

太阳能光热利用技术丛书

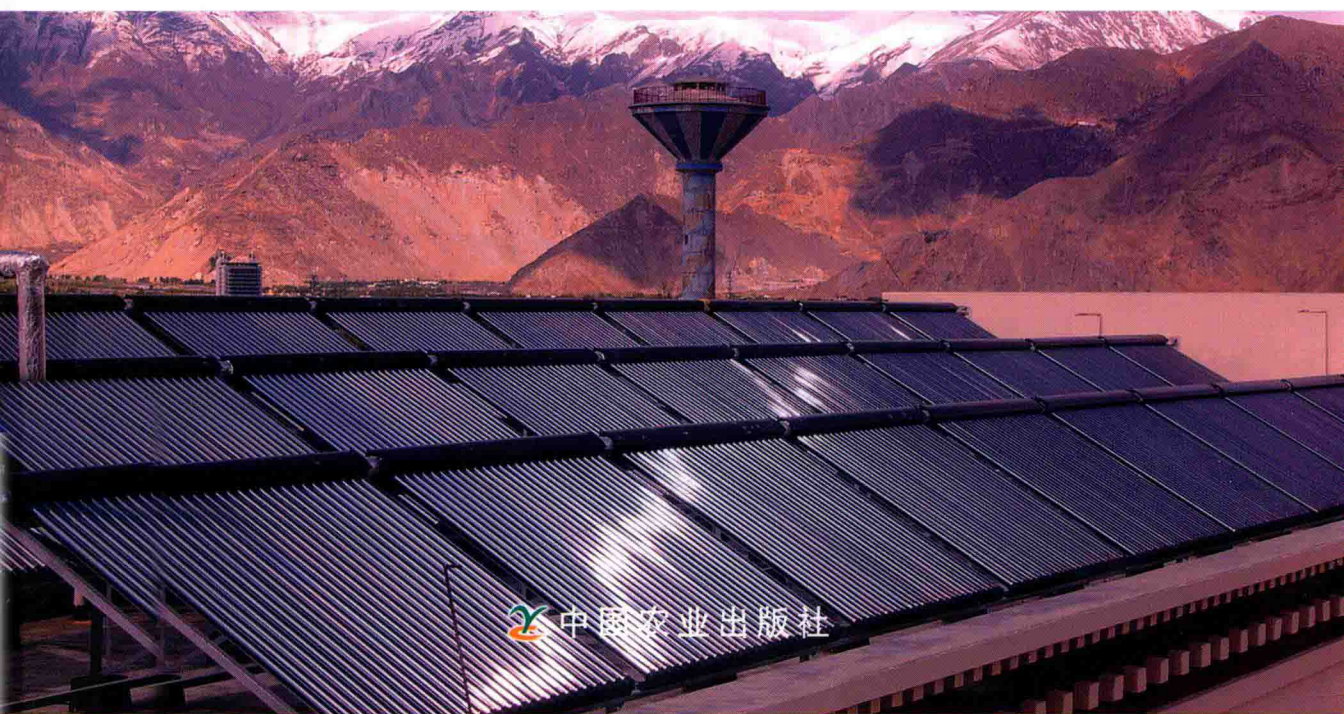
TAIYANGNENG
GUANGRE LIYONG JISHU

太阳能

光热利用技术

(初、中、高级)

