

“送电到乡”工程和“西部新能源行动”培训教材

(学员版)

光伏·风力 及互补发电村落系统

国家发展和改革委员会
国家科学技术部



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

CEPP

光伏·风力 及互补发电村落系统



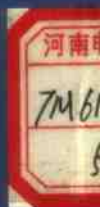
ISBN 7-5083-2621-0



9 787508 326214 >

定价：25.00 元

CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“送电到乡”工程和“西部新能源行动”培训教材

(学员版)

光伏·风力 及互补发电村落系统

国家发展和改革委员会
国家科学技术部



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是“送电到乡”工程和“西部新能源行动”培训教材(学员版)全书共18章,第1~7章全面介绍光伏发电、风力发电和互补发电的基本知识,以及蓄电池、控制器、逆变器、村落的构成及其主要性能;第8~14章重点叙述了光伏、风力及互补发电系统的应用、运行、维护、故障处理和安全问题;第15、16章介绍电站的管理和经济运行;第17章扼要介绍了与光伏及风力发电相关的电工知识;第18章是实验指南。在附录中还列出了与光伏发电站及风力发电站的管理、安全和救护工作有关的文件和规范,以及其他资料供读者参考。本教材的指导思想是通俗易懂、简明实用,为了便于与教学相结合,每一章都列出了思考题。

本书可供村落电站运行维护人员培训使用,也可供大中专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

光伏·风力及互补发电村落系统/国家发展和改革委员会、国家科学技术部编. —北京:中国电力出版社, 2005

“送电到乡”工程和“西部新能源行动”培训教材(学员版)

ISBN 7-5083-2621-0

I. 光... II. ①国... ②国... III. 电工技术—技术培训—教材 IV. TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第105728号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://www.ccpp.com.cn)

北京国江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005年1月第一版 2005年1月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 11.875印张 306千字 2插图

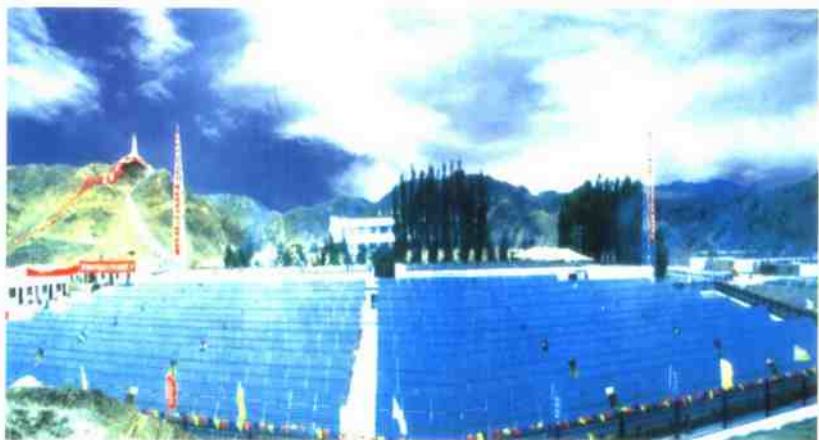
印数0001—3000册 定价25.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)



中国科学院电工研究所和德国技术合作公司的培训项目负责人为受训人员颁发“光伏系统培训教师资格证书”



新疆新能源公司建成中国最大的光伏电站——150kV·A 北塔山光伏电站。
2003年9月13日投入运行



北京科诺伟业公司在西藏古路乡建设的 46kW 光伏电站



西藏华冠公司在西藏高原建设的近百座光伏电站为高原农牧民解决了生活用电，同时也成为当地一道亮丽的风景



甘肃汇能公司设计、建设的甘肃肃北县马鬃山镇目前国内最大的 300kW 风光互补电站



青海省新能源研究所建设的玉树州玉树县下拉秀乡 50kW_p 光伏电站投入运行



天威英利新能源承建的国家光明工程送电到乡项目



内蒙古华德新技术公司在育良安装的 8kW 光伏供电系统

本书编委会

顾 问：张国宝 石定环

编 委：吴贵辉 史立山 李宝山 周 篁
孔 力 许洪华

主 编：陆虎瑜 马胜红

编写人员：陆虎瑜 马胜红 陈东兵 邹新京
刘海涛 吕 芳



电的发明和使用是继瓦特发明蒸汽机之后工业革命的第二个里程碑。今天，电已经成为人类现代文明社会最重要的生产资料和生活资料。建国初期，我国电力工业相当落后，1949年，全国发电装机容量仅有185万kW。在党和政府的高度重视和大力支持下，我国电力工业迅速发展，特别是改革开放以来，电力工业的发展更是日新月异，全国发电装机容量从1978年的5712万kW增加到1亿kW，用了9年，从1亿kW增加到2亿kW，用了7年，突破3亿kW，只用了5年，在世界电力发展史上堪称罕见的辉煌业绩。到2002年年底，全国发电装机容量达到3.53亿kW，年发电量16570亿kW·h，均跃居世界第二，有力地促进了国民经济的持续快速发展。中国幅员辽阔、地形地貌复杂，一些边远地区仍有相当数量的村落没有解决供电问题。据统计，在西藏、四川、青海、新疆等中西部边远地区还有约3000万人口无电可用，不能尽享人类的文明生活，经济和社会发展非常落后。这些无电地区位置偏远、居住分散，用常规办法解决用电问题在经济上不可行。党和政府十分关心无电地区的经济发展和人民生活改善，下决心逐步解决无电人口的用电问题。根据党中央、国务院的部署，国家计委于2001年启动了旨在解决无电乡乡政府所在地用电问题的“送电到乡”工程，这是继农网改造之后的又一项德政工程。

