

DB42

湖 北 省 地 方 标 准

DB42/T 2090—2023

全方位高压喷射注浆技术规程

Code of practice for omnibearing high pressure jet grouting

地方标准信息服务平台

2023 - 08 - 14 发布

2023 - 12 - 14 实施

湖北省住房和城乡建设厅
湖北省市场监督管理局

联合发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 3

5 基本规定 3

6 设计 3

 6.1 一般要求 3

 6.2 隔水帷幕 4

 6.3 地基加固 5

 6.4 基坑支护 5

7 施工 5

 7.1 一般要求 5

 7.2 施工设备及机具 6

 7.3 施工准备 6

 7.4 施工工艺 7

 7.5 地内压力控制 9

 7.6 施工控制要点 9

 7.7 施工监测 9

 7.8 施工安全措施 10

 7.9 环境保护措施 10

8 质量检查与验收 11

 8.1 一般要求 11

 8.2 施工前检查 11

 8.3 施工过程检查 11

 8.4 成桩质量验收 12

附录 A（资料性） 全方位高压喷射注浆设备选型参照表 14

附录 B（资料性） 施工记录表 17

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由湖北省住房和城乡建设厅提出并归口管理。

本文件起草单位：武汉誉城建设集团有限公司、上海隧道工程有限公司、城盾隧安地下工程有限公司、武汉市政工程设计研究院有限责任公司、武汉誉城千里建工有限公司、武汉桥建集团有限公司、中煤科工集团武汉设计研究院有限公司、武汉飞虹工程管理咨询有限公司、中国市政工程中南设计研究总院有限公司。

本文件主要起草人：盛华、汪小南、陈建斌、万纯斌、冯师、叶井亮、李永迪、徐杨青、吴伟文、余璟、彭定新、卢方伟、张守城、邓涛、郭文增、邓文辉、李俊、罗汝勤、丁兴荣、谢辉、龚成、余杰、倪威、郑耀武、朱雁飞、李沫汝、吴锡、杨飞、陈娟、郑立群、蔡清、来颖、江强强、黄伟、李倩、魏辰。

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省住房和城乡建设厅，联系电话：027-68873088，邮箱：mail.hbszjt.net.cn；在执行过程中如有意见和建议请邮寄武汉誉城建设集团有限公司（地址：湖北省武汉市武昌区中北路151号（武汉控股大厦）2001-2010号，邮编：430060；电话：027-88779939；邮箱690728138@qq.com）。

地方标准信息服务平台

全方位高压喷射注浆技术规程

1 范围

本文件规定了全方位高压喷射注浆技术应用的成桩设计、施工、质量检查与验收要求，确立了全方位高压喷射注浆法的程序。

本文件适用于湖北省房屋建筑、市政工程，其他工程可参照使用。

2 规范性引用文件

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

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
- GB/T 20973 膨润土
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准
- GB 50870 建筑施工安全技术统一规范
- HG/T 20691 高压喷射注浆施工技术规范
- JGJ 33 建筑机械使用安全技术规程
- JGJ 46 施工现场临时用电安全技术规范
- JGJ 59 建筑施工安全检查标准
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JGJ 79 建筑地基处理技术规范
- JGJ 120 建筑基坑支护技术规程
- JGJ 146 建设工程施工现场环境与卫生标准
- JGJ/T 199 型钢水泥土搅拌墙技术规程
- DB42/T 159 基坑工程技术规程
- DB42/T 169 岩土工程勘察规程
- DB42/ 242 建筑地基基础技术规范
- T/CCES 20 全方位高压喷射注浆技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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

利用可垂直、水平、倾斜等全方位施工的高压喷射注浆设备和具备排气、强制排浆以调控地内压力的钻具，通过喷射流切割土体并与土体拌合形成水泥土加固体的地基处理方法，具有对周边环境的影响小的特点。

3.2

喷射流 jet

用于切割、搅拌土体的水泥浆（水）或水泥浆（水）和同轴高压空气的高压混合射流。

3.3

前端总成装置 front-end assembly device

位于钻具最前端，集合了钻头、喷射流喷嘴、同轴高压空气喷嘴、回浆口、回流水喷嘴、压力感应器等部件的装置。

3.4

同轴高压空气 concentric high pressure air

包裹在喷射流周围，用于减少喷射流在泥浆中能量损耗的高压空气。

3.5

回浆口 returning slurry entrance

设置于前端总成装置，用于回收施工中产生的废浆的管口。

3.6

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。

3.7

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。

3.8

地内压力 underground pressure

施工期间前端总成装置压力感应器位置的泥浆压力。

3.9

地内压力控制系数 underground pressure controlling coefficient

地内压力控制数值与施工深度数值的比值。

3.10

步进提升或回抽 step lift

按预设距离分步提升或回抽钻杆的操作。垂直、倾斜施工时称为“步进提升”，水平施工时称为“步进回抽”。

3.11

定喷 directional jet grouting

在喷射和移动钻杆过程中，钻杆不转动，使喷嘴对着固定方向喷射，浆液凝固后在土体中形成壁状加固体的成桩型式。

3.12

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，浆液凝固后在土体中形成类扇形或圆形截面加固体的成桩型式。

3.13

背喷 Opposite jet grouting

在喷射和移动钻杆过程中，喷射方向背离特定建（构）筑物、管线等被保护对象的喷射方式。

4 符号

下列符号适用于本文件。

- D ——全方位高压喷射注浆法成桩直径 (m)；
 d ——分节拆装钻杆重复喷射的距离 (m)；
 E_{50} ——弹性模量 (MPa)；
 K ——渗透系数 (cm/s)；
 L_1 ——全方位高压喷射注浆法成桩水平方向桩间距 (mm)；
 L_2 ——全方位高压喷射注浆法成桩垂直方向桩间距 (mm)；
 N ——标准贯入击数；
 q_u ——无侧限抗压强度 (MN/m^2)；
 Δ ——全方位高压喷射注浆法桩体间的搭接长度 (mm)。

5 基本规定

- 5.1 全方位高压喷射注浆可应用于隔水帷幕、地基加固、基坑支护等工程。全方位高压喷射注浆的设计与施工应综合分析工程特点、工程地质和水文地质条件、周边环境、施工条件、材料性能和工程造价等因素, 选择合理的设计方案和施工工艺。
- 5.2 全方位高压喷射注浆适用于素填土、淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、砂土、碎石土等地层。对含有大量纤维质的腐殖土, 砾石直径过大或含量过多, 地下水流速过大的地层, 应通过试验确定其适用性。
- 5.3 对周边环境保护要求高、重要工程或缺乏相关施工经验地区, 应根据环境、地质等条件进行工艺性试桩来确定相关参数。
- 5.4 全方位高压喷射注浆在设计和施工之前应进行工程勘察, 工程勘察应满足现行湖北省地方标准 DB42/T 169 标准的规定。
- 5.5 喷射注浆设计施工前, 应具备拟建场地岩土工程勘察资料、建(构)筑物结构等设计文件, 并应调查了解拟建场地施工条件, 邻近既有建(构)筑物、市政设施等周边环境条件。
- 5.6 全方位高压喷射注浆法施工材料应满足设计要求, 水泥应符合现行国家标准 GB 175 的规定, 施工用水应符合现行行业标准 JGJ 63 的规定。
- 5.7 全方位高压喷射注浆施工质量应满足设计要求并符合现行有关标准规定, 应进行质量检查和验收。

6 设计

6.1 一般要求

- 6.1.1 全方位高压喷射注浆法的设计内容根据其功能需求分别包括成桩方向、单桩成桩形式(摆喷或定喷)、单桩成桩截面形式、成桩直径、桩长、桩体强度、渗透系数、桩位布置、单桩承载力、复合地基承载力、水泥品种规格及掺量等。
- 6.1.2 全方位高压喷射注浆水泥浆液宜选用强度等级 42.5 级及以上的普通硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥; 水泥掺入比应根据土质条件、水泥土强度、抗渗要求确定, 且不宜小于 40%。当添加外加剂及掺合料时, 所用外加剂及掺合料的种类、用量应通过试验确定。
- 6.1.3 水泥浆液的水胶比应按工程需求选用, 宜为 1.0~1.3。
- 6.1.4 全方位高压喷射注浆桩体 28 d 无侧限抗压强度不应小于 1.0 MPa。

- 6.1.5 全方位高压喷射注浆法成桩直径、桩身强度宜通过现场试桩测试确定。
- 6.1.6 全方位高压喷射注浆桩位布置根据工程需求可采用单排桩、多排桩布置，多排桩可采用矩形布桩或梅花形布桩。用于隔水帷幕或土体加固时，常用的圆形、半圆形布桩配置可参考表 1、表 2；用于复合地基时，布桩配置应符合现行湖北省地方标准 DB42/T 159 的有关规定。

表1 圆形布桩

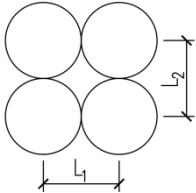
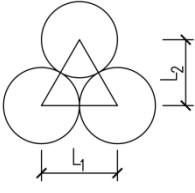
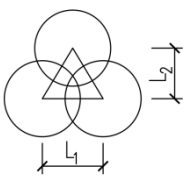
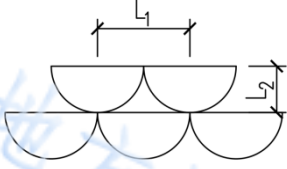
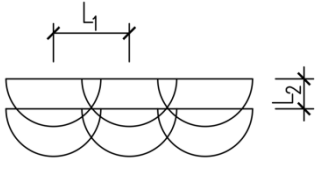
适用条件	施工无止水要求		施工止水用
基本配置			
基本间隔	$L_1 = L_2 = D$	$L_1 = D$ $L_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot D$	$L_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot D$ $L_2 = \frac{3}{4} \cdot D$

表2 半圆形布桩

适用条件	施工无止水要求	施工止水用
基本配置		
基本间隔	$L_1 = 2L_2 = D$	$L_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot D$ $L_2 = \frac{1}{2} \cdot D - \Delta$

