



中华人民共和国行业标准

**P**

**SL 62—94**

---

# 水工建筑物水泥灌浆施工 技 术 规 范

1994—05—21 发布

1994—10—01 实施

---

中华人民共和国水利部  
电力工业部 发布

中华人民共和国行业标准

水工建筑物水泥灌浆施工技术规范

SL 62—94

主编单位:水利部水工程技术咨询中心  
批准部门:中华人民共和国水利部

水利部  
电力工业部

中华人民共和国

关于颁发《水工建筑物水泥灌浆施工  
技术规范》SL 62—94 的通知

水建[1994]246 号

为推动水利水电工程水泥灌浆技术的进步,提高水泥灌浆施工质量,水利部委托原水工程咨询中心,对原水利电力部部标准《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》SDJ 210—83 进行了修订。该规范修订送审稿已通过审查,现批准为行业标准,编号为 SL 62—94,自一九九四年十月一日起执行,原规范同时废止。

本规范由水利部、电力部负责解释,水利电力出版社负责出版发行。

一九九四年五月二十一日

目次

1 总则 .....	(3)
2 灌浆材料、制浆和灌浆设备 .....	(4)
3 坝基岩石灌浆 .....	(6)
4 水工隧洞灌浆 .....	(11)
5 混凝土坝接缝灌浆 .....	(13)
6 竣工资料和工程验收 .....	(18)
附录 A 灌浆工程压水试验 .....	(20)
附加说明 .....	(22)

## 1 总 则

**1.0.1** 《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(以下简称本规范)是水利水电工程水泥灌浆施工的技术准则。

**1.0.2** 本规范适用于 I、II、III 级水工建筑物基岩灌浆、水工隧洞灌浆和混凝土坝接缝灌浆工程。IV、V 级水工建筑物灌浆工程可参照使用。

**1.0.3** 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) I、II 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 I、II 级水工建筑物基岩固结灌浆和水工隧洞固结灌浆。

**1.0.4** 施工前,设计单位或建设单位应向施工单位提供灌浆设计文件并进行技术交底。

**1.0.4.1** 基岩和水工隧洞灌浆工程设计文件应包括下列内容:

- (1) 工程设计图和设计说明书;
- (2) 灌浆地区工程地质和水文地质资料;
- (3) 灌浆试验报告及有关资料;
- (4) 灌浆施工技术要求;
- (5) 灌浆质量检查方法和质量标准;
- (6) 初步设计阶段的灌浆施工组织设计。

**1.0.4.2** 混凝土坝接缝灌浆工程设计文件应包括下列内容:

- (1) 坝体结构和灌浆设计说明书;
- (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值和测定温度的方法,混凝土坝接缝设计张开度、增开度限值;
- (4) 灌浆施工技术要求;
- (5) 灌浆质量检查方法和质量标准;
- (6) 初步设计阶段的灌浆施工组织设计。

**1.0.5** 施工单位应做好下列工作:

- (1) 编制施工组织设计,严格按照灌浆施工技术要求施工;
- (2) 建立质量体系,全面实行质量管理,确保施工质量;
- (3) 制订安全操作规程和劳动保护措施,文明施工;在廊道和井洞内作业应有良好的通风措施;
- (4) 对从事灌浆施工的人员应进行技术培训,考核不合格者不得上岗。

**1.0.6** 灌浆工程所用的风、水、电应设置专用管路和线路。

**1.0.7** 已完成灌浆或正在灌浆的地区,其附近 30 m 以内不得进行爆破作业。如必须进行爆破作业,应采取减震和防震措施,并应征得设计或建设、监理单位同意。

**1.0.8** 对灌浆工程中的各类钻孔应分类统一编号;对施工情况必须如实、准确地记录;对资料必须及时整理,绘制成图表;单元工程结束后,应及时进行质量检查和验收。

灌浆工程宜使用测记灌浆压力、注入率等施工参数的自动记录仪。

**1.0.9** 设计和施工单位应对灌浆资料及时分析,对灌浆施工技术及时总结,不断优化设计和施工。

## 2 灌浆材料、制浆和灌浆设备

### 2.1 灌浆材料和浆液

**2.1.1** 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,应采用普通硅酸盐水泥或硅酸盐大坝水泥。当有耐酸或其它要求时,可用抗酸水泥或其它类特种水泥。

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。灌浆浆液水灰比不宜稀于 1:1(重量比,以下同)。

**2.1.2** 回填灌浆所用的水泥标号不应低于 325 号。帷幕和固结灌浆所用的水泥标号不应低于 425 号。坝体接缝灌浆所用的水泥标号不应低于 525 号。

帷幕灌浆和坝体接缝灌浆,对水泥细度的要求为通过 80  $\mu\text{m}$  方孔筛的筛余量不宜大于 5%;当坝体接缝张开度小于 0.5 mm 时,对水泥细度的要求为通过 71  $\mu\text{m}$  方孔筛的筛余量不宜大于 2%。

钢衬接触灌浆对水泥标号和细度的要求可参照坝体接缝灌浆的相应要求。

**2.1.3** 灌浆用水泥必须符合质量标准,不得使用受潮结块的水泥。采用细水泥时,应严格防潮和缩短存放时间。

**2.1.4** 灌浆用水应符合拌制水工混凝土用水的要求。

**2.1.5** 水工建筑物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,通过现场灌浆试验论证,可使用下列类型浆液:

(1) 细水泥浆液:系指干磨水泥浆液、湿磨水泥浆液和超细水泥浆液;

(2) 稳定浆液:系指掺有少量稳定剂,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 20 Pa 的混合浆液。

**2.1.6** 根据灌浆需要,可在水泥浆液中掺入下列掺合料:

(1) 砂:应为质地坚硬的天然砂或人工砂,粒径不宜大于 2.5 mm,细度模数不宜大于 2.0,  $\text{SO}_3$  含量宜小于 1%,含泥量不宜大于 3%,有机物含量不宜大于 3%;

(2) 粘性土:塑性指数不宜小于 14,粘粒(粒径小于 0.005 mm)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:应为精选的粉煤灰,不宜粗于同时使用的水泥,烧失量宜小于 8%, $\text{SO}_3$  含量宜小于 3%;

(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。

**2.1.7** 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、三乙醇胺等;

(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粘土等;

(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。

**2.1.8** 各类浆液掺入掺合料和加入外加剂的种类及其掺加量应通过室内浆材试验和现场灌浆试验确定。

**2.1.9** 纯水泥浆液一般可不再进行室内试验。其它类型浆液应根据工程需要,有选择地进行下列各项性能试验:

- (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) 结石的容重、强度、弹性模量和渗透性;
- (6) 其它。

## 2.2 制浆

**2.2.1** 制浆材料必须称量,称量误差应小于 5 %。水泥等固相材料宜采用重量称量法。

**2.2.2** 各类浆液必须搅拌均匀并测定浆液密度。

**2.2.3** 纯水泥浆液的搅拌时间,使用普通搅拌机时,应不少于 3 min;使用高速搅拌机时,宜不少于 30 s。浆液在使用前应过筛,自制备至用完的时间宜小于 4 h。

**2.2.4** 拌制细水泥浆液和稳定浆液应加入减水剂和采用高速搅拌机。高速搅拌机搅拌转速应大于 1200 r/min。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小于 2 h。

