

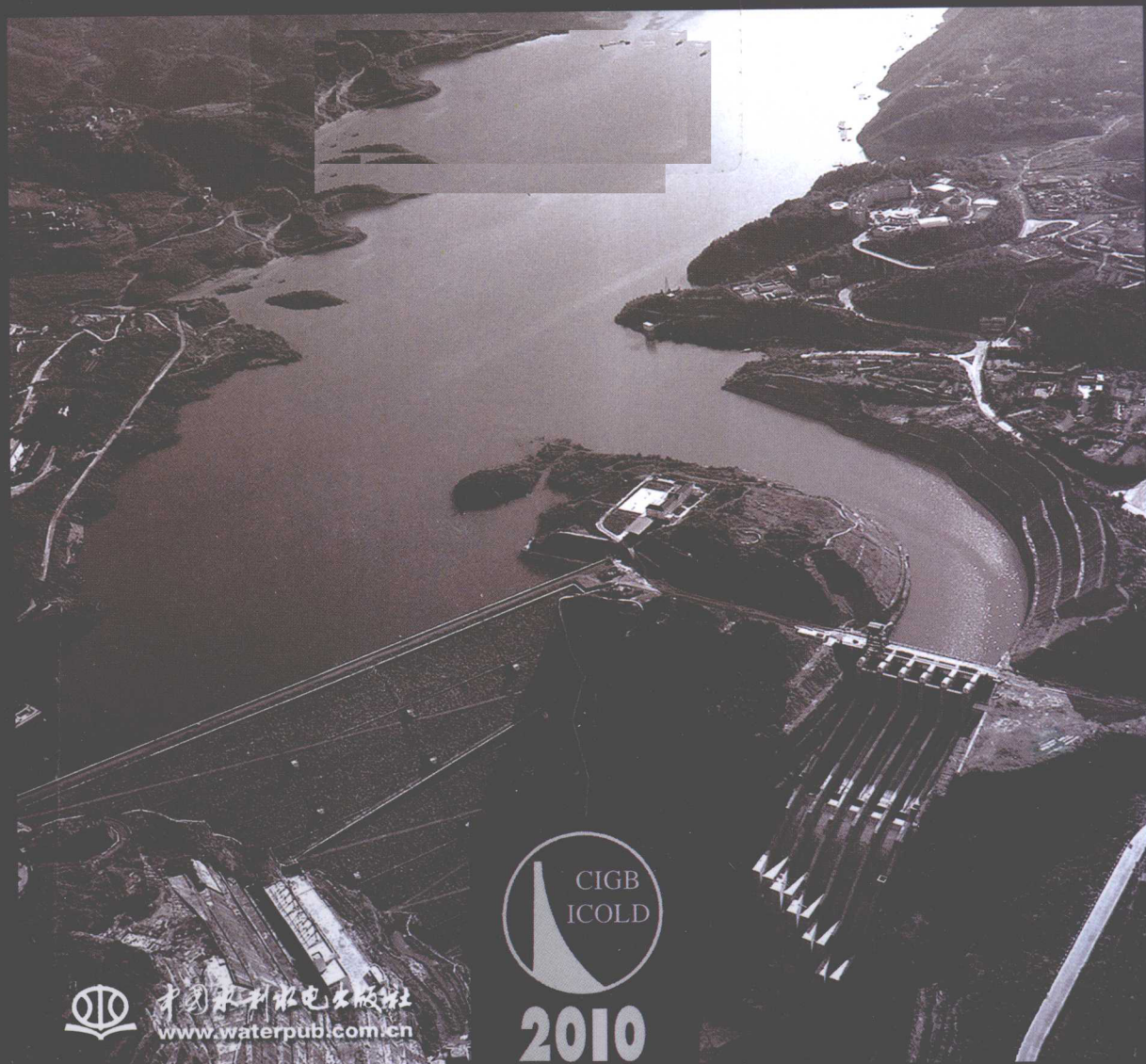
中国大坝协会译丛

混凝土面板堆石坝设计 与施工概念

CONCRETE FACE ROCKFILL DAMS
CONCEPTS FOR DESIGN AND CONSTRUCTION

© 国际大坝委员会 编
王兴会 胡苏萍 译
郇能惠 译审

国际大坝委员会技术公报
International Commission on Large Dams



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



2010

中国大坝协会译丛

混凝土面板堆石坝设计 与施工概念

◎ 国际大坝委员会 编译
王兴会 胡苏萍 译
郦能惠 译审



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是国际大坝委员会专业委员会技术公报的中译本，由各国专家总结全世界混凝土面板堆石坝设计和施工的成功经验，历经数年编写、讨论、修改而成。技术公报系统地介绍了混凝土面板堆石坝的计算、坝基处理、坝体分区、面板、趾板、接缝止水、防浪墙、附属建筑物监测及其实测性状，附录列出各国混凝土面板堆石坝的基本数据，可谓权威性技术资料，对于提高我国混凝土面板堆石坝的设计、施工、运行水平有重要的应用价值。

本书可供水利水电行业规划、勘测、设计、施工、运行、教学、科学研究和建设管理部门有关人员参考。

图书在版编目（C I P）数据

混凝土面板堆石坝设计与施工概念 / 国际大坝委员会编；王兴会，胡苏萍译. — 北京：中国水利水电出版社，2010.5
（中国大坝协会译丛）
ISBN 978-7-5084-7485-4

I. ①混… II. ①国… ②王… ③胡… III. ①混凝土面板堆石坝—设计②混凝土面板堆石坝—工程施工 IV. ①TV641.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第083983号

书 名	中国大坝协会译丛 混凝土面板堆石坝设计与施工概念
作 者	国际大坝委员会 编 王兴会 胡苏萍 译 郇能惠 译审
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 12.25印张 290千字
