

中国工程院院士文集

朱伯芳院士文集

下册

朱伯芳◎著



一代宗师



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

中国工程院院士文集

朱伯芳院士文集

下册

朱伯芳◎著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

朱伯芳院士文集：全 2 册/朱伯芳著. —北京：中国电力出版社，2016.2

(中国工程院院士文集)

ISBN 978-7-5123-5956-7

I. ①朱… II. ①朱… III. ①水利工程—文集 IV. ①TV-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 108577 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>)

北京盛通印刷股份有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 2 月第一版 2016 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 114.75 印张 2788 千字 4 插页

定价 480.00 元 (上、下册)

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

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

自序

在 1949 年以前,我国未自行设计和建造过一座混凝土坝。新中国成立后,我国水利水电事业蓬勃发展,从无到有、白手起家,自行建造了大量混凝土坝。截至 2013 年年底,我国已建和在建混凝土坝的数量居世界首位,已建和在建混凝土坝的高度也居世界首位,如锦屏一级拱坝(高 305m)、小湾拱坝(高 292m)、溪洛渡拱坝(高 278m)的高度均超过了之前世界最高的英古里拱坝(高 272m),龙滩碾压混凝土重力坝的高度(216m)在 RCC 坝中也居世界第一。一个国家同时兴建世界上最高的 4 座混凝土坝是史无前例的,而且除了这 4 座世界最高的坝以外,我国同时还已建和在建了一大批高度不等的混凝土坝,如拉西瓦拱坝(高 250m)等。我国混凝土坝的设计、施工、科研工作都是依靠本国科技人员自行完成的,在完成混凝土坝建设的同时,也造就了一支高水平的科技队伍,积累了丰富的设计、施工和科研经验。笔者有幸参加了这一伟大建坝事业的全过程。1951~1957 年,笔者参加了淮河佛子岭连拱坝、梅山连拱坝和响洪甸拱坝的设计,1957 年调至中国水利水电科学研究院以后,一直从事混凝土坝的研究和咨询工作,屈指算来,至今已 64 年。本书共收集笔者亲自撰写并公开发表的论文 205 篇。笔者在坝工技术方面做了以下一些工作:

1. 参与设计了我国第一批三座混凝土坝,掌握了现代高坝设计技术

从 1952 年开始,在汪胡桢先生领导下,我国自行设计建造了第一批三座混凝土坝:佛子岭连拱坝是我国第一座混凝土坝;梅山连拱坝是当时世界最高连拱坝;响洪甸拱坝是我国第一座拱坝。当时除了汪胡桢先生留学美国时见过混凝土坝外,曹楚生、盛正方、薛兆炜和我们这些具体承担设计工作的人,没有一个人见过真实的水坝。我们都是土木系的,没有学过水工结构,但对于能亲自参加新中国的伟大水利建设感到万分荣幸,工作热情非常高,日以继夜地边学习边工作,在短短数年内顺利完成了佛子岭、梅山、响洪甸等大坝的设计和建造工作,不但掌握了现代高坝设计技术,而且提出了许多计算方法,并有重要创新。

2. 首次提出大坝混凝土标号分区,节省大量水泥

在 1952 年以前,全世界的混凝土坝都是全坝采用同一种混凝土标号,其数值取决于坝体的最大应力,但坝体应力是不均匀的,坝体的大部分混凝土标号实际是偏高的。1952 年笔者首次提出大坝混凝土标号分区的新理念,并应用于佛子岭连拱坝,全坝分区采用高、中、低三种不同标号的混凝土,节省了大量水泥。这一新理念迅速在全国推广,沿用至今,目前已为全世界混凝土坝所采用。由于这一重要创新,1954 年笔者被评为“治淮功臣”并被授予“安徽省治淮优秀青年团员”称号。

3. 首次建立了混凝土坝温度应力理论体系,解决了混凝土坝裂缝问题

混凝土坝裂缝是长期困扰人们的一个老问题,虽然过去提出了改善混凝土抗裂性能、分缝分块、水管冷却、预冷骨料等温度控制措施,但实际上国内外仍然是“无坝不裂”,主要是由于缺乏温度应力理论的指导。过去国内外关于混凝土坝温度应力的研究成果极少,缺少精细计算方法,经过多年努力,笔者已建成了比较完整的混凝土温度应力理论体系,首次提出

