

T/CECS XXXX-2020

**中国工程建设标准化协会标准**

水泥土筒桩技术规程

Technical specification for soil-cement mixing tubular pile

（征求意见稿）

中国建筑工业出版社

中国工程建设标准化协会标准

水泥土筒桩技术规程

Technical specification for soil-cement mixing tubular pile

（征求意见稿）

T/CECS XXXX-2020

主编单位：辽宁伟业岩土科技有限公司

福建省建筑科学研究院有限责任公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：

2020年北京

# 前言

本规程根据中国工程建设标准化协会《关于印发2018年第二批工程建设协会标准制订、修订计划的通知》（建标协字[2018]030号）的要求，经广泛调查研究，结合我国实际情况，参考国内外先进标准基础上编制。在广泛征求意见后，编制组对具体内容进行了反复讨论、协商和修改，最后经审查定稿。

本规程共分6章和1个附录，主要技术内容包括：1总则；2术语和符号；3基本规定；4 设计；5施工；6 检验与验收。

本标准涉及下列专利：“劲芯水泥土筒桩及施工方法和筒型旋搅钻具（专利号：ZL 2016 1 0012234.7）”、等相关专利，应按国家有关规定与有效专利技术持有人协商解决。本协会对于相关专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

本规程由中国工程建设标准化协会负责管理，由辽宁伟业岩土科技有限公司负责条文的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送辽宁伟业岩土科技有限公司（地址：辽宁省阜新市细河区东风路西段122-15号，邮编：123000，邮箱：wqwbst@163.co m），以便今后修订时参考。

本规程主编单位：辽宁伟业岩土科技有限公司

福建省建筑科学研究院有限责任公司

本规程参编单位：

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目录

1 总则 1

2 术语和符号 2

2.1术语 2

2.2符号 2

3 基本规定 4

4 设计 5

4.1一般规定 5

4.2 复合地基设计 5

4.3 止水帷幕设计 9

5 施工 11

5.1 施工准备 11

5.2 施工作业 12

6 检验与验收 14

6.1 施工前检验 14

6.2 施工过程检验 14

6.3 施工后检验 14

6.4 工程验收 15

附录A 水泥土筒桩施工记录表 17

本规程用词说明 18

引用标准名录 19

条文说明 20

 **Contents**

[1 General provisions 1](#_Toc159)

[2 Terms and symbols 2](#_Toc16133)

[2.1 Terms 2](#_Toc11326)

[2.2 Principal symbols 2](#_Toc10865)

[3 Basic requirements 4](#_Toc10096)

[4 Design 5](#_Toc28754)

[4.1 General Requirements 5](#_Toc20669)

[4.2 Composite Foundation Design 5](#_Toc16278)

[4.3 Curtain for Cutting off Drains Design](#_Toc31017) 9

[5 Comstruction 1](#_Toc19905)1

[5.1 Construction Preparation 1](#_Toc1589)1

[5.2 Construction 1](#_Toc9251)2

[6 Inspection and Acceptance 1](#_Toc20754)4

[6.1 Inspection before Construction 1](#_Toc26910)4

[6.2 Inspection of the Construction Process 1](#_Toc31855)4

[6.3 Inspection after Construction 1](#_Toc25426)4

[6.4 Construction Acceptance 1](#_Toc29332)5

[Appendis A Construction Record of soil-cement mixing tubular pile 1](#_Toc17853)7

[Explanation of wording in this specification 1](#_Toc9064)8

[List of quoted standards 1](#_Toc9064)9

[Addition：Explanation of provisions](#_Toc13190) 20

# 1 总则

1.0.1 为在水泥土筒桩桩应用中做到安全适用、经济合理、保证质量、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑工程水泥土筒桩的设计、施工、检验及验收。

1.0.3 水泥土筒桩的设计与施工，应坚持因地制宜、就地取材、保护环境、节约资源和提高效率的原则；应综合考虑工程地质与水文地质条件、上部结构类型和荷载特征、施工技术及环境条件等因素，强化施工过程质量控制和管理，保证施工质量。

1.0.4 水泥土筒桩的设计、施工、检验及验收时，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水泥土筒桩

水泥土筒桩是利用专用的筒形旋搅钻具，在旋转钻进的同时筒形旋搅钻具底端的高压喷嘴向径向内侧、径向外侧及竖向底侧喷浆，采用旋喷融合搅拌的方法，形成的中间是原状土或低强度水泥土的一种新型水泥土筒形桩。