- 6.1.7 结合成桩方向、桩型及经济性，全方位高压喷射注浆桩体直径宜取 2000 mm～2600 mm。当水平全圆成桩时，可采用不带同轴压缩空气的方式，桩体直径宜取 800 mm～1400 mm。
- 6.1.8 全方位高压喷射注浆法桩体深度或长度不宜大于 60 m。
- 6.1.9 全方位高压喷射注浆成孔的轴线允许偏差不应大于孔深的 1/150。
- 6.1.10 全方位高压喷射注浆法成桩方向为水平时，与水平线向上的倾斜角度不宜大于 15°。
- 6.1.11 成桩方向与竖直方向夹角大于等于 30° 或成桩方向为水平方向时，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。

6.2 隔水帷幕

- 6.2.1 全方位高压喷射注浆用于隔水帷幕时，应根据地下水控制要求确定桩体深度，设计应符合现行

湖北省地方标准 DB42/T 159 的有关规定。

6.2.2 采用全方位高压喷射注浆隔断地下水时，隔水帷幕应穿过含水层，且进入下卧完整的隔水层不应小于 2.0 m。采用全方位高压喷射注浆作为深层地下水的悬挂式隔水帷幕时，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。

6.2.3 全方位高压喷射注浆法用于隔水帷幕时，加固体渗透系数 K 不应大于 1×10^{-6} cm/s，且应满足设计要求。

6.2.4 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。成桩深度 20 m 以内时，桩间搭接不宜小于 300 mm，成桩深度大于 20 m 时，桩间搭接不宜小于 500 mm。

6.2.5 全方位高压喷射注浆法用作地下连续墙接缝止水时，宜采用不小于 180° 的正对接缝摆喷成桩形式，扇形桩体直径方向与地下连续墙虚拟搭接不宜小于 500 mm。

6.2.6 全方位高压喷射注浆法用作排桩支护的隔渗帷幕时，宜采用正对桩缝扇形摆喷成桩形式，摆喷成桩角度不宜小于 120° 。当摆喷角度小于 180° 时，其桩心间距应与排桩桩心间距一致。

6.2.7 对地下存在动水流的特殊情况，应采用先外围后中间的施工顺序，并应自水头高的一端开始施工，同时要适当考虑增加加固体尺寸，必要时可添加速凝剂。

6.3 地基加固

6.3.1 全方位高压喷射注浆用于地基加固时，应根据加固形式和使用要求进行设计计算和桩体布置，设计应符合现行湖北省地方标准 DB42/ 242 的有关规定。

6.3.2 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。

6.3.3 全方位高压喷射注浆用于复合地基设计时，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。初步设计时，也可结合类似工程经验和湖北省地方标准 DB42/242 中的有关规定估算。

6.3.4 全方位高压喷射注浆法用作地下连续墙槽壁加固时，宜采用不大于 180° 的背向摆喷成桩形式，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 100 mm。

6.3.5 成桩方向为水平方向时应符合下列规定：

- a) 加固区范围应结合作业空间和设备限界设计；
- b) 桩体上部覆土厚度不宜小于 2.0 m。

6.4 基坑支护

6.4.1 全方位高压喷射注浆用于基坑支护结构时，应根据使用功能进行设计计算，设计应符合现行湖北省地方标准 DB42/T 159 有关规定。

6.4.2 全方位高压喷射注浆法作为支护结构的一部分时，其设计应符合下列要求：

- a) 当全方位高压喷射注浆法内插芯材作为支护结构时，应只考虑内插芯材的刚度。内插芯材型号、间距应根据计算结果确定，同一区段内应保证墙体刚度的均匀性；
- b) 在进行支护结构验算时，插入芯材的深度应满足坑底抗隆起、抗倾覆、整体稳定性的要求。

6.4.3 全方位高压喷射注浆深度宜超过内插芯材深度的 0.5 m~1.0 m。

7 施工

7.1 一般要求

7.1.1 全方位高压喷射注浆施工前应做好各类资料的收集工作：

- a) 施工场区的地形、地质、气象、水文及“三通一平”等资料；

- b) 邻近建（构）筑物、周边地下管线、场内架空线及地下障碍物等相关资料；
- c) 当地防洪、防汛和环境保护的有关规定。

7.1.2 全方位高压喷射注浆施工前应对施工区域及影响范围内的邻近建（构）筑物和地下管线现场踏勘评估，必要时可开挖探沟确认地下管线位置和走向，并采取合适的监测和保护措施。

7.1.3 在邻近建（构）筑物和地下管线进行全方位高压喷射注浆施工前应进行专项方案论证，宜采用背喷工艺施工，且保留一定安全距离，不应直接对被保护对象的地下结构进行喷射。

7.1.4 全方位高压喷射注浆施工前应编制施工方案，正式施工前应根据方案进行试桩施工，以检验地质情况是否与勘察报告一致，设备性能、施工参数、工效等是否满足要求，根据试桩结果调整施工方案，确定施工设备及施工技术参数。

7.1.5 应根据审批通过后的全方位高压喷射注浆施工方案，逐级向有关人员进行技术交底。

7.1.6 原材料进场时，应具有产品合格证、出厂试验报告。进场后，应按国家有关规定进行材料验收和抽检，确保其质量合格后方可使用。

7.1.7 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，当有异常情况发生时，应立即暂停施工，并采取必要措施。

7.1.8 每米水泥用量应满足设计要求，可按下列公式（1）、（2）验算：

$$m = \alpha \cdot \beta \cdot m_1 \cdot Q \cdot t \dots\dots\dots (1)$$

$$\alpha = 1 + d/L \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- m ——每米设计水泥用量（kg）；
- α ——分节拆装钻杆重复喷射桩体的搭接系数；
- β ——损耗经验系数，根据施工工艺、地质条件等取值，宜取1.10~1.15，黏性土宜取大值；
- m_1 ——每升水泥浆液中水泥含量（kg/L）；
- Q ——喷射流流量（L/min）；
- t ——步进提升或回抽时间（min/m）；
- d ——分节拆装钻杆重复喷射的距离（m）；
- L ——分节拆装钻杆长度（m）。

7.2 施工设备及机具

7.2.1 全方位高压喷射注浆施工设备及机具应包括：钻机、前端总成装置、多孔钻杆、水龙头、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、水泥筒仓、大功率动力设备、泥水分离系统、高压泥浆泵、高压水泵、拌浆系统、空气压缩机、起吊设备等。施工设备可按本规程附录 A 选用。

7.2.2 施工前应根据全方位高压喷射注浆施工工艺、现场场地条件选择合适的设备。

7.2.3 全方位高压喷射注浆设备应符合下列要求：

- a) 空气压缩机输出压力、流量稳定；
- b) 高压泵输出压力、流量稳定，压力变动幅度应控制在±2 MPa 范围内；
- c) 主机应具备自动控制步进提升（回抽）、摆动等功能。

7.2.4 全方位高压喷射注浆施工配套设备应根据工程要求进行配置。施工超大直径桩体时，宜选择流量不小于 180 L/min 的高压泥浆泵。垂直深度在 30 m 以上或砂质土层厚度大于 10 m 的工况施工时，宜配置外套管。

7.2.5 水泥浆液的拌制宜采用自动拌浆系统，自动拌浆系统应每半年检定 1 次。

7.3 施工准备

7.3.1 施工前应平整场地，施工材料及设备或车辆荷载满足地面荷载限制要求，根据图纸测量放样，

- 开挖样沟，排查市政设施及障碍物情况，设置泥浆存放设施。
- 7.3.2 施工开始前应充分作好准备工作，包括机械设备、机具、器具、管路、材料、水和电等的检查及验收工作，施工一经开始即应连续进行，避免中断。
- 7.3.3 施工前应检查施工设备中的压力表和流量计、感应器等仪器的校准证书是否在有效期内。
- 7.3.4 供电量应根据施工设备进行计算，每套设备供电容量不宜小于 350 kW。
- 7.3.5 用水量应根据施工参数进行计算，每套设备供水量不宜小于 150 L/min，现场用水如无法满足施工需求，应设置增压泵或水箱。
- 7.3.6 水平方向成桩施工前，应根据施工条件选择合适的作业平台、测斜设备、纠偏钻头、防喷装置、高扬程泵等。
- 7.3.7 作业平台应进行承载力、刚度及稳定性计算，对一些特殊平台宜进行现场预加载试验并验收，确保作业平台安全性。
- 7.3.8 施工前应根据邻近建（构）筑物和市政设施的保护要求，完成监测点的布置并进行工程监测。

