

UDC

SL

中华人民共和国行业标准

P

SL 230—98

混凝土坝养护修理规程

**Specifications for maintenance and
repair of concrete dam**

1999—01—19 发布

1999—03—01 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国行业标准

混凝土坝养护修理规程

**Specifications for maintenance and
repair of concrete dam**

SL230—98

主编单位：水利部丹江口水利枢纽管理局

批准部门：中华人民共和国水利部

施行日期：1999年3月1日

网易 NetEase
水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

中华人民共和国水利部

关于批准发布《混凝土坝养护修理规程》 SL230—98 的通知

水国科 [1999] 19 号

根据水利部水利水电技术标准制定、修订计划，由原水利管理司和建设与管理司主持，以水利部丹江口水利枢纽管理局为主编单位，中国水利水电科学研究院为参编单位制定的《混凝土坝养护修理规程》，经审查批准为水利行业标准，现予以发布。标准的名称和编号为：

《混凝土坝养护修理规程》SL230—98。

本标准自 1999 年 3 月 1 日起实施。请各单位在实施过程中注意总结经验，如有问题请函告建设与管理司，并由其负责解释。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

一九九九年一月十八日

前 言

SL230—98《混凝土坝养护修理规程》是水利部《水利水电技术标准体系》的计划项目,根据水利部原水利管理司(97)水管库字第002号文安排编制的。《混凝土坝养护修理规程》主要包括以下内容:

——编制的主要依据和适用范围。

——混凝土坝检查的一般规定和检查的项目、内容及方法与要求。

——混凝土坝的养护及冻害、碳化与氯离子侵蚀、化学侵蚀的防护。

——混凝土坝裂缝、渗漏、剥蚀的调查、成因分析、修补及处理的判断,修补及处理的方法、材料和施工工艺。

——水下修补技术。

SL230—98《混凝土坝养护修理规程》总结了我国几十年来混凝土坝养护修理的实践经验 and 科研成果,吸收了先进技术,使养护修理工作进入规范化、制度化、科学化阶段,将对保证工程安全运行及提高效益发挥重要作用。

本规程解释单位:水利部建设与管理司

本规程主编单位:水利部丹江口水利枢纽管理局

本规程参编单位:中国水利水电科学研究院

本规程主要起草人: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

目 次

1 总则	6
2 检查	7
3 养护	10
4 裂缝修补	14
5 渗漏处理	21
6 剥蚀修补及处理	28
7 水下修补	34
附录 A 检查记录表格式	37
附录 B 常用防护材料	38
附录 C 裂缝调查	39
附录 D 混凝土损坏的主要原因	44
附录 E 修补结构图	49
附录 F 常用修补材料	52
附录 G 导管法浇筑水下混凝土技术要求	55

1 总 则

1.0.1 为了做好混凝土坝养护修理工作,规范其程序和方法,保证工程的安全、完整和延长其使用寿命,根据《水库大坝安全管理条例》特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于一、二、三、四级混凝土坝和同级土石坝的水工混凝土建筑物的养护修理。其他水工混凝土建筑物可参照执行。

1.0.3 混凝土坝养护包括建筑物的日常保养和防护;修理包括裂缝修补、渗漏处理、剥蚀的修补及处理和水下修补。

1.0.4 混凝土坝的养护修理应遵守下列规定:

1 养护修理原则:首先应做好工程的养护工作,防止损坏的发生和发展;在发生损坏后,必须及时修理,防止扩大;在修理时应做到安全可靠、技术先进、注重环保、经济合理。

2 修理工作程序:包括工程损坏的调查、修理方案设计、施工及其质量控制、验收等四个工作程序。

3 修理工程的报批:较大修理项目由管理单位提出修理设计方案,报经上级主管部门审批后实施;对影响结构安全的重大修理项目,应由原设计单位或由具有相应资格证书的设计单位设计,并报上级主管部门批准实施,竣工后由上级主管部门主持验收。

4 修理工程的施工管理:较大修理项目,管理单位可自行承担,但必须明确项目负责人,并建立质量安全保证体系,严格执行质量标准和工艺流程,确保工程质量。对重大修理项目,应实行项目负责制、施工招投标制和建设监理制。

1.0.5 混凝土坝的养护修理,除应符合本规程外,尚应符合国家现行的有关标准的规定。

2 检 查

2.1 一 般 规 定

2.1.1 应按照本规程和有关规范的规定,对混凝土坝和土石坝的水工混凝土建筑物进行检查。

2.1.2 管理单位应结合工程具体情况,确定检查项目和内容。

2.1.3 管理单位对工程应进行逐项检查和记录,对异常和损坏部位应有详细的说明,并进行摄影或录像,以待专项调查和养护修理。

2.2 检查分类和次数

2.2.1 日常检查。应由管理单位组织有经验的专业人员进行,每月不少于一次,汛期视汛情增加次数;库水位达到设计水位前后时,每天至少一次。

2.2.2 年度检查。每年汛前、汛后及高水位、死水位、低气温时,管理单位负责人应组织全面检查,每年2~3次。

2.2.3 特别检查。当坝区及其附近发生有感地震或大坝遭受大洪水以及发生其他特殊情况时,管理单位负责人应立即组织检查,并报上级主管部门。

2.3 检查项目和内容

2.3.1 坝体检查应包括下列内容:

- 1 相邻坝段之间有无错动。
- 2 伸缩缝开合和止水工作情况是否正常。
- 3 坝顶、上下游坝面、宽缝、廊道有无裂缝,裂缝有无渗漏和溶蚀情况。
- 4 混凝土有无渗漏、溶蚀、侵蚀和冻害等情况。
- 5 坝体排水孔的工作状态是否正常,渗漏水量和水质有无明

显变化。

2.3.2 坝基和坝肩检查应包括下列内容:

- 1 基础有无挤压、错动、松动和鼓出。
- 2 坝体与基岩或岸坡结合处有无错动、开裂、脱离和渗漏情况。
- 3 两岸坝肩区有无裂缝、滑坡、溶蚀、绕渗及水土流失情况。
- 4 基础防渗排水设施的工况是否正常,有无溶蚀,渗漏水量和水质有无变化,扬压力是否超限。

2.3.3 输、泄水洞(管)检查应包括下列内容:

- 1 进水口有无滑坡,进水塔或竖井有无裂缝、渗漏、溶蚀、磨损、空蚀、碳化、钢筋锈蚀和冻害等情况。
- 2 洞身有无裂缝、渗漏、溶蚀、磨损、空蚀等情况,伸缩缝开合和止水情况是否正常。
- 3 消能设施有无冲刷、磨损和空蚀情况。

2.3.4 溢洪道检查应包括下列内容:

- 1 闸墩、胸墙、边墙、溢流面、闸底板有无裂缝、渗漏、溶蚀、磨损、空蚀、碳化、钢筋锈蚀和冻害等情况,伸缩缝和排水孔是否完好。
- 2 消能设施有无冲刷、磨损和空蚀,岸坡有无冲刷和滑坡等情况。
- 3 工作桥和交通桥有无不均匀沉陷、裂缝、碳化和钢筋锈蚀等情况。

2.3.5 电站厂房检查应包括下列内容:

- 1 厂房整体结构有无不均匀沉陷、墙体裂缝等情况。
- 2 机墩和尾水管有无裂缝和磨损等情况。
- 3 梁、柱、板受力结构有无裂缝、碳化和钢筋锈蚀情况。
- 4 屋顶有无渗漏和损坏情况,内顶抹面有无空鼓和脱落情况。
- 5 尾水渠有无淤积和冻害,岸坡有无冲刷和滑坡,厂区排水设施工况是否正常。

2.3.6 过坝建筑物检查应包括下列内容:

- 1 建筑物有无裂缝、渗漏、溶蚀、磨损、空蚀、碳化和钢筋锈蚀等情况。**
- 2 闸室、筏道、斜坡道、输水廊道有无不均匀沉陷。**
- 3 伸缩缝和排水管(孔)是否完好。**

2.4 检查方法和要求

2.4.1 检查可通过目视、耳听、手摸,同时辅以相应的工具和仪器进行。

2.4.2 检查人员应由专业人员组成,检查工作必须由经验丰富、熟悉本工程情况的水工专业技术人员主持。检查人员不应任意变动。

2.4.3 现场记录必须及时整理,并结合监测资料编写检查报告和建立档案。

2.4.4 混凝土坝的检查记录表格式见附录 A 表 A,其他水工混凝土建筑物的检查记录表可参照该表,由管理单位自行制定。

3 养 护

3.1 一 般 规 定

3.1.1 养护包括工程表面、伸缩缝止水设施、排水设施、监测设施等的养护,以及冻害、碳化与氯离子侵蚀、化学侵蚀等的防护。

3.1.2 管理单位应根据本规程规定,并结合工程具体情况,确定养护项目和内容。

3.1.3 严禁在大坝管理和保护范围内进行爆破、炸鱼、采石、取土、打井、毁林开荒等危害大坝安全和破坏水土保持的活动。

3.1.4 严禁将坝体作码头停靠各类船只。在大坝管理和保护范围内修建码头,必须经大坝主管部门批准,并与坝脚和泄水、输水建筑物保持一定距离,不得影响大坝安全和工程管理。

3.1.5 经批准兼做公路的坝顶,应设置路标和限荷标示牌,并采取相应的安全防护措施。

3.1.6 严禁在坝面堆放超过结构设计荷载的物资和使用引起闸墩、闸门、桥、梁、板、柱等超载破坏和共振损坏的冲击、振动性机械;严禁在坝面、桥、梁、板、柱等构件上烧灼;有限制荷载要求的建筑物必须悬挂限荷标示牌。各类安全标志应醒目、齐全。

3.2 表面养护和防护

3.2.1 坝面和坝顶路面应经常整理,保持清洁整齐,无积水、散落物、杂草、垃圾和乱堆的杂物、工具。

3.2.2 过水面应保持光滑、平整,否则应及时处理;泄洪前应清除过水面上能引起冲磨损坏的石块和其他重物。

3.2.3 冻害防护可采取下列措施:

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、冻胀损坏防护措施:

1) 冰冻期注意排干积水、降低地下水位,减压排水孔应清淤、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) 在结构承载力允许时可采用加重法减小冻拔损坏。

3 冻融损坏防护措施:

1) 冰冻期注意排干积水,溢流面、迎水面水位变化区出现的剥蚀或裂缝应及时修补;

2) 易受冻融损坏的部位可采用物料覆盖保温或采取涂料涂层防护;

3) 防止闸门漏水,避免发生冰坝和冰融损坏。

3.2.4 碳化与氯离子侵蚀防护应采取下列措施:

1 对碳化可能引起钢筋锈蚀的混凝土表面采用涂料涂层全面封闭防护;

2 对有氯离子侵蚀的钢筋混凝土表面采用涂料涂层封闭防护,也可采用阴极保护;

3 碳化与氯离子侵蚀引起钢筋锈蚀破坏应立即修补,并采用涂料涂层封闭防护。

3.2.5 化学侵蚀防护应采取下列措施:

1 已形成渗透通道或出现裂缝的溶出性侵蚀,采用灌浆封堵或加涂料涂层防护。

2 酸类和盐类侵蚀防护措施:

1) 加强环境污染监测,减少污染排放;

2) 轻微侵蚀的采用涂料涂层防护,严重侵蚀的采用浇筑或衬砌形成保护层防护。

3.2.6 常用防护材料可参照附录 B 表 B 选用。

3.3 伸缩缝止水设施养护

3.3.1 各类止水设施应完整无损、无渗水或渗漏量不超过允许

范围。

3.3.2 沥青井出流管、盖板等设施应经常保养，溢出的沥青应及时清除。

3.3.3 沥青井五至十年加热一次，沥青不足时应补灌，沥青老化及时更换，更换的废沥青应回收处理。

3.3.4 伸缩缝充填物老化脱落，应及时充填封堵。

3.4 排水设施养护

3.4.1 排水设施应保持完整、通畅。

3.4.2 坝面、廊道及其他表面的排水沟、孔应经常进行人工或机械清理。

3.4.3 坝体、基础、溢洪道边墙及底板的排水孔应经常进行人工掏挖或机械疏通，疏通时应不损坏孔底反滤层。无法疏通的，应在附近补孔。

3.4.4 集水井、集水廊道的淤积物应及时清除。

3.5 监测设施养护

3.5.1 各类监测设施应保持完好，能正常监测。

3.5.2 对易损坏的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。

3.5.3 动物在监测设施中筑的巢窝应及时清除，易被动物破坏的应设防护装置。

3.5.4 有防潮湿、锈蚀要求的监测设施，应采取除湿措施，定期进行防腐处理。

3.5.5 遥测设施的避雷装置应经常养护。

3.6 其他养护

3.6.1 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。

3.6.2 坝前泥沙淤积应定期监测。有排砂设施的应及时排淤；无排砂设施的，可利用底孔泄水排淤，也可进行局部水下清淤。

3.6.3 坝肩和输、泄水道的岸坡应定期检查，及时疏通排水沟孔，对滑坡体应立即处理。

网易 NetEase
水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

4 裂 缝 修 补

4.1 裂 缝 调 查

4.1.1 裂缝调查分基本调查、补充调查及专题研究。

4.1.2 基本调查应包括下列内容：

- 1 裂缝状况；
- 2 裂缝附近情况；
- 3 裂缝开展情况；
- 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。

4.1.3 补充调查应包括下列内容：

- 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 建筑物运用及环境变化条件的详查。

4.1.4 专题研究应包括下列内容：

- 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。

4.1.5 以上调查的详细内容见附表 C。

4.2 裂缝成因分析与修补的判断

4.2.1 裂缝按深度可分为表层裂缝、深层裂缝和贯穿裂缝；按裂缝开度变化可分为死缝、活缝和增长缝；按裂缝成因可分为温度裂缝、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。

4.2.2 裂缝成因分析应符合下列程序：

- 1 裂缝原因主要有材料、施工、使用与环境、结构与荷载、其他等五方面，具体内容见附录 D 表 D1；
- 2 根据基本调查结果与表 D1 对照分析开裂原因；
- 3 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表 D1 分析开裂原因；
- 4 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。

4.2.3 裂缝修补的判断应符合下列规定：

- 1 对钢筋混凝土结构，从耐久性或防水性的要求判断是否需要修补时，应将调查测得裂缝宽度与表 4.2.3 对照判断；

表 4.2.3 钢筋混凝土结构需要修补的裂缝宽度 (mm)

环境条件类别	按耐久性要求		按防水性要求
	短期荷载组合	长期荷载组合	
一	>0.40	>0.35	>0.10
二	>0.30	>0.25	>0.10
三	>0.25	>0.20	>0.10
四	>0.15	>0.10	>0.05

注 一类——室内正常环境；

二类——露天环境，长期处于地下或水下的环境；

三类——水位变动区，或有侵蚀性地下水的地下环境；

四类——海水浪溅区及盐雾作用区，潮湿并有严重侵蚀性介质作用的环境。

- 1) 大气区与浪溅区的分界线为设计最高水位加 1.5m；浪溅区与水位变动区的分界线为设计最高水位减 1.0m；水位变动区与水下区的分界线为设计最低水位减 1.0m，盐雾作用区为离海岸线 500m 范围内的地区；
- 2) 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。

2 对大坝上游面、廊道和下游面渗水裂缝应判断为需要修补或加固;对坝顶和下游面不渗水裂缝,经研究后判断是否需要修补;

3 裂缝开裂处混凝土局部脱落、剥离、松动已威胁人和物的安全,应判断为需要修补;

4 根据裂缝开裂原因分析构件的承载能力可能下降时,必须通过计算确定构件开裂后的承载能力,判断是否需要补强加固。

4.3 裂缝修补技术

4.3.1 裂缝修补可采用喷涂法、粘贴法、充填法和灌浆法。

4.3.2 喷涂法施工应符合下列要求:

1 喷涂法适用于宽度小于 0.3mm 的表层裂缝修补。

2 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。

3 喷涂法施工工艺:

1) 首先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) 混凝土表面气孔可用树脂类材料充填,对凹处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,第一遍喷涂采用经稀释的涂料,涂膜总厚度应大于 1mm 。

4.3.3 粘贴法施工应符合下列要求:

1 粘贴法分表面粘贴法和开槽粘贴法两种,前者适用于裂缝宽度小于 0.3mm 的表层裂缝修补,后者适用于裂缝宽度大于 0.3mm 的表层活缝修补。

2 粘贴材料可选用橡胶片材、聚氯乙烯片材等。

3 表面粘贴法施工工艺:

1) 粘贴基面处理按本规程 4.3.2 有关规定执行;

2) 在粘贴片材前应使基面干燥,并涂刷一层胶粘剂,再加压粘贴刷有胶粘剂的片材。

4 开槽粘贴法施工工艺:

- 1) 沿裂缝凿槽,槽宽 18~20cm、槽深 2~4cm、槽长超过缝端 15cm,并清洗干净;
- 2) 在槽面先涂刷一层树脂基液,再用树脂基砂浆找平;
- 3) 沿缝铺宽为 5~6cm 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) 在槽两侧面涂刷一层胶粘剂后,回填弹性树脂砂浆,并压实抹光,其表面应与混凝土面齐平,结构示意图见附录 E 图 E1。

4.3.4 充填法施工应符合下列要求:

- 1 充填法适用于缝宽大于 0.3mm 的表层裂缝修补。
- 2 充填材料应根据裂缝的类型进行选择,对死缝可选用水泥砂浆、聚合物水泥砂浆、树脂砂浆等;对活缝应选用弹性树脂砂浆和弹性嵌缝材料等。

3 死缝充填法施工工艺:

- 1) 沿裂缝凿 V 形槽,槽宽、深 5~6cm,并清洗干净;
- 2) 槽面应涂刷基液,涂刷树脂基液时使槽面处于干燥状态,涂刷聚合物水泥浆时使槽面处于潮湿状态;
- 3) 向槽内充填修补材料,并压实抹光。

4 活缝充填法施工工艺:

- 1) 沿裂缝凿 U 形槽,槽宽、深 5~6cm,并清洗干净;
- 2) 槽底面用砂浆找平并铺设隔离膜;
- 3) 槽侧面涂刷胶粘剂,再嵌填弹性嵌缝材料,并用力压实;
- 4) 回填砂浆与原混凝土面齐平,结构示意图见附录 E 图 E2。

4.3.5 灌浆法施工应符合下列要求:

- 1 灌浆法适用于深层裂缝和贯穿裂缝的修补。
- 2 灌浆材料应根据裂缝的类型选择,死缝可选用水泥浆材、环氧浆材、高强水溶性聚氨酯浆材等;活缝可选用弹性聚氨酯浆材等。

3 灌浆法施工工艺:

- 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 5~6cm 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;灌浆压力限制为 0.2~0.5MPa,当进浆顺利时应降低灌浆压力;

6) 灌浆结束封孔时的吸浆量应小于 0.02L /5min;

7) 在浆材固化强度达到设计要求后钻检查孔进行压水试验,检查孔单孔吸水量应小于 0.01L /min,不合格必须补灌;

8) 水泥灌浆施工可参照 SL62—94《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》的规定执行;

9) 灌浆宜在低温季节或裂缝开度大时进行。

4.3.6 修补材料、施工环境和养护应符合下列要求:

1 水泥、树脂、骨料等原材料的品质和贮存应符合有关规范的规定;

2 选用标号不低于 425 号的硅酸盐水泥、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;

3 选用质地坚硬、清洁、级配良好的中砂,砂的细度模数宜为 2.3~3.0;

4 各种混凝土及砂浆的配合比必须通过试验确定;

5 常用修补材料可参照附录 F 选用;

6 修补施工前宜进行工艺性试验;

