；

2 为保证检测分析的准确性，应记录检测时的环境温度、气压、粉尘烟雾条件等相关情况；

3 在隧道中用全站仪或经纬仪放出隧道中线，并在要检测的断面处设基准点，测出标高和里程，并在相应边墙上标出要检测断面里程；

4 清除或移去待检测隧道断面上的障碍物，当被测地面有积水时，宜将水排干后用白纸覆盖；

5 标志点以红色油漆标注，若红色油漆点较大，且正好在激光的中心位置处，宜在该点处盖上一张白纸，再进行检测；

6 使用隧道激光断面仪检测时，各参数应按下列范围设置：

(1) 待测断面起始角度范围在 $30^\circ\sim 320^\circ$ 范围内。

(2) 待测断面终止角度范围在 $40^\circ\sim 330^\circ$ 范围内。以竖直向下方向为 0° ，且终止角应大于起始角度。

(3) 在起始角度和终止角度之间测量的点数应不小于40个；且临近测点的间距不大于2mm。

7 隧道激光断面仪测量文件命名应包含隧道名称，线路名称，检测断面的里程；

8 对于检测断面上特殊的点应再进行单点检测，以保证检测到该断面轮廓上的全部凸点和凹点，全面反映被测断面的实际情况；

9 实测断面一般选在按检测要求预定的里程桩号，当某桩号的断面因特殊情况，不便测量，可以考虑将断面前移或后退，以确保隧道激光断面仪的准确性；

10 应重视隧道激光断面仪测量过程中的特殊情况。在测量时，为使测试结果便于以后分析，当出现以下情况时，现场检测时，应该予以记录：

(1) 当某桩号的断面因特殊情况，不便测量，将断面前移或后退，应记录改动的断面里程。

(2) 样点碰到隧道壁上的电线或风管，使检测到的尺寸比标准断面小，影响测量结果，记录落在电线或风管上的点数。

(3) 隧道中有车辆通行，激光束落在车辆上，应记录落在车辆上的点数。

(4) 当检测断面存在预留的检修孔或洞时，应记录落在检修孔或洞的点数。

(5) 当检测断面存在其他不便移去的其他障碍物，应记录落在障碍物上的点数。

(6) 隧道激光断面仪位置不在标准隧道断面中心，应测量并记录两者在沿隧道轴线和垂直隧道轴线的距离。

(7) 当隧道处于纵坡上时应应对设计断面进行纵坡修正。修正时只修正设计断面参数纵坐标。

11 处理检测数据需要的资料：隧道纵断面图；各检测断面的围岩类别；断面开挖和设计的初次、二次衬砌的断面图；各检测断面中线桩的里程、设计标高、实测标高、水平偏移量(当在中线上无法设桩时)，考虑变形而预留的变形量值。

本标准用词用语说明

1 为了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，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4) 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定应按其他的有关标准、规范执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。

广东省标准

城市地下空间检测监测技术标准

DBJ/T 15-XX-202X

条文说明

制订说明

《城市地下空间检测监测技术标准》DBJ/T 15-XX-202X，经广东省住房和城乡建设厅 202X 年 XX 月 XX 日以粤建科函[202X]号公告批准发布。

本标准在制订过程中，编制组参照相关现行国家标准、结合广东省的实际环境和需求，在征求省内有关单位和专家意见，经反复讨论、修改和完善，最后经广泛征求意见的基础上编制完成。

为便于广大设计、施工等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，编写组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	89
3	基本规定	92
3.1	检测与监测内容和方法	92
3.2	检测与监测工作程序和要求	92
4	地下结构施工检测与监测	94
4.1	一般规定	94
4.2	隧道施工监测	95
4.3	施工隧道周边环境变形监测	96
4.4	邻近开挖对既有隧道影响监测	97
4.6	隧道施工质量检测	98
5	既有地下结构检测监测与健康诊断	99
5.1	一般规定	99
5.2	矿山法隧道结构检测监测	99
5.3	沉管隧道检测监测	100
5.4	盾构法隧道检测监测	101
5.5	顶管法隧道检测监测	101
5.6	既有地下车站结构检测监测	102
5.7	地下结构物健康诊断	102
6	地下空间空气质量检测	104
6.1	一般规定	104
6.2	地下空间空气质量标准值	104
6.3	地下空间空气质量检测	105
7	地下空间防火检测	106
7.1	一般规定	106
7.2	地下空间建筑防火检测	106
7.3	地下空间装饰装修材料燃烧性能检测	107
7.4	地下空间电线电缆阻燃和耐火性能检测	108
7.5	地铁防火检测	108
7.6	综合管廊防火检测	108
7.7	防排烟系统有效性检测	109
8	地下空间消防电气检测	110
8.1	一般规定	110
8.2	消防电源及其配电检测	110
8.3	配电线路检测	110
8.4	火灾自动报警系统检测	111
8.5	消防应急照明和疏散指示系统检测	111
9	地下空间消防给水与灭火系统检测	112
9.2	给水与灭火系统检测	112
10	地下空间防烟、排烟、通风和空气调节系统检测	115
10.1	一般规定	115

10.2	风管检查与检测	115
10.3	防烟、排烟检查与检测	115
10.4	通风与空调系统检测	117
11	地下空间环境保护监测	118
11.2	噪声监测	118
11.3	振动监测	121
11.4	废水监测	121
11.5	废气监测	123
11.6	电磁辐射监测	124

1 总 则

1.0.1 21 世纪是开发利用城市地下空间的世纪,越来越多的活动将会转入地下,甚至生活在地下空间。这是解决越来越严重的土地紧缺、环境污染、交通拥塞、能源浪费、防灾安全等的战略方向。

广东省是改革开放的前沿,也是中国经济发展最快的地区之一,珠江三角洲城市化已面临一个提高质量水平的新阶段。广州、深圳、佛山、东莞、珠海等珠江三角洲地级以上大中城市,地下空间开发的速度和规模越来越大。

地下工程建设具有不可逆性和难以改造的特点,地下工程建设质量出现重大问题,损失不可估量,而且危及地面建(构)筑物、人员和财产安全。如何保证城市地下空间工程的正常使用和安全,一直倍受建设、勘察、设计、施工、监理各方责任主体以及建设行政主管部门的关注。地下工程除因受岩土工程条件、水文地质条件、基础与结构设计、衬砌与岩土介质相互作用、施工及专业技术水平和经验等关联因素的影响而具有复杂性外,地下工程的施工还具有高度的隐蔽性,发现质量问题难,事故处理更难。因此,施工过程中检测和监测工作是整个质量控制不可缺少的重要环节,只有提高检测和监测工作质量和检测结果的可靠性,才能真正做到确保地下工程的质量和安

全。地下空间投入运行后,需要切实做好防火、防灾工作,地下工程防灾的重点是平时防火和战时防爆。地下空间环境保护包括工程和设备的减振、降噪、大气污染防治、废水处理、室内空气质量控制,以及电磁辐射防护等。运行阶段的健康安全监测工作必不可少。

目前,国内地下轨道交通、人防工程等都有专业设计规范,但对工程质量检测、验收和确保正常使用还缺少统一的检测和监测标准,或有提及但不系统,主要问题可归纳为:

1 各种方法之间在某些方面缺少统一的标准,使检测人员在方法应用、检测数据采用及评判时显得无所适从,也使工程建设各方责任主体在验收过程中有关检测方法及数量的确定发生争执,容易造成地下工程验收工作的混乱。

2 各种检测方法都有其一定的适用范围。若将检测能力和适用范围不做出明确规定,容易出现因人而异的结果。

3 地下空间工程的检测通常是直接法和间接法配合,多种方法并用。单一的方法不能取得满意的结果,不同标准之间又存在不同的规定。

因此,统一地下空间检测和监测方法,使地下空间检测和监测工作标准化和规范化,才能促进地下空间检测和监测技术进步,提高检测和监测工作质量,为设计、施工验收及运行提供可靠依据,确保工程质量和人员安全健康。

1.0.2 编制组在本次修订中,制订编写大纲及编写各章节内容时,涉及的技术标准非常多,如:《建筑地基基础设计规范》GB50007、《地铁设计规范》GB50157、《建筑基桩检测技术规范》JGJ106、《建筑基坑支护技术规程》JGJ120、《混凝土强度检验评定标准》GB50107、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《地下铁道工程施工及验收规范》GB50299、《盾构法隧道施工与验收规范》GB 50446、《地下防水工程施工质量验收规范》GB 50208、《铁路隧道设计规范》TB 10003、《铁路隧道衬砌质量无损检测规程》TB 10223、《地下铁道、轻轨交通工程测量规范》GB 50308、《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308、《工程测量规范》GB50026、《建筑结构检测技术标准》GB/T50344、《建筑变形测量规范》JGJ8、《铁路桥隧建筑物劣化评定标准:隧道》TB/T 2820.2、《普通混凝土力

学性能试验方法标准》GB/T50081、《钻芯法检测混凝土强度技术规程》CECS 03、《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292、《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS21、《公共场所空气温度测定方法》GB/T180204.13、《公共场所空气湿度测定方法》GB/T180204.14、《公共场所风速测定方法》GB/T180204.15、《公共场所室内新风量测定方法》GB/T180204.18、《公共场所空气中二氧化碳测定方法》GB/T180204.24、《空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法》GB9801、《公共场所空气中一氧化碳测定方法》GB/T180204.23、《公共场所空气中氨测定方法》GB/T180204.25、《公共场所空气中甲醛测定方法》GB/T180204.26、《居住区大气中甲醛卫生检验标准方法 分光光度法》GB/T16129、《居住区大气中苯、甲苯、二甲苯卫生检验标准方法 气相色谱法》GB11737、《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB50325 附录 E、《室内空气质量标准》GB/T18883 附录 C、《环境空气 氮氧化物的测定 Saltzman 法》GB/T 15436 、《空气质量 氮氧化物的测定 盐酸萘乙二胺比色法 》GB 8969、《环境空气 铅的测定 -火焰原子吸收分光光度法》GB/T 15264、《室内空气中可吸入颗粒卫生标准》GB/T17095、《环境空气质量标准》GB3095、《室内空气质量标准》GB/T18883 附录 D、《环境空气中氨的标准测量方法》GB/T14582、《人防工程平时使用环境卫生标准》GB/T17216、《建筑设计防火规范》GB50016、《高层民用建筑设计防火规范》GB50045、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《建筑构件耐火试验方法 》GB / T9978、《建筑内部装修设计防火规范》GB50222、《人民防空工程设计防火规范》GB50098、《建筑内部装修防火施工及验收规范》GB50354、《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》GB50067、《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624、《建筑材料或制品的单体燃烧试验》GB/T 20284、《建筑材料不燃性试验方法》GB5464、《建筑材料燃烧热值试验方法》GB/T14402、《建筑材料燃烧释放热量试验方法》GB/T14403、《建筑材料燃烧或分解的烟密度试验方法》GB/T8627、《材料产烟毒性危险分级》GB/T20285、《公共场所阻燃制品及组件燃烧性能要求和标识》GB20286、《防火门》GB12955、《门和卷帘的耐火试验方法》GB/T7633、《建筑用安全玻璃 防火玻璃》GB15763.1、《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB8624、《建筑材料难燃性试验方法》GB/T8625、《建筑材料可燃性试验方法》GB/T8626、《钢结构防火涂料》GB14907、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《阻燃和耐火电线电缆通则》GB/T 19666、《电缆防火涂料通用技术条件》GA 181、《建筑消防设施检测技术规程》GA 503、《火灾报警控制器通用技术条件》GB47017《线型光束感烟火灾探测器》GB14003、《可燃气体报警控制器》GB16808、《消防联动控制设备通用技术条件》GB16806、《卤代烷 1211 灭火系统设计规范》GBJ110、《卤代烷 1301 灭火系统设计规范》GB50163、《二氧化碳灭火系统设计规范》GB50193、《自动喷水灭火系统设计规范》GB50084、《自动喷水灭火系统施工及验收规范》GB50261、《灭火器维修与报废》GA95、《气体灭火系统施工及验收规范》GB50263、《消防安全标志设置要求》GB15630、《火灾自动报警系统设计规范》GB50116、《声环境质量标准》GB3096、《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348、《社会生活环境噪声排放标准》GB22337 以及《城市区域环境噪声适用区划分技术规范》GB/T 15190、《积分平均声级计》GB / T 17181、《声校准器》GB / T 15173、《地下铁道电动车组司机室、客室内部噪声测量》GB/T14893、《声和振动分析用的 1/1 和 1/3 倍频程滤波器》GB3241、《铁路边界噪声限值及其测量方法》GB12525、《固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范》（试行）HJ/T373、《无线电干扰和抗扰度测量设备规范》GB/T6113.1、《城市区域环境噪声适用区划分技术规范》GB/T 15190、《城市区域环境噪声测量方法》GB / T14623、《建筑施工场界噪声测量方法》GB12524、《声级计的电、声性能及测试方法》GB/T 3785、《固定源废气监测技术规范》HJ/T397、《土壤环境质量标准》GB 15618、《土壤环境监测技术规范》HJ/T166、《城市区域环境振动标准》GB 10070、《城市区域环境振动测量方法》GB10071、《污水综合排放标准》GB 8978、《污水排入城市下水道水质标准》CJ3082、《地表水和污水监测技术规范》HJ/T 91、《电磁辐射防护规定》GB8702、《辐射环境监测技术规范》HJ/T61、《辐射环境保护管理导则电磁辐射监测仪器和方法》HJ/T10.2 等。需要梳理各标准

