

ICS 27.140

P 59

备案号: J2146—2016

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL / T 5728 — 2016

水电水利工程控制性灌浆施工规范

Specification of controlled grouting
for hydropower and water resources projects

2016-01-07 发布

2016-06-01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

水电水利工程控制性灌浆施工规范

Specification of controlled grouting
for hydropower and water resources projects

DL/T 5728 — 2016

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：2016 年 1 月 7 日

前 言

本规范根据《关于下达 2013 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2013〕235 号）的要求制定。

本规范在编制过程中进行了广泛的调研，总结了近年来大空隙地层控制性灌浆的施工经验，广泛征求了国内有关单位和专家的意见。

本规范主要技术内容是：灌浆材料和设备、施工准备、钻孔、水泥基双液灌浆、膏状浆液灌浆、模袋灌浆、质量检查等内容。

本规范由中国电力企业联合会负责日常管理，由电力行业水电施工标准化技术委员会负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国电力企业联合会标准化管理中心（地址：北京市白广路二条一号，邮编：100761）。

本规范主编单位：中国水利水电第三工程局有限公司

中国水利水电第十三工程局有限公司

本规范参编单位：中国水电基础局有限公司

本规范主要起草人员：王鹏禹 肖恩尚 曹琳 孙亮

廖勇 温建明 王琪 马超群

杨晓红 路丙辉 刘桃红 闫周文

洪敏浩 王永 王林勇 唐玉书

本规范主要审查人员：许松林 梅锦煜 汪毅 楚跃先

郭光文 余英 孙来成 郑桂斌

林鹏 孙志禹 张建华 罗维成

席浩 吴高见 向建 张祖义

沈益源 和孙文 朱明星 吕芝林

康明华

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 灌浆材料和设备	3
3.1 灌浆材料	3
3.2 浆液及制浆	4
3.3 灌浆设备和机具	5
4 施工准备	6
5 钻孔	7
6 水泥基双液灌浆	8
7 膏状浆液灌浆	9
8 模袋灌浆	11
附录 A 浆液扩散度现场试验方法	12
本规范用词说明	13
引用标准名录	14
附：条文说明	15

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Grouts and grouting equipment	3
3.1	Grouting material	3
3.2	Grouts and grout mixing	4
3.3	Grouting equipment and tools	5
4	Preparation	6
5	Drilling	7
6	Cement-sodium silicate and cement-polyurethane grouts	8
7	Colloidal grout	9
8	Bag grouting	11
	Appendix A Diffusance test methods for grouts	12
	Explanation of wording in this specification	13
	List of quoted standards	14
	Additions: explanation of provisions	15

1 总 则

1.0.1 为规范水电水利工程控制性灌浆施工、质量检查，满足工程安全的相关要求，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于水电水利工程大空隙地层灌浆施工。

1.0.3 控制性灌浆工程应制定环保措施。

1.0.4 控制性灌浆的质量检查方法、检查标准根据灌浆目标确定。以堵漏为目的或目标的控制性灌浆质量检查可采用渗漏量的减少为主要检查指标，当渗漏量或渗漏量减少（下降）比例达到设计要求或合同要求时，即可认为合格。

1.0.5 各项施工记录应在现场由专人记录，做到及时、准确、真实、齐全、整洁，灌浆记录应当班签认。各种资料应及时整理，编制成所需图表和成果资料。

1.0.6 控制性灌浆施工除应符合本规范外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 大空隙地层 formation with large gaps or pores

