

南京水利科学研究院专著出版基金资助

# 亚太地区小水电——现状与问题

朱效章等 编著

河海大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

亚太地区小水电：现状与问题 / 朱效章等编著. —南京：河海大学出版社，2005. 9

ISBN 7 - 5630 - 2180 - 9

I. 亚... II. 朱... III. 水力发电站, 小型—研究—亚太地区 IV. TV742

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 109896 号

书 名 / 亚太地区小水电——现状与问题

书 号 / ISBN 7 - 5630 - 2180 - 9 / TV · 262

责任编辑 / 谢业保

特约编辑 / 赵建达

封面设计 / 黄 炜

出 版 / 河海大学出版社

地 址 / 南京市西康路 1 号(邮编：210098)

电 话 / (025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)

经 销 / 江苏省新华书店

印 刷 / 南京玉河印刷厂

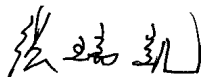
开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16 10.5 印张 151 千字

版 次 / 2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

定 价 / 30.00 元(册)

## 序

自上世纪 70 年代世界石油危机以来,作为清洁、可再生能源之一的小水电倍受世界各国青睐。国际水电界普遍认为,水电技术正借助现代科技的进步而迅速发展。小水电已是一门比较成熟的发电技术。在我国,小水电开发主要服务于地方经济建设,尤其是广大农村地区,其重要特点是与农村经济发展和实现农村电气化密切结合起来。小水电开发事业又是一个涉及满足农村电力需求、解决无电人口用电、扶贫、保护生态环境以及替代常规电力等的多目标系统。目前,虽然小水电在能源和电力行业中所占比重仍然很小,但发展小水电的重要意义还是越来越为人们所重视。20 余年来,世界许多发展中国家和部分发达国家制定了目标较高的小水电发展计划,出台了多种激励政策和措施。经过多年的实践,目前小水电在亚太地区乃至全世界的实际发展情况如何,有哪些经验教训值得总结和吸取,今后小水电的发展面临哪些新的机遇和挑战,其可持续发展的前景如何,这些都是值得认真研究的重要课题。我院农村电气化研究所(亚太地区小水电研究培训中心)的专家们在调查分析国内外大量资料的基础上,结合自身的实践经验编著而成的本书,较为系统和全面地回答了上述问题。古人云:“他山之石,可以攻玉”。本书总结出的世界各国小水电发展过程中的经验教训,得出的有关结论,提出的有关建议,可供我国乃至世界各国小水电决策部门参考。当然,本书的部分结论尚有待于小水电今后发展的实践检验。尽管如此,本书仍然不失为一本有新观点的世界性小水电发展的综合研究报告。我乐于为序。



(南京水利科学研究院院长张瑞凯教授)

2005. 10. 24

## 前 言

亚太地区小水电研究培训中心从 1981 年成立以来,曾对亚太地区各国的小水电发展情况及其经验教训做过较多的搜集、整理和编撰、总结,提出过一些报告、文件。进入 21 世纪以来,尽管全球能源宏观形势有利于清洁可再生能源,包括小水电的发展,但 20 多年来,世界小水电实际发展情况复杂多变,不如预期的那么顺利和有效。与此同时,中国小水电持续快速、大规模地发展。许多热心发展小水电但效果不理想的国家,究竟情况怎样?和中国究竟有哪些不同?哪些可为中国借鉴?这些问题是我们小水电国际合作研究人员此前所面临的困惑,也是对国际小水电领域进一步研究、合作的现实挑战。

为了基本搞清这些问题,在南京水利科学研究院领导支持下,2004 年我们设立了一个软科学研究课题:“亚太地区小水电发展情况及主要问题研究”,成立了课题研究组,经过一年左右的时间,完成了计划任务,提出了一份研究报告。在此基础上,又进行了一些修改和处理,编纂成此书出版,以飨读者。

课题研究组的组成人员和责任分工如下:

课题负责人:朱效章;

