

帷幕灌浆施工技术规范

1、范围

本标准规定了水工建筑物水泥灌浆的施工技术要求和工程质量检验、评定方法。

本标准适用于 1、2、3、级水工建筑物基岩灌浆、隧洞灌浆、混凝土坝接缝灌浆工程。

4、5 级水工建筑物灌浆工程可参照使用。

2、引用标准

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

GB175——1999 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥

GB50201——1994 防洪标准

GB5010——1992 水利水电工程物探规程

DL5013——1992 水利水电工程钻探规程

DL/T5055——1996 水工混凝土掺用粉煤灰技术规范

DL5108——1999 混凝土重力坝设计规范

DL/T5144——2001 水工混凝土施工规范

SD134——1984 水工隧洞设计规范

SDJ249.1——1988 水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准（一）（试行）

SDJ338——1989 水利水电工程施工组织设计规范（试行）

SL25——1992 水利水电工程钻孔压水试验规程

3、名词和术语

3.0.1 水泥灌浆

利用灌浆泵或浆液自重，通过钻孔、埋管、或混凝土与钢板之间的空隙和孔洞，以增强围岩或结构的密实性的灌浆，这种空隙和孔洞是由于混凝土浇筑施工的缺陷或技术能力的限制所造成的。

3.0.3 固结灌浆

用浆液灌入岩体裂隙或破碎带，以提高岩体的整体性和抗变形能力的灌浆。

3.0.4 帷幕灌浆

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

3.0.5 接缝灌浆

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

3.0.6 接触灌浆

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

3.0.7 循环式灌浆

浆液通过喷射管注入到孔段内,部分浆液通过回浆管返回,保持孔段内的浆液呈循环流动状态的灌浆方式。

3.0.8 纯压式灌浆

浆液注入到孔段内和岩体裂隙中,不再返回的灌浆方式。

3.0.9 自上而下分段灌浆法

从上向下逐段进行钻孔,逐段安装灌浆塞进行灌浆,直至孔底的灌浆方法。

3.0.10 自下而上分段灌浆法

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

3.0.11 综合灌浆法

在钻孔的某些段采用自上而下分段灌浆,另一些段采用自下而上分段灌浆的方法。

3.0.12 孔口封闭灌浆法

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

3.0.13 先导孔

最先施工的、用于核对或补充灌浆地区地质资料的少数灌浆孔。

3.0.14 压水试验

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

3.0.15 简易压水

一种简化和粗略的压水试验,其目的是了解灌浆施工过程中岩体透水性变化的趋势。

3.0.16 屏浆

灌浆段的灌浆工作达到结束条件后,为使已灌入的浆液加快凝固、提高强度,继续使用

灌浆泵对灌浆孔段内施加压力的措施。

3.0.17 闭浆

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

3.0.18 高压水泥灌浆

灌浆压力大于或等于 3Mpa 的水泥灌浆。

3.0.19 水灰比

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

4、总则

4.0.1 灌浆工程施工前应取得下列设计文件或相应的资料：

1)、坝基和隧洞岩体灌浆：

施工详图和设计说明书；

灌浆地区工程地质和水文地质资料；

初步设计阶段的灌浆施工组织设计；

灌浆试验报告；

灌浆施工技术要求；

灌浆质量标准和检查方法。

2)、混凝土坝接缝灌浆：

坝体结构和灌浆设计说明书；

接缝灌浆分区和灌浆系统设计图；

坝块混凝土应达到的温度和测定温度的方法，接缝设计张开度、增开度；

灌浆施工技术要求；

灌浆质量标准和检查方法。

4.0.2 下列灌浆工程在施工前或施工初期应进行现场灌浆试验：

1)、1、2 级水工建筑物基岩帷幕灌浆；

2)、地质条件复杂地区或有特殊要求的 1、2 级水工建筑物基岩固结灌浆和隧洞围岩固结灌浆。灌浆试验的地点应具有代表性。当在工程建设部位进行试验时，不得采取对工程可能产生不良后果的试验方法。

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

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

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

4.0.6 灌浆工程中的各个钻孔必须统一分类和编号。

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

4.0.8 重要工程的帷幕灌浆和高压固结灌浆，应使用灌浆自动记录仪。

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

5、灌浆材料、设备和制浆

5.1. 灌浆材料和浆液

5.1.1 灌浆工程所采用的水泥品种，应根据灌浆目的和环境水的侵蚀作用等由设计确定。一般情况下，可采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。当有抗侵蚀或其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应得到设计许可，浆液水灰比不宜稀于 1。

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

回填灌浆、固结灌浆和帷幕灌浆所用水泥的强度等级可为 32.5 或以上，坝体接缝灌浆所用水泥的强度等级可为 42.5 或以上。帷幕灌浆和坝体接缝灌浆所用水泥的细度宜为通过 80 μ m 方孔筛的筛余量不大于 5%。钢衬接触灌浆和岸坡接触灌浆所用水泥的强度等级和细度可参照坝体接缝灌浆的要求。

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

5.1.4 灌浆用水应符合拌制水工混凝土用水的要求。

5.1.5 水泥灌浆一般使用纯水泥浆液。再特殊地质条件下或有特殊要求时，根据需要通

过现场灌浆实验论证，可使用下列类型浆液：

- 1 细水泥浆液，系指干磨细水泥浆液、超细水泥浆液和湿磨水泥浆液；
- 2 稳定浆液，系指 掺有稳定剂，2h 吸水率不大于 5%的水泥浆液；
- 3 混合浆液，系指掺有掺合料的水泥浆液；
- 4 膏桩浆液，系指塑性屈服强度大于 20Pa 的混合浆液。 I

5.1.6 根据灌浆需要，可在水泥浆液中加入下列掺合料：

- 1、沙，质地坚硬的天然沙或人工沙，粒径不大于 2.5mm，细度模数不宜大于 2.0，SO₃ 含量不宜大于 1%（以重量计，下同）含泥量不宜大于 3%，有机物含量不宜大于 3%。
- 2、膨润土或黏性土，黏性土的塑性指数不宜小于 14，黏粒（粒径小于 0.005mm）含量不宜低于 25%，含沙量不宜大于 5%有机物含量不宜大于 3%；
- 3、粉煤灰，可选用 I、II、或 III 级粉煤灰。各级粉煤灰的品质指标应符合 DL/T5055；
- 4、水玻璃，模数宜为 2.4~3.0，浓度宜为（30~40）波美度；
- 5、 其他掺合料。

对掺合料品质指标的具体要求，应根据工程的情况和灌浆的目的确定。

5.1.7. 根据灌浆要求，可在水泥浆液中加入下列外加剂：

- 1、速凝剂，水玻璃、氯化钙等；
- 2、减水剂，萘系高效减水剂、木质素磺酸盐类减水剂等；
- 3、稳定剂，膨润土及其它高塑性黏土等；
- 4、其他外加剂。

所有外加剂凡能溶与水的应以水的溶液状态加入。

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

5.1.9 纯水泥浆液可不进行室内试验。其他类型浆液应根据工程需要，有选择地进行下列型试验：

- 1、掺合料的细度和颗粒分曲线；
- 2、浆液的流动性或流变参数；
- 3、浆液的沉降稳定性；
- 4、浆液的凝结时间；
- 5、结石的密度、强度、弹性模量和渗透性；
- 6、其他

5.2 灌浆设备和机具

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

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

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

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

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

5.2.6 高压灌浆施工应采用下列设备和机具：

- 1、高压灌浆泵；
- 2、耐蚀灌浆阀门；
- 3、钢丝编织胶管；
- 4、大量程压力表，其最大标值宜为最大压力的 2.0~2.5 倍；
- 5、孔口封闭器或高压灌浆塞。

5.2.7 集中制浆站的制浆能力应满足高峰期所有机组用浆需要，并应配备防尘、除尘设施。当浆液中需加入掺合料或外加剂时，应增设相应的设备。

5.2.8 所有灌浆设备应注意维护保养，保证其正常工作状态，并应有备用量。

5.2.9 钻孔灌浆的计量机具，如测斜仪、压力表、流量计、密度计、自动记录仪等，应定期进行校验或检定，保持、量值准确。

5.3 制 浆

5.3.1 制浆材料必须按规定的浆液配比计量，计量误差应小于 5%。水泥等固相材料宜采用质量（重量）称量法计量。

5.3.2 各类浆液必须搅拌均匀并测定浆液密度。

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

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

5.3.5 集中制浆站宜制备水灰比为 0.5 的纯水泥浆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送来的浆液密度，然后调制使用。

5.3.6 寒冷季节施工应做好机房和灌浆管路的防寒保温工作。炎热季节施工应采取防晒和降温措施。浆液温度应保持在 50℃～40℃。若用热水制浆，水温不得超过 40℃。

6、坝基岩体灌浆

6.1 一般规定

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

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

6.1.3 同一地段的基岩灌浆必须按先固结灌浆、后帷幕灌浆的顺序进行。

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

6.1.5

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

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

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

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

6.1.9 深孔固结灌浆可参照帷幕灌浆的技术要求进行施工。

6.1.10 固结灌浆应按分序加密的原则进行。灌浆孔排与排之间和同一排孔内孔与孔之间，可分为二序施工。

6.1.11 制定工程进度计划时，应对固结灌浆和混凝土浇注的时间统筹安排。

6.1.12 工程必要时，应安设抬动检测装置，在灌浆过程中连续进行观测记录，严禁抬动

值超过设计规定。

6.2 钻 孔

6.2.1

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

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

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

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

表 6.2.4 帷幕灌浆孔孔底允许偏差

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

顶角大于 5° 的斜孔,孔底最大允许偏差值可根据实际情况按表 6.2.5 中的规定适当放宽,但方位角的偏差值不应大于 5°。孔深大于 60m 时,孔底最大允许偏差值应根据工程实际情况确定,并不大于孔距。

深孔钻进时,应严格控制孔深 20m 以内的偏差。

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

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

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

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

6.3 裂隙冲洗和压水实验

6.3.1 采用自上而下分段循环式灌浆法、孔口封闭灌浆法进行帷幕灌浆时,各灌浆孔(段)在灌浆前应采用压力水进行裂隙冲洗,直至回水清净时止。冲洗压力可为灌浆压力的 80%,并不大于 1MPa。采用自上而下分段灌浆法时,各灌浆孔可在灌浆前全孔进行一次裂隙冲洗。

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

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

6.3.3 采用自上而下分段循环式灌浆法、孔口封闭灌浆法进行灌浆时，各灌浆段在灌浆前宜进行简易压水。简易压水可结合裂隙冲洗进行，压力为灌浆压力的 80%，并不大于 1MPa，压水时间 20min，每 5min 测读一次压入流量。取最后的流量值作为计算流量，其成果以透水率 q 表示，单位为吕容 (Lu)。采用自上而下分段灌浆法时，各灌浆孔灌浆前可在孔底段进行一次简易压水。

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

地质条件复杂以及设计对裂隙冲洗有特殊要求时，冲洗方法应通过现场试验或由设计确定。

6.3.5 固结灌浆孔灌浆前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%，试验采用单点法，按附录 A 执行。其余孔段可结合裂隙冲洗进行简易压水，按 6.3.3 执行。

6.3.6 在岩溶泥质充填物和遇水后性能易恶化的岩层中进行灌浆时，可不进行裂隙冲洗和简易压水试验。

6.4 灌浆方法和灌浆方式

6.4.1 根据不同的地质条件和工程要求，基岩灌浆方法可选用全孔一次灌浆法、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。

6.4.2 帷幕灌浆方式宜采用循环式灌浆，也可采用纯压式灌浆。当采用循环式灌浆时，射浆管距孔底不得大于 50cm。浅孔固结灌浆可采用纯压式灌浆。

6.4.3 进行帷幕灌浆时，坝体混凝土和基岩接触部位的灌浆段应先行单独灌注并待凝。接触段在岩石中的长度不得大于 2m，以下灌浆段长度可采用 5m~6m，特殊情况下可适当缩短或加长，但不宜大于 10m。

6.4.4 进行固结灌浆时，如钻孔中岩石灌浆段的长度不大于 6m，可一次灌浆；大于 6m 时，宜分段灌浆。

6.4.5 采用自上而下分段灌浆法时，灌浆塞应阻塞在该灌浆段段顶以上 0.5 m 处，防止漏灌。各灌浆段灌浆结束后一般可不待凝，但在灌前涌水、灌后返浆或遇其他地质条件复杂情况，则宜待凝，待凝时间应根据设计要求和工程具体情况确定。

