

上海市工程建设规范

装配式竖井工程技术标准

Technical standard for prefabricated shaft

（征求意见稿）

2026 上海

前言

根据上海市住房和城乡建设管理委员会《关于印发〈2024年上海市工程建设规范、建筑标准设计编制计划〉的通知》（沪建标定[2023]670号）的要求，由上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司组织有关单位共同调查研究，认真总结实践经验，参考有关国家、行业及地方有关标准和规范，结合上海地区实际情况、有关科研成果、文献资料，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容有 1 总则、2 术语与符号、3 基本规定、4 工程勘察及环境调查、5 工程材料与荷载、6 竖井结构设计、7 预制构件制作、8 竖井结构施工、9 质量控制与验收、10 环境保护与风险控制、11 工程监测。

各单位及相关人员在执行本标准过程中，如有意见和建议，请反馈至上海市交通委员会（地址：上海市世博村路 300 号 1 号楼；邮编：200125；E-mail: shjtbiao zhun@126.com），上海市水务局（地址：上海市江苏路 389 号；邮编：200042；E-mail: kjfzc@swj.shanghai.gov.cn），上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司（地址：上海市东方路 3447 号，邮编：200125，E-mail: zpsshujing2024@163.com），上海市建筑建材业市场管理总站（地址：上海市小木桥路 683 号；邮编：200032；E-mail: shgcbz@163.com），以供今后修订时参考。

主编单位： 上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司
上海公路桥梁（集团）有限公司

参编单位： XXXXX
XXXXX

主要起草人： XXX XXX XXX X X X X X X
X X XXX XXX XXX X X X X

主要审查人： XXX X X X X

上海市建筑建材业市场管理总站

目次

1 总则	1
2 术语与符号	3
2.1 术语	3
2.2 符号	5
3 基本规定	7
4 工程勘察及环境调查	9
4.1 一般规定	9
4.2 工程勘察	9
4.3 环境调查	11
5 工程材料与荷载	13
5.1 一般规定	13
5.2 工程材料	14
5.3 荷载	15
6 竖井结构设计	19
6.1 一般规定	19
6.2 竖井结构稳定性验算	21
6.3 竖井结构设计计算	22
6.4 防水与耐久性	25
6.5 构造要求	28
7 预制构件制作	29
7.1 一般规定	29
7.2 管片制作	29

7.3 刃脚制作.....	31
8 竖井结构施工.....	32
8.1 一般规定.....	32
8.2 施工准备.....	32
8.3 设备配置与验收.....	33
8.4 掘进下放与下沉.....	35
8.5 竖井外侧注浆.....	37
8.6 管片拼装.....	39
8.7 竖井封底.....	40
8.8 施工辅助措施.....	41
9 质量控制与验收.....	43
9.1 一般规定.....	43
9.2 管片制作与拼装.....	43
9.3 刃脚制作与拼装.....	46
9.4 环梁.....	46
9.5 竖井封底.....	47
9.6 竖井成型验收.....	47
10 环境保护与风险控制.....	48
10.1 一般规定.....	48
10.2 环境保护.....	48
10.3 风险控制.....	49
11 工程监测.....	50
11.1 一般规定.....	50

11.2 监测与报警.....	50
11.3 数字化施工.....	54
附录 A 竖井掘进施工记录表.....	56
附录 B 管片现场验收检验批质量验收记录表.....	57
附录 C 管片拼装检验批质量验收记录表.....	59
附录 D 刃脚拼装检验批质量验收记录表.....	60
附录 E 环梁结构检验批质量验收记录表.....	61
附录 F 竖井成型检验批质量验收记录表.....	62
本标准用词说明.....	63
引用标准名录.....	64
条文说明.....	66

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	3
2.1	Terms.....	3
2.2	Symbols.....	5
3	Basic Requirements	7
4	Engineering Investigation and Environmental Survey	9
4.1	General Requirements	9
4.2	Engineering Investigation	9
4.3	Environmental Survey.....	11
5	Engineering Materials and Loads	12
5.1	General Requirements	12
5.2	Engineering Materials	13
5.3	Loads	14
6	Design of Shaft Structures	18
6.1	General Requirements	18
6.2	Checking Calculation of Shaft Structure Stability	20
6.3	Design and Calculation of Shaft Structures	21
6.4	Waterproofing and Durability	25
6.5	Structural Requirements	27
7	Fabrication of Prefabricated Components	29
7.1	General Requirements	29
7.2	Segment Fabrication.....	29

7.3	Cutting Shoe Fabrication.....	31
8	Construction of Shaft Structures.....	33
8.1	General Requirements	33
8.2	Construction Preparation.....	33
8.3	Equipment Configuration and Acceptance	34
8.4	Excavation, Lowering and Sinking	36
8.5	Grouting Outside the Shaft.....	38
8.6	Segment Assembly	40
8.7	Shaft Bottom Sealing	41
8.8	Auxiliary Construction Measures.....	42
9	Quality Control and Acceptance	44
9.1	General Requirements	44
9.2	Segment Fabrication and Assembly	44
9.3	Cutting Edge Fabrication and Assembly.....	46
9.4	Ring Beam.....	47
9.5	Shaft Bottom Sealing	47
9.6	Acceptance of Shaft Formation.....	48
10	Environmental Protection and Risk Control	49
10.1	General Requirements	49
10.2	Environmental Protection.....	49
10.3	Risk Control	50
11	Engineering Monitoring.....	51
11.1	General Requirements	51
11.2	Monitoring and Alarm.....	51

11.3 Digital Construction	55
Appendix A Record Table for Shaft Excavation Construction	56
Appendix B Record Table for Quality Acceptance of Inspection Lot for On-site Acceptance Inspection of Segments.....	57
Appendix C Record Table for Quality Acceptance of Inspection Lot for Segment Assembly	59
Appendix D Record Table for Quality Acceptance of Inspection Lot for Cutting Edge Assembly	60
Appendix E Record Table for Quality Acceptance of Inspection Lot for Ring Beam Structure	61
Appendix F Record Table for Quality Acceptance of Inspection Lot for Shaft Formation	62
Explanation of wording in this standard	63
List of Quoted Standards	64
Explanation of Provisions	65

1 总则

1.0.1 为使本市装配式竖井工程的设计与施工符合安全可靠、功能合理、技术先进、经济适用和节能环保的原则，保证装配式竖井安全及满足周围环境保护要求，制定本标准。

条文说明：随着上海城市建设的发展，土地资源紧缺问题日益严峻，如何科学、合理、高效利用地下空间，尤其是如何利用深层地下空间来实现集约型、内涵式、绿色低碳的可持续发展成为上海城市建设面临的一大课题。装配式竖井建造技术正是在上述背景下出现的一种可实现集约高效利用土地、快速安全施工建设的新技术。

装配式竖井建造技术以集约、绿色、智能为核心理念，采用智能控制土体开挖机械结合装配式竖井结构，将平铺式地下空间变为点状立体空间，可有效利用城市碎片化土地，实现大深度竖井的建造，还可解决城市地下空间开发面临的周边环境复杂、开发区域有限、建设条件苛刻等问题。国内首个装配式竖井工程为南京沉井式智能停车设施建设项目，竖井内径 12m，开挖深度达 67m，用作地下停车库。

装配式竖井建造技术通过预制拼装管片形成竖井结构，通常采用不排水施工，实施深度大。装配式竖井工程的安全至关重要，同时由于该工程大部分位于城市核心区、建筑密集区，工程周边建（构）筑物众多，环境复杂，保护要求高，工程周围环境安全也同等重要。该技术目前已在南京、上海等地成功应用，具有很强的适用性及推广性，为保证装配式竖井工程及周围环境安全，适当控制造价，需要对装配式竖井的设计、施工、监测、验收等各个方面进行专项规定，以适应当前建设的需求。

1.0.2 本标准适用于本市建筑、交通、水务、电力、燃气等行业中的装配式竖井工程。其他行业同类工程在技术条件相同下也可适用。

条文说明：装配式竖井建造技术主要适用于周边环境复杂、建设空间受限、地下水控制要求高的环境条件，尤其适用于施工作业面狭小、空间受限区域的大深度竖井，可作为地下停车库、隧道通风井、竖向逃生或救援井、盾构（顶管）工作井、调蓄设施等使用。

装配式竖井掘进设备主要为自动化下沉掘进设备，如悬吊竖井掘进设备、主动

控制型掘进设备等，挖土部分可采用抓斗式设备、铣挖式设备、刀盘式设备等，采用不排水施工，竖井结构通常采用预制拼装管片、预制拼装管节型式。其他竖井工程如采用预制拼装管片、预制拼装管节型式，也可参考执行。

1.0.3 装配式竖井工程的设计与施工除应符合本标准外，尚应符合国家、行业和本市现行有关标准的规定。

条文说明：装配式竖井建造技术可应用于多种领域，因此装配式竖井工程除应遵守本标准外，相关部分还应符合现行国家和本市其他行业或专业技术标准、规范的规定以及上海市人民政府的有关规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 装配式竖井 prefabricated shaft

采用预制管片或管节现场拼装形成竖井结构，配合机械开挖土体建设而成的地下结构。

2.1.2 悬吊下放型装配式竖井 prefabricated shaft with suspension and lowering type

对竖井结构外侧土体进行适量超挖，竖井刃脚未嵌入土中，竖井结构拼装成型时始终处于悬吊状态，由悬吊设备逐渐下放至预定深度的装配式竖井。

2.1.3 控制下沉型装配式竖井 prefabricated shaft with controlled sinking type

仅开挖竖井结构内土体，竖井刃脚始终嵌入土中，竖井结构拼装成型依靠自重及助沉力下沉至预定深度的装配式竖井。

2.1.4 竖井掘进设备 shaft boring equipment

固定在装配式竖井结构上，用于削挖土体或岩体的设备。

2.1.5 竖井悬吊设备 shaft suspension equipment

用于悬吊下放型装配式竖井，由若干组控制单元（千斤顶、吊索架等构件）、吊索、锚固盒组成，控制单元设置在地面环梁上，通过吊索与固定在竖井刃脚上的锚固盒相连，使竖井结构处于悬吊状态的装置。

2.1.6 竖井提压设备 shaft lifting and pushing equipment

用于控制下沉型装配式竖井，由若干组千斤顶及附属构件组成，设置于竖井顶部，控制竖井提升、下压的装置。

2.1.7 环梁 ring beam

地面处竖井外围用于支撑竖井悬吊设备、竖井提压设备等施工设备的环形结构。可采用钢筋混凝土、钢壳混凝土、钢结构等形式。

2.1.8 刃脚 cutting edge

装配式竖井最下端用于固定悬吊设备吊索（悬吊下放型装配式竖井）或支撑竖

井重量、同时兼顾挡土及切土（控制下沉型装配式竖井）的结构。

2.1.9 同步注浆 simultaneous grouting

装配式竖井下放或下沉过程中，通过竖井结构上预留的注浆孔在竖井结构外侧进行注浆。该浆液用于填充竖井井壁外侧的超挖间隙使竖井处于悬吊状态（悬吊下放型装配式竖井），或起到减少下沉时摩阻力的作用（控制下沉型装配式竖井）。

2.1.10 置换注浆 displacement grouting

装配式竖井下放或下沉至设计标高，封底混凝土浇筑完成后，用砂浆类浆液置换掉同步注浆的浆液，填充井壁外侧间隙，增强井壁与土层之间的摩阻力。

2.2 符号

f_k ——单位极限摩阻力标准值；

k_{fw} ——竖井抗浮稳定性安全系数；

G_{ik} ——竖井结构在施工阶段和使用阶段的结构自重标准值；

W_{ik} ——抗浮桩、压重等措施的等效荷载标准值；

W_{fk} ——竖井井壁摩阻力标准值；

$F_{fw,k}$ ——浮力标准值；

γ_w ——地下水重度；

V_w ——竖井结构排开水的体积；

ξ_M ——弯矩调整系数；

ξ_N ——轴力调整系数；

M_j ——匀质圆环模型的计算弯矩；

M_{j1} ——修正后的弯矩；

N_j ——匀质圆环模型的计算轴力；

N_{j1} ——修正后的接头轴力；

M_s ——匀质圆环模型的计算弯矩；

M_{s1} ——修正后的弯矩；

N_s ——匀质圆环模型的计算轴力；

N_{s1} ——修正后的轴力；

p_w ——水压力；

p_A ——内摩擦角设置差值后 A 点水平向土压力；

p_B ——内摩擦角设置差值后 B 点水平向土压力；

h_i ——水下封底混凝土厚度；

M ——每米宽度最大弯矩的设计值；

b ——计算宽度；

f_t ——混凝土抗拉强度设计值；

h_u ——附加厚度；

A ——密封垫沟槽截面积；

A_0 ——弹性密封垫橡胶部分的截面积

N ——悬吊设备数量， N 取整数；

k_s ——悬吊设备的安全系数， $k_s \geq 1.25$ ；

G_k ——竖井开挖至设计标高时，竖井结构自重(kN)；

G_m ——竖井开挖设备重量(kN)；

G_s ——外侧泥浆套重量(kN)；

F_{fw} ——竖井开挖至设计标高时所受到的浮托力(kN)；

W_{fk} ——竖井井壁极限摩阻力标准值(kN)；

F_d ——单个悬吊设备的额定拉力(kN)；

n' ——吊索的数量， n 取整数；

k ——吊索的安全系数， $k \geq 2.5$ ；

F_s ——单根吊索的极限承载力(kN)；

3 基本规定

3.0.1 装配式竖井工程总体布置应根据使用功能、施工工艺、运营维护等要求，综合工程地质及水文地质条件、环境条件等因素，通过技术与经济比较确定。

条文说明：装配式竖井设计应满足建设目标、施工工艺、使用功能及运维需求，在保证安全可靠的前提下，通过多因素综合分析确定。

3.0.2 装配式竖井内净尺寸应满足建筑限界、施工工艺等要求，并应考虑施工误差、测量误差、结构变形及位移等影响。

条文说明：由于装配式竖井的应用领域不同，竖井内径尺寸、竖井深度变化较大，竖井结构壁厚相应变化较大。

装配式竖井内径方面如南京竖井智能停车设施建设项目竖井内径 12m，上海竹园白龙港污水连通管工程竖井内径 12m，上海轨道交通 13 号线西延伸工程土建 103 标幸乐路逃生竖井、北青公路逃生竖井内径 8m，上海迎宾水厂进厂原水管工程竖井内径 14m，上海静安地下智慧车库工程竖井内径 21m。

