

ZHONGXIAOXING SHUIGONGCHENG

JIANMING JISHU CONGSHU (YI)



中小型水工程简明技术丛书 (一)

ZHONGXIAOXING SHUIKU SHUNIU GONGCHENG

JIANMING JISHU ZHINAN

中小型水库枢纽工程 简明技术指南

方宗明 王剑波 邓争荣 徐怀聚 陈彦生 编著



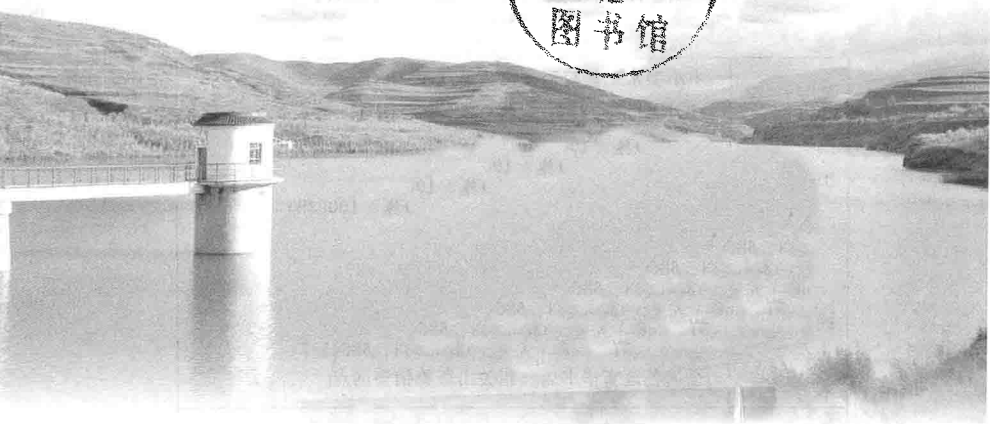
中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

中小型水工程简明技术丛书（一）

中小型水库枢纽工程 简明技术指南

方宗明 王剑波 邓争荣 徐怀聚 陈彦生 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为“中小型水工程简明技术丛书”之一，采用通俗易懂的语言，系统地介绍了中小型水库枢纽工程的相关知识，包括中小型水库枢纽工程的概念、分类，以及中小型水库枢纽工程地质勘察、规划、设计、施工、监理、监测、管理、除险加固等方面的技术要点。

本书除适用于从事水资源与水利水电工程技术人员外，还可供相关领域的中职中专、大专院校师生和从事土木建筑与岩土工程的勘测、规划、设计、施工、监理、监测、管理及科研人员参考。

图书在版编目（C I P）数据

中小型水库枢纽工程简明技术指南 / 方宗明等编著

— 北京：中国水利水电出版社，2013.7

（中小型水工程简明技术丛书；1）

ISBN 978-7-5170-1039-5

I. ①中… II. ①方… III. ①中型水库—水利枢纽—
水库工程—指南②小型水库—水利枢纽—水库工程—指南
IV. ①TV62-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第156911号

书 名	中小型水工程简明技术丛书（一） 中小型水库枢纽工程简明技术指南
作 者	方宗明 王剑波 邓争荣 徐怀聚 陈彦生 编著
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 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	140mm×203mm 32开本 11.875印张 320千字
版 次	2013年7月第1版 2013年7月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	46.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

编 著 者 的 话

2011 年中央 1 号文件《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》开宗明义：“水是生命之源、生产之要、生态之基”，“人多水少，水资源时空分布不均是我国的基本国情水情”。

进入 21 世纪 10 年来，新形势下水利的地位越来越重要，水利的作用愈来愈给力。特别是利用水工程为现代农业发展创造条件、为生态环境改善给予保障系统、为国人安全与健康提供水资源与水文化支撑，已成为中华民族的共识并付诸行动。

“中小型水工程简明技术丛书”正是这一共识与行动的一个组成部分。它界定在中小型规模范围，分别从水库枢纽工程、水力发电工程、堤防工程、引调水工程、灌溉排涝工程、防洪工程、围垦工程、水闸工程、灌溉/排水泵站以及水土保持生态工程 10 个测度的技术做了简明介绍，旨在其技术理念的提升更新、技术工艺的规范作用、技术应用的与时俱进。