2.1.2 水泥土筒桩复合地基

以水泥土筒桩作为竖向增强体的复合地基。

2.2符号

——水泥土筒桩单桩竖向抗压承载力特征值（kN）；

*u*——水泥土筒桩桩身周长（m）；

——水泥土筒桩桩长范围内第*i*土层厚度（m）；

——水泥土筒桩桩侧摩阻力特征值（kPa）；

*α*——桩端土地基承载力折减系数；

——水泥土筒桩桩端土的端阻力特征值（kPa）；

——水泥土筒桩桩身截面面积（m2）；

*D*——水泥土筒桩桩身外径（m）；

*d*——水泥土筒桩桩身内径（m）；

$η$——桩体强度折减系数；

——桩体抗压强度（kPa）；

——水泥土筒桩复合地基承载力特征值（kPa）；

*m——*面积置换率；

*de*——一根桩分担的处理地基面积的等效直径（m）；

 ——单桩承载力发挥系数；

 ——桩间土承载力发挥系数；

 ——处理后桩间土承载力特征值（kPa）；

、——长桩、短桩的单桩截面积（m2）；

、——长桩、短桩的面积置换率；

、——长桩、短桩的单桩承载力发挥系数；

、——长桩、短桩的单桩竖向抗压承载力特征值（kN）；

——经深宽修正后的承载力特征值（kPa）；

——基处底面以上土的平均重度（kN/m3）；

——荷载效应标准组合时，软弱下卧层顶面处的附加压力值（kPa）；

——软弱下卧层顶面处地基土的自重压力值（kPa）；

——软弱下卧层顶面处经深宽修正后的地基承载力特征值（kPa）。

# 3 基本规定

3.0.1 水泥土筒桩适用于黏性土、粉土、砂土、碎石土及人工填土等土层。当土中含有较多大直径块石、大量植物根茎或有机质含量较高时，不宜采用。

3.0.2 水泥土筒桩应符合承载力、稳定性、变形及耐久性等规定。

3.0.3 水泥土筒桩主要作为复合地基的竖向增强体及止水帷幕。当水泥土筒桩内设置刚性芯桩时，亦可作为桩基础的基桩。其设计与施工应结合试桩资料与工程经验进行。

3.0.4 当无可靠的水泥土筒桩工程经验时，设计前应针对桩长范围内主要土层进行室内水泥土配合比试验，确定合适的水泥品种、水泥用量、外掺剂及其掺量。

3.0.5 在施工图设计与工程桩施工前，宜进行成桩试验和载荷试验。试桩数量不宜少于3根 。当地质条件复杂、施工质量可靠性低时，宜增加试桩数量。

# 4 设计

4.1一般规定

4.1.1 水泥土筒桩设计应具备下列资料：

1. 岩土工程勘察报告；
2. 建筑场地与环境条件的有关资料；
3. 类似地质条件的工程经验和使用情况等；
4. 建筑高度、结构类型、荷载条件、地基变形控制要求等上部结构设计要求；
5. 设备施工能力及施工条件的有关资料。

4.1.2 水泥土筒桩的长度应根据上部结构对承载力和变形的要求确定；地基中有多层坚硬土层时，可采用长桩与短桩组合的复合地基方案；为提高抗滑稳定性而设置的水泥土筒桩，其桩底标高应低于处理后最危险滑动面以下2m。

4.1.3 水泥土筒桩的平面布置可根据上部结构特点及对地基承载力和变形的要求，采用正方形、等边三角形等布桩形式。

4.1.4 浅部存在软土、欠固结土、湿陷性黄土、可液化土时，宜先采用预压、压实、夯实、挤密等方法处理浅层地基，再采用水泥土筒桩；当水泥土筒桩的固结效应能减低或消除黄土湿陷性、砂土和粉土液化时，也可直接使用水泥土筒桩。

4.2 复合地基设计

4.2.1 水泥土筒桩的强度和壁厚，应通过现场试验确定，当无现场试验资料时，亦可按相似地质条件的工程经验确定。初步设计时壁厚亦可按表4.2.1-1估算。

表4.2.1-1 水泥土筒桩设计壁厚

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 土的名称 | 土的状态 | 壁厚（mm） |
| 单管法 | 双管法 | 三管法 |
| 黏性土 | 0< *N*<5 | 250-400 | 400-600 | 600-900 |
| 6< *N*<10 | 200-350 | 350-550 | 500-800 |
| 砂性土 | 0< *N*<10 | 300-500 | 500-700 | 750-1000 |
| 11< *N*<20 | 250-450 | 450-650 | 600-900 |
| 21< *N*<30 | 200-400 | 400-600 | 450-750 |

注：*N*为标准贯入击数。

4.2.2 水泥土筒桩复合地基竖向增强体的抗压承载力特征值应通过单桩竖向抗压荷载试验确定，试验方法可参照现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ340执行。初步设计时可按公式4.2.2-1和4.2.2-2计算，并取其小值。

$R\_{a}=u∑q\_{si}l\_{i}+αq\_{p}A\_{p}$ 4.2.2-1

$$u=πD$$

$$A\_{p}=\frac{π（D^{2}-d^{2}）}{4}$$

$R\_{a}=ηf\_{cu}A\_{p}$ 4.2.2-2

式中：

——水泥土筒桩单桩竖向抗压承载力特征值（kN）；

*u*——水泥土筒桩桩身周长（m）；

——水泥土筒桩桩长范围内第*i*土层厚度（m）；

——水泥土筒桩桩侧摩阻力特征值（kPa），宜根据试验资料和地区经验取值。当缺乏经验时，可按表4.2.2-1确定；

*α*——桩端土地基承载力折减系数，可取0.4-0.6，承载力高时取低值；

——水泥土筒桩桩端土的端阻力特征值（kPa），宜根据试验资料和地区经验取值，也可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007取值；