**2.2.5** 集中制浆站宜制备水灰比为 0.5:1 的纯水泥浆液。输送浆液流速宜为 1.4~2.0 m/s。各灌浆地点应测定来浆密度,调制使用。

**2.2.6** 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热和防晒措施。浆液温度应保持在 5~40 ℃ 之间。若用热水制浆,水温不得超过 40 ℃。

## 2.3 灌浆设备和机具

**2.3.1** 搅拌机的转速和拌和能力应分别与所搅拌浆液类型和灌浆泵的排量相适应,并应能保证均匀、连续地拌制浆液。

**2.3.2** 灌浆泵性能应与浆液类型、浓度相适应,容许工作压力应大于最大灌浆压力的 1.5 倍,并应有足够的排浆量和稳定的工作性能。

灌注纯水泥浆液应采用多缸柱塞式灌浆泵。

**2.3.3** 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。

**2.3.4** 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 1/4~3/4 之间。压力表应经常进行检定,不合格的和已损坏的压力表严禁使用。压力表与管路之间应设有隔浆装置。

**2.3.5** 灌浆塞应和采用的灌浆方式、方法、灌浆压力及地质条件相适应。胶塞(球)应具有良好的膨胀性和耐压性能,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。

**2.3.6** 灌浆压力大于 3 MPa 时,应配制和采用下列灌浆设备和机具:

- (1) 高压灌浆泵,其压力摆动范围不大于灌浆压力的 20 %;
- (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) 孔口封闭器或专用高压灌浆塞。

**2.3.7** 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。制浆站应配备除尘设备,当

浆液需掺入掺合料或加入外加剂时,应增设相应的设备。

**2.3.8** 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。

### 3 坝基岩石灌浆

#### 3.1 一般规定

**3.1.1** 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。

**3.1.2** 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。

**3.1.3** 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,应先进行边排孔的灌浆,然后进行中排孔的灌浆。边排孔宜分为三序施工,中排孔可分为二序或三序施工。

由两排孔组成的帷幕,宜先进行下游排孔的灌浆,然后进行上游排孔的灌浆。每排孔宜分为三序施工。

单排帷幕灌浆孔应分为三序施工。

**3.1.4** 帷幕灌浆采用自上而下分段灌浆法时,一个坝段或一个单元工程内,后序排上的第一序孔宜在前序排上最后次序孔在岩石中均灌完 15 m 后再开始钻进。

同一排上相邻的两个次序孔之间,以及后序排上第一次序孔与其相应部位前序排上最后次序孔之间,在岩石中钻孔灌浆的间隔高差不得小于 15 m。

**3.1.5** 帷幕后的主排水孔和扬压力观测孔必须在相应部位帷幕灌浆检查合格后,方可开始钻进。

**3.1.6** 施工中不得在帷幕线上进行可能导致不良后果的灌浆试验。

**3.1.7** 固结灌浆宜在有混凝土覆盖的情况下进行。钻孔灌浆必须在相应部位的混凝土达到 50 % 设计强度后,方可开始。

**3.1.8** 固结灌浆应按分序加密的原则进行,可分为二序或三序施工。

**3.1.9** 安排总体工程进度时,对固结灌浆施工时间应作合理安排。

**3.1.10** 工程必要时安设抬动监测装置。灌浆过程中应经常观测和记录,严禁抬动值超过设计规定。

#### 3.2 钻孔

**3.2.1** 帷幕灌浆孔宜采用回转式钻机和金刚石钻头或硬质合金钻头钻进;固结灌浆孔可采用各式合宜的钻机和钻头钻进。

**3.2.2** 帷幕灌浆钻孔位置与设计位置的偏差不得大于 10 cm。因故变更孔位时,应征得设计同意。实际孔位应有记录;孔深应符合设计规定。

**3.2.3** 帷幕灌浆孔宜选用较小的孔径,钻孔孔壁应平直完整。

**3.2.4** 帷幕灌浆钻孔必须保证孔向准确。钻机安装必须平正稳固;钻孔宜埋设孔口管;钻机立轴和孔口管的方向必须与设计孔向一致;钻进应采用较长的粗径钻具并适当地控制钻进压力。

**3.2.5** 帷幕灌浆孔应进行孔斜测量,发现偏斜超过要求应及时纠正或采取补救措施。

**3.2.6** 垂直的或顶角小于 5° 的帷幕灌浆孔,其孔底的偏差值不得大于表 3.2.6 中的规定。



孔深大于 60 m 时,孔底最大允许偏差值应根据工程实际情况并考虑帷幕的排数具体确定,一般不宜大于孔距。

表 3.2.6 钻孔孔底最大允许偏差值

孔 深(m)	20	30	40	50	60
最大允许偏差值(m)	0.25	0.50	0.80	1.15	1.50

- 3.2.7** 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 3.2.6 中规定适当放宽,方位角偏差值不宜大于 5°。
- 3.2.8** 钻孔偏差不符合 3.2.6 和 3.2.7 条规定时,应结合该部位灌浆资料和质量检查情况进行全面分析,如确认对帷幕灌浆质量有影响时,应采取补救措施。
- 3.2.9** 钻灌浆孔时应对岩层、岩性以及孔内各种情况进行详细记录。
- 3.2.10** 钻孔遇有洞穴、塌孔或掉块难以钻进时,可先进行灌浆处理,而后继续钻进。如发现集中漏水,应查明漏水部位、漏水量和漏水原因,经处理后,再行钻进。
- 3.2.11** 钻进结束等待灌浆或灌浆结束等待钻进时,孔口均应堵盖,妥加保护。

3.3 钻孔冲洗、裂隙冲洗和压水试验

- 3.3.1** 灌浆孔(段)在灌浆前应进行钻孔冲洗,孔内沉积厚度不得超过 20 cm。
- 3.3.2** 帷幕灌浆孔(段)在灌浆前宜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 %,该值若大于 1 MPa 时,采用 1 MPa。
- 3.3.3** 在岩溶、断层、大裂隙等地质条件复杂地区,帷幕灌浆孔(段)是否需要进行裂隙冲洗以及如何冲洗,应通过现场灌浆试验或由设计确定。
- 3.3.4** 无地下水位资料时,一个单元工程内帷幕灌浆开始前,可以利用先导孔测定一次地下水位,作为该单元内的代表。稳定标准为:每 5 min 测读一次孔内水位,当水位下降速度连续两次均小于 5 cm/min 时,可认为稳定,以最后的观测值作为地下水位值。
- 3.3.5** 帷幕灌浆采用自上而下分段灌浆法时,先导孔应自上而下分段进行压水试验,各次序灌浆孔的各灌浆段在灌浆前宜进行简易压水。

压水试验应在裂隙冲洗后进行,采用五点法或单点法,按附录 A 执行。

简易压水可在裂隙冲洗后或结合裂隙冲洗进行。压力可为灌浆压力的 80 %,该值若大于 1 MPa 时,采用 1 MPa。压水 20 min,每 5 min 测读一次压入流量,取最后的流量值作为计算流量,其成果仍以透水率表示,按附录 A 中公式(A1)计算。

- 3.3.6** 帷幕灌浆采用自下而上分段灌浆法时,先导孔仍应自上而下分段进行压水试验。各次序灌浆孔在灌浆前全孔应进行一次钻孔冲洗和裂隙冲洗。除孔底段外,各灌浆段在灌浆前可不进行裂隙冲洗和简易压水。
- 3.3.7** 固结灌浆孔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 %,该值若大于 1 MPa 时,采用 1 MPa。