主要合作者:潘大庆,主要参与第二章“各国小水电资源开发概况与发展前景”的研究和报告编写;

林凝,主要参与第三章“激励政策的重要意义”的研究和报告编写;

陈星,主要参与第四章“效益分析”的研究和报告编写;

赵建达,主要参与第五章“私人资本参与小水电建设”的研究和报告编写,参与第二章部分研究和编写。

当前,通过翻译、编译或专题撰写,介绍国外小水电发展的译

作和著作很多。但像本课题这样以大量资料为基础,进行比较系统研究的似乎并不多见。特别是,从实际出发,提出了一些独立性的参考意见,恐怕算是本课题成果的一个特色。当然,这些结论是否能够对国内外有关决策部门具有参考价值,还有待今后发展中不断暴露出来的实际问题来验证以及人们对其进一步深入研究来判断。本书只算是一个大胆的“抛砖引玉”之举吧。

由于时间和人力不足,对小水电发展的另外两个主要问题:科技发展和环境影响,本课题未作深入探讨,只有留待以后另题研究了。

全书统稿由朱效章负责;附件编译由参与人员分别承担,并由朱效章审核、统稿;全书编辑为赵建达。

课题研究在开展中得到水利部农村电气化研究所所长(亚太地区小水电研究培训中心主任)陈生水同志的大力支持和鼓励,副所长(副主任)程夏蕾同志的关心并参与审核协调,使研究工作得以顺利进展。

《小水电》杂志编辑部的同志在本书初稿的资料搜集和打印等事务中也作了大量工作。

本书由南京水利科学研究院专著出版基金资助,谨此表示感谢。

编著者  
2005年8月

# 目 录

第一章 绪论 .....	1
第二章 各国小水电资源、开发概况与发展前景 .....	5
第三章 激励政策的重要意义 .....	34
第四章 效益分析 .....	49
第五章 私人资本参与小水电建设 .....	74
第六章 综合结论 .....	91
参考文献 .....	96
附 件 .....	100
印度小水电概况 .....	101
案例研究：联合国开发计划署(UNDP)/全球环境基 金(GEF)印度山区小水电项目 .....	108
印度尼西亚小水电概况 .....	111
案例研究：联合国亚太经社会(UNESCAP)公私合作参 与微水电建设(PPP)印尼 <i>Cinta Mekar</i> 村示范项目 .....	114
伊朗小水电概况 .....	121
尼泊尔小水电概况 .....	126
尼日利亚小水电概况 .....	133

巴基斯坦小水电概况 .....	136
菲律宾小水电概况 .....	140
斯里兰卡小水电概况 .....	143
泰国的农村电气化 .....	145
坦桑尼亚小水电概况 .....	147
土耳其小水电概况 .....	150
美国的农村电气化 .....	156

# 第一章 绪 论

## 1 研究范围

本书研究范围以亚太地区发展中国家为主,但也涉及本地区一些发达国家。为了全面了解小水电在世界各国各地区的发展概况,特别是由于欧洲发达国家小水电建设历史较长,其经验值得学习,本书在基本情况和部份有关问题(如私人资本投资等)的探讨方面,也超出亚太地区的范围,搜集并列出了世界各国(包括发达与发展中国家)的资料,进行研究分析,以达到集思广益的目的。

## 2 国内外研究概况及水平

世界小水电的资源是丰富的,但迄今已开发的比例不高,估计约为20%~24%(<10 MW)。近20~30年来,发展中国家对开发小水电意愿强烈,发达国家也恢复了改造和新建的热情,都制订了目标较高的计划。由于种种原因,多数都未能达到预期目的。和其他行业相似,国际上在小水电发展方面,也是舆论先行。20余年来,各种国际论坛、学术会议以及非政府国际组织大量涌现,对小水电情有所钟,对发展小水电显示了很大兴趣。除各种国家报告、分析文章和论文外,个别权威组织如《国际水力发电与大坝建设》在20世纪90年代还定期搜集发布世界小水电资源和开发情况的资料。但由于种种限制,这些资料还是既不完整也不准确的。90年代后期以来,连这样的统计资料也难以找到。近年来,世界一些权威学术组织包括世界能源理事会(WEC)、国际能源署(IEA)、国际水电协会(IHA)、国际水力发电与大坝建设(WP+DC)、东亚与