杨金良 刘代丽 万小春 / 主编
农业部农业生态与资源保护总站 / 组编



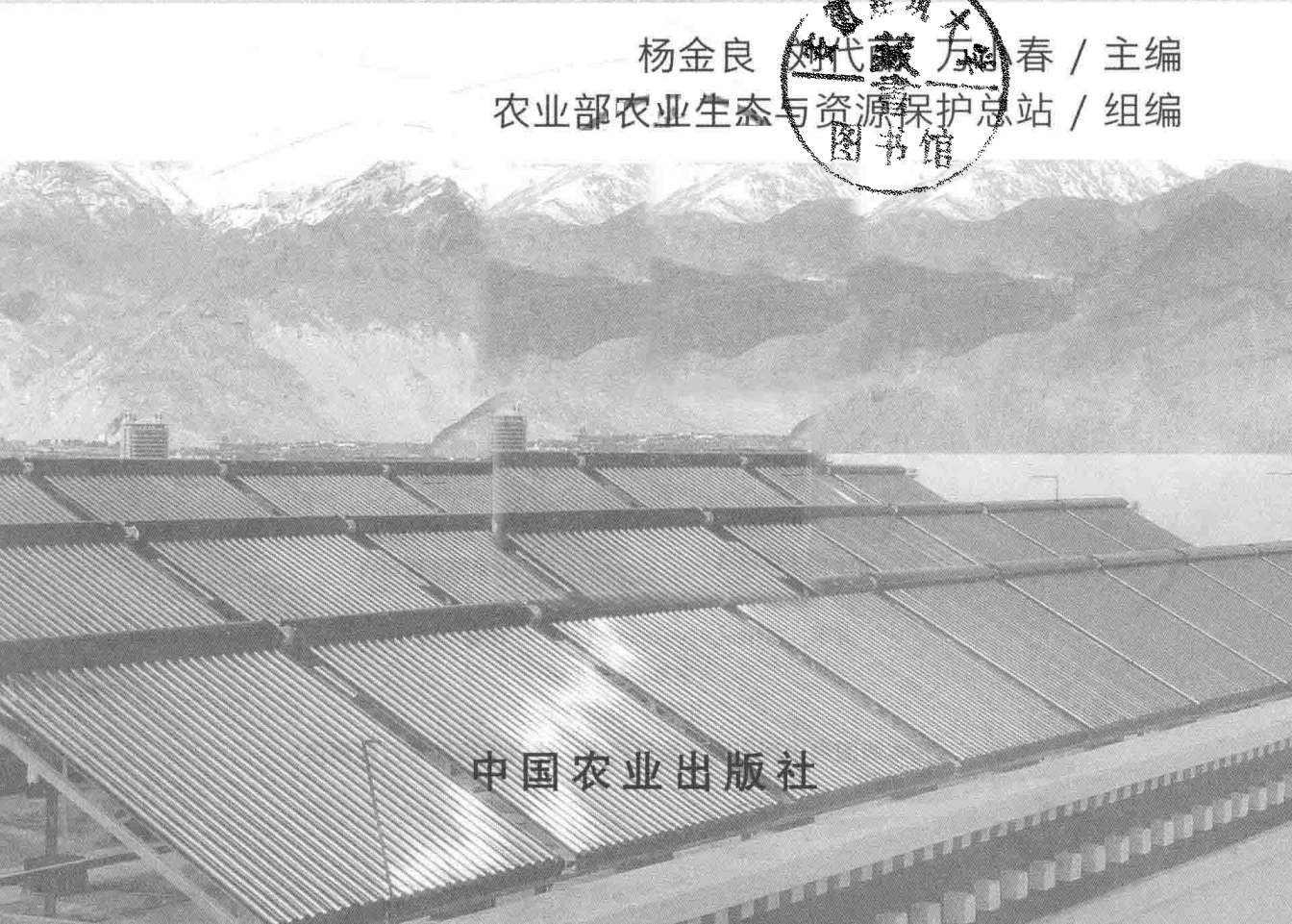
中国农业出版社

太阳能光热利用技术丛书

太阳能 光热利用技术

(初、中、高级)

杨金良 方春 / 主编
农业部农业生态与资源保护总站 / 组编



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能光热利用技术: 初、中、高级 / 杨金良, 刘代丽, 万小春主编; 农业部农业生态与资源保护总站组编. —北京: 中国农业出版社, 2017. 12

ISBN 978-7-109-23736-0

I. ①太… II. ①杨… ②刘… ③万… ④农… III. ①太阳能利用 IV. ①TK519

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 312296 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 闫保荣