7.4 施工工艺

7.4.1 全方位高压喷射注浆施工流程如图 1 所示。

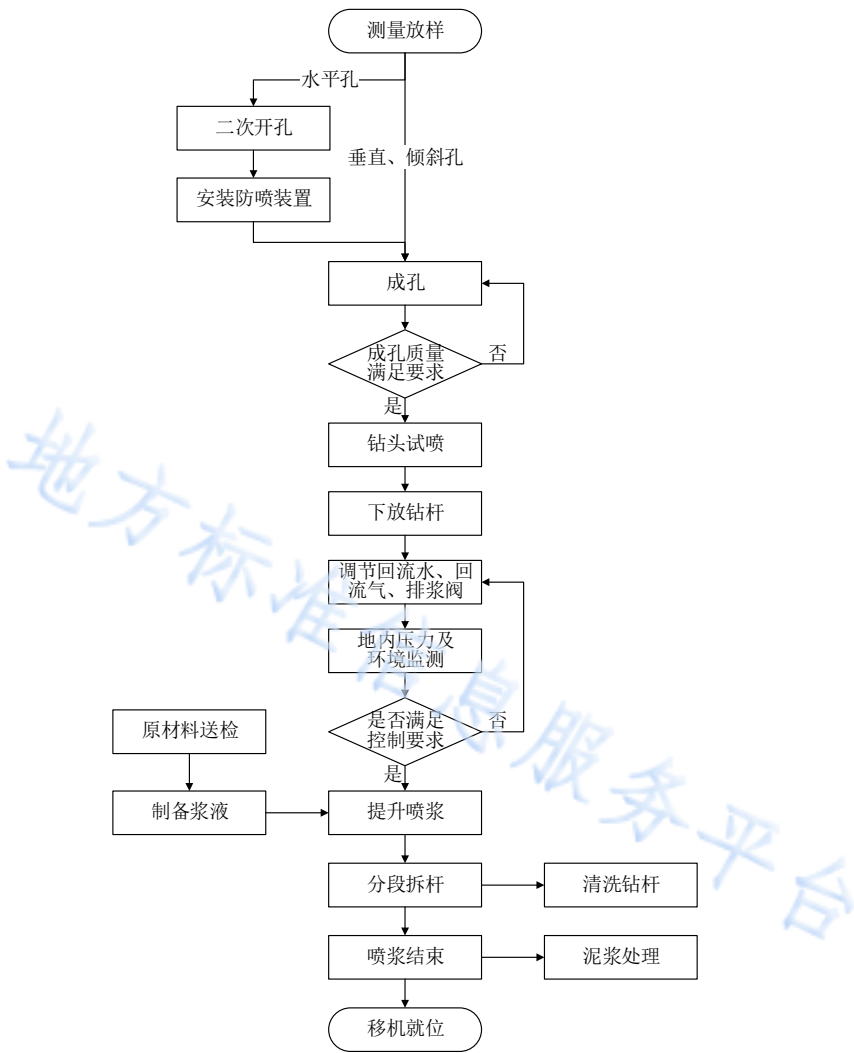


图1 全方位高压喷射注浆施工流程图

7.4.2 测量放样

施工前，应根据经复核的测量基准点进行准确放样，并对测量基准点及建（构）筑物的基准线采取相应的保护措施。

7.4.3 浆液拌制

浆液拌制应满足下列要求：

- a) 浆液拌制严禁使用过期和受潮结块的水泥；
- b) 浆液应搅拌均匀；浆液的储存时间不应大于浆液初凝时间，浆液在泵送前应进行过滤，拌制好的浆液应随机抽检，对抽检不合格浆液应作为废浆处理；
- c) 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，应采取防冻措施，拌浆用水应提前加热，水温不宜低于 25°C ，输浆管路用草席包裹进行保温处理；在炎热条件下，用水温度不应超过 35°C ，盛浆桶和注浆管路在注浆体静止状态暴露于阳光下不应超过 2 小时；
- d) 浆液拌制时间应小于浆液初凝时间。

7.4.4 成孔

成孔应符合下列规定：

- a) 采用工程地质钻机预成孔或全方位高压喷射注浆钻机自行成孔，孔深或孔长应满足喷射流喷嘴到达设计桩端的要求；
- b) 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，开孔宜采用二次开孔工艺，并安装防喷装置，防喷装置的底座应与围护结构或结构墙稳固连接，避免工程险情的发生；
- c) 在易坍塌的土层成孔时，需要在成孔过程中同步加入膨润土泥浆，膨润土应符合现行国家标准 GB/T 20973 的规定；
- d) 成孔过程中应及时测斜与纠偏，成孔完毕应抽查成孔质量，对不满足要求的孔洞应重新成孔。

7.4.5 钻头试喷

钻头试喷应符合下列规定：

- a) 全方位高压喷射注浆主机就位后，将钻头吊放入主机动力头内，并安装倒吸空气适配器、安装水龙头，确认各路管线在通畅的前提下进行试喷；
- b) 数据记录仪在地面或基坑内无荷载情况下清零，并依次开启回流水、回流气、排浆阀门、主气、浆，确认管路通畅，数据正常。

7.4.6 下放钻杆

分节下放（钻进）钻杆、同步连接数据线、检查钻杆密封圈、并确认数据显示正常，直至将钻具下放（钻进）至桩端预定位置（在水平施工时需对钻杆姿态进行检测并纠偏，在满足钻杆姿态的情况下，方可钻进）。

7.4.7 提升注浆

提升注浆应符合下列规定：

- a) 钻杆下放（钻进）到预定深度后，根据工艺要求先开启回流水、回流气、排浆阀门，确认排浆及地内压力数据正常后，再依次开启主气、浆；
- b) 喷射成桩时应按设定的喷射角度、步进间隔时间、步进间距、喷射流流量、喷射流压力、摆动转速等参数进行施工，确认地内压力正常、排浆正常后提升或回抽钻杆；

- c) 喷浆过程中必须严格根据环境监测数据，通过调节回流水、回流气、排浆阀门大小等措施控制排浆量，调整和控制地内压力。在施工过程中如出现地内压力异常，应及时调整；
- d) 喷射施工完毕立即拔出钻杆，并用水冲洗浆液管路（水平施工需对防喷装置进行双液浆回注）；
- e) 移动钻机进行下一孔位施工。

7.5 地内压力控制

7.5.1 地内压力控制值应根据公式(3)计算：

$$p = \xi \gamma_{\omega} h / 10^3 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- p ——地内压力控制值，单位为兆帕（MPa）；
- ξ ——地内压力控制系数，根据地质条件、环境监测数据等取值，宜取1.2~1.6；
- h ——计算压力点处的垂直深度，单位为米（m）；
- γ_{ω} ——水的重度，取10 kN/m³。

- 7.5.2 喷射成桩时应实时监测地内压力，并按地内压力控制值对回浆量进行调整。
- 7.5.3 回浆量可通过回流水、回流气、排浆阀门大小等进行调节，达到调控地内压力的目的。
- 7.5.4 施工产生的废弃泥浆应集中处理，宜采用泥水分离系统处理。

7.6 施工控制要点

- 7.6.1 喷射成桩开始时，喷射流压力宜分级加压至设定值。
- 7.6.2 全方位高压喷射注浆钻机与钻机的浆料输送管道长度不宜大于 50 m，注浆系统管路耐压强度不小于 65 MPa。
- 7.6.3 当喷嘴达到设计位置，同时在地内压力、排浆情况正常的前提下，喷射注浆参数达到规定值后，即可分别按摆喷或定喷的工艺要求，提升或回抽钻杆喷射注浆。钻杆分段提升或回抽的搭接长度应大于 100 mm。
- 7.6.4 施工中因故停止，恢复施工时应与停止前喷射过的区域搭接不小于 500 mm。当施工停止超过 1 h，或高压喷射注浆完毕，应拔出钻杆并进行清洗，防止钻杆、喷嘴堵塞。
- 7.6.5 全方位高压喷射注浆法施工必须通过配置的自动数据显示记录仪，如实和准确地记录喷射压力和流量、地内压力数据、钻杆提升（回抽）速度、钻杆转数等参数，并对资料及时整理分析，发现异常情况应及时会同参建单位协商解决。
- 7.6.6 在全方位高压喷射注浆施工过程中出现地内压力骤然下降、上升或地面冒浆、回浆不正常等异常情况时，应查明产生的原因并及时采取措施。
- 7.6.7 为防止浆液凝固收缩影响桩顶高程，必要时可采用超范围喷射、在原孔位采用冒浆回灌或第二次注浆等措施。
- 7.6.8 全方位高压喷射成桩顺序应符合下列规定：
 - a) 成桩宜采用跳桩施工，跳桩间隔宜为 2~3 倍的有效桩径；
 - b) 相邻桩施工间隔时间不宜小于 24 h；
 - c) 水平方向群桩施工时应由下往上依次进行；
 - d) 邻近重要建（构）筑物和市政设施的群桩施工时，宜先进行隔离桩施工。

7.7 施工监测

7.7.1 喷射注浆施工前应采集周边环境的初始数据。监测项目宜包括：周边地表及管线水平位移、竖

向位移、变形监测；相邻建（构）筑物水平位移、竖向位移、倾斜及裂缝发展观测等。

7.7.2 监测点的布设与监测方法应根据环境保护要求、工程地质和水文地质条件、施工工艺和施工进度等因素综合确定。

7.7.3 变形监测的基准点数量不应少于 3 个，并布设在施工影响范围外。监测期间，基准点应定期复测。

7.7.4 人工监测频率不应少于 1 次/d，自动化监测应能提供实时监测数据。

7.7.5 工程监测预警值应根据场地工程地质与水文地质条件、保护对象的要求及当地工程经验等综合确定，当缺乏工程经验时，工程监测预警值可按表 3 的规定采用。

表3 工程监测预警值

监测项目	变化速率（mm/d）	累积量（mm）
自来水总管、煤气总管、共同沟位移	2.0	10.0
周边重要建（构）筑物位移	2.0	10.0
轨道交通竖向结构位移	2.0	10.0

7.7.6 喷射注浆施工过程中，严格做好监测，根据监测数据控制地内压力，严格控制施工进度、施工顺序，减小对建（构）筑物、管线的扰动。如监测数据达到报警值，应及时停工，并查明原因，采取处置措施。

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

7.7.8 监测单位应对现场观测数据建立档案并及时归档。

7.8 施工安全措施

7.8.1 施工过程的安全应符合现行行业标准 JGJ 59 的有关规定。

7.8.2 施工机械的使用应符合现行行业标准 JGJ 33 的规定，应对机械设备、设施、工具配件及个人劳保用品经常检查，应确保完好和使用安全。

7.8.3 机电设备应由考核合格的专业机械工操作，操作时应遵守操作规程。特殊工种及小型机械工应持证上岗。

7.8.4 工地临时用电线路架设及用电设施，应按现行行业标准 JGJ 46 的有关规定执行。

7.8.5 在进驻施工现场前，应对施工人员进行安全教育，使其正确使用劳保用品；应制定合理的劳动组织计划，劳动强度控制要符合国家的相关规定。

7.8.6 应对沟槽采取有效的防护措施。

7.8.7 应定期检查高压管路，确保连接牢固；压力表、安全阀等应定期检查。

7.8.8 在进行地面试喷射时，喷射范围内严禁站人。

7.8.9 拆卸钻杆前应进行泄压。

7.8.10 喷射成桩期间出现堵管时，高压泵应采用安全阀泄压。

7.9 环境保护措施

7.9.1 施工过程的环境保护应符合现行行业标准 JGJ 146 的有关规定。

7.9.2 施工前应制定建（构）筑物、地下管线的安全保护技术措施，并标出施工区域内外的建（构）筑物、地下管线的分布示意图。

- 7.9.3 周边环境监测结果应满足邻近建（构）筑物和市政设施的保护要求。
- 7.9.4 宜采用散装水泥，筒仓储存。拌浆系统应进行封闭处理，防止扬尘污染。
- 7.9.5 应按现行国家标准 GB 12523 的规定，严格控制施工期间的噪声。
- 7.9.6 夜间施工应办理相关手续，夜间施工应采取措施减少噪声、光污染。
- 7.9.7 废弃泥浆和污水未经处理严禁直接排入下水道和河流中。
- 7.9.8 施工中应做好泥浆处理，及时将泥浆运出或在现场短期堆放后作土方运出。特殊情况可采用泥水分离系统处理泥浆，外运土方。