7 修补施工宜在 5~25℃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;

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

4.4 补 强 加 固

4.4.1 补强加固可采用灌浆法、预应力法、粘贴玻璃钢法、增加断面法等。

4.4.2 灌浆法施工应符合下列要求:

1 灌浆法适用于深层裂缝和贯穿裂缝的补强加固;

2 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;

3 灌浆法施工按本规程 4.3.5 的规定执行。

4.4.3 预应力法施工应符合下列要求:

1 预应力法适用于影响建筑物抗滑稳定或整体受力的裂缝和因强度不足而开裂部位的补强加固。

2 根据预应力吨位可选用不同直径的预应力钢丝或钢束等材料。

3 预应力法施工可按 SL46—94《水工预应力锚固施工规范》的规定执行,还应符合下列要求:

1) 用钢筋探测器探查钢筋位置,钻孔时不得损伤钢筋;

2) 预应力钢束或钢丝必须防锈处理;

3) 预加应力方向应与裂缝面垂直。

4.4.4 粘贴玻璃钢法施工应符合下列要求:

1 粘贴玻璃钢法适用于梁、板、管等补强加固。

2 补强加固材料可选用环氧树脂、聚酯树脂等胶粘剂和玻璃丝布。

3 粘贴玻璃钢法施工工艺:

1) 混凝土表面应清刷干净和保持干燥,用树脂腻子找平;有较大裂缝或缺陷时应作灌浆处理;

2) 玻璃丝布必须除蜡,并用清水漂洗晾干;

3) 一次配制胶粘剂和腻子的数量不宜过多,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 3 天。

4.4.5 增加断面法施工应符合下列要求:

1 增加断面法适用于涵管、柱、墩等补强加固。

2 补强加固材料可选用水泥混凝土和聚合物混凝土。

3 增加断面法施工工艺:

1) 混凝土表面应凿毛、冲洗干净, 并涂刷界面处理剂;

2) 新老混凝土结合面设置锚筋, 其间距为 $30\sim 40\text{cm}$, 锚固长度约为 15 倍锚筋直径;

3) 新浇混凝土强度等级应高于老混凝土强度等级。

4 可埋设应变计等监测仪器。

4.4.6 补强加固的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。

5 渗 漏 处 理

5.1 渗 漏 调 查

5.1.1 基本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、压力和流速、浑浊度等，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。

5.1.2 补充调查应包括以下内容：

1 渗漏状况的详查，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。

5.1.3 经补充调查仍不能查明渗漏水来源及途径时，应进行专题研究。

5.2 渗漏成因分析和处理的判断

5.2.1 渗漏按发生的部位可分为坝体渗漏、伸缩缝渗漏、基础及绕坝渗漏，坝体渗漏按现象可分为集中渗漏、裂缝渗漏和散渗。

5.2.2 渗漏的主要原因有材料、设计、施工、管理、其他等，根据调查结果与附录 D 表 D2 对照分析渗漏的原因。

5.2.3 根据调查结果有下列情况之一的应判断为需要处理：

- 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 伸缩缝止水结构、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。

5.3 渗漏处理一般规定

5.3.1 渗漏处理的基本原则是“上截下排”，以截为主、以排为辅。渗漏宜在迎水面封堵，不能降低上游水位时宜采用水下修补，不影响结构安全时也可在背水面封堵。

5.3.2 常用渗漏处理材料见附录 F。

5.3.3 渗漏处理材料、施工环境和养护应符合本规程 4.3.6 的规定。

5.4 集中渗漏处理

5.4.1 当水压小于 0.1MPa 时可采用直接堵漏法、导管堵漏法、木楔堵塞法；当水压大于 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。

5.4.2 直接堵漏法施工应符合下列要求：

- 1 把孔壁凿成口大内小的楔形状，并冲洗干净；
- 2 将快凝止水砂浆捻成与孔相近的形状，迅速塞入孔内，堵住漏水。

5.4.3 导管堵漏法施工应符合下列要求：

- 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，导管四周用快凝止水砂浆封堵，凝固后拔出导管；
- 3 用快凝止水砂浆封堵导管孔。

5.4.4 木楔堵塞法施工应符合下列要求:

- 1 把漏水处凿成圆孔,将铁管插入孔中,管长应小于孔深;
- 2 铁管四周用快凝止水砂浆封堵,凝固后将裹有棉纱的木楔

打入铁管堵水。

5.4.5 灌浆堵漏法施工应符合下列要求:

- 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 灌浆压力为 $0.2\sim 0.4\text{MPa}$ 。

5.4.6 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保护。

5.5 裂缝渗漏处理

5.5.1 裂缝渗漏处理应先止漏后修补,裂缝修补按本规程 4.3 的规定执行。

5.5.2 裂缝漏水的止漏可采用直接堵塞法、导渗止漏法。

5.5.3 直接堵塞法施工应符合下列要求:

- 1 适用于水压小于 0.01MPa 的裂缝漏水处理;

- 2 沿缝面凿槽,并冲洗干净;

3 把快凝砂浆捻成条形,逐段迅速堵入槽中,挤压密实,堵住漏水。

5.5.4 导渗止漏法施工应符合下列要求:

- 1 适用于水压大于 0.01MPa 的裂缝漏水处理;

- 2 用风钻在缝的一侧钻斜孔,穿过缝面并埋管导渗;

- 3 裂缝修补后封闭导水管。

5.5.5 对大坝上游面水平裂缝的渗漏处理应进行专项设计。

5.6 散 渗 处 理

5.6.1 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。

5.6.2 表面涂抹粘贴法适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，施工应符合下列要求：

- 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本规程 4.3.2 的规定执行。
- 4 粘贴玻璃钢施工按本规程 4.4.4 的规定执行。

5.6.3 喷射混凝土（砂浆）应符合下列要求：

- 1 喷射混凝土（砂浆）适用于迎水面大面积散渗的处理。
- 2 施工方法有干式、湿式和半湿式三种。对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或湿式喷射。
- 3 喷射厚度在 5cm 以下时，宜采用喷射砂浆；厚度为 5~10cm 时，宜采用喷射混凝土或钢丝网喷射混凝土；厚度为 10~20cm 时，宜采用钢筋网喷射混凝土或钢纤维喷射混凝土。

4 喷射混凝土（砂浆）施工参照 SDJ57—85《水利水电地下工程锚喷支护施工技术规范》、GBJ86—85《锚杆喷射混凝土支护技术规范》的规定执行。

5.6.4 防渗面板施工应符合下列要求：

- 1 防渗面板适用于严重渗漏、抗渗性能差的迎水面处理；
- 2 材料可选用水泥混凝土、沥青混凝土等；
- 3 水泥混凝土施工应按 SDJ207—82《水工混凝土施工规范》

的规定执行。

5.6.5 灌浆处理适用于建筑物内部混凝土密实性较差或网状深层裂缝产生的散渗。灌浆材料可选用水泥浆材或化学浆材，施工应符合下列要求：

- 1 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；
- 2 灌浆压力为 0.2~0.5MPa；
- 3 水泥灌浆施工按 SL62—94 的规定执行；

4 灌浆结束后散渗面可用防水涂层防护。

5.7 伸缩缝渗漏处理

5.7.1 伸缩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。

5.7.2 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，施工应符合下列要求：

- 1 沿缝凿宽、深均为 5~6cm 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 回填弹性树脂砂浆与原混凝土面齐平。

5.7.3 粘贴法的粘贴材料可选用厚 3~6mm 的橡胶片材，施工按本规程的 4.3.3 的规定执行。

5.7.4 锚固法施工应符合下列要求：

1 锚固法适用于迎水面伸缩缝处理，局部修补时应做好伸缩缝的止水搭接。

2 防渗材料可选用橡胶、紫铜、不锈钢等片材，锚固件采用锚固螺栓、钢压条等。

3 锚固金属片材施工工艺：

- 1) 沿缝两侧凿槽，槽宽 35cm，槽深 8~10cm；
- 2) 在缝两侧各钻一排锚栓孔，排距 25cm，孔径 22~25mm、孔距 50cm、孔深 30cm，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 E 图 E3。

4 锚固橡胶板施工工艺：

- 1) 沿缝两侧各 30cm 范围将混凝土面修理平整；
- 2) 凿 V 形槽，槽宽、深 5~6cm，并冲洗干净；

3) 在缝两侧各钻一排锚栓孔,排距 50cm,孔径 40mm,孔深 40cm,孔距 50cm;

4) 用高压水冲洗钻孔,将树脂砂浆放入孔内,插入直径 20mm,长 45cm 的锚栓,锚栓必须垂直迎水面;

5) V 型槽内涂刷胶粘剂,铺设隔离棒再嵌填嵌缝材料;

6) 在锚栓部位浇一层宽 12cm 树脂砂浆垫层找平;

7) 根据锚栓位置,在橡胶片上开孔,将宽 60cm、厚 6mm 的橡胶片准确地套在锚栓上,及时安装压板,拧紧螺母,结构示意图见附录 E 图 E4。

5.7.5 灌浆法适用于迎水面伸缩缝局部处理。灌浆材料可选用弹性聚氨酯、改性沥青浆材等。灌浆施工应符合下列要求:

1 沿缝凿宽、深 5~6cm 的 V 形槽;

2 在处理段的上、下端骑缝钻止浆孔,孔径 40~50mm,孔深不得打穿原止水片,清洗后用树脂砂浆封堵;

3 骑缝钻灌浆孔,孔径 15~20mm,孔距 50cm,孔深 30~40cm;

4 用压力水冲洗钻孔,将直径 10~15mm、长 15~20cm 灌浆管埋入钻孔内 5cm,密封灌浆管四周;

5 冲洗槽面,用快凝止水砂浆嵌填;

6 逐孔洗缝,控制管口风压 0.1MPa,水压 0.05~0.1MPa;

7 灌浆前对灌浆管作通风检查,风压不得超过 0.1MPa;

8 灌浆自下而上逐孔灌注,灌浆压力为 0.2~0.5MPa,灌至基本不吸浆时并浆,后结束灌浆。

5.7.6 补灌沥青适用于沥青井止水结构的渗漏处理,施工应符合下列要求:

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,加热的进气压力为 0.3~0.4MPa,回气压力为 0.1~0.2MPa,持续加热 24~36h;

3 电加热时应有 2000~3000A 的电源;

- 4 井内沥青膏加热温度控制在 $120\sim 150^{\circ}\text{C}$;
- 5 打开出流管检查沥青溶化和老化程度;
- 6 补灌的沥青膏配比由试验确定;
- 7 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 $0.5\sim 1.0\text{m}$;
- 8 灌后应对井口、管口加盖保护。

5.8 基础及绕坝渗漏处理

5.8.1 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情况的基础渗漏处理可采用灌浆法,施工应符合下列要求:

- 1 接触面接触灌浆,孔深应钻至基岩面以下 2m ,当同时补做帷幕时,接触段灌浆应单独划分为一孔段,并先行钻灌;
- 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,渗漏严重的应加深加厚帷幕;
- 4 帷幕孔深小于 8m 宜采用风钻钻孔,超过 8m 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;
- 6 水泥灌浆施工按 SL62—94 的规定执行。

5.8.2 基础排水设施堵塞无法疏通时须补设排水孔。

5.8.3 绕坝渗漏处理可采用下列方法:

- 1 对山体岩石破碎的可采用水泥灌浆作帷幕,对山体岩石节理裂隙发育的可采用水泥灌浆或化学灌浆;
- 2 岩溶渗漏可采用灌浆、堵塞、阻截、铺盖和下游导排等措施处理;
- 3 岸坡坝肩下游应做导渗排水设施;
- 4 土质岸坡采用上游回填粘性土等防渗铺盖,下游面增设反滤、排水措施。

6 剥蚀修补及处理

6.1 冻融剥蚀

6.1.1 冻融剥蚀的调查应包括下列内容:

1 基本调查:

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。

2 补充调查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 经补充调查仍不能断定剥蚀原因时,应进行专题研究。

6.1.2 冻融剥蚀的主要原因有环境条件、混凝土材料、设计、施工及其他等五方面,具体内容见附录 D 表 D3,冻融剥蚀的成因应根据调查结果与表 D3 中所列原因对照分析。

6.1.3 修补冻融剥蚀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。

6.1.4 修补材料应符合下列规定:

1 修补材料可选用水泥混凝土及砂浆、聚合物水泥砂浆等;

修补材料的抗冻等级应符合 SL/T191—96《水工混凝土结构设计规范》的规定。

2 配制抗冻混凝土及砂浆所用原材料除应符合 SDJ207—82 的规定外,还应符合下列要求:

1) 选用标号不低于 425 号的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥;

2) 必须掺用引气剂和减水剂,其品质应符合 GB8076—1997《混凝土外加剂》的规定;

3) 可掺用硅粉或 I 级粉煤灰,硅粉的品质应符合《水工混凝土硅粉品质标准暂行规定》,粉煤灰的品质应符合 GB1596—91《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》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,必须进行专门试验论证。

3 混凝土、砂浆的配合比应通过试验确定,抗冻性能试验按 SD105—82《水工混凝土试验规程》规定的快冻试验方法执行。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、水灰比应按照 SL211—98《水工建筑物抗冰冻设计规范》的规定选用,抗冻砂浆的含气量不得低于 7%。

6.2 钢筋锈蚀引起的混凝土剥蚀

6.2.1 钢筋锈蚀的调查应包括下列内容:

1 基本调查:

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。

2 补充调查:

1) 详查混凝土剥落的特征、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。

6.2.2 引起混凝土中钢筋锈蚀的主要原因见附录 D 表 D4。钢筋锈蚀的成因分析应根据调查结果对照表 D4 进行。

6.2.3 剥蚀修补应符合下列要求:

1 对碳化引起的钢筋锈蚀,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,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。

6.2.4 修补材料应符合下列规定:

1 修补材料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 材料的性能不得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符合 SDJ207—82 规定外,还应符合下列要求:

1) 在有氯离子侵蚀的环境中,水泥混凝土和砂浆必须掺用钢筋阻锈剂,聚合物水泥砂浆及混凝土和硅粉砂浆及混凝土也可掺用阻锈剂;

2) 掺用的硅粉和粉煤灰的品质应符合本规程 6.1.4 的规定。

4 混凝土及砂浆的水灰比宜小于 0.40。

6.3 磨损和空蚀

6.3.1 磨损和空蚀的调查应包括下列内容：

1 基本调查：

- 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、矿物成份、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。

2 补充调查：

- 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，可进行水工模型试验和专题研究。

6.3.2 发生磨损和空蚀的主要原因见附录 D 表 D5，磨损和空蚀破坏的成因应根据调查结果与表 D5 所列原因对照分析。

6.3.3 磨损和空蚀破坏的修补及处理应符合下列规定：

1 磨损破坏采用高抗冲耐磨材料修补。

2 空蚀破坏的修补处理方法：

1) 体形不合理，修改体形；

2) 处理不平整突体，不平整度的控制标准应符合 SDJ341—89《溢洪道设计规范》的规定；

- 3) 设置通气减蚀设施;
- 4) 改进不合理的闸门运行方式;
- 5) 用高抗空蚀材料修补。

6.3.4 磨损和空蚀破坏的修补材料可根据破坏原因选择:

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、钢轨嵌高强混凝土等;

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,在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。

6.4 修 补 技 术

6.4.1 基面开挖和处理应符合下列要求:

1 剥蚀损伤的混凝土必须凿除并清理干净;

2 采用圆片锯等切槽,形成整齐规则的边缘,轮廊线间夹角不宜小于 90° ;

3 对钢筋锈蚀引起的剥蚀,混凝土凿除深度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,但表面不能有明水;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15cm时,应布设锚筋。

6.4.2 修补材料选择应符合下列要求:

1 修补厚度小于2cm时选用聚合物水泥砂浆或树脂砂浆,厚度为2~5cm时选用水泥基砂浆,厚度为5~15cm时选用一级配混凝土,厚度大于15cm时选用二级配混凝土;

2 选用的修补材料与基底材料的弹性模量、线膨胀系数应相

近。

6.4.3 修补材料回填应符合下列要求:

1 回填低流动度砂浆和混凝土时,应振捣密实并及时抹面,抹面时反复揉压、拍打,但不得加水,高强硅粉混凝土抹面后应立即覆盖保湿;

2 修补材料必须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 过水面大体积混凝土的剥蚀修补施工,宜采用滑模、真空作业。

6.4.4 施工环境和养护应符合本规程 4.3.6 的规定。

7 水 下 修 补

7.1 调 查

7.1.1 调查应制定调查大纲并按大纲的规定进行,调查内容应包括损坏部位及周边障碍、淤积等。

7.1.2 调查可采用潜水、水下摄影、水下电视和水上仪器探测等方式。

7.1.3 调查后必须及时整理资料、绘制成图、编辑照片或录像、提出调查报告。

7.1.4 根据调查结果,对照附录 D 分析损坏原因,并判断是否修补。

7.2 修 补 方 法

7.2.1 水下修补可采用潜水法或沉柜、侧壁沉箱、钢围堰法等。

7.2.2 沉柜法适用于水深 **2.5~12.5m** 水下结构水平段和缓坡段的修补,侧壁沉箱法适用于水下结构的垂直段和陡坡段的修补,钢围堰法适用于闸室等孔口部位的修补,潜水法适用于水下各类修补。

7.2.3 严禁使用有毒性、挥发性的修补材料。

7.3 修 补 技 术

7.3.1 水下修补技术包括水下清理、水下电焊与切割、水下爆破、水下钻孔、水下锚固、水下嵌缝、水下锚贴、水下灌浆、水下混凝土浇筑等。修补时应用水下电视监控并录像。

7.3.2 水下清理应符合下列要求:

- 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、废弃建筑物或岩石采用水下爆破清除;
- 3** 浇筑混凝土的清理范围为浇筑区以外 **1.5~2.0m**。

7.3.3 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。

7.3.4 水下爆破除应遵守 SL47—97《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》和 GB6722—86《爆破安全规程》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 必须采用抗水的或经防水处理的爆破器材;
- 3 采用电或塑料导爆管起爆方式,严禁使用导火索起爆方式;
- 4 实施爆破前应对爆区周围重要建(构)筑物、设施进行安全防护;
- 5 爆破影响范围内的船只、可移动的设施、人员等应撤离;
- 6 规定爆破冲击波(水击波)和爆破震动的安全控制标准,并加强监测。

7.3.5 水下钻孔机具可选用风钻、液压钻或机钻等。

7.3.6 水下锚固可采用锚筋锚固、锚栓锚固。锚筋锚固适用于水下混凝土浇筑,锚栓锚固适用于水下修补锚贴固定。锚固剂可选用水泥基或树脂类等。

7.3.7 水下嵌缝适用于迎水面的裂缝、伸缩缝的修补,施工应符合下列要求:

- 1 凿槽、嵌缝的施工工艺参照本规程 4.3.4 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。

7.3.8 水下锚贴、水下灌浆适用于水下裂缝、伸缩缝的修补处理。施工工艺分别参照本规程 5.7.4 和 5.7.5 的规定执行,嵌缝应采用水下嵌缝材料。

7.4 水下混凝土施工

7.4.1 水下混凝土浇筑可采用导管法、泵压法、倾注法、袋装叠置法,优先采用导管法,导管法施工技术要求按照附录 G 执行。在采用水下不分散混凝土浇筑时,其直接通过水深不大于 50cm。

7.4.2 水下混凝土浇筑前应按本规程 7.3.2 的规定进行基面清理。

7.4.3 水下模板工程除遵守 SDJ207—82 的规定外,还应符合下列要求:

- 1 按双向受力条件设计;
- 2 选用钢模或钢木混合结构,模板密封、不透水。

7.4.4 水下混凝土施工应用水下电视监控并录像。

7.5 水下清淤

7.5.1 水下清淤前应进行水下地形测量或由潜水员勘查,清淤方法可采用吸管法和机械挖除法等。

7.5.2 粒径小于 10cm 的淤积物采用吸管法,施工应符合下列要求:

- 1 由潜水员进行吸管的水下定位和移动,管口宜高出淤积面 10cm;
- 2 清淤时,潜水员距吸管的安全距离应大于 2m;
- 3 供风压力由现场试验确定。

7.5.3 粒径大于 10cm 的淤积物采用机械挖除法,施工应符合下列要求:

- 1 开挖机具可选用风镐、索铲、挖泥船等;
- 2 开挖机具定位导向标志可采用浮标等;
- 3 开挖不得损坏建筑物。

7.5.4 清淤后应进行水下录像和地形测量。

附录 B 常用防护材料

名称或类型	适用范围	施工方法
环氧厚浆涂料	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
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
聚氨酯涂料	防碳化、防氯离子渗透、耐磨、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、耐强蚀	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

- 注:1. 化学侵蚀防护的设计与施工可参照 GB50046—95《工业建筑防腐蚀设计规范》和 GB50212—91《建筑防腐施工及验收规范》执行;
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试验来确定;
3. 防护用各类砂浆材料在本规程附录 F 中列出。

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。

C.1.3 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。

C.1.4 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。

C.1.5 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。

C.1.6 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。

C.1.7 施工情况调查应包括下列内容:

1 按表 C.1.7 进行混凝土的原材料调查;

表 C.1.7 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(粘土、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。

C.1.8 建筑物运行情况及周围环境的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。

C.2 补 充 调 查

C.2.1 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。

C.2.2 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固弹仪进行检测；

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 氯化物含量试验按交通部 JTJ225—87《混凝土氯离子含量测定方法》的规定执行。

C.2.3 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 C.2.3 进行评估；

表 C.2.3 钢筋腐蚀度等级

等级	钢 筋 的 状 态
I	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 级腐蚀度以上必须校核结构承载力

时,应取样作钢筋抗拉试验或测定钢筋的截面积,取样后及时修复。

C.2.4 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:

1) 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;

2) 冲击、振动、共振等瞬时作用(荷载)引起的应力。

C.2.5 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。

C.2.6 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。

C.2.7 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。

C.3 专 题 研 究

C.3.1 根据建筑物实际尺寸、钢筋数量和直径、材料及其物理学性能、作用(荷载)和运行环境、裂缝的长度和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。

C.3.2 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。

C.3.3 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 C.3.3。

表 C.3.3 构件荷载试验的项目及测试仪表

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

C.3.4 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。

附录 D 混凝土损坏的主要原因

表 D1 混凝土裂缝的主要原因

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	
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 初期养护时急骤干燥 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

续表

分 类			原 因
使用与环境	物 理	温湿度	环境温湿度的变化 构件两面的温湿度差 反复冻融 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

表 D2 渗漏的主要原因

分 类		原 因
混凝土 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
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 伸缩缝止水结构不合理
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

续表

分 类		原 因
施 工	温 控	温控措施不当
	坝基防渗	防渗设施施工质量差 基岩的强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
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、伸缩缝止水结构等损坏,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

表 D3 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	水泥品种选用不适当
	掺合料	掺用不适当
	骨 料	品质低劣
	外加剂	未掺引气剂或引气效果差
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

表 D4 混凝土中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
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

表 D5 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
		建筑物形式复杂(弯道、跌坎、变坡、收缩、扩散渐变段等)
	进 水 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、出口收缩比及岔尖形式不合理
	出 口	出口断面收缩不合理
	消能工	消能工布置不合理
		池内设消力槛、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
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碴、施工残余物未清除
	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
过水面上有钢筋头或预埋件露头		
运 行 管 理	水 流	闸门开启方式不合理
		泄流流速偏高
	维 护	表面破坏未及时修补

附录 E 修补结构图

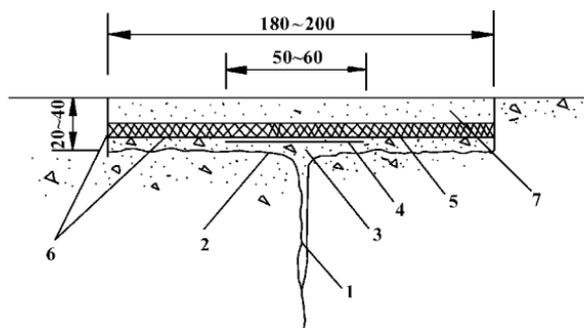


图 E1 活缝粘贴修补图 (单位: mm)

- 1—裂缝; 2—树脂基液; 3—树脂砂浆;
4—隔离膜; 5—橡胶片材; 6—胶粘剂;
7—弹性树脂砂浆

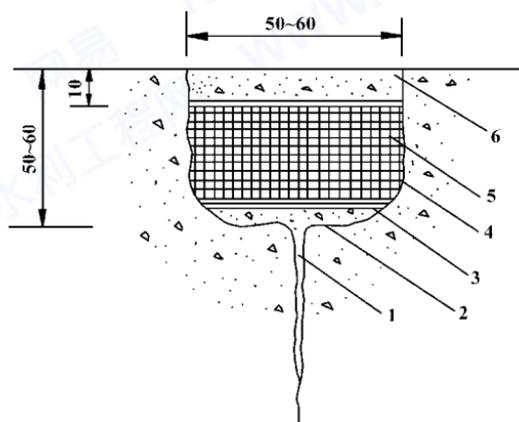


图 E2 活缝充填修补图 (单位: mm)

- 1—裂缝; 2—水泥基砂浆; 3—隔离膜;
4—胶粘剂; 5—弹性嵌缝材料; 6—水泥基砂浆

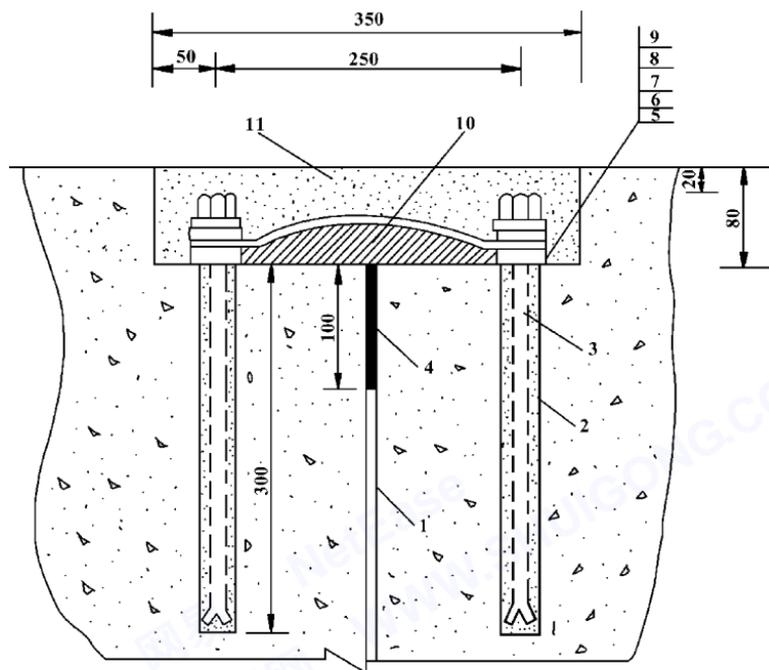


图 E3 锚固不锈钢片伸缩缝渗漏处理示意图 (单位: mm)

1—伸缩缝; 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

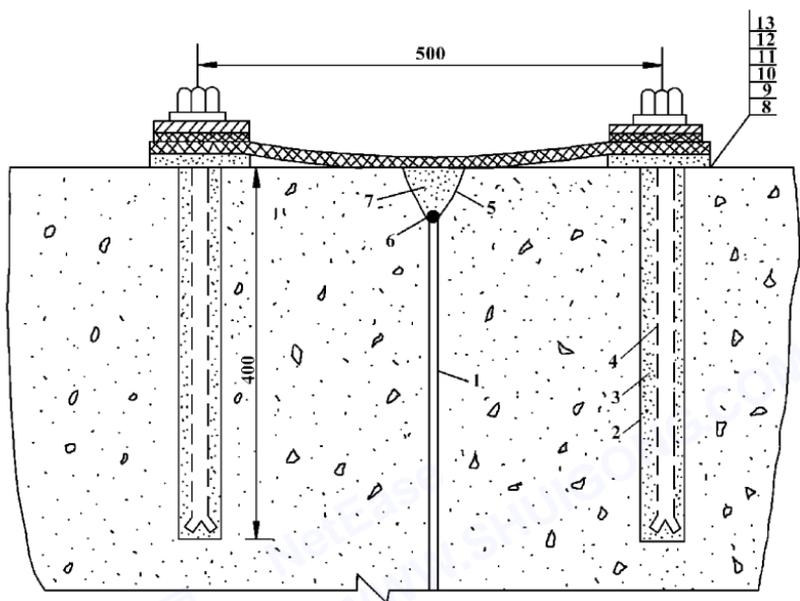


图 E4 锚固橡胶板伸缩缝渗漏处理示意图 (单位: mm)

- 1—伸缩缝; 2—锚栓孔; 3—环氧砂浆; 4—锚栓;
 5—胶粘剂; 6—隔离棒; 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

附录 F 常用修补材料

分 类	名 称	主 要 用 途	
砂 浆 与 混 凝 土 原 材 料	水 泥	硅酸盐水泥	配制各种水泥基混凝土及砂浆
		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	各种水泥基混凝土及砂浆掺合料
		硅粉	配制高强和抗磨蚀混凝土及砂浆
	外 加 剂	普通减水剂	配制水泥砂浆、混凝土
		高效减水剂	配制高强混凝土（抗冲耐磨）、 流态泵送混凝土、抗冻混凝土
		引气剂	配制抗冻性混凝土
		水下不分散剂	配制水下不分散混凝土
		速凝剂	配制喷射混凝土
		膨胀剂	配制补偿收缩混凝土
早强剂		配制早强混凝土	
特 种 骨 料	铸石砂	配制抗冲磨铸石砂浆及混凝土	
	铸石粗骨料		
	铁矿石砂子	配制抗冲磨铁矿石砂浆及混凝土	
	铁矿石粗骨料		
树 脂	环氧树脂	配制树脂砂浆及混凝土	
	不饱和聚酯树脂		
	PBM-1 树脂	配制水下树脂砂浆及混凝土	
胶 乳	丙烯酸酯共轭乳液（丙乳 PAE）	配制聚合物水泥砂浆和混凝土	
	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	配制潮湿（或水下）环氧砂浆	
	环氧低温固化剂	配制低温固化环氧砂浆	
	弹性环氧固化剂	配制弹性环氧砂浆	

续表

分 类	名 称	主 要 用 途
特 种 砂 浆 混 凝 土	干硬性预缩水泥砂浆	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和防护处理
	低温环氧砂浆	
	弹性环氧砂浆	
	高强水泥石英砂浆	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
	高强耐磨粉煤灰混凝土(砂浆)	磨损破坏的修补
	高强硅粉铁矿石骨料混凝土(砂浆)	推移质冲磨破坏的修补
	钢板和钢轨间嵌填混凝土	
	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	迎水面的散渗处理	
水下不散混凝土	水下混凝土结构的修补加固	
灌 浆 材 料	LW 水溶性聚氨酯浆材	混凝土缝和孔洞的快速堵漏
	丙稀酰胺(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	混凝土裂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、水溶性聚氨酯等
	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 水溶性聚氨酯浆材	混凝土裂缝、孔洞的堵漏处理和补强
	SK 聚氨酯浆材	

续表

分 类	名 称	主 要 用 途
嵌缝密封材料	SR 塑性止水材料	伸缩缝、裂缝的嵌填密封止水(冷施工)
	GB 止水材料	
	PU-1、PU-2 弹塑性嵌缝密封材料	
	聚氨酯嵌缝材料	
	丁基密封腻子 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	
	聚氯乙烯防渗胶泥	
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连通蜂窝孔洞和裂缝(缝宽大于0.5mm)漏水的处理和补强
防水片材	氯丁橡胶片材	伸缩缝、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	
其他	RI-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 ZV 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树脂固化剂产品列于条文说明。

附录 G 导管法浇筑水下混凝土技术要求

G.0.1 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/m³,混凝土坍落度宜为 15~22cm,并应加入减水剂、引气剂。

G.0.2 首浇混凝土数量不少于 2m³,管脚堆高不低于 50cm,导管口埋入深度不小于 30cm。

G.0.3 浇筑过程中,不同间距的导管最小埋入深度应符合表 G.0.3 的规定。

表 G.0.3 导管最小埋入深度

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

G.0.4 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。

G.0.5 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,应作施工缝处理。

G.0.6 浇筑过程中,导管每次提升高度为 15~20cm。

G.0.7 浇筑过程中,混凝土上升速度不得小于 20cm/h,对于大仓面宜为 30~40cm/h,对于小仓面宜为 50~150cm/h。

G.0.8 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。

G.0.9 终浇阶段,在水灰比不变情况下,适当增加水泥用量,坍落度增大至 20~22cm,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 10cm。