西太平洋电力工业协会(AESIEAP)等等发布过许多传统能源、可再生能源以及大、中水电的统计资料 and 综合分析,但专门统计并深入分析小水电的现成的综合性资料(包括全球或区域性)仍是少见。在各种国际会议或国际培训班上发表的国家报告,由于国情和小水电发展程度的差异,报告的深度也很不一致。这些情况使基本统计工作很难做到完整、准确。

尽管如此,在小水电发展的软科学研究方面,包括效益问题、政策问题、公私合作参与开发问题以及具体技术问题,包括设备制造、设计、施工、运行和管理等的文章和资料,在国际上还是很多的,其中有一些理论性较高的文章。近年来可再生能源综合性论文也较多。这些都是我们可以获得的基础资料。

当然,国内情况有所不同。由于我国小水电 50 多年来得到了巨大、快速的发展,积累了大量经验,中央以及各级政府十分重视和大力支持,制订和不断调整了一系列政策措施,在此基础上,各种官方、非官方的文件和统计资料十分丰富、相当完整。这为我们提供了非常有利的基礎条件。

### 3 研究的目的、意义和内容

自从上世纪 70 年代世界石油危机以来,世界寻找“替代能源”的渴望持续高涨。而在 90 年代签订了《联合国气候变化框架公约》后,国际能源界更因可再生能源的“绿色”性能,对之特别青睐。近 20 余年来,世界许多发展中国家和一部份发达国家对小水电开发都比较重视,采取了积极方针,制订了目标较高的计划,出台了各种不同的激励政策和措施,而国际舆论和活动也给予相当的关注,目的都是试图促进小水电的大力发展。经过 20 多年的实践,小水电在亚太地区以至全世界的实际发展情况究竟怎么样?作为“替代能源”的作用多大?改善环境影响的效果如何?有哪些经验和教训应当吸取?持续发展的前景怎样?我国小水电建设 50 多

年来,取得了巨大、快速的发展,积累了丰富的经验,如何有效地进行国际交流与合作?在市场经济不断扩大和电力体制改革继续深化的新形势下,小水电发展面临哪些新的机遇和挑战?这些都是我们关心的问题。吸取国外经验和教训,为我国小水电决策部门提供战略咨询,也是我们从事国际小水电研究人员面临的严峻任务。为此,亚太地区小水电研究培训中心在2004年设立了一个软科学研究课题,并于年底完成了课题研究。

课题的具体内容是:

- 基本摸清世界(重点是亚太地区)小水电资源和开发的实际情况及发展前景;
- 搜集有关国家小水电发展的政策、措施及其实施结果,并研究、分析其有效性和经验、教训;
- 了解有关国家小水电效益(宏观与微观)的分析,包括理论与实际结果;
- 研究私人资本介入小水电开发的国际现状及与我国的对比。

通过上述研究,要求达到以下目的:

- 为我国小水电决策部门提供一份全局性的、有深度、有前瞻性和独立性的参考材料;
- 为我国开展小水电国际合作与交流,提供有针对性和对制定政策有参考价值的基础资料;
- 为国际社会提供一份世界性小水电发展的综合研究材料;
- 通过了解基本情况,为我国和有关国家提供一些发展中国家对国际社会的需求信息,为更好地开展国际合作与交流提供支撑;
- 了解发展中国家的需求,从宏观环境上为我国技术和设备输出扫描商机。