了混凝土坝温度应力的精细计算方法，编制了计算软件。计算中可以考虑当地气候条件、施工过程、材料性能和各种温度控制措施的影响，只要在设计阶段进行详细的温度应力计算，并采取相应的温度控制措施，使施工期和运行期混凝土的最大拉应力都小于允许拉应力，同时在施工中严格执行，就可以防止混凝土裂缝。经验表明，这一理论体系是比较合理、切实可行并实际有效的，纠正了过去只重视早期表面保护而忽视了后期表面保护的错误，提出了“全面温控、长期保温”以结束“无坝不裂”的关键理念。目前我国已有多座混凝土坝竣工后未出现裂缝，在世界上最先结束了混凝土坝“无坝不裂”的历史。基础混凝土允许温差是混凝土坝最重要的温度控制指标，笔者提出了关于基础混凝土温差控制的两个原理并据此提出了一套新的基础混凝土允许温差。此外，还提出了船坞、船闸、水闸、弹性地基梁、隧洞、管道和孔口等各种水工结构温度应力的计算方法。

1956年我国部分专家提出了混凝土坝高块浇筑的方法，笔者当即在《水力发电》杂志上表示了不同意见，一座大坝通常分为几十个坝段，各坝段轮流浇筑，分层施工，可利用间歇时间从层面散热，高块浇筑对全坝进度没有实际意义，而且立模困难，施工不便，又不利于散热。但1958年被“拔白旗”之后又受水电总局的邀请被安排参与有关工作，在当时的形势下，处于弱势地位的笔者，未能再坚持自己的见解。但我们只为有关工程进行温度应力计算，提出温控措施，从未主动建议任何工程进行高块浇筑。当时全国兴起“大跃进”运动，各水电工程局要真正把工程施工进度大幅度提高是不容易的，但单独在一两个坝段浇筑高块是比较容易的，于是各水电工程局你追我赶纷纷进行高块浇筑的竞赛，直到1964年中央提出“巩固、充实、提高”的方针后，才冷静下来。

4. 建立了拱坝体形优化理论、方法与软件，节省坝体混凝土10%~30%

传统的拱坝体形设计是采用方案比较的方法，从几个方案中选择一个满足设计要求而坝的体积又较小的方案。显然，这样得到的是一个可行方案，而不是最优方案。重力坝由于体形简单、设计变量少（通常只有两三个变量），通过方案比较而求得的方案与最优方案比较接近。拱坝体形复杂、设计变量多达四五十个，通过方案比较而求得的方案与最优方案相差较远。笔者及其团队建立了拱坝优化的数学模型，用最优化方法分别求出单心圆、多心圆、抛物线、椭圆、统一二次曲线、对数螺线等拱型的最优体形，然后从中选出最好的线型和体形。与传统设计方法相比，一般可节省10%~15%，最多曾节省30.6%坝体混凝土。

在用优化方法求解时，一般要进行上千次应力分析，因而需耗费大量机时，笔者提出内力展开法，使计算效率大幅度提高。拱坝优化已应用于小湾拱坝等100多个实际工程，既节省了投资，又大大提高了工效。

5. 提出混凝土坝数值监控新理念，建立混凝土坝安全监控新平台

仪器观测只能给出测点的应力，不可能给出全坝的应力状态和安全系数，目前混凝土坝安全评估还是采用传统的拱梁分载法（拱坝）和材料力学方法（重力坝），不能考虑从施工期到运行期所积累的宝贵的大量观测成果。笔者提出混凝土坝数值监控新理念，把仪器观测与数值分析结合起来，利用仪器观测成果校正计算参数，从基础开挖、浇筑第一方混凝土开始，与大坝施工同步进行混凝土坝仿真计算，得到从施工到运行不同时间段坝体温度状态、应力状态和安全系数。坝体施工过程和各种实际因素在计算中都得到了考虑，计算结果充分反映了实际影响，如发现问题，可采取对策加以解决。在设计阶段，按照施工计划进行预先仿真计算，有利于发现问题并预先处理。

6. 提出有限元等效应力方法及控制标准,使有限元方法可实际应用于拱坝设计

有限元法具有强大的计算功能,但由于应力集中,计算得到的坝踵拉应力太大,远远超过混凝土抗拉强度,限制了其应用。实际上由于基岩存在着裂隙等原因,坝踵拉应力不像计算得到的那么大。笔者提出有限元等效应力法及相应的应力控制标准,为 SL 282—2003《混凝土拱坝设计规范》所采用,为有限元法在拱坝中的应用扫清了障碍。

