ICS 27.140
P 15
备案号：J1383—2012

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL / T 5148 — 2012
代替 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

2012-01-04 发布　　　　2012-03-01 实施

国家能源局　　发布

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

Technical specification for cement grouting construction of hydraulic structures

DL / T 5148 — 2012

代替 DL / T 5148 — 2001

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：2012 年 3 月 1 日

中国电力出版社

2012 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
Technical specification for cement grouting
construction of hydraulic structures
DL / T 5148 — 2012
代替 DL/T 5148 — 2001
*
中国电力出版社出版、发行
（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http://www.cepp.sgcc.com.cn）
北京博图彩色印刷有限公司印刷
*
2012 年 3 月第一版 2012 年 3 月北京第一次印刷
850 毫米×1168 毫米 32 开本 4.375 印张 108 千字
印数 0001—3000 册
*
统一书号 155123 · 846 定价 **36.00** 元

前　　言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发2008年行业标准计划的通知》（发改办工业〔2008〕1242 号文）的要求，对DL/T 5148—2001《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》进行修订形成的。

在修订编制过程中，参编人员进行了广泛的调查研究和收集资料，征求了全国水电水利工程施工、设计、科研和管理单位的意见，总结了DL/T 5148—2001标准的执行情况，针对近10年来开发应用的新技术、新方法，以及出现的问题，对原标准进行了必要的修改、充实、完善。

本标准的主要技术内容包括灌浆材料、设备与制浆，现场灌浆试验，帷幕灌浆，坝基固结灌浆，隧洞灌浆，混凝土坝接缝灌浆，岸坡接触灌浆，施工记录与竣工资料等。

本标准对DL/T 5148—2001《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》进行修订的主要内容有：

——增加了“现场灌浆试验”一章和资料性附录“浆液主要性能现场试验方法”，将原“坝基岩体灌浆”分列为“帷幕灌浆”和“坝基固结灌浆”两章，并充实了内容；

——补充了若干新技术，如搭接帷幕灌浆、接缝灌浆重复灌浆系统、稳定性浆液等；

——对若干重要的施工工序，如钻孔、钻孔冲洗和压水试验、灌浆、灌浆结束条件等工艺参数作了适当调整；

——对接缝灌浆、岸坡接触灌浆的实施条件、质量检查方法等重新进行了规定；

——将帷幕灌浆孔不同深度的偏斜度、灌浆质量压水试验检查的坝高范围等进行了拓展；

——对部分灌浆施工记录及灌浆工程成果表进行了修订、补充。

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。

本标准主编单位：中国水电基础局有限公司。

本标准参编单位：中国水利水电科学研究院、武警水电第一总队、中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院、葛洲坝集团基础工程有限公司。

本标准主要起草人员：夏可风、赵存厚、肖恩尚、杨晓东、杨月林、郑治、焦家训、龚木金、黄灿新、符平、杨森浩、高永刚、曹炜、唐玉书、王碧峰、刘松富、宋伟、贺永利。

本标准主要审查人员：梅锦煜、许松林、吴新琪、楚跃先、汪毅、毛亚杰、张建华、王琪、孙志禹、孙来成、郭光文、康明华、陈宏、常焕生、杨成文、温文森、吴方明、钟彦祥、马如骐、孙钊、陈珙新、王行本、高广淳。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

目　次

Contents

1 总　则

1.0.1 为规范水工建筑物水泥灌浆工程的施工技术要求和质量检查评定方法，以利提高和保证灌浆工程质量，特制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水工建筑物的基岩灌浆、隧洞灌浆、混凝土坝接缝灌浆等工程。

1.0.3 灌浆工程施工前应收集和取得下列设计文件或相应的资料：

1 坝基和隧洞岩体灌浆。

1） 施工详图和设计说明书。

2） 灌浆地区工程地质和水文地质资料。

3） 灌浆试验报告。

4） 灌浆施工组织设计。

5） 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。

1） 坝体结构和接缝灌浆设计说明书。

2） 接缝灌浆分区和灌浆系统设计图。

3） 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。

4） 接缝灌浆施工组织设计。

5） 接缝灌浆施工技术要求、灌浆质量标准和检查方法。

1.0.4 灌浆工程所用的风、水、电供给应可靠，必要时宜设置专用管路和线路，并有备用水源和电源。

1.0.5 灌浆工程应制定妥善的环境保护和职业健康措施。灌浆廊道和井洞的适当部位宜设有灌浆机房、污水沉淀池等，各种管路、电线应架设整齐有序。作业场所应有良好的照明和通风条件，钻渣、污水和废浆不得随意排放。

1.0.6 已完成灌浆或正在灌浆的部位，其附近30m以内不应进行爆破作业；确需爆破时，应采取减震和防震措施，并征得有关部门的同意。

1.0.7 灌浆工程中的各个钻孔应与设计图纸相对应，统一分类和编号。

1.0.8 各项施工记录应有专人在现场随着施工作业的进行使用墨水笔逐项填写，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，编制成所需的图表和其他成果资料。帷幕灌浆和固结灌浆工程应使用灌浆记录仪。

1.0.9 各项灌浆施工过程中，必须做好工序质量控制和检查。对施工中遇到的异常情况，应及时反馈。有关单位应经常分析、研究和总结灌浆资料、地质情况和施工技术措施，优化设计和施工。

1.0.10 水工建筑物水泥灌浆的施工与工程质量检查验收等工作，除应遵守本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术　　语

2.0.1 水泥灌浆　cement grouting

利用灌浆泵或浆液自重，通过钻孔、埋管或其他方法把水泥浆液或以水泥为主要成分的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。

2.0.2 回填灌浆　filling grouting

用浆液填充混凝土与围岩或混凝土与钢结构之间的空隙和孔洞，以增强围岩或结构的密实性的灌浆工程。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。

2.0.3 固结灌浆　consolidation grouting

将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为主要目的的灌浆工程。

2.0.4 帷幕灌浆　curtain grouting

将浆液灌入岩体或土层的裂隙、孔隙，形成连续的阻水幕，以减小渗流量和降低渗透压力的灌浆工程。

2.0.5 接缝灌浆　joint grouting

通过埋设管路或其他方式将浆液灌入混凝土坝块之间预设的接缝缝面，以增强坝体的整体性、改善传力条件的灌浆工程。

2.0.6 接触灌浆　contact grouting

将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工程。这种缝隙是由于混凝土的凝固收缩而造成的。

2.0.7 循环式灌浆　circulation grouting

浆液通过射浆管注入孔段内，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。

2.0.8 纯压式灌浆 non-circulation grouting

浆液通过管路注入孔段内和岩体裂隙中，不再返回的灌浆方式。

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

自上而下逐段进行钻孔，逐段安装灌浆塞进行灌浆，直至孔底的灌浆方法。

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

将灌浆孔一次钻进到设计深度，然后自孔底开始往上逐段安装灌浆塞进行灌浆，直至孔口的灌浆方法。

2.0.11 综合灌浆法 comprehensive grouting method

在钻孔的某些部位采用自上而下分段灌浆，另一些部位采用自下而上分段灌浆的方法。

2.0.12 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。

2.0.13 先导孔 pilot hole

灌浆工程中，用于查明验证或补充灌浆区域地质资料的、最先施工的少数灌浆孔。

2.0.14 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。

2.0.15 简易压水试验 simple water testing

一种试验时间较短、精确度较低的压水试验，其目的是了解灌浆施工过程中岩体透水性变化的趋势。

2.0.16 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。

2.0.17 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。

2.0.18 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。

2.0.19 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。

3 灌浆材料、设备与制浆

3.1 灌浆材料与浆液

3.1.1 灌浆工程所采用的水泥品种，应根据灌浆目的、地质条件和环境水的侵蚀作用等因素确定，通常可采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐或复合硅酸盐水泥。当有抗侵蚀或其他要求时，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，浆液水灰比不宜大于 1。

3.1.2 灌浆用水泥的品质应符合 GB 175《通用硅酸盐水泥》或其他相关水泥标准的规定，以及本条文的要求。

1 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、各类接触灌浆所用水泥的强度等级可为 42.5 或以上。

2 帷幕灌浆、坝体接缝灌浆和各类接触灌浆所用水泥的细度宜为通过 80μm 方孔筛的筛余量不大于 5%。

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

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

3.1.5 水泥灌浆宜使用纯水泥浆液。在特殊地质条件下或有特殊要求时，根据需要通过现场灌浆试验论证，可使用下列类型的浆液。

1 细水泥浆液：系指超细水泥浆液、干磨细水泥浆液或湿磨水泥浆液。

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 水泥基混合浆液：系指掺有掺合料的水泥浆液，包括黏土水泥浆、粉煤灰水泥浆、水泥砂浆等。

4 膏状浆液：系指以水泥、黏土为主要材料的初始塑性屈服强度大于 50Pa 的混合浆液。

5 其他浆液。

3.1.6 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 1.5mm。

2 膨润土或黏性土：膨润土品质应符合 GB/T 5005《钻井液材料规范》的有关规定，黏性土的塑性指数不宜小于 14，黏粒（粒径小于 0.005mm）含量不宜小于 25%，含砂量不宜大于 5%，有机物含量不宜大于 3%。

3 粉煤灰：品质指标应符合 DL/T 5055《水工混凝土掺用粉煤灰技术规范》的规定。

4 水玻璃：模数宜为 2.4～3.0，浓度宜为 30～45 波美度。

5 其他掺合料。

3.1.7 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：木质素磺酸盐类减水剂、萘系高效减水剂、聚羧酸类高效减水剂等。

3 稳定剂：膨润土及其他高塑性黏土等。

4 其他外加剂。

3.1.8 各类浆液中加入掺合料和外加剂的品种、性能及数量，应根据工程情况和灌浆目的，通过室内浆材试验和现场灌浆试验确定。外加剂的品质应符合 DL/T 5100《水工混凝土外加剂技术规程》的有关规定。外加剂凡能溶于水的，应以水溶液状态加入。膨润土宜加水润胀后再加入。

3.1.9 普通纯水泥浆液可不进行室内试验。其他类型浆液应根据设计要求和工程需要，有选择地进行下列性能试验：

1 掺合料（或细水泥）的细度和颗分曲线。

2 浆液的流动性或流变参数。

3 浆液的析水率。

4 浆液的凝结时间或丧失流动性时间。

5 浆液结石的密度、抗压强度、抗拉强度、弹性模量和渗透系数、渗透破坏比降。

6 其他试验。

3.1.10 灌浆浆液在施工现场应定期进行温度、密度、析水率和漏斗黏度等性能的检测，发现浆液性能偏离规定指标较大时，应查明原因，及时处理。浆液主要性能现场试验方法见附录 A。

3.2 灌浆设备与机具

3.2.1 制浆机的技术性能应与所搅拌浆液的类型、密度相适应，高速制浆机的搅拌转速应不小于 1200r/min。

3.2.2 灌浆泵的技术性能应与所灌注浆液的类型、密度相适应。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%，排浆量能满足灌浆最大注入率的要求。为减小灌浆泵输出压力的波动，宜配置空气蓄能器。

3.2.3 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。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，灌浆管路直径宜大，长度宜短。

3.2.4 灌浆塞应与所采用的灌浆方法、灌浆压力、灌浆孔孔径及地质条件相适应，可选用挤压膨胀式橡胶灌浆塞或液（气）压式胶囊灌浆塞。灌浆塞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，并应易于安装和卸除。

3.2.5 灌浆管路阀门应采用可承受高压水泥浆液冲蚀的耐磨灌浆阀门。

3.2.6 灌浆压力表的量程最大标值宜为最大灌浆压力的 2 倍～2.5 倍。压力表与管路之间的隔浆装置传递压力应灵敏无碍。

3.2.7 灌浆记录仪应能自动测量并记录灌浆压力和注入率，有专

门要求时可加测浆液密度。灌浆记录仪的技术性能和安装使用的基本要求应符合工程的需要，以及 DL/T 5237《灌浆记录仪技术导则》的规定。

3.2.8 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，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。

3.2.9 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。

3.2.10 钻孔灌浆的计量器具，如测斜仪、压力表、流量计、密度计（比重计）、自动记录仪等，应定期进行校验或检定，保持量值准确。

3.3 制　　浆

3.3.1 制浆材料应按规定的浆液配合比计量，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。

3.3.2 各类浆液应搅拌均匀，并测定浆液密度。

3.3.3 纯水泥浆液的拌制时间，使用高速制浆机时应大于 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。

3.3.4 拌制细水泥浆液和稳定浆液时，应使用高速搅拌机并加入减水剂。细水泥浆液自制备至用完的时间宜少于 2h。

3.3.5 拌制膏状浆液时，应使用大扭矩的搅拌机，搅拌时间应通过试验确定。

3.3.6 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。

3.3.7 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℃。

4 现 场 灌 浆 试 验

4.0.1 下列灌浆工程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地下洞室围岩固结灌浆。

3 其他认为有必要进行现场试验的工程。

4.0.2 现场灌浆试验应在工程可行性研究阶段或招标设计阶段进行，其主要任务是：

1 试验论证本工程采用灌浆方法在技术上的可行性、施工效果的可靠性、经济上的合理性。

2 推荐合理的灌浆技术参数，如灌浆孔排数、排距、孔距、孔深等。

3 推荐合理的施工方法、施工程序和施工参数，如灌浆压力、灌浆材料与浆液、单位注入量范围等。

4 研究适宜的灌浆质量标准和检查方法。

5 施工工效、进度与工程造价分析等。

4.0.3 灌浆试验的地点应具有代表性，地质条件复杂的工程应布置多个试区，进行多次试验。当在工程建设部位进行试验时，应对试验工程的利用及与永久建筑物的衔接做好安排；当可能对建筑物或地基产生不利影响时，应另选试验地点。

4.0.4 对灌浆试验的全过程，包括实施的每个步骤均应做详细的记录。

4.0.5 施工前或施工初期宜进行生产性灌浆试验，其目的是验证灌浆工程施工详图设计和施工组织设计，调试运行钻孔灌浆施工系统。

5 帷 幕 灌 浆

5.1 一 般 规 定

5.1.1 帷幕灌浆施工的总进度安排应符合 DL 5108《混凝土重力坝设计规范》的规定。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，其余部位的灌浆应在库水位低于孔口高程时施工。

5.1.2 应具备下列条件，防渗帷幕的钻孔灌浆方可开始：

1 该部位结构物底板已经形成或已浇筑盖重混凝土，混凝土已达到 50%设计强度或 10MPa 以上。土石坝防渗体基础混凝土盖板或喷混凝土护面已达到设计强度。

2 同一地段的基岩固结灌浆已经完成。

3 该部位底层接缝灌浆已经完成。

5.1.3 灌浆应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，后灌注中间排孔，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。

5.1.4 在帷幕的先灌排或主帷幕孔中宜布置先导孔。先导孔应在一序孔中选取，其间距宜为 16m～24m，或按该排孔数的 10%布置。

5.1.5 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。

5.1.6 混凝土防渗墙下基岩帷幕灌浆应采用自上而下分段灌浆法灌浆，不宜利用墙体内预埋灌浆管作为孔口管采用孔口封闭法灌浆。

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

5.1.8 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，抬动值应在设计允许范围内。

5.2 钻　　孔

5.2.1 帷幕灌浆孔的钻孔方法应根据地质条件和灌浆方法确定。当采用自上而下分段灌浆法、孔口封闭灌浆法时，宜采用回转式钻机和金刚石或硬质合金钻头钻进；当采用自下而上分段灌浆法时，可采用冲击回转式钻机或回转式钻机钻进。

5.2.2 灌浆孔位与设计孔位的偏差应不大于 10cm，孔深应不小于设计孔深，实际孔位、孔深应有记录。

5.2.3 灌浆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。灌浆孔以较小直径为宜，但终孔孔径不宜小于 56mm；先导孔、检查孔孔径应满足获取岩芯和孔内试验检测的要求。

5.2.4 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，孔底的偏差不应大于表 5.2.4 的规定。如钻孔偏斜值超过规定，必要时应采取补救措施。

表 5.2.4 帷幕灌浆孔孔底允许偏差（m）

孔　深	20	30	40	50	60	80	100
允许偏差	0.25	0.50	0.80	1.15	1.50	2.00	2.50

对于双排或多排帷幕孔、顶角大于 5° 的斜孔，孔底允许偏差值可适当放宽，但方位角的偏差值不应大于 5°。孔深大于 100m 时，孔底允许偏差值应根据工程实际情况确定。

深孔钻进时，应重点控制孔深 20m 以内的偏差。

5.2.5 钻孔遇有洞穴、塌孔或掉块而难以钻进时，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。

5.2.6 灌浆孔或灌浆段钻进结束后，应进行钻孔冲洗，孔底沉积厚度应不大于 20cm。

5.2.7 当施工作业暂时中止时，孔口应妥善加以保护，防止流进污水和落入异物。

5.2.8 钻孔过程应进行记录，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，应详细记录。

5.3 裂隙冲洗与压水试验

5.3.1 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，各灌浆段在灌浆前应采用压力水进行裂隙冲洗。冲洗压力可为灌浆压力的 80%，并不大于 1MPa；冲洗时间至回水清净时止，并不大于 20min。

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。

5.3.2 帷幕灌浆先导孔应自上而下分段进行压水试验，按附录 B 执行。

5.3.3 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试验，按附录 B 执行。简易压水试验可与裂隙冲洗结合进行。

采用自下而上分段灌浆法时，灌浆前可进行一次全孔简易压水试验和孔底段简易压水试验。

5.3.4 岩溶、断层、大型破碎带、软弱夹层等地质条件复杂地区，以及设计有专门要求地段的裂隙冲洗，应按设计要求进行或通过现场试验确定。对遇水后性能易恶化的地层，可不进行裂隙冲洗和简易压水，也宜少做或不做压水试验。

5.4 灌浆方法与灌浆方式

5.4.1 根据不同的地质条件和工程要求，帷幕灌浆可选用自上而

下分段灌浆法、自下而上分段灌浆法、综合灌浆法或孔口封闭灌浆法。

5.4.2 根据灌注浆液和灌浆方法的不同，应相应选用循环式灌浆或纯压式灌浆。当采用循环式灌浆法时，射浆管出口距孔底应不大于 50cm。

5.4.3 帷幕灌浆段长一般可为 5m～6m，岩体完整时可适当加长，但最长不应大于 10m；岩体破碎孔壁不稳时，段长应缩短。混凝土结构和基岩接触处的灌浆段段长宜为 2m～3m。

5.4.4 采用自上而下分段灌浆法时，灌浆塞应阻塞在各灌浆段段顶以上 0.5m 处，防止漏灌。

5.4.5 采用自下而上分段灌浆法时，如灌浆段的长度超过 10m，则宜对该段采取补救措施。

5.4.6 混凝土与基岩接触段应先行单独灌注并待凝，待凝时间不宜少于 24h，其余灌浆段灌浆结束后一般可不待凝。灌浆前孔口涌水、灌浆后返浆或遇地质条件复杂等情况宜待凝，待凝时间应根据工程具体情况确定。

5.4.7 先导孔各孔段可在进行压水试验后及时进行灌浆，也可在全孔压水试验完成之后自下而上分段灌浆。

5.4.8 不论灌前透水率大小，各灌浆段均应按技术要求进行灌浆。

5.5 灌浆压力与浆液变换

5.5.1 灌浆压力应根据工程等级、灌浆部位的地质条件和承受水头等情况进行分析计算，并结合工程类比拟定。重要工程的灌浆压力应通过现场灌浆试验论证。在施工过程中，灌浆压力可根据具体情况进行调整。灌浆压力的改变应征得设计同意。

5.5.2 采用循环式灌浆时，灌浆压力表或记录仪的压力变送器应安装在灌浆孔孔口处的回浆管路上；采用纯压式灌浆时，压力表或压力变送器应安装在孔口处的进浆管路上；压力表或压力变送器与灌浆孔孔口的距离不宜大于 5m。灌浆压力应保持平稳，宜测

读压力波动的平均值，最大值也应予以记录。

5.5.3 根据工程情况和地质条件，灌浆压力的提升可采用分级升压法或一次升压法。

5.5.4 灌注普通水泥浆液时，浆液水灰比可分为 5、3、2、1、0.8、0.5 等六个比级，灌注时由稀至浓逐级变换。

灌注细水泥浆液时，浆液水灰比可采用 2、1、0.6 或 1、0.8、0.6 三个比级。

5.5.5 根据工程情况和地质条件，也可灌注单一比级的稳定浆液，或混合浆液、膏状浆液等，其浆液的成分、配合比以及灌注方法应通过室内浆材试验和现场灌浆试验确定。

5.5.6 当采用多级水灰比浆液灌注时，浆液变换原则如下：

1 当灌浆压力保持不变、注入率持续减小，或注入率不变而压力持续升高时，不得改变水灰比。

2 当某级浆液注入量已达 300L 以上，或灌浆时间已达 30min，而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时，应采用浓一级的水灰比。

3 当注入率大于 30L/min 时，可根据具体情况越级变浓。

5.5.7 灌浆过程中，灌浆压力或注入率突然改变较大时，应立即查明原因，采取相应的措施进行处理。

5.5.8 灌浆过程的控制也可采用灌浆强度值（GIN）等方法进行，其最大灌浆压力、最大单位注入量、灌浆强度指数、浆液配合比、灌浆过程控制和灌浆结束条件等，应通过试验确定。

5.6 孔口封闭灌浆法

5.6.1 孔口封闭灌浆法适用于块状、厚层或高倾角岩层的高压灌浆，其他地质条件或灌浆压力较低的灌浆工程可参照应用。

5.6.2 灌浆孔孔径宜为 56mm～76mm，自上而下分段钻进，分段灌浆。

5.6.3 各孔孔口管段（即混凝土与基岩接触段）应先行单独灌浆，

并镶铸孔口管。

5.6.4 孔口管埋入岩体的深度应根据最大灌浆压力和岩体特性确定。最大灌浆压力为5MPa时，孔口管埋入岩体的深度不宜小于2m。

5.6.5 孔口管段以下3或4个灌浆段，段长宜短，灌浆压力递增宜快；再以下各段段长宜为5m，按设计最大灌浆压力灌注。

5.6.6 孔口封闭器应具有良好的耐压和密封性能，灌浆过程中灌浆管应能灵活转动和升降。

5.6.7 灌浆管的外径与钻孔孔径之差宜为10mm～20mm，若用钻杆作为灌浆管，应采用外平接头连接。各段灌浆时，灌浆管应深入灌浆段底部，管口离孔底的距离应不大于50cm。

5.6.8 各孔段的裂隙冲洗和压水试验，可按照本章第5.3节的规定执行。

5.6.9 灌浆浆液宜采用多级水灰比，其比级设置及变换原则，可按照本章第5.5.4条、第5.5.6条的规定执行。

5.6.10 灌浆过程中应保持灌浆压力和注入率相适应。一般情况下宜采用中等以下注入率灌注，当灌浆压力大于4MPa时，注入率宜小于10L/min。同一部位不宜聚集多台灌浆泵同时灌浆。

5.6.11 灌浆过程中应经常转动和上下活动灌浆管，回浆管宜有15L/min以上的回浆量，防止灌浆管在孔内被水泥浆凝住。

5.7 特殊情况处理

5.7.1 帷幕灌浆孔的终孔段，其透水率或单位注灰量大于设计规定值时，钻孔宜继续加深。

5.7.2 灌浆过程中发现冒浆、漏浆时，应根据具体情况采用嵌缝、表面封堵、低压、浓浆、限流、限量、间歇、待凝等方法进行处理。

5.7.3 灌浆过程中发生串浆时，应阻塞串浆孔，待灌浆孔灌浆结束后，再对串浆孔进行扫孔、冲洗，而后继续钻进或灌浆。如注入率不大，且串浆孔具备灌浆条件，可一泵一孔同时灌浆。

5.7.4 灌浆必须连续进行，若因故中断，应按下述原则进行处理：

1 应尽快恢复灌浆，否则应立即冲洗钻孔，再恢复灌浆。若无法冲洗或冲洗无效，则应进行扫孔，再恢复灌浆。

2 恢复灌浆时，应使用开灌比级的水泥浆进行灌注，如注入率与中断前相近，即可采用中断前水泥浆的比级继续灌注；如注入率较中断前减小较多，应逐级加浓浆液继续灌注；如注入率较中断前减小很多，且在短时间内停止吸浆，则应采取补救措施。

5.7.5 孔口有涌水的灌浆孔段，灌浆前应测记涌水压力和涌水量。根据涌水情况，可选用下列措施综合处理：

1 自上而下分段灌浆。

2 缩短灌浆段长。

3 提高灌浆压力。

4 改用纯压式灌浆。

5 灌注浓浆。

6 灌注速凝浆液。

7 屏浆。

8 闭浆。

9 待凝。

5.7.6 灌浆段注入量大而难以结束时，可选用下列措施进行处理：

1 低压、浓浆、限流、限量、间歇灌浆。

2 灌注速凝浆液。

3 灌注混合浆液或膏状浆液。

5.7.7 对溶洞灌浆，应查明溶洞充填类型、规模和渗流情况，采取相应措施进行处理：

1 溶洞内无充填物时，根据溶洞大小和地下水活动程度，可泵入高流态混凝土或水泥砂浆，或投入级配骨料再灌注水泥砂浆、混合浆液、膏状浆液，或进行模袋灌浆等。

2 溶洞内有充填物时，根据充填物类型、特征以及充填程度，可采用高压灌浆、高压旋喷灌浆等措施。灌浆注入量大时，可按

照本章第 5.7.6 条的规定进行处理。

5.7.8 灌浆过程中如回浆变浓，可选用下列措施进行处理：

1 适当加大灌浆压力。

2 换用相同水灰比的新浆灌注，若效果不明显，则继续灌注 30min 后结束。

3 改用分段卡塞法灌注。

4 若回浆变浓现象普遍，则应研究改用细水泥浆、水泥膨润土浆或化学浆液灌注。

5.7.9 灌浆过程中，为避免射浆管被水泥浆凝住在钻孔中，可选用以下措施进行处理：

1 按照本章第 5.6.11 条的规定进行操作。

2 如灌浆已进入结束条件的持续阶段，可改用水灰比为 2 或 1 的较稀浆液灌注。

3 条件允许时，改为纯压式灌浆。

4 如射浆管已被凝住，应立即放开回浆阀门，强力冲洗钻孔，尽快提升钻杆。

5.7.10 灌浆孔段遇特殊情况时，无论采用何种措施进行处理，其复灌前均应进行扫孔，复灌后应达到规定的结束条件。

5.8 灌浆结束与封孔

5.8.1 各灌浆段灌浆的结束条件应根据地质和地下水条件、浆液性能、灌浆压力、浆液注入量和灌浆段长度等确定。一般情况下，当灌浆段在最大设计压力下，注入率不大于 1L/min 后，继续灌注 30min，即可结束灌浆。