——水泥土筒桩桩身截面面积（m2）；

*D*——水泥土筒桩桩身外径（m）；

*d*——水泥土筒桩桩身内径（m）；

$η$——桩体强度折减系数，可取0.2-0.3；

——桩体抗压强度（kPa），取边长70.7mm立方体同等配合比试块标养条件下90d龄期的抗压强度平均值。

表4.2.2-1 水泥土筒桩的桩侧摩阻力特征值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 土的名称 | 土的状态 | 极限侧阻力标准值(kPa) |
| 淤泥 | / | 4~7 |
| 淤泥质土 | / | 6~12 |
| 黏性土 | 流塑 | *I*L>1 | 9-15 |
| 软塑 | 0.75<*I*L≤1.00 | 15-20 |
| 可塑 | 0.50<*I*L≤0.75 | 20-27 |
| 硬可塑 | 0.25<*I*L≤0.50 | 26-33 |
| 硬塑 | 0.00<*I*L≤0.25 | 32-38 |
| 坚硬 | *I*L≤0.00 | 37-45 |
| 粉土 | 稍密 | *e*>0.90 | 11-22 |
| 中密 | 0.75< *e*≤0.90 | 22-32 |
| 密实 | *e*≤0.75 | 32-50 |
| 粉细砂 | 稍密 | 10< *N*≤15 | 11-21 |
| 中密 | 15< *N*≤30 | 21-31 |
| 密实 | *N*>30 | 31-43 |
| 中砂 | 稍密 | 10< *N*≤15 | 27-37 |
| 中密 | 15< *N*≤30 | 37-45 |
| 密实 | *N*>30 | 45-60 |
| 粗砂 | 稍密 | 10< *N*≤15 | 40-60 |
| 中密 | 15< *N*≤30 | 50-65 |
| 密实 | *N*>30 | 60-75 |
| 砾砂 | 稍密 | 5< *N*63.5≤10 | 55-70 |
| 中密、密实 | *N*63.5>10 | 70-90 |

注：1 *I*L为液性指数，*e*为孔隙比；

2 *N*为标准贯入击数，*N*63.5为重型动力触探击数；

4.2.3 水泥土筒桩复合地基承载力特征值，应通过现场复合地基载荷试验确定，试验方法可参照现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ340执行，初步设计时也可按下式估算：

  4.2.3-1



式中：

——水泥土筒桩复合地基承载力特征值（kPa）；

*m——*面积置换率；

*de*——一根桩分担的处理地基面积的等效直径（m），等边三角形布桩*de*=1.05*s*，正方形布桩*de*=1.13*s*，*s*为桩间距；

 ——单桩承载力发挥系数，宜根据试验资料和地区经验取值，无经验时可取0.9-1.0；

 ——桩间土承载力发挥系数，宜根据试验资料和地区经验取值，无经验时对淤泥、淤泥质土和流塑状态的软土可取0.1-0.4，对其他土层可取0.4-0.8；

 ——处理后桩间土承载力特征值（kPa），宜根据试验资料和地区经验取值，一般取天然地基承载力特征值。

4.2.4 当采用长短桩复合地基时，其复合地基承载力特征值应通过现场多桩复合地基载荷试验确定，试验方法可参照现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ340执行，初步设计时也可按下式估算：

 4.2.4-1

式中：

、——长桩、短桩的单桩截面积（m2）；

、——长桩、短桩的面积置换率；

、——长桩、短桩的单桩承载力发挥系数；

、——长桩、短桩的单桩竖向抗压承载力特征值（kN）。

4.2.5 水泥土筒桩复合地基经深宽修正后的承载力特征值应按4.2.5-1计算：

 4.2.5-1

式中：

——经深宽修正后的承载力特征值（kPa）；

——基处底面以上土的平均重度（kN/m3），地下水位以下取浮重度；

*h*——基础埋置深度（m），在填方整平地区，可自填土地面标高算起，但填土在上部结构施工完成后进行时，应自天然地面标高算起。

4.2.6 当水泥土筒桩复合地基处理范围以下存在软弱下卧层时，应按4.2.6-1进行软弱下卧层承载力验算：

 4.2.6-1

式中：

——荷载效应标准组合时，软弱下卧层顶面处的附加压力值（kPa）；

——软弱下卧层顶面处地基土的自重压力值（kPa）；

——软弱下卧层顶面处经深宽修正后的地基承载力特征值（kPa）。

4.2.7 水泥土筒桩复合地基最终沉降变形的计算可采用等效作用分层总和法按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ79执行。

4.2.8 水泥土筒桩复合地基应在基础和增强体之间设置褥垫层，并应符合下列规定：

1. 褥垫层厚度宜取100-300mm，当桩径大或桩距大时褥垫层厚度宜取高值；
2. 褥垫层材料宜用中砂、粗砂、级配砂石或碎石等，最大粒径不宜大于20mm；
3. 对未要求全部消除湿陷性的黄土、膨胀土地基，宜采用灰土垫层，其厚度不宜小于300mm；
4. 砂石褥垫层夯填度不应小于0.93，灰土褥垫层压实系数不应小于0.95。

