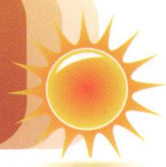




可再生能源 **离网** 发电
实用技术问答丛书



太阳能 发电

TAIYANGNENG FADIAN

吕芳 江燕兴 刘莉敏 曹志峰 主编



化学工业出版社



可再生能源 离网 发电
实用技术问答丛书

太阳能 发电

TAIYANGNENG FADIAN

吕芳 江燕兴 刘莉敏 曹志峰 主编

ISBN 7-122-08215-7



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以问答的方式介绍了离网光伏发电技术的基本原理, 场地评价, 太阳电池、组件、阵列, 储能装置, 充电控制, 逆变器, 离网光伏发电系统集成设计及负载评估, 局部电网, 离网可再生能源互补系统以及运行管理、系统维护保养等读者迫切需要了解的知识。

本书可供可再生能源离网发电项目的工程技术人员、管理人员和大专院校相关专业的师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能发电/吕芳, 江燕兴, 刘莉敏, 曹志峰主编. —北京:
化学工业出版社, 2009. 8

(可再生能源离网发电实用技术问答丛书)

ISBN 978-7-122-05876-8

I. 太… II. ①吕…②江…③刘…④曹… III. 太阳能
发电-问答 IV. TM615-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 094624 号

责任编辑: 戴燕红

文字编辑: 丁建华

责任校对: 陈 静

装帧设计: 史利平

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: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 12 字数 224 千字 2009 年 9 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>

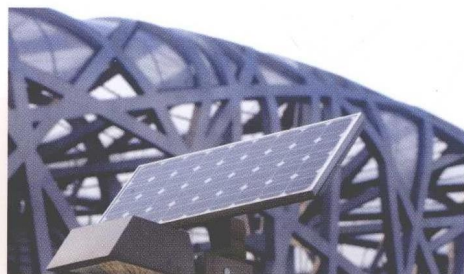
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究



村落独立光伏电站



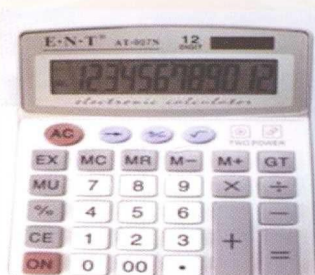
国家体育场的太阳能路灯



太阳能汽车



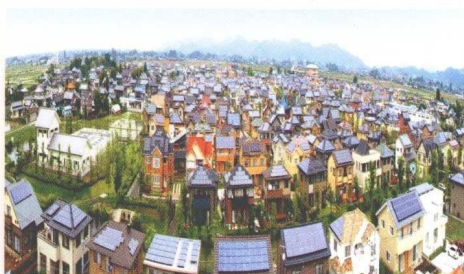
光伏手表



光伏计算器



浙江义乌1.295Mwp并网光伏建筑一体化



日本太阳能屋顶居民小区



柏林火车站200kWp BIPV



西藏羊八井100kWp高压并网光伏电站



西班牙Beneixama 20MW高压荒漠电站



美国Springerville 4.59MW高压荒漠电站



多晶硅太阳电池



非晶硅薄膜太阳电池



地面安装



专用光伏建筑构件与屋面常规建材一体化结合得天衣无缝



西藏羊八井 $3 \times 3.3\text{kWp}$ 双轴、平单轴、斜单轴光伏自动跟踪发电装置

《可再生能源离网发电实用技术问答丛书》

编 委 会

主 任 都志杰

副 主 任 吕 芳 陈振斌 田宜水

编委会成员 (按姓名汉语拼音排列)

曹志峰 陈振斌 都志杰 江燕兴 刘莉敏 吕 芳
吕志友 马丽娜 马丽云 孙嘉琰 田新东 田宜水
王 飞 王克洪 肖 宇 袁佳毅



中国拥有丰富的可再生能源资源，初步估计可商业利用的风能超过1000GWe，包括250GWe近海风资源和750GWe的内陆风资源；全国2/3疆土的年平均日照时间超过2000小时，等价于1700亿吨/年的标煤；小水电资源约为76GWe；每年的生物质能约等值于3亿吨标煤；以及约6.7GWe可用于发电的地热能。

中国拥有世界上最多的人口，近年来经济快速增长。但是中国目前的能源结构主要依赖燃煤发电，从而对环境产生了许多负面影响，特别是对空气和水资源的污染。国际能源机构（IEA）曾预测从2005年到2030年中国新增加的温室气体排放（42%）将和世界上其他国家排放总量（不包括印度，44%）相当。中国在2007年会取代美国成为世界上最大的温室气体排放国家。这一问题已经引起中国政府的高度关注。发展可再生能源技术是减少温室气体排放和改善环境的有效措施之一，为此中国政府于2007年8月颁布了《可再生能源中长期发展规划》，制定了非常具体的发展可再生能源和减排的目标。

可再生能源主要包括风能、太阳能、水能和生物质能。可再生能源发电技术的应用，既包括大型的发电场，如我国已经大规模发展的并网风力发电场、正在发展的太阳能并网发电场，也包括独立运行的用于西部无电地区电力建设的集中供电系统（村落电站）和户用系统；既包括用于电网无法覆盖的无电村落或用户的供电，也包括其他各种工业应用，如移动通信基站、边远地区高速公路/铁路、森林防火等的监测站、部队边防哨所、航标灯等的供电服务；既包括风能太阳能技术，也包括微小水电以及生物质能发电技术。

多年来，在我国各级政府的努力下，我国的无电人口已经从2000年的5%左右减少到不足1%，约1147万，取得了举世瞩目的成就。但是，不容忽视的是，这些尚未解决用电问题的人口主要分布在西北地区和孤立海岛，经济欠发达，交通不便利，生产性负载小，延伸电网的经济性非常差，甚至不可能。另外，我国还有大量的边防哨所，移动通信基站等，远离电网，迫切需要提供稳定可靠的电力供应。可再生能源独立电站为满足这些需求提供了现实的可行性。

可再生能源是一个崭新的能源技术，在我国发展时间不长，尤其是可再生能源离网独立发电，从设计人员到实际操作人员，都有许多亟需解决的实用技术问题。出于这一目的，有关专家编写了这一套可再生能源离网独立发电实用技术问答丛书，用深入浅出的方式解答了大量在推广使用可再生能源独立电站过程中的技术问题。相信本书的出版将有助于推动我国可再生能源独立电站的规模化发展！

国务院参事

中国可再生能源学会理事长

2009年5月



太阳能光伏技术是利用半导体材料的光电效应将太阳能直接转化为电能，是太阳能利用的一种重要形式，受到了世界各国的高度重视。随着技术不断进步，光伏发电有可能是最具发展前景的发电技术之一。

与化石能源和核能发电技术相比，同时也与风能和生物质能发电技术不同，光伏发电具有一系列特有的优势，如：光伏发电属于固态半导体发电，没有中间过程（如热能-机械能、机械能-电磁能转换等），发电形式极为简洁；太阳辐射能取之不尽，用之不竭；没有资源短缺和耗尽问题，所用的主要材料硅储量丰富，在地壳中的丰度排列第二，仅次于氧，含量为 25.8%；光伏发电没有燃烧过程，不排放温室气体、废气和废水，环境友好；没有机械旋转部件，不存在机械磨损，无噪声；发电不用冷却水，能够在无水的荒漠地带安装；在城市可以安装到屋顶和墙面，不单独占地；模块化结构，规模大小随意；使用寿命长（可达 25 年以上），一次投资多年受益；维护管理简单，可实现无人值守，维护成本极低。