从研究取得的成果看,上述目的已基本达到,且深度比过去已有的文献有所增加,做到了“站在深处,走在前头”。因此,在小水

电软科学研究方面的意义比较重大。

特别需要指出的是该课题的研究,本着“一切从实际出发”的精神,提出了多数发展中国家小水电发展不尽人意、未达到预期效果的结论,使我们在热闹的舆论和积极的计划和政策下面,能看清实际情况。期望很高,发展不快,必有原因。这促使人们冷静分析,认真对待。经常听到事物两面性的说法:“全面看,有两面;两面看,就全面”,如果能从国外一些挫折中找到阻碍发展真正的深层次原因,恐怕得益也会不亚于正面经验的借鉴。面对我国正处在小水电发展的高潮,这样的分析也起到“处盛见衰,居安思危”的警惕作用,以便总结正、反经验,采取措施,保证小水电事业持续、健康发展下去。

另外一个重要问题是小水电的负面环境影响问题。一般来说,小水电被认为是清洁能源,生态效益显著,其负面影响较小,特别是与大水电和传统火电比,优点是突出的。但近 20 年来,在发达国家里,小水电的负面环境影响已经相当明显,甚至成为小水电发展的主要制约因素。我国近年来,一些地方出现了无序开发,河流区间断流、水质恶化、自然景观被破坏、著名鱼种绝迹等等负面影响,值得重视;如不及时采取适当措施,也有可能成为制约发展的因素。本书由于时间和人力不足,对此问题未作具体深入的研究和叙述。

## 第二章 各国小水电资源、开发概况与发展前景

### 1 背景说明

国际小水电资源及开发情况在国内曾有多种资料和文章登载,但都有些出入。在国外至今也找不到权威的新统计资料。原因复杂,但至少有几个主要因素:

——小水电的定义和范围各国不统一。有的以 10 MW 以下为小水电,有的可到 25 MW,中国甚至达到 50 MW。对各国标准过去已有许多介绍,本书不再重复。统计口径不同,可比性差,难以相加。

——对小水电资源,有的国家只提供年电量而没有相应的可装机容量。

——在许多国家里,小水电并没有形成独立的产业或行业,有些是和大大水电合在一起统计的。

——有些发展中国家由于种种原因,数据变动较多,特别是已开发的电站,以后又有许多停止运行,这也给统计带来难度。

因此,迄今为止,无论是联合国有关机构,还是一些权威的国际民间组织,如 WEC(世界能源理事会)、IEA(国际能源署)、IHA(国际水电协会),以及《国际水力发电与大坝建设》多年来都没有定期更新世界各国小水电统计资料。我们仅根据《国际水力发电与大坝建设》1996 年及 1997 年年刊公布的全球部份国家的资料,整理成一份表格,并对其中缺乏统计的国家,特别是亚太地区发展中国家,根据 2000 年以来的新资料另成一表。统计的时间有先后,数据有不一致的。但我们认为有这样一份资料,总可得出一些结论。至少我们列出的资料在数量级上不会有误,如是属于数千千瓦还是数万、数十万

千瓦级,是可靠的,可供小水电工作者作政策性参考。

虽然以国别为基础的统计资料难找,但以各大洲为基础的小水电资源资料却有不少。经比较和分析,我们选用了 WEC 在 1992 年公布的“1990~2020 年世界能源大会委员会关于可再生能源、机遇与障碍问题”报告中的统计资料。

此外,小水电作为最现实的可再生能源,近 20 年来在世界能源和农村发展中已经成为热门话题,但多数国家的实际发展情况并不如人意。我们为此从以下几个方面整理了一些统计表格:

- 全球小水电已开发装机容量超过 100 MW 的国家;
- 部分国家小水电装机容量占整个水电的比重;
- 各国农村电气化发展程度。

小水电在各国能源中的比重虽然很小,但它和各国的经济发展还是有关系的。因此,我们也搜集了有关国家 GDP 增长的资料,供对比。值得注意的是,GDP 增长缓慢的国家,小水电发展也很慢,但 GDP 增长较快的发展中国家,小水电不一定同比增长。

对一些水电发展中的重点国家,我们还按国别搜集整理了一份单独的材料,从自然、社会、经济概况、水电资源、能源结构、水电管理体制、农村电气化等方面提供一些基础资料,供查阅、参考。