4.2.9 桩顶应采用混凝土填芯，并满足下列要求：

1.填芯高度不宜小于水泥土筒桩内径的3倍且不应小于1.5m。

2.填芯应采用无收缩或微膨胀混凝土。

3.筒内原状土应清除干净，填芯混凝土应灌注饱满、振捣密实。

4.必要时可按构造内插钢筋与承台连接。

4.3 止水帷幕设计

4.3.1 水泥土筒桩时可以相互咬合形成止水帷幕。支护结构采用排桩时，也可以形成与排桩相互咬合的组合帷幕。对碎石土、杂填土、泥炭质土或地下水流速较大时，宜通过试验确定水泥土筒桩止水帷幕的适用性。

4.3.2 采用水泥土筒桩帷幕时，高压喷射注浆应按水泥土固结体的设计有效壁厚与土的性状选择喷射压力、注浆流量、 提升速度、旋转速度等工艺参数，对较硬的粘性土、密实的砂土和碎石土宜取较小提升速度、较大喷射压力。当缺少类似土层条件下的施工经验时，应通过现场工艺试验确定施工工艺参数。固结区的有效壁厚宜通过试验确定；缺少试验时，可根据土的类别及其密实程度，按工程经验采用，亦可按表4.2.1-1确定。

4.3.3 水泥土筒桩的搭接宽度应符合下列规定：

1 单排水泥土筒桩帷幕的搭接宽度，当旋喷深度不大于10m时，不应小于150mm；当旋喷拌深度为10～15m时，不应小于200mm；当旋喷深度大于15m时，不应小于250mm；

2 对地下水位较高、渗透性较强的地层，宜采用双排水泥土筒桩截水帷幕；水泥土筒桩的搭接宽度，当旋喷深度不大于10m时，不应小于100mm；当旋喷深度为10～15m时，不应小于150mm；当旋喷深度大于15m 时，不应小于 200mm。

4.3.4 当土层中地下水流速高时，宜掺入外加剂改善水泥浆液的稳定性与固结性；当桩位孔邻近既有建筑物时，宜采用速凝浆液。

4.3.5 水泥土筒桩的施工作业顺序应采用隔桩分序方式，相邻桩的施工间隔时间不宜小于24h。采用与排桩咬合的水泥土筒桩截水帷幕时，应先进行排桩施工，后进行水泥土筒桩施工。

4.3.6 水泥土筒桩帷幕的设计尚应满足现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120的相关规定。

# 5 施工

5.1 施工准备

5.1.1 水泥土筒桩施工前，应具备下列文件和资料：

1.施工场地的地质勘察报告；

2.桩的施工图设计文件及设计交底、图纸会审记录；

3.经审查批准的施工组织设计或施工方案；

4.施工区域四周影响范围内的建(构)筑物、地下管线、高空线路、市政道路等相关资料和详实位置；

5.水泥等原材料的产品合格证书及抽样送检报告；

6.主要施工设备的技术性能资料。

5.1.2 水泥土筒桩施工前，应完成下列准备工作：

1. 调查施工区域及毗邻区域内的地下管线及建（构）筑物受施工影响的情况，并提出相应的安全措施；
2. 清理施工场区内影响施工的高空及地下障碍物。遇明浜、池塘及洼地时应抽水清淤，回填黏性土料并压实，不得回填杂填土或生活垃圾；遇高空高压线应做好安全防护；
3. 平整场地。施工场地的地面应平整，排水通畅，承压能力应满足施工机械和材料运输堆放的要求，且作业面标高宜高于设计桩顶标高500mm；
4. 在不受施工影响的位置设置控制点及轴线定位点；
5. 搭建施工的临时设施，且水、电、道路、排水等满足施工要求；
6. 向施工人员作技术交底；
7. 对防汛有影响的工程，汛期施工时，应执行防汛工作的有关规定。