“中小型水工程简明技术丛书”之所以撇开大型水利工程而专注于中小型水工程技术，一是因为中小型水工程在我国水利工程中占有相当大的比重；二是因为中小型水工程目前存在的缺陷较为严重；三是因为大型水工程将会在 20 年内建设项目逐渐降低，而中小型水工程的“兴建—加固—兴建”循环不止。为此，编著者在过往近 10 年编著出版的“中国堤防工程施工丛书”18 册和“中国水工程安全与病害防治技术丛书”8 册的基础上，与中国水利水电出版社合作，共同策划并编著出版：

1. 中小型水库枢纽工程简明技术指南；
2. 中小型水力发电工程简明技术指南；
3. 中小型堤防工程简明技术指南；

4. 中小型引调水工程简明技术指南;
5. 中小型灌溉排涝工程简明技术指南;
6. 中小型防洪工程简明技术指南;
7. 中小型围垦工程简明技术指南;
8. 中小型水闸工程简明技术指南;
9. 中小型灌溉/排水泵站简明技术指南;
10. 中小型水土保持生态工程简明技术指南。

10 册一套的“中小型水工程简明技术丛书”取之一线智慧即“中小型水工程技术”源于实践一线的经验总结与理论上升。该丛书既非“手册”，也非“标准”“规范”，而是介于两者之间的“手册”提升与“标准”逼近“指南”，核心在于其技术方法的机理创新，重点放在技术如何有效地应用于中小型水工程建设及其加固管理上。

“中小型水工程简明技术丛书”，概念清新，结构严谨，简明扼要，通俗易懂，集知识性、实用性和可操作性于一体，为我国水资源工程建设及其维修加固提供中小型水工程技术支撑。

2012 年 2 月

前 言

水库是一种在山沟或河流的狭口处建造拦河坝形成的人工湖泊，一般由挡水建筑物、泄水建筑物及取水建筑物所组成，在水资源优化配置和防洪减灾中具有特殊的地位。它不仅可以通过对河道水流的拦截，达到重新分配径流，减免水灾和旱灾的目的，而且还可以利用蓄水和抬高水位实现灌溉、发电、航运、给水、养殖和旅游等功能。同时，随着社会经济的发展和人类对自然生态环境质量需求的不断提高，水库在生态环境保护方面也发挥着越来越重要的作用。

新中国成立以来，我国水利建设事业得到了飞跃的发展，全国各地在除水害、兴水利、大搞农田基本建设中，建成了大量的水库。到目前为止，我国已建成各类水库 8.7 万余座，其中中型水库近 3000 座、小型水库约 8.3 万座。这些水库在灌溉、防洪、发电、旅游、养殖等方面都发挥了巨大的作用，有力地促进了我国工农业生产的发展。

然而，需要指出的是，我国已建的中小型水库大多建于 20 世纪 50~70 年代，且 90% 以上为土石坝，由于当时社会经济和技术条件的限制、水文纪录历史较短、多年运行已接近使用年限和地震、超标洪水等客观因素

的影响，以及中小型水库枢纽工程管理水平较低、维护经费投入不足等主观因素的影响，导致许多水库大坝质量问题严重，遗留隐患较多，不仅不能够完全发挥水库枢纽兴利除害的效益，而且对水库下游人民群众的生命财产构成严重威胁。据有关资料统计，在全国 3 万余座病险水库中，中型病险水库约占现有中型水库座数的 1/3；小型水库的病险率更高。中小型水库枢纽工程的大量存在，已经成为政府和社会的心腹之患，得到国家相关部门的高度重视。

另外，中小型水库是遍布我国城乡的重要水利基础设施，新中国成立以来，尽管我国城市和农村水利基础设施建设已有相当基础，但由于长期以来投入不足，中小型水库建设和管理相对薄弱，已建工程老化失修现象严重，已不能满足经济社会又好又快发展的需求。“十二五”是全面建设小康社会、构建社会主义和谐社会的关键时期，也是推进社会主义新农村建设的关键时期，随着城镇化、工业化进程的不断加快以及城镇和农村居民用水水平的不断提高，加之全球气候变化以及极端天气与气候事件频率增加等对我国农牧业生产、水资源供需的影响，中小型水库面临着难得的建设机遇，也存在严峻的挑战。

因此，一方面，为确保已建和除险加固水库枢纽工程的功能、效益的正常发挥及长久运行安全；另一方面，为指导新时期中小型水库枢纽工程的建设，使中小型水库建设符合构建资源节约型、环境友好型社会的要求，充分发挥预期效益，起到支撑地区经济社会可持续发展，保障社会主义新农村建设的防洪安全、供水安全

要求和建设生态文明的作用，编著者采用通俗易懂的语言，编写了这本《中小型水库枢纽工程简明技术指南》，以供从事水资源与水利水电工程技术人员参考使用，也可供相关院校师生学习参考。

本书采取整体讨论与分工合作的方式进行编著。第1章、第2章和第6章由徐怀聚执笔；第3章和第8章由邓争荣执行；第4章和第7章由王剑波执笔；第5章和第9章由方宗明执笔；陈彦生参加了部分章节的撰写并对全书进行了统稿。

在编写过程中，引用了国内的有关规范标准以及参考了相关的论文著作，在此一并表示感谢！

鉴于编著者水平有限，本书中难免存在遗漏和不当之处，在此恳请读者不吝赐教。

编著者

2013年5月

目 录

编著者的话

前言

1 绪论	1
1.1 中小型水库枢纽工程的基本概念	1
1.2 水库枢纽工程简史	5
1.3 我国中小型水库工程存在的主要问题及面临的形势	9
2 中小型水库枢纽工程地质勘察	12
2.1 概述	12
2.2 中小型水库枢纽工程规划阶段的地质勘察	13
2.3 中小型水库枢纽工程设计阶段的地质勘察	18
2.4 施工阶段工程地质勘察	36
2.5 天然建筑材料勘察	38
2.6 工程地质勘察成果的整理	40
3 中小型水库枢纽工程规划	46
3.1 中小型水库枢纽工程规模及建筑物形式的确定	46
3.2 中小型水库枢纽工程移民规划	61
3.3 中小型水库枢纽工程环境影响评价	72
3.4 中小型水库枢纽工程经济效益评价	75
4 中小型水库枢纽工程设计	84
4.1 中小型水库工程设计报告编制	84
4.2 中小型水库土石坝设计	86
4.3 中小型水库溢洪道设计	102
4.4 中小型水库坝下涵管设计	120
5 中小型水库枢纽工程施工	132
5.1 施工组织计划与要求	133
5.2 中小型水库枢纽挡水坝施工	169

5.3	中小型水库枢纽溢洪道施工	179
5.4	中小型水库枢纽坝下涵管施工	187
5.5	中小型水库枢纽工程隧洞施工	190
5.6	中小型水库枢纽工程闸门与启闭机施工	190
6	中小型水库枢纽工程施工监理	191
6.1	监理机构及监理人员职责	191
6.2	施工监理工作程序、方法和制度	195
6.3	施工准备阶段监理	197
6.4	施工阶段监理	199
6.5	保修期监理	218
7	中小型水库枢纽工程监测	220
7.1	中小型水库大坝安全监测	220
7.2	水工钢闸门和启闭机安全检测	244
7.3	监测资料的整编与分析	244
8	中小型水库枢纽工程管理	268
8.1	中小型水库枢纽工程安全管理	268
8.2	中小型水库枢纽安全运行调度	291
8.3	中小型库区水环境监测与生态建设	299
8.4	中小型水库渔业与管理	301
9	中小型病险水库除险加固	307
9.1	中小型水库除险加固的原则	307
9.2	中小型病险水库的处理	310
9.3	中小型病险水库的安全加固	339
	引用标准编目	359
	引用法律法规规章	363
	参考文献	364
	后记	369

1 绪论

1.1 中小型水库枢纽工程的基本概念

1.1.1 水库的定义与分类

水库 (Reservoir), 一般的解释为“拦洪蓄水和调节水流的水利工程建筑物, 可以利用来灌溉、发电、防洪和养鱼。”明朝徐光启《农政全书》卷二十: “水库者, 水池也。曰库者, 固之其下, 使无受渌也。幂之其上, 使无受损也。”水库的科学定义为在山沟或河流的狭口处建造拦河坝形成的人工湖泊, 有时天然湖泊也称为水库 (天然水库)。水库建成后, 可起防洪、蓄水灌溉、供水、发电、养鱼等作用。赵树理曾在《张来兴》中写道: “县里兴建的一座水库, 早在三年前就落成了。水库里养的鱼很多, 已经给这素不吃鱼的山区, 形成吃鱼的新习惯。”

水库规模通常按库容大小划分, 分为小型、中型、大型等, 不同类型的水库具有不同的库容, 见表 1.1-1, 本书中所说的水库主要是库容小于 1 亿 m^3 而大于 10 万 m^3 的中小型水库。

表 1.1-1 水库规模类型划分

水 库 类 型		总库容 (m^3)
1. 小型水库	小 (2) 型	10 万~100 万
	小 (1) 型	100 万~1000 万

续表

水 库 类 型		总库容 (m ³)
2. 中型水库	中型	1000 万~1 亿
3. 大型水库	大 (2) 型	1 亿~10 亿
	大 (1) 型	大于 10 亿