之间的不协调问题，找到合适的解决办法。

本标准不涉及生产和贮存火药、炸药、弹药、火工品等有爆炸危险的场所的工程，不适用于有爆炸危险的地下空间场所的检测与监测。

1.0.3 地下空间的用途非常广泛，适用于国民经济发展的各行各业，不同用途的地下空间其重要性和安全等级也不一样，地下空间不同的检测和监测方法有各自的特点和适用范围，在使用这些检测和监测方法时，应综合考虑地质条件、地下隐蔽施工的特点、地下环境和使用要求等因素进行合理选择搭配，优势互补，使各种检测和监测方法能互为补充和验证，在达到检测和监测目的的同时，又要体现经济合理性。

3 基本规定

3.1 检测与监测内容和方法

3.1.1 城市地下空间检测与监测分两阶段。第一阶段是施工阶段，主要检测各分项施工质量和施工过程中地下空间施工安全及对地面和附近建（构）筑物和地下管线的影响。城市地下空间施工有坍塌的风险，对施工人员和临近建（构）筑物构成危险，检测和监测是保证施工过程安全的可靠手段，因此，施工过程必须进行检测和监测。将本条例为强制性条文。

3.1.2 城市地下空间检测与监测第二阶段是工程竣工验收投入使用后，运行阶段主要检测和监测地下结构安全状况、地下建筑空气质量、地下建筑防火、消防电气设备、消防给水与灭火系统、防烟、通风和空气调节系统、环境保护的检测和监测。因城市地下空间埋在地下，空气质量、环境质量、安全状况比地面建筑物差，发生事故和火灾比地面建筑物更难救灾，城市地下空间运行阶段应定期进行检测与监测。

3.1.3 城市地下空间检测监测方法非常多，要求合理选择是为了提高检测结果的可靠性，并考虑经济性，在保证质量的前提下，不是所有检测和监测方法都用上，在制定检测和监测方案时应综合考虑，降低检测和监测费用。

3.2 检测与监测工作程序和要求

3.2.1 本条对检测和监测工作程序做了基本规定，一般情况下按此程序进行检测和监测。实际检测中，由于情况变化，如委托要求变化、现场实际情况与委托方提供的不一致，或施工过程中就怀疑有质量隐患，都应对检测和监测方案进行调整，增加检测和监测数量，或增加其他方法。

在仪器领用登记和检查环节，应查明仪器在标定有效期内。

3.2.2 本条所列内容是基本要求，并非全部要求，应根据检测和监测方法的特点，补充收集其他对报告编写必不可少的资料。

3.2.4 检测和监测所用计量器具必须送到法定计量检定单位进行定期检定，且使用时必须在计量检定的有效期内，这是我国《计量法》的要求，以保证检测和监测数据的准确性和可追溯性。由于地下空间环境条件差，检测和监测仪器使用前应进行调试，发现异常，停止工作，维修并检定后才能继续使用。

操作环境要求是按测量仪器设备对使用温度、湿度、电压波动、电磁干扰、振动冲击等现场环境条件的适应性规定的。

3.2.7 造成检测和监测数据异常通常有多个原因，即测试人员操作失误和仪器设备故障或环境条件不满足要求等。用不准确数据出报告，必然导致错误的结论。因此，不论是发生那种情况，都需要重新进行检测和监测。

3.2.9 按检测方法的准确可靠程度和直观性高低，用准确可靠程度高和直观性高的方法来复核或检验

准确可靠程度低和直观性差的方法的结论，称为验证检测。本条所指情况主要针对非破损的间接检测方法。

通常，因初次抽检数量有限，当抽检中发现承载力不满足设计要求或完整性检测中缺陷较多的情况，应会同各方分析原因，如果不能得出确切的结论，为补强或设计变更提供可靠依据时，应扩大检测。当有关方对检测结果有怀疑时，应协商一致委托第三方权威检测机构进行检测。

3.2.11 为使检测和监测报告内容完整和具有较强的可读性，报告中应包括常规内容的叙述。还要强调报告应包含各种原始数据和曲线，并附有相关的计算分析公式和曲线，报告结论应明确。

3.2.12 检测和监测单位开展检测和监测业务，项目应通过省级计量行政主管部门的计量认证，获得省级建设行政主管部门的资质证书。必要时应在当地建设行政主管部门进行备案。

3.3 监测安全等级与监测项目控制值

3.3.1~3.3.2 条文的主要内容与现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911 的相关内容一致。

3.3.3 国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013 中周边环境风险等级的确定，根据周边环境发生变形或破坏的可能性和后果的严重程度分为四级，本标准根据广东省工程监测的实际情况，取消了周边环境风险等级第四级，第三级次要影响区的划分标准作相应的调整。

3.3.4 本条文的主要内容与现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911 的相关内容一致。

3.3.5 本标准 3.3.3 条取消了国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013 中周边环境风险等级第四级的规定，本条文作了相应修改。工程监测等级分为一级、二级、三级，与现行相关标准协调一致。

3.3.6~3.3.12 条文的主要内容与现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911 的相关内容一致。

4 地下结构施工检测与监测

4.1 一般规定

4.1.2 隧道监测对象主要包括隧道沿线变形区内地面建（构）筑物、道路、地下建筑物、地下管线设施等，监测内容包括变形、应力监测及地下水位变化等。

4.1.3 监测方案是监测单位实施监测的重要技术依据和文件。监测单位应根据地层岩土条件、埋深和结构特点、支护类型、开挖方式、环境状况及建设单位和设计单位对监测工作的技术要求，制定监测方案。监测方案需经建设单位、设计单位、监理单位等认可，必要时还需与地下结构周边环境涉及的有关管理单位协商一致后方可实施。监测单位应严格按照审定后的监测方案进行监测，不得任意减少监测项目、测点，降低监测频率。当在实施过程中，由于客观原因需要对监测方案作调整时，应按照工程变更的程序和要求，向建设单位提出书面申请，新的监测方案经审定后方可实施。

当变形超过报警值时，可能导致或出现地下结构工程及周边建（构）筑物安全事故的征兆，应引起各方的足够重视，因此应调整变形监测频率，加强监测。

4.1.4 基坑工程监测包括巡视检查和仪器监测。仪器监测可以取得定量的数据，进行定量分析；以目测为主的巡视检查更加及时，可以起到定性、补充的作用，从而避免片面地分析和处理问题。

4.1.6 测点的位置应尽可能地反映监测对象的实际受力、变形状态，以保证对监测对象的状况做出准确的判断。在监测对象内力和变形变化大的代表性部位及周边环境重点监测部位，监测点应适当加密，以便更加准确地反映监测对象的受力和变形特征。监测标志的型式和埋设按现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 执行。侵蚀环境下的监测标志应具有一定的耐腐蚀性，以保证使用期内正常工作。

4.1.7 本条规定是为了将监测中的系统误差减到最小，达到提高监测精度的目的。监测时尽量使仪器在基本相同的环境和条件（如环境温度、湿度、光线、工作时段等）下工作，但在异常情况下可不作强制要求。

4.1.8 各监测项目都不可能取得绝对稳定的初始值，本条所说的稳定值实际上是指在较小范围内变化的初始观测值，且其变化幅度相对于该监测项目的预警值而言可以忽略不计。

4.1.11 变形控制网是变形测量的专用控制网，有条件也可利用施工控制网。变形监测控制网是变形测量的依据，布设时要考虑到整个变形观测时间内稳固可靠，而且便于使用。

4.1.12 考虑到自动化监测技术目前处于逐步推广使用的阶段，本条对于何种条件下采用自动化监测技术进行了推荐性说明。主要建议以下几种情况下优先采用自动化监测技术：

1 监测频率要求较高的监测项目，即监测频率不低于一天一次。

2 人工方式监测难以实施的监测项目，此处“难以实施”也包含第一条频率过高导致的难以实施，另外也包含虽监测频率不高但项目地段偏僻或周边环境过于复杂的情况。

3 工程支护结构安全等级为一级的基坑，以及基坑周边市政道路、管线、建(构)筑物密集或邻近

地铁、桥梁、隧道等重要建筑、保护文物设施等情况的基坑工程。

4 其他便于实施的情况是在以上 3 种情况以外，监测单位认为自动化实施更加简便、经济的情况。

5 自动化监测技术本身只改变了监测的手段，对于监测点的布置原则、监测频率、监测报警指标可直接按照国标规范执行即可。

6 由于自动化监测技术还在不断发展中，新技术、新设备也在不断的更新完善，在该阶段自动化监测技术的成熟度、稳定度都还达不到一个很高的水平，因此在鼓励采用自动化监测技术实施的同时，为保证结果的可靠性，应创造比对测量的条件，进行定期的比对测量数据校核。

7 实施自动化监测技术的工程常多采用多种不同的监测传感器元件进行组网实施，并且考虑到供电及网络传输等因素，自动化监测技术实施效果与工程现场状况密不可分，为保证监测实施的质量，在自动化监测实施前，须单独编制自动化监测方案或在基坑监测方案中添加自动化监测专项内容。

8 通信介质应根据工程现场需要，采用适合的通信介质合理布置，满足现场监测工作要求。常用类型的仪器设备见表 4.1.12。

表 4.1.12 各种数据采集类型常用的仪器设备

序号	自动化监测数据采集类型	使用仪器设备	备注
1	光学仪器	全站仪和激光测距仪等	一维至三维坐标变化测量
2	力学传感器	倾斜计、裂缝计、收敛计、振动传感器、水位计、土压力计、孔隙水压力计、应变计或轴力计、静力水准仪等	应力应变和变形测量

4.2 隧道施工监测

4.2.1 表 4.2.1 列出了不同工法隧道仪器监测的项目，这些项目是经过大量工程调研，结合现行的有关标准，监测项目的选择既关系到隧道工程的安全，也关系到监测费用的大小。盲目减少监测项目很可能因小失大，造成严重的工程事故和更大的经济损失，得不偿失；随意增加监测项目也会造成不必要的浪费。对于一个具体工程必须始终把安全放在第一位，在此前提下可以根据不同隧道工法有目的、有针对地选择监测项目。

4.2.2 水平位移的监测方法较多，但各种方法的适用条件不一。在方法选择和施测时均应特别注意。竖向位移监测中，水准测量是最常用的方法。考虑到基坑变形监测特点、该监测项目重要性以及水准测量技术、仪器发展现状，监测方法的技术标准按现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 精度要求执行。

