

团 体 标 准

T/CSPSTC XX—202X

城市深层地下空间岩质洞室群非爆破开挖  
施工指南

Construction guidelines for non-blasting excavation of rock caverns in  
urban deep underground space

(征求意见稿)

202X - XX-XX 发布

202X - XX-XX 实施

中国科技产业化促进会 发布

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本规定 .....	3
5 施工准备 .....	3
5.1 施工调查 .....	3
5.2 设计文件核对 .....	3
5.3 施工组织设计编制 .....	4
5.4 控制测量 .....	5
5.5 施工机械准备 .....	5
5.6 施工场地与临时工程 .....	6
5.7 作业人员 .....	7
6 深层竖井施工 .....	7
6.1 一般规定 .....	7
6.2 沉井法施工 .....	8
6.3 气压沉箱法施工 .....	12
6.4 机械法施工 .....	16
7 洞室群开挖方法 .....	19
7.1 非爆破破岩开挖方法 .....	19
7.2 非爆破破岩方案选择 .....	20
7.3 劈裂法 .....	21
7.4 铣挖法 .....	22
7.5 静态破碎法 .....	22
7.6 破碎锤法 .....	23
7.7 联合开挖方法 .....	24
8 洞室群施工 .....	26
8.1 一般规定 .....	26
8.2 机械化作业线配置 .....	26
8.3 开挖方法 .....	27
8.4 地下水控制与治理 .....	36
9 监控量测 .....	44
9.1 一般规定 .....	44
9.2 深层竖井结构监测 .....	47
9.3 深层洞室结构监测 .....	49
9.4 施工期安全监测 .....	51

9.5 施工作业环境监测 .....	53
10 职业健康与安全施工 .....	55
10.1 一般规定 .....	55
10.2 职业健康危害 .....	55
10.3 安全施工管理 .....	56
10.4 安全施工 .....	57
11 文明施工与环境保护 .....	63
11.1 文明施工 .....	63
11.2 环境保护 .....	64
11.3 节能环保 .....	65
11.4 施工环境控制 .....	66
附录 A（资料性）工程案例 .....	70

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中铁十五局集团有限公司提出。

本文件由中国科技产业化促进会归口。

本文件起草单位：中铁十五局集团有限公司、XXX。

本文件主要起草人：XXX。

# 引 言

随着我国城镇化快速推进，城市用地紧张、交通拥挤、环境恶化等城市发展的困局愈发严峻，加快城市地下空间分层开发利用成为城市发展的必然趋势。目前在城市地下空间分层开发、网络化拓建研究方面，多维多期多次扰动的既有结构及拓建结构的相关施工技术的研究较少。国内城市鲜见 50 m 以深地下空间开发利用案例。由于城市深层地下空间的施工环境恶劣且复杂，环境控制难度大，同时地上及地下建筑物较密集，工程活动频繁，使得城市深层地下空间结构施工的过程中存在着较大的安全风险。这是城市深层地下空间施工不同于山岭洞室和城市浅部空间施工的最显著特点。

目前我国对 50 m 以浅的地下空间开发已经逐步规范化，但 50 m 以深地下空间的开发利用刚处于起步阶段。我国城市地下空间开发以地下轨道交通为主导，近年来以综合管廊为代表的地下市政基础设施开始兴起，东部大城市则以交通枢纽建设的地下综合体为主。城市地下空间正在向大跨度、多功能、深地下和立体式方向发展，施工方案选择需要综合考虑施工环境和周边环境条件，且施工过程中的施工技术、施工工艺及施工组织是否合理与科学对于施工安全与施工支护体系将会产生非常重要的影响。针对城市深层地下空间施工技术方面的标准研究较少，为规范我国城市地下空间施工技术方法，做到有效控制施工风险，使城市地下深部空间施工达到安全可靠，减少各类施工事故发生，降低工程经济损失、人员伤亡和环境影响，保障施工的安全、质量和进度，特制定本文件。