装配式竖井深度方面目前最深为南京沉井式智能停车设施建设项目，竖井开挖深度达 67m，上海地区竹园白龙港污水连通管工程竖井开挖深度约 43m、上海轨道交通 13 号线西延伸工程土建 103 标幸乐路逃生竖井开挖深度约 31.13m。

装配式竖井施工过程中，不可避免地会产生施工误差、测量误差，上海属软土地区，大深度竖井施工过程控制难度增加，导致竖井中心线与设计中心线之间存在一定的偏差，进而会对竖井内净空间产生影响。因此，装配式竖井的内净尺寸应考虑工程的最大限界要求、最不利地层情况、最大结构变形等因素进行包络设计，并留有一定的富余量，以满足最终功能需求。为便于施工设备的重复利用，竖井内净尺寸及管片厚度宜尽量模数化、标准化。

3.0.3 装配式竖井结构作为永久结构，设计工作年限应根据竖井使用性质和环境类别综合确定，并不宜低于 50 年。

条文说明：关于装配式竖井结构设计工作年限的规定适用于管片、内衬等主体结构，以及竖井内其他永久附属结构。运行期间容易受到不良环境条件（例如调蓄竖井内污水的侵蚀性等）影响的竖井结构设计，应根据所设定的设计工作年限，采

取相应的可靠防护措施。装配式竖井结构作为临时结构时，可适当降低设计工作年限标准。

3.0.4 装配式竖井设计应具备下列资料：

- 1 岩土工程勘察报告。
- 2 基地红线图、周边地形图。
- 3 周边相关建（构）筑物、管线等的调查资料等。
- 4 建筑设计、工艺设计资料等。

3.0.5 装配式竖井设计应满足承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计计算和验算要求。

条文说明：装配式竖井结构作为永久结构，不仅应进行极限承载能力计算，而且应进行正常使用极限状态验算，以满足裂缝宽度的限值和耐久性设计要求。设计应根据施工、使用过程中在结构上可能同时出现的荷载，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行组合，并应取各自最不利的组合进行设计。

3.0.6 装配式竖井设计应符合国家环保政策、法规，注重环境保护和资源节约。

3.0.7 装配式竖井施工宜积极应用机械化、信息化、智能化技术。

4 工程勘察及环境调查

4.1 一般规定

4.1.1 装配式竖井工程勘察前，应具备基本的工程资料和设计对勘察的技术要求、建设场地及周边的建（构）筑物资料以及施工工艺要求等。

4.1.2 装配式竖井工程勘察应与项目建设阶段相适应。

条文说明：勘察工作作为装配式竖井设计、施工提供依据，同时也服务于工程建设的全过程。勘察阶段可分为可行性研究勘察（预可、工可）、初步勘察和详细勘察。当竖井工程规模小或拟建竖井平面位置和竖井性质明确的项目，可简化勘察阶段。

4.1.3 装配式竖井工程设计前应进行环境调查工作，以获取相关的资料作为设计和施工的依据。

条文说明：装配式竖井建造技术适用于周边环境复杂、建（构）筑物众多、环境保护要求高、用地条件苛刻的区域，因此对装配式竖井工程的设计和施工而言，环境调查工作非常重要。建设方宜根据工程需要委托专业单位开展环境调查工作。

4.2 工程勘察

4.2.1 装配式竖井工程勘察各阶段的目的、方法应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 各勘察阶段的目的、方法

项目建设阶段	勘察阶段	目的	方法
可行性研究	可行性研究勘察	为选址、方案比选等提供地形、水文、区域地质、地震、场区地层分布及地下水、不良地质、地下障碍物及管线、环境等基础资料	以搜集、分析既有资料和现场踏勘为主，配合必要的现场勘探工作

初步设计	初步勘察	获取设计所需的区域水文、地形（包括水下地形）、地震参数。初步提供地层分布特点及性质、不良地质及范围、地震效应分析，地下水的类型、分布及腐蚀性，装配式竖井井壁外侧与土层间的摩阻力、地基承载力等指标	开展必要的勘探、测绘工作，配合搜集、分析既有资料。对影响方案比选的重点单项可开展专门的岩土工程论证工作
施工图设计	详细勘察	按要求详细查明工程地质、水文地质条件，提供土层分布特征及其物理力学性质指标；查明地下水（包含承压水）类型及相关参数并评价其对拟建工程的影响；进行场地地震效应分析和评价；查明不良地质及地下障碍物，分析其影响并提供建议与对策；提供装配式竖井井壁外侧与土层间的摩阻力、地基承载力等指标	充分利用钻探、物探、原位测试等勘测手段，综合利用已有资料；对重点单项宜开展专门的岩土工程研究工作

条文说明：装配式竖井井壁外侧与土层间的摩阻力是竖井沉放施工、竖井抗浮设计等工作的重要参数，因此，为保证竖井工程安全，在初步设计阶段即需提供相应的参数指标。装配式竖井深度较深（目前工程多大于 30m），地下水类型、分布等参数是影响竖井抗浮设计、防水设计的重要因素，同时装配式竖井采用不排水施工，施工期间的井内液面高度、封底混凝土配比等施工控制参数会受地下水影响，尤其当竖井底部位于承压水层或承压水层附近时，封底混凝土施工质量受承压水层影响较大，因此，在初步设计阶段即需提供相应的参数指标。

4.2.2 勘探孔的布置和深度应符合下列规定：

- 1 单个竖井井筒外径不大于 8m 时，不应少于 3 个勘探孔；
- 2 单个竖井井筒外径为 8m~16m 时，不应少于 4 个勘探孔；
- 3 单个竖井井筒外径大于 16m 时，应根据设计要求增加勘探孔数量，且不应少

于 4 个；

4 勘探孔宜布置在竖井井筒外侧 3m~4m 位置；

5 勘探孔应均匀对称布置，单个竖井应至少布置 1 个控制性勘探孔；

6 勘探孔深度宜为竖井刃脚以下 0.5~1.0D，D 为竖井外径，且不应小于刃脚以下 10.0m。

条文说明：可行性研究勘察（预可、工可）、初步勘察勘探孔数量可在本条规定的基础上酌情减少，但不应少于 2 个。当刃脚下存在软弱土层、承压水层等特殊土层时，勘探孔深度应适当加大并穿透特殊土层。根据装配式竖井施工工艺，实际开挖面位于刃脚端部以下，封底混凝土会向下超出刃脚端部位置，封底混凝土厚度根据竖井直径、深度等由设计计算确定，为确保勘探孔可有效穿透封底混凝土厚度范围土层，故要求勘探孔深度不应小于刃脚以下 10.0m。

4.2.3 工程设置桩基时，勘探孔深度应取桩基勘探深度和竖井勘探深度的大值。

条文说明：桩基勘探深度应符合《建筑桩基技术规范》JGJ 94 及现行国家、行业和本市现行有关标准。当装配式竖井工程设置其他附属设施时，其他附属设施勘察要求应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和现行上海市工程建设规范《岩土工程勘察规范标准》DGJ08-37 有关条文执行。

4.2.4 勘察完成后，对可能构成安全隐患的钻孔进行封孔，回填材料宜采用黏土球或水泥浆液等。

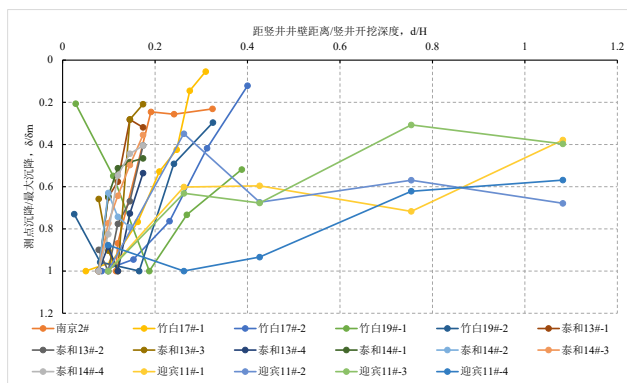
条文说明：当承压水可能会对施工产生影响时应采用水泥注浆进行封孔。

4.3 环境调查

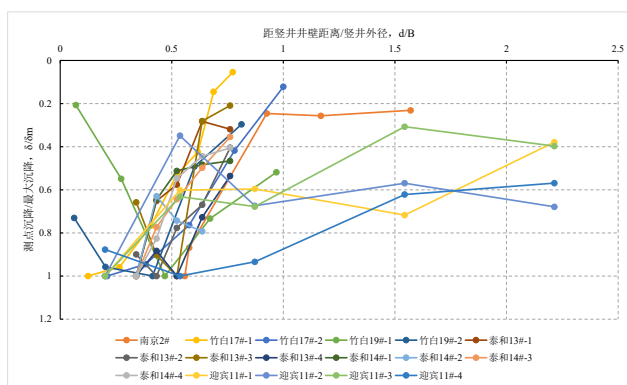
4.3.1 装配式竖井工程建设环境调查范围不宜小于 1.5H，H 为刃脚端部深度，且不应小于 3D，D 为竖井外径。

条文说明：针对南京、上海 9 个装配式竖井工程共计 17 组监测数据进行统计并进行归一化处理，综合理论分析结果所得。

对于装配式竖井周围的地表沉降与竖井开挖深度的关系，根据统计分析结果，0~0.4H 范围内地表沉降较大，作为主要影响区，0.4H~1.2H 范围地表沉降较小且趋于稳定，作为次要影响区。



对于装配式竖井周围的地标沉降与竖井外径的关系，根据统计分析结果，0~1D 范围内地表沉降较大，作为主要影响区，1D~2.5D 范围地表沉降较小且趋于稳定，作为次要影响区。



综合上述结果，为确保装配式竖井工程周边环境的安全，在实际操作中建议加大环境调查范围，因此制订本条。

4.3.2 工程建设环境调查应包括下列内容：

- 1 装配式竖井工程所在场区及邻近地区的土地使用现状和规划、建（构）筑物、各类市政及公用设施、管线等。对需要保护的重要建（构）筑物及设施还应进行影响评价并提出保护措施；
- 2 装配式竖井工程所在场区周边的供电、生产生活用水、道路类别、交通状况和现场施工条件。

5 工程材料与荷载

5.1 一般规定

5.1.1 装配式竖井工程的工程材料应根据竖井结构类型、受力条件、使用功能和环境条件等综合选用，并应满足可靠性、耐久性和经济性要求。

条文说明：装配式竖井工程常用的工程材料有混凝土、钢筋、钢材等。根据竖井的使用功能要求及所处的环境条件，应对装配式竖井管片的材料类型进行慎重选择。如竖井内存在腐蚀性介质等特殊条件则需要针对具体的腐蚀性介质类型、浓度等情形选择相应的耐腐蚀材料或采取耐腐蚀措施。

5.1.2 装配式竖井工程设计时，应根据结构破坏可能产生后果的严重性，采用不同的安全等级，安全等级的划分应符合表 5.1.2 的规定。

表 5.1.2 安全等级的划分

安全等级	破坏后果	安全等级	破坏后果
一级	很严重	二级	严重

条文说明：装配式竖井可应用于多种领域，因此可根据功能不同，按照本条的要求确定工程结构的安全等级。鉴于装配式竖井使用的场景多为周边环境复杂、建设条件苛刻的情况，结构安全要求高，一般情况建议为一级，当装配式竖井仅作为工作井围护结构等临时结构时，可将安全等级定为二级。

5.1.3 装配式竖井结构上的荷载分类应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 确定，并应符合表 5.1.3 的规定。

表 5.1.3 竖井结构荷载分类

荷载类型	荷载名称
永久荷载	结构自重
	地层压力
	竖井上方和邻近范围内的设施及建筑物压力
	水位不变的外水压力
	预加应力
	固定设备、设施重量
	地基下沉影响

可变荷载	基本可变荷载	地面超载和车辆荷载
		水位变化的外水压力
		内水压力
		竖井内设施的动力作用
	其他可变荷载	温度作用
		施工荷载
		水锤压力
偶然荷载	地震作用	
	井内设施等产生的爆炸力	

注：1、内水压力包括竖井施工期间内水压力和竖井使用期间内水压力。

条文说明：将装配式竖井结构的荷载分为永久荷载、可变荷载和偶然荷载三大类，设计中要求考虑的其他荷载，可根据其性质分别列入三类荷载中。其他可变荷载中施工荷载包括悬吊力等荷载。

5.2 工程材料

5.2.1 混凝土、钢筋的材料性能设计参数应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T50010 的规定；钢材的材料性能和设计参数应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的规定。

5.2.2 装配式竖井工程主体结构宜采用钢筋混凝土管片衬砌形式。

条文说明：装配式竖井直径较小时，可采用钢筋混凝土管节型式，管节受力计算可采用匀质圆环模型参照 6.3 节内容执行。

5.2.3 装配式竖井工程主体结构管片衬砌混凝土强度等级不应低于 C50，二次衬砌混凝土强度等级不应低于 C35。

条文说明：装配式竖井工程深度可超过 60m，承受较大的水土压力，装配式竖井管片衬砌采用高强混凝土的好处有：可减小管片的厚度和重量，有利于构件运输和拼装施工；工厂预制时可使管片混凝土尽快达到脱模强度，提高高精度钢模板的周转率。

