

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ/T 370-2015
备案号 J 2089-2015

悬挂式竖井施工规程

Specification for construction of suspended shaft

2015-09-22 发布

2016-05-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

悬挂式竖井施工规程

Specification for construction of suspended shaft

JGJ/T 370 - 2015

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 6 年 5 月 1 日

中国建筑工业出版社

2015 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 916 号

住房城乡建设部关于发布行业标准 《悬挂式竖井施工规程》的公告

现批准《悬挂式竖井施工规程》为行业标准，编号为 JGJ/T 370-2015，自 2016 年 5 月 1 日起实施。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
2015 年 9 月 22 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2013 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2013〕6 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 材料；4 施工设计；5 施工；6 验收；7 安全生产与环境保护。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由郑州市市政工程总公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送郑州市市政工程总公司（地址：河南省郑州市中原区友爱路 1 号，邮政编码：450007）。

本 规 程 主 编 单 位：郑州市市政工程总公司

合肥建工集团有限公司

本 规 程 参 编 单 位：郑州大学

郑州市市政工程勘测设计研究院

河南恒兴工程建设有限公司

河南中豫路桥工程有限公司

河南康晖水泥制品有限公司

中国水电建设集团路桥工程有限公司

中铁一局集团有限公司

中国建筑技术集团有限公司

中建商品混凝土天津有限公司

浙江省二建建设集团有限公司

北京燕京工程管理有限公司

北京建筑机械化研究院

廊坊凯博建设机械科技有限公司

河南丹枫科技有限公司

本规程主要起草人员：多化勇 王明远 孙永刚 吴纪东
朱 军 郭 伟 杨永腾 宋建学
陈 波 张双梅 光军伟 蔡卫东
常登荣 丛福祥 涂刚要 陈 淮
申国朝 栾 宁 秦言亮 杨成海
贺 楠 刘长玲 申金生 吕贵宾
孔凡强 李海生 罗作球 李明明
马奉公 王春琢 孟晓东 马正祥

本规程主要审查人员：焦安亮 陈 红 孙宗辅 王 峰
周质炎 徐 波 苏义坤 胡伦坚
于洪友 罗付军 解 伟 巴松涛

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	材料	4
3.1	一般规定	4
3.2	原材料	4
3.3	配合比设计	5
4	施工设计	6
4.1	一般规定	6
4.2	竖向支承结构	6
4.3	水平支承结构	11
4.4	构造要求	11
5	施工	13
5.1	一般规定	13
5.2	挂壁桩施工	13
5.3	土方开挖	15
5.4	钢筋加工及安装	16
5.5	挂壁桩与井壁的连接	17
5.6	混凝土施工	18
5.7	监测	19
6	验收	22
6.1	一般规定	22
6.2	主控项目	22
6.3	一般项目	23

7 安全生产与环境保护.....	25
7.1 一般规定	25
7.2 安全生产	25
7.3 环境保护	26
附录 A 井壁摩阻力计算	27
附录 B 挂壁筋计算	29
本规程用词说明	30
引用标准名录	31
附：条文说明	33

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Material	4
3.1	General Requirements	4
3.2	Raw Material	4
3.3	Design of Mix Proportion	5
4	Construction Design	6
4.1	General Requirements	6
4.2	Vertical Load Bearing Structure	6
4.3	Horizontal Load Bearing Structure	11
4.4	Formation Requirements	11
5	Construction	13
5.1	General Requirements	13
5.2	Construction of Load Bearing Pile	13
5.3	Excavation	15
5.4	Reinforcement Processing and Fixing	16
5.5	Connection between Pile and Shaft Wall	17
5.6	Concrete Casting and Curing	18
5.7	Monitoring	19
6	Acceptance	22
6.1	General Requirements	22
6.2	Key Control Objects	22
6.3	Common Control Objects	23

7	Construction Safety and Environment Protection	25
7.1	General Requirements	25
7.2	Construction Safety	25
7.3	Environment Protection	26
Appendix A	Calculation of Lateral Friction on Shaft Wall	27
Appendix B	Calculation of Suspending Reinforcement	29
	Explanation of Wording in This Specification	30
	List of Quoted Standards	31
	Addition: Explanation of Provision	33

1 总 则

1.0.1 为使悬挂式竖井在设计、施工及验收中，做到技术先进、安全适用、经济合理、确保工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于房屋建筑及市政工程的悬挂式竖井施工阶段的设计、施工及验收。

1.0.3 悬挂式竖井应根据工程水文地质条件、各种作用、邻近建（构）筑物、环境条件、施工条件和工期等因素进行合理设计，因地制宜，精心施工。

1.0.4 悬挂式竖井施工阶段的设计、施工及验收，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 竖井 shaft

地面以下建造的垂直状钢筋混凝土构筑物，在平面轮廓上呈矩形、圆形或异形。

2.1.2 挂壁桩 load bearing pile

在竖井井壁内预先施工完成的同井壁节段逐次形成整体，并以悬挂方式承受井壁节段荷载的基桩。

2.1.3 节段 segment

悬挂式竖井施工时，每步完成一定高度的井壁结构。

2.1.4 悬挂式竖井 suspended shaft

利用挂壁桩由上而下分节段施工井壁，最后封底而完成的竖井。

2.1.5 节段接缝 joint between segments

悬挂式竖井施工时，节段之间设置的连接接头。

2.1.6 浇筑槽 casting slot

悬挂式竖井施工时，为方便浇筑下一节段井壁混凝土而预留的开口。

2.1.7 挂壁筋 suspending reinforcement

加强挂壁桩与竖井整体性的连接钢筋。

2.2 符 号

A_{sb} ——竖井节段内挂壁筋截面面积；

c ——开挖土体的黏聚力；

D ——挂壁桩直径；

F_i ——第 i 节段井壁外侧与土体的摩擦力；

f ——土与井壁单位面积的摩阻力；
 f_t ——混凝土的抗拉强度设计标准值；
 f_y ——钢筋的抗拉强度设计值；
 H ——竖井总高度；
 H_i ——竖井节段高度；
 h_0 ——竖井与土接触深度；
 K ——安全系数；
 K_a ——主动土压力系数；
 L_1 ——桩孔底至导管底端距离；
 L_2 ——导管初次埋置深度；
 n ——挂壁桩数量；
 S ——挂壁桩所承受的最大悬挂力；
 S_i ——施工到第 i 节段时挂壁桩须承受的悬挂力；
 T_f ——总摩阻力；
 U ——井外壁周长；
 V ——灌注首批混凝土所需数量；
 W_i ——第 i 节段井壁的重量；
 α ——挂壁筋与挂壁桩纵轴线的夹角；
 γ ——开挖土体的重度；
 ϕ ——开挖土体的内摩擦角。

3 材 料

3.1 一 般 规 定

3.1.1 挂壁桩和悬挂式竖井混凝土强度等级不宜低于 C25；竖井混凝土应采用抗渗混凝土，混凝土抗渗等级不宜低于 P6。

3.1.2 对接触侵蚀性介质的悬挂式竖井，应按国家现行有关规范或专门试验确定防腐措施。

3.1.3 井体采用的混凝土，其碱含量最大限值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

3.1.4 当混凝土配制中采用外加剂时，应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定，并应根据试验确定外加剂适用性及相应的掺量。

3.1.5 冬期施工时，严禁采用氯盐作为防冻剂。

3.2 原 材 料

3.2.1 水泥宜采用强度等级 42.5 级以上的普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥，其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定，并应经见证取样复试合格。严禁使用含氯化物的水泥。

3.2.2 钢筋宜采用高强钢筋，其质量应符合国家现行标准的有关规定，应具备出厂合格证等相关证明材料，并应经见证取样复试合格。

3.2.3 混凝土所用的骨料应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定。采用的碎石料应质地坚硬、耐久、洁净；中粗砂含泥量不应超过 2%，不得含有草根等杂物。

3.2.4 拌制混凝土用水的水质应符合现行行业标准《混凝土用

水标准》JGJ 63 的有关规定。

3.3 配合比设计

3.3.1 混凝土配合比设计应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定，并应根据混凝土强度等级、耐久性和抗渗性能等要求进行设计。对有特殊要求的混凝土，其配合比设计应符合国家现行标准要求。

3.3.2 首次使用的混凝土配合比应进行开盘鉴定，其工作性应满足设计配合比的要求。每节段应至少留置一组标准养护试件，宜根据实际需要确定留置同条件养护试件的组数。

3.3.3 混凝土拌制前，应测定砂、石含水率，并应根据测试结果调整材料用量，提出施工配合比。

4 施 工 设 计

4.1 一 般 规 定

4.1.1 竖井结构和形式应根据功能及场地条件要求由设计确定，并应满足悬挂式竖井施工的要求。

4.1.2 悬挂式竖井设计应根据地质条件确定竖井节段高度，并应根据节段高度及竖井结构形式确定挂壁桩的数量、位置及尺寸。

4.1.3 悬挂式竖井上的作用荷载应分为下列三类：

1 永久荷载：结构自重、土压力等。

2 可变荷载：竖井周边放置的材料及设备荷载、施工荷载等。

3 偶然作用：根据工程实际情况计入的偶然发生的作用。

4.1.4 荷载效应的标准组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。

4.1.5 结构构件的截面承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.1.6 竖井的平面转角及与顶板、底板的交接处，宜设置腋角。

