

ICS 93. 160
P 65

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 230—2015

替代 SL 230—98

混凝土坝养护修理规程

Code of maintenance and repair for concrete dam

2015-02-09 发布

2015-05-09 实施



中华人民共和国水利部 发布

<https://www.slzjxx.cc>
水利造价信息网

中华人民共和国水利部
关于批准发布水利行业标准的公告
(混凝土坝养护修理规程)

2015 年第 12 号

中华人民共和国水利部批准《混凝土坝养护修理规程》
(SL 230—2015)为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	混凝土坝养护修理规程	SL 230—2015	SL 230—98	2015. 2. 9	2015. 5. 9

水利部
2015 年 2 月 9 日

水利部水利水电科学研究院

《水利水电工程地质勘察规范》

（报批稿）

（报批稿）

《水利水电工程地质勘察规范》报批稿

（报批稿）

第1章 总则	1.1 目的和适用范围	1.2 术语和定义	1.3 勘察等级
第2章 地质调查	2.1 一般规定	2.2 地质调查的内容	2.3 地质调查的方法
第3章 地质测绘	3.1 一般规定	3.2 地质测绘的内容	3.3 地质测绘的方法
第4章 地质剖面	4.1 一般规定	4.2 地质剖面的内容	4.3 地质剖面的方法
第5章 地质编录	5.1 一般规定	5.2 地质编录的内容	5.3 地质编录的方法
第6章 地质成果	6.1 一般规定	6.2 地质成果的内容	6.3 地质成果的编图

编制人

（签字）

<https://www.slzjxx.cn>
水利造价信息网

前 言

根据水利技术标准制修订计划安排,按照 SL 1—2014《水利技术标准编写规定》的要求,对 SL 230—98《混凝土坝养护修理规程》进行修订。

本标准共 9 章和 5 个附录,主要技术内容有:

- 检查;
- 养护;
- 裂缝修补;
- 补强加固;
- 渗漏处理;
- 剥蚀、磨损、空蚀及碳化修理;
- 水下修补与清淤(渣)。

本次修订的主要内容有:

- 增加了术语章节,并将补强加固单独成章;
- 增加了除混凝土大坝外的输水、泄水、引水、过坝、发电建筑物,附属建筑物和设施,以及与枢纽安全有关的边坡的检查、养护及修理相关内容;
- 增加了养护、修理的新材料、新技术与新方法。

本标准全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为:

- SL 230—98

本标准批准部门:中华人民共和国水利部

本标准主持机构:水利部建设与管理司

本标准解释单位:水利部建设与管理司

本标准主编单位:水工程安全与灾害防治工程技术研究中心
长江科学院

本标准参编单位:长江勘测规划设计研究院

湖北清江水电开发有限责任公司

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：李端有 廖仁强 甘孝清 李 强
王 煌 王 健 贡建兵 敖 昕
邹双朝 李 珍 谭 勇 韩贤权

本标准审查会议技术负责人：盛金保

本标准体例格式审查人：王庆明

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条2号；邮政编码：100053；电话：010-63204565；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

<https://www.sljixx.cn>
水利造价信息网

目 次

1	总则	1
2	术语	3
3	检查	5
3.1	一般规定	5
3.2	检查分类、时间和频次	5
3.3	检查项目和内容	6
3.4	检查方法和要求	7
3.5	检查记录、报告及存档	8
4	养护	9
4.1	一般规定	9
4.2	混凝土表面养护和防护	9
4.3	变形缝止水设施养护	11
4.4	排水设施养护	11
4.5	闸门及启闭设备养护	12
4.6	地下洞室养护	12
4.7	安全监测设施维护	13
4.8	其他养护	14
5	裂缝修补	15
5.1	一般规定	15
5.2	裂缝调查	15
5.3	裂缝成因分析	16
5.4	裂缝修补技术	17
6	补强加固	21
6.1	一般规定	21
6.2	补强加固技术	21
7	渗漏处理	27

7.1	一般规定	27
7.2	渗漏调查及成因分析	27
7.3	集中渗漏处理	28
7.4	裂缝渗漏处理	29
7.5	散渗处理	30
7.6	变形缝渗漏处理	31
7.7	基础及绕坝渗漏处理	33
8	剥蚀、磨损、空蚀及碳化修理	35
8.1	一般规定	35
8.2	剥蚀、磨损、空蚀及碳化调查	36
8.3	剥蚀、磨损及空蚀成因分析	38
8.4	冻融剥蚀及碳化修理	38
8.5	钢筋锈蚀引起的混凝土剥蚀修理技术	39
8.6	磨损和空蚀修理技术	40
9	水下修补与清淤(渣)	42
9.1	一般规定	42
9.2	水下调查	42
9.3	水下修补内容与技术	43
9.4	水下清淤(渣)	44
附录 A	常用防护方法与材料	46
附录 B	裂缝修补	47
附录 C	渗漏处理	59
附录 D	剥蚀、磨损、空蚀及碳化修理	63
附录 E	水下修补技术	70
	标准用词说明	73
	标准历次版本编写者信息	74
	条文说明	75

1 总 则

1.0.1 为保证混凝土坝枢纽的安全、完整和正常运行，规范混凝土坝枢纽养护修理工作的程序、方法和要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程中1级、2级、3级、4级混凝土坝及其枢纽所包含其他水工建筑物、地下洞室、边坡和设施的养护修理，5级混凝土坝可参照执行。

1.0.3 养护修理内容应包括检查、养护及修理三部分。

1.0.4 养护与修理工作应坚持“经常养护，随时维修，养重于修，修重于抢”的原则，应做到安全可靠、技术先进、注重环保、经济合理。

1.0.5 修理应包括工程损坏调查、修理方案制定与报批、实施、验收等四个工作程序。

1.0.6 较大修理项目应由运行管理单位提出修理技术方案，报经上级主管部门审批后实施。影响结构安全的重大修理项目应由工程原设计单位或由具有相应设计资质的设计单位进行专项设计，并报上级主管部门批准后实施。重大修理项目完工后应由上级主管部门主持验收，验收应满足SL 223《水利水电建设工程验收规程》的要求。

1.0.7 修理项目的实施与质量控制应符合下列规定：

1 对较大修理项目，管理单位可自行承担，但应明确项目负责人，并建立质量安全保证体系，严格执行质量标准 and 工艺流程，确保工程质量。对重大修理项目，应委托具有相应资质的专业队伍承担。

2 修理项目实施时，应充分考虑枢纽的调度与运行，确保工程和施工的安全。

3 修理项目施工质量应符合国家或行业现行相关施工质量评定标准要求。

1.0.8 边坡的养护与修理应按 SL 210《土石坝养护修理规程》的有关规定执行。

1.0.9 本标准主要引用下列标准：

- GB 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 6722 爆破安全规程
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB 50086 锚杆喷射混凝土支护技术规范
- GB 50550 建筑结构加固工程施工质量验收规范
- SL 46 水工预应力锚固施工规范
- SL 62 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范
- SL 191 水工混凝土结构设计规范
- SL 210 土石坝养护修理规程
- SL 211 水工建筑物抗冰冻设计规范
- SL 223 水利基本建设工程验收规程
- SL 253 溢洪道设计规范
- SL 352 水工混凝土试验规程
- SL 377 水利水电工程锚喷支护技术规范
- SL 601 混凝土坝安全监测技术规范
- SL 621 大坝安全监测仪器报废标准
- CECS 146 碳纤维片材加固混凝土结构技术规程
- DL/T 5144 水工混凝土施工规范
- DL/T 5389 水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范

1.0.10 混凝土坝枢纽的养护修理除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 检查 inspection

为了查找水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等存在的隐患、缺陷与损坏,有计划、有组织开展的现场查勘、测量、记录等工作。

2.0.2 养护 maintenance

为了保证水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等正常使用而进行的保养和防护措施。养护分为经常性养护、定期养护和专门性养护。

2.0.3 修理 repair

当水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等发生损坏、性能下降以致失效时,为使其恢复到原设计标准或使用功能所采取的各种修补、处理、加固等措施。修理可分为及时性维修、岁修、大修和抢修。

2.0.4 调查 investigation

针对水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等的某一具体隐患、缺陷和损坏而开展的详细的、系统的现场检查、测量和资料整理、分析与研究工作。

2.0.5 防护 protection

为避免水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等遭受阳光、大气、水、化学物质、温度等外因破坏而采取的预防性保护措施。

2.0.6 经常性养护 routine maintenance

在日常巡视检查、年度检查或特别检查过程中发现缺陷与隐患后,能够及时进行处理养护。

2.0.7 定期养护 periodical maintenance

为了维持水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等安全运行而定期进行的养护,包括年度养护、汛前养护、冬季养护等。

2.0.8 专门性养护 special maintenance

为了保证水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等某个组成部分所具备的特定功能正常发挥而进行的针对性养护。

2.0.9 岁修 annual repair

每年有计划地对各水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等进行的修理工作。

2.0.10 大修 intensive repair

当水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等出现影响使用功能和存在结构安全隐患时，而采取的重大修理措施。

2.0.11 抢修 emergency repair

当水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等出现重大安全隐患时，必须在尽可能短的时间内暂时性消除隐患而采取的突击性修理措施。

2.0.12 水下调查 underwater survey

为了弄清水工建筑物位于水下部分的缺陷、损坏等情况，借助潜水员和水下探测设备开展的水下缺陷、损坏调查。

2.0.13 水下修补 underwater repair

利用潜水员和各类潜水设备、水下施工设备，对水工建筑物的水下缺陷、损坏等进行修补的作业。

3 检 查

3.1 一 般 规 定

- 3.1.1 运行管理单位应根据本标准规定,结合所管辖混凝土坝枢纽的实际情况确定检查项目和内容。
- 3.1.2 运行管理单位应制定详细的检查方案,并经技术负责人审批后执行。
- 3.1.3 检查过程中,检查人员应对异常和损坏部位做出详细说明,并摄影或录像。
- 3.1.4 消力池等建筑物的水下部分应定期抽干进行检查,或采用水下视频等方法进行检查。
- 3.1.5 对于多泥沙河流上的大坝,应定期检查近坝区水库泥沙淤积情况。
- 3.1.6 检查宜与大坝安全监测巡视检查结合进行。
- 3.1.7 应结合设计、施工、运行和安全监测成果等对检查结果进行综合分析,查明病害成因,确定病害类型与规模,制定养护修理方案。

3.2 检查分类、时间和频次

- 3.2.1 检查应分为日常巡视检查、年度检查和特别检查。
- 3.2.2 日常巡视检查每月不宜少于1次,汛期应视汛情相应增加次数。库水位首次达到设计洪水位前后或出现历史最高水位时,每天不应少于1次。如遇特殊情况和工程出现异常时,应增加次数。
- 3.2.3 年度检查宜在每年的汛前、汛后、高水位、死水位、低气温及冰冻较严重地区的冰冻和融冰期进行,每年不宜少于2次。
- 3.2.4 特别检查应在坝区遇到大洪水、有感地震、库水位骤升

骤降,以及其他影响大坝安全的特殊情况时进行。

3.3 检查项目和内容

3.3.1 检查项目和内容可按 SL 601 执行。

3.3.2 日常巡视检查应以表面缺陷、裂缝、剥蚀、渗漏和影响枢纽正常运行的外界干扰等检查为主;年度检查除日常巡视检查的内容外,还应根据枢纽实际情况适当增加混凝土磨损与空蚀检查、混凝土碳化检查、水下检查、淤积检查等内容;特别检查应以专项检查为主,兼顾日常巡视检查的内容。

3.3.3 日常巡视检查应包括下列内容:

1 混凝土表面缺陷。包括蜂窝、麻面、孔洞、缺棱掉角、挤压破坏等。

2 混凝土与墙体裂缝。包括裂缝的类型、部位、尺寸、走向和规模等。

3 混凝土剥蚀。包括剥蚀的部位、深度、范围和规模等。

4 渗漏。包括坝体、坝基渗漏,绕坝渗流,围岩及边坡渗漏,闸门渗漏,堵头渗漏等,以及渗漏的类型、部位、渗漏量、规模、水质和溶蚀现象等。

5 钢筋锈蚀。包括钢筋混凝土结构的露筋现象和锈蚀程度。

6 围岩及边坡表面裂缝、坍塌、鼓起、松动、滑坡等。

7 建筑物的倾斜或不均匀沉降。

8 边坡支挡与支护结构的完好性。

9 所有排水与导渗设施的完好性、堵塞状况及排水状况。

10 接触缝与变形缝的开合状况,变形缝止水设施的完好性与渗漏情况。

11 金属结构病害。包括锈蚀、裂纹、鼓包、脱焊与扭曲变形,止水设施完好性等。

12 启闭设备病害。包括起吊装置的完好性、表面润滑等。

13 安全监测设施的完好性及工作状况。

14 外界干扰。包括影响枢纽正常与安全运行的杂物,动植

物危害等。

3.3.4 年度检查还应包括下列内容：

- 1 过流部位混凝土的裂缝、磨损与空蚀状况。
- 2 混凝土碳化深度与规模。
- 3 混凝土冻融剥蚀情况。
- 4 位于水下的缺陷。
- 5 水库淤积。包括淤积高程、淤积厚度、淤积物的种类、水下地形以及支流河口是否有拦门坎等。
- 6 闸门启闭状况。包括门槽卡阻、气蚀；启闭灵活性；开度指示器准确性；过载保护装置有效性；接地电阻与绝缘电阻；信号灯完好性；备用电源等。

3.3.5 特别检查应包括因大洪水、有感地震、库水位骤升骤降，以及其他影响大坝安全的情况发生后出现的下列险情和异常情况：

- 1 大坝、地下洞室、边坡等部位变化异常的裂缝。
- 2 大坝、两岸坝肩、地下洞室、边坡等部位变化异常的渗漏。
- 3 大坝、地下洞室、边坡、金属结构等部位变化异常的变形。
- 4 非常严重的混凝土碳化。

3.4 检查方法和要求

3.4.1 常规检查可采用目视、耳听、手摸、鼻嗅、脚踩等直观方法，或辅以锤、钎、钢卷尺、放大镜、石蕊试纸等简单工具器材。

3.4.2 特殊检查可采用开挖探坑（或槽）、探井、钻孔取样或孔内电视、向孔内注水试验、投放化学试剂、潜水员探摸或水下电视、水下摄影或录像、超声波、雷达探测等方法，对工程内部、水下部位或坝基进行检查。具备条件时，可采用水下多波束等设备对库底淤积、边坡崩塌堆积体等进行检查。

3.4.3 检查应符合下列要求:

- 1 检查人员应为熟悉工程情况的专业技术人员。
- 2 日常检查人员应相对稳定,检查时应带好必要的辅助工具和记录笔、簿以及照相机、录像机等影像设备。
- 3 年度检查和特别检查总负责人应为运行管理单位行政负责人或主管部门行政负责人。年度检查和特别检查应成立检查工作组,组长应由经验丰富且熟悉本工程情况的水工专业工程师担任,成员应由相关专业技术人员和高级技术工人组成。
- 4 年度检查和特别检查应制定详细的检查计划并做好准备

工作。

3.5 检查记录、报告及存档

3.5.1 记录和整理应符合下列规定:

- 1 应做好详细的现场记录。发现异常情况时,应详细记述时间、部位、险情,并绘出草图,宜进行测图、摄影或录像。对于有可疑迹象部位的记录,应在现场进行校对。
- 2 现场记录应及时整理,登记专项卡片,应将本次检查结果与上次或历次检查结果进行对比分析,如有异常,应立即复查。

3.5.2 报告、存档应符合下列规定:

- 1 检查结束后应编写检查报告。
- 2 检查记录、图件、影像资料和检查报告的纸质文档和电子文档等均应整理归档。

4 养 护

4.1 一 般 规 定

4.1.1 养护工作应做到及时消除混凝土坝枢纽的表面缺陷和局部工程问题，随时防护可能发生的损坏，保持混凝土坝枢纽的安全、完整、正常运行。

4.1.2 养护对象应包括混凝土建筑物表面、变形缝止水设施、排水设施、闸门及启闭设备、地下洞室、边坡、安全监测设施及其他辅助设施等，以及冻害、碳化与氯离子侵蚀、化学侵蚀等的防护。

4.1.3 养护应包括经常性养护、定期养护和专门性养护，并应符合下列规定：

1 经常性养护应及时进行。

2 定期养护应在每年汛前、汛后、冬季来临前或易于保证养护工程施工质量的时间段内进行。

3 专门性养护应在极有可能出现问题或发现问题后，制定养护方案并及时进行，若不能及时进行养护施工时，应采取临时性防护措施。

4.1.4 运行管理单位应根据本标准和相关标准的规定，并结合工程具体情况，确定养护项目、内容、方法、时间和频次。

4.2 混凝土表面养护和防护

4.2.1 混凝土建筑物表面及沟道等应经常清理，保持表面清洁整齐，无积水、散落物、杂草、垃圾和乱堆的杂物、工具等。

4.2.2 过流面应保持光滑、平整；泄洪前应清除过流面上可能引起冲磨损坏的石块和其他重物。

4.2.3 混凝土建筑物表面出现轻微裂缝时，应加强检查与观测，并采取封闭处理等措施。

4.2.4 出现渗漏时，应加强观测，必要时采取导排措施。

4.2.5 混凝土表面剥蚀、磨损、冲刷、风化等类型的轻微缺陷，宜采用水泥砂浆、细石混凝土或环氧类材料等及时进行修补。

4.2.6 混凝土碳化与氯离子侵蚀应采取下列防护措施：

1 对碳化可能引起钢筋锈蚀的混凝土表面应采用涂料涂层全面封闭防护。碳化与氯离子侵蚀引起钢筋锈蚀时，应采用涂料涂层封闭等防护措施。

2 对有氯离子侵蚀的钢筋混凝土表面可采用涂料涂层封闭防护，也可采用阴极保护。

4.2.7 混凝土冻害可采取下列防护措施：

1 易受冰压损坏的部位，可采用人工、机械破冰或安装风、水管吹风、喷水扰动等防护措施。

2 冻拔、冻胀损坏可采取下列防护措施：

1) 冰冻期排干积水、降低地下水位，减压排水孔清淤、保持畅通。

2) 采用草、土料、泡沫塑料板、现浇或预制泡沫混凝土板等物料覆盖保温。

3) 在结构承载力允许的条件下采用加重法减小冻拔损坏。

3 冻融损坏可采取下列防护措施：

1) 冰冻期排干积水，及时修补溢流面、迎水面水位变化区出现的剥蚀或裂缝。

2) 易受冻融损坏的部位采用物料覆盖保温或采取涂料涂层防护。

3) 防止闸门漏水，避免发生冰拔和冻融损坏。

4.2.8 化学侵蚀可采取下列防护措施：

1 已形成渗透通道或出现裂缝的溶出性侵蚀，可采用灌浆封堵或加涂料涂层防护。

2 酸类和盐类侵蚀可采取下列防护措施：

1) 加强环境污染监测，减少污染排放。

- 2) 轻微侵蚀可采用涂料涂层防护, 严重侵蚀可采用浇筑或衬砌形成保护层防护。

4.2.9 常用防护材料可按附录 A 表 A 选用。防护涂料老化后应及时更新。

4.3 变形缝止水设施养护

4.3.1 沥青井养护应采取下列措施:

1 出流管、盖板等设施应经常保养, 溢出的沥青应及时清除。

2 沥青井应每 5~10 年加热一次, 沥青不足时应补灌, 沥青老化时应及时更换, 更换的废沥青应回收处理。

4.3.2 变形缝填充材料养护应采取下列措施:

1 变形缝填充材料老化脱落时应及时更换相同材料或应用较为成熟的新材料进行充填封堵。

2 变形缝填充施工前应将变形缝清理干净。若存在渗漏现象, 应先进行渗漏处理, 保持缝内干燥。

4.3.3 应定期清理各类变形缝止水设施下游的排水孔, 保持排水通畅。

4.4 排水设施养护

4.4.1 坝面、廊道、地下洞室、边坡及其他表面的排水沟、排水孔应经常进行人工或机械清理, 保持排水通畅。

4.4.2 坝体、基础、溢洪道边墙及底板、地下洞室、护坡等的排水孔应经常进行人工掏挖或机械疏通。疏通时不应损坏孔底反滤层。无法疏通时, 应在附近增补排水孔。

4.4.3 集水井、集水廊道的淤积物应及时清除。抽排设备应经常进行维护, 保证正常抽排。

4.4.4 地下洞室的顶拱、边墙等部位出现渗漏时, 应增设排水孔, 并设置导排设施。

4.5 闸门及启闭设备养护

4.5.1 闸门表面养护应采取下列措施:

- 1 应定期清理闸门、拦污栅上附着的水生物和杂草污物等。
- 2 应定期清理门槽、底坎处的碎石、杂物。
- 3 应做好支承行走装置的润滑和防锈。

4.5.2 闸门防腐养护应采取涂层保护或阴极保护。

4.5.3 闸门防水与止水养护应采取下列措施:

- 1 应定期检查止水的整体性,不应有断裂或撕裂。
- 2 应及时清理杂草、冰凌或其他障碍物。
- 3 应及时更换松动锈蚀的螺栓。水封座的粗糙表面应进行打磨或涂抹环氧树脂,保持光滑平整。
- 4 应定期调整橡胶水封的预压缩量,使松紧适当;应采取措施防止橡胶水封老化,出现老化现象时应及时更换。
- 5 应做好木水封的防腐处理。
- 6 应做好金属水封的防锈处理。

4.5.4 闸门启闭设备养护应采取下列措施:

- 1 应定期清理机房、机身、备用电源、闸门井以及操作室等。
- 2 应及时更换和添加润滑油,保持设备润滑良好。
- 3 应定期量测电机绝缘电阻,保持电机干燥。
- 4 应定期清除钢丝绳表面的污物,清洗后涂抹油脂保护。

4.5.5 运行过程发现闸门有振动和爬行等异常现象时,应及时分析原因,必要时采取相应处理措施。

4.5.6 备用电源及通信、避雷、照明等设施应经常维护,保持正常工作状态。

4.6 地下洞室养护

4.6.1 地下洞室的衬砌混凝土养护应按 4.2 节的规定执行。发现局部衬砌漏水时,应加强观测,并采取封堵和导排措施。

4.6.2 地下洞室内的排水廊道、排水沟、排水孔出现淤积、堵塞或损坏时，应及时采取人工掏挖、机械疏通或高压水冲洗等方法进行疏通和修复。

4.6.3 应加强洞室顶拱、边墙等部位的检查，及时清除裸露岩体表面松动的石块，清理隧洞内的积渣；应对地下厂房渗漏点进行截堵或导排，并做好通风防潮工作。

4.6.4 应加强对地下厂房内岩锚吊车梁的观测，发现裂缝时，应按第5章的规定及时分析处理。

4.6.5 过流隧洞应定期进行排干检查与维护。应经常清理过流隧洞进口附近的漂浮物。

4.6.6 地下洞室围岩若出现大面积掉块的现象，应采用喷锚或混凝土衬砌的方法加以保护。喷锚施工应按 SL 377 的规定执行，混凝土衬砌施工应按 DL/T 5144 的规定执行。

4.7 安全监测设施维护

4.7.1 应定期检查各类安全监测设施的工作状态，及时保养和维护。损坏且具备修复条件的安全监测设施应及时修复。

4.7.2 易损坏的安全监测设施应加盖上锁、建围栅或房屋进行保护，如有损坏应及时修复。

4.7.3 应及时清除动物在安全监测设施中筑的巢窝。易被动物破坏的安全监测设施应设防护装置。

4.7.4 有防潮湿、防锈蚀要求的安全监测设施，应采取除湿措施，定期进行防腐处理。

4.7.5 应经常维护安全监测自动化采集系统的避雷装置。

4.7.6 观测房及观测站应保持室内干燥，室内温度应满足安全监测仪器的工作温度要求，必要时采取保暖措施。观测房应保持外观整洁，通往观测房的道路应通畅，无杂草、杂物。

4.7.7 安全监测设施维护除应满足本标准规定外，还应满足安全监测仪器厂家提出的设备维护要求。

4.7.8 安全监测设施报废应按 SL 621 的规定执行。

4.8 其他养护

4.8.1 有排漂设施的应定期排放漂浮物；无排漂设施的可利用溢流表孔定期排漂，无溢流表孔且漂浮物较多的，可采用浮桶、浮桶结合索网或金属栏栅等措施拦截漂浮物并定期清理。

4.8.2 应定期监测坝前泥沙淤积和泄洪设施下游冲淤情况。淤积影响枢纽正常运行时，应进行冲沙或清淤；冲刷严重时应进行防护。

4.8.3 应定期检查大坝管理信息系统的运行状况，线路、网络、设施出现故障时应及时排除或更换。

4.8.4 应加强安全护栏、防汛道路、界桩、告示牌等管理设施的维护与维修。

5 裂缝修补

5.1 一般规定

5.1.1 裂缝宽度大于钢筋混凝土结构允许的最大裂缝宽度时，应进行裂缝修补。裂缝宽度不大于钢筋混凝土结构允许的最大裂缝宽度时，可根据裂缝规模、外观要求等决定是否进行修补。钢筋混凝土结构允许的最大裂缝宽度见附录 B 表 B.1。

5.1.2 裂缝修补前应开展裂缝调查，并判定裂缝类型。

5.1.3 裂缝修补应遵循下列原则：

1 裂缝尚未威胁到混凝土构件的耐久性或防水性时，应根据裂缝宽度判断是否需要修补。

2 确认必须进行修补的裂缝，应根据裂缝的类型制定修补方案，确定修补材料、修补方法和修补时间。

3 静止裂缝可即时进行修补，并根据裂缝宽度和干湿环境选择修补材料和修补方法。

4 活动裂缝应先消除其成因，并观察一段时间，确认已稳定后，再按静止裂缝的修理方法进行修补。不能完全消除成因，但确认对结构、构件的安全性不构成危害时，可使用具有弹性或柔韧性较好的材料进行修补。

5 尚在发展的裂缝应分析其原因，采取措施制止或减缓其发展，待裂缝停止发展后，再选择适宜的材料和方法进行修补或加固。

5.2 裂缝调查

5.2.1 裂缝调查分为基本调查、补充调查及专题研究。裂缝调查应制定详细的调查方案，明确调查手段和调查方法。

5.2.2 基本调查应包括下列内容，具体见附录 B.2.1 条。

1 裂缝状况。

- 2 裂缝附近情况。
 - 3 裂缝发展情况。
 - 4 影响使用情况。
 - 5 设计资料。
 - 6 安全监测资料。
 - 7 施工情况。
 - 8 建筑物运行及周围环境情况。
- 5.2.3 补充调查应包括下列内容，具体见附录 B.2.2 条。
- 1 建筑物结构尺寸。
 - 2 混凝土劣化度。
 - 3 钢筋及其锈蚀状况。
 - 4 实际作用（荷载）。
 - 5 基础变形。
 - 6 裂缝详查。
 - 7 建筑物运行及环境变化条件的详查。
- 5.2.4 专题研究应包括下列内容，具体见附录 B.2.3 条。
- 1 结构计算。
 - 2 混凝土材料试验。
 - 3 构件静荷载试验。
 - 4 结构振动试验。
- 5.2.5 裂缝调查可采用附录 B.2.4 条所列调查仪器和调查方法。

5.3 裂缝成因分析

- 5.3.1 裂缝成因分析应符合下列程序：
- 1 应根据基本调查结果与附录 B 表 B.3 对照分析开裂原因。
 - 2 根据基本调查结果不能推断开裂原因时，应进行裂缝补充调查，并根据补充调查结果对照附录 B 表 B.3 分析开裂原因。
 - 3 根据补充调查结果仍不能推断开裂原因时，应进行专题

研究。

5.3.2 应根据裂缝宽度、裂缝深度、裂缝走向、裂缝宽度变化趋势等，并结合裂缝成因分析结果，对裂缝类型进行判别。

5.3.3 应根据裂缝调查结果及裂缝成因分析结果，结合设计对水工建筑物提出的使用要求，对出现裂缝的水工建筑物做出修补或补强加固的判断。

5.4 裂缝修补技术

5.4.1 水工建筑物混凝土裂缝修补可采用喷涂法、粘贴法、灌浆法、充填法、结构补强法、附加钢筋法、外部施加预应力法、碳纤维加固法等。选用时宜遵循下列原则：

- 1 喷涂法宜用于修补宽度不大于 0.3mm 的表层微细裂缝。
- 2 粘贴法分为表面粘贴法和开槽粘贴法两种，前者宜用于修补宽度不大于 0.3mm 的表层裂缝，后者宜用于修补宽度大于 0.3mm 的表层裂缝。
- 3 灌浆法分为低压慢注法和压力注浆法两种，前者宜用于修补宽度为 0.2~1.5mm 静止的独立裂缝、贯穿性裂缝以及蜂窝状局部缺陷；后者宜用于修补大型结构贯穿性裂缝、大体积混凝土的蜂窝状严重缺陷以及深而蜿蜒的裂缝。
- 4 充填法宜用于修补宽度大于 0.5mm 的活动裂缝和静止裂缝。
- 5 结构补强法包括增大断面法、锚固法、预应力法等，宜用于处理因结构超载产生的裂缝、裂缝长时间不处理导致混凝土强度降低、火灾造成的裂缝影响结构强度等。施工应按第 6 章的规定执行。
- 6 附加钢筋法、外部施加预应力法、碳纤维加固法宜用于修补贯穿性裂缝。施工应按第 6 章的规定执行。

5.4.2 喷涂法施工应符合下列要求：

- 1 表面喷涂材料可选用环氧树脂类、聚酯树脂类、聚氨酯类、改性沥青类等涂料。

2 喷涂法施工应满足下列工艺要求:

- 1) 用钢丝刷或风砂枪清除表面附着物和污垢,并凿毛、冲洗干净。
- 2) 用树脂类材料充填混凝土表面气孔。混凝土表面凹凸不平的部位应先涂刷一层树脂基液,后用树脂砂浆抹平。
- 3) 喷涂或涂刷 2~3 遍。第一遍喷涂应采用经稀释的涂料。涂膜总厚度应大于 1mm。

5.4.3 粘贴法施工应符合下列要求:

1 粘贴材料可选用橡胶片材、聚氯乙烯片材等。

2 表面粘贴法施工应满足下列工艺要求:

- 1) 用钢丝刷或风砂枪清除表面附着物和污垢,并凿毛、冲洗干净。
- 2) 粘贴片材前使基面干燥,并涂刷一层胶粘剂,再加压粘贴刷有胶粘剂的片材。

3 开槽粘贴法施工应满足下列工艺要求:

- 1) 沿裂缝凿矩形槽,槽宽 180~200mm、槽深 20~40mm、槽长超过缝端 150mm,并清洗干净。
- 2) 槽面涂刷一层树脂基液,再用树脂基砂浆找平。
- 3) 沿缝铺设 50~60mm 宽的隔离膜,再在隔离膜两侧干燥基面上涂刷胶粘剂,粘贴刷有胶粘剂的片材,并用力压实。
- 4) 槽两侧面涂刷一层胶粘剂,回填弹性树脂砂浆,并压实抹光。回填后表面应与原混凝土面齐平,结构示意图见附录 B 图 B.4.1-1。

5.4.4 充填法施工应符合下列要求:

1 充填材料应根据裂缝的类型进行选择。静止裂缝可选用水泥砂浆、聚合物水泥砂浆、树脂砂浆等;活动裂缝宜选用弹性树脂砂浆和弹性嵌缝材料等。

2 静止裂缝充填法施工应满足下列工艺要求:

- 1) 沿裂缝凿 V 形槽, 槽宽、深 50~60mm, 并清洗干净。
- 2) 槽面应涂刷基液, 涂刷树脂基液时应使槽面处于干燥状态, 涂刷聚合物水泥浆时应使槽面处于潮湿状态。
- 3) 向槽内充填修补材料, 并压实抹光。
- 3) 活动裂缝充填法施工应满足下列工艺要求:
 - 1) 沿裂缝凿 U 形槽, 槽宽、深 50~60mm, 并清洗干净。
 - 2) 用砂浆找平槽底面, 并铺设隔离膜。
 - 3) 用胶粘剂涂刷槽侧面, 再嵌填弹性嵌缝材料, 并用力压实。
 - 4) 回填砂浆应与原混凝土面齐平, 结构示意图见附录 B 图 B.4.1-2。

5.4.5 灌浆法施工应符合下列要求:

1 灌浆材料应根据裂缝的类型选择, 静止裂缝可选用水泥浆材、环氧浆材、高强水溶性聚氨酯浆材等; 活动裂缝可选用弹性聚氨酯浆材等。

2 宽度不小于 0.2mm 的裂缝, 宜按 200mm 等间距设置灌浆孔; 宽度小于 0.2mm 的裂缝, 宜按 100~150mm 等间距设置灌浆孔。

3 灌浆法施工应满足下列工艺要求:

- 1) 按设计要求布置灌浆孔。
- 2) 钻孔、洗孔、埋设灌浆管。
- 3) 沿裂缝凿宽、深 50~60mm 的 V 形槽, 并清洗干净, 在槽内涂刷基液, 用砂浆嵌填封堵。
- 4) 压水检查。孔口压力为 50%~80% 设计灌浆压力, 宜为 0.2~0.4MPa。
- 5) 垂直裂缝和倾斜裂缝灌浆应从深到浅、自下而上进行; 接近水平状裂缝灌浆可从低端或吸浆量大的孔开始; 灌浆压力宜为 0.2~0.5MPa, 当进浆顺利时可

适当降低灌浆压力。

6) 灌浆结束封孔时的吸浆量应小于 $0.02\text{L}/5\text{min}$ 。

7) 在浆材固化强度达到设计要求后,再钻检查孔进行压水试验,检查孔单孔吸水量应小于 $0.01\text{L}/\text{min}$,不合格时应补灌。

8) 水泥灌浆施工应按 SL 62 的规定执行。

9) 灌浆宜在低温季节或裂缝开度大时进行。

5.4.6 裂缝修补材料、施工环境和养护应符合下列要求:

1 应选用标号不低于 42.5 的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥,受侵蚀性介质影响或有特殊的要求时,按有关规范或通过试验选用。

2 应选用质地坚硬、清洁、级配良好的中砂,砂的细度模数宜为 $2.4\sim 2.6$ 。

3 各种混凝土及砂浆的配合比应通过试验确定。

4 常用修补材料可按附录 B.4 表 B.4.2 选用。

5 修补施工前宜进行工艺性试验。

6 修补施工宜在 $5\sim 25^{\circ}\text{C}$ 环境条件下进行,不应在雨雪或大风等恶劣气候的露天环境下进行。

7 树脂类修补材料宜干燥养护不少于 3d;水泥类修补材料应潮湿养护不少于 14d;聚合物水泥类材料应先潮湿养护 7d,再干燥养护不少于 14d。

6 补强加固

6.1 一般规定

6.1.1 混凝土结构经确认需要加固时,应进行加固设计。

6.1.2 当出现下列情况时,应进行补强加固:

1 设计或施工不当、材料质量不符合要求、使用功能改变、遭受灾害以及工程老化等原因导致混凝土结构强度不满足要求。

2 裂缝、水体中有害离子侵蚀、化学腐蚀等引起建筑物混凝土结构强度降低不满足要求。

3 水工混凝土结构强度不满足抗震要求。

4 出现深层裂缝和贯穿性裂缝且对结构面有较大削弱,导致结构强度降低不满足要求。

6.1.3 补强加固设计与施工应遵循下列原则:

1 水工混凝土结构加固设计应与施工方法紧密结合,并采取有效措施,保证与原结构连接可靠,能够协同工作。

2 因振动、冻融、高温、腐蚀、坝基不均匀沉降导致的水工混凝土结构损伤破坏,应在加固设计中提出相应的处理对策,再进行加固。

3 水工混凝土结构的加固应不损伤原结构,并保留具有利用价值的结构构件,避免不必要的拆除或置换。

4 加固施工过程中,若发现原结构或相关工程隐蔽部位的构造有严重缺陷时,应立即停止施工,采取有效措施进行处理后,方可继续加固施工。

5 加固施工应采取必要的安全防护措施。

6 补强加固验收应按 GB 50550 的规定执行。

6.2 补强加固技术

6.2.1 补强加固可采用灌浆法、锚固法、预应力法、粘贴玻璃

钢法、粘贴碳纤维法、粘贴钢板（筋）法、增大断面法、喷射混凝土法、置换混凝土法、外包钢法等。选用时宜遵循下列原则：

- 1 灌浆法宜用于深层裂缝和贯穿裂缝的补强加固。
- 2 锚固法包括采用普通锚杆、预应力锚索（杆）加固，宜用于影响建筑物抗滑稳定或整体受力的裂缝的加固，地基、边坡、地下洞室的岩体及水工混凝土结构的加固。
- 3 预应力法宜用于因强度不足而开裂部位的补强加固及钢筋混凝土梁、板、柱和桁架的加固：

- 1) 原构件截面偏小或需要增加其使用荷载。
- 2) 原构件需要改善其使用性能。
- 3) 原构件处于高应力、应变状态，且难以直接卸除其结构上的荷载。

4 粘贴玻璃钢法和粘贴碳纤维法宜用于钢筋混凝土梁、板、轴心受压、大偏心受压及受拉构件的加固。

5 粘贴钢板（筋）法宜用于承受静力作用且处于正常湿度环境中的钢筋混凝土受弯、大偏心受压和受拉构件的加固。

6 增大断面法宜用于钢筋混凝土受弯、受压构件的加固。

7 植筋法宜用于钢筋混凝土结构构件的锚固。

8 喷射混凝土法宜用于边坡、地下洞室、水工隧洞的加固。

9 置换混凝土法宜用于受压区混凝土强度偏低及有严重缺陷的梁、柱混凝土承重构件加固。

10 外包钢法宜用于不允许显著增大截面尺寸，但又要求大幅度提高其承载力的混凝土构件的加固。

6.2.2 灌浆法施工应符合下列要求：

1 灌浆材料可选用水泥类浆材、环氧类浆材、高强水溶性聚氨酯浆材和甲凝浆材等。

2 灌浆法施工应按 5.4.5 条的规定执行。

6.2.3 锚固法施工应符合下列要求：

1 锚杆施工除应按 SL 377 的规定执行外，还应符合下列要求：

- 1) 钻孔孔位偏差不应大于 100mm, 孔斜不应大于 3%, 超深不宜大于 100mm。
- 2) 钻孔应清洗干净, 孔内不得残留废渣、岩芯。
- 3) 对于水泥砂浆锚杆, 根据锚孔部位和方向, 可采用先注浆后插杆或先插杆后注浆的方法。先插杆后注浆时应安装排气管, 排气管距孔底 50~100mm。
- 4) 倾斜向上的锚杆插入钻孔后, 应在孔口处用铁楔或木楔固定锚杆, 并封闭孔口。

2 预应力锚索施工除应按 SL 46 的规定执行外, 还应符合下列要求:

- 1) 钻孔孔位偏差不应大于 100mm, 孔斜不应大于 3%。
- 2) 锚孔围岩灌浆应采用单钻单灌的方式分段进行, 段长不宜大于 8m。
- 3) 扫孔作业宜在灌浆后 1~3d 进行, 扫孔后应清洗干净, 孔内不应残留废渣、岩芯。
- 4) 承压垫座的承压面与锚孔轴线应保持垂直, 误差不应大于 0.5° , 垫座孔道中心线应与锚孔轴线重合。
- 5) 预应力锚束应经检验合格后吊装安放, 应根据锚孔的朝向合理选择填浆方式。
- 6) 设计张拉力、超张拉力、超张拉持荷稳压时间、超载安装力及张拉程序均应符合加固设计要求。

6.2.4 预应力法施工应符合下列要求:

- 1 应根据预应力吨位选用不同直径的预应力锚杆或锚索等材料。
- 2 预应力法施工除应按 SL 46 的规定执行外, 还应符合下列要求:
 - 1) 宜用钢筋探测器探查钢筋位置, 钻孔时避开钢筋。
 - 2) 预应力钢束或钢丝应做防锈处理。
 - 3) 施加预应力方向应与裂缝面垂直。

6.2.5 粘贴玻璃钢法施工应符合下列规定:

1 粘贴材料可选用环氧树脂、聚酯树脂等胶粘剂和玻璃丝布等。

2 粘贴玻璃钢法施工工艺：

1) 混凝土表面应清刷干净并保持干燥，用树脂腻子找平；有较大裂缝或缺陷时应做灌浆处理。

2) 玻璃丝布应除蜡，并用清水漂洗晾干。

3) 一次配制胶粘剂和腻料的数量不宜过多，应做到随配随用。

4) 基面涂刷胶粘剂，粘贴玻璃丝布，粘贴层数不宜少于3层，各层应无气泡、无折皱、密实平整。

5) 施工环境温度宜在 $10\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，不应在温度过高、过低或雨、雾天气施工。

6) 施工结束后宜干燥养护不少于3d。

6.2.6 粘贴碳纤维法施工应符合下列规定：

1 粘贴部位混凝土表层含水率应小于4%，环境温度应低于 50°C 。混凝土表面应露出结构本体，并保持洁净。构件转角应成圆弧状，半径不应小于20mm。

2 粘贴面平整度应达到5mm/m，转角部位应抹成平滑曲面，凹凸部位应找平。

3 胶料应严格按比例充分搅拌后配制。配制的胶料应无沉淀、色差、气泡，并应防止灰尘杂质混入胶料。

4 应按设计要求裁剪碳纤维，不应损坏横向织物面。涂抹粘结胶应均匀，敷贴碳纤维应平整无气泡。多层粘贴，可重复上述步骤，但宜在表面干燥后立即进行下一层粘贴施工。如间歇时间超过60min，应等12h后再行粘贴下一层。

5 最后一层碳纤维表面应涂抹粘结胶进行防护，涂抹应均匀充分。

6 粘贴完成并经固化后应进行密实度检验，密实度应符合CECS 146的规定。

6.2.7 粘贴钢板（筋）法施工应按6.2.5条的规定执行。

6.2.8 增大断面法施工应符合下列规定：

- 1 补强加固材料可选用水泥混凝土和聚合物混凝土。
- 2 增大断面法施工应满足下列工艺要求：
 - 1) 混凝土表面应凿毛、冲洗干净，并涂刷界面处理剂。
 - 2) 新老混凝土结合面应设置锚筋，间距宜为 300～400mm，锚固长度宜为锚筋直径的 15 倍。
 - 3) 新浇混凝土强度等级应高于老混凝土强度等级。
- 3 可埋设应变计等监测仪器进行混凝土应力监测。

6.2.9 喷射混凝土法施工除应按 SL 377 的规定执行外，还应符合下列要求：

- 1 喷射的混凝土应满足受喷面或受喷工程所需的抗压、抗拉、抗剪等强度要求；若有抗渗要求，还应达到设计的抗渗标号。
- 2 喷射的混凝土应与受喷面具有很好的粘附性。
- 3 应保证喷射混凝土的回弹率，水平喷射时不应大于 15%，向上喷射时不应大于 25%。
- 4 喷射混凝土作业区的粉尘浓度不应大于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。
- 5 喷射施工全过程，不应发生堵管漏喷或停喷。

6.2.10 置换混凝土法施工应符合下列规定：

- 1 加固梁式构件时，应对原构件进行有效的支撑。加固柱、墙等构件时，应对原结构、构件在施工全过程中的承载状态进行验算、观测和控制，置换界面处的混凝土不应出现拉应力，若控制有困难，应采取支顶等措施进行卸荷。
- 2 置换用混凝土的强度等级应比原构件混凝土高一级，且不应低于 C25。
- 3 混凝土的置换深度应符合下列规定：
 - 1) 板不应小于 40mm。
 - 2) 梁、柱采用人工浇筑时，不应小于 60mm，采用喷射法施工时，不应小于 50mm。
- 4 混凝土的置换长度应按混凝土强度和缺陷的检测及验算

结果确定。非全长置换时，两端应分别延伸不小于 100mm 的长度。

5 置换部分应位于构件截面受压区内，且应根据受力方向，将有缺陷混凝土剔除；剔除位置应在沿构件整个宽度的一侧或对称的两侧；不应仅剔除截面的一隅。

6.2.11 补强加固后宜进行效果检查。

7 渗漏处理

7.1 一般规定

7.1.1 发现渗漏现象时，应首先进行调查分析，查明原因，判断渗漏的危害性，决定是否处理。

7.1.2 渗漏处理应遵循“上截下排、以截为主、以排为辅、先排后堵”的原则。

7.1.3 渗漏处理方案应根据渗漏调查、成因分析及渗漏处理判断的结果，结合具体工程结构特点、环境条件（温度、湿度、水质等）、时间要求、施工作业空间限制，选择适当的修补方法、修补材料、工艺和施工时机，达到预期的修复目标。

7.1.4 防水堵漏宜靠近渗漏源头。对于建筑物本身渗漏的处理，凡有条件的，宜在迎水面堵截。

7.1.5 渗漏处理宜在枯水期内进行。

7.1.6 漏水封堵后表面应选用水泥防水砂浆、聚合物水泥砂浆或树脂砂浆等进行保护。

7.1.7 选择修补材料时，应考虑修补材料对水质的无污染性和修补材料在特定环境下的耐久性。

7.1.8 渗漏处理材料、施工环境和养护应符合 5.4.6 条的规定。

7.2 渗漏调查及成因分析

7.2.1 渗漏调查可分为基本情况调查、调查分析及专题研究。渗漏调查应制定调查方案，明确调查手段和调查方法。

7.2.2 基本情况调查应包括下列内容，具体见附录 C.1.1 条。

- 1 渗漏状况。
- 2 溶蚀状况。
- 3 安全监测资料。
- 4 设计资料。

- 5 施工情况。
 - 6 运行管理状况。
 - 7 建筑物使用功能、安全性、耐久性、美观等。
- 7.2.3 调查分析应包括下列内容：
- 1 渗漏状况详查，分析渗漏量与库水位、温度、湿度、时间的关系。
 - 2 工程水文地质状况和水质分析。
 - 3 按实际作用（荷载）进行设计复核。
 - 4 取样测定混凝土抗压强度、容重、抗渗等级和弹性模量等。
- 7.2.4 经基本情况调查和调查分析仍不能查明渗漏水来源及途径时，应进行专题研究。
- 7.2.5 渗漏调查可采用附录 C.1.2 条所列的方法。
- 7.2.6 应将渗漏调查结果与附录 C 表 C.2 进行对照分析，查找渗漏原因，并根据渗漏原因、渗漏性质及渗漏大小选择适当的渗漏处理方法。

7.3 集中渗漏处理

- 7.3.1 当集中渗漏的水压不大于 0.1MPa 时可采用直接堵漏法、导管堵漏法、木楔堵塞法等；当集中渗漏的水压大于 0.1MPa 时，可采用灌浆堵漏法。堵漏材料可选用快凝止水砂浆或水泥浆材、化学浆材。
- 7.3.2 直接堵漏法施工应满足下列工艺要求：
- 1 以漏点为圆心，剔成直径 $10\sim 30\text{mm}$ ，深 $20\sim 50\text{mm}$ 的圆孔，并用水冲洗干净。
 - 2 将快凝止水砂浆捻成与圆孔直径接近的锥形小团，待其将凝固之际，迅速堵塞于孔内，并向孔壁四周挤压，经 30s ，检查无渗漏后，表面抹防水面层。
- 7.3.3 导管堵漏法施工应满足下列工艺要求：
- 1 清除漏水孔壁的松动混凝土，凿成适合下管的孔洞。

2 将导管插入孔中,使渗漏水顺管导出。导管四周用快凝止水砂浆封堵,凝固后拔出导管。

3 按照直接堵塞法用快凝止水砂浆封堵导管孔。

7.3.4 木楔堵塞法施工应满足下列工艺要求:

1 将漏水处凿成圆孔,将铁管插入孔中,使渗漏水顺管导出,铁管长度应小于孔深。

2 在铁管四周用快凝止水砂浆封堵,凝固后将裹有棉纱的木楔打入铁管堵住渗漏水。

7.3.5 灌浆堵漏法施工应满足下列工艺要求:

1 将孔口扩成喇叭状,并冲洗干净。

2 用快凝砂浆埋设灌浆管,使渗漏水从管内导出,用高强砂浆回填管口四周至原混凝土面。

3 砂浆强度达到设计要求后进行顶水灌浆。

4 灌浆压力宜为 $0.2 \sim 0.4 \text{ MPa}$ 。灌浆堵漏法结构示意图见附录 C 图 C.3.1-1。

7.4 裂缝渗漏处理

7.4.1 裂缝渗漏处理可采用直接堵塞法、导渗止漏法和灌浆法等。

7.4.2 裂缝渗漏处理应先止漏后修补,裂缝修补应按第 5 章的规定执行。大坝上游面水平裂缝的渗漏处理应进行专项设计。

7.4.3 直接堵塞法施工应满足下列工艺要求:

1 沿缝面凿 U 形槽,并用水冲洗干净。

2 将快凝止水砂浆捻成条形,逐段塞入槽中,挤压密实,使砂浆与槽壁紧密结合,堵住漏水。

7.4.4 导渗止漏法可分为缝侧钻斜孔排水管导渗和缝内开槽排水管导渗两种方式。其施工应符合下列规定:

1 导渗管在缝的侧面时应满足下列工艺要求:

1) 在裂缝的一侧钻斜孔,斜孔穿过缝面,并在孔内埋设排水管导渗。

2) 裂缝修补后封闭排水管。结构示意图见附录 C 图 C.3.1-2。

2 导渗管在缝内时应满足下列工艺要求：

- 1) 沿漏水裂缝凿槽，并在裂缝渗漏较为集中的部位埋设排水管导渗（数量视渗漏的情况而定）。
- 2) 用棉丝等沿裂缝填塞，使渗漏水从排水管排出，再用快凝止水砂浆迅速封闭槽口，最后封闭排水管。

7.5 散 渗 处 理

7.5.1 散渗处理可采用表面涂抹粘贴法、喷射混凝土（砂浆）法、防渗面板法、灌浆法等。

7.5.2 表面涂抹粘贴法宜用于混凝土轻微散渗处理，材料可选用各种有机或无机防水涂料及玻璃钢等，施工应满足下列工艺要求：

- 1 混凝土表面凿毛，清除破损混凝土并冲洗干净。
- 2 采用快速堵漏材料对出渗点强制封堵，使混凝土表面干燥。
- 3 基面处理和涂抹施工按 5.4.2 条的规定执行。
- 4 粘贴玻璃钢施工按 6.2.5 条的规定执行。
- 5 粘贴法的粘贴材料可选用厚 3~6mm 的橡胶片材，施工按 5.4.3 条的规定执行。

7.5.3 喷射混凝土（砂浆）法施工应符合下列规定：

- 1 有渗水的受喷面宜采用干式喷射；无渗水的受喷面宜采用半湿式喷射或湿式喷射。
- 2 喷射厚度在 50mm 以下时，宜采用喷射砂浆；厚度为 50~100mm 时，宜采用喷射混凝土或钢丝网喷射混凝土；厚度为 100~200mm 时，宜采用钢筋网喷射混凝土或钢纤维喷射混凝土。
- 3 喷射混凝土（砂浆）施工应按 GB 50086 和 SL 377 的规定执行。

7.5.4 防渗面板施工应符合下列规定：

- 1 防渗面板材料可选用水泥混凝土、沥青混凝土等。
- 2 水泥混凝土施工应按 DL/T 5144 的规定执行。

7.5.5 灌浆法施工除应按 SL 62 的规定执行外，还应符合下列要求：

- 1 灌浆材料可选用水泥浆材或化学浆材。
- 2 灌浆孔可设置在坝上游面、廊道或坝顶处，孔距根据渗漏状况确定。
- 3 灌浆压力宜为 0.2~0.5MPa。
- 4 灌浆结束后散渗面应采用防水涂层防护。

7.6 变形缝渗漏处理

7.6.1 变形缝渗漏处理可采用嵌填法、粘贴法、锚固法、灌浆法及补灌沥青等。宜采用热沥青进行补灌，当补灌沥青有困难或无效时，可采用化学灌浆。

7.6.2 嵌填法的弹性嵌缝材料可选用橡胶类、沥青基类或树脂类等，施工应满足下列工艺要求：

- 1 沿缝凿宽、深均为 50~60mm 的 V 形槽。
- 2 清除缝内杂物及失效的止水材料，并冲洗干净。
- 3 槽面涂刷胶粘剂，槽底缝口设隔离棒，嵌填弹性嵌缝材料。
- 4 回填弹性树脂砂浆，应与原混凝土面齐平。

7.6.3 锚固法施工应符合下列规定：

- 1 局部修补时应做好变形缝的止水搭接。
- 2 防渗材料可选用橡胶、紫铜、不锈钢等片材，锚固件可采用锚固螺栓、钢压条等。
- 3 锚固金属片材施工应满足下列工艺要求：
 - 1) 沿缝两侧凿槽，槽宽 350mm，槽深 80~100mm。
 - 2) 在缝两侧各钻一排锚栓孔，排距 250mm，孔径 22~25mm，孔距 500mm、孔深 300mm，并冲洗干净。

预埋锚栓。

- 3) 清除缝内堵塞物，嵌入沥青麻丝。
- 4) 挂橡胶垫，再将金属片材套在锚栓上。
- 5) 安装钢垫板、拧紧螺母压实。
- 6) 片材与缝面之间充填密封材料，片材与坝面之间充填弹性树脂砂浆，结构示意图见附录 C 图 C.3.1-3。

4 锚固橡胶板施工应满足下列工艺要求：

- 1) 沿缝两侧各 300mm 范围将混凝土面修理平整。
- 2) 凿 V 形槽，槽宽、深 50~60mm，并冲洗干净。
- 3) 在缝两侧各钻一排锚栓孔，排距 500mm，孔径 40mm，孔深 400mm，孔距 500mm。
- 4) 用高压水冲洗钻孔，将树脂砂浆放入孔内，插入直径 20mm、长 450mm 的锚栓，锚栓应垂直迎水面。
- 5) V 形槽内涂刷胶粘剂，铺设隔离棒再嵌填嵌缝材料。
- 6) 在锚栓部位浇一层宽 120mm 树脂砂浆垫层找平。
- 7) 根据锚栓位置，在橡胶片上开孔，将宽 600mm、厚 6mm 的橡胶片套在锚栓上，及时安装压板，拧紧螺母。结构示意图见附录 C 图 C.3.1-4。

7.6.4 灌浆法施工应满足下列工艺要求：

- 1 灌浆材料可选用弹性聚氨酯、改性沥青浆材等。
- 2 沿缝凿宽、深 50~60mm 的 V 形槽。
- 3 在处理段的上、下端骑缝钻止浆孔，孔径 40~50mm，孔深不应超过原止水片，清洗后用树脂砂浆封堵。
- 4 骑缝钻灌浆孔，孔径 15~20mm，孔距 500mm，孔深 300~400mm。
- 5 用压力水冲洗钻孔，将直径 10~15mm、长 150~200mm 灌浆管埋入钻孔内 50mm，密封灌浆管四周。
- 6 冲洗槽面，用快凝止水砂浆嵌填。
- 7 逐孔洗缝，控制管口风压 0.1MPa，水压 0.05~0.1MPa。
- 8 灌浆前对灌浆管进行通风检查，风压不应超过 0.1MPa。

9 自下而上逐孔灌注，灌浆压力宜为 $0.2 \sim 0.5 \text{ MPa}$ ，灌至基本不吸浆时并浆，后结束灌浆。

7.6.5 补灌沥青法施工应符合下列规定：

- 1 沥青井加热可采用电加热法或蒸汽加热法。
- 2 蒸汽加热时，加热前用风水轮换冲洗加热管，加热的进气压力宜为 $0.3 \sim 0.4 \text{ MPa}$ ，回气压力宜为 $0.1 \sim 0.2 \text{ MPa}$ ，持续加热 $24 \sim 36 \text{ h}$ 。
- 3 井内沥青膏加热温度应控制在 $120 \sim 150^\circ\text{C}$ 。
- 4 应检查沥青熔化和老化程度。
- 5 补灌的沥青膏配比应由试验确定。
- 6 补灌的沥青膏经熔化熬制后灌注井内，灌注后膏面应低于井口 $0.5 \sim 1.0 \text{ m}$ 。
- 7 沥青灌注完成后应对井口、管口加盖保护。

7.7 基础及绕坝渗漏处理

7.7.1 帷幕深度不够或帷幕失效，混凝土与基岩接触面产生渗漏等原因引起的基础渗漏，可采用灌浆法进行处理。基础排水设施堵塞无法疏通时应补设排水孔。

7.7.2 基础渗漏处理应采取“以截为主，以排为辅”的原则。绕坝渗漏处理宜采取封堵的措施，封堵后仍有少量漏水时，可增设排水设施。

7.7.3 灌浆法施工除应按 SL 62 的规定执行外，还应符合下列要求：

- 1 接触面接触灌浆，孔深应钻至基岩面以下 2 m 。当同时补做帷幕时，接触段灌浆应单独划分为一孔段，并先行灌浆。
- 2 防渗性能差的帷幕应加密灌浆孔。
- 3 断层破碎带垂直或斜交于坝轴线、贯穿坝基且渗漏严重时，应加深加厚灌浆帷幕。
- 4 帷幕孔深不大于 8 m 宜采用风钻钻孔，超过 8 m 的深孔宜采用机钻钻孔。机钻孔的孔径宜为 $75 \sim 91 \text{ mm}$ ，检查孔的孔径

应不小于 110mm。

5 灌浆压力宜通过试验确定。

7.7.4 绕坝渗漏处理应符合下列规定：

1 山体岩石比较破碎时宜采用水泥灌浆做防渗帷幕；山体岩石节理裂隙发育时宜采用水泥灌浆或化学灌浆做防渗帷幕。

2 岩溶渗漏可采用灌浆、堵塞、阻截、铺盖和下游导排等处理措施。

3 岸坡坝肩下游应布置导渗排水设施。

4 土质岸坡宜采用上游回填黏性土等防渗铺盖与下游而增设反滤、排水设施相结合的方法。

5 岩溶地区、断层裂隙较多、大裂隙地区的绕坝渗漏可采用级配料灌浆技术进行处理，施工应按 SL 210 的规定执行。

8 剥蚀、磨损、空蚀及碳化修理

8.1 一般规定

8.1.1 混凝土出现剥蚀、磨损、空蚀、碳化等现象时应及时进行检查,并根据检查结果进行评估,必要时进行修补。

8.1.2 修理前应进行剥蚀、磨损、空蚀及碳化调查,调查应制定调查方案,明确调查手段和调查方法。

8.1.3 剥蚀、磨损、空蚀、碳化修理应遵循下列原则:

1 应以“凿旧补新”方式为主,即清除损伤的老混凝土,浇筑回填能满足特定耐久性要求的修补材料。

2 清除损伤的老混凝土时,应保证不损害周围完好的混凝土,凿除厚度应均匀,不应出现薄弱断面。

3 应选用工艺成熟、技术先进、经济合理的修补材料,并按有关规范和产品指南严格控制施工质量。

8.1.4 修理完成后应加强养护工作,宜避免或延缓剥蚀、磨损、空蚀、碳化现象的再次发生。

8.1.5 基面处理应符合下列规定:

1 剥蚀损伤的混凝土应凿除并清理干净。

2 应采用圆片锯等切槽,形成整齐规则的边缘,轮廓线间夹角不宜小于 90° 。

3 对钢筋锈蚀引起的剥蚀,混凝土凿除时应暴露钢筋的锈蚀面,并进行除锈处理。

4 采用水泥基材料修补时,基面应吸水饱和,但表面不应有明水;采用树脂基材料修补时,基面宜保持干燥或满足修补材料允许的湿度要求。

5 回填修补材料前,基面应涂刷与修补材料相适应的基液或界面粘结材料。

6 修补厚度大于150mm时,应布设锚筋。

8.1.6 修补材料选择应符合下列规定:

1 修补厚度小于 20mm 时宜选用聚合物水泥砂浆或树脂砂浆;厚度为 20~50mm 时宜选用水泥基砂浆;厚度为 50~150mm 时宜选用一级配混凝土;厚度大于 150mm 时宜选用二级配混凝土。

2 选择修补材料时应遵循性能相似原则,修补材料的力学性能和物理性能应与基底混凝土相似。

8.1.7 修补材料回填施工应符合下列规定:

1 回填低流动性砂浆和混凝土时,应振捣密实并及时抹面,抹面时应反复揉压、拍打,但不应加水,高强硅粉混凝土抹面后应立即覆盖保湿。

2 修补材料应在界面粘结材料适用时间内回填。

3 修补表面应光滑平整。

4 过流面大体积混凝土的修补施工,宜采用滑模、真空作业。

8.1.8 修理材料、施工环境和养护应符合 5.4.6 条的规定。

8.2 剥蚀、磨损、空蚀及碳化调查

8.2.1 应根据水工建筑物的运行工况,定期对易遭受冲磨与空蚀破坏的混凝土结构进行观测与检查,及时编写检测报告。

8.2.2 冻融剥蚀调查分为基本调查、补充调查和专题研究。冻融剥蚀的调查应包括下列内容:

1 基本调查应包括下列内容,具体见附录 D.1.1 条。

1) 剥蚀的部位特征。

2) 气温特性。

3) 剥蚀区特征。

4) 设计资料。

5) 施工情况。

6) 管理状况。

7) 影响运行情况。

2 补充调查应包括混凝土抗压强度、动弹性模量、抗冻等级、抗渗等级检测等,必要时可对损伤混凝土进行微观结构分析。

3 经补充调查仍不能判断剥蚀原因时,应进行专题研究。

4 若剥蚀破坏是由多种因素叠加引起,还应进行室内材料试验、模型试验和强度复核等专题研究。

8.2.3 钢筋锈蚀剥蚀调查分为基本调查和补充调查。钢筋锈蚀剥蚀调查应包括下列内容:

1 基本调查应包括下列内容,具体见附录 D.1.2 条。

- 1) 混凝土剥蚀情况。
- 2) 钢筋状况。
- 3) 运行及环境条件。
- 4) 设计资料。
- 5) 施工情况。
- 6) 管理情况。

2 补充调查应包括下列内容:

- 1) 混凝土剥落的特征、施工缺陷等。
- 2) 混凝土抗压强度、抗渗等级、碳化深度、氯离子含量检测等,必要时可进行微观结构分析。
- 3) 钢筋锈蚀情况及强度检测。
- 4) 环境有害介质及其含量的检测。

3 钢筋锈蚀剥蚀调查方法见附录 D.1.4 条。

8.2.4 磨损和空蚀调查分为基本调查、补充调查、水工模型试验和专题研究。磨损和空蚀调查应包括下列内容:

1 基本调查应包括下列内容,具体见附录 D.1.3 条。

- 1) 磨损和空蚀状况。
- 2) 过水情况。
- 3) 泥沙特性。
- 4) 过水面不平整度。
- 5) 磨损和空蚀的发展过程。

- 6) 设计资料。
 - 7) 施工情况。
 - 8) 管理状况。
 - 2 补充调查应包括下列内容:
 - 1) 校核结构物的体形和尺寸。
 - 2) 复核水力计算书及水工模型试验报告。
 - 3) 过水面状况详查: 冲坑、冲沟、裂缝、混凝土强度等。
 - 3 经补充调查仍不能断定空蚀原因时, 应进行水工模型试验和专题研究。
 - 4 泄水建筑物经短期运行即发生较严重磨蚀破坏, 或长期运行发生周期性、重复性破坏时, 应重新审查与评估结构布置与体形设计的合理性, 必要时通过模型试验再行论证。
- 8.2.5 混凝土碳化修理前应进行碳化深度调查。碳化深度调查方法见附录 D.1.5 条。

8.3 剥蚀、磨损及空蚀成因分析

- 8.3.1 应将冻融剥蚀调查结果与附录 D 表 D.2.1 中所列原因进行对照分析, 并根据成因、部位、剥蚀程度、剥蚀规模等综合考虑选择适当的处理方法。
- 8.3.2 应将钢筋锈蚀剥蚀调查结果与附录 D 表 D.2.2 所列原因进行对照分析, 并根据成因、部位、剥蚀程度、剥蚀规模等综合考虑选择适当的处理方法。
- 8.3.3 应将磨损和空蚀破坏调查结果与附录 D 表 D.2.3 所列原因进行对照分析, 并根据成因、部位、磨损和空蚀程度、磨损和空蚀规模等综合考虑选择适当的处理方法。

8.4 冻融剥蚀及碳化修理

- 8.4.1 冻融剥蚀修理前应先凿除损伤混凝土, 然后回填能满足抗冻要求的修补材料, 并采取止漏、排水等措施。

8.4.2 冻融剥蚀和碳化修理施工应符合下列规定：

1 基层处理按 8.1.5 条的规定执行。

2 修补材料浇筑回填宜分层施工，且在上一层修补材料浇筑完成但尚未初凝或完全固化前浇筑下一层。如上一层凝固或固化后施工下一层，应凿毛上一层表面，并涂刷粘结剂。

8.4.3 修补材料应符合下列规定：

1 修补材料可选用水泥基修补材料和树脂基修补材料等；冻融剥蚀修补材料的抗冻等级应符合 SL 191 的规定。

2 配制抗冻混凝土及砂浆所用原材料除应符合 DL/T 5144 的规定外，还应符合下列要求：

1) 应选用强度等级不低于 42.5 的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥。

2) 应掺用引气剂和减水剂，质量应符合 GB 8076 的规定。

3) 可掺用硅粉或 I 级粉煤灰，硅粉应符合《水工混凝土硅粉品质标准暂行规定》的规定，粉煤灰应符合 GB 1596 的规定，粉煤灰和硅粉的掺量应通过试验确定。

4) 砂的细度模数宜为 2.3~3.0；骨料中含有活性骨料成分时，应进行专门试验论证。

3 混凝土、砂浆的配合比应通过试验确定，抗冻性能试验应按 SL 352 的规定执行。对不具备抗冻试验条件的小规模修补工程，其混凝土的含气量、水灰比应按 SL 211 的规定选用，抗冻砂浆的含气量不应低于 7%。

8.4.4 常用冻融剥蚀、碳化修补材料见附录 D 表 D.3.1、表 D.3.2。

8.5 钢筋锈蚀引起的混凝土剥蚀修理技术

8.5.1 钢筋锈蚀剥蚀修补应符合下列规定：

1 对碳化引起的钢筋锈蚀，应将保护层全部凿除，处理锈蚀钢筋，用高抗渗等级的混凝土或砂浆修补，并用防碳化涂料

防护。

2 对氯离子侵蚀引起的钢筋锈蚀，应凿除受氯离子侵蚀损坏的混凝土，处理锈蚀钢筋，用高抗渗等级的材料修补，并用涂层防护。

8.5.2 修补材料应符合下列规定：

1 修补材料宜选用抗渗等级不低于 W12 的水泥混凝土及砂浆、聚合物水泥混凝土及砂浆，对遭受严重侵蚀的部位可选用树脂混凝土及砂浆。

2 修补材料的性能不应低于建筑物材料原设计指标。

3 配制水泥混凝土及砂浆所用原材料除应符合 DL/T 5144 的规定外，还应符合下列要求：

1) 有氯离子侵蚀的环境中，水泥混凝土和砂浆应掺用钢筋阻锈剂，聚合物水泥砂浆及混凝土和硅粉砂浆及混凝土可掺用阻锈剂。

2) 掺用的硅粉和粉煤灰的品质应符合 8.4.3 条的规定。

4 混凝土及砂浆的水灰比宜小于 0.40。

8.5.3 常用钢筋锈蚀剥蚀修补材料见附录 D 表 D.3.1、表 D.3.2。

8.6 磨损和空蚀修理技术

8.6.1 空蚀修理可通过修改体型、控制和处理不平整度、设置通气设施等降低空蚀强度的方法，也可采用高抗空蚀材料护面的方法，同时在运行过程中通过改变泄流运行方式降低空蚀危害。

8.6.2 磨损和空蚀破坏修理应符合下列规定：

1 磨损破坏应采用高抗冲耐磨材料进行修补；空蚀破坏应采用高抗空蚀材料进行修补。

2 空蚀破坏修理应遵循下列原则：

1) 若空蚀为体形不合理原因引起，应修改体形。

2) 若空蚀为表面不平整原因引起，应对表面进行处理，处理后的不平整度应符合 SL 253 的规定。

3) 应增设通气减蚀设施。

8.6.3 磨损和空蚀破坏的修补可选用下列材料：

1 修补悬移质磨损破坏可选用高强硅粉混凝土（及砂浆）、高强硅粉铸石混凝土（及砂浆）、铸石板等。

2 修补推移质冲磨破坏可选用高强铁矿石硅粉混凝土（及砂浆）、高强硅粉混凝土（及砂浆）等。

3 修补空蚀破坏可选用高强硅粉钢纤维混凝土、高强硅粉混凝土（及砂浆）、聚合物水泥混凝土（及砂浆）等，温度变化不大或经常处于水下的部位也可选用树脂混凝土（及砂浆）。

8.6.4 常用磨损和空蚀修补材料见附录 D 表 D.3.1、表 D.3.2。

9 水下修补与清淤（渣）

9.1 一般规定

9.1.1 水库水位无法降低至需修补缺陷部位高程以下，或无法排干水工建筑物内的充填水，或降低水位与排干充填水措施与水下修补相比费用较高时，应进行水下修补。水下淤积物影响枢纽正常运行或效益发挥时，应进行水下清淤（渣）。

9.1.2 水下修补和水下清淤（渣）前应开展水下调查工作。水下调查前应根据调查对象、调查项目和调查要求等选择水下调查手段，制定水下调查方案，并按编制的方案实施。

9.1.3 水下修补宜采用无毒、无污染的环保材料。

9.1.4 水下修补完成后宜对水下修补效果进行检查。

9.2 水下调查

9.2.1 修补水下调查内容应包括损坏部位、规模、程度及周边障碍、淤积等。清淤（渣）水下调查内容应包括水下地形测量、堆渣和淤积物的块度大小、分布等。

9.2.2 水下调查宜采用潜水、水下摄影、水下电视、水下机器人、水下多波束和水上仪器探测等方式。水下调查应进行水下定位，以确定缺陷所在的位置。

9.2.3 水下调查后应及时整理资料、绘制成图、编辑照片或录像、提出水下调查报告。

9.2.4 对于深度和难度较大的水下调查，应聘请专业队伍开展工作。

9.2.5 根据水下调查结果，对照附录 B 和附录 C 分析损坏原因，并做出是否修补的判断。

9.3 水下修补内容与技术

9.3.1 水下修补可采用潜水法或沉柜、侧壁沉箱、钢围堰法等。沉柜法宜用于水深 2.5~12.5m 水下结构水平段和缓坡段的修补，侧壁沉箱法宜用于水下结构的垂直段和陡坡段的修补，钢围堰法宜用于闸室等孔口部位的修补，潜水法可用于水下各类修补。

9.3.2 水下清理应符合下列规定：

- 1 清除表面淤积物，凿除混凝土损坏部分，并冲洗干净。
- 2 水下临时、废弃建筑物或岩石可采用水下爆破清除。
- 3 浇筑混凝土的清理范围应为浇筑区以外 1.5~2.0m。

9.3.3 水下电焊与切割的操作技术应遵守有关作业安全规程的规定。

9.3.4 水下爆破应符合 DL/T 5389 和 GB 6722 的有关规定外，还应符合下列要求：

- 1 水下爆破应经充分的论证和必要的现场试验，制定爆破方案。
- 2 应采用抗水的或经防水处理的爆破器材。
- 3 应采用电或塑料导爆管起爆方式，不应使用导火索起爆方式。
- 4 爆破前应对爆区周围重要建（构）筑物、设施进行安全防护。
- 5 爆破前应撤离爆破影响范围内的船只、可移动的设施、人员等。
- 6 应明确爆破冲击波（水击波）和爆破振动的安全控制标准，并加强监测。

9.3.5 水下钻孔机具可选用风钻、液压钻或机钻等。

9.3.6 水下锚固可采用锚筋锚固、锚栓锚固。锚筋锚固宜用于水下混凝土浇筑，锚栓锚固宜用于水下修补锚贴固定。锚固剂可

选用水泥基或树脂类等。

9.3.7 水下嵌缝宜用于迎水面的裂缝、变形缝的修补，施工应符合下列规定：

- 1 凿槽、嵌缝的施工工艺应按 5.4.3 条的规定执行。
- 2 凿槽可选用风镐、液压机具、高压水枪等，槽面清洗可选用钢丝刷、液压刷或高压水等。
- 3 嵌缝材料可选用水下聚合物水泥砂浆、水下树脂砂浆等。

9.3.8 水下锚固、水下灌浆宜用于水下裂缝、变形缝的修补处理。施工工艺应分别按 7.6.3 条和 7.6.4 条的规定执行，嵌缝应采用水下嵌缝材料。

9.3.9 水下混凝土施工应符合下列规定：

- 1 水下混凝土浇筑可采用导管法、泵压法、倾注法、袋装叠置法，宜优先采用导管法。导管法施工技术要求应按附录 E 的规定执行。浇筑水下不分散混凝土时，其直接通过水深不应大于 500mm。
- 2 水下混凝土浇筑前应按 9.3.2 条的规定清理基面。
- 3 水下模板工程除应按 DL/T 5144 的规定执行外，还应符合下列要求：
 - 1) 应按双向受力条件设计。
 - 2) 应选用钢模或钢木混合结构，模板应密封、不透水。
- 4 水下混凝土施工可采用水下电视监控并录像。

9.3.10 常用水下修补材料见附录 E.2 表 E.2。

9.4 水下清淤（渣）

9.4.1 水下清淤（渣）宜优先利用大坝自有的冲淤建筑物进行水力冲淤。如无冲淤建筑物或水力冲淤不能满足要求时，可采用吸管法和机械挖除法等方法。

9.4.2 吸管法宜用于粒径小于 100mm 的淤积物清理，施工应符合下列规定：

- 1 应由潜水员进行吸管的水下定位和移动，管口宜高出淤

积面 100mm。

2 清淤时，潜水员距吸管的安全距离应大于 2m。

3 供风压力应由现场试验确定。

9.4.3 机械挖除法宜用于粒径大于 100mm 的淤积物和堆渣的清理，施工应符合下列规定：

1 近岸边、水深较浅的部位可选用风镐、索铲等开挖机具；水深较深的部位可选用抓斗船、挖泥船等开挖机具。

2 开挖机具定位导向标志可采用浮标、GPS 等。

3 开挖不应损坏已有建筑物。

4 开挖渣料和淤积物应运至指定地点。

9.4.4 清淤（渣）完成后应进行水下地形测量，对清挖效果进行检查。水下清渣和清淤后高程应满足要求，对于流道内可能影响发电机组安全的淤积物和块渣应清理干净。

附录 A 常用防护方法与材料

表 A 常用防护材料与施工方法

名称或类型	适用范围	施工方法
环氧砂浆涂料	防碳化、防氯离子渗透、耐磨、耐化学侵蚀	人工刷涂、高压无气喷涂
呋喃改性环氧涂料	防碳化	人工刷涂、高压无气喷涂
环氧沥青厚浆涂料	防碳化、防氯离子渗透、耐磨、耐化学侵蚀	人工刷涂、高压无气喷涂
丙烯酸涂料	防碳化	人工刷涂、高压无气喷涂
聚氨酯涂料	防碳化、防氯离子渗透、耐冻、耐化学侵蚀	刷涂、喷涂、高压无气喷涂
氯丁胶乳沥青防水涂料	防碳化、防氯离子渗透、防水、耐化学侵蚀	人工刷涂、高压无气喷涂
耐蚀类石材 耐蚀类陶瓷 耐蚀密实混凝土板	防碳化、防氯离子渗透、防水、耐酸蚀	耐蚀水泥砂浆衬砌
聚氯乙烯板、膜	耐酸蚀、防水	合成树脂胶粘剂粘贴
丙乳水泥涂料	防碳化	人工刷涂
注 1：化学侵蚀防护的设计与施工可按 GB 50046《工业建筑防腐蚀设计规范》和 GB 50212《建筑防腐蚀施工及验收规范》执行。 注 2：化学侵蚀防护工程量较大时，其材料、施工方法可根据侵蚀介质性质与浓度，结合一些成功防护实例，经过材料性能对比试验和现场工艺验证来确定。 注 3：防护用各类砂浆材料在附录 B、附录 C 和附录 D 中列出。		

附录 B 裂缝修补

B.1 钢筋混凝土结构允许最大裂缝宽度

表 B.1 钢筋混凝土结构允许的最大裂缝宽度

环境条件 类别	钢筋混凝土结构	预应力混凝土结构	
	最大裂缝宽度 /mm	裂缝控制等级	最大裂缝宽度 /mm
一	0.40	三	0.20
二	0.30	二	—
三	0.25	一	—
四	0.20	—	—
五	0.15	—	—

注 1: 当结构构件承受水压且水力梯度 $i > 20$ 时, 表列数字减小 0.05。
注 2: 结构构件的混凝土保护层厚度大于 50mm 时, 表列数字可增加 0.05。
注 3: 若结构构件表面设有专门的防渗面层等防护措施时, 最大裂缝宽度允许值可适当加大。
注 4: 表中规定适用于采用热轧钢筋的钢筋混凝土结构和采用预应力钢丝、钢绞线、螺旋钢筋及钢棒的预应力混凝土结构; 当采用其他类别的钢筋时, 其最大裂缝宽度控制要求可按专门标准确定。
注 5: 对于严寒地区, 当年冻融循环次数大于 100 时, 最大裂缝宽度适当减小。
注 6: 环境类别条件: 一类为室内正常环境; 二类为室内潮湿环境, 露天环境, 长期处于地下或水下的环境; 三类为淡水水位变动区, 有轻度化学侵蚀性地下水的地下环境, 海水水下区; 四类为海上大气区, 轻度盐雾作用区, 海水水位变化区, 中度化学侵蚀性环境; 五类为使用除冰盐的环境, 海水浪溅区, 重度盐雾作用区, 严重化学侵蚀性环境。
注 7: 裂缝控制等级: 一级为严格要求不出现裂缝的构件; 二级为一般要求不出现裂缝的构件; 三级为允许出现裂缝的构件。

B.2 裂缝调查内容与方法

B.2.1 基本调查内容应包括下列内容:

1 裂缝状况调查应包括下列内容:

1) 裂缝宽度。

- 2) 裂缝长度。
- 3) 混凝土建筑物的两个对应表面裂缝的位置是否对称，廊道内是否漏水，判断裂缝是否贯穿。
- 4) 裂缝形态有无规律性。
- 5) 裂缝开裂部位有无钢筋锈蚀和盐类析出。
- 2 裂缝附近调查应包括下列内容：
 - 1) 裂缝附近混凝土表面的干、湿状态，污物和剥蚀情况。
 - 2) 裂缝及其端部附近有无细微裂缝。
- 3 裂缝发展情况调查包括观察裂缝宽度和长度的变化，及其与环境、建筑物作用（荷载）的相关性。
- 4 影响建筑物使用的调查包括裂缝的漏水量、析出物、钢筋锈蚀、外观损伤，建筑物有无异常变形等。
- 5 设计资料调查包括设计依据、设计作用（荷载）、结构计算成果、钢筋及结构断面图、建筑材料及有关试验数据等。
- 6 安全监测资料调查包括裂缝发生前后建筑物的变形、渗流、应力、温度、水位等的变化。
- 7 施工情况调查应包括下列内容：
 - 1) 按表 B.2.1 进行混凝土的原材料调查。

表 B.2.1 混凝土原材料调查

原材料	调查内容
水泥	种类及牌号、品质检验资料
骨料	种类、产地、岩质、颗粒级配、表观密度、吸水率、杂质含量（黏土、有机杂质、盐类、泥块等）、碱活性
外加剂	种类及牌号、品质检验资料、掺量
水	水质分析

- 2) 钢筋种类、强度指标和试验资料。
- 3) 混凝土的设计配合比和施工配合比。
- 4) 浇筑及养护情况，包括搅拌、运输、浇筑、养护和施

工环境条件。

- 5) 混凝土试验资料包括坍落度、含气量、抗压强度、抗拉强度、极限拉伸值、弹性模量等。
- 6) 基础情况包括基岩种类、岩性、变形模量、断层及基础处理等。
- 7) 使用模板情况包括模板种类、制作与安装、拆模时间等。
- 8) 施工中的裂缝记录。
- 8 建筑物运行情况及周围环境调查应包括下列内容：
 - 1) 运行期实际作用（荷载）及其变化情况。
 - 2) 气温变化情况。
 - 3) 相对湿度变化情况。
 - 4) 建筑物距海岸或盐湖的距离、海风风向及环境污染等。

B. 2. 2 补充调查内容应包括下列内容：

- 1 当建筑物或构件的实际断面尺寸与设计不符时，应进行测量并与设计图核对。
- 2 混凝土质量状况调查应包括下列内容：
 - 1) 建筑物混凝土强度试验，可采用钻取混凝土芯样进行强度试验，当无法取芯样或不允许取芯样时可采用回弹仪进行检测。
 - 2) 碳化深度试验，凿孔、向孔内喷洒1%的酚酞溶液进行检测，已碳化的混凝土不变色，未碳化的混凝土变为红色。
 - 3) 氯化物含量试验按 SL 352 的规定执行。
- 3 钢筋状况调查应包括下列内容：
 - 1) 破损试验：将混凝土凿至主筋位置，观测保护层厚度、钢筋位置、钢筋用量及钢筋锈蚀情况，对钢筋腐蚀程度按表 B. 2. 2 进行评估。

表 B.2.2 钢筋锈蚀等级

等级	钢筋的状态
I	铁锈呈黑皮状或整体薄而致密、混凝土表面不带锈斑
II	部分有小面积的斑点状浮锈
III	虽无明显的断面缺损，但沿钢筋圆周或全长已产生浮锈
IV	已产生断面缺损

- 2) 非破损试验：测定钢筋保护层厚度可用钢筋探测仪，钢筋的锈蚀情况可用电化学法测定。
- 3) 抗拉试验：当钢筋属Ⅲ级锈蚀度以上必须校核结构承载力时，应取样做钢筋抗拉试验或测定钢筋的截面积，取样后及时修复。
- 4 结构上作用（荷载）的调查应包括下列内容：
 - 1) 开裂时实际作用（荷载）是否超过设计作用（荷载）。
 - 2) 除设计作用（荷载）外，建筑物是否有以下因素引起的应力：气温、冰冻、干缩及吸水等引起的建筑物自身变形约束所产生的应力；冲击、振动、共振等瞬时作用（荷载）引起的应力。
- 5 基础变形调查：地基或建筑物有异常变形，应迅速调查，并对建筑物进行校核。
- 6 裂缝详查应包括下列内容：
 - 1) 表层裂缝深度可用凿槽法检测，深层裂缝和贯穿裂缝的深度可用超声波仪、面波仪等仪器检测。
 - 2) 在裂缝处用环氧粘贴玻璃条，检查裂缝宽度变化；用游标卡尺或千分表、测缝计等测定裂缝宽度，同时记录结构物的变形、作用（荷载）及环境条件。
- 7 建筑物运行及环境条件变化详查应包括下列内容：
 - 1) 建筑物用途变更。
 - 2) 年冻融次数。
 - 3) 地下水含硫酸根离子和镁离子等的浓度。

4) 工业污水酸、碱、盐的含量。

5) 大气的含盐量。

B.2.3 专题研究内容应包括下列内容：

1 根据建筑物实际尺寸、钢筋数量和直径、材料及其物理力学性能、作用（荷载）和运行环境、裂缝的长度深度进行结构应力和抗滑稳定计算，分析建筑物开裂部位的应力及抗滑稳定性。

2 混凝土材料试验应包括下列内容：

1) 混凝土孔隙率试验。

2) 混凝土碱骨料反应试验。

3) 微观结构分析。可采用偏光显微镜观察、X射线衍射试验判定骨料中的碱活性矿物和采用电子显微镜观察骨料的碱活性反应生成物。

3 构件静荷载试验应包括下列内容：

1) 构件荷载试验的加载方法可采用油压千斤顶法、重物法等。

2) 构件荷载试验的测定项目及测试仪表见表 B.2.3。

表 B.2.3 构件荷载试验的测定项目及测试仪表

测定项目		测定仪表
变形		水准仪、千分表、差动变压器式位移计、应变计式变位计、测微计
应变	钢筋	电阻应变计
	混凝土	电阻应变计、位移传感器
基础位移		经纬仪、水准仪、百分表、差动变压器式沉降计、倾斜仪

4 结构振动试验应包括下列内容：

1) 运行荷载或运行机械在运转过程中引起的应力疲劳试验。

2) 结构固有频率试验。

3) 地震影响的振动试验。

B.2.4 裂缝调查可采用下列调查仪器和调查方法：

1 裂缝宽度可采用塞尺、游标卡尺、千分表、裂缝刻度尺、

刻度放大镜和测缝计进行量测。对于活动裂缝和尚在发展的裂缝，可采用环氧粘贴玻璃条检测裂缝宽度变化。裂缝宽度调查记录内容见表 B.2.4。

表 B.2.4 裂缝宽度调查记录表

日期：__年__月__日 气温：__℃ 相对湿度：__%

序号	裂缝编号	位置	走向				宽度 /mm	长度 /m	深度 /m	渗漏	溶蚀	备注
			垂直	水平	倾斜	环向						
1												
2												
⋮												

量测工具：

量测人：

记录人：

2 裂缝深度可采用凿槽法和取芯法进行检测，也可采用超声波仪和面波仪等仪器进行检测。

3 其他调查项目采用相关的专业仪器进行检测。混凝土内部缺陷检测可采用超声脉冲法、声发射法、脉冲回波法、射线法、雷达波反射法、红外热谱法等。

B.3 裂缝形成的主要原因

表 B.3 混凝土裂缝形成的主要原因

分 类			原 因
材料	原材料	水泥	水泥的非正常凝结 水泥的水化热 水泥的非正常膨胀 水泥含碱量高
		骨料	质量低劣 使用了碱活性骨料
		拌和水	拌和水含有氯化物
		外加剂	使用不当
	混凝土		配合比设计不合理 混凝土的沉降及泌水 混凝土的收缩

表 B.3 (续)

分 类			原 因
施 工	混凝土	拌和	掺合料拌和不匀 拌和时间过长
		运输浇筑	运输时改变了配合比 浇筑顺序不合适 浇筑速度不当 振捣不足
		养护	硬化前受到振动或加荷 初期养护时急躁干燥 初期冻害
		温控	温控设计不合理 浇筑温度过高 通水冷却不及时 新浇混凝土气温骤降无保温措施
	钢筋	钢筋	钢筋被扰动 保护层厚度不足
	模板	模板	模板变形 模板漏浆 支撑下沉 过早拆模
使用与 环境	物理	温湿度	环境湿度的变化 构件两面的温湿度差 反复冰融 火灾 表面加热
	化学	侵蚀	酸碱盐类的侵蚀 碳化引起的钢筋锈蚀 氯离子侵入使钢筋锈蚀
结构及 作用 (荷载)	作用 (荷载)	长期作用 (荷载) 组合	运行中的荷载在长期荷载组合之内 运行中的荷载超过长期荷载组合
		短期作用 (荷载) 组合	运行中的荷载在短期荷载组合之内 运行中的荷载超过短期荷载组合
	构造设计		断面及钢筋用量不足, 受力钢筋直径过粗 混凝土强度等级不当 钢筋接头、锚固、构造筋等设计不当
	支承条件		不均匀沉降 冻害
其他			其他

B.4 常用裂缝修补方法与材料

B.4.1 常用的混凝土裂缝修补结构图见图 B.4.1-1、图 B.4.1-2。

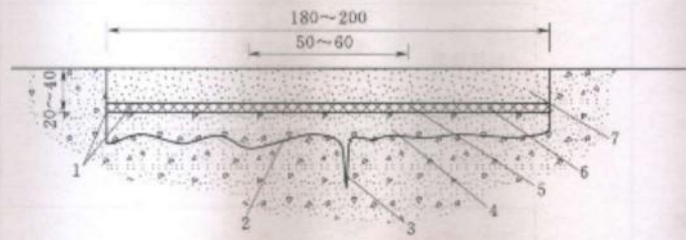


图 B.4.1-1 活动裂缝粘贴修补图 (单位: mm)

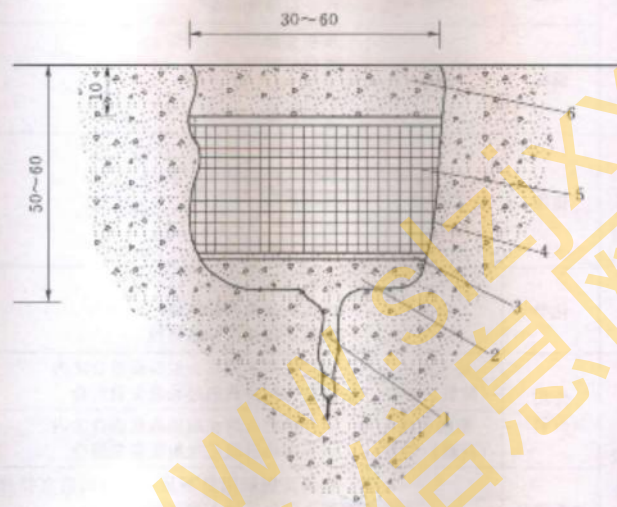


图 B.4.1-2 活动裂缝充填修补图 (单位: mm)

B.4.2 常用的混凝土裂缝、渗漏、剥蚀修补材料见表 B.4.2。

表 B.4.2 常用的混凝土裂缝、渗漏、剥蚀修补材料

分 类	名 称	主 要 用 途
砂浆与 混凝土 原材料	水泥	硅酸盐水泥
		中热硅酸盐水泥
		普通硅酸盐水泥
		抗硫酸盐水泥
	掺合料	粉煤灰
		硅粉
	外加剂	普通减水剂
		高效减水剂
		引气剂
		水下不分散剂
		速凝剂
		膨胀剂
		早强剂
	特种 骨料	铸石砂
		铸石粗骨料
		铁矿石砂子
		铁矿石粗骨料
	树脂	环氧树脂
		不饱和聚酯树脂
		PBM-1 树脂
	胶乳	丙烯酸酯共聚乳液 (丙乳 PAE)
		氯丁胶乳 (CR)
		丁苯胶乳 (SBR)
		乙烯-醋酸乙烯 共聚乳液 (EVA)
		环氧树脂乳液
	树脂 固化剂	潮湿 (或水下) 环氧固化剂
		环氧低温固化剂
		弹性环氧固化剂

表 B.4.2 (续)

分 类	名 称	主 要 用 途
特种砂浆、 混凝土	干性预缩水泥砂浆	嵌填混凝土裂缝或用作有机嵌缝材料的表面保护材料；小面积混凝土剥蚀修补
	水泥防水砂浆	混凝土结构表面防水处理
	补偿收缩水泥砂浆	混凝土表面剥蚀薄层修补，包括混凝土碳化、钢筋锈蚀的防护修补
	丙乳胶乳水泥砂浆	混凝土裂缝嵌填、混凝土结构表面防水处理、混凝土薄层剥蚀修补和钢筋混凝土结构表面防护处理
	氯丁胶乳水泥砂浆	
	环氧乳液水泥砂浆	
	普通环氧砂浆	
	潮湿或水下环氧砂浆	混凝土裂缝嵌填、混凝土薄层剥蚀修补的防护处理
	低温环氧砂浆	
	弹性环氧砂浆	
	高强水泥石类砂浆	含悬移质高速水流对混凝土磨损破坏的修补
	高强硅粉铸石混凝土(砂浆)	磨损破坏的修补
	硅粉(钢纤维)抗冲磨混凝土	磨损、气蚀破坏的修补
	高强耐磨砂浆灰混凝土(砂浆)	磨损破坏的修补
	高硅粉铁卵石骨料混凝土(砂浆)	推移质冲刷破坏的修补
	钢板和钢筋间嵌填混凝土	
	高抗冻性混凝土	冻融破坏的修补加固
	喷射混凝土(砂浆)	混凝土结构的修补、加固和防渗漏处理
	流态泵送混凝土	混凝土结构的修补加固
	预填骨料压浆混凝土	混凝土结构的修补加固
	沥青混凝土	迎水面的防渗处理
	水下不分散混凝土	水下混凝土结构的修补加固

表 B.4.2 (续)

分 类	名 称	主 要 用 途
灌浆材料	LW 水性聚氨酯灌浆材料	混凝土缝和孔洞的快速堵漏
	丙烯酸酯 (丙凝) 浆材	混凝土蜂窝孔洞和裂缝的堵漏处理
	水泥 (超细水泥) 浆材	混凝土蜂窝孔洞的灌浆补强加固和防渗处理; 若有堵漏要求亦可加入水玻璃、丙凝、水性聚氨酯等
	环氧树脂灌浆材料	混凝土裂缝的补强加固和防渗处理
	甲凝灌浆材料	混凝土细微裂缝的补强和防渗处理
	HW 水性聚氨酯浆材	混凝土裂缝、孔洞的堵漏处理和补强
	SK 聚氨酯浆材	
嵌缝密封材料	SR 塑性止水材料	变形缝、裂缝的嵌填密封止水 (冷底工)
	GB 止水材料	
	PU-1、PU-2 弹性嵌缝密封材料	
	聚氨酯嵌缝材料	
	西基密封腻子 XM43	
	遇水膨胀橡胶止水材料	混凝土构件接缝的防水嵌填
	自粘性橡胶密封带	
	橡胶改性沥青嵌缝油膏	
	聚氨酯防渗胶泥	
快速堵漏止水材料	水泥快速堵漏剂	快速封堵混凝土孔洞和裂缝的渗漏
	水玻璃或水泥水玻璃浆材	地下混凝土结构或大体积混凝土庄通蜂窝孔洞和裂缝 (缝宽大于 0.5mm) 漏水的处理和补强
防水片材	氯丁橡胶片材	变形缝、裂缝的防渗处理, 迎水面的散渗处理
	三元乙丙橡胶片材	
	聚氯乙烯片材	
	橡胶布	

表 B.4.2 (续)

分 类	名 称	主 要 用 途
其他	R1-103 型钢筋阻锈剂 NS-2 型钢筋阻锈剂	修补由氯盐侵蚀引发的钢筋锈蚀破坏
	YJ302 界面处理剂 ZY 界面处理剂	提高新老混凝土的界面粘结强度
	药卷式锚杆锚固剂 早强锚固剂 水下锚固剂	快速锚固、新老混凝土间的锚固、水下锚固
	静态膨胀破碎剂	无声爆破拆除
	环氧玻璃钢 聚酯玻璃钢	混凝土结构的防渗、防腐及补强加固处理

注：可供选择的常用外加剂和界面固化剂产品列于条文说明。

附录 C 渗 漏 处 理

C.1 渗漏调查内容与方法

C.1.1 基本情况调查应包括下列内容：

- 1 渗漏状况：渗漏类型、部位和范围，渗漏水来源、途径、是否与水库相通、渗漏量、压力、浊度等，并将调查结果绘成图表。
- 2 溶蚀状况：部位、渗析物的颜色、形状、数量。
- 3 安全监测资料：变形、渗流、温度、应力及水位等。
- 4 设计资料：设计依据的规范、设计图、设计说明书、设计选用的材料及其性能指标、地质资料等。
- 5 施工情况：材料、配合比、试验数据、浇筑及养护、质量控制记录、工程进度、施工环境、竣工资料、验收报告等。
- 6 运行管理状况：作用（荷载）、水位、温度、地下水的变化，混凝土养护修理情况等。
- 7 建筑物使用功能、安全性、耐久性、美观等。

C.1.2 渗漏调查可采用下列方法：

- 1 渗漏量调查可采用容积法和量水堰法进行量测。
- 2 对渗漏通道可采用示踪技术、电磁法、声发射、地质雷达、核磁共振等进行检查。
- 3 对水面以下的裂缝渗漏或变形缝渗漏调查可采用潜水员、水下机器人视频检查与示踪检查相结合的方式进行。

C.2 渗漏形成的主要原因

表 C.2 渗漏形成的主要原因

分 类		原 因
原材料	水泥	水泥品种选用不适当
	骨料	骨料的品质低劣、级配不当
	止水材料	止水材料年久老化腐烂、失去原来弹性而开裂或被挤出等

表 C.2 (续)

分 类		原 因
设计	勘察	坝址的地质勘探工作不够, 基础有隐患
	结构	混凝土强度、抗渗等级低 坝基防渗排水措施考虑不周, 帷幕深度或厚度不够 变形缝尺寸设计不合理、止水结构不合理、止水材料的长期允许伸缩率不能满足变形要求等
施工	配合比	配合比不合理
	浇筑	浇筑程序不合理, 间歇时间过长, 层面处理不符合要求, 振捣不密实
	养护	养护不及时或时间不够, 养护措施不当
	温控	温控措施不当
	坝基防渗	防渗设施施工质量差 基岩的弱风化层及破碎带未按设计要求彻底清理 基础清理不彻底, 结合部施工质量不符合设计要求, 接触灌浆质量差
	止水带	位置偏离, 周边混凝土有蜂窝孔洞, 焊接不严密, 密封材料嵌填质量差, 与混凝土面脱离等
运行管理	运行条件改变	基岩裂隙的发展、渗流的变化, 冻害、抗渗性能降低、水位与作用(荷载)变化
	管理	养护维修不善
	物理、化学因素的作用	帷幕排水设施、变形缝止水结构等损坏, 沥青老化, 混凝土与基岩接触不良, 流土、管涌、冻害、溶蚀等
其他		地震等

C.3 常用渗漏处理方法与修补材料

C.3.1 常用的混凝土渗漏修补结构图见图 C.3.1-1~图 C.3.1-

4。

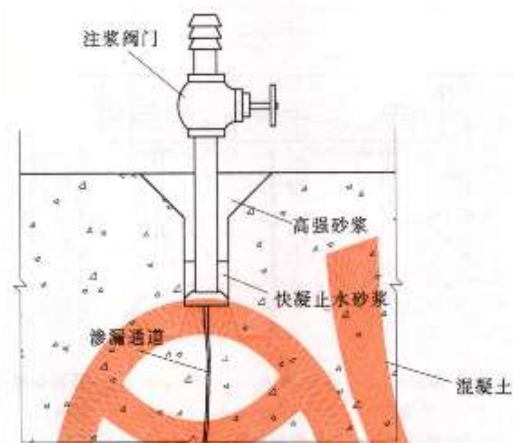


图 C.3.1-1 灌浆法集中渗漏处理示意图

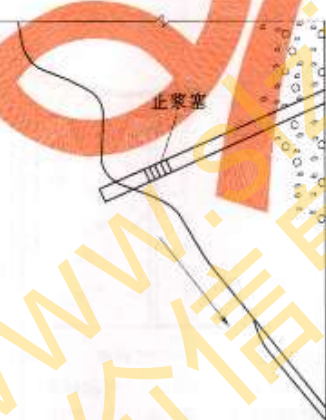
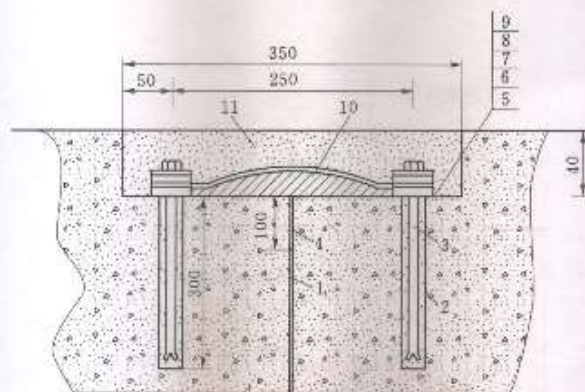
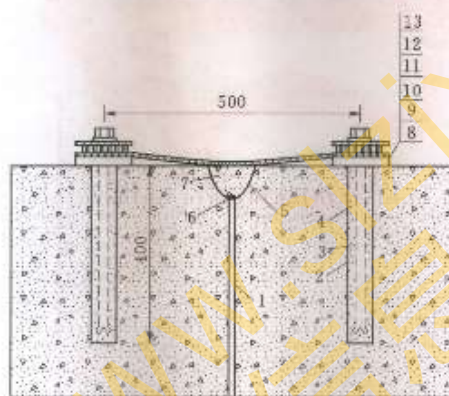


图 C.3.1-2 导渗止漏法处理示意图



1—变形缝；2—锚栓孔；3—锚栓 M16；4—沥青麻丝；5—橡胶垫厚 10mm；
6—不锈钢片，厚 0.5~2mm；7—钢垫板；8—垫圈；
9—螺母；10—弹性密封材料；11—弹性环氧砂浆

图 C.3.1-3 锚固不锈钢片变形缝渗漏处理示意图 (单位: mm)



1—变形缝；2—锚栓孔；3—环氧砂浆；4—锚栓；5—胶粘剂；
6—隔离层；7—弹性环氧砂浆；8—树脂砂浆找平；9—橡胶片；
10—橡胶垫；11—钢压板；12—垫圈；13—螺母

图 C.3.1-4 锚固橡胶板变形缝渗漏处理示意图 (单位: mm)

C.3.2 常用的渗漏处理材料见附录 B 表 B.4.2。

附录 D 剥蚀、磨损、空蚀及碳化修理

D.1 剥蚀、磨损、空蚀及碳化

调查内容与方法

D.1.1 冻融剥蚀基本调查应包括下列内容：

- 1 剥蚀的部位特征：朝向、过水情况、是否属水位变化区或易被水所饱和的部位等。
- 2 气温特性：气温年变化、历年最低气温、最冷月平均气温、气温正负交替次数、冻融循环次数、混凝土最大冻深等。
- 3 剥蚀区特征：破坏形态、区域大小、深度、钢筋外露情况等。
- 4 设计资料：设计依据的规范、设计说明书、设计图、混凝土的设计指标等。
- 5 施工情况：材料、配合比、浇筑与养护、试验数据、质量控制、环境条件、竣工资料。
- 6 管理状况：冻融剥蚀发展过程、养护修理记录，是否有冲磨剥蚀、钢筋锈蚀、水质侵蚀等病害发生或联合作用。
- 7 影响运行情况：安全性、耐久性、美观等。

D.1.2 钢筋锈蚀剥蚀基本调查应包括下列内容：

- 1 混凝土剥蚀情况：剥蚀区的部位、范围、顺筋裂缝、疏松剥落等。
- 2 钢筋状况：钢筋的位置、直径、保护层厚度、钢筋锈迹和露筋等。
- 3 运行及环境条件：作用（荷载）及其变化、冻融、磨损、空蚀、化学侵蚀及水位、温度、湿度、风向等。
- 4 设计资料：计算书、设计图、混凝土强度等级、耐久性指标、配筋及保护层厚度等。

5 施工情况：材料、配合比、浇筑与养护、质量控制、施工环境及竣工资料等。

6 管理情况：剥蚀发展过程、养护修理记录，碳化深度、氯离子含量等监测资料。

D.1.3 磨损和空蚀基本调查应包括下列内容：

1 磨损和空蚀状况：部位、形状、长度、宽度、深度，钢筋的弯曲、断裂情况。

2 过水情况：流量、流速、流态、过水历时等。

3 泥沙特性：多年平均输沙量、含沙量、年最大含沙量、颗粒组成、矿物成分、硬度等。

4 过水面不平整度：部位、形状、高度或深度等。

5 磨损和空蚀的发展过程。

6 设计资料：设计依据的规范、水工模型试验资料、水力计算书、结构设计书、设计图等。

7 施工情况：材料、配合比、浇筑与养护、质量控制、施工环境、竣工资料等。

8 管理状况：运行和养护修理记录等。

D.1.4 钢筋锈蚀剥蚀调查应采用下列方法：

1 目视检查。钢筋锈蚀剥蚀破坏时，会有下列形态特征：

1) 有锈迹透过保护层渗到混凝土表面。

2) 钢筋所在位置的混凝土表面出现与钢筋平行的细裂缝。

3) 裂缝在混凝土厚度范围内从一根钢筋延伸向另一根钢筋，保护层局部剥离空鼓（若用锤子敲击，会有清晰的空洞声）。

4) 混凝土保护层局部呈片状剥离崩落，使钢筋外露，处于自由锈蚀状态。

2 仪器测试应采用下列方法：

1) 利用钢筋位置和保护层厚度测试仪检测钢筋的位置和保护层的厚度。

- 2) 利用酚酞指示剂测定混凝土的碳化深度。
- 3) 由于氯离子侵蚀引起的钢筋锈蚀, 采用硝酸银滴定和电位滴定等方法测定氯离子侵入深度。
- 4) 利用自然电位法测量混凝土中钢筋的电位及其变化规律, 判断钢筋所处的状态。
- 5) 测量混凝土电阻率, 当实测值大于 $12000\Omega \cdot \text{cm}$ 时, 可判定不发生锈蚀; 当实测值小于 $5000\Omega \cdot \text{cm}$ 且自然电位法判定具备锈蚀条件时, 可判定已发生钢筋锈蚀; 实测值介于 $5000 \sim 12000\Omega \cdot \text{cm}$ 时, 可能存在锈蚀。

3 破样检查法。对可能发生锈蚀的部位, 可凿去局部保护层, 直接观察钢筋的锈蚀程度。

D.1.5 碳化深度调查应采用下列方法:

- 1 选用适当的工具在混凝土表面形成直径约 15mm 的孔洞 (深度应大于混凝土的碳化深度且大于 10mm)。
- 2 向孔洞内滴或者喷 1% 的酚酞酒精溶液。
- 3 用游标卡尺或碳化深度测定仪测定没有变色的混凝土的深度。

D.2 剥蚀、磨损及空蚀形成的主要原因

D.2.1 混凝土产生冻融剥蚀的主要原因见表 D.2.1。

表 D.2.1 冻融剥蚀的主要原因

分 类		原 因
环境条件	气温	环境气温的正负变化使混凝土遭受反复的冻融
	饱水条件	处于水位变化区 天然降水或渗漏水积存
混凝土 原材料	水泥	水泥品种选用不当
	掺合料	掺用不当
	骨料	品质低劣
	外加剂	未掺引气剂或引气效果差

表 D. 2. 1 (续)

分 类		原 因
设计	抗冻等级	抗冻等级偏低, 水灰比过高
施工	拌和	混凝土配合比现场控制不严 拌和时间短、不均匀, 含气量不足
	运输浇筑	运输、浇筑过程改变了混凝土配合比 运输、浇筑过程中含气量损失过多 浇筑振捣不密实 施工工艺不当
	养护	初期养护时急骤干燥失水 早期受冻
其他		运行管理不善等

D. 2. 2 混凝土产生钢筋锈蚀剥蚀的主要原因见表 D. 2. 2。

表 D. 2. 2 钢筋锈蚀的主要原因

分 类		原 因
环境 条件	有害介质	钢筋保护层碳化或中性化 钢筋保护层被氯离子侵入 水中的有害介质侵蚀
	温度	冻融
	湿度	干湿循环
	水流	冲刷磨损
混凝土 原材料	水泥	水泥品种选用不当
	掺合料	掺用不适当
	骨料	砂石料中含泥土杂质 砂石料的氯盐含量超标
	外加剂	所用外加剂引入了过多的氯盐
	水	水质不符合规范要求
设计	构件	构件的几何形状不佳, 保护层厚度不足 混凝土耐久性设计指标偏低

表 D. 2. 2 (续)

分 类		原 因
施工	拌和	混凝土配合比现场控制不严 混凝土拌和时间短, 不均匀
	运输、浇筑	运输、浇筑过程改变了混凝土配合比 浇筑振捣不密实 钢筋错位, 保护层厚度不足
	养护	早期养护不充分
运行条件	运行条件改变	超载、温度应力、地基不均匀沉降引起的裂缝 应力疲劳作用使微裂纹扩展

D. 2. 3 混凝土产生磨损和空蚀的主要原因见表 D. 2. 3。

表 D. 2. 3 磨损和空蚀的主要原因

分 类		原 因
建筑物的设计轮廓曲线(体型)	体型	建筑物几何形状不合理 建筑形式复杂(弯道、跌坎、变坡、收缩、扩散渐变段等)
	进口	进口曲线不合理
	门槽	矩形门槽宽深比不合理
	岔洞	主支洞夹角、出口收缩比、岔尖形式不合理
	出口	出口断面收缩不合理
	消能工	消能工布置不合理 池内设消力坎、消力墩、趾墩等不合理 挑流鼻坎体形不合理
	护面	设计护面材料的抗磨损、空蚀能力低, 抗磨损、空蚀材料与基底混凝土温度变形不一致
含沙水流	悬移质	悬移质冲刷磨损
	推移质	推移质冲击磨损、空蚀
	杂物	杂物磨损

表 D.2.3 (续)

分 类		原 因
施 工	施 工 质 量	过水面施工质量差 护面与基面的粘结不牢固 模板变形 泄水建筑物进口、消力池或水跃区内的石渣、施工残余物未消除
	不平 整 度	施工表面与设计不符 过水面有升坎、跌坎、凹陷、凸起 过水面上有刺筋头或预埋件露头
运行管理	水 流	闸门开启方式不合理 泄流流速偏高
	维 护	表面破损未及时修补

D.3 常用剥蚀、磨损及空蚀修补材料

D.3.1 对于大面积剥蚀修补，修补材料与修补层厚度宜遵循表 D.3.1 的规定。

D.3.2 对于小面积修补，宜选用聚合物水泥砂浆和树脂砂浆。修补材料与修补层厚度宜遵循表 D.3.2 的规定。

表 D.3.1 大面积剥蚀修补材料与修补层厚度范围

混凝土或砂浆种类	修补厚度/mm	
	上限	下限
混凝土		30
水泥砂浆	40	20
聚合物水泥混凝土		30
聚合物水泥砂浆	40	10
树脂混凝土	40	15
树脂砂浆	15	5

表 D.3.2 小面积剥蚀修补材料与修补层厚度范围

混凝土或砂浆种类	修补厚度/mm	
	上限	下限
聚合物水泥砂浆	25	12
环氧砂浆	12	6
聚酯树脂砂浆	12	6

附录 E 水下修补技术

E.1 导管法浇筑水下混凝土技术要求

E.1.1 应确保混凝土配制强度比设计强度提高 40%~50%，拌和物容重应不低于 21kN/m^3 ，混凝土坍落度宜为 10~220mm，并应加入减水剂、引气剂。

E.1.2 首浇混凝土数量应不少于 2m^3 ，管脚堆高应不低于 0.5m，导管口埋入深度应不小于 0.3m。

E.1.3 浇筑过程中，不同间距的导管最小埋入深度应符合表 E.1.3 的规定。

表 E.1.3 导管最小埋入深度 单位：cm

导管间距	≤500	600	700	800
最小埋深	60~90	90~120	120~140	130~160

E.1.4 浇筑过程中，混凝土降落速度超过容许值时，应增大导管埋深。

E.1.5 浇筑因故中断时应增大导管埋深，中断时间超过 40min 或水已入管时，应做施工缝处理。

E.1.6 浇筑过程中，导管每次提升高度应为 150~200mm。

E.1.7 浇筑过程中，混凝土上升速度不应小于 200mm/h，对于大仓面宜为 300~400mm/h，对于小仓面宜为 500~1500mm/h。

E.1.8 拆除导管时，应降低导管，并避免摆动，导管拆除时间宜控制在 15min 以内。

E.1.9 终浇阶段，在水灰比不变情况下，应适当增加水泥用量，坍落度增大至 200~220mm；并将混凝土二级配改为一级配；同时增加导管埋深以取得平坦的混凝土浇筑顶面；终浇高程应大于设计高程 100mm。

E.2 常用水下修补材料

表 E.2 常用水下修补材料

分类	名 称	主要技术性能
水下嵌缝材料	水下环氧砂浆	水中抗压强度可达 100MPa, 水中抗拉强度可达 16MPa, 水中黏结强度可达 3.6MPa
	SXM 水下快速密封材料	最小初凝时间为 8min, 最小终凝时间为 12min, 抗压强度可达 28MPa, 抗拉强度可达 2.9MPa, 黏结强度可达 1.5MPa
	GBW 遇水膨胀止水条	抗水压 2MPa 以上, 膨胀率可达 200% 以上, 具有自黏性, 黏结强度高于本体强度
水下表面修补材料	HK-963 水下环氧黏结剂	在水中具有较好的涂刷性能, 与钢板、混凝土均有很高的黏结力, 黏结强度可达 2MPa 以上
	橡胶片材	分为氯丁橡胶、丁基橡胶和三元乙丙橡胶等, 与混凝土有良好的黏结性, 黏结剥离力可达 22N/2.5cm, 抗拉强度高达 100MPa, 撕裂强度高达 300MPa
	SR 防渗盖片	抗渗性可达 1.5MPa, 撕裂强度近 200N, 抗拉强度大于 200N/5cm, 适用于冷粘贴
	GB 复合土工膜止水板	拉伸强度大于 10MPa, 断裂伸长率大于 200%, 抗渗性可达 3MPa
	水下不分散混凝土(砂浆)	水中水泥流失率小于 5%, 具有自流平、自密实性、保水性好, 抗压强度可达 50MPa, 黏结强度可达 2MPa
	水下聚合物混凝土(砂浆)	包括改性聚酯树脂和改性环氧树脂, 抗压强度可达 80MPa, 抗拉强度可达 10MPa, 黏结强度可达 3MPa
水下灌浆材料	水下环氧浆材	主要由环氧树脂、水下固化剂、稀释剂、增塑剂及改性剂等组成, 具有抗压、抗拉强度高、黏度大的特性, 适用于水下裂缝补强灌浆, 但可灌性较差

表 E.2 (续)

分类	名 称	主要技术性能
水下灌浆材料	水溶性聚氨酯浆材	主要由聚氨酯、稀释剂、增塑剂、表面活性剂、催化剂、乳化剂等组成,具有良好的亲水性,可灌性好的特点,低强类型适用于变形缝处理,高强类型适用于补强加固
	聚氨酯/环氧树脂互穿网络浆材	结合了聚氨酯和环氧树脂的双重优点,既可作防渗堵漏,又可作补强加固,可灌性好,抗压、抗拉强度高(80MPa、13MPa)
	聚氨酯/甲凝互穿网络浆材	利用了甲凝强度高和可灌性好的优势,克服了甲凝体积收缩的缺点,具有较高的抗压强度和黏结强度,适用于水下变形缝灌浆

标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样做不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应、不得	
宜	允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做
不宜	
可	有选择，在一定条件下可以这样做

标准历次版本编写者信息

SL 230—98

本标准主编单位：水利部丹江口水利枢纽管理局

本标准参编单位：中国水利水电科学研究院

本标准主要起草人：沈淑英 黄国兴 杨小云 匡少涛

张锡彭 江 桦 陈改新 潘文昌

赵国甫 付建军 王 立

中华人民共和国水利行业标准

混凝土坝养护修理规程

SL 230—2015

条文说明

<https://www.slzjxx.cn>
水利造价信息网

目 次

1 总则.....	77
3 检查.....	79
4 养护.....	84
5 裂缝修补.....	88
6 补强加固.....	92
7 渗漏处理.....	93
8 剥蚀、磨损、空蚀及碳化修理.....	98
9 水下修补与清淤（渣）.....	101

1 总 则

1.0.1 本条是规程编制的目的和依据。本标准是对 SL 230—98《混凝土养护修理规程》的修订。近年来大量养护、修理的新材料、新技术、新方法应用于水利水电工程中，其技术也日趋成熟，本次修订将这些新材料、新技术、新方法纳入到本规程中。同时将除混凝土坝以外的其他水工建筑物、地下洞室、边坡、设施等的养护与修理也纳入本规程中，便于大坝运行管理单位实际操作。

1.0.2 混凝土坝的等级划分标准按照 SL 252《水利水电枢纽工程等级划分与设计标准》执行。

养护修理对象包括：作为主要挡水建筑物的混凝土大坝及坝上附属设施；与混凝土坝配套的其他水工建筑物、地下洞室等，如：进/出水口塔体、引（输）水隧洞、电站厂房（含球阀室、地下厂房、主变室、尾闸室、尾调室等地下洞室群和地面厂房）、尾水隧（支）洞、调压井（室）、导流洞、泄洪洞、溢洪道、消力池（或水垫塘）、交通洞、施工洞等；与枢纽安全有关的边坡（滑坡），如隧洞进/出口边坡、近坝工程高边坡、近坝库岸滑坡等；与枢纽安全有关的设施，如安全监测设施、排漂设施、防护栏杆及安全警示标志等。

1.0.3 混凝土坝枢纽的检查与养护是重点，运行管理单位应特别重视检查与养护。检查和养护可将病害消除在萌芽状态，既可保证大坝安全，又可大大降低维修费用。

1.0.6 较大修理项目指修理工程量较多、投资较大的项目；重大修理项目指影响工程整体安全的项目或投资大的项目。较大修理项目与重大修理项目的区分由大坝主管部门根据投资审批权限和对工程的安全影响程度确定。因人工费、材料费、机械使用费等均为不确定因素，本标准未对投资额度进行明确界定，具体判

别时由大坝主管部门掌握。

1.0.8 经本次修订后，SL 230 与 SL 210《土石坝养护修理规程》均包括了与混凝土坝和土石坝相关的其他水工建筑物、地下洞室、边坡及设施。为避免两部标准重复内容太多，将枢纽其他水工建筑物、地下洞室、金属结构、安全监测设施等的养护和修理放在 SL 230 中，而将边坡的养护与修理放在 SL 210 中，具体执行时可以互相参照。

3 检 查

3.1 一 般 规 定

3.1.1 检查是养护修理的基础,是发现工程异常和损坏的重要手段,因此需按照本标准和有关标准的规定对混凝土坝及其枢纽所包含其他水工建筑物、地下洞室、边坡、设施等进行检查。

检查项目和内容结合需要检查的对象制定,详见 3.3 节和 SL 601《混凝土坝安全监测技术规范》中的“现场检查”部分。

3.1.2 检查方案主要包括检查项目、检查内容、检查时间、检查频次、检查人员组成、检查路线、检查工具、检查方法与检查记录等具体内容。

3.1.4 消力池定期抽水或水下视频检查的时间一般为 5~10 年,一般与大坝安全定期检查时间相同,在每次大坝安全定期检查前进行。两次大坝安全定期检查期内抽水检查或水下视频检查的次数不少于 1 次。

3.1.6 SL 601—2013“现场检查”一章较为详细地规定了检查的各项内容和方法,其中部分检查内容与养护、修理需要检查的内容重复,其检查结果可以直接引用,作为养护和修理的依据。这样做可以大大减少检查的工作量,避免人力和物力浪费。

3.2 检查分类、时间和频次

3.2.3、3.2.4 对于特别检查,必要时组织专人对可能出现险情的部位进行连续监视。如果混凝土坝枢纽既满足年度检查的要求,又满足特别检查的要求,可以将特别检查与年度检查结合起来进行。

3.3 检查项目和内容

3.3.2 日常巡视检查、年度检查与特别检查的内容要有所区别

和侧重。日常巡视检查主要针对日常巡视中容易被直观发现的缺陷,如混凝土裂缝、剥蚀、坝体与坝基渗漏、金属结构腐蚀与变形、岩土体裂缝与表面松动、排水导渗设施损坏与淤堵等。年度检查主要针对不易被直观发现或特殊运行工况下才可能出现的缺陷,如混凝土碳化、混凝土冻融剥蚀、泄洪道(洞)与消力池混凝土磨损和空蚀、水下缺陷、淤积等。特别检查主要针对特殊工况下出现了险情或有险情征兆时有明显变化的缺陷,如迅速增大的混凝土裂缝、渗漏量突变的渗漏、迅速增加的大坝、围岩与边坡变形等。

3.3.3 闸门及启闭设备、工程边坡、安全监测设施等的检查内容在 SL 601 中没有规定,具体可按下列内容进行检查。

闸门及启闭设备检查包括下列内容:

(1) 闸门有无变形、裂纹、脱焊、锈蚀及损坏现象;门槽有无卡阻、汽蚀等情况;启闭是否灵活;开度指示器是否清晰、准确;止水设施是否完好。

(2) 吊点结构是否牢固;栏杆、螺杆等有无锈蚀、裂缝、弯曲等现象。两吊点钢丝绳松紧程度是否一致,钢丝绳或节链有无锈蚀、磨损、断丝等现象,表面润滑脂良好;在卷扬筒上排列是否均匀整齐、端部压板是否固定。

(3) 启闭机能否正常工作;制动、限位设备、过载保护装置是否准确有效,保护罩和封闭罩壳装设牢固;设备本体和外壳、支架等接地良好;电源、传动、润滑等系统是否正常;启闭是否灵活可靠;备用电源及手动启闭是否可靠。

(4) 电源信号灯是否正常,电流表指示是否正确,位置信号灯是否正确,高度显示仪与闸门实际位置是否一致;PLC 面板有无故障信号。

(5) 启闭机和动力设备绝缘电阻是否不小于 $0.5\text{M}\Omega$;电源开关、接触器等导线接头是否松动,触头分合状态和位置是否正常;启动电流是否正常。如有异常,及时消除,并作处理。

边坡可按下列内容进行检查:

(1) 边坡坡面有无新裂缝、塌滑发生,原有裂缝有无扩大、延伸;地表有无裂缝、隆起或下陷,原有裂缝有无扩大、延伸;塌滑体有无新的活动迹象。

(2) 排水沟、截水沟是否通畅、排水孔是否正常;是否有新的地下水露头,原有的渗水量和水质有无变化。

(3) 对于滑坡体,应特别开展下列检查:滑坡前缘坡脚处是否有堵塞多年的泉水复活现象,或者出现泉水(井水)突然干枯,井(钻孔)水位突变等类似的异常现象;滑坡体前缘是否出现横向及纵向放射状裂缝,是否出现土体上隆(凸起)现象;是否有岩石开裂或被剪切挤压的音响;动物是否有异常反映;滑坡体四周岩(土)体是否出现小型崩塌和松弛现象;后缘的裂缝是否急剧扩展,并从裂缝中冒出热气或冷风;滑坡体边缘附近的树木是否出现枯萎或歪斜等。

安全监测系统可按下列内容进行检查:

(1) 变形监测系统。

a. 垂线系统应检查浮筒或阻尼油桶内油位是否偏高或偏低,钢丝是否能自由移动,钢丝是否受风、虫、灰尘影响等。

b. 引张线系统引张线的浮船是否正常浮托着,引张线测点箱的浮船的水箱液面高度是否下降,引张线是否处于自由状态。

c. 垂线坐标仪和引张线仪是否受水、虫、灰尘影响,是否能正常工作。

d. 静力水准系统管路是否受损,是否有漏液现象,液面高度是否过高或过低。

e. 校核基点、工作基点和表面变形测点强制对中基座和水准标芯是否锈蚀,观测墩标识是否清晰。保护装置是否完整,是否被泥沙、浮土等覆盖。

(2) 渗流监测系统。

a. 测压管、地下水位观测孔的孔口保护装置是否完好、排水是否通畅,能否正常打开,标识是否清晰。

b. 量水堰堰板是否存在锈蚀和长满青苔的情况。量水堰观

测水尺是否锈蚀，刻度是否清晰。

c. 压力表有无破损，精度、量程是否合适；是否定期率定，工作是否正常。

d. 用于渗漏量监测的排水孔有无淤堵，是否能够正常排水。

e. 用于渗漏量监测的排水沟内是否有淤积物和漂浮物，流水是否畅通。

(3) 环境量监测系统。

a. 超声波水位计的信号反射区域内有无遮挡物，外装防护罩是否锈蚀，能否正常工作，用于防漂浮物和水葫芦等的围栏是否能够正常工作。

b. 浮子式水位计悬索是否卡紧水位轮，浮子是否自由升降，水位井（管）内是否淤堵。

c. 雨量筒是否有损坏，器口是否水平、是否有变形，器身是否稳定。雨量筒翻斗翻转是否通畅。

(4) 自动化采集系统。

a. 自动化采集系统箱体是否受到渗水、灰尘或人为损害，防雷器是否已被雷电流击穿。

b. 自动化采集系统通信电缆与供电电缆是否受损，电缆架设设施是否完好，保护标志是否完好。

c. 自动化采集系统是否能够正常采集数据，是否能够正常分析处理数据并发出报警，是否能够正常上报数据。电源系统是否能够正常工作。

d. 各自动化监测仪器是否正常工作，是否出现损坏。

(5) 其他。

a. 各种电缆是否受鼠咬或盗割，有无断裂之处。

b. 未接入自动化系统的仪器电缆标识是否清晰。

c. 观测站与观测房内是否干燥、整洁，仪器保护装置是否损坏。

3.3.4

1 过流部位包括过流隧洞、泄洪洞、泄洪孔、溢洪道等的

表面。过流隧洞因平时处于过流状态，无法进行日常巡视检查，只能在年度检查中进行。泄洪洞、泄洪孔、溢洪道等因只在汛期开启使用，平时不存在磨损和空蚀破坏，因此也只需在年度检查中进行。

3.4 检查方法和要求

3.4.3

4 年度检查和特别检查的准备工作包括下列内容：

- (1) 安排好水库调度，为检查输水、泄水建筑物或进行水下检查创造条件。
- (2) 做好电力安排，为检查工作提供必要的动力和照明。
- (3) 排干检查部位的积水，清除检查部位的堆积物。
- (4) 安装或搭设临时交通设施，便于检查人员行动和接近检查部位。
- (5) 采取安全防范措施，确保检查工作、设备及人身安全。
- (6) 准备好工具、设备、车辆或船只，以及测量、记录、绘草图、照相、录像等器具。

4 养 护

4.1 一 般 规 定

4.1.3 随着我国水库大坝运行管理水平的提升和维护费用的增加,养护已成为保障大坝安全和正常运行的重要措施。大多数水库大坝除了日常开展的及时性养护和定期养护外,还专门针对冻害、碳化、空蚀等病害开展了专门养护。因此,本次修订增加了养护的分类,将养护划分为经常性养护、定期养护和专门性养护。

4.1.4 如果养护所采用的技术、材料和方法有相应的技术标准,除按本标准的规定执行外,还需要符合相应技术标准的规定。

4.2 混凝土表面养护和防护

4.2.3 混凝土建筑物表面轻微裂缝是指宽度小于附录 B 附表 B.1 中所列值的裂缝。

4.2.4 “必要时”是指对设备运行带来安全隐患,或对表面混凝土表面及表面装饰物产生破坏时。

4.2.5 混凝土表面的剥蚀、磨损、冲刷、风化等类型的轻微缺陷是指单个缺陷面积较小,总体规模不大的缺陷。若缺陷规模较大,则纳入修理的范畴。

4.2.6 碳化引起钢筋锈蚀是指碳化深度达到或超过钢筋保护层厚度,导致钢筋锈蚀。

4.2.7 易受冰压损坏的部位,是指溢洪道的胸墙、闸墩、闸门等部位。易受冻融损坏的部位,是指坝面易积水处、溢流面、放空后的输、泄水洞(管)等。

4.2.8 溶出性侵蚀(俗称“流白浆”),是指渗漏水将混凝土中的氢氧化钙析出,使混凝土强度不断降低、渗漏量逐渐加大。轻微侵蚀,是指化学侵蚀介质已开始对表层面产生侵蚀或已对表层

面产生侵蚀并有发展可能的。严重侵蚀，是指采用涂层保护还不能阻止化学侵蚀继续发展的。

4.3 变形缝止水设施养护

4.3.3 各类变形缝止水设施，是指坝体横缝，溢洪道，输、泄水洞（管），厂房等变形缝止水设施。各类变形缝止水设施要保持完整无损，无渗水或渗漏量不超过允许范围。

4.4 排水设施养护

4.4.1 人工清理，是指人工用锹、铲、勺或竹木、金属杆（管）类等简单工具进行疏通。机械清理，是指使用机钻进行疏通，或采用风、水冲洗进行疏通等。

4.4.4 本条应用于渗漏量较小的情况，若渗漏量较大或渗漏面积较大时，则要分析渗漏原因，然后采取相应的修理措施。导排设施包括排水管和排水沟，排水管一端插入排水孔，另一端与排水沟相连。排水管与排水孔相连的部位采用水泥砂浆或其他防水材料进行密封处理，防止渗漏水外溢，保持地下洞室表面干燥。

4.5 闸门及启闭设备养护

4.5.1 闸门表面养护定期清理的时间可根据实际情况自行确定，但时间间隔一般不大于3个月。

1 定期清理闸门上附着的水生物和杂草污物是为了保持梁格排水畅通。

2 定期清理门槽、底坎处的碎石、杂物是为了防止卡阻。

4.5.2 闸门的腐蚀一般分为化学腐蚀和电化学腐蚀两类。钢与氧气或非电解质溶液作用而发生的腐蚀，称为化学腐蚀；钢与水或电解质溶液接触形成微小腐蚀电池而引起的腐蚀，称为电化学腐蚀。钢闸门的腐蚀多属电化学腐蚀。

钢闸门防腐蚀措施主要有两种。一种是在钢闸门表面涂上覆盖层，将钢材母体与氧或电解质隔离，以免产生化学腐蚀或电化

学腐蚀。另一种是供给适当的保护电能，使钢结构表面积聚足够的电子，成为一个整体阴极而得到保护，即电化学保护。

钢闸门防腐处理前需进行表面处理，清除钢闸门表面的氧化皮、铁锈、焊渣、油污、旧漆及其他污物。经过处理的钢闸门要求表面无油脂、无污物、无灰尘、无锈蚀、表面干燥、无失效的旧漆等。目前钢闸门表面处理方法有人工处理、火焰处理、化学处理和喷砂处理等。人工处理就是靠人工铲除锈和旧漆。火焰处理是对旧漆和油脂有机物，借燃烧使之碳化而清除。化学处理是利用碱液或有机溶剂与旧漆层发生反应来除漆，利用无机酸与钢铁的锈蚀产物进行化学反应清理铁锈。喷砂处理方法较多，常见的干喷砂除锈除漆法是用压缩空气驱动砂粒通过专用的喷嘴以较高的速度冲到金属表面，依靠砂粒的冲击和摩擦以除锈、除漆。

4.5.4 钢丝绳更换润滑油脂一般每3年进行1次；设备润滑部分在每月检查时若发现油质不合格或油位降低，则及时清洗相关的润滑设备，并更换新油或加油至正常油位。设备金属结构、外壳、机架、罩壳及闸门等的除锈刷漆一般每5年进行1次。

4.6 地下洞室养护

4.6.1 地下洞室混凝土衬砌上的渗漏若采取封堵的措施，需增加相应的导排措施，防止外水压力对混凝土结构的破坏。

4.6.3 地下厂房内出现的渗漏现象，在进行截堵或导排后，还要做好通风防潮工作，防止厂房内的设备生锈，影响正常运行。

4.6.4 岩锚吊车梁的裂缝有可能是由于地下厂房围岩变形引起的，处理这类裂缝前可先对围岩进行处理，待围岩变形稳定后再处理岩锚吊车梁裂缝。

4.6.5 过流隧洞由于受高速水流和隧洞内外水压作用的影响，会出现裂缝、磨损和空蚀现象。过流隧洞排干会影响机组运行或供水需要，且排干成本较高，因此，无法在日常巡视检查中对裂缝、磨损和空蚀现象进行检查，需在年度检查中进行。

4.7 安全监测设施维护

4.7.1 监测设施维护主要包括引张线系统、垂线系统、激光准直系统、静力水准系统、竖直传高系统、表面变形控制网及测点、测压管、量水堰、自动化采集系统以及暴露在外的其他仪器等的保养与维护。其他内观观测仪器维护主要是引出电缆和电缆标识的维护。

4.7.6 安全监测设施对环境温度和湿度要求较高。我国的南方往往比较潮湿，观测房内一般配备除湿装置，并保持良好的通风。位于大坝内部的观测房，不具备通风条件，但房内往往因坝体渗水而较为潮湿，要配备除湿装置。我国的北方冬天温度较低，观测房内要配备必要的加热装置，保证室内温度不低于仪器正常工作时的最低温度要求。

4.7.7 混凝土坝安全监测设施，如引张线系统、垂线系统、激光准直系统、静力水准系统等，因仪器型号和厂家不同，测量原理、结构、安装使用方法、维护与维修方法也不尽相同，具体操作时可参照各类仪器的专业技术规范和仪器说明书的要求执行。

4.8 其他养护

4.8.2 定期监测，是指排沙、清淤前、后对坝前及进水口淤积情况的监测。

5 裂缝修补

5.1 一般规定

5.1.1 当裂缝宽度小于附录 B 表 B.1 中的数值, 而裂缝规模较大, 或对混凝土外观要求较高时, 属于裂缝修补的情形。

5.1.2 混凝土裂缝类型根据其成因可分为结构性裂缝和非结构性裂缝, 其中又可分为温度裂缝、干缩裂缝、钢筋锈蚀裂缝、荷载裂缝、沉陷裂缝、冻胀裂缝、碱骨料反应裂缝等。根据其开度变化可分为静止裂缝、活动裂缝和尚在发展的裂缝。根据其深度可分为表层裂缝、深层裂缝和贯穿裂缝。

结构性裂缝是由外荷载引起的裂缝; 非结构性裂缝是由变形引起的裂缝, 如温度变化、混凝土收缩等。

静止裂缝是指形态、尺寸和数量已稳定不再发展的裂缝; 活动裂缝是指现有工作环境和条件下始终不能稳定、易随结构受力、变形或温度变化而时张时合的裂缝; 尚在发展的裂缝是指长度、宽度、数量仍在发展, 但经历一段时间后将会终止的裂缝。

5.2 裂缝调查

5.2.1 裂缝调查是分析裂缝成因、判断是否修补或补强加固, 以及选择修补或补强加固方法的基础, 因此裂缝修补前必须进行这项工作。

由于裂缝成因复杂, 为了做好裂缝调查工作, 附录 B 列出了调查的项目。调查原则上按所列的项目进行, 如经验丰富的专家大体上能推断出裂缝原因, 可适当减少调查内容。

5.2.2 基本调查的目的是了解裂缝的基本资料, 主要以目测为主, 并调查以往有关资料, 不需要进行试验, 计算分析。一般可根据基本调查取得的资料推断出裂缝成因, 判断是否需要修补或补强加固, 从而选定修补或补强加固的方法。

5.2.3 补充调查的目的是进一步搜集有关资料。根据基本调查结果无法推断裂缝原因,或发现数个可能引起裂缝的原因而无法确定开裂的主要原因时才有必要进行。

5.3 裂缝成因分析

5.3.3 水工建筑物的使用要求包括承载能力、耐久性、安全性、防水性、气密性及美观等。

修补是指恢复建筑物耐久性、防水性等措施;补强加固是指恢复建筑物承载能力和抗滑稳定等措施。

引用附表 B.1 中数值时,需注意以下几方面:

- (1) 大气区与浪溅区的分界线为设计最高水位加 1.5m。
- (2) 浪溅区与水位变动区的分界线为设计最高水位减 1.0m。
- (3) 水位变动区与水下区的分界线为设计最低水位减 1.0m。
- (4) 盐雾作用区为离海岸线 500m 范围内的地区。
- (5) 冻融比较严重的三类环境条件的建筑物,可将其环境类别提高为四类。

5.4 裂缝修补技术

5.4.3 活缝修补铺隔离膜的目的是使橡胶片材不与基底粘结,能在 50~60mm 宽范围内自由变形。

橡胶片材有氯丁橡胶、三元乙丙橡胶等,橡胶具有良好的防渗性能、弹性、延伸性、耐老化性,可使用温度范围大,使用寿命可达几十年,与混凝土等材料能良好的粘结,能耐酸、碱、盐,不受霉菌、细菌及海洋生物的危害等。粘贴橡胶片材修补大坝上游面裂缝应用较多,例如湖南东江混凝土双曲拱坝上游面高程 138.00~161.30m,粘贴氯丁橡胶片材面积达 2190m²;浙江紧水滩大坝上游面高程 103.00~111.00m 裂缝处理,粘贴三元

乙丙橡胶片材面积达 1600m^2 。效果均良好。

5.4.4 干燥基面涂刷树脂类基液粘结强度高,因此涂刷树脂基液时一般使槽面处于干燥状态;在潮湿基面涂刷聚合物水泥浆粘结强度高,因此涂刷聚合物水泥浆时要使槽面处于潮湿状态。

5.4.5 化学灌浆是以不吸浆为结束标准,原则上以吸浆量小于 $0.01\text{L}/\text{min}$,并延长适当时间或以基本不吸浆为结束标准,但在实际灌浆过程中往往难以控制。中国水科院结构材料所在引大入秦盘道岭隧洞裂缝化灌处理用吸浆量小于 $0.02\text{L}/5\text{min}$ 作为灌浆结束标准,容易控制。因此本条选用吸浆量小于 $0.02\text{L}/5\text{min}$ 作为化学灌浆结束标准。

采用灌浆法修补深层裂缝和贯穿裂缝应用较多,效果良好。例如河北省大黑汀水库大坝 44 号、45 号坝段有贯穿上下游的深层裂缝,采用改性环氧浆材灌浆;青铜峡大坝 29 号坝段下游面竖向裂缝采用甲凝灌浆、参窝水库大坝贯穿性裂缝采用水溶性聚氨酯浆材灌浆处理等。