5.2.4 装配式竖井工程主体结构应采用自防水混凝土，当混凝土结构有耐腐蚀要求时，应采用相应的耐腐蚀混凝土，且应按现行国家标准规定或进行专门试验确定防

腐措施。

5.2.5 水下封底混凝土强度等级不应低于 C30。

5.2.6 管片连接螺栓的机械性能宜选用 6.8 或 8.8 级；管片连接螺栓应有较好的耐腐蚀性和抗冲击韧性，表面应进行防腐蚀处理。

5.3 荷载

5.3.1 永久荷载标准值应符合下列规定：

1 结构自重标准值应按结构设计尺寸及材料计算重度确定，并应包括竖井内部混凝土结构、固定设备及管道等自重荷载。

2 竖井结构施工阶段的水平地层压力宜按主动土压力计算，宜按水土分算原则考虑；使用阶段的水平地层压力宜按静止土压力计算，宜按水土分算原则考虑。

3 竖井结构外水压力和浮力应根据施工阶段和使用阶段的地下水位的变化按静水压力计算。

4 固定设备荷载大小及作用范围应根据设备实际重量、动力影响、设备位置确定。

条文说明：装配式竖井施工阶段的含义是指从开始施工到竖井施工完成具备运营条件时的阶段；装配式竖井使用阶段的含义是指从竖井施工完成具备运营条件至长期使用的阶段。当装配式竖井用作顶管工作井时，顶管顶进计算中的水平地层压力应按照顶管现行相关规范规定取值。

5.3.2 可变荷载标准值应符合下列规定：

1 竖井结构使用期间地面超载取值不宜小于 20kPa；施工期间周边地面超载取值应根据实际情况分析后取用，且不应小于 30kPa。

2 施工荷载应包括设备运输及吊装荷载、施工机具及人员活载、施工堆载。

3 温度变化对竖井衬砌结构的影响应根据地层和竖井内的年平均温度、最冷（热）月平均温度确定。

4 竖井施工期间内水压力应根据可能出现的最大内水压力（包括动水压力）确定。

5 竖井使用期间内水压力应按设计水位计算。清水的重度可取 10kN/m³；污水

的重度根据水质可取 $10\text{kN/m}^3 \sim 10.8\text{kN/m}^3$ 。

条文说明：装配式竖井施工过程中施工设备的悬吊力、压入力、提升力，施工机具自重，施工设备运行时的动力作用等荷载应归为施工荷载。

装配式竖井施工过程中井内注入清水，受开挖土体影响，最终呈浑浊状态，其重度自上而下逐渐增加，计算时取值可参考泥浆重度，取 $10.5 \sim 13.0\text{kN/m}^3$ 。

当装配式竖井用作热力管道等特殊用途，导致竖井管片内外壁面出现温差，装配式竖井结构设计应计及管片内外壁面温差对结构的作用。

5.3.3 偶然荷载标准值应符合下列规定：

1 地震荷载应按现行上海市工程建设规范《建筑抗震设计标准》DG/TJ08-9 的规定确定。

2 爆炸力等其他灾害性荷载应根据工程建设条件分析后确定。

5.3.4 荷载（效应）组合：

1 对于承载能力极限状态，应按荷载的基本组合或偶然组合计算荷载组合的效应设计值，并按下式进行计算：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (5.3.4-1)$$

式中： γ_0 ——重要性系数；结构构件安全等级为一级、二级、三级时，分别取 1.1，1.0 和 0.9；进行施工阶段承载力验算、偶然组合验算时，取 1.0；

S_d ——荷载组合的效应设计值，包括组合的弯矩、剪力和轴力设计值等；

R_d ——结构构件抗力的设计值。

2 荷载基本组合的效应设计值应按下列式计算确定：

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{G_j} S_{G_{jk}} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} \gamma_{L_i} S_{Q_{ik}} \quad (5.3.4-2)$$

式中： γ_{G_j} ——第 j 个永久荷载的分项系数，应取 1.30；当永久荷载效应对结构有利时应取 1；

γ_{Q_i} ——第 i 个可变荷载的分项系数，应取 1.50；当可变荷载效应对结构有利时应取 0；

γ_{L_i} ——第 i 个可变荷载考虑设计工作年限的调整系数；

$S_{G_{jk}}$ ——按第 j 个永久荷载标准值计算的荷载效应值；

$S_{Q_{ik}}$ ——按可变荷载标准值计算的荷载效应值；

m ——参与组合的永久荷载数；

n ——参与组合的可变荷载数。

3 荷载效应偶然组合的设计值应按下列公式计算确定：

地震组合：

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{G_j} S_{G_{jk}} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} \psi_{C_i} S_{Q_{ik}} + \gamma_{EH} S_{EHK} + \gamma_{EV} S_{EVK} \quad (5.3.4-3)$$

式中： ψ_{C_i} ——第 i 个可变荷载的组合值系数，应取 0.6；

γ_{EH} 、 γ_{EV} ——水平和竖向地震作用分项系数；

S_{EHK} 、 S_{EVK} ——水平和竖向地震作用效应值。

4 可变荷载考虑设计工作年限的调整系数应按表 5.3.4-1。

表 5.3.4-1 可变荷载考虑设计工作年限的调整系数

结构设计工作年限（年）	50	100
γ_L	1.0	1.1

5 水平和竖向地震作用分项系数的确定应符合表 5.3.4-2 的规定。

表 5.3.4-2 地震作用分项系数

地震作用	水平地震作用分项系数 γ_{EH}	竖向地震作用分项系数 γ_{EV}
仅计算水平地震作用	1.4	-
仅计算竖向地震作用	-	1.4
同时计算水平与竖向地震作用 (水平地震为主)	1.4	0.5
同时计算水平与竖向地震作用 (竖向地震为主)	0.5	1.4

6 对于正常使用极限状态，应根据不同的设计要求，采用荷载的标准组合和准

永久组合，并按满足下列要求：

$$S_d \leq C \quad (5.3.4-4)$$

式中：C——结构或构件达到正常使用要求的规定限值，例如变形、裂缝等的限值。

7 荷载标准组合和准永久组合的效应设计值应分别按下列公式计算：

1) 标准组合：

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G_{jk}} + \sum_{i=1}^n S_{Q_{ik}} \quad (5.3.4-5)$$

2) 准永久组合：

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G_{jk}} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Q_{ik}} \quad (5.3.4-6)$$

式中： ψ_{qi} ——第 i 个可变荷载的准永久值系数，应取 0.80。

6 竖井结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 装配式竖井井壁外侧与土层间的摩阻力，应根据工程地质、水文地质条件及施工工法等，通过试验或对比积累的经验资料确定。当无试验条件或无可靠资料时，可按下表规定确定：

表 6.1.1 单位摩阻力标准值 (kPa)

土层类别	f_k	土层类别	f_k
流塑状态黏性土	10~15	砂性土	12~25
可塑、软塑状态黏性土	12~25	泥浆套	3~5
硬塑状态黏性土	25~50	-	-

注：1、气幕减阻时，可按表中摩阻力乘 0.5~0.7 系数。

条文说明：采用悬吊下放型装配式竖井时，竖井结构在下放过程处于悬吊状态，井壁外侧存在超挖间隙，该间隙采用润滑浆液填充，竖井结构下放到位封底完成后，超挖间隙润滑浆液采用水泥砂浆进行置换，竖井结构与水泥砂浆和土层混合物间的单位摩阻力按表 6.1.1 取值。实际计算中，可根据地层情况、竖井井壁外侧置换注浆施工质量、注浆试验情况等因素综合考虑，对 6.1.1 表格中的单位摩阻力标准值进行调整。

采用控制下沉型装配式竖井时，竖井施工与传统沉井过程一致，竖井井壁外侧无超挖，但井壁外侧会设置减阻泥浆套或空气幕，竖井井壁外侧与土层间的摩阻力按表 6.1.1 取值。实际计算中，可根据地层情况、竖井井壁外侧置换注浆施工质量、注浆试验情况等因素综合考虑，对 6.1.1 表格中的单位摩阻力标准值进行调整。

摩阻力可以假定地面处为零线性增加至地面下深度 5m 处，以下为常数。摩阻力分布如图 6.1.1，图中 h' 为环梁高度，环梁顶与地面齐平。

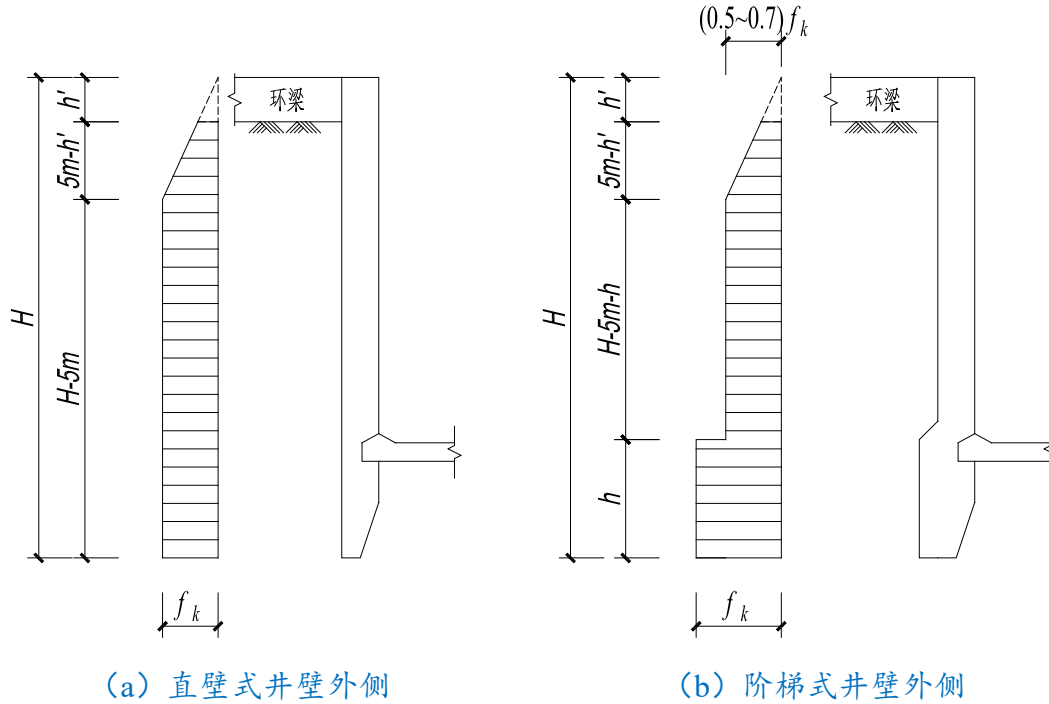


图 6.1.1 摩阻力沿井壁外侧分布

当装配式竖井结构深度内有若干土层时，摩阻力可按土层厚度的加权平均值取值，可按下式进行计算：

$$f = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ki} h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (6.1.1-1)$$

式中：f——多层土单位摩阻力标准值的加权平均值（kPa）；

f_{ki} ——第 i 层土的单位摩阻力标准值，按表 6.1.1 选取；

h_i ——第 i 层土的厚度（m）；

n——沿装配式竖井结构深度不同类别土层的层数。

6.1.2 装配式竖井结构采用管片衬砌形式时，应进行管片计算、管片接头计算，并满足构造要求。

条文说明：当装配式竖井采用预制拼装式管节、钢管节等型式时，可参照相应现行规范执行。

6.1.3 装配式竖井应进行抗震设计。

6.1.4 装配式竖井环梁的地基承载力验算应按现行上海市工程建设规范《地基基础

设计标准》DGJ 08-11 的规定执行。

条文说明：装配式竖井环梁应分施工阶段和使用阶段分别计算，施工阶段环梁主要承受施工设备自重等施工荷载，使用阶段根据环梁实际受力情况进行计算。

6.1.5 装配式竖井内液面应高于地下潜水位，差值不应小于 0.5m。

6.1.6 多个装配式竖井连续布置时，相邻装配式竖井间的净距不宜小于 0.5D，D 为竖井外径。

条文说明：装配式竖井相邻竖井间净距的要求，主要考虑避免竖井施工期间相互的影响，避免周围土体出现失稳破坏的可能，在布置上留有足够的富裕度，根据以往工程经验，确定为 0.5 倍装配式竖井外径，当两座竖井外径不同时，应以外径较大的竖井外径为基准。

6.2 竖井结构稳定性验算

6.2.1 装配式竖井抗浮应按施工阶段和使用阶段分别计算：

1 根据实际可能出现的最高水位进行验算，并应满足下列公式：

$$k_{fw} \leq \frac{G_{ik} + W_{ik} + W_{fk}}{F_{fw,k}} \quad (6.2.1-1)$$

$$F_{fw,k} = \gamma_w V_w \quad (6.2.1-2)$$

式中： k_{fw} ——竖井抗浮稳定性安全系数；

G_{ik} ——竖井结构在施工阶段和使用阶段的结构自重标准值（kN）；

W_{ik} ——采取抗浮桩、压重等措施的等效荷载标准值（kN）；

W_{fk} ——竖井井壁摩阻力标准值（kN）；

$F_{fw,k}$ ——浮力标准值（kN）；

γ_w ——地下水重度（kN/m³）；

V_w ——竖井结构排开水的体积（m³）。

2 竖井抗浮稳定性安全系数宜按表 6.2.1 采用：

表 6.2.1 竖井抗浮稳定性安全系数

名称	竖井抗浮稳定性安全系数 k_{fw}
----	----------------------

	施工阶段	使用阶段
不考虑竖井井壁摩阻力	1.05	1.10
考虑竖井井壁摩阻力	1.10	1.15

条文说明：装配式竖井施工阶段、使用阶段的划分同 5.3.1 条，装配式竖井应分别对各阶段不同工况进行抗浮稳定性验算，按最不利工况控制。装配式竖井施工期间井内注入清水，但由于注入的清水与开挖的泥浆混合，导致井内液体重度大于清水重度，地下水重度在计算中可根据实际情况适当放大，取 $10\sim 10.5kN/m^3$ 。