8 质量检查与验收

8.1 一般要求

- 8.1.1 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。
- 8.1.2 全方位高压喷射注浆的质量检查与验收除满足本技术规程外，尚应符合现行国家、行业和湖北省相关标准的规定。

8.2 施工前检查

- 8.2.1 全方位高压喷射注浆施工前应对水泥、外加剂、掺合料及施工用水等原材料进行验收。检验项目和技术指标应符合本规程第 6.1.3、6.1.4 的要求和国家现行有关标准的规定。进场原材料应检查产品质量文件，并按有关规定抽样送检。
- 8.2.2 喷射施工设备应进行进场检查并进行试运行试验，对全方位高压喷射设备、引孔钻机、高压泥浆泵、搅浆后台、水泵等作试机运行，同时确保钻杆、钻头及导流器畅通无阻。
- 8.2.3 喷射注浆施工工艺及施工参数应通过试验确定，明确高压水、高压注浆泵及空压机的压力、流量，以及喷射过程注浆管的提升速度、注浆量、终孔条件等参数。

8.3 施工过程检查

- 8.3.1 全方位高压喷射注浆施工过程中的质量检查内容应包括：

- a) 拌合用水；
- b) 注浆材料用量；
- c) 钻孔孔位；
- d) 施工长度范围；
- e) 钻孔精度；
- f) 喷射流压力和流量；
- g) 同轴高压空气压力和流量；
- h) 浆液水胶比；
- i) 钻杆移动速度和旋转速度；
- j) 摆喷转速；
- k) 地内压力控制值；
- l) 周边环境监测数据。

- 8.3.2 全方位高压喷射注浆施工允许偏差应符合表 4 要求。

表4 全方位高压喷射注浆施工允许偏差、检查数量、检验方法

序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查数量	检验方法
1	水泥用量	不小于设计值		每桩	查看拌浆记录或流量计
2	浆液比重	±0.05		每班抽检不少于2次	泥浆比重计量测
3	孔位	复合地基	±50 mm	每桩	全站仪或钢尺量测
		隔水帷幕	±20 mm		
4	施工长度范围	桩端	+100 mm, 0 mm	每桩	测量钻杆长度
		桩顶	+100 mm, 0 mm	每桩	测量钻杆长度
5	成孔轴线偏差	设计值且不大于孔深1/150		每桩	陀螺仪或测斜仪测钻杆
6	喷射流压力	按设定参数指标		每桩	查看压力表和自动数据显示记录仪
7	喷射流流量	按设定参数指标		每桩	查看流量计和自动数据显示记录仪
8	喷射角度	按设定参数指标		每桩	观察主机面板，检查钻杆喷嘴刻度线位置
9	提升速度	按设定参数指标		每桩	观察主机面板，结合秒表和钢尺检查
10	旋转速度	按设定参数指标		每桩	观察主机面板角度计，结合秒表和角度计检查
11	地内压力	按设定参数指标		每桩	观察地内压力显示屏
12	同轴高压空气流量	按设定参数指标		每桩	查看流量计和自动数据显示记录仪
注：设定的参数指标通过现场工艺试验确定					

8.3.3 钻杆步进提升或回抽、转动速度应符合设定参数指标要求, 每班抽检次数不应少于2次。

8.3.4 喷射角度应符合设计要求, 施工过程中随机抽检钻杆喷嘴刻度线位置和喷射角度设定值, 测试频率宜每3 m进行1次。

8.4 成桩质量验收

8.4.1 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; 用作基坑支护和止水帷幕时, 尚应进行抗渗性检测; 用作地基加固时, 尚应进行竖向承载力检验; 验收宜按施工段分批进行。

8.4.2 成桩质量验收检验点应布置在下列部位:

- 建(构)筑物荷载大或有代表性的部位;
- 相邻桩搭接部位;
- 施工过程中出现异常情况的部位;
- 地质情况复杂, 可能影响质量的部位。

8.4.3 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:

- 桩径小于1.2 m的钻孔数量宜为1个~2个孔, 桩径为1.2 m~1.6 m的钻孔数量宜为2个孔, 桩径大于1.6 m的桩的钻孔数量宜为3个孔, 钻芯孔的位置宜距离桩中心0.4 D均匀对称布置; 对于桩体搭接布置时, 搭接区域应布置不少于1个钻芯孔;
- 桩长小于10 m时, 每孔应截取2组芯样; 桩长10 m~30 m, 每孔应截取3组芯样; 桩长大于30 m, 每孔应截取不少于4组芯样, 每组应取3个芯样试件;
- 上部测试芯样位置距桩顶设计标高不宜大于1倍桩径或超过2 m, 下部测试芯样位置距桩底不宜大于1倍桩径或超过2 m, 中间测试芯样宜等间距截取;
- 钻取芯样宜采用地质钻机和可靠的取芯钻具, 钻头外径不宜小于100 mm; 抗压芯样试件的高径比宜为1:1; 用于抗压强度检测的水泥土桩龄期不宜少于28 d;

- e) 桩身完整性判别及桩身强度评定应满足现行行业标准 JGJ 340、现行团体标准 T/CCES 20 的相关规定；桩身强度判别应满足本文第 6.1.4 的要求。

8.4.4 钻孔取芯后，钻芯孔宜采用水泥浆液注浆填充。

8.4.5 全方位高压喷射注浆用作隔水帷幕及基坑支护时，质量检验标准应符合表 5 规定。隔水帷幕抗渗性能可采用钻取芯样渗透试验或桩身注水试验确定。钻孔技术要求及钻孔数量应按本文件第 8.4.3 条执行，渗透试验抗渗芯样不宜小于 3 组，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 个孔。

表5 全方位高压喷射注浆隔水帷幕、基坑支护质量检验标准

序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查数量	检验方法
		单位	数值		
1	抗渗性（隔水帷幕）	不小于设计值		1% 且不少于3 根	取芯试验或渗透试验
2	桩体强度	不小于设计值		1% 且不少于3 根	取芯试验
3	桩体完整性	不小于设计值		1% 且不少于3 根	取芯判断
4	桩长	不小于设计值		每桩	测钻杆长度
5	成桩直径	mm	+50, 0	抽查	开挖暴露钢尺量测或取芯判断
6	搭接（隔水帷幕）	mm	不小于设计值	抽查	开挖暴露钢尺量测或取芯判断

8.4.6 全方位高压喷射注浆用作地基加固时，质量检验标准应符合表 6 规定。

表6 全方位高压喷射注浆地基加固质量检验标准

序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查数量	检验方法
		单位	数值		
1	复合地基承载力	不小于设计值		1% 且不少于3 根	静载试验
2	单桩承载力	不小于设计值		1% 且不少于3 根	静载试验
3	桩体强度	不小于设计值		1% 且不少于3 根	取芯试验
4	桩体完整性	不小于设计值		1% 且不少于3 根	取芯判断
5	成桩直径	mm	+50, 0	抽查	开挖暴露钢尺量测或取芯判断

8.4.7 全方位高压喷射注浆用作内插型钢支护时，型钢强度、规格、焊缝质量应符合设计要求和现行国家标准 GB 50205、现行行业标准 JGJ/T 199 的相关规定。

8.4.8 全方位高压喷射注浆成桩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：

- 岩土工程勘察报告；
- 设计文件、图纸会审、设计变更；
- 施工组织设计及专项施工方案；
- 工程测量、定位放线记录；
- 原材的质量合格证和检测报告；
- 施工记录及验收记录；
- 施工质量检测报告；
- 监测资料；
- 施工影像资料等其他相关资料。

附录 A
(资料性)

全方位高压喷射注浆设备选型参照表

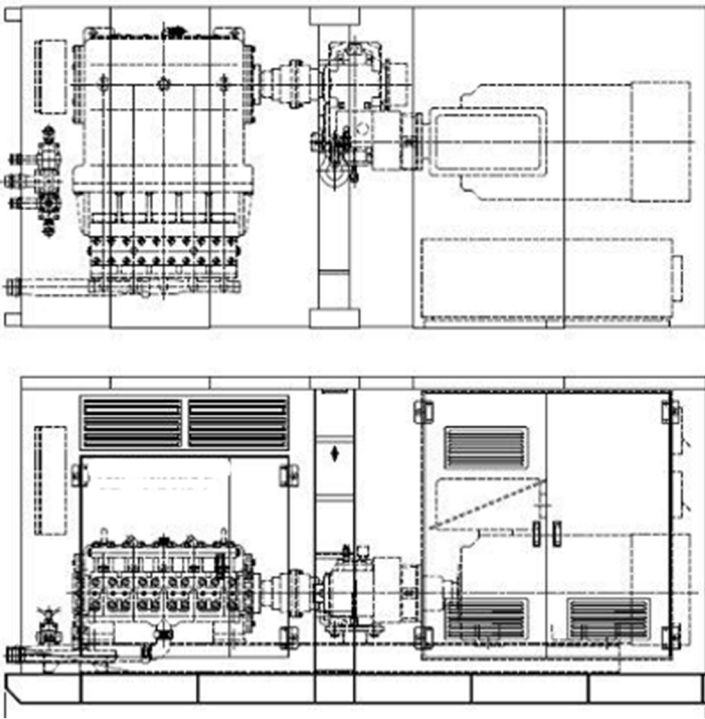
A.1 全方位高压喷射注浆钻机应根据成桩方向、深度、施工条件等进行选型，可参考表 A.1。

表A.1 全方位高压喷射注浆钻机示意图及功能

序号	适应方向	设备示意图	适应深度 (m)	额定功率 (kW)
1	垂直、水平	1—旋转夹管; 2—进给台; 3—管卡; 4—导向杆; 5—步履基座; 6—操作面板; 7—油压操控机构; 8—悬挑支架; 9—控制面板; 10—千斤顶支腿; 11—绞车。	1. 垂直，深度 ≤65 m; 2. 水平，长度 ≤65 m。	45
2	垂直、水平、倾斜		1. 垂直，深度 ≤40 m; 2. 水平，长度 ≤40 m。	45