7. 提出拱坝温度荷载与库水温度计算方法

库水温度过去无法计算,笔者提出一个计算公式,已获广泛应用。拱坝温度荷载以前采用美国垦务局经验公式 $T_m = 57.57 / (L + 2.44)$ 计算, T_m 是坝体平均温度, L 是坝体厚度,计算中只考虑了坝体厚度影响,忽略了当地气候条件,也没有考虑上下游温差。笔者与黎展眉合作,提出了一套新的合理计算方法,已为我国拱坝设计规范采用,此外笔者提出了水位变化时拱坝温度荷载的计算方法。笔者对拱坝灌浆时间等问题进行了探讨,并提出了拱坝应力水平系数与安全水平系数,比柔度系数更为合理。

8. 提出渗流场分析夹层代孔列法

如何考虑排水孔作用是坝基渗流场分析的一个难点,过去提过一些计算方法,都不太理想,笔者提出了夹层代孔列法,分析了排水孔直径、间距及深度对排水效果的影响,计算很方便,效果也较好。笔者还提出了非均匀各向异性体温度场的有限元解法。由于混凝土的渗透系数很小,正常情况下渗流对混凝土温度的影响很小,可忽略不计,但坝内有裂缝时,缝内漏水对温度场的影响就比较大,笔者提出了考虑裂缝漏水对混凝土温度场影响的计算方法。

9. 提出了混凝土坝仿真分析方法

由于体积庞大,混凝土坝是分层施工的,每个浇筑层的厚度为 1.5~3.0m,间歇 5~10d。一个 150m 高的坝段,可分为 50~100 层,施工时间长达数年,各层的龄期、弹性模量、水化热、徐变、初始温度、外部温度都不同,而冷却水管的半径只有 0.01~0.02m,用有限元方法考虑各种因素进行仿真计算是十分困难的。笔者提出了一系列新的计算方法,包括并层算法、分区异步长算法、水管冷却等效热传导方程、温度场接缝单元、有限厚度带键槽接缝单元等,使计算效率大大提高,三维有限元混凝土坝仿真计算切实可行。

1972 年,笔者与宋敬廷合作在国内外首次进行了混凝土坝的仿真计算,在全国广泛应用至今。

10. 提出了混凝土坝反分析与反馈设计概念与方法

室内混凝土试件要筛除大骨料,改变了混凝土成分,增加了单位体积内水泥含量。室内试件是在 20℃ 左右恒温条件下养护的,与坝体实际条件也有差别。大坝有接缝,岩基条件较复杂,事先的勘测有一定局限,因此设计阶段对坝体的计算结果与坝体实际情况存在一定差距,笔者提出坝体建设和建成后应根据实测成果对坝体的性能进行反分析。如在施工过程中通过反分析发现坝体和坝基性能有较大变化,必要时可对坝体和坝基设计与运行方案进行一定修改,以保证坝体安全。

11. 提出了混凝土坝水管冷却的新方法与算法

笔者提出了水管冷却的新方式——小温差早冷却缓慢冷却,在不影响施工进度的前提下,可大幅度削减温度应力;提出了水管冷却自生应力计算方法;系统研究了冷却高度、水管间距及水温调控对温度应力的影响;提出了利用塑料水管易于加密的特点,克服钢管不易加密的缺点,从而大大强化水管冷却的效果;提出了水管冷却仿真计算的复合算法,首次研究了

高温季节进行坝体后期冷却存在的问题；提出了在高温季节进行后期冷却必须采用强力表面保温，否则靠近表面 3~5m 内的混凝土很难冷却到预定的灌缝温度；首次提出对于软基上的水闸、涵洞、船坞等建筑物，利用水管或表面加温也可达到防止裂缝目的，而加温比冷却在施工上要简单得多。

12. 提出了黏弹性与混凝土徐变与山岩压力计算方法

混凝土与岩基都是黏弹性材料，材料性质与混凝土龄期和加荷时间有关，笔者提出了两个定理，阐明徐变对结构变位和应力的影响，提出了黏滞介质内山岩压力形成的机制和算法，给出了徐变应力分析的隐式解法及钢筋混凝土徐变应力计算方法。

13. 提出了支墩坝计算方法与重力坝加高新方法与新算法

笔者首次提出了双向变厚度支墩应力的理论解和大头坝纵向弯曲稳定性计算方法。

重力坝加高时存在着两个问题：一是新混凝土的温度控制；二是新老混凝土结合面在竣工后大部分将被拉开，削弱了大坝的整体性。笔者提出了一整套解决上述问题的新思路和新技术，并已被丹江口大坝加高工程所采纳。