6.2.2 当封底混凝土与底板间有拉结钢筋等可靠连接时，封底混凝土的自重可作为竖井抗浮重量的一部分。

6.2.3 当采取抗浮桩抗浮时，抗浮桩宜采用钻孔灌注桩，抗浮桩距离竖井的最小净距宜大于 $2.0d$ ， d 为抗浮桩桩径。采用控制下沉型装配式竖井时，抗浮桩与竖井的最小净距宜适当加大。

条文说明：当在装配式竖井环梁下设置桩基时，为有效发挥桩的承载力，建议采用非挤土桩，同时与装配式竖井结构保证一定的间距，减少竖井施工期间对周围土层扰动对桩侧摩阻力的影响。采用控制下沉型装配式竖井时，由于竖井施工存在一定的挤土效应，因此抗浮桩与竖井的最小净距宜适当加大，可加大至 $4.0\sim 5.0d$ ， d 为抗浮桩桩径。

根据以往工程经验，在保证净距的情况时，桩侧摩阻力基本可以得到保障，当地层情况复杂、施工影响大等条件下，可对桩侧的摩阻力取值进行折减。

6.2.4 装配式竖井宜对施工阶段开挖面土体稳定性进行验算。

6.2.5 控制下沉型装配式竖井下沉稳定性验算应按现行上海市工程建设规范《地基基础设计标准》DGJ 08-11 的规定执行。

6.3 竖井结构设计计算

6.3.1 装配式竖井结构计算应分施工阶段和使用阶段，计算应符合下列规定：

1 装配式竖井内力计算应按不同深度截取闭合圆环计算，并假定在互成 90° 的两点处土的内摩擦角差值为 $4^\circ\sim 10^\circ$ 。

2 装配式竖井管片内力计算模型宜采用匀质圆环模型、弹性铰模型、梁-弹簧

模型或梁-接头模型。

条文说明：装配式竖井管片内力计算模型借鉴盾构隧道错缝拼装计算模型。本条中所列计算模型均对管片衬砌结构进行了适当的简化，为确保管片结构计算的安全，可取两种或两种以上模型的计算结果进行包络设计。装配式竖井施工阶段、使用阶段的划分同 5.3.1 条。配式竖井应分别对各阶段不同工况进行结构设计计算，按最不利工况控制。

6.3.2 装配式竖井结构计算当采用匀质圆环模型（图 6.3.2）时，应符合下列规定：

- 1 衬砌环整体刚度应折减，折减系数宜取 0.5~0.8。
- 2 错缝拼装衬砌环应根据环间剪力传递作用进行弯矩修正。
- 3 错缝拼装衬砌环在竖向接缝处的接头弯矩应按下列式计算：

$$M_{j1} = (1 - \xi_M) M_j \quad (6.3.2-1)$$

式中： ξ_M ——弯矩调整系数，可取 0.2~0.4；

M_j ——匀质圆环模型的计算弯矩（ $kN \cdot m$ ）；

M_{j1} ——修正后的弯矩（ $kN \cdot m$ ）；

- 4 与接缝位置对应的相邻管片界面弯矩应按下列式计算：

$$M_{s1} = (1 + \xi_M) M_s \quad (6.3.2-2)$$

式中： ξ_M ——弯矩调整系数，可取 0.2~0.4；

M_s ——匀质圆环模型的计算弯矩（ $kN \cdot m$ ）；

M_{s1} ——修正后的弯矩（ $kN \cdot m$ ）；

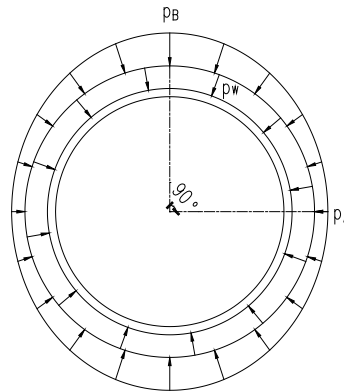


图 6.3.2 匀质圆环模型

注： p_w ——水压力（ kN/m^2 ）；

p_A ——内摩擦角设置差值后 A 点水平向土压力（ kN/m^2 ）；

p_B ——内摩擦角设置差值后 B 点水平向土压力（ kN/m^2 ）。

5 计算中宜考虑地层抗力，宜采用全周地基弹簧模拟。

条文说明：当采用弹性铰模型、梁-弹簧模型或梁-接头模型进行装配式竖井管片计算时，可参照现行国家标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的规定执行。

6.3.3 管片接头计算应符合下列规定：

1 管片接头计算内容应包括管片接头强度验算及接缝张开量计算，管片的接缝张开量应小于防水弹性密封垫的允许张开量。宜结合物理模型试验研究接头力学性能；

2 管片接头强度验算应包括连接螺栓抗拉强度、抗剪强度、混凝土局部受压强度验算，并宜包括螺栓手孔处管片本体的抗剪和抗冲切承载力验算。

6.3.4 装配式竖井结构应按荷载效应准永久组合进行变形计算，竖井最大变形量不应大于 $0.3\%D$ ， D 为竖井外径。

6.3.5 装配式竖井采用水下封底，封底混凝土的厚度应根据基底的向上净反力按式 6.3.5 计算：

$$h_t = \sqrt{\frac{9.09M}{bf_t}} + h_u \quad (6.3.5)$$

式中： h_t ——水下封底混凝土厚度（ mm ）；

M ——每米宽度最大弯矩的设计值（ $N \cdot mm$ ）；

b ——计算宽度（ mm ），取 1000；

f_t ——混凝土抗拉强度设计值（ N/mm^2 ）；

h_u ——附加厚度（ mm ），可取 $300mm \sim 500mm$ 。

条文说明：封底混凝土厚度计算公式，系按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T50010 中有关矩形截面素混凝土受弯构件承载力公式推导。水下封底混凝土附加厚度，淤泥质土取 $500mm$ ，其他土可适当减小。

6.3.6 装配式竖井的底板及内部结构，应根据浇筑完成后的结构体系和实际作用进

行内力计算。

条文说明：装配式竖井底板及内部结构应分别对施工阶段、使用阶段不同工况进行内力计算，按最不利工况控制。底板内力计算，不考虑封底混凝土的有利作用。

6.3.7 装配式竖井刃脚受力计算应符合下列规定：

1 宜按 6.3.2 条进行建模计算。

2 控制下沉型装配式竖井除进行第 1 款计算外，宜按现行上海市工程建设规范《地基基础设计标准》DGJ 08-11 进行下沉工况受力计算。

3 沉降单元锚固盒位置应进行刃脚结构局部受力计算。

条文说明：悬吊下放型装配式竖井在下放竖井时，刃脚下侧、外侧土体均已被挖除，控制下沉型装配式竖井存在刃脚嵌入土中的工况，因此刃脚计算按照不同规定执行。

6.3.8 装配式竖井工程宜建立三维模型，采用时程分析法进行抗震计算。

条文说明：抗震设计要求应符合现行上海市地方标准《建筑抗震设计标准》DG/TJ08-9 的规定。装配式竖井在地震作用下环间张开、错台量应满足防水构造要求。

6.3.9 封底混凝土与装配式竖井接触面应进行抗剪切计算。

条文说明：封底混凝土与装配式竖井接触面处剪力较大，为保证封底混凝土与竖井接触面连接安全可靠需进行抗剪切计算。

6.3.10 装配式竖井封底混凝土宜进行热力学计算。

条文说明：装配式竖井通常存在大体积封底混凝土，宜对由于混凝土浇筑产生水化热导致封底混凝土开裂工况进行计算。

6.3.11 装配式竖井底板在均布荷载作用下的弯矩计算宜按周边简支的圆板计算。

条文说明：装配式竖井通常深度较深，竖井结构采用管片衬砌型式，管片壁厚相对于底板厚度刚度差异较大，建议底板按周边简支计算。

6.4 防水与耐久性

6.4.1 装配式竖井防水及耐久性设计应根据使用功能与要求、结构特点、水文地质条件、使用环境条件、施工条件确定。

条文说明：装配式竖井的防水设计原则为“以防为主、刚柔结合、因地制宜、综合治理”。装配式竖井工程防水等级和防水标准应按现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB55030 确定。

6.4.2 装配式竖井管片应采用防水混凝土制作，其抗渗等级不应小于 P10，氯离子扩散系数不宜大于 $3 \times 10^{-12} m^2/s$ 。

条文说明：现行《建筑与市政工程防水通用规范》GB55030 规定，防水等级为一级、二级的明挖法地下工程装配式衬砌防水混凝土最低抗渗等级为 P10，盾构法隧道工程混凝土管片且抗渗等级不应低于 P10；竖井深度一般较大，应综合考虑防水等级、工程埋置深度等综合确定，以确保混凝土的密实性。

6.4.3 装配式竖井管片的裂缝宽度不得大于 0.2mm，并不得贯通。

6.4.4 装配式竖井管片应进行单块检漏试验。管片外表在设计抗渗压力下，恒压 3h，最大渗水深度不得超过主筋保护层厚度。

条文说明：钢筋混凝土管片均采用自防水混凝土，为确保其耐久性，对防水混凝土的抗渗性能提出较高要求，避免钢筋遇水锈蚀，降低其耐久性。

6.4.5 装配式竖井管片接缝至少应设置一道密封垫。

条文说明：管片接缝防水是装配式竖井结构最为重要的防水部位，需要重点解决该部位的防水问题。根据管片厚度和竖井尺寸，一般竖井的管片接缝部位均应设置一至两道防水密封垫。

6.4.6 密封垫宜选择具有合理的构造形式、良好的弹性或遇水膨胀性、耐久性、防水性的橡胶类材料，应沿管片侧面成环设置。

6.4.7 密封垫沟槽截面积应按下式计算：

$$A = (1 \sim 1.15) A_0 \quad (6.4.8)$$

式中：A——密封垫沟槽截面积（ mm^2 ）；

A_0 ——弹性密封垫橡胶部分的截面积（ mm^2 ）。

条文说明：为确保密封垫能够完全压入密封垫沟槽，根据《建筑与市政工程防水通用规范》GB55030 的要求，密封垫沟槽截面积与密封垫截面积的比例不应小于 1.00，且不应大于 1.15。

6.4.8 密封垫应满足在计算的接缝最大张开量和估算的错台量情况下，承受 2~3 倍埋深水头水压不渗漏的技术要求。

条文说明：装配式竖井接缝具有如下特点：接缝压密量处于变化状态、浅层可能存在较大张开量等，宜结合接缝结构计算、施工验收要求合理确定接缝张开量、错台量。密封垫宜进行 T 字缝或十字缝水密性试验检测，密封垫物理性能指标及水密性试验方法应符合现行国家标准《高分子防水材料 第 4 部分 盾构法隧道管片用橡胶密封垫》GB 18173.4 的规定。

6.4.9 密封垫的闭合压缩力数值应满足水密性与管片拼装的双重要求。

条文说明：装配式竖井竖向跨度大，接缝设防水压、接缝压力差异显著，而密封垫的耐水压力高度依赖闭合压缩力，宜采取分档设计方式，以贴合实际、发挥结构效能、实现集约精细设计。

6.4.10 装配式竖井不设置内衬时，底板与管片连接部位应设置至少两道防水措施，设置内衬时，宜设置一道防水措施。

条文说明：底板范围内管片内壁宜提前进行凿毛处理，底板与井壁管片接触面宜设置预埋注浆管及遇水膨胀止水胶，沿竖井内壁布置一周构成封闭体系。

6.4.11 装配式竖井封底混凝土与刃脚环之间宜设置至少一道防水措施。

条文说明：可采取在刃脚环预留止水钢板、注浆管等方式设置防水措施，对预留的止水钢板、注浆管等应采取可靠的保护措施，保护其在施工期间不被损坏。

6.4.12 装配式竖井防腐蚀设计应符合下列规定：

1 当竖井处于对混凝土有中等以上腐蚀的地层时，钢筋混凝土管片应采用耐侵蚀性防水混凝土，管片迎水面应涂抹外防腐涂层，防腐涂层应具有防水性能。

2 钢管片、外露螺栓和垫片等金属构件，均应采取防腐蚀措施。

3 防腐涂层应满足在竖井施工过程中不损伤、不渗水。

4 因竖井功能需求需进行防腐蚀设计时应进行专项论证。

条文说明：第 1 款竖井处于对混凝土有中等以上腐蚀的地层中时，为确保钢筋混凝土的耐久性，应在管片迎水面涂抹兼具有防水和防腐的涂层，该类涂层一般采用厚度在 0.5~0.8mm 的高渗透改性环氧或厚度不小于 1mm、用量不小于 1.5kg/m² 的水泥基渗透结晶型防水材料。第 2 款竖井所有外露金属构件均处于湿交替或潮湿

