



水电厂检修技术丛书

水工建筑物 与闸坝机电设备检修

张 诚 陈国庆 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

水电厂检修技术丛书

水工建筑物 与闸坝机电设备检修

张 诚 陈国庆 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是《水工建筑物与闸坝机电设备检修》分册,全书详细讲解了水电厂水工建筑物与闸坝机电设备的检修与维护技术,并介绍了一些常见故障的诊断及处理方法。本书共分三篇十七章,第一篇介绍水工建筑物;第二篇介绍水工建筑物缺陷检测与维修;第三篇介绍闸坝机电设备检修。本书重点在于针对现场实际操作,对基本理论和工作原理不作过多阐述,可供水电厂生产及其管理人员现场培训参考,也可作为大、中专及职业技术学院教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水工建筑物与闸坝机电设备检修/张诚,陈国庆主编.
北京:中国电力出版社,2011
(水电厂检修技术丛书)
ISBN 978-7-5123-2107-6

I. ①水… II. ①张… ②陈… III. ①水力发电站-水
工建筑物-检修②水力发电站-机电设备-检修 IV. ①TV73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 184299 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 4 月第一版 2012 年 4 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 25 印张 466 千字

印数 0001—3000 册 定价 65.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《水电厂检修技术丛书》编委会

编委会主任 张 诚

编委会副主任 陈国庆

编委会成员 王 宏 杨兴斌 罗仁彩 鲁结根

肖 荣 卢进玉 周江余 张亚明

吴丹清

《水工建筑物与闸坝机电设备检修》

编 写 人 员

统 稿 人 周江余

编 写 人 员 曾 辉 王 波 张壮志 屈大功

汪鹏鹏 刘畅快 关容章 刘林广

贾洪刚 周跃武 别行强 俞洪明

张作诚 董万里 贾 鑫 席前伟

毛延翩 魏晓翔 张俊明

审 查 人 赵锡锦 鲁结根

前 言

近年来,我国水电开发迎来了历史性的发展机遇,水电机组单机容量和装机规模不断扩大,水电工程机电设计、制造和安装技术已赶上和达到世界一流水平。随着全球低碳经济的发展,作为大规模可再生清洁能源的水力发电必将得到越来越充分的开发和应用。

水电工程的性能和效益的发挥最终都要通过运行来实现。在水电工程全生命周期管理过程中,优质的建设、优化的运行和优良的检修维护对于充分发挥水电工程的效益都十分重要。得益于计算机、自动化、信息化、网络技术,新材料、新工艺的高速发展,以及现代管理理念和方法的应用,水电厂检修技术也得到不断更新和提高。但一直以来,鲜有全面、完整地介绍水电厂检修技术的书籍面市,使水电厂检修技术的学习、交流和推广受到限制。为了与水电厂同行进行技术交流,探讨推广标准化、规范化的水电厂检修方法,推动水电厂检修技术的不断进步,为从事水电厂检修工作的技术人员和管理人员提供参考和借鉴,中国长江电力股份有限公司在认真总结三峡水电厂和葛洲坝水电厂多年的检修经验的基础上,精心组织编写了一套《水电厂检修技术丛书》。

《水电厂检修技术丛书》由《水轮发电机组检修》、《水电厂辅助设备及公用系统检修》、《水电厂电气一次设备检修》、《水电厂电气二次设备检修》、《水工建筑物与闸坝机电设备检修》五个分册组成。

本丛书是国内第一套专门针对大中型水电厂的检修技术丛书,力求全面、系统、实用,强调指导性和可操作性。

由于不同形式水轮发电机组的检修方法与工艺有很大差别,因此本丛书检修实例均以国内大型混流式和轴流转桨式水轮发电机组及常见的大型输变电、自动控制和保护设备为主。

《水电厂检修技术丛书》凝聚着中国长江电力股份有限公司广大生产技术人员智慧和心血,丛书编写历时两年,先后有 100 余人参与其中。公司成立了编写组,总经理张诚亲自组织编写工作,总工程师陈国庆组织了多次编审会议,公司所

属三峡水电厂、葛洲坝水电厂和检修厂组织了一大批技术骨干，利用业余时间编写，为《水电厂检修技术丛书》的顺利完成作出了宝贵的贡献。

本书为《水工建筑物与闸坝机电设备检修》分册，全书详细讲解了水电厂水工建筑物与闸坝机电设备的检修与维护技术，并介绍了一些常见故障的诊断及处理方法。为了帮助读者更好地理解书中内容，本书还辅以大量的图形和图片，力求直观，易懂。本书共分三篇十七章，第一篇介绍水工建筑物；第二篇介绍水工建筑物缺陷检测与维修；第三篇介绍闸坝机电设备检修。

本书第一、十一章由曾辉编写，第二章由王波编写，第三章由张壮志编写，第四章由屈大功编写，第五章由汪鹏鹏编写，第六章由刘畅快编写，第七、十章由关容章编写，第八章由刘林广编写，第九章由贾洪刚编写，第十二章由周跃武编写，第十三章由别行强编写，第十四章由俞洪明编写，第十五章由张作诚、董万里、贾鑫、席前伟、毛延翱编写，第十六章由魏晓翔、贾鑫编写，第十七章由张俊明、张作诚编写。全书由赵锡锦、鲁结根审核，由周江余统稿。

该书是大中型水电厂检修技术人员几十年经验的积累与总结，内容丰富、易懂、实用，可作为我国水电厂检修维护人员、管理者以及高校相关专业师生的参考书。

由于水电厂检修技术创新日新月异，加之编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

2011年5月

目 录

前言

第一篇 水工建筑物	1
第一章 概述	1
第一节 水工建筑物的分类和特点.....	1
第二节 水工建筑物的安全评估	3
第二章 挡水建筑物	7
第一节 重力坝	7
第二节 拱坝	16
第三节 土石坝	18
第四节 挡水建筑物的养护	21
第三章 水电厂	26
第一节 进水口和引水道建筑物	26
第二节 压力钢管	29
第三节 蜗壳和尾水管	32
第四节 厂房	35
第四章 过流建筑物	42
第一节 过流建筑物的维护检修和补强加固	42
第二节 溢洪道的养护与修理	48
第五章 水库的库岸及边坡	55
第一节 库岸常见缺陷及处理	55
第二节 边坡常见缺陷及处理方法	57
第三节 边坡排水洞的运行管理及缺陷处理	79
第二篇 水工建筑物缺陷检测与维修	84
第六章 缺陷概论	84

第一节	水工建筑物的常见缺陷	84
第二节	水工建筑物常见缺陷的检测技术	90
第七章	裂缝处理	100
第一节	裂缝的分类、成因	100
第二节	裂缝修补	108
第八章	渗漏处理	114
第一节	概述	114
第二节	渗漏检查与成因分析	114
第三节	渗漏综合处理技术	117
第四节	典型工程案例	128
第九章	混凝土过流面修补	138
第一节	过流面的检修方法	138
第二节	过流面的修补工艺	146
第十章	预埋件缺陷处理	148
第一节	预埋件缺陷分类	148
第二节	预埋件缺陷处理	149
第十一章	结构补强加固	158
第一节	概述	158
第二节	结构补强加固技术	164
第十二章	水下检修技术	181
第一节	概述	181
第二节	水下检修手段	182
第三节	水下检修技术及工艺	183
第四节	水下检修实例	188
第三篇	闸坝机电设备检修	194
第十三章	概述	194
第一节	闸坝机电设备种类	194
第二节	闸坝机电设备检修管理与发展	202
第十四章	水工钢闸门的维护与检修	207
第一节	平面闸门检修	207
第二节	弧形闸门检修	227
第三节	拦污栅检修	232

第四节	闸门运行管理	238
第五节	金属结构的防腐蚀	240
第十五章	水工启闭机的维护与检修	243
第一节	启闭机的种类	243
第二节	卷扬式启闭机的维护与检修	248
第三节	液压启闭机维护与检修	280
第四节	移动式启闭机（门式起重机）维护与检修	307
第十六章	启闭机械附件的维护与检修	358
第一节	液压自动抓梁的维护与检修	358
第二节	吊钩、钢丝绳的维护与保养	362
第三节	启闭机械专用吊具的维护与保养	367
第十七章	水工金属结构及启闭机的检测	369
第一节	检测技术概述	369
第二节	水工金属结构检测	374
第三节	启闭机检测	380
第四节	水电厂门式起重机的安全检测与鉴定	385
参考文献		390



第一篇

水 工 建 筑 物

第一章 概 述

第一节 水工建筑物的分类和特点

为达到各项水利工程兴利除害的目的，在河流的适宜河段修建不同类型的建筑物，用来控制和支配水流，这些建筑物通常称为水工建筑物。

一、水工建筑物的分类

水工建筑物按其作用、用途和使用期限分为以下几类。

1. 挡水建筑物

挡水建筑物用来拦截江河，形成水库或雍高水位，如各种坝和水闸，沿江河、海岸修建的堤防、海塘等。

2. 泄水建筑物

泄水建筑物用以宣泄多余的水量、排放泥沙和冰凌或为人防、检修而放空水库、渠道等，以保证坝和其他建筑物的安全，如溢洪道、泄洪闸、溢流坝、泄水隧洞等。

3. 输水建筑物

输水建筑物是为了灌溉、发电和供水的需要从上游向下游输水用的建筑物，如输水隧洞、引水涵管、渠道、渡槽等。

4. 整治建筑物

整治建筑物是用以改善河流的水流条件，调整水流对河床、河岸的作用，以及为防护水库、湖泊中的波浪和水流对岸坡的冲刷修建的建筑物，如丁坝、顺坝、导流堤、护底及护岸等。

5. 专门建筑物

专门建筑物是为灌溉、发电、过坝需要而修建的建筑物，如专为发电用的压力前池、调压室、厂房，专为灌溉用的沉沙池、冲沙闸，以及专为过坝用的船闸、升船机、鱼道、过木道等。



6. 临时性建筑物

临时性建筑物是工程施工期间使用的建筑物，如施工围堰、导流建筑物等。

二、水工建筑物的特点

由于水的作用和影响，与其他建筑物相比，水工建筑物有以下特点。

1. 受自然条件制约多

地形、地质、水文、气象等自然因素对工程选址、建筑物选型、设计、施工，枢纽布置和工程投资等影响很大，其中水文条件直接关系到水工建筑物的规模和工程效益。水工建筑物地基常面临很复杂的情况，如岩基经常遇到断层破碎带、软弱夹层、岩溶等地质构造，土基间或有压缩性大的软弱土层或流动性大的细砂层等。对不同的地基，需要在摸清地质情况的基础上，结合建筑物的类型、规模和重要性，采取妥善的地基处理措施。地形、地质、水文、施工等条件与选定坝址、闸址、洞线、枢纽布置和水工建筑物的形式等都有极为密切的关系。因而，水工建筑物具有一定的个别性和特殊性，受到自然条件的制约，水工建筑物设计选型只能按各自特征进行。

2. 工作条件复杂

水与建筑物的相互作用是水工建筑物工作条件复杂化的基本因素，是水工建筑物有别于一般土木结构的重要特点。水工建筑物经常承受水的作用，产生各种作用力，对其工作条件不利。例如：挡水建筑物承受着一定的静水压力、风浪压力、地震动水压力、冰压力、浮力以及渗流产生的渗透压力，对建筑物的稳定性影响极大；由于水位差的存在，会导致建筑物以及地基内的渗流，产生渗透压力，对水工建筑物的稳定和强度产生不利影响，也可能引起建筑物及地基的渗透变形破坏，过大的渗漏量会造成水库严重的漏水；泄水建筑物的过水部分，还承受着水流的动水压力及磨蚀作用，高速水流还可能对建筑物产生空蚀、振动以及对河床产生冲刷等。

3. 施工条件艰巨

在河床中修筑建筑物，需要解决施工导流问题，以避免建筑物基坑及施工设施被洪水淹没。根据河道情况，在施工期还要保证航运和木材浮运。要进行很深的地基开挖和复杂的地基处理，常需要水下施工。因此，水工建筑物的施工需要采用先进的施工技术、大型施工机械和科学的施工组织与管理。

4. 对国民经济的影响巨大

一个综合性的大型蓄水枢纽，可以免除洪水灾害，还可以发电、改良航道、变沙漠为良田、调节当地气候、美化周围环境。例如：长江三峡工程建成后，巨大的防洪作用使三峡下游省、市能够免受洪水灾害，巨大的发电量供给华中、华东、华



北的城市和乡村。但是，如果拦蓄巨大水量的挡水建筑物失事，将会给下游带来巨大的灾害。因此，水工建筑物必须精心设计、精心施工、精心管理，确保工程安全运用。

第二节 水工建筑物的安全评估

在我国，水利部门要对水库大坝的安全管理实行安全鉴定，电力部门要对水电厂大坝实行定期安全检查，而安全鉴定程序与定期安全检查内容大同小异。下面介绍电力部门对水电厂的安全管理。

水电厂大坝运行安全管理是我国电力安全生产管理的重要内容。为了进一步加强水电厂大坝安全监督和管理，国家电力监管委员会制定和颁布了《水电站大坝运行安全管理规定》（电监会令第3号），并于2005年1月1日起施行。

一、安全检查与评级

（一）安全检查

水电厂大坝安全检查分为日常巡查、年度详查、定期检查和特种检查。

1. 日常巡查

日常巡查由水电厂运行单位负责。水电厂运行单位应当组织专业技术人员对大坝进行经常性的巡视检查，对巡视检查中发现的安全问题，应当立即处理；不能处理的，应当及时报告本单位有关负责人。巡视检查及处理情况应当以文字、图表的方式记载保存。

2. 年度详查

年度详查由水电厂运行单位负责。水电厂运行单位应当在每年汛前、汛后或者枯水期、冰冻期组织专业技术人员对大坝进行详细检查，提出大坝安全年度详查报告，报大坝中心备案。

年度详查应当包括下列内容：

- （1）对监测资料进行年度整编分析；
- （2）对运行、检查、维护记录等资料进行审阅；
- （3）对与大坝安全有关的设施进行全面检查或者专项检查。

3. 定期检查

定期检查由大坝中心负责。大坝中心可以委托大坝主管单位组织实施定期检查。定期检查一般每5年进行一次，检查时间一般不超过一年。

新建工程的第一次定期检查，在工程竣工安全鉴定完成5年后进行。已运行40年以上的大坝，大坝主管单位应当结合定期检查进行全面复核鉴定；对有潜在



危险的重要大坝，大坝主管单位应当根据现行技术规范及时进行安全评价。

大坝中心应当组成专家组对大坝进行定期检查。专家组根据大坝的具体情况，确定专项检查项目和内容。水电厂运行单位组织具有相应资质的单位进行专项检查，并向大坝中心提交有关专项检查情况的专题报告。大坝中心对专题报告进行审查，并根据大坝实际运行情况，对大坝的结构性态和安全状况进行综合分析，评定大坝安全等级，提出定期检查报告，形成定期检查审查意见报电监会备案。

大坝中心委托大坝主管单位组织实施的定期检查，由大坝主管单位提出专家组名单。大坝中心要审查专家组的组成以及专家组确定的专项检查项目和内容，并派人参加定期检查。专家组要向大坝主管单位提出定期检查报告。大坝中心审查专家组提出的定期检查报告，必要时要对有关的专题报告复审，评定大坝安全等级，形成定期检查审查意见报电监会备案。

4. 特种检查

特种检查由水电厂运行单位提出，由大坝中心组织实施。发生特大洪水、强烈地震或者发现可能影响大坝安全的异常情况时，水电厂运行单位应当向大坝中心提出特种检查申请。大坝中心接到申请后，应当及时组织专家组确定检查项目和内容。对需要进行专项检查的项目，由水电厂运行单位组织具有相应资质的单位进行专项检查，并向大坝中心提交有关专项检查情况的专题报告。大坝中心综合检查情况，提出特种检查报告。水电厂运行单位应当根据特种检查报告进行整改。

水电厂运行单位应当建立大坝的安全检查制度，开展安全检查工作，检查大坝及其运行的安全可靠，及时发现异常情况或者存在的隐患、缺陷，提出补救措施和改进意见，及时整改和处理。

大坝中心应当定期向国务院水行政主管部门通报大坝定期检查和特种检查的结果。

从事大坝安全定期检查和特种检查的相关技术服务单位，应当具有相应的资质和良好业绩。大坝中心应定期公布符合条件的技术服务单位。

(二) 大坝安全等级

大坝安全等级分为正常坝、病坝和险坝三级。

(1) 符合下列条件的大坝，评定为正常坝：

- 1) 设计标准符合现行规范要求；
- 2) 坝基良好，或者虽然存在局部缺陷但不构成对大坝整体安全的威胁；
- 3) 坝体稳定性和结构安全度符合现行规范要求；
- 4) 大坝运行性态总体正常；
- 5) 近坝库区、库岸和边坡稳定或者基本稳定。



(2) 具有下列情形之一的大坝, 评定为病坝:

- 1) 设计标准不符合现行规范要求, 并已限制大坝运行条件;
- 2) 坝基存在局部隐患, 但不构成对大坝的失事威胁;
- 3) 坝体稳定性和结构安全度符合规范要求, 结构局部已破损, 可能危及大坝安全, 但大坝能够正常挡水;
- 4) 大坝运行性态异常, 但经分析不构成失事危险;
- 5) 近坝库区塌方或者滑坡, 但经分析对大坝挡水结构安全不构成威胁。

(3) 具有下列情形之一的大坝, 评定为险坝:

- 1) 设计标准低于现行规范要求, 明显影响大坝安全;
- 2) 坝基存在隐患并已危及大坝安全;
- 3) 坝体稳定性或者结构安全度不符合现行规范要求, 危及大坝安全;
- 4) 大坝存在事故迹象;
- 5) 近坝库区发现有危及大坝安全的严重塌方或者滑坡迹象。

病坝、险坝应当限期除险加固、改造和维修, 在评定为正常坝之前, 应当改变运行方式或者限制运行条件。

大坝安全等级变更的, 大坝中心应当报电监会备案。

二、安全注册

大坝运行实行安全注册制度。电监会主管水电厂大坝安全注册工作, 大坝中心负责办理水电厂大坝安全注册具体事务。新建水电厂大坝完成工程竣工安全鉴定一年内, 或大坝完成首次定期检查半年内, 运行单位应当向大坝中心申报大坝安全注册。在规定期限内不申报安全注册的大坝, 不得投入运行; 发生事故的, 按照国家有关规定处理。

(1) 大坝安全注册应当符合下列条件:

- 1) 新建水电厂大坝具有建设工程项目安全评价报告、工程竣工安全鉴定报告, 已运行的大坝具有定期检查报告和经电监会备案的定期检查审查意见;
- 2) 有完整的大坝勘测、设计、施工、监理资料和运行监测资料;
- 3) 有健全的大坝安全规程制度、职责明确的管理机构和符合岗位要求的运行人员。

(2) 大坝安全注册等级分为甲、乙、丙三级。大坝中心根据大坝的安全状况及管理水平, 按照下列规定办理大坝安全注册登记证:

- 1) 符合安全注册条件的正常坝, 根据管理实绩考核情况, 颁发甲级登记证或者乙级登记证;
- 2) 符合安全注册条件和管理实绩考核要求的病坝, 颁发丙级登记证;



3) 大坝定期检查被评定为险坝的, 不予注册。

水电厂运行单位对未能注册的大坝应当限期进行整治。

(3) 大坝中心负责对水电厂运行单位的管理实绩进行考核。考核内容包括:

1) 贯彻执行国家有关安全生产的法律、行政法规以及有关技术规程、规范情况;

2) 大坝安全规章制度建设和执行情况;

3) 大坝安全工作人员培训情况;

4) 大坝安全资料及档案管理情况;

5) 大坝安全经费落实情况。

大坝安全注册实行动态管理。甲级登记证有效期为 5 年, 乙级登记证和丙级登记证有效期为 3 年。

在大坝安全注册登记证的有效期内, 如果情况发生变化, 水电厂运行单位应当及时报大坝中心重新审核评定, 运行单位应当在有效期届满前 3 个月内申请换发登记证。大坝中心每年年初应当将上一年度大坝安全注册情况报电监会, 电监会应当公布大坝安全注册名单。大坝中心应当分年度将大坝安全注册情况向国务院水行政主管部门通报。



第二章 挡水建筑物

第一节 重力坝

重力坝是由混凝土或浆砌石修筑, 主要依靠坝体自重产生的抗滑力来保持稳定的大体积挡水建筑物。其基本剖面是直角三角形, 整体由若干坝段组成。重力坝按构造不同分为实体重力坝、宽缝重力坝、空腹重力坝; 按作用不同分为溢流重力坝和非溢流重力坝; 按筑坝材料的不同分为混凝土重力坝和浆砌石重力坝。

19 世纪以前建造的重力坝, 基本上都采用浆砌毛石, 19 世纪后期才逐渐采用混凝土。坝工设计理论是在筑坝实践中不断发展起来的。1853~1890 年, 法国工程师先后提出了坝体应力分析的材料力学方法和弹性理论方法, 对坝工建设作出了重要贡献。进入 20 世纪, 随着混凝土施工工艺和施工机械的迅速发展, 筑坝材料由浆砌毛石、块石发展到混凝土。

根据历史记载, 最早的重力坝是公元前 2900 年古埃及在尼罗河上修建的一座高 15m、顶长 240m 的挡水坝。人类历史上修建的第一批堰、坝, 都是利用结构自重来维持稳定的。

我国水利水电事业发展迅速。1949~1985 年, 在已建成的坝高 30m 以上的 113 座混凝土坝中, 重力坝达 58 座, 占总数的 51%; 在 20 世纪 50 年代, 建成了高 105m 的新安江重力坝和高 71m 的古田一级重力坝; 60 年代建成了高 97m 的丹江口重力坝、高 147m 的刘家峡重力坝和高 106m 的三门峡重力坝; 70 年代建成了黄龙滩、龚嘴重力坝; 80 年代建成了高 165m 的乌江渡拱型重力坝和高 107.5m 的潘家口重力坝等; 90 年代建成了故县、铜街子、岩滩、水口、宝珠寺、漫湾、武强溪、万家寨等重力坝。1994 年开工兴建的、现在已经投入运行的三峡工程, 其大坝为重力坝, 最大坝高 181m。

一、重力坝的工作原理和构造

重力坝在水压力及其他荷载的作用下, 主要依靠坝体自身产生的抗滑力来满足稳定要求, 同时依靠坝体自身产生的压应力来抵消由于水压力所引起的拉应力以满足强度要求。重力坝基本剖面呈三角形。在平面上, 坝轴线一般为直线, 有时为了适应地形、地质条件, 或为了枢纽布置上的要求也可布置成折线或曲率不大的拱向上游的拱形。为了适应地基变化、温度变化和混凝土的浇筑能力, 沿坝轴线将坝体

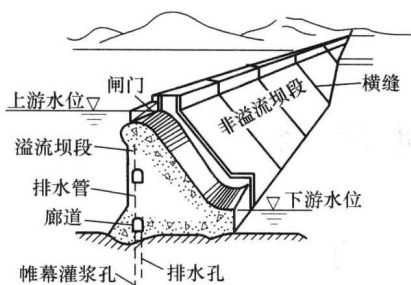


图 2-1 混凝土重力坝示意

分为若干个独立的工作坝段，如图 2-1 所示。

(一) 横缝

为了减小温度应力，适应地基不均匀变形和满足施工要求，混凝土重力坝横缝间距一般为 12~20m，在特殊情况下也有达到 25m 左右的，这主要取决于地基特性、河谷地形、当地温度变化、枢纽结构布置和浇筑能力等。横缝分为永久性缝和临时性缝两种。

(1) 永久性横缝。常做成平面，不设键槽，不进行灌浆，使各个坝段独立工作。设计时可根据地基和当地气温变化情况决定是否留缝宽；当不均匀沉陷较大时，缝宽度要留 10~20mm，缝间使用沥青油毛毡隔开。横缝内部需设止水（止水材料有金属片、橡胶、塑料及沥青等），对于高坝应设两道止水，中间设沥青井。

(2) 临时性横缝。缝面上设置键槽和灌浆系统，当要增加水平方向抗剪力时，键槽应该竖向布置；要增加铅直方向抗剪力时，键槽应该水平向布置。临时性横缝主要用于下述情况：①河谷狭窄，布置为整体重力坝，可以适当发挥两岸的支撑作用，有利于坝体的强度和稳定；②岸坡较陡，将坝体连成整体，可以适当地改善岸坡坝段的稳定性；③坐落在软弱破碎带上的坝段，连成整体后可以增强坝段的刚度；④在地震多发区域，连成整体后可以提高坝段的抗震性能。

(二) 纵缝

为了适应混凝土的浇筑能力、减少施工期的温度应力，常在平行坝轴线的方向设置纵缝，将一个坝段分为几块，待坝体的温度降到一定温度后再进行接缝灌浆。纵缝按照其布置形式可以分为铅直纵缝、错缝、斜缝 3 种，如图 2-2 所示。

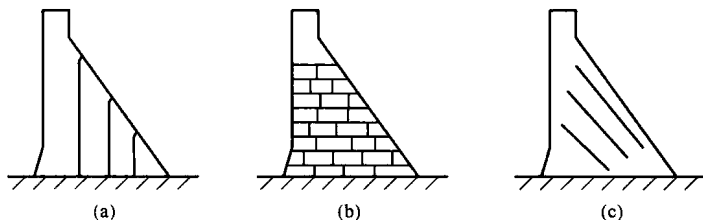


图 2-2 纵缝布置图

(a) 铅直纵缝；(b) 错缝；(c) 斜缝

1. 铅直纵缝

纵缝方向是铅直的为铅直纵缝，是最常用的一种形式，缝的间距根据混凝土的浇筑能力和温度控制要求确定，缝间距一般为 15~30m。

为了很好地传递压力和剪力，纵缝面上设三角形的键槽，槽面与主应力方向垂