由于光伏发电的优点和先进性，国际上将其作为未来能源战略的重点来大力发展。中国政府高度重视光伏发电的技术进步和产业发展，在过去的几十年中先后通过国家科技攻关计划，国家 863、973 计划，科技支撑计划，后续能源专项等，对光伏发电从基础与前沿，到产业化技术，从光伏器件到系统进行了全方位的支持，已经在太阳电池的研究开发、系统部件和应用技术方面取得了可喜的成就，很多项目成果突破并掌握了核心技术，达到国际先进水平。在科技进步和国际市场的带动下，中国的光伏产业飞速发展，连续 5 年年增长率超过 200%，现在已经成为世界太阳电池的第一大生产国。

按目前的发展趋势，煤、石油和天然气等化石能源包括核电站所用铀材料在 100~200 年终将消耗殆尽。根据国际权威部门预测，2030 年光伏发电将占到世界能源供给的 10% 左右，2050 年以后逐步成为最主要能源形式之一。人类利用“昨日阳光”化石能源已经创造了灿烂的现代文明，毫无疑问，也将通过光伏发电技术直接利用“今日阳光”，谱写人类可持续发展的更加辉煌乐章。

包括太阳能光伏发电在内的可再生能源利用是崭新的能源技术，在我国发展时间不长，其中可再生能源离网独立发电，从设计人员到实际操作人员，都有许多亟须解决的实用技术问题。

本书的出版，将有助于从事离网太阳能光伏发电系统的有关人员充分了解和掌握相关知识以及解决问题的实际方法，为我国太阳能光伏离网发电技术的发展作出积极贡献！

赵玉文

2009 年 6 月



自《中华人民共和国可再生能源法》颁布实施以来，包括太阳能、风能、生物质能等在内的可再生能源利用事业进入了新的历史发展时期。《中华人民共和国可再生能源法》中明确规定：“国家扶持在电网未覆盖的地区建设可再生能源独立电力系统，为当地生产和生活提供电力服务。”等，这为我国可再生能源利用事业的进一步发展指明了方向。

太阳能光伏技术是利用半导体材料的光电效应将太阳能直接转化为电能，是太阳能利用的一种重要形式，受到了世界各国的高度重视。随着技术不断进步，光伏发电有可能是最具发展前景的发电技术之一。

与化石能源和核能发电技术相比，同时也与风能和生物质能发电技术不同，光伏发电具有一系列特有的优势，如：光伏发电属于固态半导体发电，没有中间过程（如热能-机械能、机械能-电磁能转换等），发电形式极为简洁；太阳能辐射取之不尽，用之不竭；没有资源短缺和耗尽问题；主要所用的硅材料储量丰富，为地壳上除氧之外的丰度排列第二，达到26%之多；光伏发电没有燃烧过程，不排放温室气体、废气和废水，环境友好；没有机械旋转部件，不存在机械磨损，无噪声；发电不用冷却水，能够在无水的荒漠地带安装；在城市可以安装到屋顶和墙面，不单独占地；模块化结构，规模大小随意；使用寿命长（可达25年以上），一次投资多年受益；维护管理简单，可实现无人值守，维护成本极低。

由于光伏发电的优点和先进性，国际上将其作为未来能源战略的重点来大力发展。中国政府高度重视光伏发电的技术进步和产业发展，在过去的几十年中先后通过国家科技攻关计划、国家863、973计划、科技支撑计划、后续能源专项等对光伏发电从基础与前沿，到产业化技术，从光伏器件到系统进行了全方位的支持，已经在太阳电池的研究开发、系统部件和应用技术方面取得了可喜的成就，很多项目成果突破并掌握了核心技术，达到国际先进水平。在科技进步和国际市场的带动下，中国的光伏产业飞速发展，连续5年年增长率超过200%，现在已经成为世界太阳电池的第一大生产国。

按目前的发展趋势，煤、石油和天然气等化石能源包括核电站所用铀材料在100~200年终将消耗殆尽。根据国际权威部门预测，2030年光伏发电将占到世界能源供给的10%左右，2050年以后逐步成为最主要能源形式之一。人类利用“昨日阳光”化石能源已经创造了灿烂的现代文明，毫无疑问，也将通过光伏发电技术直接利用“今日阳光”，谱写人类可持续发展的更加辉煌的乐章。

