

ICS 27.140
P 59

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5200 — 2019

代替 DL/T 5200 — 2004

水电水利工程高压喷射灌浆
技 术 规 范

Technical specification of high pressure jet grouting for
hydropower and water resource project

2019-11-04 发布

2020-05-01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

水电水利工程高压喷射灌浆
技术规范

Technical specification of high pressure jet grouting
for hydropower and water resource project

DL/T 5200 — 2019

代替 DL/T 5200 — 2004

主编机构：中国电力企业联合会
批准部门：国 家 能 源 局
施行日期：2020 年 5 月 1 日

中国电力出版社

2020 北 京

国家能源局

公 告

2019 年 第 6 号

国家能源局批准《水电工程电法勘探技术规程》等 384 项能源行业标准（附件 1）、《Technical Guide for Rock-Filled Concrete Dams》等 48 项能源行业标准英文版（附件 2）、《风电场项目环境影响评价技术规范》等 7 项能源行业标准第 1 号修改单（附件 3），废止《风电场工程勘察设计收费标准》等 5 项能源行业标准/计划（附件 4），现予以发布。

- 附件：1. 行业标准目录
2. 行业标准英文版目录
3. 行业标准修改通知单
4. 行业标准和计划废止目录

国家能源局

2019 年 11 月 4 日

附件 1:

行 业 标 准 目 录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
...							
209	DL/T 5200—2019	水电水利工程 高压喷射灌浆 技术规范	DL/T 5200—2004		中国电力出版社	2019-11-04	2020-05-01
...							

前 言

根据《国家能源局关于下达 2011 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2011〕252 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，总结实践经验，征求了全国水电水利施工、设计、科研和管理单位的意见，针对近十余年来高压喷射灌浆开发应用的新技术、新方法，以及出现的新问题，修订本规范。

本规范的主要技术内容是：浆液、机具、钻孔、高喷灌浆、质量检查和验收。

本规范修订的主要技术内容是：

- 将原规范第 1 章至第 5 章内容进行归并，调整为总则、术语和基本规定三章；
- 对规范的适用性进行了修改和补充；
- 对钻孔、高喷灌浆等工序和工艺要求进行了修改和补充；
- 增加了双高压三管法相关内容；
- 增加了钻喷一体化施工、推荐使用高喷记录仪的内容等。

本规范由中国电力企业联合会提出，由电力行业水电施工标准化技术委员会（DL/TC 29）负责日常管理，由中国水电基础局有限公司负责具体技术内容的解释。

本规范主编单位：中国水电基础局有限公司

本规范参编单位：山东省水利科学研究院

本规范主要起草人员：肖恩尚 王明森 赵明华 刘 健
高印军 刘松富 赵 军 龚木金
贺永利 王碧峰 鲁志军 唐玉书
陈谋泽

本规范主要审查人员：梅锦煜 楚跃先 许松林 周厚贵

汪 毅	陈 宏	吕芝林	吴新琪
张建华	林 鹏	杨晓东	李绍基
吴高见	于洪志	孙来成	谢凯军
刘 英	姜命强	罗朝文	钟彦祥
温建民	何小雄		

本规范在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
4	浆液	7
5	机具	9
6	钻孔	10
7	高喷灌浆	11
8	质量检查和验收	14
附录 A	围井渗透系数的计算	17
附录 B	施工记录表格	19
	本规范用词说明	25
	引用标准名录	26
附：	条文说明	27

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	4
4	Slurry	7
5	Construction machines	9
6	Drilling.....	10
7	High pressure jet grouting	11
8	Quality supervision and acceptance.....	14
Annex A	Calculation of permeability coefficient of surrounding well	17
Annex B	Construction records	19
	Explanation of wording in this specification	25
	List of quoted standards	26
	Addition: Explanation of provisions.....	27

1 总 则

1.0.1 为规范水电水利工程高压喷射灌浆设计、施工、质量控制和检验，保证高压喷射灌浆施工质量，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于水电水利工程中高压喷射灌浆施工。

1.0.3 采用高压喷射灌浆的工程，应根据工程要求、地质和施工等条件，选用先进适用的设备和机具，组织具有高喷灌浆工程经验的人员，并按照设计文件要求进行施工。施工过程中应做好工序质量和施工参数控制与检查；遇到异常情况，应及时反馈，有关单位认真分析、研究，优化设计与施工。

1.0.4 高压喷射灌浆施工所采用的原材料应满足设计要求。

1.0.5 高压喷射灌浆施工宜积极采用经现场工程试验论证，技术可靠、经济合理的新技术、新工艺、新材料、新设备。

1.0.6 水电水利工程高压喷射灌浆施工除应符合本规范外，尚应符合国家相关标准的要求。

2 术 语

2.0.1 高压喷射灌浆 high pressure jet grouting

一种采用高压水或高压浆液形成高速喷射流束，冲击、切割、破坏地层土体，并以水泥基质浆液充填、掺混其中，形成桩柱或幕墙状的凝结体，用以提高地基防渗或承载能力的施工技术，简称高喷灌浆或高喷。

2.0.2 旋喷 rotating injection

使喷射管做旋转、提升运动，在地层中形成圆柱形桩体的高喷灌浆施工方法。

2.0.3 摆喷 pendulum injection

使喷射管做一定角度的摆动和提升运动，在地层中形成扇形断面的桩柱体的高喷灌浆施工方法。

2.0.4 定喷 directional injection

使喷射管向某一方向定向喷射，同时做提升运动，在地层中形成一道薄板墙的高喷灌浆施工方法。

2.0.5 单管法 jet injection with single pipe

喷射介质为单一水泥基质浆液的高喷灌浆方法。

2.0.6 二管法 jet injection with double pipes

喷射介质为水泥基质浆液和压缩空气的高喷灌浆方法。

2.0.7 三管法 jet injection with triple pipes

喷射介质为水、水泥基质浆液和压缩空气的高喷灌浆方法。普通三管法采用高压水进行高喷灌浆，双高压三管法采用高压水、高压水泥基质浆液进行高喷灌浆。

2.0.8 高喷防渗墙 high pressure jet grouted cut off wall

由旋喷桩、摆喷扇形断面桩或定喷板状墙段，其中的一种或

两种、三种彼此组合搭接形成的地下防渗墙，简称高喷墙。

2.0.9 围井 enclosed well

为检查高喷墙的防渗效果，以被检查的高喷墙段为一边，在其一侧用同样的方法构筑的封闭形井状结构物。

2.0.10 钻喷一体化施工 drilling and jet grouted integration construction

将喷射管通过振动、冲击或其他方式直接沉入预定深度进行喷射灌浆的施工方法。

3 基本规定

3.0.1 采用高压喷射灌浆的工程，应针对防渗对象的工程地质、水文地质情况进行高压喷射灌浆设计，重要工程还应进行渗透稳定与结构安全验算。

3.0.2 根据工程需要和地质条件，高压喷射灌浆可采用旋喷、摆喷和定喷三种形式，每种形式可采用单管法、二管法和三管法。高喷墙的结构可采用下列形式：

- 1 单排、双排和三排旋喷套接，如图 3.0.2 (a) 所示。
- 2 旋喷摆喷、旋喷定喷搭接，如图 3.0.2 (b) 所示。
- 3 摆喷对接和折接，如图 3.0.2 (c) 所示。
- 4 定喷折接，如图 3.0.2 (d) 所示。

