UDC

中国土木工程学会标准

P T/CCES X－20XX

全方位高压喷射注浆技术规程

Technical code for omnibearing high pressure jet grouting

20XX–XX–XX 发布 20XX–XX–XX 实施

中国土木工程学会 发布

**中国土木工程学会标准**

全方位高压喷射注浆技术规程

Technical code for omnibearing high pressure jet grouting

**T/CCES X－20XX**

批准单位：中国土木工程学会

施行日期：20XX年XX月XX日

20XX 北 京

**前 言**

本规程根据中国土木工程学会标准与出版工作委员会关于发布《2017年中国土木工程学会标准研编计划（第一批）》的通知（土标委[2017]14号）的要求，由上海市基础工程集团有限公司、上海隧道工程有限公司会同有关单位编制而成。

在本规程编制过程中，编制组经广泛调查研究和总结了全方位高压喷射注浆的工程实践经验，参考了国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，对具体内容进行了反复讨论、协调和修改，最后经审查定稿。

本规程的主要技术内容是：总则，术语、符号与参考标准，基本规定，设计，材料与设备，施工，质量检查与验收，安全与环境保护以及有关的附录。

本规程由中国土木工程学会标准与出版工作委员会负责管理，由上海市基础工程集团有限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，请寄送全方位高压喷射注浆技术规程标准编制组（地址：上海市民星路231号，邮政编码 200433），以便今后修订时参考。

主编单位：上海市基础工程集团有限公司

上海隧道工程有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc522664957)

[2 术语、符号与参考标准 2](#_Toc522664958)

[2.1 术 语 2](#_Toc522664959)

[2.2 符号 3](#_Toc522664960)

[2.3 参考标准 3](#_Toc522664961)

[3 基 本 规 定 5](#_Toc522664962)

[4 设 计 6](#_Toc522664963)

[4.1 一 般 规 定 6](#_Toc522664964)

[4.2 设 计 计 算 6](#_Toc522664965)

[4.3 构 造 8](#_Toc522664966)

[5 材 料 与 设 备 10](#_Toc522664967)

[5.1 材 料 10](#_Toc522664968)

[5.2 设 备 10](#_Toc522664969)

[6 施 工 11](#_Toc522664970)

[6.1 一 般 规 定 11](#_Toc522664971)

[6.2 施 工 准 备 11](#_Toc522664972)

[6.3 浆 液 配 制 11](#_Toc522664973)

[6.4 成 孔 12](#_Toc522664974)

[6.5 喷 射 成 桩 12](#_Toc522664975)

[6.6 强制回浆控制 13](#_Toc522664976)

[6.7 信息化施工 13](#_Toc522664977)

[7 质量检查与验收 14](#_Toc522664978)

[7.1 一 般 规 定 14](#_Toc522664979)

[7.2 施工前检查 14](#_Toc522664980)

[7.3 施工过程质量检查 14](#_Toc522664981)

[7.4 质 量 验 收 15](#_Toc522664982)

[8 安全和环境保护 17](#_Toc522664983)

[8.1 安 全 17](#_Toc522664984)

[8.2 环 境 保 护 17](#_Toc522664985)

[附表A 全方位高压喷射注浆技术桩施工记录表 18](#_Toc522664986)

[附表B工程检验批质量验收记录 19](#_Toc522664987)

[附表C隐蔽工程验收单 20](#_Toc522664988)

[本规程用词说明 22](#_Toc522664989)

[条文说明](#_Toc522664989)

Contents

[1 General principles 1](#_Toc522664957)

[2 Terms, symbols and reference standards 2](#_Toc522664958)

[2.1 Terms 2](#_Toc522664959)

[2.2 Symbols 3](#_Toc522664960)

[2.3 Reference standards 3](#_Toc522664961)

[3 Basic requirements 5](#_Toc522664962)

[4 Design method and conformation 6](#_Toc522664963)

[4.1 General requirements 6](#_Toc522664964)

[4.2 Design method 6](#_Toc522664965)

[4.3 Conformation 8](#_Toc522664966)

[5 Materials and equipment 10](#_Toc522664967)

[5.1 Material 10](#_Toc522664968)

[5.2 Equipment 10](#_Toc522664969)

[6 Construction 11](#_Toc522664970)

[6.1 General requirements 11](#_Toc522664971)

[6.2 Construction preparation 11](#_Toc522664972)

[6.3 Preparation of slurry 11](#_Toc522664973)

[6.4 Drilling 12](#_Toc522664974)

[6.5 Jet pile 12](#_Toc522664975)

[6.6 Mandatory grouting control 13](#_Toc522664976)

[6.7 Information construction 13](#_Toc522664977)

[7 Quality inspection and acceptance 14](#_Toc522664978)

[7.1 General requirements 14](#_Toc522664979)

[7.2 Pre-construction inspection 14](#_Toc522664980)

[7.3 Quality inspection during construction 14](#_Toc522664981)

[7.4 Quality acceptance 15](#_Toc522664982)

[8 Safety and environmental protection 17](#_Toc522664983)

[8.1 Safety 17](#_Toc522664984)

[8.2 Environmental protection 17](#_Toc522664985)

[Appendix A Construction record of omnibearing high-pressure jet grouting 18](#_Toc522664986)

[Appendix B Arecord of quality acceptance of engineering inspection lot 19](#_Toc522664987)

[Appendix C The record of concealed work 20](#_Toc522664988)

[Explanation of wording in this code 22](#_Toc522664989)

Explanation of provisions

**1 总 则**

**1.0.1** 为规范和促进全方位高压喷射注浆在工程中的应用，做到安全可靠、经济合理、节能环保、技术先进，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于全方位高压喷射注浆的设计、施工、质量检查与验收。

**1.0.3** 全方位高压喷射注浆的设计、施工及质量检查与验收，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、符号与参考标准**

**2.1 术 语**

**2.1.1** 全方位高压喷射注浆 omnibearing high-pressure jet grouting

全方位高压喷射注浆（简称MJS工法）是一种可进行水平、倾斜、垂直施工的高压喷射注浆技术，具有强制排浆和实时监控地内压力的功能，可达到减少施工对周边环境影响的目的。