本文件主要对城市深部地下空间不同结构和地质环境条件开展针对性的施工工法调研分析，用于规范和指导城市深部地下空间施工。本文件可为我国 50 m 以深地下空间的建造施工提供指导，有助于我国由地下空间建造大国走向地下空间建造强国。

# 城市深层地下空间岩质洞室群非爆破开挖施工指南

## 1 范围

本文件规定了城市深层地下空间岩质洞室非爆破开挖施工的施工准备、深层竖井施工、洞室开挖方法、洞室群施工、监控量测、职业健康与安全施工、文明施工与环境保护的要求。

本文件适用于新建、改建、扩建城市地下空间施工，其他地区城市地下空间施工可参照执行。

## 2 规范性引用文件

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

- GB 3095 环境空气质量标准
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
- GB 50108 地下工程防水技术规范
- GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准
- GBZ 158 工作场所职业病危害警示标识
- JGJ 146 建设工程施工现场环境与卫生标准
- TB 10054 铁路工程卫星定位测量规范
- CECS 38 钢纤维混凝土结构设计施工规程
- Q/CR 9210 铁路路基填筑工程连续压实控制技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**城市地下空间** urban underground space

城市行政区域内地表下，自然形成或人工开发的空間。

注：城市地下空间是地面空间的延伸和补充。本文件中的地下空间均指城市地下空间。地下空间划分为四层：浅层空间（大于—10 m）、次浅层空间（小于或等于—10 m且大于—30 m）、次深层空间（小于或等于—30 m且大于—50 m）以及深层（小于或等于—50 m且大于—200 m）。

### 3.3

**深层竖井结构** deep shaft structure

施工过程中的深层地下空间工作井以及工程完成后永久性的地下结构。

3.4

**深层洞室结构 deep chamber structure**

在深层地下岩土体中人工或机械开挖的作为各种用途的构筑物。

3.5

**沉井法 open-caisson method**

在土层开挖前，在井筒设计位置，把预先制好的一段6 m~7 m长的整体井壁，靠自重局部沉入土中，然后在其掩护下，边掘进边下沉，相应砌筑井壁。

注：通常称为普通沉井法。

3.6

**气压沉箱法 barometric caisson construction method**

在沉箱底部设置一个高气密性的钢筋混凝土结构的工作室，通过气压自动调节装置向工作室注入压力与刃脚处地下水压力相等的压缩空气，防止地下水渗入，作业人员可以在工作室内的无水环境下挖土排土，箱体在自重、上部荷载以及控制用水重力的作用下下沉到指定的深度，最后在沉箱结构底部工作室内填充混凝土的一种施工方法。