地质条件复杂、多孔串通以及设计对裂隙冲洗有特殊要求时,冲洗方法宜通过现场灌浆试验或由设计确定。

- 3.3.8** 固结灌浆孔灌浆前的压水试验应在裂隙冲洗后进行,采用单点法,按附录 A 执行。试验孔数不宜少于总孔数的 5 %。
- 3.3.9** 在岩淤泥质充填物和遇水性能易恶化的岩层中,灌浆前可不进行裂隙冲洗和简易压水,也宜少做或不做压水试验。

### 3.4 灌浆方法和灌浆方式

**3.4.1** 灌浆孔的基岩段长小于 6 m 时,可采用全孔一次灌浆法;大于 6 m 时,可采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。

**3.4.2** 基岩灌浆方式有循环式和纯压式两种。帷幕灌浆应优先采用循环式,射浆管距孔底不得大于 50 cm;浅孔固结灌浆可采用纯压式。

**3.4.3** 帷幕灌浆段长度宜采用 5~6 m,特殊情况下可适当缩减或加长,但不得大于 10 m。

**3.4.4** 进行帷幕灌浆时,坝体混凝土和基岩的接触段应先行单独灌浆并应待凝,接触段在岩石中的长度不得大于 2 m。

**3.4.5** 采用自上而下分段灌浆法时:

(1)灌浆塞应塞在已灌段段底以上 0.5 m 处,以防漏灌;

(2)孔口无涌水的孔段,灌浆结束后可不待凝。但在断层、破碎带等地质条件复杂地区则宜待凝,待凝时间应根据地质条件和工程要求确定。

**3.4.6** 采用自下而上分段灌浆法时,灌浆段的长度因故超过 10 m,对该段宜采取补救措施。

**3.4.7** 帷幕灌浆孔各灌浆段,不论透水率大小均应按技术要求进行灌浆。

**3.4.8** 固结灌浆孔相互串浆时,可采用群孔并联灌注,孔数不宜多于 3 个,并应控制压力防止混凝土面或岩石面抬动。

### 3.5 灌浆压力和浆液变换

**3.5.1** 灌浆压力宜通过灌浆试验确定,也可通过公式计算或根据经验先行拟定,而后在灌浆施工过程中调整确定。

**3.5.2** 采用循环式灌浆,压力表应安装在孔口回浆管路上;采用纯压式灌浆,压力表应安装在孔口进浆管路上。压力读数宜读压力表指针摆动の中值,当灌浆压力为 5 MPa 或大于 5 MPa 时,也可读峰值。压力表指针摆动范围应小于灌浆压力的 20 %,摆动幅度宜做记录。

**3.5.3** 灌浆应尽快达到设计压力,但注入率大时应分级升压。

**3.5.4** 灌浆浆液的浓度应由稀到浓,逐级变换。帷幕灌浆浆液水灰比可采用 5:1、3:1、2:1、1:1、0.8:1、0.6:1、0.5:1 等七个比级。开灌水灰比可采用 5:1。

**3.5.5** 帷幕灌浆浆液变换:

(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,不得改变水灰比。

(2)当某一比级浆液的注入量已达 300 L 以上或灌注时间已达 1 h,而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时,应改浓一级。

(3)当注入率大于 30 L/min 时,可根据具体情况越级变浓。

**3.5.6** 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,采取相应的措施处理。

**3.5.7** 固结灌浆浆液比级和变换,可参照帷幕灌浆的规定根据工程具体情况确定。

**3.5.8** 灌注细水泥浆液,可采用水灰比为 2:1、1:1、0.6:1,或 1:1、0.8:1、0.6:1 三个比级。

**3.5.9** 灌注稳定浆液、混合浆液、膏状浆液,比级宜少,其配比和变换方法应通过室内浆材试验和现场灌浆试验确定。

**3.5.10** 灌浆过程中应定时测记浆液密度,必要时测记浆液温度。灌注稳定浆液时还应测记浆液粘度。



### 3.6 灌浆结束标准和封孔方法

**3.6.1** 帷幕灌浆采用自上而下分段灌浆法时,在规定的压力下,当注入率不大于  $0.4 \text{ L/min}$  时,继续灌注  $60 \text{ min}$ ;或不大于  $1 \text{ L/min}$  时,继续灌注  $90 \text{ min}$ ,灌浆可以结束。

