

GUANGFU JIANZHU YITIHUA GONGCHENG
SHEJI YU YINGYONG

光伏建筑一体化工程 设计与应用

李英姿 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

GUANGFU JIANZHU YITIHUA GONGCHENG
SHEJI YU YINGYONG

光伏建筑一体化工程 设计与应用

李英姿 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 简 介

本书以国家、行业最新颁布的光伏并网发电相关系列设计标准和规范为依据,涵盖了光伏建筑一体化、光伏并网电气系统设计、光伏系统接入电网方案、光伏方阵设计、直流和交流电气设备选型、光伏直流系统保护、计量与监测、安全防护、安装型(BAPV)和集成型光伏建筑(BIPV)设计等方面的具体内容。

全书以光伏建筑一体化中的光伏并网电气系统设计所涉及的内容为剖析对象,详细分析讲解了光伏发电标准、系统可行性和规划方案、并网接入方案、工程计算、并网技术要求、电气系统设计、安全系统设计、设备选型等有关的设计规范、设计要求、设计计算、设计方法和设计内容,最后给出了BAPV和BIPV中光伏应用的设计和安装等相关内容。

本书突出工程实践和理论知识的应用,涉及IEC标准、国家标准、行业标准等不同体系和要求,可以作为学习光伏发电工程专业知识的配套学习材料,特别适合刚刚从事光伏发电系统设计、施工、监理、维护管理和其他相关专业的工程技术人员阅读,也适合高等院校相关专业作为工程实践教学环节的辅助参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

光伏建筑一体化工程设计与应用/李英姿编著. —北京:中国电力出版社, 2016.1

ISBN 978-7-5123-8141-4

I. ①光… II. ①李… III. ①太阳能发电-太阳能建筑-建筑设计 IV. ①TU18

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第183156号

中国电力出版社出版发行

北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:杨淑玲 责任印制:蔺义舟 责任校对:李楠

航远印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2016年1月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·25.25印张·603千字

定价:68.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

本书依据国家最新颁布的与光伏并网发电相关的系列设计规范来撰写，内容涉及光伏建筑一体化、光伏并网电气系统设计、系统接入电网方案、方阵设计、直流和交流电气设备选型、光伏直流系统保护、计量与监测、安全防护、安装型（BAPV）和集成型光伏建筑（BIPV）设计等方面的内容。通过详细而完整地讲解光伏并网发电系统设计的各个子系统的设计细节，使读者能够比较全面了解光伏发电设计的内容深度、设计要求和配合协调等问题。

本书共有十二章。

第一章重点介绍国内外光伏并网发电的发展现状，国内光伏政策、光伏发电系统设计规范以及光伏并网系统项目的前期准备等内容。使读者了解光伏并网系统设计的依据。

第二章重点介绍光伏建筑一体化，包括光伏建筑一体化的发展历程、分类、应用形式与前期的规划设计等内容。该部分内容以国内行业标准为基础，突出光伏建筑一体化的应用和前期准备内容。

第三章重点介绍光伏并网电气系统设计，包括项目设计前期太阳能资源分析和可研、并网规划设计、并网接入对配电网的影响、接入架构设计和并网电气系统设计等。便于读者从全局角度了解光伏并网发电系统设计过程中各个不同阶段的工作任务和具体内容要求。

第四章重点介绍光伏发电系统接入电网方案，即单点接入电网和多点接入电网方案的并网技术要求、内容和深度。具体包括接入电网电气设备、继电保护及安全自动装置、调度自动化、通信、计量与结算等。该部分以国家电网公司的标准为主，主要解决光伏并网系统与电网之间的接口问题。

第五章重点介绍光伏方阵设计，包括光伏组件技术参数和选型、光伏方阵计算、方阵设计、方阵连接。该部分内容以 IEC 标准为依据，重点内容是解决光伏方阵的整体设计与细节设计的问题。

第六章重点介绍直流电气设备选型，包括光伏接线盒、汇流设备、直流配电柜、光伏电缆、光伏连接器、逆变器等内容。该部分以国家标准和企业标准为重要论述依据，得到光伏发电系统的直流部分硬件的合理配置。