当地质条件复杂、地下水流速大、浆液注入量较大、灌浆压力较低时，持续灌注的时间应延长；当岩体较完整、浆液注入量较小时，持续灌注的时间可缩短。

5.8.2 灌浆孔灌浆结束后，应使用水灰比为 0.5 的浆液置换孔内稀浆或积水，采用全孔灌浆法封孔。

5.9 搭接帷幕灌浆

5.9.1 搭接帷幕灌浆应布置在主帷幕连接部位，搭接帷幕孔的排数不宜少于主帷幕孔的排数，通常布置2排或3排，孔距宜与主帷幕灌浆孔一致，孔向水平或下倾，孔深应穿过主帷幕上游排。相应部位的上层主帷幕孔深入至下层灌浆隧洞底板高程以下应不小于5m。

5.9.2 搭接帷幕灌浆宜在隧洞围岩回填灌浆和固结灌浆完成后、主帷幕灌浆施工前进行，也可在主帷幕灌浆完成后进行。

5.9.3 搭接帷幕孔可采用风钻或其他类型的钻机钻进，终孔直径不宜小于38mm，孔位、孔向和孔深应满足设计要求。

5.9.4 搭接帷幕灌浆孔钻孔结束后，应使用水或压缩空气冲净孔内的岩粉、渣屑。灌浆前应使用压力水进行裂隙冲洗，冲洗时间至回水清净时止，或不大于20min。冲洗水压力可为灌浆压力的80%，并不大于1MPa。

地质条件复杂或有特殊要求时，是否需要冲洗以及如何冲洗，宜通过现场试验确定。

5.9.5 可在各序孔中选取不少于5%的灌浆孔在灌浆前进行简易压水试验。简易压水试验可结合裂隙冲洗进行。

5.9.6 搭接帷幕灌浆可采用全孔一次灌浆法或分段灌浆法，纯压式灌浆，排内分为二序施工。

5.9.7 灌浆宜采用单孔灌浆的方法，在注入量较小地段，同一序灌浆孔也可并联灌浆，并联灌浆的孔数不宜多于3个。

5.9.8 搭接帷幕灌浆的压力一般可为1.0MPa～2.0MPa，如在主帷幕灌浆之后施工，灌浆压力应取大值。

5.9.9 搭接帷幕灌浆的浆液水灰比可采用2、1、0.8、0.5四个比级，由稀至浓变换，按本章第5.5.6条的规定执行。

5.9.10 搭接帷幕灌浆结束条件为：灌浆段在最大设计压力下，注入率不大于1L/min后，继续灌注30min。

5.9.11 搭接帷幕灌浆孔封孔可采用导管注浆法或全孔灌浆法。

5.10 质 量 检 查

5.10.1 帷幕灌浆工程的质量应以检查孔压水试验成果为主，结合对施工记录、施工成果资料和检验测试资料的分析，进行综合评定。

5.10.2 帷幕灌浆检查孔应在分析施工资料的基础上，在下述部位布置：

1 帷幕中心线上。

2 断层、岩体破碎、裂隙发育、强岩溶等地质条件复杂的部位。

3 末序孔注入量大的孔段附近。

4 钻孔偏斜过大、灌浆过程不正常等经分析资料认为可能对帷幕质量有影响的部位。

5.10.3 帷幕灌浆检查孔的数量可为灌浆孔总数的 10%左右，一个坝段或一个单元工程内至少应布置一个检查孔。

5.10.4 帷幕灌浆检查孔应采取岩芯，绘制钻孔柱状图。岩芯应全部拍照，重要岩芯应长期保留。

5.10.5 帷幕灌浆检查孔压水试验应在该部位灌浆结束 14d 后自上而下分段卡塞进行，试验采用单点法，按附录 B 执行。

5.10.6 搭接帷幕灌浆质量的检查可在搭接帷幕施工完成 7d 后，或搭接帷幕和主帷幕灌浆全部完成后一并进行，检查孔的数量可为搭接帷幕灌浆孔数的 3%～5%，防渗标准与主帷幕相同。

5.10.7 帷幕灌浆工程质量的评定标准为：经检查孔压水试验检查，坝体混凝土与基岩接触段的透水率的合格率为 100%，其余各段的合格率不小于 90%，不合格试段的透水率不超过设计规定的 150%，且不合格试段的分布不集中，灌浆质量可评为合格。

5.10.8 帷幕灌浆孔封孔质量应进行孔口封填外观检查和钻孔取芯抽样检查，封孔质量应满足设计要求。

5.10.9 检查孔检查工作结束后，应按第 5.4 节和第 5.8.2 条的规定进行灌浆和封孔。

6 坝基固结灌浆

6.1 一 般 规 定

6.1.1 本章规定了混凝土坝、土石坝、水电站厂房等工程的深度不大于 15m 的基岩固结灌浆的施工技术要求。深层固结灌浆和高压固结灌浆施工应按照本标准第 5 章帷幕灌浆的有关规定执行。

6.1.2 固结灌浆宜在有盖重混凝土的条件下进行，盖重混凝土的厚度可为 1.5m～3m，盖重混凝土应达到 50%设计强度后方可开始钻孔灌浆。

对于土石坝，固结灌浆应在防渗体基础混凝土盖板或喷混凝土护面达到设计强度后进行。

6.1.3 需在无盖重条件下进行固结灌浆时，应通过现场灌浆试验论证，采取有效措施，确保建基面表层岩体灌浆质量。

6.1.4 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与孔之间，可分为二序施工，也可只分排序，不分孔序或只分孔序，不分排序。

6.1.5 工程必要时，应安设抬动监测装置，在灌浆过程中进行抬动监测和记录，抬动值应在设计允许范围内。

6.1.6 安排总体工程进度时，应对固结灌浆和混凝土浇筑、土方填筑的时间作统筹安排。

6.2 钻孔、钻孔冲洗与压水试验

6.2.1 固结灌浆孔应根据工程的地质条件选用适宜的钻机和钻头钻进。当采用风动凿岩机钻孔时，孔径不宜小于 38mm。

6.2.2 灌浆孔位与设计位置的偏差不宜大于 10cm，钻孔方向、孔

深应满足设计要求。当钻孔需穿透盖重混凝土或其他结构物时，应采取有效措施防止钻断钢筋、预埋件等，必要时应埋设导向管。

6.2.3 灌浆孔或灌浆段在钻进完成后，应使用大水流或压缩空气冲洗钻孔，排除孔内的岩粉、渣屑，孔底沉积厚度应不大于 20cm。

6.2.4 灌浆孔或灌浆段在灌浆前应采用压力水进行裂隙冲洗。冲洗压力采用灌浆压力的 80%，并不大于 1MPa；冲洗时间至回水清净时止，或不大于 20min。

地质条件复杂以及对裂隙冲洗有特殊要求时，冲洗方法应通过现场灌浆试验确定。

6.2.5 可在各序孔中选取不少于 5%的灌浆孔在灌浆前进行简易压水试验。简易压水试验可结合裂隙冲洗进行。

6.3 灌　　浆

6.3.1 根据不同的地质条件和工程要求，固结灌浆可选用全孔一次灌浆法、自下而上分段灌浆法、自上而下分段灌浆法，也可采用孔口封闭灌浆法或综合灌浆法。

6.3.2 灌浆孔的基岩灌浆段长不大于 6m 时，可采用全孔一次灌浆法；大于 6m 时，宜分段灌注。灌浆孔孔深不大于 20m，且安装灌浆塞困难时，可采用孔口封闭灌浆法。

各灌浆段长度可采用 5m～6m，特殊情况下可适当缩短或加长，但应不大于 10m。

6.3.3 固结灌浆可采用纯压式，也可采用循环式。灌浆塞宜安装在盖重混凝土与基岩接触的部位。当采用循环式灌浆时，射浆管出口与孔底的距离不大于 50cm。

6.3.4 灌浆孔宜单孔进行灌注。对相互串浆的灌浆孔，可并联灌注，并联孔数应不多于 3 个；但软弱地质结构面和结构敏感部位，不宜进行多孔并联灌浆。

6.3.5 固结灌浆的压力应根据地质条件、工程要求和施工条件确定。接触段灌浆压力不宜大于 0.3MPa。以下各段灌浆时，灌浆塞

宜安设在基岩中，灌浆压力可适当增大。灌浆压力宜分级升高。应严格控制灌浆压力和注入率，防止混凝土结构物或岩体抬动。

6.3.6 固结灌浆的浆液水灰比可采用 2、1、0.8、0.5 四个比级，开灌浆液水灰比可选用 2，其浆液变换原则可按照本标准第 5.5.6 条的规定执行。经试验论证，也可采用单一比级的稳定性浆液。

6.3.7 固结灌浆施工中特殊情况的处理，可按照本标准第 5.7 节的规定执行。

6.3.8 各灌浆段灌浆的结束条件应根据地质条件和工程要求确定。一般情况下，当灌浆段在最大设计压力下，注入率不大于 1L/min 后，继续灌注 30min，即可结束灌浆。

6.3.9 固结灌浆孔封孔可采用导管注浆法或全孔灌浆法。

6.4 质 量 检 查

6.4.1 固结灌浆工程的质量检查宜采用检测岩体弹性波波速的方法，检测时间可在灌浆完成 14d 以后，检测的仪器和方法应符合 DL/T 5010《水电水利工程物探规程》的要求，检查孔的数量和布置、岩体波速提高的程度应由设计规定。

6.4.2 固结灌浆工程的质量检查也可采用钻孔压水试验的方法，检测时间可在灌浆完成 7d 或 3d 以后，检查孔的数量不宜少于灌浆孔总数的 5%。压水试验采用单点法，按附录 B 执行。工程质量合格标准为：单元工程内检查孔试段合格率应在 85%以上，不合格孔段的透水率值不超过设计规定值的 150%，且不集中。

6.4.3 声波测试孔、压水试验检查孔完成检测工作后，应按本章前述规定进行灌浆和封孔。

7 隧 洞 灌 浆

7.1 一 般 规 定

7.1.1 本章规定了水工隧洞各种灌浆的施工技术要求，竖井、斜井等其他地下洞室的灌浆可参照执行。

7.1.2 隧洞混凝土衬砌段的灌浆，应按先回填灌浆后固结灌浆的顺序进行。回填灌浆应在衬砌混凝土达 70%设计强度后进行，固结灌浆宜在该部位的回填灌浆结束 7d 后进行。当隧洞中布置有帷幕灌浆时，应按照回填灌浆、固结灌浆和帷幕灌浆的顺序施工。

7.1.3 隧洞钢板衬砌段各类灌浆的顺序应按设计规定进行。钢衬接触灌浆宜在衬砌混凝土浇筑结束 60d 后进行。

7.1.4 灌浆结束时，孔口返浆的灌浆孔应闭浆待凝。

7.1.5 必要时，应安设隧洞结构变形监测装置，进行监测和记录。

7.2 回 填 灌 浆

7.2.1 顶拱回填灌浆应分成区段进行，每区段的长度不宜大于 3 个衬砌段。区段的端部应在混凝土施工时封堵严实。

7.2.2 回填灌浆孔应布置在隧洞顶拱中心线上和两侧。灌浆孔排距可为 3m～6m，每排可为 1 孔～3 孔。

7.2.3 回填灌浆孔在素混凝土衬砌中宜直接钻进，在钢筋混凝土衬砌中宜在浇筑时埋设回填灌浆管。钻孔孔径不宜小于 38mm，孔深应钻透空腔或进入围岩 10cm。

混凝土厚度和混凝土与围岩之间的空隙尺寸应进行记录。

7.2.4 对于隧洞内混凝土堵头段回填灌浆，以及遇有围岩塌陷、溶洞、超挖较大等部位的回填灌浆，应在浇筑混凝土时预埋灌浆和排气管路，通过管路进行灌浆。

7.2.5 灌浆前应对衬砌混凝土的施工缝和混凝土缺陷等进行全面检查，可能漏浆的部位应先行处理。

7.2.6 灌浆采用纯压式灌浆法，分为两个次序进行，自较低的一端开始，向较高的一端推进。同一区段内的同一次序孔可全部或部分钻出后再进行灌浆，也可单孔分序钻进和灌浆。

7.2.7 低处孔灌浆时，高处孔可用于排气、排水。当高处孔排出浓浆（接近或等于注入浆液的水灰比）后，可将低处孔堵塞，改从高处孔灌浆；以此类推，直至结束。

7.2.8 浆液的水灰比应为 0.6 或 0.5。空隙大的部位应灌注水泥基混合浆液或回填高流态混凝土，使用水泥砂浆时，掺砂量不宜大于水泥质量的 200%。

7.2.9 灌浆压力应视混凝土衬砌厚度和配筋情况等确定。在素混凝土衬砌中，可采用 0.2MPa～0.3MPa；在钢筋混凝土衬砌中，可采用 0.3MPa～0.5MPa。

7.2.10 灌浆应连续进行，因故中止灌浆的灌浆孔，应扫孔后再进行复灌，直至达到结束条件。

7.2.11 灌浆结束条件：在规定压力下灌浆孔停止吸浆后，延续灌注 10min，即可结束灌浆。

7.2.12 灌浆孔完成灌浆后，应使用干硬性水泥砂浆封填密实，孔口压抹齐平。

7.3 固 结 灌 浆

7.3.1 灌浆孔可采用风钻或其他类型的钻机钻进，终孔直径不宜小于 38mm，孔位、孔向和孔深应满足设计要求。

灌浆孔穿过钢筋混凝土衬砌时，宜在混凝土中预埋灌浆管指示孔位，预埋管位置要准确，并在管口留有标记。

7.3.2 固结灌浆在喷射混凝土衬砌内进行时，喷射的混凝土强度等级可为 C15～C20，厚度不宜小于 10cm。

7.3.3 灌浆孔在钻孔结束后，应使用水或压缩空气冲净孔内的岩粉、泥渣。

7.3.4 灌浆孔在灌浆前应使用压力水进行裂隙冲洗。冲洗时间不大于 15min 或至回水清净时止；冲洗水压力可为灌浆压力的 80%，并不大于 1MPa。

地质条件复杂或有特殊要求时，是否需要冲洗以及如何冲洗，宜通过现场试验确定。

7.3.5 可在各序孔中选取约 5%的灌浆孔进行灌前简易压水试验。简易压水试验可结合裂隙冲洗进行。

7.3.6 灌浆可采用纯压式灌浆法，按环间分序、环内加密的原则进行。Ⅳ、Ⅴ级围岩环间宜分为二序或三序，Ⅱ、Ⅲ级围岩环间可不分序。竖井或斜井固结灌浆环间可不分序。

7.3.7 固结灌浆宜采用单孔灌浆的方法，但在注入量较小地段，同一环同一序上的灌浆孔可并联灌浆。并联灌浆的孔数不宜多于 3 个，孔位宜保持对称。

7.3.8 灌浆孔围岩段长不大于 6m 时，可全孔一次灌浆；当地质条件不良或有特殊要求时，可分段灌浆。

7.3.9 固结灌浆的压力，一般隧洞可为 0.5MPa～2.0MPa；高水头压力隧洞的灌浆压力应根据工程要求和围岩地质条件，经灌浆试验确定。

7.3.10 灌浆浆液水灰比、浆液变换和灌浆结束条件，可按照本标准第 6.3.6 条和第 6.3.8 条的规定执行。

7.3.11 围岩高压固结灌浆应由浅入深分段施工，灌浆段的划分、灌浆压力的使用以及灌浆设备与灌浆工艺的选择，应通过灌浆试验确定。

7.3.12 灌浆孔灌浆结束后，应排除钻孔内的积水和污物，采用全孔灌浆法或导管注浆法封孔。

7.4 钢衬接触灌浆

7.4.1 钢衬接触灌浆的区域和灌浆孔的位置可在现场经敲击检查确定。面积大于 0.5m^2 的脱空区宜进行灌浆，每一独立的脱空区布孔不应少于 2 个，最低处和最高处都应布孔。

7.4.2 钢衬接触灌浆孔可在钢板上预留，孔内宜有丝扣，在预留孔钢衬外侧宜衬焊加强钢板。灌浆短管与钢衬间可采用丝扣连接，也可焊接。

7.4.3 在钢衬的加劲环上应设置连通孔，孔径不宜小于 16mm，以便于浆液流通。

7.4.4 在钢衬上钻灌浆孔时宜采用磁座电钻，孔径不宜小于 12mm。每孔宜测记钢衬与混凝土之间的间隙尺寸。

7.4.5 灌浆前应使用洁净的压缩空气检查缝隙串通情况，并吹除空隙内的污物和积水。风压应小于灌浆压力。

7.4.6 灌浆压力必须以控制钢衬变形不超过设计规定值为准，可根据钢衬的形状、厚薄、脱空面积的大小以及脱空的程度等情况确定。钢管衬砌接触灌浆压力不宜大于 0.1MPa。

7.4.7 浆液水灰比可采用 0.8、0.6（或 0.5）两个比级，浆液中宜加入减水剂。

7.4.8 灌浆应自低处孔开始，并在灌浆过程中敲击震动钢衬，待各高处孔分别排出浓浆后，依次将其孔口阀门关闭，同时应记录各孔排出的浆量和浓度。

7.4.9 在设计规定压力下灌浆孔停止吸浆，延续灌注 5min，即可结束灌浆。

7.4.10 如一次灌浆未能满足设计要求，可采取复灌、改用细水泥浆液或化学浆液等措施进行处理。

7.4.11 灌浆结束后应用丝堵加焊或焊补法封孔，孔口用砂轮磨平。

7.4.12 钢衬接触灌浆也可采用预埋专用灌浆管或灌浆盒的无钻孔方式进行，其技术和质量要求按设计规定执行。

7.5 质 量 检 查

7.5.1 回填灌浆工程质量的检查，可采用检查孔注浆试验或取芯检查的方法，检查时间在该部位灌浆结束 7d 或 28d 以后。检查孔应布置在顶拱中心线、脱空较大和灌浆情况异常的部位，孔深应穿透衬砌深入围岩 10cm。压力隧洞每 10m～15m 宜布置 1 个或 1 对检查孔，无压隧洞的检查孔可适当减少。

7.5.2 回填灌浆工程质量检查的合格标准为：

1 单孔注浆试验。向检查孔内注入水灰比为 2 的水泥浆，压力与灌浆压力相同，初始 10min 内注入浆量不大于 10L 为合格。

2 双孔连通试验。在指定部位布置 2 个间距为 2m 的检查孔，向其中一孔注入水灰比为 2 的水泥浆，压力与灌浆压力相同，若另一孔的出浆流量小于 1L/min，则为合格。

3 检查孔及芯样检查。探测钻孔及观察岩芯，浆液结石充填饱满、密实，满足设计要求为合格。

根据工程条件，可选用上述一种或两种检查方法。对于不要求将空腔填满的部位，浆液充填厚度应满足设计要求。

7.5.3 围岩固结灌浆工程质量的检查，以测定灌后岩体弹性波波速为主，压水试验透水率为辅。弹性波波速测试宜采用声波法或地震波法。压水试验为单点法，按附录 B 进行。

7.5.4 围岩弹性波波速测试应在该部位灌浆结束 14d 后进行，其检查孔的布置、测试仪器的选用和合格的标准，应按设计规定执行。

7.5.5 固结灌浆压水试验检查的时间宜在该部位灌浆结束 3d 以后，检查孔的数量不宜少于灌浆孔总数的 5%。合格标准为 85% 以上试段的透水率不大于设计规定，其余试段的透水率不超过设

计规定值的 150%，且分布不集中。

7.5.6 钢衬接触灌浆工程质量检查在灌浆结束 7d 后进行，采用敲击法或其他方法，钢板脱空范围和程度应满足设计要求。

7.5.7 隧洞灌浆的各类检查孔、测试孔在检查工作结束以后，应按本章第 7.3.12 条的规定封孔。

8 混凝土坝接缝灌浆

8.1 一 般 规 定

8.1.1 接缝灌浆应在库水位低于灌区底部高程的条件下进行。蓄水前应完成蓄水初期最低库水位以下各灌区的接缝灌浆及其验收工作。

8.1.2 接缝灌浆应按高程自下而上分层进行施工。在同一高程上，重力坝宜先灌纵缝，再灌横缝；拱坝宜先灌横缝，再灌纵缝。横缝灌浆宜从大坝中部向两岸推进；纵缝灌浆宜从下游向上游推进或先灌上游第一道缝后，再从下游向上游推进。

8.1.3 接缝灌浆各灌区应符合下列条件，方可进行灌浆：

1 灌区两侧坝块混凝土的温度应达到设计规定值。

2 灌区两侧坝块混凝土的龄期宜大于 4 个月，在采取了有效冷却措施的情况下，也不宜少于 3 个月。

3 除顶层外，灌区上部混凝土的厚度不宜小于 6m，其温度也应达到设计规定值。

4 接缝的张开度不宜小于 0.5mm。

5 灌区周边封闭，管路和缝面通畅。

8.1.4 混凝土坝块内应根据接缝灌浆的需要，埋设一定数量的测温计和测缝计。

8.1.5 同一高程的灌区（纵缝或横缝），一个灌区灌浆结束 3d 后，其相邻的灌区方可灌浆。若相邻灌区已具备灌浆条件，可采取同时灌浆方式，也可采取逐区连续灌浆方式。当采取连续灌浆方式时，前一灌区灌浆结束 8h 以内，必须开始后一灌区的灌浆，否则仍应间隔 3d。

8.1.6 同一坝缝的下层灌区灌浆结束 7d 后，上层灌区方可开始灌浆。若上、下层灌区均已具备灌浆条件，可采用连续灌浆方式，但上层灌浆应在下层灌浆结束 4h 以内进行，否则仍应间隔 7d。

8.1.7 工程需要时，也可设置重复灌浆系统进行接缝灌浆。

8.1.8 为便于灌浆、处理事故及质量检查，应在大坝的适当部位设置廊道、预留平台。

8.2 灌浆系统的布置

8.2.1 接缝灌浆系统应分灌区进行布置。每个灌区的高度以 9m～12m 为宜，面积以 $200m^2$～$300m^2$ 为宜。

8.2.2 灌浆系统的布置应遵循以下原则：

1 浆液能自下而上均匀地灌注到整个灌区缝面。

2 灌浆管路和出浆设施与缝面连通顺畅。

3 灌浆管路顺直、弯头少。

4 同一灌区的进浆管、回浆管和排气管管口宜集中。

8.2.3 每个灌区的灌浆系统一般由进浆管、回浆管、升浆和出浆设施、排气设施以及止浆片组成。升浆和出浆设施可采用拔塑料管方式、预埋管和出浆盒方式，也可采用出浆槽方式。排气设施可采用埋设排气槽和排气管方式，也可采用拔塑料管方式。

8.2.4 升浆和出浆设施采用拔塑料管方式时，升浆管的间距宜为 1.5m，升浆管顶部宜终止在排气槽以下 0.5m～1.0m 处。

8.2.5 升浆和出浆设施采用预埋管和出浆盒方式时，出浆盒应呈梅花形布置，每盒担负的灌浆面积宜不大于 $6m^2$。纵缝出浆盒应布置在先浇筑块键槽的倒坡面上。

8.2.6 升浆和出浆设施采用出浆槽方式时，进、回浆管应与灌区底部的出浆槽连接；若出浆槽较长，宜设置备用进、回浆管路。

8.2.7 接缝灌浆采用重复灌浆系统时，应满足以下要求：

1 重复灌浆系统安装前，必须对拟采用的出浆设施的材质、构造及安装方法进行设计，并进行模拟重复灌浆试验。

2 每次灌浆前，坝块混凝土的温度、缝面张开度应达到设计规定值；灌浆系统均应进行通水检查，缝面进行充水浸泡。

3 每次灌浆后，灌浆管路系统能被低于灌浆压力的清水冲洗干净，而不使水渗入接缝内。

4 当坝块混凝土温度再次降低、缝面重新张开时，灌浆系统的出浆设施能恢复出浆功能。

8.2.8 垂直上引的进、回浆管路在底部连接时，宜采用沉污管形式。

8.3 灌浆系统的加工与安装

8.3.1 灌浆管路和部件的加工应按设计图纸进行。加工完成后应逐件清点检查，合格后方可运送至现场安装。

8.3.2 灌浆管路不得穿过缝面，否则必须采取可靠的过缝措施。

8.3.3 采用拔塑料管方式时，应使用软质塑料管，其封头端宜采用热压模具加工成圆锥形，其充气接头端应采用压紧连接方式，并经充气 24h 检查无漏气现象时方可使用。

8.3.4 采用预埋管方式时，管路转弯处应使用弯管机加工或采用弯管接头连接。进浆管与升浆管或水平支管的连接应使用三通，不得焊接。管上开孔宜使用电钻，钻后应清除管内渣屑。

