

XIANGJIAOBA SHEJI YU GUANLI

橡胶坝设计与管理

陆吾华 侯作启 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

XIANG JIAOBA SHEJI YU GUANGLI

橡胶坝设计与管理

陆喜华 侯作启 编 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是在 1989 年中国农业科技出版社出版的《橡胶坝》一书的基础上,增补近 10 多年来我国橡胶坝工程蓬勃发展的实践经验和科研成果,吸取国外的先进技术,经修改充实编写而成的。主要包括:概述、橡胶坝工程的规划、坝袋设计、锚固结构设计、控制系统及安全观测装置设计、坝基土建工程设计、施工和坝袋安装、工程概算、运行管理和不同类型橡胶坝工程实例、有关的试验研究成果,以及供设计参考的主要资料等。

本书紧密结合工程实际,较系统地阐述橡胶坝的建设和管理技术,图文并茂,具有先进性、系统性和较强的实用性,是从事橡胶坝工程规划、设计、施工和管理的技术人员重要的参考书、实用的手册,还可作为有关大专院校或培训班师生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

橡胶坝设计与管理/陆吾华,侯作启编著. —北京:
中国水利水电出版社,2005
ISBN 7-5084-2760-2

I. 橡... II. ①陆...②侯... III. ①橡胶坝-设计
②橡胶坝-管理 IV. TV644

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 022276 号

书 名	橡胶坝设计与管理
作 者	陆吾华 侯作启 编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010)63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
印 刷	北京明十三陵印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 16.5 印张 400 千字 8 插页
版 次	2005 年 6 月第一版 2005 年 6 月北京第一次印刷
印 数	0001—3200 册
定 价	50 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

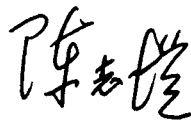
序 言

橡胶坝是以高强力合成纤维织物作为受力骨架,在其内外涂覆合成橡胶进行粘结并兼作保护层,然后按设计要求的尺寸加工成坝袋胶布,锚固在混凝土基础底板上,成封闭袋形。需要挡水时用水(气)充胀,成为河流、沟渠上的挡水构筑物,不需要挡水时,泄空坝袋内的水(气),即可恢复原有河、渠的过流断面。橡胶坝的坝高可根据需要调节,坝顶可溢流,起活动坝和溢流堰的作用。它具有设计与施工简单、投入少、收效快、蓄泄灵活、操作方便、抗震性能好、不阻水可安全泄洪等独特优点。美国 1957 年建成世界上第一座橡胶坝后,很快在世界许多国家得到广泛应用。

我国科技人员自 1965 年开始对橡胶坝技术进行协作攻关,开展专题研究和模型试验,科研与生产相结合,使科研成果很快应用到建设中,1966 年建成了第一批橡胶坝工程。在有关部门的支持下,总结国内外的实践经验,编写了 SLJ03-88《橡胶坝技术指南》。为配合《指南》的推行,1989 年由陆吾华、黄瑞森、伍培超编写并出版了《橡胶坝》一书,对橡胶坝技术的提高和推广起了一定的作用,促进了我国橡胶坝工程的蓬勃发展,现已建成的橡胶坝工程有 1600 多座,遍布全国各地区。它广泛用于灌溉、发电、防洪、回灌地下水、防潮蓄淡、城市美化、改善生态环境等。这些橡胶坝工程形式多样,用途广泛,已形成了具有中国特色的橡胶坝技术。从 1987 年开始我国的橡胶坝技术走出国门,至今已为尼泊尔、泰国、印度尼西亚、孟加拉、越南、伊朗、新加坡等国建成许多座橡胶坝,闯入国际市场的竞争是中国橡胶坝发展的必然趋势。1999 年为了适应橡胶坝建设升级换代的需要,水利部又批准了 SL227-98《橡胶坝技术规范》行业标准,对橡胶坝健康稳步的发展起到了积极的推动作用。

《橡胶坝设计与管理》一书是作者 30 多年工作经验之积累,潜心研究之心得总结,该书内容翔实,图文并茂,广泛汇集了国内外橡胶坝技术最新研究成果和工程建设的实践经验。堪称是集体智慧的结晶,是橡胶坝科研和工程技术人员重要的实用参考书,也可以作大专院校相关专业的广大师生教学参考用书。

中国工程院院士



2005 年 3 月

前 言

橡胶坝这种新型水工结构物,是高分子合成材料发展的产物。合成纤维出现于 20 世纪 40 年代,50 年代开始工业化生产,60 年代迅速发展。由于它具有独特的许多优点,很快在世界各国得到广泛应用和发展。

1958 年我国建设了第一座合成纤维厂,为兴建橡胶坝提供了最重要的物质基础。1965 年我国开始橡胶坝的研究,1966 年建成了第一批橡胶坝工程,由于正处在“文革”期间,橡胶坝发展较为缓慢。为指导橡胶坝建设,总结国内橡胶坝建设的经验教训,吸收国外有关技术,在有关部门的支持和专家的努力下,于 1988 年编写了《橡胶坝技术指南》,1989 年经水利部审查批准为部颁标准。1999 年水利部又发布了 SL227-98《橡胶坝技术规范》行标,对推进橡胶坝的发展,规范橡胶坝技术起到了积极的作用。