注 总库容小于 10 万 m³ 时称为塘坝。总库容指校核洪水位以下的水库容积。校准洪水位指水库遇到大坝的校准洪水时, 在坝前达到的最高水位。

国内比较著名的水库如三峡水库 (世界最大的水利枢纽三峡大坝截流长江而成)、丹江口水库 (南水北调中线工程水源地, 亚洲最大的人工湖)、密云水库 (华北地区最大的水库, 目前是北京市主要水源)、小浪底水库、上庄水库、官厅水库等。国外比较著名的水库如沃尔特水库、古比雪夫水库、斯莫尔伍德水库、卡里巴水库、布赫塔明水库等。

1.1.2 水库枢纽工程的组成

水库是由在河道中修建的拦河坝拦截水流, 抬高水位而形成的。为了保证水库的安全, 充分发挥其效益, 同时, 还要相应的修建一些其他的水工建筑物。这种在河道上修建的、以坝为主体的水工建筑物综合体称作水库枢纽。图 1.1-1、图 1.1-2 为我国建成的两个水库枢纽的平面布置。

水库的任务不同, 组成水库枢纽的水工建筑物也就不同, 一般的水库枢纽由下列三种主要的水工建筑物组成。

(1) 挡水建筑物 (Water Retaining Structure)。亦称“拦河闸坝”, 是指在渠化枢纽中截水流以抬高上游水位的“水工建筑物”, 如各种形式的坝。平原河流渠化常采用水闸、活动坝和拦河坝作挡水建筑物; 丘陵或山区河流渠化一般采用重力式溢流坝作挡水建筑物。它的主要作用是拦截水流, 抬高水位, 形成水库, 是水库枢纽中的主体建筑物。坝的类型很多, 我国采用最多的为土坝及砌石坝。如图 1.1-1、图 1.1-2 所示水库枢纽中的挡水建筑物均为土坝。

