

UDC

SL

中华人民共和国行业标准

P

SL258—2000

水库大坝安全评价导则

Guidelines on dam safety evaluation

2000—12—29 发布

2001—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

水库大坝安全评价导则

Guidelines on dam safety evaluation

SL258 — 2000

主编单位：水利部大坝安全管理中心

批准部门：中华人民共和国水利部

施行日期：2001 年 3 月 1 日

中华人民共和国水利部
关于批准发布《水库大坝
安全评价导则》**SL258 — 2000** 的通知

水国科[2001]2 号

部直属各单位，各省、自治区、直辖市、计划单列市水利（水务）厅（局），新疆生产建设兵团水利局：

根据部水利水电技术标准制定、修订计划，由建设与管理司主持，以水利部大坝安全管理中心为主编单位制定的《水库大坝安全评价导则》，经审查批准为水利行业标准，并予以发布。标准的名称和编号为：

《水库大坝安全评价导则》**SL258 — 2000**。

本标准自 2001 年 3 月 1 日起实施。在实施过程中，请各单位注意总结经验，如有问题请函告主持部门，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。

二 000 年十二月二十九日

前 言

SL258—2000《水库大坝安全评价导则》为《水库大坝安全鉴定办法》(水管[1995]86号)的配套技术标准。

《水库大坝安全评价导则》主要包括以下内容：

——水库大坝的防洪标准复核、结构安全评价、渗流安全评价、抗震安全复核及金属结构安全评价的内容、方法和标准(准则)；

——与水库大坝安全评价有关的工程质量评价及大坝运行管理评价的内容和要求；

——在上述复核与评价基础上如何完成大坝安全的综合评价。

本导则解释单位：水利部建设与管理司

本导则主编单位：水利部大坝安全管理中心

本导则主要起草人：王仁钟 李君纯 刘嘉炘
江 泳 盛金保

目 次

1 总则 6

2 工程质量评价 7

3 大坝运行管理评价 12

4 防洪标准复核 15

5 结构安全评价 20

6 渗流安全评价 26

7 抗震安全复核 32

8 金属结构安全评价 40

9 大坝安全综合评价 44

附录 A 引用标准 46

附录 B 大坝安全综合评价 48

1 总 则

1.0.1 为做好大坝安全鉴定工作,规范其技术工作的内容、方法及标准(准则),保证大坝安全鉴定的质量,根据《水库大坝安全鉴定办法》(水管[1995]86号)(以下简称《办法》),制定本导则。

1.0.2 本导则适用于已建大、中型及特别重要小型水库的 1、2、3 级大坝(以下简称大坝)。大坝包括永久性挡水建筑物以及与大坝安全有关的泄水、输水和过船建筑物及金属结构等。

一般小型水库 4 级以下的坝可参照本导则执行。

1.0.3 本导则对大坝安全鉴定中的防洪标准、结构安全、渗流安全、抗震安全、金属结构安全以及工程质量和运行管理等的复核或评价的要求和方法作了规定。安全鉴定中的现场安全检查可参照有关的规范执行。

1.0.4 大坝安全评价应复核建筑物的级别,根据国家现行有关规范,按水库大坝目前的工作条件、荷载及运行工况进行复核与评价。应查明大坝建筑质量,所选取的计算参数应能代表大坝目前的性状、大型及重要中型水库大坝必要时可通过测试获得。

1.0.5 水库大坝安全评价要求做到全面评价,重点突出。对有安全监测资料的水库大坝,应从监测资料分析入手,了解大坝性状。

1.0.6 对 1.0.3 条所列的项目应按本导则的规定和要求做出复核或评价,编写专项报告,再综合各专项报告编写大坝安全鉴定总报告。复核或分析所采用的资料和数据应准确可靠,结论应明确合理。

1.0.7 按《办法》第十六条水库大坝安全分类的标准及本导则第 9 章的方法对大坝进行安全分类。

1.0.8 水库大坝安全评价,除应符合本导则外,尚应符合国家现行有关法规和技术标准的规定(详见附录 A)。

2 工程质量评价

2.1 一般规定

2.1.1 工程质量评价的目的和任务是：

- 1 评价工程地质及水文地质条件；**
- 2 复查工程的实际施工质量(含基础处理、结构形体和材料等)是否符合国家现行规范要求；**
- 3 检查工程投入运用以来在质量方面的实际情况和变化,能否确保工程的安全运行；**
- 4 为大坝安全鉴定的有关复核或评价提供符合工程实际的参数；**
- 5 为大坝除险加固提供指导性意见。**

2.1.2 工程质量评价需要的基本资料包括：

- 1 工程地质及水文地质资料；**
- 2 关于基础(含岸坡)开挖、基础处理等工程的设计、施工、监理及验收的有关图件和文字报告等；**
- 3 关于建筑物施工的质量控制、质量检测(查)、监理以及验收报告等资料；**
- 4 工程在施工期及运行期出现的质量事故及其处理情况的有关资料；**
- 5 竣工后历次质量检查及参数测试等资料。**

2.1.3 工程质量评价的基本方法有：

- 1 现场巡视检查法** 通过直观检查或辅以简单测量、测试,复核建筑物的形体尺寸、外部质量以及运行情况等是否达到了原设计的要求和功能；
- 2 历史资料分析法** 对有资料的大、中型水库主要是通过工程施工期的质量控制、质量检测(查)、监理以及验收报告等档案资料进行复查和统计分析;对缺乏资料的水库需与原设计、施工人

员进行座谈收集资料,并与有关规范相对照,以评价工程的施工质量;

3 勘探、试验检查法 当上述两种方法尚不能对工程质量作出评价,或者工程投入运用 6~10 年以上或运行中出现异常时,可根据需要对建筑物或坝基岩层进行补充勘探、试验或原位测试检查,取得原体参数,并据此进行评价。

2.2 坝基和岸坡处理的质量评价

2.2.1 坝基和岸坡处理的质量评价,应首先采用历史资料分析法,必要时再进行补充勘探和试验。

2.2.2 水库大坝应复查以下项目的施工质量是否达到了该工程设计、施工的技术要求,并符合 **SL47—94《水工建筑物岩石基础开挖施工技术规范》**、**SDJ249—90《水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准》**、**SDJ218—84《碾压式土石坝设计规范及修改和补充规定》**、**SDJ21—78《混凝土重力坝设计规范》**、**SD145—85《混凝土拱坝设计规范》**的规定:

- 1 坝基及岸坡的清理;
- 2 防渗体基础及岸坡的开挖;
- 3 坝基及岸坡防渗、固结及对地质构造的处理;
- 4 坝基及岸坡特殊地质问题如软弱层、岩溶、涌泉等的处理。

当坝基及岸坡采用灌浆处理时,还需检查其是否满足 **SL62—94《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》**的规定。

2.2.3 当发现施工质量不满足规范要求或存在重大质量隐患时,应结合工程的现实状况进行专门论证,并确定是否需要补充勘探试验和采取处理措施。

2.3 土石坝工程质量评价

2.3.1 土石坝工程质量评价除严格执行 **2.2** 节之外,还应从以下几方面复查其填筑质量是否达到工程设计、施工的技术要求,并符

合规范 **SDJ213—83**《碾压式土石坝施工技术规范》、(**SDJ218—84**)、**SL228—98**《混凝土面板堆石坝设计规范》的有关规定：

- 1 坝料的选择、开采和运输；
- 2 填筑方法与压实标准、接合部的处理及质量；
- 3 土质或混凝土防渗体、垫层、过滤层、反滤层、排水设施及护坡的施工质量；
- 4 土石坝与相邻混凝土、砌石体的连接及其施工质量；
- 5 安全监测设备的埋设与保护；
- 6 施工质量控制与质量检测。

复查重点是填料的压实干密度和相对密度合格率以及填料的强度、变形及防渗排水性能是否满足规范要求，防渗体和反滤排水体是否可靠，以及坝坡是否稳定。

2.3.2 如缺乏质量评价所需的基本资料，或经复查大坝的填筑质量不满足要求或存在质量隐患时，应结合工程的运行工况补充必要的勘探试验工作。

2.3.3 若已发现坝体有明显的不均匀沉降、裂缝、滑动、散浸或集中渗漏等现象时，应针对具体情况做补充探查和试验，并结合大坝的变形分析、稳定分析和渗流分析等作进一步论证。

2.4 混凝土坝工程质量评价

2.4.1 混凝土坝工程质量的评价除严格执行 **2.2** 节之外，还应从以下几方面复查实际施工质量是否达到了工程设计、施工的技术要求，并符合规范 **SDJ21—78**、**SD145—85**、**SDJ207—82**《水工混凝土施工规范》、**GBJ204—83**《钢筋混凝土工程施工及验收规范》、**GBJ107—87**《混凝土强度检验评定标准》等的有关规定：

- 1 水泥、砂石料(骨料)、钢筋、掺和料及外加剂等原材料的质量；
- 2 混凝土拌和及其入仓浇筑的质量；
- 3 混凝土养护(凝固后的)及其接缝处理的质量。

复查重点是混凝土实际的强度、抗渗、抗冻等级(标号),抗冲、抗磨蚀、抗溶蚀性能,以及变形模量等是否满足规定要求。凡使用外加剂的还需符合规范 SD108—83《水工混凝土外加剂技术标准》和 GB8076—1997《混凝土外加剂》的有关规定。

2.4.2 对工程质量的综合评价重点是大坝混凝土结构的整体性、耐久性以及基础处理的可靠性。对已发现的裂缝、剥蚀、漏水等问题需进行调查、检测,并分析其对大坝稳定性、耐久性以及整体安全的影响。

2.4.3 当缺乏质量评价所需的基本资料,或经复查大坝的实际施工质量不满足要求或存在质量隐患时,应结合工程的运行工况对大坝进行实体检验或钻探、试验工作,对混凝土质量作进一步论证。

2.4.4 碾压混凝土、流态混凝土、水下混凝土、压浆混凝土、喷射混凝土以及沥青混凝土等特种混凝土,其质量评价应按专门的规程规范的要求进行。如碾压混凝土的施工应符合 SL53—94《水工碾压混凝土施工规范》的规定,其质量检验应按 SL48—94《水工碾压混凝土试验规程》执行。

2.5 其他建筑物工程质量评价

2.5.1 其他建筑物包括影响大坝安全的输、泄水建筑物及其金属结构。

2.5.2 输、泄水建筑物的工程质量评价参照混凝土坝工程质量评价执行。

2.5.3 输、泄水建筑物金属结构的质量评价按 DL/T5018—94《水利水电工程钢闸门制造安装及验收规范》及 DL/T5019—94《水利水电启闭机制造、安装及验收规范》执行。

2.6 工程质量的综合评价

2.6.1 实际施工质量均达到规定要求,且工程运行中也未暴露出

质量问题,可认为工程质量优良。

2.6.2 当实际施工质量大部分达到规定要求,或工程运行中已暴露出某些质量缺陷,但尚不影响工程安全,可认为工程质量合格。

2.6.3 实际施工质量大部分未达到规定要求,或工程运行中已暴露出严重质量问题,影响工程安全,可认为工程质量不合格。

3 大坝运行管理评价

3.1 一般规定

3.1.1 大坝运行管理评价的目的是,为安全鉴定提供大坝的运行、管理及性状等基础资料,作为大坝安全综合评价及分类的依据之一。

3.1.2 大坝运行管理评价的内容包括大坝运行、维修和监测。

3.1.3 大坝运行管理的各项工作应按相应的规范,结合水库大坝的具体情况,制定相应的规章制度,并有专人负责实施。

3.1.4 大坝运行管理应包括整个运行期的情况,但重点在于工程现状。

3.2 大坝运行

3.2.1 按照《综合利用水库调度通则》(水管[1993]61号)的要求,结合水库的具体情况,编制水库防洪和兴利调度运用规程(或计划),报上级主管部门审定后执行。

3.2.2 大型及重要中型水库均应按照《通则》及 SL61—94《水文自动测报系统规范》要求建立水文测报站网,有条件的要建立自动测报系统,进行水文观测及预报。

3.2.3 水库大坝应编写运行大事记,专门记载运行中出现的异常情况,尤其是水库遇到较大洪水、较高蓄水位或遭遇地震时水库大坝工作状况,以及对异常状态的事后处理情况。

3.2.4 大、中型及特别重要小型水库应制订应急预案,并形成正式书面文件,报上级主管部门审批。

3.3 大坝维修

3.3.1 对大坝和附属建筑物,以及大坝安全所必需的相关设备(包含安全监测仪器设备)应经常维修,使其处于安全和完整的工作

作状态。对设备还应定期检查和测试,确保其安全和可靠的运行。

3.3.2 大坝和附属建筑物,以及有关设备的维修要点,应按 **SLJ702—81**《水库工程管理通则》及 **SL210—98**《土石坝养护修理规程》和 **SL230—98**《混凝土坝养护修理规程》执行。

3.3.3 对大坝以往做过的大修和加固工程及其效果应作详细记载和评价。

3.4 大坝安全监测

3.4.1 大坝安全监测包括巡视检查和仪器监测。

3.4.2 大坝巡视检查的频次、项目、方法及要求等,对于混凝土坝及土石坝应分别按 **SDJ336—89**《混凝土坝安全监测技术规范》及 **SL60—94**《土石坝安全监测技术规范》执行。

3.4.3 大坝安全的仪器监测项目、观测布置、观测设施及安装埋设、观测方法及要求、观测频次等,对于混凝土坝及土石坝应分别按规范(**SDJ336—89**)及(**SL60—94**)执行。

3.4.4 监测资料整编分析要点如下:

1 监测资料应及时进行整编分析,以便通过监测资料及时了解大坝的性状,同时也为大坝总体安全评价提供基本资料;

2 监测资料整编分析工作,土石坝应按 **SL169—96**《土石坝安全监测资料整编规程》执行,混凝土坝应按规范 **SDJ336—89** 执行;

3 监测资料整编分析应严格审查监测资料(数据)的可靠性,并在资料分析的基础上,结合巡视检查结果,回答如下有关大坝总体性状的问题:

1) 大坝变形(含裂缝或接缝)是否符合一般规律,是否趋于稳定,或有何异常;

2) 大坝渗流场(包含渗流压力或扬压力和渗流量)是稳定的(或是向有利方向发展),还是有恶化趋势;

3) 土石坝坝体的浸润线及混凝土坝坝基的扬压力是否

正常,并与设计值相比较。若低(小)于设计值,可初步判断大坝整体是稳定的;否则,可能不稳定,应作进一步分析研究。

3.5 大坝运行管理综合评价

3.5.1 水库是否按审定的调度规程(或计划)合理调度运用;水文测报及通信设施是否完备;各项规章制度、制度或计划(或文件)是否齐全落实。

3.5.2 大坝是否得到完好的维修,并处于完整的可运行状态。

3.5.3 大坝安全监测设施是否完备;大坝安全监测是否按规范执行,并由监测资料整编分析初步结果,审查大坝的变形、渗流及稳定总体上是否处于正常状态。

3.5.4 综合 3.5.1~3.5.3 条的分析,对大坝运行管理进行综合评价。三条都做得好的,评为好;大部分做得好的,评为较好;大部分未做到的,评为差。

4 防洪标准复核

4.1 一般规定

4.1.1 防洪标准复核是根据大坝设计阶段洪水计算的水文资料和运行期延长的水文资料,考虑建坝后上游地区人类活动的影响和大坝工程现状,进行设计洪水的复核和调洪计算,评价大坝工程现状的抗洪能力是否满足现行有关规范的要求。

4.1.2 设计洪水包括设计洪峰流量、设计洪水总量和设计洪水过程线。对天然河道槽蓄能力较大的水库,应采用入库设计洪水资料进行复核计算。若设计阶段采用坝址设计洪水的,应尽可能改用入库设计洪水,或估算其不利影响。对于难以获得流量资料的中、小型水库,可采用雨量资料或经验公式推求洪水的方法,但应对其计算成果进行合理性检查。

4.1.3 进行水库大坝防洪标准复核工作需要收集下列基本资料:

- 1 大坝设计文件中的设计洪水计算部分;
- 2 运用期流域内相关雨量站降雨资料;
- 3 运用期流域内相关水文(位)站历年实测洪水资料及人类活动对水文参数的影响资料;
- 4 水位库容曲线;
- 5 水位泄量曲线;
- 6 下游洪水淹没区社会、经济、人口等资料;
- 7 水库集水面积及其范围内的分、蓄、调水工程的有关资料;
- 8 工程运行资料;
- 9 大坝验收及前次安全鉴定资料。

4.1.4 在开展防洪标准复核前,应对收集的 4.1.3 条所列资料进行审查和评价,对洪水资料应按 SL44—93《水利水电工程设计洪水计算规范》要求进行复核。

4.2 由流量资料推求设计洪水

4.2.1 复核计算洪峰流量和洪水总量经验频率曲线 应用设计阶段入库洪水或坝址洪水系列资料、历史调查洪水资料,加入运行期入库洪水或坝址洪水资料,延长洪峰流量和选定时段洪水总量的系列,进行经验频率计算。如在运行期无实测入库洪水资料时,可利用实测库水位记录及库容曲线反演求得。

4.2.2 复核计算并绘制理论频率曲线 频率曲线的线型一般应采用皮尔逊Ⅲ型。可采用矩法或其它参数估计法初步估算统计参数,然后采用适线法调整初步估算的统计参数。调整时可选定目标函数求解统计参数,也可采用经验适线法。根据确定的统计参数用理论频率曲线计算各种频率洪水。

4.2.3 推求设计洪水过程线 在分析洪水成因和洪水特点的基础上,按规范要求选用对工程防洪运用较不利的有代表性的实测大洪水过程作为典型洪水过程线,据以放大求取各种频率的洪水过程线。

4.3 由雨量资料推求设计洪水

4.3.1 对于缺乏流量资料的中、小型水库,可应用雨量资料推求设计洪水。

4.3.2 当流域雨量站较多、分布比较均匀、并具有长期比较可靠的资料时,可直接选取各种时段的年最大面暴雨量,进行频率计算。当无法直接计算时,可用间接计算法,即先求流域中心附近代表站的设计点暴雨量,然后通过暴雨的点面关系,求相应的面暴雨量。

4.3.3 由设计暴雨扣除损失,进行产流计算,求得设计净雨。根据设计净雨过程推求入库洪水的流量过程线。

4.3.4 对于采用可能最大暴雨作为非常运用洪水标准的水库,应复核可能最大暴雨的计算成果。

4.4 调洪计算

4.4.1 调洪计算应考虑不同典型的设计和校核洪水。计算前应做好调洪计算条件的确定和有关资料的核查等准备工作。

1 核定起调水位

1) 大坝设计未经修改的,应采用原设计确定的汛期限制水位。

2) 大坝经过加固或改、扩建或上游人类活动对设计洪水有较大改变的,应采用经过上级主管部门审批重新确定的汛期限制水位。

3) 对于设计洪水标准未达到规范要求,汛期降低限制水位运行的,应仍按原来的汛期限制水位进行调洪计算。

2 复核设计规定的(或经上级主管部门批准变更了的)调洪运用方式的实用性和可操作性,了解有无新的限泄要求。

3 复核水位~库容曲线,对多泥沙河流上的水库,淤积比较严重的,要采用淤积后实测成果,且应相应缩短复核周期。

4 复核泄洪建筑物水位~泄量曲线。对具有泄洪功能的输水建筑物的泄量,可加入水位~泄量曲线进行调洪计算。但对输水建筑物的泄量是否能全部或部分参与泄洪,应根据 **SL104—95**《水利工程水利计算规范》的规定确定。

5 复核洪水预报方案,包括预见期、预报合格率、预报精度,以及雨情、水情数据采集、传送的可靠性等。对于可能发生的误报对大坝防洪的影响宜进行评估。

4.4.2 调洪计算一般采用静库容法,对动库容占较大比重的重要大型水库,宜用动库容法。当设计洪水采用坝址洪水时,宜采用静库容法。

4.4.3 调洪计算时一般不考虑气象预报,但对于通讯可靠、预报方案完善、预报精度较高的水库,在留有余地情况下,可在调洪计算时适当考虑水情预报预泄。

4.5 水库抗洪能力的复核

4.5.1 根据规范(SDJ218—84)及其他坝型设计规范的有关大坝安全的规定和工程质量评价结果,复核并确定水库安全度汛的设计和校核洪水位及其相应的最大下泄流量。据此确定的设计和校核洪水位所相应的设计洪水频率和校核洪水频率,即为水库大坝现状的抗洪能力。

4.5.2 复核坝顶超高(含防渗体顶高程)是否满足相应规范的要求。

4.5.3 防洪标准复核计算的结果,应根据水库规模及所处地形特征(山区、丘陵区或平原、滨海区),满足 GB50201—94《防洪标准》的规定。

1 水库工程的等别及大坝级别应符合标准(GB50201—94)水利水电枢纽工程等别及水工建筑物的级别的规定。如果大坝经过改、扩建,工程规模改变,或因下游环境变化而重要程度有改变时,应对大坝级别进行调整,并报上级主管部门批准。

2 水库大坝现状的抗洪能力应满足标准 GB50201—94 及《水利枢纽工程除险加固近期非常运用洪水标准的意见》(水规[1989]21号)的要求。

3 当复核结果不符合标准(GB50201—94)及《意见》要求时,应进一步复核计算大坝可安全运行的洪水频率。

4.5.4 当大坝上游流域内还有其他水库时,应研究各种洪水组合按梯级水库调洪方式进行防洪标准的复核。考虑上游水库拦洪作用对下游水库的有利因素时要留有足够余地,并应考虑上游水库超标准泄洪时的安全性。

4.5.5 对非常溢洪道启用的方式和条件进行复核,要求非常溢洪道能按原设计要求及时泄洪。

4.5.6 复核在设计和校核洪水时的泄洪安全性,包括泄洪建筑物能否安全下泄最大流量,以及下泄洪水对大坝和下游有何影响等。

4.5.7 复核评估在设计和校核洪水的泄流情况下下游地区人民生命和社会经济损失的风险。根据社会经济的发展,调查复核洪水淹没区人口、耕地、工矿企业、交通干线等损失。

4.5.8 复核评估垮坝可能造成的人民生命和社会经济损失。

4.5.9 防洪标准复核应明确做出以下结论:

- 1** 原设计的大坝防洪标准和设计洪水是否需要修改;
- 2** 水库大坝的实际抗洪能力是否满足国家现行规范要求;
- 3** 要求的最大泄洪流量能否安全下泄。

5 结构安全评价

5.1 一般规定

5.1.1 结构安全评价的目的是,按国家现行规范复核计算大坝(含近坝库岸)目前在静力条件下的变形、强度及稳定是否满足要求。遭遇地震时的结构安全评价见本导则第7章抗震安全复核。

5.1.2 结构安全评价包括应力、变形及稳定分析。土石坝的重点是变形及稳定分析;混凝土坝及泄水、输水建筑物的重点是强度及稳定分析。

5.1.3 结构安全评价应结合现场检查 and 监测资料分析工作进行,对已暴(揭)露出的问题或异常工况应做重点复核计算。

5.1.4 结构安全评价需要下列基本资料:

- 1 勘测设计资料;
- 2 工程地质及水文地质资料;
- 3 大坝竣工及现状纵横断面图;
- 4 大坝施工质量控制检测资料,以及大坝运行期尤其当前的坝基及坝体勘探与试验资料;
- 5 大坝验收资料;
- 6 大坝运行期监测资料及相应的上下游水位、降水量及气温观测资料;
- 7 此前大坝安全评价及事故与处理等资料。

5.2 土石坝结构安全

5.2.1 土石坝(包含人工防渗体坝)结构安全评价主要包括变形及稳定的分析复核。

5.2.2 变形分析包括沉降(竖向位移)分析、水平位移分析、裂缝分析及应力应变分析。其分析方法或途径有变形监测资料分析和变形计算分析,两者应相互验证和补充。对有变形监测资料的大

坝,首先应作监测资料分析;当缺乏变形监测资料且大坝已发生异常变形和开裂的,或沿坝轴线地形和地质条件变化较大有开裂疑虑的,可进行变形计算分析。变形分析要点如下:

- 1 变形监测资料分析方法可按规程 **SL169—96** 有关规定执行。
- 2 变形计算分析主要是裂缝分析和应力应变分析。

裂缝分析可采用基于沉降观测资料的倾度法。当缺乏沉降观测资料时,可利用沉降计算结果。沉降计算按规范(**SDJ218—84**)附录四,采用分层总和法计算,也可采用有限元法计算。

对 1、2 级高坝及有特殊要求的土石坝,应进行应力应变分析。应力应变分析可采用有限元法。

- 3 变形分析评价应包括下列内容:

- 1)大坝总体变形性状及坝体沉降是否稳定;
- 2)大坝防渗体是否产生危及大坝安全的裂缝;
- 3)大坝变形监测的评价。

5.2.3 大坝稳定性复核计算要点如下:

- 1 稳定计算的工作条件按规范(**SDJ218—84**)及(**SL228—98**)执行,并应采用大坝现状的实际环境条件和水位参数;
- 2 稳定计算方法按规范(**SDJ218—84**)及(**SL228—98**)执行;
- 3 稳定分析所需的主要计算参数有抗剪强度和孔隙水压力;
当无代表现状的抗剪强度参数时,对于大型及重要中型水库大坝宜钻探取样,依规范(**SDJ218—84**)的规定按 **GBJ123—88**《土工试验方法标准》、**SDJ01—79**《土工试验规程》及 **SD128—84**《土工试验规程》测定其抗剪强度。

稳定渗流期坝体及坝基中的孔隙水压力,应根据流网确定。对于 1、2 级坝及高坝和重要中型水库大坝,其流网应根据孔隙水压力观测资料绘制。高水位(校核洪水位、设计洪水位及长限制低水位运行下的正常蓄水位)下绘制流网所需的孔隙水压力,应由

相应观测资料整理的数学模型推算。必要时,可由有限的孔隙水压力观测资料用有限元法反演坝体及坝基的有关计算参数,然后通过有限元法计算相应高水位下的渗流场,绘出流网。

水位降落期上游坝壳内的孔隙水压力,宜优先采用原体观测值。当缺少原体观测资料时,对于无粘性土,可用一般计算方法确定水库水位降落期坝内浸润线位置,绘出瞬时流网,定出孔隙水压力;对于粘性土,可用规范(SDJ218—84)附录三式(附 3.3)的近似方法估算孔隙水压力。

对特别高的坝或特别重要的工程,宜用有限元法,采用坝体及坝基的反演计算参数,做库水位降落期非稳定渗流计算,确定相应的渗流场及孔隙水压力。

4 稳定计算所得到的坝坡抗滑稳定安全系数,应不小于规范(SDJ218—84)修改和补充规定及(SL228—98)规定的数值。

5.2.4 近坝库岸及结合部位的变形与稳定要点如下:

1 对危及大坝、输泄水建筑物及附属设施安全的新老滑坡体或潜在滑坡体的表面位移、深层位移、裂缝开合度等观测资料,应依空间和时程进行整理,并与原因量(水库水位、降水量及气温等)进行相关分析。有条件时,应建立相应的数学模型,进行安全监控。

2 对上述滑坡体,应结合地质勘探及观测资料做边坡稳定分析,其分析方法可参照坝坡抗滑稳定分析的方法执行。

对于重要大坝的岩石滑坡体的稳定,应做专门试验研究和分析。

3 对坝体与库岸结合部位的表面位移(沉降及纵向水平位移或应变)、深层位移(应变)、裂缝开合度等观测资料,应依空间和时程进行整理。有条件时,应建立相应的数学模型,并对该部位变形性态的现状 & 未来做出分析和评估。

该部位的裂缝分析参照 5.2.2—2 进行。

5.3 混凝土坝结构安全

5.3.1 混凝土坝结构安全评价主要是复核强度与稳定是否满足规范要求。

5.3.2 混凝土坝结构安全的评价方法主要有现场检查法、监测资料分析及计算分析法。当有监测资料时,应优先采用监测资料分析法并结合现场检查与计算分析综合评价大坝的结构安全性;当缺乏监测资料时,可采用计算分析结合现场检查评价大坝的结构安全性。

1 现场检查法 通过现场检查和观察大坝的变形、沉降、位移、渗漏等情况,判断其结构安全性;

2 监测资料分析法 通过对大坝监测资料的整理分析,了解大坝的位移、变形、应力等观测值的变化、有无异常以及随作用荷载、时间、空间等影响因素而变化的规律,并建立监测量与作用荷载、时间、空间等因素之间的统计或混合数学模型,通过监测量的实测值或数学模型推算值与有关规范或设计、试验规定的允许值(如允许应力、安全系数、允许挠度、允许裂缝宽度、允许位移等)的比较,判断大坝的结构安全性;

3 计算分析法 重力坝和拱坝应分别按照规范(SDJ21—78)和(SD145—85)规定的方法进行。支墩坝和浆砌石坝等坝型可参照上述规范及 SL25—91《浆砌石坝设计规范》执行。

5.3.3 混凝土坝强度复核主要包括应力复核与局部配筋验算,稳定复核主要是核算重力坝与支墩坝沿坝基面的抗滑稳定性、拱坝两岸拱座的抗滑稳定性以及支墩坝支墩的侧向稳定性,对平面曲率较小的拱坝,也需验算沿坝基面的抗滑稳定性。

5.3.4 混凝土坝结构安全分析计算的有关参数,对于高坝,必要时应重新进行坝体或坝基的钻探和试验,按照 GB50199—94《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》的规定确定各计算参数的标

准值和设计值；对于中、低坝，当观测资料或分析结果表明应力较高或变形较大或安全系数较低时，也应重新试验确定计算参数。在有观测资料的情况下，应同时利用观测资料进行反演分析，综合确定各计算参数。

5.3.5 荷载确定的要点如下：

1 混凝土重力坝与拱坝的作用荷载及荷载组合应分别按照规范(SDJ 21—78)和(SDJ 45—85)确定；

2 坝体及其上永久设备的自重可参照设计文件核定；水压力及相应的扬压力、浪压力应根据防洪标准复核结果和有关观测资料、试验资料复核确定；泥沙压力、冰压力、土压力及温度荷载应根据观测资料或根据坝体边界条件观测资料核定，在缺乏实测资料时可参考设计文件取用；

3 各种荷载的代表值和设计值应按照标准(GB50199—94)的规定确定。

5.3.6 混凝土坝结构安全的评价标准如下：

1 在现场检查或观察中，如发现下列情况之一，可认为大坝结构不安全或存在隐患，并应进一步监测分析：

1) 坝体表面或孔洞、泄水管道等削弱部位以及闸墩等个别部位出现对结构安全有危害的裂缝；

2) 坝体混凝土出现严重腐蚀现象；

3) 在坝体表面或坝体内出现混凝土受压破碎现象；

4) 坝体沿坝基面发生明显的位移或坝身明显倾斜；

5) 坝基下游出现隆起现象或两岸支撑山体发生明显位移；

6) 坝基或拱坝拱座、支墩坝的支墩发生明显变形或位移；

7) 坝基或拱坝拱座中的断层两侧出现明显相对位移；

8) 坝基或两岸支撑山体突然出现大量渗水或涌水现象；

9) 溢流坝泄流时，坝体发生共振；

10) 廊道内明显漏水或射水。

2 当利用观测资料对大坝的结构安全进行评价时,如出现下列情况之一,可认为大坝结构不安全或存在隐患。

1) 位移、变形、应力、裂缝开合度等的实测值超过有关规范或设计、试验规定的允许值;

2) 位移、变形、应力、裂缝开合度等在设计或校核条件下的数学模型推算值超过有关规范或设计、试验规定的允许值;

3) 位移、变形、应力、裂缝开合度等观测值与作用荷载、时间、空间等因素的关系突然变化,与以往同样情况对比有较大幅度增长。

3 当采用计算分析进行大坝的结构安全评价时,重力坝和拱坝的强度与稳定复核控制标准应分别满足规范(SDJ21—78)和(SDJ45—85)的要求。支墩坝的强度与稳定复核控制标准同重力坝。如不符合规范规定的要求,可认为大坝结构不安全或存在隐患。

5.4 其他建筑物

5.4.1 其他建筑物包括影响大坝安全的溢洪道、隧洞、进水口和其他附属设施,以及挡土建筑物如翼墙、挡土墙等。

5.4.2 其他建筑物的结构安全评价可按照混凝土坝结构安全评价的方法进行,具体复核内容和方法可按照有关设计规范进行。

5.5 结论

5.5.1 结构稳定分析结果应作出如下明确结论:

- 1 大坝抗滑稳定是否满足规范要求;
- 2 近坝库岸是否稳定;
- 3 大坝是否产生危及安全的变形(含裂缝或接缝);
- 4 混凝土坝及其他泄水、输水建筑物的强度是否满足规范要求。

5.5.2 当上述问题不能满足要求时,应分析其原因和可能产生的危害。

6 渗流安全评价

6.1 一般规定

6.1.1 渗流安全评价的目的是,复核原设计施工的渗流控制措施和当前的实际渗流状态能否保证大坝按设计条件安全运行。

6.1.2 渗流安全评价包括以下内容:

- 1 复核工程的防渗透与反滤排水设施是否完善,设计、施工(含基础处理)是否满足现行有关规范要求;
- 2 检查工程运行中发生过何种渗流异常现象,判断是否影响工程安全;
- 3 分析工程现状条件下各防渗和反滤排水设施的工作性态,并预测在未来高水位运行时的渗流安全性;
- 4 对存在问题的大坝应分析其原因和可能产生的危害。

6.1.3 渗流安全评价需要以下基本资料:

- 1 有关渗流压力、渗流量和水质的监测资料(包含观测设施的平、剖面布置和各种原因量的全部观测数据),渗流异常情况的检查报告或记录,重大渗流事故及其处理情况;
- 2 坝址区的工程地质和水文地质勘察报告和试验资料。对非岩石坝基,应提供各土层的颗粒组成、渗透系数、物理性指标、接触关系及其允许渗透比降;对岩石坝基,应提供基岩裂隙和断层的产状和发育情况,以及其中松软充填物的渗透性、可溶性及其允许渗透比降等;
- 3 工程设计文件,对土石坝,应提供防渗和排水设计或有关说明、坝体纵剖面图(含坝体及坝基的材料种类分区及其渗透特性)、防渗体和排水体的型式、细部结构及其与相邻材料的接触过渡关系,设计预计的渗流压力分布、渗流量和各材料的允许渗透比降、浸润线位置等;对混凝土坝,应提供大坝纵、横向地下轮廓线形

状,包括防渗铺盖、防渗灌浆帷幕、排水幕和排水廊道及排水洞室的设置情况和有关技术指标、基础处理设施和建基面上的设计扬压力分布图形等;

4 施工及验收报告,应提供基础与岸坡的处理及其实际完成情况和质量,防渗工程与排水设施的实际完成情况和质量,以及施工过程中发现的重大渗流隐患及其处理措施。

6.2 渗流安全评价方法

6.2.1 渗流安全评价主要有现场检查法、监测资料分析法、计算分析(模型试验)与经验类比法及专题研究论证法。

6.2.2 对工程现场进行检查,当发生以下现象时可认为大坝的渗流状态不安全或存在严重渗流隐患:

1 通过坝基、坝体及两坝端岸坡的渗流量在相同条件下不断增大;渗漏水出现浑浊或可疑物质;出水位置升高或移动等;

2 土石坝上、下游坝坡湿软、塌陷、出水;坝趾区严重冒水翻砂、松软隆起或塌陷;库内出现漩涡漏水、铺盖产生严重塌坑或裂缝;

3 坝体与两坝端岸坡、输水管(洞)壁等接合部严重漏水,出现浑浊;

4 渗流压力和渗流量同时增大,或突然改变其与库水位的既往关系,在相同条件下有较大增长。

6.2.3 渗流安全评价应首选监测资料分析方法,并将其分析结果与各种设计或试验给定的允许值(如各种允许比降、扬压力、安全系数等)相比较,判断大坝渗流的安危程度。

1 渗流压力分析评价 根据观测资料,复核工程有关部位实际(包含推算至未来高水位情况)的渗透比降,与其允许值相比较,并结合工程的具体特点和运行工况等做全面论证。若渗流压力和渗流量在相同原因量作用下保持稳定或随时间变小时,可判定渗流状态安全。其中:

1) 复核对象的允许渗透比降,一般应由原设计或地勘部门根据专项试验计算或规范提供,否则,对大型和重要工程需由补充勘探、试验确定;对一般中小工程可结合具体情况采用规范标准或经验数据;

2) 未来高库水位情况渗流的推算,可视具体条件分别选用统计模型法、反演模型法、计算分析(或模型试验)法等。

2 渗流量的分析评价 渗流量分析应着重研究其当前观测值与历史显现值的相对变化、渗漏水的水质和携出物含量及其与库水相比的变化情况,结合渗流压力分析,综合评价大坝的渗流安全。若在相同库水位下渗流量和渗流压力同时增大,携出物增多,则表示渗流状况向不利安全的方向发展。

6.2.4 当缺少监测资料时,应根据工程的具体情况、地质结构和有关渗透参数用设计计算分析法或模型试验法、以及经验类比法判断大坝渗流的安危程度。

6.2.5 当不具备前述所需资料,必要时应补做必要的勘探、试验和原体观测,进行专题研究论证,对大坝的渗流安全做出评价。

6.3 土石坝的渗流安全评价

6.3.1 坝基渗流安全评价要点如下:

1 砂砾石层(包括砂层、砂砾石层、砾卵石层等)的渗透稳定性,应根据土的类型及其颗粒级配等情况判别其渗透变形形式,核定其相应的允许渗透比降,与工程实际渗透比降相比,判断渗流出口有无管涌或流土破坏的可能性,以及渗流场内部有无管涌、接触冲刷等;

2 覆盖层为相对弱透水土层时,应复核其抗浮动稳定性,其允许渗透比降宜由试验法或参考流土指标确定;对已有反滤盖重者,应核算盖重厚度和范围是否满足要求;

3 接触面的渗透稳定性主要有如下两种型式:

1) 复核粗、细散粒料土层之间有无接触冲刷(流向平行界面)和接触流土(流向从细到粗垂直界面)的可能性;粗粒料层能否对细粒料层起保护作用;

2) 复核散粒料土体与刚性结构物体(如混凝土墙、涵管和岩石等)界面的接触渗透稳定性。应注意散粒料与刚性面结合的紧密程度、出口有无反滤保护,以及与断层破碎带、灰岩溶蚀带、较大张性裂隙等接触面有无妥善处理及其抗渗稳定性。

6.3.2 坝体渗流安全评价要点如下:

1 均质坝 应复核坝体的防渗性能是否满足规范要求、坝体实际浸润线和下游坝坡渗出段高程是否高于设计值,还需注意坝内有无横向或水平裂缝、松软结合带或渗漏通道等。

2 组合(分区)坝

1) 防渗体(心墙、斜墙、铺盖、各种面板等) 应复核防渗体的防渗性能是否满足规范要求,心墙或斜墙的上下游侧有无合格的过渡保护层,以及水平防渗铺盖的底部垫层或天然砂砾石层能否起保护作用;

2) 透水区(上、下游坝壳及各类排水体等) 应复核上游坝坡在库水骤降情况下的抗滑稳定性和下游坝坡出逸段(区)的渗透稳定性,下游坡渗出段的贴坡保护层应满足反滤层的设计要求;

3) 过渡区 界于坝体粗、细填料之间的过渡区以及棱体排水、褥垫排水和贴坡排水等,应复核反滤层设计的保土条件和排水条件是否合格,以及运行中有无明显集中渗流和大量固体颗粒被带出等异常现象。

6.3.3 应复核两坝端填筑体与山坡结合部的接触渗透稳定性,以及两岸山脊中的地下水渗流是否影响天然岩土层的渗透稳定和岸坡的抗滑稳定。

6.4 混凝土坝的渗流安全评价

6.4.1 坝基渗流安全评价,应通过监测资料分析或各种模型计算,复核在规定水位组合下坝基渗压力分布和扬压力图形,与相应的设计允许值(不同坝型、不同坝段)相比较,综合判断坝基和建筑物的渗流安全。

1 对建于较好岩基上的实体重力坝(如各种混凝土重力坝、浆砌石坝等),应复核坝基扬压力荷载对大坝抗滑稳定性的影响;

2 坝基接触面有未经处理的断层破碎带、软弱夹层和裂隙充填物时,应复核这些物质的抗渗稳定性,其允许抗渗比降宜由专项试验确定;当软弱岩层中设有排水孔时,应复核其是否设有合格的反滤料保护;

3 对非岩石坝基,应复核坝基接触处相应土类的水平渗流和渗流出口的渗透稳定性,以及地基中垂直防渗构件(如灌浆帷幕、各类防渗墙、板桩等)的渗透稳定性。

6.4.2 绕坝渗流及岸坡地下水渗流安全评价,应通过两岸地下水动态分析,复核坝基或坝肩地质构造带的稳定性,以及直接影响大坝安全的滑坡体或高边坡的稳定性。

6.4.3 渗漏量及其水质评价要点如下:

1 渗流量评价应分析当前观测值与历史显现值的相对比较(需注意坝基渗漏与结构缝漏水的区别),结合扬压力观测资料的分析,综合评价大坝坝基和建筑结构的渗流安全;

2 渗漏水的水质评价,应注意水流携出的固体物质、析出物和水质化学成分的观测分析,并与库水的化学成分作对比,以判断对混凝土建筑物或天然地基有无破坏性化学侵蚀;

3 在库水位相对稳定期或下降期,如渗流量和扬压力单独或同时出现骤升、骤降的异常现象,且多与温度有关时,还应结合有关温度和变形观测资料作结构变形分析。

6.5 其他建筑物的渗流安全评价

6.5.1 溢洪道及水闸的渗流安全评价与 6.4 节同。

6.5.2 涵管的渗流安全评价,应分析其外围结合带有无接触冲刷等渗透稳定问题,如管身有无漏水、管内有无土粒沉积、土体与涵管结合带是否有水流渗出、出口有无反滤保护等。

6.6 渗流安全的综合评价

6.6.1 利用 6.3~6.5 节的定性、定量判别结果,并结合实际渗流情况作全面、具体分析,对大坝渗流安全进行综合评价。

6.6.2 综合评价的分级原则如下:

1 当各种岩土材料的实际渗流比降小于规范允许下限,坝基扬压力小于设计值,且运行中无渗流异常征兆时,可认为该工程的渗流性态是安全的,定为 **A** 级。

2 当各种岩土材料的实际渗流比降大于规范允许下限,但未超过其上限或同类工程的经验安全值,坝基扬压力不超过设计值;或有一定渗流异常但不影响大坝安全时,可认为该工程的渗流性态基本安全,定为 **B** 级。

3 当各种岩土材料的实际渗流比降大于规范或经验类比的上限或破坏值,坝基扬压力大于设计值;或工程已出现严重渗流异常现象时,可认为该工程的渗流性态不安全,定为 **C** 级。

7 抗震安全复核

7.1 一般规定

7.1.1 抗震安全复核的目的是按现行规范复核大坝工程现状是否满足抗震要求。

7.1.2 抗震安全复核的对象,包括永久性挡水建筑物及与大坝安全有关的泄水、输水等建筑物以及地基和近坝库岸。

7.1.3 抗震安全复核,首先应按表 7.1.3 复核地震烈度及地震加速度的标准值 J_c 及 a_c 。必要时,应由地震部门确定坝址的地震烈度。复核工作可按下列情况分别对待:

- 1 对 J_c 在 6 度(含 6 度)以下的工程可不进行抗震复核,但对 1 级建筑物,仍须参照本导则对抗震结构及抗震设施作出安全评定。
- 2 对 $J_c \geq 7$ 的工程必须做抗震复核。
- 3 对烈度 9 度以上的工程或表 7.1.3 中所列的高坝、大库应专门研究。

表 7.1.3 建筑物设计地震烈度 J 或基岩峰值
地震最大加速度 a_{\max} 及相应复核标准值 J_c 或 a_c

建筑物规模	区域地震地质条件	确定设计烈度 J 或 a_{\max} 的方法	复核标准值 *
2 级以下(含 2 级)建筑物	一般	用《中国地震烈度区划图(1990)》的基本烈度 J	$J_c = J$
1 级建筑物	可能强震	用《中国地震烈度区划图(1990)》的基本烈度 J 并考虑场地地震危险性	$J_c^* = J + 1$
坝高大于 200m 或库容大于等于 $1 \times 10^9 \text{m}^3$	$J \geq 8$	应根据专门的地震危险性分析成果确定 a_{\max} 值	a_c 的超越概率水准取:壅水建筑物为 $P_{100} = 0.02$;非壅水建筑物为 $P_{50} = 0.05$
坝高大于 150m 大(1)型水库	$J \geq 7$		

注 * 若建筑物可能受地震危害很大,则将设防烈度提高 1 度,故“ $J+1$ ”; P_{100} 为基准期 100 年内 a_c 的超越概率;建筑物等级以复核后的等级为准。

4 对坝高低于 50m 的 4、5 级小型工程,在缺乏必要的计算条件时,可简化核算工作。

7.1.4 抗震安全复核的主要内容如下:

1 按表 7.1.3 复核大坝的设计地震烈度或基岩加速度,作为复核地震烈度 J_c 或复核地震加速度 a_c 的标准值;

2 按 SL203—97《水工建筑物抗震设计规范》表 1.0.5 及表 4.5.3 复核大坝的抗震设防类别及相应的地震效应计算方法;土石坝和水闸应按规范(SL203—97)及 SDJ10—78《水工建筑物抗震设计规范(试行)》选取适宜的方法;

3 对工程的设计、施工及运行中有关抗震的文件和资料进行核查;

4 对大坝、地基及可能发生地震塌滑的近坝库岸等均做地震稳定性分析,核算抗滑安全系数或抗滑结构系数;对各类混凝土结构、钢筋混凝土结构、钢或木结构等还应作抗震强度的分析计算;对烈度 7 度以上的 1、2 级建筑物宜作地震应力与变形开裂计算;对土石坝(包含坝基和近坝库岸)可液化土层的液化可能性及抗震工程措施应作评价;

5 对抗震设施的质量和运行的现状作安全评价,包括对坝基防渗、软弱层加固、结构的整体性和刚度、施工接缝的处理等;

6 对原型观测资料应加以核定和整理分析。

7.2 抗震安全复核所需的资料

7.2.1 根据抗震安全复核(评价)不同方法,有针对性地收集其所需资料。对 1、2 级大坝在必要时应补做勘测、试验工作,以获取必需的有关资料。

7.2.2 除静力安全复核所需的基本资料(详见第 5、6 两章)外,还需下列资料:

1 地震地质资料

1) 地质构造和材料性质 包括基岩构造、产状、缓倾角

夹泥层、破裂面及充填物、泥化岩层以及软弱土层等的物理、化学及力学性质指标；设计烈度为 8、9 度的 1 级土石坝工程应有动力学特性(包括变形和强度)试验资料。2 级土石坝工程宜有动力强度指标。

2) 地震危险性及地面运动参数 搜集当地及邻区的历史地震资料,以及其中最大地震时地面运动特性。对 1、2 级大坝宜获得下列资料:

地震活动性资料:历次地震的时间、震中位置、震级、震源深度、震中烈度、场地烈度、震害记录、历史地震震中分布图及地震活动性评述等;

地面运动参数:典型地震时的震源特性指标、在不同位置观测得到的振动过程记录、振动历时、最大振动(加速度、速度、位移)幅值、卓越周期、残余位移、建筑物的加速度反应谱;