4.2 竖向支承结构

4.2.1 悬挂式竖井节段施工时应由挂壁桩作为竖向支承结构（图 4.2.1）。

4.2.2 竖井节段高度应根据层位岩性参数、场地荷载等经计算和试验确定，且不宜大于 1.5m，并应符合下列规定：

1 黏性土宜按下列公式计算：

$$H_i = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}} \quad (4.2.2-1)$$

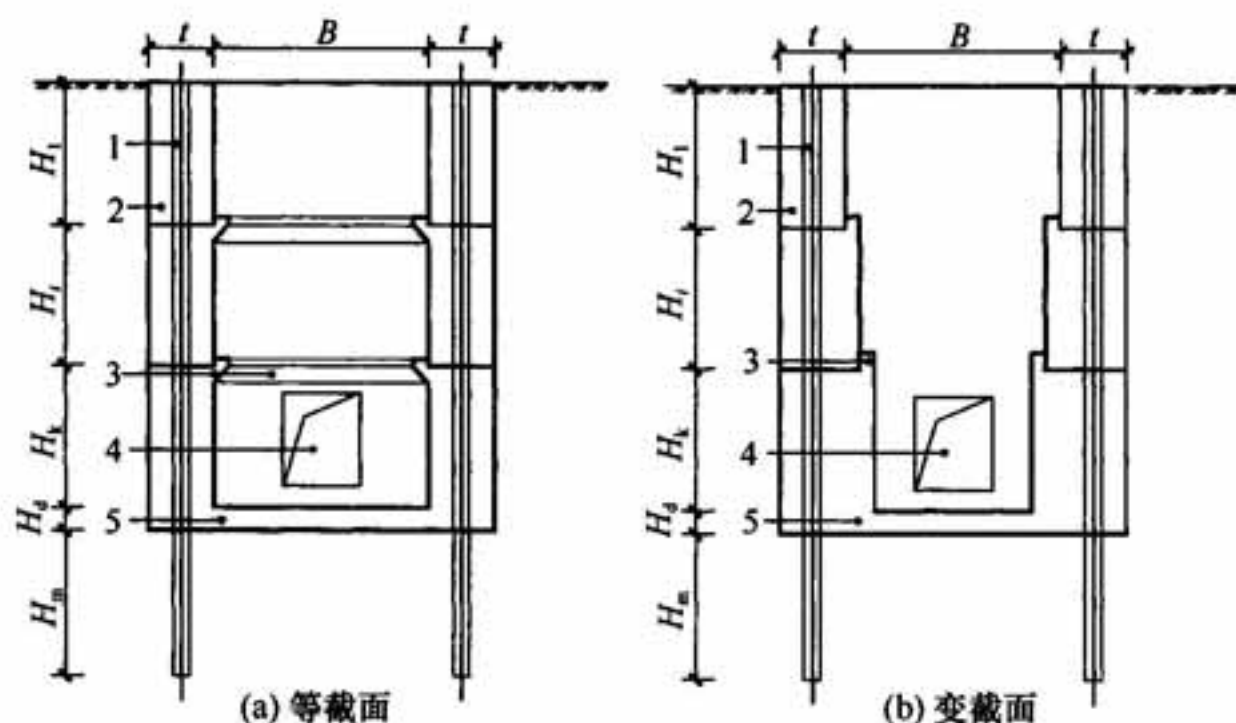


图 4.2.1 悬挂式竖井剖面

1—挂壁桩；2—井壁；3—浇筑槽；4—预留洞口；5—底板

H_1 —竖井首节段井壁高度； H_i —竖井第 i 节段井壁高度； H_k —竖井末节段井壁高度； H_d —竖井底板厚度； H_m —挂壁桩剩余埋设深度； t —竖井井壁厚度； B —竖井井室宽度（内径）

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2) \quad (4.2.2-2)$$

式中： H_i ——节段高度（m）；

c ——开挖土体的黏聚力（kPa）；

γ ——开挖土体的重度（kN/m³）；

K_a ——主动土压力系数；

ϕ ——开挖土体的内摩擦角（°）。

2 砂土、淤泥质土等不良土质应进行改良达到黏性土指标后，再计算竖井节段高度；亦可对土体进行支护后确定节段高度。

4.2.3 挂壁桩应均匀设置在竖井井壁内（图 4.2.3），其数量应由节段悬挂荷载确定，在周边转角处或应力集中部位可增设挂壁桩。

4.2.4 挂壁桩宜采用钢筋混凝土灌注桩，刚度和强度应满足施工过程中的承载力的要求。

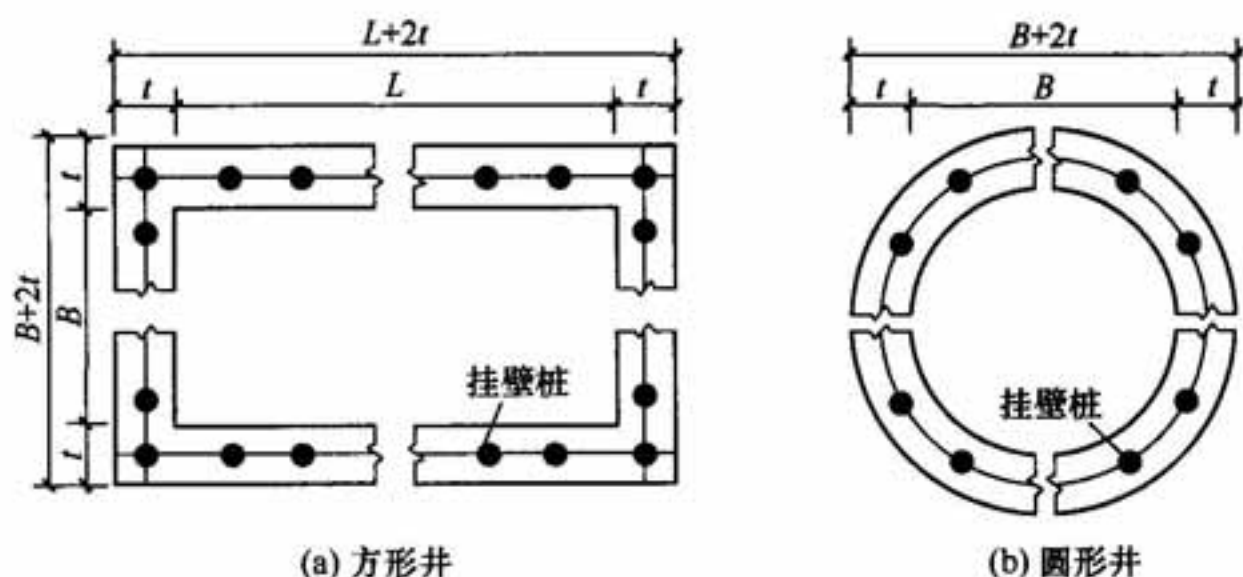


图 4.2.3 挂壁桩平面布置

L —竖井的长度（内径）； t —竖井井壁厚度； B —竖井井室宽度（内径）

4.2.5 挂壁桩的直径不宜大于 $1/2$ 竖井壁厚，宜为 300mm~500mm，在井壁内宜居中布置，且距离井壁外表面不宜小于 100mm。

4.2.6 挂壁桩长度不宜小于竖井高度的 1.5 倍，且桩末端与悬挂式竖井底板底面以下距离不宜小于 5m。

4.2.7 对设有孔洞的竖井，挂壁桩距离孔洞边缘净距不宜小于井壁厚度。

4.2.8 挂壁桩承受悬挂力标准值，可按下列公式计算：

$$S = \max\{S_1, S_2, \dots, S_i, S_k\} \quad (4.2.8-1)$$

$$S_k = W_k - F_k \quad (4.2.8-2)$$

$$W_k = \sum_{i=1}^k W_i \quad (4.2.8-3)$$

$$F_k = \sum_{i=1}^{k-1} F_i \quad (4.2.8-4)$$

式中： S ——挂壁桩所承受的最大悬挂力（kN）；

k ——末节段编号；

i ——第 i 节段编号；

S_k ——施工到第 k 节段时挂壁桩须承受的悬挂力（kN）；

W_i ——第 i 节段井壁的重量 (kN);

F_i ——第 i 节段井壁外侧与土体的摩擦力 (kN), 宜按本规程附录 A 计算;

F_k ——第 k 节段井壁外侧与土体的摩擦力 (kN), 宜按本规程附录 A 计算。

4.2.9 挂壁桩应根据悬挂式竖井的悬挂荷载、结构形式, 按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 有关规定, 确定挂壁桩数量及单根挂壁桩长度。

4.2.10 挂壁桩水平承载力计算, 应按三种情况进行群桩效应计算 (图 4.2.10), 并应符合下列规定:

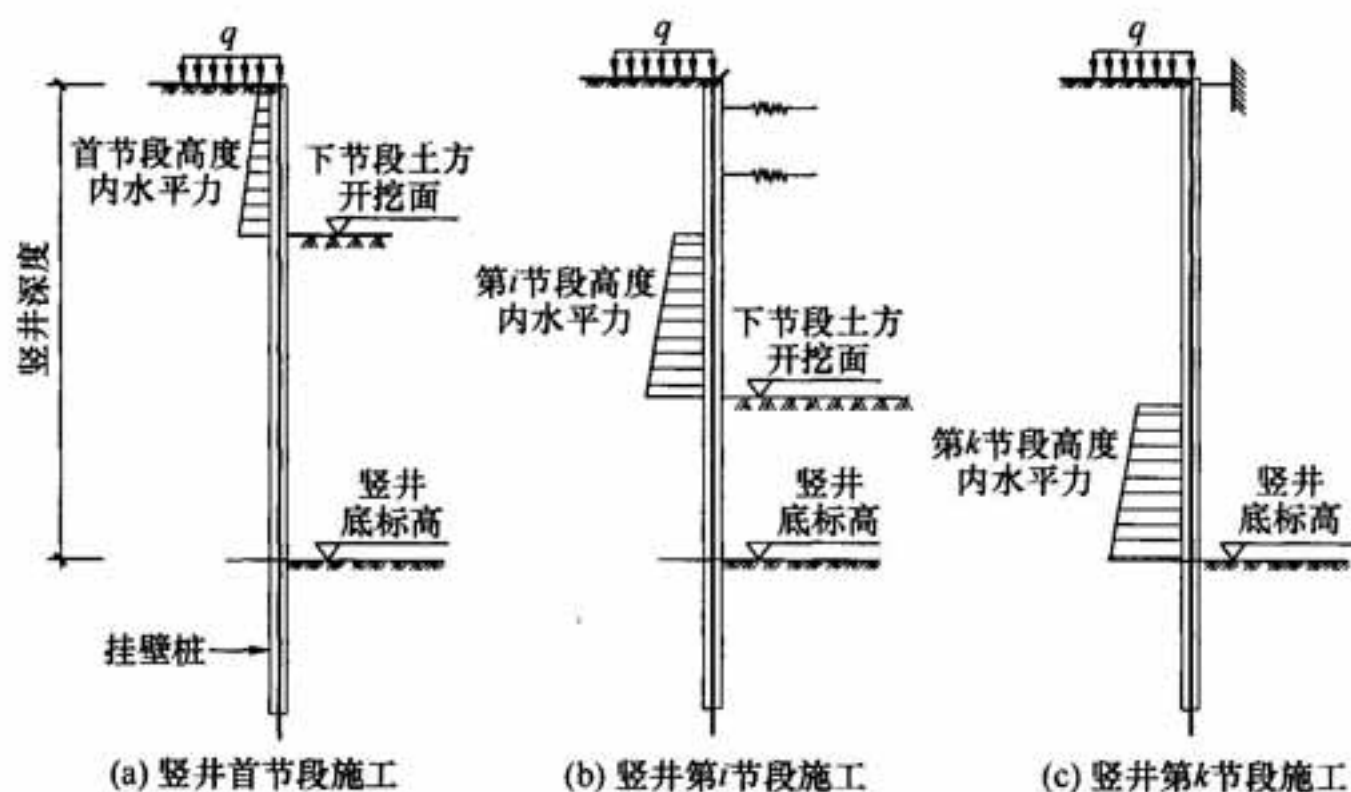


图 4.2.10 挂壁桩水平受力模型

1 井壁第一节段施工过程中, 挂壁桩可视为悬臂结构, 悬臂长度宜为第一节段高度;

2 第 i 节段井壁施工过程中, 挂壁桩可简化为一端固定、一端简支的超静定结构, 计算长度宜分别为相应节段高度总和;

3 第 k 节段施工过程中, 挂壁桩可作为两端固定的超静定结构, 计算长度宜为第 k 节段高度。

4.2.11 土压力取值计算应符合国家现行标准《建筑地基基础设

计规范》GB 50007 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。

4.2.12 挂壁桩的配筋应根据垂直和水平承载力配筋和施工工况条件计算确定，并应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 及《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。

4.2.13 挂壁桩与竖井节段的连接强度，可按下列公式计算：

$$\frac{KS_i}{n\pi DH_i} \leq 0.7\beta_h[f_t] \quad (4.2.13-1)$$

$$\beta_h = \left(\frac{800}{H_i}\right)^{\frac{1}{4}} \quad (4.2.13-2)$$

式中：K——安全系数，按 1.4 取值；

S_i ——施工到第 i 节段时挂壁桩所承受的悬挂力 (kN)；

n ——挂壁桩数量 (根)；

D ——挂壁桩直径 (mm)；

H_i ——竖井节段高度 (mm)；

β_h ——截面高度影响系数；当 H_i 小于 800mm 时，取 800mm；当 H_i 大于 2000mm 时，取 2000mm；

f_t ——混凝土的抗拉强度设计标准值，取挂壁桩与竖井混凝土强度等级的最低值 (kN/mm²)。

4.2.14 当挂壁桩与竖井连接强度不满足本规程第 4.2.13 条的要求时，应在挂壁桩上安装挂壁筋提高其连接强度，挂壁筋面积及数量应按本规程附录 B 进行计算。

4.2.15 竖井节段接缝的构造 (图 4.2.15)，应符合下列规定：

1 下部井壁宜大于上部井壁 100mm 及以上；当上下井壁厚度差值小于 100mm，应设置浇筑槽；

2 下部井壁浇筑高度应大于上部井壁 200mm 及以上，待混凝土达到龄期后表面修凿平整；

3 应在浇筑下部井壁混凝土之前，预埋注浆管，引出注入嘴，注入嘴间距不宜大于 2m。

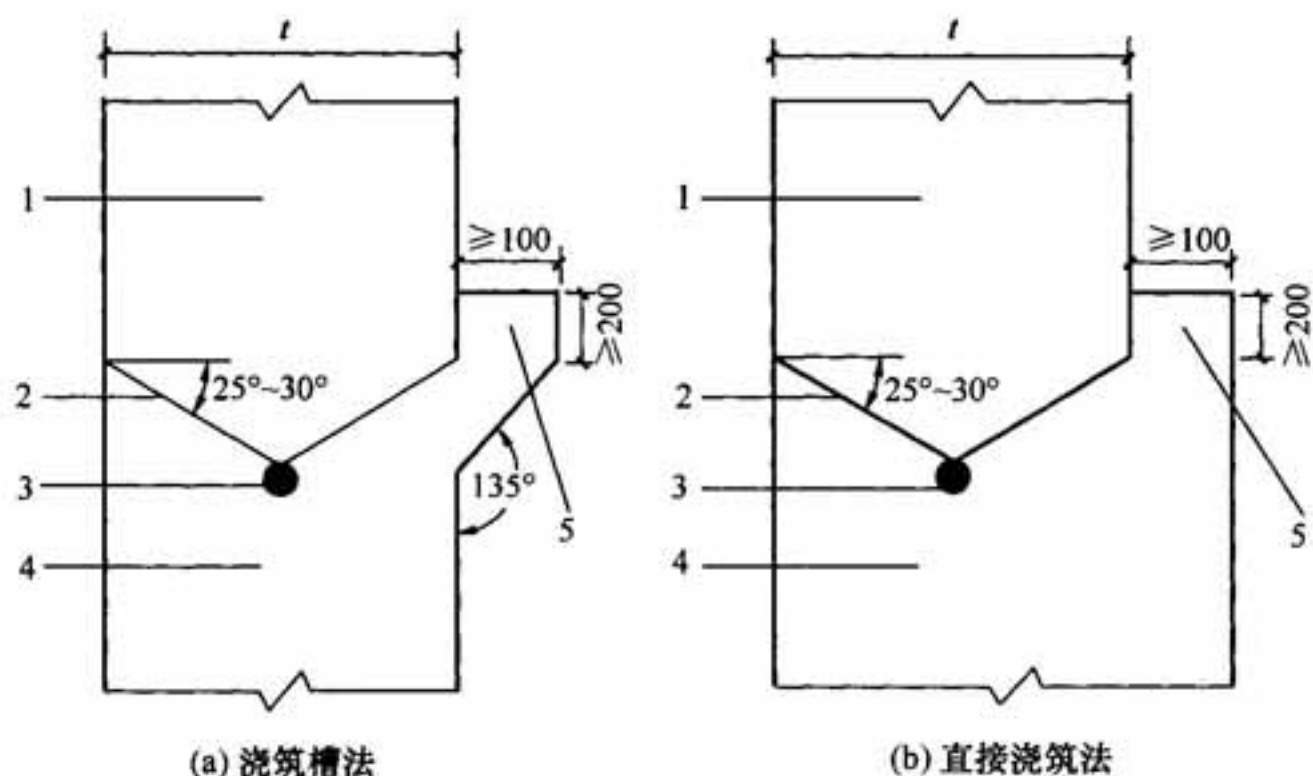


图 4.2.15 节段接缝构造示意 (单位: mm)

1—上节段竖井井壁; 2—节段间水平接缝; 3—注浆管;

4—下节段竖井井壁; 5—浇筑槽;

t —竖井井壁厚度

4.3 水平支承结构

4.3.1 悬挂式竖井应由闭合的井筒承受水平荷载。

4.3.2 水平力计算应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。

4.3.3 竖井井壁的强度设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.4 构造要求

4.4.1 受力钢筋的最小配筋率应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.4.2 井壁钢筋应符合下列规定:

1 竖井的水平钢筋应设置为受力钢筋, 并应根据竖井受力状态计算确定, 应与挂壁桩内钢筋连接;

2 受力钢筋宜采用直径较小的钢筋配置；受力钢筋沿井壁高度每米不宜少于 6 根。

4.4.3 竖井的竖向钢筋宜按构造钢筋配置，其节段长度区段内钢筋接头率不应大于 50%。

4.4.4 井壁转角处的钢筋，应有足够的长度锚入相邻的井壁内；锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.4.5 井壁腋角的边宽不应小于 150mm，并应配置钢筋，其用量可按井壁、顶板、底板截面内受力钢筋的 50% 采用；当井壁受力较大时，腋角应按剪切计算进行钢筋的配置。

4.4.6 挂壁桩与竖井井壁之间宜采用直径不小于 12mm 的螺纹钢筋进行连接，其上下间距不宜大于 500mm，每层不宜少于 2 根，伸入竖井井壁内每侧长度不宜小于 1000mm。

4.4.7 预埋件应根据悬挂式竖井功能要求布设，其构造要求应按国家现行相关标准执行。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

