

备案号: J642—2017

中华人民共和国化工行业标准



HG/T 20691—2017

代替 HG/T 20691—2006

高压喷射注浆施工技术规范

Technical code for jet grouting construction

2017-07-07 发布

2018-01-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

中华人民共和国化工行业标准

高压喷射注浆施工技术规范

Technical code for jet grouting construction

HG/T 20691—2017

主编单位：湖南化工地质工程勘察院有限责任公司

批准部门：中华人民共和国工业和信息化部

实施日期：2018 年 1 月 1 日

中华人民共和国工业和信息化部

公 告

2017 年 第 32 号

工业和信息化部批准《塑料经编遮阳网》等 238 项行业标准（标准编号、名称、主要内容及实施日期见附件），其中轻工行业标准 49 项、化工行业标准 30 项、石化行业标准 44 项、冶金行业标准 57 项、有色金属行业标准 34 项、稀土行业标准 10 项、黄金行业标准 6 项、航空行业标准 1 项、建材行业标准 2 项、汽车行业标准 2 项、通信行业标准 3 项；批准《家用和类似用途电器的溶出物限值和试验方法》1 项轻工行业标准修改单，现予公布。行业标准修改单自发布之日起实施。

附件：8 项化工行业工程建设标准编号、标准名称和实施日期

中华人民共和国工业和信息化部

二〇一七年七月七日

附件：

8 项化工行业工程建设标准编号、标准名称和实施日期

序号	标准编号	标准名称	被代替标准编号	实施日期
70	HG/T 20222—2017	铝及铝合金焊接技术规程	HGJ 222—1992	2018-01-01
71	HG/T 20223—2017	铜及铜合金焊接及钎焊技术规程	HGJ 223—1992	2018-01-01
72	HG/T 20203—2017	化工机器安装工程施工及验收规范（通用规定）	HG 20203—2000	2018-01-01
73	HG/T 20275—2017	化工设备工程施工及验收规范		2018-01-01
74	HG/T 20691—2017	高压喷射注浆施工技术规范	HG/T 20691—2006	2018-01-01
75	HG/T 20709—2017	复合桩基础设计规范		2018-01-01
76	HG/T 20710—2017	刚度可控式桩筏基础设计规范		2018-01-01
77	HG/T 20638—2017	化工装置自控工程设计文件深度规范	HG/T 20638—1998	2018-01-01

前 言

本标准是根据（工信厅科函〔2015〕429号文）《工业和信息化部办公厅关于印发2015年第二批行业标准制修订计划的通知》，由中国石油和化工勘察设计协会组织中国石油和化工勘察设计协会工程勘察与岩土分会、湖南化工地质工程勘察院有限责任公司、化学工程岩土工程有限公司、浙江化工工程地质勘察院有限公司、中化明达（福建）地质勘测有限公司进行修订。

本标准自实施之日起代替《高压喷射注浆施工操作规程》HG/T 20691—2006。

本标准在修订过程中，修编组经调查研究，总结实践经验，并广泛征求意见，最后修订了本标准。

本标准共分7章和4个附录，主要技术内容有总则、术语和符号、施工准备、施工工艺、施工操作、施工管理、质量检测与工程验收。

本标准与《高压喷射注浆施工操作规程》HG/T 20691—2006相比，主要变化如下：

1. 调整了高压喷射注浆应用范围；
2. 增加术语一节；
3. 调整了高压喷射注浆工艺方法与主要机具及设备的选配关系一览表、主要材料及配方；
4. 调整了高压喷射注浆施工技术参数一览表；
5. 补充了造孔技术措施和高压喷射注浆作业规定；
6. 调整了施工管理的条文内容，补充了关键工序的施工管理要求，完善了高压喷射注浆的主要危险源，增加了成品保护和环境保护条款；
7. 补充了高压喷射注浆施工过程中的质量检测和施工后的质量检测的基本要求与检测项目；
8. 增加了编写高压喷射注浆工程竣工报告的基本内容；
9. 在附录部分增加了高压喷射注浆施工过程质量检查表，删减、调整了部分施工记录表。

本标准由中国石油和化工勘察设计协会提出并归口。

本标准技术内容由湖南化工地质工程勘察院有限责任公司负责解释。在执行过程中如有意见和建议，请与湖南化工地质工程勘察院有限责任公司联系（地址：湖南省长沙市天心区青园路4号，邮编：410004，电话：0731-85796903）。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：湖南化工地质工程勘察院有限责任公司

参编单位：化学工业岩土工程有限公司

浙江化工工程地质勘察院有限公司

中化明达（福建）地质勘测有限公司

主要起草人：罗大勇 刘 东 龙纲要 彭继斌 陈 勉 贾刚军 黄林初 高理华

尤苏南 王志良 徐建亮 胡永成 黄晓毅 邱守翠 赵桂芹

主要审查人：王星华 高文新 丁晓峰 胡唐伯 钟志均 于洪禄 龚高武

目 次

1	总则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	施工准备	(5)
3.1	一般规定	(5)
3.2	主要机具及设备	(5)
3.3	主要材料及配方	(6)
4	施工工艺	(9)
4.1	工艺流程	(9)
4.2	施工技术参数	(9)
5	施工操作	(12)
5.1	造孔	(12)
5.2	高压喷射注浆	(12)
5.3	高压喷射注浆特殊情况处理	(13)
6	施工管理	(15)
6.1	一般规定	(15)
6.2	成品保护	(15)
6.3	安全生产	(15)
6.4	环境保护	(16)
7	质量检测与工程验收	(17)
7.1	质量检测内容	(17)
7.2	质量检测要求和方法	(18)
7.3	工程验收	(18)
附录 A	高压喷射注浆施工制浆记录表	(20)
附录 B	高压喷射注浆施工造孔记录表	(21)
附录 C	高压喷射注浆施工注浆记录表	(22)
附录 D	高压喷射注浆施工过程质量检查表	(23)
	本标准用词说明	(24)
	引用标准目录	(25)
附：	条文说明	(27)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Preparation for construction	(5)
3.1	General Requirements	(5)
3.2	Major equipments	(5)
3.3	Major materials and formula	(6)
4	Construction technology	(9)
4.1	Technical process	(9)
4.2	Technical parameters	(9)
5	Construction operation	(12)
5.1	Pore-forming	(12)
5.2	Jet grouting operation	(12)
5.3	Special case treatment	(13)
6	Construction management	(15)
6.1	General requirements	(15)
6.2	Product protection	(15)
6.3	Safety	(15)
6.4	Environmental protection	(16)
7	Quality inspection and project acceptance	(17)
7.1	Quality inspection content	(17)
7.2	Requirements and methods for quality inspection	(18)
7.3	Project acceptance	(18)
Appendix A	Log sheet of sulping for high-pressure jet-grouting construction	(20)
Appendix B	Log sheet of drilling for high-pressure jet-grouting construction	(21)
Appendix C	Log sheet of grouting for high-pressure jet-grouting construction	(22)
Appendix D	Quality inspect table for the process of high-pressure jet-grouting	(23)
	Explanation of wording in this code	(24)
	List of quoted standards	(25)
	Addition: Explanation of provisions	(27)

1 总 则

1.0.1 为了在化工建设行业采用高压喷射注浆施工中贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、确保质量、经济合理、保护环境和安全生产，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于浆液固化剂材料为水泥的高压喷射注浆施工。

1.0.3 高压喷射注浆适用于流塑-可塑状黏性土、粉土、砂土、圆（角）砾、黄土、淤泥质土和素填土等地层。对于粒径大于 60mm 的颗粒含量超过 30% 的卵（块）石地层、动水条件下的地层以及含有纤维质的腐植土、污染土、膨胀土、盐渍土等特殊土质，应根据现场试验结果确定其适用性。

1.0.4 高压喷射注浆可应用于下列工程：

- 1 新建或既有建（构）筑物地基处理；
- 2 建（构）筑物倾斜纠偏；
- 3 防渗隔水帷幕；
- 4 挡土围护及不稳定斜坡体加固；
- 5 隧道工程超前预处理。