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

措施。

6.4.7 帷幕灌浆先导孔各孔段可与压水实验同步自上而下进行灌浆,也可在全孔压水实验完成之后自下而上进行灌浆。

6.4.8 帷幕灌浆孔各灌浆段不论透水率大小均应按记技术要求进行灌浆。

6.4.9 固结灌浆孔相互串浆时,可采用互串孔并联灌注,但灌浆孔不宜多于3个,并应注意控制灌浆压力,防止上部混凝土或岩体抬动。

6.5 灌浆压力和浆液变换

6.5.1 灌浆压力应根据工程和地质情况进行分析计算并结合工程类比拟定,必要时进行灌浆试验论证,而后在施工过程中调整确定。

6.5.2 采用循环式灌浆时,压力表安装在孔口回浆管路上。采用纯压式灌浆时,压力表应安装在孔口进浆管路上。压力值宜读取压力表指针摆动的中值,指针摆动范围应小于灌浆压力的20%,摆动范围宜做记录。如采用灌浆自动记录仪时,自动记录仪应能测记间隔时段内灌浆压力的平均值和最大值。

6.5.3 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。

6.5.4 灌浆浆液应由稀至浓逐级变换。帷幕灌浆浆液水灰比可采用5、3、2、1、0.8、0.6、(0.5)等六个比级。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。

灌注细水泥浆液时,水灰比可采用2、1、0.6、或1、0.8、0.6三个比级

6.5.5 灌注稳定浆液、混合浆液、膏状浆液时,比级宜少,配比和变换方法应通过室内浆材试验和现场工艺试验确定。

6.5.6 浆液变换原则如下:

1、当灌浆压力保持不变,注入率持续减少时,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,应该浓一级水灰比。

3、当注入率大于30L/min时,可根据具体情况越级变浓。

6.5.7 灌浆过程中,浆液压力或注入率改变较大时,应立即查明原因,采取相应的措施处理。

6.5.8 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和析水率。当发现浆液性能偏离规定指标较大时,应查明原因,及时处理。

6.5.9 灌浆过程中的控制也可采用灌浆强度值（GIN）等方法进行，但最大灌浆压力、最大注入量、灌浆强度值、浆液配比和灌浆结束条件等参数的确定，应经过试验论证。

6.6 灌浆结束和封孔

6.6.1 帷幕灌浆各灌浆段的结束条件为：

采用自上而下分段灌浆法时，灌浆段在最大设计压力下，注入率不大于 1L/min 后，继续灌注 60min，可结束灌浆。

采用自下而上分段灌浆法时，在该灌浆段最大设计压力下，注入率不大于 1L/min 后，继续灌注 30min，可结束灌浆。

6.6.2 固结灌浆各灌浆段的结束条件为：在该灌浆段最大设计压力下，当注入率不大于 1L/min 后，继续灌注 30min，可结束灌浆。

6.6.3 帷幕灌浆采用自上而下分段灌浆法时，灌浆孔封孔应采用“分段灌浆封孔法”或“全孔灌浆封孔法”；采用自下而上分段灌浆时，应采用“全孔灌浆封孔法”。

6.6.4 固结灌浆孔封孔应采用“导管注浆封孔法”或“全孔灌浆封孔法”。

6.7 孔口封闭灌浆法

6.7.1 孔口封闭灌浆法适用于高压水泥灌浆工程，小于 3Mpa 的灌浆工程可参照应用。

6.7.2 钻孔孔径宜为 60mm 左右。各灌浆段应自上而下分段钻进。

6.7.3 孔口管段应按 6.4、6.5、6.6 的要求先行灌浆，而后镶铸孔口管。

6.7.4 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。

6.7.5 孔口封闭器应具有良好的耐压和封闭性能，在灌浆过程中灌浆管应能灵活转动和升降。

6.7.6 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，应采用平接头连接。

6.7.7 各段灌浆时灌浆管必须深入灌浆段底部，管口离孔底的距离不得大于 50cm。

6.7.8 各灌浆孔的裂隙冲洗和压水试验，参照 6.3 规定执行。

6.7.9 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；在以下各段长宜为 5m，按设计最大灌浆压力灌注。

6.7.10 灌浆过程中灌浆压力和注入率必须相适应，当压力大于 4Mpa 时，注入率宜小于 10L/min。

6.7.11 灌浆浆液的比级和变换，应按照 6.5.4、6.5.5、和 6.5.6 规定执行。

6. 7. 12 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。

6. 7. 13 各灌浆段的结束条件为：在该灌浆段最大设计压力下，注入率不大于 1L/min，继续灌注 60min~90min，可结束灌浆。

6. 7. 14 每段灌浆结束后可不待凝。

6. 7. 15 各孔灌浆结束后封孔应采用“全孔灌浆结束法”。

6. 8 特殊情况处理

6. 8. 1 帷幕灌浆孔的终孔段，其透水或单位注灰量大于设计规定值时，钻孔宜继续加深。

6. 8. 2 灌浆过程中发现冒浆、漏浆时，应根据具体情况采取嵌缝、表面封堵、底压、浓浆、限流、限量、间歇、待凝等方法进行处理。

6. 8. 3 灌浆过程中发生串浆时，如串浆孔具备灌浆条件，应一泵一孔同时灌浆。否则，应塞住串浆孔，待灌浆孔灌浆结束后，再对串浆孔进行扫孔、冲洗、而后继续进行钻进或灌浆。

6. 8. 4 灌浆必须连续进行，若因故中断，应按下述原理处理：

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，即可使用中断前水泥浆的比级继续灌注；如注入率较中断前减少较多，应逐级加浓浆液继续灌注；如注入率较中断前减少很多，且在短时间内停止吸浆，应采取补救措施。

6. 8. 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、缩短段长；

3、提高灌浆压力；

4、进行纯压式灌浆；

5、灌注浓浆；

6、灌注速凝浆液；

7、屏浆；

8、闭浆；

9、待凝；

10、采用分段灌浆封孔法或全孔灌浆封孔法封孔。

6.8.6 灌浆段注入量大而难以结束时，可选用下列措施处理：

1、底压、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。

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

1、溶洞内无填充物时，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，或投入碎石在灌注水泥浆液、混合浆液、模袋水泥浆液等；

2、溶洞内有填充物时，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，可参照 6.8.6 处理。

6.8.8 灌浆过程中如回浆变浓，可换用相同水灰比的新浆灌注，若效果不明显，继续灌注 30min，即可结束灌注，也不再进行复灌。

6.8.9 灌浆孔段遇特殊情况，无论采用何种措施处理，其复灌前应进行扫孔，复灌后应达到 6.6.1、6.6.2 或 6.7.13 规定的结束条件。

6.9 工程质量检查

6.9.1 坝基岩体灌浆工程必须做好施工过程(工序)的质量控制和检查，其检查的内容\方法\合格标准应根据工程的具体情况按本标准有关条文的要求或设计要求确定。

6.9.2 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、成果资料、和检验测试资料的分析，进行综合评定。

6.9.3 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可为可能对帷幕灌浆质量有影响的部位。

6.9.4 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。

6.9.5 帷幕灌浆检查孔应采取岩芯，绘制钻孔柱状图。

6.9.6 帷幕灌浆检查孔压水试验应在该部位灌浆结束 14d 后进行，自上而下分段卡塞

进行压水试验，采用单点法或五点法，按附录 A 执行。

6. 9. 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极其下一段的透水率的合格率为 100%；其余各段的合格率不小于 90%。当设计防渗芭标准为 2Lu 时，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。

6. 9. 8 固结灌浆工程质量的检查宜采用测量岩体波速和（或）静弹性模量的方法。检测时间分别在灌浆结束 14d 和 28d 以后。测试的仪器、方法及岩体波速和（或）静弹性模量的改善程度应符合设计规定。

6. 9. 9 固结灌浆工程质量的检查也可采用钻孔压水试验的方法，检查孔数量不宜少于灌浆孔总数的 5%，检查时间在灌浆结束 3d 或 7d 以后，试验采用单点法，按附录 A 进行。质量的评定标准为：试段的合格率在 85%以上，不合格试段的透水率不超过设计规定的 150%，且不集中，灌浆质量可评为合格。

6. 9. 10 各类检查孔检查工作结束后，应按技术要求进行灌浆，按 6.6.3 或 6.6.4 要求封孔。

6. 9. 11 各种钻孔的封孔质量应进行抽样检查，封孔质量的合格标准按设计规定执行。

7 隧 洞 灌 浆

7. 1 一 般 规 定

7. 1. 1 本章适用于水工隧洞的灌浆，竖井等其它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。当隧洞中进行帷幕灌浆时，应当先进行隧洞回填灌浆、固结灌浆，再进行帷幕灌浆。

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。钢衬接触灌浆应在衬混凝土浇筑结束 60 后进行。

7. 1. 4 灌浆结束时，对孔口返浆的灌浆孔应闭浆待凝。

7. 1. 5 必要时，应安设变形监测装置，进行观测和记录。

7. 2 回填灌浆

7. 2. 1 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可从预埋管中钻进。钻孔孔径不宜小于 38mm 孔深宜进入岩石 10cm。

对混凝土厚度和混凝土与围岩之间的空隙尺寸应进行记录。

7.2.2 遇有围岩塌陷、溶洞、超挖较大等特殊情况时，应在该部位预埋设灌浆管（排气管），其数量不应少于 2 个。

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

7.2.4 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，对可能漏浆的部位应先行处理。

7.2.5 灌浆应分为两个次序进行。两序孔中都应包括顶孔。

7.2.6 灌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 低处灌浆时，高处孔可用于排水、排气。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，依此类推，直至结束。

7.2.8 浆液的水灰比可为 0.5 或 0.6。空隙大的部位宜灌注水泥浆或高流态混凝土，水泥砂浆的掺砂量不宜大于水泥重量的 200%。

7.2.9 灌浆压力应视混凝土衬砌中可采用 0.2Mpa~0.3Mpa;钢筋混凝土衬砌中可采用 0.3Mpa~0.5Mpa。

7.2.10 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。

7.2.11 灌浆应连续进行，因故中止灌浆的灌浆孔，应按 7.2.1 要求扫孔，再进行复灌，直至达到 7.2.7 或 7.2.10 规定。

7.2.12 灌浆孔灌浆完毕后，应使用干硬性水泥砂浆将钻孔封填密实，孔口压抹齐平。

7.3 固结灌浆

7.3.1 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 38mm 孔位、孔向和孔深应满足设计要求。

7.3.2 灌浆孔在钻孔结束后应进行钻孔冲洗，冲净孔内岩粉、泥渣。

7.3.3 灌浆孔在灌浆前应用压水试验进行裂隙冲洗，直至回水清净为止冲洗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。

7.3.4 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 进行。

7.3.5 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

良地段可分为三序。

7.3.6 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，孔数不宜多于3个，孔位宜保持对称。

7.3.7 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。

7.3.8 浆液的比级和变换可参照本标准6.5.4和6.5.6确定。灌浆结束条件可参照6.6.2确定。

7.3.9 围岩高压固结灌浆应采用自上而下（由浅入深）分段灌浆法，灌浆段的划分、灌浆压力的使用以及灌浆工艺的选择，应通过灌浆试验确定。

7.3.10 灌浆孔灌浆结束后，应排除钻孔内的污水和污物，采用“全孔灌浆封孔法”或“导管注浆封孔法”封孔。

7.4 钢衬接触灌浆

7.4.1 钢衬接触灌浆孔的位置宜在现场经锤击检查确定。每一个独立的脱孔区布孔不应少于2个，最底处和最高处都应布孔。

7.4.2 在钢衬上钻灌浆孔宜采用磁座电钻，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。

7.4.3 钢衬接触灌浆孔也可在钢板上预留，孔内宜有丝扣，在该孔处钢衬外侧衬焊加强钢板。

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

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

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0.1Mpa。

7.4.7 浆液水灰比可采用0.8、0.6、（或0.5）两个比及，必要时应加入减水剂。

7.4.8 灌浆应自底处开始，并在灌浆过程中敲击震动钢衬，待嘎各高处孔分别排出浓浆后，依此将其孔口阀门关闭，同时应记录各孔排出的浆量和浓度。

7.4.9 灌浆结束条件：在规定压力下灌浆孔停止吸浆，延续灌注5min，即可结束。

7.4.10 灌浆短管与钢衬之间可采用丝扣连接，也可焊接。灌浆结束后用丝堵加焊或焊法封孔。焊后用砂轮磨平。

7.4.11 钢衬回填灌浆也可采用预埋专用灌浆管的无钻孔方式进行，其技术和质量要

求按设计规定执行。

7.5 工程质量检查

7.5.1 隧洞回填灌浆、固结灌浆和钢衬接触灌浆必须做好施工过程（工序）的质量控制和检查，其检查的内容、方法、合格标准应根据工程的具体情况按本标准有关条文的要求或设计要求确定。