本书是在 1989 年中国农业科技出版社出版的《橡胶坝》一书的基础上,增补近 10 余年来我国橡胶坝工程建设发展的实践经验和科研成果,吸取国外的先进技术,经修改充实而成的。主要内容包括概述、橡胶坝工程规划、坝袋设计、锚固结构设计、控制系统及安全观测装置设计、坝基土建工程设计、施工及坝袋安装、工程概算、运行管理和不同型式橡胶坝工程设计实例,还引荐了有关科技单位的试验研究成果和供设计参考的一些主要资料。它是集体智慧的结晶,本书的出版作为我国建设橡胶坝 40 周年的献礼,希望能对我国从事橡胶坝建设的工程技术人员有所帮助,对推进我国橡胶坝建设发挥一定作用。

橡胶坝技术涉及到水利、水电、化工、纺织等行业,专业面广,作者多年来从事坝袋生产,参与许多座橡胶坝的建设,但由于学识和实践经验有限,虽竭尽心力,仍觉不能全面反映现阶段橡胶坝技术。书中引用和借鉴了同行们的大量研究成果和实践经验,在此致以真诚的感谢。

书稿写成后,由水利部水利水电规划设计总院陈清濂总工程师对全书进行了精心审阅和修改,提高了本书的质量;在编写过程中得到国内许多科研、设计、制造、施工和管理单位的大力支持,提供了许多宝贵的技术资料,对此表示衷心感谢。

本书的疏漏和错误,恳请读者赐教指正。来函请寄:邮政编码 100038,北京市复兴路甲一号中国水利水电科学研究院 12 号楼-706 陆吾华。

作者

2005 年 2 月

FOREWORD

Rubber dam is a relatively new type of hydraulic structure, which became practical with the development of modern synthetic fiber. Synthetic fiber technology was invented in the 1940s, began mass production in the 1950s and was further developed through the 1960s. The United States has the highest synthetic fiber production in the world, which constructed the first ever rubber dam on the Los Angeles River in 1957. Since its first appearance, rubber dam blossomed all over the world because of its many advantages over its traditional cousins.

The first synthetic fiber factory in China appeared in 1958, which laid the foundation for the development of rubber dam technology. Following the research in 1965, the first rubber dam in China was constructed in 1966. Despite the slow development in rubber dam technology in China following the first dam construction because of the interference of Culture Revolution, a handbook entitled *Guidelines for Rubber Dam Technology* was written and published in 1988 by Water Conservancy and Hydro Power Press, thanks to the support of the administrative agencies and many leading experts. The handbook was later designated as industrial standard by the then Ministry of Water Resources. In support of the application of the guidelines, Lu Wuhua, Huang Ruisen, and Wu Peichao published a book entitled *Rubber Dam* in 1989, which helped to further spread rubber dam technology. To date, there are more than 1,600 rubber dams in China, functioning as basic infrastructure for irrigation, power generation, flood control, groundwater infiltration, tidal control, urban environment improvement, and ecological improvement. Many unique techniques in rubber dam construction have found home in a variety of styles and functionalities in China. To catch up with the new development of rubber dam construction in China, the then Ministry of Water Resources approved a new industrial standard SL227 – 98, *Standard for Rubber Dam Technology* in 1999, which played a vital role to the rapid construction of rubber dams thereafter. With the advancement of rubber dam technology in China, Chinese companies and institutions started to design and construct rubber dams abroad since 1987. To date, several rubber dams have been built in Nepal, Thailand, Indonesia, Bangladesh, Korea, and Argentina by Chinese technicians.

This book is based on the earlier book *Rubber Dam* (Lu Wuhua, Huang Ruisen, and Wu Peichao, 1989, China Agricultural Science Press) with modifications to obsolete techniques and additions of new development over the past decade from both within China and abroad. The book includes an overview; planning of a rubber dam project; design of rubber sack; design of anchoring structure; design of operating, controlling, and monitoring systems; design of foundation; rubber sack installation and project construction; cost estimate; operation management; design examples of different types of rubber dams; and information about laboratory model experiment. An appendix is given at the end of the book to provide information that may be useful to rubber dam designers.

Rubber dam technology involves not only hydraulics and construction, but also involves tech-

nologies in chemical and textile industries. Despite the many years of involvement with numerous rubber dam projects over the career, I would not have finished this book without the support of my colleagues. Here I would like to express my grateful appreciation to those who helped me during the course of this book and those who provided their results and shared their experiences with me.

I thank Mr. Chen Qinglian, the chief engineer of General Institute Water Resources and Hydropower Planning and Design, who carefully reviewed an early draft and provided many useful suggestions for improvement. Thanks also to many research, design, manufacture, construction and management institutions for providing helpful information to this book.

Please direct your comments, questions and corrections to: Lu Wuhua, IWHR 12 – 706, 1A Fuxing Road, Beijing, China. or E – mail LWH66688@sina.com.