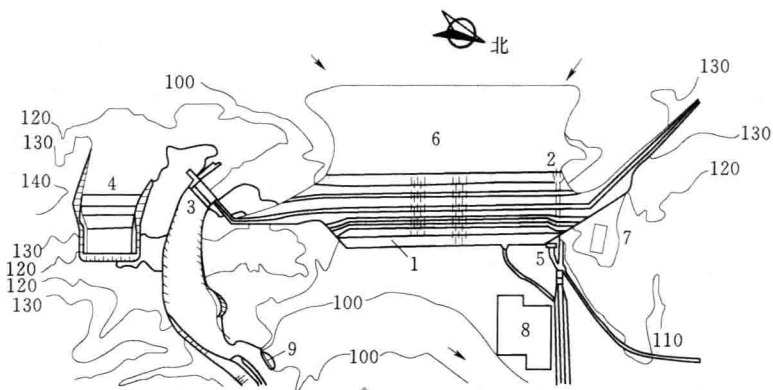


图 1.1-1 临城水库枢纽平面布置图

1—土坝；2—放水建筑物；3—第一溢洪道；4—第二溢洪道；5—电站；
6—水平粘土铺盖；7—管理处；8—鱼种场；9—导流坝

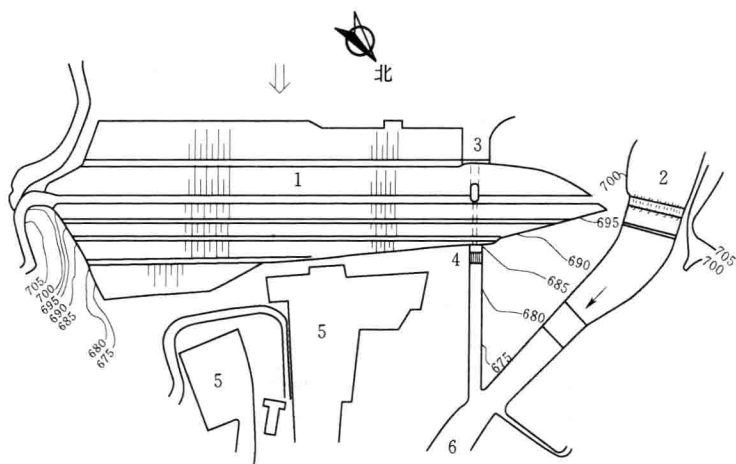


图 1.1-2 百丈水库枢纽平面布置图

1—土坝；2—溢洪道；3—放水建筑物；4—拦鱼栅；
5—鱼池；6—下接取水闸

(2) 泄水建筑物 (Water Release Structure)。用以排放多余

水量、泥沙和冰凌等的水工建筑物，具有安全排洪、放空水库的功能。对于水库、江河、渠道或前池等的运行起太平门的作用，也可用于施工导流。与坝结合在一起时称坝体泄水建筑物；设在坝身以外的常统称为岸边泄水建筑物。溢洪道、溢流坝、泄水孔、泄水隧洞等是泄水建筑物的主要形式。如图 1.1-1、图 1.1-2 所示的河岸溢洪道，它的主要作用是宣泄多余的洪水，保证水库枢纽的安全。一般水库枢纽的泄洪建筑物多采用河岸溢洪道或泄洪隧洞。

(3) 取水建筑物 (Water Intake Structure)。从水源取水引入输水或用水系统的各种水工建筑物，是灌溉、城镇供水、水力发电等用水系统自水源取水必不可少的水工建筑物。如图 1.1-1、图 1.1-2 所示的圆形压力涵管，它的主要作用是引取水库蓄水，然后通过输水建筑物将水流送到用水部门。取水建筑物也称为放水建筑物，放水建筑物如涵管、隧洞，有时也结合用以泄洪。

挡水建筑物（大坝）、泄水建筑物（溢洪道）和取水建筑物（涵管或隧洞）是组成水库枢纽的三种主要的水工建筑物，通常称为水库枢纽的三大件。

1.1.3 水库的功能与作用

不同类型水库具有不同的功能和作用，但一般而言，水库的功能与作用可以分为灌溉、防洪、发电、供水、旅游、养殖、航运几类。新中国成立以来，水利建设事业得到了飞跃的发展，全国各地在除水害、兴水利、大搞农田基本建设中，建成了库容在 10万 m^3 以上的水库 8 万余座，这些水库在灌溉、防洪、发电、旅游、养殖等方面都发挥了巨大的作用，有力地促进了我国工农业生产的发展。

(1) 水库的防洪作用。水库是我国防洪广泛采用的工程措施之一。在防洪区上游河道适当位置兴建能调蓄洪水的综合利用水库，利用水库库容拦蓄洪水，削减进入下游河道的洪峰流量，达到减免洪水灾害的目的。水库对洪水的调节作用有两种不同方

式：一种起滞洪作用；另一种起蓄洪作用。①滞洪作用：滞洪就是使洪水在水库中暂时停留。当水库的溢洪道上无闸门控制，水库蓄水位与溢洪道堰顶高程平时，则水库只能起到暂时滞留洪水的作用。②蓄洪作用：在溢洪道未设闸门情况下，在水库管理运用阶段，如果能在汛期前用水，将水库水位降到水库限制水位，且水库限制水位低于溢洪道堰顶高程，则限制水位至溢洪道堰顶高程之间的库容，就能起到蓄洪作用。蓄在水库的一部分洪水可在枯水期有计划地用于兴利需要。

当溢洪道设有闸门时，水库就能在更大程度上起到蓄洪作用，水库可以通过改变闸门开启度来调节下泄流量的大小。由于有闸门控制，所以这类水库防洪限制水位可以高出溢洪道堰顶，并在泄洪过程中随时调节闸门开启度来控制下泄流量，具有滞洪和蓄洪双重作用。

(2) 水库的兴利作用。降落在流域地面上的降水（部分渗至地下），由地面及地下按不同途径泄入河槽后的水流，称为河川径流。由于河川径流具有多变性和不重复性，在年与年、季与季以及地区之间来水都不同，且变化很大。大多数用水部门（例如灌溉、发电、供水、航运等）都要求比较固定的用水数量和时间，它们的要求经常不能与天然来水情况完全相适应。人们为了解决径流在时间上和空间上的重新分配问题，充分开发利用水资源，使之适应用水部门的要求，因此，水库的兴利作用就是进行径流调节，蓄洪补枯，使天然来水能在时间上和空间上较好地满足用水部门的要求。

1.2 水库枢纽工程简史

随着人类社会和经济的发展，水库对人民的生活产生着重要的影响。现在，世界各地都已有了水库，每年地球上还有几百个新的水库投入运行。目前，世界水库的拥有量超过 6 万个，库容大于 6.5 万 km^3 ，水域面积约 40 万 km^2 。