第七章重点介绍交流电气设备选型，包括交流配电柜、交流电缆、SVG 无功补偿装置、变压器等。该部分同样以国家标准和企业标准为重要论述依据，保证光伏发电系统的交流部分硬件的合理配置。

第八章重点介绍光伏直流系统保护，包括光伏组件故障与旁路二极管保护、直流侧过电流保护、直流侧开关设备以及光伏并网特有的逆功率保护等，这是保证光伏电源安全正常运行的保障。

第九章重点介绍光伏并网系统计量与监测，包括上网电价、并网计量点、并网计量方案、光伏并网在线监测系统和系统采集与监测的数据。该部分以国家光伏电价政策、国家标准和电网企业标准为依据，最大限度满足并网接入点的计量和监测，确保用户和电网双方的经济效益和安全运行。

第十章重点介绍并网发电系统安全防护，包括并网系统过电压、直击雷防护、电磁脉冲防护、光伏方阵的接地、等电位联结等内容。此部分内容既参考了国家相关标准，又引入了 IEC

标准，力保光伏建筑免受外界侵害。

第十一章重点介绍安装型光伏建筑（BAPV）设计，主要涉及 BAPV 建筑设计要求、光伏支架设计、结构设计、平面屋顶、坡屋面、钢板屋面光伏组件的安装，这部分只介绍光伏一体化设计中应用最广的，意在突出 BAPV 的设计安装要求。

第十二章重点介绍集成型光伏建筑（BIPV）设计，包括光伏一体化的光伏组件、光伏组件的一体化设计、光伏幕墙、嵌入式斜面屋顶的安装、屋顶光伏瓦的安装和光伏遮阳，这部分内容与建筑、结构等专业结合密切，也是光伏系统在建筑领域应用最灵活的部分。

本书的第四章由青岛能源集团青岛泰能热电有限公司的刘晓峰撰写，第九章由广东电网有限公司佛山供电局的郭羚撰写，第十一章由北京京东方能源科技有限公司运营维护部王少义撰写，其余章节由北京建筑大学电气工程与自动化系的李英姿撰写。

全书在编写过程中，参阅了大量的参考书籍和国家有关规范和标准及相关的论文，将其中比较成熟的内容加以引用，并作为参考书目列于本书之后，以便读者查阅。在此对参考书籍的原作者表示衷心感谢。

由于目前光伏发电技术发展迅速，而作者的认识和专业水平有限，加之时间仓促，书中必定存在有不妥、疏忽或错误之处，敬请专家和读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 绪 论 1