4.2.4 本条中根据测量内容所选择的主要物理仪器及其技术指标见表 4.2.4，仪器类型仅供参考。

表 4.2.4 主要物理仪器及其技术指标

测量内容	主要测量仪器	测量精度
应力应变测试	压力盒	0.5%F.S
	应变片	0.5%F.S
	轴力计	0.5%F.S
	锚杆测力计	0.5%F.S
弹性波速测试	波速仪	

4.2.5 本条中根据测量内容所选择的主要物理仪器及其技术指标见表 4.2.5，仪器类型仅供参考。

表 4.2.5 主要物理仪器及其技术指标

测量内容	主要测量仪器	测量精度
深层水平位移	测斜仪	0.25mm/m
地下水位	水位计	10mm
分层沉降	分层沉降仪	1.5mm
振动监测	振动加速度计	/

4.2.7 要及时采集变形数据，尽量减少变形量损失。观测点注记里程主要是便于对地面、地下的数据进行对照。

4.2.8 断面间距应根据围岩类别、隧道埋深、断面尺寸等因素确定。

4.2.9 测量频率应根据变形速率和变形量的大小等因素确定。

4.3 施工隧道周边环境变形监测

4.3.1 周边环境的监测范围既要考虑开挖和降水的影响范围，保证周边环境各保护对象的安全使用，也要考虑对监测成本的影响。基坑开挖对周边土体的扰动范围与地质条件、开挖深度有关，岩土体的物理力学性质越差、开挖深度越深，扰动影响范围越广。基坑降水影响曲线是距离降水井越近，水位下降越大；距离降水井越远，水位下降越小。地下水位下降会导致土体的固结沉降，进而影响地面建筑沉降变形。

4.3.2 为了反映建筑竖向位移的特征和便于分析，监测点应布置在建筑竖向位移差异大及结构变化和楼层数变化等位置。

4.3.3 当能判断出建筑的水平位移方向时，可以仅观测其此方向上的位移，因此本条规定一面侧墙的监测点不宜少于 3 点。

4.3.5 建筑整体倾斜监测可根据不同的监测条件选择不同的监测方法，监测点的布置也有所不同。当建筑具有较大的结构刚度和基础刚度时，通常采用观测基础差异沉降推算建筑的倾斜，这时监测点的布置应考虑建筑的基础形式、体态特征、结构形式以及地质条件的变化等，要求同建筑的竖向位移观测基本一致。

裂缝监测应选择有代表性的裂缝进行观测。每条需要观测的裂缝应至少设 2 个监测点，每个监测点设一组观测标志，每组观测标志可使用两个对应的标志分别设在裂缝的两侧。对需要观测的裂缝及监测点应统一进行编号。

4.3.6 管线的监测分为直接法和间接法。

当采用直接法时，常用的测点设置方法有：

(1) 抱箍法。由扁铁做成的圆环或半圆环（也称抱箍，其上焊测杆）固定在管线上，将测杆与管线连接成一个整体，测杆不超过地面，地面处设置相应的害井，保证道路、交通和人员的正常通行。此法观测精度较高，不足之处是要凿开路面，开挖至管线的底面，这对城市主干道是很难实施的，但对于次干道和十分重要的地下管道，如高压煤气管道，按此方案设置测点并予以严格监测是可行和必要的。

对于埋深浅、管径较大的地下管线也可以取点直接挖至管线顶表面，露出管线接头或阀门，在凸出部位做上标示作为测点。

(2) 套管法。用一根硬塑料管或金属管埋设或打设于所测管线顶面，量测时将测杆放入埋管内，再将标尺搁置在测杆顶端，只要测杆放置的位置固定不变，测试结果就能反映出管线的沉降变化。此法的特点是简单易行，可避免道路开挖。

间接法就是不直接观测管线本身，而是通过观测管线周边的土体，分析管线的变形。此法常用的测点设置方法有：

(1) 底面观测。将测点设在靠近管线底面附近的侧向土体中，观测管线底面附近土体位移。

(2) 顶面观测。将测点设在管线轴线相对应的地表土体里进行观测，当为硬化地面时，监测点标志应穿透路面结构硬层。

间接法由于测点与管线本身存在介质，因而观测精度较低，但可避免破土开挖。

4.3.7 监测点应满足与土体协同变形的要求，避免地面硬壳层上直接布设沉降标。

4.3.8 土体分层竖向位移监测是为了量测不同深度处土的沉降与隆起。目前监测方法多采用磁环式分层沉降标监测（分层沉降仪监测）、磁锤式深层标或测杆式深层标监测。当采用磁环式分层沉降标监测时为一孔多标，采用磁锤式和测杆式深层标监测时为一孔一标。监测孔的位置应选择靠近被保护对象且有代表性的部位。沉降标（测点）的埋设深度和数量应考虑基坑开挖、降水对土体垂直方向位移的影响范围以及土层的分布。上海市地方标准《基坑工程施工监测规程》DG/TJ 08 2001 2016 规定监测点布置深度宜大于 2 倍基坑开挖深度。

4.4 邻近开挖对既有隧道影响监测

4.4.1 既有隧道主要包括轨道交通既有隧道，电力隧道、综合管廊隧道等。既有隧道的功能不同，其涉及的安全保护要求就不同，因此监测的要求也就不同，本节按照既有隧道保护要求最严格的轨道交通既有隧道制定监测标准，其他类型的既有隧道如电力隧道、综合管廊隧道建议酌情参照，可放宽要求。

4.4.3-4.4.7 参考了《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T202-2013、《城市轨道交通工程监测

技术规范 GB 50911-2013》的有关内容。

4.6 隧道施工质量检测

4.6.2 可采用全断面仪进行隧道轮廓测量。通过洞内的施工控制导线获得断面仪的定点定向数据，计算输出各测点与相应设计开挖轮廓之间的超、欠挖值（距离或面积）。

4.6.4 第一阶段在喷射过程中的喷射厚度控制，可在喷射前插入钢筋或铁丝控制混凝土厚度。第二阶段在喷射完成后进行厚度检测，可采用凿子凿孔方法检查。

4.6.5 喷大板切割法进行强度试验，是在施工的同时，将混凝土喷射在450mm×350mm×120mm（可制成6块）或450mm×200mm×120mm（可制成3块）的模型内，在混凝土达到一定强度后，加工成100mm×100mm×100mm的立方体试块，在标准条件下养护至28d进行试验。

4.6.6 直接拉拔法是在围岩表面预先设置带有丝扣和加力板的拉杆，用喷射混凝土将加力板埋入，喷层厚度约100mm，试件面积约300mm×300mm（清除周围多余部分）。养护28d进行拉拔试验。

4.6.10 混凝土施工过程中的混凝土强度的检验，应在混凝土拌合、浇注过程中，进行随机抽样，制作标准试件，自喷射混凝土浇筑时算起，标准养护28d进行抗压强度试验。

混凝土强度检测，测面表面应清洁、平整、干燥，不应有接缝、饰面层、浮浆和油垢以及蜂窝、麻面，必要时可用砂轮抽样打磨清除表面上的杂物和不平整处，测面上不应有残留的粉末或碎屑。

测区应有清晰的编号，测区在试样上的位置和外观质量情况均应有详细的描述。

国家标准《混凝土强度检验评定标准》GBJ107-87正在进行修订，颁布实施后则按最新的国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB50107进行混凝土强度评定。

4.6.13 管片检漏测试，检测方法按设计抗渗压力保持时间不小于2h，侧面渗水深度不超过管片厚度的1/5为合格。掺加钢纤维、聚丙烯纤维等增强材料的混凝土或预制混凝土构件，应对其进行混凝土耐久性试验并论证后，方可使用。

4.6.14 明挖法进行隧道施工，基坑稳定性至关重要，明挖法隧道施工时需重点监测其支护桩（墙）、边坡顶部水平位移和竖向位移。

4.6.15 支护桩（墙）安全性直接决定了基坑的安全性，通过监测支护桩（墙）的结构应力，分析支护桩（墙）结构的受力情况。应力监测点布设位置主要为基坑各边中间部位、深度变化部位、桩（墙）体背后水土压力较大部位、地面荷载较大或其他变形较大部位、受力条件复杂部位等。

4.6.21 基坑支撑需进行轴力监测，监测点布置宜选择基坑中部、阳角部位、深度变化部位、支护结构受力条件复杂部位及在支撑系统中起控制作用的支撑。

4.6.22 因为施工缺陷或者材料问题，锚杆易出现拉力不足的情况。锚杆拉力监测点位宜选择基坑各边中间部位、阳角部位、深度变化部位、地质条件复杂部位及周边存在高大建（构）筑物部位的锚杆，每根锚杆上的监测点宜设置在锚头附近或受力有代表性的位置。

4.6.23 明挖法施工，由于基坑开挖，基坑周边土体发生位移，易引起地表沉降，需要相关要求对周边地表沉降监测。

5 既有地下结构检测监测与健康诊断

5.1 一般规定

5.1.1 地下空间设施建设量越来越多，但地下空间设施建设与房屋建筑相比在勘测、设计和施工等方面有较多的不确定性，致使一些地下空间设施在刚竣工和开始运行就出现病害，地下空间在遭受人为或自然灾害后，其安全稳定性也会受到影响，将直接涉及人民生命财产安全，因此对运营期地下结构的安全和正常使用进行定期和临时检查是完全必要的。

5.1.2 本标准将地下结构分为线形结构物和地下平面结构物。这里的线形结构物的监测评估包括矿山法、沉管法、盾构法、明挖法、顶管法隧道结构的监测评估。地下平面结构物指建筑物地下室、地下停车场、地下商场、地下旅馆、地下娱乐场所、地下餐厅、人防工程等平面结构物。

5.1.3 隧道病害类型形式多样，开裂和渗漏水是主要病害。作用在隧道衬砌结构上的压力，与隧道围岩的性质、地应力的大小以及施工方法等因素有关，由于设计或施工缺陷等原因往往造成结构强度不足或与围岩压力不协调，衬砌厚度不足或混凝土强度不够，不均匀沉降等造成隧道开裂。渗漏水主要有包括拱部滴水、边墙渗水或流水、隧道底部翻浆冒泥等。

5.1.4 地下平面结构物同样有多种病害类型，其中混凝土裂缝、渗漏水较为常见。地下平面结构物所处地下环境复杂，可能造成建筑物倾斜或沉降超限等情况，其检测内容和频率应符合《建筑结构检测技术标准》GB/T50344的规定。

5.1.5 考虑到地下结构工作环境受空间狭小、光线暗淡，局部存在渗漏水，破损部位存在失稳坍塌等情况，特别地，对于地下交通设施，存在交通间隙进行检测工作的可能，因此检测工作受各种干扰因素的影响，安全工作显得尤其重要。

5.2 矿山法隧道结构检测监测

5.2.1 矿山法施工已经运营的隧道结构一般要进行日常检查、定期检查，发现异常后再根据需要进行详细检测评估，所以运营期与施工期的检测频率不一致。本条列出的断面布置和检测、监测频率是按常规整体列出的要求，具体检测评估时可以根据定期或前期检查判断的成果，根据现场实际进行调整，但应慎重减少检测监测断面数量和频率。

隧道断面变形常用隧道激光断面仪量测，也可用全站仪量测。围岩位移常用机械式多点位移计量测。锚杆受力可用钢筋计量测，喷射混凝土、钢构件和衬砌受力可用各种压力盒、混凝土应变计、表面应变计等量测。

5.2.2 隧道衬砌混凝土在施工和使用过程中所生成的缺陷有裂缝、孔洞、蜂窝和层状破坏等。根据缺陷的部位，隧道衬砌缺陷检测内容可分为表面缺陷检测和内部缺陷检测两部分。内部缺陷检测是检测的难点和重点，常用的检测方法有：水压法、超声波法、钻孔取芯法、地质雷达法、红外成像法、声波法等。

