



Koninkrijk
der Nederlanden



Australian Government

AusAID

Supported by the Australian Government, AusAID



加速中国可再生能源商业化能力建设项目

系列图书

中国无电地区 可再生能源电力建设

全球环境基金/联合国开发计划署

时璟丽 都志杰 任东明 等编著



化学工业出版社

项目成果第三卷

加速中国可再生能源商业化能力建设项目
系列图书

中国无电地区 可再生能源电力建设

全球环境基金/联合国开发计划署

时璟丽 都志杰 任东明 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

声 明

该出版物表达的观点仅代表作者，不代表澳大利亚国际发展署。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国无电地区可再生能源电力建设/时璟丽, 都志杰,
任东明等编著. —北京: 化学工业出版社, 2009.1
(加速中国可再生能源商业化能力建设项目系列图书)
ISBN 978-7-122-04004-6

I. 中… II. ①时…②都…③任… III. 再生资源:
能源-发电-研究-中国 IV. TM619
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 166420 号

责任编辑: 王 斌 伍大维
责任校对: 宋 夏

装帧设计: 王晓宇

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: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 433 千字 2009 年 1 月北京第 1 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: 120.00 元

版权所有 违者必究

序

PREFACE

商业化发展是可再生能源行业几代人的梦想。1997年，一批可再生能源事业追梦者，发起了“促进中国可再生能源商业化发展能力建设项目”。它旨在通过全球环境基金的援助，引进国际上发展可再生能源的经验，加速中国的可再生能源商业化进程。项目的目标是以市场为导向，重点放在关键可再生能源技术的推广应用。项目包括能力建设、技术援助和技术转让等活动。在能力建设方面，通过资源评价、项目评估、商务开发、融资和建立标准等活动，推动中国可再生能源的大规模开发；通过成立中国可再生能源产业协会促进行业内部的信息交流，引进投资机会平台，帮助潜在的投资者开发投资机会。在技术应用方面，通过进行蔗渣热电联产、沼气和村级风光互补系统三个子项目的示范，克服在中国广泛采用可再生能源技术的障碍。根据这些示范项目的实施结果，编制了一套具有广泛适用性的项目设计和融资指南，供推广这些项目时参考、采纳。

经过长时间的精心准备，1999年3月，中国政府在联合国开发计划署和全球环境基金的支持下，正式开始实施该项目。经过近8年的努力，项目达到了预期的目标。本项目实施的过程见证了中国可再生能源商业化发展的历程，期间《中华人民共和国可再生能源法》颁布并开始实施，《可再生能源中长期发展规划》颁布，中国的可再生能源从一个弱小的产业成长为一个生机勃勃的新星，具有了初步的商业化发展能力。中国的太阳能热水器产业、光伏发电和沼气产业已经居世界第一位，风电也居世界前列。中国可再生能源行业几代人的梦想开始成为现实。

在回首往事和展望未来的时候，我们很难忘记“加速中国可再生能源商业化能力建设项目”的贡献。现在我们将项目成果汇集成册，以纪念该项目对中国可再生能源发展的历史贡献，同时也是对项目实施过程中做出各种贡献的国内外同仁的一种褒奖，激励他们继续为可再生能源的商业化发展进行持之以恒的努力。



李俊峰

国家发展和改革委员会能源所副所长、研究员

2008年11月

In front of us is a book that documents the achievement of a successful cooperation between China and the United Nations and fruits of ten-year hard working by a group of dedicated professionals, national and international, in support the commercialization of renewable energy in China.

Back to mid-1990s when the project was designed, China's renewable energy industry, although enjoyed a long history, was in its infancy. Few policy-makers viewed renewable energy as an effective mean to address challenges of energy shortage, environment deterioration and poverty. Renewable energy entrepreneurs and researchers were struggling to enter the energy market that was flooded with polluting fossil fuels. The industry and banking sector stayed away due to lack of awareness and interest in the economic viability and bankability of renewable energy projects.

The Project, that was financed by Global Environment Facility, Australia and the Netherlands and jointly implemented by the National Development and Reform Commission and the United Nations^①, addressed this situation from three aspects.