第一节 光伏并网发电系统的发展

现状 1

一、国外光伏并网发电系统的发展

现状 1

1. 发展历史 1

2. 全球光伏市场 2

二、国内光伏并网发电的发展现状 3

1. 国内光伏发展历程 3

2. 快速发展期 3

3. 首度调整期 4

4. 爆发式回升期 4

5. 产业剧烈调整期 4

6. 产业逐渐回暖期 4

第二节 国内光伏政策 4

一、推进光电建筑应用 4

二、金太阳示范工程 5

1. 金太阳示范工程的内容 5

2. 支持项目 6

3. 政策文件 6

4. 电价 6

三、光电建筑一体化 6

1. 申报项目类型 6

2. 补助标准 7

3. 申报主体 7

4. 申报条件 7

5. 技术要求 7

第三节 光伏并网发电系统的设计

标准与规范 7

一、国外设计标准与规范 7

二、国内设计标准与规范 9

第四节 光伏并网系统的前期

准备 12

一、电网规划 12

二、分布式光伏发电并网政策 12

1. 政策 12

2. 申请流程 12

3. 项目业主任务 12

第二章 光伏建筑一体化 14

第一节 光伏建筑一体化发展

历程和基本要求 14

一、发展历程 14

1. 定义 14

2. 光伏建筑一体化的起源 14

3. 国内外应用情况 14

二、基本要求 15

1. 对光伏方阵与光伏组件的

要求 15

2. 安装形式 16

3. 设计要求 17

第二节 光伏建筑一体化分类 17

一、按安装方式分类 17

1. 建材型光伏系统 17

2. 建筑构件型光伏系统 18

3. 安装型光伏系统 18

二、按并网方式分类 18

1. 户用离网型光伏发电系统 18

2. 并网型光伏发电系统 20

三、按发电规模分类 21

1. 小型光伏系统 22

2. 中型光伏系统 22

3. 大型光伏系统 22

四、按公共连接点接入方式分类 22

1. 可逆接入方式 22

2. 不可逆系统 23

3. 切换型系统	23
第三节 光伏建筑一体化应用	23
一、屋顶	23
1. 水平屋顶	23
2. 斜屋顶	23
3. 采光屋顶	24
4. 采光天棚	24
二、幕墙	25
三、遮阳	26
四、集成	26
第四节 光伏建筑一体化规划	
设计	28
一、资源评估	28
二、规划设计	28
三、总体要求	28
四、建筑设计	29
五、结构设计	30
六、支架和基础	31
七、设计流程	32

第三章 光伏并网电气系统

设计

第一节 光伏并网系统设计前期	
准备	34
一、太阳能资源分析阶段	34
1. 获取太阳能资源数据	34
2. 太阳能资源数据处理	34
3. 太阳能资源分析	35
4. 太阳能资源辐射形式分析	36
二、预可行性研究阶段	37
1. 申请开展预可研	37
2. 项目单位组织设计单位编制	
预可行性研究报告	37
3. 预可行性研究报告内审	37
4. 申请资源配置	37
三、可行性研究阶段	37
1. 申请开展可研	37
2. 可行性研究报告的编制	37
3. 可行性研究报告的内审	37

4. 取得专题工作及支持性文件	38
5. 可研报告的外审	38
四、项目核准阶段	38
1. 光伏项目核准必要条件	38
2. 项目申请报告的编制	39
3. 提交核准申请	39
第二节 光伏并网规划设计	39
一、电网规划	39
1. 流程	39
2. 影响因素	39
二、容量等级	39
1. 用户电网	39
2. 层次级别	40
3. 容量等级	40
三、用电负荷	41
1. 城市建筑用电负荷	41
2. 居民用电负荷	41
3. 城市用地负荷密度	41
4. 负荷特性	42
四、渗透率	43
1. 渗透率计算	43
2. 容量渗透率与能量渗透率	43
3. 逆功率	43
4. 容量渗透率极限	44

第三节 光伏系统并网接入

所产生的影响	44
一、光伏并网关键技术	44
1. 控制功能	44
2. 保护功能	45
3. 并网运行	45
4. 孤岛运行	45
5. 能量管理系统	45
二、光伏系统接入对配电网的影响	46
1. 电能质量	46
2. 谐波	49
3. 潮流分布	49
4. 短路电流	50
5. 保护装置	51
6. 非正常孤岛	51

7. 系统稳定性	52
8. 配电网设计、规划和营运	52
三、效应指标	52
1. 正面效应指标	52
2. 负面效应指标	52
3. 效应指标体系	53
第四节 光伏并网接入电网架构设计	53
一、电压等级	53
1. 小型光伏发电系统	53
2. 中型光伏发电系统	53
3. 大型光伏系统	53
二、电网结构模式	54
1. 典型电网结构模式	54
2. 分层分级结构模式	54
3. 中压电网结构模式	54
4. 低压电网结构模式	55
三、接线方式	56
1. 主接线	56
2. 配电接线方式	58
3. 含光伏发电系统的配电网结构	60
第五节 光伏并网电气系统设计	63
一、电气系统构成	63
1. 构成	63
2. 作用	64
二、并网方式	65
1. 中压并网	65
2. 低压并网	65
3. 用户侧并网	65
三、电气系统设计	65
1. 光伏方阵的设计	65
2. 汇流系统设计	66
3. 汇流与逆变器的连接	68
4. 光伏并网发电系统	68
5. 汇流并网系统	69