太阳能光伏发电是一个崭新的能源技术，在我国发展时间不长，尤其是可再生

能源离网独立发电，从设计人员到实际操作人员，都有许多亟需解决的实用技术问题。出于这一目的，我们组织有关专家编写了《太阳能发电》。本书以问答的方式，把太阳能离网发电技术中出现的各种问题给予分门别类深入浅出的解答。本书理论联系实际，特别说明的是书中问题的提出和解答，大部分源于实践第一线，有很强的实用性。

参与本书编写的有吕芳、江燕兴、刘莉敏、曹志峰、马丽云，其中：

马丽云主要编写了第一章；

吕芳主要编写了第二、第三、第四、第五、第十三章和第十四章并负责全书编写的组织和审阅；

刘莉敏主要编写了第十、第十一、第十二章；

曹志峰主要编写了第六、第七、第九章；

江燕兴主要编写了第八章。

本书适合于可再生能源离网发电项目的工程技术人员，同时也可作为大专院校有关专业的参考资料。

目 录



第一章 太阳能和太阳能资源	1
1. 什么是太阳能?	1
2. 太阳能有哪些主要特点?	1
3. 什么是太阳辐射?	2
4. 太阳辐射如何计量?	3
5. 太阳辐射的影响因素有哪些?	3
6. 太阳辐射的基本定律?	4
7. 太阳能资源数据有哪些?	7
8. 如何进行太阳能资源数据有效性的评估?	7
9. 中国国家气象局太阳辐射观测系统概况?	8
10. 我国的太阳能资源如何? 是呈怎样分布的?	8
11. 全球气候变化对太阳能资源变化有什么影响?	10
12. 太阳能资源的评估对离网光伏系统建设有何重要意义?	10
第二章 光伏发电基本原理	11
13. 什么是太阳能光伏发电?	11
14. 光伏发电的基本原理是什么?	11
15. 光伏发电系统的构成是怎样的?	12
16. 光伏发电的优缺点是什么?	12
17. 光伏发电有哪些具体应用?	13
第三章 太阳能发电场地评价	19
18. 什么叫做方位角? 方位角如何确定?	19
19. 什么叫做高度角? 高度角是如何确定的?	20
20. 什么是倾角? 什么是最佳倾角? 最佳倾角怎么计算?	20
21. 什么是跟踪系统?	21
22. 什么是纬度? 纬度同太阳电池板安装倾角的关系是怎样的?	22
23. 阴影遮挡对太阳电池发电效率会产生怎样的影响?	22
24. 在光伏系统选址时如何考虑消除阴影影响?	23
25. 如何对场地进行一般性评估?	24
第四章 太阳电池、组件、阵列	26
26. 什么叫做“光生伏打效应”?	26

27. 太阳能电池的分类是怎样的？	27
28. 晶体硅太阳能电池光伏发电能量回收情况？	28
29. 制造光伏电池对环境有不利影响吗？	28
30. 晶体硅太阳能电池的结构是怎样的？	29
31. 太阳能电池与光伏组件、光伏阵列的关系是怎样的？	30
32. 光伏组件的构成是怎样的？	30
33. 简单的光伏电路是什么样的？	31
34. 太阳能电池组件是如何串联、并联的？	31
35. 什么是太阳能电池组件的 $I-U$ 曲线？	33
36. 怎样看懂太阳能电池组件 $I-U$ 曲线？	33
37. 什么是太阳能电池组件的填充因子？	34
38. 影响太阳能电池组件输出特性的因素有哪些？	34
39. 电性能不完全一样的组件可以串、并联组成方阵吗？	35
40. 阻塞二极管、旁路二极管、隔离二极管在太阳能电池方阵中 所起的作用相同吗？	36
41. 太阳能电池方阵的安装方式有哪些？	37
第五章 储能装置	40
42. 为什么离网型光伏发电系统需要蓄电池？	40
43. 蓄电池对离网型光伏发电系统的重要意义？	40
44. 在光伏或风/光互补系统中储能蓄电池的工作特点？	41
45. 常见的蓄电池有哪些种类？	41
46. 铅酸蓄电池的结构是怎样的？	44
47. 铅酸蓄电池的基本工作原理是什么？	44
48. 什么是阀控式密封铅酸蓄电池？其结构和工作原理？	45
49. 蓄电池的命名方法、型号组成及其代表意义？	47
50. 蓄电池的常用术语有哪些？	48
51. 蓄电池容量的影响因素有哪些？	50
52. 什么是蓄电池寿命？	51
53. 影响蓄电池寿命的因素有哪些？	51
54. 什么是蓄电池输出效率？	53
55. 离网型太阳能光伏发电系统对蓄电池有哪些要求？	53
56. 什么是系统自主天数？	54
57. 什么是放电深度？	54
58. 不同的放电深度对蓄电池寿命有何不同影响？	54
59. 什么是系统能量转换效率？	55
60. 什么是电力传输损失？	55