1. Policy advice. The Project always held policy study and recommendation high on its implementation agenda. As a result, hundreds of energy policy-makers, industry leaders and experts were brought to an extensive exposure to policy establishments and successful programmes and practices that had successfully promoted renewable energy applications in developed and developing countries. A number of in-depth policy studies were completed by national experts with help of international renowned consultants that covered the pricing policy and development plan for wind power, a national action plan for industrial-scale biogas development, the national biomass development roadmap, etc. The Project directly supported the promulgation of the Renewable Energy Law that came into effect at the beginning of 2006. These achievements have greatly contributed to the establishment of an effective and supportive policy framework for renewable energy advancement in China.

2. Capacity building. The project gave a birth to Chinese Renewable Energy Industry Association (CREIA) and nurtured it through the first miles of its long journey. CREIA has now become a full-fledged body instrumental for China's renewable energy industries to strengthen their own capacity and compete in the energy market in China and beyond. In addition, a series of training activities were implemented for four sectors of renewable energy

① It included United Nations Development Programme and United Nations Department of Economic and Social Affairs.

industry including wind farm development, solar thermal technology, industrial biogas utilization and village scale electric power systems.

3. Technology demonstration. The project constructed a dozen of pilot projects covering wind-diesel and wind-solar community power systems, large biogas generation and utilization, sugar cane bigasse co-generation and solar collector certification. Those demonstration activities not only directly helped participating institutions and communities but also showed the economic, environmental and social benefits of renewable energy technologies. The demonstration sites received numerous visitors, Chinese and foreign, and their story was widely covered by mass-media.

It is fair to say that the Project played a catalytic role to China's renewable energy booming. Today the country hosts a robust wind power industry and the largest solar energy (photovoltaic and thermal utilization) market of the world in addition to continuously taking the lead in biogas and hydropower development. What is happening in China is definitely a strong push to the world's renewable energy expansion and great contribution to combat against environmental pollution including climate change.

The Project would not possibly come to such fruition without the hard-working and team spirit of all participating institutions and individuals. At the risk of missing a lot, I wish to name the following whose dedication and professionalism were invaluable for the success of the Project and China-UN cooperation. They are: Mr. Wu Guihui, National Project Director and Mr. Shi Lishan, Director of Project Management Office, whose timely guidance and direction ensured the Project always aligned with and contributing to national priority; Dr. William Wallace, Senior Technical Advisor and Mr. Wang Zhongying, National Project Coordinator, two gentlemen who designed each and every project activity and ensured their execution to the perfection; Mr. Zhu Junsheng, Director, and Mr. Li Junfeng, Secretary-General of CREIA, who succeeded in letting the Chinese renewable industry better know about international best practices and the international renewable energy community know better about China's today and future. Also included are: Judy Siegel, Charlie Dou, Wang Sicheng, Cai Changda, Xu Honghua, Li Aixian and Qin Haiyan. To them I hold the highest respect.

李少义^①

2008年11月

^① 李少义, 1998~2007年期间代表联合国经济和社会事务部(UNDESA)担任“加速中国可再生能源商业化能力建设”的项目经理和项目办副主任, 负责项目的设计和实施工作; 现任联合国亚洲及太平洋经济社会委员会(ESCAP)能源安全部主任。

前言

FOREWORD

本出版物是联合国开发计划署/世界环球基金/中国国家改革与发展委员会在中国的“加速中国可再生能源商业化能力建设项目”（CPR/97/G31 Capacity Building for Rapid Commercialization of Renewable Energy in China）的成果汇编。

电力的使用，能通过提供良好的健康服务、改善的教育条件以及减少繁重的非生产性的家务劳动，从而改善人们的生活水平。不仅如此，尤其在边远地区，电力还可以增加生产性经济活动，创造增加收入的机会。但是截至 2000 年，中国还有约 5% 的人口没能用上电，而且从经济可行性的角度看，这些地区大多数无法通过电网延伸来解决用电问题。

通常情况下，这些地区大多拥有非常丰富的可再生能源资源。采用可再生能源技术来解决用电问题会给这些地区带来社会、经济和环境等各方面的效益。但是，利用可再生能源解决农村社区用电问题，对所有相关方面包括政府管理者、项目设计者、系统集成商和融资方等，都是一个崭新的领域。因此，探索潜在的资源和需求，获得技术和管理上的第一手经验成为当务之急。在联合国开发计划署/世界环球基金/中国国家改革与发展委员会的“加速中国可再生能源商业化能力建设项目”支持下，本子项目——利用可再生能源技术来解决农村村落（社区）用电问题的项目应运而生。本子项目包括了六个和可再生能源村落供电有关的具体项目，并分别由各中选单位完成。

1. 可再生能源村落供电技术的需求和前景评估

承担单位：北京计科电可再生能源发展中心

2. 编写“中国农村电力项目建设指导书”

承担单位：都志杰（Charlie Dou）等

3. 小型农村社区可再生能源电力建设风能太阳能资源评估

承担单位：北京计科新能源技术开发公司

4. 农村社区可再生能源电力建设示范项目

承担单位：北京远东博力风能设备有限公司

5. 支持中国农村社区可再生能源电力建设项目规模化

承担单位：北京计科新能源技术开发公司

6. 可再生能源（RESCO）服务培训

承担单位：北京计科电可再生能源发展中心

这些项目分别在 2000～2006 年期间实施。项目的成功运作，极大地提高了中国各有关方面对可再生能源技术本身和发展农村社区可再生能源电力的认识，并获得了重要的经验和教训，为中国政府制定相关无电地区可再生能源电力建设政策提供了基础。这些项目的实施和成果，不但在中国西部地区开展的大规模的“送电到乡”项目中发挥了积极作用，而且使整个国际社会获益颇深。

本书把各具体项目中最有价值的信息汇编成册，以供广大中外读者借鉴。

本书以中英文同时出版。

目 录

CONTENTS

第一章 项目背景与中国无电地区可再生能源电力建设现状分析 1

第一节 中国农村无电地区现状及其对贫困的影响.....	1
一、中国的能源结构.....	1
二、中国农村的电力建设和无电地区.....	1
三、中国的可再生能源资源.....	4
第二节 项目的策略和方法.....	5
一、项目的目标.....	5
二、项目的策略.....	6
三、农村可再生能源电力建设子项目的组成.....	7
四、项目的预期成果.....	8
五、特殊的考虑.....	9

第二章 中国无电地区利用可再生能源技术实现社区通电的需求和前景评估 10

第一节 全国无电村落和农牧户分布情况	10
第二节 青海省利用可再生能源技术实现社区通电的需求和前景评估	14
一、青海省概况	14
二、太阳能和风能资源概况	15
三、青海省太阳能光伏发电的发展概况	16
四、农村通电工程规划	16
五、青海省无电村落和无电户的分布情况	17
第三节 内蒙古自治区利用可再生能源技术实现社区通电的需求和前景评估	23
一、内蒙古自治区概况	23
二、太阳能和风能资源概况	23
三、内蒙古自治区风力发电和光伏发电的发展概况	25
四、农村通电工程规划	26
五、内蒙古自治区无电村落和无电户的分布情况	29
第四节 新疆维吾尔自治区利用可再生能源技术实现社区通电的需求和前景评估	31
一、新疆维吾尔自治区概况	31
二、太阳能和风能资源概况	32
三、新疆太阳能光伏发电的发展概况	34
四、农村通电工程规划	34
五、新疆无电村落和无电户的分布情况	35
第五节 甘肃省利用可再生能源技术实现社区通电的需求和前景评估	42
一、甘肃省概况	42

二、太阳能和风能资源概况	43
三、甘肃省太阳能发电和风力发电概况	45
四、解决农村供电的计划	46
五、甘肃省无电村落和无电户的分布情况	48
第六节 中国无电海岛情况及利用可再生能源技术实现社区通电的 需求和前景评估	49

第三章 中国农村电力项目建设指南 52

第一节 目的	52
一、背景	52
二、指导书的主要目的	53
第二节 社区可再生能源电力建设指导及具体实施策略	53
一、农村通电的重要性以及无电地区可再生能源电力建设的社会、经济和 环境效益	53
二、边远地区社区通电的可行方案	54
三、各种社区供电方案的经济性评估	62
四、项目建设过程中各方的作用、项目建设的模式和融资	72
五、所有权和管理模式	75
六、社区可再生能源发电系统建设中的其他若干重要方面	81
七、典型实例介绍	87
八、经验与教训	88
第三节 无电地区电力建设实践指南（包括从资源评估到系统运行的分步骤 实施细则）	90
一、负荷分析和负荷增长估算	90
二、小水电发电系统	92
三、燃料独立供电系统（使用柴油或汽油）	95
四、风力发电系统	98
五、太阳能光伏发电系统	103
六、可再生能源混合发电系统	105
七、系统综合设计	105
八、防雷和接地	108
九、控制房和土建施工	109
十、输电线路和入户线	109