第四章 光伏发电系统接入

电网方案

第一节 光伏发电系统接入电网

要求	74
一、并网技术要求	74
1. 系统一次方案	74
2. 系统继电保护及安全自动装置	74
3. 系统调度自动化	74
4. 系统通信	74
5. 计量与结算	74
二、内容和深度要求	74
1. 主要设计内容	74
2. 设计深度	75
3. 接入电压等级	75
4. 运营模式	75
5. 并网方案	75
第二节 光伏发电系统单点接入电网	76
一、10kV 接入	76
1. 统购统销接入公共电网	76
2. 自发自用/余量上网接入用户电网	76
二、380V 接入	77
1. 统购统销	77
2. 自发自用/余量上网接入用户电网	77
第三节 光伏发电系统多点组合接入电网	79
一、10kV 接入用户电网	79
二、380V/10kV 电压接入	79
1. 接入公共电网	79
2. 接入用户电网	80
三、380V 接入	80
1. 接入用户电网	80
2. 接入公共电网	80
第四节 接入电网电气设备	83
一、接入一次系统	83
二、电气计算	83
1. 潮流分析	83
2. 短路电流计算	83
3. 无功平衡计算	83

三、系统对光伏系统的技术要求	84	1. 主要设计内容	90
1. 电能质量分析	84	2. 设计深度	90
2. 电压异常时的响应特性	85	3. 调度自动化系统配置	91
3. 频率异常时的响应特性	85	二、调度管理	91
四、主要设备选择	86	1. 10kV 接入	91
1. 380V 主接线	86	2. 380V 接入	91
2. 10kV 主接线	86	三、远动系统	91
3. 变压器容量	86	1. 380/220V 电压等级接入	91
4. 送出线路导线截面	86	2. 10kV 电压等级接入	91
5. 开关设备	86	3. 10kV/380V 多点、多电压等级 接入	92
五、无功配置	87	4. 系统变电站	92
1. 380V 并网	87	四、功率控制	93
2. 10kV 并网	87	1. 设置	93
第五节 系统继电保护及安全 自动装置	87	2. 有功功率控制	93
一、内容与深度要求	87	3. 无功电压控制系统	93
1. 主要设计内容	87	五、同期装置	93
2. 设计深度	87	六、信息传输	93
二、技术原则	87	七、安全防护	93
三、线路保护	87	1. 设置	93
1. 380/220V 电压等级接入	87	2. 安全防护方案	94
2. 10kV 电压等级接入	87	八、对时方式	94
四、母线保护	88	九、电能质量在线监测	94
1. 设置	88	1. 10kV 电压等级接入	94
2. 10kV 母线保护	89	2. 380/220V 电压等级接入	94
3. 系统侧变电站	89	3. 电能质量监测装置	95
4. 380V 母线保护	89	第七节 系统通信	95
5. 其他要求	89	一、内容及深度要求	95
五、孤岛检测与安全自动装置	89	1. 主要设计内容	95
1. 孤岛检测	89	2. 设计深度	95
2. 自动装置	90	二、技术原则	95
六、其他	90	1. 总体要求	95
1. 10kV 线路接入公共电网环网柜、 开闭所	90	2. 通信通道要求	95
2. 直流电源	90	3. 通信方式	96
3. UPS 交流电源	90	4. 通信设备供电	98
4. 逆变器	90	5. 通信设备布置	98
第六节 系统调度自动化	90	第八节 计量与结算	98
一、内容与深度要求	90	一、内容与深度要求	98
		1. 设计内容	98

2. 设计深度要求	98
二、技术原则	98
1. 电能计量	98
2. 电能计量装置	98
3. 电能表	99
4. 电能量信息采集终端	99
5. 互感器	99
6. 电能计量柜(箱)	99
7. 计量信息统计与传输	99

第五章 光伏方阵设计

第一节 光伏组件

一、晶硅电池种类

1. 按结构分类	100
2. 单晶硅	100
3. 多晶硅	100
4. 非晶硅	100
5. 电池比较	100

二、技术参数

1. 输出电压	101
2. 开路电压 U_{oc}	102
3. 峰值电压 U_{pm}	102
4. 短路电流 I_{sc}	102
5. 峰值电流 I_{pm}	102
6. 峰值功率 P_{max}	102
7. 转换效率	102
8. 填充因子 FF	102
9. 额定工作温度 T_n	103

三、选型

1. 应用等级	103
2. 耐火等级	103
3. 技术性能	103
4. 外观要求	104
5. 核心指标	104
6. 其他要求	104
7. 适用程度	105

四、光伏组件特性

1. 输出特性	105
2. 光照强度特性	105

3. 温度特性	105
4. 发电输出功率特征	106
5. 衰减	106

第二节 光伏方阵的计算

一、光伏方阵的连接

1. 光伏电池-光伏组件-光伏 方阵	107
2. 串联	107
3. 并联	108
4. 串并联	108

二、光伏组件的特性

1. 开路电压	108
2. 短路电流	110
3. 温度系数	110

三、组件串联计算

1. 组件串联的电压匹配	110
2. 串联组件与逆变器的匹配	111

四、组件并联计算

1. 组件并联电流与逆变器匹配	113
2. 组件与安装容量的匹配	113
3. 最大串联组串	113

第三节 光伏方阵的设计

一、方阵设计

1. 功能结构	113
2. 电路设计	113

二、电气设计

1. 光伏组串	114
2. 光伏方阵被分成子方阵时的 多并联光伏组串	116
3. 采用多 MPPT 直流输入 PCE 的光伏方阵	117
4. 串并联结构	118

第四节 光伏方阵的布置

一、温度要求

1. 工作温度	119
2. 设计要求	119

二、角度设计

1. 方位角	119
2. 高度角	120

3. 高度角与方位角	120
4. 倾斜角	121
三、阴影与遮挡	121
1. 影响	121
2. 组件排布方式的影响	123
3. 对逆变器 MPPT 的影响	125
4. 阴影长度	125
四、间距	127
1. 排最小间距	127
2. 最低点距屋顶距离	128
五、光伏组件衰减	128
1. 分类	128
2. 衰减测试	128
六、连接损失	128
1. 连接损失	128
2. 连接原则	129
七、电缆中的电压下降	129
八、污渍	129
第五节 方阵的连接	129
一、要求	129
1. 布线	129
2. 安装	129
3. 标准	129
二、布线环路	129
1. 光伏方阵布线	129
2. 串内布线环路	130
3. 光伏组串布线	130
4. 汇流箱内部连接线安装	130
5. 布线标识	131

第六章 直流电气设备选型

第一节 光伏接线盒	132
一、应用	132
1. 接线盒	132
2. 特性	132
3. 结构	132
4. 技术指标	132
5. 标准条件	133
6. 选用	133

7. 应用	133
二、种类	133
1. 传统型（晶硅组件系列）	133
2. 密封胶封型光伏接线盒	134
3. 玻璃幕墙专用型光伏接线盒	135
4. 薄膜组件接线盒	135
5. 其他	136
三、常见故障	137
1. 户外应用	137
2. 防水	137
3. 湿热环境	138
4. 箱体灼热	138
5. 其他	138
第二节 光伏汇流设备	138
一、汇流设备	138
1. 光伏组串汇流箱（简称光伏 汇流箱）	139
2. 光伏方阵汇流柜（简称光伏 汇流柜）	139
3. 内部结构	139
4. 分类	140
5. 使用条件	141
6. 技术参数	143
二、结构与材料	145
1. 结构	145
2. 材料	145
三、电路的连接	146
1. 电缆要求	146
2. 电缆线径	146
3. 铜母排	146
四、元器件	147
1. 电涌保护器（SPD）	147
2. 直流断路器与直流隔离开关	147
3. 熔断器	147
4. 防反二极管	147
5. 开关位置的指示和操作方向	147
6. 指示灯和按钮	147
五、监控模块	147
1. 监控及通信	147

2. 测量精度	147	5. 存在的问题	163
六、接地要求	147	二、光伏直流连接器的应用	164
1. 接地端子	147	1. 光伏方阵直流连接器	164
2. 保护接地	148	2. 光伏电缆与连接器的连接	165
3. 接地导体	148	3. 光伏方阵的连接	166
第三节 光伏直流配电柜	148	三、逆变器交流连接器	167
一、直流配电柜	148	1. 种类	167
1. 作用	148	2. 逆变器之间的连接	168
2. 结构	148	3. 交流连接器接线	168
3. 功能	150	四、连接器在光伏并网系统中的	
二、工作原理与接线	150	应用	170
1. 工作原理	150	第六节 逆变器	170
2. 接线	150	一、逆变器	170
三、技术参数	151	1. 功能	170
第四节 光伏电缆	151	2. 分类	171
一、标准	151	3. 结构	172
1. 光伏专用电缆	151	4. 电路原理	172
2. 产品标准	152	二、技术性能	172
3. TUV 标准光伏电缆	152	1. 使用条件	172
4. UL 标准光伏电缆	152	2. 性能指标	178
二、型号与参数	153	3. 电网故障保护功能	180
1. 型号	153	4. 通信	182
2. 结构	154	5. 自动开/关机	182
3. 性能	155	6. 软启动	182
4. 电缆载流量	157	7. 绝缘耐压性	182
5. 电缆通过的短路电流	158	8. 外壳防护等级	183
三、选型	159	9. 最大功率跟踪 (MPPT)	
1. 不可用交流电缆替代直流		控制功能	183
光伏电缆	159	10. 孤岛监测功能	184
2. 按照连接部位选型	159	三、应用	184
3. 按电缆截面选择	160	1. 并网要求	184
4. 光伏电缆绝缘选用	160	2. 逆变器型式	184
5. 直流干线电缆经济选型	161	3. 集中式逆变器	184
第五节 光伏连接器	162	4. 组串逆变	186
一、光伏直流连接器	162	5. 微型逆变器	187
1. 连接器	162	6. 电源优化器	188
2. 性能要求	162	7. 不同逆变器应用的比较	189
3. 作用	163	四、安装	190
4. 结构	163	1. 安装流程	190

2. 准备	190
3. 安装	191
4. 直流侧接线	191
5. 交流侧接线	191
6. 运行	192
7. 工作模式	192
五、选型	193
1. 类型选择	193
2. 容量匹配设计	193
3. MPP 电压范围与光伏组件电压 匹配	193
4. 最大输入电流与电池组电流 匹配	194
5. 转换效率	194
6. 配套设备	194
7. 负载特性	194

第七章 交流电气设备选型

第一节 交流配电柜

一、类型	196
1. 作用	196
2. 组成	196
3. 类型	197
二、性能要求	197
1. 检测	197
2. 电涌保护器装置	197
3. 发电和用电电能表	197
4. 防逆流检测保护装置	197
5. 功能	198
三、应用要求	198

第二节 交流电缆

一、技术参数	199
1. 结构	199
2. 应用	199
3. 要求	199
4. 常用电缆	199
5. 特种电缆	199
6. 选用	200
二、选型	201

1. 按载流量选择电缆	201
2. 按允许电压损失选择截面	202
3. 按机械强度选择电缆截面积	203
4. 中性导体和保护导体截面积 的选择	204

三、敷设

1. 电缆管	204
2. 电缆桥架	205
3. 敷设方法	205
4. 配线工程	206

第三节 SVG 无功补偿装置

一、无功功率补偿技术	206
二、SVG 原理	206
1. 原理	206
2. 运行模式	207
三、SVG 装置	207
1. 组成	207
2. 主要设备	208
3. 功能特点	208
4. SVG 与 SVC 性能比较	208

第四节 变压器

一、类型	210
1. 干式变压器	210
2. 气体绝缘变压器	211
3. 非燃油液体绝缘变压器	212
二、变压器损耗计算	213
1. 有功功率损耗	213
2. 无功功率损耗	213
三、变压器总容量	214
1. 总容量	214
2. 负荷率	214
3. 组别	214
四、非晶合金变压器	214
1. 空载损耗	214
2. 联结组别	214
3. 抗短路能力	214
4. 噪声	214
五、分裂变压器	215
1. 原理	215

2. 运行方式	215
3. 等效电路	215
4. 优缺点	217
5. 低压轴向双分裂干式升压 变压器	217

第八章 光伏直流系统保护 220

第一节 光伏组件故障与旁路

二极管保护..... 220

一、组件故障 220

1. 热斑效应 220
2. 危害 220
3. 成因 220

二、旁路二极管 221

1. 二极管的外形 221
2. 旁路作用 221
3. 技术参数 221
4. 要求 222
5. 反向电流 222
6. 设置 222

第二节 直流侧过电流保护..... 222

一、直流侧电流 222

1. 直流电流特性 222
2. 逆变器的负载特性 223
3. 光照和温度的影响 223

二、过电流保护 223

1. 光伏组件和/或连接线的过电流
 保护 223
2. 光伏组串过电流保护 223
3. 光伏子方阵过电流保护 224
4. 光伏方阵过电流保护 224
5. 与蓄电池相连的光伏系统过电流
 保护 224

三、直接功能接地的光伏方阵过电流 保护 225

四、过电流保护的安装位置 226

五、反向电流保护..... 226

1. 光伏电池反向电流 226
2. 光伏组串的反向电流 227

3. 交流侧反向电流 227

4. 反向电流计算 228

5. 保护要求 228

六、直流故障电弧 228

1. 直流电弧 228

2. 种类 229

3. 后果 229

4. 防范措施 229

第三节 直流侧过电流保护

设备..... 231

一、防反（充）二极管 231

1. 作用 231
2. 与旁路二极管的区别 231
3. 结构 232

4. 方阵中的过电流/故障电流 保护 232

5. 技术参数 234

6. 散热设计 235

7. 选型 236

8. 使用条件 236

9. 技术参数 237

二、直流熔断器 237

1. 作用 237

2. 结构 237

3. 要求 237

4. “gPV”型熔体的约定时间和
 约定电流 238

5. 选择 239

6. 熔断器与电缆配合 240

7. 存在的问题 241

三、直流断路器 242

1. 作用 242

2. 适用环境 242

3. 要求 242

4. 种类 243

5. 极间连接 246

6. 极性 249

7. 反向电流 250

8. 选择 250

四、直流隔离开关	252	1. 设计原则	260
1. 作用	252	2. 并网点在用户负载侧（双向 计量）	260
2. 结构	252	3. 优点	260
3. 要求	252	4. 缺点	260
4. 选择	253	四、补贴政策	260
5. 直流断路器及直流隔离开关的 安装	253	1. 激励政策	260
五、直流电弧断路器	254	2. 电价补贴	261
1. 作用	254	五、商业运营模式	261
2. 组成	254	1. 应用类型	261
3. 应用	254	2. 全额上网	261
第四节 逆功率保护	255	3. 自发自用，余电上网	262
一、逆功率保护	255	4. 联网微电网	262
1. 设置	255	5. 自发自用	262
2. 要求	255	第二节 并网计量点	263
3. 安装点	255	一、并网计量	263
二、保护装置	255	1. 计量方式	263
1. 外形	255	2. 关口计量点	263
2. 保护原理	255	3. 电能计量点	263
三、防逆流控制器	256	二、计量点设置方案	264
1. 组成	256	1. 设置方案	264
2. 逻辑判断	256	2. 低压并网统购统销	264
3. CT 接线	257	3. 低压并网自发自用/余电 上网	264
4. 动作过程	257	4. 高压并网统购统销	265
第九章 光伏并网系统计量与 监测	258	5. 自发自用/余电上网高压 并网	265
第一节 上网电价	258	三、计量类型	265
一、“上网电价”政策	258	1. 集中并入 10kV 及以上公共 电网	265
1. 设计原则	258	2. 并入单位 10kV 内部电网	265
2. 并网点在电网侧	258	3. 全部自发自用模式	266
3. 优点	258	4. 配电侧并网，自发自用	266
4. 缺点	258	5. 多个并网点	266
二、“净电量结算”政策	259	6. 单一并网点	266
1. 设计原则	259	第三节 并网计量方案	268
2. 并网点在用户负载侧	259	一、电能计量装置	268
3. 优点	259	1. 要求	268
4. 缺点	259	2. 接线方式	268
三、“自消费”政策	260		