14. 混凝土坝抗地震

国内外每次大地震之后，大量房屋桥梁等结构被毁，但混凝土坝损害轻微，笔者首次从理论上阐明了混凝土坝耐强烈地震而不垮的机理。1999 年 9 月 21 日，在日月潭附近发生了一次百年来台湾省最大的地震，震中实测水平加速度达到 1.01g，附近有许多水利水电工程，笔者对此次地震引起的水利水电工程的灾害进行了详细介绍，对水工结构特别是混凝土坝的抗震有一定参考价值。在国内外拱坝抗震计算中，以前都未考虑接缝灌浆前坝体冷却对跨缝钢筋的影响，笔者提出了这个问题及计算方法，计算结果表明，其影响比较大。

15. 微膨胀混凝土筑坝技术

利用氧化镁混凝土的微膨胀变形简化温控措施，是我国首创的筑坝技术。目前国内关于氧化镁混凝土筑坝存在着两种指导思想：第一种指导思想是，氧化镁可以取代一切温控措施；第二种指导思想是，氧化镁可以适当地简化温控措施，但不能取代一切温控措施。笔者指出了第一种指导思想的错误所在，按第一种指导思想建设的沙老河拱坝竣工后产生 6 条严重的贯穿裂缝，缝宽达到罕见的 8mm。按第二种指导思想建设的三江河拱坝，竣工后未产生裂缝。笔者对氧化镁混凝土筑坝的基本规律进行了分析，指出存在着 6 大差别：室内外差别（室外实际膨胀变形只有室内试验值的一半左右），地区差别（南方应用难度小，北方应用难度大），时间差别（氧化镁膨胀与混凝土冷缩不同步），坝型差别（重力坝难度小，拱坝难度大），温差差别（只能补偿基础温差、不能补偿内外温差）及内含氧化镁与外掺氧化镁的差别。认识并掌握这些差别，才能做好氧化镁混凝土坝的设计和施工。笔者还提出了氧化镁混凝土膨胀变形的三参数计算模型。

16. 混凝土的半熟龄期

笔者提出了一个新理念：混凝土的半熟龄期，即混凝土强度、绝热温升等达到其最终值一半时的龄期，它代表绝热温升和强度增长的速度。研究表明，适当改变半熟龄期，可以显著提高混凝土的抗裂能力，为提高混凝土抗裂能力找到了一个新的途径。

17. 综合研究

2008 年是中国水利水电科学研究院结构材料研究所建所 50 周年，笔者对研究所在水

工混凝土温度应力和混凝土坝体形优化、数字监控等领域的研究成果进行了综述，仅笔者本人多年共发表论文 200 余篇，提出了大量研究成果，在实际工程中获广泛应用，先后获国家自然科学奖 1 项、国家科技进步奖 2 项、部级奖 8 项和国际大坝会议终身荣誉会员称号。

18. 用英文发表的论文

笔者多次应邀参加国际学术会议进行学术交流，也曾经在国外期刊上发表不少论文。本书收集了笔者在国际会议和国外期刊上用英文发表的 28 篇论文。

19. 回忆与自述

笔者曾应邀做过一些报告，介绍自己的学习、工作经历和经验，也介绍过访苏印象，还写了一篇怀念潘家铮院士的文章。

20. 同行人士的评述

潘家铮院士和水利界的一些人士和记者曾经写过一些文章对笔者进行鼓励和关怀，笔者十分感谢，这些文章也都收入本文集。

除了论文以外，笔者还撰写并出版了 9 本书籍，分别为《大体积混凝土温控应力与温控控制》（1999 年 1 版，2012 年 2 版）、《有限单元法原理与应用》（1979 年 1 版、1998 年 2 版、2009 年 3 版第 5 次印刷）、《Thermal Stresses and Temperature Control of Mass Concrete》（2014 年在美国纽约出版）、《水工混凝土结构的温度应力与温度控制》（1976 年）、《结构优化设计原理与应用》（1984 年）、《混凝土坝理论与技术新进展》（2009 年）、《拱坝设计与研究》（2002 年）、《水工结构与固体力学论文集》（1988 年）、《朱伯芳院士文选（1997 年）》，据中国科学院信息中心发布的统计资料，其中第 1、第 2 本书被列入我国建筑专业和水利专业被引用最多的 10 本书。