- 5.1.1 施工前应查勘施工现场，复核地下隐蔽设施的位置和标高，根据设计文件及施工条件，确定悬挂式竖井施工方案。
- 5.1.2 施工前应组织图纸会审并进行交底，纪要连同施工图等作为施工依据，并应列入工程档案。
- 5.1.3 施工前应根据工程特点和现场情况，修建临时生产和生活设施、解决水电供应和交通道路等问题，并应制定文明施工管理措施。
- 5.1.4 施工所需检验仪器应经有资质的部门鉴定合格后方可使用。
- 5.1.5 悬挂式竖井施工前地下水位应降至竖井结构最底部500mm以下。
- 5.1.6 开工前应对勘察设计单位提供的导线点和水准点进行内业、外业复核，应建立施工测量控制网，并应加强保护。
- 5.1.7 施工过程中应通过施工测量控制网对悬挂式竖井的尺寸、位置、高程进行监控，竣工后应将相应记录列入工程档案。
- 5.1.8 施工现场应配备施工所需的辅助设备、辅助材料、施工工具，并应采取相应的安全防护、防雨、防潮及防冻措施。

5.2 挂壁桩施工

- 5.2.1 挂壁桩施工应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。
- 5.2.2 钢筋混凝土灌注桩的护筒设置应符合下列规定：
 - 1 护筒埋设位置应准确、稳定，护筒中心与桩位中心的偏差不得大于20mm；

2 护筒宜采用 4mm 厚钢板制作, 其内径应大于钻头直径 50mm;

3 护筒的埋设深度不宜小于 1.5m, 护筒下端外侧应采用黏土填实, 其高度尚应满足孔内泥浆面高度的要求。

5.2.3 挂壁桩成孔后宜在 8h 内灌注混凝土, 混凝土的坍落度宜控制在 180mm~220mm, 粗骨料粒径不得大于钢筋最小净距的 1/3。

5.2.4 灌注水下混凝土的质量控制应符合下列规定:

1 开始灌注混凝土时, 导管底部至孔底的距离宜为 300mm~500mm。

2 首批灌注混凝土的数量应满足导管首次埋置深度, 埋置深度应满足填充导管底部的需要, 且不应小于 1.0m; 所需混凝土数量可按下列公式计算:

$$V \geq \frac{\pi D_1^2}{4}(L_1 + L_2) + \frac{\pi d^2}{4}h_1 \quad (5.2.4-1)$$

$$h_1 = H_w \gamma_w / \gamma_c \quad (5.2.4-2)$$

式中: V ——灌注首批混凝土所需数量 (m^3);

D_1 ——桩孔直径 (m);

L_1 ——桩孔底至导管底端距离, 可按 0.4m 取值;

L_2 ——导管初次埋置深度 (m);

d ——导管内径 (m);

h_1 ——桩孔内混凝土达到埋置深度 L_2 时, 导管内混凝土柱平衡导管外 (或泥浆) 压力所需的高度 (m);

H_w ——井孔内水或泥浆的深度 (m);

γ_w ——井孔内水或泥浆的重度 (kN/m^3);

γ_c ——混凝土拌合物的重度 (取 $24\text{kN}/\text{m}^3$)。

3 灌注水下混凝土应连续施工, 对灌注过程应记录。

4 导管埋入混凝土深度宜为 4m~6m, 严禁将导管提出混凝土灌注面。

5.2.5 混凝土灌注取样，每个桩不得少于 1 组，每组试件不应少于 3 件。

5.2.6 挂壁桩施工的允许偏差应符合表 5.2.6 的规定。

表 5.2.6 挂壁桩施工的允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
桩位	20	每根桩	1	全站仪检查
桩径	20	每节段每根桩	2	钢尺检查
孔深	不小于设计规定	每根桩	1	测绳检查
沉渣厚度	符合设计要求	每根桩	1	沉淀盒或标准测锤， 查灌注前记录
垂直度	$\leq 1/300$ 桩长， 且不大于 50	每根桩	1	测壁仪或钻杆 垂线和钢尺量

5.3 土方开挖

5.3.1 应根据地质报告、现场地质条件、设计要求、施工工艺及周边环境确定每一节段开挖深度。

5.3.2 土方开挖施工除应符合本节规定外，还应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120、《建筑施工土石方工程安全技术规范》JGJ 180 和《建筑深基坑工程施工安全技术规范》JGJ 311 的有关规定。

5.3.3 土方的开挖应根据地质的时效性及残余地下水对施工的影响，采用人工配合机械开挖，必要时应增加支护设施。

5.3.4 开挖过程中遇到地下水，应采取补充降水或其他处理措施消除地下水影响后，方可进行土方开挖。

5.3.5 雨期施工宜在井周制作挡水围堰阻水，严禁地面汇水流入竖井；并应对竖井节段土体作业面采取防护措施，及时排除竖井内的积水。

5.3.6 土方开挖前，挂壁桩、上节段井壁混凝土强度应达到设

计要求，且龄期不宜小于 7d。

5.3.7 挖土进度应根据实测变形速率及气象情况确定，并在实际开挖时进行必要的调整。

5.3.8 竖井内土方开挖应逐层、对称进行，挂壁桩周围应对称开挖，应根据不同土质控制边坡坡度，悬挂式竖井内土体开挖面的高差不宜大于 1m。

5.3.9 开挖出来的土方宜及时外运。当场地狭窄需堆于井口四周时，堆土坡脚应距井口 1.0m 以外，堆土高度不应大于 1.5m，堆土坡度不应大于自然休止角。

5.3.10 开挖完成后应根据土质情况对竖井外侧面的土体进行修整，必要时应采取防护措施，其外侧土体的作业面宜竖直、平整。

5.3.11 挖土过程中，应进行基坑监测，且应保护好监测点。开挖期间若发现基坑外土体出现裂缝，应暂停基坑开挖，进行处理并保证土体稳定后，方可进行后续施工。

5.4 钢筋加工及安装

5.4.1 钢筋加工及安装应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 和《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

5.4.2 钢筋安装时，外观应干净、无锈。

5.4.3 钢筋连接宜采用单面搭接焊、机械连接或绑扎连接的方式。

5.4.4 钢筋的接头应符合下列规定：

1 受力钢筋宜采用焊接接头或机械连接接头，接头应设置在构件受力较小处；

2 当同一截面处绑扎钢筋的搭接接头面积百分率达到 50% 时，相应的搭接长度应增加 30%。

5.4.5 构件内受力钢筋的混凝土净保护层最小厚度，应符合表 5.4.5 的规定。

表 5.4.5 构件内受力钢筋的混凝土保护层最小厚度 (mm)

部 位	工作条件	保护层最小厚度
井壁、板	与水、土接触或高湿度	50
	与污水接触或受水汽影响	55
梁、柱	与水、土接触或高湿度	35
	与污水接触或受水汽影响	40
底板	有垫层的下层筋	40
	无垫层的下层筋	70

5.5 挂壁桩与井壁的连接

5.5.1 竖井节段土方开挖时，该深度范围内的挂壁桩应从土中剥离，并应清理干净。

5.5.2 挂壁桩表面混凝土应进行凿毛处理，其凸起面不得大于 20mm，不得有夹泥现象。

5.5.3 挂壁桩与井壁的连接应符合下列规定：

1 挂壁桩上宜涂抹水泥浆等界面剂后，再浇筑竖井井壁混凝土进行连接；

2 当在挂壁桩上采用植筋法与竖井井壁进行连接时，构造应符合本规程第 4.4.7 条规定；植入的挂壁筋应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的有关规定；

3 当采用剥离挂壁桩钢筋保护层时，应将挂壁筋与挂壁桩钢筋焊接成一体进行连接，构造应符合本规程第 4.4.6 条规定；

4 当在挂壁桩内预埋不小于 10mm 钢板时，应将挂壁筋与钢板焊接成一体进行连接，构造应符合本规程第 4.4.6 条规定。

5.5.4 剥离挂壁桩保护层时严禁损坏钢筋；剥离时不宜破坏钢筋笼内部混凝土。

5.5.5 下节段土体开挖过程中应对井壁与挂壁桩进行监控，严禁发生相对位移。

5.6 混凝土施工

5.6.1 模板安装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 的有关规定。

5.6.2 悬挂式竖井上节段井壁根部的混凝土面应清理干净，注浆管安放应牢固。

5.6.3 混凝土浇筑应从浇筑槽入料，自由下落高度应小于 2m，坍落度宜为 30mm~50mm，当采用泵送混凝土时坍落度宜控制在 180mm。一次混凝土浇筑高度宜控制在 500mm 以内，四周混凝土应均匀上升。

5.6.4 混凝土浇筑时应加强振捣，不得出现漏振、过振等现象。

5.6.5 井壁节段间混凝土的浇筑应符合下列规定：

1 漏斗浇筑法：

在下层混凝土模板顶部设置高 200mm 的漏斗型浇筑槽，将混凝土从浇筑槽灌入，当混凝土浇筑至此高度时，依靠浇筑压力和振捣器将混凝土缝隙填充密实。待漏斗部分的混凝土终凝后，表面修凿平整。

2 二次振捣法：

在混凝土浇筑 30min~60min 后，再从浇筑槽插入振动器进行二次振捣。

3 注入法连接两层混凝土面应按下列步骤进行：

- 1) 对上下混凝土井壁接缝处应采用注入法充填密实；
- 2) 应通过注入嘴使用加压泵对预埋注浆管进行注浆，完成缝隙的填充处理，注入压力宜控制在 0.4MPa~0.8MPa；