二、计量接入点	268	4. 现场数据显示	277
1. 接入电压等级	268	5. 电磁兼容性	277
2. 接入点设置	269	三、监测系统的安装	277
3. 10 (20) kV 接入点	269	1. 环境监测设备的安装	278
4. 0.4kV 接入及 0.22kV 接入点 ..	269	2. 布线要求	278
三、计量方式	269	3. 系统的调试	278
1. 高压计量	269	四、数据传输	278
2. 低压计量	269	1. 一般规定	278
四、计量自动化系统	270	2. 监测设备和数据采集装置之间 的传输	278
1. 用户计量电能表	270	3. 数据采集装置和数据中心之间 的传输	278
2. 接入计量自动化系统的终端 设备	270	第五节 光伏并网系统采集与 监测的数据	279
3. 计量自动化主站	270	一、环境	279
4. 电能计量柜 (箱)	270	1. 气象环境	279
5. 计量方式	270	2. 系统环境	279
五、技术要求	270	二、直流发电侧	279
1. 电能表配置	270	1. 汇流箱	279
2. 电流互感器	271	2. 直流配电柜	280
3. 电压互感器	272	3. 电池管理系统 (BMS)	281
六、典型接线	272	三、交流并网侧	282
1. 0.4kV 及 0.22kV 电网侧接入 计量	272	1. 逆变器	282
2. 0.4kV 及 0.22kV 光伏接入 计量	272	2. 交流配电柜	283
3. 电网侧三相四线有功表经电流 互感器接入、试验接线盒分 相接入方式	272	3. 发电量和电能质量	283
4. 光伏侧三相四线有功表经电流 互感器接入、试验接线盒分相 接入方式	272	四、运行状态	286
第四节 光伏并网在线监测系统 ..	275	第十章 并网发电系统安全 防护	287
一、系统构成	275	第一节 并网系统过电压	287
1. 数据采集系统	275	一、过电压	287
2. 数据传输系统	275	1. 直击雷	287
3. 数据中心	275	2. 闪电感应	287
二、系统设计	275	3. 闪电电涌侵入	287
1. 环境监测设备的设计选型	275	4. 影响	287
2. 电参数监测设备的设计选型 ..	276	5. 内部过电压	288
3. 数据采集装置	277	二、雷电防护措施	288
		1. 建筑物防雷区域的划分	288
		2. 防雷防护	288

3. 电磁脉冲的防护	288	5. 低压交流系统 SPD 联结	304
4. 其他措施	288	五、其他系统设置	304
第二节 直击雷防护	290	1. 光伏监测系统设置	304
一、防护设计	290	2. 信号线路设置	306
1. 设计原则	290	六、选型	307
2. 防护目标	290	1. 原则	307
二、接闪器	291	2. 地面光伏系统	308
1. 光伏方阵防直击雷	291	3. 建筑光伏汇流设备	308
2. 建(构)筑物防直击雷	291	4. 安装	309
三、引下线	291	5. 安装结构	310
1. 材料及尺寸要求	291	6. 过载保护特性	311
2. 设置	292	第四节 光伏方阵的接地	311
四、接地装置	293	一、接地要求	311
1. 接地体的材料	293	1. 裸露导体接地	311
2. 设置	294	2. 防雷接地	312
第三节 电磁脉冲防护	294	3. 等电位联结	312
一、电涌保护器 (SPD)	294	4. 功能接地	312
1. 外形	294	二、接地导体	312
2. 组成	295	1. 导体规格	312
3. 分类	295	2. 裸露导体部分接地要求	313
4. 技术参数	295	三、独立接地体	313
二、电涌保护器的设置	296	四、功能接地	313
1. 系统设置	296	1. 等电位联结	313
2. 安装和地点	296	2. 连接导体	313
三、建筑物雷电电磁脉冲防护	296	3. 功能接地端子	314
1. 无外部防雷装置建筑物雷电 电磁脉冲防护	296	4. 功能接地导体	315
2. 有外部防雷装置建筑物雷电 电磁脉冲防护	296	第五节 等电位联结	315
3. 建筑物室外有防雷保护和 测控单元	299	一、等电位联结	315
4. 工业厂房建筑物雷电电磁脉冲 防护	301	1. 光伏方阵	315
5. 保护导体截面积	301	2. 汇流箱	316
四、交流系统电涌保护	301	3. 室内设备、线路	316
1. 第一级保护	303	4. 等电位联结导体	316
2. 第二级保护	304	二、屏蔽和布线	316
3. 第三级保护	304	1. 屏蔽	316
4. 第四级及四级以上保护	304	2. 布线	316

第十一章 安装型光伏建筑 (BAPV)设计	318
第一节 BAPV 建筑设计要求	318