8.3.5 止浆片、出浆盒及盖板、排气槽及盖板的材质、规格和加工应符合设计要求。

8.3.6 采用拔塑料管方式时，应遵守下列规定：

1 灌浆管路应全部埋设在后浇筑块中。在同一个灌区内，浇筑块的先后浇筑顺序不得改变。

2 先浇筑块缝面上预设的竖向半圆模具，应在上、下浇筑层间保持连续，并在同一条直线上。

3 后浇筑块浇筑前安设的塑料软管应顺直地稳固在先浇筑块的半圆槽内，塑料软管充气后应与进浆管三通或升浆孔洞连接

紧密。

4 塑料软管的拔管时机应根据塑料管的材质、混凝土状态以及气温条件，通过现场试验确定。一般情况下，宜待后浇筑块的混凝土终凝后择机放气拔出。

8.3.7 采用预埋管和出浆盒方式时，应遵守下列规定：

1 灌浆管路、出浆盒、排气槽等应在先浇筑块的模板立好后进行安装，混凝土浇筑前完成。出浆盒、排气槽的周边应与模板紧贴，安装牢固。

2 出浆盒盖板、排气槽盖板应在后浇筑块浇筑前安设。盒盖与盒、槽盖与槽应完全吻合，加以固定，周边封闭严实。

8.3.8 采用出浆槽方式时，应遵守下列规定：

1 先浇筑块浇筑前应安装好进、回浆管，底部的出浆槽，顶部的排气槽及排气管。出浆槽和排气槽应与模板紧贴，安装牢固。

2 出浆槽和排气槽的盖板应在后浇筑块浇筑前安设。槽盖与槽应完全吻合，加以固定，周边封闭严实。

8.3.9 灌浆管路连接完毕后应进行固定，防止在浇筑过程中管路位移、变形或损毁。

8.3.10 各灌区的止浆片应在先浇筑块浇筑前安设。后浇筑块浇筑前应检查先期埋设的止浆片，发现错位、缺损必须进行修补；必须确保基础灌区底层水平止浆片的埋设质量。

8.3.11 分层安装的灌浆系统应及时做好每层的施工记录。整个灌区形成后，必须绘制该灌区的灌浆系统竣工图。

8.3.12 灌浆管路系统应根据需要选择不同的管径。外露的管口段，其长度不宜小于 15cm，距底板的高度应适当，并应分别标出管路名称。

8.4 灌浆系统的检查与维护

8.4.1 每层混凝土浇筑前后均应对灌浆系统进行检查，发现问题及时处理。灌区形成后，应对整个灌区的灌浆管路进行通水检查，

并作记录。

8.4.2 灌浆系统的外露管（孔）口应封盖保护，管路标识不得损毁。

8.4.3 清洗混凝土仓面时，应防止污水流入接缝内。在后浇筑块浇筑前，应冲毛和清洗先浇筑块缝面。

8.4.4 在混凝土浇筑过程中，应设专人对灌浆系统进行维护，防止管路系统受损。止浆片两侧的混凝土应振捣密实，严禁大骨料集中。一旦发现管路、出浆盒和止浆片断裂、损坏、错位等情况，应立即采取补救措施。

8.5 灌区的测试与检查

8.5.1 测试灌区缝面两侧和上部坝块的混凝土温度，可采用预埋温度计量测，也可采用充水闷管测温法或其他测温法。

8.5.2 灌区缝面的张开度可采用预埋的测缝计量测，表层的缝面张开度可使用孔探仪或厚度规量测。

8.5.3 对灌区的灌浆系统进行通水检查，通水压力一般为设计灌浆压力的 80%。检查内容及应具备的基本条件为：

1 查明灌浆管路的通畅情况。灌区至少应有一套灌浆管路畅通，其流量宜大于 30L/min。

2 查明缝面通畅情况。采用“单开通水”检查法，测得的两个排气管的“单开流量”均宜大于 25L/min。

3 查明灌区密闭情况。缝面的漏水量宜小于 15L/min。

8.5.4 灌浆前，必须先进行预灌性压水检查，压水压力宜等于设计灌浆压力。检查确认合格后，报监理工程师签发准灌证。

预灌性压水检查宜在相邻已灌灌区满足本章第 8.1.5 条和第 8.1.6 条所规定的间隔时间后进行。

8.5.5 当发现两个灌区相互串通时，应待互串区均具备灌浆条件后同时进行灌浆。若有 3 个或以上灌区相互串通时，必须查明情况，研究制订可靠的施工方案。

8.6 灌浆准备与施工

8.6.1 应根据坝块结构特点或设计要求，在相应的缝面上安装变形监测装置，在压水检查和灌浆过程中及时监测坝体位移及缝面的增开度。

8.6.2 在需要通水平压或缝面冲洗的灌区，应做好管口装置的安装等准备工作。

8.6.3 灌浆机距灌区不宜太远，两者之间应建立可靠的联络方式。

8.6.4 灌浆前应对灌区缝面充水浸泡 24h，待放净或通入洁净的压缩空气排除缝内积水后，方可开始灌浆。

8.6.5 灌浆过程中必须控制灌浆压力和缝面增开度。灌浆压力应满足设计要求，若压力达不到设计值而缝面增开度达到了设计规定值，则应以缝面增开度为准限制灌浆压力。

8.6.6 灌浆压力系指与排气槽同一高程处的排气管管口的浆液压力，如排气管管口引至廊道或坝后平台，其管口控制压力应根据排气槽高程换算确定。

8.6.7 浆液水灰比可采用 2、1、0.6（或 0.5）三个比级。开始宜灌注水灰比为 2 的浆液，待排气管出浆后，可改换水灰比为 1 的浆液。当排气管排出的浆液水灰比接近 1 时，可换成水灰比为 0.6（或 0.5）的浆液灌注。当缝面张开度较大，管路畅通，两个排气管单开流量均大于 30L/min 时，即可灌注水灰比为 1 或 0.6 的浆液。

8.6.8 开灌时排气管应全部开启放浆，其他管口也应间断开启放浆，尽快使浓浆充填缝面。当排气管排出最浓级浆液时，再调节排气管的排浆量控制灌浆压力，直至灌浆达到结束条件。

所有管口每次放浆时均应量测浆液密度和放浆量，并及时做好记录。

8.6.9 当排气管排浆达到或接近最浓比级浆液，且管口压力或缝面增开度达到设计规定值，注入率不大于 0.4 L/min 时，持续

20min，灌浆即可结束。

8.6.10 当排气管出浆不畅或已被堵塞时，应在缝面增开度限值范围内提高进浆管的压力，恢复排气管排浆，按规定条件结束灌浆。若无效，则应从排气管口进行倒灌，使用最浓一级浆液从一个排气管口进浆，另一个排气管口回浆，在规定压力下缝面停止进浆，持续10min即可结束。

8.6.11 灌浆结束时，应先关闭各管口阀门再停机，闭浆时间不宜少于8h。

8.6.12 同一高程的灌区相互串通采用同时灌浆方式时，应一区一泵进行灌浆。灌浆过程中应保持各灌区的灌浆压力基本一致，协调各灌区浆液的变换。

8.6.13 同一坝缝的上、下层灌区相互串通采用同时灌浆方式时，应先灌下层灌区，待上层灌区有浆液串出时，开始用另一泵进行上层灌浆。灌浆过程中以控制上层灌浆压力为主，调节下层灌浆压力。下层灌浆应待上层开始灌注最浓比级浆液后再结束。

在未灌浆的邻缝灌区，应通水平压。

8.7 特殊情况处理

8.7.1 灌浆前，发现灌浆管路堵塞、止浆片或混凝土缺陷漏水时，可采用以下方法处理：

1 采用压力水冲洗或风水联合冲洗等方法对堵塞管路进行正、反向反复浸泡冲洗。

2 当排气管与缝面不通时，可针对排气槽部位补钻排气孔。

3 当灌浆管路全部堵塞无法疏通时，应全面补孔。

4 当止浆片缺陷漏水时，应采取嵌缝、掏洞堵漏等措施。

5 当混凝土缺陷（裂缝、骨料架空）漏水时，应先处理混凝土缺陷再灌浆。

8.7.2 灌浆过程中，发现灌区浆液外漏或灌区之间串浆时，可采用以下方法处理：

1 当浆液外漏时，应先从外部进行堵漏；若无效，再采取灌浆措施，如加浓浆液、降低压力等，但不得采用间歇灌浆方法。

2 当灌区之间串浆时，若串浆灌区已具备灌浆条件，可同时灌浆，并应按“一区一泵”的要求进行灌注；若串浆灌区不具备灌浆条件，且开灌时间不长，可先用清水冲洗灌区和串区，直至排气管排出清水止，待串区具备灌浆条件后再进行同时灌浆。

若串浆轻微，可在串区通入低压水循环，直至灌区灌浆结束。

8.7.3 灌浆过程中进浆管堵塞或灌浆因故中断，可采用以下方法处理：

1 当进浆管（或备用进浆管）堵塞时，应先打开所有管口放浆，然后暂改用回浆管进浆，在控制缝面增开度限值内提高进浆压力，疏通进浆管。若无效，可以回浆管控制进浆压力，直至灌浆结束。

2 当灌浆因故中断时，应立即用清水冲洗管路和灌区，直至管路系统通畅为止。恢复灌浆前，应再进行一次压水检查，若发现管路不通畅或排气管“单开流量”明显减少，应采取补救措施。

8.7.4 当灌区的缝面张开度小于 0.5mm 时，可采取以下措施：

1 使用细度为通过 71μm 方孔筛筛余量小于 2%的水泥浆液或细水泥浆液。

2 水泥浆液中加入减水剂。

3 在缝面增开度限值内提高灌浆压力。

4 采用化学灌浆。

8.8 质 量 检 查

8.8.1 接缝灌浆工程质量应以分析灌浆施工记录成果资料为主，结合钻孔取芯和凿槽检查等测试资料，综合进行评定。

8.8.2 钻孔取芯和缝面凿槽检查应选择有代表性的灌区进行，检查时间在灌浆结束 28d 以后，检查数量不宜超过灌区总数的 10%，重点宜放在根据灌浆资料分析情况异常的灌区。

8.8.3 根据灌浆施工资料和钻孔凿槽检查成果分析，若满足下列条件之一，灌区灌浆质量可评定为合格：

1 施工资料表明，坝块混凝土温度达到设计规定，两个排气管的排浆密度已达到 1.5g/cm³以上，且压力达到设计值的 50%以上，其他情况基本符合要求。

2 钻孔取芯检查：斜穿缝面检查孔，在缝面处取出较完整的、有一定黏结强度的水泥结石；骑缝检查孔芯样缝面上水泥结石填充面积达 70%以上。

3 凿槽检查：直观接缝内填充有水泥结石或缝面呈闭合状态。

8.8.4 接缝灌浆灌区的合格率应在 85%以上，不合格的灌区分布应不集中，且每一坝段内纵缝灌区的合格率不低于 80%，每一条横缝内灌区的合格率不低于 80%，接缝灌浆工程质量可评为合格。

8.8.5 对质量检查不合格的灌区，应进行补充灌浆。最终的质量等级应根据补充灌浆效果另行评定。

8.8.6 检查工作结束后，检查孔和检查槽应封填密实。

9 岸坡接触灌浆

9.1 一般规定

9.1.1 当岸坡或齿槽的坡度陡于 50°，且坡面高差大于 3m 时，应布置接触灌浆。处于灌浆帷幕范围的岸坡部位可不设接触灌浆。

9.1.2 当边坡既有接触灌浆又有固结灌浆时，应根据工程具体情况和设计要求，选择相适应的灌浆方法，以减少两种灌浆的施工干扰。

9.1.3 当岸坡坝段既有接触灌浆又设有横向排水孔（幕）时，应先完成接触灌浆再进行排水孔的施工。

9.1.4 岸坡接触灌浆必须待坝块混凝土的温度达到设计规定值后方可进行。

9.2 灌浆方法

9.2.1 岸坡接触灌浆可采用钻孔埋管灌浆法，也可采用预埋管灌浆法或直接钻孔灌浆法。

9.2.2 钻孔埋管灌浆法应遵循以下原则：

1 钻孔埋管灌浆法适用于在分层浇筑的混凝土面上钻孔和埋管，相应部位的岸坡岩体固结灌浆已经完成的情况。

2 接触灌浆孔位应靠近岩石面，上、下层错开，孔向斜穿混凝土深入岩石 0.2m～0.5m。每孔控制灌浆面积宜为 $6m^2$。

3 接触灌浆系统由进、回浆主管，灌浆支管，钻孔及排气设施组成。灌浆支管插入钻孔应牢固，四周应封闭，并应与灌浆主管连接。灌浆主管就近引入廊道或坝后平台。灌区顶部可单独设一排钻孔埋管作为排气设施。

4　当岸坡高度超过 12m 时，应分灌区埋设灌浆系统，灌区之间应设止浆片。

5　灌浆系统的维护、通水检查、测温等应参照本标准第 8 章的有关规定进行。

6　灌浆施工应根据岸坡灌区规模、坝块混凝土压重厚度等条件拟定施工技术参数。通常，进浆管压力不超过 0.5MPa 或 0.6MPa，排气管控制压力不超过 0.2MPa 或 0.3MPa，浆液水灰比采用 3、2、1、0.6 四个比级。

7　灌浆时，除顶层留作排气外，可将各层的进、回浆主管分别并联后进行灌注。

8　灌浆结束条件：当排气管排浆达到或接近最浓比级浆液，且管口压力达到或接近设计值时，缝面注入率不大于 0.4L/min，持续 20min，灌浆即可结束。

9　当进浆或排浆不畅时，可在顺灌结束后即刻进行倒灌。

9.2.3　预埋管灌浆法应遵循以下原则：

1　预埋管灌浆法适用于岩体在无盖重条件下进行固结灌浆或不要求进行固结灌浆，且岸坡岩体比较完整、开挖面比较平顺的部位。

2　根据岸坡建基面情况分成若干封闭灌区，每个灌区的面积不宜大于 200m^2，四周应设止浆片。各个灌区设有进浆管、回浆管、配浆支管、出浆盒（孔）和排气设施。

3　出浆盒埋设，应先在岩石面上按 2m～3m 的孔、排距呈梅花形布设定位孔，孔深入岩 0.2m～0.5m。出浆盒应稳固地埋设在定位孔上，盒盖四周用砂浆封闭。每层灌浆支管与出浆盒相接后，两端与进、回浆主管连通。进、回浆主管应就近引向廊道或坝后平台。

4　止浆片埋设，应先在岩石面上掏槽、插筋，浇筑混凝土隔墩。在隔墩上埋入止浆片。

5　排气设施的埋设，应在灌区顶部混凝土隔墩上预埋三角形

排气槽，从槽两端引出排气管，形成排气系统。

6 灌浆系统的维护、灌前准备工作及灌浆施工，可参照本章第 9.2.2 条的规定执行。

9.2.4 采用直接钻孔灌浆法时，应遵循以下原则：

1 直接钻孔灌浆法适用于岸坡规模较小、坡度较缓、坝体设置了适合钻孔灌浆施工的廊道或平台的情况。

2 钻孔的布设及深度可按本章第 9.2.2 条的规定执行。

3 钻孔灌浆宜从灌区边缘开始，之后再自下而上分层分序施工。其他技术要求可参照本标准第 6 章的有关规定。

4 若岸坡岩体固结灌浆孔兼作接触灌浆时，灌浆应在坝块混凝土温度达到接触灌浆设计要求后进行，接触段和以下岩石段分别灌注，先灌接触段，后灌岩石段。

9.3 质 量 检 查

9.3.1 当采用钻孔埋管灌浆法和预埋管灌浆法进行岸坡接触灌浆时，可参照本标准第 8.8 节的规定进行灌浆工程质量的检查和评定。

9.3.2 当采用直接钻孔灌浆法进行岸坡接触灌浆时，可参照本标准第 6.4 节的规定进行灌浆工程质量的检查和评定。

10 施工记录与竣工资料

10.0.1 岩体帷幕灌浆工程的施工记录、成果资料和检验测试资料应包括下列部分或全部内容：

1 施工记录。

1） 钻孔记录。

2） 钻孔测斜记录。

3） 钻孔冲洗和裂隙冲洗记录。

4） 压水试验和简易压水试验记录。

5） 灌浆记录和封孔记录。

6） 抬动或变形观测记录。

7） 制浆记录。

8） 现场浆液试验记录等。

2 灌浆成果资料。

1） 灌浆孔成果一览表。

2） 灌浆分序统计表。

3） 灌浆综合统计表。

4） 灌浆工程完成情况表。

5） 灌浆孔平面布置图和灌浆综合剖面图。

6） 各次序孔透水率频率曲线图。

7） 各次序孔单位注入量频率曲线图。

8） 灌浆孔测斜成果汇总表和孔斜平面投影图。

3 检验测试资料。

1） 检查孔压水试验成果表。

2） 检查孔钻孔柱状图。

3） 灌浆材料检验报告。

4） 照片、录像和岩芯实物。

5） 施工前后或施工过程中其他检验、试验和测试资料。

基岩固结灌浆和隧洞灌浆的施工记录、成果资料和检验测试资料应包括的内容，可根据工程具体情况结合上述要求确定。

10.0.2 混凝土坝接缝灌浆工程的施工记录、成果资料和检验测试资料应包括下列部分或全部内容：

1 施工记录。

1） 各灌区灌浆准灌证。

2） 坝块混凝土温度测量记录。

3） 坝缝张开度测量记录。

4） 灌浆系统通水检查、预灌性压水试验记录。

5） 接缝灌浆记录、孔（管）口放浆记录。

6） 灌浆时缝面增开度变化观测记录。

2 成果资料。

1） 混凝土坝接缝灌浆单区灌浆成果一览表。

2） 混凝土坝接缝灌浆成果综合统计表。

3） 混凝土坝接缝灌浆综合剖面图。

3 检验测试资料。

1） 检查孔钻孔取芯、压水试验记录。

2） 检查孔成果一览表。

3） 凿槽检查成果一览表。

4） 芯样力学性能试验报告。

5） 灌浆材料检验报告。

6） 照片、孔内录像和芯样实物等。

岸坡接触灌浆的施工记录、成果资料和检验测试资料应包括的内容，可根据工程具体情况参照上述要求确定。

10.0.3 各项钻孔灌浆工程的主要施工记录表、成果统计表、统计图及竣工图的样式见附录C。

10.0.4 灌浆工程的单元工程施工及检查完成后，应及时进行单元

工程质量评定和验收。

10.0.5 灌浆工程完工后，施工单位应及时整编竣工资料和提出报告，申请验收。灌浆工程验收应提供的文件有：

1 工程设计文件：工程地质资料、设计图纸、施工技术要求、设计修改通知等。

2 施工资料：有关的施工记录、成果资料、检验测试资料、施工报告等。

3 质量检查报告：单元工程质量评定表及有关说明等。

附录 A 浆液主要性能现场试验方法

A.1 密 度

A.1.1 目的及适用范围

现场快速测定水泥浆、泥浆等灌浆浆液的密度。

A.1.2 试验仪器

1002 型泥浆密度计（见图 A.1.2），测量范围 0.96～2.0，刻度分值为 0.01，泥浆杯容积约 140mL。

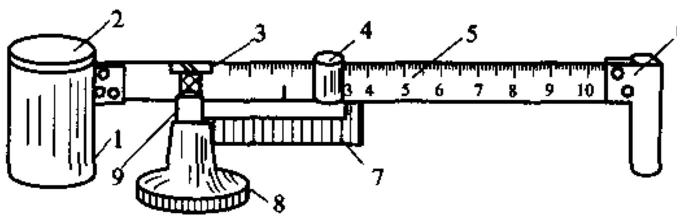


图 A.1.2 1002 型泥浆密度计

1—泥浆杯；2—杯盖；3—主刀口；4—游码；5—杠杆；6—平衡圆柱；
7—挡臂；8—底座；9—主刀垫

A.1.3 试验方法

1 仪器校正：用清水（相对密度 1.0）校正仪器。往泥浆杯中注满清水，加盖使多余的水从杯盖的中心孔溢出，擦净表面水渍。将主刀口置于刀垫上。移动游码至刻度线 1.0 处。此时仪器应处于平衡状态，水平泡应处于中央位置；否则，应增减平衡圆柱中的金属颗粒，将水平泡调整至中央位置。

2 密度的测定：自搅拌桶中取泥浆装满泥浆杯，盖上杯盖，使多余的泥浆从杯盖的中心孔排出。用清水冲净仪器外表（此时应用手指堵住杯盖中心孔，以免水分进入泥浆杯中，影

响试验结果），擦净表面水渍。按上述同样的方法，移动游码使水平泡处于中央位置，测读游码左侧的刻度值，即为泥浆的密度。

3 重新取样，再测验一次，取两次测值的平均值为检验结果。当两次测试的差值大于5%时，应分析原因，并重新测定。

A.1.4 注意事项

1 密度计必须放置在水平的台面上。

2 在给泥浆杯加盖时，必须有泥浆从杯盖的中央孔中溢出。

3 不得随意打开平衡圆柱。

A.2 浆液析水率试验

A.2.1 目的及适用范围

测定水泥浆、水泥黏土浆等颗粒型灌浆浆液的析水率。

A.2.2 仪器设备

100mL的量筒、时钟、移液管等。

A.2.3 试验方法

1 取约100mL浆液倒入量筒中，在接近100mL时改用移液管将浆液加到100mL刻度。

2 静置2h后，读取上部清水与下部浆液分界面对应的刻度读数，并记录。

3 重复以上步骤，共进行两次测定。

4 按下式计算浆液析水率

$$B=\frac{100-h}{100}\times 100\% \tag{A.2.3}$$

式中：B——析水率；

h——静置后水泥浆液表面位置的刻度读数。

以两次测值的平均值为试验结果（精确至1%），两次测值的差值如大于10%，应分析原因并另取浆液重新测定。

A.3 马氏漏斗黏度

A.3.1 目的及适用范围

现场快速测定水泥浆、泥浆等颗粒性灌浆浆液的表观黏度。

A.3.2 试验仪器

马氏漏斗黏度计，仪器外形尺寸见图 A.3.2，以 946mL 液体从黏度计中流出的时间来确定液体的黏度；精度为 0.2s 的秒表一块；1000mL 敞口量杯一个；1000mL 量杯一个。

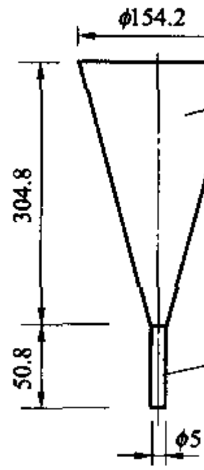


图 A.3.2 马氏漏斗黏度计外形尺寸（单位：mm）

1—漏斗；2—出液管

A.3.3 试验方法

1 黏度计使用前应用水湿润，然后安装在仪器架上，装好筛网，并将一 1000mL 的敞口量杯平置于黏度计下方。

2 用左手食指堵住仪器的出液管，向漏斗中注入清水至标示的刻度线。

3 迅速放开食指，同时启动秒表，当流入量杯中的水恰好为 946mL 时，停止秒表，秒表示值（T）即为清水黏度，应为 26s±0.5s，否则应更换漏斗黏度计。

4 按照以上程序自现场水泥浆搅拌桶中取水泥浆连续进行

两次试验，以两次测值的平均值为试验结果，精确至1s。

A.3.4 注意事项

1 试验中泥浆从出液管流出应连续、顺畅。

2 试验完毕后应及时冲洗黏度计，特别应注意对出液管的清洗、保护。

A.4 流 动 度

A.4.1 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流动度。

A.4.2 仪器设备

截锥圆模（上口直径36mm、下口直径64mm、高度60mm，内壁光滑无接缝的金属制品）、玻璃板、秒表、钢直尺、刮刀。

A.4.3 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流动度。

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.4.4 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。

附录B　灌浆工程压水试验

B.0.1　压水试验的设备和仪表

一般情况下可使用灌浆施工所用的设备和仪表，但应保持足够的精度和适宜的标值范围。

B.0.2　压水试验的方法

灌浆工程先导孔和检查孔一般使用一级压力的单点法压水试验，灌浆孔灌浆前可进行简易压水试验。现场灌浆试验可采用三级压力五个阶段的五点法压水试验。

B.0.3　压水试验的压力

可根据工程具体情况和地质条件，按照表 B.0.3 选用适当的压力值。检查孔各孔段压水试验的压力应不大于灌浆施工时该孔段所使用的最大灌浆压力的 80%。

B.0.4　压入流量的稳定标准

在稳定的压力下，每 3min～5min 测读一次压入流量，连续 4 次读数中最大值与最小值之差小于最终值的 10%，或最大值与最小值之差小于 1L/min 时，本阶段试验即可结束，取最终值作为计算值。

表 B.0.3　压水试验压力值选用表

灌浆工程类　别	钻孔类型	坝高（m）	灌浆压力（MPa）	压水试验压力
帷幕灌浆	先导孔和检查孔	＜50	—	灌浆压力的 80%，并不大于 1MPa
		50～100	—	1MPa
		100～200	—	1MPa、H（m）并不大于 2MPa
		＞200	—	

续表 B.0.3

灌浆工程类　别	钻孔类型	坝高（m）	灌浆压力（MPa）	压水试验压力
搭接帷幕	检查孔	—	—	1MPa
坝基及隧洞固结灌浆	检查孔	—	1～3	1MPa
			≤1	灌浆压力的 80%

注：1 H 为坝前水头，从帷幕所在部位基岩面高程起算至正常蓄水位；
2 除特殊情况外，灌浆工程各部位均应进行试验压力为 1MPa 的标准压水试验；
3 坝前水头大于 100m 时，帷幕检查孔可使用相当于作用水头的压水试验压力，但不宜大于 2MPa；
4 坝基或隧洞围岩固结灌浆压力大于 3MPa 时，压水试验压力应根据工程需要和地质条件确定；
5 现场灌浆试验钻孔压水试验压力应根据工程需要和地质条件确定。

B.0.5 压水试验成果的表示

压水试验的成果以透水率 q 表示，单位为吕荣（Lu）。在 1MPa 压力下，每米试段长度每分钟注入水量为 1L 时，q=1Lu。

B.0.6 单点法压水试验成果的计算方法

单点法压水试验的成果按式（B.0.6）计算，即

$$q=\frac{Q}{pL} \tag{B.0.6}$$

式中：q——试段透水率，Lu；
Q——压入流量，L/min；
p——作用于试段内的全压力，MPa；
L——试段长度，m。

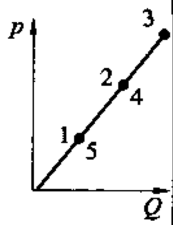
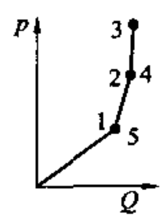
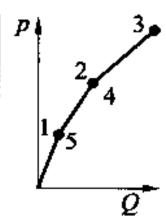
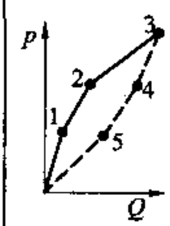
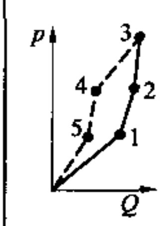
计算成果保留 2 位有效数字。

B.0.7 五点法压水试验成果的计算和表示方法

1 以压水试验三级压力中的最大压力值（p）、相应的压入流量（Q）及式（B.0.6）求算透水率。

2 根据五个阶段的压水试验资料绘制 p–Q 曲线，并按照表 B.0.7 确定 p–Q 曲线类型。

表 B.0.7 五点法压水试验的 p–Q 曲线类型及特点

类型名称	A（层流）型	B（紊流）型	C（扩张）型	D（冲蚀）型	E（充填）型
p–Q 曲线					
曲线特点	升压曲线为通过原点的直线，降压曲线与升压曲线基本重合	升压曲线凸向 Q 轴，降压曲线与升压曲线基本重合	升压曲线凸向 p 轴，降压曲线与升压曲线基本重合	升压曲线凸向 p 轴，降压曲线与升压曲线不重合，呈顺时针环状	升压曲线凸向 Q 轴，降压曲线与升压曲线不重合，呈逆时针环状

3 五点法压水试验的成果用透水率和 p–Q 曲线的类型表示。例如，2.3（A）、8.5（D）等，2.3 和 8.5 为试段的透水率（Lu）；（A）和（D）表示该试段 p–Q 曲线为 A（层流）型和 D（冲蚀）型。

B.0.8 压水试验压力的组成和计算

1 压力表安设在孔口处的进水管上（见图 B.0.8-1），按式（B.0.8-1）计算压水试验压力。压力表安设在孔口处的回水管上（见图 B.0.8-2），按式（B.0.8-2）计算压水试验压力，即

$$S = S_1 + S_2 - S_f \quad \text{(B.0.8-1)}$$

$$S = S_1 + S_2 + S_f' \quad \text{(B.0.8-2)}$$

式中：S——作用于试段内的全压力，MPa；

S_1——压力表指示压力，MPa；

S_2——压力表中心至压力起算零线的水柱压力，MPa；

S_f、S_f'——压力损失，MPa，一般情况下忽略不计。

2 压力起算零线的确定。

1） 当地下水位在试段以上时，压力起算零线为地下水位线。

2） 当地下水位在试段以下时，压力起算零线为通过试段中点的水平线。

3） 当地下水位在试段以内时，压力起算零线为通过地下水位以上试段的中点的水平线，见图 B.0.8-3，图中 $x=(L-l)/2$，$S=H+x$。

B.0.9 地下水位的观测和确定

一个单元工程内的灌浆工程开始前，可利用先导孔测定地下水位。稳定标准为每 5min 测读一次孔内水位，当连续两次测得水位下降速度均小于 5cm/min 时，以最后的观测值作为本单元工程的地下水位值。

孔口有涌水时应测定涌水压力。

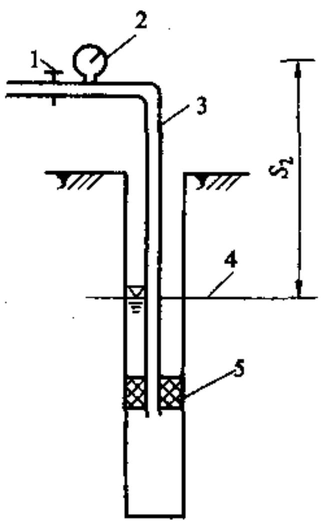


图 B.0.8-1 进水管上安设压力表示意图

1—进水阀门；2—压力表；3—进水管；4—地下水位；5—橡胶塞

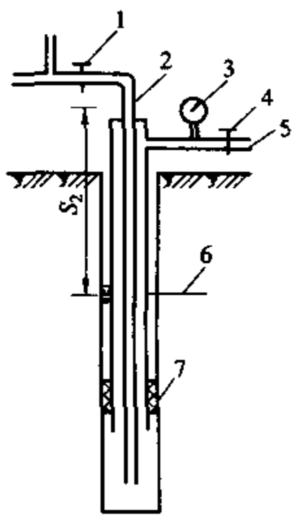


图 B.0.8-2 回水管上安设压力表示意图

1—进水阀门；2—进水管；3—压力表；4—回水阀门；5—回水管；6—地下水位；7—橡胶塞

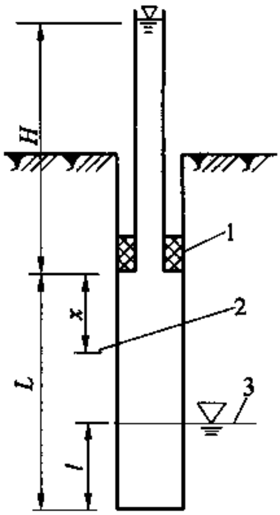


图 B.0.8-3 地下水位在试验段内示意图

H—橡胶塞以上的水柱高；*L*—试段长；*l*—试段内水深；

1—橡胶塞；2—试验压力起算点；3—地下水位

B.0.10 简易压水试验

各序灌浆孔灌浆前根据需要可进行简易压水试验，其要求是：

1 试验压力为灌浆压力的 80%，并不大于 1MPa。地下水位假定为与灌浆孔口齐平。

2 压水时间为 20min，每 5min 测读一次压入流量，取最后的流量值作为计算流量。

3 简易压水试验成果以透水率 q 表示，单位为吕荣（Lu）。

附录C 灌浆工程施工记录与成果图表

C.0.1 灌浆工程的施工记录和成果资料图表很多，各工程情况不一，图表格式内容也不尽相同，现列出部分主要表格和成果图的常用样式如下：

1 钻孔灌浆施工记录表（见表 C.0.1-1）。

2 灌浆施工记录表（见表 C.0.1-2）。

3 灌浆施工成果单孔统计表（见表 C.0.1-3）。

4 灌浆施工成果分序统计表（见表 C.0.1-4）。

5 帷幕灌浆施工成果单元工程统计表（见表 C.0.1-5）。

6 回填灌浆施工成果综合统计表（见表 C.0.1-6）。

7 帷幕灌浆施工成果综合统计表（见表 C.0.1-7）。

8 固结灌浆施工成果综合统计表（见表 C.0.1-8）。

9 检查孔压水试验成果表（见表 C.0.1-9）。

10 灌浆工程完成情况表（见表 C.0.1-10）。

11 混凝土坝接缝灌浆单区灌浆施工成果表（见表 C.0.1-11）。

12 混凝土坝接缝灌浆施工成果综合统计表（见表 C.0.1-12）。

13 各次序孔单位注灰量频率曲线图（见图 C.0.1-1）。

14 帷幕灌浆综合剖面图（见图 C.0.1-2）。

15 深孔固结灌浆成果综合平、剖面图（见图 C.0.1-3）。

16 隧洞固结灌浆成果展示图（见图 C.0.1-4）。

17 混凝土坝接缝（纵缝）灌浆综合剖面图（见图 C.0.1-5）。

表 C.0.1-1　钻孔灌浆施工记录表

施工部位＿＿＿＿　孔号＿＿＿＿　桩号＿＿＿＿　排序＿＿＿＿　孔序＿＿＿＿　钻孔顶角＿＿＿＿

方位角＿＿＿＿　孔口高程＿＿＿＿m　机地距＿＿＿＿m　接班孔深＿＿＿＿m　本班钻孔进尺＿＿＿＿m　交班孔深＿＿＿＿m

接班灌浆深度＿＿＿＿m　交班灌浆深度＿＿＿＿m　本班灌浆段长＿＿＿＿m

时间			工作内容	钻孔情况								灌浆情况						孔内情况
开始	终止	间隔		钻头			钻具总长（m）	机上余尺（m）		进尺（m）	孔深（m）	段次	灌浆段（m）			灌注		岩性、变层、坍孔、掉块、岩芯采取率、回水、串浆、抬动等
				名称	规格（mm）	长度（m）		开始	终止				自	止	段长	结束（+）	继续（-）	

使用机械		工时利用（时:分）															主要材料消耗						使用人工			
钻机型号	灌浆泵型号	项目	纯钻灌	起钻下塞	准备	冲孔	扫孔	机修	迁安	孔故	机故	停水	停电	待料	其他	合计	钻头	水	电	油	水泥	其他	技工	普工		合计
		钻孔																								
		灌浆																								

机长＿＿＿＿＿＿　班长＿＿＿＿＿＿　记录＿＿＿＿＿＿　＿＿年＿＿月＿＿日＿＿班

注：本表下半部分是为进行施工工效、成本计算所用，如不需要可省略。

表 C.0.1-2 灌浆施工记录表

孔号________ 桩号________ 段次______ 段长自______m 至______ m 计______m 孔底沉淀______cm 射浆管距孔底______cm

排序 次序 孔口高程 m 年 月 日 班

时间			浆液配合比		浆液配量		加浆量（L）	槽内浆量（L）	注入量（L）	注入率（L/min）	灌浆压力（MPa）	备注
时（h）	分（min）	间隔（min）	水	水泥	水（kg）	水泥（kg）						
合计注入浆量				（L）	注入水泥			（kg）	废弃水泥		（kg）	

机（班）长____________ 记录________ 质检________ 监理________

注：本记录表可用灌浆记录仪打印记录代替。若使用记录仪，灌浆压力宜给出平均值和最大值。

表 C.0.1-3　灌浆施工成果单孔统计表

工程名称　　　　孔号　　　　桩号　　　　施工次序　　　　孔口高程　　　　开竣工日期

段次	灌浆孔段（m）			孔径（mm）	岩石情况简述	透水率（Lu）	水灰比		注入率（L/min）		灌浆压力（MPa）	水泥用量				单位注入量（kg/m）	灌浆时间			备注
	自	至	段长				开始	终止	开始	终止		注浆（L）	注灰（kg）	废弃（kg）	合计（kg）		开始	终止	纯灌	
																	月日时分	时分	时分	
合计																				

注：计算灌浆段长度时，混凝土部分不计在内。

表 C.0.1-4　灌浆施工成果分序统计表

工程名称　　　　　　　　工程部位　　　　　　　　单元　　　　　　　　排序　　　　　　　　施工日期

孔序	孔号	钻孔深度（m）			水泥用量				单位注入量（kg/m）	总段数	区间段数 单位注灰量区间（kg/m）					平均透水率（Lu）	总段数	区间段数 透水率区间（Lu）					备注
		混凝土	基岩	合计	注浆（L）	注灰（kg）	废弃（kg）	总耗量（t）			<10	10～50	50～100	100～1000	>1000			<1	1～5	5～10	10～100	>100	
总计																							

注：单位注灰量和透水率区间划分可根据工程具体情况确定。

表 C.0.1-5　帷幕灌浆施工成果单元工程统计表

工程名称　　　　　　　　　　　　工程部位　　　　　　　　　　　　施工日期

单元	排序	孔序	孔数	钻孔长度（m）	灌浆长度（m）	水泥用量			单位注入量（kg/m）	总段数	区间段数/频率（%）					平均透水率（Lu）	总段数	区间段数/频率（%）					备注
											单位注灰量区间（kg/m）							透水率区间（%）					
						注灰（kg）	废弃（kg）	总耗量（t）			<10	10～50	50～100	100～1000	>1000			<1	1～5	5～10	10～100	>100	
×坝段	下游排	Ⅰ																					
		Ⅱ																					
		Ⅲ																					
		小计																					
	上游排	Ⅰ																					
		Ⅱ																					
		Ⅲ																					
		小计																					
	中间排	Ⅰ																					

续表 C.0.1-5

单元	排序	孔序	孔数	钻孔长度（m）	灌浆长度（m）	水泥用量			单位注入量（kg/m）	总段数	区间段数/频率（%）					平均透水率（Lu）	总段数	区间段数/频率（%）					备注
											单位注灰量区间（kg/m）							透水率区间（%）					
						注灰（kg）	废弃（kg）	总耗量（t）			<10	10～50	50～100	100～1000	>1000			<1	1～5	5～10	10～100	>100	
×坝段	中间排	Ⅱ																					
		Ⅲ																					
		小计																					
	合计																						
总　计																							

注：帷幕灌浆孔应分排分序统计；单位注灰量和透水率区间划分可根据工程具体情况确定。

表 C.0.1-6　回填灌浆施工成果综合统计表

工程部位	单元工程	工程量（m^2）	注入水泥（kg）	单位注入量（kg/m^2）			检查孔压浆试验		
				Ⅰ序	Ⅱ序	合计	孔数	合格孔数	最大值（L/10min）

表 C.0.1-7 帷幕灌浆施工成果综合统计表

工程名称

工程部位	单元工程	孔数	灌浆长度（m）	水泥注入量（kg）	单位注入量（kg/m）							灌浆前透水率（Lu）						备注
					平均	下游排		上游排		中间排		下游排		上游排		中间排		
						Ⅰ序	Ⅱ序	Ⅰ序	Ⅱ序	Ⅰ序	Ⅱ序	Ⅰ序	Ⅱ序	Ⅰ序	Ⅱ序	Ⅰ序	Ⅱ序	

表 C.0.1-8　固结灌浆施工成果综合统计表

工程名称

单元工程	孔数	灌浆长度（m）	水泥注入量（kg）	单位注入量（kg/m）					灌浆前透水率（Lu）				备注
				平均	Ⅰ序排		Ⅱ序排		Ⅰ序排		Ⅱ序排		
					Ⅰ序	Ⅱ序	Ⅲ序	Ⅳ序	Ⅰ序	Ⅱ序	Ⅲ序	Ⅳ序	

表 C.0.1-9　检查孔压水试验成果表

工程部位	单元	检查孔数	压水试验段数	透水率（Lu）								设计标准（Lu）	大于设计标准的试验结果	备注
				<1		1～3		3～5		>5				
				段数	%	段数	%	段数	%	段数	%			
合计														

注：透水率区间划分可根据工程具体情况调整。

表 C.0.1-10　灌浆工程完成情况表

工程部位	单元工程	孔数	钻孔灌浆进尺（m）			水泥用量（t）			单位注灰量（kg/m）	施工日期
			混凝土	基岩	合计	总用量	注入	废弃		
合计										

表 C.0.1-11　混凝土坝接缝灌浆单区灌浆施工成果表

部位：　　　缝别：　　　灌区编号：　　　灌区起止高程：自　　m 至　　m　灌区面积：　　m^2　灌浆日期：　　年　月　日

灌浆条件	坝块龄期		坝块温度		压重块温度		缝面开度			所用水泥			外加剂	备　注
	前（左）块（月）	后（右）块（月）	前（左）块（℃）	后（右）块（℃）	前（左）块（℃）	后（右）块（℃）	顶部（mm）	中部（mm）	底部（mm）	品种	强度等级	4900 孔筛余（%）		

通水检查情况	管道名称	进浆管	备用进浆管	回浆管	备用回浆管	__排气管	__排气管	预灌性压水检查	串漏情况和漏水量（L/min）	实测缝容（L）	浸泡时间（h）
	单开出水量（L/min）										
	通水压力（MPa）										

灌浆施工情况	灌浆时间（h:min）			施工简要说明（水灰比变换、结束条件等）	管口压力（MPa）				密度（g/cm^3）		倒灌		缝面增开度（mm）			通水缝			平压缝		
	自	至	间隔		进浆管	回浆管	__排气管	__排气管	__排气管	__排气管	水灰比	管口压力（MPa）	顶部	中部	底部	缝号	管口名称	压力（MPa）	缝号	管口名称	压力（MPa）
	纯灌																				

浆液耗用情况	总用量		弃浆量		放浆量		总注入量		单位注入量（kg/m^2）	排气管口至顶部排气槽的垂直距离（m）	管口排列示意图	
	浆液（L）	水泥（kg）	浆液（L）	水泥（kg）	浆液（L）	水泥（kg）	浆液（L）	水泥（kg）				

技术负责人＿＿＿＿＿＿＿＿　校核＿＿＿＿＿　制表＿＿＿＿＿　　　　制表日期＿＿年＿月＿日

表 C.0.1-12 混凝土坝接缝灌浆施工成果综合统计表

施工部位：　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　施工单位：

灌区编号	灌区面积（m²）	坝块温度（℃）		压块温度（℃）		缝面开度（mm）		管路通畅情况	单开流量（L/min）		灌区串漏情况	灌浆时间		水灰比变换	顺灌					倒灌		水泥注入量		质检情况	综合评定
															压力（MPa）			密度（g/cm³）							
		前（左）	后（右）	前（左）	后（右）	张开度	增开度		__排气管	__排气管		年月日	历时（：）		进浆管	__排气管	__排气管	__排气管	__排气管	水灰比	管口压力（MPa）	总量（kg）	单位注入量（kg/m²）		
说明																									

技术负责人________________　校核__________　制表__________　　　　　日期____年__月__日

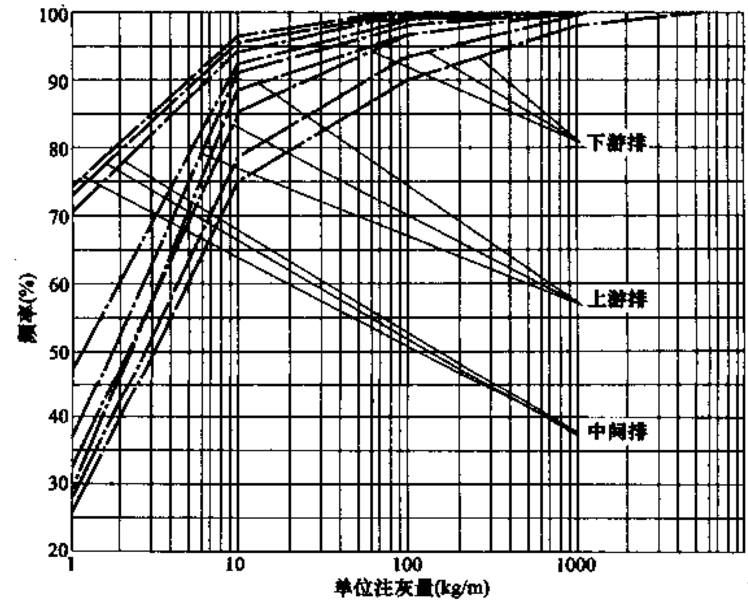


图 C.0.1-1　各次序孔单位注灰量频率曲线图

（透水率频率曲线图形式参照本图绘制）

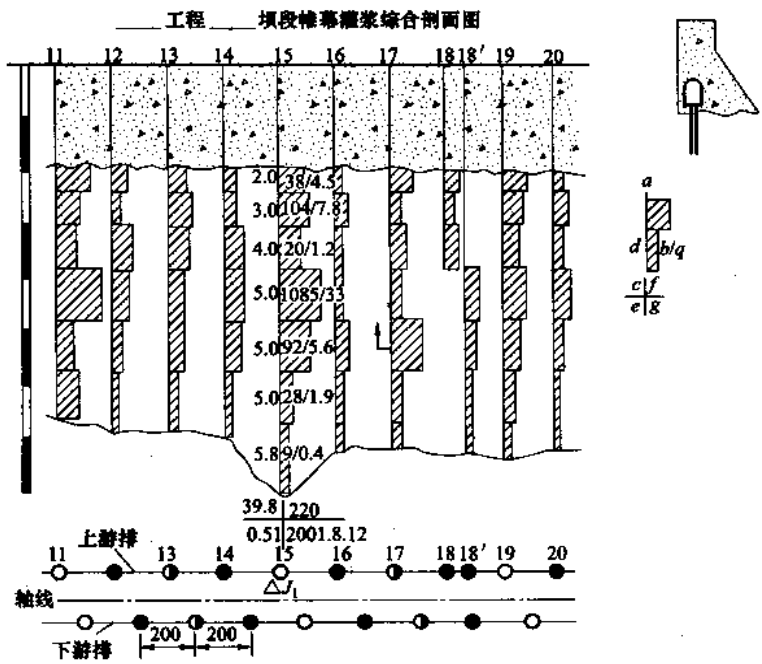


图 C.0.1-2　帷幕灌浆综合剖面图

（图中仅标注一孔，其余相同。各项内容系基本要求，可根据需要增减）

a—孔号；*b*—单位注灰量（kg/m）；*c*—孔深（m）；*d*—段长（m）；*e*—孔底偏距（m）；*f*—全孔平均单位注灰量（kg/m）；*g*—竣工日期（年月日）；*q*—透水率（Lu）；

○—Ⅰ序孔；◐—Ⅱ序孔；●—Ⅲ序孔；△—检查孔；↑—串、冒浆

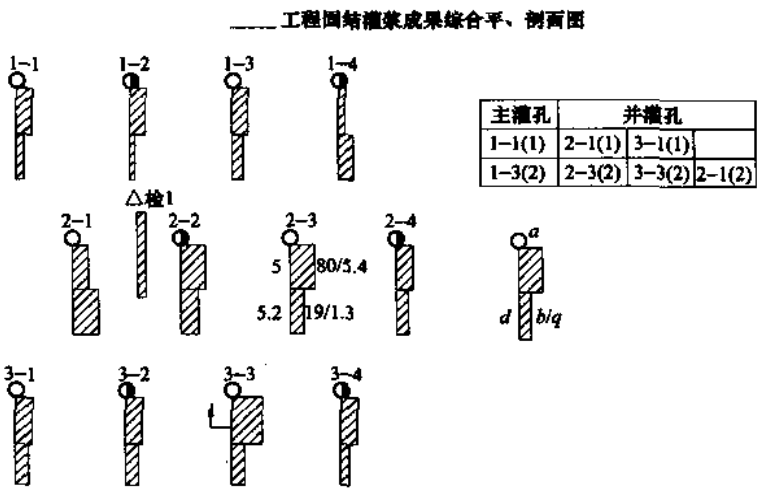


图 C.0.1-3 深孔固结灌浆成果综合平、剖面图

（图中仅标注一孔，浅孔固结灌浆成果图参照本图绘制）

a—孔号；*b*—单位注灰量（kg/m）；*d*—段长（m）；*q*—透水率（Lu）；

○—Ⅰ序孔；◐—Ⅱ序孔；△—检查孔；↑—串、冒浆

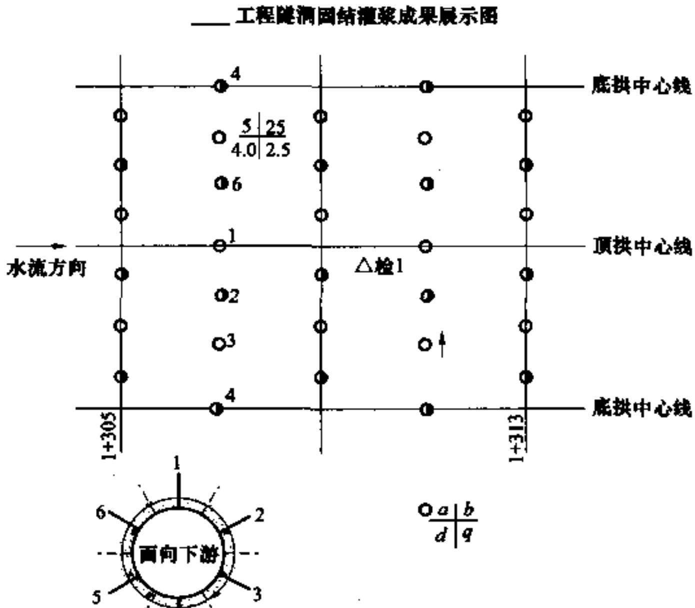


图 C.0.1-4 隧洞固结灌浆成果展示图

（隧洞回填灌浆和钢衬接触灌浆成果图参照本图绘制）

a—孔号；*b*—单位注灰量（kg/m）；*d*—段长（m）；*q*—透水率（Lu）；

○—Ⅰ序孔；◐—Ⅱ序孔；△—检查孔；↑—串、冒浆

____工程坝体接缝(纵缝)灌浆综合剖面图

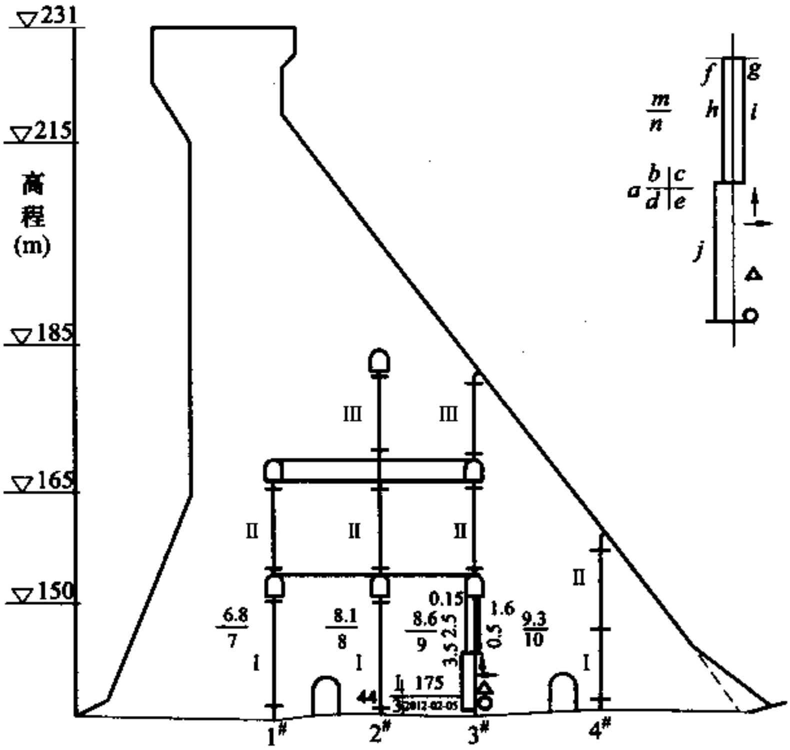


图 C.0.1-5　混凝土坝接缝（纵缝）灌浆综合剖面图

（图中仅标注一个灌区；横缝灌浆参照本图绘制）

a—坝段；*b*—灌区；*c*—灌区面积（m^2）；*d*—缝号；*e*—灌浆日期（年月日）；

f—排气管（槽）最终压力；*g*—排气管（槽）排浆密度（g/cm^3）；*h*—缝面张开度（mm）；

i—缝面增开度（mm）；*j*—缝面单位注灰量（kg/m^2）；*m*—实测温度（℃）；

n—设计温度（℃）；↑—与上层灌区串浆；→—缝面漏浆；

△—作业正常（⚠非正常）；○—管路系统畅通（⊗非畅通）

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，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：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引 用 标 准 名 录