**2.1.2** 喷射流 jet

用于切割、搅拌土体的高压水泥浆射流。

**2.1.3** 同轴高压空气 concentric high pressure air

包裹在喷射流周围的高压空气，用于减少喷射流的能量损耗，增加成桩直径。

**2.1.4** 前端总成装置 front-end assembly device

位于钻杆前端，集成了钻头、喷射流喷嘴、同轴高压空气喷嘴、压力感应器、回浆口、回流水喷嘴等部件的装置。

**2.1.5** 回浆口 returning slurry entrance

位于前端总成装置内，起到排浆作用的排放口。

**2.1.6** 回流水 back jet

利用射流原理使回浆口周边形成真空，吸入泥浆并通过排泥管路集中排放到地面的高压水流。

**2.1.7** 回流气 back air

在排泥管路中通过气举作用辅助排浆的高压空气。

**2.1.8** 地内压力 undergroud pressure

前端总成装置压力感应器量测的桩体内的泥浆压力。

**2.1.9** 地内压力控制系数 undergroud pressure coefficient

地内压力与取压点垂直深度对应水柱压力的比值。

**2.1.10** 步进提升或回抽 step lift

按照预设距离，分步提升，垂直、倾斜施工时称为步进提升，水平施工时称为步进回抽。

**2.1.11** 定喷 directional jet grouting

在喷射和移动钻杆过程中保持钻杆不转动，使喷嘴对着固定方向喷射，在土体中形成壁状加固体的成桩形式。

**2.1.12** 摆喷 pendulum jet grouting

在喷射和移动钻杆过程中使钻杆在一定角度内来回摆动，在土体中形成扇形或圆形截面加固体的成桩形式。

**2.2 符号**

**2.2.1** 土的物理力学指标

c——粘聚力；

k——渗透系数。

**2.2.2** 计算系数

α——搭接系数；

β——经验系数；

ξ——地内压力控制系数。

**2.2.3** 几何参数

h——取压点的垂直深度；

d——复喷距离；

L——钻杆长度。

**2.2.4** 其他

g——重力加速度；

m——每延米实际水泥用量；

——每升水泥浆液中水泥含量；

P——地内压力值；

q——高压泥浆泵流量；

qu——无侧限抗压强度；

t——每延米喷射施工时间；

ρ水——水的密度。

**2.3 参考标准**

1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007

2 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202

3 《建筑施工安全技术统一规范》GB 50870

4 《建筑工程绿色施工规范》GB/T50905

5 《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004

6 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33

7 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46

8 《混凝土用水标准》JGJ 63

8 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79

9 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120

10 《建筑施工现场环境与卫生标准》JGJ 146

11 《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T199

**3 基 本 规 定**

**3.0.1** 全方位高压喷射注浆的设计与施工应综合分析工程特点、工程水文地质条件、周边环境、施工条件、材料性能和工程造价等因素。

**3.0.2** 全方位高压喷射注浆可用于填土、黏性土、粉土、砂土、碎石土等地层，在碎石土、有地下水流动或腐殖土等地质条件下应根据现场试验结果确定其适用性。

**3.0.3** 全方位高压喷射注浆可应用于地基加固、截水帷幕、基坑围护结构、重要建（构）筑物和管线隔离保护等工程。

**3.0.4** 周边环境保护要求高或在缺乏工程经验的地区施工前，应进行试桩或试验性施工，以确定相适宜的施工工艺及参数。

**3.0.5** 全方位高压喷射注浆施工期间，应对周边施工影响范围内建（构）筑物和地下管线进行监测和保护。

**3.0.6** 全方位高压喷射注浆施工质量，应符合设计和现行有关标准的规定，并应进行质量检查和验收。

**4 设 计**

**4.1 一 般 规 定**

**4.1.1**  全方位高压喷射注浆设计前，应具备下列资料：

**1** 岩土工程勘察报告；

**2** 拟建建（构）筑物和地下结构资料；

**3** 邻近建（构）筑物，地上、地下管线和地下障碍物等资料。

**4.1.2** 全方位高压喷射注浆的设计内容应包括成桩方向（水平、倾斜、垂直）、单桩成桩形式（摆喷或定喷）、成桩直径、桩体强度、渗透系数、桩长、水泥用量、桩位布置等。

**4.1.3** 全方位高压喷射注浆应符合以下规定：

**1** 多排桩可采用矩形布桩或梅花形布桩；

**2** 全方位高压喷射注浆成桩方向为水平时，向上的倾斜角度不宜大于15°；

**3** 成桩直径宜取2000mm~2600mm，可采用延长喷射时间、增大喷射流量等措施增大成桩直径，其具体施工参数应通过试桩确定；

**4** 桩体深度或长度不宜大于60m；

**5** 水泥浆液水胶比宜为1.0~1.3。

**4.1.4** 全方位高压喷射注浆桩体28d无侧限抗压强度应满足设计要求，且不应小于1.0MPa。

**4.1.5** 全方位高压喷射注浆用于截水帷幕时，渗透系数应满足设计要求且不应大于1×10-7cm/s。

**4.1.6** 全方位高压喷射注浆宜采用强度等级不低于P.O 42.5级的普通硅酸盐水泥，圆形桩每延米水泥用量不应小于2800kg，扇形桩应根据摆喷角度折算。

**4.1.7** 全方位高压喷射注浆应根据工程特点和施工条件等因素进行设计计算；用作基坑围护结构时，应根据使用功能进行设计计算；用作截水帷幕时，应根据地下水控制要求确定桩体深度；用作地基加固时，应根据加固形式和使用要求进行设计计算和桩体布置。

**4.2 设 计 计 算**

Ⅰ 围护结构

**4.2.1**  全方位高压喷射注浆内插芯材作为围护结构的计算与验算方法应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的相关规定，并应计算下列内容：

**1** 内力和变形计算；

**2** 整体稳定性验算；

**3** 抗倾覆稳定性验算；

**4** 坑底抗隆起稳定性验算；

**5** 抗渗流稳定性验算；

**6** 芯材承载力验算；

**7** 水泥土局部抗剪承载力验算；

**8** 基坑环境影响分析与评估。

**4.2.2**  全方位高压喷射注浆作为重力式挡墙的计算与验算方法应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120的相关规定，并应计算下列内容：

**1** 内力和变形计算；

**2** 整体稳定性验算；

**3** 抗倾覆稳定性验算；

**4** 坑底抗隆起稳定性验算；

**5** 抗渗流稳定性验算；

**6** 基坑环境影响分析与评估。

**4.2.3**  全方位高压喷射注浆内插芯材作为围护结构计算抗弯刚度仅应计算芯材的截面刚度。在进行围护结构内力和变形计算以及基坑抗隆起、抗倾覆、整体稳定性等各项稳定性验算时，围护结构的深度应取芯材的插入深度。

**4.2.4**  全方位高压喷射注浆内插芯材作为围护结构计算截面上的弯矩和剪力应由芯材承担，并应对芯材的抗弯、抗剪承载力进行验算。当芯材需要接长时，应验算连接接头的抗弯和抗剪承载力。

**4.2.5** 全方位高压喷射注浆用于水利堤基处理时，应进行抗渗流、稳定、变形计算。

Ⅱ 截水帷幕

**4.2.6**  采用全方位高压喷射注浆隔断地下水时，应根据渗流稳定性计算确定桩体的深度，并应进入相对不透水层且不小于1.0m。

**4.2.7**  采用全方位高压喷射注浆作为深层地下水的悬挂截水帷幕时，应根据渗流稳定性计算、周边环境控制要求和基坑降水环境影响分析等因素确定桩体的深度。

**4.2.8**  采用全方位高压喷射注浆作为排桩的截水帷幕，当相邻排桩间净距大于200mm时，应验算排桩间截水帷幕的抗剪承载力。

Ⅲ 地基加固

**4.2.9**  全方位高压喷射注浆用于地基加固时，加固体的宽度、深度和平面位置应根据土质条件、环境保护要求等确定。

**4.2.10** 全方位高压喷射注浆用于竖向承载时宜按复合地基设计，复合地基承载力设计值应通过现场复合地基载荷试验确定。初步设计时，也可结合当地及土质相似工程经验和现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79中的有关规定确定。桩长范围内复合地基以及下卧层地基变形值应按国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007有关规定计算。