7.5.2 回填灌浆工程质量检查，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。

7.5.3 回填灌浆工程质量检查的合格标准为：

1、单孔注浆实验。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。在指定部位布置两个间距为 2m~3m 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，若另一孔出浆流量小于 1L/min 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。

根据工程条件可选择上述一种或两种方法。

7.5.4 围岩固结灌浆工程质量检查，一般情况下可采用钻检查孔进行压水试验的方法，试验为单点法，按附录 A 进行。要求测定弹性模量的地段，应进行岩体波速或静弹性模量的测试。

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 或 7d 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 岩体波速和弹性模量的测试，应分别在该部位灌浆结束 14d 和 28d 后进行，其检查孔的布置、测试仪器的选用和合格标准，应依照设计规定执行。

7.5.7 钢衬接触灌浆工程的质量检查，在灌浆结束 7d 或 14d 后采用锤击法或其它方法进行，钢板脱空范围和程度应满足设计要求。

7.5.8 隧洞灌浆的各类检查孔、测试孔在检查工作结束后，应按 7.3.10 的要求封孔。

8 混凝土坝接缝灌浆

8. 1 一般规定

8. 1. 1 蓄水前应完成蓄水初期最底库水位以下各灌区的接缝灌浆及其验收工作。未完灌区的接缝灌浆应在库水低于灌区底部高程时进行。

8. 1. 2 混凝土坝接缝灌浆的施工应按高程自下而上分层进行。在同一高程上，重力坝宜先灌纵缝，在灌横缝。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；或先灌上游第一道纵缝后，再从下游向上游推进。

8. 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的龄期宜大于 6 个月，在采取了有效冷却措施情况下，也不宜少于 4 个月；
- 3、除顶层外，灌区上部混凝土厚度不宜少于 6m，其温度应达到设计值；
- 4、接缝的张开度不宜小于 0.5mm；
- 5、灌区周边封闭良好，管路和缝面畅通。

8. 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。

8. 1. 5 同一高程的纵缝（或横缝）灌区，一个灌区灌浆结束 3d 后，其相邻的纵缝（或横缝）灌区方可灌浆。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。当采用连续灌浆时，前一灌区灌浆结束后 8h 以内，必须开始后一灌区的灌浆，否则仍应间隔 3d 后再进行灌浆。

8. 1. 6 同一坝缝的下一层灌区灌浆结束 10d 后，上一层灌区方可开始灌浆。若上、下层灌区均以具备灌浆条件，可采用连续灌浆方式，但上层灌区灌浆应在下层灌区灌浆结束后 4h 以内进行，否则仍应间隔 10d 后再进行灌浆。

8. 1. 7 为了方便进行施工、处理事故以及检查灌浆质量，宜在适当部位设置廊道和预留平台。

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 200m² ~300m² 为宜。

8. 2. 2 灌浆系统的布置应遵守以下原则：

- 1、浆液能自上而下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、同意灌区的进浆管、回浆管和排气管管口集中。

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、排气措施以及止浆片组成。升浆和出浆设施的形成,可采用塑料拔管方式、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。

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

8.2.5 采用预埋管和出浆盒方式时,出浆盒应呈梅花型布置,每盒担负的灌浆面积不宜超过 5m²。灌区顶部的一排出浆盒距排气槽宜为 0.5m~1.0m。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。进浆管与事故回浆管和回浆管与事故进浆管需在灌区底部连接时,宜采用沉污管形式。

8.2.6 采用出浆槽方式时,回浆管应与灌区底部的出浆槽连接。

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 采用塑料拔管方式时,应使用软质塑料管,经冲气 24h 检查无漏气现象时方可使用。塑料管封头宜采用热压模具加工成圆锥形,充气接头应采用压紧连接方式。

8.3.4 采用预埋塑料管方式时,应使用聚乙烯硬管,但外漏管口段宜换用铁管。塑料管间连接可用焊接法、套接法或粘结法,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。

8.3.5 采用预埋铁管方式时,管路转弯处应使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的连接均应使用三通,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。

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

8.3.7 升浆管路采用塑料拔管方式施工时,应遵守下列规定:

1 灌浆管路应全部埋设在后浇块中,在同一个灌区内,浇注块的先后次序不得改变;

2 先浇块缝面模板上预设的竖向半圆模具,应在上下浇筑层间保持联续,在同一直线上;

3 后浇块浇筑前按设的塑料软管应顺直地稳固在先浇块的半圆槽内,充气后与进浆管三通或升浆孔洞连接紧密;

4 塑料软管的把管时机应根据塑料管的材质、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。

8. 3. 8 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、止浆片等的安装，应在先浇块模板立好后进行，混凝土浇筑前完成。出浆盒和排气槽的周边与模板紧贴，安装牢固。

2、出浆盒盖板、排气槽盖板在后浇块浇筑前安设。盒盖与盒、槽盖与槽应完全吻合，加以固定，四周封闭严实。

8. 3. 9 采用出槽方式时，应遵守下列规定：

1 先浇块浇筑前，应安装好进、回浆管、底部出浆槽、顶部排气槽、排气管以及四周止浆片。出浆槽和排气槽应与模板紧贴，按装牢固。

2 出浆槽和排气槽的盖板应在后浇块浇筑前安装。槽盖与槽应完全吻合，加以牢固，四周封闭严实。

8. 3. 10 灌浆管路连接完毕后应进行固定，防止在浇筑过程中管路移位、变形或损坏。

8. 3. 11 各灌区止浆片，特别是基础灌区底层止浆片必须保证埋设质量，安装不得错位。先期埋设的止浆片的外露部分若有缺陷，必须进行修补。

8. 3. 12 分层安装的灌浆系统应逐层及时作好施工记录。整个灌区形成后，必须绘制该灌区灌浆系统的竣工图。

8. 3. 13 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15cm，离底板的高度应适当，并应分别标记管路名称。

8. 4 灌浆系统的检查和维护

8. 4. 1 在每层混凝土浇筑前后应对灌浆系统进行检查，发现问题，及时处理。

采用塑料拔管方式时，在后浇块混凝土浇完并拔管后，应对升浆管路进行通水检查和冲洗。

采用预埋管方式时，在先浇块混凝土拆模后和后浇块混凝土浇筑后，应对预埋灌浆系统进行通水检查。

8. 4. 2 整个灌区形成后，应对灌浆系统通水进行整体检查并做记录，确保管路系统符合要求。

8. 4. 3 灌浆系统的外露管口和拔管孔口应盖封严密，妥善保护。

8. 4. 4 在清洗后浇块仓面时，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。

8.4.5 在混凝土浇筑过程中，应对灌浆系统进行维护，防止管路系统被损坏。

8.4.6 灌浆系统的检查和维护都应设专人负责。

8.5 灌浆前的准备工作

8.5.1 测定灌区缝面两侧和上部坝块的混凝土温度，可采用充水闷管测温法或设计规定的其他方法。

8.5.2 测量灌区缝面的张开度。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。

8.5.3 对灌区的灌浆系统应进行通水检查，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/min。

2 查明封面通畅情况。采用“单开通水检查”方法，两个排气管的单开出水量均宜大于 25L/min。

3 查明灌区密闭情况。缝面漏水两宜小于 15L/min。

8.5.4 当灌浆管路发生堵塞时，应采用压力水冲洗或风水联合冲洗等措施疏通。若无效，可采用钻孔掏孔、重新接管等方法修复管路系统。

8.5.5 当两根（或一根）排气管与缝面不通时，可先进行反向压水处理。若无效，则应补钻排气孔，修复排气通道。

8.5.6 当止浆片或混凝土缺陷漏水时，应采取嵌缝、封堵等措施处理。

8.5.7 当灌浆管路全部封堵无法疏通时，应全面补孔、钻孔布置和补灌措施由有关单位商定。

8.5.8 灌浆前必许先进行预灌性压水检查。预灌性压水检查应在相邻已灌灌区满足 8.1.5 和 8.1.6 所规定的间隔时间后进行，压水压力等于灌浆压力，检查情况应做记录。经检查确认后合格后应签发准灌证，否则应按检查意见进行处理。

8.5.9 灌浆前应对缝面充水浸泡 24h，然后放净或通入洁净的压缩空气排除缝内积水，方可开始灌浆。

8.5.10 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。有三个或三个以上灌区相互串通时，必须查明情况，研究制定可靠的方案，慎重施工。

8.5.11 为检测坝体位移及缝面增开度，应根据需要在有关的缝面上安设变形观测装置。

8.5.12 在需要通水平压或冲洗的灌区，应做好相应的准备工作。

8. 5. 13 在灌浆泵与灌区之间应建立可靠的通信联络方式。

8. 6 灌 浆

8. 6. 1

灌浆过程中必须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，应以缝面增开度为准限制灌浆压力。

8. 6. 2

灌浆压力由与排气槽同一高程处的排气管管口的浆液压力表示。如排气管引至廊道，廊道内排气管管口要求的浆液压力应根据排气槽的高程换算确定。如排气管堵塞，则以回浆管管中响应的压力为准进行控制。

8. 6. 3 再纵缝（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。

8.6.4

浆液水灰比可采用 2、1、0.6（或 0.5）三个比级。一般情况下，开始可灌注水灰比为 2 的浆液，待排气管出浆后，浆液水灰比可改用 1。当排气管出浆水灰比接近 1，或水灰比为 1 的浆液灌入量约等于灌区容积时，即改用水灰比为 0.6（或 0.5）的浆液灌注，直至结束。

当缝面张开度较大，管路畅通，两个排气管单开出水量均为大于 30/min 时，开始可灌注水灰比为 1 或 0.6 的浆液。

8. 6. 5

为尽快使浓浆充填缝面，开灌时排气管应全部打开放浆，其他管应间断打开放浆。当排气管排出最浓一级浆液时，再调节排气管的排浆量以控制压力，直至结束。所有管口放浆时均应测定浆液密度，记录弃浆量。

8. 6. 6

灌浆结束条件：当排气管排浆达到或接近最浓比级浆液，且管口压力或缝面增开度达到设计规定值，注入率不大于 0.4L/min 时，持续 20min，灌浆即可结束。

8. 6. 7

当排气管出浆不畅或被堵塞时，应在缝面增开度限只内提高进浆压力，力争达到 8.6.6 的结束条件。若无效，则应在顺灌结束后立即从两个排气管中进行倒灌。倒灌应使用最浓比级浆液，缝面停止吸浆，持续 10min 即可结束。

8. 6. 8 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 8h。

8. 6. 9

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，比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确变换。

8. 6. 10

同一坝缝的上、下层灌区相互串通一气串通采用同时灌浆方式时，应先灌下区，待发现上层灌区有浆液串出时，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，调节下层灌区的灌浆压力。下层灌区的灌浆宜待上层灌区开始灌注最浓比级浆液后结束。再未灌浆的邻缝灌区宜通水平压。

8. 7 特殊 情 况 处 理

8. 7. 1 灌浆过程中发现浆液外漏，应先从外部进行堵漏。若无效再采用灌浆措施，如加浓浆液、降低压力等进行处理，但不得采用间歇灌浆法。

8. 7. 2

灌浆过程中发现串浆，当串浆灌区已具备灌浆条件时，应同时灌浆。否则应采用以下措施：若开灌时间不长，应使用清水冲洗灌区和串区，直至灌区、串区的排气管出水洁净时止，待串浆区具备灌浆条件后

再同时进行灌浆；若灌浆时间已较长且串浆轻微，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。

8. 7. 3

灌浆过程中，当进浆管和备用进浆管均发生堵塞，应打开所有管口放浆，然后在缝面增开度限值内尽量提高进浆压力，疏通进浆管路。若无效可再换用回浆管进行灌注或采取其他措施。

8. 7. 4

灌浆因故中断，应立即用清水冲洗管路和灌区，保证灌浆系统畅通。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量明显减少，应采取补救措施。

8. 7. 5 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 71 μ m 方孔筛筛余量小于 2% 的水泥浆液或细水泥浆液；
- 2 在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 工 程 质 量 检 查