GB 175　通用硅酸盐水泥
GB/T 5005　钻井液材料规范
DL/T 5010　水电水利工程物探规程
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 5108　混凝土重力坝设计规范
DL/T 5144　水工混凝土施工规范
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

水工建筑物水泥灌浆施工技术规范

DL/T 5148—2012

代替 DL / T 5148 — 2001

条 文 说 明

目　　次

1 总　　则

1.0.2 说明本标准的内容和适应范围，条文对 DL/T 5148—2001《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》稍有修改。按照 DL 5180《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》，水工建筑物划分为五个等级，本标准规定主要针对 1、2、3 级水工建筑物，4、5 级水工建筑物也可参照应用。本标准不宜直接应用于特殊的灌浆施工，如结构物补强灌浆、应急堵漏灌浆等。

1.0.4 保证灌浆施工的连续作业十分重要，意外中断将给工程质量和施工单位造成大的损失。

1.0.5 对于长度大于 100m 的灌浆廊道（隧洞），设计时可按 60m～80m 的间距设置灌浆机房、污水沉淀池等。工程区或附近有煤层或其他矿床时，应进行易燃、易爆等有害气体的监测，金沙江向家坝水电站灌浆隧洞曾发生过硫化氢、甲烷等瓦斯爆炸事故。

1.0.6 严格地说，爆破震动是否会对已完成的灌浆工程造成损害，应以爆破时工程部位质点峰值振动速度判定。DL/T 5135—2001《水电水利工程爆破施工技术规范》规定的允许爆破质点振动速度见表 1。灌浆工程附近需进行大型爆破时，应按此规定进行爆破设计。

表 1　允许爆破质点振动速度（cm/s）

项　　目	龄　　期			备　　注
	3d	3d～7d	7d～28d	
坝基灌浆	1	1.5	2～2.5	含坝体接缝灌浆

1.0.7 灌浆工程是隐蔽工程，各类钻孔很多，事先应按 DL/T

5113.1—2005《水电水利基本建设工程 单元工程质量等级评定标准 第 1 部分：土建工程》的要求划分单元，统一分类编号，一一对应，不得重复，不得搞错。此点对于使用计算机整理分析灌浆资料尤为重要。

1.0.8 各种现场施工记录是分析评价灌浆工程质量的重要依据，有时是唯一依据，因此要严格要求，认真记录。记录要在施工现场随着施工的进行随时填写，专人审核；不允许事后补记，更不得随意编造。

填写记录的墨水笔蓝色、黑色均可，但须色泽清晰，不易污损、褪色和涂改，便于长期保存。

DL/T 5148—2001 要求“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”。10 年来，灌浆自动记录仪的使用已基本普及，因此不再强调“重要工程”。

自动记录仪一般记录 2 项参数（灌浆压力和注入率）即可，有特殊要求时可记录 3 项参数（灌浆压力、注入率和浆液密度）。由于目前多数灌浆记录仪流量传感器的理论最小分辨率为 0.2L/min，因此一些注入量和注入率很小的接缝灌浆、接触灌浆不宜使用灌浆记录仪来监测其流量过程。

既然使用了灌浆记录仪，一般就不必重复安排人员进行手工记录。无论采用记录仪与否，都不能放松现场质量检查和旁站监理，不能用仪器代替人的管理。

1.0.9 灌浆工程是隐蔽工程，施工效果难以进行直接的和完全的检查，搞好施工过程（工序）质量是保证工程产品最终质量的前提，因此各项灌浆工程施工应把工序的质量控制放在质量管理的首要位置。

灌浆是勘探与施工平行进行的作业，应随时根据施工过程中发现的新情况，修正设计文件和施工工艺。

3 灌浆材料、设备与制浆

3.1 灌浆材料与浆液

3.1.1 试验表明，矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥的抗侵蚀性比硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥好，在环境水有侵蚀性的灌浆工程中可以使用，但因其含有矿渣或火山灰，浆液过稀时易于离析，因此浆液水灰比不宜大于1。

3.1.2 根据GB 175—2007《通用硅酸盐水泥》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。

GB 175—2007《通用硅酸盐水泥》规定，硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥的细度以比表面积表示，要求不小于300m^2/kg；矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥的细度以筛余表示，要求80μm方孔筛筛余不大于10%或45μm方孔筛筛余不大于30%。灌浆使用水泥对细度有较为严格的要求，硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥的细度一般能满足通过80μm方孔筛的筛余量不大于5%的要求，但其他种类水泥的细度通常难以满足，需进行专门处理。

3.1.4 DL/T 5144—2001《水工混凝土施工规范》中第5.5.1条规定，凡符合国家标准的饮用水，均可用于拌和与养护混凝土。第5.5.2条规定，其他类型水在首次用于混凝土施工时，应进行水泥凝结时间和水泥浆结石抗压强度的试验，水的pH值和水中的不

溶物、可溶物、氯化物、硫酸盐的含量应符合表 2 的要求。第 5.5.2 条的条文说明中指出，地表水、地下水和其他类型水是否适用于拌和和养护混凝土，必须检验以下三项限制指标：一是拌和用水对水泥凝结时间影响的限值；二是拌和用水对砂浆或混凝土抗压强度影响的限值；三是对水中有害物质的含量限值。灌浆浆液与素混凝土类似，不存在钢筋腐蚀的问题，只需满足素混凝土的要求即可（见表 2）。

表 2　拌和与养护混凝土用水的指标要求

项　　目	素混凝土
pH 值	＞4
不溶物（mg/L）	＜5000
可溶物（mg/L）	＜10 000
氯化物（以 Cl^- 计，mg/L）	＜3500
硫酸盐（以 SO_4^{2-} 计，mg/L）	＜2700

3.1.5　对本条第 1～4 款的解释如下：

1　细水泥浆液适用于岩体微细裂隙和张开度小于 0.5mm 的坝体接缝灌浆。超细水泥是用特殊方法磨细的水泥，一般最大粒径 D_{max} 在 12μm 以下，平均粒径 D_{50} 为 3μm～6μm。干磨细水泥是将普通水泥通过干法进一步磨细，一般情况下 D_{max} 在 35μm 以下，D_{50} 为 6μm～10μm。湿磨水泥则是将水泥浆液通过湿磨机磨细，其细度与磨机型式及研磨时间有关，采用胶体磨时，一般为 D_{97}≤40μm，D_{50}=10μm～12μm，采用珠磨机能达到干磨细水泥和超细水泥的细度。

2　稳定浆液适用于遇水性能易恶化或裂隙开度较大的地层的灌浆，通常是在水泥浆液中加入 3%～5%的钠基膨润土和外加

剂而制成；若加入钙基膨润土和高塑性黏土，其掺量应通过室内配合比试验确定。

3 水泥基混合浆液是在水泥浆液中加砂子、黏土、粉煤灰等制成的混合浆液，包括水泥砂浆、黏土水泥浆、粉煤灰水泥浆等，适用范围基本同稳定浆液。

4 膏状浆液适用于大孔隙地层（岩体宽大裂隙、溶洞、堆石体等）的灌浆，通常是在水泥浆液中加入较多黏土、增塑剂等制成，其基本特征是屈服强度值大于其重力的影响，具有自堆积特性。实际上，浆液进入膏体状态并无明显界限值，国际岩石力学学会灌浆专业委员会主席奥地利学者 R.维德曼（R.Widman）认为，屈服强度小于 50Pa 的浆液属于“稳定”或“接近稳定”的悬浮浆液，故此处以大于 50Pa 作为膏状浆液的起点。

速凝膏浆是通过加入速凝剂或其他速凝材料制成的膏状浆液，其凝结时间可控制在 10min 以内。

已有的工程经验和室内模拟试验表明，化学浆、黏土浆适用于微细开度的裂隙灌浆，细水泥浆适用于细开度的裂隙灌浆，纯水泥浆、水泥黏土浆、水泥粉煤灰浆适用于小开度、静水或小流速的裂隙灌浆，普通水泥膏浆、砂浆、水泥水玻璃浆、低级配混凝土适用于中等开度、静水或小流速流量的裂隙灌浆，速凝水泥膏浆适用于中等开度、一定流速下的动水裂隙灌浆。对于大开度、高流速裂隙地层灌浆，宜根据现场情况，采用充填级配石子、速凝浆液、模袋灌浆或者其他特殊措施。

3.1.6 砂浆用于灌浆，主要是针对大空隙的回填或堵漏。为便于灌浆泵输送，以细砂为宜。

加入水泥浆液中的粉煤灰一般应使用Ⅰ、Ⅱ级粉煤灰，回填灌浆可使用Ⅲ级粉煤灰。根据 DL/T 5055—2007《水工混凝土掺用粉煤灰技术规范》，各级粉煤灰的质量指标和等级见表 3。

表 3　各级粉煤灰的质量指标和等级

序号	指　标	等　级		
		Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
1	细度（45μm 方孔筛筛余，%）	≤12	≤25	≤45
2	烧失量（%）	≤5	≤8	≤15
3	需水量比（%）	≤95	≤105	≤115
4	三氧化硫含量（%）	≤3	≤3	≤3

“其他掺合料”，如石粉、赤泥、硅粉等。在有些堵漏灌浆中，甚至可掺入锯末、棉籽壳、海带等材料。

3.1.7 本条和第3.1.5条第2款中所说的“稳定剂”的作用是增强浆液的沉降稳定性，故名“稳定剂”。它与石油钻井泥浆中使用的降失水剂、增黏剂作用相似。

“其他外加剂”，如膨胀剂等。

3.1.8 灌浆浆液中掺加膨润土时，膨润土宜预先加水润胀。润胀，或称溶胀、水化、膨化、湿化，是指将干膨润土加水湿润或搅拌后放置一段时间，以待膨润土矿物成分充分吸水膨胀。膨润土达到完全润胀的时间随膨润土品种、性能而异，通常需要 7h～24h。当少量使用或需要立即使用时，也可干掺，干掺时应适当延长膨润土浆的搅拌时间。日本资料称，高速搅拌 4min，润胀程度可达 93%；搅拌 9min，可达 100%。

3.1.9 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，以往已积累了很多室内纯水泥浆液试验的资料，故提出“可不进行室内试验”。其他浆液材料和浆液配合比相对复杂，各地材料性能可能差别较大，因此宜进行浆液试验。

浆液材料的细度和颗分曲线是评价其可灌性的一个重要依据，通常情况下均应进行检测。

在条件许可的情况下，浆液的凝结时间试验建议增加黏度—

时间曲线的试验，通过分析其规律，判断浆液丧失流动性的时间或塑性黏度超过 100mPa • s 的时间。

浆液结石的强度主要是抗压强度和抗拉强度，抗拉强度可采用抗折强度试验确定。渗透性能试验主要是渗透系数和抗渗透比降，可参照 DL 5150—2001《水工混凝土试验规程》的相关内容执行。

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。这与浆液在灌浆过程及岩层中的状况不同，应对试验所得数据进行分析，参考应用。

3.1.10 本条为新增内容，目的是使施工现场的浆液试验较为统一和规范化。一般来说，浆液的室内试验带有研究性质，而浆液的现场检测则主要服务于施工过程质量控制，其检测项目应精简易行。附录 A 主要对现场测定浆液性能的方法和仪器进行规定，并非所有灌浆工程都要进行各项试验。通常，普通水泥浆应进行密度（水灰比）的检测，稳定性浆液应进行密度、析水率和黏度的检测，膏状浆液应进行密度、流动度的检测。浆液在寒冷、炎热或长时间高压循环条件下作业时，宜进行温度检测。

灌浆过程中，尤其是循环式灌浆时，浆液性质发生变化难以避免，检测的数据应如实记录，根据灌浆孔段的情况及时调整浆液性能。

3.2 灌浆设备与机具

3.2.1 高速制浆机有多种类型，主要指涡旋式、水力式等类型的搅拌机。桨叶式搅拌机不可能达到 1200r/min 以上的转速，除当储浆桶使用外，不宜用于制浆。

3.2.2 除通常采用的活塞式和柱塞式灌浆泵外，膏浆灌注可选择螺杆式、螺旋式或者其他类型的灌浆泵。

3.2.6 DL/T 5148—2001 中第 5.2.4 条和第 5.2.6 条均规定了压力表的量程范围，对比两者之间的差异，统一规定灌浆压力表的最大标值，既能满足高压灌浆要求，也能满足低压灌浆要求。

3.2.7 目前市场上的灌浆记录仪型号较多、功能不一，对于一般灌浆工程的基本需求而言，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。仪器复杂化无助于灌浆施工过程质量的监测和保障。

3.2.10 为了保持钻孔灌浆计量器具的量值准确，必须定期进行校验或检定。校验，是指对所使用的自制、专用和非强制检定的通用计量、检测器具，按照规定的标准和方法检查其性能是否符合规定的要求。检定，即计量检定，是指为评定计量器具的计量性能，确定其是否合格所进行的全部工作。计量检定必须按照国家计量检定系统表进行，必须执行计量检定规程。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。

3.3 制　　浆

3.3.4 因为细水泥较普通水泥具有较高的表面活性，在相同水灰比下易于凝聚结团，所以必须采用机械分散和化学分散；稳定浆液也必须采用机械分散和化学分散才能达到良好的性能。另外，这两类浆液黏度较大，必须加入减水剂，改善其流动性能。

3.3.5 膏状浆液搅拌机尚无定型产品，工地上需自制大扭矩搅拌机，或以混凝土搅拌机、强制式搅拌机代用。

3.3.6 在使用稳定浆液灌浆的工地，集中制浆站也可直接制备固定水灰比的稳定浆液。使用量大的泥浆和膨润土浆也宜集中配制。

4 现 场 灌 浆 试 验

4.0.1 由于各工程的地质条件不同、坝型各异，因此水工设计对大坝岩石地基的要求也不尽相同，以往同类工程的灌浆经验可作为参考，但不宜直接搬用。为了使灌浆设计，包括灌浆孔布置、处理深度、灌浆施工工艺要求等更符合实际情况，更为经济合理，大型和重要工程必须先期在现场进行灌浆试验，以试验所得的成果作为大坝基岩灌浆设计、施工的基本依据。

灌浆试验是一项比较繁杂而又细致的科学试验，为了达到预期的目的，常常需要使用多种方法反复地进行试验。灌浆试验工程量虽不大，但步骤、测试项目较多，同时工程尚处勘测或筹建阶段，试验场地生产、生活、交通常常十分困难，试验施工时间可能较长，应提前做好安排。

4.0.2 电力行业水工设计分为预可行性研究、可行性研究、招标设计和施工详图设计阶段，现场灌浆试验在何阶段进行，与灌浆工程的地质条件、规模和对主体建筑物的影响大小有关，较多是在工程的可行性研究阶段，当水工建筑物的位置已经基本确定的情况下进行的。有的重要工程，或基岩地质条件复杂，如有大的构造断裂和破碎带、透水性严重、岩层特别软弱等，基岩处理对选定坝址坝线具有重要影响，也曾在预可行性研究阶段进行灌浆试验。反之，也有在招标设计阶段，甚至施工详图阶段再进行灌浆试验的。还有的工程在各个阶段都安排了不同深度的灌浆试验。

工程规模不大、地质条件较好、类似工程经验较多时，也有将该项试验与施工阶段的生产性试验一并进行的。

4.0.3 灌浆试验地点是否具有代表性，对试验成果的价值具有重要作用。选择灌浆试验地点一般应考虑几个条件：地质条件应具

有代表性，常规灌浆试验可选在未来灌浆施工区域地质条件中等偏差的地段。帷幕灌浆试验区可选在拟定防渗帷幕的上游部位，当灌浆试验完毕后，即使灌浆质量未达到要求，也不影响将来防渗帷幕的修建，同时，还可起到幕前深孔固结的作用，有利于坝基防渗；如地质条件比较简单，对灌浆质量有把握时，灌浆试验区也可选在拟定的防渗帷幕线上，这样所得的灌浆成果资料更符合实际地质条件，试验帷幕可作为永久工程的一部分，从而节省工程费用。固结灌浆试验区可选在坝基需要处理的部位，试验工程即是将来基础固结灌浆的一部分。

由于工程要求的不同，或地质条件复杂而差别又大，有时需选择多个试验区进行试验。选择灌浆试验位置时，还应考虑场地地形、机械材料和水电供应运输等条件。试验区距离岸坡临空面应远一些。

4.0.5 灌浆工程施工详图设计包括施工技术要求，是灌浆施工的根本依据；施工组织设计是实施灌浆工程施工图的一系列施工技术、施工工艺和施工组织措施，两者都有一个试生产的过程，这就是生产性灌浆试验的目的。它与勘测设计阶段的现场灌浆试验的目的和要求不同，不能混为一谈，一般不应以后者替代前者。

5 帷 幕 灌 浆

5.1 一 般 规 定

5.1.1 DL 5108—1999《混凝土重力坝设计规范》中第 10.4.4 条要求“主帷幕应在水库蓄水前完成”。本条文对该条文进行了具体化。

水库蓄水后，孔口高程低于库水位的帷幕灌浆孔通常会出现孔口涌水的情况，增加了灌浆施工的难度，灌浆质量也不易保证。根据经验，当孔口涌水压力大于 0.2MPa 时，灌浆施工尤为困难。我国有些大坝坝基帷幕灌浆为处理此类问题，耗费了较多的时间、材料和人力，应引以为戒。

5.1.2 本条是对 DL/T 5148—2001 的相应条文进行归纳补充，集中地规定了帷幕灌浆的条件。

1 要建立灌浆盖板。一般来说，帷幕灌浆的压力较大，不允许采用无盖重方式灌浆。DL 5108—1999《混凝土重力坝设计规范》中第 10.4.8 条规定，“帷幕灌浆必须在浇筑一定厚度的坝体混凝土作为盖重后施工”。同时还应注意，混凝土盖板浇筑前，基岩要清理和冲洗干净，使混凝土与岩石结合紧密，否则极易导致结构物抬动和妨碍灌浆压力提升。至于盖重的厚度，有的混凝土坝要求灌浆工作面以上坝段浇筑高度大于 30m。

2 固结灌浆由于孔浅，采用的灌浆压力较小，且布置在大面积上，因此应先安排施工，这样可将浅层岩石中的裂隙充填密实，从而减少帷幕灌浆时的串、冒浆情况，有利于帷幕灌浆采用较大压力。

3 帷幕灌浆部位或附近布置的接缝灌浆应先进行，有条件时

接触灌浆也宜先施工。工程实践中曾不少发生帷幕灌浆浆液串流到混凝土坝底层接缝缝面或岸坡接触缝面的情况，使得这些部位的接缝灌浆或接触灌浆实施困难。

5.1.3 灌浆孔的上下游排，是依据受灌地层中地下水的流向确定的，有时并不一定与河流的上下游一致。

5.1.4 布设先导孔的目的是为了核对或补充勘探资料，尽可能准确地掌握地质情况，以便于有针对性地选择灌浆施工参数。先导孔应当最先施工，也应当布置在最深的一排孔中。先导孔应参照DL 5013—2005《水电水利工程钻探规程》的要求进行施工，应采取岩芯，分段进行压水试验，分段灌浆。先导孔的深度一般与灌浆孔相同，当设计有要求时，可适当加深。

先导孔虽然具有补充勘探的性质，但由于施工阶段受工期、预算等条件制约；也应注意不能把勘探阶段的任务任意转移到先导孔来完成。

5.1.5 在正常情况下，相邻两个次序的灌浆孔（同一排或不同排）应当待先序孔全孔施工完毕以后再开始后序孔的施工。但工程中往往工期紧迫，于是在施工实践中广泛采用了后序孔较先序孔滞后 15m（通常是 3 个灌浆段），并行施工的方法。这样做，在一般地质条件下相邻孔串浆的可能性较小，但对加快施工进度十分有利。

5.1.6 混凝土防渗墙底下设置灌浆帷幕，有的通过在防渗墙体内预埋灌浆管实施，这是不适宜的。防渗墙内预埋管主要起导向作用，保证灌浆孔能顺利钻到墙底。为节省材料，这种管子常常不能承受较高的灌浆压力，管子的埋设深度最多也只能达到墙底，而不能穿过墙底与基岩的接触面，不符合孔口封闭灌浆法中孔口管的要求，因此，使用预埋灌浆管作为孔口管灌浆是不妥的。

5.1.7 一般指紧邻防渗帷幕的主排水孔、扬压力观测孔。离帷幕较远的辅助排水孔可视情况处理。

5.1.8 一般结构物规定允许抬动值为不大于200μm，实际作业时应努力控制灌浆在无抬动条件下进行。为了监测和防止岩层或混凝土面上抬，在一些敏感部位安设抬动监测装置是必要的。但不少工程中抬动监测装置安装过多、过滥，有的不起作用，徒然增加了工程成本。另一方面，防止岩层或混凝土面抬动，根本上要靠灌浆作业人员的责任心和技术水平，仪器监测应是辅助手段。

5.2 钻　　孔

5.2.1 实践证明，帷幕灌浆孔采用回转式钻机、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。两类钻孔方法各有其优缺点，前者孔形较好，但工效较低；后者钻进工效高，但因其是无岩芯钻进，岩粉、岩屑较多，应加强钻孔和裂隙冲洗，冲击钻孔方式的孔斜率通常也高于回转式钻进。

5.2.2 孔位偏差系指对任何方向而言。

5.2.3 使用同一种方法钻孔，一般来说孔径小的进尺快、成本低。另外，小孔灌浆时浆液流动速度快，可以减少浆液在钻孔内的沉淀，从而减少灌浆管在孔内被凝住的事故。

5.2.4 帷幕孔一般都要进行孔斜测量，其检测频率、测斜方法和使用仪器可根据工程要求确定。

与国外技术标准相比，我国对帷幕灌浆孔孔斜的要求较严。欧洲标准《特殊岩土工程施工：灌浆》（BS EN12715：2000）规定，“钻孔应尽量小心以减少偏斜，设计应允许调整孔距以补偿预期的钻孔偏斜。一般来说，对于孔深小于20m的钻孔，其轴线偏斜不应超过计划方位的3%；对于深孔而言，相邻钻孔之间的间距应可以调整以补偿钻孔偏斜。”实际工程也是这样，国际招标的二滩工程要求孔深小于或等于70m时，允许偏差2%；孔深大于70m时，允许偏差2.5%，检测率20%。伊泰普工程帷幕灌浆孔

采用冲击回转式钻机钻进，孔深 70m 以内，要求偏斜率不大于 3%，70m 以上不大于 5%，检测率 8%。

表 5.2.4 中孔底偏距基本按照 DL/T 5148—2001 的尺度延伸至 100m，自 60m 以后，孔斜率保持在 2.5%。实际上，孔斜的发展规律是随孔深增加而偏距增加越快。所以，对于深孔来说，应当以控制孔底偏距为目标，有针对性地进行钻孔偏斜设计，而不能简单地套用表中各段孔深对应的偏距。不可能要求孔越深偏斜率越小，那样要么做不到，要么需付出非常高昂但并不必要的代价。在工程中，如果遇到大于 70m 深的帷幕，设计上一般应考虑分为两层施工，或者是增加帷幕孔排数。

顶角大于 5° 的斜孔孔底允许偏差值“适当放宽”的尺度，宜根据工程具体情况确定，有的水电站大坝坝基倾斜帷幕灌浆孔（顶角 30°）孔底最大允许偏差值比垂直孔增加 50%。

钻孔开孔后，深度 20m 范围内一定要保证孔向准确。做到这一点后，往下继续使用较长的粗径钻具（钻头加岩芯管）并适当控制压力，就不易偏斜了。

若钻孔偏斜超过设计要求，可考虑采取补救措施，通常可在其旁布设一个检查孔，一方面可检查灌浆质量，另一方面也可作为补强孔，弥补原灌浆孔偏斜过大的缺点。若这些检查孔的压水试验成果达到设计要求，则可认为该单元工程帷幕灌浆质量合格。

5.2.5 即在这种情况下不必按原定的段长（如 5m）分段钻灌，而应及时处理。

5.2.6 钻孔冲洗，包括孔壁和孔底沉淀的冲洗。冲洗方法为在孔内下入钻具（或导管）直到孔底，通入大流量水流，污水自孔口返出，直至符合要求。钻孔冲洗工序应为钻孔工作的一部分。

5.2.8 这样做便于在灌浆时采用有针对性的技术措施，确保灌浆质量。一旦发生质量问题，也便于查考处理。

5.3 裂隙冲洗与压水试验

5.3.1 裂隙冲洗，是指对钻孔四周一定范围内岩体裂隙的冲洗。灌浆工程通常采用压力水冲洗法，即在卡紧灌浆塞后通过钻孔向裂隙中泵入压力水流，使裂隙中的充填物被冲刷出孔外或夹带到离孔较远的地方。裂隙冲洗的水流方式以循环式为宜，采用纯压式灌浆方式进行裂隙冲洗时，因冲洗液不能返回孔外，所以只宜在裂隙发育地段或其他认为必要的地段进行。

采用自下而上分段灌浆法时，除在孔底段灌浆前可进行一次全孔裂隙冲洗外，其余各段在灌浆前不宜进行裂隙冲洗或简易压水试验，以免影响前一段灌注浆液的凝固，对灌浆质量不利。全孔裂隙冲洗的压力可采用孔口段灌浆压力的 80％并不大于 1MPa。冲洗时间以 20min 为宜或至回水清净时止，过长时间的冲洗起不到作用，注入多量的水反而有害。

5.3.2 先导孔的压水试验要求较为精确，所以不论采用孔口封闭灌浆法、自上而下分段灌浆法或自下而上分段灌浆法，其先导孔压水试验均应自上而下分段进行。

附录 B 是根据灌浆工程的要求，并参照 DL/T 5331《水电水利工程钻孔压水试验规程》制定而成。本次修订对 DL/T 5148—2001 中有关压水试验的方法和压力重新作了规定：

1 先导孔和检查孔压水试验一般使用单点法。这是因为灌浆工程压水试验的任务主要是求得岩体的透水率，在灌浆前用以作为选择灌浆施工参数的参考依据，在灌浆后评价灌浆取得的效果，一般不进行流态分析，而单点法压水试验已可满足这一要求，因此不需要进行三级压力五个阶段的五点法试验。以往有的工程不论何种情况一律进行五点法压水试验，所得成果仅使用一个数据，浪费了资源。

灌浆试验的任务不像施工那样单纯，要对岩体的渗透性、可灌性，帷幕的渗透稳定性等进行试验和评价，因此采用五点法压

水试验是必要的。

2 依据坝高（帷幕承受水头）和灌浆压力对检查孔压水试验的压力等级进行了适当简化和调整，坝高拓展到 200m 以上。近年来，我国高坝建设很多，有的工程对承受高水头的帷幕希望采用较高压力进行压水试验检查。表 B.0.3 规定可采用 1 倍水头压力并不大于 2MPa，这是因为帷幕检查孔都是布置在中心线上，试验时幕体内的渗径是幕厚的 1/2，如果以 1 倍水头压力压水，安全系数为 2。另一方面，水的渗透能力、劈裂能力很强，而岩体的抗劈裂能力一般较弱，大于 2MPa 的压力很容易将已经灌注好的帷幕体劈裂，这是有害的。但对于灌浆试验来说，因为要获得多种条件下的数据，故不必受此限制。

5.3.3 简易压水试验与裂隙冲洗工艺相同，因此两者结合进行可节省工时。许多工程这样执行已取得良好效果。

5.3.4 地质条件复杂地区，情况差别很大，工程要求不一，是否需要进行裂隙冲洗或采用特殊的冲洗方法，难以作出统一规定，宜通过现场灌浆试验来确定，也可根据类似工程的实践经验确定。

经验表明，在岩溶泥质充填物和遇水性能易恶化的岩层中进行裂隙冲洗和压水试验，不仅达不到冲洗的目的，还会恶化岩体性能，影响灌浆质量。广西天生桥二级水电站引水隧洞不良地质地段围岩固结灌浆、新疆克孜尔水库主坝右坝肩岩体固结灌浆等工程都曾遇到这样的问题，均采取了本条措施。在岩溶地层充填物以黏土为主的地段，帷幕灌浆孔可不进行裂隙冲洗，而采用高压灌浆的方法解决，这在贵州乌江渡水电站、东风水电站和湖北隔河岩水电站坝基帷幕灌浆施工中已取得很好的成效。

5.4 灌浆方法与灌浆方式

5.4.1 具体地说，地质条件较差、灌浆塞安设困难或工程防渗要求较高时，宜采用孔口封闭灌浆法、自上而下分段灌浆法；反之，宜采用自下而上分段灌浆法。地层变化大时，可采用综

合灌浆法。

5.4.2 具体地说，自上而下分段灌浆法可采用循环式灌浆或纯压式灌浆；自下而上分段灌浆法可采用纯压式灌浆；孔口封闭灌浆法应采用循环式灌浆。稳定性浆液可采用纯压式灌浆，易于沉淀分离的浆液宜采用循环式灌浆。

5.4.5 采用自下而上灌浆法时，由于多种原因，有时灌浆塞在规定的位置卡不住，不得不上提，甚至多次上提致使灌浆段很长，影响灌浆质量。条文中规定，对长度超过 10m 的灌浆段，宜采取补救措施。例如，可对该部位重新钻开进行分段复灌，或以后在其旁布设检查孔，一方面检查灌浆质量；另一方面，通过对检查孔进行灌浆，起到补强的作用等。

5.4.6 混凝土与基岩接触段应先行灌浆并待凝，有利于防止混凝土结构物在以下孔段灌浆时发生抬动，有利于上部岩体形成较坚固的盖重，以提高灌浆压力。

长期的施工实践证明，在灌浆正常结束的条件下，已经灌入到岩石裂隙内的水泥浆液，不会在下一个灌浆段钻进时被循环水流冲洗出来，所以不需待凝。但遇灌浆前孔口涌水、灌浆后孔口返浆、地质条件复杂，以及灌浆压力很低等情况时，待凝是必要的，待凝时间应根据工程具体情况确定。

5.4.7 先导孔本身也是灌浆孔，应当妥善进行灌浆。如采用自上而下分段进行压水试验和灌浆的方法，即每段灌浆在该孔段压水试验完毕后立即进行，这样做对压水试验成果的精确性会有些微影响，但对灌浆是有利的，而这正是工程的主要目的。

5.4.8 这样规定的主要理由是，灌浆前做的简易压水试验所用的压力小，而灌浆时所用的压力大，有时透水率小于 1Lu 的孔段，在较大的灌浆压力下，也能灌入较多浆液。灌浆施工实践中，就经常发生一个灌浆段的透水率虽小，但注入水泥量却较大的情况。所以，既然灌浆段已钻完，且也安装好灌浆塞，接着进行灌浆既不很费事，又可避免失误。

5.5 灌浆压力与浆液变换

5.5.1 灌浆压力是保证和控制灌浆质量的重要因素，对工程安全和造价也有重要影响。近30年来，工程界趋向于尽量采用较高灌浆压力，传统的经验公式多已不适用，因此工程类比和现场灌浆试验已成为确定灌浆压力的主要途径。

5.5.2 理论上讲，灌浆压力应是孔内灌浆段中点处所承受的压强，施工中以孔口安装的压力表或压力变送器测得的压力表示，两者是有差异的，压力表或压力变送器离孔口越远，差异越大，因此本条文规定压力表或压力变送器与孔口距离“不宜大于5m”。

灌浆压力记读压力表指针摆动的“中值”（平均值），或是“峰值”（最大值），都是可以的。理论上讲，中值较峰值更能代表对灌浆段所实际施加的总能量。

灌浆压力应当稳定，本标准第3.2.2条规定灌浆泵压力波动值宜小于20%，这无论是对于记读中值或峰值都是重要的。压力摆动的主要原因在于灌浆泵的类型及其工作状态。使用单缸泵，摆动就大；使用双缸泵或三缸泵，摆动就会小些。灌浆泵使用时间过久或维修不善，也会加大压力波动。所以，必须重视灌浆泵的选用，注意维护保养，使其保持良好的工作状态。

记读灌浆压力值的方法，在技术要求中应写清。高压灌浆时，为了防止压力过大而发生地面抬动或破坏岩层，还宜对最大限值提出要求。同一工程中记读灌浆压力的方法应保持一致。

使用灌浆记录仪可以方便地测记灌浆时段内的平均压力和最大压力，这对分析灌浆过程、控制灌浆质量十分有利。

5.5.3 DL/T 5148—2001规定，“灌浆应尽快达到设计压力，但对于注入率较大或易于抬动的部位，应分级升压。”近年来，许多工程只注意了该条文前半部分，片面追求高压力、大注入量，造成浪费和地层抬动。因此，本条文不再强调一次升压法，而提倡分级升压法。一般来说，在地质条件较好、注入率较小时，灌浆一

开始应尽快达到设计压力；反之，在情况不甚明了时，应当分级提高灌浆压力。

5.5.4 除本条文规定的水灰比比级外，类似的比级，如 5.67、2.67、1.67、1.17、0.87、0.67、0.53，也是可行的。这种比级每搅拌 150L 浆液中加入的水泥量分别为 0.5、1、1.5、2、2.5、3、3.5 袋（以每袋水泥 50kg，水泥表观密度 3.0g/cm^3 计），有利于使用袋装水泥和分散制浆的情况。

表 4 为某工程采用的纯水泥浆的流变参数资料。从表中可见，水灰比为 3、5 和 10 的水泥浆的两项参数比较接近，因此，从可灌性的角度考虑，开灌浆液水灰比采用 3 和 5 差别不大，但从灌浆的勘探性质和节约水泥综合考虑，开灌水灰比采用 5 是适宜的。

表 4 某工程采用的纯水泥浆的流变参数

水灰比	塑性屈服强度（Pa）	黏度（mPa·s）	水灰比	塑性屈服强度（Pa）	黏度（mPa·s）
0.3	384	403	1.0	2	6
0.4	67	90	2.0	1	2.5
0.5	23	37	3.0	0.7	1.8
0.6	12	20	5.0	0.53	1.4
0.7	7	13	10.0	0.43	1.2
0.8	5.5	12			

注：1 浆液的塑性屈服强度和黏度与水泥品种、试验条件等有关，表中数据仅供参考。

2 水的塑性屈服强度为 0，黏度为 1.0mPa·s。

由于细水泥浆的水泥颗粒细、比表面积大、活性高、浆液保水性强，为保证水泥结石有一定的强度和提高灌浆质量，应采用较小的水灰比。

5.5.5 本条规定的为常用的浆液变换方法，不同工程针对具体的地质条件可调整各级浆液的灌注量或灌注时间。

5.5.6 稳定浆液、混合浆液和膏状浆液组分复杂，浆液比级变换

不仅要改变水与固相材料的比例（水固比），往往还要改变固相材料间的配合比，各工程应因地制宜确定。

单一比级的稳定性浆液，其配合比在施工过程中基本不变，所以更应充分顾及到大多数地段的地质条件，慎重确定。

5.5.7 灌浆压力和注入率突然改变，包括灌浆压力突然升高和注入率减小，或灌浆压力突然降低和注入率增大的现象。这常常是一些施工事故的征兆，或设备系统发生故障，正常灌浆的通道突然被堵塞；或灌浆范围内某一裂隙、通道突然被打开，如岩体劈裂、混凝土结构抬动或产生裂缝等，应高度警惕和重视。

5.5.8 20 世纪 90 年代初期，第 15 届国际大坝会议主席、瑞士学者隆巴迪提出了一种新的设计和控制灌浆工程的方法——“灌浆强度值”（Grouting Intensity Number，简称 GIN）法。这种方法的基本概念是，对任意孔段的灌浆，都是一定能量的消耗，这个能量消耗的数值，近似等于该孔段最终灌浆压力 p 和灌入浆液体积 V 的乘积 pV，pV 就叫做灌浆强度值，即 GIN。由于裂隙岩体灌浆时，大裂隙常常注入量大而使用压力小，细裂隙常常注入量小而使用压力高。隆巴迪认为，如果在各个灌浆段的全部灌浆过程中，都控制 GIN 为一常数，就可以自动地对开敞的宽大裂隙限制其注入量，对比较致密的可灌性差的地段提高灌浆压力。由于 GIN 等于常数，在压力—注入量坐标系上，GIN 曲线是一条双曲线，其值越大，曲线离开原点的距离越远；再加上对最大灌浆压力和最大注入量的限制，就组成了一条对灌浆过程控制的包络线。

采用 GIN 法灌浆的要点是：

1 应用稳定的、中等稠度的浆液，以达到减少沉淀，防止过早地阻塞渗透通道和获得紧密的浆液结石的目的。

2 整个灌浆过程中尽可能只使用一种配合比的浆液，以简化工艺，减少故障，提高效率。

3 用 GIN 曲线控制灌浆压力，在需要的地方尽量使用高的

压力，在有害和无益的地方避免使用高压力。

4 用计算机监测和控制灌浆过程，实时地控制灌浆压力和注入率，绘制 $p-V$ 过程曲线，掌握灌浆结束条件。

此外，该法所采用的灌浆方式多是自下而上纯压式灌浆。

GIN 灌浆法在一定程度上自动地适应了岩体地质条件的不规则性，使得沿帷幕体的总的注入浆量得到较合理分配，灌浆帷幕的效益—投资比率达到最大。GIN 法在美洲一些国家的工程中首先应用，取得了较好的效果。但也有学者提出质疑，认为该法不适用于细微裂隙和宽大裂隙（包括岩溶）岩体的灌浆，隆巴迪本人也承认这一局限性。

我国于 1994 年引进 GIN 灌浆法，先后在黄河小浪底水利枢纽、长江三峡水利枢纽和湖南江垭水利枢纽等工程进行了灌浆试验或应用，但未曾大面积推广。总的看来，该法理论明确、施工简便、工效较高，但地质针对性不强，用以构建的帷幕防渗标准较低。

20 世纪 80 年代，我国学者在二滩工程灌浆试验中曾提出了“双限注浆压力控制技术”，机理相似，也曾取得良好效果。

5.6 孔口封闭灌浆法

5.6.1 1982 年，乌江渡水电站大坝坝基帷幕灌浆首创使用孔口封闭灌浆法取得成功。此法优点较多，如孔内不需下入灌浆塞，施工简便；每段灌浆结束后，不需待凝，即可开始下一段的钻孔，加快了进度；上部孔段可得到多次重复灌注，对提高灌浆质量有利；使用孔口封闭器有利于加大灌浆压力等。经过 SL 62—1994《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》和 DL/T 5148—2001 的总结推广，孔口封闭法已成为水利水电灌浆工程施工的主要工法，也是我国自主创新的国家级工法。

孔口封闭灌浆法起源于强岩溶灰岩地基的灌浆，它在总体上适应我国技术及经济发展的条件，但也具有工效较低、材料能源

消耗较多，在含有煤系、页岩等软弱和缓倾角地层中易发生抬动等缺点，因此在任何条件下都采用该法也是不适宜的。

有的工程使用一种简化的孔口封闭灌浆法——孔口卡塞灌浆，特点是不设置孔口管，不使用孔口封闭器，自上而下分段钻孔和灌浆，每一段灌浆都在孔口安设灌浆塞来实施，随着灌浆孔段加深，灌浆塞的射浆管也相应延伸。显然，该法省去了镶铸孔口管的工序，因而效率提高、成本降低；也正因为如此，该法不能适应较高灌浆压力和较大孔深。该法主要应用在钻孔数量很多、灌浆孔深和灌浆压力不很大的坝基固结灌浆，帷幕灌浆一般不宜采用。

5.6.2 为避免浆液在钻孔中流速太慢甚至发生沉淀，灌浆孔孔径宜小。

5.6.3 孔口管段灌浆时，灌浆塞宜跨越建基面安放在混凝土和基岩中，采用纯压式或循环式灌注。灌浆结束后使用 0.5 比级浓浆镶铸孔口管，并待凝 72h。

5.6.4 镶铸孔口管是孔口封闭灌浆法施工的必要条件和关键工序，必须做好。由于灌浆压力大，故要求孔口管必须镶铸牢固，不允许孔口管四周有漏浆、冒浆现象。孔口管埋入岩石中的深度随使用的最大灌浆压力而定，灌浆地段表层岩石情况也有影响。在一般条件下，表 5 可供参考。

表 5 孔口管埋入岩石中的深度

最大灌浆压力（MPa）	3.0	4.0	5.0	6.0
孔口管埋入岩石中的深度（m）	1.0	1.5	2.0	2.0～2.5

5.6.5 目的是尽快升高灌浆压力，使在较浅的深度上即可使用最大的灌浆压力灌浆。表 6 列举了几个工程灌浆段的段长和灌浆压力使用情况。

表 6 几个工程灌浆段的段长和灌浆压力使用情况表

工　程	灌浆段长（m）/灌浆压力（MPa）				
	岩石中的第一段（孔口管段）	第二段	第三段	第四段	第五段
贵州省乌江渡水电站	2/1.0	1/2.0	2/4.0	5/6.0	5/6.0
湖北省隔河岩水电站	2/1.0	1/2.5	2/3.5	5/5.0	5/5.0
青海省龙羊峡水电站	2/1.5	1/2.0	1.5/3.0	5/6.0	5/6.0
贵州省东风水电站	2.4/1.0	2.6/2.5	5/3.5	5/5.0	5/5.0

5.6.6 孔口封闭灌浆法的主要缺点是在灌注浓浆时间较长时，灌浆管容易在孔内被水泥浆凝住。为此，必须使用性能良好的孔口封闭器，以便在灌浆过程中经常活动灌浆管，防止其被水泥浆凝住。

5.6.7 目的是保证孔内水泥浆有一定流速，并流动畅通。

5.6.8 采用孔口封闭灌浆法时，各灌浆段裂隙冲洗、压水试验或简易压水试验的做法，可以根据工程实际情况，参照本章第 5.3 节的有关内容确定。通常采取的做法如下：

1 各灌浆段钻孔完成后进行钻孔冲洗。

2 各灌浆段灌前裂隙冲洗和简易压水按第 5.3.3 条的规定执行，但各段均在孔口封闭；在计算透水率时，段长取未灌段岩石的长度，已灌段视为不透水。

5.6.9 孔口封闭法灌浆不会发生浆液沉淀现象，同时浆液损耗比其他灌浆方法要大，因此不宜采用单一比级的稳定性浆液。

5.6.10 本条意为防止岩体或结构物抬动，同时也减少浆液浪费。中等注入率一般指 30L/min。

高压灌浆应当特别注意的是控制灌浆压力和注入率。隆巴迪以平缝模型推导出灌浆缝面上产生的最大上抬力计算式如式（1）表示（隆巴迪《内聚力在岩石水泥灌浆中所起的作用》）。由式（1）可见，上抬力与最大灌浆压力、处于流动状态的最大注入量成正

比。而处于流动状态的注入量与注入率直接有关，因此，为防止上抬力过大而引起地面抬动，必须协调控制灌浆压力和注入率，避免它们的乘积最大化。

$$F_{max}=\frac{p_{max}V_{max}}{6t} \tag{1}$$

式中：F_{max}——最大上抬力；

p_{max}——最大灌浆压力；

V_{max}——最大注入量，即平缝中尚未发生沉淀的浆液体积；

t——缝宽的一半。

国内几个工程在不同的灌浆压力下控制注入率的情况见表7。

表7 国内几个工程在不同的灌浆压力下控制注入率的情况

灌浆压力（MPa）	1～2	2～3	3～4	＞4
注入率（L/min）	30	30～20	20～10	＜10

同一部位，聚集多台灌浆泵同时灌浆，明显违背了上述原则，很容易导致岩体和结构物变形，工程实践中已有教训，值得注意。

5.6.11 采用孔口封闭法进行灌浆，特别是在深孔（大于50m）、浓浆（水灰比小于0.7）、高压力（大于4MPa）、大注入率和长时间灌注的条件下，必须经常活动灌浆管和十分注意观察回浆。灌浆管的活动包括转动和上下升降，每次活动的时间为1min～2min，间隔时间为2min～10min，视灌浆时的具体情况而定。

5.7 特殊情况处理

5.7.1 目的是为了保证帷幕底线达到设计要求；对于封闭式帷幕，这一条尤为重要。有个别工程忽视了这一点，留下了隐患。

5.7.4 对本条第2款的解释如下：

2 为便于操作，可建议：中断后恢复灌浆的注入率与中断前的注入率相比较，达到90%以上谓“相近”，达到70%～90%谓

“减少较多”，70%以下谓“减少很多”。

5.7.5～5.7.7 各条措施可以单独采用，也可以综合采用。具体实施时，如何量化各条措施，施工人员应根据工程实际情况确定。

5.7.8 回浆变浓，一般是岩石裂隙细微，如换用相同水灰比的新浆进行灌注，尚可再进一些浆液，如加水改稀，一般仍然是“进水不进浆”，没有效果。

5.7.9 灌浆管（钻杆）被水泥浆凝固在孔中，也称铸管。这种情况常发生在孔口封闭灌浆法施工中，是该工法的一个主要缺点。条文中所列措施可酌情选用。

5.8 灌浆结束与封孔

5.8.1 本条对 DL/T 5148—2001 的对应条文作了修改，强调灌浆结束条件应根据灌浆孔所在部位地质和地下水条件、灌浆施工过程情况等确定，不宜千篇一律。针对一般情况提出的结束条件中“继续灌注时间”比 DL/T 5148—2001 中规定的时间缩短，原因如下：

1 参考借鉴国外标准。欧洲、美国、日本及苏联的许多灌浆技术标准中对灌浆结束条件的规定总体上比我国宽松许多，如规定注入率达到“不显著吸浆”，或不大于 1ft³/10min（2.8L/min），或不大于 0.2L/（min·m）等；达到设计灌浆压力和注入率条件后的继续灌注时间各国不一，变化范围为 0～30min。

2 试验资料证明，灌浆结束条件中设置“持续灌注时间”的主要用意，是使已灌注到岩石裂隙中的水泥浆液在灌浆压力作用下尽量滤除多余的水分。室内模拟试验证明，在泌水条件较好时，这一过程通常在 20min 内可以完成。

3 国内 20 世纪 90 年代一些接受外资采用国际标准的工程，如二滩等，其灌浆也是成功的。

当然，如遇灌浆对象为溶洞泥质充填物、软弱夹层或排水不畅等条件或设计有专门要求时，“继续灌注时间”可另行规定。

5.8.2 封孔工作非常重要，灌浆孔如果封堵不严，孔内就会有水

渗出，对灌入到岩石缝隙中的浆液结石体起到冲刷溶蚀破坏作用。SL 62—1994、DL/T 5148—2001 中提出的封孔方法，基本上可概括为以下两种：

1 导管注浆封孔法。全孔灌浆完毕后，将导管（灌浆铁管或胶管）下入到钻孔底部，用灌浆泵向导管内泵入水灰比为 0.5 的水泥浆，将孔内余浆或积水顶出孔外。在泵入浆液的过程中，将导管徐徐上提，并注意务必使导管底口始终保持在浆面以下。工程有专门要求时，也可注入砂浆。这种封孔方法适用于承受水头小的浅孔和灌浆后孔口没有涌水的钻孔。

2 全孔灌浆封孔法。全孔灌浆完毕后，先采用导管注浆法将孔内余浆置换成为水灰比 0.5 的浓浆，而后将灌浆塞塞在孔口，进行纯压式灌浆封孔。封孔灌浆的压力可根据工程具体情况确定，一般不宜小于 2MPa；当采用孔口封闭法灌浆时，可使用该孔最大灌浆压力。灌浆持续时间不应小于 1h。

当采用自下而上灌浆法，一孔灌浆结束后，通常全孔已经充满凝固或半凝固状态的浓稠浆体。在这种情况下，直接在孔口段进行封孔灌浆即可。

如封孔灌浆中出现较大的注入量（如大于 1L/min），则应当按本标准第 7.8.1 条的要求灌注达到结束条件。

采用上述方法封孔，待孔内水泥浆液凝固后，灌浆孔上部空余部分大于 3m 时，应继续采用导管注浆法进行封孔；小于 3m 时，可使用干硬性水泥砂浆人工封填捣实。

5.9 搭 接 帷 幕 灌 浆

本节为新增内容。搭接帷幕也称衔接帷幕，是指高坝岸坡帷幕在多层灌浆隧洞中施工时，在灌浆隧洞上游布置的连接上下两层帷幕的水平或倾斜浅孔帷幕。当有引水隧洞、导流洞等与防渗帷幕相交时，其四周的加强灌浆（环状帷幕）也属于这种性质。

5.9.1 本条中所称搭接帷幕灌浆孔的排的方向，与主帷幕一致，

即与廊道或隧洞轴线一致。搭接帷幕钻孔孔向布置为水平和下倾，一是为便于施工，二是可加强下层帷幕顶部的灌浆质量。

5.9.2 理论上说，同一部位有多种灌浆时，压力低的应先施工，这样才可达到各种灌浆的目的并保证质量。搭接帷幕灌浆压力通常较主帷幕低，因此宜先于主帷幕施工。施工中也有因某些原因而导致搭接帷幕是在该部位主帷幕灌浆完成后再施工的，也无大碍；需注意的是，这种情况下搭接帷幕灌浆的压力应适当提高。

有的工程将搭接帷幕灌浆和隧洞固结灌浆结合起来，可以节约部分重复工程量，也是好的，但须注意此时更应先于帷幕灌浆施工。

5.9.5 与第 5.9.4 条结合起来看，实际上仅是在 5%的灌浆孔的裂隙冲洗中增加了记录手续。

5.9.6 搭接帷幕灌浆孔较浅，多可全孔一次灌注。若灌浆孔较深、基岩条件较差或灌浆压力很大，应分段灌注，分段长度为 2m～5m。

5.10 质 量 检 查

5.10.1 检查孔压水试验成果是评价帷幕灌浆工程质量的主要依据，但也应注重施工过程质量以及其他检查成果，综合进行评价分析。

5.10.2 本条第 2～4 款所述均为灌浆工程质量容易发生问题的部位，在这些地方布置检查孔，一是针对性强，二是可以利用检查孔进行补充灌浆。

5.10.3 帷幕灌浆检查孔的数量一般可为灌浆孔总数的 10%。对于地质条件较好的工程，可适当减少；对于灌浆困难的地段，可以增加。

5.10.4 一个灌浆工程通常岩芯量很大，所有岩芯都保留既不易做到，也无必要。不如以有限的条件重点保存好有价值的岩芯。哪些岩芯需保存，哪些可废弃，由设计确定。

5.10.5 见本标准条文说明第 5.3.2 条。

5.10.7 分布不集中，即检查孔中不合格的试段不分布在连续或相

邻的孔段上。坝体混凝土与基岩接触段不包括岸坡灌浆平洞底板下的灌浆段。

5.10.8 灌浆孔的封孔极为重要，封孔不实，等于增加了新的渗漏通道。以往有些工程曾发生封孔不密实的情况，给工程留下了隐患。

孔口封填的外观质量宜逐孔检查，孔口应封填密实不渗水和基本不渗水。钻孔取芯可进行抽样检查，抽检数量和合格的标准各工程可根据具体情况制定。清江水布垭水电站帷幕灌浆封孔检查数量为灌浆孔数的2%；金沙江金安桥水电站检查数量为3%，但只抽检上部15m。一般来说，封孔取芯检查孔数量可按灌浆孔的1%掌握。抽检的钻孔芯样有的进行了力学试验，有的仅进行目测检查。定性地说，封孔检查结果孔深应符合要求，水泥浆液结石芯样应当连续、密实或较密实，芯样获得率应不小于90%。如进行了室内试验，芯样干密度以大于1.8g/cm^{3}为好。搭接帷幕孔可不进行钻孔取芯检查。