需要说明的是本书统计国别以亚太地区发展中国家为主,但为了能在广泛的基础上进行思考和比较,对有条件的项目,也尽量收入了发达国家和其他地区发展中国家的资料。综合本书各种统计数据看,近 20 年来小水电在世界上虽然得到了明显的发展,但无论在能源、电力或水电行业中,小水电的比重仍然很小。尽管如此,发展小水电的重要意义还是越来越为人们所重视。这里摘录三个时期世界权威组织的评价,供参考。

(1) 1981 年联合国“新能源和可再生能源大会”水电专家组对小水电的评价是:“虽然小水电在整个水电发电量中所占比重很小,但它在某些发展中国家的农业地区可能有很重要作用。”

(2) 1992 年世界能源大会委员会发表的“1990~2020 年可再

生能源的机遇与障碍——小水电篇章”中,指出:“有情况表明,在国家的政策对可再生能源有利的情况下(如提供资助并鼓励对可行的项目投资等),小水电发展的步伐得到了显著的加快。”

(3) 2003年第三届世界水论坛上发表的“部长宣言”肯定了水电的作用,并呼吁“加大对所有可再生能源包括水电的利用。”还明确了:“可再生能源政策/立法应该涵盖所有规模的水电站;根据具体情况,大型和小型水电项目的作用都要发挥。”

这可以说是近20年来国际社会对发展小水电所达成的各阶段的共识。

此外,20年来各种国际组织包括联合国有关机构举行过一系列小水电会议,对小水电发展作出了许多决议和呼吁。可以说,国际宏观形势和国际社会的舆论对小水电发展形成了很有利的环境。

尽管如此,从实际情况来看,世界小水电的发展,特别是在发展中国家,20年来的进程是不尽如人意的。我们搜集分析大量的统计资料,发现了这个严酷的事实,觉得有必要客观地反映出来,以免在一片叫好的宏观形势下和热闹的舆论环境中,误认为国际小水电和中国一样已经得到了大量快速的发展。相反,我们小水电国际工作者有必要客观深入地研究为什么会有如此大的反差。

迄今为止,中国小水电的发展是快速和大规模的,在世界上可说是绝无仅有的。但是,当市场经济继续发展到一定的程度,情况与其他发展中国家相似的时候,中国的小水电发展是不是也会受阻?如何才能做到“持续发展”,这是我们要认真研究的。

## 2 部份国家小水电资源及其开发概况

根据我们能够搜集到的新、老资料,整理成以下几个表格:

——世界各大洲已开发的小水电资源估计(表2-1)。

——亚太地区及其他地区部份国家小水电资源及开发概况表(表2-4、表2-5、表2-6、表2-7)。

——全球小水电装机容量超过 100 MW 的国家(表 2-10)。

除按装机容量统计外,另有按 GWh(百万度)年发电量统计的表。为简化计,本书不全表登载,仅介绍一个全球数,即 2010 年全球现实可行(或已开发的)的小水电资源为 2 124 亿 kW·h。这个数字和我们在“世界水电分布统计表”(摘自国际水电协会 2003 年白皮书)中列出的 2010 年小水电估计开发量 220 TWh/年,即 2 200 亿 kW·h/年是基本一致的。如按年利用小时数为 4 000 h 折合,估计装机容量约为 5 500 万 kW。按白皮书估计,2010 年世界水电资源开发装机容量约为 10 亿 kW,则世界小水电(<10 MW)已开发的资源占整个水电的比例为 5%~6%(1995~2010 年)是可靠的。

