

050-18(金)

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5148-2001

水工建筑物水泥灌浆施工技术规范

**Technical specification for cement grouting
construction of hydraulic structures**

主编单位：中国水利水电基础工程局

批准部门：中华人民共和国国家经济贸易委员会

批准文号：国家经济贸易委员会公告 2001 年第 31 号

中国电力出版社

2002 北京

中华人民共和国电力行业标准
水工建筑物水泥灌浆施工技术规范
DL/T 5148—2001

*

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京纪元彩艺印刷厂印刷

*

2002年6月第一版 2002年7月北京第二次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 3.25印张 84千字

印数 3001 6000册

*

书号 155083·552 定价: 14.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

目 次

前言

1 范围	1
2 引用标准	2
3 名词和术语	3
4 总则	6
5 灌浆材料、设备和制浆	8
6 坝基岩体灌浆	12
7 隧洞灌浆	22
8 混凝土坝接缝灌浆	27
9 岸坡接触灌浆	36
10 竣工资料和工程验收	38
附录 A (标准的附录) 灌浆工程压水试验	41
附录 B (提示的附录) 灌浆工程施工记录及成果图表	45
条文说明	59

1 范 围

本标准规定了水工建筑物水泥灌浆的施工技术要求和工程质量检验、评定方法。

本标准适用于 1、2、3 级水工建筑物基岩灌浆、隧洞灌浆、混凝土坝接缝灌浆等工程。4、5 级水工建筑物灌浆工程可参照使用。

2 引 用 标 准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中的引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 175—1999 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥

GB 50201—1994 防洪标准

DL 5010—1992 水利水电工程物探规程

DL 5013—1992 水利水电工程钻探规程

DL/T 5055—1996 水工混凝土掺用粉煤灰技术规范

DL 5108—1999 混凝土重力坝设计规范

DL/T 5144—2001 水工混凝土施工规范

SD 134—1984 水工隧洞设计规范

SDJ 249.1—1988 水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准（一）（试行）

SDJ 338—1989 水利水电工程施工组织设计规范（试行）

SL 25—1992 水利水电工程钻孔压水试验规程

3 名 词 和 术 语

3.0.1 水泥灌浆 cement grouting

利用灌浆泵或浆液自重，通过钻孔、埋管或其它方法把水泥浆液压送到岩体的裂隙、混凝土裂缝、接缝或空洞内的工程措施。

3.0.2 回填灌浆 filling grouting

用浆液填充混凝土与围岩或混凝土与钢板之间的空隙和孔洞，以增强围岩或结构的密实性的灌浆，这种空隙和孔洞是由于混凝土浇筑施工的缺陷或技术能力的限制所造成的。

3.0.3 固结灌浆 consolidation grouting

用浆液灌入岩体裂隙或破碎带，以提高岩体的整体性和抗变形能力的灌浆。

3.0.4 帷幕灌浆 curtain grouting

用浆液灌入岩体或土层的裂隙、孔隙，形成阻水幕，以减小渗流量或降低扬压力的灌浆。

3.0.5 接缝灌浆 joint grouting

通过埋设管路或其它方式将浆液灌入混凝土坝体的接缝，以改善传力条件增强坝体整体性的灌浆。

3.0.6 接触灌浆 contact grouting

用浆液灌入混凝土与基岩或混凝土与钢板之间的缝隙，以增强接触面结合能力的灌浆，这种缝隙是由于混凝土的凝固收缩而造成的。

3.0.7 循环式灌浆 circulation grouting

浆液通过射浆管注入到孔段内，部分浆液渗入到岩体裂隙中，部分浆液通过回浆管返回，保持孔段内的浆液呈循环流动状态的灌浆方式。

3.0.8 纯压式灌浆 non-circulation grouting

浆液注入到孔段内和岩体裂隙中，不再返回的灌浆方式。

3.0.9 自上而下分段灌浆法 descending stage grouting method

从上向下逐段进行钻孔，逐段安装灌浆塞进行灌浆，直至孔底的灌浆方法。

3.0.10 自下而上分段灌浆法 ascending stage grouting method

将灌浆孔一次钻进到底，然后从钻孔的底部往上，逐段安装灌浆塞进行灌浆，直至孔口的灌浆方法。

3.0.11 综合灌浆法 comprehensive grouting method

在钻孔的某些段采用自上而下分段灌浆，另一些段采用自下而上分段灌浆的方法。

3.0.12 孔口封闭灌浆法 orifice-closed grouting method

在钻孔的孔口安装孔口管，自上而下分段钻孔和灌浆，各段灌浆时都在孔口安装孔口封闭器进行灌浆的方法。

3.0.13 先导孔 pilot hole

最先施工的、用于核对或补充灌浆地区地质资料的少数灌浆孔。

3.0.14 压水试验 water testing

利用水泵或水柱自重，将清水压入钻孔试验段，根据一定时间内压入的水量和施加压力大小的关系，计算岩体相对透水性和了解裂隙发育程度的试验。

3.0.15 简易压水 simple water testing

一种简化和粗略的压水试验，其目的是了解灌浆施工过程中岩体透水性变化的趋势。

3.0.16 屏浆 the measurement for keeping pressure to stage

灌浆段的灌浆工作达到结束条件后，为使已灌入的浆液加快凝固、提高强度，继续使用灌浆泵对灌浆孔段内施加压力的措施。

3.0.17 闭浆 the measurement for keeping closed stage

灌浆段的灌浆工作结束后，为防止孔段内的浆液返流溢出，继续保持孔段封闭状态的措施。

3.0.18 高压水泥灌浆 high pressure cement grouting

灌浆压力大于或等于 3MPa 的水泥灌浆。

3.0.19 水灰比 water-cement ratio

水泥浆液中所含的水与水泥成分数量的比值。我国通常使用质量（重量）比，用数字或分式表示，如 1、2 或 1:1、2:1 等。

4 总 则

4.0.1 灌浆工程施工前应取得下列设计文件或相应的资料：

1 坝基和隧洞岩体灌浆：

施工详图和设计说明书；

灌浆地区工程地质和水文地质资料；

初步设计阶段的灌浆施工组织设计；

灌浆试验报告；

灌浆施工技术要求；

灌浆质量标准和检查方法。

2 混凝土坝接缝灌浆：

坝体结构和灌浆设计说明书；

接缝灌浆分区和灌浆系统设计图；

坝块混凝土应达到的温度和测定温度的方法，接缝设计张开度、增开度；

灌浆施工技术要求；

灌浆质量标准和检查方法。

4.0.2 下列灌浆工程在施工前或施工初期应进行现场灌浆试验：

1 1、2级水工建筑物基岩帷幕灌浆；

2 地质条件复杂地区或有特殊要求的1、2级水工建筑物基岩固结灌浆和隧洞围岩固结灌浆。

灌浆试验的地点应具有代表性。当在工程建设部位进行试验时，不得采取对工程可能产生不良后果的试验方法。

4.0.3 灌浆工程所用的风、水、电供应必须可靠，必要时宜设置专用管路和线路，并有备用水源和电源。

4.0.4 灌浆工程应制定妥善的环保和劳动安全措施。钻渣、污水和废浆不得随意排放；廊道、井洞内作业，应有良好的照明和通风条件。

4.0.5 已完成灌浆或正在灌浆的部位，其附近 30m 以内不得进行可能损害灌浆工程的爆破作业。必须爆破时应采取减震和防震措施，并征得有关部门的同意。

4.0.6 灌浆工程中的各个钻孔必须统一分类和编号。

4.0.7 各项施工记录应有专人在现场随着施工作业的进行使用蓝黑或碳素墨水笔逐项填写，做到及时、准确、真实、齐全、整洁；各种资料必须及时整理，编制成所需的图表和其它成果资料。