3) 注入材料宜采用水泥系或水泥基渗透结晶型防水材料。

5.6.6 末节段竖井井壁施工完成后应及时进行封底，并应符合下列规定：

1 底板施工前应对地基进行平整处理，并应将超挖形成的坑槽采用级配碎石填充；

2 底板施工期间宜设置集水井，并应在底板混凝土达到设计强度后逐个封堵；

3 宜浇筑 0.2m 厚的 C15 素混凝土垫层，达到设计强度的 50% 后绑扎底板钢筋。

5.6.7 模板的拆除应符合下列规定：

1 拆模时，混凝土强度应满足设计要求；当设计无要求时，混凝土强度不宜小于其设计强度 90%，且龄期不宜小于 7d；

2 拆模不得损坏井壁结构的边、角、面，井内壁应完好。

5.6.8 井体混凝土强度未达到设计要求前，严禁投入使用。

5.7 监 测

5.7.1 悬挂式竖井工程施工现场监测应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 和《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 等有关标准的规定。

5.7.2 监测范围应为基坑边缘外 3 倍基坑开挖深度范围，必要时可扩大监测范围。

5.7.3 监测标志应稳固、明显、结构合理，施工过程中应采取保护措施。

5.7.4 悬挂式竖井工程施工前，应由建设方委托具备相应资质的第三方实施现场监测；监测工作应由两名以上监测人员承担，监测仪器应经检验合格。

5.7.5 与竖井基坑工程相邻的建（构）筑物的变形监测应符合下列规定：

1 工程施工前应对建（构）筑物进行测量，共同确认基准值，且宜保留相应影像资料；

2 每个建（构）筑物监测应至少设置 3 个观测点；以确定施工过程中的沉降和差异沉降；

3 每个建（构）筑物应设置不少于 2 个观测断面，监测建筑物整体倾斜变化情况。

5.7.6 土体监测点平面位置宜沿每边井壁中部或其他有代表性

的部位设置，监测剖面应与竖井垂直，每个监测剖面上的监测点数量应根据具体情况确定，间距不宜大于 10m。

5.7.7 坑底隆起监测点宜设置在纵向、横向中轴线位置上，数量不宜少于 3 个。

5.7.8 竖井结构监测点宜沿每边井壁转角、井壁与挂壁桩连接处及其他有代表性的部位设置，间距不宜大于 10m；竖向沿每节段应在挂壁桩及井壁上分别设置观测点。

5.7.9 竖井工程仪器监测项目应符合表 5.7.9 的规定。

表 5.7.9 竖井工程仪器监测项目

监测项目 \ 监测时限	首节段施工期间	过程节段施工期间	封底施工期间
竖井周边土体顶部水平位移	△	△	△
竖井周边土体顶部竖向位移	△	△	△
竖井周边土体深度分层水平位移	△	△	—
首节段顶部的水平位移	△	△	—
首节段顶部的竖向位移	△	△	—
挂壁桩的竖向位移	△	△	△
挂壁桩的水平位移	△	△	△
挂壁桩的深层水平位移	—	△	△
节段间井壁的相对水平位移	—	△	△
节段间井壁的相对竖向位移	—	△	△
坑底隆起	○	○	△
周边建（构）筑物裂缝、位移、倾斜度	△	△	△
周边管线位移	△	△	○
地下水位	△	△	△

注：表中“△”为应测项目，“○”为宜测项目，其他本表中未提到的监测项目按现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 执行。

5.7.10 当出现下列情况之一时，应立即进行危险报警，并应对竖井结构和周边环境中的保护对象采取应急措施：

- 1 当监测数据达到监测报警值的累计值时；
- 2 竖井结构或周边土体的位移值突然明显增大或基坑出现流沙、管涌、隆起、陡落或较严重的渗漏等；
- 3 周边建筑的结构部分、周边地面出现较严重的突发裂缝或危害结构的变形裂缝；
- 4 周边管线变形突然明显增长或出现裂缝、泄漏等。

6 验 收

6.1 一 般 规 定

6.1.1 悬挂式竖井质量检验应符合国家现行标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

6.1.2 开工前，应将工程划分为单位、分部、分项工程和检验批，作为施工质量检查、验收的基础。

6.1.3 隐蔽工程在隐蔽前应进行验收，确认合格后，形成隐蔽验收文件。

6.1.4 检验批合格质量应符合下列规定：

- 1 主控项目的质量应经抽样检验合格；
- 2 一般项目的质量应经抽样检验合格；当采用计数检验时，一般项目的合格点率应达到 80% 及以上，且不合格点的最大偏差值不得大于规定允许偏差值的 1.5 倍；
- 3 应具有完整的施工操作依据和质量检查记录。

6.2 主 控 项 目

6.2.1 工程原材料、成品、半成品的产品质量应符合国家相关标准规定和设计要求。

检查方法：检查产品质量合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

检查数量：全数检查。

6.2.2 竖井结构的构造和尺寸应满足设计要求。

检查方法：检查施工记录。

检查数量：全数检查。

6.2.3 混凝土的抗压强度等级、抗渗等级应符合设计要求。

检查方法：检查混凝土浇筑记录，检查试件的抗压强度、抗渗试验报告。

检查数量：每根桩为一个验收批，抗压强度试件不少于 1 组；每节段井壁为一个验收批，抗压强度、抗渗试件应各留置一组，并留取同条件试件。

6.2.4 悬挂式竖井井壁与挂壁桩的相对位移应符合设计要求。

检查方法：检查施工及监测记录。

检查数量：全数检查。

6.2.5 竖井的严密性应符合设计要求。

检查方法：检查严密性试验记录。

检查数量：每座井。

6.3 一般项目

6.3.1 竖井节段的位置、高程应满足设计要求。

检查方法：水准仪检查高程，全站仪检查位置。

检查数量：每节段。

6.3.2 结构无明显渗水现象。

检查方法：观察。

检查数量：全数检查。

6.3.3 悬挂式竖井施工的允许偏差应符合本规程表 6.3.3 的规定。

表 6.3.3 悬挂式竖井施工的允许偏差

检查项目				允许偏差 (mm)	检查数量		检查方法
					范围	点数	
1	井尺寸	矩形	每侧长、宽	不小于设计要求	每座	2 点	挂中线用尺量测
		圆形	直径				
2	预留洞口		中心位置	±10	每处	1 点	用钢尺量测
			内径尺寸	±10			

续表 6.3.3

检查项目		允许偏差 (mm)	检查数量		检查方法
			范围	点数	
3	井底板高程	± 30	每座	4 点	用水准仪量测
4	井壁垂直度	$0.1\% H$	每座	1 点	用垂线、角尺量测
5	预埋件中心线位置	± 10	每件	1 点	用钢尺量测

注：H 为竖井的高度 (mm)。

7 安全生产与环境保护

7.1 一般规定

7.1.1 施工现场的安全施工应符合国家现行标准《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720、《建筑施工安全技术统一规范》GB 50870、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 和《建设工程施工现场环境与卫生标准》JGJ 146 等相关规定。

7.1.2 施工前，应对现场的地下构筑物、管线等障碍物情况进行调查，制定处理方案。

7.2 安全生产

7.2.1 悬挂式竖井施工应编制专项安全施工方案和应急预案，并应采取相应安全防护措施。

7.2.2 施工过程中，挖掘机、装载机、大型运输车辆、发电机等大型机械设备及其辅助机械（具）的操作应符合相关安全操作规程。

7.2.3 降雨过程中严禁开挖施工。地下水位较高时，应进行有效降水后，方可进行开挖施工。

7.2.4 施工前应制定交通导行方案。

7.2.5 施工现场临时用电应按现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 和经审批的方案进行布设，施工现场的电线、电缆应架空或埋地，放置在不影响施工、通行的部位，确保用电安全。

7.2.6 施工现场消防设施应按国家现行相关规范和经审批的方案进行布设，并应组织演习。

7.2.7 停工或夜间应设专人值班。

7.2.8 悬挂式竖井分段施工应对地下管线进行保护，严禁超挖、

掏挖。

7.2.9 当竖井开挖过深或地下环境恶劣，应在竖井内增加通风设施。

7.2.10 竖井施工过程中应进行安全监测。

7.3 环境保护

7.3.1 在生活区、施工区应保持环境卫生，文明施工。

7.3.2 场区的所有施工车辆应进行清理后方可驶出。渣土和垃圾外运车辆应采取覆盖措施。

7.3.3 钢筋加工区域和现场材料堆放区域的材料应分类、有序堆放。施工现场的钢筋、工具等应按要求摆放整齐。

7.3.4 施工现场应设置生活垃圾临时存放设施，应日产日清。

7.3.5 在挂壁桩灌注过程中，应将孔内溢出的水或泥浆经沉淀池沉淀后排放、处理，不得随意排放。

7.3.6 注浆灌缝材料应采用环保型材料，施工中应对周边环境采取保护措施。

附录 A 井壁摩阻力计算

A. 0. 1 井壁与土体之间的摩阻力应根据工程地质、水文地质条件、施工方法和井壁深度等情况，并参考相似条件的施工经验确定。

A. 0. 2 竖井外壁上的总竖向摩阻力确定宜符合下列规定：

1 在深度 0~5m 范围内，单位面积摩阻力可按直线规律自零值起逐渐增加；

2 在深度 5m 以下，单位面积摩阻力宜为一常数（图 A. 0. 2）。

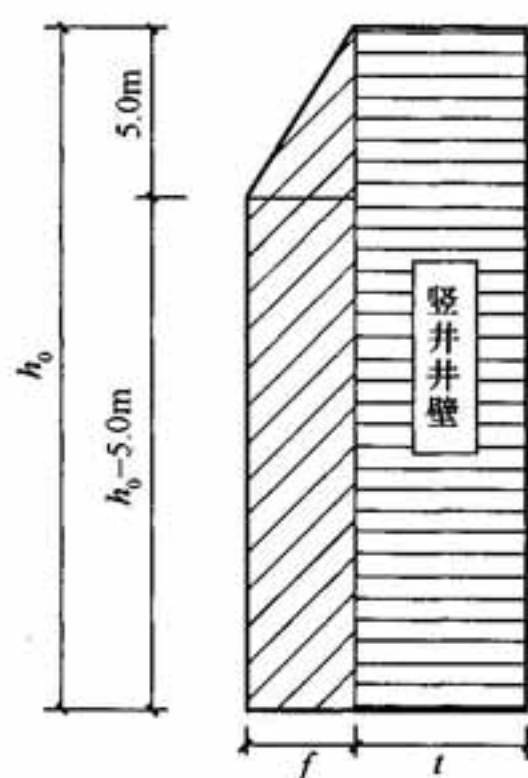


图 A. 0. 2 井壁侧面摩阻力分布

A. 0. 3 总摩阻力可按下式计算：

$$T_f = U \cdot (h_0 - 2.5) \cdot f \quad (\text{A. 0. 3})$$

式中： T_f ——总摩阻力（kN）；

U ——井外壁周长（m）；

h_0 ——竖井与土接触深度 (m);

f ——土与井壁单位面积的摩阻力 (kN)。

A. 0. 4 当竖井深度范围内有数个土层时, 土与井壁单位面积的摩阻力按厚度宜按下式加权平均计算:

$$f = \frac{f_1 \cdot h_1 + f_2 \cdot h_2 + \cdots + f_n \cdot h_n}{h_1 + h_2 + \cdots + h_n} \quad (\text{A. 0. 4})$$