北京万友印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 24.75

字数: 600 千字

定价: 68.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

太阳能光热利用技术（初、中、高级）

主 编：杨金良 刘代丽 万小春

副 主 编：王 海 尹建锋

主审专家：谢 建

编 写 者：（按姓氏笔画排序）

丁延斌	丁海兵	万小春	王乐轩
王亚龙	王 海	王智会	牛传武
牛晓科	尹建锋	代国伟	成营营
刘代丽	刘 丽	杨小芬	杨金川
杨金良	杨金桥	李治霞	罗丕俊
郭良帅	彭 竹		

前 言

2015年7月新版《国家职业分类大典》颁布，对太阳能利用工作为国家职业提出了新的职业要求，新增识读施工图、核算建造需用材料量、准备相关工具和设备，以及讲解传授系统日常运行及运维常识等工作任务。为满足太阳能光热行业从业人员的实际需要，编写组严格按照太阳能利用工国家职业标准的职业定义和主要工作任务要求，对从事太阳能光热利用的初、中、高级技能人员的工作技能进行了梳理，汇编成册。为方便读者学习，将太阳辐射基础知识也纳入本书，其他基础知识另行成册，技师与高级技师技能知识（主、被动太阳能采暖技能）也将另行出版。

太阳能光热利用是多学科的综合应用行业，编写组深深体会到系统了解学习该知识与技能时，搜寻学习书籍的不易。为此，本书力求能够全面介绍相关方面的知识，期望做到本书在手，即可较全面地学到基础知识与关键的太阳能热利用技能，并在充分满足技能人员学习需求的同时，也能满足技术设计、技术管理及大中专学生的学习需求。

本书注重实际应用，力求内容全面且有一定深度，并收录了近年来最新的产品与技术。本书共24章，内容涵盖太阳-地球-月球运动规律、太阳辐射基础知识、太阳辐射量计算、太阳能热利用系统组成、系统类别、产品结构、工作原理、产品特点、设计选型、安装工具、施工安装、调试运行、维护维修、培训管理等知识。为了方便技能人员考试复习，每章后面都留有思考题供参考。

本书适合从事太阳能热利用系统安装的技能人员、工程系统设计人员、新毕业大学生、在校大学生、从事太阳能热利用管理人员阅读参考。

编写组期待为读者提供一本全面介绍太阳能光热利用技能的图书，但鉴于光热领域的技术发展更新速度快、编写者自身的能力所限，书稿定有不完善、不准确或不全面之处，敬请读者不吝批评指正，以便在书稿再版时加以修改、完善和补充。

编写组

2017年12月于北京

目 录

前言

第 1 章 太阳能利用基础知识	1
1.1 太阳-地球-月球	1
1.1.1 太阳-地球-月球的运动关系	1
1.1.2 地球绕太阳的运动规律	2
1.1.3 地球公转与季节变化	2
1.1.4 地球温度带的划分	4
1.2 历法与日期	5
1.2.1 阳历、阴历、农历	5
1.2.2 时区与时间	7
1.2.3 时辰	10
1.2.4 二十四节气	10
1.3 太阳辐射能	11
1.3.1 太阳	11
1.3.2 太阳辐射光谱	13
1.3.3 太阳辐射能	14
1.3.4 太阳常数	14
1.3.5 大气层对太阳辐射的影响	15
1.3.6 到达地面的太阳辐射类别	16
1.3.7 太阳辐射能的特点	16
1.4 我国太阳能资源	17
1.4.1 资源特点	17
1.4.2 资源分区	18
1.5 与太阳能利用有关的计算	18
1.5.1 太阳赤纬角	18
1.5.2 太阳时角	19
1.5.3 太阳高度角	19
1.5.4 太阳方位角	20
1.5.5 太阳光照阴影长度的计算	21
1.5.6 太阳能采光面的倾角	22

1.5.7	大气质量	22
1.5.8	大气透明度	24
1.5.9	太阳能辐照量计算	25
第2章	家用太阳能热水系统	31
2.1	开式家用太阳能热水系统	31
2.1.1	系统组成	31
2.1.2	工作原理	32
2.1.2.1	手动控制系统工作原理	32
2.1.2.2	智能控制系统工作原理	33
2.1.3	主要部件	33
2.2	闭式家用太阳能热水系统	34
2.2.1	系统组成	34
2.2.2	工作原理	35
2.2.3	主要部件	35
第3章	太阳能热水器	37
3.1	闷晒式太阳能热水器	37
3.1.1	结构组成	37
3.1.2	工作原理	37
3.1.3	主要部件	37
3.1.4	常见产品	38
3.2	平板太阳能热水器	40
3.2.1	结构组成	40
3.2.2	工作原理	40
3.2.3	主要部件	41
3.2.4	常见产品	42
3.3	全玻璃真空太阳集热管与热水器	43
3.3.1	全玻璃真空太阳集热管	43
3.3.1.1	结构组成	43
3.3.1.2	工作原理	43
3.3.1.3	主要部件	43
3.3.1.4	产品类别	44
3.3.1.5	产品命名	45
3.3.1.6	技术要求	46
3.3.2	常规全玻璃真空管热水器	47
3.3.2.1	结构组成	47
3.3.2.2	工作原理	48
3.3.2.3	主要部件	48

3.3.2.4 常见产品	49
3.3.3 带速热换热器的全玻璃真空管热水器	50
3.3.3.1 结构组成	50
3.3.3.2 工作原理	50
3.3.3.3 产品特点	51
3.4 玻璃-金属封接热管真空管与热水器	52
3.4.1 热管知识	52
3.4.1.1 热管类别	52
3.4.1.2 工作原理	52
3.4.1.3 热管特点	53
3.4.1.4 热管寿命影响因素	53
3.4.2 玻璃-金属封接热管真空管	54
3.4.2.1 结构组成	54
3.4.2.2 工作原理	55
3.4.2.3 产品类别	55
3.4.3 玻璃-金属封接热管真空管热水器	55
3.4.3.1 结构组成与工作原理	55
3.4.3.2 主要部件	56
3.4.3.3 常见产品	57
3.5 全玻璃热管真空太阳集热管与热水器	57
3.5.1 全玻璃热管真空太阳集热管	57
3.5.1.1 结构组成	57
3.5.1.2 工作原理	57
3.5.1.3 产品型号	59
3.5.2 全玻璃热管真空管热水器	59
3.5.2.1 结构组成	59
3.5.2.2 工作原理	60
3.6 太阳能热水器配附件	60
3.6.1 自动补水箱	60
3.6.2 电加热器	61
3.6.2.1 结构组成	61
3.6.2.2 与水箱连接方式	62
3.6.2.3 电加热管外管材料	62
3.7 家用太阳能热水器分类与标识	63
3.7.1 产品分类	63
3.7.2 产品标识	63
第4章 系统管材阀门与配附件	67
4.1 常用管材	67
4.1.1 非金属管材	67

4.1.2 金属管材	69
4.2 常用阀门	70
4.3 常用管路保温与外护材料	74
4.4 管路防冻电伴热带	75
4.4.1 结构组成	75
4.4.2 工作原理	75
4.4.3 产品类别	76
4.4.4 注意事项	76
第5章 智能控制仪	78
5.1 控制仪组成部件	78
5.2 工作原理	81
5.3 产品类别	81
5.4 控制仪功能	82
5.5 技术要求	82
5.6 家用控制仪的命名与标记	82
第6章 太阳灶	84
6.1 箱式太阳灶	84
6.1.1 结构组成	84
6.1.2 工作原理	84
6.1.3 各部件功用与性能要求	84
6.1.4 普通箱式太阳灶	85
6.1.5 加反射镜的箱式太阳灶	85
6.1.6 常见箱式太阳灶	86
6.2 聚光式太阳灶	87
6.2.1 结构组成与各部件作用	87
6.2.2 聚光式太阳灶类别	88
6.2.3 工作原理	89
6.2.4 常用材料	90
6.2.5 性能参数	91
6.2.6 技术要求	93
6.2.7 调试方法	93
6.2.8 使用维护	94
第7章 家用系统安装工具使用知识	96
7.1 五金工具	96
7.1.1 扳手	96

