

“十二五”
国家重点图书



21 世纪可持续能源丛书

水电能资源开发利用

(第二版)

张超 编著



化学工业出版社

“十二五”
国家重点图书



21 世纪可持续能源丛书

水电能资源开发利用

(第二版)

张超 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

水电能资源开发利用/张超编著. —2版. —北京:
化学工业出版社, 2014. 4
(21世纪可持续能源丛书)
ISBN 978-7-122-19402-2

I. ①水… II. ①张… III. ①水电资源-资源
开发-基本知识②水电资源-资源利用-基本知识
IV. ①TV211.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 317226 号

责任编辑: 戴燕红
责任校对: 宋 夏

文字编辑: 丁建华
装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 22 彩插 4 字数 339 千字 2014 年 5 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 88.00 元

版权所有 违者必究

第二版序

20 世纪末，随着人类社会发展对能源可持续供应的迫切需要，出现了“可持续能源”的理念，并受到全世界人们的关注。

21 世纪以来，能源更是渗透到了人们生活的每个角落，成为影响全球社会和经济发展的第一要素。目前中国已经成为全球能源生产与消费的第一大国，能源与经济的关系、能源与环境的矛盾、能源与国家安全等问题日显突出。因此，寻找新型的、清洁的、安全可靠并可可持续发展的能源系统是广大能源工作者的历史使命。

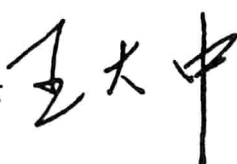
2005 年，化学工业出版社出版了“21 世纪可持续能源丛书”，受到我国能源工作者的广泛好评；时隔 8 年，考虑到能源形势的变化和新技术的出现，又准备出版“21 世纪可持续能源丛书”（第二版），的确是令人高兴的事情。

“21 世纪可持续能源丛书”（第二版）共 12 册，仍然以每一个能源品种为一个分册，除对原有的内容做了更新，补充了最新的政策、技术和数据等外，增加了《储能技术》、《节能与能效》、《能源与气候变化》3 个分册。丛书第二版包括了未来能源与可持续发展的概念、政策和机制，各能源品种的资源评价、新工艺技术及特性以及开发和利用等；新增加的 3 个分册介绍了最新的储能技术，能源对环境与气候的影响以及提高能源效率

等，使得丛书内容更加广泛、丰富和充实。

由于内容的广泛性和丰富性，以及参加编写的专家的权威性，本套丛书在深度和广度上依然保持了较高的学术水平和实用价值，是能源工作者了解能源政策及信息，学习先进的能源技术和广大读者普及能源科技知识的不可多得的好书。

让我们期待这套丛书的出版发行，能为我国 21 世纪可持续能源的发展作出贡献。

中国科学院院士 

2013 年 11 月 6 日

第一版序

能源是人类社会存在与发展的物质基础。过去 200 多年，建立在煤炭、石油、天然气等化石燃料基础上的能源体系极大地推动了人类社会的发展。然而，人们在物质生活和精神生活不断提高的同时，也越来越感悟到大规模使用化石燃料所带来的严重后果：资源日益枯竭，环境不断恶化，还诱发了不少国与国之间、地区之间的政治经济纠纷，甚至冲突和战争。因此，人类必须寻求一种新的、清洁、安全、可靠的可持续能源系统。

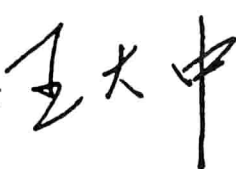
我国经济正在快速持续发展，但又面临着有限的化石燃料资源和更高的环境保护要求的严峻挑战。坚持节能优先，提高能源效率；优化能源结构，以煤为主多元化发展；加强环境保护，开展煤清洁化利用；采取综合措施，保障能源安全；依靠科技进步，开发利用新能源和可再生能源等，是我国长期的能源发展战略，也是我国建立可持续能源系统最主要的政策措施。

面临这样一个能源发展的形势，化学工业出版社组织了一批知名学者和专家，撰写了这套《21 世纪可持续能源丛书》是非常及时和必要的。

这套丛书共有 11 册，以每一个能源品种为一册，内容十分广泛、丰富和充实，包括资源评价，新的工艺技术特性介绍，开发应用中的经济性和环境影响，还涉及推广应用和产业化发展中的政策和机制等。可以说，