5.10.9 检查孔完成检查任务后的灌浆有两种做法：一是检查一段，灌浆一段；二是全孔检查完后，自下而上分段灌浆。两种做法均可行。一些工程的检查孔灌浆注入了不少水泥。相反，有的工程检查孔未再灌浆，浪费了钻孔资源，甚至留下缺陷。

6 坝基固结灌浆

6.1 一 般 规 定

6.1.1 DL/T 5148—2001 中，“坝基岩体灌浆”包括坝基帷幕灌浆与固结灌浆，两项灌浆既有共性，也有各自的特点，本章主要针对坝基固结灌浆的特殊性作出有关规定。为避免重复，两者的共性要求可参见本标准第 5 章。深层固结灌浆、高压固结灌浆的施工技术要求与帷幕灌浆基本相同，当然，这两种灌浆的计价也应同帷幕灌浆。

6.1.2 理论上说，盖重混凝土越厚，对提高灌浆效果有利，但混凝土太厚，也增加了钻孔长度和其他困难。本条规定兼顾了施工安排和尽量取得有盖重灌浆的实际效果。

6.1.3 近年来兴建的大型水电站和水坝，有的提出了无盖重灌浆的要求。另外，有些厚度较小的面板坝趾板、土石坝心墙盖板等薄盖重结构，或建基面上铺填“找平混凝土”后进行的灌浆，实际上均属于无盖重固结灌浆的范畴。

在薄盖重或无盖重条件下进行固结灌浆，一要努力提高表部岩体灌浆质量，二要避免或减少盖重结构抬动。在施工实践中，采取的主要措施有：引管灌浆法，即先利用上部岩体作为盖重进行灌浆孔下部孔段（如 3m～8m 深）的灌浆，上部岩体则通过预埋的管路系统在混凝土浇筑后灌注。或两步灌浆法，即在无盖重条件下先进行压力较低的Ⅰ序孔钻孔灌浆，之后在浇筑混凝土盖重后完成Ⅱ序孔钻孔灌浆。

6.1.5 在各种灌浆中，坝基固结灌浆时混凝土盖板抬动破坏问题更加突出，事故时有发生。由于抬动量可能较大和千分表装置时

有失灵的情况，因此同时设置水准点监测也有必要。

另见条文说明第 5.1.8 条。

6.1.6 大坝施工中，混凝土坝的浇筑、土石坝心墙的填筑与坝基固结灌浆常常存在矛盾。有的工程顾此失彼导致被动局面，本条文意在防止这种情况。必要时，应规定在固结灌浆未完成的部位不得浇筑第二层坝体混凝土，或不得进行土坝填筑，也不得为赶工期而在一个工作面内聚集大量设备同时灌浆。

6.2 钻孔、钻孔冲洗与压水试验

6.2.1 一般来说，固结灌浆孔可使用任何钻机钻进，主要是要求工效高一些。但是，有些较软弱破碎的地层在高风压钻孔机械的钻孔作业下，地层受到振动破坏，达不到固结灌浆的要求，是不适宜的。

6.2.2 对固结灌浆孔的孔位偏差提出了不大于 10cm 的要求，主要适用于有盖重和铺筑了找平混凝土的条件；对于完全在裸露岩面上的灌浆，可参照执行。

6.2.4 固结灌浆常采用纯压式灌浆，因此灌浆前的裂隙冲洗也是纯压式压水冲洗，故常常观测不到“回水清净”，这时冲洗时间控制在 20min 以内即可。另见本标准条文说明第 5.3.1 条。

6.2.5 选取一定比例的灌浆孔进行灌浆前简易压水试验，可进行各次序孔间岩体透水率的变化分析，工作量不大，但有利于进行灌浆质量控制和评价。

6.3 灌　　浆

6.3.1、6.3.2 固结灌浆施工中使用的孔口封闭法通常是简化形式，即孔口卡塞灌浆。另见本标准条文说明第 5.6.1 条。

6.3.5 坝基固结灌浆往往在岩体浅表部进行，无论有盖重或无盖重，灌浆压力选择都要慎重。近年来，有些工程片面追求高灌浆压力，又未采取有效的防抬动措施，致使混凝土结构大面积抬动、开裂，造成损失。

本条文建议的压力是指一般情况，对于具体的工程，宜通过现场灌浆试验论证确定。灌浆压力的使用推荐采用分级升压法，其目的也是为了防止和减少抬动。

按照静水压力理论，盖重混凝土厚度 D=1m 时，灌浆压力应不大于 0.024MPa，但实际施工中灌浆压力常常大于，甚至远大于这一数值。假定灌浆压力 p 超过盖重静压力的倍数为不安全系数 K，则

$$K=\frac{p}{0.024D} \tag{2}$$

当 D=3m、p=0.3MPa 时，K=4.17。

这是针对岩体较完整的情况。对于软弱松散或缓倾角层状岩体，K 值应接近 1。例如，向家坝水电站坝基固结灌浆在 5m 混凝土盖重下，Ⅰ序孔第 1 段灌浆压力只能达到 0.2MPa。

6.3.6 DL/T 5148—2001 中对应条文的内容为：“固结灌浆浆液水灰比可采用 3、2、1、0.6（或 0.5），也可采用 2、1、0.8、0.6（或 0.5）四个比级”。经验证明，这两种系列都是可用的、成功的，因此本条文不再推荐两套比级，而明确推荐后者。

鉴于稳定性浆液对于纯压式灌浆有许多优点，因此增加了“也可采用单一比级的稳定性浆液”的规定。需要注意的是，由于单一比级的浆液一经确定，施工中不再随时改换其配合比，故其配合比应当经试验确定。当然，针对某一工程，如既不采用四级配合比，也不采用单一配合比，而要采用 3 级或 2 级配合比，也无不可，但也宜有试验资料支撑。

6.3.9 见本标准条文说明第 5.8.2 条。

6.4 质 量 检 查

6.4.1 理论上讲，固结灌浆质量检查采用测量岩体波速或静弹性模量的方法比较适宜，压水试验的方法比较间接。但由于后者方法简单、等待时间短，工程中已长期应用，试验结果也能说明问题，故一并提出供选用。有条件者可两种方法配合应用。本条文

未规定弹性模量（变形模量）的测试，主要是应用不多，有条件的并不排斥使用。

一些工程进行岩体弹性波检测常用的方法为：

1 检测方法。在灌浆前、后采用岩石声波仪进行单孔或跨孔声波测试，或采用大功率声波仪、地震仪进行跨孔测试，根据测试成果计算灌浆前后的岩体弹性波波速。灌前灌后测试方法应一致，跨孔测试的钻孔应平行，准确测量并计算出孔间距离。超声波测井点距为 0.2m，跨孔测试可采用同步测试或 CT 扫描，点距为 0.2m～0.5m。当所测介质波速小于 1400m/s 时，应采用干孔超声波测井或跨孔测试。

2 质量评价。对比设计提出的岩体声波波速预期指标，灌浆后岩体声波波速达到以下两项要求时可认为固结灌浆质量合格：85％的测点声波达到设计标准，波速小于设计标准 85％的测点不超过总测点数的 3％，且不集中。

6.4.3 压水试验检查孔完成检测任务后灌浆有两种做法：一是检查一段，灌浆一段；二是全孔检查完后，自下而上分段灌浆。两种做法均可行。声波测试孔应在全部测试工作完成后自下而上分段灌浆，或全孔一次灌浆。

7 隧 洞 灌 浆

7.1 一 般 规 定

7.1.1 本章主要针对水平隧洞（坡度小于 6°）灌浆进行规定。竖井（倾角大于 75°）、斜井（倾角为 6°～75°）和其他地下洞室的灌浆，许多情况与水平隧洞灌浆类似，但也有不同，因此为参照执行。

7.1.3 隧洞采用钢板衬砌时，施工方法顺序不尽相同，有的先进行围岩固结灌浆，再安装钢板；有的则先安装钢板，再回填混凝土，然后进行顶拱回填灌浆。因此，对各类灌浆的施工顺序，要求也有所不同。“钢衬接触灌浆宜在衬砌混凝土浇筑结束 60d 后进行”，是由于混凝土的凝固和冷却收缩的完成需要较长的时间。

7.1.4 指孔口朝下的倒向孔和其他在灌浆结束后可能发生返浆或涌水的灌浆孔。

7.1.5 “必要时”是指可能导致隧洞混凝土或钢板衬砌发生有害变形的情况时。另见本标准条文说明第 5.1.8 条。

7.2 回 填 灌 浆

7.2.1 通常，隧洞混凝土浇筑完毕后，顶部仍有较大脱空，连通也较远，一次灌浆很难填满一条隧洞的全部空腔。较好的办法是分区段进行，这里规定每区段长度不大于 3 个衬砌段(40m 左右)。区段分隔的办法是，当衬砌混凝土浇筑完成后，在其两端用砌石或混凝土将端部顶拱缺口封堵严实。

7.2.3、7.2.4 在钢筋混凝土衬砌浇筑时预埋灌浆管好处较多，一方面可以避免钻断钢筋，保持衬砌结构的完整性；另一方面可以

将灌浆孔布置于需要灌注的重点部位，保证灌浆质量。

7.2.5 防止在灌浆过程中发生不易封堵的漏浆通路，影响灌浆质量并浪费浆材。

7.2.8 各种措施在于确保空腔部位灌注饱满、密实。此外，回填灌浆工程量以灌浆面积和注入量相结合计量也是必要的。

7.2.10 回填灌浆事前要做好充分准备，保证灌浆连续进行，这是灌浆取得成功的重要条件。因故中止灌浆的灌浆孔一般都会被堵塞，必须扫孔穿透混凝土达到空腔或基岩后，方可开始复灌。

7.2.12 在灌浆过程中，有的灌浆孔可能已经被串浆封堵密实，这种情况可不再进行专门封孔。回填灌浆孔如要加深作为固结灌浆使用，则可待固结灌浆完成后再封孔。

7.3 固 结 灌 浆

7.3.2 部分工程实践表明，喷混凝土厚 10cm 左右可承受 0.5MPa～1.0MPa 固结灌浆压力。采用此法不但可以保证固结灌浆质量，同时可加快施工进度，减小对后序工作的干扰。

7.3.3 增加了可采用压缩空气冲洗的规定，隧洞围岩固结灌浆孔孔深不大，采用不大于灌浆压力的气压可将孔壁冲洗干净。

7.3.4 参见本标准条文说明第 5.3.1 条。

7.3.6 环间分序，就是以每一环孔为单位进行分序。例如，第 1、3、5 环孔为第一次序，第 2、4、6 环孔为第二次序。环内加密，是指将每环上的孔间隔开来，按中间插入、逐渐加密的原则进行钻孔灌浆。例如，先灌第 1、3、5 号孔，再灌第 2、4、6 号孔，不可按 1、2、3、……顺次进行。

本条规定Ⅱ、Ⅲ级围岩灌浆孔可不按环间分序，是由于岩体质量较好，这样做不至于影响灌浆质量，但有利于简化施工和提高工效。

7.3.11 我国已有一些长距离引水隧洞、抽水蓄能输水隧洞采用了高压灌浆，表 8 列出几个工程的情况，供参考。

表 8　水工隧洞围岩高压固结灌浆施工简况

工程名称	围岩岩性	灌浆部位	灌浆孔深度（m）	孔段划分和压力使用	结束条件	灌浆塞类型
天生桥二级水电站	岩溶发育的石灰岩	引水隧洞不良地质段（φ8.7m～φ9.8m）	8	0m～3m，2MPa～2.5MPa；3m～8m，4MPa～6MPa	达到设计压力持续 2h，注入率小于 0.5L/min 后，继续灌注 1.5h	机械式高压灌浆塞
广州抽水蓄能电站	黑云母花岗岩	岔管段	5	奇数环Ⅰ序 2.5MPa，Ⅱ序 4.5MPa。偶数环 0.6m～2.5m，4.5MPa；2.5m～5.0m，6.5MPa	灌浆压力达 4.5MPa，注入率小于 0.4L/min 后，继续灌注 20min	法国充气式灌浆塞
		下平段（φ8m）	5	0.6m～2.5m，3.0MPa；2.5m～5.0m，6.5MPa	灌浆压力达 6.5MPa，注入率小于 2.5L/min 后，继续灌注 5min	
天荒坪抽水蓄能电站	流纹质角砾熔凝灰岩和流纹质溶凝灰岩等	上斜井（φ7m）	4	4MPa	注入率小于 2.5L/min 后，压力提高至 9MPa 继续灌注 20min	机械式高压灌浆塞
		下斜井（φ7m）	4～6	入岩 3m 以内 3MPa 3m 以下 5MPa～9MPa		
		下弯段、下平段	6			
		岔管段	8			

7.3.12　参见本标准条文说明第 5.8.2 条。孔口朝下的倒向孔和有涌水的钻孔必须采用“全孔灌浆法”封孔。

7.4　钢 衬 接 触 灌 浆

7.4.1　脱空区面积小于 0.5m² 时可不进行灌浆，这样可减小开孔对钢管的损伤，有利于保持钢结构的完整性，经许多工程的实践经验表明是可行的。有的工程甚至规定，脱空区面积大于 1.0m²

才进行接触灌浆。按明管设计的钢衬可不作接触灌浆。

7.4.2 钢衬上预留灌浆孔，也常用于回填灌浆，但孔径应稍大。

7.4.3 目的是使浆液在可能脱空的范围内得以流动、串通，防止出现封闭区，同时也可减少钢衬上的钻孔数量。

7.4.5 压缩空气应进行油水分离或过滤，避免将污物带入缝面。

7.4.7 意在尽量多灌注浓度较大的浆液，以减小或避免浆液泌水收缩凝结形成新的空隙。加入减水剂可降低浆液黏度，减水剂的种类和掺量应通过试验确定。

7.4.8 当竖井、斜井的钢衬接触灌浆采用本法时，如一个灌浆区连续高度太大(如大于 10m)，应注意防止浆体自重压力压迫钢衬，使钢衬发生变形。

7.4.12 小浪底水利枢纽等工程使用了 FUKO 管进行钢衬接触灌浆的技术。FUKO 管是一条四周带有出浆孔的特制管子，浆液可以由出浆孔流出而不能回流，还可以多次向管子中注浆。施工时，先将 FUKO 管预埋在钢衬外混凝土收缩易产生脱空的部位，待混凝土浇筑完成并收缩稳定后，即可通过 FUKO 管进行接触灌浆。

7.5 质 量 检 查

7.5.3 固结灌浆是提高隧洞围岩承载能力的重要手段，对复杂岩溶、低地下水位、水资源匮乏地区的隧洞还兼有防渗作用。本条文规定围岩固结灌浆检查以测试岩体弹性波波速为主，检查孔压水试验为辅。另见本标准条文说明第 6.4.1 条。

7.5.6 钢衬接触灌浆质量检查的合格标准，各工程不同。许多工程的实践经验表明，有较多部位经过一次、两次甚至三次以上灌浆后，再进行检查时，仍有脱空感觉。因此，有些工程规定经过一次、两次灌浆后，如脱空面积不超过一定数值，脱空程度不很严重，即不再进行灌浆。如太平哨、云峰、湖南镇等工程规定为不大于 $0.5m^2$，石门工程规定为不大于 $1m^2$。

8 混凝土坝接缝灌浆

8.1 一 般 规 定

8.1.1 蓄水后坝体承受库水压力，缝面将被压缩；库水渗透可能造成缝内存在渗水，均不利于接缝灌浆，故要求灌区的“接缝灌浆应在库水位低于灌区底高程的条件下进行”。

8.1.2 本条明确了同一高程上重力坝和拱坝纵、横缝的灌浆顺序。实践表明，后灌区可能因串浆、挤压等原因受前灌区灌浆的不利影响。

“横缝灌浆宜从坝中间向两岸推进”的目的是尽量减少向一个方向的累计变形，防止坝块产生侧向应力。提出“纵缝灌浆宜从下游向上游推进”的要求，这样可能使坝块变形倾向上游，对大坝挡水运行有利。当需要提前蓄（挡）水时，为防止上游坝块单独受力，可先灌上游第一条缝。

8.1.3 对本条第 2～4 款的解释如下：

2 与 DL/T 5148—2001 比较，规定的龄期有所缩短。DL/T 5346—2006《混凝土拱坝设计规范》中第 12.4.3 条规定，“缝两侧坝体混凝土龄期不宜小于 90d”。

3 规定 6m 盖重混凝土温度也应达到设计规定值，一是防止上层温度过高，影响下层缝面张开；二是防止上层冷却时将已灌过浆的下层缝面再次拉开。

4 实践证明，SL 62—1994、DL/T 5148—2001 将缝面张开度界定为不小于 0.5mm，普通水泥浆具有可灌性，是恰当的。

8.1.4 埋设测温计和测缝计是为了解坝块混凝土温度和接缝张开

度变化情况，并同使用其他测温法和测缝法进行比较，防止发生误差。通常根据接缝灌浆工程规模，选择有代表性的坝块埋设测温计和测缝计。例如，潘家口水库大坝为宽缝重力坝，在 40 个坝段 310 个灌区中埋设了测温计 155 支、测缝计 100 支；东风水电站大坝为双曲拱坝，在 14 个坝段 124 个灌区中埋设了 150 支测温计、80 支测缝计。

8.1.5 “相邻”灌区是指与被灌灌区相隔一个坝块（纵缝）或相隔一个坝段（横缝）的灌区。

8.1.6 与 DL/T 5148—2001 比较，将上、下层灌区的灌浆间隔时间由 10d 改为 7d。据有关室内试验资料介绍（水利水电工程施工手册《地基与基础工程》——压滤作用对浆液结石性能的影响），水泥浆液压滤成型试件的早期（7d）强度约为 28d 强度的 70%。接缝灌浆使用的均为强度等级高的水泥，颗粒细凝结硬化快、早期强度高，灌入缝内的水泥浆受泌水、压实作用，类似上述“压滤成型”室内试验。工程实践证明，下层灌区灌浆 7d 后，不会再受上层灌浆的影响。

有条件时，上、下层灌区应连续灌浆。若下层灌浆结束 4h 之后再进行上层灌浆，就可能对下层灌区已处于凝固状态但尚未有强度的浆液结石产生破坏作用。

8.1.7 新增条文。有的混凝土坝（重力坝或拱坝）在施工过程中，为改善坝体应力条件，根据工程总进度安排，要求坝体混凝土尚未达到稳定温度（即缝面未充分拉开）的情况下，先进行接缝灌浆，待混凝土继续冷却、缝面再次张开后，再次进行灌浆；有的碾压混凝土拱坝在诱导缝内埋设了重复接缝灌浆系统，要求对诱导缝进行反复灌浆。在《水工设计手册》（1987 年版，水利电力出版社，下同）第五卷《混凝土坝》第二十一章重力坝“坝体构造设计”中也谈到有关“二次接缝灌浆”的内容：二次接缝灌浆系统主要用外套橡皮的出浆口或特制的出浆阀代替普通的出浆盒，灌浆时具有一定压力的水泥浆可以将出浆管口的橡皮套顶开，

灌浆完毕后用压力水冲洗，压力以不将橡皮套顶开为度。当混凝土温度又有降低，已灌浆的接缝重新张开时，可以再次灌浆。这种灌浆法对时间要求和温度控制条件有较大的灵活性，是一项有发展前途的措施，国外已有成功的经验，国内亦曾在少数工程中试用。

据查，广西龙滩碾压混凝土重力坝、四川沙牌碾压混凝土拱坝均采用了重复接缝灌浆系统，取得了有价值的成果。为此，本条文将“重复灌浆系统”列为特殊情况下的一种接缝灌浆措施。

8.2 灌浆系统的布置

8.2.1 灌区高度是影响灌浆质量的一个重要因素。据有关资料介绍，在管路基本通畅的情况下，灌区高度在10m以内的灌区合格率可达100%，高度超过15m时合格率下降到70%～80%。据此，本条文规定“灌区高度以9m～12m为宜”。

8.2.3 当前国内通常采用的几种接缝灌浆的升浆、出浆和排气方式有：

1 预埋管和出浆盒方式，即缝内沿水平键槽（纵缝）或竖直键槽（横缝）埋设水平支管或升浆（支）管，按规定在缝面上安装出浆盒与支管连接，形成升浆、出浆设施。此谓“点出浆”方式。

2 拔塑料管方式，即将充气膨胀的塑料软管按规定埋入坝块接缝中，待混凝土浇筑后放气拔出，形成与缝面相通的升浆、出浆系统。此谓“线出浆”方式。

3 出浆槽方式，即在灌区底部形成三角形出浆槽，此槽可与一套或两套进、回浆主管连接，取消缝内升浆管。为减小浆液在缝面的流动阻力，缝内按规定设球面键槽。此谓“面出浆”方式。

4 排气设施，多数工程在灌区顶部采用埋设排气槽和

排气管。

8.2.4 升浆管管顶若距排气槽太近，浆液会很快进入排气槽，不利于浆液在缝内扩散和充填；若太远，浆液难以顺利进入排气槽，影响灌浆质量。

8.2.5 与 DL/T 5148—2001 比较，本条取消了“灌区底部一排出浆盒可适当加密”。实践证明，灌区底部出浆盒位置及数量的变动，不仅给现场安装工作带来不便，而且对提高灌浆效果也意义不大，只要缝面张开、管路畅通，灌浆质量是有保证的。

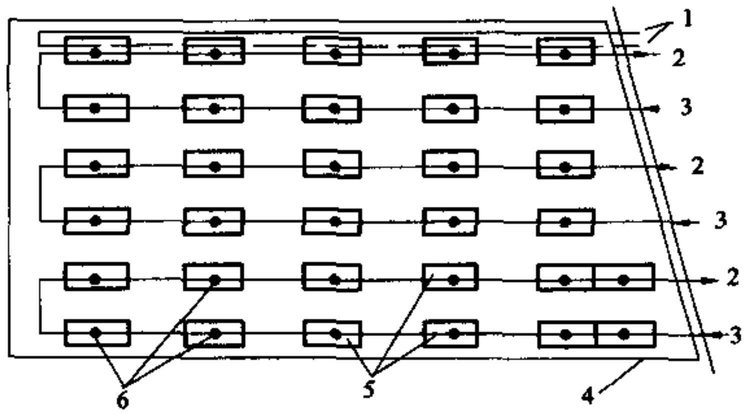
纵缝的出浆盒应安装在先浇块键槽的倒坡面的目的是，出浆盒在模板上易于安装，坝块混凝土冷却后此面易于拉开。

8.2.6 与 DL/T 5148—2001 比较，本条补充了“若出浆槽较长，宜设置备用进、回浆管路”。一般“出浆槽”超过 10m 时，应设双套进、回浆管路。

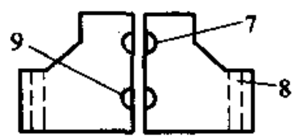
8.2.7 新增条文。参考龙滩水电站碾压混凝土重力坝、沙牌水电站碾压混凝土拱坝采用重复灌浆系统的资料，对重复接缝灌浆系统的特点、性能及施工提出了原则要求。目前采用重复接缝灌浆系统的出浆设施多为出浆花管方式。

1 混凝土坝采用重复接缝灌浆时，灌区高度一般以 6m～9m 为宜。灌浆系统的埋设基本类似“拔塑料管方式”：在先浇块缝面模板上应预设横向（或竖向）半圆模具，拆模后形成半圆槽。灌浆管路及出浆花管需全部埋在后浇块。后浇块浇筑前，将出浆花管及配（或升）浆管顺直安放在先浇块的半圆槽内。

2 碾压混凝土坝的诱导缝采用重复接缝灌浆时，灌区高度宜为 6m。诱导缝上应先间断埋设由两块组成的预制混凝土诱导板（块），在灌区内按诱导板的布设分层将单回路进、回浆管埋进两块诱导板之间预留的孔槽中，对应每个诱导板内，进、回浆管上均串连一个出浆花管。灌区顶部由几段铁管连接诱导板组成排气系统。碾压混凝土坝重复接缝灌浆系统布置及预制混凝土诱导板（块）、出浆花管结构见图 1。



预制混凝土诱导板示意图



出浆花管结构示意图

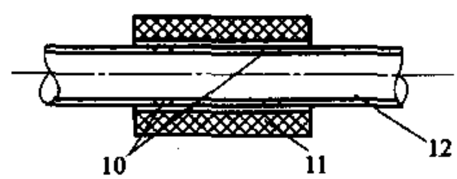


图 1　碾压混凝土坝重复接缝灌浆系统布置及预制混凝土诱导板、出浆花管结构示意图

1—排气管；2—回浆管；3—进浆管；4—止浆片；5—预制混凝土诱导板；6—出浆花管；7—插筋固定孔；8—排气管预留孔；9—灌浆管预留孔；10—出浆孔（槽）；11—橡胶套；12—进、回浆钢管

实践证明，采用重复接缝灌浆系统关键是当再次灌浆时，出浆设施能否恢复正常出浆的功能，因此，要求在正式采用前，必须做模拟灌浆试验，测定出浆花管在重复灌浆时能否开环及开环压力。