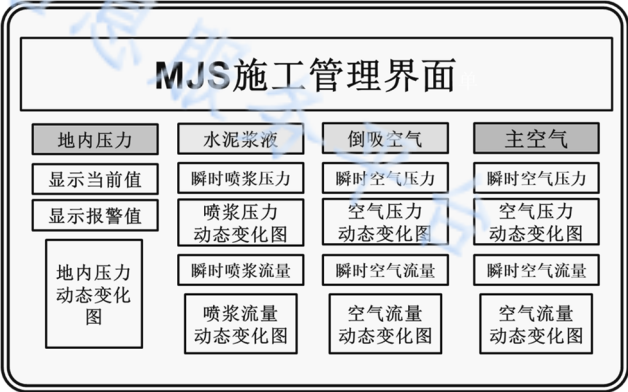
A. 2 高压泥浆泵应根据技术参数、施工条件等进行选型，宜参考表 A. 2。

表A. 2 高压泥浆泵选型表

设备用途	设备示意图	额定压力 (MPa)	额定流量 (L/min)	额定功率 (kW)
高压泥浆喷射，可喷射高压泥浆或高压水流		40	75	55
			120	90
			200	150
			340	250

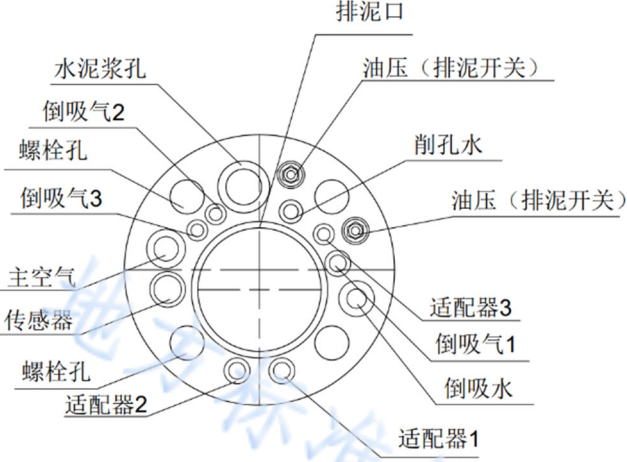
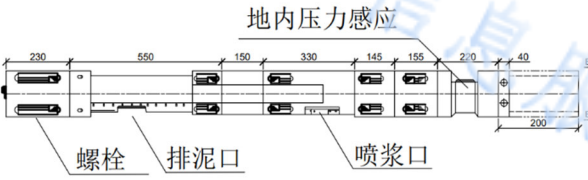
A. 3 全方位高压喷射注浆自动采集数据显示记录仪宜参考表 A. 3。

表A. 3 自动采集数据显示记录仪选型表

设备名称	功能	界面示意图
自动采集数据显示记录仪	地内压力实时显示； 排浆阀门开闭距离实时显示。 地内压力、喷射流压力和流量、回流水压力和流量、同轴压缩空气压力和流量实时显示及数据采集。	

A. 4 全方位高压喷射注浆钻具应根据技术参数、施工条件等进行选型，宜参考表 A. 4。

表A. 4 钻具选型表

钻具名称	钻具示意图	长度 (mm)	直径 (mm)	孔数 (个)
多孔管		1000	142	11
		1500	142	11
		3000	142	11
		1000	165	13
		1500	165	13
		3000	165	13
前端总成装置		1640	142	11
		2070	165	13

附录 B
(资料性)
施工记录表

B.1 工程检验批质量验收记录内容应包括主控项目和一般项目，宜参考表 B.1。

表B.1 工程检验批质量验收记录

单位（子单位） 工程名称			分部（子分部）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								验收执行标准				
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	水泥用量不小于设计值													
	3	钻孔垂直度误差不得大于1%													
	4	钻孔深度不小于设计值，误差不得大于100 mm													
	5	桩体强度或完整性检验必须满足设计值													
一般项目	1	浆液水胶比	1.0~1.3												
	2	提升速度	按设定参数指标												
	3	旋转速度	按设定参数指标												
	4	孔位	复合地基±50 mm； 隔水帷幕±20 mm												
	5	相邻桩施工间歇	≥24 h												
	6	成孔轴线偏差	设计值且不大于孔深 1/150												
	7	注浆压力	设定参数指标												
	8	搭接（隔水帷幕） （mm）	设计值												
	9	成桩直径（mm）	+50, 0												
施工单位检查评定结果			项目专业质量检查员：												

18

B.2 全方位高压喷射注浆技术桩施工记录应包括相关技术参数, 宜参考表B.2。

表B.2 全方位高压喷射注浆技术桩施工记录表

[illegible]

记录员:

质检验:

技术负责人:

监理工程师:

B.3 隐蔽工程验收详表宜参考表 B.3。

表B.3 隐蔽工程验收单

单位工程名称		建设单位		设计单位		监理单位		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		设计单位		建设单位		
	(盖章)		(盖章)		(盖章)		(盖章)		
技术负责人：		专业监理工程师：		技术负责人：		业主代表：			
日期： 年 月 日		日期： 年 月 日		日期： 年 月 日		日期： 年 月 日			

B.4 全方位高压喷射注浆技术施工钻孔记录应根据实际施工情况记录其参数，记录表宜参考表 B.4。

表B.4 全方位高压喷射注浆技术施工钻孔记录表

工程名称				施工日期				
施工单位				施工部位				
孔位类型	全方位高压喷射注浆预成孔	孔号		设计孔深				
孔径(mm)		地面标高(m)		设计孔底标高(m)				
时间	钻进进尺(m)	钻进精度(%)	垂直偏差(L/150)	孔位偏差				备注
				前	后	左	右	
累计								
余尺								
备注栏								

施工员： 质检员： 技术负责人： 年 月 日

DB42

湖 北 省 地 方 标 准

DB42/T 2090—2023

全方位高压喷射注浆技术规程

条文说明

地方标准信息服务平台

2023 - 08 - 14 发布

2023 - 12 - 14 实施

湖北省住房和城乡建设厅
湖北省市场监督管理局

联合发布

目 次

1 范围 25

3 术语和定义 25

5 基本规定 26

6 设计 27

 6.1 一般要求 27

 6.2 隔水帷幕 29

 6.3 地基加固 29

 6.4 基坑支护 29

7 施工 29

 7.1 一般要求 29

 7.2 施工设备及机具 30

 7.3 施工准备 30

 7.4 施工工艺 30

 7.5 地内压力控制 34

 7.6 施工要点 34

 7.7 施工监测 34

 7.9 环境保护措施 35

8 质量检查与验收 35

 8.1 一般要求 35

 8.2 施工前检查 35

 8.3 施工过程检查 35

 8.4 成桩质量验收 35

地方标准信息服务平台

《全方位高压喷射注浆技术规程》条文说明

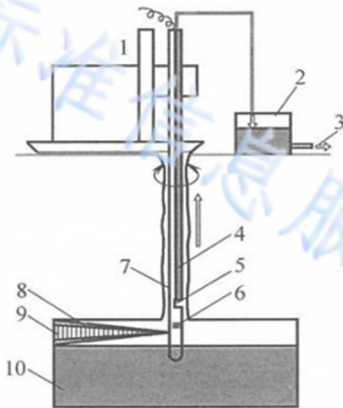
1 范围

全方位高压喷射注浆法据不完全统计，已在上海、广州、南京、天津、武汉、杭州、苏州、福州、宁波、长沙、深圳、珠海等地区有工程实例，在既有建（构）筑物保护及对周边环境保护要求较高的项目中得到了大量的应用，随着湖北省建设进度的不断推进，必定会在湖北省有较大的发展。

3 术语和定义

3.1 全方位高压喷射注浆在传统高压喷射注浆工艺的基础上，采用了特制的多孔管和前端总成装置，实现了强制排浆和地内压力监测，并通过调整强制排浆量来调控地内压力，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有效直径。垂直施工工艺原理见图 1、水平施工工艺原理见图 2，其特点如下。

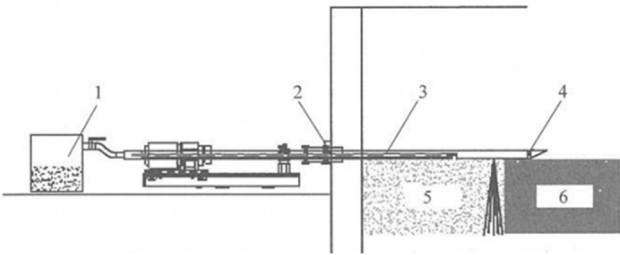
- a) 可全方位进行高压喷射注浆施工，全方位高压喷射注浆可进行水平、倾斜、垂直各方向、任意角度的施工。在安装防喷装置的情况下，其特有的排浆方式，可在富水土层中进行水平施工。
- b) 直径大，增强体质量好，喷射流初始压力达 40 MPa, 常规流量 90 L/min、130 L/min, 使用单喷嘴喷射，圆形增强体每米喷射时间 40 min、30 min, 喷射流能量大，作用时间长，再辅以同轴压缩空气和对地内压力的调控，使得全方位高压喷射注浆有效直径达 2000 mm~2600 mm。直接采用水泥浆液进行喷射，其适用范围广、增强体质量好。
- c) 对周边环境影响小，超深施工有保证，常规高压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调整强制排浆量的方法，对地内压力进行调控，可减少施工对周边环境的影响，并保证超深施工的质量。
- d) 泥浆污染少，全方位高压喷射注浆采用专用回浆孔进行强制排浆，有利于泥浆集中管理。地内压力的调控，能减少泥浆窜入土体、水体或地下管道。



标引序号说明：

- 1——压力记录仪；2——泥浆箱；3——泥浆处理管路；4——排泥管；5——排浆口；
- 6——压力监测；7——多孔管；8——压缩空气；9——高压水泥浆；10——加固体。

图 1 全方位高压喷射注浆垂直施工工艺原理图



标引序号说明：
1—废浆桶；2—孔口密封；3—强制排泥；4—纠偏钻头；5—原状土；6—改良体。

图 2 全方位高压喷射注浆水平施工工艺原理图

全方位高压喷射注浆技术由日本引进时的英文名是Metro Jet System，直译为“地铁喷射系统”，在工程实践当中形成了约定俗成的MJS专有名称，为便于表达，简称为MJS工法。