在我国能源领域中，这套丛书在深度和广度上都达到了较高的学术水平和实用价值，不仅为能源工作者提供了丰富的能源科学技术方面的专业知识、信息和综合分析的政策工具，而且也能使广大读者更好地了解当今世界正在走向一个可持续发展的、与环境友好的能源新时代，因此值得一读。

我们期待本丛书的出版发行，在探索和建立我国可持续能源体系的进程中作出应有的贡献。

中国科学院院士 

2004年7月8日

第二版前言

进入 21 世纪，中国的水电能资源开发利用步入快速发展的黄金时期，水电能源建设成为我国现代化建设和国家可持续发展的重要内容之一，展现出令人鼓舞的美好前景，引起人们广泛的关注。

本书的主要目的是简要介绍水电能资源开发利用的基本原理、我国的发展历程和问题、开发前景的规划、建设实施工程技术以及工程特性指标等情况。供从事、研究和关心我国水利水电工程开发建设的读者参考。也可作为大专院校水电工程概论课程的辅助读物。

本书初稿 2004 年编写时，全国水力资源复查工作刚结束，完成复查成果颁布，全国水电建设进入快速发展期。至 2012 年修订稿补充编写时，全国水电建设已经取得巨大的发展，三峡水电站已按期建成，投入运行，发挥效益。我国的大中型水电站建设，农村小水电建设的规模、设备、装机容量等许多指标，都位居世界第一位。

因此在修订稿中，补充修正了至 2012 年全国已建水电站的工程数据，并用较多篇幅，记述三峡水电站完建指标、建设过程、建成初期运行的效果和对生态环境的影响问题，以及农村小水电建设发展的情况、2008 年全国农村水能资源调查评价成果、2011 年全国水能资源利用区划研究的进展——全国水能资源利用区划的总体战略及支撑技术研究、全国水能资源区划评价指标体系研究以及全国水能资源利用区划管理体系建设

方案、全国水能资源区划互联网管理信息系统（WEB）建设、全国水能资源区划地理信息演示系统（GIS）等几项成果简介，供读者进一步研究时参考。

本书编写所用数据，分析、核对、引用取自参考文献中所列的正式颁布出版的书籍、网站以及长期工作在水利水电建设战线的工程技术专家、学者、教授和院士们的研究成果论文专著。在此，笔者向原文作者们致以诚挚的谢意！由于本书涉及我国许多大型水电能源基地的水电站规划情况和建设规模特征数据，它们在规划初期和实际建设时期，工程数据可能有较大的变化。本书在各章中，一般是把原规划数值和近期在参考文献中搜集到的工程建设实际采用的指标数据分别予以列出，以供研究比较。鉴于水电站工程建设内容广泛，涉及数据繁多，它们会随建设工程进展和方案变化情况而调整，初期数据和后期数据可能不同，请读者阅读研究时予以注意。书中不足与疏漏之处，恳请读者批评指正！

本书在编写过程中得到许多水利水电与能源方面的学者、专家、院士和朋友们的支持与帮助，初稿时得到钱正英、潘家铮、陆佑楣、张楚汉、谷兆琪、郭元裕、张思敬、刘一兵等专家和院士的建议和意见，使文稿得以完成，笔者在此表示衷心的感谢！

张 超

2013 年 11 月 于清华园

第一版前言

人类开发利用水能量资源 (water energy resources) 的历史, 源远流长。人们对其内涵的认识, 随着科技进步和历史的进程, 在不断发展扩充。

当代水能资源开发利用的主要内容是水电能资源的开发利用, 以致人们通常把水能资源 (water power resources)、水力资源 (hydraulic power resources)、水电资源 (hydroelectric power resources) 作为同义词, 不加区别。而实际上, 水能资源包含着水热能资源, 水力能资源, 水电能资源, 海水能资源等广泛的内容。

从历史看, 在古代, 人们已经开始直接利用天然温泉的水热能资源, 建造浴池, 沐浴治病健身。

在公元前的中国、埃及和印度, 已出现利用湍急的河流、跌水、瀑布的水力能资源, 建造水车、水磨和水碓等木制机械, 进行提水灌溉、粮食加工, 舂稻去壳的记载。

18 世纪 30 年代, 欧洲出现了水力站 (hydraulic station), 是集中开发利用水力资源, 为面粉厂、棉纺厂和矿石开采等大型工业提供动力。现代出现的用水轮机直接驱动离心水泵, 产生离心力提水, 进行供水灌溉的水轮泵站, 以及用水流产生水锤压力, 形成高水压头直接进行提水灌溉的