5.2.5 声波法检测隧道衬砌厚度目前常用两种方法，为脉冲反射法测厚（时域法）和冲击回波法测

厚（频域法）。激光断面仪法检测隧道厚度，基于激光断面仪能快速检测隧道界限（内轮廓线），根据衬砌浇筑前后内轮廓线的比较得出衬砌厚度。地质雷达法检测隧道厚度基于电磁波传播速度与电磁波反射时间的乘积的一半，但存在电磁反射波反射时间判读困难等问题。直接测量法包括直接凿槽测量、钻孔取芯量测、冲击钻孔量测法等，不足之处是对隧道结构造成破坏。

5.3 沉管隧道检测监测

5.3.1 世界上第一座沉管隧道兴建至今，已有百余年的历史。兴建的沉管隧道基本上处于良好的使用状态，投入的维修工作量是比较小的。这与管段的工厂化制造、精心施工有很大关系。根据国际隧协 1997 年的沉管隧道报告，在荷兰的沉管隧道中出现有穿过底板、墙体和顶板的较小的漏水。调查表明没有出现严重的漏水，只有一些小的水滴。此外，有的隧道也曾出现较小的基础下沉。处于地震区的隧道在已发生的地震条件下，都是安全的。

作为交通用的沉管隧道，其通常的维修检测方法，与用其他施工方法建成的山岭隧道、水底隧道等，原则上是相同的。但由于沉管隧道的特殊性，也给维修检测方法工作带来一些新的课题，如：接头是沉管结构物的薄弱环节，特别是柔性接头，必须进行经常和定期的监测和检查；沉管结构的埋深一般不大，故必须考虑地震、海啸和河床冲刷对结构物的影响；沉管隧道的基础下沉和漏水、结构物的变异等重要问题，必须经常监视、检测等。

沉管隧道安全监测就是要通过获取与隧道结构动力特性密切相关的动力参数的变化来评估结构工作状态、判断结构的健康状况。

沉管隧道安全监测的模型大致如下：首先，建立结构的原始状态动力有限元模型，然后通过工程使用初期实际测得的性态参数进行校正使之合乎实际情况，建立各种参数变化所对应的损伤的数据库。在结构的使用过程之中对其进行即时监测，用结构出现损伤后的动力参数的变化与损伤数据库中的参数相比较，从而判断实际的损伤状态。

近年来，光纤传感器由于其与传统的传感器相比具有一系列的优点，在土木工程领域得到了广泛的研究与应用，成为土木工程领域特别是大型结构安全监测中首选的传感器形式。它能够在对结构无损失的情况下，迅速测定物理量的大小、扰动及其位置，并通过软件系统分析出结构的振动频率和振型等。分布式光纤传感器非常适用于沉管隧道结构的安全监测。光纤传感器应铺设在结构容易出现损失或者结构应力、应变变化对外部的环境因素比较敏感的部位以获得良好的安全监测结果。根据对该隧道有限元模型的静动力分析，可以判明哪些部分是需要重点监测的位置。如在沉管结构两端附近的侧壁往往纵向受力较大。因此对于这个部位需要进行监测。而管段局部受力区域如系缆柱、中隔墙开孔处等，均存在不同程度的应力集中，也需要进行重点分析和监测。

5.3.3 除隧道整体动力特性外，管段和接头局部的特性也是判断整体结构健康状况必须掌握的，因为在接头部位集中了剪力键、欧米加止水带、结纳止水带等关键结构。结纳止水带的一个很重要的指标是受压应力曲线，如果管段之间的挤压达到一定的界限，结纳止水带的弹性指标就会非线性下降，从而直接影响到隧道的防水性能。欧米加橡胶止水带在实际使用中的三向的允许变形量相对较大，在观察测量数据时要注意以下几点：

(1)针对纳止水带，要注意管段间压缩的情况。在观测测量数据时要注意隧道上下挤压压缩的差异，并且在挤压的过程中关注压缩量的变化趋势；

(2)针对欧米加橡胶止水带，要注意管段间张开的情况；

(3)在夏季和冬季，要密切注意隧道轴向变化的趋势，并和以往的趋势作比较。所以水下隧道安全监测系统的主要监测内容应该包括：

- ① 管段主体应变、振动位移、振动加速度；
- ② 横向、纵向振动位移；
- ③ 横向和竖向振动加速度；
- ④ 环境温度及梁体温度梯度；
- ⑤ 管段接头的拉应力和压应力、横向和纵向相对位移；
- ⑥ 管段接头剪切键的剪应力。

5.4 盾构法隧道检测监测

5.4.1 本节参考了《盾构法隧道施工与验收规范》GB50446、《城市轨道交通工程测量规范》GB50308的有关内容。

5.4.2 盾构法隧道结构常见病害包括隧道渗漏水、管片缺陷、管片接头缺陷、隧道结构缺陷等，且隧道内环境对隧道正常运营有较大影响，故应重点对以上内容进行监测。

5.4.3 隧道环境监测包括隧道地表沉降观测、邻近建（构）筑物变形量测和地下管线变形量测等，应结合现场实际情况进行，由于地质情况复杂，营运隧道易沉降，盾构法隧道的沉降及椭圆度量测需满足本条规定。若隧道穿越水系和建（构）筑物或有特殊要求等地段，其监控量测项目应根据设计要求确定。

5.4.7 管片嵌缝处易出现渗漏情况，对嵌缝处防水检测应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB50108的规定。嵌缝防水检测主要通过观察检查与记录等手段，所有管片嵌缝均应进行检查。

5.4.9 盾构管片壁后空洞病害可采用地质雷达进行检测，注浆加固效果可采用地质雷达进行复测，检测时雷达测线需合理布置，纵向布线的位置在拱顶、左右拱腰（起测线）、左右边墙和底部各一条，横向布线一般线距8m~12m，点测时每个断面不少于6个点。

5.5 顶管法隧道检测监测

5.5.1 顶进的管道应满足本规程相关要求，顶进管道不偏移，管节间不发生错动。管道接口套环应对正管缝与管端外周，管端垫板粘接牢固。要求顶进的管道接头具有良好的密闭性，同时管节无裂纹、不渗水，避免隧道内渗水。

5.5.2 若顶进管道埋深较浅，易对地表建筑产生影响，要进行地表沉降、分层沉陷、水土压力和地下水位等环境监测，对于埋深大于3倍直径的顶管，一般不必进行环境监测。

5.5.3 为保证顶管法隧道质量，在通常情况下，顶管法隧道结构监测项目的允许偏差应满足表5.5.3

中列出的具体要求。

5.6 既有地下车站结构检测监测

5.6.1 运营车站结构监测工作主要分为长期监测和专项监测，长期监测为监控运营期城市轨道交通结构变形状况，定期开展的变形监测工作；专项监测为掌握运营期城市轨道交通结构病害段及受外部作业可能影响段的变形状况，在特定周期内针对特定对象而开展的变形监测工作。

5.6.2 长期监测工作实施前，应制定工作流程和监测方案。长期监测方案应根据结构形式、地质与环境条件，结合运营安全管理的要求合理确定监测项目、监测点布设、监测设备、监测频率等。

5.6.3 专项监测工作实施前，应制定工作流程和监测方案。专项监测方案应根据结构病害段或受外部作业可能影响段的变形状况、结构形式、地质与环境条件，结合运营安全管理的要求合理确定监测项目、监测点布设、监测设备、监测频率等。

5.6.4 监测手段应根据现场实际情况合理选择，现场无人工监测作业条件、设计和施工特殊要求或必须采用自动化监测手段等情况下，应采用自动化监测。

5.6.5 现场巡查以目测方法为主，辅以量尺、放大镜等工器具以及摄像、摄影等设备进行。要对巡查信息进行详细记录，并与仪器监测数据进行综合对比分析，发现异常或险情，应按规定程序及时通知相关单位。

5.7 地下结构物健康诊断

5.7.1 地下结构的实荷试验一般仅限于梁、板构件性能检测试验，方法可参考地面结构试验方法。由于工作环境和现有技术条件限制，地下围护结构难以开展载荷试验。

5.7.2 混凝土的原材料是指砂子、水泥、粗骨料、掺合料和外加剂等。由于检测硬化混凝土中原材料的质量或性能难度较大，因此允许对建筑工程中剩余的同批材料进行检验。现场取样检验钢筋的力学性能应注意结构或构件的安全，一般应在受力较小的构件上截取钢筋试样。目前已经有一些钢筋抗拉强度的无损检测方法，如测试钢筋的表面硬度换算钢筋抗拉强度，分析钢筋中主要化学成分含量推断钢筋抗拉强度等方法。但是这些非破损的检测方法都不能准确推定钢筋的抗拉强度，应与取样检验方法配合使用。

5.7.3 采用非破损或局部破损的方法进行结构或构件混凝土抗压强度的检测，是为了避免或减少对结构带来不利影响。特殊的检测目的，如检测受侵蚀层的混凝土强度、火灾影响层混凝土强度等。目前非破损的检测方法不适用于这些情况的检测。选用回弹法、综合法、拔出法及钻芯法等应注意其适用条件：

混凝土的龄期：回弹法一般应在相应规程规定的混凝土龄期内使用，超声回弹综合法也宜在一定的龄期内使用。当采用回弹法或回弹超声综合法检测龄期较长混凝土抗压强度时，应配合使用钻芯法。钻芯法受混凝土龄期影响相对较小。

表层质量具有代表性：采用回弹法、综合法和拔出法时，构件表层和内部混凝土质量差异较大时会带来较大的测试误差。对于超声回弹综合法，如内外混凝土质量差异不明显也可以采用，钻芯法则受表层混凝土质量的影响较小。

混凝土强度：被测混凝土强度不得超过相应规程规定的范围，否则也会带来较大的误差。

特殊情况下，可以采取钻芯法检测结构混凝土的抗压强度，但应注意骨料的粒径问题。

回弹法、超声回弹综合法和拔出法与钻芯法相结合，可提高混凝土抗压强度检测结果的可靠性。

5.7.4 混凝土结构的裂缝按其活动性质可分为稳定裂缝、准稳定裂缝和不稳定裂缝。为判定结构可靠性或制定修补方案，需全面考虑与之相关的各种因素。其中包括裂缝成因、裂缝的稳定状态等，必要时应对裂缝进行观测。裂缝也可归结为结构损伤，如钢筋锈蚀造成的裂缝、火灾造成的裂缝、基础不均匀沉降造成的裂缝等。对结构检测来说，无论是施工过程中造成的裂缝（缺陷）还是使用过程中造成的裂缝（损伤），检测方法基本上是一致的。

5.7.6 准确的基础不均匀沉降应该从结构施工阶段开始测定。通常在发现问题后再提出基础沉降问题时，已经无法得到基础沉降的准确数值。当有必要进行基础沉降观测时，应在结构上布置观测点，进行后期基础沉降观测。

6 地下空间空气质量检测

6.1 一般规定

6.1.2 本章规定了城市地下空间需监测室内空气的工程类型及监测频率。对于无人长期停留的配电房、工业建筑工程、仓储性工程等不在本规范规定范围内。对于有特殊净化要求的场所如医院也不在本规范规定范围内。

6.1.3 随着人口迅速膨胀，城市化进程的加快，为解决用地紧张、交通拥挤、环境污染等问题，地下空间开发利用的规模和强度逐渐加大，启用和建设了大量的地下人防工程，开设地下商场、旅馆、餐厅、停车场等等。地下工程的建设不仅节约用地，也拓展了人们的活动空间。在地下工作、生活和活动的人员大大增加，但地下空间的环境却并不能都令人满意，如新风量不足、菌落总数超标、甲醛、氨、TVOC等污染物浓度可能超标等，这些问题对于地面工程可以通过加强通风使污染物浓度降低，但对于地下工程由于没有自然通风的条件，使这些在地面工程中容易解决的问题，在地下工程中却成为让人们关注的问题，因此，每年必须对地下空间的室内空气质量进行监测，对超标的工程采取必要的解决措施，以保障地下空间活动人群的安全和健康。