**4.2.11** 全方位高压喷射注浆用于隧道洞口地基加固时，应进行加固区强度和稳定性验算，并满足止水要求。

**4.3 构 造**

**4.3.1**  全方位高压喷射注浆的桩端偏差值与钻孔长度的比值不应大于1/150。

**4.3.2** 全方位高压喷射注浆尚应符合下列规定：

**1** 用作地下连续墙槽壁加固时，宜采用不大于160°的背向摆喷的成桩形式，其桩心与地下连续墙的净距应根据成桩深度和垂直度偏差确定，且不应小于200mm（图4.3.2-1）；



图4.3.2-1 用作槽壁加固时桩位布置示意图

1——地下连续墙；2——全方位高压喷射注浆桩

**2** 用作排桩支护的截水帷幕时，宜采用不小于120°的摆喷成桩形式，当摆喷角度小于180°，其桩心间距应与排桩桩心间距一致（图4.3.2-2）；

图4.3.2-2 用作排桩截水帷幕时桩位布置示意图

1——排桩；2——全方位高压喷射注浆桩

**3** 当全方位高压喷射注浆内插芯材作为围护结构时，宜采用先插法施工，摆喷角度不宜小于120°，其桩心间距应与芯材中心间距一致（图4.3.2-3）。

图4.3.2-3 用作围护结构时桩位布置示意图

1——芯材；2——全方位高压喷射注浆桩

**4.3.3**  全方位高压喷射注浆内插芯材应符合下列规定：

**1** 桩体深度宜比芯材的插入深度深500mm～1000mm；

**2** 芯材宜等间距布置，且相邻芯材的净距不宜小于1000mm；

**3** 芯材垂直于基坑边线平面定位偏差不应大于10mm，平行于基坑边线平面定位偏差不应大于20mm。

**4** 芯材在平面内和平面外的垂直度偏差均不应大于1/150。

**5** 单根芯材连接接头的位置应避免设在支撑位置或开挖面附近等构件受力较大处；相邻芯材的接头竖向位置宜相互错开，错开距离不宜小于1m，且接头距离基坑底面不宜小于2m。

**4.3.4** 桩间搭接应充分考虑成桩直径、土体不均匀性、成孔精度、加固土有效厚度等因素。有止水要求时，桩间搭接不应小于300mm。

**4.3.5** 成桩方向为水平方向或倾斜角度大于等于30°时，宜采用摆喷角度不大于180°向下喷射成桩形式，有特殊要求时可采用不带同轴高压空气的全圆成桩形式。

**4.3.6**  成桩方向为水平方向时应符合下列规定：

**1** 加固区范围应结合工作井尺寸和设备限界设计；

**2** 覆土厚度不宜小于1500mm。

**5 材 料 与 设 备**

**5.1 材 料**

**5.1.1** 全方位高压喷射注浆所用注浆材料可根据需要加入适量的外加剂及掺合料，所用外加剂及掺合料的种类、数量应通过试验确定。

**5.1.2** 对进入现场的膨润土、水泥、外加剂、掺合料等材料应进行验收，检查产品合格证书，应按照有关规定抽样送检。

**5.1.3** 全方位高压喷射注浆用水泥应严格防潮和缩短存放时间，施工过程中应抽样检查，不得使用过期的和受潮结块的水泥。

**5.1.4** 拌制水泥浆的用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的有关规定，当无法确定水质情况时，应进行水质检测。

**5.2 设 备**

**5.2.1** 施工设备应包括：钻机、前端总成、多孔钻杆、排浆阀门控制油泵、地内压力监控设备、自动数据显示记录仪、高压泥浆泵、高压水泵、拌浆系统、空气压缩机、起吊设备等。

**5.2.2** 施工前应根据施工工艺、现场场地条件选择合适的设备。

**5.2.3** 施工设备应符合下列规定：

**1** 前端总成装置应具有可控制的排泥系统、地内压力数据采集等功能；

**2** 空气压缩机输出压力、流量稳定；

**3**  高压泥浆泵、高压水泵输出压力、流量稳定，压力变动幅度不得大于2MPa；

**4**  钻机应具备自动控制步进提升或回抽、摆动等功能，并应具有防钻杆掉落安全装置。

**5.2.4** 直径大于2.8m的桩体，宜选择流量不小于180L/min的高压泥浆泵。

**5.2.5** 自动数据显示记录仪距离钻机、地内压力监控设备、高压泥浆泵、高压水泵大于50m，可采用无线数据传输模式。

**6** **施 工**

**6.1 一 般 规 定**

**6.1.1**  施工前应编制专项施工方案。

**6.1.2** 施工前应确定施工参数，包括喷射流压力和流量、同轴高压空气压力和流量、钻杆提升或回抽速度、水胶比等。

**6.1.3**  施工过程中应有专人负责质量监测和动态施工控制，进行施工记录。

**6.1.4** 垂直深度在30m以上或砂质土层厚度大于10m的工况施工时，宜配置外套管。

**6.1.5** 全方位高压喷射钻机与高压泥浆泵的距离不宜大于50m。

**6.1.6** 全方位高压喷射成桩顺序应符合下列规定：

**1** 成桩宜采用跳桩施工，跳桩间隔宜为4m～6m；

**2** 相邻桩施工间隔时间不应小于24h；

**3** 水平方向群桩施工时应由下往上依次进行；

**4** 有保护性对象的群桩施工时，宜先进行隔离桩施工。

**6.2 施 工 准 备**

**6.2.1** 施工前应事先平整场地，根据图纸测量放样，开挖样沟排摸管线，确认管线及障碍物情况，砌泥浆池或设置堆土场地。

**6.2.2** 施工前应根据施工设备合理配置供电量。单套标准全方位高压喷射注浆设备用电量不宜小于350kW。

**6.2.3** 施工前应根据施工参数计算理论用水流量，合理布置供水管道，总供水流量不宜小于150L/min。

**6.2.4** 施工前应根据地下管线和邻近建（构）筑物的保护要求，完成监测点的布设及其他保护措施。

**6.2.5** 水平方向施工前，应根据施工条件选择合适的可升降作业平台、测斜设备、纠偏钻头等，作业平台应能提供足够的稳定性。

**6.3 浆 液 配 制**

**6.3.1** 水泥浆液的拌制宜采用自动拌浆系统，自动拌浆系统的计量仪器应根据标准进行校核。

**6.3.2** 浆液应经过搅拌机充分搅拌均匀后才能开始使用，并应在储存过程中不停顿地缓慢搅拌，储存时间不应大于浆液初凝时间。浆液在泵送前应经过筛网过滤。拌制好的浆液应进行随机抽检。

**6.3.3** 当日平均温度低于5°C或最低温度低于-3°C的条件下施工时，应采取措施防止浆液冻结；在炎热条件下，用水温度不得超过35°C，当暂停施工时，拌浆桶和注浆管路暴露于阳光下不应超过2h。

**6.4 成 孔**

**6.4.1** 垂直方向成孔时，宜采用钻机进行预成孔，孔深应满足喷射流喷嘴到达设计桩端。

**6.4.2** 水平方向成孔时，宜采用全方位高压喷射注浆钻机自行成孔，孔深应满足喷射流喷嘴到达设计桩端。

**6.4.3** 水平方向成孔时，应在围护结构或结构墙上用钻机预先开孔，并安装防喷装置。成孔过程中应及时测斜与纠偏，循序进行至成孔完成。

**6.4.4** 成孔位置偏差不应大于50mm；成孔偏差应结合成桩目的、桩径、搭接、深度进行控制值设定，且不应大于1/150。

**6.4.5** 在易坍塌的土层成孔时，宜采取护壁措施。

**6.5 喷 射 成 桩**

**6.5.1** 喷射成桩前应确定喷射角度、步进间隔时间、步进间距、喷射流量、喷射压力、摆动转速等参数。

**6.5.2** 喷射成桩开始时，喷射流宜逐步加压至设定值。

**6.5.3** 应根据地内压力控制系数、深度、地质条件，设定地内压力显示控制值，垂直方向、倾斜方向施工时应根据深度及时调整控制值：

P=ξ ρ g h/106 (6.5.3)

式中：P——地内压力值（MPa）；

ξ——地内压力控制系数，宜取1.3~1.6；

h——取压点的垂直深度（m）；

ρ——水的密度取1.0×103kg/m3；

g——重力加速度取9.8m/s2。

**6.5.4** 钻杆分段提升或回抽的搭接长度不应小于100mm。若施工因故停止，在恢复施工时，与停止前喷射过的区域搭接施工不应小于500mm。当喷射停止超过1h，或高压喷射完毕，应拆除钻杆并进行清洗，防止钻杆、喷嘴堵塞。

**6.5.5** 为防止浆液凝固收缩影响桩顶高程和产生沉降，可采用超标高喷射、在原孔位采用回灌浆液等措施。

**6.5.6**  全方位高压喷射注浆施工时每延米水泥实际用量计算：

m=α·β··q·t (6.5.6-1)

α=1+d/L (6.5.6-2)

式中：α——搭接系数；

β——经验系数，结合施工工艺、地质条件综合考虑，可取1.10～1.15，黏性土宜取大值；

m——每延米实际水泥用量（kg）；

——每升水泥浆液中水泥含量（kg/L）；

q——高压泥浆泵流量（L/min）；

t——每延米喷射施工时间（min）；

d——复喷距离（m）

L——钻杆长度（m）。

**6.6 强制回浆控制**

**6.6.1** 喷射成桩时应实时监控地内压力，并进行调控。

**6.6.2** 施工时可通过调节回流水、回流气、排浆阀门大小等措施控制强制回浆量，调整和控制地内压力。

**6.6.3** 在施工过程中出现地内压力异常、地面冒浆、排浆不正常等情况时，应查明产生的原因并及时采取措施。

**6.6.4** 喷射成桩中断时，应关闭排浆阀门，清洗回浆管路。

**6.7 信息化施工**

**6.7.1** 施工时应配置自动数据显示记录仪，实时监控各项施工参数，详细记录喷射流压力和流量、同轴高压空气压力和流量、地内压力数据、钻杆提升或回抽步进参数、单次步进钻杆转数等参数，并对数据资料及时进行整理分析。

**6.7.2** 施工时应根据监测数据调整地内压力控制系数、施工顺序、施工进度等，减小对建（构）筑物、管线的扰动。

**7 质量检查与验收**

**7.1 一 般 规 定**

**7.1.1** 全方位高压喷射注浆的质量检查与验收应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202的相关规定

**7.1.2** 全方位高压喷射注浆质量检查与验收应包括施工前检查、施工过程中的质量检查以及成桩后质量验收等过程。

**7.1.3** 全方位高压喷射注浆与芯材结合施工时，其质量检查与验收尚应符合行业标准《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T 199的相关规定。

**7.1.4** 全方位高压喷射注浆成桩质量验收应在施工结束28d后进行。

**7.2 施工前检查**

**7.2.1** 施工前应对膨润土、水泥、外加剂、掺合料等原材料进行验收。检验项目和技术指标符合设计要求和国家现行有关标准规定。

检查数量：按检验批检查。

检验方法：查验产品合格证及抽样送检质量报告。

**7.2.2** 施工前尚应标定施工设备中的压力表和流量表、感应器等。

检查数量：全数检查。

检验方法：现场测试。

**7.3 施工过程质量检查**

**7.3.1** 全方位高压喷射注浆施工过程质量检查内容应包括材料用量、桩位、桩长、钻孔精度、喷射流压力和流量、同轴高压空气压力和流量、浆液水胶比、钻杆步进提升或回抽速度和摆动速度、喷射角度、地内压力控制值、周边环境监测数据等。

**7.3.2** 全方位高压喷射注浆施工允许偏差应符合表7.3.2要求：

表7.3.2 全方位高压喷射注浆施工允许偏差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检查项目 | | 允许偏差或允许值 | 检查数量 | 检验方法 |
| 1 | 定位 | | 50mm | 每桩 | 钢尺量测 |
| 2 | 桩长 | 桩端 | ±100mm | 每桩 | 测量钻杆长度 |
| 桩顶 | +100mm  0mm | 每桩 | 测量钻杆长度 |
| 3 | 桩径 | | ≥设计值 | 1%且不少于3根 | 开挖暴露钢尺量测或钻孔取芯判断 |
| 4 | 成孔精度偏差 | | 满足设计要求且不大于1/150 | 每桩 | 经纬仪或测斜仪测钻杆 |
| 5 | 喷射流压力 | | 设定要求 | 每桩 | 查看压力表或自动数据显示记录仪 |
| 6 | 喷射流流量 | | 设定要求 | 每桩 | 查看流量仪或自动数据显示记录仪 |
| 7 | 同轴高压空气压力 | | 设定要求 | 每桩 | 查看压力表或自动数据显示记录仪 |
| 8 | 同轴高压空气流量 | | 设定要求 | 每桩 | 查看流量仪或自动数据显示记录仪 |
| 9 | 水泥用量 | | 不小于设计值 | 每桩 | 查看拌浆记录或查看流量仪，并结合浆液比重 |
| 10 | 浆液比重 | | ±0.05 | 每班抽检２次 | 泥浆比重计量测 |

**7.3.3** 钻杆摆动速度、步进提升或回抽速度必须符合设定参数指标要求，采用秒表和钢尺随机抽检。

**7.3.4** 喷射角度必须符合设计要求，喷射成桩过程中每次拆除钻杆时应检查钻杆喷嘴刻度线位置和喷射角度设定值。

**7.3.5** 地内压力控制值应符合设定参数指标要求，通过现场地内压力监测仪或自动化显示记录仪监控地内压力。

**7.3.6** 施工期间，全方位高压喷射注浆对周边环境的影响应符合相关要求。

**7.4 质 量 验 收**

**7.4.1** 全方位高压喷射注浆成桩质量验收应检查桩体的完整性、强度、抗渗（有抗渗要求时）；按复合地基设计时，应进行竖向承载力检验。

**7.4.2** 成桩质量验收可采用开挖检查、钻孔取芯、载荷试验、注水试验或局部开挖透水检验等方法进行检验。

**7.4.3** 全方位高压喷射注浆成桩质量验收的桩位分布应符合下列规定之一：

**1** 建筑物荷载较大的部位；

**2** 相邻桩搭接处；

**3** 施工中出现异常情况的桩位；

**4** 地质条件复杂，可能影响施工质量的部位。

**7.4.4** 全方位高压喷射注浆桩身完整性及强度质量检验点的数量应为施工孔数的1％，并不应少于3点。

**7.4.5** 桩身完整性及强度检验应采用现场钻取芯样的方法确定，且应符合下列规定：

**1** 每孔截取不宜少于3组芯样，3组芯样选取宜沿桩体方向均匀分布，每组芯样不宜少于3件试块；

**2** 钻取芯样宜采用地质钻机和可靠的取芯钻具，钻头直径不应小于110mm；用于抗压强度检测的水泥土桩龄期不宜少于28d，钻取芯样后留下的空隙应注浆填充。

**7.4.6**  用作隔水帷幕的防渗工程，可采用钻取芯样渗透试验或桩身注水试验确定抗渗性能。钻孔技术要求及钻孔数量应按本规程第7.4.5条执行，抗渗芯样组数及位置选取应结合加固土层特性确定，每组应取6个芯样试件。注水试验可利用满足垂直度要求的取芯钻孔进行，数量不宜少于2个。

**7.4.7** 竖向承载复合地基竣工验收时，承载力检验应采用复合地基载荷试验和单桩载荷试验。

**8 安全和环境保护**

**8.1 安 全**

**8.1.1** 高压管连接应确保牢固，高压泵中的压力表及安全阀需定期检测。

**8.1.2** 全方位高压喷射注浆在进行地面喷射试验时，喷射范围内严禁站人。

**8.1.3** 喷浆成桩时，操作人员应注意主机工作状态，防止出现卡钻事故。

**8.1.4** 喷浆成桩时，应定期检查高压管路，拆卸钻杆前应进行泄压。

**8.1.5** 喷浆成桩期间出现堵管时，高压泵应采用安全阀泄压。

**8.1.6** 现场安全文明施工应符合现行国家标准《建筑施工安全技术统一规范》GB 50870的有关规定。

**8.1.7** 临时用电应符合现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46的有关规定。

**8.1.8** 施工机械的使用应符合现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33的有关规定。

**8.2 环 境 保 护**

**8.2.1**  施工过程中的环境保护应符合现行国家标准《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905和行业标准《建筑施工现场环境与卫生标准》JGJ 146的有关规定。

**8.2.2** 施工现场应有防止扬尘、泥浆、污水、废水污染环境的措施。

**8.2.3** 水泥宜采用散装水泥，筒仓储存，全自动拌浆系统应进行封闭处理，防止扬尘污染。

**8.2.4**  全方位高压喷射注浆施工中的置换泥浆应集中处理，严禁将泥浆排入市政管网，置换泥浆可采用自然固化或泥水分离系统处理。

**8.2.5** 夜间施工应办理相关手续，并应采取措施，减少声、光的不利影响。

附表A 全方位高压喷射注浆技术桩施工记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称: | | | | | | | | | | 施工单位： | | | | | | | | 日期： 年 月 日 | | |
| 施工区域 | | |  | | | 桩顶标高(m) | | |  | | | | 设计桩径(mm) | |  | | 水泥品种、强度等级 | | |  |
| 设备编号 | | |  | | | 桩底标高(m) | | |  | | | | 设计水胶比 | |  | | 设计水泥掺量 | | |  |
| 桩号 | 桩长(m) | 施工桩长 (m) | | 工作时间 | | | 回转数(RPM) | 提升速度(min/m) | | 步进 | | 摆喷角度 | | 注浆机 | | 空压机 | | 水泥比重 | 水泥用量 | 备注 |
| 开始时间 (h min) | 终止时间 (h min) | 合计 (h min) | 长度(mm) | 时间（s） | 正 | 负 | 压力(MPa) | 流量(L/min) | 压力(MPa) | 流量(L/min) |
|  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