碾压混凝土坝采用重复接缝灌浆系统的实例还提示：

1　形成排气槽的两块诱导板顶部合并缝要封堵严实，以免混凝土进入槽内，堵塞排气系统。

2　灌浆结束后应立即冲洗进、回浆管路。排气管宜推迟

10min～20min 冲洗，冲洗压力宜适当提高。对于相互串浆的灌区，冲洗应慎重。

关于施灌的技术要求，可参照本标准第 8.6.6～第 8.6.8 条执行。

8.2.8 强调当灌浆主管需在灌区底部连接且开口向上引时，应在管的底端连接沉污管，以防止管路堵塞。

8.3 灌浆系统的加工与安装

8.3.2 接缝灌浆管路原则上不应穿过缝面；若跨缝面，必须采取过缝措施。通常采用在接缝处加 Ω 形管或在管外包裹沥青油毡等方法。

8.3.4 实践证明，弯管段加工方法不当常会造成管路不畅或堵塞。

8.3.5 通常可采用国产 651 号橡胶止浆片，也可采用宽为 25cm～30cm、厚为 0.8mm～1.0mm 的镀锌板或黑铁板制作止浆片。金属止浆片现场搭接应用气焊，搭接长度不宜小于 4cm。搭接缝处要焊密实、牢固，不得出现孔洞。

为解决出浆盒加工、安装较复杂的问题，现在许多工程（如长江三峡大坝、永久船闸等工程）采用了预制硬质橡胶模具件。此件形状类似出浆盒，浇筑前易于安装且与模板挤压紧密，浇筑后易于从混凝土中撬出，模具件可回收再利用。

8.3.6 后浇块浇筑后何时拔出塑料管，应通过现场试验确定。以下实例供参考：湖北隔河岩水电站为 24h；贵州东风水电站夏季为 16h，春、秋季为 20h，冬季为 24h；河北潘家口水库夏季为 24h，冬季为 48h～72h；贵州乌江渡、湖南五强溪和东江水电站为 3d。

8.3.10 止浆片埋设不好（错位、有孔洞等）会造成灌区串漏，直接影响灌浆质量。尤其底层的止浆片若存在质量缺陷，在坝基固结灌浆时，浆液可能串入基础灌区缝内，不仅影响固结灌浆的正常施灌，而且可能造成整个基础接缝灌区管路、缝面的堵塞。底层的止浆片更容易发生锈蚀、损坏，故必须保护好。

8.3.11 据了解，有的工程在查阅有关接缝灌浆管路埋设资料时，

只能提供管路布置设计图，而没有实际埋设竣工图，每个灌区管路埋设的具体尺寸及变更情况无据可查，给灌区“病害”处理或灌浆出现的异常情况分析带来困难。

8.3.12 从多数工程的使用情况看，区别不同类型的管路，以选择不同管径的方法效果较好。为便于现场操作，对管口外露长度、距地面（板）高度及管口名称标识，均应提出要求。

8.4 灌浆系统的检查与维护

8.4.1 每层混凝土浇筑前后均应对管路系统进行检查，若发现个别出浆盒（孔）、灌浆主管或配浆管堵塞或损坏，应及时疏通或更换。检查的主要方法是“通水检查”：当采用拔塑料管方式时，在后浇块混凝土浇完并拔出塑料管后，应对进、回浆管及升浆孔进行通水检查和冲洗；当采用预埋管方式时，在先浇块混凝土拆模后对进、回浆管，升浆管及出浆盒进行通水检查和冲洗。在后浇块混凝土浇完后，应对灌浆管路通水检查和冲洗。

“灌区形成后，应对整个灌区灌浆管路进行通水检查并做记录”，这是了解该灌区管路系统埋设质量的重要环节。“通水”主要检查进、回浆管及两个排气管是否各自互通，并详细记录各自的流量。此时，因缝面未必张开，故不要求检测“进浆管进水、排气管出水”的“单开流量”。发现问题后应尽早进行疏通或另接新管，否则等到灌浆前再行处理，难度将增大。

8.4.4 有许多工程教训，接缝灌浆管路加工、埋设比较规范，却不注意现场维护，无人值班，不能及时发现、处理浇筑过程中人为对管路的损坏及止浆片周围混凝土不密实等问题，结果不少灌区均出现“病害”。

8.5 灌区的测试与检查

8.5.1 坝块混凝土的温度状况是关系到是否需要继续冷却、能否进行接缝灌浆的重要技术指标，灌区两侧坝块及压重块的混凝土

温度必须进行实地量测。预埋测温计是必要的，但不可能全部灌区都要求埋设测温计。目前国内常使用的测温方法是“充水闷温法”。使用此法应注意以下几点：

1 充入冷却水管里的水温不宜低于5℃。

2 每个灌区至少应选2层～4层充水闷温资料，以其平均值作为该坝块混凝土的温度。

3 应根据埋设冷却水管的层距和间距，确定闷温时间。如有的工程层距和间距3m，闷温时间为5d；有的工程层距和间距2m，闷温时间为3d。

4 闷温水放出和测温要迅速、准确，尽量减少外界气温的影响。可准备3个容积为10L～20L用绝热材料制作的小桶，将闷温水排入桶后立即插入温度计量测，取3桶水温度的平均值作为该层冷却水管的闷温资料。

也有的工程采用了钻孔测温法，即在坝块适当部位向坝体内打孔（孔深据具体情况确定，一般为3m～5m），在孔内置入温度计测温。

埋设的温度计与其他方法测得的混凝土温度应相互对照，从而准确判断坝块混凝土实际温度，为灌浆提供依据。

8.5.2 量测接缝的实际张开情况，为正确选择灌浆材料、浆液浓度及控制灌浆压力提供依据。一般情况下，测缝计的测值代表坝块内部缝面张开情况，孔探仪和厚度规的测值代表坝块表层缝面张开情况，两者有时误差较大，施工中应注意此问题。有的工程取平均值，有的再进行灌区缝容测定，3种数据相互对照，取其合理数值。

8.5.3 对本条各款的解释如下：

1 每个灌区中通常有两套灌浆管路，即进浆管和回浆管（一套）和备用进浆管及备用回浆管（另一套）。本文是指两者中至少有一套灌浆管路畅通。检查“畅通”的方法是，从进浆管（或备用进浆管）进水，开启回浆管（或备用回浆管），其他管口关闭，

测量回浆管（或备用回浆管）出水量。当此流量大于 30L/min 时，该灌浆管路即具备了“管路通畅”的基本条件。

2 “单开通水”检查法是从进浆管（或备用进浆管）进水，关闭其他管口，分别开启排气管并测其出水量。当此“单开流量”大于 25L/min 时，缝面即具备了“缝面通畅”的基本条件。

3 采取“通水检查”的方法查明灌区密闭情况，即从进浆管（或备用进浆管）进水，关闭所有出水管口，测定灌区缝内较稳定的进水率（L/min）。当此“进水率”小于 15L/min 时，即认为缝面具备了“密闭”的基本条件。严格说来，灌区缝面容积是有限的，当注入一定水量后，缝面应不再进水。若缝面长时间保持较稳定的进水率，说明灌区有串漏现象。至于串漏量各是多少，很难分清。根据实践经验，灌区的串漏水量小于 15L/min 时，是可以采取一定措施，按规范要求进行施工，达到灌浆结束条件的。

8.5.4 这是灌浆前最后一次检查，应特别重视。目的是再次查明灌区还是否存在“病害”，避免灌浆过程中出现问题。为防止进行预灌性压水检查时对已灌灌区产生不利影响，规定了进行预灌性压水检查时的限制条件。

8.5.5 3 个或 3 个以上灌区串通需要同时灌浆，施工中做到相互协调非常困难。为制订出行之有效、稳妥可靠的施工方案，必须在灌前通水检查中摸清灌区串通情况，对能处理的“病害”尽力处理。

8.6 灌浆准备与施工

8.6.2 对未灌浆的相邻灌区通水平压，目的是防止该缝被挤压或坝块过大变形。对未灌浆，但发现已被串浆的灌区的缝面进行冲洗，目的是防止串进该灌区的浆液凝固，堵塞缝面和管路。

8.6.3 此条对于采用多区同时灌浆方式时尤为重要。

8.6.4 缝面浸泡有两个目的：其一，浸泡使缝面内充填的污物软化，在通水检查和灌浆过程中，可将其冲出缝面，对疏通管路和

缝面有利；其二，使缝面保持湿润状态，有利于浆液与缝面牢固结合。

8.6.5 接缝灌浆压力系根据应力及变形条件由设计单位确定。但由于浆液在缝内的扩散规律很难掌握，坝块受力状态很难准确计算，多数工程采用类比法，结合工程具体情况确定设计压力。根据 DL 5108—1999《混凝土重力坝设计规范》中第 11.3.7 条的规定，并参照《水工设计手册》第五卷第四节的有关内容，建议除顶层外，一般情况下灌浆压力可取 0.2MPa～0.3MPa；坝块变位（缝面增开度）允许值，纵缝不大于 0.5mm，横缝不大于 0.3mm。

8.6.6 明确接缝灌浆压力的记读方法。如排气管上引或下引，排气管管口的压力控制应考虑排气槽至排气管管口高差及不同密度的水泥浆柱的影响。如利用回浆管控制灌浆压力，不能简单地根据高差换算，还应考虑到浆液在缝面和管路中的压力损失。

8.6.7 自 DL/T 5148—2001 中将 SL 62—1994 的开灌水灰比由 3 改为 2 后，又历经了 7 年～8 年。据施工单位反映，未发现因开灌水灰比变浓而发生质量事故的，为了尽快使浓浆充填缝面，使用较浓浆液更有利于提高灌浆质量，缩短灌浆时间。

8.6.8 开灌时两个排气管应全部开启，有利于浆液自下而上充填整个缝面，可加快灌注进度。为防止堵塞，以利缝内浆液扩散，其他管路应间断放浆。

本条强调“所有管口每次放浆均应量测浆液密度和放浆量，并做好记录”，目的是灌浆结束后，能较准确地计算缝内实际注入的水泥量。

8.6.9 规定每个灌区接缝灌浆结束条件：一是“排气管排浆达到或接近最浓比级浆液，且管口压力达到设计规定值”，可以结束灌浆；二是“排气管排浆达到或接近最浓比级浆液，且缝面增开度达到设计规定值”，也可以结束灌浆。两个条件多数情况下不能同时满足，但应满足“排气管排浆达到或接近最浓比级浆液”的条件。由于接缝灌浆的特殊性，不便使用灌浆记录仪，至今仍采用

人工记录的方法，沿用 SDJ 210—1983《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》的接缝灌浆结束条件。施工单位未曾提出继续采用此结束条件的难度，在灌浆质量评定中，参建各方尚未因结束条件问题产生过多的争议，故本条文仍保留 SDJ 210—1983 的接缝灌浆结束条件。

8.6.10 本条适用于在灌浆过程中（尤其是进入结束阶段）发生排气管出浆不畅或被堵塞时的应急处理。若灌浆一开始就发生此问题，应马上用清水冲洗灌区，排除“病害”后再行灌注。

条文中还明确了进行“倒灌”的方法和结束条件。实践证明，“倒灌”是弥补接缝灌浆“顺灌”不足的有效措施。

8.6.12 强调“应一区一泵进行灌浆”。“保持各灌区灌浆压力基本一致，协调各灌区浆液的变换”是原则要求，实践表明，串层、串块的处理，弄清串通途径和主次关系是关键。隔河岩水电站大坝接缝灌浆串浆灌区施工采取了“多机多灌区接连灌浆法”，取得了有益的经验。

8.6.13 灌浆过程中以控制上层灌浆压力为主，目的是防止上层灌区顶部产生过大变形。下层灌浆应待上层开始灌注最浓比级浆液后再结束，是要求上、下层灌浆结束时间间隔不宜太长（控制在 1h 之内为宜）。

在未灌浆的邻缝灌区应通水平压，是因为在灌区上、下层同时灌浆时，灌区面积大，可能对未灌浆的邻缝灌区产生缝面压缩的不利影响。通水平压在一定程度上可以减小上述不利变形。

8.7 特殊情况处理

8.7.1 本条将 DL/T 5148—2001 中的多条进行了归并，针对灌浆前发现的各种灌区“病害”，分别提出原则性处理意见。

8.7.3 针对灌浆过程中，由于操作不当或停水、停电和机械原因引起的故障，提出参考性处理意见。

1 “打开所有管口放浆”的作用是卸压；“改用回浆管进

浆，适当提高进浆压力”，目的是逆向疏通管路。

2 “用清水冲洗管路和灌区”，目的是保持灌浆管路的通畅，防止浆液沉淀而堵塞缝面。“恢复灌浆前，应再进行一次压水检查”，以查明中断后管路是否仍满足“通畅”要求，否则，应考虑采取补救措施。

8.7.4 提出细缝灌浆的几种措施。据了解，国内少有对细缝进行化学灌浆的实例，因为化学浆液虽然可以灌入细微缝隙中，但其造价高、施工较困难，且有污染环境之嫌，一般不宜采用。

8.8 质 量 检 查

8.8.2 钻孔取芯主要是观察接缝中水泥浆液充填的情况、密实程度，以及水泥结石与其两侧混凝土胶结的情况，用直观方法评价该部位接缝灌浆质量。钻孔取芯的孔径不宜太小，可选用 ϕ91mm～ϕ150mm 金刚石钻头；骑缝孔不宜太深，一般孔深 5m 左右，最深不超过 10m，否则钻孔将偏出缝面。缝面凿槽检查是在指定部位骑缝凿除接缝两侧混凝土，凿槽平面尺寸宜为 40cm×40cm，槽深以凿穿止浆片为准。

8.8.3 资料分析着重两个方面：一是开灌前的条件，主要是坝块混凝土温度及管路通畅情况；二是施灌情况，主要是排气管的排浆密度及管口压力。本条将 DL/T 5148—2001 中“其中一个排气管管口压力已达到设计压力的 50%以上”改为“两个排气管……压力达到设计值的 50%以上”。经调研近期完成的接缝灌浆工程实例，基本能达到此要求。

钻孔取芯检查合格的判定：斜穿孔取出的缝面结石能将两侧混凝土粘接或黏附在一侧者，为较完整和具有一定强度。骑缝孔要求绘制钻孔柱状图，实测每块芯样取出缝面的面积和水泥结石充填的面积，并计算芯样取出缝面的总面积 S_f 和水泥结石充填的面积 S_j，当 $S_j/S_f \geqslant 70\%$ 时为合格。

有些基础灌区受基岩或地基约束，缝面实际没有张开，这样

的灌区灌不进浆、无水泥结石是正常的，大坝运行时将不会影响应力传递，故规定了“缝面呈闭合状态为合格”。

本次修订删去了 DL/T 5148—2001 中的“压水试验”检查。其原因是压水试验是通过测算单位钻孔长度透水率（Lu）来检验岩体渗透性能的方法，与接缝灌浆面（与检查孔相交是一条线）是否充填饱满情况不一样，因而用前者来检查后者是不适宜的。

值得说明的是，钻孔取芯和缝面凿槽，即便再增加压水试验，都只是评定接缝灌浆质量的辅助手段，只可进行抽查，不可能也没必要在所有灌区进行。

压水试验的方法本标准中虽未列入，但不排除在工程中继续改进试行。有专家提出采用检查回填灌浆质量的压浆试验方法来检查接缝灌浆质量，其做法是：检查孔布置在灌区的中上部位，斜穿孔灌浆塞卡在缝面以上 0.5m～1.0m，骑缝孔灌浆塞卡在止浆片以下 0.5m 左右，使用与灌浆压力相同的压力，注入水灰比为 2 的水泥浆，若初始 10min 内注入量不超过 10L（不含孔内占浆），则可认为合格。

8.8.4 将 DL/T 5148—2001 中接缝灌浆灌区合格率由 80％以上提高到 85％以上，将每个坝段的纵缝灌区和每条横缝的灌区的合格率由 75％以上提升到 80％以上。经调查，湖北隔河岩水电站、长江三峡大坝及永久船闸等工程接缝灌浆质量评定情况，灌区的合格率均达 100％，优良率达 85％以上。

9 岸坡接触灌浆

9.1 一般规定

9.1.1 本条参考《水工设计手册》第五卷《混凝土坝》第二十一章第五节和 DL/T 5346—2006《混凝土拱坝设计规范》中第 11.3.3 条对岸坡接触灌浆的要求，以及国内一些工程实例，对 DL/T 5148—2001 的相应条文进行了修改，规定了在岸坡段（或齿槽、井、洞的边坡）布设接触灌浆的条件。

9.1.2 新增条文。要求施工组织者在安排岸坡各类钻孔灌浆时应统筹考虑，选择合适的灌浆方案。需要特别指出，处于灌浆帷幕范围的岸坡接触灌浆，对帷幕灌浆的施工工期影响很大，若先进行接触灌浆，因混凝土温控要求接触灌浆往往迟迟不能进行，导致帷幕灌浆施工长期后拖；若先进行帷幕灌浆，则会对接触灌浆管路系统造成破坏。为解决这个矛盾，有的工程取消了灌浆帷幕范围内的岸坡接触灌浆。这样做的考虑是，经帷幕灌浆后可以达到对该部位接触面进行补强防渗的目的，而两种灌浆可以互不干扰、分别进行。

9.2 灌浆方法

9.2.2 本条对 DL/T 5148—2001 进行了补充。

1 采用“钻孔埋管灌浆”法的前提是，岸坡岩石固结灌浆结束之后方可进行钻孔埋管（见图 2）。岩体固结灌浆可在每层混凝土浇筑后（有盖重条件下）进行，也可以在混凝土浇筑前（无盖重条件下）进行。

2 浆液水灰比采用 3、2、1、0.6 四个比级，开灌浆液较稀

的原因：接触灌浆的钻孔深入岩体0.2m～0.5m，浆液不仅灌入接触面缝内，而且也可灌入岩体裂隙中；缝面张开只是一侧的混凝土冷却、干缩引起的，且缝面在坝块混凝土的自重影响下会被挤压，缝面张开度很小，为此浆液稀一些有利于扩大渗流范围。当排气管出浆后，仍应按逐级变浓的原则，灌至最浓级浆液。

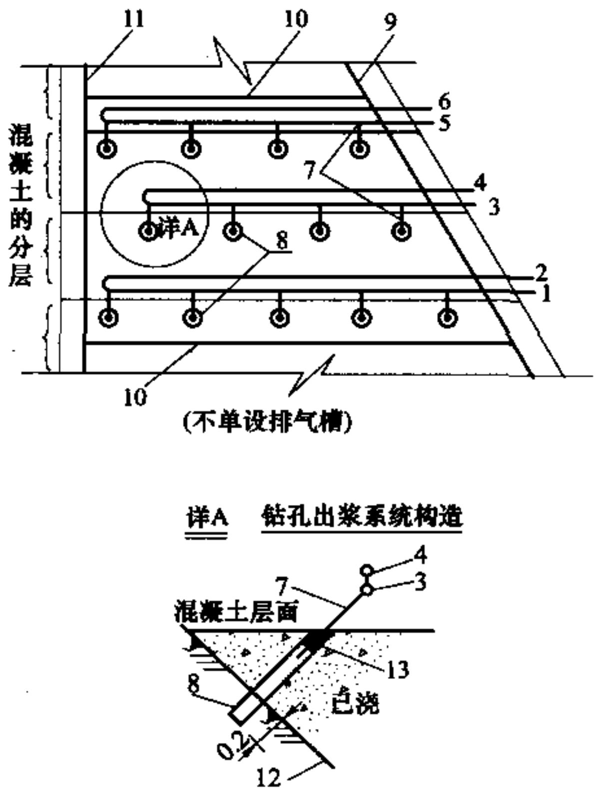


图2 钻孔埋管灌浆法管路系统埋设形式示意图

1、3、5—进浆管；2、4、6—回浆管；5、6—兼排气管；7—配浆管；8—灌浆孔；9—下游止浆片；10—灌区间止浆片；11—上游止浆片；12—接触面；13—麻丝封闭、砂浆回填

9.2.3 本条对DL/T 5148—2001进行了补充。

1 预埋管灌浆法是直接在建基面上预埋灌浆系统，其前提是先在无盖重条件下完成岸坡岩石固结灌浆，之后进行埋管（见图3）。

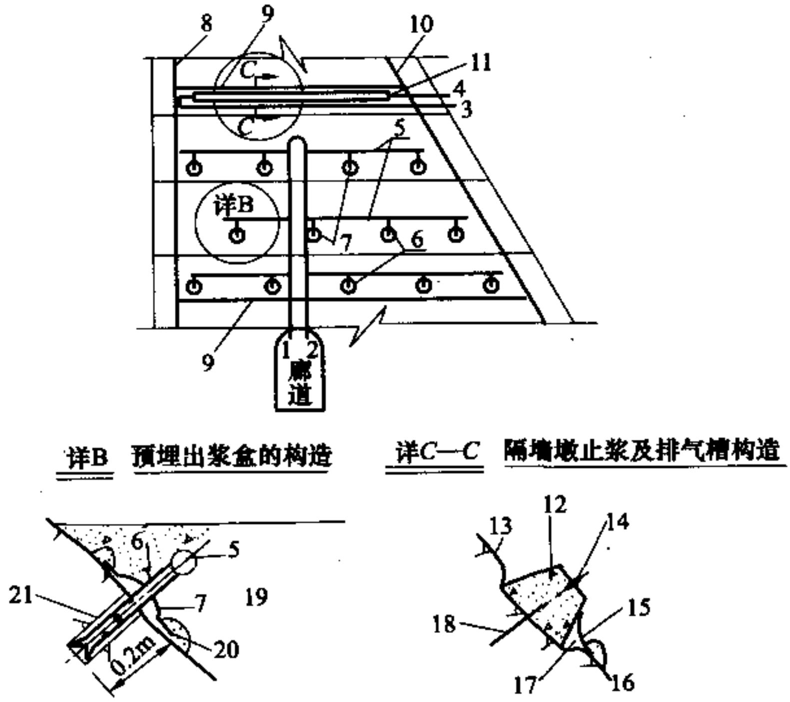


图 3　预埋管灌浆法管路系统埋设形式示意图

1、2—进、回浆管；3、4—排气管；5—水平支管；6—配浆管；7—出浆盒；
8—上游止浆片；9—灌区间止浆片；10—下游止浆片；11、17—排气槽；
12—混凝土隔墩；13—上灌区；14—止浆片；15—排气槽盖板；
16—下灌区；18—拉筋；19—待浇混凝土层；20—砂浆封闭；21—风钻孔

2　灌区四周应埋设止浆片、顶部应埋设排气槽（管），均需在预先浇筑的混凝土隔墩上完成。

9.2.4　本条对 DL/T 5148—2001 的对应条文进行了合并、补充。

1　采用“直接钻孔灌浆”法的前提是，有适合钻孔灌浆施工的廊道或平台，且岸坡规模较小、坡度较缓（见图 4）。因为采用“直接钻孔灌浆”法应遵以下原则：不得长期占用工作面，影响坝块继续上升；不宜增加过多的钻孔工作量；钻孔不宜过深，角度不宜太平缓。

2　灌浆孔分接触段和岩石段灌注，先灌接触段再灌岩石段。这样有利于保证接触段灌浆质量。

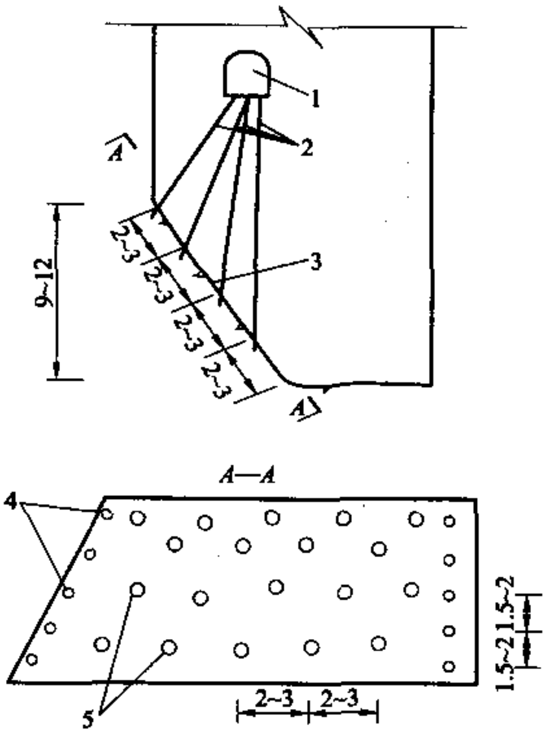


图 4　直接钻孔灌浆法接触灌浆钻孔布置示意图（单位：m）

1—横向廊道；2—钻孔；3—接触面；4—边缘灌浆孔；5—接触灌浆孔

10 施工记录与竣工资料

10.0.1、10.0.2 分别列出了坝基岩体帷幕灌浆和混凝土坝接缝灌浆的施工现场记录、成果资料和检验测试资料。这里所列资料较多，但对于某些特殊工程可能还不够。各工程情况不同，并非都要具备全部所列资料或只能有这些资料。一个工程具体应提供哪些资料，应遵照设计或监理规定执行。

10.0.3 与 DL/T 5148—2001 比较，对附录表格进行了补充和修改。补充了钻孔灌浆施工记录表、回填灌浆施工成果综合统计表、固结灌浆施工成果综合统计表，对其他表和图的内容、格式也进行了不同程度的修改或补充。

近 10 年来，由于水电水利建设高速发展，大量新生力量涌入灌浆行业之中，不少工程发现灌浆资料统计不规范，甚至不正确。补充和修正有关图表有助于解决这一问题。

10.0.4 单元工程是工程项目的组成部分，及时地进行单元工程的验收，有利于工程进度的安排和及时发现工程缺陷，以便尽早修补，最终有利于竣工验收。

155123.846

上架建议：规程规范/

水利水电工程/水利水电施工

统一书号：155123 • 846

定　　价：**36.00**　元