采用自下而上分段灌浆法时,继续灌注的时间可相应地减少为  $30 \text{ min}$  和  $60 \text{ min}$ ,灌浆可以结束。

**3.6.2** 固结灌浆,在规定的压力下,当注入率不大于  $0.4 \text{ L/min}$  时,继续灌注  $30 \text{ min}$ ,灌浆可以结束。

**3.6.3** 帷幕灌浆采用自上而下分段灌浆法时,灌浆孔封孔应采用“分段压力灌浆封孔法”;采用自下而上分段灌浆时,应采用“置换和压力灌浆封孔法”或“压力灌浆封孔法”。

**3.6.4** 固结灌浆孔封孔应采用“机械压浆封孔法”或“压力灌浆封孔法”。

### 3.7 孔口封闭灌浆法

**3.7.1** 孔口封闭灌浆法适用于最大灌浆压力大于  $3 \text{ MPa}$  的帷幕灌浆工程,小于  $3 \text{ MPa}$  的帷幕灌浆工程可参照应用。

**3.7.2** 钻孔孔径宜为  $\phi 60 \text{ mm}$  左右。

**3.7.3** 孔口管必须镶铸牢实,埋入岩石深度随使用的最大灌浆压力而定。最大灌浆压力为  $5 \text{ MPa}$  时,埋入深度不宜小于  $2 \text{ m}$ 。

**3.7.4** 孔口封闭器应具有以下性能:在灌浆过程中,灌浆管可在孔口封闭器中心部位灵活地转动和升降,且不漏浆。

**3.7.5** 灌浆必须采用循环式自上而下分段灌浆方法。各灌浆段灌浆时必须下入灌浆管,管口距段底不得大于  $50 \text{ cm}$ 。

**3.7.6** 灌浆管的外径与钻孔孔径之差不得大于  $20 \text{ mm}$ ,若用钻杆作为灌浆管,应采用平接头连接。

**3.7.7** 孔口管段以下的  $3 \sim 5$  个灌浆段,段长宜短,压力递增宜快,段长和相应的灌浆压力应通过现场灌浆试验确定。再往下的各灌浆段段长宜为  $5 \text{ m}$ ,灌浆压力可提高到设计的最大灌浆压力。

**3.7.8** 先导孔和灌浆孔内各灌浆段钻孔冲洗、裂隙冲洗、压水试验或简易压水,可参照本规范 3.3 节内有关内容,根据工程具体情况确定。

**3.7.9** 灌浆宜尽快达到设计压力。但在灌浆过程中必须注意控制压力,压力与注入率必须相适应,在  $5 \sim 6 \text{ MPa}$  灌浆压力下,注入率宜小于  $10 \text{ L/min}$ 。

**3.7.10** 灌浆浆液比级和变换可按本规范 3.5.4 条和 3.5.5 条执行。

**3.7.11** 灌浆过程中应经常转动和上下活动灌浆管,回浆管宜有  $15 \text{ L/min}$  以上的回浆量,以防灌浆管在孔内被水泥浆凝住。

**3.7.12** 灌浆应同时满足下述两个条件后,方可结束:

(1)在设计压力下,注入率不大于  $1 \text{ L/min}$  时,延续灌注时间不少于  $90 \text{ min}$ 。

(2)灌浆全过程中,在设计压力下的灌浆时间不少于  $120 \text{ min}$ 。

**3.7.13** 每段灌浆结束后可不待凝。

**3.7.14** 帷幕灌浆孔封孔应采用“置换和压力灌浆封孔法”。

### 3.8 特殊情况处理

**3.8.1** 灌浆过程中,发现冒浆、漏浆,应根据具体情况采用嵌缝、表面封堵、低压、浓浆、限流、限量、

间歇灌浆等方法进行处理。

**3.8.2** 帷幕灌浆过程中发生串浆时,如串浆孔具备灌浆条件,可以同时进行灌浆,应一泵灌一孔。否则应将串浆孔用塞塞住,待灌浆孔灌浆结束后,串浆孔再行扫孔、冲洗,而后继续钻进和灌浆。

**3.8.3** 灌浆工作必须连续进行,若因故中断,可按照下述原则进行处理:

(1)应及早恢复灌浆。否则应立即冲洗钻孔,而后恢复灌浆。若无法冲洗或冲洗无效,则应进行扫孔,而后恢复灌浆。

(2)恢复灌浆时,应使用开灌比级的水泥浆进行灌注。如注入率与中断前的相近,即可改用中断前比级的水泥浆继续灌注;如注入率较中断前的减少较多,则浆液应逐级加浓继续灌注。

(3)恢复灌浆后,如注入率较中断前的减少很多,且在短时间内停止吸浆,应采取补救措施。

**3.8.4** 孔口有涌水的灌浆孔段,在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)短的段长;

(3)高的灌浆压力;

(4)浓浆结束;

(5)屏浆;

(6)闭浆;

(7)纯压式灌浆;

(8)速凝浆液;

(9)待凝;

(10)压力灌浆封孔。

**3.8.5** 灌浆段注入量大,灌浆难于结束时,可选用下列措施处理:

(1)低压、浓浆、限流、限量、间歇灌浆;

(2)浆液中掺加速凝剂;

(3)灌注稳定浆液或混合浆液。

该段经处理后仍应扫孔,重新依照技术要求进行灌浆,直至结束。

**3.8.6** 灌浆过程中如回浆变浓,宜换用相同水灰比的新浆进行灌注,若效果不明显,延续灌注 30 min,即可停止灌注。

**3.8.7** 在岩溶地区的溶洞灌浆,应先查明溶洞的充填类型和规模,而后采取相应的措施处理。

(1)溶洞内无充填物时,根据溶洞的大小,可采用泵入高流态混凝土、投入碎石再灌注水泥砂浆、灌注混合浆液等措施。待凝后,扫孔,再灌水泥浆。

(2)溶洞内有充填物时,根据充填物类型、性能以及充填程度,可采用高压灌浆、高压喷射灌浆等措施。灌浆注入量大时,可参照本规范 3.8.5 条进行处理。

### 3.9 工程质量检查

**3.9.1** 帷幕灌浆质量检查应以检查孔压水试验成果为主,结合对竣工资料和测试成果的分析,综合评定。

**3.9.2** 帷幕灌浆检查孔应在下述部位布置:

(1)帷幕中心线上;

(2)岩石破碎、断层、大孔隙等地质条件复杂的部位;

(3) 注入量大的孔段附近;

(4) 钻孔偏斜过大、灌浆情况不正常以及经分析资料认为对帷幕灌浆质量有影响的部位。

**3.9.3** 帷幕灌浆检查孔的数量宜为灌浆孔总数的 10 %。一个坝段或一个单元工程内,至少应布置一个检查孔。

**3.9.4** 帷幕灌浆检查孔压水试验应在该部位灌浆结束 14 d 后进行。

**3.9.5** 帷幕灌浆检查孔应自上而下分段卡塞进行压水试验,试验采用五点法或单点法,按附录 A 执行。

**3.9.6** 帷幕灌浆检查孔压水试验结束后,按技术要求进行灌浆和封孔。

**3.9.7** 帷幕灌浆检查孔应采取岩芯,计算获得率并加以描述。

**3.9.8** 帷幕灌浆质量压水试验检查,坝体混凝土与基岩接触段及其下一段的合格率应为 100 %;再以下的各段的合格率应在 90 % 以上,不合格段的透水率值不超过设计规定值的 100 %,且不集中,灌浆质量可认为合格。否则应由建设单位会同设计、施工单位商定处理方案。

**3.9.9** 对帷幕灌浆孔的封孔质量宜进行抽样检查。

**3.9.10** 固结灌浆质量检查宜采用测量岩体波速或静弹性模量的方法。岩体波速或静弹性模量的改善程度应符合设计规定。

**3.9.11** 固结灌浆质量检查也可采用单点压水试验的方法,按附录 A 执行。检查孔的数量不宜少于灌浆孔总数的 5 %。检查结束后,应按技术要求进行灌浆和封孔。

**3.9.12** 固结灌浆质量压水试验检查、岩体波速检查、静弹性模量检查应分别在灌浆结束 3~7、14、28 d 后进行。

**3.9.13** 固结灌浆质量压水试验检查,孔段合格率应在 80 % 以上,不合格孔段的透水率值不超过设计规定值的 50 %,且不集中,灌浆质量可认为合格。否则应由建设单位会同设计、施工单位商定处理方案。

## 4 水工隧洞灌浆

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 水工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到 70 % 设计强度后进行。固结灌浆宜在该部位的回填灌浆结束 7 d 后进行。

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

**4.1.3** 灌浆结束时,有往外流浆或往上返浆的灌浆孔应闭浆待凝。

**4.1.4** 必要时应安设变形监测装置,进行观测和记录。

### 4.2 回填灌浆

**4.2.1** 回填灌浆孔,在素混凝土衬砌中宜采用直接钻设的方法;在钢筋混凝土衬砌中应采用从预埋管中钻孔的方法。钻孔孔径不宜小于 38 mm,孔深宜进入岩石 10 cm,并宜测记混凝土厚度和空腔尺寸。

**4.2.2** 遇有围岩塌陷、溶洞、超挖较大等特殊情况时,应在该部位预埋灌浆管,其数量不应少于 2 个,位置在现场确定。

**4.2.3** 顶拱回填灌浆应分成区段进行,每区段长度不宜大于 50 m,区段端部必须封堵严密。

**4.2.4** 回填灌浆前应应对衬砌混凝土的施工缝和混凝土缺陷等进行全面检查,对可能漏浆的部位应及时处理。

**4.2.5** 回填灌浆宜分为两个次序进行,后序孔应包括顶孔。

**4.2.6** 回填灌浆施工应自较低的一端开始,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。

**4.2.7** 回填灌浆,一序孔可灌注水灰比为 0.6(或 0.5):1 的水泥浆,二序孔可灌注 1:1 和 0.6(或 0.5):1 两个比级的水泥浆。空隙大的部位应灌注水泥砂浆,掺砂量不宜大于水泥重量的 200 %。

**4.2.8** 回填灌浆压力应视混凝土衬砌厚度和配筋情况等确定。一般在素混凝土衬砌中可采用 0.2~0.3 MPa;钢筋混凝土衬砌中可采用 0.3~0.5 MPa。

**4.2.9** 回填灌浆,在规定的压力下,灌浆孔停止吸浆,延续灌注 5 min 即可结束。

**4.2.10** 回填灌浆质量检查应在该部位灌浆结束 7 d 后进行。检查孔应布置在脱空较大、串浆孔集中以及灌浆情况异常的部位,其数量宜为灌浆孔总数的 5 %。

**4.2.11** 回填灌浆质量检查可采用钻孔注浆法,即向孔内注入水灰比 2:1 的浆液,在规定的压力下,初始 10 min 内注入量不超过 10 L,认为合格。

**4.2.12** 灌浆孔灌浆和检查孔检查结束后,应使用水泥砂浆将钻孔封填密实,孔口压抹齐平。

### 4.3 固结灌浆

**4.3.1** 固结灌浆孔可采用风钻或其它型式钻机钻孔,终孔直径不宜小于 30 mm,孔位、孔向和孔深应满足设计要求。

**4.3.2** 固结灌浆孔钻孔结束后应进行钻孔冲洗,冲净孔内岩粉、杂质。

**4.3.3** 固结灌浆孔在灌浆前应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 %,若该值大于 1 MPa 时,采用 1 MPa。

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。

**4.3.4** 固结灌浆孔的压水试验应在裂隙冲洗后进行,试验孔数不宜少于总孔数的 5 %。压水试验采用单点法,按附录 A 执行。

**4.3.5** 固结灌浆应按环间分序、环内加密的原则进行。环间宜分为两个次序,地质条件不良地段可分为三个次序。

**4.3.6** 固结灌浆宜采用单孔灌浆的方法,但在注入量较小地段,同一环上的灌浆孔可并联灌浆,孔数宜为 2 个,孔位宜保持对称。

**4.3.7** 固结灌浆孔基岩段长小于 6 m 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。

**4.3.8** 固结灌浆浆液的比级和变换可参照本规范 3.5.4 条和 3.5.5 条规定,根据工程具体情况确定。注入量大的孔段应灌注水泥砂浆。

**4.3.9** 固结灌浆在规定的压力下,灌浆孔段注入率不大于 0.4 L/min 时,延续 30 min,即可结束。

**4.3.10** 固结灌浆压力大于 3 MPa 的工程,灌浆孔应分段进行灌浆。灌浆孔内灌浆段的划分、相应灌浆压力的使用以及灌浆工艺的选择应通过现场灌浆试验确定。

**4.3.11** 固结灌浆质量检查的方法和标准应视工程的具体情况和灌浆的目的而定。一般情况下应进行压水试验检查,试验采用单点法,按附录 A 执行。要求测定弹性模量的地段,应进行岩体波速或静弹性模量测试检查。

**4.3.12** 固结灌浆质量压水试验检查宜在该部位灌浆结束 3~7 d 后进行,检查孔的数量不宜少于



灌浆孔总数的 5%。孔段合格率应在 80% 以上,不合格孔段的透水率值不超过设计规定值的 50%,且不集中,灌浆质量可认为合格。

**4.3.13** 岩体波速和静弹性模量测试,应分别在该部位灌浆结束 14 d 和 28 d 后进行。其孔位的布置、测试仪器的确定、测试方法、合格指标以及工程合格标准,均应依照设计规定执行。

**4.3.14** 灌浆孔灌浆和检查孔检查结束后,应排除钻孔内的积水和污物,采用压力灌浆法或机械压浆法进行封孔,并将孔口抹平。

#### 4.4 钢衬接触灌浆

**4.4.1** 钢衬接触灌浆孔的位置宜在现场经锤击检查确定。每一个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。

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

**4.4.3** 钢衬接触灌浆也可在钢衬上预留灌浆孔,孔内宜有丝扣,在该孔处钢衬外侧应补焊加强钢板。

**4.4.4** 在钢衬的加劲环上应设置连通孔,以便于浆液串通。孔径不宜小于 16 mm。

**4.4.5** 灌浆前应用风检查缝隙串通情况,吹除空隙内的污物和积水。风压必须小于灌浆压力。

**4.4.6** 灌浆压力必须以控制钢衬变形不超过设计规定值为准。可根据钢衬的壁厚、脱空面积的大小以及脱空的程度等实际情况确定,一般不宜大于 0.1 MPa。

**4.4.7** 钢衬接触灌浆浆液水灰比可采用 1:1、0.8:1、0.6(或 0.5):1 三个比级,必要时可加入减水剂。应尽量多灌注较浓级浆液。

**4.4.8** 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。

**4.4.9** 在规定的压力下,灌浆孔停止吸浆,延续灌注 5 min,即可结束。

**4.4.10** 灌浆短管与钢衬间可采用丝扣连接,也可焊接。灌浆结束后用丝堵加焊或焊补法封孔。焊后用砂轮磨平。

**4.4.11** 灌浆结束 7~14 d 后采用锤击法进行灌浆质量检查,脱空范围和程度应满足设计要求。

### 5 混凝土坝接缝灌浆

#### 5.1 一般规定

**5.1.1** 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。蓄水后,各灌区的接缝灌浆应在库水位低于灌区底部高程时进行。

**5.1.2** 混凝土坝接缝灌浆的施工顺序应遵守下列原则:

(1) 接缝灌浆应按高程自下而上分层进行;

(2) 拱坝横缝灌浆宜从大坝中部向两岸推进。重力坝的纵缝灌浆宜从下游向上游推进,或先灌上游第一道纵缝后,再从下游向上游顺次灌浆。当既有横缝灌浆又有纵缝灌浆时,施工顺序应按工程具体情况确定;

(3) 处于陡坡基岩上的坝段,施工顺序可另行规定。

**5.1.3** 各灌区需符合下列条件,方可进行灌浆:

(1) 灌区两侧坝块混凝土的温度必须达到设计规定值;

- (2)灌区两侧坝块混凝土龄期应多于 6 个月。在采取有效措施情况下,也不得少于 4 个月;
- (3)除顶层外,灌区上部宜有 9 m 厚混凝土压重,且其温度应达到设计规定值;
- (4)接缝的张开度不宜小于 0.5 mm;
- (5)灌区密封,管路和缝面畅通。

**5.1.4** 在混凝土坝体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。

**5.1.5** 同一高程的纵缝(或横缝)灌区,一个灌区灌浆结束,间歇 3 d 后,其相邻的纵缝(或横缝)灌区方可开始灌浆。若相邻的灌区已具备灌浆条件,可采用同时灌浆方式,也可采用逐区连续灌浆方式。连续灌浆应在前一灌区灌浆结束后,8 h 内开始后一灌区的灌浆,否则仍应间歇 3 d 后进行灌浆。

**5.1.6** 同一坝缝,下一层灌区灌浆结束,间歇 14 d 后,上一层灌区才可开始灌浆。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、下层灌区灌浆间隔时间不得超过 4 h,否则仍应间歇 14 d 后进行。

**5.1.7** 为了方便施工、处理事故以及灌浆质量取样检查,宜在适当部位设置廊道和预留平台。

## 5.2 灌浆系统布置

**5.2.1** 接缝灌浆系统应分区布置,每个灌区的高度以 9~12 m 为宜,面积以 200~300 m<sup>2</sup> 为宜。

**5.2.2** 灌浆系统布置原则:

- (1)浆液应能自下而上均匀地灌注到整个缝面;
- (2)灌浆管路和出浆设施与缝面应畅通;
- (3)灌浆管路应顺直、畅通、少设弯头;
- (4)同一灌区的进、回浆管和排气管管口宜集中。

