

ICS 27.140

P 59

备案号: J383—2004

**DL**

**中华人民共和国电力行业标准**

**P**

**DL/T 5200 — 2004**

---

**水电水利工程高压喷射灌浆  
技 术 规 范**

**Technical specification of jet grouting  
for hydropower and water resources projects**

2004-10-20 发布

2005-04-01 实施

---

**中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布**

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语和定义 .....	3
4 一般规定 .....	5
5 高喷墙的结构形式 .....	6
6 浆液 .....	8
7 机具 .....	9
8 钻孔 .....	10
9 高喷灌浆 .....	11
10 工程质量和验收 .....	14
附录 A (资料性附录) 施工记录表格 .....	16
附录 B (规范性附录) 围井渗透系数的计算 .....	21
条文说明 .....	23

## 前 言

本标准是根据原电力工业部《关于下达 1997 年制定、修订电力行业标准计划项目的通知》（综科教〔1998〕28 号文）的补充计划进行编制的。

高压喷射灌浆技术自 20 世纪 70 年代引进我国，后逐渐在各行各业建筑领域推广，普遍应用于建筑物的地基加固，提高地基承载能力，并且取得了令人满意的效果，一些指导高喷灌浆加固地基的行业技术标准也已经颁布实施。

高喷灌浆在水电水利行业中除应用于地基加固外，更广泛地应用于水工建筑物的防渗工程中。与一般的地基加固相比较，建造高喷灌浆防渗墙有不同的特点与要求。多年来，经过水电水利行业的广大工程技术人员努力，在各种规模的水工建筑物中，在复杂多样的地质条件下，建成了大量的高喷灌浆防渗墙，积累了丰富的经验。为了保证高喷灌浆防渗工程的质量，结合水工建筑的特点编制本标准。

本标准的附录 A 是资料性的附录，本标准的附录 B 是规范性的附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业水电施工标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准主要起草单位：中国水利水电基础工程局。

本标准参加起草单位：山东省水利科学研究院、水利部建设与管理总站。

本标准主要起草人：夏可风、孙钊、查振衡、李允中、张福贤、王明森、蒋振中、赵存厚、肖恩尚、黄灿新。

## 1 范 围

本标准规定了水电水利高压喷射灌浆防渗工程的技术要求和工程质量检验、评定方法。

本标准适用于淤泥质土、粉质黏土、粉土、砂土、砾石、卵（碎）石等松散透水地基或填筑体内的防渗工程的高压喷射灌浆。对含有较多漂石或块石的地层，应进行现场高压喷射灌浆试验，以确定其适用性。

高压喷射灌浆用于水工建筑物的地基加固时，可参照本标准的有关规定，并应符合国家其他相关标准的要求。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB175 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥

DL/T 5055 水工混凝土掺用粉煤灰技术规范

DL/T 5144 水工混凝土施工规范

DL/T 5148 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范

### 3 术 语 和 定 义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.0.1

##### **高压喷射灌浆 jet grouting**

高压喷射灌浆(简称高喷灌浆或高喷),是一种采用高压水或高压浆液形成高速喷射流束,冲击、切割、破碎地层土体,并以水泥基质浆液充填、掺混其中,形成桩柱或板墙状的凝结体,用以提高地基防渗或承载能力的施工技术。

#### 3.0.2

##### **旋喷 rotating jet grouting**

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。

#### 3.0.3

##### **摆喷 pendulum jet grouting**

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。

#### 3.0.4

##### **定喷 directional jet grouting**

使喷射管向某一方向定向喷射,同时一面提升,在地层中形成一道薄板墙的高喷灌浆施工方法。

#### 3.0.5

##### **单管法 jet grouting with single pipe (single system)**

喷射管为单一管路,喷射介质仅为水泥基质浆液的高喷灌浆方法。

#### 3.0.6

##### **双管法 jet grouting with double pipes (double system)**

喷射管为二重管或两列管，喷射介质为水泥基质浆液和压缩空气，或水和水泥基质浆液的高喷灌浆方法。

### 3.0.7

#### **三管法 jet grouting with triple pipes (triple system)**

喷射管为三重管或三列管，喷射介质为水、水泥基质浆液和压缩空气的高喷灌浆方法。

### 3.0.8

#### **高喷防渗墙 jet grouted cutoff wall**

高喷防渗墙（简称高喷墙），是由旋喷柱形桩、摆喷扇形断面桩或定喷板状墙段，其中的一种或两种、三种彼此组合搭接起来，形成的地下防渗墙。

### 3.0.9

#### **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。

## 4 一般规定

4.0.1 高喷灌浆施工前，应具备下列文件资料：

- 1 工程设计文件和图纸。
- 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。

4.0.2 重要的、地层复杂的或深度较大的高喷墙工程，应选择有代表性的地层进行高喷灌浆现场试验。试验宜采用单孔和不同孔、排距的群孔进行，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、适宜的孔距排距、墙体防渗性能等。

4.0.3 高喷灌浆的一般工序为机具就位、钻孔、下入喷射管、喷射灌浆及提升、冲洗管路、孔口回灌等。当条件具备时，也可以将喷射管在钻孔时一同沉入孔底，而后直接进行喷射灌浆和提升。

多排孔高喷墙宜先施工下游排，再施工上游排，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。

4.0.4 高喷灌浆工程应注意施工区域的环境保护，做好废水、废浆的处理或回收。

4.0.5 高喷灌浆施工平台应平整、坚实，气、水、电宜设置专用管路和线路。

4.0.6 高喷灌浆施工前，应依据工程规模划分单元工程，并进行钻孔编号。



## 5 高喷墙的结构形式

5.0.1 根据工程需要和地质条件，高压喷射灌浆可采用旋喷、摆喷、定喷三种形式，每种形式可采用三管法、双管法和单管法。高喷墙的结构形式可采用下列形式：

- 1 旋喷套筒，如图 5.0.1 (a) 所示。
- 2 旋喷摆喷（或旋喷定喷）搭接，如图 5.0.1 (b) 所示。
- 3 摆喷对接或折接，如图 5.0.1 (c) 所示。
- 4 定喷折接，如图 5.0.1 (d) 所示。

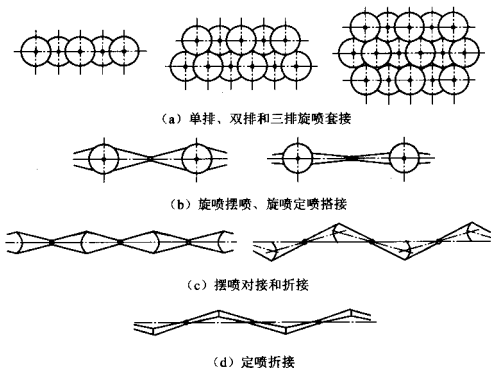


图 5.0.1 高喷墙的结构形式

### 5.0.2 各种形式高喷墙的适用条件:

1 定喷和小角度摆喷适用于粉土和砂土地层;大角度摆喷和旋喷适用于 1.0.1 所述各种地层。

2 承受水头较小的或历时较短的高喷墙,可采用摆喷折接或对接、定喷折接形式。

3 在卵(碎)砾石地层中,深度小于 20m 时,可采用摆喷对接或折接形式,对接摆角不宜小于  $60^\circ$ ,折接摆角不宜小于  $30^\circ$ ;深度 20m~30m 时,可采用单排或双排旋喷套接、旋摆搭接形式;当深度大于 30m 时,宜采用两排或三排旋喷套接形式或其他形式。

5.0.3 在不同地层中的高喷墙墙体的渗透性能和抗压强度,可参照表 5.0.3 确定。

表 5.0.3 高喷墙墙体性能指标

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
卵(碎)石层	$i \times 10^{-4} \sim i \times 10^{-5}$	3.0~12
注 1: $i=1 \sim 9$ 。 注 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。单管法和两管法 $K$ 取低值, $R$ 取高值;三管法 $K$ 取高值, $R$ 取低值。		