5.1.3 水泥土筒桩施工应根据工程需要和土质条件选用单管法、双管法和三管法。

5.1.4 应进行不少于3根的试桩，以核对地质资料的正确性、检验施工机械选用的合理性，并确定施工控制参数。

5.1.5 施工前应检查施工机械设备的工作性能及各种计量装置的完好程度，并对流量、压力、钻具提升速度与旋转速度等参数进行标定。

5.1.6 桩位的控制点应设在不受施工影响的地方并妥善保护，施工中应定期复测。

5.1.7 施工前应复核设计孔位，水泥土筒桩的允许偏差应为±10mm，垂直度允许偏差应为1%。

5.2 施工作业

5.2.1 水泥土筒桩施工应按下列步骤进行：

1.桩机就位，调直、调平并稳固；

2.制备水泥浆；

3.喷射钻进。钻孔开始前，应关闭钻头阀门；钻孔开始时钻进应先慢后快；边下钻边喷浆至设计深度后停钻；

4.提升复喷，边提升边喷射直至预定的停喷面，停喷面高出设计标高不应小于500mm；

5.拔管及冲洗，移位或关闭施工机械。

5.2.2 高压浆液喷射应符合下列规定：

1 施工中使用的水泥应过筛，制备好的浆液不得离析；

2 单管法、双管法和三管法的高压浆液及三管法高压水的压力应大于20MPa，流量应大于30L/min，气流压力宜大于0.7MPa；

3 钻杆的钻进及提升速度不宜大于0.5m/min；

4 浆液宜采用强度为42.5级的普通硅酸盐水泥，可根据需要加入外加剂和掺合料，其用量应通过试验确定；

5 水泥浆液的水灰比宜为0.8-1.5；

6水泥掺量不宜少于被加固土体质量的20%；

7 喷射孔与高压注浆泵的距离不宜大于50m；

8 泵送及喷射应连续进行。如因故停浆，其搭接长度不应小于0.5m。

5.2.3 钻进及提升过程应保持匀速；软土层施工速度应放慢；钻进与提钻应连续进行。

5.2.4 当遇到卡钻、钻机摇晃、偏斜或发生异常声响时，应立即停钻，并采取相应措施。

5.2.5 桩长不能满足设计要求时，应停止施工。由监理或建设单位组织勘察、设计、施工等单位人员共同查找原因，提出解决方案，并形成文件资料。

5.2.6 施工过程中应对地质情况进行复查；当实际地质情况与勘察报告不符、可能影响承载力时，应对地质补充勘察。

5.2.7 在旋喷注浆过程中出现压力骤然下降、上升或冒浆异常时应查明原因并及时采取措施。

5.2.8 对需要局部扩大加固范围或提高强度的部位，可采取复喷措施。

5.2.9 当桩位孔邻近既有建筑物时，应采取速凝浆液、跳孔喷射等措施避免其遭到破坏。

5.2.10 施工时，每根桩应由专职记录员实时做好施工记录并由当班监理人员验证签名，施工记录可参照附录A。

5.2.11 施工中应做好废泥浆液处理，及时将废泥浆液运出或在现场短期堆放后作土方运出。

5.2.12 水泥土达到设计强度后，剔除桩头浮渣；高于桩顶设计标高20mm范围内应人工凿平。

# 6 检验与验收

6.1 施工前检验

6.1.1 应对水泥浆的原材料（水泥及其外加剂）质量、水灰比等进行检查。

6.1.2 施工前应对成桩机械的性能及其适用性进行检验。

6.1.3 施工前应严格对桩位进行检验。

6.2 施工过程检验

6.2.1 应检查桩位的放样偏差，群桩允许偏差应为 ±20 mm，单排桩允许偏差应 为±10mm；桩机就位垂直度偏差不应大于1%。

6.2.2 应检查浆液压力、水泥浆用量等。

6.2.3 应检查钻具钻进及提升速度、旋转速度、钻孔深度和垂直度等。

6.2.4 应监测施工对临近既有建筑的影响。

6.3 施工后检验

6.3.1应对桩顶标高和桩位偏差进行检测，检测结果应符合《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202的有关规定。

6.3.2 应进行成桩质量检验，可根据工程要求及当地经验采用开挖检查、标准贯入、动力触探等进行均匀性检测，其检验数量不应少于5%。当水泥土筒桩壁厚大于500mm时，可采用钻孔取芯检测桩身完整性和桩身强度，其检验数量不应少于1%。

6.3.3 应进行复合地基载荷试验和单桩静载试验，检测数量和方法应符合现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ340的有关规定。

6.3.4对设计要求消除地基液化、湿陷性的，应进行桩间土的液化、湿陷性检验。

表6.3.1 水泥土筒桩质量检验标准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 序号 | 检验项目 | 允许值或允许偏差 | 检验方法 |
| 主控项目 | 1 | 单桩承载力 | 不小于设计值 | 《建筑地基检测技术规范》JGJ340的有关规定 |
| 2 | 复合地基承载力 | 不小于设计值 | 《建筑地基检测技术规范》JGJ340的有关规定 |
| 3 | 桩长 | 不小于设计值 | 施工中量钻具长度 |
| 4 | 水泥用量 | 不小于设计值 | 查看流量表 |
| 5 | 桩身强度 | 不小于设计值 | 90d试块或钻芯法 |
| 一般项目 | 1 | 桩位 | 不大于70mm | 钢尺或全站仪测量 |
| 2 | 桩径 | 不小于设计值 | 钢尺量 |
| 3 | 垂直度 | 不大于1% | 经纬仪测量、查看钻机水平尺 |
| 4 | 桩顶标高 | -50~+30 | 水准仪测量 |
| 5 | 水灰比 | 设计值 | 用水量与水泥用量之比 |
| 6 | 旋喷压力 | 不小于设计值 | 检查压力表读数 |
| 7 | 钻进及提升速度 | 不大于设计值 | 测量钻进进尺和时间 |
| 8 | 成桩质量 | / | 开挖检查、标准贯入、动力触探及钻孔取芯 |