4.0.8 重要工程的帷幕灌浆和高压固结灌浆，应使用灌浆自动记录仪。

4.0.9 在施工过程中，各有关单位对灌浆资料、地质情况和施工技术措施应经常进行分析总结，优化设计和施工。

5 灌浆材料、设备和制浆

5.1 灌浆材料和浆液

5.1.1 灌浆工程所采用的水泥品种，应根据灌浆目的和环境水的侵蚀作用等由设计确定。一般情况下，可采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。当有抗侵蚀或其它要求时，应使用特种水泥。

使用矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥灌浆时应得到设计许可，浆液水灰比不宜稀于 1。

5.1.2 灌浆用水泥的品质必须符合 GB175 或所采用的其它水泥的标准以及本条文的规定。

回填灌浆、固结灌浆和帷幕灌浆所用水泥的强度等级可为 32.5 或以上，坝体接缝灌浆所用水泥的强度等级可为 42.5 或以上。

帷幕灌浆和坝体接缝灌浆所用水泥的细度宜为通过 $80\mu\text{m}$ 方孔筛的筛余量不大于 5%。

钢衬接触灌浆和岸坡接触灌浆所用水泥的强度等级和细度，可参照坝体接缝灌浆的要求。

5.1.3 灌浆水泥应妥善保管，严格防潮并缩短存放时间。不得使用受潮结块的水泥。

5.1.4 灌浆用水应符合拌制水工混凝土用水的要求。

5.1.5 水泥灌浆一般使用纯水泥浆液。在特殊地质条件下或有特殊要求时，根据需要现场灌浆试验论证，可使用下列类型浆液：

1 细水泥浆液，系指干磨细水泥浆液、超细水泥浆液和湿磨水泥浆液；

2 稳定浆液，系指掺有稳定剂，2h 析水率不大于 5% 的水泥浆液；

3 混合浆液，系指掺有掺合料的水泥浆液；

4 膏状浆液，系指塑性屈服强度大于 20Pa 的混合浆液。

5.1.6 根据灌浆需要，可在水泥浆液中加入下列掺合料：

1 砂，质地坚硬的天然砂或人工砂，粒径不宜大于 2.5mm，细度模数不宜大于 2.0， SO_3 含量不宜大于 1%（以重量计，下同），含泥量不宜大于 3%，有机物含量不宜大于 3%。

2 膨润土或黏性土，黏性土的塑性指数不宜小于 14，黏粒（粒径小于 0.005mm）含量不宜低于 25%，含砂量不宜大于 5%，有机物含量不宜大于 3%；

3 粉煤灰，可选用 I、II 或 III 级粉煤灰。各级粉煤灰的品质指标应符合 DL/T 5055；

4 水玻璃，模数宜为 2.4~3.0，浓度宜为（30~45）波美度；

5 其它掺合料。

对掺合料品质指标的具体要求，应根据工程的情况和灌浆的目的确定。

5.1.7 根据灌浆需要，可在水泥浆液中加入下列外加剂：

1 速凝剂，水玻璃、氯化钙等；

2 减水剂，萘系高效减水剂、木质素磺酸盐类减水剂等；

3 稳定剂，膨润土及其它高塑性黏土等；

4 其它外加剂。

所有外加剂凡能溶于水的应以水溶液状态加入。

5.1.8 各类浆液中加入掺合料和外加剂的种类及数量，应通过室内浆材试验和现场灌浆试验确定。

5.1.9 纯水泥浆液可不进行室内试验。其它类型浆液应根据工程需要，有选择地进行下列性能试验：

1 掺合料的细度和颗分曲线；

2 浆液的流动性或流变参数；

3 浆液的沉降稳定性；

4 浆液的凝结时间；

5 结石的密度、强度、弹性模量和渗透性；

6 其它。

5.2 灌浆设备和机具

5.2.1 搅拌机的转速和拌和能力应分别与所搅拌浆液的类型和灌浆泵的排浆量相适应，保证能均匀、连续地拌制浆液。高速搅拌机的搅拌转速应不小于 1200r/min。

5.2.2 灌浆泵的技术性能与所灌注的浆液的类型、浓度应相适应。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%，排浆量能满足灌浆最大注入率的要求。