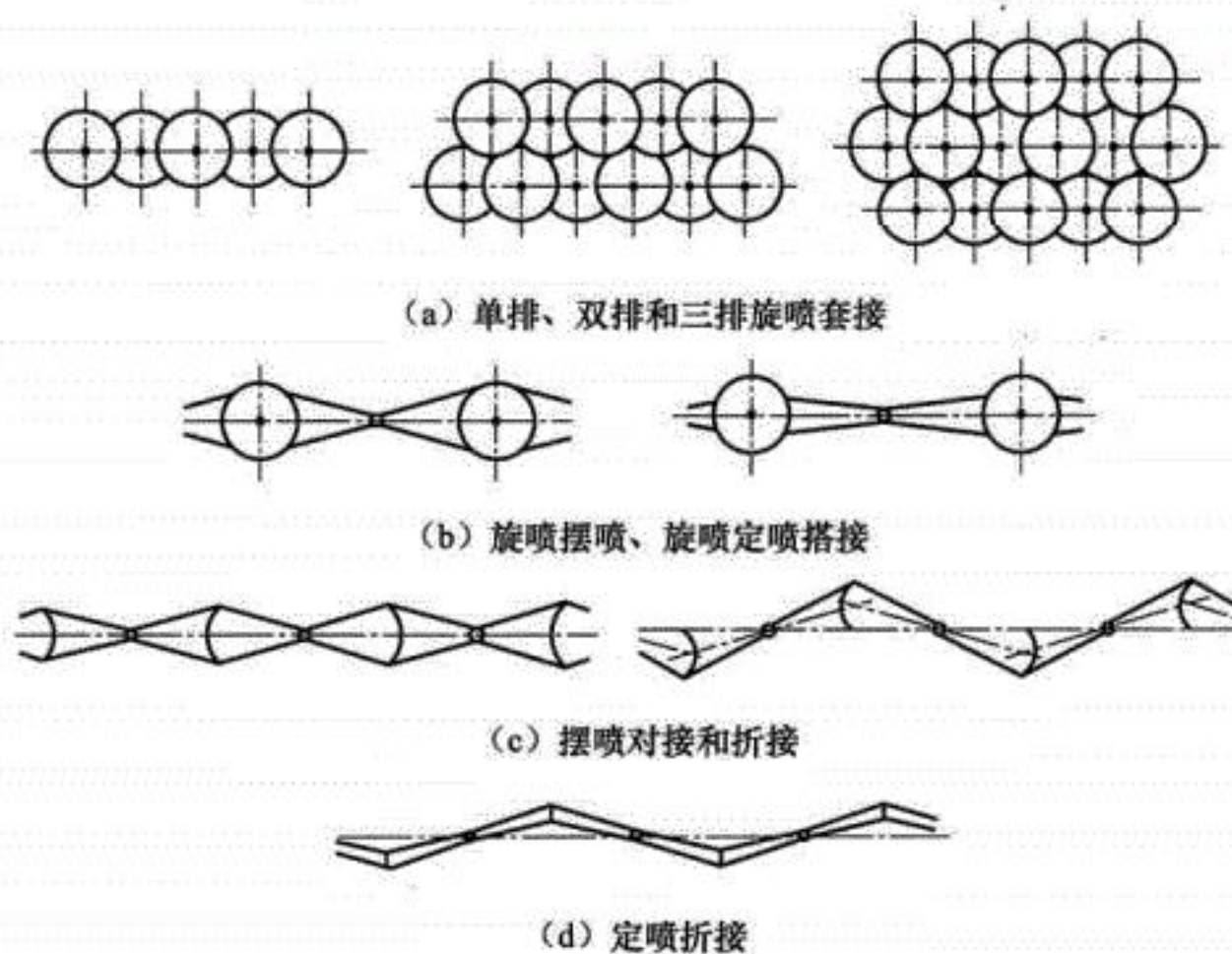


图 3.0.2 高喷墙的结构形式

3.0.3 各种形式高喷墙的适用条件如下：

1 大角度（ $30^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ）摆喷和旋喷适用于淤泥质土、粉质黏土等黏粒含量较高的地层，以及粉土、砂土、砾石含量小于 50% 的松软～中等密实地层；定喷和小角度（ $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ）摆喷适用于粉土、砂土等松软地层。

2 深度小于 20 m 时，可采用定喷折接、摆喷对接或折接形式；深度 20 m～30 m 时，可采用单排或双排旋喷套接、旋摆搭接形式；当深度大于 30 m 时，宜采用两排或三排旋喷套接形式。

3 承受水头较小的或运行期较短的高喷墙，可采用摆喷对接或折接、定喷折接形式。

3.0.4 在不同地层中的高喷墙墙体的渗透系数和抗压强度，可参照表 3.0.4 确定；根据需要，渗透比降可通过工程类比和相关计算确定。

表 3.0.4 高喷墙墙体的渗透系数和抗压强度

地层	渗透系数 K (cm/s)	抗压强度 R_{28} (MPa)
粉土层	$i \times 10^{-6}$	0.5～3.0
砂土层	$i \times 10^{-6}$	1.5～5.0
砾石层	$i \times 10^{-5} \sim i \times 10^{-6}$	3.0～10

注：1 $i=1\sim 9$ 。

2 渗透系数 K 为现场试验指标，凝结体抗压强度为室内试验指标。

3.0.5 封闭式高喷墙的钻孔宜深入相对不透水层或基岩 0.5 m～2.0 m。

3.0.6 高喷灌浆孔的排数、排距和孔距，应根据对高喷墙的工程要求、地层情况和所采取的结构形式及施工参数，通过现场试验或工程类比确定。

3.0.7 高喷灌浆施工前，应取得下列文件资料：

1 工程设计报告和图纸；

- 2 高喷墙轴线处的工程地质和水文地质资料；
- 3 高喷墙施工范围内已有建筑物（地面及地下）资料；
- 4 施工技术要求；
- 5 质量标准和检查方法。

3.0.8 复杂地层的、重要的或深度较大的高喷灌浆工程应选择有代表性的部位进行高喷灌浆现场试验，以确定其适用性。试验宜采用单孔和不同孔距的群孔进行，以确定高喷灌浆的方法及其适用性，确定有效桩径（或喷射范围）、施工参数、浆液性能要求、适宜的孔距、墙体防渗性能等。

3.0.9 多排孔高喷墙应先施工背水面排，再施工迎水面排，后施工中间排。一般情况下同一排内的高喷灌浆孔宜分两序施工。

3.0.10 高压喷射灌浆施工应制定环境保护措施，做好废水、废浆的处理或回收工作。

3.0.11 高喷灌浆施工平台应平整、坚实，风、水、电应设置专用管路和线路。平台高程应满足防洪要求。

3.0.12 高喷灌浆施工前，应依据工程规模划分单元工程，统一进行钻孔编号。

4 浆 液

4.0.1 高喷灌浆浆液宜使用水泥浆。所使用的水泥品种和强度等级，应根据工程需要确定。宜采用普通硅酸盐水泥，其强度等级可为 42.5 级或以上，并应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。不得使用过期和受潮结块的水泥，宜用散装水泥。

4.0.2 高喷灌浆用水应符合现行行业标准《水工混凝土施工规范》DL/T 5144 的规定。

4.0.3 高喷灌浆浆液的水灰比可为 1.5:1~0.6:1（密度约为 $1.35 \text{ g/cm}^3 \sim 1.70 \text{ g/cm}^3$ ）。有特殊要求时，可掺入膨润土、粉煤灰和塑性指数不小于 14 的黏土。粉煤灰的质量标准应符合现行行业标准《水工混凝土掺用粉煤灰技术规范》DL/T 5055 的规定。