目 录

序言

前言

FOREWORD

第一章 概述	1
第一节 橡胶坝的特点及适用工程	1
第二节 中国橡胶坝的建设与发展	4
第三节 国外橡胶坝工程的简况	16
第二章 橡胶坝工程规划	22
第一节 基本资料搜集	22
第二节 坝址选择	23
第三节 工程等级及布置	23
第四节 经济评价和环境影响评价	26
第三章 坝袋设计	29
第一节 坝袋计算基本原理	29
第二节 坝袋结构型式设计	36
第三节 坝袋设计计算	37
第四节 坝袋胶布结构设计与生产工艺	56
第四章 锚固结构设计	59
第一节 锚固线的布置	59
第二节 锚固结构型式	60
第三节 锚固构件计算	63
第四节 锚固结构强度试验研究	67
第五章 控制系统及安全与观测装置设计	68
第一节 坝袋的充排方式	68
第二节 控制系统设计	69
第三节 设置安全与观测设备	72
第六章 坝基土建工程设计	74
第一节 底板的设计	74
第二节 底板的应力和稳定计算	76
第三节 边墩和中墩设计	78

第四节	防渗排水设计	79
第五节	消能防冲设计	82
第六节	充气式橡胶坝下游消能的研究	86
第七章	橡胶坝工程施工	87
第一节	土建工程施工	87
第二节	坝袋安装	89
第三节	工程检查与验收	91
第八章	工程概算	92
第一节	概算编制依据	92
第二节	单价分析	92
第三节	工程量计算	94
第四节	工程概算及概算编制	94
第五节	橡胶坝工程投资组成	95
第九章	运行管理	96
第一节	科学管理	96
第二节	运行控制	96
第三节	检查观测	98
第四节	维护修理	99
第五节	工程检修和坝袋更新	100
第十章	坝袋防老化及破损修补技术	103
第一节	防老化问题	103
第二节	坝袋破损的修补	116
第十一章	工程实例	118
第一节	烟台诸嘉橡胶坝工程	118
第二节	充水式双向挡水橡胶坝袋试验和工程实例	124
第三节	世界最长的小埠东充水式橡胶坝工程	129
第四节	新疆石河子市蘑菇湖水库充气式橡胶坝工程设计和运用	133
第五节	高6m橡胶坝的研究	140
第六节	广西百色东笋水电站6m高橡胶坝技术设计与评估	153
第七节	橡胶坝在广州沙河涌景观调水中的应用	160
第十二章	有关橡胶坝工程技术的试验研究成果介绍	163
第一节	用有限元法分析橡胶坝	163
第二节	溢流橡胶坝的数值分析	170

第三节	橡胶坝抗波浪能力的试验研究·····	176
第四节	锚固结构强度试验·····	182
第五节	充水式橡胶坝坝袋变形与坝袋安全度·····	189
第六节	充气式橡胶坝溢流特性的试验研究·····	195
第七节	浑河充气式橡胶坝下游消能原体观测·····	198
第八节	武烈河橡胶坝工程的泥沙模型试验与运行成果·····	203
第九节	橡胶坝振动试验及减振措施的研究·····	210
第十节	充水式橡胶坝水力特性和泄流振动研究·····	216
第十一节	双层充水式橡胶坝的力学模型计算·····	224
第十二节	双层橡胶坝的技术研究·····	231
附录 A	坝袋产品规格和主要参数·····	235
附录 B	锚固压板构件系列产品规格型号·····	239
附录 C	部分橡胶坝工程资料·····	241
附录 D	中国橡胶坝图片简介·····	253

第一章 概 述

第一节 橡胶坝的特点及适用工程

橡胶坝国外称尼龙坝、织物坝、可充胀坝、可伸缩坝和软壳水工结构等,我国通常称橡胶坝,它是 20 世纪 50 年代随着高分子合成材料工业的发展而出现的一种新型水工建筑物。橡胶坝用高强力合成纤维织物做受力骨架,内外涂敷合成橡胶作粘结保护层的胶布,按设计要求的尺寸加工成坝袋胶布,锚固在混凝土底板上成封闭袋形。需要挡水时用水(气)充胀,形成挡水坝;不需要挡水时,泄空坝袋内的水(气),便可恢复原有河(渠)的过流断面。橡胶坝的坝体实际上是一个大的橡胶布囊,充水(气)后,坝袋胶布的合成纤维承受拉力,作用在坝袋上的水压力通过锚固螺栓传到混凝土底板上。坝高可调节,坝顶可溢流,起活动坝和溢流堰的作用。橡胶坝以合成纤维和合成橡胶代替传统的土、石、钢、木等建筑材料,是筑坝材料的发展。

一、橡胶坝的特点

橡胶坝的结构简单新颖,坝袋是石油副产品用现代工业生产的合成材料,原材料来源丰富,坝的跨度大,适用范围广,它还具有造价低、节省三材(钢、木、水泥)、施工期短、抗震性能好、不阻水和止水效果好、操作灵活,维修费用低等优点。

