

中华人民共和国行业标准



HG/T 20691—2006

高压喷射注浆施工操作技术规程

**Regulations for operative technique of high
pressure's spurtal pour thick liquid construction**

2006—10—04 发布

2007—04—01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

中华人民共和国行业标准

高压喷射注浆施工操作技术规程

**Regulations for operative technique of high
pressure's spurtal pour thick liquid construction**

HG/T 20691—2006

主编单位：湖 南 化 工 地 质 工 程 勘 察 院

批准部门：中华人民共和国国家发展和改革委员会

实施日期：2 0 0 7 年 4 月 1 日

中 国 计 划 出 版 社

2007 北 京

中华人民共和国行业标准
高压喷射注浆施工操作规程
HG/T 20691—2006

☆

湖南化工地质工程勘察院 主编

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

850×1168 毫米 1/32 1.75 印张 41 千字

2007 年 2 月第一版 2007 年 2 月第一次印刷

印数 1—2000 册

☆

统一书号:1580058·849

中华人民共和国国家发展和改革委员会

公 告

2006 年 第 71 号

国家发展改革委批准《管道式离心泵》等 87 项行业标准(标准编号、名称及起始实施日期见附件),其中机械行业标准 74 项、化工行业标准 13 项;批准《JB/T 9008.1—2004 钢丝绳电动葫芦 第 1 部分:型式与基本参数、技术条件》和《JB/T 9008.2—2004 钢丝绳电动葫芦 第 2 部分:试验方法》2 项机械行业标准修改单,现予公布,2 项标准修改单自公布之日起实施。

以上机械行业标准由机械工业出版社出版,化工行业标准由中国计划出版社出版。

附件:13 项化工工程行业标准编号及名称

中华人民共和国国家发展和改革委员会
二〇〇六年十月四日

附件：

13 项化工工程建设行业标准编号及名称

序号	标准编号	标 准 名 称	被代替标准编号
75	HG/T 20691—2006	高压喷射注浆施工操作技术规程	
76	HG/T 20694—2006	振动沉管灌注低强度混凝土桩施工技术规程	
77	HG/T 20693—2006	岩土体现场直剪试验规程 设计规定	
78	HG/T 21557.3—2006	塑料阶梯环填料	
79	HG/T 20524—2006	化工企业循环冷却水处理 加药装置设计统一规定	HG/T 20524—1992
80	HG/T 20525—2006	化学工业管式炉传热计算 设计规定	HG/T 20525—1992
81	HG/T 20541—2006	化学工业炉结构设计规定	HG/T 20541—1992
82	HG/T 20542—2006	电石炉砌筑技术条件	HG/T 20542—1992
83	HG/T 20543—2006	化学工业炉砌筑技术条件	HG/T 20543—1992
84	HG/T 20544—2006	化学工业炉结构安装技术 条件	HG/T 20544—1992
85	HG/T 20555—2006	离心式压缩机基础设计规 定	HG/T 20555—1993
86	HG/T 21544—2006	预埋件通用图	HG/T 21544—1992
87	HG/T 21545—2006	地脚螺栓(锚栓)通用图	HG/T 21545—1992

注：以上标准自 2007 年 4 月 1 日起实施。

前 言

本规程根据国家发展和改革委员会发改办工业[2005]739 号文和中国石油和化学工业协会中石化协科发[2005]77 号文的要求,由中国石油和化工勘察设计协会委托中国石油和化工勘察设计协会勘察专业委员会组织湖南化工地质工程勘察院编制。

在编制过程中,编制组开展了专题调查研究,总结了多年来工程实践的经验,提出了征求意见稿,并以函审及召开审查会等多种方式广泛征求了意见,对主要问题进行了反复的修改,最后经审查定稿。

本规程主要内容有:总则、主要符号、施工准备、施工工艺技术、施工操作、施工管理、质量检测与工程验收,并有 9 个附录。

本规程由中国石油和化学工业协会提出并归口。

本规程技术内容由湖南化工地质工程勘察院(地址:湖南省长沙市青园路 4 号,邮编:410004)负责解释。

本规程主编单位和主要起草人:

主编单位:湖南化工地质工程勘察院。

主要起草人:黄林初 郭剑吟 周继祖 彭振斌

李青来 曾和生 周煜煜

目 次

1	总 则	(1)
2	主要符号	(5)
3	施工准备	(6)
3.1	一般规定	(6)
3.2	主要机具及设备	(7)
3.3	主要材料及配方	(9)
4	施工工艺技术	(12)
4.1	施工工艺流程	(12)
4.2	技术参数	(13)
5	施工操作	(15)
5.1	成孔	(15)
5.2	喷射注浆作业	(15)
5.3	喷射注浆特殊情况处理	(16)
6	施工管理	(18)
6.1	一般管理	(18)
6.2	安全操作管理	(18)
7	质量检测与工程验收	(19)
7.1	质量检测内容	(19)
7.2	质量检测方法	(19)
7.3	工程验收	(20)
附录 A	工程高压喷射注浆施工单桩记录表	(21)
附录 B	工程双液分喷法旋喷机台原始记录班报表	(22)
附录 C	工程高压喷射注浆施工制浆记录班报表	(23)
附录 D	工程单管喷射注浆施工记录综合表	(24)
附录 E	工程双液分喷注浆施工记录综合表	(25)
附录 F	工程双管喷射注浆施工记录综合表	(26)
附录 G	工程三管喷射注浆施工记录综合表	(27)

附录 H 工程高压喷射注浆固结体物理力学性能试验
 结果表 (28)
附录 I 工程高压喷射注浆工程验收记录表 (29)
本规程用词说明 (30)
附：条文说明 (31)

1 总 则

1.0.1 为统一化工建设行业中高压喷射注浆地基与基础处理施工、检测和验收技术要求,做到技术先进、质量可靠、经济合理,以及安全生产,特制定本施工操作技术规程。

1.0.2 高压喷射注浆,就是利用机具把带有喷嘴的注浆管置入钻孔内预定的深度后,以高压设备使浆、水、气成为高压流,从喷嘴中喷射出来冲击破坏土体、并与土粒凝固形成一个固结体,从而达到改良土体加固地基的一种方法。

1.0.3 高压喷射注浆形成的固结体,其形态和质量与喷射流运动方式、浆液和土体质量有密切关系。喷射流运动方式一般分为高压旋转喷射(简称旋喷)和高压定向喷射(简称定喷)两种注浆形式。具体分类和类型见表 1.0.3。

表 1.0.3 高压喷射注浆分类表

分 类	类 型	主 要 特 征
旋转喷射(旋喷) (喷嘴边旋转边提升进行高压喷射,固结体呈圆柱状)	单管法	用单管注浆,只喷射浆液
	双液分喷法	用单管注浆,先喷射高压水,土体内形成空间后,再喷射高压浆
	双管法	用同轴双管注浆,同时喷射浆液和气体
	三管法	用同轴三管注浆,同时喷射水、浆液和气体
定向喷射(定喷) (喷嘴不旋转,只提升进行高压喷射。固结体呈板状或放射状)	固定法	不旋转,不摆动,只提升进行高压喷射
	摆喷法	喷嘴按一定角度来回摆动,边提升进行高压喷射

1.0.4 高压喷射流直接冲击破坏土体、浆液与土体以半置换或全置换凝固为固结体。这种方法与其他地基处理方法相比,亦有独特之处。其主要特征有:适用范围较广,固结体形态可以控制,既可垂直喷射亦可倾斜喷射,材料来源广泛,设备简单,安全生产无公害。