“送电到乡”工程采取可再生能源分散供电方式，因地制宜地建设小水电、太阳能光伏发电和风/光互补发电站，共

安排资金 50 亿元，其中国债资金 30 亿元，地方配套资金 20 亿元，用于解决全国 1061 个乡政府所在地的用电问题，其中采用太阳能光伏发电和风/光互补发电的乡 671 个，采用小水电发电的乡 390 个。目前，“送电到乡”工程建设进展顺利，太阳能光伏发电和风/光互补发电项目将于 2003 年年底全部建成投产，小水电项目也将于 2004 年年底全部竣工发电。

“送电到乡”工程地处偏远落后地区，建成后的管理和运行维护难度很大，如不未雨绸缪，建立有效的运行管理机制，建成的工程几年后将变成一堆废料。做好运行维护工作是确保电站可靠运行的关键，为确保“送电到乡”工程的可靠运行，国家发展和改革委员会已下发了关于“送电到乡”工程运行管理、运行维护人员培训和运行维护人员的基本要求等有关规定，对“送电到乡”工程的运行管理、运行维护人员的培训以及运行维护人员应具备的知识和技能提出了明确的规定和要求。

为了使“送电到乡”工程运行维护人员能够掌握比较系统的知识和技能，提高培训工作的质量，做到统一标准、统一要求，国家发展和改革委员会委托中科院电工研究所计科电可再生能源技术开发中心于 2002 年组织编写了“送电到乡”工程培训教材。本教材结合目前“送电到乡”工程的实际，全面和系统地介绍了光伏发电和风力发电的基本原理以及光伏发电、风力发电和风/光互补发电系统的构成、设计、安装、维护、故障处理和管理等各个方面的知识和要求，明确了“送电到乡”工程运行维护人员需要掌握的知识和技能，实用性较强。相信本教材的出版将为“送电到乡”工程以及后续的解决无电村落供电项目的实施提供有力支持。这项工作得到了美国可再生能源实验室的帮助，许多美国专家参与了教材的编写，这本教材也是中美可再生能源合作的结晶，我谨以此序对此作

出贡献的美国朋友深表感谢。

张同奎

2008.12.24



序 (二)

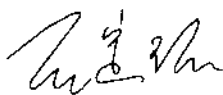
为落实党中央、国务院实施西部大开发的战略精神，结合“十五”国家科技计划的实施，科技部拟在西部地区的西藏、新疆、内蒙及青海等地，实施西部新能源行动计划。“西部新能源行动”以可持续发展为目标，选择一批比较先进适用的新能源技术，进行试点示范和进行必要的关键技术攻关。与此同时，采用不同的方式和方法进行培训，以在更大范围内推广应用并取得更大的规模效益。

西部地区的西藏、新疆、内蒙和青海等地，地广人稀，常规能源输送困难，但可再生能源资源如太阳能、风能、生物质能资源比较丰富，围绕着可再生能源的利用和解决无电乡村问题，国家计委、国家经贸委、科技部和地方政府都先后投入了许多资金，支持可再生能源的开发利用，尤其“送电到乡工程”的实施，为进一步推动其发展，奠定了良好的基础和条件。

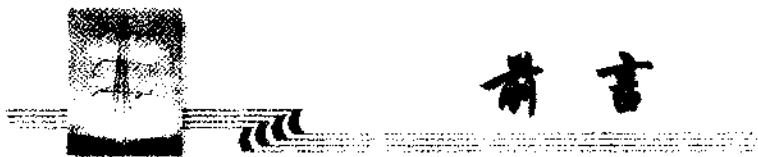
促进和提升这些地区开发利用当地可再生能源的技术水平，开拓与扩大应用可再生能源的领域和规模，将会有力地促进这些地区进一步提高生活质量、改善生存环境、加快经济发展，对实现西部开发的战略目标有着重要的意义。实现上述任务有赖于不断加强对技术与经营管理人才的培养。为此，国家发展和改革委员会和科技部组织专家编写了这本“光伏/风力及互补发电村落系统培训教材”。