6.1.5 建筑物室内氡的主要来源于地下土壤、岩石和建筑材料。民用建筑工程在设计前应进行土壤氡的调查，为工程防氡设计提供依据。在《民用建筑工程室内空气质量环境污染控制规范》GB50325中该条为强条。

6.2 地下空间空气质量标准值

6.2.1 目前国家不同部门从不同的角度对影响室内空气质量的污染物种类及限量值进行了规定。较早的有1998年卫生部与国家技术监督局共同发布的《人防工程平时使用环境卫生标准》GB/T17216，该标准规定了平时功能为公共场所的人防工程的空气质量标准，标准中对温度湿度等十几个项目进行标准值的规定。由国家环境保护部和国家质量监督检验检疫总局于2012年2月29日共同发布的《环境空气质量标准》GB3095，该标准根据检测污染物浓度对全国范围内的区域划分为二类区域。对环境空气中二氧化硫等10个污染物浓度的最高限量值作了规定。2020年由国家质量监督检验检疫总局与建设部联合颁发的《民用建筑工程室内空气质量环境污染控制规范》GB50325，该规范规定了新建、改建和扩建民用建筑工程的室内环境污染控制标准，该标准不包括建筑工程交付使用后人为因素产生的室内环境问题，如燃烧、烹饪、吸烟外购家具及家电引起的室内污染。标准中对建筑物内室内空气质量中七种污染物浓度进行了限量控制，这7种污染物包括甲醛、氨、苯、甲苯、二甲苯、TVOC及氡气。这七种污染物的选择及限量控制值主要是考虑建筑材料、装修材料及地质基础产生的污染来制定的。2002年由国家质量监督检验检疫总局与卫生部及国家环保总局联合颁发的《室内空气质量标准》GB/T18883。该标准规定了人们正常工作生活环境中室内空气质量参数及限量值。包括13个化学因素、5个物理因素及2个生物因素和1个放射性因素，并分别规定其限量值。

本标准中表6.2.1主要是以《人防工程平时使用环境卫生标准》GB/T17216中不同使用功能人防工程环境卫生标准值为主要参考值，如表中的温度、相对湿度、空气流速（风速）、二氧化碳、一氧化碳、细菌总数、甲醛、平衡当量氡浓度等指标。其次考虑到近年来化学建材的大量使用对室内环

境的污染程度日益加重,参考建设部 2001 年制定的《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB50325 中对建筑工程竣工验收时要求检测的指标增加了氨、苯、TVOC,并且采用了该标准中 II 类民用建筑工程的室内污染物限量值。考虑到地下工程中有燃烧尾气(汽车、备用发电机等)增加一氧化碳(CO)、铅、可吸入颗粒物(PM10)等因子,其标准限量值依据《环境空气质量标准》GB3095。本标准中还参考使用了卫生部、环保部门所制定的《室内空气质量标准》GB/T18883 中对新风量、甲苯、二甲苯等指标的限量值。参照卫生部与国家技术监督局共同发布的商场(店)、书店卫生标准 GB 9670—1996、公共交通等候室卫生标准 GB 9672—1996、旅店业卫生标准 GB 9663-1996、文化娱乐场所卫生标准 GB 9664—1996 等对不同的公共场所的卫生标准中照度指标规定了表 6.2.1 中的照度限量值。根据 GB/T18203-2000《室内空气中溶血性链球菌卫生标准》中溶血性链球菌的限量值规定了表 6.2.1 中溶血性链球菌的限量值。

表 6.2.1 中的标准值均指按本标准表 6.3.4 中推荐方法规定采样时间所测得的该时间段空气中该污染物浓度值。有别于《室内空气质量标准》GB/T18883 中所指的平均值(氨浓度除外)。

6.2.2 除了一年一次的常规检测,对于一些特定的环境还应有定期的日常监测,日常监测的项目可对不同的地下工程,有针对性地选择监测项目:

- (1) 选择人们日常活动可能产生的污染物。
- (2) 依据室内装饰装修情况选择可能产生的污染物。
- (3) 所选监测项目应有国家或行业标准分析方法、行业推荐的分析方法。

6.3 地下空间空气质量检测

6.3.3 由于地下建筑处于封闭状态,不同于地面的开敞环境,因此地下空间空气中污染物采样时间,无需像地面建筑那样封闭一段时间才进行采样,而可以在正常使用状态下进行采样。

6.3.4 本条文中试验方法等效采用了国内环保部门、卫生部门在这方面的相关标准。

7 地下空间防火检测

7.1 一般规定

7.1.1 随着经济发展,城市的规模不断扩大,功能日益完善,城市地下铁道、地下车库、地下隧道、综合管廊等地下空间开发日益增多。由于地下空间封闭,内部结构复杂,一旦发生火灾,烟气不易扩散,容易聚集,形成浓烟,易产生有害气体或毒气,温度也不易传递,易造成高温增压。地下空间火灾扑救困难、疏散困难,容易造成重大的人员伤亡和财产损失。地下空间建筑防火必须贯彻“预防为主,防消结合”的方针,积极采用先进的防火技术,采取比较全面、先进和可靠的防火材料及设施。

7.1.2 《城市地下空间工程技术标准》(T/CECS 772)规定地下工程耐火等级不应低于一级;《地铁设计规范》(GB50157)规定,地铁的地下工程及出入口、通风亭的耐火等级为一级;《建筑设计防火规范》(GB50016)规定,建筑物地下室,其耐火等级应为一級;《人民防空工程设计防火规范》(GB50098)规定,人防工程的耐火等级应为一級。考虑城市地下空间的特殊性,其耐火等级不应低于上述规范要求。

各类管道穿越防火墙时,其缝隙均为防火的薄弱环节,应将空隙填塞密实,采用的防火封堵材料应符合耐火极限要求。

7.2 地下空间建筑防火检测

7.2.1 建筑整体的耐火性能是保证建筑结构在火灾时不发生较大破坏的根本,而单一建筑结构构件的燃烧性能和耐火极限是确定建筑整体耐火性能的基础。

由于建筑的形式多样、功能不一,火灾荷载及其分布与火灾类型等在不同的建筑中均有较大差异。因此,对一些特殊建筑,还需根据建筑的空间高度、室内的火灾荷载和火灾类型、结构承载情况和室内外灭火设施设置等,经理论分析和实验验证后按照国家有关规定经论证后确定构件的燃烧性能和耐火极限。

按《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978,试验炉内温度的上升变化规律应满足下式,标准时间—温度曲线见图 7.2.1。

$$T - T_0 = 345 \lg(8t + 1) \quad (7.2.1)$$

式中, t ——时间,单位为分钟(min);

T ——炉内的平均温度,单位为摄氏度(°C);

T_0 ——炉内初始温度,°C。

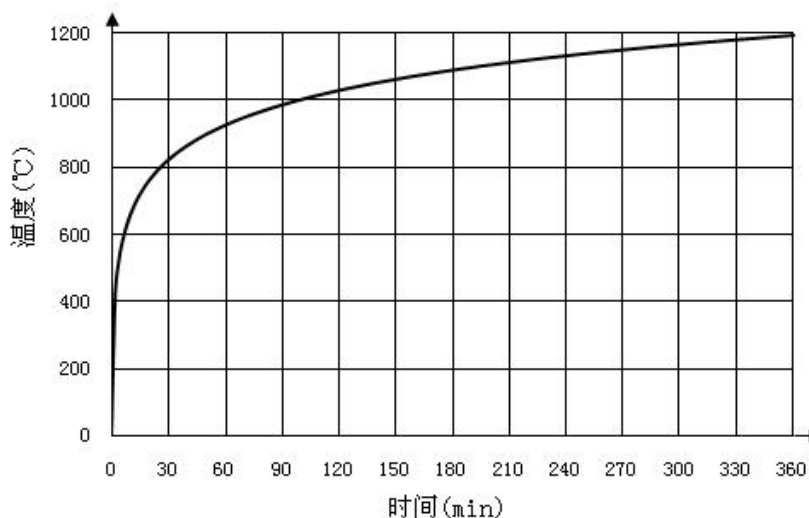


图 7.2.1 标准时间—温度曲线

7.2.2 划分防火分区的目的在于发生火灾时，可以将火势控制在一定的范围内。因此，应严格按建筑设计要求合理划分防火分区，以有利于灭火救援、减少火灾损失。

在设计中将建筑物的平面和空间以防火墙和防火门、窗等以及楼板分成若干防火区域，以便控制火灾蔓延。考虑到目前的经济水平以及灭火救援能力和建筑防火实际情况，规定了防火分区的最大允许建筑面积。

最大允许建筑面积为每个楼层上采用防火墙和楼板分隔的建筑面积，当有未封闭的开口连接多个楼层时，防火分区的建筑面积需将这些相连通的面积叠加计算。防火分区的建筑面积包括各楼梯间的建筑面积。

7.2.3~7.2.7 建筑的安全疏散主要包括疏散门、疏散走道、安全出口、疏散楼梯（包括室外楼梯）。安全出口和疏散门的位置、数量、宽度，疏散楼梯的形式和疏散距离，对于满足人员安全疏散至关重要。而这些与建筑的高度、楼层或一个防火分区、房间的大小及内部布置、室内空间高度和可燃物的数量、类型等关系密切。充分考虑区域内使用人员的特性，结合上述因素合理核查相应的疏散设施，为人员疏散提供安全的条件。

7.3 地下空间装饰装修材料燃烧性能检测

7.3.1 建筑内部装修材料种类繁多，各类材料的测试方法和标准也不尽相同，依据现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624，分别根据各类材料测试的结果，并采用了欧盟标准 EN 13501-1 的分级判据，将材料划分为 A、B₁、B₂、B₃ 四个等级，同时建立了与欧盟标准分级 A1、A2、B、C、D、E、F 对应关系，见下表。

表 7.3.1 材料燃烧性能等级划分

序号	GB 8624 燃烧性能等级	对应欧盟分级	燃烧性能
1	A	A1	不燃性
		A2	
2	B ₁	B	难燃性
		C	

3	B ₂	D	可燃性
		E	
4	B ₃	F	易燃性

7.3.2 当使用不同装修材料分几层装修同一部位时，各层的装修材料只有贴在等于或高于其耐燃等级的材料上，这些装修材料燃烧性能等级的确认才是有效的。但有时会出现一些特殊的情况，如一些隔音、保温材料与其他不燃、难燃材料复合形成一个整体的复合材料时，对此不宜简单地认定这种组合做法的耐燃等级，应进行整体试验，合理验证。

对定型生产的复合建筑材料，不论其厚度如何，也不管以何种工艺生产，均应以定型产品进行燃烧特性检验，并对其进行综合评价。

7.3.3 B₁、B₂级装修装饰材料是建筑内部装修中普遍采用的材料，其燃烧性能的质量差异与产品种类、用途、生产厂家、进货渠道、产品的加工方式和阻燃处理方式等多种因素有关。因此，为保证施工质量，进行见证取样检验。

对于A₁、A₂级材料，原则上不需要进行见证取样检验，但对使用的这些材料有疑问时，根据实际情况由有关部门决定是否送检。

对于现场进行阻燃处理的施工，施工质量与所用的阻燃剂密切相关，也应进行见证取样检验。

7.4 地下空间电线电缆阻燃和耐火性能检测

7.4.1 《建筑设计防火规范》GB50016、《民用建筑电气设计规范》JGJ16、《地铁设计规范》GB50157等标准对建筑用电线电缆阻燃耐火性能作出了规定，考虑到目前城市地下空间的开发呈现综合化、分层化、深层化的发展趋势，同时城市地下空间火灾具有不容易被发现、烟气不容易扩散、人员疏散比较困难、灭火和救援难度大等特点，本条明确了地下空间用电线电缆应根据设计要求对其阻燃性能、耐火性能、无卤性能、低烟性能、低毒性能进行检测。

7.5 地铁防火检测

7.5.1 地铁的地下工程是人流密集的封闭空间，出入口是安全疏散通道，通风亭是火灾时组织通风排烟的咽喉，控制中心是负责一条或若干条轨道交通线路平时运营和应对灾害的调度指挥中枢，属城市重要生命线工程，重点应检查该类建筑的耐火等级。