7.1.2 螺丝刀	99
7.1.3 钳子	100
7.1.4 钢卷尺	102
7.1.5 手锤	103
7.2 PAP 与 PEX 管材铺设专用工具	104
7.2.1 管剪	104
7.2.2 圆管器	105
7.2.3 弯管弹簧	106
7.3 PP-R 管热熔机	106
7.4 不锈钢波纹管安装工具	108
7.4.1 割管器	108
7.4.2 平口器	109
7.5 铜管铺设工具	109
7.5.1 铜管割管器	109
7.5.2 铜管弯管器	109
7.5.3 铜管扩管器	110
7.6 电工工具	112
7.6.1 试电笔	112
7.6.2 万用表	114
7.7 电动工具	116
7.7.1 冲击钻	116
7.7.2 电锤	117
第 8 章 家用系统安装	119
8.1 确定安装方案	119
8.2 现场检验搬运与吊装	119
8.3 太阳能热水器安装	120
8.3.1 本体组装	120
8.3.2 防风固定	121
8.3.3 室内安装	121
8.3.4 室内外管路铺设	122
8.3.5 系统检漏与冲洗	123
8.3.6 电伴热带铺设	124
8.3.7 管路保温	124
8.3.8 强弱电电缆铺设	125
第 9 章 家用系统调试移交	127
9.1 系统调试	127

9.1.1 单机调试	127
9.1.2 联动调试	128
9.2 向用户讲解内容	128
9.3 系统移交	128
9.4 注意事项	129
第 10 章 家用系统故障判断与维修	130
10.1 故障判断	130
10.2 故障维修	131
第 11 章 太阳能热水工程系统	133
11.1 系统组成与各部分功用	133
11.2 系统类别	134
11.3 循环系统与直流系统	136
11.3.1 自然循环系统	136
11.3.1.1 系统运行原理	136
11.3.1.2 系统循环分析	136
11.3.1.3 系统主要参数的确定原则	138
11.3.2 强制循环系统	139
11.3.2.1 系统原理	139
11.3.2.2 流量分配分析	140
11.3.2.3 流量均布措施	141
11.3.3 直流系统	142
11.3.3.1 系统原理	142
11.3.3.2 产热水过程分析	142
11.3.3.3 直流系统控制方式	143
11.3.4 三种系统特点比较	144
11.4 直接系统与间接系统	144
11.4.1 直接系统	144
11.4.1.1 系统特点	144
11.4.1.2 系统注意事项	145
11.4.2 间接系统	145
11.4.2.1 系统特点	145
11.4.2.2 间接系统的形式	145
11.5 常压系统和承压系统	146
11.5.1 常压系统	146
11.5.1.1 系统受压分析	146
11.5.1.2 系统注意事项	147
11.5.2 承压系统	147

11.5.2.1	系统的组成与功用	147
11.5.2.2	系统的受压过程分析	148
11.5.2.3	系统注意事项	149
11.6	带辅助热源的太阳能系统	149
11.6.1	辅助加热方式	149
11.6.1.1	锅炉辅助加热	149
11.6.1.2	电热管辅助加热系统	150
11.6.1.3	换热器辅助加热系统	151
11.6.2	带辅助热源的太阳能热水系统	152
11.7	系统常见形式	152
11.7.1	自然循环系统常见形式	152
11.7.2	强制循环系统常见形式	156
11.7.3	直流系统常见形式	157
第 12 章	太阳能集热器	160
12.1	产品种类	160
12.2	平板型太阳能集热器	160
12.2.1	结构原理	160
12.2.2	各部件作用与技术要求	161
12.2.2.1	透明盖板	161
12.2.2.2	吸热板	162
12.2.2.3	吸收涂层	163
12.2.2.4	保温层	165
12.2.2.5	外壳	165
12.2.3	平板集热器分类与命名	165
12.2.3.1	分类	165
12.2.3.2	结构尺寸	165
12.2.3.3	命名	166
12.2.4	平板集热器能量平衡分析	167
12.2.4.1	平板集热器的能量平衡方程	167
12.2.4.2	平板集热器各部分的热损失	168
12.2.4.3	减少平板集热器热损失的途径	169
12.2.5	平板集热器的热效率	169
12.2.5.1	集热器的瞬时效率方程和效率曲线	169
12.2.5.2	提高集热器热效率的途径	172
12.2.6	平板集热器的选择	173
12.2.7	平板集热器产品质量要求	173
12.3	全玻璃真空管集热器	174
12.3.1	结构组成	174
12.3.2	工作原理	176