61. 在为光伏系统选定蓄电池容量时应考虑哪些因素?	55
62. 如何估算蓄电池组容量?	55
63. 汽车启动用铅酸蓄电池是否可应用于离网光伏系统储能?	56
64. 是不是储能装置容量对离网光伏发电系统而言越大越好?	56
65. 储能铅酸蓄电池在光伏或风/光互补系统中的典型应用有哪些?	57
66. 在光伏或风/光互补系统中蓄电池组的常见问题?	57
67. 蓄电池组的安装应注意哪些问题?	58
68. 开口式固定型铅酸蓄电池维护有哪些注意事项?	59
69. 如何使用液体密度计测定蓄电池荷电状态?	61
70. 补充蓄电池电解液必须添加蒸馏水吗?	62
71. 配制蓄电池电解液的注意事项有哪些?	62
第六章 充电控制器	64
72. 什么是充电控制器?	64
73. 充电控制器的基本功能是什么?	64
74. 充电控制器的基本工作原理是什么?	64
75. 充电控制器有哪些基本类型?	65
76. 什么是光伏组件的最大功率点?	66
77. 跟踪光伏组件的最大功率点如何提高光伏系统的性能?	66
78. 充电控制器如何实现光伏组件的最大功率点跟踪 (MPPT)?	67
79. 充电控制器一定要使用最大功率跟踪技术吗?	67
80. 什么是蓄电池的荷电状态?	68
81. 如何测量蓄电池的荷电状态?	68
82. 充电控制器如何较为准确地控制蓄电池的荷电状态?	68
83. 如何选用离网光伏电站的充电控制器?	69
84. 如何选用户用光伏系统的充电控制器?	69
85. 如何选用光伏路灯的充电控制器?	70
86. 通信等高端行业对充电控制器有哪些特殊要求?	70
87. 如何确定控制器对蓄电池组的充放电电压控制点?	70
88. 在什么情况下不使用控制器的放电控制?	71
89. 如何选择和确定充电控制器?	71
90. 充电控制器性能的好坏对系统有什么影响?	71
91. 如何衡量充电控制器的效率?	72
92. 充电控制器有哪些显示方式?	72
93. 如何防止充电控制器遭受雷击?	73
94. 什么是光伏充电控制柜?	73
95. 对于风能、太阳能组建的风/光互补系统, 如何实现风-光的同时控制?	73