版 次	2010年5月第1版 2010年5月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	36.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换
· 版权所有 · 侵权必究

国际大坝委员会简介

国际大坝委员会 (International Commission on Large Dams, 简称 “ICOLD”) 是一个享有很高声誉的民间学术组织, 是国际大坝技术方面公认的最高级别的权威机构, 成立于 1928 年, 中心办公室设在法国巴黎。该委员会的宗旨是通过相互信息交流, 包括技术、经济、财务、环境和社会现象等问题的研究, 促进大坝及有关工程的规划、设计、施工、运行和维护的技术进步。

国际大坝委员会每 3 年召开一次大会, 各成员国同行均可参加, 每次讨论 4 个议题, 并出版论文集。每年召开一次年会, 由东道国选择一个技术问题进行讨论。此外, 国际大坝委员会还不定期地出版技术公报, 每年出版一次年报, 每 6 年出版一次世界大坝登记, 每 8 年出版一次辞典。

国际大坝委员会现任主席是贾金生 (中国), 副主席是 Maria Bartsch (瑞典)、N. Matsumoto (日本)、P. Mulvihill (新西兰)、A. Marulanda (哥伦比亚)、G. Ruggeri (意大利) 和 I. Ekpo (尼日利亚)。

目前国际大坝委员会有 90 个成员国。

中国大坝协会简介

中国大坝协会是由我国与大坝业务有关的企业、事业单位或个人自愿组成的，全国性的非营利性社会团体，成立于2008年。中国大坝协会的前身是中国大坝委员会，成立于1974年。中国于1973年第一次派代表参加第11届国际大坝会议。1974年4月在希腊雅典举行的第42届ICOLD执行会上正式通过成为会员国。中国大坝协会的业务主管单位是中华人民共和国水利部，秘书处设在中国水利水电科学研究院。作为中国坝工技术领域的国际活动窗口，代表中国参加国际大坝委员会的各项活动。中国大坝协会的宗旨在于通过组织全国技术交流与合作，促进我国坝工建设和管理理论的不断进步，促进大坝技术水平的不断提高，促进大坝与环境的更加和谐。在政府、企事业单位和公众之间，充分发挥桥梁和纽带作用；在国际和国内从业者之间，搭建合作交流平台，为广大坝工技术人员和管理者服务。