12.3.3 各部件技术要求	177
12.4 改性全玻璃真空管集热器	178
12.4.1 U形管全玻璃真空管集热器	178
12.4.2 热管全玻璃真空管集热器	179
12.5 玻璃-金属封接真空管集热器	180
12.5.1 结构组成	181
12.5.2 工作原理	182
12.5.3 各部件技术要求	182
12.6 全玻璃热管真空管集热器	183
12.6.1 结构组成	183
12.6.2 工作原理	183
12.6.3 各部件技术要求	184
12.7 真空管集热器的分类与命名	184
12.7.1 分类	184
12.7.2 产品命名	184
12.8 效率方程与曲线	185
12.9 产品质量要求	185
第13章 太阳能集热器阵列与支架	188
13.1 集热器布局摆放形式	188
13.1.1 集热系统布局形式	188
13.1.2 集热系统布局形式选择原则	189
13.2 集热器阵列	189
13.2.1 集热器连接方式	189
13.2.2 集热器前后排间距	191
13.3 集热器阵列支架	192
13.3.1 支架的常见形式	192
13.3.2 集热器阵列支架注意事项	193
第14章 工程水箱	194
14.1 工程水箱的类别	194
14.2 圆柱形薄板不锈钢滚压水箱	194
14.3 矩形不锈钢模压板焊接水箱	195
14.4 矩形装配式水箱	197
14.5 开式系统贮热水箱容量确定	197
14.6 开式贮水箱结构形状与各种开口	198
14.6.1 贮水箱结构形状	198

14.6.2	贮热水箱开口类型	199
14.6.3	水箱开口位置注意事项	200
14.7	承压水罐	200
第 15 章 管路泵阀及保温材料		202
15.1	管路	202
15.1.1	钢管	202
15.1.2	薄壁不锈钢管	203
15.1.3	铜管	205
15.1.4	新型塑料管	205
15.1.5	管路选材	206
15.2	泵	206
15.2.1	泵的种类	206
15.2.2	泵的工作参数	206
15.2.3	泵的选型	208
15.3	阀门	209
15.3.1	闸板阀	209
15.3.2	截止阀	210
15.3.3	球阀	211
15.3.4	蝶阀	212
15.3.5	止回阀	213
15.3.6	浮球阀	215
15.3.7	自动排气阀	217
15.3.8	电磁阀	217
15.3.9	电动阀	221
15.3.10	安全阀	221
15.3.11	减压阀	226
15.4	管路系统其他设备	228
15.4.1	过滤器	228
15.4.2	阻垢装置	230
15.4.2.1	常见的阻垢除垢方法	230
15.4.2.2	硅磷晶阻垢装置	232
15.4.2.3	高频电子水处理器	233
15.4.2.4	强磁水处理器	233
15.4.3	膨胀罐	233
15.4.3.1	膨胀罐的结构与类别	233
15.4.3.2	膨胀罐选型	235