地震危险性:专门的分析结果及报告。

2 工程结构抗震设计资料

包括设计地震荷载及组合;地震敏感的结构部位(如内部廊道、空腔、管道、排水、反滤、工程体型)的断面及地震敏感(例如液化)材料的布置区域;动力反应或液化分析所采用的计算模型、有关参数、判别标准及计算结果。

3 抗震措施的施工质量资料

施工质检记述及施工验收文件等。

4 工程运行的有关资料

1) 地震反应监测资料 运行期发生天然地震或水库诱发地震时工程的地震反应记录,如:发震时间,振动加速度、振动孔隙水压力、振动残余位移等的时程线、峰值,震害记录,以及监测分析结果;

2) 工程功能及环境现状的影响 应查明原有抗震结构

及抗震措施是否已有削弱或功能退(老)化,坝内饱和区及坝基扬压力、软弱带(包含地基及近坝库岸)变位等是否超越了原抗震设计范围,运用期的地震活动性及活动强度是否超越了原设计;

3) 其他文件 此前已作过的抗震复核结论及建议,以及对建议的实施效果等文件。

7.3 地震荷载的确定

7.3.1 地震荷载组合,一般是在正常荷载组合中加入建筑物自重和其上荷重所产生的地震惯性力、地震动土(含坝前淤积物)压力和动水(含内水)压力(含扬压力)。高寒区冬季强震的复核尚应考虑冰的地震推力。

7.3.2 复核的地震作用标准是,除重大工程按本导则 7.1.4—1 规定的概率水准,由专门的地震危险性分析确定水平向地震加速度 a_h 外,其余的按 J_e 为 7、8、9 度,应依次取 a_h 值为 0.1g、0.2g、0.4g;取竖向地震加速度 a_v 值为 $(2/3)a_h$ 。在动力法中,地震加速度反应谱随场地类别及其振动特征周期、结构自振周期等的不同应按规范(SL203—97)的规定,确定反应谱最大值 β_{max} 及下限值 β_{min} ;按该规范 4.5 节对不同建筑物选取相应的阻尼比值。

7.3.3 地震作用的方向,一般情况下可只考虑水平向分量;拱坝、闸墩、闸顶机架、水塔及两个主轴方向刚度接近的混凝土结构,还应计及两个主轴方向或顺河及横河两个水平向分量;地震烈度 8、9 度的 1、2 级大坝,还应同时计入竖向地震作用分量。

7.3.4 地震作用效应的确定可采用拟静力法确定各点的惯性力,或采用振型分解反应谱法。若有多条该坝实测地震记录,或有类似地震地质条件下的实测地震记录,也可采用振型分解时程分析法等动力法,按照规范(SL203—97)规定,结合各类建筑物的具体

规定分别确定其地震作用效应。

7.3.5 一般情况下,作抗震计算时的上游水位可采用正常蓄水位;多年调节水库经论证后,可采用低于正常蓄水位的坝前水位。

土石坝应根据运用条件选用对上游坡抗震稳定最不利的常遇水位进行抗震计算;坝内流网可按相应水位的稳定渗流考虑;若需考虑库水位骤降的抗震稳定,应将地震作用和常遇的库水位降落幅值相组合。

重要的拱坝和水闸,其抗震强度计算,宜补充地震作用和常遇低水位组合的验算。

土石坝(面板坝除外)可不计地震动水压力,在土石坝动力法有效应力分析、液化分析及混凝土结构或基岩断裂区的动力分析等计算中,都必须计算孔隙压力或扬压力,必要时,应考虑孔隙压力的增长、扩散和消散。

7.3.6 地震动土压力的确定按规范(SL203—97)的规定执行。

7.4 各类水工建筑物的抗震安全复核计算

7.4.1 土石坝(包含其他水工建筑物的土质地基)抗震安全复核计算主要有:

1 抗滑稳定性复核 可采用拟静力法计算坝体、坝基、近坝库岸等的稳定性,按规范(SDJ10—78)及(SL203—97)进行。如有大量滑坡、塌岸,可导致涌浪、漫顶溢流的,还应补作涌浪及溃坝的专门分析。

2 应力应变及抗液化分析 复核地震烈度为8度以上、坝高高于70m的土石坝,以及地基有可液化土层时,除用拟静力法和液化判别[方法见规范(SL203—97)及(SDJ10—78)]以及地震附加沉降计算之外,还应同时用有限元法作动力分析[见规范(SL203—97)附录A]。如有动态原型观测资料,应优先整理分析并做反演计算。

7.4.2 重力坝(包含大头坝)抗震安全复核计算,应同时计入动、

静力作用下的弯曲和剪切变形所产生的应力,核算坝体强度和整体抗滑(剪断)稳定性,计算方法按规范(SL203—97)执行。

7.4.3 拱坝抗震安全复核计算,可用拱梁分载法分析静、动力作用下拱坝的应力,条件复杂的宜用有限元法补充核算坝的强度,并以刚体极限平衡法核算拱座抗滑(剪断)稳定性,计算方法按规范(SL203—97)执行。

7.4.4 水闸(包含溢洪道控制闸)抗震安全复核计算,应对闸室、两岸联接建筑物及其地基做地震抗滑稳定计算和可液化地基抗液化分析,以及各结构构件的应力分析和强度复核,分析方法按规范(SL203—97)规定执行。

7.4.5 进水塔抗震安全复核计算,应复核地震时塔体应力或内力、整体抗滑、抗倾覆及塔基承载能力等的安全性,按照规范(SL203—97)规定执行。

7.4.6 压力水管的抗震安全复核,地面明管可按拟静力法计算水平向地震惯性力进行复核;压力钢管地震下的强度和稳定性,可按SD144—85《水电站压力钢管设计规范(试行)》验算;重力坝内埋管,可不必验算。以上复核按规范(SL203—97)规定执行。

7.4.7 地面厂房的抗震安全复核,厂房下部的复核参照混凝土重力坝进行;厂房的整体抗滑、基岩承载力和地基面抗拉强度等,按SD335—89《水电站厂房设计规范》进行验算。

7.4.8 水工地下结构的抗震安全复核,对烈度8度(含8度)以上1级建筑物的地下结构,应验算建筑物和围岩的强度和稳定性,验算方法按规范SL203—97规定执行。

7.4.9 钢筋混凝土结构的抗震安全复核,应按SL/T191—96《水工混凝土结构设计规范》采用动力法进行截面承载力抗震验算。

7.5 地震安全复核的判别标准

7.5.1 地震抗滑稳定性的判别标准如下:

1 土石坝工程(包含其他水工建筑物的土质地基) 用拟静力瑞典圆弧总应力法计算的允许最小安全系数 **K** 按规范(**SDJ218—84**)修改和补充规定采用。若按规范(**SL203—97**)中极限状态分析,则其抗滑结构系数 γ_d 采用 1.25(总应力法)。不同等级的工程可参照规范(**SL203—97**)确定相应 **K** 或 γ_d 。

2 岩基上的混凝土重力坝、大头坝、拱坝重力墩及其他结构在设计洪水和地震作用下的抗滑拟静力法允许最小安全系数,应符合有关抗震规范不小于 1.00 的规定。按承载能力极限状态验算其抗滑稳定的结构系数时,应符合规范(**SL203—97**)的规定,拟静力法取 2.70,动力法取 0.60。

3 拱坝用拟静力刚体极限平衡法计算的拱座抗滑允许安全系数应按规范(**SD145—85**)中的规定选取;用承载能力极限状态验算拱座的抗滑结构系数时,应按规范(**SL203—97**)的规定,拟静力法取 2.70,动力法取 1.40。

4 水闸用拟静力总应力法计算闸底沿基础面的抗滑稳定安全系数应不小于 1.10(1 级建筑物),1.05(2 级、3 级建筑物);按承载能力极限状态验算抗滑稳定时,结构系数应取 1.20,并应符合 **SD133—84**《水闸设计规范》的有关规定。

5 进水塔地震抗滑稳定结构系数应取 2.70;抗倾覆稳定结构系数应取 1.40。

7.5.2 抗震结构的允许应力规定如下:

1 混凝土重力坝、大头坝按承载能力极限状态验算用动力法时,其抗压和抗拉强度结构系数应分别取 2.00、0.85;用拟静力法时应分别取 4.10、2.40。

2 拱坝的坝体和拱座强度验算,用拟静力法时,其抗压和抗拉强度结构系数应分别取 4.10、2.40;用动力法时,其抗压和抗拉强度结构系数应分别取 2.00、0.85。

3 钢筋混凝土结构的允许应力应遵照规范 **SL/T191—96** 的规定；混凝土结构用拟静力法按承载能力极限状态验算的抗压和抗拉强度结构系数应分别取 **4.10、2.40**。

7.6 抗震安全性综合评价

7.6.1 根据 **7.1~7.3** 节核定的计算条件和资料按 **7.4** 节进行复核得到的结果,用 **7.5** 节的标准衡量大坝及有关建筑物的抗震安全性。

7.6.2 当复核计算成果大于、等于 **7.5** 节相应标准的规定值,且采取的抗震措施有效时,认为大坝及分项建筑物对于设防的地震是安全的,其抗震安全性属于 **A** 级。