中国大坝协会荣誉理事长有：

钱正英：中国工程院院士、全国政协原副主席；

张光斗：中国工程院院士、中国科学院院士；

陆佑楣：中国工程院院士、原中国大坝委员会主席；

潘家铮：中国工程院院士、中国科学院院士、原中国大坝委员会名誉主席。

中国大坝协会理事长是水利部原部长、全国人大财经委副主任委员汪恕诚。

中国大坝协会副理事长有：

矫勇：水利部副部长，原中国大坝委员会副主席；

张野：国务院南水北调办公室副主任；

周大兵：中国水力发电工程学会理事长，中国国电集团公司原总经理、原中国大坝委员会副主席；

高安泽：水利部原总工程师，中国水利学会原理事长，原中国大坝委员

会副主席；

晏志勇：中国水电工程顾问集团公司总经理；

匡尚富：中国水利水电科学研究院院长；

张建云：南京水利科学研究院院长；

贾金生：中国水利水电科学研究院副院长，原中国大坝委员会秘书长；

刘志明：水利水电规划设计总院副院长，原中国大坝委员会副主席；

杨淳：长江水利委员会副主任；

廖义伟：黄河水利委员会副主任；

林初学：中国长江三峡总公司副总经理，原中国大坝委员会副主席；

寇伟：中国华能集团公司总工程师；

钟俊：中国大唐集团公司副总经理，原中国大坝委员会副主席；

程念高：中国华电集团公司副总经理；

陈飞：中国国电集团公司副总经理；

田勇：中国电力投资集团公司副总经理，原中国大坝委员会副主席；

孙洪水：中国水利水电建设集团公司副总经理。

中国大坝协会秘书长是中国水利水电科学研究院副院长贾金生。

声 明

本公报中的信息、分析以及结论没有法律效力，不能替代有法律效力的规程。公报是为那些已经积累了丰富经验的从业者编写的，认为他们能够独自判断公报的适宜性和可用性。

虽然公报的编写非常仔细，但考虑到科学技术进步很快，不能保证涵盖了所需讨论的所有方面。

无论公报内容怎样被解释和使用，作者都不承担相关责任，对此引起的任何损失和损坏，也不负责任。

阅读本公报的条件是接受本声明。

国际大坝委员会填筑坝材料专业委员会

主 席	A. Marulanda	哥伦比亚
副主席	V. Radchenko	俄罗斯
委 员	Michael Marley	澳大利亚
	P. Tschernutter	奥地利
	J. Pimenta de Avila	巴西
	N. Dimitrov	保加利亚
	J-P. Tournier	加拿大
	郦能惠 (Nenghui Li)	中国
	J. Laasonen	芬兰
	J-J. Fry	法国
	D. Godde	德国
	V. K. Kapoor	印度
	N. Tarkech Douz	伊朗
	R. Jappelli	意大利
	Takuyi Nakano	日本
	A. Khattak	巴基斯坦
	E. Maranhã Das Neves	葡萄牙
	H. Elges	南非
	C. Olalla	西班牙
	P. Brenner	瑞士
	R. C. Bridle	英国
	D. E. Kleiner	美国
	G. Martinez	委内瑞拉

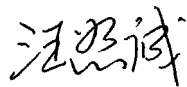
序

展望 21 世纪世界未来的发展，随着城市化、现代化进程不断加快，尤其是气候变化的影响，水问题将日益突出，大坝的作用对大多数国家而言依然是基础性的和不可替代的，大坝在抗御洪水灾害、调蓄利用水资源、提供清洁电能等促进人类社会可持续发展方面仍将继续发挥重要的作用，是支撑社会经济发展、保障防洪安全、供水安全、粮食安全和能源安全的重要基础设施，需要在更加重视生态环境保护的基础上，继续探索建设技术，促进新技术的发展，为造福人类做出更大的贡献。