4.0.4 根据需要，可在水泥浆液中加入速凝剂、减水剂等外加剂，外加剂的质量标准应符合现行行业标准《水工混凝土外加剂技术规程》DL/T 5100 的规定。

4.0.5 掺入料与外加剂的种类及掺量应通过室内试验和现场高喷灌浆试验确定。

4.0.6 制浆材料的称量误差不应大于 5%。

4.0.7 水泥浆的搅拌时间，使用高速搅拌机不应少于 30 s；使用普通搅拌机不应少于 90 s。水泥浆自制备至用完的时间不应超过 4 h。

4.0.8 浆液应在过筛后使用，并定时检测其密度。

4.0.9 低温季节施工应做好机房和输浆管路的防寒保暖工作，高温季节施工应采取防晒和降温措施。浆液温度应保持在 $5^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$

之间。

4.0.10 在含黏粒较少的地层中进行高喷灌浆,孔口回浆应经处理后方可利用;在黏性土或软塑~流塑状淤泥质土层中,其孔口回浆不宜回收。

5 机 具

5.0.1 高喷孔的钻孔机具应满足在施工地层中预钻孔或携带喷射管钻孔的要求。

5.0.2 高喷灌浆所用的喷射管、喷头和送液器，应密封可靠、装卸简便。喷射管体应具有足够刚度和强度且连接顺直。喷嘴定向应准确。

5.0.3 高压喷嘴应采用耐磨材料制造，其出口直径应与设计压力和流量相适应。喷嘴的结构尺寸和加工精度应能满足高速射流的要求。

5.0.4 搅拌机的性能应与所用浆液类型和需浆量相适应，应能保证浆液拌制均匀。宜选用高速搅拌机。

5.0.5 储浆桶的容积应能满足连续供给高喷灌浆浆液的需要，且不宜少于 500 L，桶内应安设有低速搅拌装置，防止浆液沉淀。

5.0.6 灌浆泵的性能应与所灌浆液的类型、浓度相适应。高压灌浆泵和高压水泵的压力、流量应满足施工要求，其额定压力不应小于设计规定压力的 1.2 倍。

5.0.7 应在各类泵或输送管路上安装压力表，使用压力宜在压力表最大标值 $1/3 \sim 3/4$ 之间。压力表应定期进行检定。

5.0.8 空气压缩机的供风量和额定压力不应小于施工规定值。供风管路上应设有测量风量的仪表。

5.0.9 高喷台车的旋转、提升和摆动性能应能满足施工要求。宜采用步履或履带式、高塔架和钻喷一体化台车。

5.0.10 用于高喷灌浆的管路应能满足高喷灌浆压力要求，管路的联结应牢固可靠，不宜采用绑扎联结。

6 钻 孔

6.0.1 高喷灌浆钻孔宜采用钻孔机械预钻孔，也可采用钻喷一体化机具成孔。

6.0.2 采用钻孔机械预成孔喷射灌浆时，可分孔序施工。钻喷一体化施工宜不分孔序连续进行。

6.0.3 根据工程要求和地质条件可选取部分高喷孔作为先导孔，采取芯样，进行地质描述，必要时可作动力触探试验。先导孔深度不应小于设计墙体深度，间距宜为 30 m 左右。

6.0.4 钻孔孔位与设计孔位偏差不得大于 50 mm，孔径应大于喷射管外径 20 mm，钻孔有效深度应超过设计墙底深度 0.3 m。

6.0.5 高喷灌浆钻孔可采用回转钻进、冲击跟管钻进和振动钻进、射水钻进等方法，可采用泥浆护壁。

6.0.6 当用泥浆护壁方式钻进时，钻进过程中若出现泥浆严重漏失、孔口不返浆的情况，可采取加大泥浆浓度、泥浆中掺砂或向孔内填充堵漏材料或对漏失段先行喷灌等措施，直至孔口正常返浆后再继续钻进。

6.0.7 采用跟管钻进方法时，在起拔套管前应向孔内注满护壁泥浆，或下入特制的 PVC 花管护壁，也可在下入喷射管后再起拔套管。

6.0.8 钻孔施工时应采取预防孔斜的措施。钻杆或喷射管的垂直度偏差不应超过 0.5%，有条件时应进行孔斜测量，孔深小于 30 m 时，钻孔偏斜率不应超过 1%。

6.0.9 钻进暂停或终孔待喷时，孔口应加以保护，并采取措施防止塌孔。

6.0.10 钻进时应详细记录孔位、孔深、地层变化和漏浆、掉钻等特殊情况及其处理措施。

7 高 喷 灌 浆

7.0.1 高喷灌浆应在钻孔检测合格后进行。

7.0.2 高喷灌浆施工参数的记录宜采用自动记录仪。记录仪应记录提升速度、转（摆）速、水压、水量、气压、气量、浆压、浆量等过程参数。进浆密度每搅拌一槽测量一次，回浆密度每 10 min 测量一次。

7.0.3 高喷灌浆常用施工参数可按照表 7.0.3 选择。

表 7.0.3 高喷灌浆常用施工参数表

项目			单管法	二管法	三管法	
					普通三管法	双高压三管法
水	压力 (MPa)		—	—	35~40	35~40
	流量 (L/min)		—	—	70~80	70~80
气	压力 (MPa)		—	0.6~1.2	0.6~1.2	0.8~1.2
	流量 (m ³ /min)		—	0.8~1.5	0.8~1.5	0.8~1.5
	气嘴环状间隙 (mm)		—	1.0~1.5	1.0~1.5	1.0~1.5
浆	压力 (MPa)		25~40	25~40	0.2~1.0	25~40
	流量 (L/min)		70~100	70~150	60~80	60~140
	密度 (g/cm ³)		1.4~1.5	1.4~1.5	1.6~1.7	1.4~1.5
	回浆密度 (g/cm ³)		≥1.3	≥1.3	≥1.2	≥1.2
提升速度 (cm/min)	粉土层		8~20			
	砂土层		10~25			
	砾石层		8~15			
旋喷	转速 (r/min)		为提升速度值的 0.8~1.0 倍			
摆喷	摆速 (次/min)		为提升速度值的 0.8~1.0 倍，单程为一次			
	摆角 (°)	粉土、 砂土层	15~30			
		砾石层	30~90			

7.0.4 下喷射管前，应进行地面试喷，检查机械及管路运行情况，并调准喷射方向和摆动角度。

7.0.5 下入或拆卸喷射管时，应采取措施防止喷嘴堵塞。

7.0.6 当喷头的喷嘴位置下至设计深度，应先按规定参数进行原位喷射，待浆液返出孔口、情况正常后方可开始提升喷射。

7.0.7 高喷灌浆宜全孔自下而上连续作业。中途拆卸喷射管时，搭接段应进行复喷，搭接长度不得小于 0.2 m。

7.0.8 高喷灌浆过程中，出现压力突降或骤增、孔口回浆浓度或回浆量异常等情况时，应查明原因，及时处理。

7.0.9 高喷灌浆过程中，孔内严重漏浆，可采取以下措施处理：

- 1 降低提升速度。
- 2 降低喷射压力、流量，进行原位灌浆。
- 3 加大浆液密度或灌注水泥砂浆、水泥黏土浆等。
- 4 向孔内填入砂、土、速凝剂等堵漏材料。