强漏失覆盖层、基岩大裂隙、充填不良的断层及其影响带、岩溶发育等空隙较大，采用常规水泥灌浆漏失量大的地层。

2.0.2 水泥基双液灌浆 cement based dual slurry grouting

将水泥浆和促凝浆液充分混合后，可控制凝结时间的灌浆方法。

2.0.3 膏状浆液 colloidal grout

具有较大屈服强度和塑性黏度、较小扩散度及良好触变性能，状似膏体的胶凝性浆液。

2.0.4 模袋灌浆 fabric form bag grouting

使用有滤水作用的化纤类材料制成模袋，放入大空隙地层的空隙或钻孔内实施灌浆的方法。

2.0.5 控制性灌浆 controlled grouting

采用膏状浆液灌浆、水泥基双液灌浆、模袋灌浆等工艺，控制浆液在大空隙地层中扩散范围的灌浆方法。

2.0.6 套管灌浆法 casing pipe grouting method

利用钻孔护壁套管作为灌浆通道，通过起拔套管形成灌浆段的灌浆方法。

2.0.7 填料止浆灌浆法 grout filler occluding grouting method

在灌浆孔内注入具有止浆作用的封闭填料的灌浆方法。

2.0.8 套阀管法 sleeve grouting method

在钻孔内置入套阀管并在管外环状空隙充填低强度灰浆，在套阀管内使用灌浆塞进行灌浆的方法。

3 灌浆材料和设备

3.1 灌 浆 材 料

3.1.1 控制性灌浆以水泥为主要材料,根据工程需要可加入黏土、膨润土、粉煤灰、水玻璃和其他材料。

3.1.2 根据控制性灌浆需要,可在浆液中加入速凝剂、减水剂、活性剂等外加剂,其种类和掺量应通过室内浆液试验和现场灌浆试验确定。

3.1.3 控制性灌浆用水泥品种应根据灌浆目的、地质条件、环境水的侵蚀作用等确定。

3.1.4 控制性灌浆用水泥品质、运输和储存条件应符合相关水泥标准的规定。

3.1.5 控制性灌浆用水应符合《水工混凝土施工规范》DL/T 5144 拌制水工混凝土用水的要求。

3.1.6 控制性灌浆用膨润土品质应符合《钻井液材料规范》GB/T 5005 的有关规定。

3.1.7 控制性灌浆用粉煤灰品质应符合《水工混凝土掺用粉煤灰技术规范》DL/T 5055 的有关规定。

3.1.8 控制性灌浆用水玻璃应符合《工业硅酸钠》GB/T 4209 中液体硅酸钠液-2、液-3 对模数的要求。

3.1.9 外加剂品质指标应符合《水工混凝土外加剂技术规程》DL/T 5100 或其他采用外加剂标准的规定。凡能溶于水的外加剂应以水溶液状态加入。

3.1.10 每批采购的水泥、掺合料、外加剂等,应符合有关的材料质量标准,并附有生产厂家的质量证明书。

3.2 浆液及制浆

3.2.1 浆液应根据设计要求和工程需要有选择地进行下列室内性能试验:

1 浆液密度、析水率(或结石率)、流动性或流变参数、凝结时间。

2 浆液结石密度、抗压强度、弹性模量、渗透系数。

3 其他试验。

3.2.2 灌浆浆液在施工现场应定期进行密度、析水率和流动性等性能的检测,发现浆液性能偏离规定技术要求较大时,应查明原因,及时处理。浆液主要性能现场试验方法参照《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》DL/T 5148 执行。

3.2.3 双液浆的各组分应分别配制、输送与储存。双组分储浆槽应有慢速搅拌装置。

3.2.4 应根据不同地质条件和工程需要,选用水泥浆拌制中掺入不同混合料、外加剂制成的膏状浆液。

3.2.5 模袋灌浆浆液可采用纯水泥浆液或水泥砂浆,必要时可加入速凝剂。

3.2.6 制浆材料应按规定的浆液配比计量,计量误差应小于 5%。水泥等固相材料宜采用称量法计量。

3.2.7 水泥、黏土、膨润土宜采用集中制浆站拌制成原浆。与黏土、膨润土不发生化学反应的外加剂宜在浆液配制过程中加入。

3.2.8 水泥基浆液应搅拌均匀,搅拌时间应通过试验确定。

3.2.9 纯水泥浆液自制备至用完的时间不宜大于 4h,其他浆液应根据试验确定。

3.2.10 寒冷季节施工应做好制浆站和灌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℃~40℃。

3.3 灌浆设备和机具

3.3.1 搅拌机的拌和能力应与所搅拌浆液的类型、浓度相适应，保证能均匀、连续地拌制浆液。

3.3.2 灌浆泵的技术性能应与所灌注浆液的类型、浓度相适应。额定工作压力应大于最大灌浆压力的 1.5 倍，压力波动范围宜小于灌浆压力的 20%，排浆量应能满足灌浆最大注入率的要求。

3.3.3 灌浆管路应保证浆液流动畅通，并能承受 1.5 倍的最大灌浆压力。灌浆泵到灌浆孔口的输浆距离不宜大于 30m。灌注膏状浆液时宜采用大直径灌浆管路，缩短输浆距离。

3.3.4 灌浆管路阀门宜采用耐磨阀门。

3.3.5 灌浆塞应与所采用的灌浆方法、灌浆压力、灌浆孔孔径及孔壁条件相适应。灌浆塞应有良好的膨胀和耐压性能，在最大灌浆压力下可靠地封闭灌浆孔段，易于安装和拆除。

3.3.6 灌浆泵和灌浆孔口处均应安设灌浆压力表。压力表量程的最大标值宜为最大灌浆压力的 1.5 倍~2.5 倍。压力表与管路之间应设有隔浆装置，且隔浆装置传递压力应灵敏无碍。

3.3.7 控制性灌浆工程宜使用灌浆记录仪，其技术性能和安装使用的基本要求应符合《灌浆记录仪技术导则》DL/T 5237 的规定。对不能采用记录仪自动计量的浆液，可在灌注时人工记录。