7.5.4 本条规定了地下车站公共区和设备与管理用房内部装修材料的燃烧性能。

除垃圾箱外，在车站设置的广告灯箱、导向标志、座椅等固定设施，由于体积小并考虑到制造和环境布置要求，可采用难燃性材料。

7.5.8 建筑物火灾的发生，给国家和人民生命财产造成巨大损失，而电气故障引发的火灾次数和电气火灾造成的损失居各类火灾的首位，其中在低压线路中发生的比例又最高。从建筑电气线路、开关插座等方面提出了阻燃耐火要求。

7.6 综合管廊防火检测

7.6.1 电缆隧道内采用一般电缆（非阻燃电缆）时，其火灾危险类别应提高。

7.6.2~7.6.9 对综合管廊主体结构耐火极限、材料燃烧性能、防火封堵、线缆敷设分别作出了具体规定。

7.6.10、7.6.11 明确了综合管廊施工进场检验要求。

7.7 防排烟系统有效性检测

7.7.1 建筑消防设施防排烟系统的检测主要聚焦于系统功能的正常运转，对实际防排烟效果暂未有明确规定。而防排烟系统有效性应是实际使用中最应该重点关注与把握的，所以本节提出了防排烟系统的有效性和实际效果的要求及测试方法。

热烟试验的目的是在建筑防排烟系统调试过程中，通过试验火源产生定量的烟气来考察火灾工况下防排烟系统的烟气控制能力。试验中通过乙醇池火的燃烧产生无色无毒的热羽流，用可视的示踪烟气注入热羽流，演示热羽流的流动特性，并启动防排烟系统，评价防排烟系统的性能是否能够满足要求。

8 地下空间消防电气检测

8.1 一般规定

8.1.1 本条明确了地下空间内消防电气检测覆盖范围及关键产品组件的检查要求。

8.1.2、8.1.3 为提高地下空间消防电气检测的规范性、一致性，以确保检测质量及有效性，对检测机构准入条件及方法进行了规定。

8.2 消防电源及其配电检测

8.2.1 消防电源的可靠性是保证建筑消防设施可靠运行的基本保证。本条强调对消防用电负荷等级、供电电源及专用回路进行检测的重要性。同时，为保证消防控制室、消防水泵房、消防电梯机房、防烟与排烟风机房等关键消防用电设备供电可靠性，提出对最末一级配电箱双电源自动切换装置检测要求。

8.2.2 发电机作为关键的备用电源，为尽快让自备发电设备发挥作用，对备用电源的设置及其启动作等提出了检测要求。

8.2.3 消防电源监控系统由消防电源监控器、电压传感器、电流传感器等设备组成，对消防设备电源进行 24 小时监测，当各类为消防设备供电的交流或直流电源(包括主、备电)发生过压、欠压、缺相、过流、中断供电等故障时，消防电源监控器实时显示电压、电流值及故障点位置，同时发出声光报警信号并记录故障信息，保证了消防电源的可靠性。

8.3 配电线路检测

8.3.1 消防配电线路的敷设是否安全，直接关系到消防用电设备在火灾时能否正常运行，因此，本条要求对消防配电线路的敷设有效性进行检测。

工程中，电气线路的敷设方式主要有明敷和暗敷两种方式，对于明敷方式，由于线路暴露在外，火灾时容易受火焰或高温的作用而损毁，因此线路明敷时要穿金属导管或金属线槽并采取保护措施。保护措施一般可采取包覆防火材料或涂刷防火涂料。

对于阻燃或耐火电缆，由于其具有较好的阻燃和耐火性能，故当敷设在电缆井、沟内时，可不穿金属导管或封闭式金属槽盒。

暗敷设时，配电线路穿金属导管并敷设在保护层厚度达到 30mm 以上的结构内，是考虑到这种敷设方式比较安全、经济，且试验表明，这种敷设能保证线路在火灾中继续供电。

8.3.2、8.3.3 为保证消防用电设备在火灾时能可靠、稳定运行，提出对电线电缆阻燃性能、耐火性能进行检测。

8.4 火灾自动报警系统检测

8.4.3、8.4.4 火灾自动报警系统是火灾探测报警与消防联动控制系统的简称,是以实现火灾早期探测和报警,向各类消防设备发出控制信号并接收、显示设备反馈信号,进而实现预定消防功能为基本任务的一种自动消防设施。

为确保火灾自动报警系统能起到早期发现和通报火警信息,及时通知人员进行疏散、联动相关疏散、灭火救援设施的作用,本章对消防控制室、火灾报警控制器、消防联动控制设备、图形显示装置、火灾探测器、手动报警按钮、火灾警报装置、消防应急广播、消防专用电话、电梯等提出具体检测要求、方法。

8.4.16 为降低电气火灾发生率,提出了电气火灾监控系统的检测要求。

8.5 消防应急照明和疏散指示系统检测

8.5.1 消防应急照明和疏散指示系统是指在发生火灾时,为人员疏散和消防作业提供应急照明和疏散指示的建筑消防系统。

消防应急灯具产品质量、安装质量、运行性能、灯具供配电回路、联动控制功能等,对保证系统在发生火灾时能有效为建、构筑物中的人员在疏散路径上提供必要的照度条件、提供准确的疏散导引信息具有十分重要的作用和意义。

9 地下空间消防给水与灭火系统检测

9.2 给水与灭火系统检测

9.2.2 消火栓启泵按钮及消防水泵等都是室内消火栓必须配套的设备。在消防控制室的控制设备上设置消防泵的启、停装置，显示消防水泵启动按钮启泵的位置及消防泵的工作状态，使控制室的值班人员在发生火灾时，对什么地方需要使用消火栓、消防水泵启动没启动都一目了然，这样有利于火灾扑救和平时的维修调试工作。

值得注意《广东建筑防火及消防设施检测技术规程》 DBJ/T15-110-2015 中，检测条文 7.5.1 要求“消火栓按钮不宜作为直接启动消防泵的开关，其动作信号应作为报警信号及启动消火栓泵的联动触发信号，由消防联动控制器联动控制消火栓泵的启动”。

9.2.13 自动喷水灭火系统各分支系统的检测如下：

1 湿式系统

- 1) 开启末端试水装置后，出水压力不应低于 0.05MPa。水流指示器、报警阀、压力开关应动作。
- 2) 报警阀动作后，距水力警铃 3m 远处的声压级不应低于 70dB。
- 3) 应在开启末端试水装置后 5min 内自动启动消防水泵。
- 4) 消防控制设备应显示水流指示器、压力开关及消防水泵的反馈信号。

2 干式系统

1) 开启末端试水装置阀门后，报警阀、压力开关应动作，联动启动排气阀入口电动阀与消防水泵，水流指示器报警。

- 2) 报警阀动作后，距水力警铃 3m 远处的声压级不应低于 70dB。
- 3) 开启末端试水装置后 1min，其出水压力不应低于 0.05MPa。
- 4) 消防控制设备应显示水流指示器、压力开关、电动阀及消防水泵的反馈信号。

3 预作用系统

1) 火灾报警控制器确认火灾后，应自动启动雨淋阀、排气阀入口电动阀及消防水泵；水流指示器、压力开关应动作，距水力警铃 3m 远处的声压级不应低于 70dB。

- 2) 火灾报警控制器确认火灾后 2min，末端试水装置的出水压力不应低于 0.05MPa。
- 3) 消防控制设备应显示电磁阀、电动阀、水流指示器及消防水泵的反馈信号。

4 雨淋系统

- 1) 应能自动和手动启动消防水泵和雨淋阀。
- 2) 当采用传动管控制的系统时，传动管泄压后，应联动消防水泵和雨淋阀。
- 3) 压力开关应动作，距水力警铃 3m 远处的声压级不得低于 70dB。
- 4) 消防控制设备应显示电磁阀、消防水泵与压力开关的反馈信号。
- 5) 并联设置多台雨淋阀组的系统，逻辑控制关系应符合设计要求。

5 水幕系统

- 1) 自动控制的系统应符合本条第 4 款 1) ~3) 项要求。
- 2) 人为操作的系统，控制阀的启闭应灵活可靠。

6 水喷雾系统

应符合本条第 4 款要求。

检测器具采用水压力表、0~120dB（A 计权）声级计、皮尺、钟表。

9.2.14 泡沫灭火系统检测如下：

1 供水设施、启泵按钮

- 1) 水位及消防用水不被他用的设施应正常。
- 2) 补水设施应正常。
- 3) 启泵按钮外观完好，有透明罩保护，并配有击碎工具。
- 4) 按钮被触发时，应直接启动消防泵，同时确认灯显示。
- 5) 按钮手动复位，确认灯随之复位。

2 泡沫液贮罐

1) 罐体或铭牌、标志牌上应清晰注明泡沫灭火剂的型号、配比浓度、泡沫灭火剂的有效日期和储量。

2) 储罐的配件应齐全完好，液位计、呼吸阀、安全阀及压力表状态应正常。

3 比例混合器

- 1) 应符合设计选型；液流方向应正确。
- 2) 阀门启闭应灵活，压力表应正常。

4 泡沫产生器

1) 应符合设计选型。

2) 吸气孔、发泡网及暴露的泡沫喷射口，不得有杂物进入或堵塞；泡沫出口附近不得有阻挡泡沫喷射及泡沫流淌的障碍物。

5 泡沫栓

阀门启闭应灵活。

6 泡沫喷头

应符合设计选型，吸气孔、发泡网不应堵塞。

7 系统功能

应能按设定的控制方式正常启动泡沫消防泵，比例混合器、泡沫产生器、泡沫枪，以及喷发的泡沫应正常。

9.2.15 气体灭火系统检测。IG541、二氧化碳、惰性气体等灭火系统的控制功能：

1) 人工启动和紧急切断试验 1~3 次；

2) 与固定灭火设备联动控制的其他设备（包括关闭防火门窗、停止空调风机、关闭防火阀、落下防火幕等）试验 1~3 次；

3) 抽一个防护区进行喷放试验（卤代烷系统应采用氮气等介质代替）。以上控制功能应正常，信号应正确。

4) 系统功能

当进行喷气试验时，应符合《气体灭火系统施工及验收规范》GB50263 第 5.4.3 条要求。

9.2.15、9.2.18 由于气体灭火系统具有一定的危险性且灭火剂价格较高（例如七氟丙烷），在进行系统功能检测时。常规的检测方法是：将信号线与驱动气瓶上的电磁阀断开，并接上负载。触发两个不同的报警信号，气体灭火系统按照预设逻辑进行工作，确认检测完毕，断开负载，接上信号线。

10 地下空间防烟、排烟、通风和空气调节系统检测

10.1 一般规定

10.1.5 防火风管是建筑中的安全救生系统，是指建筑物局部起火后，仍能维持一定时间正常功能的风管。它们主要应用于火灾时的排烟和正压送风的救生保障系统，一般可分为 1h、2h、4h 等的不同要求级别。建筑物内的风管，需要具有一定时间的防火能力，为了保重工程的质量和防火功能的正常发挥，规范规定了防火风管的本体、框架与固定、密封垫料不仅必须为不燃材料，而且其耐火能力还要满足设计防火等级的规定。检查方法是查验材料质量合格证明文件、性能检测报告、观察检查与点燃试验。

10.1.6 复合材料风管的板材，一般由两种或两种以上不同性能的材料所组成，它具有重量轻、导热系数小、施工操作方便等特点，具有较大的推广应用前景。复合材料风管中的绝热材料可以为多种性能的材料，为了保障在工程中风管使用的安全防火性能，规范规定其内部的绝缘材料必须为不燃或难燃 B1 级，且是对人体无害的材料。检查方法是查验材料质量合格证明文件、性能检测报告、观察检查与点燃试验。