第四章 小型风能和光伏系统的可再生能源资源评估 110

第一节 背景	110
第二节 中国小型风能和光伏系统的可再生能源资源评估	110
一、接收和储存及管理测风设备	111
二、与区域负责单位签署合作协议	111
三、组织项目培训工作	111
四、给区域负责单位发运测风系统设备	112

五、测风设备安装情况	114
六、测风数据收集、汇总和分析	117
第三节 可再生能源资源评估培训材料	122
一、风力资源基础	122
二、监测点选择和评价	123
三、气流特性	123
四、设计现场监测方案	125
五、针对具体地点的资源评估	128
第四节 存在的困难和问题	141
一、经验教训	141
二、结论	142
三、建议	142

第五章 农村无电地区可再生能源电力建设示范工程 143

第一节 项目背景	143
第二节 项目概况	144
一、布伦口乡	144
二、UNDP 布伦口可再生能源独立供电项目	146
第三节 技术评估	148
第四节 社会影响评估	150
一、住户特征	150
二、收入	150
三、消费	154
四、教育	155
五、电力和生产性应用	156
六、生活质量	160
七、学校	161
八、医疗	162
九、电费	163
十、付费的意愿	164
第五节 可持续运行和管理	164
一、可再生能源服务站的概况	164
二、可再生能源服务站系统操作人员	165
三、资金管理	166
四、电费收取和管理	166
五、保证可持续性	167
六、项目的未来展望	169
第六节 宣传：大众媒体和研讨	170
一、中国新疆克州社区可再生能源独立供电系统研讨会	170
二、社区独立供电系统可持续运行机制建设研讨会	171

三、联合国开发计划署驻华高级副代表考察新疆布伦口社区可再生能源独立供电系统·····	172
四、发表论文·····	172
五、RESCO 研讨会·····	172
六、制作了 UNDP 布伦口可再生能源服务站的 VCD·····	173
第七节 项目的经验教训和宣传推广前景·····	173

第六章 中国无电地区可再生能源电力建设的规模化发展 ····· 177

第一节 项目背景·····	177
第二节 调查工作任务及进展·····	178
一、专家队伍和准备工作·····	178
二、调查问卷的准备·····	179
三、现场调研·····	179
四、“送电到乡”工程项目数据库的开发·····	180
第三节 “送电到乡”工程项目基本情况调查结果·····	181
一、“送电到乡”工程项目完成情况·····	181
二、“送电到乡”光伏和风光互补电站目前的运行情况和管理情况·····	181
三、关于水电站的调查结果·····	186
四、关于送电到乡工程项目业主的调查结果·····	187
五、关于电站运行管理状况的调查结果·····	189
六、关于“送电到乡”工程项目故障情况调查·····	191
七、关于电费水平、电费的收取和管理的调查结果·····	192
八、关于 2006~2020 年（15 年）电站运行维护费用的调查·····	194
九、关于商业化运营可能性的调查·····	196
十、“送电到乡”工程项目目前存在的主要问题·····	196
第四节 对“送电到乡”工程项目的建议意见·····	197
一、对“送电到乡”工程项目的总体评价·····	197
二、关于项目业主的建议·····	197
三、关于电站的日常运行维护·····	198
四、关于提供后期技术支持的可再生能源服务公司的选择·····	198
五、关于“送电到乡”工程项目相关各方关系·····	198
六、关于 2006~2020 年（15 年）电站运行维护费用补贴的建议·····	198
七、关于电费水平、电费的收取和电费管理·····	201
八、“送电到乡”工程项目后期运行费用的融资办法·····	202
九、“送电到乡”工程项目后期运行管理原则·····	202
十、关于商业化运营·····	204
十一、“送电到乡”工程项目运行管理的结论性建议·····	204
第五节 对“送电到村”工程项目的建议意见·····	204
一、对于集中供电的村庄供电系统·····	204
二、对于户用电源·····	206

第六节 下一步工作计划建议.....	208
--------------------	-----

第七章 无电地区可再生能源电力建设工程的可持续运行 (RESCO 培训)	228
---	------------

第一节 项目背景.....	228
第二节 可再生能源服务机构 (RESCO) 培训的任务和进程	229
一、目的.....	229
二、主要期望的结果.....	229
三、具体任务.....	230
四、任务的实施.....	230
第三节 可再生能源服务的基本概念和培训材料.....	231
一、农村能源服务的挑战和机遇.....	231
二、农村可再生能源服务的基本任务.....	237
三、国际农村可再生能源服务模式、经验和案例分析.....	247
四、国际农村可再生能源服务模式、经验和案例分析.....	251
五、中国现有的农村可再生能源服务模式、经验和案例分析.....	261
第四节 培训所产生的影响.....	264

第八章 主要经验教训和结论	266
----------------------------	------------

第一节 成功与经验.....	266
一、实施了规模最大、最成功的无电地区可再生能源电力建设项目.....	266
二、直接效益和影响.....	267
三、教育和医疗保健条件得以改善.....	267
四、促进了小规模创收性 (生产性) 的应用.....	267
五、可再生能源的技术被证明是成熟可行的.....	267
六、促进了相关产业的发展.....	267
七、环境保护.....	268
八、对国际社会的贡献.....	269
第二节 经验教训.....	269
一、关于大型风力发电场.....	269
二、关于可再生能源户用供电系统.....	269
三、关于村落 (社区) 可再生能源集中供电系统.....	269

第一章 项目背景与中国无电地区 可再生能源电力建设现状分析

第一节 中国农村无电地区现状及其对贫困的影响

一、中国的能源结构

中国的能源消耗量在 1996 年就达到了惊人的数字，相当于消耗了 138800 万吨标煤，这一数字，使中国成为仅次于美国的世界第二大能源消耗国。在过去的 15 年中，当中国的 GDP 以平均每年 10% 左右的速度增长的同时，中国的能源消耗也在以年均 5%~6% 的速度增长。众所周知，中国的能源结构以煤为主，2000 年，煤炭约占所有商品能源总量的 71.25%，燃油类约占 24.22%，水电约占 2.07%，天然气则占了剩余的 2% 左右。这些比例数字表明，矿物燃料为中国提供了约 96% 的商品能源（一次能源）。据专家预测，到 2020 年，为满足经济增长的需求，煤炭消耗量将达到 2000 年消耗量的三倍之多，而燃油产品消耗也将呈现出快速上升的趋势。

矿物燃料的燃烧已经严重导致地方性和区域性的环境问题，它不仅造成严重的空气污染，而且也增加了水质污染甚至土质污染，这都对人类的生存环境带来了极大的危害。低效率的能源生产和传输，尤其是劣质煤炭的燃烧，进一步加剧了空气等的污染。据有关研究表明，空气中的微尘污染是导致肺病的重要原因，这在中国是致使成人死亡的最大因素之一。据统计，因肺病而死亡的成人占成人死亡人数的 26%。煤的燃烧特别是硫含量高的煤的燃烧还会形成酸雨，在中国南方地区，酸雨是严重危害森林、庄稼和水生动物的罪魁祸首。

中国以矿物燃料为主的能源结构现状，也意味着二氧化碳排放量的迅速增加。在全球二氧化碳排放量的比例中，中国为 13%，并且这一比例仍处于上升趋势（当然这一现象在许多发展中国家也是非常普遍的）。据估计，在未来的十多年内，中国的二氧化碳排放量将超越美国，这就意味着，到 2015~2020 年时，中国将成为全球最大的二氧化碳排放国家。

可再生能源，作为可以替代矿物燃料的新能源，对环境无害或危害极小，而且资源分布相当广泛，可以为人类的生存提供一个更为健康的环境。在中国，发展利用可再生能源，可以大大减少因矿物能源燃烧而产生的污染，从而为改善地区性与全球性的环境作出贡献。

二、中国农村的电力建设和无电地区

一个社会要从解决基本生存问题发展到繁荣强盛阶段，一些基本的服务是必备的并且应该是可以承担得起的。这些基本服务包括饮水、医疗、教育、运输和通讯等。而电力资源的

有效使用不仅是实现这些服务的前提，更是建设和谐社会加速社会进步的重要因素。

电力的有效使用，通过提供更完善的健康服务（改善医疗供应，降低室内污染，获得清洁饮用水等）、更好的教育（更为有效的教育和培训设施，改善照明条件以方便夜间学习等）以及减少妇女用于非生产性家务的时间和精力，可以改善人们的生活水平与生活质量。电力同时也是增加经济生产、创造新的创收机会的工具。电力使偏远农村地区的人们能够使用现代化的通讯系统与外部世界沟通，摆脱与世隔绝的状况。电力资源无形中成为这些农村社区与当地的市場以及国内其他地区市场的联系纽带，而这一纽带对脱贫致富起到了至关重要的决定作用，并且促进了国家政治与社会的凝聚力^①。

通过电网的延伸，中小型水电以及其他可再生能源的应用，到 2000 年中国取得了电力覆盖范围比例超过 95% 的喜人成绩，这一数字远远超过了其他大多数发展中国家。然而，在中国，1% 就意味着一千三百万人口。而且，过去所取得的成就还意味着今天中国尚未通电的农村地区，往往都处于电网无法覆盖、人口密度低且非常偏远的地区。另外，在持续发展的电力改革形势之下，人们在评定企业的绩效时通常都把视线集中在资产负债表的数字上，从而更为忽视采用传统的电网延伸方法向这些低负荷（也意味着低利润）的偏远地区传输现代电力服务，并且从经济性角度来看也越来越不可能。

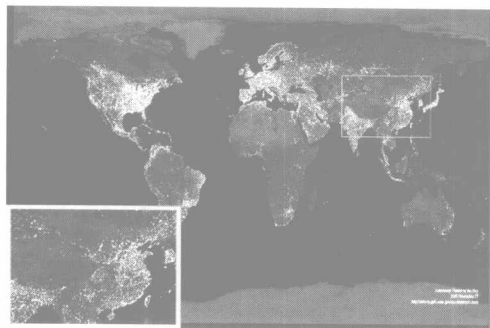


图 1.1 世界与中国的夜晚

众所周知，尽管各类可靠的服务要依赖于电力能源，但当新世纪的钟声敲响时，中国仍有约 700 万个家庭还生活在无电世界里。这个数字中的大部分家庭都生活在远离中国繁华东部的西部农村。那里的孩子只能在昏暗的煤油灯下学习，妇女和男子缺乏最基本的、需要电力来驱动的工具。近年来，电力供应不断增加，而它增长的高度不平衡分配表现出国家内部的不平等分配。图 1.1 是通过卫星拍摄的夜间照明情况，可以清楚地看到全球和中国通电的分布。

虽说无电仅是农村社区发展缓慢的众多原因之一，但事实告诉我们，同一地区的无电村往往比有电村更贫穷，这也就是为什么在全世界范围，农村电力建设规划成为各国发展规划中的核心部分之一。

电力为我们的生活带来了各种积极的利益，而这些好处可以通过其对社会、经济以及环境的影响来解读。

1. 社会影响

现代电力服务对于社会所带来的主要影响可以归纳为以下几点：

- ① 提高人们的生活质量；
- ② 增加信息获取渠道、发展社会活动；
- ③ 改善社区公共医疗服务；
- ④ 改善教育设施。

中国的无电村与无电户统计如表 1.1 所示。

^① Ms. Nemat Shafik, Empowering People and Transforming Markets Village Power, Washington, 2000, Dec.

表 1.1 中国的无电村与无电户统计^①

省市/自治区	无电县	无电乡	无电村		无电村合计/村	无电户合计/户
			行政村	自然村		
西藏	6	486	5254	—	5740	289300
贵州	—	—	3000	377	3377	1294000
甘肃	—	9	871	2384	3264	360173
内蒙古	—	—	960	2100	3060	249590
福建	—	—	960	1400	2360	249590
青海	1	94	773	1254	2121	101000
四川	—	126	1459	40	1625	648300
新疆	—	28	216	1095	1339	316200
宁夏	—	—	—	1306	1306	64000
湖北	—	—	75	975	1050	121500
河南	—	—	700	—	700	577000
广西	—	—	666	34	700	388600
云南	—	4	528	—	532	1003800
湖南	—	—	—	518	518	279500
河北	—	—	357	43	400	13800
陕西	—	11	344	—	355	289100
山西	—	—	259	—	259	112000
海南	—	—	253	—	253	160300
重庆	—	3	163	—	166	191900
安徽	—	—	17	33	50	80500
江西	—	—	17	33	50	287000
黑龙江	—	—	13	—	13	9100
辽宁	—	—	4	—	4	4800
广东	—	—	—	—	—	50800
合计	7	761	16,889	11592	29242	7141853

① 北京、上海、天津、香港、澳门以及台湾地区都不在此表统计之内。
来源：1999 年 7 月，北京 JKD 可再生能源发展中心《Plan of the first phase of Brightness Program of China》。

2. 经济影响

电力系统可促进经济发展。主要表现在：现有生产力的不断增长，新成立的小型企业活动的增加，小型企业的活动范围（包括零售及医疗服务）的扩大、出口贸易的增加（例如机械加工及其上游产品的加工）。这些活动直接或者间接地提供了就业机会、促进了经济的繁荣与发展。现代电力服务对于经济的主要影响可以归纳为：

- ① 增加农业和畜牧业收入；
- ② 改善饮用水及灌溉条件；
- ③ 促进机械加工业和各种服务的发展；
- ④ 建立酒店、餐馆和休闲娱乐中心；
- ⑤ 便于夜间作业。

3. 环境影响

对于中国偏远地区的居民而言，虽然全球气候之类的环境问题不是主要关注点，但是近年来天山雪线的上升意味着周围的湖泊和江河里的水越来越少。科学家不断地追踪酸雨现象及全球气候变暖后的温室气体排放量，发现主要根源是来自矿物燃料的燃烧（如煤炭、燃油以及柴油）。相比之下，可再生能源就很少甚至几乎不产生污染气体排放。另一方面，传统

的农村能源利用模式是通过燃烧煤炭及其他生物质能来进行烹饪或从事其他的家庭工作，这会导致严重的室内与当地区域性的空气污染，甚至会引起非常高的呼吸疾病发生率。采用可再生能源对环境保护的主要贡献为：

- ① 改善室内空气质量；
- ② 减轻当地生态系统和生物资源的压力；
- ③ 避免土地沙漠化；
- ④ 减少酸雨的形成；
- ⑤ 降低资源有限的矿物燃料的消耗；
- ⑥ 减少二氧化碳的排放。

三、中国的可再生能源资源

中国是世界可再生能源资源蕴藏量最丰富的国家之一。中国陆地风能资源储量达到300GW。太阳能辐射极佳，每年被地表吸收的太阳能辐射量就达到17000亿tce。中国部分地区的水能、生物质能和地热能资源储量也相当丰富，据统计，每年可用于发电的生物质能达到3亿tce，水能技术可利用资源量达到4亿kW，可用于发电的高温地热资源约5000万kW。图1.2、图1.3为中国的风能太阳能分布图，图中颜色越重的地方资源越丰富。图1.4为中国的降雨分布图。

尽管中国拥有丰富的可再生能源资源，但相对于占主导地位的矿物能源，可再生能源，除水电实现了商品化（1993年的装机容量为15MW，占全国总发电量的8%），其他可再生能源在中国能源供应中仅占非常微小的比例。截止到1997年年底，中国拥有14个大型并网风力发电场，总装机容量仅为150MW；小型风力发电机（50~5000W）超过14万个，总离网装机容量为17MW。尽管中国是世界小型风力发电机的制造基地，但没有能力制造200kW或更大容量的大型风力发电机。据1994年的统计数据：光伏（PV）发电系统的总装机容量只有3MW，其中约三分之一为户用系统；地热能总装机容量只有30MW；生物质能发电的总装机容量约达到800MW^①。