1. 节省三材

橡胶坝袋是用合成纤维织物和合成橡胶制成的薄壁柔性结构,代替钢和钢筋混凝土结构,由于不需要修建中间闸墩、工作桥、机架桥等钢或钢筋混凝土结构,结构简单,三材用量显著减少,一般可省钢材 30%~50%,水泥约 20%~50%,木材 60% 以上。如北京右安门橡胶坝,它是我国于 1966 年 6 月兴建的第一座充水式橡胶坝,坝高 3.4m,坝顶长 37.6m,工程量为土方 6000m³,石方 210m³,混凝土 1300m³,用钢 55t,水泥 460t,氯丁橡胶 5t,锦纶丝 1.14t,总投资 39.57 万元,其中坝袋投资 7.98 万元,平均每米坝长投资为 1.05 万元。如改用钢闸门,需钢材 110t,水泥 605t,总投资 59.72 万元。平均每米坝长投资约 1.6 万元。该橡胶坝与钢闸门比较,可节省投资 34%,钢材 50%,水泥 24%。如广东省花县洪秀全水库溢洪道,由于翻板闸使用不灵活而改建为橡胶坝,1966 年 10 月建成,坝高 2.4m,坝长 50.8m,坝袋选用一布二胶,总厚度 3.2mm,共用橡胶 3.7t,锦纶丝 350kg,钢材 3.65t,水泥 194.5t,木材 39.2m³,比常规闸节省钢材 30%,水泥 50%,木材 60%。安徽省灵璧县橡胶坝,它是一座包括桥闸、船闸、抽水站的水利枢纽工程,1970 年建成,设计时曾进行常规闸与橡胶坝两种方案比较,常规闸方案采用混凝土直升门,闸孔净宽 6m,共 17 孔,闸上公路桥为跨度 6m 的石砌拱桥,需用钢材 125t,水泥 1500t,混凝土 3400m³,而采用橡胶坝方案全长 122.8m,分 4 孔,每孔 30.7m,闸上公路桥跨度为 37.7m 的双曲拱桥,需用混凝土 3000m³,钢材 80t,水泥 1100t,两方案比较,橡胶坝方案可节省混凝土 400m³,钢材 45t,水泥 400t。

2. 造价低

与同规模的常规闸比较橡胶坝的造价是较低的,据统计,一般可以减少投资 30%~70%,

这是橡胶坝的突出优点。坝袋投资一般为工程总投资的 20%~50%,建在溢洪道上的橡胶坝,因混凝土基础底板工程量小,坝袋的投资额约占总投资额的 50%。建在河道上的橡胶坝,由于基础处理较为复杂,混凝土基础底板的工程量相对较大,坝袋的投资约占总投资的 20%。

3. 施工期短

橡胶坝袋可在工厂制造,然后运到现场安装,因此,施工速度快,施工期短。一般情况坝长 30~60m 的坝袋,重量约 5~20t,运输方便,用汽车 3~5 天可运到工地。坝袋安装也比较简单,正常情况 5~10 天即可安装完毕,若采用机械化安装只需 3~5 天。橡胶坝工程的结构相对简单,工期一般为 2~6 个月,可当年施工,当年受益。

4. 抗震性能好

橡胶坝的坝体为柔性薄壳结构,富有弹性,可抵抗强大的地震波和特大洪水的波浪冲击。如河南省西平县五沟营橡胶坝,在遭遇 1975 年百年一遇的特大洪水时,由于及时塌坝泄流,洪水过后坝袋仍可充水运行;又如河北省唐山陡河橡胶坝,经受住 1976 年唐山 8 级以上大地震的考验,未发现大问题。

5. 不阻水、止水效果好

橡胶坝体内的水泄空后,坝袋紧贴在底板上,不缩小原有河床的过水断面;橡胶坝的跨度大,一般无需建中间闸墩和机架桥等结构物,不阻碍水流;坝袋锚固在基础底板和岸墙上,不漏水,止水效果好。

6. 操作灵活,维护费用低

橡胶坝的高度调节——坝袋升高或塌落,是利用水泵(空压机)和闸阀控制,操作简便灵活,年维修费用低。而钢闸门需较多的启闭机具,以及每年维修和闸门防锈等,费用较高。

橡胶坝袋为很薄的柔性结构物,主要材料为合成材料,致使它存在如下一些弱点:

1. 坚固性较差

坝袋为仅几毫米厚的胶布制品,虽具有重量轻和柔性好的优点,但是其坚固性能较差,易受机械损伤,在运输、安装和运用中需要精心维护,要避免尖锐物的刺伤。

2. 易老化

坝袋材料是合成高分子聚合物,在日光、大气和水的作用下,高分子材料的组成和结构受破坏,会逐渐失去原有的优良性能,强度和弹性将逐渐降低,最后丧失使用价值。我国第一批安装的坝袋,如北京市右安门橡胶坝和广东省洪秀全水库橡胶坝,使用 2~3 年后坝袋表面有轻微粉化,4~5 年后表面出现轻度网状裂纹,7~10 年以后,粉化、龟裂越发明显,15~20 年后,坝袋胶布强度降低 20% 左右。洪秀全水库橡胶坝袋为单层帆布,使用 15 年后换坝袋。右安门橡胶坝袋是三层帆布,使用 21 年换坝袋。