10.2 风管检查与检测

10.2.1 风管出现下列情况之一者视为不合格：

- 1 风管的厚度达不到设计和现行国家产品标准规范的要求。
- 2 风管的材料为燃烧材料。
- 3 风管穿越防火墙、隔墙和楼板处无预埋管和防护套管，风管与防护套管之间，且用燃烧和对人体危害的柔性材料封堵。

10.2.2 风管的强度检测应依据《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243 的要求做 1.2/1.5 倍工作压力下的耐压实验，在试验压力保持 5min 及以上时，接缝处应无开裂，整体结构应无永久性的变形及损伤。如设计要求较高或检测委托方有相应要求时，应做风管耐压强度（管壁变形量、挠度）试验。

10.3 防烟、排烟检查与检测

10.3.1 防火阀安装在排烟（防烟）系统的风管处，也可装在有装饰的排烟口处，由阀体、熔断器、操作机构组成，平时处于常闭（常开）状态。在检测防火阀时，如 10 次关闭操作中，防火阀不能从开启位置灵活可靠地关闭，且叶片之间或叶片与挡片之间的缝隙大于 2mm，必须更换新防火阀，以确保防、排烟系统的功能。

10.3.2 机械排烟系统检测方法如下：

1 自动控制方式下，分别触发两个相关的火灾探测器，查看相应排烟阀、排烟风机、送风机的动作和信号反馈情况。通风与排烟合用系统，同时查看风机运行状态的转换情况。

2 采用风速仪测量排烟风口的风速，并不宜大于 10m/s。

3 防火阀

1) 关闭可靠性

操纵防火阀的执行机构，使防火阀关闭。如此反复操作共 10 次。对于具有几种不同启闭方式的防火阀，每种启闭方式均应进行 10 次操作。

2) 火灾时关闭可靠性

使防火阀处于开启位置，利用酒精灯或其它火源使防火阀温度熔断器熔断，防火阀关闭。用塞尺测量叶片之间或叶片与挡片之间的缝隙。

检验器具采用电源(DC24V 或 AC220V)；酒精灯或其它火源；塞尺。

4 排烟阀

开启可靠性

使排烟阀处于关闭状态。电动和手动开启排烟阀各 10 次。

1) 手动操作性能

手动操纵排烟阀，观察其手动操作装置是否灵活、可靠。

使排烟阀处于关闭状态。将测力计连接在排烟阀的操作拉绳上，测量开启排烟阀的拉力，开启速度以能读出测力计刻度为原则。

2) 电动操作性能

使排烟阀处于关闭状态与 DC24V 电源相接，接通电源，观察排烟阀的开启状态。

3) 开启信号输出功能

使排烟阀开启，使用万用表测量开启信号。

检验器具采用电源(DC24V)、测力计、万用表。

5 排烟防火阀

1) 关闭可靠性

操纵排烟防火阀的执行机构，使排烟防火阀关闭。如此反复操作共 10 次。对于具有几种不同启闭方式的排烟防火阀，每种启闭方式均应进行 10 次操作。

2) 火灾时关闭可靠性

使排烟防火阀处于开启位置，利用酒精灯或其它火源使排烟防火阀温度熔断器熔断，排烟防火阀关闭。用塞尺测量叶片之间或叶片与挡片之间的缝隙。

检验器具采用电源 (DC24V 或 AC220V)、酒精灯或其它火源、塞尺。

当触发两个探测器报警，一经确认火灾后，自动开启排烟阀，则排烟风机立即投入运行，同时关闭着火区域的通风空调系统。排烟阀要注意设置与感烟探测器联锁的自动开启装置，或由消防控制中心远距离控制的开启装置以及手动开启装置，除火灾时将其打开外，平时需一直保持闭锁状态，并将其状态反馈至控制中心，以便值班人员的管理操作。

采用风速仪，可按下列方法测量排烟风口的风速：

1 小截面风口（风口面积小于 0.3m^2 ），可采用 5 个测点，见图 1 所示。

2 当风口面积大于 0.3m^2 时，对于矩形风口，见图 2 所示，按风口断面的大小划分成若干个面积相等的矩形，测点布置在图每个小矩形的中心，小矩形每边的长度为小于 220mm；对于条形风口见图 3 所示，在高度方向上，至少安排两个测点，沿其长度方向上，可取 4—6 个测点；对于圆形风罩，见图 4 所示，并至少取 5 个测点，测点间距 $\leq 200\text{mm}$ 。

3 若风口气流偏斜时，可临时安装一截长度为 0.5~1.0m，断面尺寸与风口相同的短管进行测定。

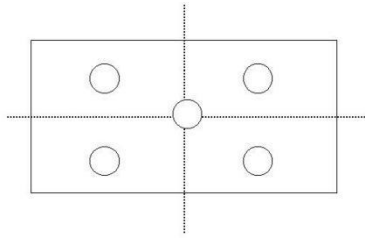


图1 小截面风口测点布置

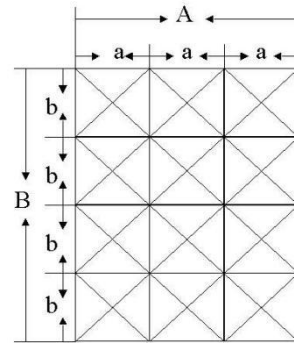


图2 矩形风口测点布置

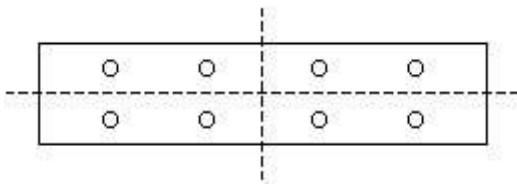


图3 条缝形风口测点布置

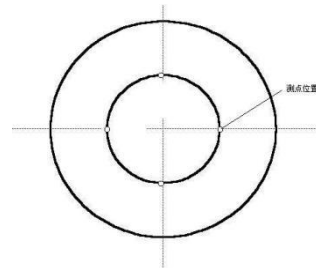


图4 圆形风口测点布置

4 按式 (2) 计算排烟风口的平均风速:

$$v_p = (v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n) / n \quad (2)$$

式中 V_p —风口平均风速, m/s;

V_1 、 V_2 、 V_3 、...、 V_n —各测点风速, m/s;

n —测点总数

5 按式 (3) 计算排烟量:

$$L = 3600v_p \cdot F \quad (3)$$

式中 L —排烟量, m^3/h ;

V_p —排烟口平均风速, m/s;

F —排烟口的有效面积, m^2 。

6 分别触发两个相关的火灾探测器或触发手动报警按钮, 查看相应区域电动排烟阀动作情况及反馈信号。

7 全部复位, 恢复到正常警戒状态。

10.4 通风与空调系统检测

10.4.3 空调系统检测中系统风量、各风口风量和冷水、热水、冷却水的循环流量的测量可依据现行国家标准《公共建筑节能检测标准》JGJ/T177 和《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》JGJ/T 260 进行。

11 地下空间环境保护监测

11.2 噪声监测

11.2.1 工业企业厂界环境噪声排放限值

1 厂界环境噪声排放限值

1) 工业企业厂界环境噪声不得超过表11.2.1-1规定的排放限值。

表11.2.1-1 工业企业厂界环境噪声排放限值 单位：dB (A)

厂界外 声环境功能区类别	时段	昼 间	夜 间
	0		50
1		55	45
2		60	50
3		65	55
4		70	55

2) 夜间频发噪声的最大声级超过限值的幅度不得高于10 dB (A)。

3) 夜间偶发噪声的最大声级超过限值的幅度不得高于15 dB (A)。

4) 工业企业若位于未划分声环境功能区的区域，当厂界外有噪声敏感建筑物时，由当地县级以上人民政府参照GB3096 和GB/T 15190 的规定确定厂界外区域的声环境质量要求，并执行相应的厂界环境噪声排放限值。

5) 当厂界与噪声敏感建筑物距离小于1m 时，厂界环境噪声应在噪声敏感建筑物的室内测量，并将表7 中相应的限值减10dB(A)作为评价依据。

2 结构传播固定设备室内噪声排放限值

当固定设备排放的噪声通过建筑物结构传播至噪声敏感建筑物室内时，噪声敏感建筑物室内等效声级不得超过表11.2.1-2和表11.2.1-3规定的限值。

表11.2.1-2 结构传播固定设备室内噪声排放限值（等效声级） 单位：dB (A)

噪声敏感 建筑物所处声环境 功能区类别	房间类型	A 类房间		B 类房间	
	时段	昼 间	夜 间	昼 间	夜 间
	0		40	30	40
1		40	30	45	35
2、3、4		45	35	50	40

说明：A类房间是指以睡眠为主要目的，需要保证夜间安静的房间，包括住宅卧室、医院病房、宾馆客房等。

B类房间是指主要在昼间使用，需要保证思考与精神集中、正常讲话不被干扰的房间。包括学校教室、会议室、办公室、住宅中卧室以外的其他房间等。

表11.2.1-3 结构传播固定设备室内噪声排放限值（倍频带声压级） 单位：dB

噪声敏感建筑 所处声环境 功能区类别	时段	房间类型	室内噪声倍频带声压级限值				
			31.5	63	125	250	500
0	昼间	A、B类房间	76	59	48	39	34
	夜间	A、B类房间	69	51	39	30	24
1	昼间	A类房间	76	59	48	39	34
		B类房间	79	63	52	44	38
	夜间	A类房间	69	51	39	30	24
		B类房间	72	55	43	35	29
2、3、4	昼间	A类房间	79	63	52	44	38
		B类房间	82	67	56	49	43
	夜间	A类房间	72	55	43	35	29
		B类房间	76	59	48	39	34

11.2.2 社会生活环境噪声排放限值

1 边界噪声排放限值

1) 社会生活噪声排放源边界噪声不得超过表11.2.2-1规定的排放限值。

表11.2.2-1 社会生活噪声排放源边界噪声排放限值 单位：dB (A)

边界外 声环境功能区类别	时段	
	昼间	夜间
0	50	40
1	55	45
2	60	50
3	65	55
4	70	55

2) 在社会生活噪声排放源边界处无法进行噪声测量或测量的结果不能如实反映其对噪声敏感建筑的影响程度的情况下，噪声测量应在可能受影响的敏感建筑物窗外1m处进行。

3) 当社会生活噪声排放源边界与噪声敏感建筑物距离小于1m时，应在噪声敏感建筑物的室内测量，并将表10中相应的限值减10dB(A)作为评价依据。

2 结构传播固定设备室内噪声排放限值

1) 在社会生活噪声排放源位于噪声敏感建筑物内情况下，噪声通过建筑物结构传播至噪声敏感建筑物室内时，噪声敏感建筑物室内等效声级不得超过表11.2.2-2和表11.2.2-3规定的限值。

表11.2.2-2 结构传播固定设备室内噪声排放限值（等效声级） 单位：dB (A)

噪声敏感 建筑物所处声环境 功能区类别	房间类型	A 类房间		B 类房间	
	时段	昼 间	夜 间	昼 间	夜 间
0		40	30	40	30
1		40	30	45	35
2、3、4		45	35	50	40

说明：A类房间是指以睡眠为主要目的，需要保证夜间安静的房间，包括住宅卧室、医院病房、宾馆客房等。

B类房间是指主要在昼间使用，需要保证思考与精神集中、正常讲话不被干扰的房间。包括学校教室、会议室、办公室、住宅中卧室以外的其他房间等。

表11.2.2-3 结构传播固定设备室内噪声排放限值（倍频带声压级）单位：dB（A）

噪声敏感建筑物所处声 环境功能区类别	时 段	房间类型	室内噪声倍频带声压级限值				
			倍频程中心 频率Hz	31.5	63	125	250
0	昼间	A、B 类房间	76	59	48	39	34
	夜间	A、B 类房间	69	51	39	30	24
1	昼间	A 类房间	76	59	48	39	34
		B 类房间	79	63	52	44	38
	夜间	A 类房间	69	51	39	30	24
		B 类房间	72	55	43	35	29
2、3、4	昼间	A 类房间	79	63	52	44	38
		B 类房间	82	67	56	49	43
	夜间	A 类房间	72	55	43	35	29
		B 类房间	76	59	48	39	34