上海交通大学土木工程培养目标是土木工程师，测量课程很重，有平面测量、大地测量、应用天文、测量平差、路线测量等 5 门课程，专业课程也很重，但数学力学课程很浅，数学只有微积分和常微分方程，力学只有结构力学、材料力学和水力学。笔者参加工作以后，从事水工结构的设计和研究，大学里学到的那点数学力学知识当然是远远不够的，只好利用业余时间不断学习现代数学力学，可以说，笔者在研究工作中所用到的数学力学工具，95%以上都是参加工作以后利用业余时间自学得到的。例如，笔者在 1956 年发表的第一、二篇论文中用到的积分变换、特殊函数、积分方程、差分方程等数学工具都是业余时间突击自学掌握的，1961 年左右曾托人找来了一份北京大学数学力学系课程表，想看看他们学些什么，结果发现，除了微分几何外，其他课程笔者都学习过了，笔者学得似乎更多一些。当然笔者学习是为了研究水工结构服务的，面宽而不精，工作中需要用到什么就学习什么，用完就丢了，但可以看出北大数学力学系的课程安排是符合现代工程技术研发需要的。笔者只读过三年大学，根基是很浅的，但参加工作以来一直坚持“白天好好工作，晚上好好学习”，因而一直能不断提出一些科研成果，不断提高自己的科研能力。根据中国科学院信息中心发布的统计资料，笔者在年过八旬之后，仍然是我国水利水电行业中每年提出新成果最多的一人。笔者毕生的信念就是勤于工作、勤于学习、勤于思考；做一个平凡的人，一个勤劳的人，一个有益于社会的人。

时间过得真快，从 1951 年参加工作，不知不觉之间，已经 60 多年了。本书收集的这些论文，完全是 60 多年来工作和学习的一些心得体会，内容浅薄，但是本书能够出版，笔者首

先要感谢祖国伟大的水利水电建设事业！

混凝土坝建设中许多问题十分复杂，限于本人的精力和水平，书中难免有许多不妥之处，欢迎读者批评指正。

朱伯芳

2015年8月

于中国水利水电科学研究院

作者简介

朱伯芳（1928.10—），江西余江人，中国工程院院士，水工结构和固体力学专家。1951年毕业于上海交通大学土木系，1951~1957年参加我国第一批混凝土坝（佛子岭、梅山、响洪甸）的设计，1957年年底调至中国水利水电科学研究院从事混凝土高坝研究，1969年下放到黄河三门峡水电部第十一工程局工作，1978年调回重建的水科院工作至今。1995年当选为中国工程院院士，曾任国家南水北调专家委员会委员，水利部科技委员会委员，水科院科技委副主任，小湾、龙滩、白鹤滩等世界最高混凝土坝顾问组成员。曾任第八、九届全国政协委员、中国土木工程学会及中国水力发电学会常务理事、中国土木工程计算机应用学会理事长、国际土木工程计算机应用学会理事，以及清华大学、天津大学、大连理工大学、南昌工程学院兼职教授。

参加了我国第一批三座混凝土坝，即佛子岭坝、梅山坝和响洪甸坝的设计和施工，为我国掌握现代高坝设计技术做出了贡献，并有重要创新。

建立了混凝土坝标号分区、混凝土温度应力、拱坝优化、混凝土坝数值监控、混凝土坝仿真、混凝土坝徐变应力、混凝土坝半熟龄期等一系列新理论和新技术，并获广泛应用。

建立了混凝土温度应力与温度控制完整的理论体系，包括拱坝、重力坝、船坞、水闸、浇筑块、氧化镁混凝土坝等各种水工混凝土结构温度应力的变化规律和主要特点，拱坝温度荷载、库水温度、水管冷却、浇筑块、基础梁、寒潮、重力坝加高等一整套计算方法以及温度控制方法和准则。提出了全面温控、长期保温、结束“无坝不裂”历史的新理念，并在我国首先实现了这一理念，在世界上首先建成了数座无裂缝的混凝土坝。

提出了高拱坝优化数学模型和内力开展等高效解法，已在小湾、拉西瓦、江口、瑞洋等100多个实际工程中成功应用，可节约混凝土量10%~30%，并大幅度提高拱坝体形设计的效率。

开辟了混凝土坝仿真分析，提出了复合单元、分区异步长、水管冷却等效热传导方程等一整套高效解法。提出了有限元等效应力算法及其控制标准，为拱坝设计规范所采纳，为有限元法取代多拱坝梁法创造了条件。提出了混凝土徐变的两个基本定理，阐明了徐变对非均质结构应力与变形的影响，提出了混凝土徐变的隐式解法、弹性模量和徐变度的新表达式。