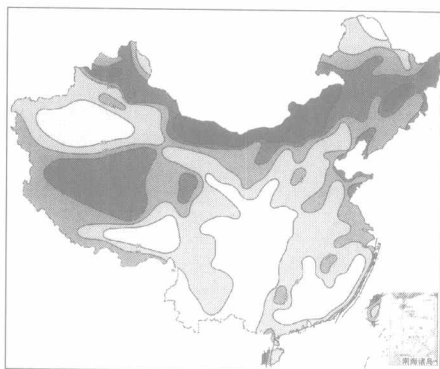


图 1.2 中国风能资源分布

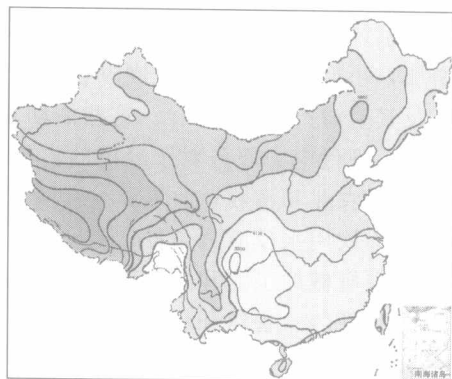


图 1.3 中国太阳能资源分布

^① 作为阐述本项目的背景，这里引用的数据都是在本项目设计时（20世纪90年代后期）的数据。在本书编辑时（2008年），中国政府在可再生能源应用上做了巨大的努力，情况已经发生了根本的变化。具体数据可参看本书具体内容和相关报告。

直到 2001 年,中国的可再生能源 (RET) 的发展一直都停留在研发与实验示范阶段。因此,可再生能源市场的发展相当缓慢,且经济上不可持续。由于缺乏关键的最起码的市场需求,投资者对于投资可再生能源系统或生产制造相关设备都抱着犹豫的态度。同时,由于生产的产品数量非常有限,小型技术如光伏电池的价格非常昂贵,即使市场有供应,消费者也不愿意购买或承受不了价格。

然而,世界银行和中国政府的研究报告“可再生能源发电”指出,许多可再生能源技术已经成熟,如果在公平的环境下,去除经济上和制度上的一些障碍,并且不断地研发可再生能源新技术,短时间内可再生能源在中国某些特定的地区是具有竞争力的。

由联合国开发计划署 (UNDP) /全球环境基金 (GEF) 资助、世界银行作为国际执行机构的技术援助项目——《温室气体排放控制的问题与对策》指出,在不久的将来,即使给予能源部门非常微小的帮助,也可以在环境保护方面产生非常显著的差异。通过战略性援助,提供公平竞争的环境,利用国际援助可以充分发挥可再生能源的潜力,并且大大改善中国的环境问题与控制温室气体排放。研究显示,根据一个保守的假设:如果现在采取很少或者根本不采取任何其他行动来推广可再生能源,那么到 2020 年,新的可再生能源发电 (不包括水电) 在整个电力使用中所占的比例将不会超过 1%。但是,如果采取适当的行动,中国电力供应的 6% 将来自于可再生能源。

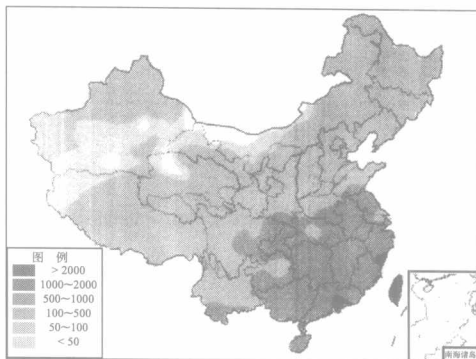


图 1.4 中国降雨量分布

第二节 项目的策略和方法

一、项目的目标

可再生能源,作为新型的可替代能源,可以为农村电气化提供一个健康环保并具有良好的社会效益的电力服务。在中国,正在开展的项目为可再生能源领域的投资者、制造商以及用户提供了很好的技术支持,可再生能源将对农村电力建设的可持续发展作出重大贡献。为了促进可再生能源技术的商业化运行,必须克服下面这些非技术性的障碍。

1. 可再生能源技术的投资规模过小

到目前为止,可再生能源项目本质上都仍是示范性试验项目,依赖于资助、软贷款和当地政府的支持。为了促进可再生能源在中国的可持续发展,并且通过工业化生产降低生产成本,需要一个国际化的空前规模的发展规划。例如,即使到 2020 年,中国可再生能源的发电量只等同于商品能源总量的 1%,它也将等同于至少一个不低于 1600 万 kW 发电厂的基本发电量,它需要的投资额大约为 150~300 亿美元。目前对于可再生能源部门的投资远远没有达到这个数字。

2. 缺乏使可再生能源商品化的市场导向

由于利用可再生能源技术进行电力建设是一个崭新的领域,从政府的政策到具体的项目实施都存在一定的空白。当可再生能源在中国通过示范项目已经证明其技术可行后,需要在