## 2.1 世界各大洲已开发的小水电资源估计

对于世界能源大会委员会“关于 1990~2020 年可再生能源的机遇与障碍问题”的报告(小水电篇章,1992 年 8 月),虽然这份资料公布时间早了一些,但迄今我们尚未找到更新的同类统计资料,故仍采用,作为对比参考。通过表 2-1,我们会发现一个重要问题,即世界可开发(包括技术可开发与经济可开发)的小水电资源究竟是多少?正如在前面所表述的原因,迄今难以找到这个确切数据。为此,我们先从整个水电资源的估计来推算。但世界可开发水电资源的总数也不是现成的。这是因为:“技术可开发”与“经济可开发”的定义在世界各国并不统一,而这两方面的统计数字并不能简单从一条河的“总流量”和“总水头”就可取得。确切的数字需有具体的可建水电站址为基础,把该国所有可建站址查勘出来,这是一个十分复杂和包含大量工作的过程,许多国家尤其是发展中国家难以做到。迄今为此,各个世界权威组织为此做了大量估算推测。我们仅以几种估算为依据:

——《水力发电与大坝建设》1996 年刊载的“世界水电资源”称,世界技术可开发水电资源为 1 761 469 MW,即 17.6 亿 kW(年电量 73 053 亿 kW·h),其中中国为 3.78 亿 kW。

——世界能源理事会“1990~2020 年可再生能源的机遇与障碍——小水电篇章”刊载“世界经济可开发水电资源”为 82 950 亿 kW·h/年,约折合 21~24 亿 kW。

——联合国新能源与可再生能源大会 1980 年专家小组报告提出,世界水电资源约为 22 亿 kW,年电能 97 000 亿 kW·h。

——IHA 2003 年白皮书指出,2001 年世界水电发电量为 27 400 亿 kW·h,折合 7 亿 kW,为可开发资源的 30%左右,则可开发资源为 23 亿 kW。

综上所述,我们认为世界水电可开发资源大致在 22~24 亿 kW。依此推算,世界小水电可开发资源(<10 MW)大致为 1.2~1.44 亿 kW。当然,这个数字是不断更新的,只能做为当前参考。我国可开发小水电资源如以原统计数 7 000 万 kW 计(仍以<25 MW),占世界一半左右。

表 2-1 世界已开发的小水电资源估计(<10 MW) (Realizable potential)

		按正常情况估计(MW)				
年份	1990	2000	2005	2010	2020	
大洲名						
北美洲	4 302	4 861	5 154	5 464	6 152	
拉丁美洲	1 113	1 992	2 607	3 444	5 751	
西欧	7 231	8 822	8 704	10 577	12 587	
东欧及独联体	2 296	2 801	3 082	3 359	3 997	
中东及北非洲	45	81	108	140	233	
次撒哈拉非洲	181	324	434	560	935	
太平洋	102	124	137	149	177	
中国	3 890	6 963	9 331	12 036	20 101	
亚洲	343	614	823	1 061	1 772	
合计	19 503	26 583	31 441	36 790	51 706	

续 表

按有利情况估计(MW)					
年份 大洲名	1990	2000	2005	2010	2020
北美洲	4 302	6 829	8 604	9 849	12 906
拉丁美洲	1 113	2 125	2 937	3 839	6 557
西欧	7 231	11 478	14 462	16 555	21 692
东欧及独联体	2 296	3 645	4 592	5 257	6 889
中东及北非洲	45	86	119	156	266
次撒哈拉非洲	181	345	477	624	1 065
太平洋	102	162	204	234	306
中国	3 890	7 428	10 264	13 415	22 915
亚洲	343	655	905	1 183	2 021
合计	19 503	32 753	42 564	51 112	74 616

表 2-1 的说明:

(i) 所谓“按正常情况(business as usual)”是指按现在通行的一般预测。除美国和加拿大外,世界各大洲容量和年电能的预测是按下列电力年增长率为依据的。

表 2-2

	到 2005 年	2005~2020 年
北美、太平洋、东、西欧(工业化地区)	2.00%	1.75%
其他地区(发展中国家)	6.00%	5.25%

以上数据是由联合国及世界银行提供的。

(ii) 所谓“按有利情况估计(Favorable Case)是指发展中国家在下列各方面作出承诺的情况,即:对开发可再生能源的支持,最大限度地减少发展的障碍,合理的利率,对有价值项目的资金投入等。在这种情况下,预测的电力增长率应为: