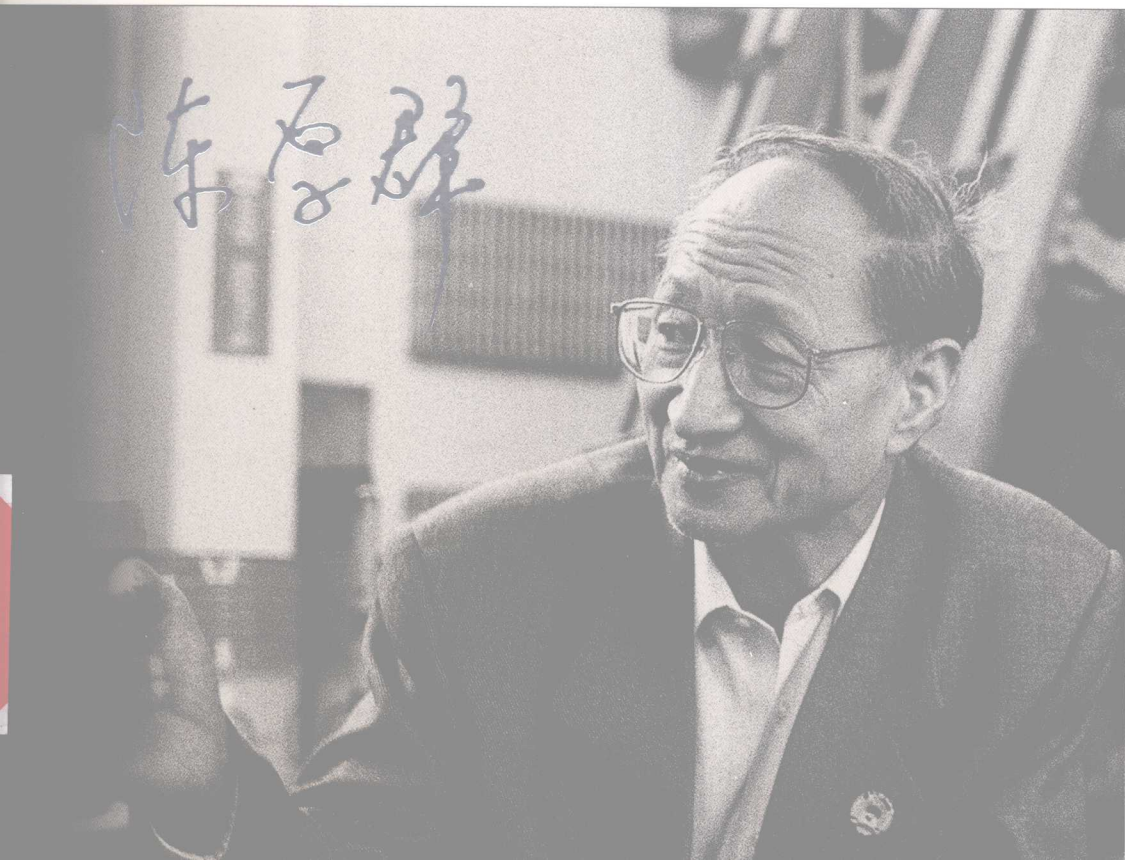


[陈厚群 著]

混凝土高坝抗震研究



高等教育出版社

HUNNINGTU GAOBA KANGZHEN YANJIU

混凝土高坝抗震研究

[陈厚群 著]



宁波大学00744895

TU642.1
CHQ



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本专著主要为反映中国水利水电科学研究院六十年来在高混凝土坝抗震设计和研究方面的进展。特别是近十余年来,随着中国在西部强地震区一系列少有先例的 300 m 级高坝的兴建,在高坝抗震安全研究方面取得的一些紧密结合中国国情和工程实践、追踪学科发展前沿、对传统有所突破的基础性的创新研究成果及其工程应用,以期促进在此领域的国际学术和工程界的交流,有利于进一步发展共同协作。同时,也有望能给从事高坝抗震或与之有关的设计科研的专业人员、高校师生以参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土高坝抗震研究 / 陈厚群著. -- 北京: 高等教育出版社, 2011. 12

ISBN 978-7-04-033390-9

I. ①混… II. ①陈… III. ①混凝土坝: 高坝—防震设计—研究 IV. ①TV642.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第221063号

策划编辑 王国祥
插图绘制 尹文军

责任编辑 黄慧靖
责任校对 金辉

封面设计 刘晓翔
责任印制 刘思涵

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 山东鸿杰印务集团有限公司
开本 787mm × 1092mm 1/16
印张 8.75
字数 150千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2011年12月第1版
印 次 2011年12月第1次印刷
定 价 78.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 33390-00

《中国工程院院士文库》编辑委员会

主 任：徐匡迪

副主任：刘德培 柳百成 李朋义 肖培根

委 员：钟群鹏 梁骏吾 李正邦 陈毓川

梁应辰 李泽椿 何继善 高中琪

张增顺 王国祥

编辑部：高中琪 刘 静 王国祥 黄慧靖

总 序

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用，是经济发展和
社会进步的强大动力。自20世纪下半叶以来，工程科技以前所未有的速度和规模迅
速发展，其重要作用日益突显，并越来越受到人们的重视。

中国工程院是中国工程科技界的最高荣誉性、咨询性学术机构。中国工程院院
士是中国工程科技领域的最高荣誉性称号，授予对中国工程科技发展做出杰出贡献
的工程科技工作者。院士们充分发挥群体优势，围绕国家、产业和地方经济社会发
展迫切需要解决的重大科学技术问题，开展宏观性、战略性、前瞻性、综合性的咨
询研究，为国家决策提供支持。他们的研究代表中国在该领域中的最高学术水平。
院士们视发展工程科技、促进国家经济发展和社会进步为己任，勤奋工作在各自的
专业领域，为祖国的繁荣富强、为国防建设和国家安全做出了重要的贡献。院士的
学术著作，是院士多年刻苦钻研和辛勤劳动的成果，是他们智慧的结晶，也是整个
社会的宝贵财富。这些学术著作，不仅对我国工程科技工作有重要的指导作用，而
且具有极高的学习和参考价值，对于促进年轻工程科技人才成长，造就出类拔萃的
青年科学家和工程师，推动我国工程科技事业不断发展具有重要作用。

感谢高等教育出版社设立中国工程院学术著作出版基金，资助出版《中国工程
院院士文库》，把院士们的学术成果向全社会推广。此举不但有力地支持了我国优
秀科学技术著作的出版，也对促进我国科技事业发展、繁荣科技出版事业具有重大
意义。

徐匡迪

2005年8月

序

我国是混凝土坝大国,已建混凝土坝的数量和高度均居世界首位,而且今后还要继续兴建大量混凝土坝,但我国又是多地震国家,不少已建、在建和拟建的高坝大库都位于强震区,因此,水坝抗地震在我国是一个特别重要的工程问题。本书作者陈厚群院士从上世纪 50 年代开始,即致力于混凝土坝抗地震问题的研究,孜孜不倦五十余年,取得了丰硕成果。本书是他和他率领的团队研究成果的总结,包括坝址地震动输入、高坝结构地震响应分析、高坝动力模型试验、高坝现场测震试验、混凝土动态力学特征和高坝抗震设计规范等,内容极为丰富。

传统大坝抗震设计中,在建基面输入均匀地震加速度,按无质量弹性地基上封闭结构系统震动问题求解。实际上,大坝的长度和地震波的长度属于同一量级,输入的地震加速度是不均匀的。本书放弃了均匀地震输入的传统假定,改用人工透射边界和黏滞阻尼边界,可更好地反映地震输入实际情况。

高坝地震问题十分复杂,过去在计算分析中做了较多简化。例如,忽略结构和材料的非线性、忽略地基质量、忽略坝体、地基和库水动力相互作用等,使计算结果是真实情况相去较远。本书作者建立了坝体—地基—库水非线性波动体系的高坝抗震计算模型,许多过去难以考察的因素,如地震非均匀输入、岩基结构面和坝体结构的非线性反应、坝体、地基和库水的动力相互作用等,在计算中都可以反应,因而计算成果比较符合实际。在大坝抗震计算中是一个重要突破。

目前在拱坝设计中采用了刚体极限平衡、允许压应力和允许拉应力三个准则;这些准则都有一定的局限性。刚体极限平衡忽略了坝体与基岩的互动,允许压应力和允许拉应力准则忽略了局部破损后坝体和地基的应力重新分布,实际上局部破损并不代表坝体整体破坏。作者提出了以超载状态下位移响应的突变作为大坝失稳判断准则,所考虑的不是局部破损而是整体破坏,可更好地反映大坝抗破坏能力。

在室内振动台试验方面,他们不仅建立了当今世界最好的大型三向六自由度振动台,而且在试验技术上有一系列创新,如相似模型材料的研制、坝体横缝开合、地基和坝体互动作用的模拟和量测技术等。

数值计算和室内模型试验毕竟还不是真实的大坝,为了了解大坝振动的真实状态,他们进行了一系列工程现场测振试验,在现场试验中如何激发大坝振动

是关键所在。作者在这方面也做了一系列研究,应用四台同步偏心轮式起振机、深钻充水排孔爆破激振法、线层岩体表面水下爆破激振法等多种激振方法,并在龙羊峡、泉水、响洪甸等拱坝中进行试验,提出了一系列工程现场振动测试结果。

混凝土动态力学特征,包括弹性模量、抗压强度、抗拉强度、试件尺寸和湿筛影响等,对大坝抗震性能有重要影响。过去国内对坝工混凝土静态力学性能研究较多,对动态力学性能研究较少,本书作者在这方面进行了较系统的研究,取得了一批有意义的成果。

我国过去主要借用美国和苏联的水工抗震设计规范,本书作者在总结国内外大坝震害和抗震设计经验的基础上,编制了我国“水工建筑物抗震设计规范SDJ10-78”,1997年又进行了修编,为保证我国水工建筑物的抗震能力发挥了重要作用,在汶川等大地震中经受了检验。

本书内容极为丰富,涵盖了混凝土抗地震的各个方面,在许多重要问题上提出了新理念和新方法,可以看出我国在高坝抗地震方面位于国际领先水平。

我本人也是一位水利工程师,深知在水利科技方面取得任何一项新成果,都要付出艰巨劳动。厚群同志取得如此众多高水平科研成果,使我十分敬佩,我们相知五十余年,我认为他的研究工作具有如下特点:

第一,长期辛勤耕耘。他天赋很高,但对于复杂的工程技术问题的研究来说,单有天赋是不够的,计算模型的建立、实验室建设、现场试验及对问题的深入分析,都要付出长期辛勤劳动。厚群同志经历了青年、中年、老年,五十多年来一直辛勤耕耘,年过古稀,仍夜以继日地工作着。

第二,勇于创新。面对复杂问题,能深入分析,突破旧框架,提出一系列新的理念、方法和技术。

第三,理论紧密联系实际。多年来他的研究对象一直是各个时期我国最重要的高坝抗震问题,如新丰江大头坝、龙羊峡拱坝、小湾拱坝、溪洛渡拱坝、锦屏拱坝等,针对工程实际问题,进行研究,取得了大量研究成果,并在一系列工程的抗震设计中得到应用,为我国水坝抗震作出了贡献;另一方面,这一研究路线保证了他的研究成果不但在理论上有所创新,而且有重要实用价值。

第四,考虑问题全面。研究手段也全面,包括计算分析、室内模型试验、现场工程测震试验和室内材料性能试验等多个问题;围绕高坝抗震这样一个十分复杂的问题,从不同途径、用不同手段进行研究,从而可以相互验证、相互补充,获得高水平、可信的成果。

第五,重视团队建设。他在我国建立了一个具有国际先进水平的高坝抗震研究中心。

本书基本总结了我国高坝抗地震问题的成果,是一本理论联系实际、富于创新的好书,值得水利水电科技工作者一读。我国水利水电建设今后还将有进一步的发展,随着水利水电事业的不断前进,我国在水坝抗震方面还会陆续提出新的研究成果。

中国工程院院士

朱伯芳

2011.3.21

目 录

绪言	1
1 中国国情和大坝抗震	3
2 中国大坝抗震研究的基本理念	7
2.1 突出工程观点	7
2.2 强调全面综合评价	7
2.3 提高自主创新能力	8
2.4 重视实践检验	8
3 中国高坝经受强震的实例和启迪	9
3.1 混凝土高坝强震实例	9
3.1.1 重力坝	9
3.1.1.1 新丰江工程	9
3.1.1.2 宝珠寺工程	10
3.1.2 拱坝	12
沙牌工程	12
3.2 混凝土高坝震例启迪	13
4 大坝抗震研究的主要进展	15
4.1 坝址地震动输入	15
4.1.1 大坝抗震设防标准	15
4.1.1.1 关于“分类设防”的概念	16
4.1.1.2 关于“多级设防”的概念	17
4.1.2 坝址地震动输入参数	18
4.1.2.1 峰值加速度	18
4.1.2.2 设计反应谱	20
4.1.2.3 幅值和频谱都非平稳的地震动输入	27
4.1.2.4 采用“随机有限断层法”直接生成近场大震的地震动时程	31
4.1.3 坝址地震动输入机制	32
4.1.3.1 对设计地震动峰值加速度的理解	33
4.1.3.2 坝址地震动输入方式	33
4.1.4 水库地震	36
4.1.4.1 概述	36
4.1.4.2 两种不同类型的水库地震	37
4.1.4.3 构造型水库地震的触发机制	37

4.1.4.4	水库地震的识别标志	38
4.1.4.5	构造型水库地震危险性的评价方法	39
4.1.4.6	水库地震的监测台网	40
4.1.5	坝址地震动输入研究小结	42
4.2	高坝结构地震响应分析	42
4.2.1	高混凝土坝地震响应分析模型和求解方法	42
4.2.1.1	高混凝土坝地震响应分析的进展	42
4.2.1.2	坝体结构—地基的动力相互作用	46
4.2.1.3	坝体分缝的影响	46
4.2.1.4	坝体—库水流固耦合的影响	49
4.2.1.5	坝基地震动的不均匀输入	51
4.2.2	坝体—地基—库水体系的地震响应分析程序的研发	51
4.2.2.1	坝体—地基—库水体系的地震响应分析	51
4.2.2.2	工程抗震措施效果检验的分析	52
4.2.3	判断高坝体系整体失效定量准则的新的设计理念	58
4.2.3.1	传统的“刚体极限平衡法”的局限性和改进	58
4.2.3.2	高坝体系整体失稳校核的新设计理念	59
4.2.4	高性能并行计算技术在高坝抗震中的运用	61
4.2.4.1	高性能并行计算技术应用的重要性	61
4.2.4.2	开创高坝抗震的高性能并行环境	62
4.2.4.3	高坝地震响应分析的并行计算应用实例	64
4.2.5	高坝地震响应分析小结	67
4.3	高混凝土坝体系的试验验证	67
4.3.1	高坝体系动力模型试验	67
4.3.1.1	高坝动力模型试验的相似要求	67
4.3.1.2	激振器加载	69
4.3.1.3	振动台试验	70
4.3.2	高坝的现场测振动试验和强震观测	73
4.3.2.1	高坝的现场测振动试验	73
4.3.2.2	高坝的强震观测	79
4.3.3	高坝体系的试验验证小结	79
4.4	高混凝土坝材料动态力学特性	79
4.4.1	大坝混凝土全级配试件的动态力学特性试验	80
4.4.1.1	由多级配骨料的全级配试件确定静态抗压强度标准值	80
4.4.1.2	地震作用下大坝混凝土的动态抗拉强度	81
4.4.1.3	大坝混凝土的动态弹性模量	84
4.4.1.4	预加静载对大坝混凝土动态强度的影响	85
4.4.1.5	大坝混凝土及其组成介质静态轴向拉伸力学特性	86

4.4.1.6 大坝混凝土静动态损伤破坏试验的声发射技术	88
4.4.2 混凝土内部结构损伤破坏的 CT 试验	93
4.4.2.1 概述	93
4.4.2.2 混凝土力学特性的 CT 试验	94
4.4.2.3 混凝土加载破坏过程的三维动画演示	96
4.4.2.4 基于 CT 试验重建混凝土试件三维细观结构模型	97
4.4.3 全级配大坝混凝土三维动态细观力学数值方法	97
4.4.3.1 概述	97
4.4.3.2 全级配大坝混凝土三维动态细观结构模型的建立	98
4.4.3.3 全级配大坝混凝土三维动态细观力学的分析方法	100
4.4.3.4 大坝混凝土三维动态细观力学分析成果	102
4.4.4 大坝混凝土材料动力学特性小结	105
4.5 高坝抗震设计规范	105
4.5.1 高坝抗震设计规范的进展	105
4.5.1.1 中国首次颁布的水工建筑物抗震设计规范(SDJ 10-78)	106
4.5.1.2 水工建筑物抗震设计规范的首次修编	106
4.5.1.3 正修编中的水工建筑物抗震设计规范	107
4.5.2 高坝抗震可靠性设计的研究	108
4.5.2.1 积极面向可靠度设计发展前景	108
4.5.2.2 慎重探索高坝抗震可靠性设计的“转轨套改”	109
4.5.3 防止极限地震时高坝地震灾变的研究	111
4.5.3.1 最大可信地震	111
4.5.3.2 灾变极限状态的定量判断	112
4.5.4 高坝抗震设计规范小结	114
结语	115
参考文献	116

绪 言

本书主要为反映中国水利水电科学研究院六十年来在高混凝土坝抗震设计和研究方面的进展。特别是近十余年来,随着中国在西部强地震区一系列少为先例的 300 m 级高坝的兴建,在高坝抗震安全研究方面取得的一些紧密结合中国国情和工程实践、追踪学科发展前沿、对传统有所突破的基础性的创新研究成果及其工程应用,以期促进在此领域的国际学术和工程界的交流,有利于进一步发展共同协作。同时,也有望能给从事高坝抗震或与之有关的设计科研的专业人员、高校师生以参考。

全书着重于简明扼要、但较全面系统地介绍在高混凝土坝抗震安全设计和研究方面有中国特色的自主创新成果及其在中国高坝工程实践中的应用。以期对其有一个总体概念和系统了解。因此,对于一般性的概念叙述和详细的方法及公式推导均予以从略。读者如有需要,可参阅所附参考文献和作者发表的有关论文和报告。

书中内容主要取材于在行业中具有一定代表性的中国水利水电科学研究院有关高混凝土坝抗震的研究成果。着重全面系统地反映了作者本人在从事高坝抗震科研五十余年中,在为高坝工程服务的实践中逐步累积形成的有关高坝抗震安全的理念、思路、探索和体会。所引用的主要是作者亲自参与的研究、带领团队和研究生共同完成任务及主要负责的课题中的代表性成果,均注明了所依据的文献资料。

作者对在与本书内容有关的工作中,共同努力的协作者们多年来的支持、帮助和相互切磋表示衷心感谢;对朱伯芳院士在百忙中为本书所作的校阅、提出的宝贵意见、所写的序言和给予的鼓励表示深切谢意;对国际大坝委员会贾金生主席及中国大坝协会的支持深表谢意。

限于作者的水平和能力,不妥和疏漏之处在所难免,也恳切期盼得到国内外有关同行、学者们的不吝指正和赐教。

1 中国国情和大坝抗震

中国的水利建设虽有悠久历史,但近代的大坝建设基本是始于1949年。初期的大坝抗震设计都沿用美国和苏联的拟静力方法,主要是在1959年广东新丰江大坝蓄水后频发地震,需要进行抗震加固,才开始了包括动态分析、动力模型试验、现场原型测振和强震观测等较全面系统的大坝抗震研究,六十年来随着中国水利水电建设的发展,陆续兴建了一批重要大坝工程,有力地推动了大坝的抗震设计和研究。

作为大坝抗震的社会和工程背景,有关的基本国情可概述如下;

众所周知,水和能源是人类社会发展的重要物质基础,直接关系到社会和国民经济的可持续发展、人民物质和精神生活的提高与改善,同时也是影响中国经济社会发展的重要制约因素。在实现现代化和全面小康的宏伟目标过程中,中国正面临着人口、资源和环境的巨大挑战。

21世纪水已经成为全球关注的焦点,困扰人类社会的水问题在一些区域激化成了水的危机。作为基础自然资源和战略性经济资源的水资源是国家综合国力的组成部分。中国人均水资源极为短缺,仅为世界人均占有量的 $1/4$,据世界银行统计,在世界153个国家中排行第88位。根据预测到2030年中国人口增至16亿时,人均水资源量仅 $1\,760\text{ m}^3$ 少于国际公认的用水紧张国家的标准,而且受季风气候条件影响,径流量在时间分布上很不均匀,年内汛期洪水径流量约占 $2/3$,年际变化剧烈,洪旱灾害频发,严重制约社会经济发展,影响生态环境。中国水资源在空间分布上也极不均衡,从东南向西北递减,且与土地资源不相匹配。因此,中国在经济快速发展、全面建设小康社会的进程之中,面临着水资源短缺、水灾害严重、水环境恶化与水土流失加剧的威胁。应对水危机的挑战,成为全面建设小康社会,保障人民健康,保障粮食安全,保障生态安全,保障人民生命财产安全,支撑中国经济社会可持续发展的重大的战略问题。这是基本国情之一。

所以,加强水库大坝的建设以尽可能调节利用汛期洪水,是水资源的合理配置利用、抗旱防洪减灾、大江大河治理、水环境保护与水生态修复等的战略需求。

能源是经济和社会发展最重要的战略资源之一,而能源安全为各国所普遍关注,并对中国实现全面建设小康社会和迈向基本实现现代化的中长期战略目标有决定性作用,尤其是作为国民经济的先行和基础产业的电力二次能源更为重要。但是中国经济规模总量大,而能源资源相对贫乏,人均拥有量只相当于世

界平均水平一半;特别是以煤电占近 76% 的二次能源结构,已日益受到环境和水资源容量的制约而难以持续。虽然在中长期以煤电为主的能源结构尚难根本改变,但降低其占有量已刻不容缓。在中国发展风电、太阳能和生物质能等可再生能源和核能,有广阔前景,但由于其质量特性、经济、技术、资源方面的原因,据有关方面预测,至少在 2030 年前在电源装机中,风电、太阳能、生物质、核能所占比重不可能很大。中国的水能资源位居世界之首,仅中国内地部分水电的技术可开发容量为 5.4 亿 kW (潘家铮,2007),按使用 100 年计算,水能资源约占已探明的常规能源的 40%。在中长期内,包括抽水蓄能在内的水电能源占到 22.3%,将仍是应对气候变化、减少煤电排放、改善二次能源结构的主力军。这是基本国情之二。

大力发展可再生水电清洁能源,是集国土整治、河流开发、防洪抗旱、应对气候变化、优化能源结构、地区经济振兴、扶贫、生态改善于一体的可持续工程。高坝大库因其具有调节性能好、装机容量大、综合效益高等特点,在水电工程建设中,具有无可替代的重大作用。

随着全球环境意识和可持续发展要求的日益增强,国际社会对高坝大库功能和作用的认识正不断深化。在充分重视移民安置、生态和环境影响的前提下,积极有序地进行水库大坝建设,更是切合中国国情,并为社会经济发展所急需,已成为中国当前基础设施建设中不可或缺的重要组成部分。作为基础自然资源和战略性经济资源的水资源是国家综合国力的组成部分。

中国大陆处于地壳几大板块的夹持之中,位于世界上两个最活跃的地震带交汇部位,东濒环太平洋地震带西支,西部和西南部是欧亚地震带所经之处,是一个多地震国家。中国大陆属欧亚板块东部,地震具有发生在大陆内部的板内特点。板内地震由于地壳较厚、岩龄较老、强度较高,积聚的能量大而导致地震的强度大,且震源大多在 10~30 km 深度内,内陆浅源地震的震害破坏都较重。因此,中国不仅地震区域广阔而分散,地震也频繁而又强烈。仅 20 世纪内,震级等于或大于 8 级的就达 10 次之多。据中国地震局资料,中国大陆每个省均发生过 5 级以上地震。其中除浙江和贵州省外的 29 个省都发生过 6 级以上地震,20 个省发生达 7 级以上地震。如《中国地震动峰值加速度区划图》(GB 18306-2001,标准出版社)。可见,大部分国土面积都属地震区。中国大陆有两条明显的地震带,一条从北向南穿越国土中部,另一条自东向西跨过华北台地。地震灾害严重威胁着人民生命财产安全,同时也是制约经济建设和社会发展的重要因素之一。中国是世界上蒙受地震灾害最为严重的国家。人类历史记载上,造成 20 万人以上死亡的大地震有 6 次,中国占 4 次。就 20 世纪以来,1920 年宁夏的海原地震,死亡 20 余万人,伤者不计其数。1976 年唐山地震,死亡达 24 万余人,损失极为惨重。中国地震局统计,

20 世纪以来,全球因地震死亡的总人数近 150 万,中国有近 60 万,约占 40%。自 1949—2000 年,在中国各种自然灾害造成人员死亡约 55 万人中,因地震灾害死亡的超过一半,达 28 万人(胡聿贤,2006)。进入 21 世纪后,2008 年在中国四川省东部汶川附近发生的 8.0 级强烈地震,震中最大烈度达 11 度。震区遭受灾难性的严重破坏,受灾面广,因灾遇难人数超过 7 万,是中国六十年以来破坏性最强、波及范围最广的一次地震。四川省是中国水资源大省,水能资源位居全国之首,因此水坝和水电站众多,在这次地震中遭到了不同程度的损害。所以,震情严峻、震害严重是基本国情之三。

西部地区是中国大陆的主要地震区,地震烈度无论在时间和空间的分布上,西部地槽地区都大于东部的地台地区。近代中国大陆 82% 的强震都发生在该地区,而且中国约 80% 的水能资源都集中在西部高地震区。西部地区的高耸陡峻峡谷中有诸多宜于修建高拱坝的坝址。但形成这些地形地质条件的区域性构造,也正是孕育强震的条件。因此,坝址和区域性地质构造的伴生和关联,使之难以避让高地震区。中国已规划向 12 个水电基地及近期规划的第 13 个怒江水电基地都位于高地震区,计入地震作用往往成为设计中的控制工况,诸如:中国近期在西部强震区建设的一系列高坝中,高 305 m 的锦屏一级拱坝将是世界最高拱坝,设计地震加速度 0.2 g;双江口堆石坝最大坝高 314 m,设计地震加速度 0.205 g;大岗山拱坝最大坝高 210 m (图 1.1),设计地震加速度 0.557 g;溪洛渡拱坝最大坝高 273 m,设计地震加速度 0.32 g;二滩拱坝最大坝高 240 m,设计地震加速度 0.2 g;白鹤滩拱坝最大坝高 275 m,设计地震加速度 0.325 g;目前世界小湾拱坝最高坝 295 m,设计地震加速度 0.31 g (图 1.2)。

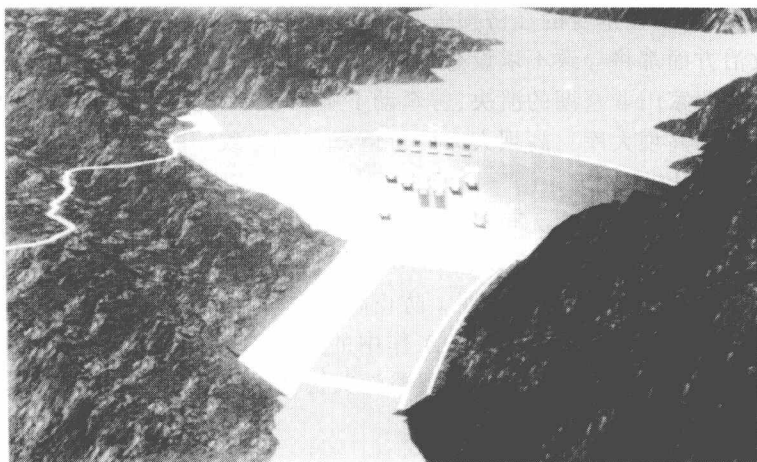


图 1.1 设计峰值加速度达 0.557 g 的大岗山拱坝



图 1.2 已建成世界最高的(295 m)小湾拱坝

因此,震情严峻而又难以避让,是中国高坝建设中必须面对的严重挑战。

众所周知,地震是一个十分复杂的自然灾害现象。由于其发生在地壳深部,其发震成因和机制难以直接观测了解,而地震波的传播途径和介质条件又十分复杂,加之强震发生的时间间隔较长,统计资料少而分散,对其规律性的认识还很不够,强震发生的时间、地点和强度都有很大的随机性,因而迄今地震预报是在全世界都尚未能较好解决的技术难题。很多强震发生时,往往并无明显的前兆现象,突发性强,很难预警。特别是作为梯级中龙头水库的高坝大库一旦受灾溃决,溃坝形成的人为洪峰可能导致下游梯级水库的连锁反应,其造成的次生灾害,往往远甚于工程本身的经济损失,尤其是在中国人口密集的条件下,对经济、社会和政治方面都将导致不堪设想的严重后果。在汶川地震中,为防止仅 2 亿多方库容的唐家山堰塞湖的溃决,曾牵动了中央领导和全国人民的心,更何况几百亿方库容的高坝大库!高坝大库严重地震灾变导致的次生灾害的后果是不堪设想和必须防止的。

因此,中国高坝大库“无可替代”的重要作用,“难以避让”的抗震问题及其一旦发生严重灾变引起“不堪设想”的次生灾害后果,凸显了高坝大库防止地震灾变、确保抗震安全的战略重要性。防止高坝大库地震灾变的研究,是关系中国经济社会发展全局的防灾减灾重大工作中的重要内容,也是当今中国水利水电建设中必须面对和急需解决的一个战略性关键技术问题和目前工程抗震领域中的前沿课题。