8. 8. 1 坝体接缝灌浆必须做好施工过程（工序）的质量控制和检查，其检查的内容、

方式、合格标准应根据工程的具体情况按本标准有关条文的要求或设计要求确定。

8.8.2 接缝灌浆工程的质量，应以分析灌浆施工记录和成果资料为主，结合钻孔取芯、槽检等测试资料，综合进行评定。

8.8.3 根据灌浆施工记录和成果资料分析，如灌区两侧坝块混凝土的温度达到设计规定，两个排气管排浆密度均达到 1.5g/cm^3

以上且有压力，其中一个排气管管口压力一达到设计压力的 50%以上，其他情况基本符合要求，灌区灌浆质量可评为合格。

8.8.4 钻孔取芯、压水试验和槽检工作，应选择有代表性的灌区进行。检查时间应在灌区灌浆结束 28d 以后。具体检查部位和合格标准，应由有关单位商定。检查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。

8.8.5 接缝灌浆灌区的合格率在 80%以上，不合格灌区的分布不集中，且每一坝段内纵缝灌浆灌区的合格率不低于 75%，每一条横缝内灌浆灌区的合格率不低于 75%，接缝灌浆工程质量即可评为合格。

8.8.6 孔检、槽检结束后，检查孔、检查槽应封填密实。

9 岸坡接触灌浆

9.0.1 岸坡接触灌浆必须等待坝块混凝土的温度达到设计规定方可进行。

9.0.2 岸坡接触灌浆可采用钻孔埋管灌浆法、预埋管灌浆法或直接钻孔灌浆法。

9.0.3 采用钻孔埋管灌浆法时，应按 9m~12m 高差形成封闭灌区，按设计要求设置止浆片。灌区内按混凝土分层进行钻孔和埋管，孔位应上、下层错开，各孔斜向钻穿混凝土深入基岩 0.2m~0.5m。每孔以控制灌浆面积 5m^2 、左右为宜。空口应埋设灌浆支管，并用进、回浆主管连接引入廊道或坝外。灌区顶部可设置一排钻孔埋管作为排气设施。

9.0.4 采用预埋管灌浆方法时，应根据岸坡具体情况分成若干个封闭的灌区，灌区建基面应相对平整，面积以不大于 200m^2

为宜。各灌区的灌浆系统应有进浆管、回浆管、出浆管和排气设施。

9.0.5 采用直接钻孔灌浆法时，应在岸坡坝段适当部分分层设置适应钻孔灌浆施工的横向廊道或平台。钻孔的布设及深度可按 9.0.3 实施。

若岸坡的固结灌浆孔兼作接触灌浆孔，固结灌浆宜在接触灌浆之后进行。

9.0.6 当采用钻孔埋管灌浆法和预埋管灌浆法时，灌浆系统的检查、维护、灌浆前准备工作以及灌浆施工的技术要求，应参照本标准第 8 章混凝土坝接缝灌浆的有关规定执行。

9.0.7 当采用直接钻孔灌浆法时，应先从上、下游边缘开始施灌。其他技术要求，也可参照本标准第6章基岩固结灌浆的有关规定执行。

9.0.8 岸坡接触灌浆必须做好施工过程（工序）的质量控制和检查，其检查的办法、合格标准应根据工程的具体情况按本标准有关条文的要求或设计要求确定。

岸坡接触灌浆工程量的检查和评定方法，可结合工程的实际情况按下列原则确定：

1 当采用钻孔埋管灌浆法和预埋管灌浆法时，可参照本标准8.8的方法和要求进行检查和评定。

2 当采用直接钻孔灌浆法时，可采取双孔连通实验的方法，既向间距为1m~2m、孔深深入基岩0.2m~0.5m的2个检查孔中的任一孔压水10min~20min，如在设计压力下不串水，既认为合格。

10 竣工资料和工程验收

10.0.1 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。

施工记录：

- 1、 钻孔纪录；
- 2、 钻孔测斜记录；
- 3、 钻孔冲洗及裂隙冲洗记录；
- 4、 压水实验和简易压水记录；
- 5、 灌浆激烈；灌浆记录；
- 6、 抬动和变形观察记录；
- 7、 制浆记录；
- 8、 现场浆液实验记录等；

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率频率曲线图；
- 8、 灌浆孔测斜成果汇总表和孔斜平面投影图。

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、录象和岩芯实物；
- 5、 施工前后或施工过程中其他的检验、实验和测试资料。

主要的灌浆施工记录、成果表、竣工图的样式参见附录 B。

10.0.2 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参照 10.0.1 确定。

10.0.3 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。

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。

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。

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、 槽检成果一览表；
- 4、 芯样力学性能试验报告；
- 5、 灌浆材料试验报告；

6、 照片、孔内录像和芯样实物等。

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的验收。单元工程的质量评定标准按照 SDJ249.1 执行。

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、设计修改通知书等；
- 2、施工资料：有关的施工记录、成果资料、检验测试资料、施工报告或施工技术总结等；
- 3、 质量检查报告：单元工程质量评定表及有关说明了等。

附录 A（标准的附录）

灌浆工程压水试验

A. 0. 1 压水试验的设备和仪表。在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。

A. 0. 2 压水试验的方法。灌浆工程一般使用一级压力的单点法，灌浆试验或先导孔可采用三级压力无个阶段的无点法。

A. 0. 3

压水试验的压力。可根据工程具体情况和地质条件参照表 A1 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%。

A. 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 1L/min 时，本阶段试验即可结束，取最终值作为计算值。

A. 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， $q=1Lu$ 。

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 a	压水试验压力		备 注
				单 点 法	五 点 法	
帷幕灌浆	先导孔	—	≥ 1	1MPa	0.3, 0.6, 1.0, 0.6, 0.3 (MPa)	H ₀ 、H为坝前水头，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高程算起； 1. 5H大于2Mpa时，采用2Mpa
		—	< 1	0.3MPa	0.1, 0.2, 0.3, 0.2, 0.1 (MPa)	
		—	< 0.3	灌浆压力	—	
	检查孔	< 70	—	H ₀ 或 1.5H ₀ (m)	单点法试验压力的0.3, 0.6, 1.0, 0.6, 0.3倍	
		70~100	—	1MPa		
		> 100	—	1 (MPa) 或 1.5H (m)		
坝基及隧洞固结灌浆	灌浆孔和检查孔		1~3	1 (MPa)	—	灌浆压力大于3MPa时，压水试验压力由设计按地质条件和工程需要确定
			≤ 1	灌浆压力的80%		

A. 0. 6 单点法压水试验的成果的计算方法。

单点法压水试验的成果按式 A1 计算：

$$q=Q/PL$$

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。

计算成果取两位有效数字。

A. 0. 7 五点法压水试验成果计算和表示的方法。

1、以压水试验三级压力中的最大压力值（P）及相应的压入流量(Q)及公式 A1 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，并参照表 A2 确定 P—Q 曲线类型。

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。

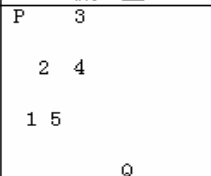
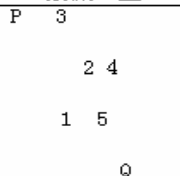
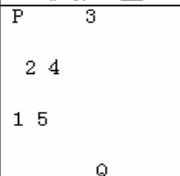
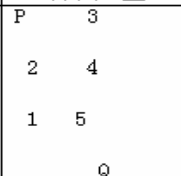
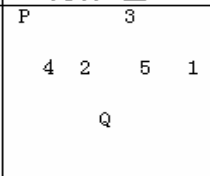
A. 0. 8 压水试验全压力的组成和计算。

1、压力表安设在孔口处的进水管上（图 A1），按式 A2 计算压水试验压力。压力表安设在空口的回水管上（图 A2），按式 A3 计算压水试验压力。

$$S=S_1+S_2-S_f \quad (A2) \qquad S=S_1+S_2+S'_f \quad (A3)$$

式中：S——作用于试段的全压力，Mpa；
 S_1 ——压力表指示压力，Mpa；
 S_2 ——压力表中心至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。

表A2五点法压水试验的P—Q曲线类型及特点表

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—Q曲线					
曲线特点	开压曲线为通过原点的直线，降压与升压曲线基本重合	开压曲线凸向Q轴，降压曲线与升压曲线基本重合	开压曲线凸向P轴，降压曲线与升压曲线基本重合	开压曲线凸向P轴，降压曲线与升压曲线不重合，呈顺时针环状	开压曲线凸向Q轴，降压曲线与升压曲线不重合，呈逆时针环状

- 2、压力起算零线的确定。
- 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的试段的中点的水平线。

见图 A3。

图中 $x=(L-1)/2$ ， $s=H+x$ 。

A. 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，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。

附录 B（提示的附录） 灌浆工程施工记录及成果图表 略

中华人民共和国电力行业标准 DL/T5148-2001

水工建筑物水泥灌浆施工技术规范

条 文 说 明

主编单位：中国水利水电基础工程局

批准部门：中华人民共和国国家经济贸易委员会

中国电力出版社

2002 北京

目 录

- 4 总则
- 5 灌浆材料、设备和制浆
- 6 坝基岩体灌浆
- 7 隧洞灌浆
- 8 混凝土坝结合缝灌浆
- 9 岸坡接触灌浆
- 10 竣工资料和工程验收

4 总则

4. 9. 1 强调重要或地质条件复杂的灌浆工程应当进行灌浆试验，其中“试验的地点应具有代表性”为新增内容，以便使试验成果能对以后的灌浆工程具有指导意义。“代表性”一般是指在灌浆区域内地质条件偏差的地层。“代表性”一般是指在灌浆区域内地质条件偏差的地层。“对工程可能产生不良后果”主要指破坏地层结构，抬动了建筑物或在地层中留下有害的物质等。

4. 0. 2 灌浆施工的意外中断将给工程质量和施工单位造成大的损失，本项措施意在保证连续作业。

4. 0. 3 本条对 SL62-1994《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》（以下简称“94 灌规”，有关内容进行了归并，并增加了环保和照明的要求。

4. 0. 4 灌浆工程是隐蔽工程，各类钻孔很多，事先应按 SDJ249 的要求划分单元，统一分类编号，一一对应，不得重复，不得混乱。此点对于使用计算机整理分析灌浆资料尤为重要。

4. 0. 5 各种现场施工记录是分析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。根据档案保存的要求，本条文在“94 灌规”的基础上明确了使用蓝黑或碳素墨水笔记录。

4. 0. 6 “94 灌规”颁布执行以后，灌浆自动记录仪在许多工程推广使用，取得良好效果。本条文进一步明确应使用自动记录仪的范围，其它情况的灌浆不做硬性规定“重要工程”一般指 1、2 级水工建筑物的灌浆工程，或业主有专门要求的工程。自动记录仪一般应当记录两项参数（灌浆压力和注入率），有特殊要求时可记录 1 项（灌浆压力）或三项参数（灌浆压力、注入率和水灰比）。但无论采用记录仪与否，都不能放松现场质量检查和站经理，不能用仪器代替人的管理。

4. 0. 7 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。

5 灌浆材料、设备和制浆

5. 1 灌 浆 材 料 和 浆 液

5. 1. 1 实验表明，矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥比硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥抗侵蚀性更好，但因其含有矿渣或火山灰，浆液过稀时易于离析。

5. 1. 2 根据 GB175 及相应的水泥试验标准，水泥的标号改为相对应的强度等级。水泥标号与强度等级:的对应关系为：625 号对应 52.5，525 号对应 42.5，425 号对应 32.5，原 325 号标准取消。本标准其它条文中的水泥标号均按此原则修改。

5. 1. 4DL/T5144—2001《水工混凝土施工规范》5.5.1 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。5.5.2 规定其他类型水在首次用于混凝土使用时，应进行水泥凝结时间和水泥浆结石抗压强度试验，水的 PH 值和水中的不容物、可容物、氯化物、硫酸盐的含量应付和表 1 的要求。灌浆工程的用水可根据工程的具体情况参照执行。

表 1 拌和与养护混凝土用水的指标要求

项 目	钢 筋 混 凝 土	素 混 凝 土
PH值	<4	> 4
不容物mg/L	<2000	>5000
可容物mg/L	<5000	>10000
氯化物 (Cl ⁻ 计) mg/L	<1200	>3500
硫酸盐 (SO ²⁻ , 计) mg/L	<2700	>2700

5.1.5

(1) 细水泥浆液，适用于微细裂隙岩石和张开度小于 0.5mm 的坝体接缝灌浆。干磨细水泥，将普通水泥通过干法进一步磨细，一般情况下粒径 D_{max} 在 35μm 以下平均粒径 D₅₀ 为 6μm~10μm。超细水泥，用特殊方法磨细的水泥，一般 D_{max} 在 12μm 以下，D₅₀ 为 3μm~6μm。湿磨水泥，将水泥浆液通过湿磨机磨细，其细度于磨机型式及研磨时间有关，采用胶体磨一般为 D₉₇ ≤40，D₅₀=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，适用于遇水性能宜恶化或注入量较大的地层的灌浆。

(3) 混合浆液，包括水泥砂浆、水泥黏土浆、水泥粉煤灰浆和水泥水玻璃浆。

(4) 膏状浆液，适用于大空隙地层（岩体宽大裂隙、溶洞、堆石体等）的灌浆。

5.1.5 根据 DL/T5055 各级粉煤灰的指标如表 2。

表 2 粉 煤 灰 品 质 和 指 标

序 号	指 标	等 级		
		I 级	II 级	III 级
1	细度 (45方孔筛筛余)	≤12	≤20	≤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

“其它掺合料”，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。

5. 1. 7 本条和 5.1.5 中说的“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，增粘剂相似。

“其它外加剂”，如膨胀剂等。

5. 2 灌浆设备和机具

5. 2. 1 高速搅拌机有多种型式，主要指涡旋式、水力式等型式的搅拌机，桨叶式搅拌机不可能达到 1200r/min 以上的转速，除当储浆桶外，应逐步予以淘汰。

5. 2. 2 “94 灌规”中规定，“灌注纯水泥浆液应采用多缸柱塞式灌浆泵”，其原因是多缸柱塞式灌浆泵的工作压力比较稳定，这是灌浆施工所需要的。但近些年来，引进和研制出了多种新型式的灌浆泵，许多也可适用与灌浆，因此不再规定泵的型号，而只提出压力波动要小于 20%的要求。使用空气蓄能器可以有效地减少灌浆压力的波动。

5. 2. 5 通常使用的灌浆塞有螺杆挤压胶球式、气胀或水胀胶囊式、还有孔口封闭器等。

5. 2. 9 新增条文。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。根据国家质量技术监督局的决定，施工企业所使用的大部分计量器具可以有企业自行校验。

5. 3 制 浆

5. 3. 4 因为细水泥比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，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，这两类浆液粘度较大，必须加入减水剂，改善其流动性能。

5. 3. 5 在使用一种配比的稳定浆液灌浆的工地，集中制浆站也可直接制备稳定浆液。

6 坝 基 岩 石 灌 浆

6. 1 一 般 规 定

6.1.1 新增条文。本章主要针对大坝基岩帷幕灌浆和固结灌浆编写，其它水工建筑物的基岩灌浆应根据工程情况和灌浆目的参照使用。

6.1.2 水库开始蓄水后，孔口高程低于库水位的帷幕灌浆孔常会出现孔口涌水情况，增加了灌浆施工的困难，灌浆质量也不易保证。特别是坝体廊道内最低部位的帷幕灌浆更应早日完成，因为该部位承受水头最大，帷幕灌浆孔口很容易出现较高的涌水压力。根据多年施工实践经验，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。

DL5108-1999《混凝土重力坝设计规范》10.4.4 要求“主帷幕应在水库蓄水前完成。”本条文也是对该条文的具体化。

相对来讲，固结灌浆孔浅，即使孔口有些涌水，也较易处理，故在本条中没有提及。

6.1.3 由于固结灌浆孔浅，采用的灌浆压力较小，且布置在大面积上，先施工可将浅层岩石中的裂隙充填密实，从而减少了帷幕灌浆时的串、冒浆情况，也可使帷幕灌浆采用较大压力。

6.1.4 DL5108-1999《混凝土重力坝设计规范》10.3.4 规定“帷幕上游区的固结灌浆应在基础部位混凝土浇筑后进行。其它部位的固结灌浆也宜按这种方式进行。”10.4.8 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。”

实践证明，固结灌浆在有混凝土覆盖的情况下进行，好处较多，例如：可以防止岩石表面漏浆，减少了水泥的浪费；可以使用较大的灌浆压力，提高灌浆质量；可以进行混凝土与基岩面间的接触灌浆，增加了防渗能力和改善了接触面的力学性能等。但也有些缺点，例如：需要钻穿混凝土，增加了钻孔工程量；混凝土中若埋有冷却水管、测试仪器或其他构件时，可能被钻坏；以及易于浇注混凝土工序相互干扰等。

近年来，也有些工程采用了无盖重方式灌浆，或浇筑“找平混凝土”后灌浆，但应十分注意采取防止岩体抬动和确保浅部岩石灌浆质量的专门措施。

6.1.5 “94 灌规”基本上规定各排孔均应或分为三个次序施工，本条区别不同情况进行规定，多排孔帷幕作了适当简化。

6.1.6 新增条文，布设先导孔的目的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 DL5013 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

转移到先导空来完成。

6. 1. 7 再正常情况下，相邻两个次序的灌浆孔（同一排或不同排）应当待先序孔施工完毕以后再开始后序空的施工。但工程中往往工期紧迫，于是在施工实践中于是在施工实践中广泛采用了后续孔较先序空滞后 15M（通常是 3 个灌浆段），并行施工的方法。这样做，再一般地质条件下相临孔串浆的可能性较小，但对加快施工进度十分有利。

6. 1. 8 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。

6. 1. 9 新增条文。近年来，深孔固结灌浆、高压固结灌浆工程增多，其施工工艺完成或基本按照帷幕灌浆的要求进行。

6. 1. 11 有些工程，重视混凝土浇筑进度，而对固结灌浆未做适当安排，曾出现过有的部位混凝土已浇筑十几米，甚至几十米厚，但却还有若干固结灌浆孔没有钻灌，或是尚未进行质量检查，形成非常被动的局面。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混凝土。

6. 1. 12 为了防止岩层或混凝土面上抬，在灌浆部位安设抬动检测装置有时是必要的。但安设抬动检测装置也会增加工程造价。故当地质条件较好，灌浆压力不高或有类似工程经验可以借鉴，有把握保证安全时，也可不设或少设。

6. 2 钻 孔

6. 2. 1 本条对“94 灌规”做了补充。近些年来，国外在帷幕灌浆施工中，冲击式或冲击回转式钻进”的规定。使用冲击式或冲击回转式钻机钻进灌浆孔，可以大大提高工效，但是因为它是无岩芯钻进，岩粉、岩屑较多，因此应当加强钻孔和裂隙冲洗。同时这种钻孔方式孔斜率通常也高于回转式钻进，这是应当注意的。

6. 2. 2 孔位偏差系指对任何方向而言。

6. 2. 3 使用同一种方法钻孔，一般说来孔径小的进尺快，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事故。

6. 2. 4 帷幕孔一般都要进行孔斜测量，具体的测斜方法和使用仪器可根据工程要求选用。

本条对“94 灌规”规定的钻孔允许偏差作了适当修改，从多年的工程实践看，总的认为原规定宽严适度，但随着钻孔技术的进步，适当提高帷幕孔孔斜要求是可行的，因此本条分别规定了单排孔和多排孔的允许偏差，单排孔的孔斜要求稍有提高。

顶角大于 50 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。例

如龙羊峡水电站大坝坝基倾斜的帷幕灌浆孔（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经钻具（钻头加岩芯管），并适当控制压力，就不宜偏斜了。若钻孔偏斜超过设计要求且纠偏无效，可考虑采取补救措施，例如重钻一孔或将来在其旁布设一个检查孔。检查孔一方面可检查灌浆质量，一方面也可作为补强孔，弥补原灌浆孔偏斜过大的缺点。

根据许多工程实际情况看，经测斜资料分析，常常发现有些钻孔孔底偏斜值超过规定，对此问题应如何认识和处理，往往意见不同，争议较大。钻孔孔底偏斜值超过规定，说明该钻孔质量不完全合乎要求，但也考虑到两个因素：一是测斜仪的精度；二是对帷幕灌浆质量的影响。通过全面分析，如认为对帷幕灌浆质量有影响时，可以在偏斜过大的钻孔的附近布置检查孔。一个单元工程中偏斜值超过规定的钻孔较多时，也可考虑适当增加一些检查孔。一方面作为检查用，另一方面也可通过对检查孔进行灌浆起到补强的作用。若这些检查孔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，而不需对每个偏斜值超过规定的钻孔均一一进行补孔。

6.2.5 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。若一旦发生质量问题，也便于查考处理。

6.2.6 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。

6.2.7 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。

6.3 裂隙冲洗和压水试验

6.3.1 裂隙冲洗，指对钻孔四周一定范围内岩体的裂隙的冲洗。其方法是在卡紧灌浆栓塞后通过钻孔向裂隙中压入压力水流，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。再许多情况下，裂隙冲洗可结合简易压水一并进行。

地质条件复杂地区，情况差别很大，工作要求不一，是否需要进行裂隙冲洗或采用特殊的冲洗方法，难于作出通一规定，最好通过现场灌浆试验来确定，但也可由设计根据类似工程的实践经验确定。例如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特殊冲洗，而采用高压灌浆方法解决，这在贵州乌江度大坝、东风大坝、湖北隔河岩大坝坝基帷幕灌浆施工中已取得很好的成效。

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，因此只宜在裂隙发育地段或其它认为必要的地段进行。

采用自下而上分段灌浆时，除孔底段外，其余各段在灌浆前不宜进行裂隙冲洗或简易压水，以免影响前一段灌注浆液的凝固，对灌浆质量不利。

6.3.2 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或自上而下分段灌浆法，其先导孔压水试验均应自上而下分段进行。

6.3.3 简易压水与裂隙冲洗工艺相同，因此二者结合进行可节约工时，许多工程这样执行已取得良好效果。简易压水的精度要求较低，其压力计算采用的地下水位，一般可假定为满孔水位，必要时也可按附录 A.0.9 测定地下水位。

6.3.4 参见条文说明 6.3.1。

6.3.6 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，而且还会恶化岩体性能，影响灌浆质量。广西天生桥二级水电站引水隧洞不良地质围岩固结灌浆和新疆维吾尔自治区克孜尔水库主坝右肩岩体固结灌浆施工遇到了这样的问题，采取了本条措施。

6.4 灌浆方法和灌浆方式

6.4.2 本条对“94 灌规”作了补充，明确提出基岩帷幕灌浆“也可采用纯压式灌浆”。

采用循环式灌浆时，只有射浆管下入到灌浆段底部，才可促使浆液在灌浆段内真正保持循环流动状态，有利于保证灌浆质量。

6.4.6 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。本条文中规定，对长度超过 10m 的灌浆段宜采用补救措施，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。

6.4.7 新增条文。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。

6.4.8 作出这样规定的主要理由是：

(1) 帷幕灌浆孔的每一灌浆段都需要通过在设计压力下的实际灌浆，以确保帷幕灌浆质量；

(2) 灌浆前做的简易压水所用的压力小，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，也能灌入较多水泥；

(3) 某灌浆段的透水率为该段岩石透水性的平均值，岩石通常并非均质，可能仅有 1~2 条裂隙，在这种情况下，透水率虽小，但也能灌入较多水泥。灌浆施工实践中，也经常发

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，做完简易压水，还是以进行灌浆为宜，既不费事，且可避免失误。

6. 5 灌浆压力和浆液变换

6. 5. 1 灌浆压力是保证和控制灌浆质量的重要因素，同时对工程成本也有重要影响，有条件时应尽量通过现场灌浆试验确定。

6. 5. 2 灌浆压力应记读压力表指针摆动的“中值”（平均值），还是“峰值”（最大值），长期未能统一。这对常规压力灌浆来讲，影响尚小，但对高压灌浆影响较大。本条文建议记读中值，因为相对来讲，中值较峰值更能代表对灌浆段所施加的实际压力。本条文又规定，“指针摆动范围应小于灌浆压力的 20%”，即要求灌浆泵的输出压力应当稳定，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，工作状态不正常时，也会加大压力波动。所以必须重视灌浆泵的选用，注意维修保养，使其保持正常工作状态。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。使用灌浆自动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。

6. 5. 3 为了保证灌浆质量，整个灌浆过程应在设计压力下进行。但当注入率大，例如大于 30 或 40L/min 时。为了避免浆液串流过远，造成浪费和防止抬动，则应分级进行。

6.5.4 帷幕灌浆浆液水灰比维持了“94 灌规”的规定，既考虑了国际国内近年来倾向使用浓浆的实际，也能适合我国普遍采用的灌浆方式方法。

表 3 为国外纯水泥浆的流变参数资料。从表中可见水灰比为 5 和 10 的水泥浆的两项参数接近，因此开灌水灰比采用 5 即可。固结灌浆的水灰比要求，“94 灌规”为作具体规定，这里推荐两个比及系列，以供选用。由于细水泥浆的水泥颗粒细，比表面积大，活性高，浆液保水较强，为保证水泥结石有一定的强度和提提高灌浆质量，应采用较小的水灰比。