**5.2.3** 每个灌区的灌浆系统,一般由进浆管、回浆管、升浆管或水平支管、出浆盒、排气槽、排气管以及止浆片组成。

灌浆升浆管路和出浆设施的形成应优先采用塑料拔管方式,也可采用预埋管和出浆盒方式。

灌区排气系统的形成,可采用埋设排气槽和排气管方式,也可采用塑料拔管方式。

**5.2.4** 采用塑料拔管方式时,升浆管的间距宜为 1.5 m。升浆管顶部宜终止在排气槽以下 0.5~1.0 m 处。

**5.2.5** 采用预埋管和出浆盒方式时,出浆盒呈梅花形布置,每盒担负的灌浆面积宜为 5 m<sup>2</sup>。灌区顶部的一排出浆盒距排气槽宜为 0.5~1.0 m。纵缝灌区底部一排出浆盒可适当加密。纵缝出浆盒应布置在先浇块键槽的倒坡面上。

## 5.3 灌浆管路和部件的加工与安装

**5.3.1** 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,合格后方可运送现场安装。

**5.3.2** 灌浆管路应尽量避免穿过缝面,否则必须采取可靠的过缝措施。

**5.3.3** 采用塑料拔管方式时,拔管应用软管,充气 24 h 后检查,无漏气现象时,方可使用。拔管封头宜采用热压模具加工成圆锥形,充气接头应用压紧联结方式。

**5.3.4** 采用预埋塑料管方式时,埋管应用聚乙烯硬管,外露管口段宜换用铁管。塑料管间连接可用焊接法、套接法或粘接法,连接后应进行受力和漏水检查。管上开孔应使用电钻,钻后应将管内渣屑清除干净。



**5.3.5** 采用预埋铁管方式时,进、回浆管转弯处应用弯管机加工或用弯管接头连接,进浆管与升浆管或水平支管连接应用三通,均不得焊接。管上开孔应使用电钻,钻后应将管内渣屑清除干净。

**5.3.6** 止浆片、出浆盒及其盖板、排气槽及其盖板的材质、规格、加工、安装应符合设计要求。

**5.3.7** 升浆管路采用塑料拔管方式时应遵守下列规定:

(1)灌浆管路应全部埋设在后浇块中,只有在形成一个封闭的灌区后,才可改变浇筑块的先后次序;

(2)先浇块缝面上预埋的竖直向半圆木条,应在上、下浇筑层间保持平直、连续;

(3)后浇块安设的塑料软管应顺直地稳固在先浇块的半圆槽内。充气后应与进浆管三通或升浆孔洞连接紧密;

(4)拔管时机应根据塑料软管的材质、混凝土状态以及气温等条件,通过现场试验确定。一般情况下,宜待后浇块混凝土终凝后相机放气拔出。

**5.3.8** 采用预埋管和出浆盒方式时,应遵守下列规定:

(1)安装灌浆管路、出浆盒、排气槽、止浆片等,应在模板立好后,先浇块浇筑前完成。出浆盒盖板、排气槽盖板应在后浇块内安设。

(2)出浆盒和排气槽的四周应与模板紧贴,安装牢固。盒盖与盒、槽盖与槽应完全吻合,并加以固定,四周应予封闭。

**5.3.9** 灌浆管路安装完毕后应予固定,以防在浇筑过程中管路移动。

**5.3.10** 必须保证各灌区止浆片,特别是基础灌区底层止浆片的埋设质量。止浆片的安装不得错位。先期埋设止浆片的外露部分,若有缺陷,必须进行修补。

**5.3.11** 分层安装的灌浆系统应及时逐层做好施工记录。整个灌区形成后,应绘制竣工图。

**5.3.12** 灌浆系统的管路应根据需要选择不同的管径。外露的管口段的长度不宜小于 15 cm,离底板的高度应适宜,并应分别标记管路名称。

## 5.4 灌浆系统的检查和维护

**5.4.1** 灌浆系统的检查应设专人负责。每层混凝土浇筑前、后都应对灌浆系统进行认真检查,发现问题,及时处理。

**5.4.2** 采用塑料拔管方式时,每层后浇块混凝土在拔管后,应对升浆管路进行通水检查和冲洗。

**5.4.3** 采用预埋管方式时,在先浇块浇筑前后及后浇块浇筑后,都应对预埋灌浆系统进行通水检查。

**5.4.4** 整个灌区形成后,应再次对灌浆系统通水复查,发现问题,及时处理,直至合格。通水复查应做记录。

**5.4.5** 任何时期灌浆系统的外露管口和拔管孔口均应堵盖严密,妥善保管。

**5.4.6** 后浇块在清洗仓面时应防止污水流入接缝内,在浇筑前应将先浇块的缝面用清水冲洗干净。

**5.4.7** 在混凝土浇筑过程中,应有专人负责灌浆系统的检查和维护工作。

## 5.5 开始灌浆前应进行的工作

**5.5.1** 测定灌区两侧坝块和压重块混凝土的温度。测温可采用充水闷管测温法或设计规定的其它方法。

**5.5.2** 测记灌区缝面的张开度。灌区内部的缝面张开度应使用测缝计量测,表层的缝面张开度可

以使用孔探仪或厚薄规量测。

**5.5.3** 对灌区的灌浆系统应进行通水检查,通水压力一般应为设计灌浆压力的 80 %。检查内容如下:

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

(2)查明缝面通畅情况。采用“单开通水检查”方法,两个排气管的单开出水流量均宜大于 25 L/min。

(3)查明灌区密封情况。缝面漏水量宜小于 15 L/min。发现外漏,必须处理。

**5.5.4** 当灌浆管路发生堵塞时,应用压力水或风水联合冲洗,力争开通。若无效,可采用打孔、掏洞、重新接管等方法,恢复管路畅通。

**5.5.5** 当两根排气管或其中一根与缝面不通时,可先进行倒压水处理。若无效,则应补钻排气孔,恢复排气通路。

**5.5.6** 当止浆片或混凝土漏水时,应采取嵌缝、封堵等有效措施处理。

**5.5.7** 当灌浆管路全部堵塞无法疏通时,应全面补孔。钻孔布置和补灌措施应由建设、设计和施工单位根据具体情况商定。

**5.5.8** 灌浆前必须先进行预灌性压水检查,压水压力等于灌浆压力。对检查情况应作记录。经检查确认合格后应签发准灌证,否则应按检查意见进行处理。

**5.5.9** 灌浆前还应对缝面充水浸泡 24 h。然后放净或用风吹净缝内积水,即可开始灌浆。

**5.5.10** 灌区相互串通时,应待串区均具备灌浆条件后,同时进行灌浆。

**5.5.11** 应根据需要在有关的缝面上安设变形观测装置。

**5.5.12** 在需要通水平压的灌区,应做好通水平压的准备工作。

**5.5.13** 在灌浆泵与灌区之间应准备好通讯联络设施。

## 5.6 灌浆施工

**5.6.1** 灌浆过程中,必须严格控制灌浆压力和缝面增开度。灌浆压力应达到设计要求。若灌浆压力尚未达到设计要求,而缝面增开度已达到设计规定值时,则应以缝面增开度为准,控制灌浆压力。

**5.6.2** 灌浆压力应用与排气槽同一高程处的排气管管口的压力表示。如排气管引至廊道,则廊道内排气管管口的灌浆压力值应通过换算确定。如排气管堵塞,应以回浆管管口相应压力控制。

**5.6.3** 在纵缝(或横缝)灌区灌浆过程中,可观测同一高程未灌浆的相邻纵缝(或横缝)灌区的变形。如需要通水平压,应按设计规定执行。

**5.6.4** 浆液水灰比变换可采用 3:1(或 2:1)、1:1、0.6:1(或 0.5:1)三个比级。一般情况下,开始可灌注 3:1(或 2:1)浆液,待排气管出浆后,即改用 1:1 浆液灌注。当排气管出浆浓度接近 1:1 浆液浓度或当 1:1 浆液灌入量约等于缝面容积时,即改用最浓比级 0.6:1(或 0.5:1)浆液灌注,直至结束。