记录员： 质量员： 监理工程师：

附表B工程检验批质量验收记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | | | |  |
| 专业分包单位 | | |  | | 专业分包项目经理 | | |  | | | | 专业分包施工班组长 | | | |  |
| 质量验收规范的规定 | | | | | | 施工单位检查评定记录 | | | | | | | | | | 监理单位  验收记录 |
| 主控项目 | 1 | 水泥及外掺剂质量必须符合设计要求 | | | |  | | | | | | | | | |  |
| 2 | 水泥用量必须符合设计要求 | | | |  | | | | | | | | | |
| 3 | 桩体强度或完整性检验必须符合设计要求 | | | |  | | | | | | | | | |
| 一般项目 | 1 | 桩位(mm) | | 50 | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |
| 2 | 钻孔钻进精度% | | ≤1/150 | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
| 3 | 桩端标高(mm) | | 100 | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
| 4 | 注浆压力 | | 设定参数指标 | |  | | | | | | | | | |
| 5 | 桩体搭接(mm) | | 按设计要求 | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
| 6 | 成桩直径(mm) | | 大于设计值 | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
| 施工单位检查评定结果 | | | | 质量员： 年 月 日 | | | | | | | | | | | | |
| 监理单位验收结论 | | | | 监理工程师： 年 月 日 | | | | | | | | | | | | |

附表C隐蔽工程验收单

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位工程名称 | | 建设单位 | | 施工单位 | |
|  | |  | |  | |
| 隐  蔽  工  程  内  容 | 分部工程、分项工程、验收批名称 | | | 图纸编号 | |
|  | | |  | |
| 验  收  意  见 |  | | | | |
| 参与验收单位 | 施工单位 | | 监理单位 | | 建设单位 |
| （盖章）  技术负责人：  日期： 年 月 日 | | （盖章）  监理工程师：  日期： 年 月 日 | | （盖章）  项目负责人：  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：

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：

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该这样做的：

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：

正面词采用“可”；

反面词采用“不可”。

**2** 条文中指定应按其他有关标准执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……要求（或规定）”。非必须按所指定标准执行时，写法为“可参照……执行”。

**中国土木工程学会标准**

**全方位高压喷射注浆技术规程**

T/CCES X－20XX

条 文 说 明

**目 次**

[1 总 则 25](#_Toc522749783)

[2 术语、符号与参考标准 26](#_Toc522749784)

[**2.1 术语** 26](#_Toc522749785)

[3 基 本 规 定 28](#_Toc522749786)

[4 设 计 29](#_Toc522749787)

[**4.1 一 般 规 定** 29](#_Toc522749788)

[**4.2 设 计 计 算** 31](#_Toc522749789)

[**4.3 构 造** 31](#_Toc522749790)

[5 材 料 与 设 备 33](#_Toc522749791)

[**5.1 材 料** 33](#_Toc522749792)

[**5.2 设 备** 33](#_Toc522749793)

[6 施 工 35](#_Toc522749794)

[**6.1 一 般 规 定** 35](#_Toc522749795)

[**6.2 施 工 准 备** 35](#_Toc522749796)

[**6.3 浆 液 配 制** 36](#_Toc522749797)

[**6.4 成 孔** 36](#_Toc522749798)

[**6.5 喷 射 成 桩** 37](#_Toc522749799)

[**6.6 强制回浆控制** 37](#_Toc522749800)

[**6.7 信息化施工** 38](#_Toc522749801)

[7 质量检查与验收 40](#_Toc522749802)

[**7.1 一 般 规 定** 40](#_Toc522749803)

[**7.2 施工前检查** 40](#_Toc522749804)

[**7.3 施工过程质量检查** 40](#_Toc522749805)

[**7.4 质 量 验 收** 41](#_Toc522749806)

[8 安全和环境保护 42](#_Toc522749807)

[**8.1 安 全** 42](#_Toc522749808)

[**8.2 环 境 保 护** 42](#_Toc522749809)

# 1 总 则

**1.0.1** 全方位高压喷射注浆（简称MJS工法）是一种高压喷射注浆技术，1993年起源于日本，2008年引入国内。据不完全统计，每年应用总量约10万方，并在逐年增长，已涉足上海、广州、南京、天津、杭州、苏州、福州、宁波、长沙、深圳、珠海等地区，多用于30m以上及保护地下管线、建（构）筑物的地基处理施工。与常规高压喷射注浆法相比，其对环境影响小、可进行全方位施工、成桩桩径大、超深施工有保障。目前国内案例最大桩径已达4.2m，垂直、水平施工桩长已达60m。

**1.0.3** 本规程涉及全方位高压喷射注浆的相关技术要求，与之相配套的其他技术要求应按相应的国家、行业标准执行。

# 2 术语、符号与参考标准

## 2.1 术语

**2.1.1** 全方位高压喷射注浆（简称MJS工法）在传统高压喷射注浆工艺的基础上，采用了独特的多孔管和前端总成装置，实现了孔内强制排浆和地内压力监测，并通过调整强制排浆量来控制地内压力，大幅度减少施工对周边环境的影响，而地内压力的减小也进一步保证了成桩直径。其特点如下：



压力记录仪

泥浆处理

泥浆箱

压力监测

排泥口

排泥管

多孔管

图1 全方位高压喷射工艺原理图

加固体

40MPa高压水泥浆

0.7MPa压缩空气

**1** 可全方位进行高压喷射注浆施工

全方位高压喷射注浆可进行水平、倾斜、垂直各方向、任意角度的施工。在安装防喷装置的情况下，其特有的排浆方式，可在富水土层中进行水平施工。

|  |
| --- |
|  |
| 图2 全方位高压喷射水平施工工艺原理图 |

2 桩径大，桩身质量好

喷射流初始压力达40MPa，常规流量约90 L/min～130L/min，使用单喷嘴喷射，圆形桩每米喷射时间30 min ~40min，喷射流能量大，作用时间长，再辅以同轴高压空气的保护和对地内压力的调控，使得全方位高压喷射注浆成桩直径较大，达2000mm～2600mm。直接采用水泥浆液进行喷射，其桩身质量较好。

3 对周边环境影响小，超深施工有保证

常规高压喷射注浆法产生的废浆通过土体与钻杆的间隙，在地面孔口处挤压排出。这样的排浆方式会造成地内压力偏大，导致周围地层产生较大变形、地表隆起。超深施工时，挤压排浆造成喷射流周围的泥浆密度增大，导致阻力增大，喷射效率降低，影响喷射效果及可靠性。全方位高压喷射注浆通过地内压力监测和强制排浆的方法，对地内压力进行调控，可减少施工对周边环境的影响，并保证超深施工的效果。

4 泥浆污染少

全方位高压喷射注浆采用专用排泥管进行强制排浆，有利于泥浆集中管理；地内压力的调控，减少了泥浆窜入土体、水体或地下管道。

**2.1.9**  地内压力值应与取压点处的土压力相近，防止引起土体隆起与沉降，根据经验设定地内压力控制系数，为地内压力与取压点处深度对应的水柱压力的比值，宜取1.3-1.6。

**2.1.10** 相邻两次步进提升或回抽的间隔时间称为步进间隔时间、距离称为步进间距。

# 3 基 本 规 定

**3.0.2** 碎石土因颗粒粒径大，喷射流可能受到阻挡或削弱，冲击破碎力急剧下降，对切削范围有影响。地下水流速过大，可能造成尚未凝固的水泥土稀释或流失，影响加固效果。腐殖土对固结体的化学稳定性有影响。上述几种土的处理效果差异大，应根据现场试验结果确定其适用性。

**3.0.3** 全方位高压喷射注浆具有微扰动、施工设备小、净空要求低、桩径大、桩体质量好等优点，普遍应用于建筑、市政的基坑工程、地下工程中的基坑围护结构和截水帷幕，以及包括槽壁加固在内的地基加固处理。

**3.0.4** 全方位高压喷射注浆成桩直径及桩体质量受施工工艺及参数、工程地质条件、水文地质条件等多种因素影响。对保护性要求高（紧邻地铁隧道施工）、缺乏工程经验时（特殊地质条件），施工前应进行试桩或试验性施工，数量不少于2根，以确定施工工艺及参数。对于一般工程，可根据已有施工经验确定施工工艺及参数。