5.0.4 对重要工程的高喷墙应进行渗透稳定和结构安全的计算。

5.0.5 封闭式高喷墙的钻孔宜深入基岩或相对不透水层 0.5m~2m。

5.0.6 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、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。

## 6 浆 液

6.0.1 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 32.5 级或以上，质量应符合 GB175 的规定。不得使用过期的和受潮结块的水泥。

6.0.2 高喷灌浆用水应符合 DL/T5144 中混凝土拌和用水的要求。

6.0.3 高喷灌浆浆液的水灰比可为 1.5 : 1 ~ 0.6 : 1（密度约  $1.4\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.7\text{g}/\text{cm}^3$ ）。有特殊要求时，可加入下列掺合料：

1 膨润土。其质量标准应满足设计要求。

2 黏性土。塑性指数不宜小于 14。

3 粉煤灰。其质量标准可参照 DL/T5055。

4 砂。宜为质地坚硬的天然砂或人工砂，最大粒径不宜大于 2mm。

6.0.4 根据需要，可在水泥浆液中加入速凝剂、减水剂等外加剂。

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

6.0.6 制浆材料的称量误差应不大于 5%。

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

6.0.8 浆液应在过筛后使用，并定时检测其密度。

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

6.0.10 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；在软塑至流塑状的黏性土或淤泥质土层中，其孔口回浆不宜回收利用。

## 7 机 具

7.0.1 高喷孔的钻孔机具应满足能在施工地层中单独钻进成孔或携带喷射管钻进成孔的要求。

7.0.2 高喷灌浆所用的喷射管、喷头和送液器（亦称高压水龙头），应密封可靠、装卸简便。喷射管体应具有足够刚度且连接顺直。喷嘴定向应准确。

7.0.3 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。

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

7.0.5 储浆桶的容积应能满足连续供给高喷灌浆浆液的需要。

7.0.6 灌浆泵（包括高压泵）的性能应与所灌浆液的类型、密度相适应。灌浆泵和高压水泵的压力、流量应满足施工要求，其额定压力应不小于设计规定压力的 1.2 倍。

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

7.0.8 空气压缩机的供气量和额定压力应不小于设计规定值。供气管路上宜设有测量气量的仪表。

7.0.9 高喷台车的旋转、提升和摆动机构的性能应满足设计要求。宜采用高塔架的无级调速型台车。

## 8 钻 孔

8.0.1 高喷灌浆钻孔可采用回转钻进、冲击钻进、冲击回转钻进和振动、射水钻进等方法，可以采用泥浆护壁。

8.0.2 钻孔孔位与设计孔位偏差不得大于 50mm。

8.0.3 钻进过程中，出现泥浆严重漏失，孔口不返浆时，可采取加大泥浆浓度、泥浆中掺砂、向孔内填充堵漏材料或对漏失段先行灌浆等措施，直至孔口正常返浆后再继续钻进。

8.0.4 采用套管护壁法钻进成孔时，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。

8.0.5 钻孔施工时应采取预防孔斜的措施，钻机安放要平稳牢固，加长粗径钻具。钻杆和粗径钻具的垂直度偏差不应超过 5%。有条件时应进行孔斜测量，孔深小于 30m 时，钻孔偏斜率不应超过 1%。