环境中，易发生锈蚀，因此对外露金属构件应进行防腐蚀处理。装配式竖井其他构件防水、防腐蚀应按现行相关规范规定执行。

6.4.13 装配式竖井耐久性设计应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的规定。

6.5 构造要求

6.5.1 装配式竖井管片、管节、刃脚等预制构件分块设计宜根据加工条件、运输条件、拼装条件等因素综合确定。

6.5.2 装配式竖井采用管片衬砌形式时，宜采用错缝拼装方式。

6.5.3 装配式竖井管片、管节采用螺栓连接时，螺栓手孔宜布置在管片外弧面。

6.5.4 装配式竖井可根据施工工艺、受力计算需求，设置刃脚内框架或分隔梁等构造措施。

条文说明：装配式竖井直径较大时，为增强刃脚环整体刚度、确保竖井施工垂直度、减小封底混凝土厚度，可根据需要设置内框架或分隔梁等构造措施。

6.5.5 装配式竖井结构在与封底混凝土接触面位置，宜设置凹凸榫槽、抗剪预埋件等抗剪措施。

6.5.6 装配式竖井结构与顶管、盾构区间连接部位宜设置特殊环管片，应符合下列规定：

1 当采用全环钢管片形式时，钢管片应分为衬砌开口部位的可拆卸临时钢管片和永久结构钢管片，全部钢管片通过钢材精加工制作；

2 当采用钢筋混凝土管片加钢管片形式时，衬砌开口部位应采用钢管片，其余部位可采用钢筋混凝土管片；

3 当采用全环钢筋混凝土管片形式时，衬砌开口部位宜增设内衬，可通过切割钢筋混凝土管片形成开口，开口周边应施作加强环梁。

6.5.7 装配式竖井环梁混凝土可根据施工工艺、功能需求分期浇筑，分期浇筑环梁之间应采取可靠的连接措施及防水措施。

7 预制构件制作

7.1 一般规定

7.1.1 装配式竖井预制构件包括预制管片、预制管节、预制刀脚等预制结构。

条文说明：装配式竖井内部结构采用预制型式时，应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、现行上海市地方标准《地铁盾构法隧道施工技术标准》DG/TJ08-2041 等相关技术标准的规定。

7.1.2 预制构件制作应满足设计规定的精度、质量及耐久性等要求。

7.1.3 预制构件制作前应编制制作方案。

7.2 管片制作

7.2.1 管片制作宜根据施工先后顺序、管片存放场地，确定管片生产计划及运输方案。

7.2.2 管片生产时，宜在其外弧面角部、端侧面标记管片型号、管片编号、模具编号、生产日期及生产厂家。

条文说明：管片标记的作用一是便于其质量的可追溯性，二是管片现场拼装的需要。

7.2.3 每项工程宜至少抽检 1 组管片进行试拼装检验。

条文说明：管片每批次生产数量小于等于 50 环时，宜抽检 1 组水平拼装检验；管片每批次生产数量大于 50 环时，每 50 环宜进行 1 组拼装检验。

7.2.4 管片水平试拼装应在坚实的平地上进行，拼装时可采用二环拼装或三环拼装。

条文说明：装配式管片内径 8m 及以下的宜按三环水平拼装进行检验，内径 8m 以上的宜按二环水平拼装进行检验。

7.2.5 水平试拼装尺寸允许偏差应符合下表：

表 7.2.5 试拼装尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	环向缝间隙	≤2mm
2	纵向缝间隙	≤2mm

3	成环后内径	≤8000 mm	±2mm
		>8000 mm	+6,-2mm

条文说明：成环后的管片的纵、环向缝间隙采用全数检验，采用塞尺测量，二环之间的环向缝间隙应测量不少于6点，纵向缝间隙应每条缝测定一个最大值，精确至0.1mm。管片成环后内径检验，采用钢卷尺测量在同一水平测量断曲上测量间隔约45°的四个方向直径，计算平均值，精确至1mm。

7.2.6 钢管片制作应符合下列规定：

- 1 侧板（腹板）及外弧板（翼缘板）构件应采用整块钢材；
- 2 钢材如有弯曲应矫正后使用。矫正后钢材表面不应有明显的凹面或损伤，划痕深度不应大于0.5mm，且不应大于该钢材厚度负允许偏差的1/2；
- 3 钢材焊接宜采用二氧化碳气体保护焊，并符合现行行业标准《二氧化碳气体保护焊工艺规程》JB/T 9186的规定；
- 4 应预留注浆孔及注浆管；
- 5 钢管片外露表面的防火、防腐处理和涂层加工应符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的规定。

条文说明：钢管片采用的钢材、焊接方式和防腐处理等是决定钢管片成型质量的关键点。

- 3 二氧化碳气体保护焊具有焊接变形小、质量好、效率高且操作性好等优点。

7.2.7 管片竖向起吊时，吊点的位置应符合设计规定；当设计无规定时，吊点的位置应经计算确定，保证构件起吊平稳。

条文说明：管片为弧形构件，竖向起吊时吊点的计算应考虑与构件的重心在同一轴线；当吊点采用吊钉时，宜设置在管片的端面，吊钉不宜少于2个。

7.2.8 管片可采用内弧面向上或单片侧立的方式码放；若采用内弧面向上码放时，每层管片之间宜设置垫木，码放高度应经计算确定。

条文说明：管片码放高度需要结合存放场地的地基承载力和管片承压强度（钢筋混凝土管片还要考虑出模强度）验算后确定。管片应按型号分别码放，内弧面向上方式码放使用垫木分隔时，每层支撑点应在同一平面上，各层支垫物应在同一直线上，以避免局部受压过大造成损坏；相比盾构管片，装配式竖井管片的厚度较薄，

管片的弦长及弧长较大，内弧面向上码放时，码放高度应经计算确定，管片的码放高度不宜超过两层。

7.2.9 在管片翻转、吊装和运输过程中，混凝土强度不应低于设计要求的吊装强度。

条文说明：管片翻转时应使用柔性材料保护，并避免柔性材料对管片表面造成污染或损伤。管片运输设备上应设有卡槽，并应在卡槽与管片以及管片之间均垫入通长木方，每层支撑点应在同一平面上，各层支垫物应在同一直线上，并应使用钢丝绳或夹具将管片与车体绑扎牢固，锁链接触部位的管片应采用柔性垫衬材料保护。

7.2.10 管片侧立运输时，应采用固定架并做好成品保护。

条文说明：管片采用侧立运输时，增加固定支架可防止管片滑移、倾倒。

7.3 刃脚制作

7.3.1 刃脚宜采用预制装配型式，可采用装配式混凝土刃脚、装配式钢刃脚、装配式钢混组合刃脚等。

7.3.2 悬吊下放型装配式竖井刃脚制作应满足悬吊设备固定的要求，刃脚外侧宜采取措施防止超挖间隙内泥浆流入井筒内。

条文说明：预制刃脚内应设置锚固盒以固定悬吊设备，锚固盒的位置宜位于预制刃脚块的中央；刃脚外侧可采用固定的橡胶止水板或其他止浆措施，防止超挖间隙内的护壁泥浆流入井筒内。

7.3.3 刃脚制作时应在与管片连接的端面预埋连接件保证可靠连接，宜设置防水措施。

条文说明：刃脚与其紧邻的管片应可靠连接，可在刃脚制作时预埋连接件。当装配式竖井刃脚底面位于强透水性地层或承压水层时，刃脚外侧砂浆置换效果难以保障，刃脚与封底混凝土接触面可能会形成渗流路径，可在刃脚与管片连接的端面设置预埋注浆管等防水构造措施。

8 竖井结构施工

8.1 一般规定

8.1.1 装配式竖井施工前应编制施工方案并调查规定范围内周边环境情况。

条文说明：装配式竖井施工前应实地调查各种建（构）筑物和地下管线的使用功能、结构形式及其与竖井的相对位置；需加固的建（构）筑物和地下管线应根据施工方案做好相应的技术措施。

8.1.2 装配式竖井施工场地布置应综合考虑场地情况、周边环境、周边交通、施工方案等因素综合确定。

条文说明：施工现场的场地布置应满足竖井掘进设备、起重设备、泥水处理设备堆、浆液站、渣土坑、供配电站等生产设施用地和施工运输要求，还需考虑设备进出场顺序、周边建（构）筑物、管线、居民区等因素，车辆进出口应设置在不影响交通的位置，噪声源应设置在远离居民区的位置。

8.1.3 装配式竖井施工应确保开挖面稳定、竖井姿态良好，选择合理的开挖速度、管片下放或下沉速度、竖井外侧注浆量等施工参数。

8.1.4 装配式竖井应根据竖井姿态及时调整悬吊设备或提压系统参数，以调整竖井姿态。

8.2 施工准备

8.2.1 应根据不同施工工序的现场情况及工序要求，做好施工准备工作。

条文说明：在城市核心区或建筑密集区施工时，施工场地通常不规则且狭小，施工场地根据不同工序的需求进行布置和规划，防止工序冲突；根据工序要求，合理安排材料、设备的进出场计划。

8.2.2 施工场地的地基承载力应满足管片的存放、设备组装及吊装的要求。

条文说明：当施工场地的地基承载力不满足要求时，应对地基采取换填或硬化等处理措施。

8.2.3 在设备组装前应完成下列准备工作：

- 1 设备进场前应完成保养维护工作；
- 2 根据设备部件、设备存放位置和场地条件等，制定进场顺序和吊装方案；

3 根据部件尺寸和重量选择组装设备。

条文说明：2 考虑到场地狭小、设备重量大及设备的体积，根据设备组装的先后安排设备进场的顺序，避免影响施工现场的进度或工序的安排；同样，在出场时也要考虑设备拆除和运输的先后顺序。

8.2.4 施工场地临时供水应满足施工用水及应急补水的要求。

条文说明：不排水法施工需保持井内液面水位高度，临时用水的布置满足井内的补水要求，同时考虑井内水位突降时应急补水的需求。

8.3 设备配置与验收

8.3.1 设备选型应综合考虑工程地质条件、水文地质条件、竖井结构特点、施工工艺要求等因素确定。

条文说明：竖井施工设备的选型应结合以往施工经验等因素综合判断。工程地质条件、水文地质条件主要包括：地层分布状况、地层软硬程度、地下水位、地层渗透性等，同时要特别注意松散沙层、地中障碍物、可燃及有害气体等；竖井结构特点主要包括：竖井管片尺寸、管片分块型式、竖井深度、吊装预埋件要求等；施工要求主要包括：进度要求、周边建（构）筑物变形要求等。

8.3.2 用于装配式竖井施工的设备包含掘进设备、悬吊设备、提压设备、注浆设备、泥浆处理设备。

8.3.3 悬吊设备应对称、均匀布置，所需的悬吊设备数量、吊索数量应按照下列公式计算，且悬吊设备数量不应少于3个：

$$N \geq k_s(G_k + G_m + G_s - F_u - W_{fk})/F_d \quad (8.3.3-1)$$

$$n' \geq k(G_k + G_m + G_s - F_u - W_{fk})/F_s \quad (8.3.3-2)$$

式中：N——悬吊设备数量，N取整数；

k_s ——悬吊设备的安全系数， $k_s \geq 1.25$ ；

G_k ——竖井开挖至设计标高时，竖井结构自重(kN)；

G_m ——竖井开挖设备重量(kN)；

G_s ——外侧泥浆套重量(kN)；

F_{fw} ——竖井开挖至设计标高时所受到的浮托力(kN);

W_{fk} ——竖井井壁极限摩阻力标准值(kN);

F_d ——单个悬吊设备的额定拉力(kN);

n' ——吊索的数量, n 取整数;

k ——吊索的安全系数, $k \geq 2.5$;

F_s ——单根吊索的极限承载力(kN);

条文说明: 计算悬吊设备的数量时, 通常将 W_{fk} 竖井井壁极限摩阻力标准值设为 0, 竖井开挖至设计标高时所受到的浮托力 F_u 通常按水位在最低潜水水位计算。吊索的安全系数参考了现行行业标准《索结构工程》JGJ 257-2012 第 5.6.1 条的规定, 拉索的抗拉力系数为 2.0; 由于悬吊拼装式竖井的吊索长期运动而发生的磨损, 为保证安全, 提高吊索的安全系数为 2.5。

8.3.4 提压设备应对称、均匀布置, 应检查各组油缸同步性, 各油缸行程差值不大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

8.3.5 悬吊设备采用钢绞线时, 钢绞线锚固采用的锚具、夹具和连接器的基本性能应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的规定。

条文说明: 悬吊设备安装前, 需对钢绞线锚固采用的锚具、夹具和连接器进行检查、保养, 确保其性能满足工程要求。

8.3.6 掘进设备应符合下列规定:

- 1 水下设备的密封等级应符合工况要求;
- 2 设备宜具有超挖功能;
- 3 设备宜具备应对残留障碍物的处理能力。

条文说明: 掘进设备可采用冲洗式、抓斗式、铣挖式、刀盘式等。当采用铣挖式时, 铣挖臂宜具备伸缩和旋转功能。

1 对水下作业要求密封性能主要有: 液压设备、电机、电路、接口、油管、连接器、通信设备等, 考虑密封性的同时还要考虑设备的耐久性和经济性。

8.3.7 泥浆处理设备应满足地层粒径分离要求, 处理能力应满足最大排渣量要求。

8.3.8 设备现场组装完毕后应对各设备进行调试并验收, 做好相关记录。

条文说明：设备组装完成后，必须进行各系统的空载调试，在各系统空载调试正常的基础上进行整机空载调试，整机空载调试完成后，应联动各系统进行调试。

8.3.9 设备现场验收应满足施工设备的主要功能及工程使用要求，各系统验收合格并确认正常运转后，方可开始掘进施工。验收项目应包括下列内容：

1 对悬吊设备采用的吊索、固定悬吊设螺栓、液压系统及连锁装置、安全装置、通信与控制装置等进行检查与验收；

2 掘进设备的液压系统连锁装置、安全装置、通信与控制装置、自定心装置，设备运行动作、密封性等进行检查与验收；

3 注浆设备的注浆压力及仪表等进行检查与验收；

4 泥浆处理系统、水位自动控制设备等配套设备进行查验预验收。

条文说明：现场验收时，应记录设备运转状况并进行评估，满足技术要求后方可验收。

8.4 掘进下放与下沉

8.4.1 装配式竖井掘进施工前应完成施工准备、施工设备配置及前序施工工序验收。

条文说明：验收应包括以下主要项目：

1 施工设备：悬吊系统，开挖设备，泥水处理系统，同步注浆系统，液压系统，电气系统，辅助施工设备等；

2 施工参数：竖井及设备的初始姿态，挖掘速度及悬吊下放距离，挖掘分块，注浆参数，水位要求等；

3 技术准备：专项方案审批情况，方案交底、安全技术交底、勘察设计交底，桩基及加固的质量检测资料，监测点布置及初始值，视频监控等；

4 应急准备：应急预案审批情况，应急物资、设备及人员的准备情况等。

8.4.2 装配式竖井掘进前应调整竖井的姿态，竖井的初始姿态允许偏差应符合表 8.4.2 要求。

表 8.4.2 竖井初始姿态的允许偏差

项目	允许偏差及允许值	检验方法
端面高差	≤20mm	水准仪

竖井中心点	≤20mm	全站仪
椭圆度（圆形）	≤0.3%D	尺量
净空尺寸（异型）	≤0.3%L	

注：D 为设计竖井外径（mm），L 为异型竖井长边长（mm）。

8.4.3 装配式竖井掘进应根据工程地质和水文地质条件、竖井掘进深度、周边环境、施工监测结果和竖井姿态，设定、调整掘进参数。

条文说明：掘进过程中必须严格按照设备安全操作规程以及当班指令控制掘进参数和竖井姿态。施工中应安排专人进行施工监测，并及时反馈，指导施工。

8.4.4 装配式竖井掘进期间应做好井内液面、护壁泥浆液位、地下水位、竖井垂直度、竖井断面高差等指标的监测。

8.4.5 装配式竖井掘进过程中的土体开挖单次进尺不宜超过 50cm，下放或下沉行程不宜超过 40cm，开挖完成后应及时下放或下沉。

条文说明：控制下沉型装配式竖井单次开挖深度应根据助沉力进行判断调整，当助沉力大于设计助沉力设定最大值时，进行刃脚内侧开挖。

8.4.6 控制下沉型装配式竖井应按照挖、压交替的原则进行掘进下沉，掘进下沉过程中应保持刃脚始终嵌入土中。

条文说明：刃脚嵌入土中的深度不宜小于 2 倍刃脚斜面的高度。刃脚嵌入土中的深度应根据地层承载力特性、刃脚设计形式等因素综合确定，取土下沉时避免掏挖刃脚斜面处土体，保证刃脚斜面在土面以下。

8.4.7 控制下沉型装配式竖井下沉平衡以行程控制为主，拆接压环后应进行试压，不小于 50t/组，消除拼装间隙。

条文说明：控制下沉型装配式竖井管片拼装时需先收缩油缸，拆下压环，再进行管片拼装，拼装后压环与管片、油缸间存在拼装间隙，影响油缸同步性及行程控制精度。为消除拼装间隙，压环拼装后需进行试压。

8.4.8 装配式竖井掘进过程中的竖井垂直度偏差不应大于 0.2%。

条文说明：当竖井有垂直机械设备运输或建筑限界要求时，垂直度应取小值。

8.4.9 装配式竖井应根据监测数据及时调整竖井姿态进行纠偏，应严格控制单次纠偏量，遵循“勤量测，勤纠偏，微纠偏”的原则。

条文说明：施工过程中应加强竖井姿态的监测，在竖井下放或下沉过程中逐步纠偏，做到边测边纠，勤测勤纠，避免过度纠偏。

8.4.10 当竖井下沉或下放时，应检查和解除管片与外侧的刚性连接，且人员应暂停竖井上作业并退至安全区域。

8.4.11 装配式竖井掘进施工期间宜每日记录掘进进尺，并对竖井姿态进行测量、复核及记录，检查记录可采用标准附录 A。

8.4.12 控制下沉型装配式竖井初沉时，应严格控制刃脚垂直度和井壁水平度，并缓慢下沉，防止突沉，必要时对下沉较慢一侧加压辅助下沉。

8.5 竖井注浆

8.5.1 装配式竖井在下放或下沉过程中应进行竖井外侧同步注浆，在竖井下放或下沉至设计标高，封底混凝土浇筑达到设计要求后，应进行竖井结构外侧置换注浆。

条文说明：置换注浆应在封底混凝土施工完毕进行，施工节点可参考相关经验，建议在封底混凝土达到设计强度 50%后进行。

8.5.2 应根据不同地质条件、周围环境控制要求、施工设备特点，通过试验确定合适的注浆材料和配比。

条文说明：注浆材料的选用按地质条件及环保要求并经试验合理选定，浆液一般要求如下：

- 1 注浆作业全过程浆液不易产生离析；
- 2 具有较好的流动性，易于注浆施工；
- 3 压注后浆液固化收缩率小；
- 4 有较好的不透水性能；
- 5 使用前进行材料试验，符合要求后方可正式用于工程。

施工前做壁后注浆的配比试验，可充分掌握所用泥浆材料的相关性能，以便找出适合于施工的最佳注浆配比。同步注浆浆液根据配合比搅拌，直至浆液中没有粉、块，且浆液均匀。

8.5.3 注浆宜采用多点注浆方式；注浆断面宜根据竖井的深度、直径、地质情况及施工要求等设置。

条文说明：注浆孔及注浆断面的布置宜符合下列要求：

1 注浆断面的数量能保证浆液注出后在竖井外壁较容易形成完整的浆套。

2 通过补浆来保持竖井外壁浆套的完整性，壁后注浆的注浆管也应考虑浆液置换工艺的布置注浆断面和注浆孔。

8.5.4 同步注浆宜与井内注水同步进行，并根据掘进进尺、浆液损失率、水文地质情况及周边监测变形数据等及时调整注浆量。

条文说明：同步注浆液面高度宜与井内液位高度保持一致，但应采取措施，确保井内外浆液不连通。

8.5.5 装配式竖井井壁上的注浆孔应设置单向阀，注浆完毕后应进行封堵。

8.5.6 注浆泵的压力和流量应能综合掘进进尺、注浆管径、注浆断面埋深、地质条件、水文条件等因素综合确定。

8.5.7 同步注浆的浆液物理力学指标可参表 8.5.7。

表 8.5.7 同步注浆的浆液物理力学性能指标

指标	砂层	粉质黏土	黏土	测量方法
密度 (g/cm ³)	1.20~1.25	1.10~1.20	1.10~1.15	比重计
黏度 (s)	800~1000	600~800	500~600	马氏漏斗黏度计
pH 值	≥8	≥8	≥8	pH 试纸

注：马氏漏斗黏度计测量方法采用《石油天然气工业钻井液现场测试 第一部分：水基钻井液》GB/T 16783.1 中黏度的测定方法。

条文说明：同步注浆浆液针对不同的地层，注浆的材料和配比应有所区别，性能指标稍有差别。悬吊下放型装配式竖井采用的同步注浆浆液的黏度高于常规使用的泥浆黏度，常用的泥浆黏度计不能完成黏度的测量工作，故采用马氏漏斗黏度计测量。

8.5.8 同步注浆的注浆量充填系数应根据地层条件、施工状态和环境要求确定，充填系数应不小于 1.20。

条文说明：壁后注浆量主要取决于管片周围空隙的大小及周围土层的特性，由于同步注浆量的流失及地下水等的作用，实际用量可能达到理论用量的 2 倍。

8.5.9 浆液应充分搅拌水化，浆液搅拌完成宜放置 24 小时后再使用。

8.5.10 置换注浆应符合本规范 8.8 节的要求。

8.6 管片拼装

8.6.1 管片拼装顺序应根据设计要求的编号、位置及拼装方式确定，宜采用对称、间隔拼装成环。

8.6.2 管片拼装前，应完成下列工作：

- 1 应清理上一环管片端面，拼装时端面与地面距离宜为 0.8m~1.5m；
- 2 管片密封槽应清理干净，粘贴防水密封条，密封条应粘贴牢固、无起鼓、超长或缺口；
- 3 吊运和拼装过程中应采取保护措施，防止密封条的损坏。

条文说明：管片拼装前应采取下列措施

1 上一环管片端面容易积存泥水、杂物，影响管片拼装质量，易引起错台、拼缝不密实、管片姿态偏差、拼缝漏水等质量问题。

3 场内管片吊运拼装之前，应在地面对防水材料粘贴效果进行检查。

8.6.3 管片拼装完成后，纵向及环向螺栓应沿环向对称顺序紧固，紧固扭矩应符合设计要求。

8.6.4 螺栓孔橡胶密封圈应安装到位、定位准确、挤压紧密。

8.6.5 管片拼装成环后应检查其垂直度、水平度及平面位置，发现偏差应及时调整，衬砌环竖向中轴线应与设计轴线对齐。

8.6.6 管片拼装验收合格后应及时进行手孔封堵和嵌缝施工，嵌缝前应清理缝槽，嵌缝材料应填塞平整、密实。

条文说明：拼装式管片的螺栓孔预留在外侧，宜先进行手孔封堵和嵌缝施工，再进行下放；嵌缝宜在管片外侧实施，保证管片的防水效果。嵌缝材料应就位准确，与基层密贴，不应脱落，环形缝宜无搭接接头，环缝与纵缝、段与段之间结合应紧密。

8.6.7 装配式刃脚拼装宜符合下列规定：

- 1 刃脚分块应进行编号，使用前宜进行试拼装。
- 2 拼装应采取防倾倒措施；

3 拼装完成后应复核各分块的位置，确保刃脚的椭圆度及错台符合要求。

条文说明：刃脚试拼装主要作用是检查刃脚的尺寸符合设计要求及其上部管片拼装要求；拼装完成后需要复核各刃脚分块的螺栓孔或预埋件的位置。

8.7 竖井封底

8.7.1 掘进至设计标高后，应复核竖井结构顶部开挖面标高。

8.7.2 水下封底混凝土浇筑前，应符合下列规定：

1 浇筑封底混凝土前，宜至少进行两次清底：一次清底宜在掘进至设计标高后，二次清底宜在导管布设之前；

2 应清除封底混凝土与井壁结合部位的杂物和沉渣；

3 当基底为软土层时，应清除井底浮泥并修整基底；

4 浇筑封底混凝土前，井内泥水比重宜小于 1.10。

8.7.3 水下封底混凝土的性能指标应符合下列规定：

1 宜采用自密实混凝土；

2 骨料最大粒径不宜不大于导管内径的 1/6；

3 水胶比不宜大于 0.6；

4 坍落度宜为 180mm~220mm。

8.7.4 水下封底混凝土浇筑应符合下列要求：

1 采用导管法连续浇筑时，导管连接应密封可靠，浇筑前应进行气密性试验；

2 浇筑顺序应从中间向刃脚处对称进行；

3 采用多根导管浇筑时，各导管浇筑的间歇时间不宜超过 20 分钟；

4 浇筑过程中应采用多点测量方法监测混凝土面的高程。

8.7.5 采用导管法进行水下封底时，导管的平面布置应符合下列规定：

1 导管中混凝土的有效扩散半径不宜大于 3.5m，有效扩散半径应互相搭接并能覆盖井底全部范围；

2 导管的插入深度不应小于 1.0m；

4 导管浇筑时距离基底面高度宜为 300mm~400mm；

5 水下封底混凝土初灌量应符合现行国家标准《沉井与气压沉箱施工规范》

GB/T 51130 的规定。

条文说明：导管的布置应符合下列规定：

1 规定各导管的有效扩散半径相互搭接，是为了确保混凝土能够覆盖整个井底范围，避免出现浇筑盲区。

2 规定导管理入深度，是为了防止导管外水体混入混凝土，并保证混凝土表面平整。

初灌混凝土是水下混凝土施工的重要环节，强调初灌量的重要性，足够的初灌量能够有效排除导管内泥浆，确保混凝土浇筑质量。

8.7.6 宜在竖井顶部设置封底混凝土浇筑的作业平台。

8.8 施工辅助措施

8.8.1 置换注浆应根据工程地质、水文地质条件，通过试验确定注浆材料和配比，并满足连续作业的要求。

条文说明：置换注浆的目的是增强竖井结构与土体间的摩阻力，同时提高防水性能。常规情况下，单液浆宜采用水泥作为固结材料，双液浆宜采用水泥、水玻璃作为固结材料；采用双液浆置换时，配比应充分考虑浆液的初凝时间，避免堵管。水泥材料应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定，双液注浆应符合现行行业标准《建筑工程水泥-水玻璃双液注浆技术规程》JGJ/T 211 的规定。

8.8.2 置换注浆置换量宜根据地层条件、侧向超挖量、环境要求等综合确定，实际注浆量不宜小于理论注浆量的 1.3 倍。

条文说明：浆液置换量取决于管片周围间隙的大小及周围土层的特性，实际用量可能达到理论用量的 2 倍。

8.8.3 置换注浆前，应对注浆管路和设备进行检查。

条文说明：置换注浆前检查注浆主管及支管是否畅通、破损，管接头是否连接牢固，防止漏。

8.8.4 可根据地面冒浆颜色、冒浆比重及置换注浆量等因素综合判定置换注浆情况。

条文说明：地面冒浆指的是环梁与井壁之间冒出的浆液，前期为置换出的同步注浆浆液，后期为固化浆液；冒浆比重主要测后期冒出的固化浆液的比重。

8.8.5 置换注浆应根据竖井深度设置多个注浆断面分层进行，宜预留备用注浆管路。

条文说明：置换注浆是减小工后沉降对周边环境影响的最直接的措施，为防止置换注浆管路的堵塞，建议预留一定的数量的置换注浆管路。

8.8.6 悬吊下放型装配式竖井在置换注浆达到设计要求后，可解除悬吊竖井的吊索，移除悬吊设备。

条文说明：解除悬吊竖井的吊索前应先释放吊索的应力。

8.8.7 装配式竖井置换注浆及施工工况达到设计要求后，可进行井内抽水，井内正式抽水前宜进行试抽水，试抽水应观测 24 小时内井内、外水位的变化及周边环境变形情况。