96. 对于柴油机和太阳能组建的光/柴互补系统, 如何实现柴油机的自动控制?	74
97. 能对光伏系统的发电量进行统计吗?	74
98. 什么是数据记录仪?	74
99. 数据记录仪的基本作用是什么?	75
100. 数据记录仪的工作原理是什么?	75
101. 充电控制器(或者充电控制柜)上是否可以加装数据记录仪?	76
第七章 逆变器	77
102. 何谓逆变器, 为什么要逆变?	77
103. 逆变器的基本功能有哪些?	77
104. 逆变器的基本工作原理是什么?	78
105. 逆变器的基本技术参数有哪些?	79
106. 逆变器有哪些基本类型?	80
107. 方波、阶梯波、标准正弦波逆变器的主要应用场合有什么不同?	82
108. 同等功率的逆变器, 为什么有的体积很小很轻, 有的较大较重?	82
109. 如何选择逆变器的功率?	82
110. 表示逆变器功率的单位: $kV \cdot A$ 和 kW , 是一样的吗?	83
111. 逆变器的效率是多少?	83
112. 如何选择逆变器的输入电压等级?	83
113. 如何确定并选择逆变器的输出类型?	84
114. 逆变器的过载能力意味着什么?	84
115. 具有感性负载时, 如何选配逆变器?	84
116. 如何选用三相逆变器和组合式三相逆变器?	84
117. 逆变器能叠加使用吗(如两台 $5kW$ 当一台 $10kW$ 用)?	85
118. 高海拔对逆变器有什么影响?	85
119. 逆变器有哪些显示方式?	85
120. 如何防止逆变器遭受雷击?	86
121. 逆变器输入电压异常的处理方法?	86
122. 控制逆变一体机有什么优缺点?	87
123. 逆变器性能好坏对发电系统有多大的影响?	87
第八章 离网光伏发电系统集成设计及负载评估	88
124. 什么是离网光伏发电系统?	88
125. 离网光伏发电系统的工作原理?	88
126. 离网光伏发电系统与并网光伏发电系统的区别?	89
127. 离网光伏发电系统与并网光伏发电系统相比的优缺点?	89
128. 离网光伏发电系统规模的大小?	90

129. 离网光伏发电系统的主要应用场合?	90
130. 离网光伏系统主要设备有哪些?	91
131. 光伏组件主要作用?	92
132. 储能设备和储能方式?	92
133. 蓄电池在离网光伏系统中主要作用?	93
134. 控制器主要作用?	94
135. 逆变器主要作用?	94
136. 太阳能配电柜主要作用?	95
137. 为何要区分离网光伏发电系统的夜间负载与白天负载?	96
138. 如何确定离网光伏发电系统的发电量?	96
139. 如何确定离网逆变器额定功率?	97
140. 如何确定蓄电池组电压?	97
141. 什么是系统自主时间(天)?	98
142. 蓄电池放电深度对蓄电池寿命有何影响?	98
143. 蓄电池的最大放电深度及每日放电深度如何确定?	99
144. 如何确定蓄电池容量?	99
145. 什么是蓄电池恢复时间(天)?	100
146. 如何确定离网光伏系统光伏阵列角度?	101
147. 如何确定光伏阵列的系统电压?	101
148. 如何确定光伏组件容量?	102
149. 光伏组件容量与蓄电池容量有何关系?	103
150. 蓄电池充满后光伏组件发出的电量如何处理?	103
151. 蓄电池欠压时系统如何保护蓄电池?	103
152. 如何确定直流电缆型号?	104
153. 如何安装和连接光伏组件?	104
154. 安装光伏组件时应注意哪些问题?	104
155. 光伏组件短路是否有危害?	105
156. 连接蓄电池组时应注意哪些问题?	105
157. 蓄电池短路有何危害?	105
158. 离网光伏发电系统寿命一般是几年?	106
159. 如何确定蓄电池组是否已达到使用寿命?	106
160. 废旧蓄电池应如何处理?	106
161. 控制器如何选择?	107
162. 影响蓄电池使用寿命的因素?	108
163. 光伏系统对蓄电池的特殊要求?	108