3.7

**井（箱）壁 wall**

沉井或沉箱与土体接触的结构外壁。

3.8

**刃脚 cutting edge**

井（箱）壁最下端的刃状结构称为刃脚。

注：刃脚的功能是支承沉井与沉箱的重扭，切土下沉的同时起到挡土作用。

3.9

**排水法下沉 sinking by drainage**

沉井下沉过程中，井内无水状态下进行取土的下沉方法。

3.10

**不排水下沉 sinking without drainage**

沉井下沉过程中，控制井内水位使井内土体稳定，进行水下取土的下沉方法。

3.11

**机械破岩法 mechanical broken rock method**

通过机械驱动直接接触岩石的刀具进行岩石破碎的技术。

注：依据破岩工具和破岩原理的不同，机械破岩方法大体可分为冲击破岩、切削破岩和冲击一切削破岩。

3.12

**监控量测 monitoring measurement**

在地下空间施工和运营阶段，通过使用各种量测仪器和工具，对围岩变化情况及支护结构的工作状态进行监测，及时提供围岩稳定程度和支护结构可靠性信息的工作。

### 3.13

#### 施工环境控制 construction environment control

施工过程中，采取相应的措施进行环境的保护和控制，减免施工对环境的污染及对周围居民的影响，同时对施工作业环境进行量控，保护作业人员的身心健康。

## 4 基本规定

4.1 非爆破破岩方案选择应与工程类型、周边环境、地形地貌、地质条件、施工工艺与工序搭接、工期要求等相协调，结合自身破岩方法自身特点，综合确定非爆破破岩方案。

4.2 非爆破开挖应遵循“管超前、严注浆、少扰动、短开挖、强支护、早封闭、勤量测”的施工原则，减少对围岩的扰动，减少对周围建筑物的影响。

4.3 非爆破开挖应加强施工量测。施工时对周边建筑物进行沉降及变形观测，随时掌握开挖对建筑物的影响程度，并及时反馈信息，以便及时调整开挖支护参数指导施工。

4.4 根据监测数据，及时反馈信息，以取得合适的参数，及时进行调整，保证周边建筑、行人、行车的安全。

4.5 城市深层竖井和深层洞室等地下空间结构开挖施工方案比选时，除需要考虑工程本身的工程地质、水文地质等内部条件外，尚需要充分考虑道路运输、施工场地布置、材料供应、供电等外部施工条件，同时还需要考虑工程场址、环境保护等要求。

## 5 施工准备

### 5.1 施工调查

5.1.1 施工调查前应查阅已掌握的设计文件和资料，制定调查提纲。调查结束后，根据调查情况编写书面的施工调查报告。

5.1.2 施工调查应包括下列内容：

- a) 工程概况：包括工程环境、气候特征、工程地质、水文地质、工程规模、数量和特点；
- b) 工程的施工条件：包括施工运输、水源、供电、通信、场地布置、弃碴场地及容纳能力、征地、拆迁情况等；
- c) 当地原材料及半成品的品种、质量、价格及供应能力；
- d) 生产及生活供水、供电条件及施工通信条件；
- e) 地方生活供应、医疗、卫生、防疫和民族风俗；
- f) 对当地生态、环境保护的一般规定和特殊要求，工程对环境可能造成的近、远期影响；
- g) 其他尚待解决的问题。

### 5.2 设计文件核对

5.2.1 对设计文件的核对应做好以下工作：

- a) 技术标准、技术条件、设计原则；
- b) 地下空间工程的平面及纵断面；
- c) 地下空间工程设计的勘测资料，如地形、地貌、工程地质、水文地质、钻探图表等；



- d) 各设计专业的接口及相互衔接;
  - e) 地下空间工程穿过不良地质地段的设计方案, 地下工程施工对环境可能造成影响的预防措施;
  - f) 地下空间工程洞口位置, 洞室样式, 洞身衬砌类型, 辅助坑道的类型和位置, 洞周边坡、仰坡的稳定程度;
  - g) 施工方案、方法和技术措施;
  - h) 洞门与洞室段的其它各项工程的衔接方式;
  - i) 洞、内外排水系统和排水方式;
  - j) 地下空间工程施工期通风方案。
- 5.2.2 控制桩和水准基点的核对和交接应做好以下工作:
- a) 地下空间工程控制桩和水准基点的交接应在建设单位主持下, 由设计单位持交桩资料向施工单位逐桩逐点交接确认, 遗失的应补桩, 资料与现场不符的应要求更正;
  - b) 对接收的控制桩和水准基点, 应实行相应等级的测量复核;
  - c) 测量复核结果应呈报监理工程师。
- 5.2.3 施工单位应全面熟悉设计文件, 并会同设计单位进行现场核对, 当与实际情况不符时, 应及时提出修改意见。
- 5.2.4 在施工调查和设计文件核对后, 应将结果及存在的问题, 以书面形式呈报监理工程师。