5.4.6 修补施工一般在 $5\sim 25^\circ\text{C}$ 环境温度下进行,按 DL/T 5144《水工混凝土施工规范》的规定,寒冷地区的日平均气温稳定在 5°C 以下、温和地区的日平均气温稳定在 3°C 以下属于冬季施工,考虑修补材料的凝固硬化、使用时间 & 强度增长等因素,将施工环境温度下限定为日平均气温 5°C ,如果低于 5°C ,则必须采取保温措施。温度超过 25°C 使树脂类材料固化速度加快,导致材料变脆,且高温浇筑水泥混凝土必须采取温控保湿措施。因此修补施工环境温度上限定为 25°C 。

水泥类材料潮湿养护对混凝土强度发展的影响见图 1。形成不连续毛细孔所需潮湿养护时间,见表 1。因此,从强度发展与形成不连续毛细孔所需时间来考虑,对水泥基修补材料应潮湿养护 14d 以上。

水泥水化、强度增长需潮湿养护,而聚合物起增强作用需干燥养护。因此,聚合物水泥砂浆及混凝土应先潮湿养护 7d,再干燥养护不少于 14d。

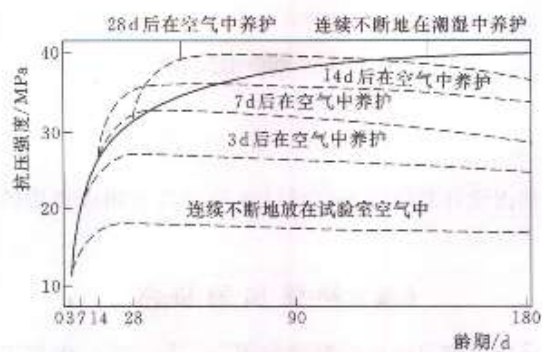


图1 有限的潮湿养护对混凝土强度发展的影响
(美国垦务局, 1975年)

表1 形成不连续毛细管体系所需潮湿养护时间
(悉尼·明德斯, 1981年)

水灰比	养护时间/d	水灰比	养护时间/d
0.40	3	0.60	180 (6个月)
0.45	7	0.70	365 (1年)
0.50	28	>0.70	不可能形成

常用修补材料附录B中的普通减水剂产品有木钙、糖钙、JG等; 高效减水剂产品有萘系高效减水剂FDN、NB、NF、UNF、建-1、AF等; 树脂磺酸盐类SM、JSM、CRS等; 引气剂产品有DH9、PC-2、SJ等; 潮湿(或水下)环氧固化剂产品有酮亚胺、T31、810、MA等; 环氧低温固化剂产品有YH-82等; 弹性环氧固化剂产品有CJ-915等。

6 补强加固

6.1 一般规定

6.1.1 加固设计最好委托原设计单位或具有相应资质的单位进行设计。

6.2 补强加固技术

6.2.4 采用预应力法进行补强加固的工程较多,例如丰满大坝34~36号坝段的坝基面因抗剪强度低,7~49号坝段在高程220.00m以上混凝土质量差,不能满足抗滑稳定要求。因此采用了大吨位预应力锚索加固,取得了良好的加固效果。湖北省杜家台分洪闸闸墩垂直向贯穿裂缝,缝长8m,最大缝宽1.25mm,采用在闸墩顶部布置2根预应力锚索纵贯整个闸墩,进行预应力加固,效果良好。

6.2.5 采用粘贴玻璃钢补强加固渡槽、水闸工作桥大梁、钢丝网面板闸门等水工钢筋混凝土结构已很普遍。例如江苏万福闸工作桥大梁有10多条裂缝,缝宽0.27mm,采用粘贴玻璃钢方法进行了补强加固;湖南望仙桥水库新安网壳渡槽、桃花江水库引水渡槽、山东乔店水库北干渠渡槽等采用粘贴玻璃钢补强加固,效果都很好。

6.2.6

6 碳纤维粘贴的密实度可采用敲击法进行检验,即用小锤敲击碳纤维表面,通过不同声音判别其粘贴密实情况。

6.2.11 补强加固效果检查包括下列内容:

- (1) 检查裂缝闭合情况。
- (2) 用应变计测定钢筋或混凝土的应变。
- (3) 用静载试验测定钢筋混凝土构件挠度。
- (4) 用动载试验测定钢筋混凝土构件振动特性。

7 渗漏处理

7.1 一般规定

7.1.1 需要进行渗漏处理的状况如下：

- (1) 作用（荷载）、变形、扬压力值超过设计允许范围。
- (2) 影响大坝耐久性、防水性。
- (3) 基础出现管涌、流土及溶蚀等渗透破坏。
- (4) 变形缝止水结构、基础帷幕、排水等设施损坏。
- (5) 基础渗漏量突变或超过设计允许值。
- (6) 影响设备安全运行和耐久性。

7.1.2 对坝体渗漏的处理，主要措施是在坝的上游面封堵，这样即可直接阻止渗漏，又可以防止坝体侵蚀，降低坝体渗透压力，有利于建筑物稳定。对坝基渗漏的处理，以截为主，以排为辅。对于接触渗漏和绕坝渗漏的处理，一般采取封堵的措施，以减少水量损失，防止渗透变形。

7.1.4 防水堵漏宜靠近渗漏源头的做法既可直接堵漏，又可以防止建筑物本身的溶蚀，降低渗透压力，有利于建筑物的稳定。对于某些在迎水面封堵有困难且渗漏水在建筑物体内不影响结构稳定的，如隧洞、涵管、廊道及地下厂房等，可在背水面堵截，减少或消除漏水以改善混凝土工作环境。

7.2 渗漏调查及成因分析

7.2.6 不同渗漏类型的处理方法见表2。

表 2 不同渗漏类型的处理方法

序号	渗漏类型	适用条件	渗漏处理方法	备 注
1	集中渗漏	水压不大于 0.1MPa	直接堵塞法、 导管堵塞法、 木楔堵塞法	直接堵塞法在漏水孔较小时采用，木楔堵塞法和导管堵塞法在漏水孔较大时采用
		水压大于 0.1MPa	灌浆堵塞法	也可用于混凝土密实性差、 内部蜂窝孔隙较大的情况
2	裂缝渗漏		直接堵塞法、 导渗止漏法、 动水灌浆堵塞法	水压较小采用直接堵塞法， 水压较大采用导渗止漏法， 水压大、流速快、渗流量大 采用动水灌浆堵塞法
3	散渗	轻微散渗	表面涂抹粘贴法	
		大面积散渗	喷射混凝土 (砂浆) 法	
		严重渗漏、抗 渗性能差的 迎水面	防渗面板法	
		混凝土密实 性较差或网 状深层裂缝 产生的散渗	灌浆法	
4	变形缝 渗漏		嵌填法 粘贴法 锚固法 灌浆法 补灌沥青法	补灌沥青法适用于沥青井 止水结构的渗漏处理
5	基础渗漏		灌浆法	
6	绕坝渗漏	岩体破碎	灌浆法	可补设排水孔或导渗平洞
		岩溶渗漏	灌浆法 堵塞法 阻截法 铺盖法 下游导排法	
		土质岸坡	铺盖法	同时在下游面设反滤、排 水设施

7.5 散 渗 处 理

7.5.3 喷射混凝土施工方法有干式、湿式、半湿式三种。干式喷射是水与干拌材料在喷嘴处混合；湿式喷射是把水和全部原材料一起拌匀后送到喷嘴；半湿式喷射是在喷嘴之前数米处供压力水。

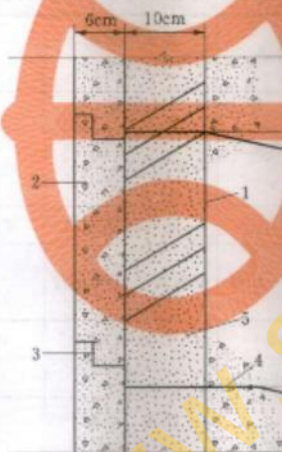
三种喷射混凝土方法比较，在强度、粉尘量、喷出量等方面，湿式喷射法有利；在管路长度、所需的空间等方面，则是干式喷射法有利。

湿式喷射法与干式喷射法的技术参数见表 3。

表 3 湿式喷射法与干式喷射法技术性能比较

指 标	干式喷射法	湿式喷射法 (风动型)	湿式喷射法 (泵送型)
机械设备	简单	较简单	较复杂
粉尘浓度	较大，一般 $>50\text{mg}/\text{m}^3$	可降低 50%~80%	可降低 80%以上
耗风量	较大	可降低 50%左右	可降低 50%以上
回弹率	较大，20%~40%	可降低至 10%左右	可降低至 5%~10%以下
水灰比	0.4~0.5	0.5~0.55	0.55+塑化剂
压送距离	长，200~300m	短	短
设备情况	容易	困难，中途 不用停歇	困难，中途 不用停歇
喷射混凝土 抗压强度	较低，一般 15~25MPa	提高约 50%	提高约 30%~50%
水泥用量 (kg/m^3)	400	450~480	480~560
混凝土坍落度 (cm)	5~7	8~10	10~12

当混凝土大坝上游面裂缝较多,分布范围大时,可采用浇筑沥青混凝土防渗层来处理裂缝。例如,恒仁大坝由于施工质量差、强度低及东北地区温差较大等影响,产生许多裂缝,水库蓄水前就发现 2084 条裂缝,后来决定对大坝上游面高程 288.30~306.30m 裂缝采用浇筑 10cm 厚沥青混凝土防渗层处理,外设 6cm 厚预制混凝土保护板兼施工模板(结构示意图见图 2)处理面积达 6700m²,效果良好。



1—原坝体表面; 2—预制混凝土; 3—楔口; 4—钢筋
锚深 50cm; 5—沥青混凝土防渗体

图 2 沥青混凝土防渗层结构示意图

7.6.5 补灌沥青,指大坝沥青井渗漏的处理。沥青井加热方法,

刘家峡大坝采用电加热法和丹江口大坝采用的蒸汽加热法，效果都很好。

7.7 基础及绕坝渗漏处理

7.7.2 坝体两端连接的岸坡存在下列情况时，可能出现绕坝渗漏，威胁坝体安全：①条形山脊，山体单薄，在蓄水位以下存在透水夹层，坡积覆盖层未曾清除，也未做处理；②山体地质条件差，岩石破碎，节理发育，渗水量大，山体存有岩溶，井泉或生物洞穴等；③坝端接头防渗措施不完善，未做防渗帷幕或施工质量差，以及施工取土破坏了坝端上游天然覆盖土层等。

绕坝渗漏的处理主要是加强或增设岸坡上游防渗体（包括垂直防渗和水平防渗），切断绕渗通道，下游可根据需要补做或增设反滤排水措施。当坝端山体岩石破碎，可采用岸坡黏土贴坡防渗，贴坡范围应扩大到坝端渗水可能影响的范围，也可在坝端山体上游大量抛土截渗。当山体单薄岩石破碎时，可采用水泥灌浆做帷幕，岸坡节理裂缝发育，可考虑用化学材料灌浆。当坝端山包有石灰岩溶洞时，要首先设法堵洞，然后再做防渗处理。在岸坡坝端下游出逸点以下，要做好导渗排水措施。

由于排水虽可降低基础扬压力，但会增加渗漏量，甚至引起渗透变形，故要慎重对待。

8 剥蚀、磨损、空蚀及碳化修理

8.1 一般规定

8.1.6 选用与基底材料弹性模量、线胀系数相近的修补材料，主要考虑了修补材料与基底材料间变形的相互协调性。如果修补材料的线胀系数比基底材料大（如环氧树脂类），那么在等温差作用下，修补材料的变形将会大于基底材料，导致结合面产生剪应力，造成修补材料鼓起脱落。

8.4 冻融剥蚀及碳化修理

8.4.3

2 掺用引气剂增加混凝土的含气量，改善气泡参数是提高水泥混凝土及砂浆抗冻性能的最有效途径。掺用减水剂，特别是掺用高效减水剂，降低混凝土水灰比，也能提高混凝土抗冻性。

掺用优质粉煤灰能改善混凝土和易性、抗渗性和抗裂性、降低干缩。同时掺用减水剂和引气剂，控制粉煤灰掺量在 20% 以下，也可配制出 F300 的抗冻混凝土。

8.5 钢筋锈蚀引起的混凝土剥蚀修理技术

8.5.2

3

1) 在有氯离子的环境中，为了防止钢筋锈蚀，水泥混凝土及砂浆中应掺用钢筋阻锈剂，而聚合物水泥混凝土及砂浆和硅粉混凝土及砂浆的密实性好、抗渗等级高，氯离子不易侵入，因此只提“可掺用阻锈剂”。

8.6 磨损和空蚀修理技术

8.6.2 推移质以滑动、滚动及跳动的方式在建筑物过水面上运

动,除具有悬移质的摩擦及切削作用外,还有冲砸作用。因此修补推移质磨损破坏要选用冲击韧性好的耐磨材料。抗磨蚀铁矿石骨料的冲击韧性和耐磨性比普通铁矿石和石英岩高,见表4。用上述三种骨料配制的硅粉混凝土的抗冲磨强度试验成果见表5。从表5可以看出,抗磨蚀铁矿石硅粉混凝土的抗冲磨强度最高。因此,一般选用抗磨蚀铁矿石硅粉混凝土作为推移质磨损破坏的修补材料。

表4 三种骨料岩石性能试验

性 能	岩 石 品 种		
	普通铁矿石	石英岩	抗磨蚀铁矿石
磨耗率/%	6.213	2.397	1.786
磨损硬度/cm	0.110	0.243	0.041
冲击韧性/($\text{N} \cdot \text{m}/\text{cm}^2$)	43.05	20.04	388.81
压碎指标/%	11.909	3.189	1.741

表5 三种骨料硅粉混凝土对比试验

项 目	骨 料 品 种		
	普通铁矿石	石英岩	抗磨蚀铁矿石
抗压强度/MPa	74.20	84.90	79.10
抗磨强度/(h/cm)	5.55	10.35	22.97
相对抗冲磨强度	1.00	1.86	4.14

悬移质磨损修补材料可选用高强硅粉混凝土(砂浆)、高强硅粉铸石混凝土(砂浆或铸石板)等。高强硅粉混凝土(砂浆)在三门峡大坝泄洪底孔、葛洲坝二江泄水闸、潘家口大坝溢流面反弧段、大伙房水库输水洞出口消能塘等磨损破坏修补工程中都得到应用。

推移质磨损修补材料可选用高强硅粉混凝土(砂浆)、高强抗磨蚀铁矿石硅粉混凝土(砂浆)、钢轨嵌高强混凝土等。高强硅粉混凝土(砂浆)在四川渔子溪二级水电站排沙洞、映秀湾水

电站拦沙闸等推移质磨损破坏修补工程中应用；高强抗磨蚀铁卵石硅粉混凝土在新疆三屯河水库泄洪排沙洞推移质冲磨破坏修补工程中应用；钢轨嵌填高强混凝土在四川石棉二级电站冲沙闸和渔子溪二级水电站排沙洞推移质磨损破坏修复工程中应用。上述材料修补效果均良好。

掺硅粉能明显提高混凝土的抗空蚀能力，如果同时掺入钢纤维和硅粉，则抗空蚀效果更为显著。不掺钢纤维和硅粉、掺硅粉以及掺钢纤维和硅粉等三种混凝土的抗空蚀性能比较试验成果见表 6。

表 6 抗空蚀性能比较试验

混凝土种类	水胶比 /%	硅粉 /%	钢纤维 /%	胶材用量 /(kg/m ³)	空蚀量 /g	抗空蚀强度 /(h·m ³ /kg)	相对 比值
普通	0.31	0	0	450	1.59	44.46	1.00
硅粉	0.31	10	0	450	0.80	83.36	1.90
钢纤维硅粉	0.31	10	0.5	450	0.08	833.63	18.80

从表 6 可看出，修补空蚀破坏推荐选用高强钢纤维硅粉混凝土。

9 水下修补与清淤（渣）

9.3 水下修补内容与技术

9.3.1 钢围堰在三门峡大坝泄洪底孔进口修补中已成功应用。沉柜作为静水条件下水下专用检修工具，具有压气排水、柜体稳定、无水环境下检查直观、修补方便等特点。在江苏省万福闸、葛洲坝二江泄水闸等工程修补中已成功应用。

9.3.5 水下钻孔要求供气压力比水上作业大，即供气压力要不小于风钻所需正常工作压力、钻孔处静水压力、风压的沿程损失和局部损失的总和。因此，一般缩短风管长度，以降低风压损失。

9.3.8 水下灌浆技术运用于修补水下裂缝工程，如丹江口混凝土坝迎水面水平渗水裂缝处理，采用锚固橡胶板结合灌注聚氨酯浆材，效果良好。

9.3.9 水下混凝土浇筑是在水上拌制，在水环境中浇筑和硬化。根据浇筑中隔离环境水影响的技术措施，水下浇筑混凝土方法分为导管法、泵压法、倾注法、开底容器法等。其中导管法，通过不透水的金属导管浇筑水下混凝土，具有质量高、整体性好、浇筑速度快、不受水深和仓面大小的限制，是应用最广泛的水下混凝土浇筑方法。

水利水电技术标准咨询服务中心 简介

中国水利水电出版社标准化出版分社

中国水利水电出版社，一个创新、进取、严谨、团结的文化团队，一家把握时代脉搏、紧跟科技步伐、关注社会热点、不断满足读者需求的出版机构。作为水利部直属的中央部委专业科技出版社，成立于1956年，1993年荣膺首批“全国优秀出版社”的光荣称号。经过多年努力，现已发展成为一家以水利电力专业为基础、兼顾其他学科和门类，以纸质书刊为主、兼顾电子音像和网络出版的综合性出版单位，迄今已经出版近三万种、数亿余册（套、盘）各类出版物。

水利水电技术标准咨询服务中心（中国水利水电出版社标准化出版分社）是水利部指定的行业标准出版、发行单位，主要负责水利水电技术标准及相关出版物的出版、宣贯、推广工作，同时还负责水利水电类科技专著、工具书、文集及相关职业培训教材编辑出版工作。

感谢读者多年来对水利水电技术标准咨询服务中心的关注和垂爱，中心全体人员真诚欢迎广大水利水电科技工作者对标准、水利水电图书出版及推广工作多提意见和建议，我们将秉承“服务水电，传播科技，弘扬文化”的宗旨，为您提供全方位的图书出版咨询服务，进一步做好标准和水利水电图书出版、发行及推广工作。

主 任：王德鸿 010-68545951 wdh@waterpub.com.cn
副 主 任：陈 昊 010-68545981 hero@waterpub.com.cn
主任助理：王 启 010-68545982 wqi@waterpub.com.cn
责任编辑：王丹阳 010-68545974 wdy@waterpub.com.cn
章恩洁 010-68545995 zsj@waterpub.com.cn
覃 薇 010-68545889 qwei@waterpub.com.cn
刘媛媛 010-68545948 lyuan@waterpub.com.cn
传 真：010-68317913

<https://www.slzjxx.cc>
水利造价信息网



155170.213

SL 230—2015

中华人民共和国水利行业标准

混凝土坝养护修理规程

SL 230—2015

Ⅲ

中国水利水电出版社出版发行

(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)

网址: www.waterpub.com.cn

E-mail: sales@waterpub.com.cn

电话: (010) 68367658 (发行部)

北京科水图书销售中心(零售)

电话: (010) 88383994、63202643、68545874

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经销

北京瑞斯通印务发展有限公司印刷

140mm×203mm 32开本 3.375印张 90千字

2015年4月第1版 2015年4月第1次印刷

Ⅲ

书号 155170·213

定价 34.00元

水利水电技术标准
咨询服务中心



微信二维码，扫一扫
信息更多，服务更快

凡购买我社规程，如有缺页、倒页、脱页的，

本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究