式中: f_1, f_2, \cdots, f_n ——不同土层土与井壁单位面积的摩阻力 (kN), 应根据试验确定, 可按表 A. 0. 4 取值;

h_1, h_2, \cdots, h_n ——不同土层的对应厚度 (m)。

表 A. 0. 4 井壁与土壤的单位面积摩阻力 f 值

序号	土壤名称	f (kN)
1	黏土、粉质黏土 (依稠度而定)	12.5~20
2	密度大、含水率低的黏土	25~50
3	砂类土	12~25
4	砂卵石	18~30
5	砂砾石	15~20
6	软土	10~12

附录 B 挂壁筋计算

B. 0. 1 挂壁桩与竖井节段连接的挂壁筋强度计算, 应符合下列规定:

1 挂壁筋与挂壁桩的连接应力应大于挂壁筋的抗拉强度设计值;

2 挂壁桩与井壁之间应连接紧密, 不得有杂物。

B. 0. 2 挂壁筋与竖井节段的连接强度, 可按下列公式计算:

$$\frac{KS_k}{n\pi D_1 H_i} - 0.8f_y A_{sb} \sin\alpha \leq 0.7\beta_h [f_t] \quad (\text{B. 0. 2-1})$$

$$\beta_h = \left(\frac{800}{H_i}\right)^{\frac{1}{4}} \quad (\text{B. 0. 2-2})$$

式中: K ——安全系数, 可取 1.4;

S_k ——施工到第 k 节段时挂壁桩须承受的悬挂力 (kN);

n ——挂壁桩数量 (个);

D_1 ——挂壁桩直径 (mm);

H_i ——竖井节段高度 (mm);

f_y ——植筋的抗拉强度设计值, 按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定采用;

A_{sb} ——竖井节段内植入的钢筋截面面积 (mm²);

α ——斜截面上植入的普通钢筋的切线与挂壁桩纵轴线的夹角 (°);

β_h ——截面高度影响系数; 当 H_i 小于 800mm 时, 取 800mm; 当 H_i 大于 2000mm 时, 取 2000mm;

f_t ——混凝土的抗拉强度设计标准值, 取挂壁桩与竖井混凝土强度等级的最低值 (kN/mm²)。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，可采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 2 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 3 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 4 《工程测量规范》GB 50026
- 5 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 6 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 7 《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141
- 8 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 9 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268
- 10 《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497
- 11 《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720
- 12 《建筑施工安全技术统一规范》GB 50870
- 13 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 14 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
- 15 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
- 16 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 17 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 18 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 19 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 20 《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107
- 21 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
- 22 《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145
- 23 《建设工程施工现场环境与卫生标准》JGJ 146
- 24 《建筑施工土石方工程安全技术规范》JGJ 180
- 25 《建筑深基坑工程施工安全技术规范》JGJ 311

中华人民共和国行业标准

悬挂式竖井施工规程

JGJ/T 370 - 2015

条文说明

制 订 说 明

《悬挂式竖井施工规程》JGJ/T 370-2015，经住房和城乡建设部 2015 年 9 月 22 日以第 916 号公告批准、发布。

本规程编制过程中，编制组进行了悬挂式竖井施工和应用现状调查研究，总结了我国悬挂式竖井工程的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过实验取得了悬挂式竖井工程设计和施工的重要技术参数。

为了便于设计、施工、科研等人员在使用本规程时能正确理解及执行条文规定，《悬挂式竖井施工规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总则	36
2	术语和符号	37
2.1	术语	37
3	材料	38
3.2	原材料	38
4	施工设计	39
4.1	一般规定	39
4.2	竖向支承结构	39
4.4	构造要求	42
5	施工	43
5.1	一般规定	43
5.2	挂壁桩施工	43
5.3	土方开挖	43
5.4	钢筋加工及安装	45
5.5	挂壁桩与井壁的连接	45
5.6	混凝土施工	46
5.7	监测	47
6	验收	49
6.1	一般规定	49
6.2	主控项目	49
6.3	一般项目	49
7	安全生产与环境保护	51
7.1	一般规定	51
7.2	安全生产	51

1 总 则

1.0.1 为贯彻国家节能减排、环境保护的政策，提高竖井施工的安全性，使悬挂式竖井在设计、施工、监理和检验中统一管理，做到技术先进、经济合理、安全适用、统一规范，确保竖井施工的质量及安全，制定本规程。

悬挂式竖井施工技术利用挂壁桩做为竖向支承结构、分节段施工竖井，将支护结构和主体结构合二为一，在保证施工安全的前提下降低了施工成本、减少了环境影响，是一项很有发展前途的施工技术。

1.0.2 悬挂式竖井施工技术在国内外还处于发展阶段，目前还只应用在新建、扩建、改建的房屋建筑及市政工程中小型地下建筑的施工、大直径排水检查井和各种大开挖事故处理等土体开挖支护工程。随着工程实践及总结改进工作的进一步深入，它的应用前景会更加广泛。

1.0.3 我国幅员辽阔，各地自然条件不同，悬挂式竖井施工应贯彻因地制宜、就地取材的原则，结合实际情况进行施工并采取相应技术措施达到设计要求。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.2 挂壁桩是指均匀或按照一定要求分布于竖井井壁内，主要作用是在竖井分段施工时保证上部先行施工竖井节段的稳定性、安全性，同时增强井体的抗滑和抗倾覆能力的基桩。

2.1.4 悬挂式竖井是利用挂壁桩做为竖向支承结构、由上而下分节段逆作施工，将支护结构和主体结构合二为一的竖井。

3 材 料

3.2 原 材 料

3.2.2 由于钢筋对结构影响较大，为加强其质量控制，有可追溯性，故本条提出了钢筋需具备出厂合格证等相关证明材料的要求，进入现场后强调见证取样，并经见证取样复试合格。

4 施 工 设 计

4.1 一 般 规 定

4.1.1、4.1.2 本规程的设计主要指的是竖井施工阶段中的二次深化设计，为相关单位完成竖井悬挂施工提供参考。竖井的结构及其他设计应由设计单位按照竖井的功能、场地条件等要求参照相应规范进行设计，本规程不再进行阐述。

4.1.6 经过现场实践发现：在结构的平面转角及与顶板、底板的交接处增设腋角，能够提高结构的抗剪能力、稳定性和安全性，腋角的基本设置参见本规程 4.4.5 条要求。

4.2 竖向支承结构

4.2.1 竖井施工过程中依靠挂壁桩来承受竖井节段和其他荷载，因此挂壁桩设计时需充分考虑各个施工阶段的荷载效应组合，并按照最不利的荷载效应组合确定挂壁桩的承载力，避免因挂壁桩承载力不足而出现质量、安全事故。

4.2.3 本条强调挂壁桩需均匀布置，能有效避免竖井施工过程中出现不均匀下沉，同时也方便了挂壁桩的数量设计，针对转角等应力集中部位，通过增设挂壁桩的方法，大大提高了结构的稳定性、安全性。

4.2.4 挂壁桩的基桩形式经试验采用钢筋混凝土灌注桩较好，但本规程不强制规定，施工单位可根据情况选择其他基桩形式，但其承载力及相关技术参数需满足本规程的挂壁桩要求。

4.2.5 经实践发现挂壁桩距离井壁边缘过薄的情况下容易造成受剪能力不足破坏，故本条强调挂壁桩直径和基本位置，保证挂壁桩同井壁之间不发生破坏。

4.2.6 经过现场大量试验，发现挂壁桩长度过短时有可能造成

桩基嵌固长度不够，形成安全隐患。本规程要求挂壁桩长度要同时满足承载力计算及 1.5 倍竖井高度要求，因此桩长要求不能放松。

4.2.8 在总结大量工程实践经验的基础上得出该公式，适用于一般黏性土层、粉质黏土层等一般土质，实际施工过程中要针对现场情况和设计要求根据土力学原理进行施工计算，避免因挂壁桩承载力不足而出现质量、安全事故。

4.2.10 施工过程中由于竖井的分节段施工、周围土体的作用，使得挂壁桩的受力状况较为复杂，结合结构力学的计算理论，建立了竖井分节段施工时挂壁桩的水平受力模型。编制组在实际竖井施工过程调研中发现：开挖过程中挂壁桩周边的土体剥离不均匀时传递至挂壁桩上的水平作用；浇筑过程中出现土体变形传递的水平作用；下节段施工过程中上部土体出现变形时，由井体传递的水平作用。编制组认为该作用在施工过程中存在，虽然不是全过程，考虑到结构计算应满足施工和结构自身安全的特点，要求在施工节段的设计中须考虑该作用。