水锤泵站等。都是直接开发利用水的力能资源。

19 世纪 80 年代, 当电被发现后, 根据电磁理论制造出发电机, 建成把水力站的水力能转化为电能的水力发电站 (hydroelectric power station), 并输送电能到用户。使得水电能资源开发利用, 进入了蓬勃发展时期。1878 年法国建成世界上第一座水力发电站, 装机 25kW。1912 年中国的第一座水力发电站云南昆明石龙坝水电站发电, 装机 480kW。从 20 世纪 30 年代起, 由于长距离输电技术的发展, 可把边远地区开发的水电能资源, 向城市及用电中心供电, 使得水力发电有了迅速和巨大的发展。

现在水力发电工程技术已经成熟, 已能在十分复杂的自然条件下, 修建各种类型的水力发电工程和巨型水电站工程。1991 年巴西建成的伊泰普水电站, 装机容量 1260 万千瓦, 单机容量 70 万千瓦。2003 年中国建设的三峡水电站工程开始发电, 装机容量 1820 万千瓦。

进入 21 世纪, 中国的水电能资源开发利用进入快速发展的黄金时期, 水电能源建设成为我国现代化建设和国家可持续发展的重要内容之一, 已经展现出令人鼓舞的美好前景, 引起人们广泛的关注。本文的主要目的是简要介绍, 水电能资源开发利用的基本原理、我国目前的发展和问题、开发前景的规划以及工程特性指标的情况。供从事、研究和关心我国水利水电工程开发建设的读者参考。也可作为大专院校水电工程概论课程的辅助读物。主要内容包括 10 章。

第 1 章介绍地球上的水循环, 并形成水量资源、水电能资源的基本概念与特点; 全球和我国的水量资源、水电能资源的蕴藏数量。

第 2 章介绍水电能资源开发利用的基本原理。河川径流的水文特征, 河川径流量、径流过程线的计算公式与举例。水电能资源蕴藏量估算方法、计算举例。水电能资源开发的基本方式, 无调节、日调节、年调节、多年调节水电站的径流调节计算及水电能 (保证出力、多年平均年发电量、装机容量确定) 的计算方法与举例。

第 3 章介绍我国水能资源普查研究的历程、普查的方法与成果。我国水电资源开发的十大水电能源基地建设规划及进一步发展为十二大水电能源基地建设规划的简要情况与装机容量指标。

第 4 章介绍世界上最大的三峡水电站工程特性、工程效益、建设的历

史背景；三峡工程关键技术方案的选择、水电站建设重大科学技术问题及创新、三峡工程管理信息系统以及建设管理的系统工程技术。

第5章介绍黄河上游大型梯级水电能源基地开发建设的基本情况、开发前景与主要水电站：龙羊峡、李家峡、刘家峡、拉西瓦、大柳树等水电工程的简要情况；以及黄河中游大型梯级水电能源基地开发建设的基本情况与主要水电站：万家寨、碛口、古贤、三门峡、小浪底等水电工程的简要情况。

第6章介绍西南地区金沙江、雅砻江、大渡河、乌江、红水河、澜沧江、长江上游等7个大型梯级水电能源基地开发建设的基本情况，怒江和雅鲁藏布江水电资源的基本情况与主要水电站：溪洛渡、白鹤滩、二滩、锦屏一级、两河口、瀑布沟、龚咀、洪家渡、乌江渡、构皮滩、龙滩、天生桥一级、天生桥二级、鲁布革、漫湾、小湾、糯扎渡、葛洲坝、隔河岩、高坝洲、水布垭等水电工程的简要情况。

第7章介绍抽水蓄能电站国内外开发情况，抽水蓄能电站的类型、基本工作原理、功用与效益，我国抽水蓄能电站的举例与发展前景展望。

第8章介绍农村小水电的概念、特点、资源分布、定义范围、国内外发展情况。农村电气化与小水电代燃料工程的意义、布局、重点和难点、效益效果估计、发展中出现的一些问题与发展前景展望；附录给出水利部文件《农村水电技术现代化指导意见》，供读者参考。