除本条文规定的水灰比比及外，类似的比及如 5.67、2.67、1.67、1.17、0.87、0.67、0.53，也是可行的，每种比及搅拌每搅拌 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（一每袋水泥 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。

6.5.5 稳定浆液、混合浆液和膏状浆液组分复杂，浆液比及变换不仅要改变水与固材料的比例（水固比），而且往往还要改变固相材料间的配比，不宜统一规定。

6.5.6 “94 灌规”规定“当某一比及浆液的注入量已达到 300L 以上或灌注时间

已达到 1h，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”。本条文修改为 30min，意在加快灌注速度和多灌浓浆。

表 3 纯水泥浆的塑性屈服强度和黏度

水灰比W	塑性屈服强度 η Pa	黏 度 η MPa·s	水灰比 W	塑性屈服强度Pa	黏 度 η MP
0.3	384	403	2.0	1	2.5
0.4	67	90	3.0		
0.5	23	37	5.0	0.53	1.4
0.6	12	20	10.0	0.43	1.2
0.7	7	13	20.0	0.39	1.1
1.0	2	6	水	0	1.0

6.5.9 新增条文。90 年代初期，15 届国际大坝会议主席，瑞士学者 G.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”（GroutingIntensityNmber，缩写 GIN）方法。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，都控制在 GIN 为一常数，就可以自动地对开敞的大裂隙限制其注入量，再压力—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。再加上对灌浆压力和最大注入量的限制，就组成了一条对灌浆过程的包络线。

采用 GIN 方法灌浆的要点是：

（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，再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；

（4）用电子计算机检测和控制灌浆过程，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，该法采用的灌浆方式多是自上而下和纯压式灌浆

GIN 灌浆法几乎自动地考虑了岩体地质条件的实际不规则性，使得沿帷幕体的总的注入浆量合理分布，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。我国于 1994 年引进，先后在湖南江垅水利枢纽、长江三峡水利枢纽和黄河水利枢纽进行了灌浆试验或应用，取得

了有价值的成果。但总的来看，该法历时不长，经验较少，有些专家学者尚有不同看法，各工程的 GIN 及其它参数应如何选取尚需经过试验或论证。

6.6 灌浆结束和封孔

6.6.1 “94 管规”规定“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 0.4L/min 时，继续灌注 60min，或不大于 1L/min 时，继续灌注 90min，灌浆可以结束”。实践证明该条件偏严，也不便于灌浆自动记录仪的使用，故作适当修改。

6.6.2 注入率结束条件由“94 管规”的 0.4L/min 改为 1L/min,适当放宽,并便于使用灌浆自动记录仪。

6.6.3 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。“94 管规”提出四种封孔方法，都是可行的。为应用方便，本条文作适当简化，概括为三种方法：

(1) 导管注浆封空法。全孔灌浆完毕后，将导管（胶管、铁管和钻杆）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。水泥浆自孔底逐渐上升，将孔内余浆或积水顶出孔外。在泵入浆液过程中，随着水泥浆在孔内上升，可将导管徐徐上提，但应注意务使导管底口始终保持在浆面以下。工程有专门，也可注入沙浆。这种封孔方法适用于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水灰比为 0.5 的浓浆，而后将灌浆塞塞在孔口，继续使用这种浆液进行纯压试灌浆封孔。封孔灌浆的压力可根据工程具体情况确定，一般不宜小于 1MPa，当采用孔口封闭法灌浆时，可使用最大灌浆压力。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，在这种情况下可直接在孔口段进行封孔灌浆即可。

(3) 分段灌浆封空法。全孔灌浆完毕后，自上而下分段进行纯压式灌浆封孔。分段长度 20m~30m，使用浆液水灰比 0.5，灌浆压力为响应深度的最大灌浆压力，持续时间一般为 30min，孔口段为 1h。这种封孔方法适用于采用自上而下分段灌浆、孔口段较大和封孔较为困难的情况。

当采用 (2)、(3) 封孔方法时，如封孔灌浆中出现较大的注入量（如大于 1L/min），则应当按 6.6.1 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，3m 时，应继续采用导管注浆法进行封孔；小于 3m 时，可使用干硬水泥沙浆人工封填捣实。

6.7 孔口封闭灌浆法

1982 年，乌江大坝坝基帷幕灌浆首创使用孔口封闭灌浆法取得成功。此法优点多，如孔内不需下入灌浆塞，施工简便，节省工时；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，十几年来已获普遍推广应用。孔口封闭灌浆法是一套完整的施工工艺，有专门的技术要求。有些工程只图省事，随意简化和修改工艺，施工过程中存在这样或那样的问题，如不埋孔口管，不用孔口封闭器，而是在每段灌浆时，在孔口按装灌浆栓塞；不下入灌浆管（射浆管）或灌浆管下不到孔底；钻孔孔径较大；每段灌浆结束条件要求不严等，这都会影响灌浆质量。

6.7.3 新增条文。指明孔口管段（即第一个灌浆段）的施工方法。

6.7.4 镶铸孔口管是孔口封闭灌浆法施工的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 4 可供参考。

表 4 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

6.7.5 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，防止被水泥浆凝住。

6.7.6 目的是保证孔内水泥浆有一定流速并流动畅通。

6.7.7 目的是保证孔内浆液循环流动。

6.7.8 采用孔口封闭灌浆法时，各灌浆裂隙冲洗、压水试验或简易压水的做法，可以根据工程实际情况，参照本标准 6.3 节有关内容确定。通常采取的作法如下：

- （1）各灌浆段钻孔完成后仍应进行钻孔冲洗；
- （2）各灌浆段灌前裂隙冲洗和简易压水按 6.3.3 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。

6.7.9 目的是尽快升高灌浆压力，在较浅的深度上即可使用最大的灌浆压力灌浆。表 5 列举了几个工程实例的情况，供参考。

6.7.10 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如下式表示（隆巴迪《内聚力在岩石水泥灌浆中所起的作用》）。由式中可见，上抬力与最大灌浆压力和最大注入量成正比。而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。

$$F_{\max} = V_{\max} P_{\max} / 6t$$

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如表 6。

表 6 几个工程灌浆段的段长和灌浆压力使用情况表

段长/段次	岩石第一段 (孔口管段)	第二段	第三段	第四段	第五段
灌浆压力 _m /MPa					
坝名					
贵州省乌江渡大坝	2/1.0	1/2.0	2/4.0	5/6.0	5/6.0
湖北省隔河岩大坝	2/1.0	1/2.5	2/3.5	5/5.0	5/5.0
青海省龙羊峡大坝	2/1.5	1/2.0	1.5/3.0	5/6.0	5/6.0
贵州省东风大坝	2.4/1.0	2.6/2.5	5/3.5	5/5.0	5/5.0
灌浆压力MPa	1~2	2~3	3~4	>4	
注入率L/min	30	30~20	20~10	<10	

6.7.13 根据这些年工程实践的经验，灌浆结束阶段的持续灌浆时间由“94 灌规”的 90min 改为“60min~90min”。同时取消了“灌浆过程中，再设计压力的灌浆时间不少于 120 min”的规定。在施工中，当地质条件较差或注入量很大时，持续时间可长一些，反之可短。

6.7.14 孔口封闭法灌浆达到结束条件后，在较长时间持续高压作用下，灌入岩石裂隙内的水泥浆会较快地泌水凝固，接着钻进时钻孔的循环水流对其已无大影响，所以不许待凝。

6.7.15 参见条文说明 6.6.3、6.6.4。

6.8 特殊情况处理

6.8.1 新增条文。目的是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，留下隐患。

6.8.4 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想比较，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”。

6.8.5、6.8.6、6.8.7 各条措施可以单独采用，也可以综合采用。措施中均未提定量要求，施工人员应根据工程实际情况掌握。

6.8.8 回浆变浓，一般是裂隙细微，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。

6.9 工程质量检查

6.9.1 新增条文。施工过程（工序）质量是保证灌浆工程质量的基础。

6.9.2 检查孔压水试验成果是评价帷幕灌浆工程的主要依据，单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。

6.9.3 第 2、3、4 项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。

6.9.6 “94 灌规”规定帷幕灌浆检查孔压水试验“采用五点法或单点法”，本条修改为单点法“单点法或五点法”。这是因为一般检查孔透水率很小，压水试验时水流状态为层流，P—Q 曲线属直线型，两种试验方法所得结果相同，而单点法压水试验更为简便，节约工时，故提到首推地位。

6.9.7 DL5108—1999《混凝土重力坝设计规范》10.4.5 规定坝基帷幕的防渗标准：“坝高在 100m 以上，q 在 1Lu~3Lu；坝高在 100m~50m 之间，q 在 3Lu~5Lu；坝高在 50m 以下，q 为 5Lu。”这比 SDL21—1978《混凝土重力坝设计规范》有所放宽。根据这一变化，本条对“94 灌规”的合格标准调整为两档。当设计防渗标准较低（ $\geq 2Lu$ ）时，帷幕检查的合格标准稍有提高，即有原来要求的不合格段透水率的最大值应小于设计值的 200%降低为 150%。

6.9.8、6.9.9 从理论上讲，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。但由于后者比较简单，已长期为施工单位采用，试验的结果也能说明问题，故一并提出供选用。压水试验的时间，一般在灌浆结束 7d 以后，特殊情况下也可在 3d 后进行。合格标准比“94 灌规”稍有提高，即要求透水率小于设计标准的试段数有 80%提高到 85%。

随着物探技术的进步，近年来工程中通过测试岩体波速和弹性模量来检测岩土工程质量的实例越来越多，积累了大量的资料，并发布了 DL5010—1992《水利水电工程物探规程》。为在有条件的工作中推广应用物探的方法，现将一些工程较为通行的做法介绍如下，供参考使用。

1 检测方法

1) 弹性波速测速：

在灌浆前、后采用超声波仪器进行超声波测井或跨孔测试，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，并进一步对比分析。

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。对于所测介质波速小于 1400m/s 时，应采用单孔超声波测井或跨孔测试。跨孔测试的钻孔应平行，准确计算出孔间距离。所采用的测试方法灌前灌后应一致。

2) 钻孔弹模测试：

采用钻孔弹模仪测试弹性模量，所采用的仪器的最大荷载在岩体中应大于 20MPa，在土及弱介质中应大于 10MPa。

钻孔孔径为 60mm~90mm，根据测试探头直径确定，但孔径误差须在+3mm 以内。

2 质量评定

1) 设计标准的评定：

设计应根据勘探、灌浆试验资料确定确定灌浆质量评价标准。

2) 超声波测井达到以下两项要求时可认为固结灌浆质量合格：85%的测试值达到设计标准，小于设计标准的 85%的测试值不超过 3%且不集中。

6.9.10 检查孔完成检查任务后，按技术要求灌浆有两种做法：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，都是可行的。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。

6.9.11 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，给工程留下隐患。

封孔质量抽样检查，主要指对已完成封孔的钻孔在原孔中进行钻孔取芯检查，其检查的数量和合格标准各工程可根据具体情况制定。一般说，钻孔孔深应符合要求，水泥浆结石应当连续、密实或较密实。

7 隧 洞 灌 浆

7.1 一 般 规 定

7.1.1 新增条文。本章主要针对平洞灌浆编写，竖井、斜井和其它地下洞室的灌浆，许多情况与平洞灌浆类似，但也有不同，因此规定“参照”执行。

7.1.3 因为采用钢板衬砌时，施工方法不尽相同。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。由于施工方法不同，对各类灌浆施工顺序的要求也有所不同。“钢衬接触灌浆应在衬砌混凝土浇筑结束 60d 后进行”，这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它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”即可能导致隧洞混凝土或钢板衬砌发生有害变形的情况时。

7.2 回 填 灌 浆

7.2.2 意在避免混凝土浇注后钻孔一条隧洞的全部空腔的困难，保证需要灌浆的空间易于灌好。

7.2.3 通常隧洞混凝土浇注完毕后，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，这里建议每区段长度不大于 3 各衬砌段（50m）左右。区段分隔的办法是当衬砌混凝土浇注完成后，在其两端用砌石或混凝土将端部顶拱缺口封堵严实。