1 施工首节段时可能出现该节段位于地表位置或位于地表以下某个位置，此时节段高度范围内的挂壁桩承受新浇筑混凝土侧向水平力和土质变形产生的水平力，此时下部桩体埋入土体中长度较长，此处挂壁桩可作悬臂结构。

2 首节段浇筑完成后竖井与节段周围土体形成完整结合，此时开挖下部土体，挂壁桩在开挖部分处于裸露状态，上部节段在挂壁桩的支撑下克服了竖井自身重力引起的下滑力，与挂壁桩形成整体结构，既稳固了首节段周围土体，也为下节段施工创造了安全的施工环境；此时由于挂壁桩下部埋深远大于外露桩体长度，上部井壁节段过小但起到了一定的固结作用，按上部简支下部固定支座受力模式计算。

3 当竖井施工至下部进行封底段时，此时挂壁桩在开挖部分处于裸露状态，上部浇筑完成后竖井与节段周围土体形成完整结合且深度较深，同时挂壁桩下部埋深远大于外露桩体长度，按

两端固定受力模式计算。

4.2.14 悬挂竖井施工的关键是井壁与挂壁桩的连接强度，一般利用两者之间的摩擦力进行控制，但由于各种原因摩擦力不足于抵抗悬挂竖井的重量和外部荷载，容易造成失稳破坏，需对挂壁桩进行特殊处理，经实践发现增加挂壁筋是其提高连接强度的最有效方式。

4.2.15 节段间的水平接缝处理是悬挂式竖井施工的一个重要环节。针对如何做好水平接缝的问题，查阅了相关的井体、水池等类似结构物的相关规范，并结合大量的现场测试得知，接头处做成“V”形，倾角控制在 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 时，接缝的水密性、气密性、抗剪切能力等方面较好，经注浆后效果更好，同时能够充分保证井壁强度，因此提出了本条的水平接缝构造方式。

由于混凝土的硬化会产生收缩，上部会产生缝隙，所以这个方法要与注浆法合用。混凝土浇筑后产生的沉降收缩，在浇筑后30min时大约完成80%，1h时大约完成95%；沉降收缩量因混凝土的配合比、捣固程度以及模板的变形等而异，一般来说，坍落度为200mm的普通混凝土，沉降收缩量可达到0.6%~0.9%。实际上沉降收缩量还受模板的水密性、钢筋的约束以及浇捣高度、浇捣时间（先浇完的混凝土已发生沉降）等的影响，所以实际的沉降收缩量往往是上述数据的1/5~1/10。当后浇混凝土的高度是1.5m，沉降量也会有2mm~4mm，这一缝隙不容忽略，需用注入法将缝填实。

预埋注浆管原理：混凝土浇筑过程中，在承受外部混凝土压力时，包裹在注浆管外侧的橡胶盖条由于压力的作用紧紧贴在中心轴管的注射出料孔上，从而关闭整个系统，防止浇筑过程中混凝土浆液混入注浆管。在注浆过程中，当注浆管管道内部的压力达到一定程度时，浆液可在压力作用下顶起橡胶盖条，从注射出料孔溢出，从而对混凝土空洞处进行填塞，达到止水密封的作用。

浆液注入时用压力泵，压力为（0.4~0.8）MPa，从一个注

入孔注入，另一个注入孔流出，封堵并保持注入压力 5min，完成注入作业。另外，在注入以前，需采用压送空气或水的方法对孔道进行疏通、开口，且这些水最后要被完全排出。

实验表明，充填法、环氧树脂注入法、水泥浆注入法（缝隙 3mm）处理的接头，它们的抗剪强度、抗渗能力无大差别，几乎与整体的相同，可根据实际情况选用。

4.4 构造要求

4.4.2 如采用竖筋为主筋，则接头过多，且根据悬挂式竖井施工特点接头多在一个截面上，造成结构不安全，因此本条建议水平筋为主筋，竖向钢筋需按照构造要求配置。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

5.1.1 为保证工程的顺利进行，施工前的准备工作需按照本条规定执行，其中施工方案一般包括：施工组织机构设置，总平面的布置，工程进度计划，劳动力需用计划，材料与机械配置计划，水电供应，施工方案与技术措施，质量检查与安全、环保措施等。

5.1.5 悬挂式竖井施工属于地下工程施工，带水作业容易导致安全事故，故本规程强调需进行无水作业；结合相应规范和施工经验，发现分段降水容易导致工期延长、土体含水量较大、开挖和施工难度大，因此本规程要求地下水位一次降至竖井结构最底部 500mm 以下较为合适。

5.2 挂壁桩施工

5.2.5 考虑到挂壁桩具有竖向支承结构和竖井主体结构的双重性，不同于一般基桩的作用，因此本条强调了混凝土取样的数量不得少于 1 组，以作为评定主体结构承载力的依据。

5.2.6 由于挂壁桩最终被井壁包裹作为主体结构，因此挂壁桩施工时需考虑无法避免的垂直度偏差。如垂直度偏差过大，则 will 影响悬挂效果，且偏心后将影响竖井井壁的整体承载力和刚度，可能导致无法完成悬挂施工。因此施工时需加强控制挂壁桩的垂直度，通过试验发现垂直度偏差控制在 50mm 以下且不大于 $1/300$ 桩长时，对井壁的影响较小，故做此规定。

5.3 土 方 开 挖

5.3.1、5.3.2 条文强调开挖深度的原因是：针对不同的土质、

土体加固方式，开挖面所允许的土体裸露高度不尽相同，因此需严格结合竖井节段高度和现场情况确定土体的一次开挖深度。同时竖井施工处于地下，环境恶劣，施工过程中需根据地质状况和周边环境考虑采用通风、照明及安全防护等措施。

5.3.3 经实践发现残余地下水对地下土体结构稳定影响较大，且部分土质（如砂土）内聚力基本为零，容易坍塌；同时土体开挖面裸露时间较长也容易引起土体坍塌。当现场裸露土体发生裂缝、渗漏水等状况，土体监测数值接近报警值时，需对该处裸露土体采取喷锚、土钉墙等支护措施。

5.3.4 施工过程中对地下水需引起重视，地下水的流动可带动土体流失，破坏土体稳定性，同时给竖井施工带来安全隐患。施工过程中如果地下管线破坏可能造成竖井某一节段出现存水状况，或因存在隔水层状况造成一次降水达不到效果，需及时进行补充降水和排水，满足悬挂式竖井在干燥的情况下施工。

5.3.5 雨水可能导致土体含水量增加，破坏已经稳固的土体，导致土体塌方、渗水等不利工况，给竖井施工带来安全隐患，因此要避免在雨期施工。如果施工则需做好防雨准备，竖井施工区域地表需高于周围地面，竖井周围的排水设施要完善、通畅，防止周围雨水汇入；并且要在降雨后对竖井的安全状况进行重新评估，同时监测单位要及时测量监测点的位移状况，确定竖井结构和周边环境没有变化时方可继续施工。

5.3.6 实际工程中经常出现忽视竖井井壁混凝土的龄期要求，单方面控制混凝土强度情况，造成在土方开挖过程中井壁失稳，导致安全事故发生。经大量实验后并结合相关规范发现混凝土结构强度达到 90%，且满足弹性模量的要求时能充分保证结构安全。

5.3.8 为保证竖井在开挖过程中不发生偏移等现象，需对称进行开挖。土体开挖过程中存在较大的安全隐患，施工过程中可根据竖井的结构形式、土质情况等因素，确定开挖方式。

5.3.10 竖井土方开挖，如利用竖井外侧土壁当外模，其土体需

在满足安全的情况下尽量竖直。这样竖井上下井壁方便连接，竖井井壁可以紧贴土体，增大摩擦力，提高施工安全度，减小桩基数量及直径。由于竖井采用分段开挖，当外侧土体不稳定时，可考虑采用土钉墙、网喷支护等支护措施。

5.3.11 当竖井施工过程中可能产生的变形对周围邻近建（构）筑物有危害时，应引起高度重视，及时对可能受到威胁的保护对象采取保护措施；对加固措施的有效性进行监测，预防灾害的发生，避免产生不良社会影响。

5.4 钢筋加工及安装

5.4.1~5.4.3 鉴于竖井分节段施工导致竖井钢筋的连接点较多，且钢筋连接质量的优劣，直接影响整个竖井结构质量，因此条文明确了宜采用的钢筋连接方式、要求及相关规范。

5.4.4 结合悬挂式竖井施工钢筋接头较多的特点，为保证施工质量，建议采用焊接连接方式；如采取绑扎搭接，则需严格控制接头面积百分比。经工程实践发现当绑扎接头面积百分比达到50%时，搭接长度相应增加30%能够提高构件的受力性能，故本条对此处进行了规定。

5.5 挂壁桩与井壁的连接

5.5.1 挂壁桩从土中剥离后表面含泥量较大，如不进行清理将造成挂壁桩与井壁无法有效连接，清理时不得破坏周围土体的稳定及结构安全。

5.5.3、5.5.4 提出这两条的目的在于避免过多剥离挂壁桩，导致挂壁桩承载力不满足要求导致安全和质量事故，桩体剥离时剥离厚度需加强控制，不宜破坏钢筋笼内部混凝土。挂壁桩与井壁连接的方式较多，实际施工过程中可根据现场采用的基桩类型，选用植筋法、设置环桩钢筋法、传力钢板法等方法，也可参照设计要求中的柱、梁连接法。

