

付祥钊 等编著

可再生能源 在建筑中的应用

中国建筑工业出版社

可再生能源在建筑中的应用

付祥钊 等编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

可再生能源在建筑中的应用/付祥钊等编著. —北京: 中国建筑工程工业出版社, 2009

ISBN 978 - 7 - 112 - 10784 - 1

I. 可… II. 付… III. ①再生资源: 能源-资源利用②建筑热工-节能
IV. TK01 TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 029648 号

责任编辑: 张幼平

责任设计: 赵明霞

责任校对: 李志立 王雪竹

可再生能源在建筑中的应用

付祥钊 等编著

*

中国建筑工程工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

世界知识印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 16 $\frac{3}{4}$ 字数: 400 千字

2009 年 6 月第一版 2009 年 6 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 39.00 元

ISBN 978 - 7 - 112 - 10784 - 1

(18029)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

《可再生能源在建筑中的应用》编委会

编委会主任 付祥钊

编委会成员 (排名不分先后)

付祥钊	陈 敏	王 勇
肖益民	孙春华	蒋 斌
刘 勇	王子云	林真国
刘丽莹	余丽霞	

前言

能源是一个国家国民经济和社会发展的基础,是整个人类社会赖以生存和发展的物质保障。近年来,全球能源需求迅速增长,能源、环境、气候问题日益突出,并成为全世界共同关注的焦点。大力开发利用可再生能源,减少化石能源的消耗,保护生态环境,减缓全球气候变暖,推进人类社会可持续发展已成为世界各国的共识。很多国家都在调整能源结构,提高能源利用效率,并将目光投向可再生能源的利用。可再生能源已成为实现能源结构多样化、应对全球气候变化和实现可持续发展的重要替代能源,可再生能源的利用成为了国际能源领域的热点。

为了实现社会经济可持续发展和全面建设小康社会,我国正在大力提倡可再生能源的利用。2005年2月28日,国家主席胡锦涛签署了第33号主席令,宣布《中华人民共和国可再生能源法》已由全国人大常委会通过,于2006年1月1日起实施。这是中国在可再生能源方面的第一部法律性文件,从此,我国可再生能源发展进入了一个崭新的历史阶段。2007年6月7日,国务院总理温家宝主持召开国务院常务会议,审议并原则通过《可再生能源中长期发展规划》。会议指出,要把发展可再生能源作为一项重大战略举措,切实抓紧抓好。

我国能源消耗中建筑能耗约占30%,随着经济的发展,建筑能耗在能源消耗中占的比例逐渐增大,可再生能源在建筑中大有用武之地。本书的目的就是为了把可再生能源在建筑中的利用技术和理念浅显易懂地表现出来,让更多的人了解可再生能源在建筑中的利用情况。

全书用较为通俗的语言介绍了我国可再生能源在建筑中利用的现状和相关技术,包括太阳能光热利用,太阳能光伏利用,湖、水库、水塘水体冷热源利用,江河水冷热资源利用,海水冷热资源利用,城市排水冷热资源利用,浅地层岩土冷热资源利用,夜间天空冷资源利用,空气冷热资源利用和生物质能利用。通过阅读本书读者能够了解可再生能源在建筑中的利用的知识。

本书由付祥钊主编。根据可再生能源的类别分为11章。第1章由付祥钊、陈敏共同编写,第2章由孙春华编写,第3章由蒋斌编写,第4章由刘勇编写,第5章由王子云编写,第6章和第8章由

王勇编写，第7章由林真国编写，第9章由刘丽莹编写，第10章由余丽霞编写，第11章由肖益民编写。付祥钊、陈敏协调了各章内容和观点。

可再生能源在建筑中的利用意义重大，愿本书能为读者提供帮助，并殷切希望读者对书中的不妥之处提出宝贵意见。

目 录

第 1 章 概述：可再生能源及其在建筑中的利用

1.1 可再生能源及其形式	2
1.2 建筑可再生能源评价与提取	4
1.2.1 建筑可再生能源的评价	4
1.2.2 冷热量提取设备	7
1.3 建筑利用可再生能源的分析与评价	8
1.3.1 建筑利用太阳能	8
1.3.2 水的热能资源	9
1.3.3 浅地层岩土热资源	11
1.3.4 夜间天空作为冷热源	11
1.3.5 空气作为冷热源	12
1.3.6 生物质能的开发与利用	13
1.4 建筑可再生能源利用的可行性分析	14