7.2.4 防止在灌浆过程中发生不易封堵的漏浆通路，致使影响灌浆质量并浪费材料。

7.2.5 对“94 灌规”作了适当修改。由于隧洞顶部脱空区总是在最高处，注入浆液析水后剩余的空隙总是在最高处，所以回填灌浆的每一序都应包括顶孔。这样做有利于确保全部孔隙充填饱满密实。

7.2.6、7.2.7 指明灌浆方法，其中 7.2.7 是对“94 灌规”的补充。

7.2.8 对“94 灌规”作了补充：（1）取消了二序孔开灌水灰比为 1 的规定，尽量多灌浓浆；（2）将空隙大的部位“应灌注水泥砂浆”，修改为“宜灌注水泥砂浆或高流态混凝土”，即工程有必要且施工有条件时，应该这样做。

7.2.9 参见 SD134。

7.2.10 灌浆孔停止吸浆后延续灌注的时间，有“94 灌规”的 5min 增加为 10min。如每隔 5min 计录一个数据，这样可以记录 2 个数据，有利于获得更准确的情况。衡压时间长一点灌浆质量也更好。

7.2.11 新增条文。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。因故终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，这种情况可不在进行专门封孔。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按 7.3.10 要求封孔。

7.3 固 结 灌 浆

7.3.3 参见 6.3.1 条文说明。

7.3.5 环间分序，就是以每一环孔为单位进行分序。例如：第 1、3、5 环孔为第一序，第 2、4、6 为第二序。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。

7.3.6 “94 灌规”规定并灌浆孔数宜为 2 个，本条文修改为“不宜多于 3 个”，许多工程证明这样做是可行的。

7.3.9 近年来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 7 列出几个工程的情况并参考。

7.3.10 封口朝下的导向孔和有涌水的钻孔必须采用“全孔灌浆封孔法”封孔。

表 7 水工隧洞围岩高压固结灌浆施工简况表

工程名称	灌浆部位	围岩岩性	灌浆基型式	灌浆孔深度	孔段划分和使用压力		结束条件
大生桥二级水电站	引水隧洞不良地质段 (Φ 8.7m~9.8m)	岩溶发育的石灰岩	机械式高压灌浆塞	8m	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后持续灌注1.5h
广州抽水蓄能电站	岔管段	黑云母花岗岩	法国充气式灌浆塞	5m	奇数环	I 序2.5MPa II 序4.5MPa	当最大灌浆压力为45MPa时，注入率小于0.4 L/min后长持续灌注20min
	下平段 (Φ 8m)				偶数环	0.6m~2.5m 4.5MPa 2.5m~5.0m 6.5 MPa	
大荒坪抽水蓄能电站	上斜井 (Φ 7m)	流纹质角砾溶凝灰岩和流纹质溶凝灰岩等	机械式高压灌浆塞	4m	4MPa		注入率小于2.5 L/min后继续灌注20min
	下斜井 (Φ 7m)			4m~6m	入岩3m深以内采用3MPa MPa	5MPa~9MPa	
	下弯段、下平段			6m	灌浆	9MPa	
	岔管段			8m		9MPa	

7.4 钢衬接触灌浆

7.4.3 钢衬上预留灌浆孔，也常有于回填灌浆，但孔径应稍大。

7.4.4 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 由“94 灌规”规定的 1、0.8、0.6（或 0.5）三个比级修改为两个比级。意在尽量

多灌注浓度较大的浓浆，以减少或避免浆液泌水后形成新得空隙。如果浓浆因黏度太大灌注困难时，可加入减水剂。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，如一个灌浆片(如大于 10m)，应注意防止浆体自重压力压迫钢衬变形。

7.4.11 新增条文。小浪底水利枢纽引水发电压力钢管接触灌浆中使用了 FUKO 管代替常规的钢衬钻孔灌浆法。FUKO 管是德国一家公司用于处理建筑物接缝的专利产品，这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。施工时要先将 FUKO 管黏结固定在钢衬的外面混凝土收缩后容易产生脱空的部位，然后浇注混凝土。待混凝土凝固收缩稳定后，即可通过 FUKO 管进行接触灌浆。小浪底水利枢纽采用这项技术取得了良好的效果。

7.5 工程质量检查

7.5.1 参见条文说明 6.9.1。

7.5.2 对“94 灌规”作了修改。补充了检查孔“应布置在顶拱中心线”，因该部位最不易回填密实；其次，对检查孔数量的要求作了修改，原规定为“灌浆孔总数的 50%”，不便于执行。

7.5.3 比“94 灌规”增加了（2）、（3）两种检查方法。其中（2）法曾在青海龙羊峡水电站和新疆 635 水利枢纽使用，（3）法曾在广西天生桥二级电站使用，效果均较（1）法好。

7.5.4 一般说来由于隧洞固结灌浆检查孔孔径小还有导向孔，使用物探手段（例如探测岩体波速）检查其质量，较坝基岩石固结灌浆难度大一些。压水试验的方法技术成熟，简单易行，有规范可循。

7.5.5 试段合格率由“94 灌规”的 80%增加到 85%标准略有提高。

7.5.6 参见条文说明 6.9.8。

7.5.7 钢管接触灌浆质量检查的合格标准，目前尚难做出统一规定。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，仍有脱孔感觉。为次，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，且经判断脱空程度不很严重，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 蓄水后坝体受库水压力，缝面将受压挤紧，这种情况不利于接缝灌浆的进行。另

外，因接缝灌浆属充填性灌浆，要求缝面洁净，缝内不应存在深水和深压，故各灌区的灌浆应在库水位低于该灌区的条件下进行。

8.1.2 在“94 灌规”的基础上进一步明确拱坝和重力坝纵横缝灌浆的顺序。

接缝灌浆的施工实践表明，后灌浆的灌区可能要受到先灌区的影响，例如串浆、缝面挤压等，对灌浆质量不利。“横缝灌浆宜从大坝中部向两岸推进，”目的是尽量减少向一个方向的累积变形，防止坝块产生不利的侧向应力。“纵缝灌浆宜从下游向上游推进”，目的是使由接缝灌浆可能引起的坝块变形倾向上游，对大坝运行有利。有的时候，需要提前蓄水或汛期挡水，这时为防止上游坝块单独受力，故先对上游第一条纵缝灌浆，可使上游两个浇筑块联合受力，有利安全。

8.1.3 第 2 款混凝土龄期的规定参照 SDJ338 确定。

第 3 款即将“94 灌规”中规定的上部混凝土冷却层厚度由 9m 改为 6m。一是因为原规定过严，施工中难以达到，有些工程因等待上部混凝土的冷却错过了接缝灌浆的有利时机；二是进近年来有的工程（如五强溪、二滩、三峡工程等）已按 6m 控制，为发现质量问题。

第 4 款接缝张开度大于或等于 0.5mm 时，采用普通水泥浆液可以灌浆。而张开度小于 0.5mm 时，需采取特殊措施施灌，见本标准 8.7.5。

8.1.4 埋设测温计是用来了解坝块混凝土温度的变化情况，并与使用冲水闷管测温法测得的坝块混凝土的温度相互比较，防止发生误差。表 8 为几个工程实例，供参考。

8.1.5 相邻的纵缝（或横缝）灌区，系指被灌浆的纵缝（或横缝）灌区相隔一个坝块（或一个坝段）的纵缝（或横缝）灌区。

8.1.6 本条将“94 灌规”中上、下层灌区灌浆的间隔时间由 14d 改为 10d。根据室内试验资料，水泥浆液在自然条件下凝固，14d 强度可达 70%以上。灌入接缝中的水泥浆液受到泌水、压实作用，其强度可比室内高。施工实践也表明，下层灌区灌浆 10d 后，基本不会再受上层灌区的影响。有条件时，上层灌区和下层灌区连续灌浆，有利于加快施工进度。但如下层灌浆结束 4d 之后再进行上层灌浆，就可能对下层灌区内已处于凝固状态但未有强度的浆液结石产生破坏作用。

8.2 灌浆系统布置

8.2.1 灌区的高度是影响灌浆质量的一个重要因素。灌浆高，排气管出浆难，压力也难以达到规定值，据统计河北潘家口水库大坝 238 个纵横灌区灌浆资料，高度在 10m 之内的灌区合格率可达 100%，而高度超过 15m 的灌区，合格率则下降到 70%~85%。为此本条规定“灌区高度以 9m~12m 为宜”。

8.2.3 “塑料拔管方式”，即将充气膨胀的塑料软管按设计规定埋入坝块接缝中待坝缝混凝土浇注后放气拔出，形成与缝面相通的灌浆管路系统的施工措施。

表 8 几个工程埋设测温计和测缝计的情况

工程名称	坝型	坝高 m	接缝数(条)		坝段 个	灌区 个	灌浆面 积 m^2	典型剖面 (个)	测温计 (支)	测缝 计(支)
			横缝	纵缝						
潘家口	宽缝重力坝	107.5	不灌	每坝段 1~4	40	310	85000	8	155	100
故县	重力坝	125	20	每坝段 1~4	21	368	93000	2	100	83
东江	重力墩拱坝	157	30	无	29+2	326	62000	5	240	136
东风	双曲拱坝	162	13	无	14	124	23500	5	150	80

在“94灌规”的基础上，升浆和出浆措施的形成增加了“出浆槽方式”。二滩水电站拱坝横缝灌浆采用了这种升浆和出浆方式（图1），效果良好。

8.2.4 升浆管管顶若距排气槽太远，易影响浆液顺利通过缝面进入排气槽内；若太近，会使浆液过快进入排气槽，影响浆液在缝面的扩展和充填。

8.2.5 本条较“94灌规”增补了一段内容：当灌浆主管需在灌区底部连接且开口向上时，两管端头宜采用沉污管（图2）连接，目的是减少灌路堵塞。三峡工程中已采用，效果良好。虽加工按装增加一定难度，但对管路通畅，确保灌浆质量大有益处。

8.2.6 新增条文。出浆槽方式的特点：是取消了缝面预埋的升浆管、出浆盒或塑料拔管系统，而用灌区底部预留水平出浆槽代之。为减少缝内阻力，将常规梯形键槽改为球面键槽。二滩水电站的实践表明这种方式结构简单，施工方便，节省材料，施工进度快。一旦发现管路堵塞，即可重新设一套出浆槽和回浆管路，并不受先后浇注块顺序的制约，转缝灵活。

出浆槽方式目前仅有二滩工程横缝灌浆的试验，其他工程采用时应注意结合本工程的具体情况，进行试验和总结。

8.3 灌浆系统的加工与按装

8.3.2 灌浆管路如跨越缝面，过缝措施一定要做好。通常采用的有加“Ω”行管或在管外包裹沥青油毡条等方法。

8.3.4 外露管口段换用钢管时为了便于与灌浆管连接和防止损坏。塑料管连接的焊接法适用于厂内，由于塑料焊接器搬往现场不很方便，故在工地多采用套接法或黏结法进行管间连接。

8.3.5 实践证明，弯管段加工方法不当和工艺不严，常会造成管路不畅或堵塞。

8.3.6 止浆片可采用塑料板、镀锌板或黑铁板，宽度均为 25cm~30cm，厚度为塑料板 3mm~5mm，镀锌板不小于 0.8mm，黑铁板不小于 1.0mm。金属止浆片应作防锈处理。止浆片搭接长度不得小于 4cm，并应搭接牢固。由于塑料板可节约金属材料，不会锈蚀，成本较低，各工程常用。止浆片止浆效果的好坏，很大程度上还取决于现场按装质量及其附近混凝土浇注和振捣密实状况。

8.3.7 后浇筑块混凝土浇完后何时将塑料软管拔出，应通过现场试验确定，若干实例可供参考：湖北隔河岩水电站为 24h；贵州东风水电站为夏季 16h，春秋季节约 20h，冬季 24h；河北潘家口水库夏季为 24h，冬季 48h~72h；贵州乌江渡、湖南五强溪和东江水电站为 3d。

8.3.9 新增条文。规定采用出浆槽方式的注意事项。

8.3.11 由于大坝基岩的灌浆施工多先于接缝灌浆，底层的止浆片埋设不好，基岩灌浆的浆液会进入基础区的缝面内，影响基础灌区的接缝灌浆质量。另外基础灌区底层止浆片比较容易锈蚀、破损、更应做好和保护好。

8.3.12 强调“必须绘制该灌区灌浆系统的竣工图”。据反映，不少工程接缝灌浆系统出现问题时，查阅竣工图几乎千篇一律，没能反映每个灌区灌浆系统实际埋设的具体尺寸及变更，处理时难度极大。

8.3.13 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。

8.4 灌浆系统的检查和维护

8.4.1 本条对“94 灌规”相关内容进行了合并。每层混凝土浇筑前、后，都应对灌浆系统进行检查（最好是通水检查），发现问题及时处理，这是保证接缝灌浆系统完好，从而保证接缝灌浆质量的一个重要措施。实践经验证明，凡是这道工序控制不严的，常会发生灌浆管路堵塞情况。对于预埋管方式，删去了“94 灌规”中要求在“先浇块浇筑前”对预埋灌浆系统进行通水检查的内容，因为在先浇块混凝土浇筑前的灌浆系统是由专业施工人员按 8.3.1 和 8.3.5 要求加工、制作、清点、检查后现场进行安装的，一般不会造成管路堵塞。另外，在先浇块安装灌浆系统时，多数是仓号准备工作基本就绪，出浆盒和排气槽与模板四周的密封材料（水泥砂浆或腻子）未必凝固、牢靠，如果此时进行通水检查，可能有损封闭效果，切易造成仓号再次污染，对浇筑混凝土产生不利影响。

本条强调每层混凝土浇筑后，应进行灌浆系统的通水检查，从而判断该层混凝土浇筑中对灌浆系统有否损坏，必要时采取措施补救。

8.4.4 实践经验证明：污水流入缝内和先浇缝面不洁净，是造成缝面堵塞或不通畅的原因

之一.有的工程采取在后浇块收仓时将靠近接缝的混凝土浇高 5cm~10cm 的措施,使以后在清洗此块仓面时,污水不会流入接缝内而从其它部位排出,效果尚好,可供参考.