5 基本规定

5.1 对管线横穿基坑，围护结构无法封闭的情况，可采用桩径 2.4 m~3.6 m 的全方位高压旋喷注浆工法桩进行在管线下方进行封闭。示意图见图 3 及图 4。

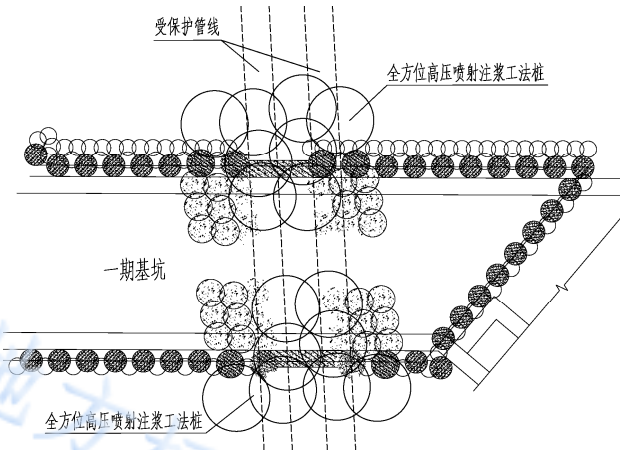


图 3 全方位高压喷射注浆法管线保护案例示意图（管线斜穿）

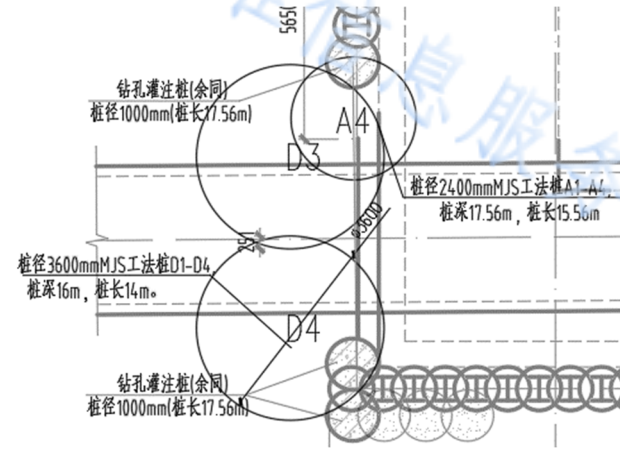


图 4 全方位高压喷射注浆法管线保护案例示意图（管线横穿）

5.2 杂填土、碎石土因含粒径较大的颗粒，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。施工前应对膨润土、水泥、外加剂、掺合料等原材料进行验收，标定施工设备中的压力表和流量表、感应器等，喷射施工设备应进行进场检查并进行试运行试验。喷射成桩时应按设定的喷射角度、步进间隔时间、步进间距、喷射流流量、喷射流压力、摆动转速等参数进行施工，确认地内压力正常、排浆正常后提升或回抽钻杆。喷浆过程中必须严格根据环境监测数据，通过调节回流水、回流气、排浆阀门大小等措施控制排浆量，调整和控制地内压力。

5.5 全方位高压喷射注浆法多在城市核心区域进行施工，施工区域管线众多，对周边环境的保护要求极为严格，所以对相关基础资料的收集极为重要。例：某区域存在直径 3600 mm 的管线，但因前期资料调研不充分，设计按全方位高压喷射注浆直径 2400 mm 设计，布桩孔位必将与 3600 mm 管线重叠，如按设计施工将导致对 3600 mm 管线破坏。

5.7 由于全方位高压喷射注浆工程均为隐蔽工程，施工时必须重视施工质量监测和质量检验方法。只有通过施工全过程的监督管理才能保证质量，及时发现问题和采取必要措施。当进行工程监理时，应阐明检验和监理的目的要求和相互配合验证的重要性。

6 设计

6.1 一般要求

6.1.2 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 42.5 级及以上的普通硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥。根据需要，可以在水泥浆中分别加入适量的外加剂和掺合料，以改善水泥浆液的性能，如早强剂、悬浮剂等。所用外加剂或掺合剂的数量，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。全方位高压喷射注浆属于旋喷工艺的一种，喷射压力、喷射流量、喷射时间直接影响加固质量，任意参数的改变都将导致水泥掺量的变化，40 % 水泥的掺量（质量比）是根据以往大量工程实践确认的最优掺入比。

6.1.3 从理论上讲在一定范围内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，故生产实践中常用 1.0 的水胶比。

6.1.7 高压喷射注浆成桩直径的确定是一个复杂的问题，尤其是深部的直径，目前无法用精确的方法确定。因此，除了浅层可以用开挖的方法确定之外，只能用半经验的方法加以判断、确定。水泥浆液喷射流压力、流量代表了喷射流的功率，钻杆提升速度代表了喷射流作用时间，这 3 个参数整体代表了喷射流的能量，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。判断在特定的土层中，采用的施工参数，成桩直径、加固质量，带有很强的经验性，下列表 1～表 3 为上海、武汉等地多年工程实践总结的经验，在设计时可参照执行。水平布桩案例见图 5（半圆喷射无法与既有车站底板连接，所以采用全圆桩）。

表 1 标准设计参数表

项目	水平施工	垂直施工	倾斜施工
水泥浆液压力（MPa）	40	40	40
水泥浆液流量（L/min）	90~130	90~130	90~130
主空气压力（MPa）	0.7	0.7	0.7
主空气流量（Nm ³ /min）	0.8~1.2 以下	1~2.0	1~2.0
钻杆钻数	大于 3 转	大于 3 转	大于 3 转

表 2 加固土体强度指标表

水泥材料	土质	单轴无侧限抗压强度 q_u (MPa)	黏聚力 c (MPa)
P.O 42.5 水胶比: 1.0	砂性土	3.0	0.5
	黏性土	1.0	0.3
注: 弹性模量: $E_{50} = 100 \times q_u$ (MN/m ²); 渗透系数: $K \leq 1 \times 10^{-6}$ (cm/s)			

表 3 有效成桩直径设计表 (流量为 90 L/min)

土质	砂性土				黏性土			
	$N < 15$	$15 \leq N < 30$	$30 \leq N < 50$	$50 \leq N$	$c < 10$	$10 \leq c < 30$	$30 \leq c < 50$	$50 \leq c$
标准桩径 (mm)	2600	2400	2200	试验	2400	2200	2000	试验
提升速度	全圆成桩 40min/m				全圆成桩 40min/m			
注1： N为标准贯入击数， c为黏聚力。 注2： 砂性土 $N \geq 50$， 黏性土 $c \geq 50$ 需要现场试验确定成桩直径。 注3： 砂 砾， $N < 50$ 成桩直径为砂性土的90%。 注4： 有机质土和泥炭质土， 需要进行试验确定。								

有防水要求的工程对桩径的要求较高, 应采用相对保守的施工参数。

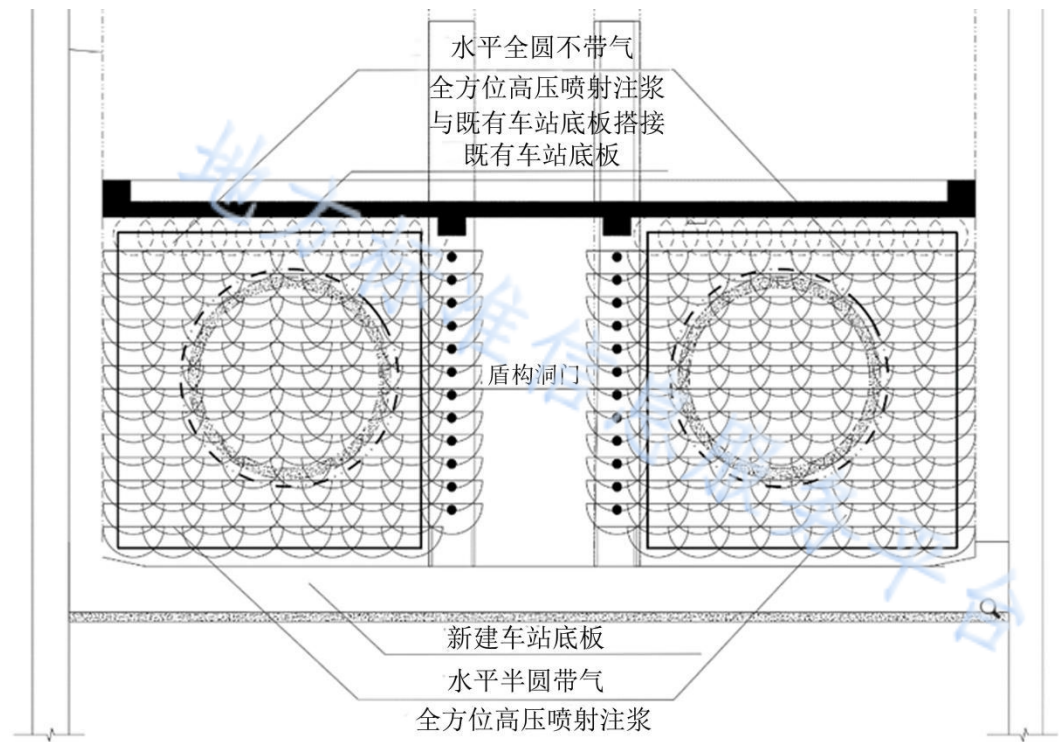


图 5 水平全方位高压喷射注浆布桩案例

6.1.10 因受重力的影响,与水平线向上的倾斜角度过大,将导致浆液向基坑方向回流,无法形成有效加固体,根据工程实践,与水平线向上的倾斜喷射角度不宜大于 15° 。

6.1.11 因空气比重较轻,在施工水平方向或大角度倾斜桩时,空气的回收较为困难,大量空气会积聚在桩体的上半圆,导致塌方情况发生,所以在成桩方向与竖直方向夹角大于等于 30° 或成桩方向为水平方向时,喷射流角度宜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形式,桩径宜取800 mm~1400 mm。

6.2 隔水帷幕

6.2.1 隔水帷幕包括竖向隔水(悬挂式、落底式)和水平隔水(封底)。

6.2.4 考虑到钻孔设备的性能与操作工人的能力,在钻孔过程中钻孔水平,偏差较大及对桩径判断的经验性等因素,在设计时应充分考虑上述因素,桩长越深搭接应越大。

6.2.7 有地下水流动时会出现水泥浆液迁移现象,在施工时应先施工水头高的桩可起到一定阻挡作用,同时水泥浆液迁移会影响有效加固范围,要适当考虑增加加固体尺寸,如地下水流速过快可在浆液中添加水玻璃或速凝剂等材料,提高加固效果。