5.2.3 灌浆管路应保证浆液流动畅通，并应能承受 1.5 倍的最大灌浆压力。

5.2.4 灌浆泵和灌浆孔口处均应安设压力表。使用压力宜在压力表最大标值的 $1/4 \sim 3/4$ 之间。压力表与管路之间应设有隔浆装置。

5.2.5 灌浆塞应与所采用的灌浆方式、方法、灌浆压力及地质条件相适应，应有良好的膨胀和耐压性能，在最大灌浆压力下能可靠地封闭灌浆孔段，并且易于安装和卸除。

5.2.6 高压灌浆施工应采用下列设备和机具：

- 1 高压灌浆泵；
- 2 耐蚀灌浆阀门；
- 3 钢丝编织胶管；
- 4 大量程压力表，其最大标值宜为最大灌浆压力的 2.0～2.5 倍；

5 孔口封闭器或高压灌浆塞。

5.2.7 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，并应配备防尘、除尘设施。当浆液中需加入掺合料或外加剂时，应增设相应的设备。

5.2.8 所有灌浆设备应注意维护保养，保证其正常工作状态，并应有备用量。

5.2.9 钻孔灌浆的计量器具，如测斜仪、压力表、流量计、密

度计、自动记录仪等，应定期进行校验或检定，保持量值准确。

5.3 制 浆

5.3.1 制浆材料必须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质量（重量）称量法计量。

5.3.2 各类浆液必须搅拌均匀并测定浆液密度。

5.3.3 纯水泥浆液的搅拌时间，使用高速搅拌机时应大于30s；使用普通搅拌机时应大于3min。浆液在使用前应过筛，浆液自制备至用完的时间不宜大于4h。

5.3.4 拌制细水泥浆液和稳定浆液应使用高速搅拌机并加入减水剂。搅拌时间宜通过试验确定。细水泥浆液自制备至用完的时间宜少于2h。

5.3.5 集中制浆站宜制备水灰比为0.5的纯水泥浆液。输送浆液的管道流速宜为1.4m/s~2.0m/s。各灌浆地点应测定从制浆站或输浆站输送来的浆液密度，然后调制使用。

5.3.6 寒冷季节施工应做好机房和灌浆管路的防寒保暖工作。炎热季节施工应采取防晒和降温措施。浆液温度应保持在5℃~40℃。若用热水制浆，水温不得超过40℃。

6 坝基岩体灌浆

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于混凝土重力坝等各种坝型的基岩灌浆，水电站厂房等其它水工建筑物的基岩灌浆可参照执行。

6.1.2 蓄水前应完成蓄水初期最低库水位以下的帷幕灌浆及其质量检查和验收工作。蓄水后，帷幕灌浆应在库水位低于孔口高程时施工。

6.1.3 同一地段的基岩灌浆必须按先固结灌浆、后帷幕灌浆的顺序进行。

6.1.4 灌浆在有盖重混凝土的条件下进行时，盖重混凝土应达到 50% 设计强度后钻孔灌浆方可开始。

6.1.5 帷幕灌浆必须按分序加密的原则进行。由三排孔组成的帷幕，应先灌注下游排孔，再灌注上游排孔，然后进行中间排孔的灌浆，每排孔可分为二序。由两排孔组成的帷幕应先灌注下游排，后灌注上游排，每排可分为二序或三序。单排孔帷幕应分为三序灌浆。

6.1.6 在帷幕灌浆的先灌排或主帷幕孔中宜布置先导孔，先导孔可在一序孔中选取，其间距不宜小于 15m，或按该排孔数的 10% 布置。

6.1.7 采用自上而下分段灌浆法或孔口封闭灌浆法进行帷幕灌浆时，同一排相邻的两个次序孔之间，以及后序排的第一次序孔与其相邻部位前序排的最后次序孔之间，在岩石中钻孔灌浆的高差不得小于 15m。