6.4 工程验收

6.4.1 当桩顶设计标高与施工场地标高相近时，基桩的验收应待全部基桩施工完毕后一次性进行；当桩顶设计标高低于施工场地标高时，应待开挖到设计标高后进行验收。

6.4.2 验收应在施工单位自检合格的基础上进行，并应具备下列验收资料：

1 岩土工程勘察报告；

2 桩基施工图、图纸会审纪要、设计变更单及材料代用通知单等；

3 经审定的施工组织设计、施工方案及执行中的变更单；

4 桩位测量放线图，包括工程桩位线复核签证单；

5 原材料的质量合格和质量鉴定书；

6 施工记录（包括桩位编号图）及隐蔽工程验收文件；

7 成桩质量检查报告；

8 桩基工程竣工图；

9 桩顶标高、桩位偏差和垂直度偏差检测结果；

10 成桩质量及复合地基承载力检测报告；

11 监测资料；

12 施工技术措施记录；

13 发生质量事故时的处理记录（如有）；

14 其他有必要提供的文件和记录。

# 附录A 水泥土筒桩施工记录表

A.0.1 水泥土筒桩施工记录表

施工单位： 工程名称：

施工部位： 设计桩长： 设计桩径：

喷嘴数量、方位、直径： 水泥品种及标号： 水灰比：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 桩号 | 钻孔时间 | 旋转速度（r/min） | 钻进/提升速度（m/min） | 压力（MPa） | 水泥用量（kg） | 入土深度（m） | 成桩长度（m） | 垂直度（%） | 备注 |
| 起 | 止 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

记录： 班组长： 技术负责人： 监理： 日期： 年 月 日

# 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）表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规程中指明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》GB50007

2《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202

3《建筑地基处理技术规范》JGJ79

4《建筑基坑支护技术规程》JGJ120

5《建筑地基检测技术规范》JGJ340



T/CECS XXXX -2020

**中国工程建设协会标准**

水泥土筒桩技术规程

Technical specification for soil-cement mixing tubular pile

# 条文说明

2020 北京

制定说明

本规程编制过程中，编制组进行了广泛和深入的调查研究，总结了已有的工程经验，同时参考了国内外相关的先进技术标准，结合试验研究，取得了大量重要技术参数。

为便于广大建筑工程设计、施工、监理、检测等人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《水泥土筒桩技术规程》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、依据以及执行中须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 23

2 术语和符号 24

[2.1术语 2](#_Toc11326)4

3 基本规定 25

4 设计 27

[4.1一般规定 27](#_Toc20669)

[4.2 复合地基设计 2](#_Toc16278)7

[4.3 止水帷幕设计 2](#_Toc16278)8

5 施工 29

[5.1 施工准备 2](#_Toc1589)9

[5.2 施工作业 30](#_Toc9251)

6 检验与验收 31

[6.3 施工后检验](#_Toc25426) 31

# 1 总则

1.0.1 水泥土筒桩是桩型和施工方法及筒形旋搅钻具都具有创新性，该工艺是在利用旋转的设备，采用专用筒形旋搅钻具，该筒形旋搅钻具兼具旋喷和搅拌功能。筒形旋搅钻具的端部可以设有竖向喷嘴、横向内侧喷嘴或横向外侧喷嘴，其原理类似高压旋喷桩的原理；钻进的同时利用筒形旋搅钻具上的搅拌刺，利用深层搅拌桩的原理，即旋喷融合的搅拌方法。由于水泥土筒桩中间为原状土或低强度水泥土，可节省大量的水泥用量。

在复合地基的应用中，由于桩径大，桩的净间距小，且水泥土筒桩中间的原状土和水泥土筒桩外侧的原状土均有侧限约束，桩的受力更加合理。在止水帷幕中，由于桩径大，桩与桩的接触面积大，止水效果好。

目前该施工工艺已经在辽宁、山东、河北、广西等省份推广应用，取得很好的经济和社会效益。但是目前国家没有相应的规范或标准来规范和指导水泥土筒桩的设计、施工、检验和验收，故编制本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑工程水泥土筒桩的设计、施工、检验及验收。公路、铁路、水利和市政工程可结合工程的实际特点采用本规程水泥土筒桩的设计、施工、检验和验收方法。

1.0.3 全国各地区地基土千差万别，即使同一地质条件下地基土的物理力学性质指标也有较大的离散性，因此必须坚持因地制宜、就地取材的原则。设计、施工人员应根据工程的地质条件、结构类型和长期荷载作用下的工作状况来优化设计方案，加强施工质量管理，以提高产品质量。

**2 术语和符号**

## 2.1术语

2.1.1 除水泥浆液以外，也可以采用其他具有加固作用的化学浆液。

## 2.2符号

取边长70.7mm立方体同等配合比试块标养条件下90d龄期的抗压强度平均值。不同于混凝土，水泥土的强度在龄期超过28d后仍有明显增长，为节约成本，对水泥土试块取90d龄期为标准龄期。

# 3 基本规定

3.0.1 水泥土筒桩实现了钻孔与喷浆的同步进行，钻具自带喷射工能，无需引孔或预钻孔。考虑钻头端部竖向喷嘴高压射流可以达到切割土体、超前乳化、冷却钻头、减小阻力的效果，水泥土筒桩可以适用于一些传统高压旋喷桩难以钻进的土层。