6.3 地基加固

6.3.1 土体加固包括各类地基及顶管、盾构工作井的端头加固等。全方位高压喷射注浆法用于水利堤基处理时,应进行抗渗流、稳定、变形计算。

6.4 基坑支护

6.4.2 采用全方位高压喷射注浆内插芯材作为支护结构进行各项稳定性验算时,支护结构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稳定性验算的相关规定。

7 施工

7.1 一般要求

7.1.1 施工前,应对照设计图纸核实设计孔位处有无妨碍施工和影响安全的障碍物。如遇有上水管、下水管、电缆线、煤气管、人防工程、旧建筑基础和其他地下埋设物等障碍物影响施工时,则应与有关单位协商清除或搬移障碍物或更改设计孔位,增大成桩直径,进行设计变更。

7.1.3 一般情况下全方位高压喷射注浆施工与邻近建(构)筑物和地下管线最小安全距离不小于1 m;如管线单位对管线保护特殊需要的情况,可以对管线安全距离提出要求,并进行论证。

7.1.6 水泥宜采用42.5级及以上强度等级的水泥,由于生产、运输和保存等原因,有些水泥厂的水泥成分不够稳定,质量波动较大,可能会导致高压喷射水泥浆液凝固时间过长,固结强度降低,因此事先应按照相关规定对水泥进行检验,检验合格后才能使用,因全方位高压喷射注浆水泥使用量较大,且工程多数位于城市核心区域,对环境要求较高,宜采用封闭式筒仓、自动化拌浆系统,做好防尘、降噪工作。

7.1.7 全方位高压喷射注浆施工成败的关键在于将周边环境检测数据与施工数据进行实时比对,进行及时调整,确保地内压力正常及周边环境稳定。但如果施工过程中没有做好上述工作,将导致异常情况的发生,所以在编制施工方案时,应结合施工周边环境、工况、施工设备、工程特点等编制应急预案。

7.1.8 全方位高压喷射注浆每米水泥用量应与设计水泥用量相符,计算实例:加固土层为砂质土, $15 \leq N < 30$,设计桩径取2400 mm。喷射角度为 360° 时,每米喷射施工时间40 min,浆液流量90 L/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 0.755 kg/L，每根钻管 1.5 m，搭接 100 mm 时，经验系数取 1.12，每米设计水泥用量如下。

$$\alpha = 1 + d/L$$

$$\alpha = 1 + 0.1 \div 1.5 = 1.07$$

$$m = \alpha \cdot \beta \cdot m_1 \cdot Q \cdot t$$

$$m = 1.07 \times 1.12 \times 0.755 \times 90 \times 40 = 3257 \text{kg/m}$$

7.2 施工设备及机具

7.2.4 为满足大直径桩体成桩质量，施工超过直径 2.6 m 的桩体时宜选择流量不小于 180 L/min 的高压泥浆泵，喷射流量的增大对有效直径的增大有明显作用。

7.2.5 计量仪器检定周期可根据所处环境条件和使用频率程度确定，并满足计量器具规范的要求。

7.3 施工准备

7.3.1 施工材料、设备、堆场等的设置应尽量规避地铁线路，避免造成地铁线路变形，确实无法避开需满足地铁保护相关条例。

7.3.7 施工作业平台可根据现场情况进行合适的选择，一般情况下可采用脚手架、H 型钢堆砌、可升降式钢平台等，应根据不同平台的特性进行稳定性验算，确保安全。

7.4 施工工艺

7.4.4 成孔

全方位高压旋喷注浆垂直施工工艺流程见图6，水平施工工艺流程图及水平施工顺序图见图7、图8。

- b) 在透水地层条件下，在地下进行水平、倾斜施工时，需要在开孔处预先放置防喷装置，防止水、砂从开孔处反涌。二次开孔工艺应先准确放样定位，采用直径 250 mm 钻头在围护结构或结构墙上钻进，取芯钻孔应留 10cm 围护结构或结构墙体厚度，安装防喷装置，并且与混凝土之间填充环氧胶泥，防喷装置的底座应与围护结构或结构墙稳固连接。然后利用手持钻机通过防喷装置将混凝土钻穿。
- c) 在超深、超长施工情况下，要考虑预先放置外套管，如遇砂层等容易塌孔的土层，导致出现钻杆“抱死”现象，需要在钻孔过程中同步加入膨润土泥浆，泥浆配比和加入量根据现场情况确定。