当缝面张开度大,管路畅通,两个排气管单开出水流量均大于 30 L/min 时,开始就可灌注 1:1 或 0.6:1 浆液。

**5.6.5** 为尽快使浓浆充填缝面,开灌时,排气管处的阀门应全打开放浆,其它管口应间断放浆。当排气管排出最浓一级浆液时,再调节阀门控制压力,直至结束。所有管口放浆时,均应测定浆液的密度,记录弃浆量。

**5.6.6** 当排气管出浆达到或接近最浓比级浆液,排气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 20 min,灌浆即可结束。

**5.6.7** 当排气管出浆不畅或被堵塞时,应在缝面增开度限值内,尽量提高进浆压力,力争达到本规

范 5.6.6 条规定的结束标准。若无效,则在顺灌结束后,应立即从两个排气管中进行倒灌。

**5.6.8** 倒灌时应使用最浓比级浆液,在设计规定的压力下,缝面停止吸浆,持续 10 min 即可结束。

**5.6.9** 灌浆结束时,应先关闭各管口阀门后再停机,闭浆时间不宜少于 8 h。

**5.6.10** 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。在灌浆过程中,必须保持各灌区的灌浆压力基本一致,并应协调各灌区浆液的变换。

**5.6.11** 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,待上层灌区发现有浆串出时,再开始用另一泵进行上层灌区的灌浆。灌浆过程中,以控制上层灌区灌浆压力为主,调整下层灌区的灌浆压力。下层灌区灌浆宜待上层灌区开始灌注最浓比级浆液后结束。在未灌浆的邻缝灌区宜通水平压。

**5.6.12** 有三个或三个以上的灌区相互串通时,灌浆前必须摸清情况,研究分析,制定切实可行的方案后,慎重施工。

## 5.7 特殊情况处理

**5.7.1** 灌浆过程中发现外漏,应立即进行堵漏处理。若无效,可采用加浓浆液、降低压力等措施处理,但不得采用间歇灌浆法。

**5.7.2** 灌浆过程中发现串浆,当串区已具备灌浆条件时,可以同时进行灌浆。否则可采用以下措施:若开灌时间不长,宜用清水冲洗灌区和串区,直至灌、串区的排气管出水洁净时止,待串区具备灌浆条件后再同时进行灌浆;若灌浆时间较长,且串浆轻微,可在串区通低压水循环,直至灌区灌浆结束,串区循环回水洁净时止。

**5.7.3** 灌浆过程中,当进浆管和备用进浆管均发生堵塞时,宜先打开所有管口放浆,然后应在缝面增开度限值内,尽量提高进浆压力,通开进浆管路。若无效,再换用回浆管进行灌注或采取其它有效措施。

**5.7.4** 灌浆过程中,因故被迫中断,应立即用清水冲洗,保持灌浆系统通畅。恢复灌浆前,应再做一次压水检查。若发现灌浆管路不通畅或排气管单开出水明显减少,应采取补救措施。

**5.7.5** 当灌区的缝面张开度小于 0.5 mm 时,可采取以下措施:

- (1) 使用通过 7  $\mu\text{m}$  方孔筛筛余量小于 2 % 的水泥浆液或使用细水泥浆液;
- (2) 在水泥浆液中加入减水剂,改善浆液的流动性能;
- (3) 在缝面增开度限值内,适当提高灌浆压力;
- (4) 采用化学灌浆。

## 5.8 工程质量检查

**5.8.1** 各灌区的接缝灌浆质量,应以分析灌浆资料为主,结合钻孔取芯、槽检等质检成果,并从以下几个方面,进行综合评定:

- (1) 灌浆时坝块混凝土的温度;
- (2) 灌浆管路通畅、缝面通畅以及灌区密封情况;
- (3) 灌浆施工情况;
- (4) 灌浆结束时排气管的出浆密度和压力;
- (5) 灌浆过程中有无中断、串浆、漏浆和管路堵塞等情况;
- (6) 灌浆前、后接缝张开度的大小及变化;
- (7) 灌浆材料的性能;

(8)缝面注入水泥量;

(9)钻孔取芯、缝面槽检和压水检查成果以及孔内探缝、孔内电视等测试成果。

**5.8.2** 根据灌浆资料分析,当灌区两侧坝块混凝土的温度达到设计规定,两个排气管均排出浆且有压力,排浆密度均达  $1.5 \text{ g/cm}^3$  以上,其中有一个排气管处压力已达设计压力的 50 % 以上,而其它方面也基本符合有关要求时,灌区灌浆质量可以认为合格。

**5.8.3** 接缝灌浆质量检查工作应在灌区灌浆结束 28 d 后进行。

**5.8.4** 钻孔取芯、压水检查和槽检工作,应选择有代表性的灌区进行。具体检查部位和检查标准,应由建设、设计、施工单位共同商定。重点宜放在根据灌浆资料分析被评为不合格的灌区,若该区检查结果较好,灌浆质量可重新评定。

孔检、槽检结束后应回填密实。

**5.8.5** 接缝灌浆灌区的合格率应在 80 % 以上,不合格灌区不得集中,且每一坝段内纵缝灌浆灌区的合格率不应低于 70 %,每一条横缝内灌浆灌区的合格率不应低于 70 %,即可认为接缝灌浆工程质量合格。否则,应由建设、设计、施工单位共同商定处理方案。

## 5.9 岸坡接触灌浆

**5.9.1** 岸坡接触灌浆可采用钻孔灌浆法、预埋管灌浆法或其它方法。

**5.9.2** 岸坡接触灌浆应根据岸坡具体情况,分成若干个封闭的灌区。各灌区的灌浆系统应有进浆管、回浆管、出浆和排气设施,各管路可引至廊道或其它合适地点。

**5.9.3** 岸坡接触灌浆必须等待坝块混凝土的温度达到设计规定值后,方可进行。

**5.9.4** 岸坡接触灌浆系统的设计、安装、施工、技术要求、质量检查和评定的方法等可参照本规范坝体接缝灌浆的有关规定。

## 6 竣工资料和工程验收

**6.0.1** 灌浆工程竣工后,应进行验收。验收工作由建设单位负责组成验收委员会或验收小组进行。验收时所需的文件有:

(1)工程设计文件。包括有关设计的文件、图纸以及修改通知等;

(2)竣工资料和报告。包括有关原始资料、成果资料、工程质量检查报告、工程竣工报告以及技术总结等。

**6.0.2** 基岩帷幕灌浆工程原始资料和成果资料应包括如下内容:

(1)钻孔、测斜、钻孔冲洗、裂隙冲洗、压水试验和简易压水、灌浆记录等;

(2)抬动或变形观测记录等;

(3)灌浆孔成果一览表;

(4)灌浆分序统计表;

(5)各次序孔灌浆成果表;

(6)帷幕灌浆完成情况表;

(7)帷幕灌浆孔平面位置图;

(8)帷幕灌浆综合剖面图;

(9)各次序孔透水率频率曲线和频率累计曲线图;