3.3.8 集中制浆站的制浆能力应满足灌浆高峰期所有作业面用浆需要，配备防尘、除尘设施。

3.3.9 灌浆结束后，应及时对灌浆设备和管路进行清洗。

3.3.10 钻孔灌浆计量器具应定期进行校验或检定。

4 施 工 准 备

4.0.1 控制性灌浆工程施工前应具备下列设计文件或相应的资料：

- 1 施工详图和设计说明书。
- 2 灌浆区域工程地质和水文地质资料。
- 3 主要灌浆材料来源及料场资料。
- 4 灌浆试验报告。
- 5 灌浆施工组织设计。
- 6 灌浆施工技术要求。
- 7 灌浆质量标准 and 检查方法。

4.0.2 控制性灌浆开始前，应充分了解受灌地层状况。当地质资料不够详尽或地质条件复杂时，应根据实际需要进行补充地质勘探。

4.0.3 施工前应根据工程需要、施工条件确定浆液的种类和性能指标，并完成浆液配合比试验。

4.0.4 应进行灌浆试验，试验地点应具有代表性。

4.0.5 每批材料入库前应按规定进行检验验收。

4.0.6 灌浆工程所用的风、水、电、浆液制备、供给等设施应可靠，宜设置专用管路和线路。

5 钻 孔

5.0.1 钻孔方式应根据地质条件和灌浆方法确定。在岩石地层中宜采用回转式钻机或冲击回转式钻机钻进；覆盖层地层中宜采用跟管法钻孔。

5.0.2 钻孔孔径应根据地质条件、钻孔深度、钻孔方法和灌浆方法确定。

5.0.3 钻孔位置与设计位置的偏差不得大于 10cm。终孔孔深、孔斜应符合设计要求。

5.0.4 在高压涌水地层钻孔时，孔口应设安全防护装置。

5.0.5 钻孔时应详细记录岩层、岩性以及孔内涌水、失水、塌孔、掉块、掉钻、埋钻等异常情况。钻孔遇到特殊地层出现塌孔或埋钻时，应查明情况、分析原因，进行处理。

6 水泥基双液灌浆

6.0.1 在较大流量、较高流速涌水地层灌浆时，宜选用水泥基双液灌浆。

6.0.2 根据工程需要和现场条件，通过调整浆液配比控制浆液凝结时间。

6.0.3 灌浆应采用纯压式，浆液在孔口或灌浆段开始位置混合。

6.0.4 灌浆可采用双液灌浆泵或两台独立灌浆泵进行，其压力和流量应满足施工需要。

6.0.5 灌浆管路上应分别设置止回阀和安全阀，出口部位宜设置混合装置。

6.0.6 压力表应安装在孔口处进浆管上。

6.0.7 灌浆压力应根据地层条件、灌浆目的、涌水压力等情况确定。

6.0.8 在设计灌浆压力下，停止吸浆或单位注入量达到设计规定值时可结束该段灌浆。

6.0.9 灌浆过程因事故中断时，应扫孔复灌。

7 膏状浆液灌浆

7.0.1 在覆盖层强漏失地层、基岩大裂隙地层、充填不好的断层及其影响带进行充填、封堵灌浆时，宜选用膏状浆液灌浆。

7.0.2 膏状浆液灌浆与普通水泥灌浆结合使用时，应先完成膏状浆液灌浆施工，再进行普通水泥灌浆施工。

7.0.3 膏状浆液灌浆应按分序加密的原则进行。

7.0.4 膏状浆液灌浆应采用纯压式灌注。

7.0.5 在覆盖层地层中，膏状浆液灌浆可采用套阀管法、套管灌浆法或填料止浆灌浆法；岩石地层中，宜采用栓塞灌浆法。

7.0.6 在灌注具有快凝特性的膏状浆液时，宜在灌浆泵出口处设置安全阀。

7.0.7 膏状浆液灌浆分段宜按以下原则进行控制：

1 采用套阀管法时，段长宜为 0.5m~1.0m。

2 采用套管灌浆法时，段长不宜大于 1.5m；灌浆宜采用段内短间隔起拔套管连续灌浆法，起拔速度可根据生产性试验情况确定，一般为 0.3m/h~0.5m/h。

3 采用填料止浆灌浆法时，段长不宜大于 0.5m。

7.0.8 灌浆过程中，应根据注入率变化情况逐级提高压力。

7.0.9 膏状浆液可按扩散度分为三级，一级扩散度为 160mm~210mm，二级扩散度为 120mm~160mm，三级扩散度为 70mm~120mm；膏状浆液灌浆应按扩散度由大到小的原则进行。

1 当灌浆压力保持不变，注入率持续减少时，或当注入率不变而压力持续升高时，不得变浆。

2 当某一比级浆液的灌注量达到 1m^3 ，而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时，应逐级变浆。