提出了混凝土坝数字监控的新理念，弥补了仪器监控只能给出大坝变位场而不能给出应力场和安全系数的缺点，为改进混凝土坝的安全监控找到了新途径。

提出了混凝土半熟龄期的新理念，为改善混凝土抗裂性能找到了一条新途径。

为三峡、小湾、龙滩、溪洛渡、三门峡、刘家峡、新安江等一系列重大水利水电工程进行了大量研究。研究成果在实际工程中获得广泛应用，有十几项成果已纳入重力坝、拱坝、船坞、水工荷载等设计规范。

出版著作《有限单元法原理与应用》（第一版1979年，第二版1998年，第三版2009年）、《大体积混凝土温度应力与温度控制》（第一版1999年，第二版2012年）、《水工混凝土结构的温度应力与温度控制》（1976年）、《结构优化设计原理与应用》（1984年）、《拱坝设计与研

究》(2002年)、《混凝土坝理论与技术新进展》(2009年)及《Thermal Stresses and Temperature Control of Mass Concrete》(2014年在美国出版),出版本人论文集《水工结构与固体力学论文集》(1988年)与《朱伯芳院士文选》(1997年);以第一作者发表论文200余篇。

1982年“水工混凝土温度应力研究”成果获国家自然科学基金三等奖;1984年获首批国家级有突出贡献科技专家称号;1988年“拱坝优化方法、程序与应用”研究成果获国家科技进步二等奖;2001年“混凝土高坝仿真分析及温度应力研究”成果获国家科技进步二等奖;2004年“拱坝应力控制标准研究”成果获中国电力科技进步一等奖,均为第一完成人;2007年在圣彼得堡获国际大坝会议荣誉会员称号。

About the Author

Zhu Bofang, the academican of the Chinese Academy of Engineering and a famous scientist of hydraulic structures and solid mechanics in China, was born in October 17, 1928 in Yujiang country, Jiangxi Province. In 1951, he graduated in civil engineering from Shanghai Jiaotong University, and then participated in the design of the first three concrete dams in China (Foziling dam, Meishan dam and Xianghongdian dam). In 1957, he was transferred to the China Institute of Water Resources and Hydropower Research where he was engaged in the research work of high concrete dams. He was awarded China National Outstanding Scientist in 1984 and was elected the academican of the Chinese Academy of Engineering in 1995. He is now the consultant of the technical committee of the Ministry of Water Resources of China, the member of the consultant group of the three very high dams in the world: the Xiaowang dam, the Longtan dam and the Baihetan dam. He was the member of the 8th and the 9th Chinese People's Consultative Conference, the board chairman of the Computer Application Institute of China Civil Engineering Society, the member of the standing committee of the China Civil Engineering Society and the standing committee of the China Hydropower Engineering Society.

Before 1952, all the concrete dams in the world adopt one kind of concrete in one dam, in 1952, he first proposed to use different kinds of concrete in different parts of the same dam, as a result, a large amount of cement may be saved.

He had participated in the design and construction of the first three concrete dams in China, Fuzhiling dam is the first concrete dam in China, Meishan dam was the highest multiple arch dam in the world at that time, Xianghongdian dam is the first concrete arch dam in China. All the dams have been working well until present.

He is the founder of the theory of thermal stresses and temperature control of mass concrete, the shape optimization of arch dams, the numerical monitoring and the simulating computation of concrete dam. He has developed the theory and applications of creep of concrete.

He has established a perfect system of the theory of thermal stress and temperature control of mass concrete, including two basic theorems of creep of nonhomogeneous concrete structures, the law of variation and the methods of computation of the thermal stresses of arch dams, gravity dams, docks, sluices, tunnels and various massive concrete structures, the method of computation of temperature in reservoirs and pipe cooling, thermal stress in beams on foundation, cold wave, heightening of gravity dam and the methods and criteria for control of temperatures. He proposed the idea of "long time thermal insulation as well as comprehensive temperature control" which ended the history of "no concrete dam without crack" and some

concrete dams without crack had been first constructed in China in recent years, including the Sanjianghe concrete arch dam and the third stage of the famous Three Gorge concrete gravity dam.

He proposed the mathematical model and methods of solution for shape optimization of arch dams, which was realized for the first time in the world and up to now had been applied to more than 100 practical dams, resulting in 10%-30% saving of dam concrete and the efficiency of design was raised a great deal.