2) 对于在噪声测量期间发生非稳态噪声（如电梯噪声等）的情况，最大声级超过限值的幅度不得高于10 dB（A）。

11.2.3 地下空间建设施工期间施工场地产生的噪声标准值应符合表 11.2.3 的规定。

表 11.2.3 不同施工阶段作业噪声限值 单位：dB（A）

施工阶段	主要噪声源	噪声限制	
		昼间	夜间
土石方	推土机、挖掘机、装载机等	75	55
打桩	各种打桩机等	85	禁止施工
结构	混凝土、振捣棒、电锯等	70	55
装修	吊车、升降机等	62	55

注：1 表中所列噪声值是指与敏感区域相应的建筑施工现场边界线处的限值；

2 如有几个施工阶段同时进行，以高噪声阶段的限值为准。

11.2.6 厂界、边界无法测量到声源的状况，如声源位于高空、边界设有声屏障等。被测房间内的其他可能干扰测量的声源有电视机、空调机、排气扇以及镇流器较响的日光灯、运转时出声的时钟等。

11.2.9 示意图应包括厂界、边界、声源、噪声敏感建筑物、测点等位置。

11.3 振动监测

11.3.1 城市区域环境振动的标准值

1 城市区域环境振动的标准值应符合表 11.3.1 的规定。

表 11.3.1 城市各类区域铅垂向 Z 振级标准值

适用地带范围	昼间	夜间
特殊住宅区（指特别需要安宁的住宅区）	65	65
居民、文教区（指纯居民和文教、机关区）	70	67
混合区（指一般商业与居民混合区；工业、商业、少量交通与居民混合区）、 商业中心区（指商业集中的繁华地区）	75	72
工业集中区（指在一个城市或区域内规划明确确定的工业区）	75	72
交通干线道路两侧（指车流量每小时 100 辆以上的道路两侧）	75	72
铁路干线两侧（指距每日车流量不少于 20 列的铁道外轨 30m 外两侧的住宅区）	80	80

2 每日发生几次的冲击振动，其最大值昼间不允许超过标准值 10dB，夜间不超过 3dB。

3 本标准值适用于连续发生的稳态振动、冲击振动和无规则振动。

11.4 废水监测

11.4.2 污染源污水监测点位布设原则：

1 第一类污染物采样点位一律设在车间或车间处理设施的排放口或专门处理此类污染物设施的排放口。

2 第二类污染物采样点位一律设在排污单位的外排口。

3 进入集中式污水处理厂和进入城市污水管网的污水采样点位应根据地方环境保护行政主管部门的要求确定。

4 污水处理设施效率监测采样点的布设。

5 对整体污水处理设施效率监测时，在各种进入污水处理设施污水的入口和污水设施的总排口设置采样点。

6 对各污水处理单元效率监测时，在各种进入处理设施单元污水的入口和设施单元的排口设置采样点。

11.4.6 监测分析实验室内部质量控制

1 分析方法的适用性检验

分析人员在承担新的分析项目和分析方法时，应对该项目的分析方法进行适用性检验。进行全程序空白值测定，分析方法的检出浓度测定，校准曲线的绘制，方法的精密度、准确度及干扰因素等试验。以了解和掌握分析方法的原理和条件，达到方法的各项特性要求。

2 实验分析质控程序

1) 送入实验室水样首先应核对采样单，容器编号，包装情况，保存条件和有效期等。符合要求的样品方可开展分析。

2) 每批水样分析时，空白样品对被测项目有响应的，必须作一个实验室空白，对出现空白值明显偏高时，应仔细检查原因，以消除空白值偏高的因素。

3) 水样分析

用分光光度法校准曲线定量时，必须检验校准曲线的相关系数和截距是否正常。原子吸收分光光度法，气相色谱法等仪器分析方法校准曲线制作，必须与样品测定同时进行。

4) 精密度控制

对均匀样品，凡能做平行双样的分析项目，分析每批水样时均须做 10%的平行双样，样品较少时，每批样品应至少做一份样品的平行双样。平行双样可采用密码或明码编入。测定的平行双样允许差符合规定质控指标的样品，最终结果以双样测试结果的平均值报出。平行双样测试结果超出规定允许偏差时，在样品允许保存期内，再加测一次，取相对偏差符合规定质控指标的两个测定值报出。

5) 准确度控制

例行地表水质监测中，采用标准物质或质控样品作为控制手段，每批样品带一个已知浓度的质控样品。如果实验室自行配制质控样，要注意与国家标准物质比对，但不得使用与绘制校准曲线相同的标准溶液，必须另行配制。质控样品的测试结果应控制在 90%~110%范围，标准物质测试结果应控制在 95%~105%范围，对痕量有机污染物应控制在 60%~140%。污水样品中污染物浓度波动性较大，加标回收实验中加标量难以控制，对一些样品性质复杂的水样，需做监测分析方法适用性试验，或加标回收试验。污水平行样的偏差及油类测定的准确度和精密度的控制可适当放宽要求。

6) 执行三级审核制

审核范围：采样—分析原始记录—报告表，审核内容包括监测采样方案及其执行情况，数据计算过程，质控措施，计量单位，编号等。第一级审核为采样人员之间及分析人员之间的互校；第二级为室(科或组)负责人的审核；第三级为站技术负责人(或技术主管)的审核。第一级互校后，校核人应在原始记录上签名，第二、三级审核后，应在报告表上签名。

实验室间的质量控制

1) 上一级站对下属监测站的质量保证工作应定期进行检查、指导，进行优质实验室和优秀监测人员的考评工作，促进监测队伍整体技术水平的提高。

2) 上级站定期对下属站使用标准工作溶液与标准物质的比对测试进行考核，判断实验室间是否存在显著性差异，减少系统误差，也可采用稳定均匀的实验室实际水样，分送有关实验室测定，比较两者测定结果是否存在显著性差异。

11.5 废气监测

11.5.2 本条说明如下：

1 监测方案的制定

1) 收集相关的技术资料，了解产生废气的生产工艺过程及生产设施的性能、排放的主要污染物种类及排放浓度大致范围，以确定监测项目和监测方法。

2) 调查污染源的污染治理设施的净化原理、工艺过程、主要技术指标等，以确定监测内容。

3) 调查生产设施的运行工况，污染物排放方式和排放规律，以确定采样频次及采样时间。

4) 现场勘察污染源所处位置和数目，废气输送管道的布置及断面的形状、尺寸，废气输送管道周围的环境状况，废气的去向及排气筒高度等，以确定采样位置及采样点数量。

5) 收集与污染源有关的其它技术资料。

6) 根据监测目的、现场勘察和调查资料，编制切实可行的监测方案。监测方案的内容应包括污染源概况，监测目的，评价标准，监测内容，监测项目，采样位置，采样频次及采样时间，采样方法和分析测定技术，监测报告要求，质量保证措施等。对于工艺过程较为简单，监测内容较为单一，经常性重复的监测任务，监测方案可适当简化。

2 监测条件的准备

1) 根据监测方案确定的监测内容，准备现场监测和实验室分析所需仪器设备。属于国家强制检定目录内的工作计量器具，必须按期送计量部门检定，检定合格，取得检定证书后方可用于监测工作。测试前还应进行校准和气密性检验，使其处于良好的工作状态。

2) 被测单位应积极配合监测工作，保证监测期间生产设备和治理设施正常运行，工况条件符合监测要求。

3) 在确定的采样位置开设采样孔，设置采样平台，采样平台应有足够的工作面积，保证监测人员安全及方便操作。

4) 设置监测仪器设备需要的工作电源。

5) 准备现场采样和实验室所需的化学试剂、材料、器具、记录表格和安全防护用品。

3 对污染源的工况要求

1) 在现场监测期间，应有专人负责对被测污染源工况进行监督，保证生产设备和治理设施正常运行，工况条件符合监测要求。

2) 通过对监测期间主要产品产量、主要原材料或燃料消耗量的计量和调查统计，以及与相应设计指标的比对，核算生产设备的实际运行负荷和负荷率。

3) 相关标准中对监测时工况有规定的，按相关标准的规定执行。

4) 除相关标准另有规定，对污染源的日常监督性监测，采样期间的工况应与平时的正常运行工况相同。

5) 建设项目竣工环境保护验收监测应在工况稳定、生产负荷达到设计生产能力的 75%以上（含 75%）情况下进行。对于无法调整工况达到设计生产能力的 75%以上负荷的建设项目，a 可以调整工况达到设计生产能力 75%以上的部分，验收监测应在满足 75%以上负荷或国家及地方标准中所要

求的生产负荷的条件下进行；b 无法调整工况达到设计生产能力 75%以上的部分，验收监测应在主体工程稳定、环保设施运行正常，并征得环保主管部门同意的情况下进行，同时注明实际监测时的工况。国家、地方相关标准对生产负荷另有规定的按规定执行。

11.6 电磁辐射监测

11.6.1 城市地下空间电磁辐射防护限值应符合下列规定：

- 1 职业照射基本限值：在每天 8h 工作期间内，任意连续 6min 按全身平均的比吸收率（SAR）应小于 0.1W/KG。
- 2 公众照射基本限值：在每天 24h 内，任意连续 6min 按全身平均的比吸收率（SAR）应小于 0.02W/ KG。
- 3 职业照射导出限值：在每天 8h 工作期间内，电磁辐射场的场量参数在任意连续 6min 内的平均值应满足表 11.6.1-1 要求。

表 11.6.1-1 职业照射导出限值

频率范围 MHz	电场强度 V/m	磁场强度 A/m	功率密度 W/m ²
0.1~3	87	0.25	(20) 注：1)
3~30	$150/\sqrt{f}$	$0.40/\sqrt{f}$	(60/f) 注：1)
30~3000	(28) 注：2)	(0.075) 注：2)	2
3000~15000	$(0.5\sqrt{f})$ 注：2)	$(0.0015\sqrt{f})$ 注：2)	f/1500
15000~30000	(61) 注：2)	(0.16) 注：2)	10

注：1) 系平面波等效值，供对照参考；

2) 供对照参考，不作为限值；表中 f 是频率，单位为 MHz；表中数据作了取整处理。

4 公众照射导出限值：在每天 24h 内，环境电磁辐射场的参数在任意连续 6min 内的平均值应满足表 11.6.1-2 要求。

表 11.6.1-2 公众照射导出限值

频率范围 MHz	电场强度 V/m	磁场强度 A/m	功率密度 W/m ²
0.1~3	40	0.1	(40) 注：1)
3~30	$67/\sqrt{f}$	$0.17/\sqrt{f}$	(12/f) 注：1)
30~3000	(12) 注：2)	(0.032) 注：2)	0.4
3000~15000	$(0.22/\sqrt{f})$ 注：2)	$(0.001\sqrt{f})$ 注：2)	f/7500

15000~30000	(27) 注: 2)	(0.073) 注: 2)	2
-------------	------------	---------------	---

注: 1) 系平面波等效值, 供对照参考;

2) 供对照参考, 不作为限值; 表中 f 是频率, 单位为 MHz; 表中数据作了取整处理。

5 对于一个辐射体发射几种频率或存在多个辐射体时, 其电磁辐射场的场量参数在任意连续 6min 内的平均值之和, 应满足式 (4):

$$\sum_i \sum_j \frac{A_{i,j}}{B_{i,j,L}} \leq 1 \quad (4)$$

式中 $A_{i,j}$ — 第 i 个辐射体 j 频段辐射的发射水平;

$B_{i,j,L}$ — 对应于 j 频段的电磁辐射所规定的照射限值。

6 对于脉冲电磁波, 除满足上述要求外, 其瞬时峰值不得超过表 15 和表 16 中所列限值的 1000 倍。

7 在频率小于 100MHz 的工业、科学和医学等辐射设备附近, 职业工作者可以在小于 1.6A/m 的磁场下 8h 连续工作。