3.0.3 在桩基础应用中，水泥土筒桩是半钢性桩，因强度低，一般不直接用于桩基础中，而作为劲芯复合桩的外桩加以应用。其作为劲心复合桩外桩应用时有两种情况:

第一，先利用水泥土筒桩施工完外桩，然后再施工芯桩，形成劲芯水泥土筒桩。

第二，可以先施工芯桩，然后再施工水泥土筒桩外桩，形成劲芯水泥土筒桩。

芯桩可以采用预制桩、现浇混凝土灌注桩或钢桩等。其水泥土外桩的形状、长度均灵活可控。外桩可以是不等径的，可以在局部形成扩径、扩大头，以充分发挥地层的优势。其长度可以长于、等于或小于芯桩，可以在芯桩的任一部位形成水泥土外桩。

 图 3.0.3 劲芯水泥土筒桩常见组合形式图

3.0.4 对于成层土，应以较弱土层对应的抗压强度作为本规程4.2.2计算单桩承载力的依据。

3.0.5 成桩试验的目的有：验证地层条件适应性；确定成桩过程中的浆液压力、水灰比、钻进速度、旋转速度等工艺参数。

成桩试验应选择具有代表性的场地、直径和桩长。

水泥土筒桩作为一种新型桩，应在工程桩正式施工前进行载荷试验，确定其承载力，为设计人员提供足够的设计依据。

# 4 设计

## **4.1一般规定**

4.1.1 岩土工程勘察资料应包括按两种极限状态进行桩基设计所需要的岩土技术参数、对建筑场地不良地质作用的评价结论及其防治方案、抗浮设防水位建议值等岩土工程评价内容。岩土技术参数，是用与桩基承载力、沉降变形计算及稳定性验算的各岩土层物理力学指标的统称，包括室内土工试验成果指标、原位测试成果指标。

设计时应对勘察报告提供的评价与建议进行分析研究，针对不同方案进行技术经济对比与优化，择优选取。

4.1.2 从承载力角度看，提高置换率比增加桩长的效果更好，但增加桩长有利于减少沉降。尤其是桩端穿越软弱土层到达承载力相对较高的土层时，对沉降的控制尤为明显。在软弱土层，水泥土筒桩长度宜超过危险滑弧，以利用桩体的力学性能提高抗滑稳定性。

 地质条件复杂时，长短桩结合的设计方案不仅可以节约成本，也可以调整和减小不均匀沉降。

4.1.3 水泥土桩的布置形式对加固效果有很大影响，宜根据工程地质特点和上部结构要求采用柱状、壁状、格栅状和块状等不同加固形式。

1.柱状：每隔一定距离打设一根水泥土筒桩，可充分发挥桩体强度和桩侧摩阻力，常为正方形或正三角形布置。

2.壁状、格栅状和块状：将相邻桩单侧或多侧部分重叠搭接形成的加固形式，刚度较大。适用于上部结构单位面积荷载较大和对不均匀沉降较为敏感的建筑物。

4.1.4 水泥土筒桩旋喷形成水泥土区域，可以起到减低或消除黄土湿陷性、砂土和粉土液化的作用。具体效果应通过桩间土的标准贯入试验等方法判定。

## **4.2 复合地基设计**

4.2.1 水泥土筒桩的壁厚是一个复杂的问题，除浅部可以用开挖的方法验证之外，深部壁厚无法用准确的方法确定。因此，只能用半经验的方法确定、判断。

4.2.2 为充分发挥桩间土的承载力和复合地基的潜力，应使由土的抗力确定的单桩竖向抗压承载力和由桩体强度确定的单桩竖向抗压承载力接近，并使后者略大于前者较为安全和经济。

水泥土筒桩单桩竖向抗压承载力的估算方法，采用广大岩土工程师较为熟悉的经验参数法。该法的关键，是土的侧阻力、端阻力经验值的取值问题。

水泥土筒桩本质是一种高压旋喷桩桩的变形，故其土的侧阻力、端阻力以高压旋喷桩的经验值为基础，再考虑施工工艺的影响做一定的调整。

编制组将本规程水泥土筒桩单桩竖向抗压承载力特征值估算公式与水泥土筒桩单桩竖向抗压静载试验成果进行了对比，结果显示试验实测值略大于计算值。可见该公式用于估算水泥土筒桩单桩竖向抗压承载力时具有一定的安全储备。

4.2.3 计算面积置换率时将水泥土筒桩桩芯的原状土按未处理考虑。实际上这部分原状土受到筒桩的约束作用，承载力有明显提高，这里将其作为安全储备，不予考虑。

4.2.5 其宽度修正系数取0，深度修正系数取1.0。

4.2.9 填芯不仅具有构造作用，而且具有提高承载力、抗震等作用。填芯时应保证填芯混凝土与桩身水泥土的整体性。

4.3止水帷幕设计

4.3.3 理论上只要桩体互相搭接就可以起到止水的效果，但受施工偏差制约，很难达到理想的搭接效果。如搭接宽度太小，则受桩位和垂直度偏差的影响可能无法形成有效搭接。如搭接宽度太大，则桩间距小，桩的有小部分过少，造成浪费。