### 5.3 施工组织设计编制

- 5.3.1 编制实施性施工组织设计应通过全面的调查研究, 按照建设项目的工期要求和投资计划, 有计划地合理组织和安排好工期、施工方案、施工方法、施工顺序, 并提出劳动力、材料、机具设备等生产资源的合理配置。
- 5.3.2 实施性施工组织设计的编制, 应遵循下列原则:
- a) 满足指导性和综合性施工组织设计;
  - b) 应在详细调查研究的基础上, 进行技术经济方案的比选, 根据最优的方案进行设计;
  - c) 应完善施工工艺, 积极采用新技术、新工艺、新材料、新设备;
  - d) 因地制宜, 就地取材;
  - e) 根据工程特点和工期要求, 安排好施工顺序及工序的衔接;
  - f) 提高施工机械化作业水平, 提高劳动生产率, 减轻劳动强度, 加快施工进度, 确保工程质量。
- 5.3.3 编制实施性施工组织设计应以下列内容为依据:
- a) 建设项目的合同文件;
  - b) 设计文件、有关标准、施工技术指南和施工工法;
  - c) 调查资料, 如气象、交通运输情况、当地建筑材料分布、临时辅助设施的修建条件, 以及水、电、通信等情况;
  - d) 施工力量及机具现状和更新情况;
  - e) 现行施工定额和本单位实际施工水平。
- 5.3.4 实施性施工组织设计应包括下列内容:
- a) 地理位置、地理特征、气候气象、工程地质、水文地质、工程设计概况、工期要求、质量要求、主要工程数量等;
  - b) 工程特点、施工条件、施工方案;
  - c) 洞室场地布置、洞内管线及风、水、电供应方法;

- d) 安全、质量控制目标；
- e) 施工进度安排、施工形象进度；
- f) 进洞方案、开挖方法、辅助爆破开挖设计、装碴运输、支护、衬砌、通风、排水、施工测量、地质预报、监控量测、工程试验等；
- g) 机械设备配备、劳动力配备、主要材料供应计划、当地材料供给等；
- h) 施工管理、工程质量和施工安全保证措施等；
- i) 施工过程中对环境的直接影响和潜在的影响，对各种影响因素所采取的环境保护措施；
- j) 地下空间工程施工地区发生自然灾害、施工中发生紧急情况时的应急预案。

5.3.5 实施性施工组织设计应在开工前作为开工报告的一部分呈报监理工程师，待批准后实施；在实施过程中应根据客观条件、生产资源配置的变化情况及时调整施工组织设计，并呈报监理工程师批准，实行动态管理。

#### 5.4 控制测量

5.4.1 地下空间工程控制测量应按照 TB 10054 的有关技术要求进行设计、作业和检测。控制测量完成后，应向监理工程师提交测量成果报告。

5.4.2 控制测量应符合下列规定：

- a) 控制测量应在确认桩点稳固、可靠后进行。
- b) 经纬仪、水准仪及标尺、光电测距仪、全站仪、GPS 全球定位系统都应按规定周期进行检定和校正。
- c) 测量工作中的各项计算，均应由两组独立进行；计算过程中应及时校核，发现问题应及时检查，找出原因。
- d) 利用原控制点（含中线控制点）作第 2 次设站观测或根据原控制点增设新点时，应对原控制点的相邻边和水平角进行检测。
- e) 利用原水准点作引伸测量时，应对其相邻的已测段高差或相邻水准点间高差进行检测；水准基点应定期进行复测。
- f) 地下空间工程洞室外控制测量应在地下空间工程进洞施工前完成。

5.4.3 控制测量工作应按下列基本内容和要求进行：

- a) 用于测量的图纸资料应认真研究核对，确认无误后方可使用，抄录数据资料应核对；
- b) 地下空间工程施工前，应根据设计单位交付的测量资料，进行核对和交接；
- c) 平面控制测量应结合地下工程长度、平面形状、线路通过地区的地形和环境等条件，可采用 GPS 测量、导线网测量、边角网测量、三角网测量或综合使用；
- d) 每个洞室口应测设不少于 3 个平面控制点（包括洞室口投点及其相联系的三角点或导线点）和 2 个高程控制点。

#### 5.5 施工机械准备

5.5.1 施工机械应根据地下工程实施性施工组织设计的要求，应配备污染少、能耗小、效率高的机械。

5.5.2 施工机械应机况良好，零配件、附件及履历书齐全，施工机械的准备应适应施工进度要求迅速而及时地分期完成，确保正常施工。