第九章 离网光伏发电系统局部电网和控制室	110
164. 什么是局部电网?	110
165. 如何设计局部电网?	110
166. 为什么说离网光伏电站的供电半径不宜过大?	111
167. 局部电网的末端用户的电压应保证在什么标准上?	111
168. 离网光伏电站有哪些电力设备?	111
169. 电站应配置哪些基本土建设施?	111
170. 为什么蓄电池房里不能有明火?	111
171. 蓄电池房为什么要有良好的通风条件?	112
172. 在寒冷地区, 蓄电池房为什么要有良好的保暖措施?	112
173. 为什么不能把充电控制器安装在蓄电池房里?	112
174. 蓄电池组在蓄电池房里该如何放置?	112
175. 控制房应如何布置?	112
176. 控制房和蓄电池房的房门为什么必须向外开?	113
177. 离网光伏电站应配备哪种灭火器, 使用时的注意事项有哪些?	113
178. 低压配电柜(盘)的基本功能是什么?	114
179. 如何确定低压配电柜(盘)内的开关容量?	114
180. 如何选择供电线路的架设方式?	114
181. 如何确定导线的截面积?	115
182. 如何确定导线的类型?	115
183. 离网光伏系统供电线路短路故障时, 为什么大多数会造成逆变器停机, 而不是空气开关跳闸?	116
184. 如何找出供电线路短路故障点, 恢复供电?	116
185. 供电线路设置漏电保护器有什么好处?	116
186. 如何保证漏电保护器可靠动作?	116
187. 供电线路应如何防雷?	117
188. 离网光伏系统应限制使用的电器有哪些?	117
189. 为什么要提倡使用节能灯?	117
190. 离网光伏系统如何向最终用户计量收费?	118
191. 电度表有哪些种类?	118
第十章 离网光伏发电系统安装和验收	119
192. 安装光伏发电系统要做哪些准备工作?	119
193. 光伏系统现场考察要带哪些工具?	120
194. 安装现场有哪些不安全因素?	120
195. 安装现场安全工作的要求有哪些?	121
196. 光伏发电系统的运输应注意哪些问题?	121
197. 蓄电池在运输、安装过程中有哪些特殊要求?	122

198. 如何选择蓄电池的安装场所?	122
199. 如何安装蓄电池?	122
200. 太阳能电池方阵的设计和安装应注意什么?	123
201. 如何采用托架安装方式安装太阳能电池板?	123
202. 如何采用立柱安装方式安装太阳能电池板?	123
203. 如何采用地面安装方式安装太阳能电池板?	124
204. 如何采用屋顶安装方式安装太阳能电池板?	124
205. 安装控制柜的注意事项有哪些?	125
206. 控制柜安装调试完成后应注意什么?	126
207. 如何安装逆变器?	126
208. 光/柴互补发电系统安装柴油发电机组要做什么准备工作?	126
209. 光/柴互补发电系统如何连接柴油发电机组?	126
210. 如何安装交流配电柜?	127
211. 光伏系统布线有哪些要求?	127
212. 如何进行光伏系统布线?	127
213. 光伏系统布线完成后如何核查?	128
214. 如何选择光伏系统中的开关?	128
215. 为什么说空气开关不适合安装在直流系统中?	129
216. 光伏发电系统接地如何分类?	129
217. 如何安装光伏发电系统接地装置?	129
218. 光伏系统安装完成后如何进行系统联调?	130
219. 光伏发电系统如何投入试运行?	130
220. 光伏发电系统验收时要验收哪些内容?	131
221. 在光伏电站的站内和站外需要设置哪些警示标志?	132
第十一章 离网光伏发电系统运行管理	133
222. 为什么说离网型光伏电站管理工作很重要?	133
223. 光伏电站管理机构的管理职责包括哪几个方面?	133
224. 光伏电站站长的任务和职责是什么?	134
225. 光伏电站运行维护人员的任务和职责是什么?	135
226. 如何制定光伏电站管理规程?	135
227. 如何跟踪监控和评估光伏电站的运行情况?	136
第十二章 离网光伏发电系统维护保养	138
228. 离网光伏发电系统维护工作的基本要求是什么?	138
229. 为做好离网光伏发电系统的维护与保养, 电站应配备哪些工具、 仪表、材料和技术资料?	138
230. 太阳能电池应如何维护保养?	138