He had a series of contributions to the theory and applications of the finite element method.

He proposed a lot of new methods for finite element analysis, including the compound element、different time increments in different regions、the equivalent equation of heat conduction for pipe cooling and the implicit method for computing elastocreeping stresses by FEM.

He had developed the method of simulating computation of high concrete dams by FEM. All the factors, including the course of construction、the variation of ambient temperatures、the heat hydration of cement、the change of mechanical and thermal properties with age of concrete、the pipe cooling、precooling and surface insulation etc can be considered in the analysis of the stress state. If the tensile stress is larger than the allowable value, the methods of temperature control must be changed, until the maximum tensile stress is not bigger than the allowable value. Thus cracks will not appear in the dam. Experience show that this is an important contribution in dam technology.

He proposed the equivalent stress for FEM and its allowable values which had been adopted in the design specifications of arch dams in China, thus the condition for substituting the trial load method by FEM is provided.

The instrumental monitoring can give only the displacement field but can not give the stress field and the coefficient of safety of concrete dams. In order to overcome this defect, he proposed the new method of numerical monitoring by FEM which can give the stress field and the coefficient of safety and raise the level of safety control of concrete dams. and had been applied in practical projects in China.

The new idea for semimature age of concrete has been proposed. The crack resistance of concrete may be promoted by changing its semimature age.

A vast amount of scientific research works had been conducted under his direction for a series of important concrete dams in China, such as Three Gorges、Xiaowan、Longtan、Xiluodu、Sanmenxia、Liujiaxia、Xing'anjiang,etc. More than ten results of his scientific research were adopted in the design specifications of gravity dams、arch dams、docks and hydraulic concrete structures.

He has published 9 books: Theory and Applications of the Finite Element Method (1st ed. in 1979, 2nd ed. in 1998, 3rd ed. in 2009)、Thermal Stresses and Temperature Control of Mass Concrete (1st ed. 1999, 2nd ed. 2012)、Thermal Stresses and Temperature Control of Hydraulic

Concrete Structures (1976), Theory and Applications of Structural Optimization (1984), Design and Research of Arch Dams (2002), Collected Works on Hydraulic Structures and Solid Mechanics (1988), Selected Papers of Academician Zhu Bofang (1997) and New Developments in Theory and Technology of Concrete Dams (2009) and Thermal Stresses and Temperature Control of Mass Concrete (written in English, 2014 published in USA). He has published more than 200 scientific papers.

He was awarded the China National Prize of Natural Science in 1982 for his research work in thermal stresses in mass concrete, Academician Zhu was awarded the title of China National Outstanding Scientist in 1984; the China National Prize of Scientific Progress in 1988 for his research work in the optimum design of arch dams and the China National Prize of Scientific Progress in 2001 for his research works in simulating computation and thermal stresses. He was awarded the ICOLD (International Congress On Large Dams) Honorary Member at Saint Petersburg in 2007.

目 录

自序
作者简介

上 册

第 1 篇 混凝土坝设计方法现代化与安全系数设置

我国混凝土坝坝型的回顾与展望	(3)
对宽缝重力坝的重新评价	(11)
当前混凝土坝建设中的几个问题	(17)
混凝土坝安全评估的有限元全程仿真与强度递减法	(29)
混凝土坝计算技术与安全评估展望	(38)
论混凝土坝安全系数的设置	(45)
关于可靠度理论应用于混凝土坝设计的问题	(53)
论混凝土坝抗裂安全系数	(60)
DL 5108—1999《混凝土重力坝设计规范》中几个问题的商榷	(68)
论混凝土坝的几个重要问题	(76)
结构优化设计的几个方法	(89)
加权余量法	(97)
论坝工混凝土标号与强度等级	(123)
弹性力学准平面问题及其应用	(131)
智能优化辅助设计系统简介	(137)
论混凝土坝的使用寿命及实现混凝土坝超长期服役的可能性	(140)
关于混凝土坝基础断层破碎带的处理及施工应力问题的商榷	(152)
某拱坝因坝内高压孔洞缺乏防渗钢板引起大裂缝的教训	(157)

第 2 篇 高拱坝设计与研究

建设高质量永不裂缝拱坝的可行性及实现策略	(169)
混凝土拱坝运行期裂缝与永久保温	(179)
拱坝的有限元等效应力及复杂应力下的强度储备	(189)
拱坝应力控制标准研究	(196)
论特高混凝土拱坝的抗压安全系数	(207)
论拱坝的温度荷载	(215)