条文说明：试抽水主要是检验井内、外水位的变化、管片渗漏等情况。建议首次试抽水降低井内水位 2m，也可根据实际情况现场调整。

8.8.8 正式抽水不宜急抽急排，每降深水位 10m 监测水位 24 小时；临近井内底面时，宜减小每次水位降深高度，并加强观测。

条文说明：抽排过程中应重点观察管片的渗漏情况、井内外水位的变化情况；抽排接近基底时应重点观测竖井上浮变形数据及底部渗漏情况。

8.8.9 装配式竖井抽水过程中如发现管片渗漏或井内水位异常上升，应立即停止抽水，必要时进行注水，并分析原因采取应对措施。

条文说明：水位异常上升表明井内外发生水力联系，形成贯通通道，分析原因找出渗漏通道，采取针对性的措施进行封堵；常规情况下，建议从管片渗漏、封底混凝土的质量、封底与管片接缝等方面分析原因。水位异常上升期间，还应重点关注监测变形数据的变化情况。

8.8.10 装配式竖井内抽水完毕后，施工底板前应及时清除底部淤泥和沉渣，凿除表层夹碴混凝土。

8.8.11 控制下沉型装配式竖井拆除素混凝土垫层时，应采用提升系统提升井壁，按次序对称、均衡、同步地凿除混凝土垫层。

9 质量控制与验收

9.1 一般规定

9.1.1 装配式竖井工程使用的钢筋、钢筋焊接接头、钢筋机械连接接头、混凝土等质量保证资料应齐全，并应符合现行国家有关标准的规定和设计要求。

条文说明:装配式竖井工程钢筋混凝土结构的质量验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定;钢筋混凝土管片的质量验收应符合现行上海市地方标准《地铁盾构法隧道施工技术标准》DG/TJ 08-2041 的规定。使用的钢筋、钢筋焊接接头、钢筋机械连接接头、混凝土等质量保证资料应齐全，并应符合现行国家有关标准的规定和设计要求。

钢刃脚和钢管片的质量控制与验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

9.1.2 装配式竖井主体结构应组织质量验收，其主控项目应包含以下内容：

- 1 管片及刃脚原材料的质量证明材料及出厂合格证明；
- 2 混凝土的强度、抗渗等检验报告；
- 3 竖井的垂直度及管片的外观质量；
- 4 竖井顶部中心位移、竖井顶部标高及封底混凝土顶面标高；
- 5 防水材料的质量证明材料及竖井的防水质量。

9.2 管片制作与拼装

9.2.1 钢筋混凝土管片质量检验项目应包括：混凝土强度、外观、尺寸、渗漏，抽样检验数量应符合表 9.2.1 规定。

表 9.2.1 混凝土管片质量验收检验数量

序号	检验项目	抽样检验数量
1	混凝土强度	采用回弹法,回弹法抽检数量不少于同一检验批管片总数的 5%
2	外观	全数
3	尺寸	每 10 环抽检 1 环,不足 10 环时按 10 环计
4	钢筋骨架保护层厚度	
5	水平拼装	每 50 环抽检 1 次,不足 50 环时按 50 环计

6	渗漏	每 50 环抽检 1 次，不足 50 环时按 50 环计
7	抗弯性能	每 50 环抽检 1 次，不足 50 环时按 50 环计
8	抗拔性能	符合设计要求
9	预埋件	全数

9.2.2 钢筋混凝土管片现场验收应对管片外观进行检查，并符合下列规定：

1 不应有贯穿性裂纹、内表面非贯穿性裂纹、内外表面露筋、孔洞、疏松、夹渣等严重缺陷；

2 不应有拼接面方向长度超过密封槽，或宽度大于 0.2m 的拼接面裂纹；

3 外表面不应有裂纹宽度大于 0.2mm 的非贯穿性裂纹；

4 不应有总面积大于表面积的 5% 的粘皮、麻面、蜂窝；

5 不应有缺棱掉角，混凝土剥落；

6 环、纵向螺栓孔畅通，内圆面畅通，不得有塌孔；

7 管片密封槽应坚实平整无缺损；

8 管片注浆孔应畅通。

9.2.3 钢筋混凝土管片外观质量不应有严重缺陷，管片外观质量缺陷等级划分应符合《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446 的规定；当出现一般缺陷时，应采取技术措施进行处理，修补要求应符合上海市《地铁盾构法隧道施工技术标准》DG/TJ 08-2041 的规定。

9.2.4 钢筋混凝土管片的外观尺寸允许偏差和检验方法应符合表 9.2.4 规定。

表 9.2.4 单块钢筋混凝土管片的外观尺寸允许偏差和检验方法

序号	检查项目		允许偏差或允许值	检验数量		检验方法
				范围	点数	
1	外形尺寸 (mm)	宽度	±1	每块	内外侧各 3	丈量
		弧弦长	±1		两端面各 1	
		厚度	+3、-1		3	
2	螺孔直径及位置 (mm)		±1		3	

9.2.5 钢管片成品检验应符合下列规定：

- 1 宜逐片检查外观质量；
- 2 钢管片宜全数进行几何尺寸检验；
- 3 钢管片宜全数进行拼装检验。

条文说明：考虑竖井钢管片用量较少宜进行全数检查验收。

9.2.6 钢管片进场应进行验收，检验项目和质量要求应符合表 9.2.6 的规定。

表 9.2.6 单块钢管片的允许偏差和检验方法

序号	检查项目	允许偏差或允许值	检验数量		检验方法
			范围	点数	
1	宽度 (mm)	±1	每块	内外侧各 3	尺量
2	弧弦长 (mm)	±1	每块	内外侧各 1	尺量
3	厚度 (mm)	+3, -1	每块	3	尺量
4	螺孔直径及孔位 (mm)	±1	每块	3	尺量
5	环面与端面平整度 (mm)	0.2	每块	2	尺量
6	环面与端面垂直度 (mm)	1	每块	4	尺量

9.2.7 管片现场验收外观尺寸允许偏差应符合本规程表 9.2.4 和表 9.2.6 的规定，现场验收记录可采用本规程附录 B。

9.2.8 管片防水材料应符合现行国家有关标准的规定和设计要求，质量保证资料应齐全。

9.2.9 管片螺栓的质量应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 的要求。

9.2.10 管片拼装的允许偏差和检验方法应符合本规程表 9.2.10 的规定，管片拼装检验批质量验收记录可采用本规程附录 C。

表 9.2.10 管片拼装的允许偏差和检验方法

序号	检验项目	允许偏差或允许值	检验数量		检验方法
			范围	点数	
1	环内错台(mm)	≤8	每环	4 点	尺量
2	环间错台(mm)	≤9	每环	4 点	尺量

注：D 为设计圆形竖井外径（mm），L 为异型长边净空距离（mm）。

9.2.11 管片嵌缝防水应符合设计要求。当无设计要求时，应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的规定。

9.3 刃脚制作与拼装

9.3.1 装配式刃脚现场验收应具有相关的质量证明材料和出厂合格证明。

条文说明：装配式刃脚包括装配式混凝土刃脚、钢刃脚和钢壳混凝土刃脚，相关的质量证明材料包含但不限于原材的检测报告、型式检验报告、合格证明等。

9.3.2 钢刃脚和钢混组合刃脚的焊缝应满足设计要求，设计未明确时应不低于二级焊缝的要求，并满足《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

9.3.3 刃脚施工完成后，允许偏差和检验方法应符合表 9.3.3 的规定，刃脚拼装检验批质量验收记录可采用本规程附录 D。

表 9.3.3 刃脚成型后允许偏差和检验方法

序号	检查项目		规定值及允许偏差	检验数量		检验方法
				范围	点数	
1	成型后	椭圆度	$\leq 0.2\%D$	每环	—	尺量、光学测量仪
2	中心点（mm）		≤ 20	每环	—	全站仪或经纬仪
3	端面高差（mm）		≤ 20	每环	≥ 8 点	水准仪
4	垂直度		$\leq 0.2\%$	每环	≥ 4 点	垂直度检测尺

注：D 为设计圆形竖井外径（mm）。

9.4 环梁

9.4.1 钢筋混凝土环梁结构的模板、钢筋、混凝土施工质量验收应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的有关规定。

9.4.2 环梁的质量验收要求应符合表 9.4.2 的规定，环梁结构检验批质量验收记录可采用本规程附录 E。

表 9.4.2 环梁制作的允许偏差和检验方法

序号	检查项目	允许偏差或允许值	检查方法
1	标高（mm）	± 20	水准仪

2	平面外形尺寸(mm)	±20	丈量
3	预埋件中心位置 (mm)	±10	全站仪

9.5 竖井封底

9.5.1 封底混凝土浇筑前，井内泥水比重应符合本规范 8.7.2 条的规定；封底前应对混凝土的工作性能进行检验，符合要求后方可进行封底。

9.5.2 装配式竖井封底前应检查锅底标高，标高应符合设计要求。

9.5.3 封底混凝土强度和厚度应满足设计要求，其施工质量检验应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

条文说明：混凝土强度的检验方法：通过检查施工记录和试件强度报告，检查封底混凝土强度。混凝土厚度的检验方法：水下封底时用测绳测量锅底标高及混凝土顶面标高之差；干封底时用水准仪测量锅底标高和混凝土顶面标高之差。

9.6 竖井成型验收

9.6.1 装配式竖井防水工程施工质量应符合国家现行标准《地下防水工程质量验收规范》GB50208 的规定，缺陷修补、施工质量应符合现行上海市地方标准《地铁盾构法隧道施工技术标准》DG/TJ 08-2041 的规定。

9.6.2 装配式竖井成型后质量验收标准应符合表 9.6.2 的规定，竖井成型检验批质量验收记录可采用本规程附录 F。

表 9.6.2 竖井成型的允许偏差和检验方法

序号	检验项目	允许偏差或允许值	检验数量		检验方法
			范围	点数	
1	垂直度	≤0.2%	—	—	测斜仪、垂线法
2	顶部中心位移(mm)	≤50	—	—	全站仪
3	顶部标高(mm)	±20	每座	≥8 点	水准仪
4	底板顶标高(mm)	±10	—	—	水准仪

9.6.3 装配式竖井成型后预埋件的位置和数量应符合设计要求。

10 环境保护与风险控制

10.1 一般规定

10.1.1 施工过程中的安全和环境保护应符合现行国家标准《建筑与市政施工现场安全卫生与职业健康通用规范》GB 55034、现行行业标准《建筑施工安全检查标准》JGJ 59、《建筑工程施工现场环境与卫生标准》JGJ 146、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 及现行上海市地方标准《文明施工规范》DGJ 08-2102 的有关规定。

10.1.2 装配式竖井内应配备有害气体测试仪、通风设备，施工作业环境气体应符合现行上海市地方标准《地铁盾构法隧道技术标准》DGTJ 08-2041 的相关规定。

10.1.3 施工单位应在施工组织设计中编制应急预案，对可能出现的险情拟定对策和预案，并在现场备好应急抢险材料。

条文说明：施工单位和项目部应建立完善的应急组织机构，并应针对工程特点制定应急预案。施工现场应成立现场应急小组，定期组织应急救援演练，并按专项应急救援预案要求配备应急救援器材和物资。

10.1.4 施工单位应在施工组织设计中编制关于控制噪声、扬尘、强眩光、污水、泥浆及其他污染物排放的专项措施，将对周边居民和环境的影响降到最低限度。

10.2 环境保护

10.2.1 管片生产应制定环境保护和绿色生产制度，并制定废水、固体废弃物等回收和再利用的措施，并符合现行行业标准《建筑施工现场环境与卫生标准》JGJ 146 的相关规定。

10.2.2 施工过程中产生的固体废弃渣土、废弃浆液等废弃物，施工前应编制相应的处置方案，配置相应的处理设备和设施，进行分类处理后回收或外运。

10.2.3 施工现场应设置排水系统，排水系统严禁与泥浆系统串联，严禁向排水系统排放泥浆；产生的施工废水应经沉淀过滤达到标准后排入市政排水管网。

10.2.4 施工中应实施过程监控，宜使用低噪音、低振动的机械设备，加强机械设备保养，降低尾气排放；施工期间噪声应符合现行国家标准《建筑施工场所噪声限值》GB 12523 和《城市区域环境振动标准》GB 10070 的规定。

10.2.5 施工现场强光照明灯应配有防眩光罩，照明光束应俯射施工作业面；进行电

焊作业时，应采取有效的弧光遮蔽措施。

10.2.6 夜间施工应办理夜间施工作业许可，并采取措施降低对周边居民的影响。

10.2.7 绿色施工应遵守现行国家标准《建筑与市政工程绿色施工评价标准》GB/T50640 的规定。

10.3 风险控制

10.3.1 施工前应识别可能的风险因素，对工程中重大风险源进行详细排查，编制项目应急预案，应根据应急预案进行综合演练和专项演练。

10.3.2 发生事故时，应立即启动应急预案，实施应急响应，组织应急救援，并按照规定程序、时间上报。

11 工程监测

11.1 一般规定

11.1.1 工程监测对象应包括装配式竖井工程本体、周边环境。

条文说明：为确保装配式竖井工程本体及周边环境安全，必须进行施工监测。监测的主要对象是工程本体及周边受工程施工影响范围内的建（构）筑物、地下管线、隧道、箱涵等。

11.1.2 工程监测方案应根据设计和规范要求，并结合地基处理方式、环梁形式、竖井结构形式、周边环境、工程地质和水文地质条件等因素制定。

条文说明：施工监测可参照现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8、现行上海市地方标准《基坑工程施工监测规程》DG/TJ 08-2001 的规定。当装配式竖井邻近重要建（构）筑物、管线时，应按相关管理部门的要求对其进行监测。

11.1.3 工程监测宜根据现场情况采用数字化监测。

11.1.4 装配式竖井工程周边环境监测范围不宜小于 $1H$ ， H 为竖井刃脚端部深度，且不应小于 $1.5D$ ， D 为竖井外径，必要时可以扩大监测范围。