**3.0.5** 全方位高压喷射注浆多用于周边环境和施工条件复杂的工程部位，虽然有微扰动特征，也须根据变形监测情况对施工工艺及参数进行确认和调整。

# 4 设 计

## 4.1 一 般 规 定

**4.1.1** 全方位高压喷射注浆成桩直径、桩身强度等与地层特性密切相关，多用于施工条件和周边环境复杂的工程，因此在全方位高压喷射注浆设计前，应搜集和掌握各种基本资料。主要是：岩土工程勘察资料（包括土层的性状，土的物理力学性质，地下水的埋藏条件、渗透性和水质成分等）、工程工况条件、施工现场和邻近建（构）筑物资料、地下管道和地下障碍物资料等。

**4.1.3** 多排桩宜采用梅花形布置，布桩形式见表1、表2：

表1 圆形布桩

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 适用条件 | 施工无止水要求 | | 施工止水用 |
| 基本配置 |  |  |  |
| 基本间隔 | L1=L2=D | L1=D  L2= | L1=且≤D-300mm  L2= |

表2 水平布桩

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 适用条件 | 施工无止水要求 | 施工止水用 |
| 基本配置 |  |  |
| 基本间隔 | L1=2L2=D | L1=且≤D-300mm  L2=-300mm |

注：桩间搭接应结合成桩直径、土体不均匀性、成孔精度、加固土有效厚度等因素。有止水要求时，桩间搭接不应小于300mm，且应保证桩端处能形成有效搭接。

全方位高压喷射注浆成桩直径宜通过现场试验的方式确定，无现场试验条件时，可参考类似工程经验或有效成桩直径设计表。

表**3** 有效成桩直径设计表（流量为90L/min）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 土质 | 砂质土 | | | | | 粘性土 | | | |
| N＜15 | 15≤N＜30 | 30≤N＜50 | 50≤N＜70 | 70≤N | C＜10 | 10≤C＜30 | 30≤C＜50 | 50≤C |
| 标准桩径（mm） | 2600 | 2400 | 2200 | 2000 | 试验 | 2400 | 2200 | 2000 | 试验 |
| 提升速度 | 40min/m·θ/360° | | | | | 40min/m·θ/360° | | | |

注：① N为标准贯入击数，C为粘聚力（kPa）；θ为喷射角度（°）；

② 砂质土：N≥70 或粘性土：C≥50 的情况下需要通过现场试验确定成桩直径；

③ 砂 砾：N＜70 成桩直径为砂质土的90%；

④ 腐殖土：需要进行试验确定；

常规情况下，浆液水胶比越小，加固体强度越高，但过小的水胶比会造成浆液稠度大、喷射困难、同等压力下喷射能量小等问题，故常用水胶比为1.0。当工程对加固体强度有特殊要求时，如盾构或顶管洞门加固，可以通过提高水胶比的方式来降低加固体强度，但应进行现场试验。

表4 加固土体强度指标表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 水泥材料 | 土质 | 单轴无侧限抗压强度qu | 粘聚力 |
| 水胶比：1.0 | 砂质土 | 1.0MPa | 0.5MPa |
| 粘性土 | 1.0MPa | 0.3MPa |

注：割线模量：E50=100×qu（MN/m2）

渗透系数：k ≤1×10-7（cm/s）

**4.1.6** 理论水泥用量为单位时间水泥注入量乘以步进提升或回抽速度，圆形桩不宜小于2800Kg，扇形桩根据角度折算，扇形桩每延米水泥用量计算：

m=2800kg·θ/360°

式中：m——每延米水泥用量（Kg）；

θ——为喷射角度（°）；

**4.1.7** 全方位高压喷射注浆用作基坑围护结构时，应根据工程具体情况和相关规范规定进行设计计算。全方位高压喷射注浆用作截水帷幕时，应根据地下水控制要求和渗流稳定性计算确定墙体深度；全方位高压喷射注浆用作槽壁加固、被动区土体加固等地基加固，在用于土体加固时应根据具体的使用要求进行桩体体的布置和设计。

## 4.2 设 计 计 算

**4.2.1** 采用全方位高压喷射注浆内插芯材作为围护结构的基坑稳定性计算包括：整体稳定性验算、抗倾覆稳定性验算、坑底抗隆起稳定性验算和抗渗流稳定性验算。在进行各项稳定性验算时，围护墙的深度应计算至内插芯材底端为止，不计入芯材端部以下全方位高压喷射桩的作用。其具体计算方法及参数指标可参见相关规范和标准中关于板式支护体系的稳定性验算的相关规定。

**4.2.6**  采用全方位高压喷射注浆隔断地下水时，桩深应大于降水井深度，桩底进入相对隔水层不宜小于1.0m，并应根据渗流稳定性计算确定桩体的深度。

**4.2.7**当深基坑工程无法满足承压水突涌稳定性时，需采取降压及隔水措施。对于承压水较厚的区域，难以完全隔断承压水，常采用坑内降压与坑边设置悬挂截水帷幕相结合的方案。悬挂截水帷幕即截水帷幕底部未进入相对隔水层，帷幕底部深于降压井一定深度，主要作用是增加承压水的绕流补给路径，减小坑外承压水降幅，从而减小基坑降压对周边环境影响。悬挂截水帷幕的深度应根据渗流稳定性计算、周边环境控制要求和基坑降水环境影响分析确定。

## 4.3 构 造

**4.3.2** 全方位高压喷射注浆单桩施工时间较长，单桩施工完成时，底部水泥浆液已经初凝，导致型钢插入困难，故宜采用先插型钢后施工全方位高压喷射注浆的形式进行施工。因型钢先行插入土体，后喷桩体对型钢有包裹作用，一般情况下，不考虑型钢回收。

**4.3.5**  由于向上喷射的高压空气回收困难，所以在设计水平方向和大角度（≥30°）倾斜方向施工时，喷射流控制在孔位水平线下方（向下180°以内，含180°）。

有特殊要求时可采用不带同轴高压空气的全圆成桩型式，桩径宜取0.8m~1.4m。



图3 水平喷射角度示意图

# 5 材 料 与 设 备

## 5.1 材 料

**5.1.1**  全方位高压喷射注浆的浆液一般采用水泥浆液，主要材料为强度等级P.O 42.5级及以上等级的普通硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥。根据需要在水泥浆液中掺入适量的外加剂和掺合料，对改善水泥浆液的性能有很大的作用，如早强剂、悬浮剂、泵送剂、抗冻剂等。所用外加剂或掺合料的数量，应根据水泥土的特点通过室内配比试验或现场试验确定。当有足够实践经验时，亦可按经验确定。

## 5.2 设 备

**5.2.1** 在进行水平施工时，应配备防喷装置，水平方位测斜仪；在进行水下施工、超深施工时，还应配置外套钢管。

**5.2.2** 全方位高压喷射注浆常规设备见表5

表**5** 全方位高压喷射注浆常规设备表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备名称 | 型号 | 适应工艺 | 平面尺寸（m） | 高度（m） | 施工净空  要求（m） |
| 全方位高压喷射注浆法  设备 | FHV-65 | 水平、倾斜、垂直 | 3.5×2.02 | 3.8 | 4.1 |
| MJS-40VH | 水平、垂直 | 2.55×1.85 | 2.47 | 4.0 |
| MJS-65CVH | 水平、垂直 | 2.8×2.0 | 2.85 | 4.0 |
| MJS-40VH-S | 水平、倾斜、垂直 | 2.73×1.69 | 1.69 | 2.5 |
| MJS-100CV | 水平、垂直 | 3.7×2.29 | 3.1 | / |
| 高压泥浆泵 | GF-120SV | / | 2.5×1.55 | 1.6 | / |
| GF-200SV | / | 3×1.75 | 1.6 | / |
| GF-340TPSV | / | 4.35×1.95 | 2 | / |
| 自动拌浆系统 | Z-20 | / | 10×6 | 15 | / |
| 高压水泵 | GF-75SV | / | 2×1.5 | 1.3 | / |