1.0.5 高压喷射注浆施工工艺和施工技术参数应结合工程情况进行现场试验或试验性施工确定。

高压喷射注浆固结体设计强度和尺寸应通过现场试验验证。

1.0.6 高压喷射注浆施工、质量检测与验收除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1

高压喷射注浆 **jet grouting**

利用机具把带有喷头及喷嘴的注浆管置入已造孔内预定的深度后，通过高压设备使浆（水、气）成为高压流，从喷头上的喷嘴中喷射出来直接冲击切割土体，浆液与土粒混合凝固形成一个固结体，从而达到改良土体、加固地基的一种施工技术方法。

2.1.2

高压旋转喷射 **high-pressure rotating jet**

注浆管喷头边旋转边提升进行高压喷射，固结体呈圆柱状。

2.1.3

高压摆动喷射 **high-pressure swing jet**

注浆管喷头不旋转，只按一定角度来回摆动，边提升边进行高压喷射，固结体呈板状或放射状。

2.1.4

高压定向喷射 **high-pressure directional jet**

注浆管喷头不旋转，只按固定方向进行高压喷射，同时进行提升，固结体呈薄板状或放射状。

2.1.5

单管法 **jet grouting technology with single-pipe**

用单一注浆管，只喷射浆液的一种高压喷射注浆施工工艺。

2.1.6

双液分喷法 **double-jet spraying method**

使用单一注浆管，先喷射高压水，在土体内形成搅动松散体或空穴后，再喷射中、高压浆液的一种高压喷射注浆方法。

2.1.7

双管法 **jet grouting technology with double-pipe**

用同轴双管或两列管，同时喷射气体和浆液，或水和浆液的一种高压喷射注浆施工工艺。

2.1.8

三管法 **jet grouting technology with triple-pipe**

用同轴三管或三列管，同时喷射气体、水和浆液的一种高压喷射注浆施工工艺。

2.1.9

钻喷一体施工法 **drilling-jet grouting integrated construction**

一种成孔过程即为插管过程的高压喷射注浆施工方法。它是通过高压喷射注浆钻机，利用注浆管作为钻杆造孔。当钻进到预定深度时，注浆管也相应处于该深度，此时即可进行高压喷射注浆作业。

2.1.10

喷嘴 **injector**

安装在注浆管喷头上，由硬质合金或其他高强度耐磨材料制成，将具有一定压力的液体或气体转换成高速、高能喷射流的一种元件。

2.1.11

间歇性喷浆 **intermittent jet grouting**

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的作业。

反复间歇性喷浆是对某一段或某些注浆孔进行多次间歇性喷浆的作业。

2.2 符 号

2.2.1 施工参数

n ——喷嘴个数；

p ——喷射压力（MPa）；

Q ——浆量（ m^3 ）；

Q_b ——喷射泵量（L/min）；

q ——单位时间喷射量（ m^3/min ）；

v ——提升速度（m/min）；

ρ ——喷射液体密度（ g/cm^3 ）。

2.2.2 几何参数

D_e ——高压喷射注浆固结体直径（m）；

D_k ——造孔直径（m）；

d_0 ——喷嘴出口内径（mm）；

H_1 ——喷射段长度（m）；

H_2 ——未喷射段长度（m）。

2.2.3 其他符号

K ——置换率；

α ——未喷射段孔内浆液与岩土碎屑的混合率；

β_1 ——浆液喷量损失系数；

β_2 ——孔口返浆损失系数；

μ ——喷嘴流量系数；

Φ ——喷射流速系数。

3 施 工 准 备

3.1 一 般 规 定

3.1.1 高压喷射注浆施工前，应收集以下基础资料：

- 1 工程设计文件；
- 2 施工场地岩土工程勘察报告；
- 3 施工场地和周边范围内地下管线、地下人防工程及建（构）筑物基础形式和分布情况等资料。

3.1.2 应根据施工合同、设计文件以及收集到的其他相关资料编制施工组织设计。施工组织设计应包括以下主要内容：

- 1 目的要求、场地条件、工程地质和水文地质条件；
- 2 高压喷射注浆施工工艺及施工技术参数；
- 3 人员组织、施工设备配套及浆液材料配制标准；
- 4 施工平面布置及施工顺序安排；
- 5 施工方法及特殊情况处理；
- 6 施工质量、工期、安全保证、文明生产和环境保护措施；
- 7 自检和工程验收标准。

3.1.3 施工场地准备工作应符合下列要求：

- 1 场地应平整，地面、地下无障碍；
- 2 应设置排浆沟及过滤沉淀集浆池；
- 3 应设置基线点和水准点，按施工图布设高压喷射注浆点位；
- 4 应设置现场施工用电、用水、设备维修及材料堆放场地等施工临时设施。

3.1.4 高压喷射注浆施工前应根据地质条件、设计要求进行现场工艺性试验，其试验点数量不宜少于3个。当通过试验查明施工效果不能达到工程要求时，应分析原因，调整施工工艺、施工技术参数等工艺方法或技术指标，直到满足工程要求。

3.2 主要机具及设备

3.2.1 高压喷射注浆施工应配置以下主要机具及设备：

- 1 造孔钻机；
- 2 高压喷射平台（钻机）；
- 3 高压注浆泵；
- 4 空压机；
- 5 浆液搅拌机；

6 排污泵；

7 高压胶管等。

3.2.2 应根据高压喷射注浆设计要求、场地工程地质条件和现场作业条件选择不同性能的施工机具及设备。高压喷射注浆施工工艺与主要机具及设备的选配关系可按表 3.2.2 执行。机具及设备的数量应满足工期要求。

表 3.2.2 高压喷射注浆施工工艺与主要机具及设备的选配关系一览表

机具及设备名称	性能要求	高压喷射注浆施工工艺			
		单管	双液分喷	双管	三管
高压注浆泵	压力：20~60MPa；流量：60~150L/min	○	○	○	○
注浆泵	压力：1~9MPa；流量：40~160L/min	—	○	—	○
造孔钻机	造孔深度：30~100m	○	○	○	○
空压机	流量：1.0~10.0m ³ /min；压力：0.7~2.0MPa	—	—	○	○
浆液搅拌机	容量：1~3m ³	○	○	○	○
普通钻杆	φ42~φ50mm	○	○	—	—
特殊钻杆	φ40~φ75mm；φ75~φ90mm	—	—	○	○
高压喷射平台（钻机）	旋转或 0°~90°摆动，造孔深度：30~100m	○	○	○	○
高压胶管	φ19~φ22mm；压力：20~70MPa	○	○	○	○
排污泵	压力：2~3MPa；流量：30~80L/min	○	○	○	○
注：○为适用于高压喷射注浆施工工艺的机具及设备。					

3.2.3 在高压喷射注浆施工过程中，除施工机具及设备外，还应配备检测施工技术参数和浆液性能的风量计、流量计、压力表、比重计、秒表等测试仪器、仪表。

3.3 主要材料及配方

3.3.1 浆液中的水泥材料在进入施工现场时应查验合格证、出厂日期、外观包装等，并取样进行质量检测。所用水泥质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关要求，取样检测数量可按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定执行。

3.3.2 搅拌浆液所用的水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关要求。

3.3.3 浆液的配合比可根据工程需要和地质条件选配；在施工前应通过试验确定。当无条件试验时，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·C32.5R 早强型复合硅酸盐水泥或 P·O42.5 普通硅酸盐水泥，不加外加剂。水灰比为 0.8~1.5。

2 速凝早强型：适用于地下水较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 15MPa 以上时，可选择高标号水泥，或选择亚甲基二萘磺酸钠、三乙醇胺、亚硝酸钠等高效型的减水剂和无机盐组成的复合配方。

4 填充剂型：适用于早期强度要求不高的工程。填充剂可用粉煤灰、矿渣、黏土粉等。

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（添加 10%~20%），亚甲基二萘磺酸钠（添加 0.5%）等。而浆液固化剂材料不宜用火山灰质水泥。

