

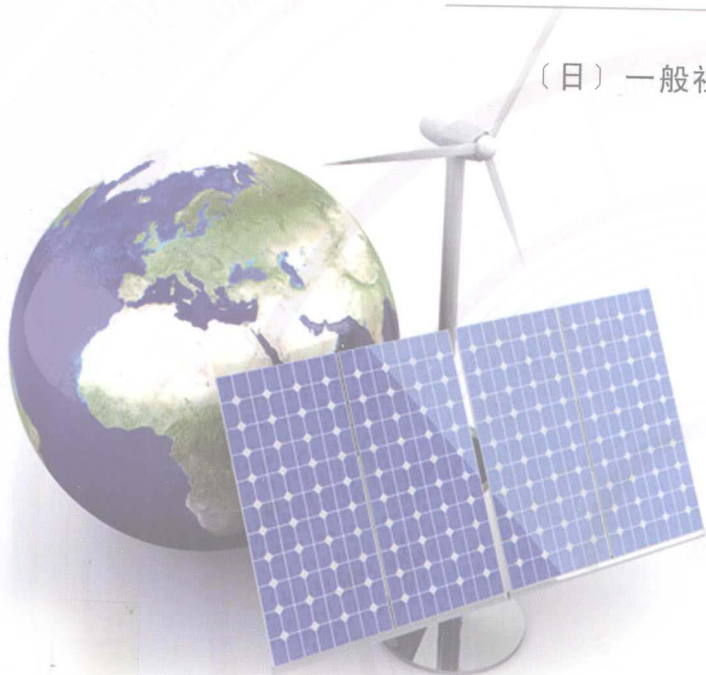
Mc
Graw
Hill

Education

太阳能光伏发电系统的 设计与施工

● ● (原书第四版)

(日) 一般社团法人 太阳光发电协会 ● 编
宁亚东 ● 译



科学出版社

太阳能光伏发电系统的 设计与施工

(原书第四版)

[日]一般社団法人 太阳光发电协会 编
宁亚东 译

科学出版社

北京

图字：01-2012-2734 号

内 容 简 介

本书主要介绍太阳能光伏发电系统的设备构成,太阳能电池组件的电力特性、强度、标准及认证、安装分类,功率调节器的工作原理、功能、种类和选择,相关设备和部件如接线盒、蓄电池、避雷针,太阳能光伏发电系统的设计、施工、维护检查和测量。最后一章和附录还介绍太阳能光伏发电系统的相关法令和手续,以及日本主要地区的日照量数据、太阳能电池阵列用支撑物设计标准、关于太阳能电池组件废弃处理的相关事项等,该部分对国内相关部门及企业具有较高参考价值。

本书可作为从事太阳能应用相关领域工作的技术人员、研发人员及管理技术人员的技术指导书,也可供工科院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

太阳能光伏发电系统的设计与施工:第4版/(日)一般社团法人
太阳光发电协会编;宁亚东译.—北京:科学出版社,2013.1
ISBN 978-7-03-036106-6

I. 太… II. ①—②宁… III. 太阳能发电-系统工程 IV. TM615

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 286064 号

责任编辑:杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:孙德峰

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳艺恒彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 1 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2013 年 1 月第一次印刷 印张: 18 1/4

印数: 1—4 000 字数: 283 000

定 价: 39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

执笔者一览表

第四版

技术书改版临时特别工作组

岸添义彦(英弘精机株式会社)

梶间龙二(河村电器产业株式会社)

◎² 长尾岳彦(元旦 BEAUTY 工业株式会社)

山下浩德(京瓷株式会社)

铃木康则(三洋太阳能系统株式会社)

◎¹ 渡边百树(夏普株式会社)

小中博之(住友电设株式会社)

○ 杉本完藏(太阳能新领域株式会社)

八田真吾(日新电机株式会社)

铃木龙弘(日东工业株式会社)

池田洋二(株式会社日立产机系统)

田中清俊(三菱电机株式会社)

□ 龟田正明(太阳光发电协会:JPEA)

(◎¹ 负责人(2010 年度),◎² 负责人(2011 年度),○分组负责人,□JPEA 事務局)

执笔·编辑分担

Chapter 1 铃木康则

Chapter 2 长尾岳彦,山下浩德

Chapter 3 田中清俊

Chapter 4 梶间龙二,铃木龙弘,佐藤键介[(株)NTT 设备]

Chapter 5 渡边百树,松尾隆寿[三洋电机(株)],岸添义彦

Chapter 6 小中博之,岸添义彦

Chapter 7 岸添义彦,JPEA 事務局

Chapter 8 附录 JPEA 事務局

执笔协作、资料提供

Chapter 2 黑田耕平,松尾隆寿,小锻冶聪司,松山贤五,发电量评价小组(JPEA)

Chapter 3 高密度并网部会(JPEA)

Chapter 4 (株)NTT 设备,古河电机(株)

Chapter 5 英弘精机(株),三洋电机(株)

第一版

武冈明夫
小林哲三
箕轮俊夫
中村茂昭
大桥孝之
吉见哲夫
大槻和司
井田浩文
中村光博
中西繁博
西冈 哲
高仓 望
三好国司
森田好雄

第二版

今坂制意
上田敦史
大桥孝之
加藤孝宏
久保田英
仓嶋省造
坂井则和
田中俊哉
天泽健一
长尾岳彦
中西繁博
福原 正
水谷福男

第三版

石田信久
大田洋充
川田直树
仓嶋省造
佐藤秀一
铃木康则
高野 章
中嶋永昭
长尾岳彦
西泽博文
林 正和
福岛秀雄
本村政胜

序 言

《太阳能光伏发电系统的设计与施工》自 1996 年初版发行以来,作为太阳能光伏发电系统设计与施工的实用书籍,得到广大读者的厚爱,不断改版、增印发行。

在 2006 年,由于光伏建筑一体化(BIPV)等最新信息及相关法规与日本工业标准(JIS)进行了整合,因此改版发行了第三版。从那以后,太阳能光伏发电以欧美为中心,在世界范围内爆炸式扩大,截至 2010 年年底,太阳能光伏发电约增加 37 000 MW,日本国内以住宅为中心增加约 3600 MW。

伴随着太阳能光伏发电的不断扩大,由于新技术的导入、市场环境的变化,以及相关标准、法规和基准被修订等,对内容要求大幅修订的呼声不断,正因为如此,此次进行修订改版,发行了第四版。

针对本次改版,在太阳光发电协会内设立了技术书改版临时特别工作组,并对各章的执笔及编辑进行了分工。此外,还有一部分内容是在技术书改版临时特别工作组的会议工作期间完成的。

在此,向提供资料的太阳光发电协会的成员单位以及执笔编写本书的各位表示衷心的感谢。还有,在改版修订中,删除了旧版的部分内容,在此对旧版对应部分的执笔者深表歉意。此外,对向本书编辑、出版提供大力帮助的(株)欧姆社表示诚挚的谢意。

最后,希望《太阳能光伏发电系统的设计与施工》第四版的出版,能为大家在太阳能光伏发电系统设计及施工时提供帮助,也能为日本在 2020 年实现太阳能光伏发电 2800 万千瓦作出贡献。

2011 年 8 月

太阳光发电协会技术书改版临时特别工作组

负责人 长尾岳彦

本书基于 2011 年 7 月前发布的各种标准、基准、法令编写而成。今后还可能进行改版修订,对本书内容进行变更,也希望大家能够提供最新的信息。

目 录

Chapter 1 太阳能光伏发电系统

1.1 太阳能光伏发电系统概要	2
1.1.1 太阳能光伏发电系统的构成	2
1.1.2 PV系统的种类	4
1.2 PV系统的设备构成	6
1.2.1 太阳能电池组件和太阳能电池阵列	7
1.2.2 功率调节器	9

Chapter 2 太阳能电池组件

2.1 何谓太阳能电池组件	12
2.1.1 太阳能电池的原理	12
2.1.2 太阳能电池的种类	12
2.1.3 太阳能电池组件的构造	14
2.1.4 太阳能电池组件的构成	15
2.2 太阳能电池组件的电力特性	18
2.2.1 太阳能电池的输出特性, $I-V$ 特性	18
2.2.2 光谱感度特性	20
2.2.3 热斑及旁路二极管	21
2.2.4 阴影与 $I-V$ 特性	22
2.2.5 光劣化、退化效果	25
2.2.6 串并联与 $I-V$ 特性	26
2.2.7 防止逆流元件	27
2.3 太阳能电池组件的强度	28
2.4 太阳能电池组件的标准及认证	29

2.5 太阳能电池组件的安装分类	30
------------------------	----

Chapter 3 功率调节器

3.1 功率调节器的概要	42
3.1.1 功率调节器的功能	42
3.1.2 功率调节器的电路方式	42
3.1.3 无变压器方式的电路构成	43
3.1.4 逆变器原理	43
3.2 功率调节器的基本动作	44
3.3 功率调节器的功能	46
3.3.1 自动运行停止功能	46
3.3.2 最大功率跟踪控制功能	47
3.3.3 单独运行防止功能	48
3.3.4 自动电压调整功能	49
3.3.5 直流检测功能	50
3.3.6 直流接地检测功能	50
3.4 停电时的独立运行系统	51
3.5 系统并网保护装置	51
3.5.1 保护装置的设置	51
3.5.2 新型独立运行检测方法	52
3.5.3 系统扰动时的故障穿越	53
3.6 功率调节器的种类和选择	54
3.6.1 功率调节器的规格	54
3.6.2 住宅用功率调节器(单相)的选定	57
3.6.3 产业用功率调节器的选定	58

Chapter 4 相关设备和部件

4.1 接线盒	62
4.1.1 接线盒的分类	62
4.1.2 接线盒的选择	63
4.1.3 接线盒的热问题	64

4.1.4	施工时注意事项	65
4.2	交流侧的设备	65
4.2.1	分电盘	65
4.2.2	电表	66
4.3	蓄电池	67
4.3.1	并网系统用蓄电池的选择	68
4.3.2	独立电源系统用蓄电池的选择	73
4.3.3	蓄电池的安装	76
4.4	避雷措施	77
4.4.1	关于雷电	77
4.4.2	雷电浪涌对策	78
4.4.3	避雷元件的选择	79

Chapter 5 太阳能光伏发电系统的设计

5.1	太阳光与日照	86
5.2	发电量的计算	90
5.2.1	发电量计算的步骤	90
5.2.2	区域日照图介绍	93
5.2.3	发电量的计算实例(斜顶住宅的场合)	94
5.2.4	发电量的计算实例(地面或平顶住宅的场合)	96
5.2.5	日照与阴影	98
5.2.6	太阳高度与方位角	102
5.2.7	阴影发生时的损失	103
5.3	住宅用 PV 系统的设计	104
5.3.1	从设计到施工的流程	104
5.3.2	事前调查(现场调查)	105
5.3.3	设计	105
5.3.4	设计及施工上的注意点	109
5.3.5	防火措施	111
5.3.6	相关法规	112
5.4	地面或平顶住宅用 PV 系统的设计	114

5.4.1 设计条件的整理	114
5.4.2 设计细节	118
5.4.3 太阳能电池阵列用支架的设计	120
5.4.4 太阳能电池阵列用支架的强度计算	131
5.5 地面或平顶住宅安装太阳能电池阵列的基础部分设计	135
5.6 PV系统的电气设计	137

Chapter 6 太阳能发电系统的施工

6.1 施工步骤及注意事项	146
6.1.1 产业用PV系统的施工步骤及管理要点	146
6.1.2 安全措施	146
6.1.3 保养、防护	148
6.2 搬运作业	148
6.2.1 搬运时的注意事项	149
6.2.2 吊车规格	149
6.3 基础工程	149
6.3.1 平面屋顶支架的基础	149
6.3.2 地脚螺栓	150
6.3.3 重量基础(放置基础)	151
6.4 太阳能电池阵列支架工程	151
6.4.1 平面屋顶支架	151
6.4.2 倾斜屋顶(坡顶)支架	152
6.5 设备安装工程	154
6.5.1 太阳能电池组件的安装	154
6.5.2 周边设备的安装	155
6.6 电气布线工程	156
6.6.1 电缆、配管的选择	157
6.6.2 配管、布线工程	158
6.6.3 太阳能电池阵列的检查	159
6.6.4 防火区贯通部分的处理	160
6.6.5 接地工程	160

6.6.6	避雷措施	163
6.6.7	计量、显示系统	164
6.7	试运行调整及检查	165
6.7.1	试运行调整	165
6.7.2	竣工检查	165
6.8	相关施工标准	167
6.9	住宅用 PV 系统的施工	168
6.9.1	住宅用 PV 系统的施工顺序	168
6.9.2	施工方法的选择	168
6.9.3	具体施工方法	169