寒冷地区有保温层拱坝的温度荷载	(224)
水位变化时拱坝温度荷载计算方法	(232)
关于拱坝接缝灌浆时间的探讨	(239)
混凝土拱坝的应力水平系数与安全水平系数	(247)
提高拱坝混凝土强度等级的探讨	(252)
中国拱坝建设的成就	(260)
国际拱坝学术讨论会专题综述	(265)
计算拱坝的一维有限单元法	(273)
变厚度非圆形拱坝应力分析	(282)
论拱坝的允许拉应力问题	(296)
拱坝的多拱梁非线性分析	(302)
高拱坝新型合理体形的研究和应用	(308)
弹性厚壳曲面有限单元在拱坝应力分析中的应用	(314)
关于小湾拱坝抗压安全系数的建议	(327)
从拱坝实际裂缝情况来分析边缘缝和底缝的作用	(342)

第3篇 拱坝体形优化

双曲拱坝的优化	(351)
拱坝的满应力设计	(361)
结构满应力设计的松弛指数	(366)
复杂结构满应力设计的浮动应力指数法	(371)
双曲拱坝优化设计中的几个问题	(376)
结构优化设计的两个定理和一个新的解法	(386)
弹性支承圆拱的最优中心角	(394)
结构优化设计中应力重分析的内力展开法	(399)
拱坝体形优化的数学模型	(402)
在静力与动力荷载作用下拱坝体形优化的求解方法	(412)
拱坝的智能优化辅助设计系统——ADI OCAD	(419)
拱坝优化十年	(424)
高拱坝体形优化设计中的若干问题	(438)
六种双曲拱坝体形的优化与比较研究	(449)

第4篇 混凝土坝温度应力与“无坝不裂”历史的结束

全面温控、长期保温，结束“无坝不裂”历史	(463)
加强混凝土坝面保护，尽快结束“无坝不裂”的历史	(470)
混凝土坝温度控制与防止裂缝的现状与展望——从“无坝不裂”到 “无裂缝坝”的跨越	(476)

关于混凝土坝基础混凝土允许温差的两个原理·····	(489)
混凝土坝的复合式永久保温防渗板·····	(500)
通仓浇筑常态混凝土和碾压混凝土重力坝的劈头裂缝和底孔超冷问题·····	(509)
重力坝横缝止水至坝面距离对防止坝面劈头裂缝的影响·····	(516)
混凝土坝施工期坝块越冬温度应力及表面保温计算方法·····	(520)
重力坝运行期年变化温度场引起的应力·····	(526)
重力坝运行期纵缝开度的变化·····	(531)
地基上混凝土梁的温度应力·····	(536)
水工钢筋混凝土结构的温度应力及其控制·····	(547)
水闸温度应力·····	(554)
混凝土坝高块浇筑质疑·····	(560)
混凝土坝施工中相邻坝块高差的合理控制·····	(563)
数理统计理论在混凝土坝温差研究中的应用·····	(569)
重力坝和混凝土浇筑块的温度应力·····	(575)
基础梁的温度应力·····	(587)
软基上船坞与水闸的温度应力·····	(596)
库水温度估算·····	(606)
大体积混凝土表面保温能力计算·····	(616)
无限域内圆形孔口的简谐温度应力·····	(625)
混凝土浇筑块的临界表面放热系数·····	(632)
碾压混凝土拱坝的温度控制与接缝设计·····	(636)
碾压混凝土重力坝的温度应力与温度控制·····	(644)
建筑物温度应力试验的相似律·····	(657)
混凝土温度场及温度徐变应力的有限单元分析·····	(664)
不稳定温度场数值分析的时间域分区异步长解法·····	(686)
寒潮引起的混凝土温度应力计算·····	(692)
再谈寒潮引起的混凝土温度应力计算——答梁润同志·····	(700)
智能优化辅助设计系统简介·····	(706)
国外混凝土坝分缝分块及温度控制的情况与趋势·····	(709)
混凝土坝的温度计算·····	(725)
基础温度变形及其对上部结构温度应力的影响·····	(751)
大体积混凝土施工过程中受到的日照影响·····	(760)
考虑温度影响的混凝土绝热温升表达式·····	(766)
关于小湾拱坝温度控制的几点意见·····	(771)

第5篇 混凝土坝数字监控

大坝数字监控的作用和设想·····	(777)
提高大坝监控水平的新途径——混凝土坝的数字监控·····	(783)