6 抗渗型：适用于隔水防渗工程。常用的外加剂为波美度 30~40°Bé 的水玻璃（添加 2%~4%），而浆液固化剂材料不宜用矿渣水泥。

7 改善型：适用于水坝防渗墙等有特殊要求的工程，可在浆液中加入 10%~50% 的膨润土，增强固结体的可塑性和防渗性。

3.3.4 浆液添加外加剂后应满足以下特性，外加剂浆液配方可按表 3.3.4 选用。

- 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；
- 8 降低工程造价。

表 3.3.4 外加剂浆液配方表

序号	外加剂成分及加入量（水泥重量百分比）	浆液特征
1	氯化钙 2%~4%	促凝，早强，可喷性好
2	铝酸盐 2%	促凝，强度增加慢，稠度大
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，可喷性好
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，稳定性好
7	氯化钙（或氯化钠）1%，亚硝酸钠 0.5%，三乙醇胺 0.03%~0.05%	防腐，早强，后期强度高，稳定性好
8	粉煤灰 10%~50%	调节强度，节约水泥
9	粉煤灰 25%，氯化钙 2%	促凝，节约水泥
10	粉煤灰 25%，硫酸钠 1%，三乙醇胺 0.03%	促凝，早强
11	矿渣 25%	提高强度，节约水泥
12	矿渣 25%，氯化钙 2%	促凝，早强，节约水泥
13	膨润土 10%~50%，黏土粉 15%~30%	促凝，抗渗

3.3.5 高压喷射注浆量可根据地层条件、施工工艺及浆液配合比确定。浆液量可按以下两种方法估算：

1 喷量法 [见式 (3.3.5-1)]：

$$Q = \frac{H_1}{v} q (1 + \beta_1) \quad \dots\dots\dots (3.3.5-1)$$

式中：

Q ——浆量 (m^3)；

H_1 ——喷射段长度 (m)；

v ——提升速度 (m/min)；

q ——单位时间喷射量 (m^3/min)；

β_1 ——浆液喷量损失系数 (0.03~0.10)。

2 体积法 [见式 (3.3.5-2)]：

$$Q = \frac{\pi}{4} D_e^2 K H_1 (1 + \beta_2) + \frac{\pi}{4} D_k^2 \alpha H_2 \quad \dots\dots\dots (3.3.5-2)$$

式中：

D_e ——高压喷射注浆固结体直径 (m)；

K ——置换率 (0.75~0.90)；

β_2 ——孔口返浆损失系数 (0.1~0.2)；

D_k ——造孔直径 (m)；

α ——未喷射段孔内浆液与岩土碎屑的混合率 (0.50~0.75)；

H_2 ——未喷射段长度 (m)。

3.3.6 在浆液拌制过程中，应先放水，再放水泥。同一桶浆的搅拌时间应不少于 3min。搅拌后的浆液应进行二次过滤。

3.3.7 每台班至少应测定一次浆液性能。当调整浆液配合比或材料时，必须测试首桶浆的浆液性能。浆液质量应符合设计要求。

3.3.8 高压喷射注浆所用的浆液搅拌存放的有效时间，除加入缓凝剂的浆液外，应符合下列规定：

1 当气温在 10℃ 以下时，不宜超过 4h；

2 当气温在 10℃ 以上时，不宜超过 2.5h；

3 当浆液搅拌存放时间超过有效时间时，可降低标号使用，或按废浆处理。

3.3.9 应认真记录制浆所用材料、配合比、搅拌时间等。高压喷射注浆施工制浆记录表格式可按本标准附录 A 执行。

4 施工工艺

4.1 工艺流程

4.1.1 高压喷射注浆的喷射流运动方式可分为旋转喷射、摆动喷射和定向喷射三种形式。高压喷射注浆可分单管法、双液分喷法、双管法、三管法等多种施工工艺。

4.1.2 高压喷射注浆施工工艺基本流程可按图 4.1.2 实施。

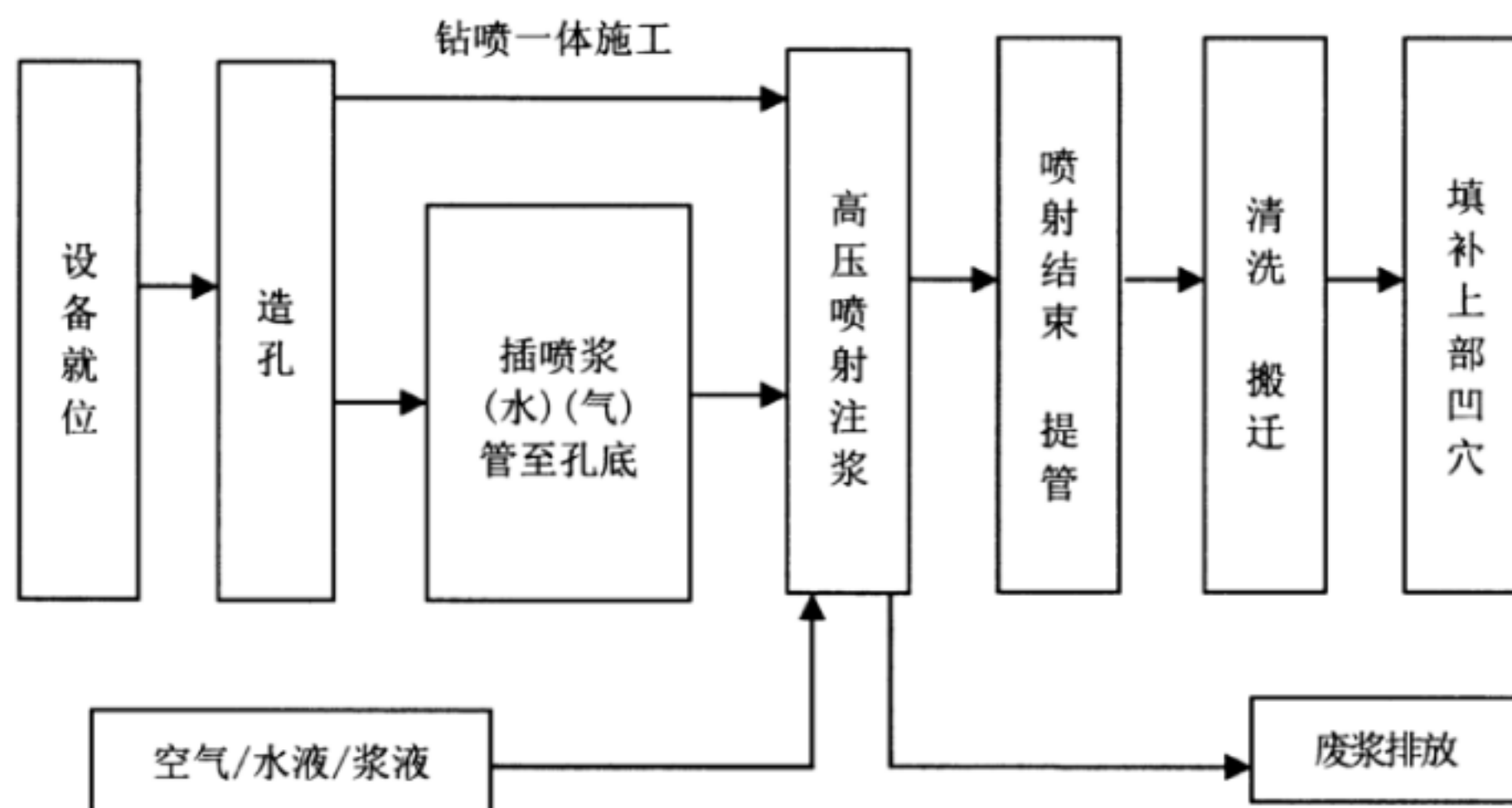


图 4.1.2 高压喷射注浆施工工艺基本流程框图

4.1.3 宜根据下列工程类别、地层特性和场地条件等选择不同的高压喷射注浆施工工艺，并按本标准 3.1.4 的规定确定。

- 1 防渗帷幕工程或固结体尺寸要求较大的工程，可选择双管法或三管法施工工艺。
- 2 在岩溶地层可选择双液分喷法施工工艺。
- 3 在狭矮场地可选择单管法或双液分喷法施工工艺。
- 4 在地下水丰富的场地，宜选择双管法施工工艺。