1 施工过程中经计算，当挂壁桩与竖井节段的连接强度满

足第 4.2.13 条要求时，可采取挂壁桩上涂抹水泥浆等界面剂后，再浇筑竖井井壁混凝土进行连接的施工方法。

2 施工过程中经计算，当挂壁桩与竖井节段的连接强度不满足第 4.2.13 条要求时，可采用在挂壁桩上植筋与竖井井壁进行连接的方法，连接强度按照附录 B 进行计算；挂壁筋的锚固长度、粘结应力、数量应满足《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定。

3 当挂壁桩直径过小时，采用植筋法容易造成桩基破坏，此时为加强挂壁桩与井壁的连接能力，要将挂壁桩保护层剥离，采用环绕方式将挂壁筋与桩基钢筋连接成一体的连接方式。

4 本规程要求挂壁桩同井壁整体连接，均匀受载，预埋钢板仅起到同挂壁筋连成整体的作用，对其竖向位置无须精确要求，挂壁筋可选用钢筋、型钢。

5.5.5 挂壁桩与井壁如发生相对位移，则可能造成恶性事故，需加以保护、处置后，方可进行下一步施工。此种状态一般发生在下层土体开挖时上段井壁混凝土强度、龄期不满足设计要求的状况下，故需加强控制。

5.6 混凝土施工

5.6.3 本条在于控制混凝土流动性、浇筑速度，由于浇筑位置特殊，因此要保证混凝土的浇筑质量，防止出现胀模、浇筑不密实等情况。本规程数值为浇筑最终坍落度数值，具体施工时，施工单位根据实际情况考虑坍落度的变化。

5.6.5 条文提出在于为经验不足的施工方提供成熟的施工经验，保证水平接缝质量。

1 漏斗浇筑法是在节段接缝处制作扩大口（类似漏斗形状）以便向竖井井壁的模板内灌注混凝土，通过漏斗口高出节段浇筑面部分混凝土的压力将节段间接缝的缝隙填充完成，避免节段接缝处渗漏。

2 二次振捣法是在下节段混凝土浇筑完成后，需在混凝土

浇筑 30min~60min 后，再从浇筑槽插入振动器进行二次振捣，以便填充由于混凝土凝固收缩、下沉形成的缝隙。

3 注入法连接是将防水材料注入到节段接缝间预埋的环向注浆管进行缝隙处理的方法。为保证缝隙充分填实和井壁的结构质量，压力不要过大，保压时间需控制在 5min 或压浆应控制在井壁出浆液为止。此处所用的防水材料可以选择流动性好的液体防水材料，例如水泥基渗透结晶型防水材料，该材料的防水原理：防水材料中的活性化学物质在水的作用下促使硅酸二钙与水泥水化过程中产生的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 发生反应，在混凝土毛孔内部生成不溶于水的枝蔓状结晶体硫铝酸钙，以此来堵塞混凝土毛细孔，从而提高混凝土的抗渗性。

试验表明，缝隙注入的附着力以环氧树脂为最好，在水泥浆中加入 CSA 掺加剂后，在适当的缝隙大小和压力情况下，能得到接近环氧树脂的强度。另外，如能有效地施加注入压力，即使应用普通水泥，也会得到相当的强度，且使注入浆液在施工可能的范围内固化更好，获得较好的附着力。

5.6.6 设置集水井是因为在施工过程中发现竖井井底的土体涌起和地下水上涌的现象经常出现，通过现场总结经验发现设置集水井可以达到井底土体泄压和排除地下水的目的。

5.6.7 考虑到竖井结构一般不允许出现裂缝、渗漏，且施工过程中已完工节段竖井需参与受力的特点，模板拆除时需按照设计、规范的要求进行控制，当设计、规范出现冲突时，需征求设计单位意见，在保证混凝土强度和龄期的前提下，确定拆模时间。

5.7 监 测

5.7.1 由于悬挂式竖井属于地下工程，施工过程中容易出现竖井土体塌方等安全隐患，并对周围环境造成破坏，因此要求竖井施工监测应结合本条提出的规范和施工现场情况等条件编制监测方案。监测方案应包括以下内容：工程概况；监测项目、测点布

置和监测方法；监测元件和仪器；监测频率和警戒值；资料整理方法及监测成果形式等。

工程开工和监测前需进行现场踏勘、收集资料，主要的工作包括：工程概况和相关单位的具体要求；收集和熟悉岩土工程勘察资料、气象资料、地下工程和基坑工程的设计资料以及施工组织设计等；按照监测需要收集基坑周边环境各监测对象的原始资料和使用现状等资料。同时采用拍照、录像等方法保存有关资料或进行必要的现场测试取得有关资料；通过现场踏勘，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。

5.7.2 工程实践中一般选取基坑边缘 3 倍开挖深度进行监测，如悬挂式竖井在建（构）筑物或地下管线密集区施工，可能出现土体塌方、土体开挖引起周边建（构）筑物和地下管线的破坏等复杂情况，为了安全起见，需扩大监测范围。

5.7.10 提出本条的目的在于针对施工现场的一些特征、监测数据明确报警依据，实际施工过程中除做到及时报警外，还要做好竖井的监测数据整理和报警值的上报工作，具体情况可参照如下程序进行整理上报：

1 需在竖井结构施工之前完成监控系统的安装、调试工作，具备监控系统正常运行条件。

2 监测数据上传工作要满足下列要求：每次现场监测数据量测完成后 2h 内把监测数据上传至监控系统；所有监测数据要真实、完整、有效；不得出现阶段性归零；上传监测数据时，要有工况信息。

3 监控系统需具有下列功能：对上传的监测数据自动分析、生成历时曲线的功能；预报警自动提示功能；当发生预报警事件时，在管理平台上及时跟踪反馈预报警事件最新信息的功能。

6 验 收

6.1 一 般 规 定

6.1.4 主控项目的现场检查方法多数为观察或简单量测，验收时需检查施工记录、检测记录或试验报告等质量保证资料。

一般项目的检查数量（抽样频率）需根据检验项目的特性确定抽样范围和需抽取的点数，按所规定的检查方法检查；有些项目现场检查也采取观察和简单测量的检查方法。

6.2 主 控 项 目

6.2.3 由于竖井属于工程的主体结构，对工程施工安全、质量保证起到关键作用，需进行控制。混凝土的抗压、抗渗试块需按下列规定进行评定：

1 同批混凝土抗压试块的强度应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的规定评定，评定结果需符合规范、设计要求；

2 抗渗试块的抗渗性能不得低于设计要求。

6.3 一 般 项 目

6.3.2 考虑到竖井的使用功能和所处环境，结合目前地下工程常见的渗漏水现象，本规程明确了一些渗漏水程度的状况表现，见表 1。以便于明确渗漏水程度，方便进行定级、判定进行质量评定。

6.3.3 对于异形竖井的检查项目可根据其结构特点，参照矩形、圆形竖井相似部位的要求进行质量检查。

表 1 渗漏水程度评定

渗漏水程度	状况表现
湿渍	竖井侧壁，呈现明显色泽变化的潮湿斑；在通风条件下潮湿斑可消失，即蒸发量大于渗入量的状态
渗水	水从竖井侧壁渗出，在外壁观察到明显的流挂水膜范围；在通风条件下水膜也不会消失，即渗入量大于蒸发量的状态
水珠	悬挂在竖井侧壁和顶部的水珠、竖井侧壁渗漏水用细短棒引流并悬挂在其底部的水珠，其滴落间隔时间超过 1min；渗漏水用干棉纱能够拭干，但短时间内可观察到擦拭部位从湿润至水渗出的变化
滴漏	悬挂在竖井侧壁顶部的水珠、竖井侧壁渗漏水用细短棒引流并悬挂在其底部的水珠，其滴落速度每分钟至少 1 滴；渗漏水用干棉纱不易拭干，且短时间内可明显观察到擦拭部位有水渗出和集聚的变化
线流	指渗漏水呈线流、流淌或喷水状态

7 安全生产与环境保护

7.1 一般规定

7.1.2 由于悬挂式竖井属于地下开挖工程，且广泛应用于房屋建筑及市政工程施工中，市政地面道路以下管线、设施较多，一旦损坏对周围居民生产、生活影响较大，因此施工前需主动对现场进行调查，主动联系相关单位索取地下管线图纸，制定处理方案，在产权单位的监护下进行施工，避免施工过程中破坏。

7.2 安全生产

7.2.1 悬挂式竖井施工需贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”的方针。施工前需对各种安全隐患源进行辨识和评估，并需在施工过程中有针对性地采取各种有效措施，预防事故发生。按照“关于印发《危险性较大的分部分项工程安全管理办法》的通知（建质〔2009〕87号）”和其他相关规范要求，深基坑工程和其他有特殊安全要求的需制定应急预案和专项施工方案。

对用于工程施工的临时驻地、作业场区、临时道路等的选址，需避开容易发生自然灾害，会造成重大人员伤亡和财产损失区域。

7.2.4 提出本条的目的在于考虑到市政施工过程中，施工区域周围居民多、公共设施多、场地狭小、施工需占用城市道路等公共资源，为了在施工过程中减少对周围居民的生产、生活影响，同时保障施工区域的交通通畅，做到安全施工，服务于民，因此应编制详细的交通导行方案并实施。

7.2.7 在施工期间经常发生外来人员进入施工现场，造成坠落等安全事故且出现原材料、机械、机具及零件等失窃现象，为保证工程安全故需设专人值班。

7.2.9 由于城市地下通常埋设有污水、燃气等管道，尤其是埋设年代久远的污水管道对周边土体污染较为严重，竖井地下施工过程中容易出现有毒气体、可燃气体等影响安全作业的情况，因此施工前需根据现场情况及时进行通风，并按规定佩戴防护用具进行作业。