8.0.6 钻孔孔径应大于喷射管外径 20mm 以上。

8.0.7 钻孔的有效深度应超过设计墙底深度 0.3m。

8.0.8 应选取部分高喷孔作为先导孔，采取芯样，核对地层，需要时可作动力触探试验。先导孔的深度应不小于 8.0.7 的规定，间距可为 30m 左右。

8.0.9 钻进暂停或终孔待喷时，孔口应加以保护。若时间过长，应采取措施防止塌孔。

8.0.10 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。

## 9 高 喷 灌 浆

9.0.1 高喷灌浆应在钻孔施工完成，并检验合格后进行。

9.0.2 当地层中水流速度过大时，应先进行堵水处理，而后再进行高喷灌浆。

9.0.3 高喷灌浆施工参数可按照表 9.0.3 选择。

表 9.0.3 高喷灌浆常用施工参数表

项 目		单管法	双管法	三管法
水	压力 MPa			35~40
	流量 L/min			70~80
	喷嘴数量 个			2
	喷嘴直径 mm			1.7~1.9
气	压力 MPa		0.6~0.8	0.6~0.8
	流量 m <sup>3</sup> /min		0.8~1.2	0.8~1.2
	气嘴数量 个		2 或 1	2
	环状间隙 mm		1.0~1.5	1.0~1.5
浆	压力 MPa	25~40	25~40	0.2~1.0
	流量 L/min	70~100	70~100	60~80
	密度 g/cm <sup>3</sup>	1.4~1.5	1.4~1.5	1.5~1.7

表 9.0.3 (续)

项    目			单管法	双管法	三管法
浆	浆嘴数量 个		2 或 1	2 或 1	2
	浆嘴直径 mm		2.0~3.2	2.0~3.2	6~12
	回浆密度 g/m <sup>3</sup>		≥1.3	≥1.3	≥1.2
提升 速度 $v^a$ cm/min	粉土层		10~20		
	砂土层		10~25		
	砾石层		8~15		
	卵（碎石）层		5~10		
旋喷	转速 r/min		(0.8~1.0) $v$		
摆喷	摆速 <sup>b</sup> 次/min		(0.8~1.0) $v$		
	摆角	粉土、砂土	15° ~30°		
		砾石、卵（碎）石	30° ~90°		

a 对于振孔高喷，提升速度可为表列数据的 2 倍。

b 单程为一次。

9.0.4 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。

9.0.5 下入或拆卸喷射管时, 应采取措施防止喷嘴堵塞。

9.0.6 当喷头下至设计深度, 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。

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

9.0.8 高喷灌浆过程中, 出现压力突降或骤增、孔口回浆密度或回浆量异常等情况时, 必须查明原因, 及时处理。

9.0.9 高喷灌浆过程中，若孔内发生严重漏浆，可采取以下措施处理：

- 1 孔口不返浆时，应立即停止提升；孔口少量返浆时，应降低提升速度。
- 2 降低喷射压力、流量，进行原位灌浆。
- 3 在浆液中掺入速凝剂。
- 4 加大浆液密度或灌注水泥砂浆、水泥黏土浆等。
- 5 向孔内填入砂、土等堵漏材料。

9.0.10 在进浆正常的情况下，若孔口回浆密度变小、回浆量增大，应降低气压并加大进浆浆液密度或进浆量。

9.0.11 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，尽快对串浆孔扫孔，进行高喷灌浆，或继续钻进。

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

9.0.13 高喷灌浆因故中断后恢复施工时，应对中断孔段进行复喷，搭接长度不得小于 0.5m。

9.0.14 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。

9.0.15 当局部需要扩大喷射范围或提高凝结体的密实度时，可采取复喷措施。

9.0.16 施工中应准确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附录 A 表 A.1、表 A.2。

9.0.17 高喷灌浆施工参数的记录可采用自动记录仪。



## 10 工程质量和验收

### 10.1 工程质量检查

10.1.1 施工过程中应对高喷灌浆材料、浆液和各道工序的质量进行控制和检查，并做记录。

10.1.2 高喷墙的防渗性能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。

10.1.3 高喷墙质量检查宜在以下重点部位进行：

- 1 地层复杂的部位。
- 2 漏浆严重的部位。
- 3 可能存在质量缺陷的部位。

10.1.4 围井检查法适用于所有结构形式的高喷墙，并应符合以下要求：

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，至少应布置一个围井。

3 围井各面墙体轴线围成的平面面积，在砂土、粉土层中不宜小于  $3\text{m}^2$ ，砾石、卵（碎）石层中不宜小于  $4.5\text{m}^2$ 。

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 注水水位高于围井顶部时，围井顶部应予以封闭。

10.1.5 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的相邻两孔高喷凝结

体的搭接处，宜自上而下分段钻孔、取芯和进行静水头压水试验。

10.1.6 围井检查宜在围井的高喷灌浆结束 7d 后进行，如需开挖或取样，宜在 14d 后进行；钻孔检查宜在该部位高喷灌浆结束 28d 后进行。

10.1.7 采用围井法进行注水或抽水试验时，渗透系数  $K$  按附录 B 进行计算；采用钻孔法进行静水头压水试验时，透水率  $q$  值的计算可依据 DL/T 5148 的规定进行。