世界上水库的大规模建设始于第二次世界大战以后。自第二次世界大战结束以来，全球水库的数量增加了4倍，容量是过去的12倍。其中，拉丁美洲增加到40倍，亚洲和非洲增加到10多倍。20世纪50年代兴建的水库，其库容量是20世纪初50年的两倍多。60年代是全球水库建设的高峰期，在这个时期，无论是水库数量还是水库容量都很突出。70年代起建设速度开始放慢，但是各大洲的情况不尽相同。中南美洲水库建设高峰期是在70年代，这个时期水库数量不断增加，而库容的扩大则是在80年代。澳大利亚的建设高峰期也在70年代。同一时期亚洲和非洲都兴建了大量的水库。世界上水库最多的7个国家的建设高峰期分别为：俄罗斯、中国，20世纪50年代；美国、墨西哥，20世纪60年代；加拿大、印度、巴西，20世纪70年代。

对于中小型水库而言，世界上的中小型水库绝大多数集中在南北半球的温带和亚热带地区，其中欧洲、东南亚的一些国家和澳大利亚、日本拥有的水库大多为中小型水库枢纽。现将世界上一些区域的中小型水库建设发展及资源利用特点介绍如下：

(1) 欧洲：公元前2世纪，西班牙修建了第一批较大的、用于农田灌溉的水库。到了中世纪，欧洲许多国家除了继续修建灌溉用水库外，还开始兴建用于保障机械能源及工业企业用水的水库。19世纪末，开始以水利发电、城市供水、防洪及增加枯水期径流量为目的修建水库。20世纪中后期以来，许多中小型水库被广泛用于发展娱乐业和体育运动。具有综合利用效益的水库主要建在东欧地区，如伏尔加河流域，乌克兰的第聂伯河、德涅斯特河流域。这些水库的作用是用于发电、运输、供水、灌溉、娱乐及防洪等。

(2) 亚洲：根据自然资源条件，水库以灌溉、防洪、发电为主。在亚洲，小型水库的建设已有上千年历史。随着人们对河流开发认识的加深，中国、印度和东南亚各国正在开发小型防洪水库网络。有些国家，特别是印度、中国、斯里兰卡、越南、柬埔寨、老挝利用中小型水库大力发展渔业。对于土地“寸土寸金”

的日本，中小型水库也同样具有多种利用价值。

(3) 北美洲：修建水库的目的是为了防洪、灌溉、发电、工业及城市供水、发展娱乐业，而具有综合效益的只占 1/3。美国、加拿大与中国、印度、巴西、俄罗斯一样，是世界上水库拥有量最多的国家。美国西部、南部、北部地区的水库数量和容量也居世界前列。其中，得克萨斯、加利福尼亚、俄克拉荷马、宾夕法尼亚、科罗拉多等州的水库拥有量最多。美国的哥伦比亚河、密苏里河、科罗拉多河、田纳西河、阿肯色河及其他一些河流实际上已成为梯级水库。

(4) 南美洲：南美洲大规模水库建设在 20 世纪 50 年代，70～90 年代达到建设高峰期。修建水库主要用于灌溉和发电，近年来水库的主要作用是防洪，其次是供水。同时，还被逐步用来发展水上运输业、渔业和娱乐业。由于南美洲的河谷、高原众多，更适合修建大中型水库枢纽。

(5) 大洋洲：所有的水库几乎都分布在澳大利亚的周边地区，大部分集中在东部、东南部和塔斯曼尼亚岛，小部分分布在新西兰、巴布亚新几内亚、新卡列多尼、斐济等国。

新中国成立以来，兴建了一大批水利工程。这些数千亿的水利工程资产初步形成了国家的防洪、排涝、排水、发电等功能水利工程体系。在保障经济社会安全、抵抗洪涝和干旱灾害、促进工农业生产的持续稳定发展，以及在保护生态环境和水土资源方面发挥了重大作用。水库作为我国水利工程体系的重要组成部分，特别是改革开放以来，随着经济社会的不断发展，水利事业得到了迅速发展，水利产业在国民经济战略中的地位是越来越重要。到目前为止，我国建成各类水库 8.7 万余座，其中中型水库近 3000 座、小型水库约 8.3 万座，大多建于 20 世纪 50～70 年代。这些水库大多具有防洪、供水、发电、航运、灌溉、养殖及生态等综合功能，既取得了显著的经济效益，发挥了巨大的社会效益，也具有优化水资源配置、调控水资源分布、防治水害以及保护环境的作用，在我国江河防洪体系方面起着不可替代的重要