Chapter 7

太阳能光伏发电系统的维护检查和测量

7.1	太阳能光伏发电系统的维护检查	178
7.1.1	系统工程竣工时的检查	178
7.1.2	日常检查	178
7.1.3	定期检查	178
7.2	检查方法和试验方法	180
7.2.1	外观检查	180
7.2.2	运行状况的确认	181
7.2.3	太阳能电池阵列输出功率的检查	181
7.2.4	绝缘电阻的测量	183
7.2.5	绝缘耐压的测量	187
7.2.6	接地电阻的测量	187
7.2.7	并网保护装置的试验	188
7.3	PV 系统的测量	188
7.3.1	测量、显示所必需的设备	189
7.3.2	住宅用系统	190
7.3.3	试验研究用系统	191
7.3.4	气象测量	192
7.3.5	PR 用显示装置	195

Chapter 8 太阳能光伏发电系统的相关法令和手续

8.1 PV 系统的相关法令	198
8.1.1 《电气事业法》的相关法令	198
8.1.2 电气设备	199
8.1.3 事业用电气设备的技术标准	200
8.1.4 适合 PV 系统技术标准的义务	200
8.1.5 关于系统并网的技术要点指南	203
8.1.6 系统并网用功率调节器(逆变器)等的认证制度	203
8.1.7 太阳能电池组件的认证制度(JETPVm 认证)	204
8.2 安装 PV 系统的手续	204
8.3 与电力公司的协议	206
8.4 电气安全协会和安全管理业务的委托合同	208
8.4.1 电气主任技师选任和申报	208
8.4.2 委托电气安全协会的安全管理	209

附 录

附录 1 《关于确保电力品质的系统并网技术要点指南》及 《电气设备技术标准解释》	212
附录 2 日本主要地区的日照量数据	234
附录 3 太阳能电池阵列用支撑物设计标准(JIS C 8955) ..	258
附录 4 关于太阳能电池组件废弃处理的相关法律事项 ..	268
附录 5 太阳能发电的专门用语	271

参考文献	275
------------	-----

Chapter 1

太阳能光伏发电系统

太阳能光伏发电系统应用在各种不同的领域，有并网型、独立型等多种形式。本章对太阳能光伏发电系统概要及其种类进行介绍，并对构成系统的设备进行说明。

1.1 太阳能光伏发电系统概要



1.1.1 太阳能光伏发电系统的构成

太阳能光伏发电系统(Photovoltaic Power Generating System,简称 PV 系统)有很多类型。这里以在日本普及最广泛的住宅用 PV 系统为例进行说明。

住宅用 PV 系统如图 1.1 所示,由屋顶等位置安装的太阳能电池阵列(包括太阳能电池组件、支架等)、在室内(或室外)安装的功率调节器(包含逆变器和并网保护装置等)以及连接这些设备的布线及接线盒、安装在交流侧的电表等构成。

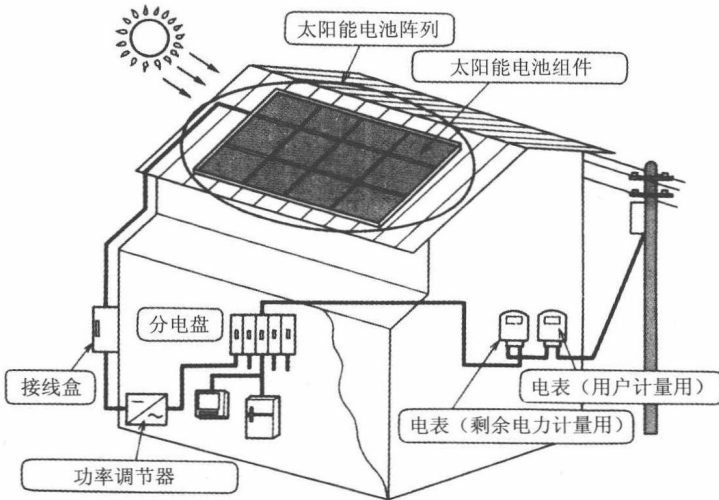
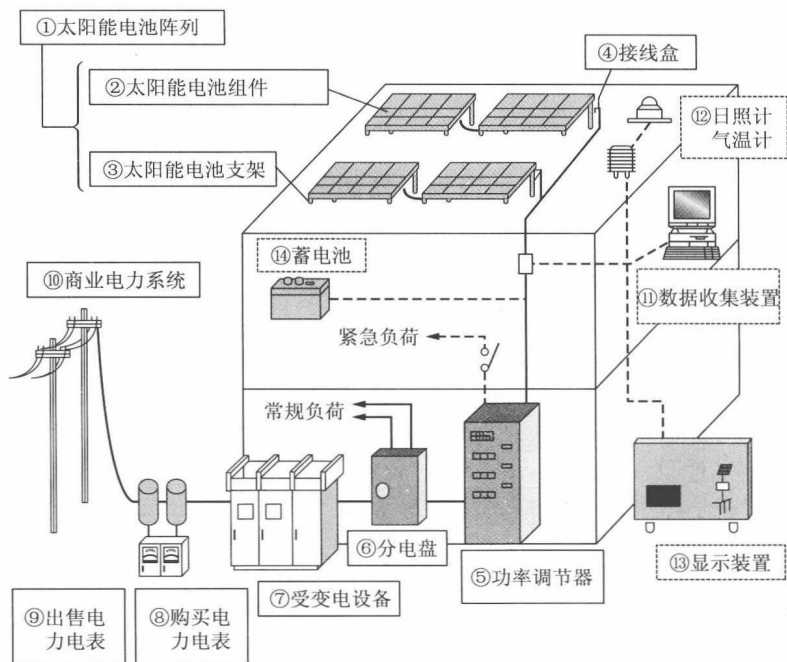