近年来，堆石坝以其经济性和安全性在世界范围内得到了蓬勃发展，已成为一种颇受欢迎且极富竞争力的坝型，世界各国堆石坝建设、特别是混凝土面板堆石坝建设取得了诸多瞩目的成就，积累了丰富的经验。中国混凝土面板堆石坝的数量、规模和技术水平已居世界前列，尤其是紫坪铺面板堆石坝，坝高达 156m，经历了 2008 年 5 月 12 日汶川 8 级大地震的严峻考验，大坝距离震中仅有 17km，这在堆石坝抗震史上具有里程碑的意义，也令人信服地说明了这种坝型的强大生命力和良好的发展前景。

《混凝土面板堆石坝设计与施工概念》是国际大坝委员会填筑坝材料专业委员会新编写出版的技术公报，系统地介绍了世界各国混凝土面板堆石坝设计和施工的成功经验，很有指导意义和参考价值。中译本的出版有利于进一步提高我国混凝土面板堆石坝的设计、施工和运行水平，有利于促进我国水利水电建设事业。

中国大坝协会代表中国参加国际大坝委员会的各项活动，在国际和国内从业者之间搭建合作交流平台，重要业务之一就是组织编写和翻译出版国际大坝委员会技术公报。很高兴南京水利科学研究院积极组织翻译并资助出版，也希望有更多单位和专家支持此项工作。



中国大坝协会理事长

2010 年 1 月

中 译 本 说 明

混凝土面板堆石坝的发展历程可以分为两个阶段，以美国加利福尼亚州新国库（New Exchequer）坝为标志，1965 年以前堆石坝体用抛填堆石筑成，1965 年以后堆石坝体用分层碾压筑成。

用分层碾压填筑的方法建造的现代混凝土面板堆石坝已经有 40 多年的历史，全世界已经建造了 500 多座混凝土面板堆石坝，由于这种坝型的安全性和经济性良好，特别是能适应不良的气候条件、地形条件和地质条件，既可以在靠近北极圈的严寒地区建造，又能在热带雨林地区施工，在强地震区、深覆盖层、深厚强风化层、冰碛土、岩溶和高陡边坡的坝址，混凝土面板堆石坝往往成为最具有竞争力的坝型。这种坝型的优势还在于软岩、特硬岩和砂砾石都可以作为混凝土面板堆石坝的筑坝材料，还可以充分利用枢纽各建筑物的开挖料来填筑坝体，尽量做到挖填平衡，大大节省投资，且利于环境保护，因而混凝土面板堆石坝经常成为坝工界的首选。

国际大坝委员会填筑坝材料专业委员会编写的混凝土面板堆石坝第 70 辑公报于 1989 年出版，该技术公报对于世界范围内混凝土面板堆石坝的发展起到了重要的指导作用。时隔 20 年，新的技术公报《混凝土面板堆石坝设计与施工概念》已于 2007 年完成英文版本编写，随后翻译成法文版本。南京水利科学研究院十分重视参加国际大坝委员会的各项活动，专门组织了新技术公报的中文翻译工作，并列入该院出版基金资助计划，以期该技术公报能在我国的混凝土面板堆石坝工程建设中发挥作用。

我国自 20 世纪 80 年代中期开始建造混凝土面板堆石坝，起点高、发展快，据不完全统计，至今已建成和在建的混凝土面板堆石坝已经超过 250 座，其中坝高等于或高于 100m 的高混凝土面板堆石坝有 55 座（建成的有 40 座）。我国混凝土面板堆石坝的总数和高混凝土面板堆石坝的数量分别约占全世界的 50% 和 40%，已竣工的水布垭面板堆石坝，坝高 233m，居世界第一；已建的天生桥一级面板堆石坝的坝高 178m，其水库总库容 102.6 亿 m^3 、大坝体积 1780 万 m^3 、面板面积 17.27 万 m^2 都居世界前列，中国建设混凝土面板堆石