随着高分子合成材料的发展和坝袋制造工艺的完善与提高,工程实践表明,橡胶坝袋的使用寿命随之延长。北京市右安门橡胶坝,1987 年换坝袋至今,经检查坝袋无明显老化现象,安徽省灵璧县橡胶坝至今运用正常。

二、橡胶坝适用的工程

因为橡胶坝有上述的优点,在低水头大跨度的闸坝工程中得到广泛应用。据统计我国已建成的橡胶坝工程超过 1600 座。单跨坝长最长为 170m,多跨最长为 1135m。最大坝高为 6m,2005 年坝高超 5m 的橡胶坝工程正在蓬勃发展。适用橡胶坝的工程有以下几种:

1. 溢洪道或溢洪堰

由于溢洪道下游一般紧接陡坡段,无回流顶托现象,袋体不易产生颤动;大量推移质已在水库沉积,过流时不致磨损坝袋,即使有漂浮物流过坝体,因有过坝水层保护也不易发生磨损;不挡水和溢流时上、下游均无水,有利于对坝袋进行全面检查维修;充坝挡水时,下游无水,可检修坝袋下游部分。因此,橡胶坝在水库溢洪道上被广泛采用,效益也最为显著。如广东省流溪河大型水库,是一座以发电为主,兼顾防洪和灌溉的综合利用工程。于1969年在溢洪道上利用原有桥墩建成了我国第一座充气式橡胶坝工程,共7跨,每跨坝长11.5m,总长80m,坝高2.26m,每年可以多次拦洪发电,一次拦洪发电即可收回成本,工程效益十分显著。又如广东省白坭水电站的充水式橡胶坝,它建在贺江支流,在6m高的溢流堰顶上加高3m,坝长200m,分4跨,每跨坝袋长50m,主要是调节河道的水位,坝面终年溢流,现运用正常,充分发挥了工程效益。

2. 平原河道的低水头溢流坝或活动溢流堰工程

平原河道的水流比较平稳,河面一般较宽,橡胶坝具有跨度大的优点,在这类河道上修建橡胶坝,发展前景广阔。海河流域下游地区的一些江河,一般为复式河床,除主河槽经常过水外,还有500~1000m宽的行洪滩地,在主河槽建造橡胶坝,坝体充胀可调节水量,塌坝后可保持原有河床断面,不阻水,漂浮物和泥沙等能顺利过坝。如天津市杨花橡胶坝、潮白河无搭接缝橡胶坝、蓟运河双向挡水橡胶坝、新开河钢丝网骨架无搭接缝橡胶坝、天津市杨柳青彩色橡胶坝等多座橡胶坝,拦蓄了河流上游的来水和当地径流,有效地解决了农田的灌溉和补充了地下水源,美化环境等,效益十分显著。

3. 山区河道整治的工程

山区河道坡陡流急,并有大量推移质,对橡胶坝不利。但是,只要从坝址的选择、水工设计、锚固结构、坝袋制造和运行管理等方面作到精心设计、精心施工、精心管理,橡胶坝也能得到推广应用。如四川省在岷江支流建成了牧马山橡胶坝,现工程运用正常。又如福建省在闽江支流富屯溪干流上建成大干橡胶坝,调节库容进行调峰发电,经济效益显著。现在同一条河流上,上游的拿口电站,下游的贵岭电站也采用橡胶坝对这些径流式小水电工程进行技术改造,以提高效益,在山区河道上建橡胶坝的前景还是广阔的。

4. 沿海挡潮闸和防浪堤工程

橡胶坝袋是用高分子合成材料制成的,目前多数采用氯丁橡胶为主要材料,并用少量天然橡胶,氧化镁等为硫化体系,这种配方加工的坝袋在淡水中使用寿命已超过20年。橡胶坝袋耐海水和海生物的性能,曾在广东省湛江南海投入了30多个配方的试片,观测资料表明,其耐海水老化的性能也更为好,橡胶坝适用于沿海作防浪堤或挡潮闸。如河北省北戴河橡胶坝,主要作用是防潮蓄淡,既防止海水倒灌,又拦蓄淡水以灌溉两岸农田。烟台市为解决夹河河口的海水入侵,改善生态环境,缓解供水紧张状况,在距海口4km处建成一座橡胶坝,全长195m,坝高2.5m,蓄水250万 m^3 ,有效地阻挡海水入侵,坝址上游过去被咸化的河道,经过夹河橡胶坝十几年的运行,在淡水的冲、压作用下,地下水及周边土壤逐渐得到改良,该坝的成功建设与显著效益对烟台橡胶坝工程全面发展起到了巨大的推动作用。

5. 拦洪蓄水、美化环境的工程

洪水可引起洪涝灾害,同时又是宝贵的水资源,在河道上建橡胶坝,大洪水时塌坝行洪,

洪峰过后,适时充胀坝袋拦蓄洪水,可将洪水资源化,有效地补给地下水,在水资源贫乏的地区日益引起重视。随着社会经济的发展,人们对环境的要求提高,近年来在我国城市的市区或郊区修建橡胶坝,形成人工湖,美化环境方面,有了很大发展,北京、承德、深圳、沈阳等都市已建成一批橡胶坝,发挥着防洪、供水、灌溉和美化环境多种功能。山东省徒骇河昌东橡胶坝工程、临沂小埠东橡胶坝工程等,利用橡胶坝建成了人与水利和谐共处的水利风景区,改善城市的人居环境和经济环境,开拓了橡胶坝的适用范围。