图 1.1 住宅用 PV 系统

这种方式称为并网型 PV 系统。太阳能电池产生直流电,直流电通过功率调节器转换为交流电后并入电网,可以与电力公司提供的交流电一起使用。

产业用 PV 系统如图 1.2 所示。它的基本结构与住宅用 PV 系统相同,不过住宅用 PV 系统多与电力公司的单相 3 线的 200 V 低压相连,而产业用 PV 系统在厂区内有受变电设备的场合,多与三相 3 线的 6600 V 的高压相连(但功率调节器与三相 3 线的 200 V 低压相连)。此外,在产业用 PV 系统中,还经常看到有设置测量发电量和日照量的测量系统及显示即时发电量的显示系统等。



注：分低压并网场合(无受变电设备，直接低压并网，或受变电设备的低压部并网)和高压并网场合

图 1.2 产业用 PV 系统

住宅用 PV 系统基本上是 3~5 kW 的规模，一般设置在屋顶上，而产业用 PV 系统的规模从数千瓦到 1000 kW 以上，设置场所多在工厂及楼房等建筑物的屋顶、墙面、天窗或地面上，根据用途不同可设置在各种场合。

PV 系统也属于发电设备，和火力发电及水力发电一样遵从《电气事业法》规定。以前 PV 系统作为自家用发电设备处理，根据电气主任技师的选任和安全条例需要定期检查。不过，该法于 1995 年 12 月被修订，规定和家庭一般电气设备一起安装的小功率(低压并网且不足 20 kW)PV 系统，作为一般电气设备处理，并且不再需要选任电气主任技师，定期检查也改为自主检查。还有，PV 系统的电气工程可以由持有第二类电气工程师资格证书者施工。此外，2011 年 6 月，该法的实施细则部分被修改，由“20 kW”放宽到“50 kW”。

还有，2004 年 10 月《电气设备技术标准解释》(以下简称《电技解释》)被修订实施，在产业用 PV 系统中，关于系统并网事项更加明确，有关《电气事业法》请参照第 8 章内容。



1.1.2 PV 系统的种类

如图 1.3 所示, PV 系统大体上分为与商用电网并网的并网型系统和独立型系统。并网型系统根据并网的商用电网的电压分为特高压并网、高压并网和低压并网。独立型系统分为蓄电池并用型、无蓄电池型和与风力发电并用的混合型系统。在安装 PV 系统时,应根据用途选择合适的系统。下面介绍具有代表性的系统。

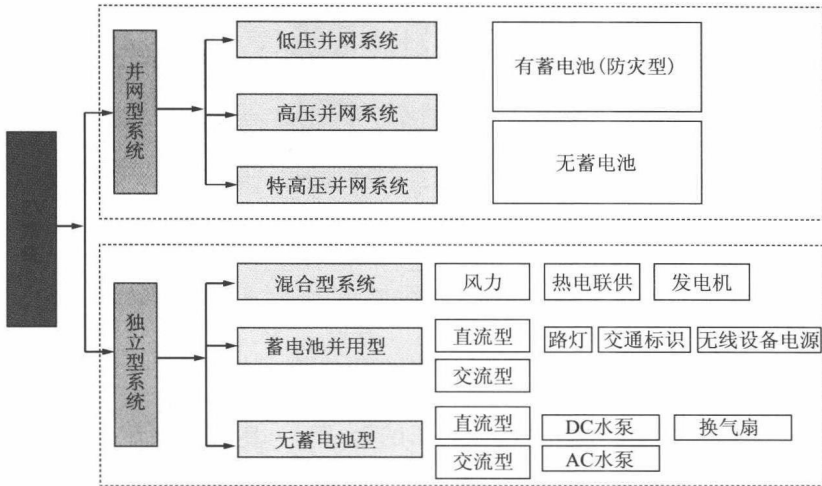


图 1.3 PV 系统的分类

● 并网型系统

日本国内采用的 PV 系统基本上是并网型系统。并网型系统分为有逆流系统 and 无逆流系统两种(图 1.4)。在有逆流系统中,若产生剩余电力,电力公司可以购买剩余电力,在 2009 年 11 月剩余电力的购买制度被实施。由于 PV 系统的输出功率受天气情况影响,为了使住宅等能够稳定使用电力,需要和电力公司的电网系统并网运行。

有逆流系统的动作如图 1.5 所示。在晴天等太阳能电池输出大于设施(家庭)内的电力需求时,即发电量有剩余的场合,则向电力公司的电网逆流送入,由电力公司买进。在阴天等太阳能电池输出小于设施内的电力需求时,不足部分则由电力公司的电网补充。在夜间等太阳能电池没有输出的场

合,像原来那样,由电力公司的电网供电。此外,停电时,与电力公司电网脱离的场合,多采用能够向紧急负荷(紧急照明、通信设备等)供给电力的带有自主运行功能的系统。

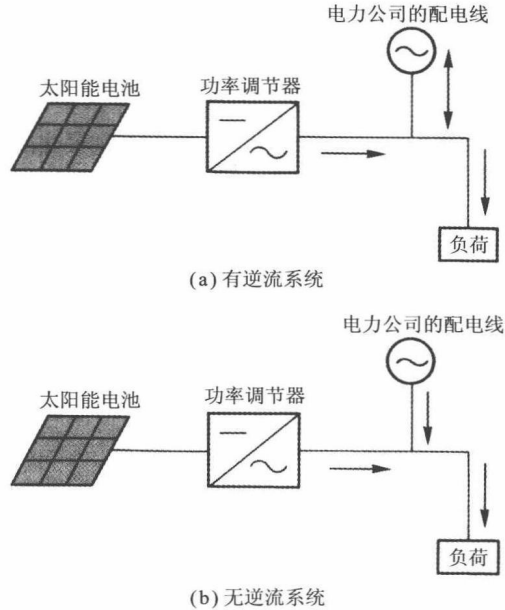


图 1.4 并网型系统

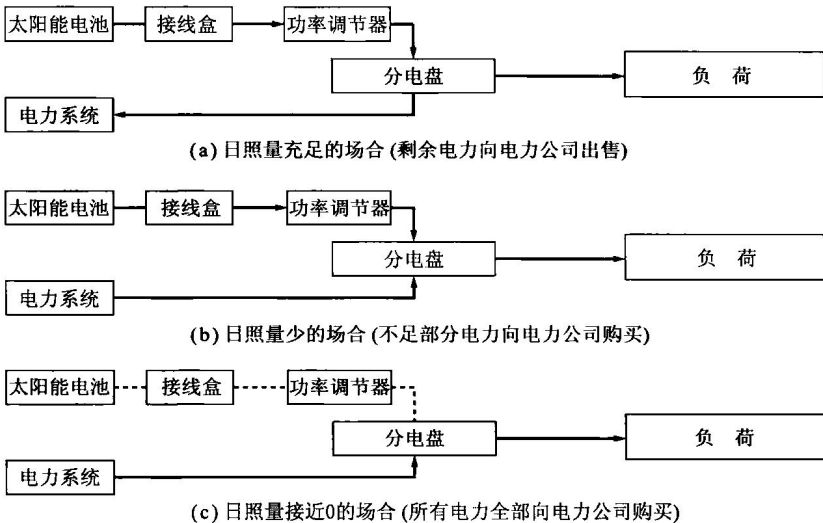


图 1.5 并网系统的动作