1.0.5 高压喷射注浆,主要适用于粘性土、砂类土、黄土、淤泥和人工填土等第四系土层内喷射,加固效果较好。但对于砾石直径大于 60mm 以上,砾石含量过多以及含有大量纤维质的腐植土,喷射质量差,一般不宜采用。

1.0.6 高压喷射注浆,主要能应用于下列各类工程:

- 1 新建(构)筑物地基处理;
- 2 已有建筑物沉降开裂或倾斜处理;
- 3 防渗帷幕堵水;
- 4 挡土围护及防止滑坡坍塌;
- 5 减少振动防止液化。

1.0.7 高压喷射注浆固结体的效果(主要包括旋喷直径大小、定喷长度、物理力学性质等项)除施工技术以外,主要取决于施工工艺和土体的质量。其固结体基本性状经验值参见表 1.0.7-1 及表 1.0.7-2。

表 1.0.7-1 喷射注浆固结体效果一览表

土 质		定喷长度(m)	旋 喷 直 径 平 均 值 (m)			
		三管摆喷	单 管 法	双液分喷法	双 管 法	三 管 法
粘性土	$0 < N < 10$	2.0~2.2	0.5~0.7	0.8~1.0	0.8~1.2	2.0~2.2
	$10 < N < 20$	1.6~2.0	0.4~0.6	0.7~0.8	0.7~1.1	1.6~2.0
	$20 < N < 30$	1.2~1.6	0.3~0.5	0.6~0.8	0.7~0.8	1.2~1.6
砂性土	$0 < N < 10$	1.8~2.0	0.6~1.0	0.7~0.8	1.0~1.4	1.8~2.0
	$10 < N < 20$	1.4~1.8	0.5~0.8	0.6~0.7	0.9~1.2	1.4~1.8
	$20 < N < 30$	1.0~1.4	0.4~0.8	0.4~0.6	0.8~1.2	1.0~1.4
砂 砾	$10 < N < 20$	1.0~1.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0	1.0~1.4
	$20 < N < 30$	0.8~1.0	0.3~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0
小圆砾	$20 < N < 30$	0.6~0.8	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.8

表 1.0.7-2 喷射注浆固结体性质一览表

项 目	定 喷 性 质		旋 喷 性 质									
	三 管 摆 喷		单 管 法			双 液 分 喷 法		双 管 法			三 管 法	
	粘性土	砂性土	粘性土	砂性土	砂性土	粘性土	砂性土	粘性土	砂性土	砂性土	粘性土	砂性土
单桩垂直极限荷载(kN)			400~500	500~600	600~1400	600~1600	1400~1600	800~800	800~1000	1600	1800	
单桩水平极限荷载(kN)			30~40	40~50	50~70	70~90	40~50	50~70	50~70	90	110	
平均抗压强度(MPa)	7	15	4~6	6~8	6~8	10~18	5~7	6~8	6~8	10	18	
平均抗剪强度(MPa)	1.0	1.8	0.6~0.8	0.8~1.0	1.0~1.2	1.4~1.6	0.8~1.0	1.0~1.2	1.0~1.2	1.5	1.8	
平均弹性模量(MPa)	$K \times 10^8$	$K \times 10^6$	$K \times 10^2$	$K \times 10^2$	$K \times 10^4$	$K \times 10^8$	$K \times 10^2$	$K \times 10^4$	$K \times 10^4$	$K \times 10^2$	$K \times 10^4$	
渗透系数(cm/s)	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-7}	$10^{-8} \sim 10^{-7}$	$10^{-8} \sim 10^{-5}$	10^{-7}	10^{-8}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	
干重度(kN/m ³)	1.8	2.0	1.4~1.5	1.6~2.0	1.6~2.0	1.8~2.2	1.5~1.6	1.6~1.8	1.6~1.8	2.0	2.2	
凝聚力(MPa)	0.5	0.4	0.7~1.0	0.4~0.5	0.6~0.8	0.5~0.6	0.6~0.8	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5	0.4	
内摩擦角(°)	40	60	20~30	30~40	40~45	45~50	25~35	35~45	35~45	40	80	
标准贯入击数 N			20~30	30~50	30~35	45~60	25~35	35~40	35~40	40	85	
弹性波速 (km/s)		P 波	1.5~2.0	2~3	2.5~3.0	3.0~4.0	1.8~2.2	2.0~3.5	2.0~3.5	3.5	4.5	
		S 波	0.8~1.0	1.0~1.5	1.2~2.0	2.0~2.5	1.0~1.2	1.2~1.8	1.2~1.8	2.5	3.0	

2 主要符号

- D_0 ——注浆管直径(m);
 D_e ——旋喷体直径(m);
 d_0 ——喷嘴出口内径(mm);
 H_1 ——喷射长度(m);
 H_2 ——未喷射长度(m);
 K_1 ——充填率;
 K_2 ——未喷射范围土的充填率;
 N ——标准贯入次数;
 n ——喷嘴个数;
 p ——喷射压力(MPa);
 Q ——浆量(m^3);
 Q_1 ——喷射泵量(L/min);
 Q_2 ——注浆泵量(m^3 /min);
 q ——单位时间喷射量(m^3 /min);
 V ——提升速度(m/min);
 V_0 ——旋转速度(r/min);
 W ——喷射流总功率(kW);
 β ——孔口返浆损失系数;
 μ ——喷嘴流量系数;
 ρ ——喷射液体密度(g/cm^3);
 Φ ——喷射流速系数。

3 施 工 准 备

3.1 一 般 规 定

3.1.1 进行高压喷射注浆施工前,委托方应提供如下基础资料:

1 工程设计施工详图、施工技术要求、检测方法、数量及其各项指标。

2 施工场地工程地质勘察报告及有关平面图剖面图。

3 施工场地范围内地下管线、空洞分布图及有关资料和特殊要求。

3.1.2 根据施工委托方要求及提供的资料编制施工组织设计。该设计主要内容应包括如下几方面:

1 目的要求及场地条件。

2 高压喷射注浆类型及施工工艺。

3 施工设备配套及浆液材料配制标准。

4 场地布置、浆液排放及施工顺序安排。

5 施工技术参数及特殊情况处理。

6 施工质量、工期、安全保证措施。

7 自行检测及竣工验收标准。

3.1.3 在正式施工前,宜作 1~3 个点(旋喷或摆喷)高压喷射注浆试验。通过试验查明施工效果是否能满足设计要求。若不能达到设计要求,分析原因后进一步调整喷射参数或浆液配制,直到能满足设计要求方能开展正式施工。

3.1.4 施工场地准备工作应符合下列要求:

1 平整场地,清除地面、地下障碍。

2 开挖排浆沟及过滤沉淀集浆坑。

3 设置基线点和水准点,测量布置施工成孔点,应复核测量

成果并妥善保管。布点测量精度按零星点测量精度要求执行。

4 计划和布置好现场施工用的临时设施,如供电、供水、道路、临时房屋、维修车间及材料库等。

3.2 主要机具及设备

3.2.1 高压喷射注浆主要机具及设备,见表 3.2.1。

3.2.2 在高压喷射注浆施工中,为了及时检查各种设备的性能以及浆液的情况,必须具备有关测试仪器。如风量计、流量计、压力表、比重计、微卡仪、秒表、温度计等。

表 3.2.1 主要机具一览表

机具名称	规格	主要性能	高压喷射注浆				
			摆喷	单管	双液分喷	双管	三管
高压泥浆泵	SNS-I1300 水泥车, Y-2 型液压泵, XTPB-90C	压力: 20~40MPa; 流量: 60~150L/min		+	+	+	
高压水泵	3×8, 3W6B, 3W7B, 3DZ-SZ-75/50	压力: 20~35MPa; 流量: 50~120L/min	+		+		+
中压泥浆泵	BW-150, BW-250/50	压力: 5~7MPa; 流量: 40~120L/min	+		+		+
钻机	30~100m 工程钻机, 震动钻机	能钻探 30~100m	+	+	+	+	+
空压机	YV-3/8, 2WY-6/7(GY20~10/7)	风量: 8~10m³/min; 风压: 0.7~0.8MPa	+			+	+
浆液搅拌机	旋转式	1~3m³	+	+	+	+	+
普通钻杆	钻机用钻杆 φ42~50mm			+	+		
特殊钻杆	TY201 型, TY801 型	φ40~75mm; φ75~90mm	+			+	+
喷射台	0°~60°摆动式旋转	摆动式或台式	+			+	+
高压胶管	钢丝缠绕型液压胶管	φ19~22mm; 压力: 20~40MPa	+	+	+	+	+
排浆泵	垂直式或卧式	压力: 2~3MPa; 流量: 30~80L/min	+	+	+	+	+
匀速卷扬机	各种型号	提升 1000kg, 提速 5~30cm/min	+	+	+	+	+

注: + 为喷射工艺需应用的机具。

3.3 主要材料及配方

3.3.1 喷射注浆材料可分为水泥系浆液和化学浆液两大类,目前广泛采用水泥浆液。水泥在使用前应作专门质量鉴定,搅拌水泥浆液所用的水应符合混凝土拌合水的标准。

3.3.2 水泥系浆液类型较多,可根据工程需要、地质条件,配制不同外加剂和掺合料类型水泥浆液。在施工前应通过试验确定。无条件试验时,可按下列类型进行配制。

1 普通型:适用于无特殊要求的一般工程。采用 P·O 32.5 或 P·O 42.5 硅酸盐水泥,不加外加剂。水灰比为 1:1~1.5:1。

2 速凝早强型:适用于地下水丰富或要求早期强度高的工程。常用早强剂有氯化钙、水玻璃、三乙醇胺等。

3 高强型:固结体的平均抗压强度要求在 12~20MPa 称为高强型。高强型与土层性质有密切关系。在浆液配方上提高固结体强度方法有选择高标号水泥,选择高效型的减水剂和无机盐组成的复合配方。如亚甲基二萘磺酸钠(NNO)、三乙醇胺(NR₃)、亚硝酸钠(NaNO₂)。

4 填充剂型:适用于早期强度要求不高的工程,以降低工程造价。一般填充剂为粉煤灰、矿渣、粘土粉等。

5 抗冻型:适用于防治土体冻胀的工程。常用的外加剂有沸石粉,加量为水泥量的 10%~20%,亚甲基二萘磺酸钠(NNO)加量 0.5%等。注意不宜用火山灰质水泥。

6 抗渗型:适用于堵水防渗工程。常用 2%~4%水玻璃。注意应用普通水泥,不宜用矿渣水泥。

7 改善型:适用于特殊要求工程,如水坝防渗墙,可在浆液中加入 10%~50%膨润土,使固结体有一定的可塑性并有较好的防渗性。

详见表 3.3.2。

表 3.3.2 常用外加剂浆液配方表

序号	外加剂成分及百分比	浆 液 特 征
1	氯化钙 2%~4%	促凝,早强
2	铝酸盐 2%	促凝,强度增加慢
3	水玻璃 2%~4%	初凝快,终凝时间长
4	三乙醇胺 0.03%~0.05%,食盐 1%	有早强作用
5	三乙醇胺 0.03%~0.05%,食盐 1%,氯化钙 2%~3%	促凝,早强
6	氯化钙(或水玻璃)2%~4%,亚甲基二萘磺酸钠 0.05%	促凝,早强,强度高
7	氯化钙 1%,亚硝酸钠 0.5%,三乙醇胺 0.08%~0.05%	防腐,早强,后期强度高
8	粉煤灰 10%~50%	调节强度
9	粉煤灰 25%,氯化钙 2%	促凝
10	粉煤灰 25%,硫酸钠 1%,三乙醇胺 0.03%	促凝,早强,抗冻
11	矿渣 25%	能提高强度
12	矿渣 25%,氯化钙 2%	促凝,早强
13	膨润土 15%~50%,粘土粉 15%~30%	促凝,抗渗

3.3.3 高压喷射注浆量视地层条件、施工工艺及浆液配比不同而有一定的差异。浆液量可按如下两种方法进行估算：

1 体积法：

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D_e^2 K_1 H_1 (1 + \beta) + \frac{\pi}{4} \cdot D_0^2 K_2 H_2 \quad (3.3.3-1)$$

式中 Q——需要用的浆量(m³)；
D_e——喷射体直径(m)；
K₁——充填率(0.75~0.9)；
H₁——喷射长度(m)；
β ——损失系数(0.1~0.2)。
D₀——注浆管直径(m)；

K_2 ——未喷射范围土的充填率(0.5~0.75);

H_2 ——未喷射长度(m);

2 喷量法:以单位时间喷射的浆量及喷射持续时间,计算出浆量。

$$Q = \frac{H_1}{V} \cdot q(1 + \beta) \quad (3.3.3-2)$$

式中 V ——提升速度(m/min);

q ——单位时间喷射量(m^3/min)。

3.3.4 在浆液制造过程中,先放水,再放水泥,充分搅拌后通过过滤,再进行第二次搅拌,并定时间测定浆液性能,鉴定浆液配合比是否符合设计要求。

3.3.5 喷射施工所用的水泥浆液存放的有效时间,应符合下列规定:

1 当气温在 10°C 以下时,不宜超过 5h。

2 当气温在 10°C 以上时,不宜超过 3h。

3 当浆液存放时间超过有效时间时,应降低标号使用,必要时按废浆处理(加入缓凝剂的浆液,其有效时间不在此限)。

3.3.6 为保持水泥浆液呈均匀状态,浆液必须过滤,除掉浆液内的细小颗粒。另外,在浆液搅拌过程中,应控制一定时间。试验表明,水灰比为 1:1 时,搅拌 1h 结石强度最高,搅拌超过 1h 后,结石强度就开始下降。当水灰比为 2:1 时,搅拌 4h 强度最高,超过 4h 后结石强度开始下降。

4 施工工艺技术

4.1 施工工艺流程

4.1.1 高压喷射注浆施工工艺流程虽各种方法有所差异,但基本流程如图 4.1.4 所示:

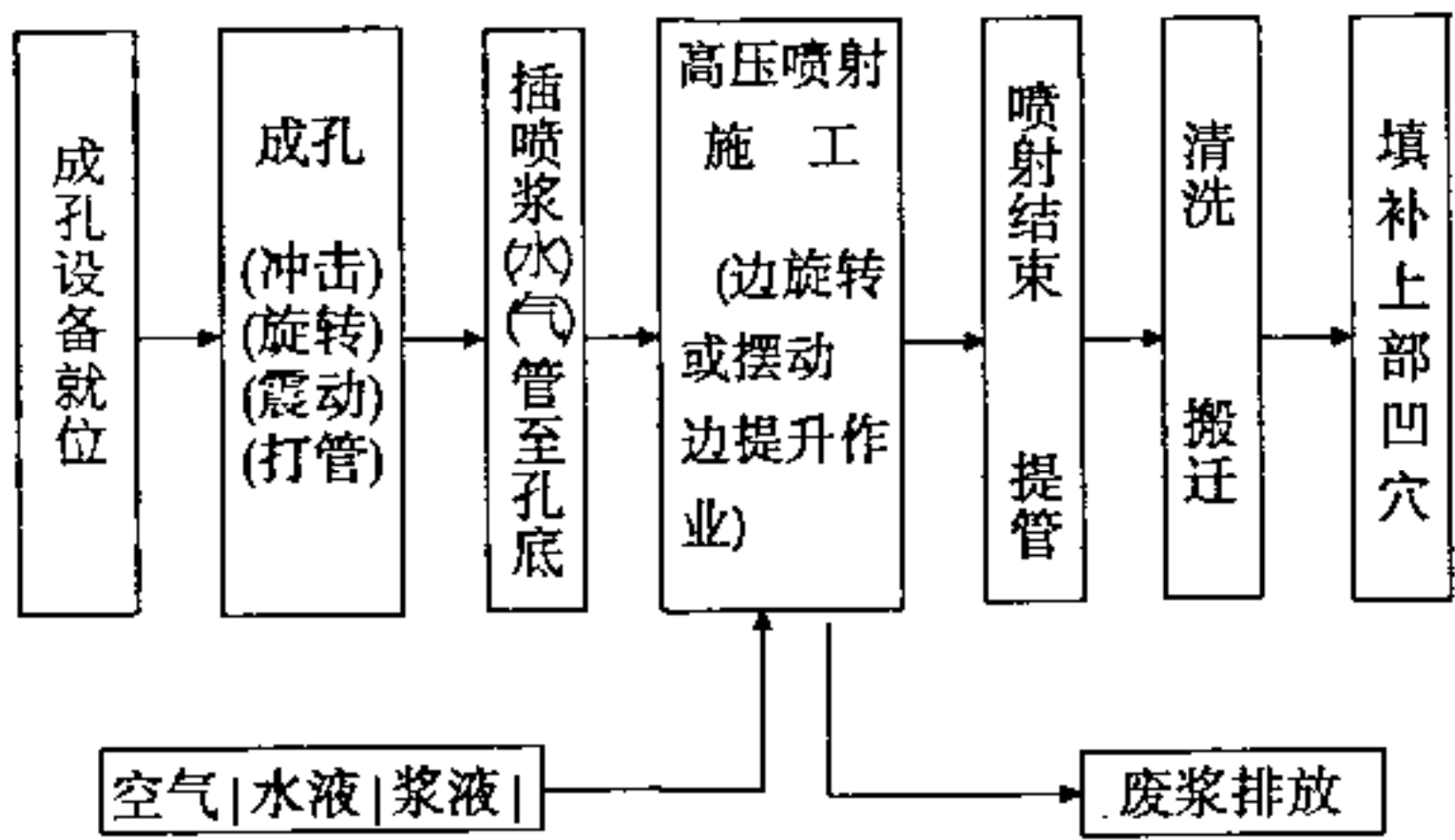


图 4.1.1 高压喷射注浆工艺流程框图

4.1.2 高压喷射注浆方法和注入介质种类不同,其各类型的具体工艺程序可分为:

1 单管旋喷法:利用钻机成孔后,把安装在普通钻杆上的喷头,置入孔内预定深度,采用高压泥浆泵抽取水泥浆液从喷嘴中喷射冲击破坏土体,同时借助注浆钻杆的旋转和提升,使浆液与冲击崩落下来的土粒搅拌混合,经过凝固便在土中形成圆柱状的固结体。

2 双液分喷法:此法是改进了的单管旋喷。首先利用钻机成孔,然后在钻孔内喷射高压水液冲击土体,将崩落土粒与水混合后从钻孔口返出地面,此时在土体内形成一定直径的圆柱空间;再插入喷浆管,高压或中压喷射浆液。该法形成的圆柱状固结体,其浆

液置换率可达到 60%~75%，固结体力学强度高，直径比单管法大，使用设备比双管法简单，操作方便。对于新建(构)筑物及复杂的隐伏岩溶地区的地基处理有独特的优势。

3 双管旋喷法：使用双通道的两根注浆管。同时喷射出高压浆液和空气两种介质的喷射流冲击破坏土体。其能量显著增大，固结体直径明显增加。

4 三管旋喷法：使用分别输送水、气、浆三种介质的三管注浆。该方法形成的固结体强度高，直径大，对于复杂的地层加固能获得最佳的效果。

5 定喷法：注浆管只提升，不旋转或按一定角度摆动(称为固定法及摆喷法)。固结体呈板状或放射型墙状。

4.2 技术参数

4.2.1 高压喷射注浆技术参数应根据不同的方法，地层的特征等因素进行确定。现场宜作试验来确定参数。一般情况下，技术参数参考数据见表 4.2.1。

表 4.2.1 喷射注浆技术参数参考数据一览表

介质	技 术 参 数	旋 转 喷 射				定向喷射
		单 管 法	双液分喷法	双 管 法	三 管 法	摆 喷
水 液	压力 (MPa)	—	25~30	—	20~30	25~30
	流量 (L/min)	—	80~120	—	80~120	80~120
	喷嘴孔径 (mm)	—	2~2.8	—	2~3.2	2~3.2
	喷嘴个数	—	2	—	1~2	2
浆 液	压力 (MPa)	25~30	4~10	20~25	1~3	1~3
	流量 (L/min)	65~120	65~120	80~120	100~150	100~150
	喷嘴孔径 (mm)	2.0~2.5	2.2~3.2	2~3	10~14	10~14
	喷嘴个数	2	2	1~2	1~2	2
空 气	压力 (MPa)	—	—	0.5~0.7	0.5~0.7	0.5~0.7
	风量 (m³/min)	—	—	1~2	0.5~2.0	0.5~2.0
	喷嘴孔径 (mm)	—	—	1~2	1~3	1~2

续表 4.2.1

介质	技 术 参 数	旋 转 喷 射				定向喷射
		单 管 法	双液分喷法	双 管 法	三 管 法	摆 喷
注 浆 管	提升速度(cm/min)	15~20	15~20	10~20	7~14	6~12
	旋转速度 (rpm)	15~20	15~25	10~20	11~18	摆角 0°~30°
	外径 (mm)	42,50	42,50	75	75,90	75,90

4.2.2 喷射技术参数之间的关系,可按下列方法进行测算:

1 喷射压力:
$$p = \frac{0.225 \rho Q^2}{(n \mu \Phi d_0^2)^2} \tag{4.2.2-1}$$

2 喷射泵量:
$$Q_1 = 2.11 n d_0^2 \mu \Phi \frac{p}{\rho} \tag{4.2.2-2}$$

3 射流功率:
$$W = 3 p^{1.5} d_0^2 n \tag{4.2.2-3}$$

4 三管旋喷注浆量:
$$Q_2 = \frac{\pi}{4} D_e^2 V K_1 \tag{4.2.2-4}$$

式中 p ——喷射压力(MPa);
 Q_1 ——喷射泵量(L/min);
 ρ ——喷射液体密度(g/cm³);
 n ——喷嘴个数;
 μ ——喷嘴流量系数(圆锥形喷嘴 $\mu \approx 0.95$);
 Φ ——喷射流速系数($\Phi \approx 0.97$);
 d_0 ——喷嘴出口内径(mm)
 W ——喷射流总功率(kW);
 Q_2 ——注浆泵量(m³/min)。

4.2.3 喷射压力、泵量、提升和旋转速度等技术参数,与固结体尺寸大小相互之间有如下关系(在同类地层内):

- 1 喷射压力愈高,固结体尺寸愈大。
- 2 当喷射压力不变时,喷射泵量增大,固结体尺寸相对增大。
- 3 注浆管旋转和提升速度减慢,固结体尺寸会增加。但减慢到一定范围内,固结体尺寸增加甚微。当提升速度一定时,旋转速度有一最佳值,当低于此最佳值时,固结体尺寸反而会减少。

5 施工操作

5.1 成 孔

5.1.1 成孔设备就位安装时机座要平稳,立轴或转盘要与孔位对正,其偏差不应大于 5cm。

5.1.2 开孔直径不能小于 110mm,终孔直径不能小于 91mm。成孔偏斜率不应大于 1.5%。

5.1.3 成孔按设计孔深分别选用不同类型设备。成孔方法可用冲击、旋转、震动或水射流成孔,但孔内必须清除干净,保证注浆管能顺利插入孔内预定的位置。

5.2 喷射注浆作业

5.2.1 喷射注浆前要检查高压设备和管路系统。设备的压力和排量必须满足设计要求,管路系统的密封必须良好,各管道和喷嘴内不得有杂物。

5.2.2 在插管过程中,为防止喷嘴被泥砂堵塞,应带浆或水插管,其浆或水压力为 0.5MPa 左右。另外还可采用塑料薄膜将喷头包扎好的方法。

5.2.3 喷浆管插入到设计深度后,及时输送浆液(水 and 气),喷头在预定深度喷射时,只旋转(或摆动)不提升,停留 1~3min 后再提升,确保下部固结体质量。

5.2.4 在喷射施工中,应随时观测或测定注浆管转速(摆速)、提升速度,水、浆、气压力及流量等情况并做好记录。若发现问题。应及时调整设备或采取补救措施。

5.2.5 在喷射提升注浆管时,拆卸注浆管速度要快,重新进行喷射的上下搭接长度不应小于 0.3m,防止固结体脱节。

5.2.6 在喷射施工中,应经常注意孔内返浆情况。一般返浆量小于注浆量的 20% 时为正常现象,超过 20% 或完全不返浆时,应及时分析原因,确定解决问题的办法后再继续施工。

5.2.7 在喷射注浆的同时,应按设计要求用标准试模采集返浆试样。其数量视工程要求确定。试样采集后,作初凝、终凝以及简单的力学性质测定。以此初步了解喷射注浆固结体的效果。

5.2.8 喷射注浆施工结束后,应及时清洗注浆设备和管道,以防水泥浆液凝固堵塞。

5.2.9 喷射注浆后,在浆液与土搅拌混合后的凝固过程中,由于浆液析水作用,一般均有不同程度的收缩,造成固结体顶部出现一个凹穴。凹穴的深度随土质、浆液的析水性、固结体的大小等因素而不同。一般深度在 0.5~1.0m 之间。有些漏浆地层其深度还会要大一些。对于这种凹穴现象,必须采取措施予以消除。目前通常采用以下几种方法:

1 若固结体顶端未到地面,在喷射过程中,应提高喷射高度。一般应喷射到固结体设计标高以上 0.5~1.5m。同时还需要利用返浆补充到孔口。

2 对于新建(构)筑物地基加固,应重新搅拌水泥浆(配比为 0.8~0.5:1,适当加 20%~40% 的中细砂)对凹穴进行填补。

3 对于已有建(构)筑物地基加固,因防止固结体与已有建(构)筑物基础之间出现凹隙,在浆液中应加入不收缩或具有膨胀性的材料(如铝粉等材料)对凹穴进行压力填补。

5.3 喷射注浆特殊情况处理

5.3.1 喷射注浆时,突然中断电、水、浆、气体时,应及时抢修。抢修正常后,注浆管应重新下至停供位置以下 0.5m 重新进行喷射。当因故停喷超过 3h 时,应及时清洗设备和管道,以防水泥浆堵塞。

5.3.2 在喷射时遇到孔隙较大的砂卵石层、破碎地层或者岩溶地区,将会出现孔口不返浆液而浆液漏失现象,此时应停止喷射,采

取间歇性喷浆方法,间隔时间为 12h 左右。严重漏浆地段可考虑加适量的速凝剂或多次反复间歇性喷浆。

5.3.3 在喷射时遇到孔口返浆大于 20% 时,其主要原因是有效喷射范围与注浆量不相适应,注浆量超过喷射固结所需要的浆量。解决办法可以考虑提高喷射压力;适当缩小喷嘴孔径;加快提升和旋转速度等方法。

5.3.4 为了加大喷射固结体尺寸,或对较硬的土层,可以采用提高喷射压力、泵量,或者降低回转提升速度等措施。也可以采用复喷工艺。复喷可以分段复喷,也可以全孔复喷。

5.3.5 在软弱地层喷射时,固结体强度低,可以在喷射后用砂浆泵注入 M_{15} 砂浆来提高固结体的强度。

5.3.6 在砂层或砂卵石层中喷射时,喷头的外径应小于注浆管 5~8mm,否则易卡喷头。

5.3.7 喷射时,为了控制固结体的形态,可以调节喷射压力和注浆量,改变喷嘴移动方向和速度,按工程需要,可喷射如下几种形态的固结体:

- 1 圆盘状:只旋转不提升或少提升。
- 2 圆柱状:边提升边旋转。
- 3 扩底状:在底部喷射时,加大压力作重复旋喷或减低喷嘴的旋转提升速度。
- 4 糖葫芦状:在旋转过程中根据需要分段加大压力和减低喷嘴的旋转提升速度。
- 5 大帽状:旋转到顶端时加大压力作重复旋喷或减低旋转提升速度。

6 施工管理

6.1 一般管理

6.1.1 施工技术管理是在施工组织设计的基础上进行具体实施。其管理内容是认真掌握施工参数、固结体质量以及原始资料的积累和整理竣工图纸文件等,确保工程质量达到设计要求并按期完成任务。另外,在施工中遇到难点或特殊情况,应及时组织有关技术人员分析讨论,研究解决办法,并按决定的办法或措施进行实施。

6.1.2 材料管理主要是根据设计中提出的数量和质量,按照施工进度,分期分批地保证供应合格产品,及时检验水泥及有关外加剂的质量。同时对主要机具设备的易损零件、工具备品提前准备好,以保证日常施工中保养、检修、更换,不中断施工。

6.2 安全管理

6.2.1 施工前,应对施工操作人员开展技术交底和施工操作安全教育。

6.2.2 施工场地应配备专职安全员,负责整个工程的安全生产,全面执行《安全生产管理条例》。严守操作规程,对存在安全隐患的地方应及时排除,杜绝任何事故发生。

6.2.3 喷射注浆设备系安全操作施工中的主要问题。所以,对于高压泥浆泵、高压水泵、高压胶管等,必须认真全面检查和清洗干净,防止泵体及胶管内有水泥残渣和铁屑存在。安全阀要进行试压检验。指定专人司泵,一旦发生故障,应及时停泵停机,及时排除故障,并作好运转情况记录,以备日后复查分析。

7 质量检测与工程验收

7.1 质量检测内容

7.1.1 高压喷射注浆形成的固结体均深埋土层内,属于隐蔽工程,因而不能直接观察其形态和质量,必须采用各类型手段来检测其效果。质量检查内容主要有以下几方面:

- 1 固结体的形态。如直径大小、喷射长度、厚度等。
- 2 固结体的均匀性和垂直度。
- 3 固结体的强度特征。
- 4 固结体的垂直和水平负载。
- 5 固结体的抗渗性、抗冻性及耐久性等。

7.1.2 固结体检测分施工阶段的自检和施工后的全面检测两个阶段。在施工期间,为了查明施工技术参数、浆液配方、工艺方法等是否能满足设计要求,需开展自检工作。检查项目按一般要求进行。如发现某些指标达不到设计要求时,则可采取相应措施,调整有关技术数据或施工工艺,使喷射质量达到设计要求。施工后全面检测是对喷射施工质量的最终鉴定。检测方法或项目按设计要求进行。

7.2 质量检测方法

7.2.1 国内高压喷射注浆质量检测积累的经验和方法较多。在确定工程质量检测时,应根据工程性质、喷射工艺、设计要求等分别确定检测方法。

7.2.2 开挖检测:喷射注浆固结体凝固 7d 后就可以进行开挖。一般沿固结体周围或一侧进行。开挖深度视土层性质和场地范围确定,一般为 1.5~3m 深。主要检测固结体形态大小、垂直度及

固结体胶结情况。同时可初步了解固结体的坚硬度和估测其力学性质。

7.2.3 钻孔检测:固结体凝固 28d 后,才能进行钻孔检测,由于对固结体钻探时,钻孔极易产生偏斜,一般需要较大型的稳定性较好的钻机进行钻探,严格控制孔斜。通过钻探检测,主要达到如下目的:

- 1 固结体从上至下的结构情况,是否有断裂或不连续现象。
- 2 采取固结体芯作室内力学试验或利用钻孔作孔内的载荷试验。
- 3 利用钻孔作固结体渗透试验,如注水、压水试验以及动力触探试验。

7.2.4 载荷试验:固结体凝固 28d 后,才能开始作载荷试验。试验前应在固结体上部进行加强处理(另设桩帽),以防加载时固结体受力不均而损坏。一般只作单桩载荷试验,最大加载量为单桩设计荷载的 1.5 倍,特殊工程为 2.0 倍。

7.2.5 其他检测,如固结体的位置测量、数量布置等,可以在施工结束时进行检测。

7.3 工程验收

7.3.1 工程验收标准各地质检部门都有一套完整的规范要求,施工前,应与当地质量检测部门联系,了解其工程验收标准。

7.3.2 一般情况下,工程验收应提交下列主要资料:

- 1 工程竣工报告及有关图件。
- 2 施工组织设计。
- 3 施工记录原始资料。
- 4 施工材料检测报告。
- 5 施工质量检测报告(包括各种方法检测结论)。

附录 A 工程高压喷射注浆施工单桩记录表

表 A 工程高压喷射注浆施工单桩记录表

孔号：		开喷高程：		终喷高程：		喷射形式：		摆动角度 转速(r/min)：	
日期	月 日	水压：(MPa)		气压：(MPa)		浆压：(MPa)		水嘴直径：(mm) 气嘴环状间距： (mm)	
工作内容		时 间		喷射孔深			提升速度 (cm/min)	回浆 比重	本班工作情况
		起	止	历时 (min)	起	止	段长 (m)		
合 计									

值班负责人：

当班记录：

接班记录：

附录 B 工程双液分喷法旋喷机
台原始记录班报表

表 B 工程双液分喷法旋喷机台原始记录班报表

基础号		孔(桩)号	终 孔 深(m)				
钻探情况	土洞、溶槽位置(m)						
	灰岩位置(m)						
	漏水漏浆位置(m)						
开钻日期	月 日 时 分						
喷水日期	月 日 时 分			水压(MPa)			
喷浆日期开始	日 时		结束	时	浆压(MPa)		
转速(r/min)					提速(m/min)		
耗水泥量(袋)	总		喷浆		复喷		补凹穴
加砂数量(t)							
备 注							
机长：记录：							
值班技术员：							

附录C 工程高压喷射注浆施工记录班报表

表 C 工程高压喷射注浆施工记录班报表

[illegible]

附录 G 工程三管喷射注浆施工记录综合表

表 C 工程三管喷射浆液施工记录综合表

[illegible]

附录 H 工程高压喷射注浆固结体物理力学性能试验结果表

表 H 工程高压喷射注浆固结体物理力学性能试验结果表

送试单位：

野外编号	试验室编号	取样深度 (m)	物理性试验			抗压试验			抗剪试验			弹性模量	
			比重 γ_0	干重度 γ (g/cm ³)	饱和吸水率 A	抗压强度		软化系数	抗剪强度		抗剪断强度	弹性模量 E	泊桑比 μ
						干燥	饱和		$\tan \phi$	C	ϕ	(MPa)	
						(MPa)	(MPa)			(MPa)	(°)	(MPa)	

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本规程中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国行业标准

高压喷射注浆施工操作规程

HG/T 20691—2006

条文说明

目 次

1 总 则 (35)

3 施工准备 (38)

 3.1 一般规定 (38)

 3.2 主要机具及设备 (39)

 3.3 主要材料及配方 (39)

4 施工工艺技术 (42)

 4.1 施工工艺流程 (42)

 4.2 技术参数 (42)

5 施工操作 (43)

 5.1 成孔 (43)

 5.2 喷射注浆作业 (43)

 5.3 喷射注浆特殊情况处理 (44)

6 施工管理 (45)

 6.1 一般管理 (45)

 6.2 安全操作管理 (45)

7 质量检测与工程验收 (46)

 7.1 质量检测内容 (46)

 7.2 质量检测方法 (46)

 7.3 工程验收 (46)

1 总 则

1.0.1 高压旋喷注浆法加固软弱地基和处理基础技术是用钻机成孔,利用钻机或台车把带有喷嘴的注浆管置于预定的位置,以高压设备使浆液或水成为 20MPa 以上的高压流从喷嘴中喷射出来,冲击破坏土体,同时注浆管以一定速度渐渐向上提升,将浆液与土粒强制搅拌混合,浆液凝固后,在土中形成一个固结体。这种方法适于加固施工场地狭窄、净空低、上部土质坚硬而下部软弱、施工时不能停止生产运行、不能对周围环境产生公害和不能影响邻近建(构)筑物等一类工程的软弱地基的加固。特别是双液分喷法处理岩溶地区的地基具有独特之效。

自 1972 年以来,随着国内能提供大功率高压泵、专用旋喷管和硬质合金喷嘴等先进设备,形成了一套施工方法,在我国许多工程实践中,均取得了良好的社会效益和经济效益。为统一化工建设中高压喷射注浆法地基加固的设计和施工技术要求,保证工程质量,促进技术进步,为更好地推广应用高压喷射注浆技术,特总结了近十余年来高压喷射注浆的设计、施工经验,制订成本规程。

1.0.2 对条文中出现的“机具、土体、土粒”解释如下:

1 机具包括目前使用的高压喷射台车和其他一些能使注浆管旋转(摆动)和提升的设备。

2 土体是建(构)筑物地基常出现病害、需要进行处理的地基。

3 土粒是经过高压喷射后从土体中崩落下来的且残留于孔内的土粒。

1.0.3 固结体的形态和质量取决于是旋喷、摆喷还是定喷,浆液的浓度大小和成分,土体的密实度、标准贯入指标和类别等。

1.0.4 高压喷射注浆形成的固结体,其成分或多或少地含一些原土体的成分。当前,作为地基加固或基础托换常用的高压喷射注浆法的基本种类有单管法、双液分喷法、二重管法和三管法等多种方法。它们各有特点,可根据工程要求和场地土质条件选用。旋喷固结体的直径大小与土的种类和密实程度有较密切的关系。在一般情况下,单管喷射注浆固结体的直径为 $0.30\sim 0.80\text{m}$,双液分喷法注浆固结体的直径为 $0.80\sim 1.0\text{m}$,三管喷射注浆固结体的直径可达 $1.0\sim 2.0\text{m}$,二重管喷射注浆固结体直径介于以上各值之间。双液分喷法注浆能处理岩溶地区的溶洞,其固结体的强度高于其他三种注浆法固结体强度。各种高压喷射注浆法具有以下主要特征:

1 适用范围较广。高压喷射注浆可用于工程新建之前,工程建设之中,还可以用于工程建设之后。可以不损坏建筑物本身结构,能在狭窄和较低矮的现场贴近建筑物施工,有时甚至可不影响运营使用等长处。

2 固结体形态可以控制。为满足工程的需要,在高压喷射过程中,可调整旋转和提升速度,增减喷射压力或更换喷嘴孔径改变流量,使固结体成为设计所需要的形状。如圆柱体、异形圆柱体、扇状和板状等不同形态。

3 既可垂直喷射亦可倾斜、水平或密集喷射。在隧道、矿山井巷、地下铁道等建设中,可采用水平或倾斜高压喷射注浆。在堵水或群桩中桩体可密集排列,不受桩距影响。

4 材料来源广泛。高压喷射浆液以水泥为主,化学材料为辅。一般地基工程均使用P·O 32.5普通硅酸盐水泥。在特殊情况下或根据工程需要,在水泥中掺入适量的外加剂,以达到速凝、高强、抗冻、耐蚀和浆液不沉淀等效果。

5 设备简单、施工方便。高压喷射注浆全套设备体积小、机动性强、占地少。

6 安全生产无公害。高压设备上配置安全阀门或自动停机

装置,不会因堵孔升压造成爆破事故。钻机地面施工,只要按规定进行维护和操作,施工是安全的。另外,施工机具振动很小,噪音也较低,不会对周围建(构)筑物带来振动和产生噪音公害。

1.0.5 条文中提到的各类土,正是建(构)筑物地基常出现病害,需要进行处理的地层。工程实践证明,粘性土、砂类土都能进行旋喷加固,效果较好,解决了小颗粒土不易注浆加固的难题。但对于砾石含量过多,砾石直径过大,以及有大量纤维质的淤泥和泥炭土的地层,喷射质量稍差,有时甚至不如压力注浆的效果。

对于因喷射浆液无法在注浆管周围凝固的地下水流速过大,已涌水的工程,无充填物的岩溶地段和对水泥有严重腐蚀的地基,均不宜采用高压喷射注浆法。

1.0.6 高压喷射注浆的应用有以下几个方面:

1 能以桩基础的形式做新建(构)筑物的基础,以复合地基的形式或将软土固结做为新建(构)筑物的地基等。尤其是双液分喷法对于一般方法难以处理的隐伏岩溶地区地基加固有其特定的优势。

2 要求不改变和不影响已有建(构)筑物原结构的基础,对其进行地基加固和偏斜纠正,防止其再发生不均匀沉降。

3 应用于坝基防渗、矿山井巷帷幕、基坑涌砂堵水工程能取得良好的效果。

4 应用于基坑开挖护壁,土坡滑移或局部坍塌,能固结土体,增强土体的稳定性。

5 在较强的震动设备基础下,进行高压喷射注浆,可以大大减少震波的传播。同样可以防止饱水的砂土液化。

1.0.7 表中数值均为经验数值,仅供设计、施工及教学单位参考。每个工程的具体情况不同,其值也有所不同,宜在现场通过试验确定。

3 施工准备

3.1 一般规定

3.1.1 为了很好地完成高压旋喷注浆加固地基和基础托换的施工,实施设计意图,首先要了解工程的技术要求,然后针对所要施工的工程进行现场调查,搜集和了解工程场地的工程地质资料及有关的地基试验资料、地基与基础的设计详图、选用的主要施工机具及其配套设备的技术指标等资料。

3.1.2 施工组织设计在开工前应送委托方审批。

1 目的是设计和建筑部门提出的技术指标。

2 高压喷射注浆类型的选择应根据工程性质及地层条件来选择。

3.1.3 有些工程由于条件的限制,不宜做喷射注浆试验,此时应查阅一些工程实例,作为工程施工的指导。

3.1.4 进行施工场地准备工作时,宜注意以下几点:

1 根据实际施工经验,旋喷桩在施工到顶端 50~100cm 范围内,因上覆浆液压力小和注浆管提出孔口造成的空穴,一般旋喷质量较差,因此场地的整平标高宜高出设计确定的基础底面标高 50~100cm,旋喷桩仍施工到地面,以便开挖基坑,建造基础时,正好将上端质量较差的旋喷桩体挖掉。

场地地面、地下的障碍物,将严重影响施工效率,甚至无法进行施工,以挖掘后再填素土为宜,增加的工程量不大,但施工效率将大大加快。

2 冒浆排放沟和集浆坑的布置和开挖,应统一规划,以不影响按桩位施工顺序和能把冒浆方便运出场地为准。

3.2 主要机具及设备

3.2.1 各种旋喷工艺常用的机具设备类型见本规程表 3.2.1。当计算机具台数时,应根据工程要求和工程数量计算。计算时应注意以下几点:

- 1 机具设备类型的选择应能满足旋喷固结体设计直径、强度、深度和垂直度的要求;
- 2 机具配套,备零件及易损件的更换;
- 3 旋喷进行中,机具设备出现故障在短时间内不能排除时,备用机具能立即配套使用。

3.2.2 测试仪器必须完好准确,测试应定时进行。

3.3 主要材料及配方

3.3.1 随着近代工业的发展,适于旋喷注浆的材料越来越多。总的来说可分为化学浆液和以水泥为主剂的浆液两类。就其性能而言,化学浆液较水泥浆液理想,能适应于多种要求,但其价格昂贵,来源亦少,所以限制了它的大规模使用。水泥浆液虽存在一些缺点,目前国内常用来作为旋喷注浆的基本浆液。使用水泥为主剂的水泥浆液,在使用前必须对水泥作质量鉴定,看是否符合出厂质量标准。搅拌用水应作化学分析,鉴定是否符合搅拌用水标准。

3.3.2 以水泥为主包括添加适量的外加剂,用水配制成的浆液称为水泥系浆液或复合浆液。根据工程需要和旋喷工艺要求,复合浆液应按以下特性分别添加适量的外加剂,并强调应通过试验来配方,且要满足以下要求:

- 1 有良好的可喷性;
- 2 有足够的稳定性;
- 3 气泡少;
- 4 调剂浆液的胶凝时间;
- 5 有良好的力学性能;

6 无毒、无臭；

7 结石率高。

3.3.3 浆液用量的计算方法有两种，即按旋喷固结体的体积需用量[式(3.3.3-1)]和按旋喷工艺参数要求[式(3.3.3-2)]计算，取其较大者。

1 式中的充填率 K_1 是通过工程实践经验定出的常数，取 0.75~0.90，主要考虑了下面的因素：

- 1) 固结体的硬壳比实际有效直径大，不但外表不平滑，外周围有一些嵌入土体的不规则部分，而且粘性土硬壳外面有一个压缩部分，砂类土硬壳外面有一个渗透部分；
- 2) 由于喷射压力的不稳定(有一个变化幅度)，可能使单根固结体的体积减少(由于离析的原因)；
- 3) 由于喷射压应力作用，使土颗粒重新排列组合，土的数量减少(胀缩性)。

2 K_2 是未喷射范围土的充填率，由于该段未进行喷射，仅是孔径在浆液流动作用下稍有扩大，填充程度相应减少，目前常取 0.5~0.75。

3 式中的损失系数 β ，其大小和土体性质、固结体直径、施工机具类型和操作技术等有关。一般粘性土较砂类土小，大直径固结体比小直径固结体小。机具状态良好和操作熟练程度都可以使损失系数减少，根据国内施工经验， β 值在 0.1~0.2 之间。

4 若遇到有漏浆现象或采用双液分喷法工艺，浆液量在计算的基础上增加 10%~15%。

3.3.5、3.3.6 在旋喷注浆过程中，为保持水泥浆液呈均匀状态，必须连续搅拌。实践表明，搅拌超过一定时间后，不仅延长浆液的凝结时间，影响固结体强度，情况严重的甚至会发生浆液不凝固的危险。试验表明，水灰比为 1:1 时，搅拌 1h 时，结石强度最高，搅拌超过 1h 后，结石强度就开始下降。当水灰比为 2:1 时，搅拌 4h 时强度最高，搅拌超过 4h 后，结石强度开始下降。可见，水灰比不同所需的搅拌时间

亦不同,但有一个共同规律,就是搅拌时间超过 4h 后,结石强度都开始下降。因此,在旋喷施工时,为保证浆液的质量,凡是搅拌超过 4h 尚未注入的浆液,应经专门试验,证明其性能尚可满足要求仍可使用外,一般均视为废浆液,不能再用作注浆材料。在气温低于 10℃时,可适当延长 1h。

4 施工工艺技术

4.1 施工工艺流程

4.1.1 成孔的目的是为了把旋喷注浆管插入预定的地层中。成孔方法很多,主要视地层中地质情况、加固深度、机具设备等条件而定。通常单管旋喷多使用 70 型或 76 型旋转震动钻机,成孔与插管两道工序合二为一,成孔完毕,插管作业即完成,适用于标准贯入度小于 40 的砂土和粘性土。当遇到比较坚硬的地层时宜用地质钻机成孔。一般在双液分喷法、二重管法和三管法施工时,采用地质钻机成孔。

4.2 技术参数

4.2.1 表 4.2.1 中数值为参考数据,仅供设计、施工和教学单位参考,一般具体工程宜现场通过试验确定其参数。

喷嘴是能否顺利进行喷射作业的关键部件,属于专用部件。喷嘴的功能是将高压浆液(水)变成高速射流,使其破坏土体,所以应具有高耐磨性,目前,喷嘴以硬质合金钢制造而成。喷嘴直径根据设计要求所需达到的射流压力来选择。

4.2.2 根据公式计算出的各技术参数,仅作为施工指导。

5 施 工 操 作

5.1 成 孔

5.1.1 孔位偏差如设计没有明确要求,可按本技术规程执行。

5.1.2 成孔直径应根据地层条件和注浆管直径选择,但一般终孔直径不小于 91mm。特殊地层应采芯,以便指导下一步的喷射注浆作业。偏斜率是 100m 孔深时在水平面上偏离原孔位的距离。

5.1.3 冲击成孔是钻具前带取土器,利用重力下落的动能冲击破坏土体,取土器将土取出而成孔;旋转钻进是钻机带动钻具旋转,旋转时钻机给钻具一定的压力,钻具前带一取土的岩芯管,提钻时,岩芯管将土带出钻孔而成孔。震动成孔是利用偏心震动锤将取土器震入地层中取土而成孔,也可直接将喷管震入地面。水射流成孔是利用高压水射流冲击破坏土体而成孔。

5.2 喷射注浆作业

5.2.1 管路系统密封的方法很多,目前常用的有采用“O”形密封圈密封、采用生料密封带缠绕密封和用尼龙圈密封等密封方法。因喷嘴直径很小,容易堵塞,因此,在操作时一定要小心,防止杂物掉入注浆管内。

5.2.3 因管路系统储藏有清水,因此开始喷射时,注浆管只旋转(或摆动)而不提升,预计浆液喷出喷嘴后 1~3min 开始提升。

5.2.4 目前,在喷射注浆施工中,采用的参数是根据固结体的直径和要求强度选定的。特别对于泵压、输浆流量、风压、风量、旋转和提升速度等,在施工中要经常检查和调整,不得随意改变。

5.2.5 脱节是固结体中有上、下分离的现象。造成脱节的原因是拆卸注浆管时的前后喷射段未衔接或衔接过少而造成的。

5.2.6 在喷射过程中,往往有一定数量的土粒,随一部分浆液沿注浆管管壁冒出地面,通过对冒浆的观察,可及时了解土层状况、喷射的大致效果和喷射参数的合理性等。对于冒出地面的浆液,可经过滤、沉淀除去杂质和调整浓度(水灰比)后回收利用。由于一些技术问题尚未解决,目前只有双液分喷法及三管法可以利用冒浆再注浆。如果不返浆,则可以采取定喷、复喷或加适量的速凝剂等措施,也可以往孔内填砂或其他一些堵漏材料。如果返浆过多,应适当提高喷射压力,或先用清水复喷 1~2 次,使孔径增大,然后再喷浆。

5.2.7 用标准试模采集冒浆试样,并进行室内抗压强度试验是现场监测桩体各段强度的有效手段。对通过各主要土层段的桩体,不得漏取试样,其数量根据数理统计原则不得少于 6 组,每组 3 件,取其均值作为每组的数据进行统计整理。

5.2.9 补凹穴是高喷作业的一个重要环节,凹穴填补的好坏,直接关系到工程质量的好坏,因此应指定专人负责凹穴的填补工作,严格按技术规程操作。

5.3 喷射注浆特殊情况处理

5.3.2 间歇性喷浆方法是喷射完一段后或全孔喷射完后,待水泥接近初凝时再进行下一段或对全孔进行第二次喷浆作业。

反复间歇性是对某一段或某些桩孔进行多次间歇性作业。

5.3.4 根据喷射机理,对土体进行第一次喷射时,喷射流冲击对象为原状结构土。当在原位进行第二次喷射(即复喷),则喷射流冲击破坏对象已经改变,成为浆土混合体。冲击破坏所遇到的阻力减小,因此在一般情况下,复喷有增加固结体直径的效果,增大的数值随土质密度而变;松散土层不及较密土层明显,其主要原因是由于土质松软,第一次喷射已接近最大破坏范围。为节约水泥浆液可先喷射一遍清水,再喷射一至二遍水泥浆液。双液分喷法在进行高压喷水时可复喷一至二次,然后再进行喷浆作业。

6 施 工 管 理

6.1 一 般 管 理

6.1.1 应安排专业施工员和质检员到现场值班,重要岗位指定专人负责,建立 QC 质量管理小组。

喷射注浆施工记录是检查喷射桩施工质量、判明事故原因的基本依据,因此对每一桩段的施工情况,均应如实及时记录,不得事后回忆补记。

6.1.2 材料管理是直接产生经济效益的途径,材料采购要有计划地进行,妥善保管。

6.2 安 全 操 作 管 理

6.2.2 安全生产必须遵守《安全生产管理条例》,并根据现场情况制订《安全管理制度》,安排专职安全员,班组指定兼职安全员,定期进行安全检查,定期召开安全活动会议并做好记录。并在醒目处悬挂安全警示牌。

7 质量检测与工程验收

7.1 质量检测内容

7.1.1 一般检测内容设计要求已提出,如设计未提出,可按条文所提内容进行检测。

7.1.2 全面检测应在工程完成一定时间后进行,一般为 28 天。

7.2 质量检测方法

7.2.2 开挖检测比较直观,是当前较好的一种质量检查方法。

7.2.3 从已喷射好的固结体中,用金刚石钻具(取芯率可达 80% 以上)钻取岩芯,通过视觉、嗅觉和触觉来观察判断其固结体的整体和均匀性,并将所取岩芯,有选择地做成试块进行室内物理力学性质试验,鉴定其强度特性,或检查其施工质量,鉴定其是否符合设计要求。

7.3 工程验收

7.3.1 委托方和施工方均应积极地与当地质量检测部门联系,认真按当地质量检测部门的要求执行。

7.3.2 资料应详细明了。高压喷射注浆的施工属于隐蔽工程,因此与施工有关的全套施工原始记录应存档备查。

1 工程竣工报告应包括施工总结,图件应包括工程设计图、桩位图、剖面图和施工场地布置图等。

4 施工材料检测报告包括材料出厂质保单和复试报告。

5 施工质量检测报告是由检测单位提供的检测结果报告。