第二节 中国橡胶坝的建设与发展

橡胶坝技术是一门涉及水利、机电、纺织、化工等方面的综合工程技术,随着国民经济的发展,水利建设事业的需求,尤其是我国高分子合成工业的发展为建造橡胶坝提供了合成纤维、合成橡胶等新材料,促进了橡胶坝的建设和技术的进展。

一、中国橡胶坝的建设

我国于1965年开始橡胶坝的试验和建设,1966年建成了第一批工程,为总结交流建设经验,1967年在北京召开了“橡胶坝袋初步技术鉴定及经验交流会”,1968年在原水电部和化工部领导下,组织了有水电、化工、纺织系统的科研、设计、施工、管理及生产制造等单位参加的“橡胶坝会战小组”,有计划、有组织地对橡胶坝进行调查总结,并对橡胶坝的新结构、新工艺、防老化以及维修等技术开展了一些科研工作,大大地促进橡胶坝的发展。据统计,20世纪60~70年代全国已有13个省、直辖市先后建成橡胶坝近40座。对橡胶坝这一新型结构那时各地有不同的反应,一是由于橡胶坝坚固性差,还屡出事故,检修困难等缺点,对橡胶坝的发展无信心,反对继续使用;二是橡胶坝,适用于水利工程,但存在坝袋质量不稳定,产、供、销渠道不通等问题,影响着橡胶坝的发展;三是橡胶坝优点突出,经验已成熟,在解决产、供、销问题后,可在更大范围推广应用,总体形势是否定的声浪比肯定的高。为了探讨橡胶坝这一新型水工建筑物是否确有优越性?能否推广?原水电部于1972年10月和1973年3月先后组织了有北京橡胶总厂、北京橡胶十厂、北京橡胶研究所、华东水利学院、南京水利科学研究所及水电部科学研究院等单位参加的“橡胶坝调查组”,对北方三省一市(北京、河北、河南、安徽)和南方七省(广东、广西、湖南、湖北、四川、福建、浙江)已建成的橡胶坝工程和坝袋生产有关工厂(北京橡胶十厂、天津第一帆布厂和北京、天津合成纤维厂、桂林橡胶制品厂)进行了调查,历时三个月。通过对23座橡胶坝工程的调查后认为,经过7年的实践,橡胶坝工程在设计、制造、施工、及运行管理方面,已取得一些经验,如北京右安门橡胶坝,投入运行7年,该坝使用频繁,每天需要调节坝高,由于安排专人管理,并制定运行管理制度,逐步掌握了橡胶坝的特点和运行规律,发挥了工程效益。也有一些工程存在不少问题,如湖南省水渡河橡胶坝,坝高3m,坝长90m分三孔,当年过洪时,过坝水流紊乱,坝袋产生强烈振动拍打,汛后检查发现,左孔、中孔和坝袋下人孔盖被冲走,三个坝袋底面的坍平线附近都出现不同程度的磨损和破坏。据调查统计,在全国13个省市第一批建成的40多座橡胶坝,大约有1/3的工程,橡胶坝优点突出,效益明显,有11座工程问题多,先后遭到破坏而被拆除。分析研究,橡胶坝存在的主要问题是:

(1)缺乏及时地总结经验和情报交流,一些工程的失败和教训,不能引以为戒,成功的经验也未能及时总结推广,以致有一些问题先后在几个工程出现,造成不应有的损失;

(2)坝袋生产和原材料供应尚未纳入国家计划,产品未定型,质量不稳定,交货不按期,影响了工程及时投产使用;

(3)一些橡胶坝工程的管理跟不上,重建轻管,以致有的工程不能很好发挥效益,甚至发生事故;

(4)科研工作落后于工程建设,在设计、生产制造、施工、管理中反映出的许多技术问题,未能得到及时解决。

在广泛调查,认真总结,统一认识的基础上,调查组提出了如下的建议:

(1)抓好已建工程的运行管理工作,避免不应有的事故,充分发挥效益;

(2)开展科研工作,改进水工布置,改善水流条件,提高坝袋质量;

(3)坝袋产品定型化,沟通产、供、销渠道,合理规划坝袋生产厂的布局。

我国第一批橡胶坝工程均建在我国较温暖的地区,严寒的北方是否能兴建橡胶坝呢?从1975年起,辽宁省水利科学研究所开始在北方地区进行试点。由于吸取了前10年的经验教训,橡胶坝的发展较快,5年先后建成12座。1979年在辽宁省本溪市召开了全国橡胶坝袋定型及经验交流会,对坝高5m以下的充水式橡胶坝作了初步定型,会后橡胶坝在全国得到大发展。辽宁省在10年间就建成55座,14个省和直辖市共建成63座。1984年在广州市召开了有21个省、直辖市、自治区参加的橡胶坝技术经验交流会,总结交流了坝高5m以下橡胶坝的设计、制造、施工、管理、防老化、经济效益等方面的经验,提出研制坝高6~8m的坝袋设计、制造等问题,对进一步完善和推广应用橡胶坝起了推动作用。据统计,至1985年已有25个省、直辖市、自治区建成橡胶坝156座,1991年在天津市召开了橡胶坝技术交流会,进一步推动了橡胶坝技术的发展。据统计,到1993年全国已建成橡胶坝366座,最大坝高5m,单跨最长125m,多跨最长386m,使用寿命20年以上。