10.1.8 高喷墙整体效果的检查可采用以下方法：

1 坝（堤）基高喷墙，可在其下游侧布设测压管，观测和对比该测压管与上游水位差；亦可在坝（堤）下游安设量水堰，观测和对比施工前、后渗水量，据此分析整体防渗效果。

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。

10.1.9 高喷墙防渗工程的质量应结合分析施工资料 and 检查测试成果，综合评定。

## 10.2 工 程 验 收

10.2.1 高喷灌浆工程应进行单孔质量检验、单元工程质量评定和分部工程（或竣工）验收。

10.2.2 单孔质量检验按附录 A 表 A.3 执行，单元工程质量评定按表 A.4 进行。

10.2.3 高喷灌浆分部工程的验收应提供的文件和资料：

- 1 设计说明书、图纸、施工技术要求及设计修改通知等。
- 2 施工原始记录、成果资料、检验测试资料、施工报告或施工技术总结等。
- 3 质量检查记录、单元工程验收资料、重大质量事故报告等。

**附 录 A**  
**(资料性附录)**  
**施 工 记 录 表 格**

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 A.1；高喷灌浆工程综合成果表，见表 A.2；高喷灌浆孔质量检验表，见表 A.3；高喷灌浆单元工程质量评定表，见表 A.4。



表 A.2 高喷灌浆工程综合成果表

[illegible]

校对

表制

表 A.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 <sup>3</sup>			
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 <sup>3</sup> /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 A.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		$\Delta$ 孔位											
3		$\Delta$ 孔深											
4		孔斜率											
5	高喷 灌浆	$\Delta$ 喷射管下入 深度											
6		$\Delta$ 喷射方向											
7		摆动角度											
8		$\Delta$ 水压											
9		水量											
10		气压											
11		气量											
12		$\Delta$ 进浆密度											
13		$\Delta$ 浆量											
14		浆压 <sup>a</sup>											
15		回浆密度											
16		$\Delta$ 提升速度											
17		旋摆速度											
18		特殊情况处理											
19	$\Delta$ 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: $\Delta$ 为主控项目, 其他为一般项目; a 当采用高压浆时, 浆压为主控项目。													

## 附录 B

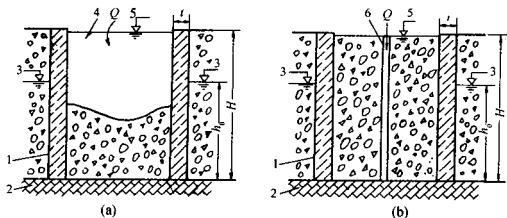
## (规范性附录)

## 围井渗透系数的计算

## B.1 采用围井法检查高喷墙的防渗性能的方法:

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, 如图 B.1 (a) 所示。

2 也可在井中心部位钻孔, 下入过滤管, 在管内进行注水 (或抽水) 试验, 如图 B.1 (b) 所示。



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

图 B.1 围井注水试验示意图

B.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 B.1 式进行计算。

$$K = \frac{2Qt}{L(H + h_0)(H - h_0)} \quad (\text{B.1})$$

式中:

$K$ ——渗透系数,  $\text{m/d}$ ;

$Q$ ——稳定流量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;

$t$ ——高喷墙平均厚度,  $\text{m}$ ;



$L$ ——围井周边高喷墙轴线长度，m；

$H$ ——围井内试验水位至井底的深度，m；

$h_0$ ——地下水位至井底的深度，m。

# 水电水利工程高压喷射灌浆 技 术 规 范

## 条 文 说 明

## 目 录

1 范围 .....	25
4 一般规定 .....	26
5 高喷墙的结构形式 .....	27
6 浆液 .....	28
7 机具 .....	30
8 钻孔 .....	31
9 高喷灌浆 .....	32
10 工程质量和验收 .....	34

## 1 范 围

由于高喷灌浆喷射流的能量很大，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，对从粒径很小的细粒土到含有颗粒直径较大的卵石、碎石土，均有巨大的冲击和搅动作用，使注入的浆液与土搅混拌和凝固成新的凝结体。实践表明，高喷灌浆对于本条所列各类土都有良好的处理效果。

但对于含有较多漂石、块石的地层，以及坚硬密实的其他土层，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，处理效果可能达不到设计要求，因此应当预先进行现场试验。

高喷灌浆用于地基加固时，其工艺要求可参考本标准，其他要求参照 JGJ79 J220《建筑地基处理技术规范》或其他有关标准的规定。

## 4 一般规定

4.0.1 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 and 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。

4.0.2 高喷灌浆的有效直径或喷射范围、不同地层的提升速度，以及浆液材料的类别与配合比等，宜通过单孔高喷灌浆试验取得；高喷墙的结构形式、适用的孔排距、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，宜通过群孔高喷灌浆试验取得。

4.0.3 先钻孔，后下喷射管，这是目前使用较多的高喷灌浆施工程序，特别是对于较密实、坚硬、标贯击数较大的地层和高喷墙深度较大时，需要这样做，其钻孔分序的方法与普通水泥灌浆相同。

但在钻孔深度较小（如不大于 25m）、标准贯入击数较低（如  $N$  小于 40）的土层中进行高喷灌浆时，可使用大功率振动器将喷射管直接沉至设计深度，而后上提进行喷射灌浆工序。为区别于前一种方法，有的称此法为振孔高喷。振孔高喷的相邻孔可连续施工，不分次序。

4.0.6 一般单排孔高喷墙每个单元工程的防渗面积不宜大于  $1000\text{m}^2$ 。

## 5 高喷墙的结构形式

5.0.1 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，但都系由此组合派生。

5.0.3 高喷墙体的渗透系数、抗压强度与多种因素有关，表中数据提供了一个范围。高喷墙体的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。

5.0.4 指对以高喷墙为防渗体的坝、堤或堰进行整体稳定性分析计算。

5.0.5 封闭式高喷墙，指墙底深入相对不透水层的高喷墙。

5.0.6 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、定喷形成的桩柱体或墙段）的直径或长度范围，但确定这一尺寸是一个复杂的问题，尤其是在深部。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 1 为一些工程的经验资料，可供参考选用。

表 1 旋喷桩的直径 m

土 质		单管法	双管法	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
	$20 \leq N < 30$	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
砂砾	$20 < N < 30$	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；振孔高喷孔距常为 0.4m~0.8m。				

## 6 浆 液

6.0.3 膨润土既可作为掺合料，也可作为外加剂加入水泥中。膨润土的质量标准可参照石油天然气行业标准《钻井液用膨润土》（SY/T5060—1992），见表 2。三个级别的合格膨润土高喷灌浆中均可使用。

表 2 膨润土技术指标

项目	一级膨润土	二级膨润土	三级膨润土
$\Phi_{600}$ 读值	$\geq 30.0$	$\geq 30.0$	$\geq 23.0$
滤失量 ml	$\leq 15.0$	$\leq 17.0$	$\leq 22.0$
动切力 Pa	$\leq 1.5 \times P_r$ 值	$\leq 3 \times P_r$ 值	
湿度 %	$\leq 10.0$		$\leq 12.0$
湿筛分析, 0.074mm 筛余 %	$\leq 4.0$		$\leq 4.0$
注: $P_r$ 为塑性黏度 ( $\Phi_{600} \sim \Phi_{300}$ ), 仅取其读数, 不考虑其单位 (mPa·s)。			

6.0.7 高速搅拌机是指搅拌转速大于 1200r/min 的专用制浆机。

6.0.8 浆液的密度应定时测量，一般情况下时间间隔可为 15min~30min。

6.0.10 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，根据经验，所用回浆浆液的密度不应大于

1.25g/cm<sup>3</sup>，以保证重新制浆时能够掺加必需的水泥干料量和防渗墙体的质量。

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，在软塑至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。



## 7 机 具

7.0.3 根据水力学原理和有关实验资料, 采用图 1 所示的收敛圆锥形喷嘴(圆锥角 $\theta=13^{\circ}\sim 14^{\circ}$ 、平直导流段长度 $L=3D_0\sim 4D_0$ 、粗糙度为 $1.6\mu\text{m}$ ), 可保持高速射流的良好状态, 提高动能的利用效率。

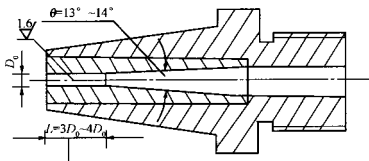


图 1 高压喷嘴结构图

7.0.5 通常储浆桶的容积不宜少于 500L, 桶内应安设有低速搅拌装置, 防止浆液沉淀。

7.0.9 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, 减少孔故, 提高施工效率。无级调速高喷台车可以方便地调整喷射管的旋转、提升速度和旋摆角度。

## 8 钻 孔

8.0.4 如泥浆护壁困难，可在钻孔中下入特制的 PVC 花管护壁，如四川二滩水电站围堰高喷墙、浙江珊溪水利枢纽围堰高喷墙等取得了良好效果。但施工前应在地面做高压射流破坏 PVC 花管的试验，确认其合格方可使用。

8.0.5 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 32m~40m，最大偏斜率 1.12%，最小 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。

8.0.6 一般说来，较大的孔径对保证高喷墙的质量较为有利。

8.0.7 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。

8.0.8 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核实地层，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。

8.0.10 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，也便于分析原因和处理。

## 9 高 喷 灌 浆

9.0.2 地层中水流速度过大，喷射的浆液难于在预定范围内凝结，先进行堵水处理是为了给高喷施工创造条件，保证高喷墙质量。

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

三管法的浆压应按保证进浆量的要求进行控制。表中所列 0.2MPa~1.0MPa 的使用条件为高喷灌浆孔孔口与浆泵位置高差不大于 5m，且输浆管路长度不超过 100m。如果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。

9.0.4 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。

9.0.5 常用措施有：下入喷射管时，将喷嘴用胶带等物包封严密；拆卸喷管前，将孔内注满浓浆，充填喷射管与孔壁间间隙。

9.0.9 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、3 款措施仅适用于三管法施工。

9.0.11 一般情况下，可封堵被串孔孔口或向孔中回填砂及黏土。

9.0.12 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。大幅度降低水压、气量，注入浓水泥浆充满钻孔，可较为有效地防止发生此类事故。

9.0.13 指中断时间较长（如大于 30min）的情况。中断时间不长，也可参照 9.0.7 处理。

9.0.14 高喷灌浆结束后，由于孔内的浆液发生析水、沉淀和凝固收缩，高喷凝结体的顶部会产生凹穴，需用浆液及时回灌填补。

回灌的浆液可用后施工的孔口回浆，也可单独拌制新浆。

9.0.15 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。

9.0.17 目前，自动记录仪在高喷灌浆施工中应用尚不普遍，有条件的工程可采用。

## 10 工程质量检查和验收

### 10.1 工程质量检查

10.1.1 保证高喷灌浆施工过程质量是保证高喷墙墙体质量的基础条件。

10.1.2 目前，高喷墙的质量检查仍存在一定的难度，亟需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。

10.1.4 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凝结体中，检查结果受到影响。

10.1.5 钻孔检查法主要用于旋喷套接墙，也可用于旋喷摆喷搭接、旋喷定喷搭接墙（见图 5.0.1）。

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。

10.1.7 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  $q=1\text{Lu} \sim 5\text{Lu}$ 。

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

10.1.8 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。

10.1.9 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。

---