注：本表仅列举了全方位高压喷射注浆主要设备。

**5.2.3** 可控制的反循环排泥系统、地内压力采集是全方位高压喷射注浆的基本功能。

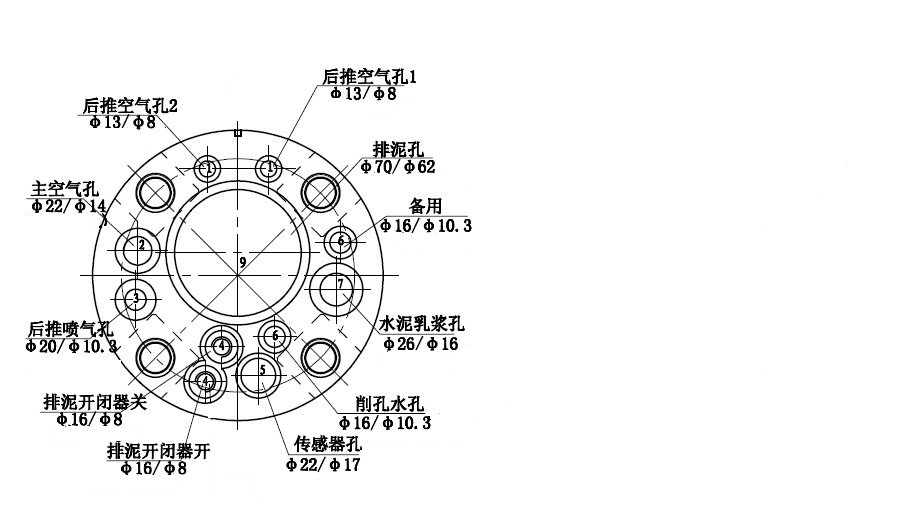


图4 常用多孔管断面图

# 6 施 工

## 6.1 一 般 规 定

**6.1.3** 水泥浆液喷射流压力、流量代表了喷射流的功率，钻杆步进提升或回抽参数代表了喷射流作用时间，单次步进、钻杆转数决定了喷射次数和单次喷射时间，同轴高压空气是用来降低在泥浆中喷射流能量的损耗，都是保证成桩直径的关键参数。

表**6** 标准设计参数表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 水平施工 | 垂直施工 |
| 水泥浆液压力（MPa） | 40 | 40 |
| 水泥浆液流量（L/min） | 90～130 | 90～130 |
| 同轴高压空气压力（MPa） | 0.7 | 0.7 |
| 同轴高压空气流量(Nm3/min) | 1.0～1.2 | 1.0～2.0 |
| 摆动转速（rpm） | 大于3转 | 大于3转 |

**6.1.6** 在超深、超长或砂质土层厚的区域施工，喷浆及回浆易扰动土体引起埋钻，为保证施工顺利进行及保护钻杆，宜考虑预先放置外套管，外套管内径与钻杆外径差值不宜小于50mm。

**6.1.8** 高压泥浆泵通过高压橡胶软管输送高压浆液至钻机上的钻杆，并进行喷射。若钻机和高压泥浆泵的距离过远，势必要增加高压橡胶管的长度，使得沿程损失增大，造成实际喷射压力降低。因此，钻机与高压泥浆泵的距离不宜过大，距离大于50m时，宜增加泵送压力或移动高压泥浆泵保持与钻机的合适距离。

**6.1.9** 在施工相邻桩时，如已喷射桩体还未有一定强度，高压喷射流可能破坏已施工桩体，造成质量事故，所以相邻桩体施工间隔时间不应小于24h。水平方向群桩施工，先施工上部桩体会影响下部桩体成孔及喷射效果，应从下至上依次施工。

## 6.2 施 工 准 备

**6.2.1** 对照设计图纸核实设计孔位处有无管线、地下构筑物。如遇有给排水管、煤气管、电缆线、旧建筑基础等影响施工时，应提前清除或搬移，否则应变更设计孔位。

表**7** 全方位高压喷射注浆施工场地需求表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 工艺 | 设备堆放（m2） | 临时泥浆池或土方堆场（m³） | 备注 |
| 全方位高压喷射注浆 | 100 | 200 | 单套设备 |

以上临时泥浆池或土方堆场是泥浆或土方在正常外运情况下所需的面积，否则应适当增加。

在文明施工要求高、场地狭小的工况下，优先采用泥水分离系统。一套设备宜配置一套泥水分离系统，处理效率不宜小于12m³/h。

**6.2.2** 单套标准全方位高压喷射注浆主要设备包括钻机、高压泥浆泵、高压水泵、空压机、自动拌浆系统等，常规使用型号功率见表8。

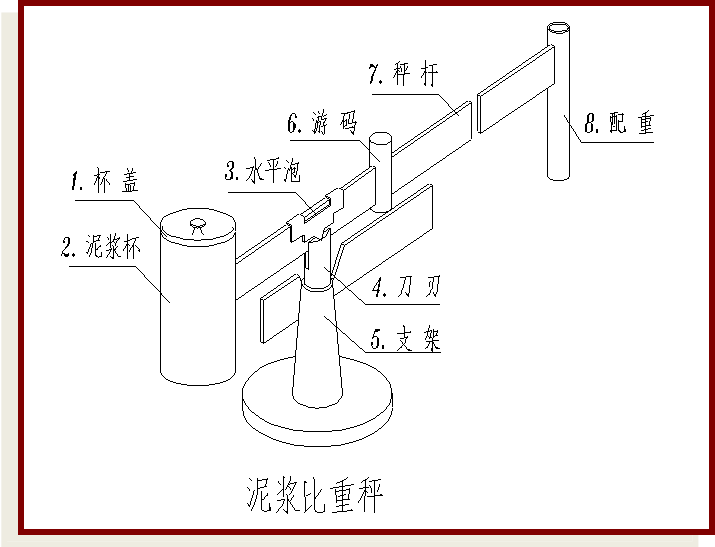
表**8** 全方位高压喷射注浆常规主要设备功率表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设备名称 | 型号 | 数量 | 功率（KW） |
| 钻机 | MJS-40VH | 1 | 37 |
| 高压泥浆泵 | GF-120SV | 1 | 90 |
| 自动拌浆系统 | Z-20 | 1 | 55 |
| 高压水泵 | GF-75SV | 1 | 55 |
| 空压机 | 2Nm³/min | 1 | 37 |

**6.2.3** 理论用水流量应包括拌浆用水、回流水、冲洗用水，流量不宜小于150L/min。

## 6.3 浆 液 配 制

**6.3.2** 水泥浆液属于悬浮液，在储存过程中必须不停顿的缓慢搅拌，防止沉淀。拌制好的浆液在泵送前应经过筛网过滤，以免堵塞喷嘴。浆液比重一般采用泥浆比重计进行量测。

图**5** 泥浆比重秤示意图

## 6.4 成 孔

**6.4.1** 垂直方向成孔时，为提高效率，宜采用钻机预成孔，为避免下钻过程中沉渣影响下杆，成孔时宜考虑加大孔深。

**6.4.2** 水平方向成孔时，两次就位难度大，钻机成孔测量及纠偏难度大，宜采用全方位高压喷射钻机自行成孔。

**6.4.3** 水平方向成孔时，成孔位置低于地下水位，应在开孔处预先安装防喷装置，防止水、砂从开孔处反涌。

**6.4.4** 成孔偏差应结合成桩目的、桩径、搭接、深度进行控制值设定，止水作用时，应保证桩体最深或最远处形成有效搭接。

**6.4.5** 如砂层等易塌土层，宜在钻孔过程中使用泥浆护壁或其他措施，泥浆配比和用量根据现场情况确定。

## 6.5 喷 射 成 桩

**6.5.4** 钻杆不能一次提升（或回抽）完成施工，需分次拆杆，为保证桩体的整体性，搭接长度不应小于100mm。若施工因故停止，重新接桩时，搭接不应小于500mm。

全方位高压喷射注浆喷射中断或施工完毕后，短时间内不能继续喷射时，应拔出钻杆清洗备用，防止钻杆、喷嘴堵塞。

**6.5.5** 全方位高压喷射桩顶标高和建（构）筑物结构底板底标高一致且有防水或托换要求时，为防止因浆液凝固收缩，产生加固地基与建筑基础不密贴或脱空现象，可采用超高喷射（施工的顶标高超过建筑基础底面标高，其超高量大于收缩高度）、回灌浆液等措施。