7.6.3 当复核计算成果等于或略大于规定值,或抗震措施不够完善时,认为抗震安全性偏低,属于 **B** 级。

7.6.4 当复核计算成果小于规定值,且没有有效的抗震措施时,则其抗震安全性级别属于 **C** 级。

8 金属结构安全评价

8.1 一般规定

8.1.1 金属结构安全评价的目的是复核水库大坝泄水、输水建筑物的钢闸门、启闭机与压力钢管等在现状下能否按设计条件安全运行。

8.1.2 钢闸门安全评价的重点是对其强度、刚度和稳定性进行验算,启闭机是对启闭能力进行复核,压力钢管是对其强度、抗外压稳定性进行验算。具体复核或验算内容,钢闸门遵照规范 DL/T5013—95《水利水电工程钢闸门设计规范》执行,启闭机遵照规范 SL41—93《水利水电启闭机设计规范》执行,压力钢管遵照规范 (SD144—85)执行。

8.1.3 金属结构安全评价工作需要收集下列基本资料:

- 1 有关金属结构的试验资料和勘测设计资料;
- 2 有关金属结构的材料、制造、运输、安装及竣工验收资料;
- 3 金属结构的质量检测和安全检测资料;
- 4 金属结构的运用条件;
- 5 有关水文、泥沙、水质、漂浮物及地质等资料;
- 6 有关金属结构历年的运行、观测及维护、检修、大修、技术改造资料;
- 7 以前的金属结构安全评价及事故与处理等资料。

8.1.4 金属结构安全评价工作,应对基本资料进行核查。制造、安装过程中出现过质量事故或薄弱的部位与构件,运行中应力、变形异常或出现过险情的部位与构件,应做为金属结构安全评价的重点。

8.1.5 与金属结构安全评价有关的计算参数,应根据安全检测结果或重新进行试验确定。

8.2 荷载确定

8.2.1 作用荷载及其组合应分别参照规范(DL/T5013—95)、(SL41—93)及(SD144—85)确定。

8.2.2 对于钢闸门、闸门自重、风压力、泥沙压力、温度荷载应根据观测资料与检测资料核算,在缺乏实测资料或检测资料时,可参考设计资料取用;水压力、波浪压力及水锤压力应根据防洪标准复核结果和有关观测资料与试验资料重新确定;地震荷载应根据复核确定的设防烈度重新计算;启闭力应根据复核的水位条件重新计算,计算中的摩擦系数应根据实测启闭力反演计算求得。

8.2.3 对于压力钢管、钢管结构自重、钢管内的满水重、钢管充或放水过程中的管内部分水重、风荷载、雪荷载等可自设计文件取用;内水压力需根据防洪标准复核结果和内水压力观测资料重新确定;地震荷载需根据复核确定的设防烈度重新计算;施工荷载、温度荷载、管道放空时通气设备造成的气压差、地下水或渗流水压力、不均匀沉降引起的力等需根据实际情况与观测资料核算。

8.2.4 各种荷载的代表值和设计值应按标准(GB50199—94)的规定确定。

8.3 安全评价方法

8.3.1 安全评价应根据现场检查、安全检测及计算分析综合评定。

8.3.2 现场检查是通过现场检查或观测金属结构的气蚀、腐蚀、磨损、变形、位移、转动以及接缝止水、启闭设备、安全供电、埋件及支撑体系等情况,评价其安全性。

8.3.3 安全检测应遵照 SL101—91《水工钢闸门及启闭机安全检测技术规程》规定进行。

8.3.4 计算分析应分别按照规范(DL/T5013—95)、(SL41—93)及(SD144—85)规定的方法进行,重要大坝的大型的金属结构还应

同时进行空间有限元分析。

8.4 安全评价标准

8.4.1 现场检查或观测,如发现下列情况之一,认为金属结构破坏或存在安全隐患,应做进一步的安全检测与分析:

- 1 钢闸门的承重构件产生超过设计允许的变形、裂纹或断裂;压力钢管管壁出现裂纹或破裂漏水;
- 2 钢闸门的承重构件和压力钢管管壁严重气蚀、腐蚀、磨损;
- 3 钢闸门的行走支撑严重变形,闸门槽出现过大的不均匀沉降或扭曲变形,以至闸门无法正常启闭;压力钢管的镇墩、支墩出现明显的沉降、水平位移或转动,超过伸缩节的调节能力;
- 4 钢闸门的启闭装置或压力钢管进水口的快速闸阀或事故闸阀的操作装置不能正常工作;
- 5 连接构件(如螺栓)遭到破坏;
- 6 通气孔(井)通气不畅;
- 7 止水装置失效,出现严重漏水或渗水;
- 8 安全供电系统不能保证。

8.4.2 安全检测结果必须满足相应安全检测规程规定的要求,否则可认为金属结构不安全或存在隐患。

8.4.3 计算分析的结果必须满足规范(DL/T5013—95)、(SL41—93)及(SD144—85)规定的要求。如计算结果不能满足规范要求,必须结合安全检测结果进行复核论证。如计算分析结果与安全检测结果均不符合规范规定的要求,可认为金属结构不安全或存在隐患。

8.5 评价结论

8.5.1 金属结构安全评价应对下列问题做出结论:

- 1 金属结构的强度、刚度及稳定性能否满足规范要求;
- 2 启闭机的启闭能力能否满足要求;

3 在紧急情况下,能否保证闸门正常开启。

8.5.2 当钢闸门及其承重构件和行走支撑、启闭机、压力钢管及其镇墩和支墩均能正常工作,安全检测结果与计算分析的应力、变形、位移均在有关规程、规范或设计、试验等规定的允许值以内时,可认为金属结构的安全性为 **A** 级。

8.5.3 当金属结构出现下列情况时,应根据问题的多少及严重程度将其安全性定为 **B** 级或 **C** 级。

1 钢闸门的承重构件超过设计允许的变形甚至出现裂缝或断裂,或严重腐蚀、磨损。

2 钢闸门的行走支撑变形或闸门槽出现过大不均匀沉陷或扭曲变形,闸门无法正常启闭。

3 钢闸门的启闭装置不能正常工作。

4 坝内埋管管壁出现裂缝或破裂漏水,首端快速闸阀或事故闸阀的操作装置不能正常工作。

5 安全检测结果或计算分析的应力、变形、位移超过有关规程、规范或设计、试验等规定的允许值。

9 大坝安全综合评价

9.1 一般规定

9.1.1 大坝安全综合评价是依据大坝安全鉴定各专项报告复核评价结果及国家现行有关规范的规定,进行综合分析,并遵照办法(水管[1995]86号)的大坝安全分类标准,评定大坝安全类别。

9.1.2 大坝安全综合评价包括抗洪能力、结构稳定、渗流稳定、抗震性能及金属结构性态等的评价。

9.1.3 在对大坝安全进行综合评价时,应以国家现行规范为标准。当复核计算结果与规范规定接近而难以确定安危时,可结合工程现状,并考虑溃坝后果及大坝的运行管理情况综合评定。

9.1.4 工程现状主要由现场安全检查报告及当前的大坝质量评价及安全监测结果体现;溃坝后果取决于工程规模及给下游带来的人民生命和经济损失及社会 and 环境影响。

9.1.5 对评定为二、三类的大坝,应提出加固措施的建议。

9.2 综合评价方法

9.2.1 按有关规范,对大坝工程性状各专项的安全性予以分级,分为A、B、C三级。A级为安全可靠;B级为基本安全,但有缺陷;C级为不安全。各专项的安全性分级见附录B表B1~表B3及5.3.6条和6.6节与8.5节。

9.2.2 将各专项的复核评价结果对照相应的安全性分级表及标准或准则,确定其安全性级别。

9.2.3 综合大坝工程性状各专项安全性分级结果,最终确定安全分类。水库大坝安全分为三类:一类坝安全可靠,能按设计正常运行;二类坝基本安全,可在加强监控下运行;三类坝不安全,属病险水库大坝。

9.3 大坝安全综合评价

9.3.1 应以专家认可的复核评价结果对照相应的安全性分级表及标准或准则,确定大坝安全性级别。

9.3.2 综合各专项安全性级别进行大坝安全分类。安全性级别均达到 **A** 级的,为一类坝;安全性级别均达到 **A** 级和 **B** 级的,为二类坝;安全性级别中有一项以上(含一项)是 **C** 级的,为三类坝。各项安全性级别中有一至二项是 **B** 级(不含抗洪能力),其余的均达到 **A** 级,且大坝的工程质量及运行管理优良的,可升为一类坝,但要限期将 **B** 级升级。

附录 A 引用标准

水库大坝安全管理条例

水管[1995]86号 水库大坝安全鉴定办法

GB50199—94 水利水电工程结构可靠度设计统一标准

GB50201—94 防洪标准

GB8076—1997 混凝土外加剂

GBJ123—88 土工试验方法标准

GBJ204—83 钢筋混凝土工程施工及验收规范

GBJ107—87 混凝土强度检验评定标准

SL210—98 土石坝养护修理规程

SL228—98 混凝土面板堆石坝设计规范

SL230—98 混凝土坝养护修理规程

SL203—97 水工建筑物抗震设计规范

SL169—96 土石坝安全监测资料整编规程

SL104—95 水利工程水利计算规范

SL101—94 水工钢闸门及启闭机安全检测技术规程

SL47—94 水工建筑物岩石基础开挖施工技术规范

SL48—94 水工碾压混凝土试验规程

SL53—94 水工碾压混凝土施工规范

SL60—94 土石坝安全监测技术规范

SL61—94 水文自动测报系统规范

SL62—94 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范

SL41—93 水利水电启闭机设计规范

SL44—93 水利水电工程设计洪水计算规范

SL25—91 浆砌石坝设计规范

SLJ702—81 水库工程管理通则

SD335—89 水电站厂房设计规范
SD144—85 水电站压力钢管设计规范(试行)
SD145—85 混凝土拱坝设计规范
SD128—84 土工试验规程
SD133—84 水闸设计规范
SD108—83 水工混凝土外加剂技术标准
SDJ249—90 水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准
SDJ336—89 混凝土大坝安全监测技术规范
SDJ218—84 碾压式土石坝设计规范及修改和补充规定
SDJ213—83 碾压式土石坝施工技术规范
SDJ207—82 水工混凝土施工规范
SDJ01—79 土工试验规程
SDJ10—78 水工建筑物抗震设计规范(试行)
SDJ21—78 混凝土重力坝设计规范
SL/T191—96 水工混凝土结构设计规范
DL/T5013—95 水利水电工程钢闸门设计规范
DL/T5018—94 水利水电工程钢闸门制造安装及验收规范
DL/T5019—94 水利水电启闭机制造、安装及验收规范
 水管[1993]61号 综合利用水库调度通则
 水规[1989]21号 水利枢纽工程除险加固近期非常运用洪水标准的意见