15.5	保温材料	236
15.5.1	保温材料类别与要求	236
15.5.2	太阳能热水系统常用保温材料	237
第 16 章	辅助热源装置	240
16.1	辅助热源设备的种类	240
16.1.1	辅助热源与设备的种类	240
16.1.2	各种辅助热源经济性比较	240
16.2	锅炉型辅助热源设备	241
16.3	热泵型辅助热源设备	242
16.3.1	空气源热泵	243
16.3.2	水/地源热泵	244
16.4	电加热管辅助热源设备	244
16.5	换热器辅助热源设备	245
第 17 章	末端供热水方式	248
17.1	集中洗浴末端供水类别	248
17.2	双管供水洗浴末端	248
17.3	单管供水洗浴末端	249
17.4	循环供热水系统	249
17.5	带 IC 卡自动计费末端供热水系统	251
第 18 章	电气与自动控制系统	253
18.1	对电气自动控制装置的要求	253
18.2	常用低压电气元件	253
18.2.1	隔离开关	253
18.2.2	断路器	254
18.2.3	熔断器	255
18.2.4	接触器	255
18.2.5	中间继电器	256
18.2.6	热继电器	256
18.2.7	手动按钮	257
18.2.8	信号灯	257
18.3	常用智能控制器	257
18.4	变频器	258
18.5	控制柜	258
18.5.1	控制柜主体	258

18.5.2 控制柜常用传感器	260
18.6 远程监控	262
18.7 常用线缆	264
第 19 章 住宅建筑常见的太阳能热水系统	266
19.1 分体承压系统	266
19.1.1 系统组成	266
19.1.2 工作原理	266
19.1.3 各部件功用	267
19.2 阳台壁挂系统	269
19.2.1 系统组成	269
19.2.2 工作原理	269
19.2.3 各部件要求	270
19.2.4 系统类别	272
19.2.5 立式与卧式阳台壁挂系统的特点	272
19.3 集中-分散太阳能热水系统	273
19.3.1 系统组成	273
19.3.2 工作原理	273
19.3.3 系统各部件的作用与要求	274
19.3.4 集中-分散系统几个关键技术问题	275
第 20 章 工程系统安装工具使用知识	278
20.1 钢管安装工具	278
20.1.1 套丝机	278
20.1.2 管台虎钳	279
20.1.3 切管器	279
20.1.4 管钳	280
20.2 金属型材切割设备	280
20.2.1 砂轮锯	280
20.2.2 角磨机	281
20.3 电焊机	281
20.4 气焊设备	286
20.4.1 气焊原理	286
20.4.2 气焊特点	286
20.4.3 气焊设备	286
20.4.4 气焊操作	290
20.4.5 焊丝种类与选型	293
20.4.6 气割操作技能	293

20.5	氩弧焊	294
20.5.1	焊接原理与类别	294
20.5.2	部件组成	294
20.5.3	氩弧焊机电流选择	297
20.5.4	氩弧焊机使用注意事项	297
20.6	水平垂直工具	298
20.6.1	水平尺	298
20.6.2	直角尺	299
20.6.3	激光水准仪	299
20.7	电工工具	300
20.7.1	剥线钳	300
20.7.2	压线钳	300
20.7.3	钳形表	301
20.7.4	兆欧表	302
第 21 章	太阳能热水系统安装	306
21.1	承重基础施工	306
21.1.1	集热器支架承重基础施工	306
21.1.2	水箱承重基础施工	307
21.1.3	预留基础现场核对	308
21.2	设备支架制作	308
21.2.1	集热器钢支架现场焊接	308
21.2.2	水箱承重钢支架现场焊接	309
21.2.3	钢结构焊接支架防腐	310
21.3	贮热水箱制作安装	313
21.3.1	装配式水箱施工	313
21.3.2	不锈钢模压板拼焊水箱施工	313
21.3.3	分户水箱墙面固定	316
21.4	集热器安装	316
21.4.1	集热器与支架固定	316
21.4.2	集热器之间连接	317
21.4.3	真空管集热器插装真空管	317
21.4.4	联箱与上下循环管道连接	318
21.5	泵阀管路铺设	320
21.5.1	水泵与基础固定	320
21.5.2	水泵与阀门管路连接	321
21.5.3	管路阀门安装	322
21.5.4	单向阀安装	323
21.5.5	过滤阀安装	323