坝的成就举世瞩目。正如本专业委员会主席在前言中所述，本次修订的资料主要来自1993年和2000年中国召开的两次混凝土面板堆石坝国际研讨会论文集与J. Barry Cooke的纪念文集。译审者是该专业委员会委员，参加了新技术公报的编写和讨论，2000年以后我国的混凝土面板堆石坝的建设又取得许多更新更高的成就，限于译审者精力有限，难以全面汇入新技术公报，幸好在本人《高混凝土面板堆石坝新技术》一书有所反映，请读者参照阅读并谅解。

水利部国际合作与科技司对中国大坝协会及其前身中国大坝委员会的能力建设和参与国际学术活动给予了指导和支持，借此机会谨表示诚挚的谢意。

南京水利科学研究院积极组织和支持参与国际大坝委员会等国际学术组织的学术交流活动，组织翻译并全额资助此中译本的出版，谨此机会表示诚挚的谢意。

此次译审时根据国内公开发表的学术论文、《中国混凝土面板堆石坝图册》(1)～(5)、土石坝技术2005～2009年论文集，尽量将近10年来我国新建的混凝土面板堆石坝工程特性，补充入中译本的附录。

水利部大坝安全管理中心热心支持中译本的出版，提供了该中心掌握的大坝登记资料，本人将有关资料补充入中译本的附录。

中国大坝协会及其前身中国大坝委员会致力于组织翻译国际大坝委员会技术公报，并于2006年翻译出版了《碾压混凝土坝发展水平和工程实例》，这次又提供了该会掌握的大坝资料，本人也将有关资料补充入中译本的附录。

在此谨向水利部大坝安全管理中心和中国大坝协会表示诚挚的谢意。

本书编辑出版过程中承蒙中国水利水电出版社林京和宋建娜编辑的审阅和帮助，在此谨向她们表示诚挚的谢意。

技术公报的中译本是南京水利科学研究院科技信息中心王兴会、胡苏萍翻译，邴能惠进行审校和修改，但限于我们的精力和能力，错误和不确切之处，恳请读者批评指正。

邴能惠

2009年10月

前 言

混凝土面板堆石坝第 70 辑公报于 1989 年出版, 该技术公报由乔治·海西拉斯 (Jorge E. Hacas) 和阿尔伯托·马鲁兰达 (Alberto Marulanda) 代表哥伦比亚大坝委员会, 为国际大坝委员会填筑坝材料专业委员会编写。除第 70 辑公报之外, 本次修订的主要资料来源还包括:

(1) 混凝土面板堆石坝设计、施工与运行会议论文集, 美国土木工程师协会, 底特律, 1985. 10;

(2) 国际高土石坝学术研讨会论文集 (混凝土面板堆石坝特辑), 北京, 1993. 10;

(3) 第二届混凝土面板堆石坝国际研讨会论文集, 巴西大坝委员会, 巴西, 弗洛里亚诺波利斯, 1999. 10;

(4) CFRD 2000, 混凝土面板堆石坝国际研讨会论文集, 北京, 2000. 9;

(5) 巴里·库克 (J. Barry Cooke) 纪念文集, 混凝土面板堆石坝, 北京, 2000. 9。

继 1985 年美国底特律混凝土面板堆石坝国际学术研讨会之后, 在 20 世纪 90 年代的 10 年中, 混凝土面板堆石坝已成为常用的坝型。由附录中的混凝土面板堆石坝基本数据统计表可以看出, 该坝型应用广泛, 普及率高。

补充修订后的本辑公报共有 11 章, 内容包括设计概念、计算分析、坝基处理、监测仪器、施工和运行性状等。在此谨对以下编著者的工作深表感谢:

戴维·克莱纳尔 (David E. Kleiner) 编写第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 8 章、第 10 章;

詹森·赫迪恩 (Jason E. Hedien) 编写第 5 章和第 6 章;

阿奇·萨恩特雷 (Archie V. Sundaram) 和戴维·克莱纳尔 (David E. Kleiner) 编写第 7 章和第 9 章;

卡洛斯·贾拉米罗 (Carlos Jaramillo) 编写第 11 章;

巴里·库克 (J. Barry Cooke) 和巴尧多·马特隆 (Bayardo Materon) 编写附录。

填筑坝材料专业委员会主席阿尔伯托·马鲁兰达 (Alberto Marulanda) 仔细审阅了所有章节，并提供了很多帮助，对本辑公报作了重要的补充。还要特别感谢加拿大委员会的吉恩—皮埃尔·图尼尔 (Jean—Pierre Tournier) 和诺曼特·博尤斯乔尔 (Normand Beauséjour)，由他们完成的本辑公报的法语翻译，专业表述准确无误。

填筑坝材料专业委员会主席
阿尔伯托·马鲁兰达 (Alberto Marulanda)

目 录

序

中译本说明

前言

1 混凝土面板堆石坝的发展	1
1.1 混凝土面板堆石坝典型断面	2
1.2 1965~2002 年工程实践总结	4
1.3 混凝土面板堆石坝特点	5
1.4 混凝土面板堆石坝渗漏的评估	6
1.5 参考文献	7
2 混凝土面板堆石坝设计计算分析	10
2.1 混凝土面板堆石坝静力稳定性	10
2.2 混凝土面板堆石坝动力稳定性	12
2.3 保护性设计概念	21
2.4 沉降与压缩	21
2.5 面板变形计算	24
2.6 坝基与面板渗漏计算	27
2.7 参考文献	28
3 坝基开挖与处理	31
3.1 坝基处理的目的	31
3.2 趾板地基处理	31
3.3 坝基处理	38
3.4 固结灌浆与帷幕灌浆	38
3.5 参考文献	41
4 趾板	43
4.1 趾板尺寸	43
4.2 趾板下游侧几何形状	46
4.3 趾板平面布置几何形状	47
4.4 趾板稳定性	49

4.5	趾板配筋、止水和锚杆	52
4.6	参考文献	52
5	周边缝与止水	54
5.1	引言	54
5.2	周边缝设计	57
5.3	周边缝底部止水	59
5.4	周边缝中部止水	61
5.5	周边缝顶部止水	62
5.6	周边缝补充说明	65
5.7	参考文献	65
6	面板	68
6.1	面板性状	68
6.2	面板尺寸	69
6.3	面板裂缝	72
6.4	混凝土性能	75
6.5	面板配筋	76
6.6	面板与混凝土边墙之间的黏结	77
6.7	参考文献	78
7	坝顶防浪墙	80
7.1	引言	80
7.2	防浪墙高度	80
7.3	防浪墙与面板之间的接缝	81
7.4	横向接缝	81
7.5	坝肩细部	82
7.6	坝顶宽度	82
7.7	工程实例	82
7.8	参考文献	85
8	坝体分区及其特性	87
8.1	混凝土面板堆石坝坝体分区	87
8.2	反滤层(2A区)	89
8.3	面板支撑区(2B区)	93
8.4	坝体(3A区、3B区和3C区)	101
8.5	排水区(3D区)	102
8.6	参考文献	102
9	监测仪器	105
9.1	引言	105

9.2 监测的局限性 106

9.3 监测仪器 106

9.4 工程实例 109

9.5 参考文献 111

10 混凝土面板堆石坝性状 113

10.1 变形模量..... 113

10.2 周边缝位移..... 115

10.3 施工后坝顶沉降..... 117

10.4 渗漏与补救处理..... 119

10.5 参考文献..... 129

11 附属建筑物 133

11.1 泄水底孔..... 133

11.2 与溢洪道和进水口导墙的连接..... 134

11.3 坝顶溢洪道..... 135

11.4 参考文献..... 136

附录* 混凝土面板堆石坝基本数据统计表 137

* 译审者注：本技术公报附录是提供 2001 年 4 月以前国内外混凝土面板堆石坝基本数据，译审者在中译本中根据国内外公开发表的文献资料做了较多的补充，包括了 2001 年以后在建和已建的混凝土面板堆石坝，详见中译本说明。

1

混凝土面板堆石坝的发展

混凝土面板堆石坝（Concrete Face Rockfill Dam，简称“CFRD”）最早出现在 19 世纪 50 年代（1850s）美国加利福尼亚州内华达山脉（Sierra Nevada）的矿区。直到 1960 年，采用抛填堆石筑坝以来的经验表明，混凝土面板堆石坝是一种既安全又经济的坝型，但是抛填造成堆石颗粒大小分离的堆石体的高压缩性会导致混凝土面板的破坏和渗漏。因此，尽管事实证明堆石料是一种强度高且经济的筑坝材料，然而混凝土面板堆石坝并未得到广泛应用。由于抛填堆石体的高压缩性，随之出现了土质心墙抛填堆石坝，人们发现这种抛填堆石体与土质心墙及其反滤层的变形可以相互协调。随着振动碾压堆石筑坝技术在 20 世纪 50 年代的出现，混凝土面板堆石坝又得以重新发展。虽然混凝土面板堆石坝的设计基本上遵循先例，但其在设计与施工方法上仍持续进展。现在混凝土面板堆石坝再次成为一种主要坝型。图 1.1 表示了到 2000 年为止混凝土面板堆石坝高度的增加趋势。

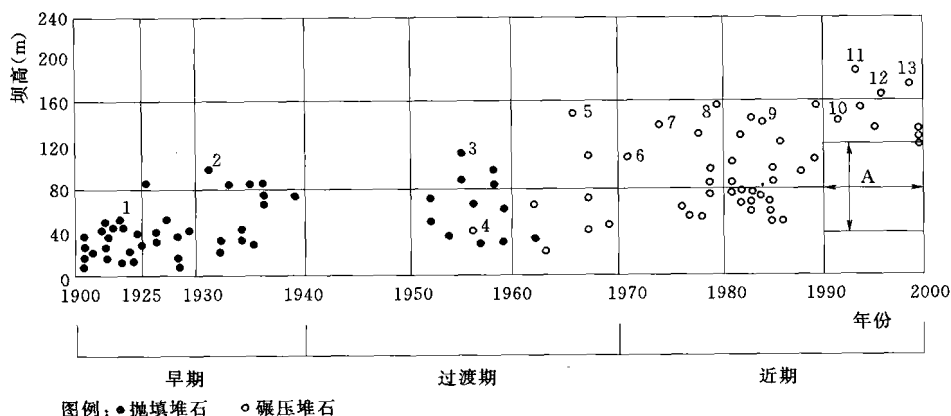


图 1.1 混凝土面板堆石坝高度随时间增加的趋势（摘自 Cooke, 1997~2000）

1—草莓溪（Strawberry Creek）；2—盐泉（Salt Springs）；3—帕拉迪拉（Paradela）；4—基奥赤（Quioch）；5—新国库（New Exchequer）；6—塞沙那（Cethana）；7—安其卡亚（Anchicaya）

（140m）；8—阿里亚（Areia）；9—考兰（Khao Laem）；10—塞格雷多（Segredo）；

11—阿瓜密尔帕（Aguamilpa）；12—亚坎布（Yacambu）；13—天生桥一级

（Tianshenqiao）；A—1990~2000 年十年期间还建造 68 座混凝土

面板堆石坝，坝高 40~120m 不等