第9章简要介绍潮汐能资源、潮汐水电站的工作原理、类型与发展前景。以及其他海洋水能：波浪能、海流能、海水温差能、海水盐差能的利用原理与发展前景。

第10章简要叙述我国水电建设出现的问题及发展动向，全球气候变暖对我国水电能源开发的影响，2050年我国水电发展的预测研究成果，以及笔者对我国21世纪水电能源可持续发展战略研究的思考与探讨。

本文编写所用数据，取自参考文献中所列的正式颁布出版的书籍、以及长期工作在水利水电建设战线的工程技术专家、学者、教授和院士们的研究成果论文专著。在此，笔者向原文作者们致以诚挚的谢意！由于本文涉及我国许多大型水电能源基地的水电站规划情况和建设规模特征数据，它们在规划初期和实际建设时期，数据可能有较大的变化。本文在第3~

6 章中，一般是把原规划数值和近期在参考文献中搜集到的使用数据分别予以列出，以供研究比较。由于水电站工程数据繁多，它们可能随工程情况随时调整，请读者阅读研究时予以注意。文中错误之处，恳请读者批评指正！

本文在编写过程中得到水利水电与能源方面的学者、专家、院士和朋友们的支持与帮助，使文稿得以完成。笔者在此表示衷心的感谢。

张 超

2004 年 5 月于清华园



彩图 1 世界最大的三峡水电站



彩图 2 葛洲坝水电站



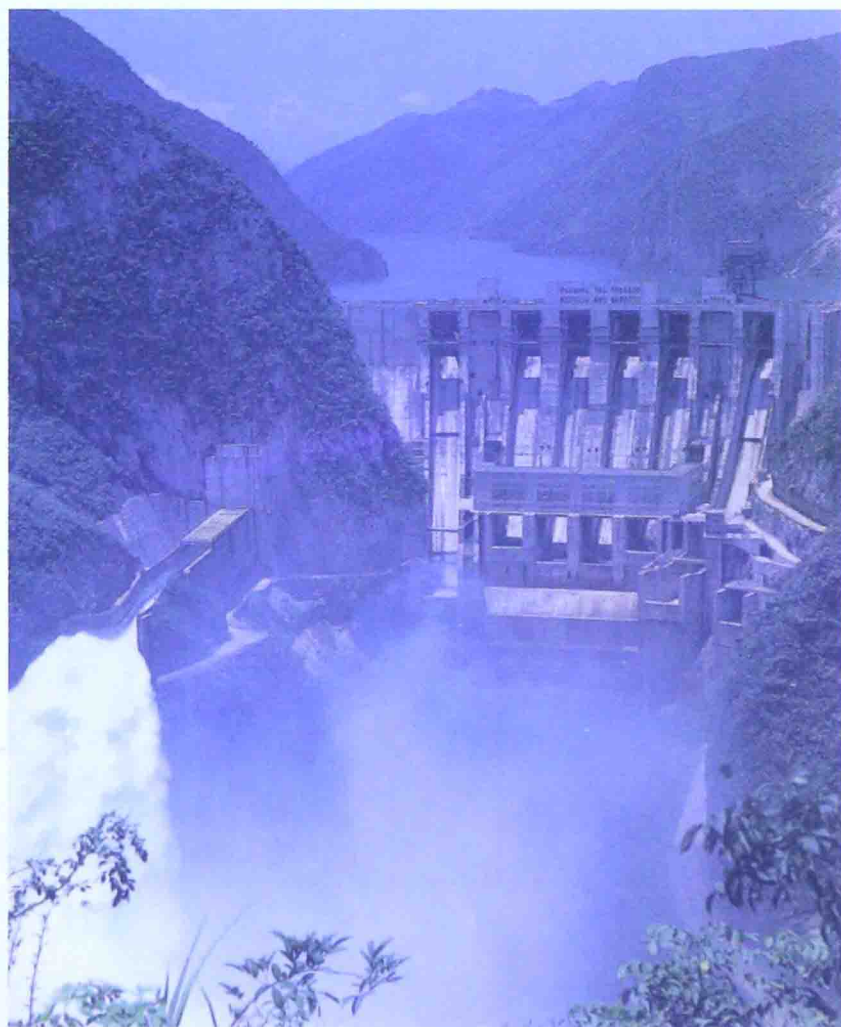
彩图 3 巴西伊泰普水电站



彩图 4 龙羊峡水电站
——黄河上游梯级龙头水电站



彩图 5 刘家峡水电站



彩图 6 乌江渡水电站