7.0.10 供浆正常情况下，孔口回浆密度变小、回浆量增大，应降低风压并加大进浆浆液密度或进浆量。

7.0.11 高喷灌浆过程中发生串浆时，应填堵串浆孔，待灌浆孔高喷灌浆结束，尽快进行串浆孔的扫孔、高喷灌浆，或继续钻进。

7.0.12 高喷灌浆过程中应采取必要措施保证孔内浆液上返畅通，避免造成地层劈裂和地面抬动。

7.0.13 高喷灌浆因故中断后恢复施工时，应对搭接孔段进行复喷，复喷长度不得小于 0.5 m。

7.0.14 高喷灌浆结束，应利用回浆或水泥浆及时回灌，直至孔口浆面不下降为止。

7.0.15 在需要局部扩大喷射范围或提高凝结体的密实度部位，可采取复喷措施。

7.0.16 当地层中地下水流速过大或出现集中渗漏时，应先采用静

压灌浆或专项措施进行堵水处理，后进行高喷灌浆。

7.0.17 施工中应如实记录高喷灌浆的各项参数、浆液材料用量、异常现象及处理情况等。高喷灌浆记录和成果表形式参见本规范附录 B 表 B.1、表 B.2。

8 质量检查和验收

8.1 质 量 检 查

8.1.1 施工过程中应做好对高喷灌浆材料、浆液和各道工序的质量控制和检查，并做好记录。

8.1.2 高喷墙防渗性能的质量检查应根据墙体结构形式和深度选用围井、钻孔或其他方法进行检查。

8.1.3 高喷墙质量检查宜布置在地层复杂、漏浆严重、可能存在质量缺陷的部位，以及随机抽检的部位。

8.1.4 厚度较大的和深度较小的高喷墙可选用钻孔检查法，并应符合以下要求：

1 每个单元工程可布置 1 个检查孔；

2 检查孔孔位宜布置在墙体中心线上，钻孔宜自上而下分段进行，采取芯样和采用静水头进行压水试验。

8.1.5 围井检查法适用于各类结构形式的高喷墙。围井检查应符合以下要求：

1 可在井内开挖进行直观检查和取样，并做注水（或抽水）试验；亦可在围井中心处钻孔，做注水（或抽水）试验。

2 每 3 个～5 个单元工程宜布置一个围井；少于 3 个单元的工程也应布置一个围井。

3 围井各面墙体轴线围成的平面面积，砂土、粉土层中不宜小于 3.0 m^2 ，其他地层中不宜小于 4.5 m^2 。

4 围井边墙与被检查墙体的技术条件应一致。

5 悬挂式高喷墙围井底部应进行封闭。

6 注水水头高于围井顶部时，围井顶部应予以封闭。

8.1.6 墙体钻孔检查宜在该部位高喷灌浆结束 28 d 后进行。围井检查宜在高喷灌浆结束 7 d 后进行，如需开挖或取样，宜在 14 d 后进行。

8.1.7 采用钻孔法进行静水头压水试验时，透水率 q 值的估算应按现行行业标准《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》DL/T 5148 的规定执行。采用围井法进行注水（或抽水）试验时，渗透系数 K 按本规范附录 A 进行计算。

8.1.8 高喷墙整体效果的检查可采用以下方法：

1 坝（堤）基高喷墙，可布设测压装置或量水堰，观测和对比水位差和渗水量，分析整体防渗效果；

2 围堰堰体和堰基中的高喷墙，可在基坑开挖时测定其渗水量，并检查有无集中渗水点，据以分析整体防渗效果。

8.1.9 高喷墙防渗工程的质量应结合分析施工资料 and 检查测试结果，综合进行评定。

8.1.10 有承载要求的高喷桩工程质量检查应按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的相关要求执行。

8.2 验 收

8.2.1 高喷灌浆工程施工应及时进行单孔质量检验、单元工程质量评定。单孔质量检验按本规范附录 B 表 B.3 执行，单元工程质量评定按本规范附录 B 表 B.4 进行。

8.2.2 高喷灌浆工程完工后，施工单位应及时整编竣工资料 and 提出报告，申请验收。应提供以下文件和资料：

1 工程设计文件：设计说明书、图纸、施工技术要求以及设计修改通知单等；

2 竣工资料：施工原始记录、成果资料、检验测试资料、竣工验收报告等；

3 质量检查报告：质量检查记录、单元工程质量评定及说

明、单元工程验收资料、工程质量缺陷记录、缺陷分析及处理结果等。

8.2.3 高喷灌浆工程分部工程验收和竣工验收，应按现行行业标准《水利水电建设工程验收规程》SL 223、《电力建设施工质量验收及评定规程 第1部分：土建工程》DL/T 5210.1的规定执行。

附录 A 围井渗透系数的计算

A.0.1 采用围井法检查高喷墙防渗性能的方法如下：

- 1 将围井开挖一定深度，然后在围井内进行注水（或抽水）试验，开挖法注水（或抽水）试验示意图见图 A.0.1（a）；
- 2 在围井中心部位钻孔，下入过滤管，在管内进行注水（或抽水）试验，钻孔法注水（或抽水）试验示意图见图 A.0.1（b）。

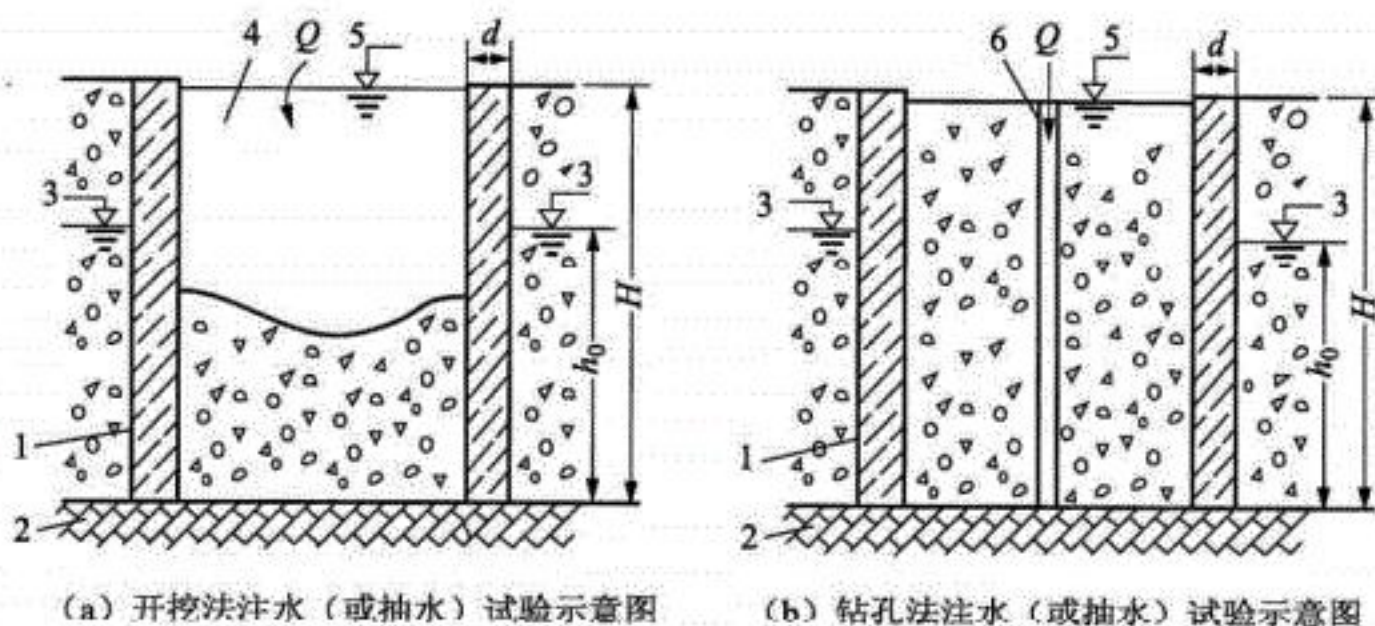


图 A.0.1 围井注水试验示意图

1—围井；2—相对隔水层；3—地下水位；4—井内开挖；5—注水稳定水位；6—钻孔；
 Q —稳定流量； H —围井内试验水位至井底的深度； h_0 ——地下水位至井底的深度； d ——高喷墙平均厚度