附录 B 大坝安全综合评价

B1 防洪安全性分级

大坝防洪安全性分级见表 B1。

B2 结构安全性分级

土石坝结构安全性分级见表 B2—1；混凝土坝结构安全性分级见表 B2—2。

B3 抗震安全性分级

土石坝及其他坝型土质地基抗震安全性分级见表 B3—1；混凝土坝抗震安全性分级(抗震稳定部分)见表 B3—2—1，混凝土坝抗震安全性分级(抗震强度部分)见表 B3—2—2。

表 B1 大坝防洪安全性分级

大坝级别	坝 型	抗御洪水频率[重现期(年)]					
		山区、丘陵			平原、滨海区		
		A	B	C	A	B	C
1	土坝、堆石坝	≥ 5000	< 5000 ≥ 2000	< 2000	≥ 2000	< 2000 ≥ 1000	< 1000
	混凝土坝、浆砌石坝	≥ 2000	< 2000 ≥ 1000	< 1000	≥ 2000	< 2000 ≥ 1000	< 1000
2	土坝、堆石坝	≥ 2000	< 2000 ≥ 1000	< 1000	≥ 1000	< 1000 ≥ 300	< 300
	混凝土坝、浆砌石坝	≥ 1000	< 1000 ≥ 500	< 500	≥ 1000	< 1000 ≥ 300	< 300
3	土坝、堆石坝	≥ 1000	< 1000 ≥ 500	< 500	≥ 300	< 300 ≥ 100	< 100
	混凝土坝、浆砌石坝	≥ 500	< 500 ≥ 300	< 300	≥ 300	< 300 ≥ 100	< 100

表 B2—1 土石坝结构安全性分级

大坝级别	变 形 分 析			抗 滑 稳 定 安 全 系 数											
				正 常 运 用 条 件						非 常 运 用 条 件					
	分 析 结 论			瑞典圆弧法			简化毕肖普法			瑞典圆弧法			简化毕肖普法		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	沉 降 稳 定,开裂可能性很小	沉 降 趋 于稳定,有开裂可能	沉 降 未 稳定,有危及大坝安全的裂缝	≥ 1.50	< 1.50 ≥ 1.30	< 1.30	≥ 1.65	< 1.65 ≥ 1.50	< 1.50	≥ 1.30	< 1.30 ≥ 1.20	< 1.20	≥ 1.43	< 1.43 ≥ 1.26	< 1.26
2	沉 降 稳 定,开裂可能性很小	沉 降 趋 于稳定,有开裂可能	沉 降 未 稳定,有危及大坝安全的裂缝	≥ 1.40	< 1.40 ≥ 1.25	< 1.25	≥ 1.54	< 1.54 ≥ 1.31	< 1.31	≥ 1.25	< 1.25 ≥ 1.15	< 1.15	≥ 1.38	< 1.38 ≥ 1.21	< 1.21
3	沉 降 稳 定,开裂可能性很小	沉 降 趋 于稳定,有开裂可能	沉 降 未 稳定,有危及大坝安全的裂缝	≥ 1.30	< 1.30 ≥ 1.20	< 1.20	≥ 1.43	< 1.43 ≥ 1.26	< 1.26	≥ 1.20	< 1.20 ≥ 1.10	< 1.10	≥ 1.32	< 1.32 ≥ 1.16	< 1.16

表 B2—2 混凝土坝结构安全性分级

大坝级别	荷载组合		强 度 分 析						抗滑稳定安全系数							
			抗压安全系数		抗拉强度				抗剪断强度公式				抗剪强度公式			
					安全系数		主拉应力(kPa)									
			各种坝型		重力坝、支墩坝		拱坝		重力坝、支墩坝		拱坝		重力坝、支墩坝		拱坝	
			A 或 B	C	A 或 B	C	A 或 B	C	A 或 B	C	A 或 B	C	A 或 B	C	A 或 B	C
1	基本组合		≥4.00	<4.00	≥4.00	<4.00	≤1200	>1200	≥3.00	<3.00	≥3.50	<3.50	≥1.10	<1.10	—	—
	特殊组合	无地震	≥3.50	<3.50	≥4.00	<4.00	≤1500	>1500	≥2.50	<2.50	≥3.00	<3.00	≥1.05	<1.05	—	—
		有地震	≥3.50	<3.50	≥4.00	<4.00	≤1500	>1500	≥2.30	<2.30	≥2.50	<2.50	≥1.00	<1.00	—	—
2	基本组合		≥4.00	<4.00	≥4.00	<4.00	≤1200	>1200	≥3.00	<3.00	≥3.25	<3.25	≥1.05	<1.05	—	—
	特殊组合	无地震	≥3.50	<3.50	≥4.00	<4.00	≤1500	>1500	≥2.50	<2.50	≥2.75	<2.75	≥1.00	<1.00	—	—
		有地震	≥3.50	<3.50	≥4.00	<4.00	≤1500	>1500	≥2.30	<2.30	≥2.25	<2.25	≥1.00	<1.00	—	—
3	基本组合		≥4.00	<4.00	≥4.00	<4.00	≤1200	>1200	≥3.00	<3.00	≥3.00	<3.00	≥1.05	<1.05	≥1.30	<1.30
	特殊组合	无地震	≥3.50	<3.50	≥4.00	<4.00	≤1500	>1500	≥2.50	<2.50	≥2.50	<2.50	≥1.00	<1.00	≥1.10	<1.10
		有地震	≥3.50	<3.50	≥4.00	<4.00	≤1500	>1500	≥2.30	<2.30	≥2.00	<2.00	≥1.00	<1.00	≥1.00	<1.00

表 B3—1 土石坝及其他坝型土质地基抗震安全性分级

大坝 级别	地震抗滑稳定性				土层液化性判别	
	拟静力法安全系数		极限状态计算结构系数		依土类、标贯击数、相对密度、土性指标、动三轴试验、动剪强度及动力有限元分析判别	
	A 或 B	C	A 或 B	C	A 或 B	C
1	≥ 1.20	< 1.20	≥ 1.25	< 1.25	液化可能性小	液化可能性大
2	≥ 1.15	< 1.15	≥ 1.25	< 1.25	液化可能性小	液化可能性大
3	≥ 1.10	< 1.10	≥ 1.25	< 1.25	液化可能性小	液化可能性大

表 B3—2—1 混凝土坝抗震安全性分级(抗震稳定部分)

大坝 级别	混凝土重力坝、大头坝、拱坝重力墩						拱 坝							
	拟静力法允许 最小安全系数		按承载力极限状态计算 抗滑结构系数				拟静力刚体极限平衡法 允许最小安全系数				按承载力极限状态计算 抗滑结构系数			
	c=0		动力法		拟静力法		峰值强度 c≠0		屈服或残余强度 c=0		拟静力法		动力法	
	A 或 B	C	A 或 B	C	A 或 B	C	A 或 B	C	A 或 B	C	A 或 B	C	A 或 B	C
1	≥ 1.00	< 1.00	≥ 0.60	< 0.60	≥ 2.70	< 2.70	≥ 2.50	< 2.50			≥ 2.70	< 2.70	≥ 1.40	< 1.40
2	≥ 1.00	< 1.00	≥ 0.60	< 0.60	≥ 2.70	< 2.70	≥ 2.25	< 2.25			≥ 2.70	< 2.70	≥ 1.40	< 1.40
3	≥ 1.00	< 1.00	≥ 0.60	< 0.60	≥ 2.70	< 2.70	≥ 2.00	< 2.00	≥ 1.00	< 1.00	≥ 2.70	< 2.70	≥ 1.40	< 1.40

表 B3—2—2 混凝土坝抗震安全性分级(抗震强度部分)

大坝级别	混凝土重力坝、大头坝及拱坝重力墩								拱坝							
	拟静力法的结构系数				动力法的结构系数				拟静力法的结构系数				动力法的结构系数			
	抗压		抗拉		抗压		抗拉		抗压		抗拉		抗压		抗拉	
	A或B	C	A或B	C	A或B	C	A或B	C	A或B	C	A或B	C	A或B	C	A或B	C
1	≥ 4.10	< 4.10	≥ 2.40	< 2.40	≥ 2.00	< 2.00	≥ 0.85	< 0.85	≥ 4.10	< 4.10	≥ 2.40	< 2.40	≥ 2.00	< 2.00	≥ 0.85	< 0.85
2	≥ 4.10	< 4.10	≥ 2.40	< 2.40	≥ 2.00	< 2.00	≥ 0.85	< 0.85	≥ 4.10	< 4.10	≥ 2.40	< 2.40	≥ 2.00	< 2.00	≥ 0.85	< 0.85
3	≥ 4.10	< 4.10	≥ 2.40	< 2.40	≥ 2.00	< 2.00	≥ 0.85	< 0.85	≥ 4.10	< 4.10	≥ 2.40	< 2.40	≥ 2.00	< 2.00	≥ 0.85	< 0.85