(10)各次序孔单位注灰量频率曲线和频率累计曲线图;

- (11)帷幕灌浆孔测斜成果汇总表和平面投影图;
- (12)帷幕灌浆工程检查孔压水试验成果一览表;
- (13)检查孔岩芯柱状图;
- (14)灌浆材料检验资料;
- (15)工程照片和岩芯实物;
- (16)其它。

**6.0.3 混凝土坝接缝灌浆工程原始资料和成果资料应包括如下内容:**

- (1)各灌区灌浆准灌证;
- (2)灌浆前、后接缝张开度和灌浆时缝面增开度记录;
- (3)灌区灌浆系统通水检查、预灌性压水检查、灌浆施工记录;
- (4)钻孔取芯、缝面槽检、压水检查以及其它质量检查的资料;
- (5)灌浆成果一览表;
- (6)同一坝段纵缝或同一条横缝各灌区灌浆成果统计表;
- (7)各类检查成果一览表;
- (8)工程照片和岩芯实物;
- (9)其它。

**6.0.4 基岩固结灌浆和水工隧洞灌浆原始资料和成果资料应包括的内容,可根据工程具体情况参照本规范 6.0.2 条确定。若进行了物探测试,则应包括物探测试成果和报告。**

**6.0.5 经验收委员会或验收小组详细检查和讨论后,认为工程质量符合设计要求,应签字验收。否则,应由验收委员会或验收小组写出结论和处理意见,待工程处理完毕并经检查合格后,再予验收。**



附录 A 灌浆工程压水试验

- A1.0.1** 压水试验方法。使用单点法或三级压力五个阶段的五点法。
- A1.0.2** 压水试验压力。压力宜选用表 A1 中的规定值。
- A1.0.3** 压入流量稳定标准。在稳定的压力下,每 3~5 min 测读一次压入流量。连续四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 1 L/min 时,本阶段试验即可结束,取最终值作为计算值。

表 A1 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)	单点法压水试验压力	五点法压水试验压力	备 注
基岩帷幕灌浆	先导孔	-	$\geq 1$	1(MPa)	0.3,0.6,1.0,0.6,0.3(MPa)	$H_0$ 、 $H$ 为坝前水头(m),均以正常蓄水位为准,分别从河床基岩面和帷幕所在部位基岩面算起; 1 m水头 $\approx 0.01$ MPa;  1.5 $H$ 大于 2 MPa 时采用 2 MPa
		-	$< 1$	0.3(MPa)	0.1,0.2,0.3,0.2,0.1(MPa)	
		-	$< 0.3$	灌浆压力	-	
	质量检查孔	$< 70$	-	$H_0$ 或 1.5 $H_0$ (m)	单点法压水试验压力的 0.3,0.6,1.0,0.6,0.3 倍	
		70~100	-	1(MPa)		
		$> 100$	-	1(MPa)或 1.5 $H$ (m)		
基岩固结灌浆和 水工隧洞围岩固结 灌浆	灌浆孔和质量 检查孔		1~3	1(MPa)	-	灌浆压力大于 3 MPa 时,压水试验压力由设计按地质条件和工程需要确定
			$\leq 1$	灌浆压力的 80%		

- A1.0.4** 单点法压水试验成果计算和表示的方法。
- 压水试验成果以透水率  $q$  表示,单位为吕容(Lu)。定义为:压水压力为 1 MPa 时,每米试段长度每分钟注入水量 1 L 时,称为 1 Lu。若压水压力小于 1 MPa 时,按直线延伸方式换算。
- 压水试验成果按公式(A1)计算。

$$q = \frac{Q}{PL}$$

(A1)

式中  $q$ ——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。

- A1.0.5** 五点法压水试验成果计算和表示的方法。
- 以压水试验三级压力中的最大压力值( $P$ )及其相应的压入流量( $Q$ )代入公式(A1),即可求出透水率值(Lu)。



根据五个阶段的压水试验资料绘制  $P \sim Q$  曲线,而后参照表 A2 确定  $P \sim Q$  曲线类型。

压水试验的成果用透水率和  $P \sim Q$  曲线的类型表示。例如,2.3(A)、8.5(D)等,2.3 和 8.5 为试段的透水率值(Lu);(A)和(D)表示该试段  $P \sim Q$  曲线为 A(层流)型和 D(冲蚀)型。

**A1.0.6 坝基岩石压水试验全压力的组成和计算。**

**A1.0.6.1 压力表安设在孔口处的进水管上,如图 A1 所示。**

$$S = S_1 + S_2 - S_f$$

**A1.0.6.2 压力表安设在孔口处的回水管上,如图 A2 所示。**

$$S = S_1 + S_2 - S'_f$$

式中  $S$ ——作用于试段内的实际压水压力,MPa;

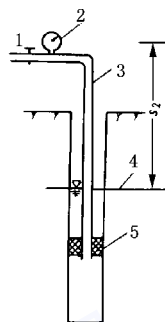
$S_1$ ——压力表指示压力,MPa;

$S_2$ ——压力表中心至压力起算零线的水柱压力(以 MPa 计);

$S_f, S'_f$ ——压力损失(以 MPa 计)。

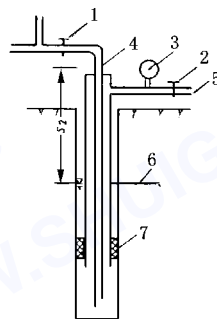
一般情况下,  $S_f, S'_f$  均可略而不计。所以,在两种情况下,均以  $S = S_1 + S_2$  式计算。

**A1.0.6.3 压力起算零线的确定方法如下:**



1—进水阀门;2—压力表;3—进水管;  
4—地下水位;5—橡胶塞

图 A1 进水管上安设压力表示意图



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

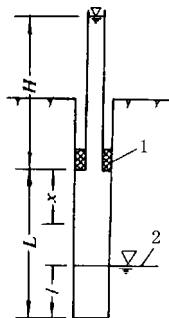
图 A2 回水管上安设压力表示意图

当地下水位在试段以上时,压力起算零线为地下水位线;

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;

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中点的水平线,即图 A3 中  $x = (L - l)/2$ 。

**A1.0.7 三级压力五个阶段压水试验的  $P \sim Q$  曲线类型及曲线特点见表 A2。**

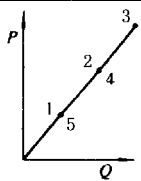
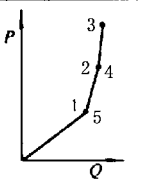
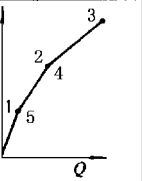
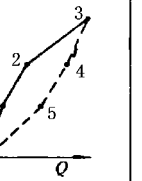
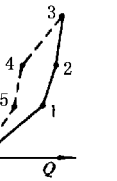


$H$ —橡胶塞底以上的水柱高;

1—橡胶塞;2—地下水位

图 A3 地下水位在试验段内示意图

表 A2 三级压力五个阶段压水试验的  $P$ - $Q$  曲线类型及曲线特点表

类型名称	A(层流)型	B(紊流)型	C(扩张)型	D(冲蚀)型	E(充填)型
$P \sim Q$ 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

附加说明

主 编 单 位:水利部水工程技术咨询中心

参 加 单 位:中国水利水电基础工程局

中国水利水电科学研究院岩土工程研究所

中国武警水电第一总队一支队

主要起草人:孙 钊 夏可风 杨晓东 杨月林 张景秀