4.2 施工技术参数

4.2.1 高压喷射注浆施工技术参数应根据所采用的施工工艺、地质条件以及本标准 3.1.4 的规定确定。在编制施工组织设计和进行现场高压喷射注浆试验时，可按表 4.2.1 中的数值初步选定施工技术参数。

表 4.2.1 高压喷射注浆施工技术参数一览表

介质	施工技术参数	旋 转 喷 射				摆动喷射	定向喷射
		单管法	双液分喷法	双管法	三管法	三管法	三管法
水	压力/MPa	—	25~35	—	25~40	25~40	25~40
	流量/(L/min)	—	80~120	—	80~120	80~120	80~120
	喷嘴孔径/mm	—	2.0~2.8	—	2.0~3.2	2.0~3.2	2.0~3.2
	喷嘴数量/个	—	2	—	1~2	2	2
浆液	压力/MPa	25~35	5~20	25~35	1~5 (30~40)	1~5 (30~40)	1~5 (30~40)
	流量/(L/min)	65~120	65~120	80~120	85~150	85~150	85~150
	比重	1.4~1.6	1.4~1.6	1.4~1.6	1.5~1.8	1.5~1.8	1.5~1.8
	喷嘴孔径/mm	2.0~2.5	2.2~3.2	2.0~3.0	10~14 (2.0~3.2)	10~14 (2.0~3.2)	10~14 (2.0~3.2)
	喷嘴数量/个	2	2	1~2	1~2	2	2
空气	压力/MPa	—	—	0.5~0.8	0.5~1.0	0.5~1.0	0.5~1.0
	风量/(m ³ /min)	—	—	1~2	0.9~3.0	0.9~3.0	0.9~3.0
	喷嘴环状间隙/mm	—	—	1~2	1~2	1~2	1~2
	喷嘴数量/个	—	—	1~2	1~2	2	2
注浆管	提升速度/(cm/min)	15~20	15~20	10~20	5~20	5~15	5~15
	旋转速度/(r/min)	15~20	15~25	10~20	10~20	—	—
	摆速/(次/min)	—	—	—	—	5~20	—
	摆角/(°)	—	—	—	—	15~90	—
	外径/mm	42~50	42~50	50~108	50~108	50~108	50~108
注 1: 表中括号内数据适用于双高压喷射工艺。							
注 2: 摆喷时, 摆动单程为 1 次。							

4.2.2 高压喷射注浆施工技术参数之间的关系, 可按式 (4.2.2-1) 和式 (4.2.2-2) 测算:

1 喷射压力:

$$p = \frac{0.225 \rho Q_b^2}{(n \mu \Phi d_0^2)^2} \dots\dots\dots (4.2.2-1)$$

2 喷射泵量:

$$Q_b = 2.11 n d_0^2 \mu \Phi \sqrt{\frac{p}{\rho}} \dots\dots\dots (4.2.2-2)$$

式中:

p ——喷射压力 (MPa);

Q_b ——喷射泵量 (L/min);

ρ ——喷射液体密度 (g/cm^3) ;

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) 。

5 施 工 操 作

5.1 造 孔

5.1.1 造孔设备就位安装时，应确保机座安装平稳，立轴或转盘中心轴线应与设计孔位对正。造孔直径应不小于 75mm。

5.1.2 应根据造孔直径、岩土性质、设备条件、钻进方法等选择和控制钻进技术参数。当采用三翼合金钻头、十字型钻头、刮刀型钻头全面回转钻进时，刮刀钻进技术参数可按表 5.1.2 选用。

表 5.1.2 刮刀钻进技术参数表

类 别	钻压/kN	转速/（r/min）	泵量/（L/min）
钻进参数	5~10	30~120	50~150

5.1.3 造孔过程中造孔倾斜度不应超过设计允许偏差。当出现孔壁掉块等不稳定情况时，应采取护壁措施。

5.1.4 成孔后应进行清孔，宜在 30min 内下入注浆管。当待喷时间过长时，应采取防止孔壁坍塌的措施。

5.1.5 采用钻喷一体施工方法造孔时，应保证浆、水、气喷嘴不被堵塞。造孔冲洗液流量应不小于 60L/min。在极松散或密实的砾石地层、严重破碎掉块地层以及岩溶地层等复杂地质条件场地，不宜采用钻喷一体施工方法。

5.1.6 当场地地层均匀性差或进行隔水帷幕施工时，宜在第一序高压喷射注浆孔中选取 30% 的孔对场地岩土类别、层厚、埋深等进行勘察复核。

5.1.7 造孔过程中应详细记录孔位、孔深、地层变化及漏浆、掉钻、卡钻、塌孔等现象。高压喷射注浆施工造孔记录表格式可按本标准附录 B 执行。

5.2 高压喷射注浆

5.2.1 高压喷射注浆前应检查注浆设备和管路系统。注浆管应先在地面试水、试压。设备的压力和排量应满足设计要求，管路系统的密封必须良好，各管道和喷嘴内不得有杂物。高压管线总长度不宜大于 80m。

5.2.2 在插管过程中，应采取防止喷嘴被泥砂堵塞的措施。当采用带浆或水插管的方法时，浆或水的压力宜控制在 0.3~0.6MPa。

5.2.3 注浆管插入至设计深度后，应及时输送浆液（水和气）。当浆液达到设计喷射压力后，注浆喷头宜在预定深度只旋转或摆动喷射注浆，1~3min 后再进行提升作业。

5.2.4 采用双液分喷工艺作业时，应先喷水后喷浆；喷水结束后应立即沿喷水孔插入注浆喷头。

5.2.5 在高压喷射注浆施工中,应随时观测或测定、记录注浆管转速(摆速、摆角)、提升速度,浆、水、气压力及流量等情况。出现异常情况时,应迅速查找原因、采取处理措施。高压喷射注浆施工注浆记录表格式可按本标准附录 C 执行。

5.2.6 在提升注浆管时,应快速拆卸注浆管,续喷时的上下搭接长度不应小于 0.3m。定向喷射和摆动喷射拆卸注浆管后续喷时,除上下搭接长度应符合本条规定外,还应确保喷射方向不变。当高压喷射注浆用于基坑隔水时,水平方向的搭接宽度不应小于 0.25m;用于基坑内土层加固时,水平方向的搭接宽度不宜小于 0.15m。

5.2.7 在高压喷射注浆施工中,应注意孔内返浆量情况。返浆量小于注浆量的 20%时可视为正常现象;超过 20%或完全不返浆时,应分析原因,处理措施可按本标准 5.3.3、5.3.4 的规定执行。

5.2.8 在高压喷射注浆的同时,应用标准试模采集返浆试样,并测定其初凝、终凝以及简单的力学性能。返浆试样数量视工程要求确定,但每个主要土层段应不少于 6 组。

5.2.9 采用高压喷射注浆处理既有建(构)筑物基础下的地基土或作为支挡结构时,除应进行跳孔喷射注浆和浆液中添加速凝早强剂外,还应在施工过程中对该建(构)筑物或支挡结构影响区域进行变形监测。当发现施工扰动加剧了建(构)筑物基础或支挡结构影响区域的变形时,应停止施工。应在采取了防范措施后再恢复施工。

5.2.10 高压喷射注浆施工结束后,应及时清洗注浆设备和管道。

5.2.11 高压喷射注浆后,消除固结体顶部因浆液析水收缩产生的凹穴可采取以下措施:

1 若固结体顶端未到地面,在喷射过程中,应提高喷射高度,把浆液喷射至固结体设计标高以上 1.5m,同时应利用返浆补充到孔口。

2 对于新建建(构)筑物地基加固,应重新搅拌水泥浆(水灰比为 0.5~0.8,可加 20%~40%的中细砂)填补凹穴。

3 对于既有建(构)筑物地基加固,在浆液中可加入铝粉等不收缩或具有膨胀性的材料对固结体与既有建(构)筑物基础之间的凹穴进行压力填补。

5.3 高压喷射注浆特殊情况处理

5.3.1 当高压喷射注浆作业过程意外中断,恢复施工后,注浆管应下至停喷位置以下 0.5m 再继续喷射注浆。当停喷超过 1.5h 时,应及时清洗设备和管道。

5.3.2 当需要加大高压喷射注浆固结体尺寸,或对较硬的土层进行高压喷射注浆时,可根据施工作业条件采用以下一种或几种措施:

- 1 提高喷射压力、泵量;
- 2 降低旋转和提升速度;
- 3 双高压喷射注浆;
- 4 分段复喷或全孔复喷。

5.3.3 在孔隙较大的砂卵石层、破碎地层或岩溶地层进行高压喷射注浆过程中,当出现孔口不返浆现象时,应停止喷射;可采取间歇性喷浆方法处理,间隔时间可为 10~12h。严重漏浆地段可加

速凝剂、多次反复间歇性喷浆，或在喷射注浆的同时沿注浆管与孔壁之间的环状间隙向喷射孔内投入砂砾等堵漏充填材料。

5.3.4 在高压喷射注浆过程中遇到孔口返浆大于 20% 时，可采用提高喷射压力，缩小喷嘴孔径，增大旋转和提升速度等方法减少返浆量。对返浆的利用可按本标准 6.4.2 的规定执行。

5.3.5 在软弱地层进行高压喷射注浆时，可在喷射后用砂浆泵注入 M15 的砂浆。

5.3.6 高压喷射注浆时，可通过调节喷射压力和注浆量，改变喷嘴移动方向和速度来控制固结体的形态。按工程需要，可喷射以下几种形态的固结体：

1 圆盘状：注浆喷头只旋转不提升或少提升。

2 圆柱状：注浆喷头边提升边旋转。

3 扩底状：注浆喷头在底部喷射注浆时，加大压力、泵量做重复旋喷或降低喷头的旋转和提升速度。

4 糖葫芦状：注浆喷头在旋转过程中，根据需要分段加大压力、泵量或降低喷头的旋转和提升速度。

5 大帽状：注浆喷头旋转到顶端时，加大压力、泵量做重复旋喷或降低旋转和提升速度。

6 板墙状：注浆喷头以一定角度摆动或固定一个角度方向喷射提升。

6 施 工 管 理

6.1 一 般 规 定

- 6.1.1 施工管理的主要内容应包括合理安排工序施工、实时调控施工技术参数、定期检测固结体质量、原始资料的收集整理以及编制竣工图纸文件等。现场施工质量管理要求应符合现行国家标准《工程建设施工企业质量管理规范》GB/T 50430 的有关规定。
- 6.1.2 在施工中遇到难点或特殊情况，应及时组织有关技术和施工人员分析讨论，研究解决办法，调整施工组织设计并按调整后的办法或措施组织施工。
- 6.1.3 根据施工进度安排，应对施工中所需的材料数量和质量做好管理，包括及时检验水泥等材料的质量，分期、分批地供应合格材料产品。
- 6.1.4 应提前准备主要机具及设备的易损零件、工器具备品。
- 6.1.5 造孔和高压喷射注浆作业是高压喷射注浆施工的关键工序，应严格按“人、机、料、环、法、责”做好工序质量管理。

6.2 成 品 保 护

- 6.2.1 当采用高压喷射注浆工艺方法施工隔水帷幕时，不应在高压喷射注浆施工结束后的 2 周内进行抽水作业。
- 6.2.2 采用高压喷射注浆加固处理地基土后，其固结体强度未达到设计强度的 75%时，不宜在加固有效范围内堆载；固结体强度未达到设计强度时，不应投入使用。

6.3 安 全 生 产

- 6.3.1 施工场地应配备专职安全员，负责整个工程的安全生产。各级管理和施工人员应严守操作规程，及时排除安全隐患。现场安全生产管理要求应符合现行国家标准《施工企业安全生产管理规范》GB 50656 的有关规定。
- 6.3.2 高压管线、电气、造孔和高压喷射注浆设备必须加强现场管控。
- 6.3.3 应按以下要求对浆液（水 and 气）输送设备、管线等进行安全检查和操作：
- 1 应全面检查和清洗高压注浆泵、高压胶管，泵体及胶管内不得有水泥残渣和铁屑。
 - 2 应试压检验安全阀。
 - 3 应定期检查校核压力表。
 - 4 应指定专人司泵，一旦发生故障，应立即停泵停机。
 - 5 做好运转情况记录。
- 6.3.4 配电和用电设备必须采取接地或接零措施，控制线路必须安装漏电保护装置。施工中应加

强电缆线路的巡视检查。

6.4 环境保护

6.4.1 高压喷射注浆施工前，应识别本施工项目的环境因素，并提出控制措施。

6.4.2 应做好孔口返浆的处置工作。在地基加固处理工程中，对于固结体抗压强度要求在 8MPa 以下的项目，当满足下列条件且返浆与新料拌和后指标符合设计要求时，可回收使用孔口返浆：

1 泥质含量小于 5%的砂砾地层进行高压喷射注浆。

2 返浆在沉淀池中沉淀时间大于 10min，且经过 1 次至 2 次过滤除砂。

6.4.3 对于不能利用的废浆、污水，应及时排入废浆池，定期外运出现场。

6.4.4 在拌制浆液时，应采取防尘措施。

6.4.5 在工程施工过程中，特别是夜间施工时，应采取降低噪声措施。

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位于地下，不能直接观察其形态和质量，应采用多种手段来检测其效果。

7.1.2 质量检测可分为施工过程中的质量检测和施工后的质量检测两个阶段。

7.1.3 施工过程中的质量检测主要是工序质量检测，工序质量检测主要项目见表 7.1.3，高压喷射注浆施工过程质量检测表格式可按本标准附录 D 执行。

表 7.1.3 工序质量检测主要项目一览表

项次	工 序 类 别		检 测 项 目	允许偏差或允许值
1	造孔		造孔位置	$\pm 50\text{mm}$
2			造孔倾斜度	$\leq 1\%$
3			造孔深度	设计孔深+150mm
4	拌制浆液		水泥及外加剂质量	符合出厂要求
5			浆液配合比	设计要求
6			比重	设计要求
7	高压喷射注浆		提升速度	设计要求
8			转速	设计要求
9			压力	设计要求
10			摆速、摆角	设计要求
11			流量	设计要求
12			孔内返浆量	$< 20\%$
13			喷射深度	造孔深度
14	补凹穴	新建建（构）筑物地基处理	浆液充满程度	应超出固结体设计顶面标高 1.5m 以上
15		既有建（构）筑物地基处理		充填满至固结体与既有建（构）筑物基础紧密接触

7.1.4 施工后的质量检测是对高压喷射注浆施工质量的最终评定。检测项目可根据不同工程性质要求，按以下几项选择确定：

- 1 固结体的形态；
- 2 固结体的完整性和均匀性；
- 3 固结体的强度特征；

- 4 固结体的竖向或水平承载力；
- 5 固结体的抗渗性、抗冻性及耐久性；
- 6 复合地基承载力。

7.2 质量检测要求和方法

7.2.1 工序质量检测应贯穿每个高压喷射注浆孔施工过程，检测方法主要是用计量器具和测量仪器、仪表等进行标定测试。

7.2.2 施工后的质量检测可采取抽检方式，质量检验点的数量应不少于施工孔数的 2%，且不少于 6 点。复合地基静载荷试验和单桩静载荷试验的检验数量不得少于总桩数的 1%，且每个单体工程复合地基静载荷试验的数量应不少于 3 点。质量检查点宜均匀布置在场地上，但下列部位应有质量检查点：

- 1 施工过程中出现异常情况的部位；
- 2 地质条件复杂，可能对高压喷射注浆质量产生影响的部位。

7.2.3 可根据工程性质、高压喷射注浆设计要求和施工工艺等分别选择以下一种或几种施工后的质量检测方法。

1 开挖检测：高压喷射注浆 7 天后可沿固结体周围或一侧进行开挖。开挖深度视土层性质和场地范围确定，通常为 1.5~3.0m。主要检测固结体形态大小、垂直度及固结体胶结情况。同时初步了解固结体的坚硬度和估测其力学性能。

2 钻芯检测：应在高压喷射注浆 28 天后进行钻芯检测。钻芯检测的主要目的是：

- 1) 了解固结体从上至下的结构情况，是否有断裂或不连续现象；
- 2) 采取固结体芯样作室内物理力学试验；
- 3) 利用钻芯孔作固结体注水、压水等渗透试验或动力触探试验。

3 静载荷试验：应在高压喷射注浆 28 天后进行复合地基静载荷试验或单桩静载荷试验，试验方法应按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定执行。

4 其他检测：围井试验等。

7.3 工程验收

7.3.1 高压喷射注浆工程质量经检测，确认符合设计要求后，施工单位应编制工程竣工报告等资料。工程项目委托方应组织相关单位进行工程验收。

7.3.2 高压喷射注浆工程竣工报告应包括以下内容：

- 1 工程概况；
- 2 施工工艺、施工技术参数和施工方法；
- 3 施工质量控制；
- 4 安全、环保控制；
- 5 施工质量检查和评价；

- 6 结论和建议；
 - 7 竣工图等附图、附件。
- 7.3.3 除合同另有约定外，工程验收应提交下列资料：
- 1 工程竣工报告及有关图件；
 - 2 施工组织设计；
 - 3 原始施工记录资料；
 - 4 施工材料检测报告；
 - 5 施工质量检测报告；
 - 6 施工影像资料等其他相关资料。

附录 B 高压喷射注浆施工造孔记录表

表 B 高压喷射注浆施工造孔记录表

工程名称：_____

开孔日期：_____年_____月_____日

孔号：_____孔序：_____孔口高程：_____

钻机型号：_____造孔深度：_____m

时 间		工作内容	造孔进尺/m			地层柱状图	地层厚度/m	岩 性 描 述	备 注
时	分		自	止	计				

机长：_____

记录：_____

项目负责人：_____

监理：_____

附录 C 高压喷射注浆施工注浆记录表

表 C 高压喷射注浆施工注浆记录表

工程名称：_____ 孔号：_____ 孔序：_____ 浆液材料及配合比：_____

设备型号：_____ 工艺类别：_____ 施工时间：_____ 年 _____ 月 _____ 日 开喷高程：_____ m 终喷高程：_____ m 喷射总长：_____ m

时 间			喷射长度/m			施 工 技 术 参 数										备 注			
自	至	历时 min	工 作 内 容	自	至	计	提升 速度 cm/min	旋转 速度 r/min	摆 喷		水		浆		气		浆液比重		
									摆速 次/min	摆角/(°)	压力 MPa	流量 L/min	压力 MPa	流量 L/min	压力 MPa	流量 m³/min	进浆	返浆	
特殊情况处理																			
注浆喷头			本班劳动力出勤					工时利用（共____h）					本班主要材料消耗						
喷嘴直径/mm	水：____浆：____气：____		技工	高喷		事故	名称		规格	数量	名称	规格	数量	名称	规格	数量			
喷嘴个数	水：____浆：____气：____		普工	辅助		其他													

机长：_____ 记录：_____ 项目负责人：_____ 监理：_____

附录 D 高压喷射注浆施工过程质量检查表

表 D 高压喷射注浆施工过程质量检查表

工程项目：_____

桩（孔）编号：_____

项次	工序类别	检测项目	允许偏差或允许值	检查时间	检查结果				检查人
1	造孔	造孔位置	±50mm						
2		造孔倾斜度	≤1%						
3		造孔深度	设计孔深+150mm						
4	拌制浆液	水泥及外掺剂质量	符合出厂要求						
5		浆液配合比	设计要求						
6		比重	设计要求						
7	高压喷射注浆	提升速度	设计要求						
8		转速	设计要求						
9		摆速/摆角	设计要求						
10		压力	设计要求		水	浆	气		
11		流量	设计要求		水	浆	气		
12		孔内返浆量	<20%						
13		喷射深度	造孔深度						
14	补凹穴	新建建（构）筑物地基处理	应超出固结体设计顶面标高 1.5m 以上						
15		既有建（构）筑物地基处理	充填满至固结体与既有建（构）筑物基础紧密接触						
注 1：造孔垂直度原则上每 50m 孔深测 1 次，小于 50m 孔深的造孔，在成孔结束后检测。 注 2：项次 6~12 的检测项目在施工过程中的检测次数应在 2 次以上。 注 3：上道工序各项质量经检测合格后方可进入下道工序施工。									

本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于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”。
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- 2 标准中指定应按其他有关标准、规范执行时的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准目录

- [1] 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
 - [2] 《工程建设施工企业质量管理规范》GB/T 50430
 - [3] 《施工企业安全生产管理规范》GB 50656
 - [4] 《通用硅酸盐水泥》GB 175
 - [5] 《混凝土用水标准》JGJ 63
 - [6] 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
-

中华人民共和国化工行业标准

高压喷射注浆施工技术规范

H/G 20691—2017

条 文 说 明

目 次

修订说明	(29)
1 总则	(30)
3 施工准备	(32)
3.1 一般规定	(32)
3.2 主要机具及设备	(32)
3.3 主要材料及配方	(32)
4 施工工艺	(34)
4.1 工艺流程	(34)
4.2 施工技术参数	(34)
5 施工操作	(35)
5.1 造孔	(35)
5.2 高压喷射注浆	(36)
5.3 高压喷射注浆特殊情况处理	(37)
6 施工管理	(38)
6.1 一般规定	(38)
6.2 成品保护	(38)
6.3 安全生产	(38)
6.4 环境保护	(38)
7 质量检测与工程验收	(39)
7.1 质量检测内容	(39)
7.2 质量检测要求和方法	(39)
7.3 工程验收	(39)

修 订 说 明

《高压喷射注浆施工技术规范》HG/T 20691—2017，经工业和信息化部 2017 年 7 月 7 日以第 32 号公告批准发布。

本标准是在《高压喷射注浆施工操作技术规程》HG/T 20691—2006 的基础上修订而成的，上一版的主编单位是湖南化工地质工程勘察院，主要起草人员是黄林初、郭剑吟、周继祖、彭振斌、李青来、曾和生、周煜煜。本次修订的主要技术内容是：

1. 总则；
2. 术语；
3. 高压喷射注浆工艺方法与主要机具及设备的选配关系一览表、主要材料及配方；
4. 高压喷射注浆施工技术参数一览表；
5. 造孔技术措施和高压喷射注浆作业规定；
6. 调整了施工管理的条文内容，补充了关键工序的施工管理要求，完善了高压喷射注浆的主要危险源，增加了成品保护和环境保护条款；
7. 高压喷射注浆施工过程中的质量检测和施工后的质量检测的基本要求和检测项目；
8. 高压喷射注浆工程竣工报告的基本内容；
9. 在附录部分增加了高压喷射注浆施工过程质量检查表，删减、调整了部分施工记录表。

本标准在修订过程中，编制组开展了广泛的专题调查研究，总结了我国化工建设多年来工程施工实践的经验，同时参考了国内外最新技术方法，并与国内相关标准协调，通过调研、征求意见以及实践经验给出了施工重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研和学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《高压喷射注浆施工技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

1 总 则

1.0.1 高压喷射注浆法处理加固软弱地基是用钻机造孔，利用钻机或台车把带有喷嘴的注浆管置于预定的位置，通过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，冲击切割土体，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、机具，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，修订成本标准。

1.0.2 随着近代工业的发展，适于高压喷射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，工程实践经验不多。目前国内外广泛采用水泥作为高压喷射注浆的浆液固化剂材料，完成了大量地基处理工程施工项目，积累了丰富的工程实践经验。本标准正是基于这些工程经验编制而成的。

1.0.3 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，黏性土、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，长年冻土和具有强腐蚀性的地层，以及巨厚建筑垃圾填土均不宜采用高压喷射注浆法。

1.0.4 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作为新建（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 在隧道施工中，通过水平向高压旋喷注浆，以同心圆形式在隧道拱顶及周边形成封闭水平圆柱状水泥土固结体，即水平旋喷帷幕体，起到防流砂、抗滑移、防渗透的稳定拱壳保护作用。

1.0.5 高压喷射注浆固结体的效果主要取决于施工工艺、土体的类别和性质。每个工程的具体情况不同，其值也有所不同，应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喷射注浆加固地基的施工，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、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 施工组织设计是指导施工的重要技术文件，应在施工准备阶段编写好，目的是设计和建设方提出的技术指标。

3.1.3 施工场地准备工作繁杂，施工场地准备工作应达到以下要求：

1 场地地面、地下的障碍物会严重影响施工效率，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 在造孔和高压喷射注浆时，造孔冲洗液和部分浆液会携带岩土碎屑一起返出地面，因此，应开挖孔口返浆排放沟和集浆坑，以便收集和处理这些浆液。

3.1.4 高压喷射注浆试验应按初步选择的施工工艺、浆液配合比和高压喷射注浆施工技术参数，在现场进行高压喷射注浆试施工。然后开挖检测注浆固结体的大小、均匀性、强度等，并根据工程需要，对固结体进行竖向载荷试验或水平载荷试验，以确定固结体的竖向或水平承载力。

3.2 主要机具及设备

3.2.2 表 3.2.2 中的机具及设备是各种高压喷射注浆工艺常用的机具及设备类型。机具及设备类型应根据设计要求选择，主要是能满足高压喷射注浆固结体设计尺寸、强度、深度和倾斜度的要求。

3.3 主要材料及配方

3.3.1 浆液所用的水泥材料在出厂时生产厂家均要提供产品合格证。如果产品在运输、储存或其他环节出现保管不当的行为，可能对产品的质量产生不良影响。所以，施工方在购进材料后，在使用前必须随机抽取这批材料作质量鉴定，看是否符合出厂质量标准 and 设计要求。

3.3.2 搅拌用水应作化学分析，鉴定是否符合搅拌用水标准。

3.3.5 浆液用量的计算方法有两种，即按高压喷射注浆工艺参数要求〔式（3.3.5-1）〕和按固结体的体积需用量〔式（3.3.5-2）〕计算。

1 式中的置换率 K 是通过工程实践经验定出的，一般取 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，而且黏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 α 是未喷射段孔内浆液与岩土碎屑的混合率。由于该段未进行喷射, 主要是喷射段切割下的岩土碎屑与浆液混合后沿该段上返至孔口, 浆液在该段的填充程度相应较低, 目前常取 0.5~0.75。

3 式中的损失系数 β_1 和 β_2 , 其大小与土体性质、固结体尺寸、施工机具类型和操作技术等有关。一般黏性土较砂类土小, 大尺寸固结体比小尺寸固结体小。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_1 值为 0.03~0.1, β_2 值为 0.1~0.2。

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%。

5 K 、 α 与 β_1 和 β_2 系数一样, 它们的大小取值与土体性质、施工机具、施工技术参数、操作技术等有关。特别是土体性质和施工技术参数中的压力、旋转速度、提升速度、喷嘴直径, 这些参数的不同组合对系数的取值有很大的影响。所以, 系数的取大或取小应由施工单位根据具体情况凭工程经验选取。

3.3.6、3.3.8 在喷射注浆过程中, 为保持水泥浆液呈均匀状态, 必须搅拌一定时间, 但连续搅拌时间也不应过长。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 1.0 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 2.0 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, 在高压喷射注浆施工时, 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, 证明其性能尚能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。

4 施工工艺

4.1 工艺流程

4.1.1 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、浆液和土体特性有密切关系，取决于旋喷、摆喷还是定喷，浆液的浓度大小和成分，土体的类别、密实度、富水性和渗透系数等。高压喷射注浆方法和注入介质种类不同，其各类型的具体施工工艺可分为：

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法。首先利用钻机成孔，然后在造孔内喷射高压水液冲击土体，将崩落土粒与水混合后从造孔口返出地面，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（摆）喷法：主要是采用三管机具，注浆管只提升，不旋转或按一定角度摆动。固结体呈板状或放射型墙状。

近几年，为满足不同工程需要，日本等国又先后开发出了两次切割的 RJP 法、全方位高压喷射 MJS 法、交叉射流法以及改变技术参数的工法等新的高压喷射注浆施工工艺和方法。它们各自有不同的特点，但多处于初步应用阶段。

4.2 施工技术参数

4.2.1 表 4.2.1 中数值为经验数据，一般具体工程应现场通过试验确定其参数。

5 施 工 操 作

5.1 造 孔

5.1.1 为防止孔开斜，钻机安装必须平稳，天车、立轴或转盘、孔口要保证三点成一线。

造孔直径根据地层条件和注浆管直径选择，不应小于 75mm。由于地质上的不确定性，在造孔过程中常会发生掉块、塌孔等孔内事故。造孔结构不宜选择一径到底。可根据地层条件设计两套以上的技术口径结构，使造孔留有口径余地，便于处理和预防孔内事故。

5.1.2 当采用回转钻进方法造孔时，要选择和控制好转速、钻压、泵量钻进三要素；如果选择冲击或震动方法造孔，除了转速、钻压、泵（风）量外，还要选择和控制好冲击频率等。根据地层特性，选择与其相适应的钻进参数，将大大提高钻进效率和造孔质量。由于近年来采用刮刀型钻头全面回转钻进造孔较普遍，故将其钻进技术参数列表 5.1.2 供选用。

5.1.3 造孔过程中出现倾斜度超过设计允许偏差后将会形成斜孔，注浆管沿斜孔下入后，将导致高压喷射注浆过程中形成倾斜的固结体，严重影响固结体的竖向或水平承载力。

地层破碎，孔壁稳定性差，将会导致孔壁垮塌、卡钻、埋钻等事故。一般情况下可采用泥浆护壁钻进；当孔壁垮塌严重时，可采用套管护壁。

5.1.4 成孔结束后，应尽早插入注浆管进行高压喷射注浆作业。成孔后停待时间过长，由于孔内冲洗液对孔壁岩土软化作用及地应力释放等因素的影响，造孔孔壁可能会发生缩径或坍塌，使注浆管难以插入至设计深度。当成孔后确实要停待较长时间时，可向孔内灌入高比重、低失水量泥浆，也可下入套管进行防护。

5.1.5 由于钻喷一体施工法是直接利用注浆管作钻杆钻进，在造孔过程中，处于注浆喷头上的喷嘴很容易被堵塞。所以，钻进时除浆液喷嘴作冲洗液的主流通外，水喷嘴和气喷嘴可适当带水、带气。

为较好地孔内岩土碎屑排出孔外，防止孔内沉渣偏多，增大回转阻力和对钻头切削具的磨损，以及堵塞喷嘴的风险，钻进冲洗液量不宜过小。对于 75mm（N 系列）口径，建议造孔冲洗液流量不应小于 60L/min。

钻喷一体施工法的优点是成孔后不需要再进行插管作业，也减少了专门的成孔钻机，从而在降低工程造价、缩短施工时间、提高工程质量（如在卵砾石底层可避免先成孔、后插管工艺带来插管难而影响工程质量的问题）方面更具优势。但是，该工艺与地层的复杂性关联较大。在极松散或密实的砾石地层、严重破碎掉块地层以及岩溶地层等复杂地质条件场地，孔壁易坍塌，钻进困难，要考虑综合成孔措施，不适于简单利用注浆管作钻杆钻进成孔。

5.1.6 对地质条件复杂，地层均匀性差的场地，工程地质勘察资料也难以完全准确地反映出地层情况。在高压喷射注浆施工时，可在第一序高压喷射孔中选取部分孔作为施工勘察的取样或原位测

试孔，对地层进行复核，使高压喷射注浆固结体或隔水帷幕能准确加固到需要处理的地层。

5.1.7 在造孔过程中发生漏浆、掉钻、卡钻、垮孔的地段对钻进效率和质量有很大的影响，应及时、认真地做好记录。在进行喷射注浆时，应有针对性地对这些异常地段采取预防处理措施。

5.2 高压喷射注浆

5.2.1 注浆管在插入孔内前在地面试水、试压，主要是检查管路系统是否畅通，喷嘴射流形态和喷射压力是否正常等。管路系统密封的方法很多，目前有采用“O”形密封圈密封、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。为减少压力损失，高压管线（地面高压管加孔内注浆管）总长度不宜过长。

5.2.3 送浆时喷射介质输送顺序一般是先送气，再送浆液，最后送高压水。因管路系统试水检查和带水插管或采用钻喷一体施工法带水造孔后，管路中会残留有清水，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 可开始提升。此时，孔内部分浆液也返出孔外。

5.2.5 目前，在高压喷射注浆施工中，采用的参数是根据固结体的尺寸和强度要求选定的。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。

5.2.6 拆卸注浆管时的前后喷射段未衔接或衔接过少将造成固结体脱节，即固结体中有上、下分离的现象，影响固结体的整体强度。定、摆喷射注浆拆卸注浆管时前、后喷射方向不一致，同样会影响到固结体的连接强度。为保证基坑隔水帷幕的密封性，高压喷射注浆固结体必须有一定厚度的相互搭接。

5.2.7 在高压喷射注浆过程中，往往有一定数量的土粒，随一部分浆液沿注浆管管壁返出地面，通过对返浆的观察，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。

5.2.8 用标准试模采集返浆试样，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不得少于 6 组。

5.2.9 在处理既有建（构）筑物基础下的软弱地基时或作为基坑支护结构时，由于高压喷射注浆对地基土进行了冲切破坏，在浆液或固结体初凝前，原地基土的强度会有所降低，可能导致原建（构）筑物或基坑周边建（构）筑物基础产生附加变形。因此，为降低高压喷射注浆对基础下的地基土产生大的扰动，应在浆液中添加速凝早强剂和进行跳孔（间隔）喷射注浆施工。同时，为掌握和控制建（构）筑物基础变形情况，在造孔和高压喷射注浆过程中，还应对该建（构）筑进行变形监测。

5.2.11 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。一般深度为 0.5~1.0m。有些漏浆地层的深度还会要大一些。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，严格按技术要求操作。

5.3 高压喷射注浆特殊情况处理

5.3.2 本条中施工作业条件主要是指场地条件和所采用的机具及设备。

1 喷射压力愈高，固结体尺寸愈大；当喷射压力不变时，喷射泵量增大，固结体尺寸相对增大。

2 本款建议降低旋转和提升速度，是指这两个参数要同时降低。工程研究表明，当提升速度不变时，旋转速度有一临界值，当低于此值时，固结体尺寸反而会减少。而该临界值与岩土类别和物理力学性质有关，不同岩土类别临界值不同；而同一岩土类别，但物理力学性质（如状态、密实度等）不同时，其临界值也有差异。该临界值很难在理论上统一表述，只能根据现场工艺性试验判断所处场地的情况。但是，同时降低旋转和提升速度，相当于增加了高压喷射冲击切割该段岩土的时间，固结体尺寸相应会有增大。

3 双高压喷射注浆为二次冲切土层，可增大固结体尺寸。

4 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）时，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，复喷有增加固结体尺寸的效果。其增大的数值随土质密度大小不同而变，松散土层不及较密土层明显，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。

5.3.3 如果不返浆，表明浆液沿地层漏失通道流失。它会影响固结体的尺寸、形状和强度，增加施工成本。所以，要采取措施减小浆液漏失量。往孔内投砂砾主要是通过砂砾在漏失通道中的架桥堆积作用，堵塞通道，从而达到减小或杜绝浆液漏失的目的。

5.3.5 在软弱地层高压喷射注浆后再注入砂浆，主要是提高固结体的强度。

6 施工管理

6.1 一般规定

6.1.5 关键工序质量控制首先应对操作者进行应知应会上岗考核，工位器具配套齐全适用，原材料分批次采购、入库、抽检、保管和使用。质检人员要监督操作者严格按工艺规程作业，并进行工序施工过程中的巡检和工序结束后的总检。本道工序质量不合格，不得进入下道工序作业。

6.2 成品保护

6.2.1 高压喷射注浆后，在浆液未终凝并达到一定的强度前进行抽水作业，将使浆液随抽水通道流失，无法形成隔水帷幕。由此而言，要求工程周边抽水点的影响半径原则上不能波及隔水帷幕。

6.2.2 高压喷射注浆固结体未达到一定的强度时进行堆载，特别是不均匀堆载，将有可能增大加固区域的不均匀沉降，破坏固结体结构形态和强度。

6.3 安全生产

6.3.2 高压喷射注浆施工在场地平整、设备安拆、造孔、高压喷射注浆等每个作业环节都存在安全生产问题，现场管理和施工人员必须严格遵守各项安全操作规程，防止安全事故发生。而高压管线、电气、造孔和高压喷射注浆设备为这些施工作业环节中的主要危险源，它们对施工人员和设备的危害性大，必须予以特别重视，加强管控。

6.4 环境保护

6.4.1 编制施工组织设计时，应对施工项目的环境因素进行识别。识别的目的是通过确认施工项目各个环境因素的时态、状态和对环境的影响，提出控制措施，保护场地和周边的环境。对环境因素进行识别时，除考虑工程施工本身对环境的影响外，也要考虑到场外环境因素是否有可能对施工造成不利影响。

6.4.2 在高压喷射注浆施工过程中，可视地层情况、工程要求和场地条件，回收利用部分孔内返浆。在泥质含量少的砂砾地层，如果能有效过滤砂砾颗粒，返浆的基本性能与新浆差异不会太大。只要适当调整水灰比，可替代部分新浆。在黏性土地层，由于黏粒微小，较难过滤，部分黏粒亦可与浆液形成胶溶物，因而返浆的性能与新浆差异大。如果用这部分返浆替代新浆，其与新浆一起拌和后的浆液性能会变差，对于高压喷射注浆固结体抗压强度要求较高的地基加固处理工程应慎用。

7 质量检测与工程验收

7.1 质量检测内容

7.1.3 本标准表 7.1.3 列出的检测项目是高压喷射注浆施工过程主要质量控制点，直接影响到工程质量，应做好这些项目的检测。

7.2 质量检测要求和方法

7.2.2 为能完整、全面地反映场地各地段的高压喷射注浆质量，质量检测点在场地上应均匀布置。施工过程中出现异常情况的部位和地质条件复杂的部位，往往是容易产生质量缺陷的部位，施工后必须对这些部位进行质量检测，以确保不留下质量隐患。

7.2.3 施工后的质量检测不局限于一种方法。采用两种以上方法进行综合检测能更加准确地反映高压喷射注浆质量。

1 开挖检测比较直观，是当前较好的一种质量检查方法。

2 由于对固结体钻探时，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，并严格控制孔斜。可使用金刚石钻具(取芯率可达 80%以上)钻取固结体芯，通过视觉、嗅觉和触觉来观察判断其固结体的完整性和均匀性，并将所取固结体芯样有选择地做成试块进行室内物理力学性质试验，测定其强度特性，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 工程验收标准各地质量监督部门都有一套完整的规范要求，应与当地质监部门联系，了解其工程验收标准，认真按当地质监部门的要求执行。相关单位除建设方外，还包括勘察、设计、监理、施工等单位与当地质监部门。

7.3.3 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。

4 施工材料检测报告包括材料出厂合格证明、质保单和复试报告。

5 施工质量检测报告是由第三方检测单位提供的检测报告。