我国从1966年第一座橡胶坝问世以来,其间虽经反复,但通过工程实践,证明橡胶坝这一新型水工建筑物是有生命力的,在某些方面优于钢闸门和混凝土结构,因而,使用范围越来越广,被广泛应用在灌溉、发电、地下水回灌、防潮蓄淡、城市水利、引黄淤背和拦沙等方面,取得了巨大的经济效益、社会效益和生态环境效益。现将一些工程实例简述如下:

1. 灌溉

我国兴建的橡胶坝中占工程总数约80%的工程主要为农业灌溉服务,对促进农业生产发挥了积极作用。如辽宁省1974年开始兴建橡胶坝,10年内全省共建成55座橡胶坝和一座橡胶渡槽,与传统的闸坝比较,节省工程投资约50%,共扩大水田灌溉面积80多万亩,每年可增产粮食4800万kg,增加产值1600万元;扩种果树15万株,每年增加产值60万元。辽宁省的橡胶坝建设仍在继续发展,现全省已建成橡胶坝工程数百座。又如新疆石河子市蘑菇湖水库充气式橡胶坝,坝高1.5m,坝长30m,投资约10万元,1987年投入运行,6年来,将冬季不用的水拦蓄后抽入水库累计1862万 m^3 ,按当地每方灌溉水的产值推算,可增加产值1000多万元,特别是在有水就有绿洲的戈壁滩上,每年拦蓄的水量,对改善生态环境起到了积极作用。

2. 发电

在溢洪道上或在原挡水建筑物上用橡胶坝加高坝体,可增大库容,提高发电水头,充分利用水力资源,是一条花钱少、工期短、效益大的挖潜增容的途径。如广东省流溪河水库,1969年在单拱坝的溢洪堰顶上采用充气式橡胶坝加高2m,一次拦洪3200万 m^3 ,增加发电

量 800 万 kW·h。白垢电站,在 6m 高的溢流堰顶上用充水式橡胶坝加高 3.2m,4 跨总长 200m,工程投资约 70 万元,1974 年建成,经受了 60 多次洪水考验,1990 年一年受益近 2000 万元,发挥了很好的工程效益。再如江西省螺滩电站橡胶坝,高 3m,长 120m,1992 年投入运行,使该电站总装机容量由原 6400kW 增加到 11400kW,新增装机 5000kW,年利用为 3897h,年发电量达到 4443 万 kW·h。近年来,采用充气式橡胶坝增大水电站容量在浙江、福建、广东、江西及四川等省得到了广泛应用。

3. 地下水回灌

拦蓄洪水、沥水,对地下水进行人工回灌,橡胶坝是一种理想的水工结构,特别在海河流域平原地区的河流。如河北省艾辛庄橡胶坝,它是海河流域滏阳新河进口的一项枢纽工程,坝高 3m,坝长 50m,1968 年建成,发挥了防洪、灌溉、回灌地下水和航运等多方面的作用。又如天津市杨花橡胶坝,坝高 3m,坝长 60m,1987 年建成,一次可拦蓄洪水和沥水 400 万 m^3 ,有效地解决了 18 万亩农田灌溉用水,并为补充地下水源作出了贡献。

北京市地处海河水系中上游,永定河、潮白河、北运河三条大河系贯穿全境,从 1966 年试建第一座橡胶坝起发展很快,据统计 1988 年到 1995 年的 7 年中建成了 33 座,计划修建的还有几十座。建成的橡胶坝工程,不仅不影响河道汛期正常宣泄洪水、沥水,每年还可拦蓄基流水量 500 万 m^3 ,除灌溉农田几十万亩外,还为地下水回灌提供水源,形成宽阔的水面,还可改善生态环境,有的成为景点,为发展旅游业创造条件,经济效益和社会效益显著。

4. 防潮蓄淡

橡胶坝袋可抗海水和海生物的危害,不会发生类似于钢闸门的锈蚀现象,是防潮、御咸的较理想的水工建筑物。如河北省北戴河橡胶坝,高 2m,长 68m,1969 年投入运行,有效地防止了海水倒灌,年调蓄淡水 200 万 m^3 ,发展灌溉农田 2 万多亩。

山东省许多地区水资源贫乏,近年来,有些滨海地区由于超采地下水,引起了海水入侵,龙口、烟台、青岛近海地区的淡水层已开始变咸。1986 年烟台市兴建了夹河橡胶坝工程以后,有效地挡潮蓄淡,补充了水源。由于橡胶坝效益显著,在山东省发展很快,据统计已建成的橡胶坝工程超过数百座。

5. 城市水利

城市要现代化,要求建成为有水又不怕水的城市。由于橡胶坝具有的某些特点,近年来在我国城市建设中得到广泛应用,并已显示出它在防洪、供水、灌溉和美化环境等方面的多项功能和作用。如抚顺市于 1989 年在浑河上建成一座充气橡胶坝,高 3m,分 7 跨总长 386m,1993 年建成第二座充气式橡胶坝,高 2.5m,分 6 跨总长 305m,两座橡胶坝工程投入运行后,形成水面 165 公顷,园艺用地 194 公顷,整治河道又获得 29 公顷建设用地,有效地满足了工农业用水,并为抚顺市人民提供游览、休息、活动场所,获得显著的社会、经济 and 环境的综合效益。

沈阳市规划在浑河上梯级开发,兴建 4 级 4 座橡胶坝,形成一条 31km 长、400m 宽的 12km² 水面,成为沈阳市最大的水上、冰上娱乐场所,具备美化环境、净化空气、补给和调节地下水等多项功能。1994 年建成一座充水式橡胶坝,高 2.5m,总长 331m,在浑河北岸建坝头公园,南岸造人工森林,并布置一些建筑小品,使形成一座以橡胶坝为中心具有现代化气息的风景点。

为适应改革开放和美化环境的需要,深圳特区在深圳水库和东湖公园先后建成 4 级 4

座橡胶坝蓄水后,坝上游形成宽阔的人工湖,可供游泳和划船,坝顶溢流时形成的小瀑布,为游览增添景色。

文化名城承德市在市区 5km 长的武烈河上规划兴建 5 座橡胶坝,第一期橡胶坝工程于 1989 年建成,坝高 2.5m,分 2 跨总长 167m,第二期工程于 1992 年建成,分主坝和副坝,主坝全长 200m,主坝挡水后库区形成人工湖,副坝全长 176m,主副坝之间形成两个游泳池。2004 年,5 级 5 座橡胶坝工程按规划建成后,形成梯级湖面,春夏秋冬四季可在湖内荡舟,冬季可开展冰上运动,并可进行地上水库和地下水库联合调度,缓解城市供水紧张局面,又使地表水转化为地下水,充分利用水资源,还恢复水景及“热水溪”的原貌。美化了城市环境,为市民及游人提供了娱乐场所。

6. 拦沙淤背

在黄河下游引黄灌区中,还采用橡胶坝拦沙,防止在发展引黄灌溉局部地区的土地沙化。1985 年在河南省人民胜利渠东三支沉沙池的进出口处,各建一座橡胶坝,坝高 1.5m,每一段长为 10m,共三段,各段自成体系。引黄灌溉时,将坝袋适当充高,让水从坝顶溢流而过,较粗的泥沙引到渠边洼地沉沙池内,然后采用高压水泵将高含沙的水抽到堤后待淤地点,加高培厚了黄河大堤,含丰富养分的细沙送到沿河低洼地,沉淀后成为肥沃农田。

1991 年 11 月,山东省张桥引黄灌区建成一座新型引水防沙橡胶潜坝工程,拦截进入灌区的黄河底沙、粗沙,运行 3 年后,根据实测资料,其防沙效果较未建工程前提高了 24%,不仅减少了清淤量,减少占压土地的赔偿费,而且提高了工程引水、输水保证率和作物产量,大大改善了渠首地区的生态环境。

二、中国橡胶坝技术的发展与推广

橡胶坝与同规模其他类型的水工建筑物比较,是一项投资省、见效快、效益好的实用技术。为适应水利水电建设的需要,20 世纪 60 年代以来,我国做了大量的橡胶坝推广应用工作。随着橡胶坝的建设,在技术上也有了创新。

(一) 我国广泛推广橡胶坝的主要工作

(1) 国家对橡胶坝新技术大力支持。1993 年国家科委批准橡胶坝为国家级科技成果重点推广项目,中国水利水电科学研究院为技术依托单位,有力地促进橡胶坝的推广,当年建成橡胶坝 40 多座,是建坝最多的一年。

(2) 制定相应的技术标准和技术指导文件。为使橡胶坝工程建设有章可循,少走弯路,受原水电部的委托,中国水利水电科学研究院在有关部门和专家的支持下,总结了国内工程建设经验,吸收了国外有关技术,1988 年编写了 SLJ03-88《橡胶坝技术指南》,其内容包括橡胶坝工程规划、工程设计、施工安装、运用管理等。该《指南》经水利部审查批准,由中国水利水电出版社公开发行,自 1989 年 7 月 1 日起推行。为配合橡胶坝技术指南的发行,还出版《橡胶坝》一书,它是我国第一部系统论述橡胶坝工程的专业书籍,书中较详细介绍了橡胶坝工程规划、设计原则、计算理论和坝袋结构形式等,还介绍了坝袋材料与生产工艺、施工和管理、坝袋防老化措施以及一些专题研究成果等,全书 20 万字,反映了国内最新技术成果,实用性强。为适应推广应用橡胶坝工程的迫切要求,1999 年水利部批准将 SL227-98《橡胶坝技术规范》作为行业标准,自 1999 年 1 月 1 日起实行。这些工作对橡胶坝的健康发展起到了积极作用。

(3) 大力开展技术培训和经验交流。为了推广应用这种新坝型,1985 年由原水电部主