8.4.5 具体说,应做好下列维护工作:

(1)维护仓面内灌浆系统不受损坏,严禁任何人员攀爬、摇晃或改动管路,严防吊罐等重物碰撞管路;

(2)确保止浆片四周混凝土振捣密实,严防大骨料集中于止浆片附近,禁止入仓混凝土直接倒向止浆片;

(3)防止混凝土振捣时,出浆盒产生错位,或水泥砂浆流入,将出浆盒堵塞;

(4)维护先浇块缝面洁净,防止浇筑过程中有污物沾污缝面.

8.4.6 灌浆系统的检查应有专人负责,维护应有专人值班.以往有的工程忽略了这点,实际无人负责,造成损失.

8.5 灌浆前的准备工作

8.5.1 充水闷管测温法是目前国内各工程均在使用的一种方法.使用此法应注意以下几个问题:

(1)充入冷却管内的水的温度不宜低于 5 0 C;

(2)坝块中应有多少层冷却水管的闷管测温资料,应根据灌区的高度、冷却水管的埋设情况而定,通常一个灌区可选 2~4 层的充水闷温资料,以其平均值作为该坝块混凝土的温度;

(3)条文中未规定闷温时间,各工程可结合实际情况灵活掌握.因为冷却水管埋设的层距和间距不同,所以采取的闷温时间也可有异.如有些工程冷却水管的层距和间距为 3m,闷温时间为 5d;有的工程冷却水管的层距和间距为 2m,闷温时间为 3d;

(4)闷温水的放出和测温要迅速准确,尽量减少外界气温的影响.一般应准备三个容积为 10L~20L 用绝热材料制作的小桶,将闷温的水放入桶后立即插入温度计测量,取三桶水温度的平均值作为该层冷却管的闷温资料.

设计规定的其它方法,如预埋测温计量法,参见 8.1.4 条文说明.灌区内埋设测温计的数量、位置以及计算温度的方法依照设计规定进行.

8.5.3 (1) “一套灌浆管路畅通”是指该灌区的进浆管和回浆管或者备用进浆管和备用回浆管,两者中至少应有一套灌浆管路畅通.通常作法是从进浆管(或者备用进浆管)进水,开启回浆管(或者备用回浆管),关闭其它管口,测出回浆管(或者备用回浆管)的出水流量.当此流量大于 30L/min 时,认为该套灌浆管路通畅.

(2) “单开通水检查”方法是目前普遍采用的一种方法.主要目的一是检查排气管是否出

水,二是了解出水量是多少.借此反映出缝面通畅程度,也可间接反映出缝面张开度情况.

(3)从以往国内各工程接缝灌浆施工情况看,缝面漏水主要有两种情况:一是与其它灌区相串;二是漏到坝体之外,两种情况难于准确分开.与其它灌区相串,虽尚可采用各采用各串区同时灌浆的方法处理,但增加了灌浆的难度,可能对灌浆质量产生影响.若漏向坝外,则必须进行专门堵漏处理,否则将会严重硬性规定灌浆质量。

8.5.8 这是灌浆前的最后一次检查,应十分重视.在此次通水检查中若发现仍有串、漏或管路堵塞等异常情况,尚可进行处理或研究好施灌措施后进行灌浆,防止在灌浆过程中再出现问题。

8.5.9 目的是使缝面保持湿润状态,以有利于浆液的灌入及其与缝面的结合.另参见条文说明 7.4.5。

8.5.10 三个或三个以上的灌区相互串通而需同时灌浆时,施工非常困难.施工单位应根据通水检查掌握的详细资料,拟定好周密可行的施灌方案,预计到可能发生的不利情况,准备好应对措施,以期一次灌浆成功.否则,可能造成全部串浆灌区无一合格的严重后果。

8.5.12 通水平压的目的是防止该缝面被挤压,发生缝面闭合或坝块过大变形.冲洗的目的是防止浆液串入该缝面,堵塞缝面和管路系统。

8.5.13 在灌浆过程中,灌浆泵与灌区间的通话和信号联系是非常必要的.尤其是采用多区同时灌浆方式时,通话联系会更频繁。

8.6 灌 浆

8.6.1 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灌浆压力.根据 DL5108-1999《混凝土重力坝设计规范》11.3.7 规定,并参照《水工设计手册》第五卷第四节第五项中有关内容,建议除顶层灌区外,一般情况下灌浆压力可采用 0.2Mpa-0.3Mpa; 坝块变位——缝面的度允许值,纵缝不大于 0.5mm,横缝不大于 0.3mm。

8.6.2 明确规定接缝灌浆压力的计读方法。本章其它各条所用“灌浆压力”，一词，若没有另加注明时，均为此含义。“如排气管堵塞，则以回浆管管口响应的压力为准进行控制”，此处的“响应的压力”一词，若没有另加注明时，均为此含意。

“如排气管堵塞，则以回浆管管口相应的压力为准进行控制”，此处的“相应的压力”不能简单地根据高差换算求得，而应考虑浆液在缝面和管路系统的压力损失，一般应通过现场试验确定，并宜在灌浆技术中具体写明。

8.6.3 灌浆进行过程中,经观测坝体变形超过设计规定的值时,必须通水平压,平压压力由

设计规定。

8.6.4 “94 灌规”中,开灌水灰比为 3(或 2),现改为 2。根据施工单位反映:对管路通畅,混凝土温度满足设计要求的灌区,开始灌注水灰比为 3 的浆液目的只是润滑管路、缝面。为了尽快使浓浆充填缝面,使用较浓的浆液更有利于提高灌浆质量,缩短灌浆时间,因此取消开灌水灰比 3。

8.6.5 时间经验证明,开灌时两个排气管的阀门全部打开放浆,可使浆液很快充满缝面,加快灌浆进度。除进浆管、排气管外,其它管路可间断地放浆,以利缝内浆液的扩散,并且保持各管路在灌浆过程中不被堵塞。测量放出浆液的密度和放浆量,以计算缝内实际注入的水泥量。

8.6.10 下层灌浆结束时间宜应有所控制,上、下灌区灌浆结束间隔时间不宜过长,一般控制在 1h 之内为好。上、下灌区在同时进行灌浆时,灌注面积大,可能对未灌浆的邻缝灌区产生不利影响,故要求对未灌浆的邻缝灌区进行通水平压。

8.7 特殊情况处理

必须注意,接缝灌浆只能进行一次有效的灌注,若失败了再进行补救,不仅非常困难,而且效果不会理想。为此,应尽量避免在灌浆过程中发生“特殊情况”。

所谓特殊情况多为:漏、串、堵、中断。漏、串、堵的情况应在灌浆前预灌性压水检查中发现,在灌浆前予以解决。

8.7.1 发现外漏,不要采用间歇灌浆的方法。间歇后,灌浆管路和缝面易于堵塞,很难或无法从原管路复灌。

8.7.3 “打开所有管口放浆”的作用是卸压,松动堵塞物;“提高进浆压力”的作用是冲开堵塞物,疏通管路。

8.7.5 潘家口水库在坝体接缝灌浆中,因处于廊道口附近的已灌浆区超冷后缝面再次张开,经研究采取了打骑缝孔灌注改性环氧浆液,收到一定效果。但据了解国内很少有整个细缝灌区采用化学灌浆的确实例。从经济的施工角度考虑,化学灌浆造价高、难度大,只有在无法采用其它措施,而“细缝”所处位置又非常重要的情况下采用。

8.8 工程质量检查

8.8.1 参见条文说明 6.9.1。

8.8.2 对灌浆施工记录和成果资料的分析主要分为两方面:一为开灌前的条件;二为灌浆施工情况。其中最主要的是灌浆时坝块温度和龄期、灌浆结束时排气管的出浆密度和压力。钻孔及槽检是评定接缝灌浆质量的辅助手段,因为不可能也没有必要对每个灌区都凿槽、钻

检查孔，以进行取样、压水试验和孔内电视检查工作。

8.8.4 应从评为灌浆质量好的、中等的、不合格的各类灌区中选取若干有代表性的灌区进行钻孔取芯、压水试验等检查工作,作为评定的辅助资料。不合格的灌区应多选一些，因为若该灌区检查结果较好，灌区质量有可能重新评为合格。吉林白山水电站大坝接缝灌浆就有通过钻孔取芯检查成果重新评定达到合格的情况。

骑缝钻孔和槽检取样虽有一定的局限性，但由于能直观缝面充填情况，许多工程仍较多采用。手工凿槽劳动强度大，可少用。检查孔压水试验，有的工程采用单孔压水，有的工程采用双孔压水，具体的试验方法及合格标准可视工程实际情况而定。

8.8.5 “94 灌规”要求每一坝段内纵缝灌区的合格率不低于 70%，每一条横缝灌区的合格率不低于 70%。近年来的工程实践证明，这一标准应予以适当提高，施工中经过努力亦可以做到，故本条文均修改为 75%。

9 岸坡接触灌浆

本章对“94 灌规”作了较大的改动，较系统和详细地提出了岸坡接触灌浆三种方法的施工技术和质量检查要求，专作一章。

9.0.3 即“94 灌规”中的钻孔灌浆法。

9.0.4 岸坡建基面应整修平整，通常要求不平度不宜大于 10cm。如果岸坡起伏高差太大，出浆盒极易堵塞，灌浆管路也不易安装稳固，易错位、断裂。止浆及排气设施很难形成。

9.0.5 新增内容。直接钻孔灌浆法类似在有盖重条件下的固结灌浆工艺（图 3），唯其应受坝块混凝土温度和龄期限制。但由于岸坡坝体混凝土浇筑进度不可能等待较长时间，为此本条文提出预留横向廊道或上、下游平台以便日后进入廊道或平台进行岸坡接触灌浆。

采用该灌浆法避免了在要浇筑的仓号内大孔埋设灌浆系统的相互干扰现象，排除了接触灌浆系统在浇筑过程中屡遭损坏的症结。此法适用于规模较小、坡度较缓、基岩较好的岸坡坝段。

9.0.6 岸坡接触灌浆系统安装后，现场仍需检查、维护。灌前也需做“测温、测缝、”等工作。

9.0.7 先从上、下游边缘开始施灌，可以达到封闭灌浆范围的目的。然后再自下而上分层分序地进行钻灌。上、下游边缘孔灌浆的浆液浓度适当加浓，压力适当降低。

9.0.8 新规定了双孔连通试验的检查方法。不串水的含义是指向一孔压水时，其注入率等于或近于 0，另一孔孔口不冒水。

10 竣工资料和工程验收

本章删除了“94 灌规”中关于灌浆工程验收的程序和组织内容。

10.0.1、10.0.3 对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、和检验测试资料分别列出。一般说，这里所列资料是最齐全的，各工程情况不同并非都要具备所有全部资料。一个工程具体应提供那些资料，应遵照设计规定执行。

10.0.4 新增条文。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。

附： 坝基岩石帷幕灌浆工程预算定额

适用范围：露天作业，一排帷幕、自下而上分段灌浆。

工作内容：洗孔、压水、制浆、封孔、孔位转移。

单位：100m

电算 编号										
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--