这本教材是我国第一次出版的实用性较强的“光伏/风力及

互补发电村落系统培训教材”。相信本书的出版和培训工作的开展，将有力地推动西部可再生能源的开发利用



2003.12.29



前言

中国政府十分关注农村电气化问题，经过多年的努力，特别是近年来加大了农村电网建设和改造的力度，中国农村电力供需形势发生了很大变化，持续多年的严重缺电局面得到基本缓解，农村电网覆盖率已经达到 97%。但由于受种种条件的制约，边远地区还有相当数量的村落和住户没有解决供电问题。据统计，迄今全国还有约 3 万个村、700 多万户，约 3000 万人口没有被电网覆盖。这些无电地区共同的特点是地理位置偏远，交通十分不便，电网延伸的经济性很差，同时自然条件比较恶劣，经济发展滞后，教育水平较低，靠自我发展来解决用电问题十分困难。

为贯彻中央“三个代表”的精神和西部大开发战略、因地制宜地利用西部地区丰富的太阳能、风能和小水电资源，解决边远地区的供电问题，国家发展和改革委员会及科技部等部委于 2002 年启动了旨在解决无电乡乡政府所在地用电问题的“送电到乡”工程，共安排资金 50 亿元，其中国债资金 30 亿元，地方配套资金 20 亿元，用于解决全国 1061 个乡政府所在地的用电问题，其中采用太阳能光伏发电和风/光互补发电的乡 671 个，采用小水电发电的乡 390 个。同时，将在总结“送电到乡”工作经验的基础上，进一步研究解决无电村的供电方案，力争尽早利用光伏、风力和小水电技术全部解决电网难以覆盖地区的用电问题。

建设好这批可再生能源独立电站，仅仅是取得“送电到乡”项目成功的第一步，规范的管理和良好的运行维护是确保这些村

落电站长期可靠运行的关键，而培训出合格的当地运行维护人员和维修技师，建立起高素质的运行、维护、管理队伍则是这关键之中的关键。为此，在国家发展和改革委员会能源局的直接领导下，在国家科技部高技术司的大力支持下，由中科院电工研究所的专家组，在编撰、出版了《光伏、风力及互补发电村落系统（教师版）》培训教材之后，又编撰了这本学员版教材。

《光伏、风力及互补发电村落系统（学员版）》教材的编撰是在教师版培训教材的基础上进行的，编写的指导思想是通俗易懂、简明实用。学员只要认真按照教材去做，就基本能够保证电站的正常运行和设备的安全。

本教材涉及了光伏发电、风力发电及其互补发电方面的技术和操作内容。全书共 18 章，第 1~7 章全面介绍光伏发电、风力发电和互补发电的基本知识，以及蓄电池、控制器、逆变器、村落电网的构成及其主要性能；第 8~14 章重点叙述了光伏、风力及互补发电系统的应用、运行、维护、故障处理和安全问题；第 15、16 章介绍电站的管理和经济运行；第 17 章扼要介绍与光伏及风力发电相关的电工知识；第 18 章是实验指南。为了便于与教学相结合，教材的 1~16 章都列出了思考题。在附录中列出了与光伏电站及风力发电站的管理、安全和救护工作有关的文件和规范，以及其他资料供读者参考。

2004 年 3 月邀请来自国内光伏发电、风力发电、蓄电池、逆变器、控制器、柴油机和经济评估方面的孔力、王斯成、倪受元、赵玉文、许洪华、都志杰、于同双、郭小坚、曹仁贤、贾大江等知名专家以及国家发展和改革委员会主管领导，对教材初稿进行了评审。根据中外专家的建议和意见，编写组对该教材进一步做了修改和完善。

德国技术合作公司（GTZ）在中德技术合作项目的框架内，对培训和学员版教材编撰工作给予了大力的资助和支持。GTZ 北京办事处环保和能源部的 Mr. Hansjoerg Mueller 和 Mr. Frank Haugwitz 同教材编写组长马胜红研究员共同研究确定了本教材的内

容。在合作开展的培训计划内，首先，中方邀请德国三位专家举办了骨干培训教师培训班，培训并认证了一批主讲教师；其后，在北京和拉萨举办了十多期省级培训教师培训班，150多名受训人员通过了考试，获得了省级培训教师的资格证书。按计划，通过这批培训教师将为每个电站至少培训2名合格的运行和维护人员。编撰、出版这本学员版教材就是为后续培训准备的必不可少的工具书。谨此向德国技术合作公司（GTZ）表示真诚的感谢！

本教材的编撰工作，自始至终是在国家发展和改革委员会基础产业司的领导下进行，吴贵辉副司长、史立山处长、周篁同志对教材的编撰工作给予了大力支持，并多次提出了指导性意见。科技部高技术司李宝山处长十分关心这本教材的编撰和出版，并在经费上给予了支持。谨此向所有关心和支持我们工作的领导表示衷心的感谢。

本书的出版发行是“送电到乡”工程的重要成果之一。为了保证教材编写工作进度和培训计划的如期进行，中科院电工研究所的有关人员日以继夜、加班加点地工作，对本教材的出版他们功不可没。

由于水平所限，加之编写过程匆忙，书中错误和疏漏之处在所难免，敬请广大读者和专家不吝指正。