7.0.10 灌浆过程中，发现冒浆、漏浆、注入量大时，应根据具体情况采用表面封堵、调整膏状浆液性能，以及降压、限流、限量、间歇、停灌待凝等方法进行综合处理。

7.0.11 灌浆因故中断，应及时恢复，无法恢复时应重新扫孔或补孔复灌。

7.0.12 在设计灌浆压力下，停止吸浆或单位注入量达到设计规定值时可结束灌浆。

8 模 袋 灌 浆

8.0.1 在大型溶洞、宽大裂隙等进行充填、封堵灌浆时，宜选用模袋灌浆。

8.0.2 依据探明的溶洞、裂隙的规模，确定模袋形状、尺寸、绑扎方法及模袋入孔钻孔孔径。

8.0.3 依据探明的溶洞、裂隙的分布情况和渗漏情况，确定钻孔位置、数量。

8.0.4 模袋加工制作宜采用缝制或黏结，应做拉伸、黏结强度试验。

8.0.5 模袋批量制作完成后，应进行破坏性压浆试验。

8.0.6 入孔前应对模袋进行现场捆扎试验，确保模袋在空隙内能顺利打开。

8.0.7 模袋固定宜绑扎在硬质注浆管上；绑扎后直径应至少小于钻孔孔径 2cm，确保模袋自由入孔。

8.0.8 向模袋内注浆宜采取纯压式灌注。

8.0.9 灌浆压力应不大于模袋压浆试验模袋破坏压力的 60%；灌浆压力以作用在模袋内的压力为准。

8.0.10 模袋灌浆注入率不宜大于 30L/min，接近理论灌入量时，应适当降低灌浆速率。

8.0.11 模袋入孔过程中损坏，应及时更换。

8.0.12 模袋在灌浆施工过程中脱落，应及时拔出注浆管，进行扫孔处理。

8.0.13 实际灌入量与模袋理论灌入量出入较大时，应查明原因并及时处理。

8.0.14 在规定压力下，停止吸浆持续 10min 可结束灌浆。

附录 A 浆液扩散度现场试验方法

A.0.1 目的及适用范围：快速测定膏状水泥浆、泥浆等颗粒性灌浆浆液的扩散度。

A.0.2 仪器设备：截锥圆模（上口直径 36mm、下口直径 64mm、高度 60mm，内壁光滑无缝的金属制品）、玻璃板、秒表、钢直尺、刮刀。

A.0.3 试验方法：

1 将玻璃板放置在水平位置，用湿布擦抹玻璃板、截锥圆模，使其表面湿润而不带水渍。将截锥圆模放在玻璃板的中央，并用湿布覆盖待用。

2 将拌好的浆液迅速注入截锥圆模内，用刮刀刮平。

3 将截锥圆模按垂直方向提起，同时开启秒表计时，任浆液在玻璃板上流动。至 30s，用直尺量取流淌部分相互垂直的两个方向的最大直径，取平均值作为浆液的扩散度。

4 重复以上步骤，再测定一次。以两次测值的平均值为试验结果（精确至 1mm）。如两次测值的差值大于 10%，应分析原因并另行测定。

A.0.4 注意事项：

1 浆体注满试模后，应立即进行测试。

2 试验过程切忌振动。

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,在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:“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引 用 标 准 名 录

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 4209 工业硅酸钠
- GB/T 5005 钻井液材料规范
- DL/T 5055 水工混凝土掺用粉煤灰技术规范
- DL/T 5100 水工混凝土外加剂技术规程
- 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
- DL/T 5267 水电水利工程覆盖层灌浆技术规范
- DL/T 5237 灌浆记录仪技术导则

中华人民共和国电力行业标准

水电水利工程控制性灌浆施工规范

DL/T 5728 — 2016

条 文 说 明

目 次

1	总则	17
2	术语	19
3	灌浆材料和设备	20
3.1	灌浆材料	20
3.2	浆液及制浆	21
3.3	灌浆设备和机具	23
4	施工准备	25
5	钻孔	26
6	水泥基双液灌浆	27
7	膏状浆液灌浆	28
8	模袋灌浆	30

1 总 则

1.0.1 控制性灌浆旨在以较低成本初步解决大空隙地层（覆盖层强漏失地层、基岩大裂隙地层、断层破碎带、岩溶地层等）的堵漏或防渗问题。近年来，控制性灌浆技术越来越多地应用于水电水利工程中，针对大空隙地层，普遍采用了膏状浆液灌浆、水泥基双液灌浆、模袋灌浆等技术，有效地解决了大漏失地层的灌浆问题，节约了浆材，提高了效率。

1.0.2 本规范适用的范围是大空隙地层，如覆盖层强漏失地层、基岩大裂隙地层、充填不好的断层及其影响带、岩溶发育地层等。由于此类地层中往往伴随有动水，因此动水封堵是控制性灌浆的重要目标。

1.0.3 控制性灌浆工程中，如涉及化学浆材或化学外加剂时，应选用环保型，以满足环保要求，保证作业人员的职业健康安全。

1.0.4 堵漏灌浆中有坝基渗漏灌浆、隧洞突水封堵灌浆、水工建筑物地基中集中渗漏灌浆等，灌浆的条件不同，尤其是已建成建筑物的修补灌浆，往往施工条件有很大限制，灌浆结果不可能达到原来的标准，因此可根据地层条件、运行安全要求等情况确定一个渗漏减少量或减少比例为合格标准。例如，某围堰灌浆中以渗漏减少 60% 为合格标准，某坝基帷幕渗漏采用渗漏量减少 70% 为合格标准。当控制性灌浆用于永久性工程或防渗要求较高时，控制性灌浆只是第一步，必须进行后续的水泥灌浆或化学灌浆，才能彻底解决问题。

1.0.5 灌浆工程是隐蔽工程，各种现场施工记录是分析评价灌浆工程质量的重要依据，因此要严格要求，认真记录。记录要在现

DL/T 5728 — 2016

场施工时填写，专人审核；不允许事后补记，更不得随意编造。控制性灌浆工程情况不一，图表格式内容也不尽相同，主要表格和成果图可参考 DL/T 5148—2012 附录 C、DL/T 5267—2012 附录 B，也可根据工程需要自行设计。

2 术 语

2.0.3 本条引用的是 DL/T 5267—2012 第 2.0.6 条对膏状浆液的定义。

3 灌浆材料和设备

3.1 灌 浆 材 料

3.1.1 为节约成本,控制性灌浆浆液多以水泥浆为基础,通过速凝、抗水、提高浆液塑性黏度等手段,达到控制浆液扩散范围、减少浆液流失的目的。工程实践中除了黏土、膨润土、粉煤灰、水玻璃、外加剂等,还可加入粉细砂、粗砂、小石等粗粒材料。

3.1.2 根据工程要求、地质情况和浆液特性选择外加剂。常用的外加剂主要有:

1 速凝剂:水玻璃、氯化钙或其他无碱速凝剂等。

2 减水剂:萘系高效减水剂、木质素磺酸盐类减水剂、聚羧酸类高效减水剂等。

3 活性剂:碱等。

4 复合外加剂:高触变抗石膏状浆液外加剂等。

5 其他外加剂:偏铝酸钠、改性剂等。

3.1.3 本条引用 DL/T 5148—2012 第 3.1.1 条。控制性灌浆可以采用硅酸盐或硫铝酸盐类水泥,环境水有侵蚀作用时,应根据环境水的种类和浓度确定相应的水泥品种。

3.1.4 根据 GB 175—2007 及相应的水泥试验标准,硅酸盐水泥的强度等级分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R 六个等级;普通硅酸盐水泥的强度等级分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R 四个等级;矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥的强度等级分为 32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R 六个等级。采用灌浆专用水泥时,应符合灌浆专用水泥的标准。

控制性灌浆施工用水泥对细度没有专项要求,符合 GB 175—2007 标准的水泥均可满足要求。

3.1.5 本条引自 DL/T 5148—2012 第 3.1.4 条。

3.1.7 本条引自 DL/T 5148—2012 第 3.1.6 条第 3 款。各级粉煤灰品质指标和等级见 DL/T 5055—2007。

3.1.8 水玻璃具有无毒、价廉、黏度小的特点,在防渗堵漏工程中应用广泛,缺点是耐久性差。

3.2 浆液及制浆

3.2.1 纯水泥浆液灌浆工艺较简单,实践经验丰富,技术成熟,各地水泥性能差异不大,且积累了很多室内纯水泥浆液试验资料,可不进行室内试验。其他浆液材料和浆液配合比相对复杂,各地材料性能差别较大,地质情况和灌浆要求不同,需要进行浆液试验。控制性灌浆的浆液要根据设计要求和工程需要进行试验,浆液配比需要选择多个方案结合现场灌浆试验确定。

膏状浆液流变参数用旋转黏度计测定,测试成果以抗剪屈服强度、塑性黏度表示。

应当说明的是,室内浆液及其结石性能试验均是在浆液自由沉淀的条件下进行的,这与浆液通过高压灌浆沉积在岩层中的状况不同,试验数据要进行分析,参考应用。

其他试验还包括浆液结石的抗拉强度、抗渗等级、渗透破坏比降等。

本条参考 DL/T 5148—2012 第 3.1.9 条。

3.2.2 本条引自 DL/T 5148—2012 第 3.1.10 条。浆液性能直接影响控制性灌浆的效果,因此在施工现场应定期进行浆液性能检测,发现偏差时应及时调整。

3.2.3 现阶段,双液浆主要是水泥—水玻璃双液灌浆或水泥—聚氨酯双液灌浆。为防止制浆材料混合发生反应,应采用两条管路分别输送,在孔口或灌浆段开始位置混合后进行灌浆。储浆槽要

有慢速搅拌装置，防止各组分发生分层、沉淀、离析等现象。

3.2.4 目前，膏状浆液主要分为四类，即普通膏状浆液、速凝膏状浆液、纤维膏状浆液和高触变抗水膏状浆液。基本情况如下：

1 普通膏状浆液：浆液本身不需要增加速凝、抗分散或抗冲刷成分的膏状浆液。

2 速凝膏状浆液：普通膏状浆液中掺加速凝成分，胶凝速度较快的膏状浆液。

3 纤维膏状浆液：在普通或速凝膏状浆液中掺加适量纤维所制成的膏状浆液。

4 高触变抗水膏状浆液：在水泥浆中加入适量复合外加剂，具有较高触变性和一定抗水能力的膏状浆液。

由于膏状浆液具有较高的塑性屈服强度，因此当流动剪切应力小于塑性屈服强度时，浆液并不产生流动，从而减少了重力对流动的影响，膏状浆液的扩散范围就可以由调节灌浆压力来实现。浆液凝结时间可通过外加剂来调节。

国内最早于 20 世纪 80 年代在贵州红枫大坝的帷幕灌浆中成功地应用了膏状浆液灌浆，近几年这种灌浆方法得到了较快的发展，如云南小湾水电站、贵州毛家河水电站的围堰防渗帷幕灌浆，辽西北引水工程某洞渣料填筑的围堰防渗帷幕灌浆，构皮滩水电站溶洞部位的帷幕灌浆等都成功地应用了膏状浆液，湖南托口水电站应用了膏状浆液封闭高压脉动劈裂灌浆。

高触变抗水膏状浆液与普通膏状浆液不同，静置状态下有一定的析水率。

地层中有较大流速动水时，宜优先采用速凝膏状浆液、纤维膏状浆液、高触变抗水膏状浆液灌注。

3.2.5 模袋材料通常为土工布、化纤布，具有轻薄、高强、柔软、析水的特点，充填料在灌浆压力和自重作用下，能从模袋的孔隙中排出多余水分，降低水灰比，缩短充填料凝结时间，提高充填料固化后强度。

浆液一般要求为：纯水泥浆水灰比 0.5:1 或以上；若设计要求灌注砂浆时，要配备砂浆泵，砂浆水灰比 1:1~0.5:1，掺砂量为水泥质量的 50%~200%。

3.2.6 制浆材料计量准确才能保证浆液质量，应当尽可能使用自动加料、自动称量系统。

3.2.7 水泥、黏土（或膨润土）在浆液中的用量较大，采用集中制浆站拌制成原浆，施工现场配浆时更方便、准确。膨润土少量使用或需要立即使用时，也可干掺，干掺时应先加入膨润土，先搅拌 30s 左右，再加入水泥并应适当延长搅拌时间。

3.2.8 水泥基混合浆液因搅拌机不同，搅拌时间应通过试验确定，确保搅拌均匀。

3.2.9 本条引自 DL/T 5267—2012 第 4.3.3 条。

3.2.10 本条引自 DL/T 5148—2012 第 3.3.7 条、DL/T 5267—2012 第 4.3.7 条。

3.3 灌浆设备和机具

3.3.1 高速搅拌机应当能搅拌水灰比 0.45:1 及更稀的水泥浆或黏度相当的水泥黏土浆。膏状浆液等高内聚力浆液应使用大扭矩的叶片式搅拌机和专用搅拌机。而储浆搅拌机仅是保持浆液的运动状态，使之不沉淀，要求转速较慢，功率也较小。

3.3.2 选择灌浆泵时，要考虑所灌注浆液的类型、浓度、压力、排量等指标，泵压力波动范围要满足要求。活塞、柱塞式灌浆泵可灌注水灰比为 0.45:1 及更稀的水泥浆或黏度相当的水泥黏土浆。灌注膏状浆液可选择螺杆式灌浆泵、挤压泵、砂浆泵或膏状浆液泵。灌注水泥—水玻璃双液浆时宜使用化灌泵、双液灌浆泵、双液混合器及双液栓塞等专用设备，双液灌浆泵应能调节两液的比例。

3.3.3 灌浆管路要连接牢靠，不能漏浆。灌浆泵到灌浆孔口的输浆距离过大时，压力损失增大，自动记录仪的计量误差也加大，

灌浆过程控制难度加大。

3.3.4 灌浆管路阀门要能在高压水泥浆液冲蚀环境下可靠调节。

3.3.6 宜在灌浆泵和灌浆孔口均安装压力表，特别是条件所限灌浆泵与孔口高程差大时，应在孔口进浆管路上安装压力表来控制灌浆压力。灌浆压力表的量程范围和安装要符合本条规定。

3.3.7 控制性灌浆工程宜使用灌浆记录仪，要求灌浆记录仪能测记灌浆压力、注入率两个参数，并使用单支流量计即可。

3.3.8 集中制浆站的制浆能力应满足灌浆高峰期所有机组用浆需要，宜自动化、智能化，减少人工操作强度和人为因素的影响。

3.3.9 灌浆结束后要及时清洗灌浆设备和管路，防止浆液沉积。

3.3.10 钻孔灌浆计量器具，包括测斜仪、压力表（计）、流量计、密度计（比重计）、自动记录仪、称量器具等。为了保持灌浆计量器具的量值准确，必须定期进行校验或检定。根据《中华人民共和国计量法》，施工企业所使用的大部分计量器具不在强制检定范围内，可以由企业自行校验。

4 施 工 准 备

4.0.1 本条引自 DL/T 5267—2012 第 5.0.1 条。

4.0.2 控制性灌浆具有较强的针对性，在施灌前要充分了解大孔隙地层的情况，孔隙范围、分布、规模，以确定合适的灌浆方法及浆材的选择。在遇有较大涌水时，对涌水来源、通道走向、涌水压力、涌水流量等调查了解应尽可能详细，并进行初步分析。

地质资料会对复杂地层控制性灌浆施工工艺的选取、主要设备的选择、施工进度、施工质量的保证造成很大影响，因此当资料不够详尽或当地质条件复杂时，应进行补充地质勘探。地质复勘钻进过程中，应详细、准确记录钻孔时遇到的各种现象，根据钻孔返水、返碴情况、钻进速度、钻机运行情况判断地下水位、漂（孤）石的分布、埋深，地层的架空、漏失、串通、动水及地下承压水等的分布状况情况。

4.0.4 控制性灌浆不同于常规灌浆，有条件的必须进行现场试验，场地要综合施工条件及地质条件的代表性等因素来选择，其目的是验证控制灌浆的技术可靠性、经济可行性和进度可控性，根据结果对施工方案和参数进行优化。在试验的基础上编制灌浆设计文件和施工组织设计，并随着工程的进展逐步优化，以提高控制性灌浆的施工效果。

4.0.6 本条引自 DL/T 5267—2012 第 5.0.3 条。

5 钻 孔

5.0.1 控制性灌浆的钻孔采用回转式钻机、冲击式和冲击回转式钻机钻进都是可行的，具体应根据地质条件和施工方法选择。风动跟管钻机钻孔是目前在覆盖层中钻孔比较先进、高效的方法，特别适用于大空隙地层，可防止孔壁坍塌，成孔效率高。

5.0.2 一般来讲，使用同一种方法钻孔，孔径小的进尺快、成本低。但控制性灌浆钻孔需根据地质条件、钻孔深度、钻孔方法和灌浆方法来综合确定，覆盖层地层中钻孔宜大些，一般不小于133mm；采用双液灌浆、模袋灌浆时，钻孔孔径应分别根据管路直径、模袋绑扎后的直径确定。

5.0.3 本条针对帷幕灌浆而言，堵漏灌浆可根据情况进行调整。控制性灌浆有时是针对某一具体段位或部位进行的，对分段孔深可不要求，但要求终孔孔深应符合设计规定。

5.0.4 在高压涌水地层钻孔，孔口设封闭装置，钻孔遇到涌水时，可控制高压涌水不涌出孔口，一是为了人员安全，二是为钻孔转灌浆操作方便。

6 水泥基双液灌浆

6.0.1 水泥基双液灌浆可分为水泥—水玻璃双液浆和水泥—聚氨酯双液浆，可视工程需要和现场条件而定。

6.0.2 水泥—水玻璃双液浆常用配比如下：水泥浆水灰比 0.6:1～1:1；水玻璃浓度 30° Bé～45° Bé，水泥浆和水玻璃的体积比为 1:0.3～1:0.8。

6.0.3 孔口或灌浆段开始位置混合应视双液凝结时间长短选用。

6.0.4 双液浆两种组分混合后即快速反应，因此必须单独输送，至孔口或灌浆段开始位置处进行混合。

6.0.5 双液浆两条管路上应设置止回阀和安全阀，出口部位设置混合器可确保两种浆液充分混合。

6.0.6 双液灌浆为纯压式灌浆，因此压力表应安装在进浆管路上。

6.0.8 控制性灌浆结束标准变化很大，现场可在灌浆试验成果基础上由设计单位规定。

7 膏状浆液灌浆

7.0.2 考虑到采用膏状浆液灌浆的地层，多为大空隙地质条件，先施工普通水泥灌浆很难达到防渗效果，而先施工膏状浆液灌浆即可填充大空隙地层空隙，又可以对常规水泥灌浆的浆液扩散半径起到保护作用，防止浆液浪费。

7.0.3 多排膏状浆液灌浆孔，应先灌注边排孔，后灌注中间排孔，边排孔宜分为三序施工，中间排孔可分为两序或三序施工。由两排孔组成的膏状浆液灌浆，应先灌注下游排孔，后灌注上游排孔，每排孔宜分为两序或三序施工。

7.0.4 膏状浆液的塑性黏度大、流动性差，因此规定采用纯压灌注方式。

7.0.5 针对不同地层选用适用的灌浆方式，在覆盖层地层中常采用套阀管法、套管灌浆法或填料止浆灌浆法。膏状浆液在初期是有一定扩散度的，且在压力作用下灌注，可以采用套阀管法。阳江核电平堤水库等工程实践证明，膏状浆液可采用套阀管法灌浆且效果很好。岩石地层中采用栓塞灌浆法，在破碎的岩石地层中也可使用填料止浆灌浆法，该方法能够有效地支撑孔壁，防止出现塌孔现象，利于保证灌浆质量。

7.0.6 灌注具有快凝特性的膏状浆液时，易造成浆液快速凝固，铸死灌浆管，从而造成爆管事故的发生。为保证安全，宜在管路上设置安全阀。

7.0.7 膏状浆液灌浆因地质条件的特殊性，应尽量缩短灌浆有效段长，以保证浆液在扩散时能够充分填充空隙。如遇到特别破碎的地层，应根据岩层完整性及岩溶发育情况来确定提升灌浆段长，在控制浆液扩散范围的同时，保证浆体的连续性和有效性。

7.0.8 灌浆压力是保证和控制灌浆质量，确保工程安全和造价的重要因素，因此灌浆压力的控制是确定膏状浆液灌浆扩散半径的主要指标，在大空隙地层施工时，应尽量逐级升压，防止因大压力和大流量造成的浪费；如注入率较小且压力稳定，则可尽快达到设计压力，避免浆液扩散距离过短。

7.0.9 在灌浆时，应根据覆盖层的地质情况、地下水的基本情况和防渗体的承压情况，选用扩散度不同等级的膏状浆液，以保证灌浆质量，节约工程成本。膏状浆液的塑性黏度大，流动性差，拌制需专用设备，制备难度大，一般采用单级浆液，需要时可按扩散度分级变浆。变浆宜逐步进行，不宜越级变浆。

7.0.12 因膏状浆液含水量小于纯水泥浆，故灌浆泌水时间应缩短，以防止因屏浆时间过长，造成管路堵塞。

8 模 袋 灌 浆

8.0.2 模袋的形状及尺寸应根据所灌注大空隙的情况确定，可根据钻探情况初步判断。为提高准确度，可用孔内摄像的方法进行观察。

8.0.4 模袋制作材料可采用土工布、聚丙烯编织布、丙纶编织布等或其他具有滤水作用的化纤类布。其性能指标应满足：单位面积质量宜 $>250\text{g/m}^2$ 、断裂强力 $\geq 20\text{kN/m}$ 、拉伸强度 $\geq 8\text{kN/m}$ 、断裂伸长率 40%~60%、垂直渗透系数 $>0.014\text{cm/s}$ 、等效孔径 $0.07\text{mm}\sim 0.2\text{mm}$ 、CBR 顶破强力 $\geq 4\text{kN}$ 。

模袋灌浆过程中，受压力作用最易导致损坏的是模袋的缝合（或黏合）处，接口容易胀裂。因此，不论是在厂家制作还是在现场制作，都要进行试验，选择合适的针脚、黏结材料等，并进行拉伸、黏结强度试验。

8.0.6 模袋通常是经过钻孔放入地层中，模袋捆扎的方式非常重要，否则，模袋在空隙内不能打开，浆液无法灌入，达不到充填的效果。因此，必须进行现场捆扎试验，以适应工程要求。

8.0.7 模袋折叠包裹在注浆管上，入孔底端土工布与注浆管应绑扎牢固，孔口端绑扎后应保证滑动灵活，保证在注浆过程中，模袋能自孔口端自由下滑，确保模袋在大空隙中伸展膨胀；注浆管多选用直径大于 DN25mm 的铁管。

采用在硬质注浆管上固定模袋的方式，可准确控制模袋的安装位置，特别是在大空腔内有动水时。

灌浆铁管底部采用反扣丝扣连接，灌浆结束后可卸扣取出。

8.0.9 模袋灌浆的关键是压力和灌浆速率的控制，在较大灌浆压力下有利于模袋顺利打开，使浆液充填饱满，利于水泥浆排水固

结，但不能超过压浆试验模袋破坏压力，制作好的模袋应进行现场压浆试验，以确定合理的灌浆压力和灌浆速率。工程实践中一般控制最大灌浆压力不大于模袋压浆试验模袋破坏压力的 60%，灌浆压力应计算浆柱压力。

8.0.11 模袋入孔过程中与孔壁摩擦易受损，需及时将受损模袋拔出孔外替换。

8.0.12 模袋在灌浆施工过程中脱落，应及时拔出注浆管，钻机移至孔位进行扫孔处理，并确保将脱落的土工布打捞出孔外。

8.0.13 在实际灌入量与模袋理论灌入量相当时，若不起压或灌入量超理论灌入量一定量后（一般为 15%~20%），要停止注浆，查明原因处理后再继续灌注。

8.0.14 在一定的灌浆压力下，停止吸浆后，模袋应能充分充填膨胀，此时继续灌注一段时间后可结束。