## 6.6 强制回浆控制

**6.6.1** 在施工过程中根据设定的地内压力控制系数进行地内压力控制，通过调节回流水、回流气、排浆阀门大小等措施控制强制回浆量，调整和控制地内压力处于控制范围内。

**6.6.2** 当喷射过程中出现下列异常情况时，应查明原因并采取相应措施：

表**9**  施工异常情况及处置措施

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 出现情况 | 可能原因 | 操作措施 | 备注 |
| 地内压力异常增大、排浆量小或不排浆 | 排泥管路可能发生堵塞 | 进行排堵处理 | 如排堵无效，拆除钻杆，清理完成后重新下杆至停工位置以下500mm |
| 地面冒浆，但地内压力正常 | 地内压力控制系数设定偏大或同轴高压空气量偏大，排泥管堵塞 | 分析地面监测数据，若地面有隆起趋势，应适当调整地内压力控制系数。若地面无变化，检查同轴高压空气流量仪，是否计量准确，如计量仪准确，适当减小同轴高压空气量。若排泥管路堵塞，应进行排堵处理 | 同轴高压空气流量不宜低于1.0Nm3/min |
| 排浆管仅排水不排浆 | 1、地内压力偏小:地层有空隙  2、地内压力偏大并持续上升：回浆口堵塞 | 1、停止提升钻杆并保持喷射，至排浆正常  2、进行排堵处理 |  |
| 喷射压力突然下降 | 泵损坏或管路出现泄漏 | 先确认泵的状态，若良好，应检查管路、钻杆的泄露情况，逐根拔出钻杆，检查破损情况 |  |
| 喷射压力陡增，超过最高限值，流量为零 | 喷嘴堵塞 | 通过泄压阀泄压后，拆除钻杆疏通喷嘴 |  |

**6.5.6** 全方位高压喷射注浆每米水泥用量计算实例：

假定加固土层为砂质土，15≤N＜30，设计桩径取2400mm。喷射角度为360°时，每米喷射施工时间40min/m，浆液流量90L/min，水胶比取1.0时，浆液比重1.51，每升水泥浆液中水泥含量0.755kg/L，每根钻管1.5m，搭接100mm时，经验系数取1.12，每米水泥用量为：

α=1+d/L

=1+0.1/1.5

=1.07

m=α·β·m0·q·t

=1.07·1.12·90L/min·40min/m·0.755kg/L

=3257kg/m

## 6.7 信息化施工

**6.7.1** 全方位高压喷射注浆各项参数对施工效果影响大，在施工过程中必须严格监控并记录，且其计量器具布局分散，自动数据显示记录仪能集中监控，降低劳动强度、避免人为因素，宜在施工中使用。

**6.7.2** 全方位高压喷射注浆在施工时对周边环境微扰动，施工不当时扰动明显，施工时应注意以下内容：

**1** 设备配套的可视化仪器安排专人监视，发现异常及时处理；

**2** 对施工区域附近的建（构）筑物、地下管线进行监测，根据监测数据对地内压力控制系数进行调整，保证建（构）筑物、地下管线的变形在可控范围内；

**3** 集中施工可能会增大对环境的扰动。此外浆液在硬化前，有效喷射范围内的地基因受到扰动而强度降低，容易产生附加变形。因此，在邻近地下管线、既有建（构）筑物施工时，除了在施工过程中控制好地内压力，还需采用控制施工速度、顺序等方法减小变形。

# 7 质量检查与验收

## 7.1 一 般 规 定

**7.1.1** 本条将全方位高压喷射注浆的质量检查与验收分为施工前材料与设备的检验、施工过程中的质量控制以及成桩后质量验收三部分，施工过程的质量监控检验更为重要，是全方位高压喷射注浆质量的基础，应把好每道工序关，严格按操作规程及相应标准执行，随时纠正不符合要求的操作。

## 7.2 施工前检查

**7.2.1**严禁使用过期水泥、受潮水泥，对每批水泥进行复试，合格后方可使用。

## 7.3 施工过程质量检查

**7.3.1** 全方位高压喷射注浆用于截水帷幕时，如施工桩位偏差过大、钻孔精度不足都容易引起桩体搭接达不到设计要求从而影响了止水效果。

**7.3.2** 钻机就位后应对孔位进行检查，采用水平尺校正全方位高压喷射注浆钻机，并在成孔前、中、后分别对钻孔精度进行检查，不得大于1/150；成孔完成后对成孔深度（长度）进行检查。若实际施工孔位与设计孔位偏差过大，会影响加固效果。故规定孔位偏差值不应大于50mm，并且必须保持钻孔的精度。在水平、倾斜施工时要特别注意钻机的精确定位。

**7.3.3** 全方位高压喷射注浆采用步进提升或回抽，按照设定角度自动摆动的方式施工，施工过程中应利用秒表和钢尺进行随机抽查，确保施工参数的准确性。如抽检不合格，需要对设备进行修理，确保施工质量。

**7.3.4** 全方位高压喷射注浆采用的多孔管钻杆上有一根与喷嘴位置一致的刻度线，通过观察该线，可以明确喷嘴方向，施工中可通过观察该线随机抽查喷射角度。

**7.3.5** 地内压力控制是全方位高压喷射注浆施工的关键，地内压力小于静水压力则地表下陷，地内压力大于覆土压力则地表隆起，地内压力控制范围应在静水压力和覆土压力之间。但每个工程有其特殊性，应根据施工经验、工程地质情况及周边环境情况确定合理的初始地内压力控制系数，并根据周边环境变形情况及时动态调整。

全方位高压喷射注浆前端总成中的地内压力传感器通过钻杆中的数据线，将地内压力同步传输至现场地内压力监测仪及自动化显示记录仪中，施工人员通过对比地内压力实时显示值与地内压力设定值，对排浆阀门、回流水、回流气等进行操作，将地内压力实时显示值控制在合理范围。

## 7.4 质 量 验 收

**7.4.2** 对于试验桩或重要工程的桩体等，必须采用取芯检验，严禁采用试块取代取芯。

正式工程，应在严格控制施工参数的基础上，根据具体情况选定质量检验方法。

开挖检查法难以对深层固结体的质量进行检查，可在浅层桩体质量验收中采用。

钻孔取芯是检验固结体质量的常用方法，选用时需以不破坏固结体和有代表性为前提，应在桩体施工完成28d后进行。

载荷试验宜用于建筑地基处理后检验地基承载力。

透水试验宜在固结体有防渗漏要求时采用。

建（构）筑物的沉降观测、基坑开挖等实施效果是桩体质量验收的重要方法。

**7.4.3** 检验点的位置应布置在有代表性的加固区。必要时，在喷射注浆时出现过异常情况和地质复杂的地段亦应检验。

**7.4.6** 对用作截水帷幕的重要防渗工程，工程抗渗要求很重要，故除了常规的完整性及强度检测指标外，宜增加桩体渗透系数的检测。

# 8 安全和环境保护

## 8.1 安 全

**8.1.2** 全方位高压喷射注浆正式施工前应在地面进行喷射水的试验，以检验喷浆管路是否畅通、喷嘴是否堵塞以及高压灌浆泵工作压力是否稳定。由于喷射水的压力大、距离远，为避免伤及人员，应在试验前设置警戒线，喷射范围内严禁站人。

**8.1.6** 本条规定时为了科学地评价建筑施工安全生产情况，提高安全生产工作和文明施工的管理水平，预防伤亡事故的发生，确保职工的安全和健康，实现检查评价工作的标准化、规范化。

**8.1.7** 施工现场由于用电设备种类多、电容量大、工作环境不固定、露天作业、临时使用的特点，在电气线路的敷设，电器元件、电缆的选配及电路的设置等方面容易存在不规范行为，引发触电伤亡。因此，按规范使用施工临时用电十分重要。

**8.1.8** 机械设备应按时进行保养，当发现有漏保失修或超载带病运转等情况时，使用者应立即停用并向机电技术人员反映情况，机电技术人员应立即组织维修，同时应严格按现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33的规定操作施工机械，确保机械使用安全。

## 8.2 环 境 保 护

**8.2.4**  全方位高压喷射注浆施工过程中会产生大量的泥浆等，当场地受限时，宜采用泥浆分离系统处理，处理产生的水可用于现场道路清洒、车辆轮胎清洗等；分离产生的置换土宜及时外运，也可用作回填土。