条文说明：根据 4.3.1 条条文说明：

对于装配式竖井周围的地表沉降与竖井开挖深度的关系，根据统计分析结果， $0\sim 0.4H$ 范围内地表沉降较大，作为主要影响区， $0.4H\sim 1.2H$ 范围地表沉降较小且趋于稳定，作为次要影响区。

对于装配式竖井周围的地标沉降与竖井外径的关系，根据统计分析结果， $0\sim 1D$ 范围内地表沉降较大，作为主要影响区， $1D\sim 2.5D$ 范围地表沉降较小且趋于稳定，作为次要影响区。

检测范围需涵盖主要影响区，因此制订本条。

11.1.5 工程测量前，应对施工现场进行踏勘，收集相关测量资料，办理测量资料交接手续，并应对既有测量控制点进行复测和保护。

条文说明：工程测量可参照现行上海市地方标准《城市工程测量标准》DG/TJ 08-2312 相关规定执行。

11.2 监测与报警

11.2.1 装配式竖井工程本体的监测项目根据表 11.2.1 选择。

表 11.2.1 工程本体监测项目

监测项目	项目选择	监测项目	项目选择
环梁水平位移	宜测	环梁差异沉降	应测
环梁竖向位移	应测	井内液位	应测
装配式竖井测斜	应测	装配式竖井端面高差	应测

条文说明：环梁作为施工设备的主要承重基础，它的差异沉降除会影响设备的安全外，对竖井的姿态影响也很大，故差异沉降的监测作为应测项目。

11.2.2 环梁顶部水平位移和竖向位移监测点布置应符合下列要求：

- 1 环梁顶部水平位移监测点和竖向位移监测点宜为共用点；
- 2 环梁为圆形时，监测点不宜少于 4 个点；环梁为异形时，宜根据设计要求布设；
- 3 宜在悬吊设备安装前取得初始值。

条文说明：本条是对环梁顶部水平位移和竖向位移监测点布置的规定：

2 环梁为异形时，一般基坑每边的中部、阳角处变形较大，所以中部、阳角处应布设测点，此外需要掌握邻近建（构）筑物及地下管线等重要环境部位、地质条件复杂部位对应的结构变化情况，也应布置测点。

3 环梁浇筑或安装完毕后，自身也有一定的沉降，但是环梁在施工期间的变形及差异沉降不仅影响工程的本体和设备的安全、竖井姿态，还会对周边环境的产生较大影响，故环梁的变形监测的初始值在设备安装前取值较为理想。

11.2.3 环境监测项目应根据工程特点、工程地质和水文地质、环境保护要求等确定，根据表 11.2.3 选择。

表 11.2.3 周边环境监测项目

监测项目		项目选择	监测项目		项目选择
地下水		应测	周边建筑裂缝、地表裂缝		应测
土体深层水平位移		宜测	周边管线	竖向位移	应测
周边地表竖向位移		应测		水平位移	宜测
周边建筑	竖向位移	应测	周边道路竖向位移		应测

	倾斜	应测	土体分层	宜测
	水平位移	宜测	孔隙水压力	宜测

11.2.4 地下水位监测点的布置应符合下列规定：

- 1 地下水位监测点数量不宜少于 4 个点；
- 2 当竖井有地基处理时，宜布置在地基处理区外侧约 2m 处；
- 3 水位观测管的管底埋置深度应在最低潜水水位之下 3m~5m。

条文说明：本条规定地下水的监测点主要是针对潜水水位监测，井外潜水水位监测是为了协调井内液面高度，平衡井内外压力，减小周边影响。

1 监测点宜布置成正交轴线，能有效覆盖竖井周边地下水变化范围；也可根据需要，调整水位监测点的数量和位置。

11.2.5 水位观测管宜在环梁基坑开挖前至少 1 周埋设，并逐日连续观测水位取得稳定初始值。

11.2.6 工程本体的预警值及监测频率，可按表 11.2.6 确定。

表 11.2.6 工程本体监测预警值

监测项目		变化速率	累计值	监测频率
环梁	水平位移	2~3mm/d	5~10mm	1 次/d
	竖向位移	2~3mm/d	20~30mm	1 次/d
	差异沉降	2mm/d	10mm	1 次/d
井内液位		不低于设计要求		—

条文说明：测斜是掌握竖井姿态最直接的方法，一般每环最少测量 1 次，竖井掘进的进尺较大时，应增加测量次数，确保施工人员能及时掌握竖井姿态，做好后续的纠偏工作。竖井下放前后测量管片端面的高差，可以简易且直观的反应竖井纠偏的状态，因此端面高差的测量点数量不宜少于 6 点，点位应均匀布置，纠偏时应加密测量。

11.2.7 周边环境监测频率应符合表 11.2.7 的规定。

表 11.2.7 周边环境监测频率

施工工况	监测频率
------	------

掘进前	至少测 3 次初值
掘进过程	1~2 次/d, 监测数据超过报警值时应根据现场情况加大监测频率
井内水位低于地下水位 (检修或其他非常规情况)	2 次/d, 监测数据超过报警值时应根据现场情况加大监测频率
封底至抽水完成后 1d~6d	1 次/d, 监测数据超过报警值时应根据现场情况加大监测频率
封底结束后 7d~30d	1 次/3d
后期 30d~60d	1 次/15d

11.2.8 竖井周边环境监测预警值应根据设计安全等级、水文地质条件、监测对象主管部门的要求或建筑检测报告的结论等因素确定, 当无具体控制值时, 可按表 11.2.8 确定。

表 11.2.8 周边环境监测报警值

监测项目		变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)
地下水水位变化		500	1000
井内水位与地下水位差值		250	≥500
土体深层水平位移		2~3	10~20
周边地表竖向位移		2~3	15~25
地下管线位移	刚性管线	压力	1~3
		非压力	3~5
	柔性管线		3~5
邻近建(构)筑物沉降		1~3	10~40
裂缝宽度	建(构)筑物	持续发展	1.5~3.0
	地表	持续发展	10~15

注: 建筑整体倾斜度累计值达到 2 / 1000 或倾斜速度连续 3d 大于 0.0001H / d (H 为建筑承重结构高度) 时应报警。

条文说明: 监测预警值参考上海市《基坑工程施工监测规程》DG/TJ 08-2001 的相关规定, 并根据在南京、上海已实施完毕的竖井工程的监测数据统计所得。

11.2.9 当出现下列情况之一时, 必须立即进行危险报警, 并应通知有关各方对竖井结构和周边环境保护对象采取应急措施。

- 1 地下水位突然明显增大或井内水位突然明显降低;

- 2 环梁的位移值突然明显增大；
- 3 建（构）筑物等周边环境出现危害正常使用功能或结构出现过大变形、沉降、倾斜或裂缝等；
- 4 周边地表出现突然明显沉降或较严重的突发裂缝、坍塌；
- 5 周边管线变形突然明显增长或出现裂缝、泄漏等；
- 6 抽水时，管片结构出现明显变形、较大裂缝、较严重漏水，或封底混凝土出现较严重的渗漏水；
- 7 根据工程经验判断可能出现的其他警情。

条文说明：本条是对竖井结构和周边环境保护对象采取应急措施时所给出的建议：

1 采用不排水法施工，井内、外水位的变化对周边环境影响较大，如现场井内、外水位出现本条描述的情况，应重点关注，查明原因后采取针对性的措施处置后，再组织实施下一步的工序。

2 环梁作为整个悬吊拼装式竖井的承重结构，也作为悬吊设备的基础，工程中它的作用比较重要；环梁的变形不仅仅会影响设备的安全，同时也会影响竖井的倾斜度和姿态控制，故突然明显增大应马上采取措施进行处理。

11.2.10 当监测数值报警时，宜采取下列处理措施：

- 1 分析监测数据的异常情况，提高监测频率；
- 2 加强现场巡检；
- 3 根据原因分析结果采取调整井内水位、控制掘进进尺、调整设备参数等措施，必要时暂停施工。

11.2.11 监测技术成果应包括当日报表、阶段性分析报告和总结报告。

11.3 数字化施工

11.3.1 施工设备宜具备数据采集和提供实时工况参数的信息化设备。

11.3.2 主要设备的控制系统宜具备数据存储及异常报警功能，并满足信息化施工数据查询的要求。

11.3.3 当符合下列要求时，宜实施自动化监测：

- 1 需要进行高频次监测且人工观测难以胜任的监测项目；
- 2 监测点所在部位的环境条件不允许或不可能用人工方式进行观测的监测项目；
- 3 当周边环境风险等级和工程安全等级均为一级时，在施工关键工序作业期间，重要保护性的环境设施。

11.3.4 实施自动化监测的工程，应符合下列规定：

- 1 自动化监测系统应包括监测仪器设备、数据自动采集系统、数据传输系统、数据存储管理系统及实时发布系统等；
- 2 自动监测仪器设备精度和量程应满足工程要求；
- 3 自动化监测系统应能进行数据异常情况下的自动预警或故障显示。

附录 A 竖井掘进施工记录表

工程名称							施工单位				
竖井尺寸							设计刃脚 标高				
地下潜水 最低水位							管片环数				
日期	班次	端面 标高 m	下放 值 mm	推算 刃脚 标高 m	垂直度		中心位移		地质 情况	水位 标高 m	停歇 (原因时间)
					横向 %	纵向 %	横向 mm	纵向 mm			
记录人：						质量员：					
技术负责人：						监理：					

B.0.2 钢管片现场验收检验批质量验收记录表

工程名称		分项工程名称		验收部位																
施工单位		项目经理		专业工长																
施工执行标准名称及编号																				
分包单位		分包项目经理		施工班组长																
质量验收规范的规定				施工单位检查评定记录																
主控项目	1	制作钢管片的钢材, 焊接材料的型号、规格及性能必须满足设计要求。																		
	2	焊缝高度、焊接形式须满足设计要求, 与外表面有关的焊缝均须紧密, 且外表应平滑。																		
一般项目	1	单块管片尺寸应符合设计要求, 其允许偏差 (mm)	宽度	±0.5																
			弧弦长	±1.0																
			厚度	+3, -1																
			环面与端面垂直度	1																
			环面与端面平整度	0.2																
			螺栓孔直径	±1																
			螺栓孔孔位	±1																
施工单位检查评定结果			项目专业质量检查员: _____ 年 月 日																	
监理(建设)单位验收结论			专业监理工程师: (建设单位项目专业技术负责人): _____ 年 月 日																	

附录 C 管片拼装检验批质量验收记录表

工程名称		分项工程名称		验收部位											
施工单位		项目经理		专业工长											
施工执行标准名称及编号															
分包单位		分包项目经理		施工班组长											
质量验收规范的规定			施工单位检查评定记录		监理(建设)单位验收记录										
主控项目	1	管片拼装应严格按照设计要求进行, 管片无内外贯穿裂缝, 无大于 0.2mm 的推顶裂缝及混凝土剥落现象													
	2	垂直度	0.3%												
	3	螺栓质量及拧紧方案、拧紧度必须符合设计和规范的要求													
	4	管片密封防水和嵌缝防水应符合设计要求													
一般项目	1	竖井允许偏差值(mm)	椭圆度(圆形)	0.5%D											
			净空尺寸(异型)	0.5%L											
			环缝张开	2											
			纵缝张开	2											
			环内错台	8											
	环间错台	9													
	2	环向及纵向螺栓应全部安装, 螺栓应拧紧													
施工单位检查评定结果		项目专业质量检查员: _____ 年 月 日													
监理(建设)单位验收结论		专业监理工程师: (建设单位项目专业技术负责人): _____ 年 月 日													

附录 D 刃脚拼装检验批质量验收记录表

工程名称		分项工程名称		验收部位														
施工单位		项目经理		专业工长														
施工执行标准名称及编号																		
分包单位		分包项目经理		施工班组长														
质量验收规范的规定		施工单位检查评定记录			监理(建设)单位验收记录													
主控项目	1	椭圆度(圆形)	0.3%D															
	2	净空尺寸(异型)	0.3%L															
一般项目	1	中心点(mm)	20															
	2	端面高差(mm)	20															
	3	垂直度	0.2%															
施工单位检查评定结果			项目专业质量检查员：_____年 月 日															
监理(建设)单位验收结论			专业监理工程师：_____年 月 日															

本标准用词说明

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,在正常情况下均应该这样做的用词:

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,在条件允许时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

(4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

(5) 标准中指定应按其他有关标准执行时,写法为“应符合……的规定(要求)”
或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》 GB/T 3098.1
- 2 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》 GB/T 14370
- 3 《石油天然气工业钻井液现场测试 第一部分：水基钻井液》 GB/T 16783.1
- 4 《建筑结构荷载规范》 GB50009
- 5 《混凝土结构设计标准》 GB/T50010
- 6 《钢结构设计标准》 GB50017
- 7 《地下工程防水技术规范》 GB 50108
- 8 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 9 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 10 《地下防水工程质量验收规范》 GB 50208
- 11 《盾构法隧道施工及验收规范》 GB 50446
- 12 《混凝土结构耐久性设计标准》 GB/T 50476
- 13 《沉井与气压沉箱施工规范》 GB/T 51130
- 14 《建筑与市政工程防水通用规范》 GB55030
- 15 《建筑与市政施工现场安全卫生与职业健康通用规范》 GB 55034
- 16 《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ 33
- 17 《建筑施工安全检查标准》 JGJ 59
- 18 《建设工程施工现场环境与卫生标准》 JGJ 146
- 19 《二氧化碳气体保护焊工艺规程》 JB/T 9186
- 20 《建筑抗震设计标准》 DG/TJ08-9
- 21 《地基基础设计标准》 DGJ 08-11
- 22 《地铁盾构法隧道施工技术标准》 DG/TJ08-2041
- 23 《文明施工规范》 DGJ 08-2102

上海市工程建设规范

装配式竖井工程技术标准

条文说明

2026 上海