A.0.2 在透水地层中进行围井注水试验，高喷墙的渗透系数 K 可按下式进行计算：

$$K = \frac{2Qd}{L(H + h_0)(H - h_0)} \quad (\text{A.0.2})$$

式中： K ——渗透系数（m/d）；
 Q ——稳定流量（m³/d）；

d — 高喷墙平均厚度 (cm);

L — 围井周边高喷墙轴线长度 (cm):

附录 B 施工记录表格

B.0.1 高喷灌浆的施工记录和质量评定表格有高喷灌浆施工记录表，见表 B.0.1-1；高喷灌浆工程综合成果表，见表 B.0.1-2；高喷灌浆孔质量检验表，见表 B.0.1-3；高喷灌浆单元工程质量评定表，见表 B.0.1-4。

表 B.0.1-1 高喷灌浆施工记录表

孔号_____ 孔序_____ 桩号_____ 单元工程_____ 年_____月_____日_____时至_____日_____时_____分
地面高程_____m 钻孔设计深度_____m 高喷方法_____ 喷射方向_____ 摆角_____ 本班施工深度自_____m至_____m 计_____m

时间 时：分			工 作 内 容	深度 (m)			喷射参数										备 注	
							水		气		浆		浆液密度					
起 始	终 止	间 隔	起 始	终 止	喷射长 度	提升速度 (cm/ min)	旋转速度 (r/ min)	摆动速度 (次/ min)	压力 (MPa)	流量 (L/ min)	压力 (MPa)	流量 (m ³ / min)	压力 (MPa)	流量 (L/ min)	进浆 (g/ cm ³)	孔口 返浆 (g/cm ³)		

续表 B.0.1.1-1

时间 时:分			工 作 内 容	深度 (m)			喷射参数										备 注	
							提升 速度 (cm/ min)		旋转 速度 (r/ min)		摆动 速度 (次/ min)		水		气			浆
起 始	终 止	间 隔	起 始	终 止	喷射长 度	压力 (MPa)	流量 (L/ min)	压力 (MPa)	流量 (m ³ / min)	压力 (MPa)	流量 (L/ min)	压力 (MPa)	流量 (m ³ / min)	压力 (MPa)	流量 (L/ min)	进浆 (g/ cm ³)	孔口 返浆 (g/cm ³)	
特殊情况处理			本班劳动力出勤 情况 (共 人)			工时利用情况 (共 h)			本班主要材料消耗									
									名称	规格	单位	数量	名称	规格	单位	数量		
喷射管																		
喷嘴直径 (mm)			技工	小 计		高喷	机修											
喷嘴个数			普工			辅助	停工											

机组编号:

机长:

班长:

记录员:

表 B.0.1-2 高喷灌浆工程综合成果表

[illegible]

表 B.0.1-3 高喷灌浆孔质量检验表

孔号_____ 孔序_____ 桩号_____ 单元工程_____

喷射时间_____年____月____日____时____分至____月____日____时____分

检查项目		标准值	实际施工检查情况	检查项目		标准值	实际施工检查情况	
钻孔参数	1 孔位偏差 (cm)			高喷参数	5 摆动角度 (°)			
	2 孔斜率 (%)				6 浆液	压力 (MPa)		
	3 终孔孔深 (m)					流量 (L/min)		
	4 入岩深度 (m)					进/回浆密度 (g/cm ³)		
高喷参数	1 喷射长度 (m)			7 压缩空气	压力 (MPa)			
	2 喷射方向				流量 (m ³ /min)			
	3 提升速度 (cm/min)			8 高压水	压力 (MPa)			
	4 旋摆速度 (r/min 或 次/min)				流量 (L/min)			
特殊情况处理								
施工单位检查意见		签名/日期						
监理单位检验意见		签名/日期						

表 B.0.1-4 高喷灌浆单元工程质量评定表

单元工程 (桩号)			工程量										
分部工程			施工单位										
单位工程			检验日期	年 月 日									
序号	检验项目	质量标准	各孔检测结果										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	钻孔	孔序											
2		孔位偏差* (cm)											
3		终孔孔深* (m)											
4		孔斜率 (%)											
5	高喷 灌浆	喷射管下 入深度* (m)											
6		喷射方向*											
7		摆动角度 (°)											
8		水压* (MPa)											
9		水量 (L/min)											
10		气压 (MPa)											
11		气量 (m ³ /min)											
12		进浆密度* (g/cm ³)											
13		浆量* (L/min)											

续表 B.0.1-4

序号	检验项目	质量标准	各孔检测结果																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
14	高喷灌浆	浆压**																				
15		回浆密度 (g/cm ³)																				
16		提升速度* (cm/min)																				
17		旋摆速度 (r/min 或 次/min)																				
18		特殊情况处理																				
19	施工记录*																					
各孔质量评定																						
本单元工程内共有			孔, 其中优良				孔, 优良率				%											
单元工程效果 检查	围井注水试验, 渗透系数 $K =$ cm/s; 或钻孔压水试验, 透水率 $q =$ Lu																					
	其他检验成果																					
评定意见						单元工程质量等级																
施工单位					监理单位																	

注: *为主控项目, 其他为一般项目; **为当采用高压浆时, 浆压为主控项目。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，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，但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，在条件许可时首先应这样做的：

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，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

《通用硅酸盐水泥》 GB 175

《水工混凝土掺用粉煤灰技术规范》 DL/T 5055

《水工混凝土外加剂技术规程》 DL/T 5100

《水工混凝土施工规范》 DL/T 5144

《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》 DL/T 5148

《电力建设施工质量验收及评定规程 第1部分：土建工程》

DL/T 5210.1

《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79

《建筑基桩检测技术规范》 JGJ 106

《水利水电建设工程验收规程》 SL 223

中华人民共和国电力行业标准

水电水利工程高压喷射灌浆技术规范

DL/T 5200 — 2019

代替 DL/T 5200 — 2004

条 文 说 明

目 次

1 总则29

2 术语30

3 基本规定31

4 浆液34

5 机具36

6 钻孔37

7 高喷灌浆39

8 质量检查和验收42

1 总 则

1.0.2 高喷灌浆分为地基防渗和地基加固两种形式。地基防渗指的是提高水工建筑物地基与基础防渗能力的高压喷射灌浆防渗墙，根据工程的重要性和防渗深度的不同，可采用旋喷套接、旋喷摆喷搭接、旋喷定喷搭接等防渗形式。地基加固指的是提高水工建筑物地基与基础承载力的高喷桩及复合地基，主要采用旋喷桩形式。本规范主要是针对高压喷射灌浆地基防渗。

1.0.3 高喷灌浆是隐蔽工程，施工效果难以直接和全面的检查，做好施工过程控制是保证工程产品最终质量的前提，因此高喷灌浆工程施工应把工序质量控制和施工参数控制放在质量管理的首位。

1.0.6 高喷灌浆用于水工建筑物地基加固时，其工艺要求可参考本规范，其他按《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《建筑地基基础设计规范》GB 5007 等有关标准执行。

2 术 语

2.0.7 国内行业对同时喷射高压水和高压水泥基质浆液的高喷灌浆方法定义很不统一，本规范考虑到水电水利施工行业的习惯和工程实际，将其定义为双高压三管法，并纳入三管法术语当中。双高压三管法近 10 余年来已在水电水利工程中得到较多应用，具有较好的防渗和加固效果。

2.0.10 钻喷一体化施工是高喷灌浆施工方法的一种，将造孔和置放喷射管合为一道工序，适用于人工填土、粉质黏土、砂土等松软或松散地层。考虑工程实际应用情况，本规范增加“钻喷一体化施工”。

3 基本规定

3.0.1 水工建筑物（如坝、堤、堰）渗透稳定与结构安全对其正常运行起着决定性作用，因此，该类建筑物地基高喷防渗设计十分重要。实践证明，高喷防渗墙承受的水头过高，超出其抗渗性能时会产生渗透破坏，影响防渗体的整体渗透稳定与结构安全。对于重要工程，通过对防渗体进行整体稳定性分析计算，合理设计高喷防渗墙结构形式，是实现高喷防渗墙与坝、堤或堰渗透稳定相协调的关键，并达到以高喷防渗墙为防渗体的坝、堤或堰整体渗透稳定与结构安全。

3.0.2 本条提出的高喷墙结构形式是为高喷灌浆工程设计提供参考，高喷墙的结构形式除所述四种外，还有一些其他形式如双排定喷墙、多排旋摆组合等。

3.0.3 由于高喷灌浆浆液射流的能量很大，当它连续和集中地作用在土体上，压应力和冲蚀等多种因素在很小的区域内产生效应，对颗粒很小的细粒土到含有颗粒直径较大的砾石土，均有巨大的冲击和搅动作用，使注入的浆液与土体搅混拌和凝固成新的凝结体。实践证明，各种形式的高喷灌浆对本条所列与其对应的各类土层均有良好的加固效果。

3.0.4 高喷墙体的渗透系数、抗压强度与高喷灌浆工艺、施工参数和地层性质等多种因素有关，表中数据提供了一个参考范围。高喷墙体渗透破坏比降更不易准确确定，有资料提出破坏比降为500~2000，允许比降80~100，供参考。

3.0.6 高喷灌浆孔的排数、排距和孔距，主要取决于高喷体（旋喷、摆喷、定喷形式的桩柱体或墙段）的直径或长度范围，但确定这一尺寸是一个复杂的问题，尤其是深部。目前比较可行的方

法多是通过现场试验和工程类比加以确定。

表 3-1 为一些工程的经验资料，可供参考选用。

表 3-1 旋喷桩直径 (m)

土质		单管法	二管法	三管法
粉土和 粉质黏土	$0 < N < 10$	0.7~1.1	1.1~1.5	1.5~1.9
	$10 \leq N < 20$	0.5~0.9	0.9~1.3	1.1~1.5
	$20 < N < 30$	0.3~0.7	0.7~1.1	0.9~1.3
砂土	$0 < N < 10$	0.8~1.2	1.2~1.6	1.6~2.0
	$10 \leq N < 20$	0.6~1.0	1.0~1.4	1.2~1.6
	$20 \leq N < 30$	0.4~0.8	0.8~1.2	1.0~1.4
砾石层	$20 < N < 30$	0.4~0.8	0.8~1.2	1.0~1.4

注：N 为标准贯入击数，摆喷及定喷的有效长度为旋喷桩直径的 1.5 倍左右。

3.0.7 水工建筑物防渗工程高喷灌浆属于地下隐蔽工程，技术文件的完备性和技术数据的可靠性均直接影响工程质量。

设计报告中应包括浆液、墙体结构形式和主要参数以及高喷灌浆工艺、技术要求、质量标准和检查方法等内容。

在工程地质资料中宜包括地层的颗粒级配、岩性和标准贯入击数（密实度）等内容，水文地质资料中宜包括地下水质、地下水流速、地下水位变化和地层渗透系数等资料。

3.0.8 复杂地层一般是指本规范第 3.0.3 条第 1 款所明确地层以外的含有较多卵（碎）石地层、含有较多漂（块）石的地层、地下水流速较大的地层以及坚硬密实的其他土层。在此类地层中，因高压喷射流可能受到阻挡或削弱，冲击破碎力和影响范围急剧下降，处理效果存在不确定性，因此应当预先通过现场试验进行验证。

高喷灌浆的喷射范围、不同地层的提升速度，以及浆液材料的类别与配合比等，通过单孔高喷灌浆试验取得；高喷墙的结构

形式适用的孔距、墙体防渗性能，以及其他技术参数和施工中应注意的问题等，通过群孔高喷灌浆试验取得。

3.0.12 一般单排孔高喷墙每个单元工程的防渗面积不宜大于1000 m²。

4 浆 液

4.0.1 优先选用强度等级不低于 42.5 的新鲜的普通硅酸盐水泥，是因为制备的浆液强度较高，性能稳定；优先选用散装水泥，是因为水泥浆液制备已具备实现机械化和自动化条件，制浆效率提高，与使用袋装水泥人工加料方式制浆相比计量误差控制更趋稳定，有利于高喷灌浆施工。

4.0.3 水泥浆液中掺入适当比例的膨润土等掺入料，可增大浆液黏度，改善浆液稳定性等性能，减小地下水因素对高喷灌浆施工的不利影响。

膨润土既可作为掺入料，也可作为外加剂加入水泥中。膨润土质量标准可参照石油天然气行业标准《钻井液用膨润土》SY/T 5060，膨润土技术指标见表 4-1。三个级别的合格膨润土在高喷灌浆中均可使用。

表 4-1 膨润土技术指标

项目	指 标		
	一级膨润土	二级膨润土	三级膨润土
Φ_{600} 读值	≥ 30.0	≥ 30.0	≥ 23.0
滤失量 (ml)	≤ 15.0	≤ 17.0	≤ 22.0
动切力 (Pa)	$\leq 1.5 \times P_v$	$\leq 3 \times P_v$	—
湿度 (%)	≤ 10.0	—	≤ 12.0
湿筛分析, 0.075 mm 筛余 (%)	≤ 4.0	—	≤ 4.0

注：P_v 为塑性黏度 ($\Phi_{600} \sim \Phi_{300}$)，仅取其读数值，不考虑其原单位 (mPa · s)。

4.0.4 为了加速高喷浆液与地层土混合体凝结、硬化，提高高喷

凝结体早期强度，减少浆液与地层土混合体中的水泥基质浆液因地下水流动影响而流失，所以根据需要可在浆液中加入速凝剂、减水剂等外加剂。

4.0.5 不同掺入料及掺入量对水泥浆液的作用效果不同，不同外加剂对于水泥作用效果也不同，为取得使用掺入料和外加剂的最佳效果，使用前应进行必要的试验。

4.0.7 使用搅拌转速大于 1200 r/min 的高速搅拌机搅拌 30 s，即可将水泥浆液搅拌均匀，普通搅拌机则需要搅拌 90 s 以上。水泥浆液制备超过 4 小时，浆体开始逐渐凝结和硬化，继续使用会影响高喷凝结体强度。

4.0.8 高喷灌浆施工高压水和高压浆喷嘴一般直径较小，为避免浆液中混杂的砂粒堵塞喷嘴，影响高喷作业，应使用筛网过滤浆液。浆液密度是影响高喷凝结体强度的重要指标，为加强浆液质量控制，浆液的密度应定时测量，一般情况下时间间隔可为 15 min~30 min。

4.0.10 在非黏性或低黏性土层中，孔口回浆中的细颗粒可经处理分离后得到含砂量、土量较少的水泥浆液，这种浆液可二次输送到搅拌机中再添加适量的水泥干料，经搅拌后又可制成能满足要求的高喷灌浆浆液，孔口回浆的再利用可降低施工成本和减少废浆排放。根据经验，所用回浆浆液的密度不应大于 1.25 g/cm^3 ，以保证重新制浆时能够掺加必需的水泥干料量，以及保证防渗板墙的质量。

在黏性土地层中进行高喷灌浆时，孔口回浆已混合了大量的黏性土颗粒，难以通过沉淀、过筛等处理方法从浆液中分离出去，在软塑~流塑状淤泥质土层中，其孔口回浆密度甚至可以超过进浆密度，这样的浆液不宜回收利用。

5 机 具

5.0.3 根据水力学原理和有关实验资料,采用图 5-1 所示的收敛圆锥形喷嘴(圆锥角 $\theta=13^{\circ}\sim 14^{\circ}$ 、平直段长度 $L=3D_0\sim 4D_0$ 、粗糙度为 $1.6\ \mu\text{m}$ 、喷嘴长度 $L_1=15D_0\sim 20D_0$),可保持高速射流的状态并能提高动能的利用效率。

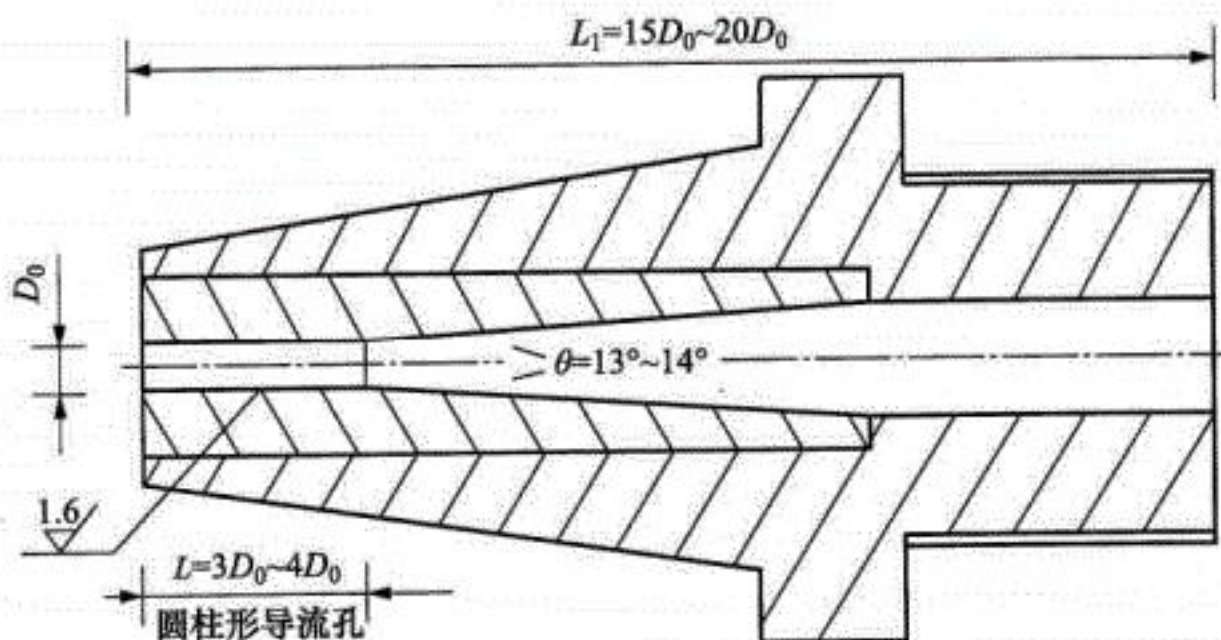


图 5-1 高压喷嘴结构图

5.0.9 步履或履带式台车移动便捷,提升和旋摆系统具有无级调速性能,可以方便地调整旋转角度、提升速度和旋摆角度。当高喷灌浆孔较深时,使用高塔架台车可以减少拆卸喷射管次数,提高施工效率。

5.0.10 高压喷射介质的压力巨大,输送介质的管路承受压力的能力是保证正常进行高喷灌浆作业和安全施工的前提。所以,高压喷射介质应使用高压胶管并采用密封性能可靠、承受压力高、拆卸方便的形式连接。

6 钻 孔

6.0.1 在钻孔深度较小（例如不大于 30 m）、标准贯入度（ N ）较低（例如 N 不大于 40）的砂类土和黏性土层进行高喷灌浆时，可使用振动法或冲击法直接沉入喷射管成孔；对于较密实、标贯击数较大的地层宜采用地质钻机钻孔。三管法的喷射管结构较复杂，一般不宜直接沉入。

6.03 由于设计阶段勘探孔数量有限，地质资料不可能十分详尽。选取一定数量的先导孔采取芯样并划分地层，是对勘探资料的补充和完善。动力触探是确定地层密实度和可喷性的有效方法，有条件时可采用。

先导孔的间距和深度应视工程的具体情况而定。当地层复杂、层位变化较大时，先导孔间距可小一些，反之宜大一些。先导孔的深度一般应比其他高喷孔稍深。

6.0.4 一般说来，较大的孔径对保证高喷板墙的质量较为有利，便于上返通道畅通。高喷灌浆孔较墙体设计深度少量超深，是由于喷嘴距喷管底端有一定距离，另外也考虑孔底会有少量沉淀。

6.0.6 地下水流速过大的部位，喷射的浆液难以在预定范围内凝结，先进行堵水处理是为了给高喷灌浆施工创造条件，保证高喷墙（桩）质量。当施工地层有承压水时，应掌握承压水压力大小。钻孔时宜使用水泥浆液，或掺入增大浆液相对密度的材料，以防止承压水从孔口冒出，影响高喷灌浆质量。

6.0.7 有一些工程采用下入特制的 PVC 管（或带有花眼）代替泥浆护壁取得了良好效果，如二滩水电站上下游围堰高喷板墙、浙江珊溪水利枢纽围堰高喷板墙等。但施工前应在地面做高压射流破坏 PVC 管试验，确认其合格方可使用。一般情况下，射流压力

在 2 MPa~3 MPa 时, PVC 管即破碎成碎块, 即可认为合格。

6.0.8 小浪底水利枢纽坝肩地基处理高喷灌浆试验, 采用国际先进钻孔设备施工, 完成 29 个孔, 孔深 32 m~40 m, 最大偏斜率 1.12%, 最小偏斜率 0.45%。其中, 大于 1% 的 9 个孔, 占 31%; 小于 0.5% 的 3 个孔, 占 10%。本条从对工程严格要求而又兼顾国内钻进工艺具体情况出发, 提出了较高钻孔精度的要求。当孔深大于 30 m 时, 钻孔偏斜率也不应大于 1%。