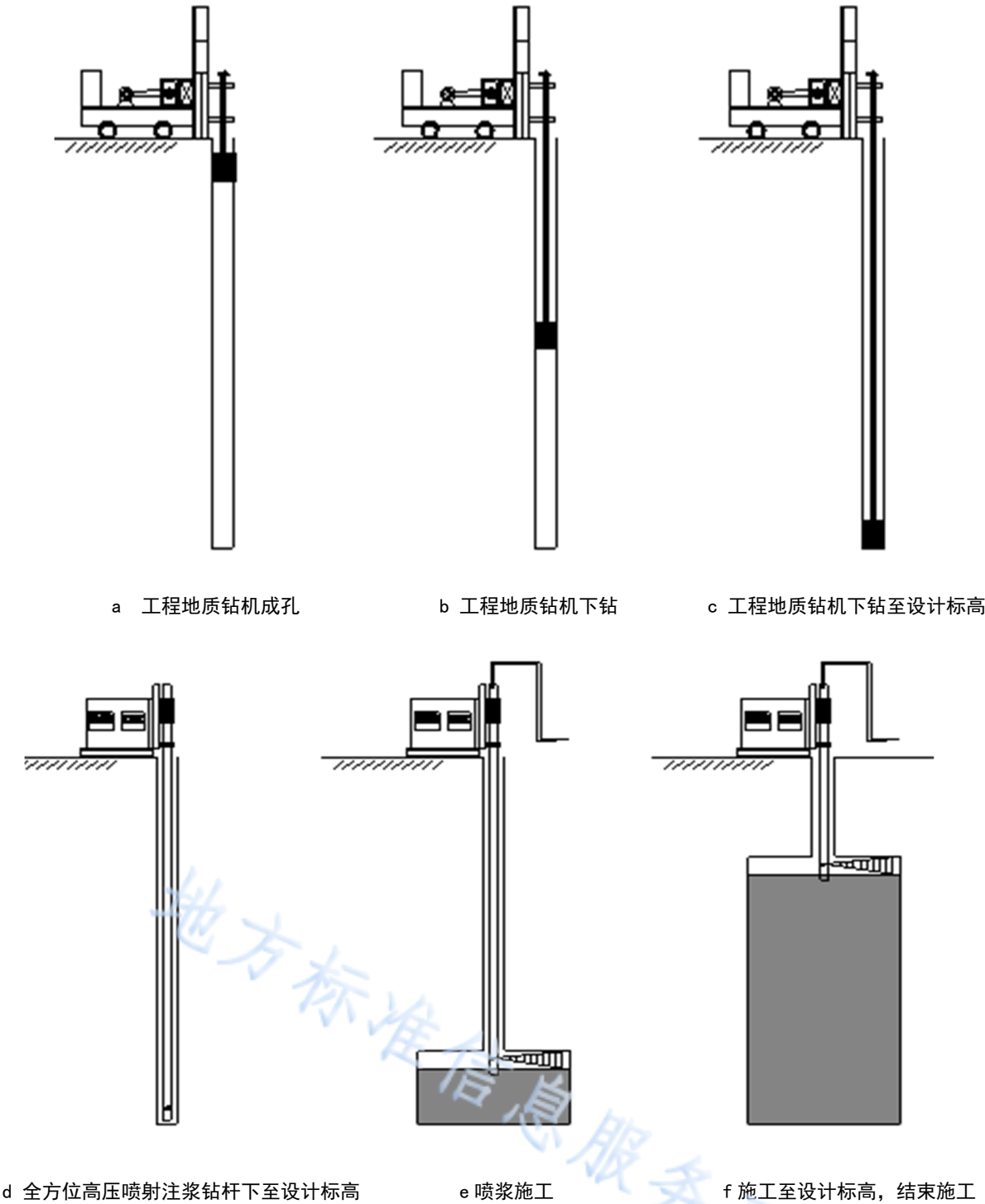


图 6 全方位高压喷射注浆垂直施工流程图

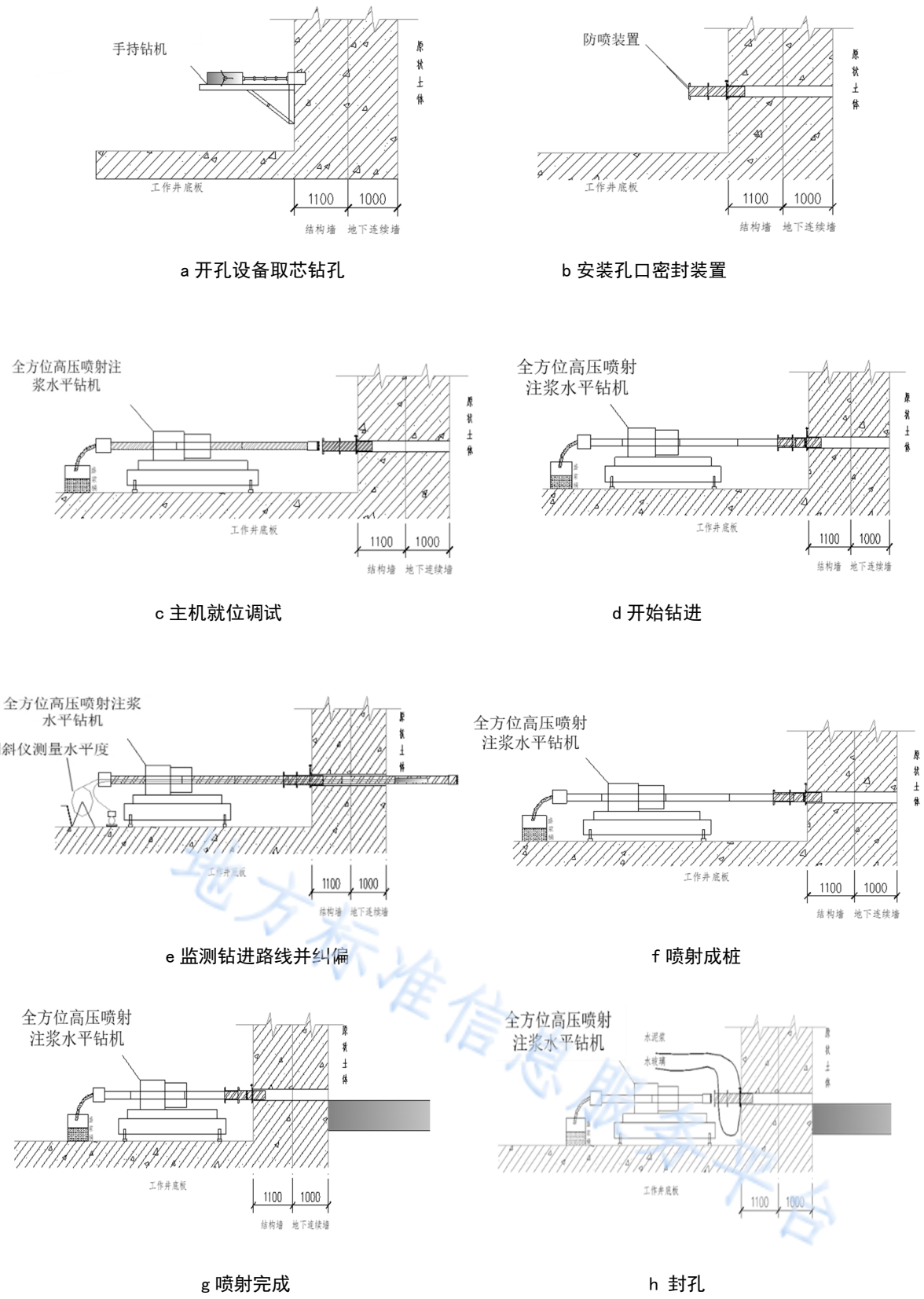
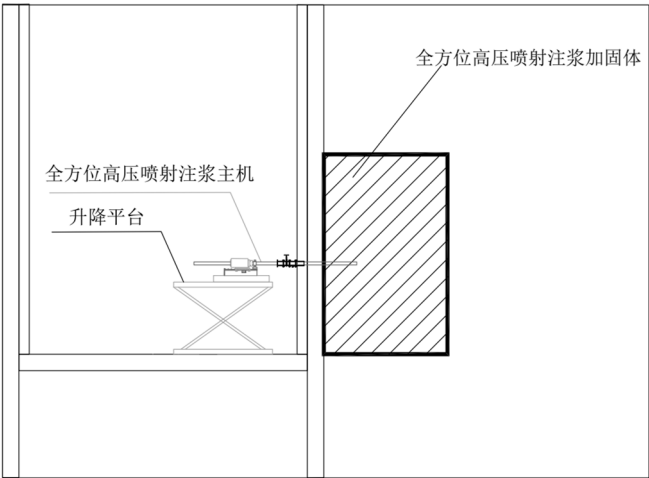
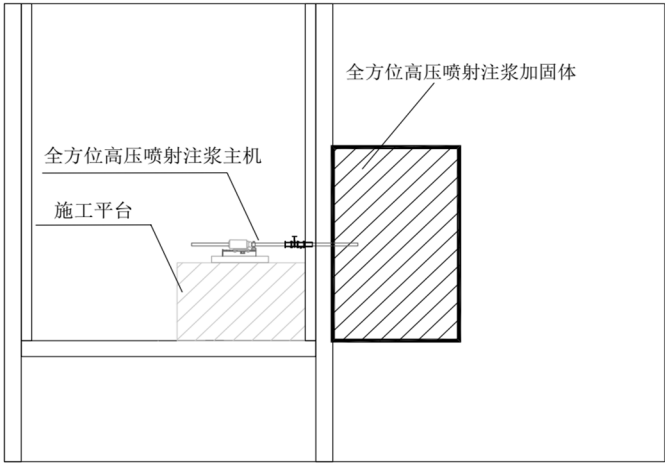


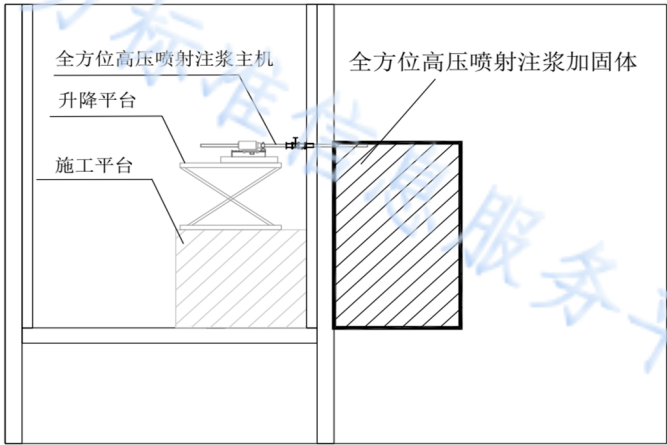
图 7 全方位高压喷射注浆水平施工流程图（单位：mm）



a 全方位高压喷射注浆主机安装于升降平台上施工底部两排桩



b 升降平台达到最高限度后搭设施工钢平台继续喷浆施工



c 全方位高压喷射注浆主机、升降平台安装于钢平台上施工上部桩位直至施工完成

图 8 全方位高压喷射注浆水平施工顺序图

7.4.7 d) 双液浆由水泥和水玻璃（泡花碱） Na_2SiO_3 组成。

7.5 地内压力控制

7.5.1 地内压力与所在的周边环境、深度、地质条件等密切相关，地内压力偏高或偏低会对周边建（构）筑物产生影响，为达到较好的施工效果，在施工前，拟定一个控制系数，并在试桩时对周边环境进行监测，与控制系数相互验证，最终确定实际施工时所需要的控制参数。

7.5.2 全方位高压喷射注浆对周边环境的影响小，从施工原理上分析有二种可能：一是强制排浆量大于注入量，地表下陷；二是强制排浆量小于注入量，土体侧向受压，地表隆起。从上述原因可以看出，强制排浆量对周边环境的影响非常明显，如何做到强制排浆量与注入量相匹配，是全方位高压喷射注浆成功的关键。在提升喷浆的过程中，在确保设备正常、参数准确的前提下，将周边环境监测数据与地内压力控制值进行比对，随时调整地内压力控制值，是提升喷浆过程中的重要环节。

7.6 施工要点

7.6.2 施工前后台之间由高压注浆管连接，在同样的压力条件下，高压注浆管越长，高压喷射流的沿程损失越大，将导致实际喷射压力降低的后果。根据工程实际经验，高压注浆管的长度宜控制在 50 米以内。在大面积场地施工时，为了减少沿程损失，则应搬动高压泵保持与钻机的距离。确无搬动的条件下应适当增加高压泵压力，确保喷射流量满足设计要求。

7.6.3 一般钻杆不能一次提升完成施工，需分数次卸管，为保证固结体的整体性，规定卸管后喷射的搭接长度不得小于 100 mm。

7.6.4 当全方位高压喷射注浆完毕后，或在喷射注浆过程中因故中断，短时间内不能继续喷射时（大于或等于浆液初凝时间），均应立即拔出注浆管清洗备用，以防浆液凝固后拔管困难。

7.6.6 当喷射注浆过程中出现下列异常情况时，需查明原因并采取相应措施：

- 地内压力增大、可能是小石块、贝壳等堵塞排泥阀门，可通过调节排泥阀门、回流水压力、流量解决，调节无效时，应确认为排浆管堵塞，立即停止施工，做排堵处理；
- 出现冒浆时，应注意地内压力情况，检查各调控设备参数是否正常，并适当调节设备参数，同时做好排堵准备；
- 排浆管仅排水不排浆时，注意检查地内压力情况，地内压力正常或偏小时，应不断上下拉伸钻杆直至排浆正常、地内压力正常，或拔出钻杆待浆液固定后重新注浆；若地内压力偏大并上升时做排堵处理；
- 注浆泵压力骤然下降，但流量增大，应考虑钻杆之间发生了内部泄漏，需立即停止施工，进行维修；
- 当施工时遇到扭矩骤然增大或异常偏大情况，应考虑钻杆会发生“抱死”情况，此时停止施工，上下拉动钻杆，并喷射高压水，切削周围密实土层，待扭矩下来后可继续施工。

7.6.7 全方位高压喷射法在施工时桩顶标高和建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，导致沉降，可采用超范围喷射（旋喷处理地基的顶面超过建筑基础底面，其超高量大于收缩高度）、回灌冒浆或第二次注浆等措施。

7.7 施工监测

7.7.6 全方位高压喷射注浆法在施工时对周边环境还是会有少量扰动，特别是在施工不当时，要完全发挥出全方位高压喷射法的优势，需要注意以下三方面：

- 设备配套的可视化显示仪器安排专人监视、操作，发现异常及时处理；
- 通过监测数据及时调整地内压力控制系数；

- c) 集中大量施工可能会造成对环境的较大扰动,同时浆液在硬化前,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,因此在处理既有建筑地基或在邻近地下管线、既有建筑旁施工时,除施工过程中控制好地内压力,还需采用控制施工速度、顺序等方法防止或减少附加变形。

7.9 环境保护措施

7.9.8 在城市施工中泥浆管理直接影响文明施工,必须在开工前做好规划,做到有计划的堆放或废浆及时排出现场,保持场地文明。如场地狭小,泥浆无法及时外运,可采用压滤设备将泥水分离,将泥浆中的水重复利用,泥浆压为干土及时外运。

8 质量检查与验收

8.1 一般要求

8.1.1 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,需加强对施工过程的检查,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。

8.2 施工前检查

8.2.1 严禁使用过期水泥、受潮水泥。

8.2.3 各控制参数需通过试桩进行确认,试桩不宜少于2根。

8.3 施工过程检查

8.3.1 全方位高压喷射注浆需重点控制施工过程。

8.3.2 钻机就位后应对孔位进行检查,成孔前利用钻机自身水平检测装置及水平尺校正全方位高压喷射注浆钻机,并在成孔中、后用测斜仪器对钻孔精度进行检查;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。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。

8.3.3 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。

8.3.4 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。

8.4 成桩质量验收

8.4.3 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。检验点的位置应布置在有代表性的部位。在施工过程出现过异常情况和地质复杂的区域宜适当加大检测数量。

8.4.5 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。注水试验可通过在隔水帷幕中心钻孔,注水后观测水位变化速率确定抗渗性。

8.4.6 静载试验用于建筑地基处理后检测地基承载力,现场条件难以实施时,也可采用标准贯入试验、动力触探等方法辅助检测。桩底直径可通过取芯验证,同时验证桩身垂直度。