4.3.4 当地下水流速高时，需在水泥浆液中掺入适量的外加剂，如氯化钙、水玻璃、三乙醇胺或氯化钠等。由于不同地区，即使土的基本性状相同，但成分也会有所差异，对水泥的固结性产生不同影响。因此，当缺少实际经验时，水泥掺量和外加剂品种及掺量应通过试验确定。

4.3.5 为保证邻桩施工时已施工筒桩不被高压浆液破坏，故有此时间间隔规定。

**5 施工**

5.1 施工准备

5.1.1 1 土层对桩基施工的影响较大，为保证施工质量和施工进度，在施工前必须掌握该区域土层的性状和分布情况。

 2 施工前应对照图纸核实孔位处有无妨碍施工和影响安全的障碍物。如遇有障碍物影响施工，应与有关单位协商清除、搬移或更改设计。

5.1.2 1 为保证水泥土筒桩正常施工，施工用的供水、供电、道路、排水、临时房屋等临时设施必须在开工前准备完毕。建筑场地应平整、密实，无地下和空中障碍物，地基承载力满足施工机械行走、作业的要求。

 2 基桩轴线的控制点应设置在位置稳定、易于长期保存的位置。当有工作基点时，应定期将其与基准点进行联测。

5.1.3 单管法：喷射高压水泥浆一种介质；双管法：喷射高压水泥浆和压缩空气两种介质；三管法：喷射高压水泥浆、高压水流和压缩空气三种介质。其有效处理范围以三管法最大，双管法次之，单管法最小

5.1.4 试验性施工的目的是验证所选机械的适用性、地质条件的符合性，同时确定合理的施工工艺参数，如旋转速度、钻进速度、旋喷压力等。

试验性施工时应详细记录施工的各类参数值与不同地层、深度的对应关系，并采用开挖、取芯等方法检验成桩质量，以为设计和施工提供详尽的参考资料。

5.1.5 本条规定的目的是在施工前通过对施工机械及其配套设施的试运行和对其工作参数的标定，确定设备能够正常运转且参数满足施工要求。

5.1.6 桩点位标志物应避免因施工而破坏。如在施工中标志物遭到破坏则应重新复测定位。

5.1.7实际施工孔位与设计孔位偏差过大会影响加固效果。

5.2 施工作业

5.2.2 1所用外加剂或掺和剂的数量应根据水泥土的特点通过室内配比实验或现场试验确定。当有足够实践经验时，也可以按经验确定。

2 水泥浆的水灰比越小，处理后地基的承载力越高。但由于施工设备的原因，水灰比太小时喷射困难。故水灰比通常取0.8-1.5，生产实践中常用1.0.

 3 水泥掺量可取被加固土质量的20%-35%，当土质较差或设计要求水泥土强度较高时，水泥掺量可取高值。

4 若钻机与高压水泵距离过远，则高压浆液的沿程损失增大，会造成喷射压力不满足要求。因此钻机与高压泵之间的距离不宜过远。

5 停浆后复喷的搭接长度规定为保证固结体的整体性。

5.2.4 钻进过程中如难以钻进，应缓慢进尺。如仍难以钻进，则应考虑更换钻头、提高竖向喷射压力、或者更换大功率钻机。如强行钻进，易导致桩位偏差、桩身倾斜甚至钻杆拧断。

5.2.5~5.2.6 水泥土筒桩应按设计控制成孔深度。但由于勘察孔位与桩基布置并不一一对应，施工时经常遇到实际地质与勘察资料不符的情况。此时应会同相关各方，调整方案。

5.2.7 压力异常的几种可能情况为：1）流变不变而压力骤降，可能有泄露，应检查各部位的密封性能；2）压力陡增而流量变小，可能系喷嘴堵塞，应疏通喷嘴；3）压力不稳定，可能是注浆泵内进入空气或硬质颗粒物。

5.2.8 在不改变喷射参数的条件下，对同一标高的土层做重复喷射能够加大有效加固范围和提高固结体强度。复喷的位置根据工程要求决定，在实际工作中通常在顶部和底部复喷。根据工程经验，在标准贯入击数N>12的黏性土、N>20的砂土中最好采用复喷工艺，以增加固结体壁厚、提高固结体强度。

5.2.10 如实记录施工的各项参数、详细描述旋喷注浆时的各种现象，可以更好的判断加固效果，为质量检验提供资料。

5.2.11 浆液管理直接影响文明施工。必须在开工前做好规划，保持场地清洁。

**6 检验与验收**

施工质量检验应分阶段并贯穿施工的全过程。施工质量检验的实施细则应包括：检验对象、检验项目、检验批次、检验频率、检验方法、检验设备、检验人员、检验时机、质量判别标准、检验记录等。

6.3 施工后检验

6.3.2 开挖检查、动力触探和标准贯入相对简单易行，但通常在浅层进行，难以对整个固结体的质量做全面检查。当壁厚条件允许时，应优先进行钻孔取芯检测。

检测点位应布置在有代表性的加固区，施工时出现异常现象和地质复杂的地段应重点关注。