6.1.8 帷幕后的排水孔和扬压力观测孔必须在相应部位的帷幕灌浆完成并检查合格后，方可钻进。

6.1.9 深孔固结灌浆可参照帷幕灌浆的技术要求进行施工。

6.1.10 固结灌浆应按分序加密的原则进行。灌浆孔排与排之间

和同一排孔内孔与孔之间，可分为二序施工。

6.1.11 制定工程进度计划时，应对固结灌浆和混凝土浇筑的时间统筹安排。

6.1.12 工程必要时，应安设抬动监测装置，在灌浆过程中连续进行观测记录，严禁抬动值超过设计规定。

6.2 钻 孔

6.2.1 帷幕灌浆孔宜采用回转式钻机和金刚石或硬质合金钻头钻进，也可采用冲击式或冲击回转式钻机钻进。当采用后种钻进方法时，应加强钻孔和裂隙的冲洗。固结灌浆孔可采用各种适宜的方法钻进。

6.2.2 帷幕灌浆孔位与设计孔位的偏差值不得大于 10cm，孔深应符合设计规定。实际孔位、孔深应有记录。

6.2.3 帷幕灌浆孔孔径不得小于 46mm，固结灌浆孔孔径不宜小于 38mm。

6.2.4 帷幕灌浆孔应进行孔斜测量。垂直的或顶角小于 5° 的帷幕灌浆孔，孔底的偏差不得大于表 6.2.4 的规定。发现钻孔偏斜值超过设计规定时，应及时纠正或采取补救措施。

表 6.2.4 帷幕灌浆孔孔底允许偏差 m

孔 深		20	30	40	50	60
允许偏差	单排孔	0.25	0.45	0.70	1.00	1.30
	二或三排孔	0.25	0.50	0.80	1.15	1.50

顶角大于 5° 的斜孔，孔底最大允许偏差值可根据实际情况按表 6.2.4 中的规定适当放宽，但方位角的偏差值不应大于 5° 。孔深大于 60m 时，孔底最大允许偏差值应根据工程实际情况确定，并不宜大于孔距。

深孔钻进时，应严格控制孔深 20m 以内的偏差。

6.2.5 钻孔过程中，遇岩层、岩性变化，发生掉钻、坍孔、钻速变化、回水变色、失水、涌水等异常情况，应详细进行记录。

6.2.6 钻孔遇有洞穴、塌孔或掉块难以钻进时，可先进行灌浆处理，再行钻进。如发现集中漏水或涌水，应查明情况、分析原因，经处理后再行钻进。

6.2.7 灌浆孔（段）在钻进结束后，应进行钻孔冲洗，孔底沉积厚度不得超过 20cm。

6.2.8 各类钻孔当施工作业暂时中止时，孔口应妥加保护，防止流进污水和落入异物。

6.3 裂隙冲洗和压水试验

6.3.1 采用自上而下分段循环式灌浆法、孔口封闭灌浆法进行帷幕灌浆时，各灌浆孔（段）在灌浆前应采用压力水进行裂隙冲洗，直至回水清净时止。冲洗压力可为灌浆压力的 80%，并不大于 1MPa。

采用自下而上分段灌浆法时，各灌浆孔可在灌浆前全孔进行一次裂隙冲洗。

对岩溶、断层、大型破碎带、软弱夹层等地质条件复杂地段，以及设计有专门要求的地段，裂隙冲洗应按设计要求进行，或通过现场试验确定。

6.3.2 帷幕灌浆先导孔应自上而下分段进行压水试验，试验采用单点法或五点法，按附录 A 执行。

6.3.3 采用自上而下分段循环式灌浆法、孔口封闭灌浆法进行帷幕灌浆时，各灌浆段在灌浆前宜进行简易压水。简易压水可结合裂隙冲洗进行，压力为灌浆压力的 80%，并不大于 1MPa，压水时间 20min，每 5min 测读一次压入流量。取最后的流量值作为计算流量，其成果以透水率 q 表示，单位为吕荣（Lu）。

采用自下而上分段灌浆法时，各灌浆孔灌浆前可在孔底段进行一次简易压水。

6.3.4 固结灌浆孔各孔段灌浆前应采用压力水进行裂隙冲洗，冲洗时间可至回水清净时止或不大于 20min，压力为灌浆压力的 80%，并不大于 1MPa。