6.0.10 钻孔记录应详细, 便于高喷灌浆时针对不同的地层条件和孔内情况采取相应的技术措施。一旦发生质量问题时, 便于分析原因和处理。

7 高 喷 灌 浆

7.0.2 自动记录仪在高喷灌浆施工中的应用已取得进步，可实现对主要施工参数的过程记录。当高喷灌浆施工采用自动记录仪时，其仪器仪表应定期进行检定。

7.0.3 应用表 7.0.3 中的参数时，应根据工程要求、设备条件适当选取或调整。表 7.0.3 中水、气、浆的压力和流量均系设备出口处的数值。

灌浆参数的选取合理与否，对高喷灌浆的质量影响较大。若想取得较佳的喷射效果，应保证喷射介质的冲击力有效切削地层，高压喷射介质从喷嘴口喷出时应能保持一定的收束距离，切勿尽早分散和雾化。所以喷嘴的长度和直径比率、喷嘴的精密度、延长喷射距离和排除土砂颗粒和泥水的空气流显得尤为重要。一般情况下，喷射介质压力和流量参数由设计人员给定，喷嘴数量根据喷射形式、喷射工艺确定，而水嘴直径和浆嘴直径则通过计算取得，可按公式 (7-1) 进行计算。

$$d_0 = 0.69 \sqrt{\frac{Q}{n\mu\psi\sqrt{\frac{p}{\rho}}}} \quad (7-1)$$

式中： d_0 ——喷嘴直径 (mm)；

Q ——喷射流量 (L/min)；

ψ ——喷嘴流速系数，圆锥形喷嘴 $\psi \approx 0.97$ ；

μ ——流量系数，圆锥形喷嘴 $\mu \approx 0.95$ ；

p ——喷嘴入口压力 (MPa)；

ρ ——喷射介质的密度 (g/cm³)；

n ——喷嘴个数。

普通三管法的浆压应按保证进浆量的要求进行控制。表 7.0.3 中所列 0.2 MPa~1.0 MPa 的使用条件为高喷灌浆孔孔口与浆泵位置高差不大于 5 m, 且输浆管路长度不超过 100 m。当孔口低于浆泵位置较多, 且送浆管较短时, 泵压可能很小, 也是合理的。

7.0.4 喷射方向与角度直接影响墙体的搭接质量, 应采用可靠而准确的手段进行控制。

7.0.5 常用措施有: 下设喷管时, 喷头的喷嘴部位一般采用塑料胶带等物包封密实; 拆卸喷管前, 一般采用控制各喷射介质的停供的先后顺序, 并将孔内注满浓浆, 充填喷射管与孔壁间隙。

7.0.8 输送喷射介质的喷射装置(送液器、喷射管及喷射器)连接部位密封损坏、喷射器(喷头)上的喷嘴脱落, 都会出现喷射压力突降; 而喷嘴堵塞, 则会出现压力骤增。施工参数、喷射加固地层的地质条件和地下水因素有可能影响孔口回浆或回浆量出现异常。

7.0.9 孔内出现严重漏浆时, 首先应采取第 1 款措施。其他措施可酌情采用, 直至孔口返浆正常后, 方可继续喷射施工。第 2 款措施仅适用于三管法施工。第 3、4 款措施, 各种喷射方法施工均可选择使用。

7.0.11 一般情况下, 可封堵被串孔孔口或向孔中回填砂及黏土。

7.0.12 在细颗粒地层中采用三管法施工时, 有时会出现喷射管被埋住而孔口不能返浆, 造成地层劈裂或地面抬动。喷射过程中, 保持孔内浆液适当浓度和合理的供风参数, 可较为有效地防止发生此类事故; 若出现不能返浆、喷射管旋摆或提升遇阻, 大幅度降低水压、风量, 注入浓水泥浆充满钻孔, 可较为有效缓解喷射管被卡埋。

7.0.13 指中断时间较长(如大于 30 min)的情况。如果中断时间不长, 也可参照本规范第 7.0.7 条处理。

7.0.14 高喷灌浆结束后, 留在喷射孔上部的浆液较稀, 因孔内浆

液发生离析、沉淀和凝固收缩，其凝结体的顶部会产生凹穴，需用浆液及时回灌填补。回灌的浆液可用施工孔的孔口回浆，也可单独拌制新浆。

7.0.15 在不改变喷射参数的条件下，对同一孔段进行重复喷射，能加大有效加固长度和提高凝结体强度。例如当采用三管法时，通常可先喷一遍清水，然后再喷一遍或两遍水泥浆。

7.0.16 对于动水、架空、漏失地层等，在高喷灌浆前增加控制性灌浆（堵漏灌浆）以改善地层，是保障高喷灌浆质量的必要条件。尤其是动水条件下，单纯的高喷灌浆浆液易在凝固前被水流冲走，应在高喷作业前进行专门的堵漏灌浆。

8 质量检查和验收

8.1 质量检查

8.1.1 保证高喷灌浆施工过程质量是保证高喷墙墙体（桩体）质量的基础条件。

8.1.2 目前，高喷墙的质量检查仍存在一定的难度，亟须加强这方面的研究和技术开发工作。本条提出的几种检查方法为较为可行的方法。

围井法计算渗透系数 K 值，机理明确，成果可信。钻孔法检查尚无计算 K 值的合理方法和公式，推荐计算透水率 q 作为质量评定标准。

8.1.4 钻孔检查法主要用于旋喷套接墙，也可用于旋喷摆喷搭接墙、旋喷定喷搭接墙。

压水试验试段长度可根据工程具体情况确定。为了便于操作，静水头压水试验注水面可与孔口齐平。

8.1.5 利用围井内开挖的部位进行注（抽）水试验，应开挖至透水层内一定深度；在井内中心钻孔进行注（抽）水试验，钻孔孔径应大一些，并应深至围井底部（不超过围井深度），全孔应下入过滤花管。

由于高喷墙上部质量一般均优于下部，而围井的开挖深度又有限，故开挖直观检查和取样试验仅宜作为辅助检查手段。

围井面积不宜太小，否则检查孔可能位于构成围井的高喷灌浆体中，检查结果受到影响。

8.1.7 如需进行透水率 q 与渗透系数 K 之间的换算，可参考下列关系式：

地层透水率 q 为 1Lu 时,约相当于渗透系数 K 为 $1.3 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 。

若要求 $K=i \times 10^{-6} \text{cm/s}$,则可取 $q < 1\text{Lu}$ 。

若要求 $K=i \times 10^{-5} \text{cm/s}$,则 q 值可取 $1\text{Lu} \sim 5\text{Lu}$ 。

若要求 $K=i \times 10^{-4} \text{cm/s}$,则 q 值可取 $5\text{Lu} \sim 20\text{Lu}$ 。

8.1.8 有些围堰工程的高喷墙,质量检查结果渗透系数 K 虽未能完全满足设计要求,但能将基坑内水抽干或将水位控制到所需高程。这表明高喷墙整体防渗效果基本达到了预期目的。

8.1.9 围井法和钻孔法均属于抽样检查,有时较难全面反映高喷板墙的整体质量。必要时可利用多种手段,如开挖、取样、钻取岩芯、物探、对芯样进行渗透和力学试验、查阅施工过程记录、整体效果分析等,综合地进行检查评价高喷墙工程质量。