第 2 章 太阳能光热利用

2.1 太阳能资源特点与光热性能	17
2.1.1 太阳能资源特点	17
2.1.2 我国的太阳能资源	18
2.1.3 太阳能资源光热性能评价	19
2.2 太阳能光热利用	20
2.2.1 太阳能采暖	20
2.2.2 太阳能热水供应	28
2.2.3 太阳能制冷	31
2.2.4 其他利用方式	40
2.3 太阳能作为热源的技术路线和关键技术	46
2.3.1 被动式利用	46
2.3.2 主动式利用	47
2.4 应用案例	48
2.4.1 山东建筑大学生态学生公寓综合采暖	48

2.4.2 北京北苑太阳能采暖空调示范工程	49
-----------------------------	----

第3章 太阳能光伏利用

3.1 太阳能光伏性能评价	55
3.1.1 太阳能光伏发电现状	55
3.1.2 太阳能光伏发电评价	58
3.2 太阳能电池工作原理和适用范围	59
3.2.1 太阳能电池的特点	59
3.2.2 发电原理及构造	60
3.2.3 太阳能电池种类	62
3.3 太阳能光伏发电系统与关键技术	66
3.3.1 发电系统基本构成	66
3.3.2 太阳能独立光伏发电系统	67
3.3.3 太阳能并网光伏发电系统	70
3.4 应用案例	71
3.4.1 深圳国际园林花卉博览园	71
3.4.2 西藏措勤 20 千瓦光伏电站	73

第4章 湖、水库、水塘水体冷热资源利用

4.1 湖、水库、水塘水体冷热资源评价	75
4.1.1 湖、水库、水塘水体的水资源分布概述	75
4.1.2 湖、水库、水塘水体的蓄能分析	76
4.1.3 综合评价	79
4.2 利用条件及系统形式	81
4.2.1 水体冷热资源利用条件及限制	81
4.2.2 水体冷热资源利用系统形式	82
4.3 湖、水库、水塘水体冷热资源利用关键技术	84
4.3.1 技术路线	84
4.3.2 基本原理	84
4.3.3 关键技术	85
4.4 常见问题及解决措施	91
4.5 应用案例	92
4.5.1 工程概况	92
4.5.2 工程技术方案	94
4.5.3 工程运行节能特性分析	96
4.5.4 工程经济效益分析	96

4.5.5 工程综合评价	98
--------------------	----

第5章 江河水冷热资源利用

5.1 江河水的水温、水质分析及其作为建筑冷热源的评价	99
5.1.1 江河水资源概况	99
5.1.2 江河水温变化情况和稳定性分析	100
5.1.3 江河水的水质概况	104
5.1.4 江河水冷热源的综合评价	104
5.2 利用条件和应用范围	105
5.2.1 江河水利用中的技术问题	105
5.2.2 江河水位置、水位和取水位置	105
5.2.3 江河水水质	107
5.3 基本路线、关键技术原理及需要的配套措施	109
5.3.1 比较与选择：开式与闭式系统	109
5.3.2 关键技术	113
5.3.3 配套系统	114
5.4 案例对比	115
5.4.1 江水源热泵与常规空调系统的能耗比较	116
5.4.2 江水源热泵与常规空调系统的一次能源利用率比较	117
5.4.3 热污染分析	118

第6章 海水冷热资源利用

6.1 海水冷热资源的分析评价	119
6.1.1 海水水温变化情况和稳定性分析	119
6.1.2 海水的水质概况分析	120
6.1.3 海水水位变化及稳定性分析	122
6.1.4 综合评价	126
6.2 利用条件、应用范围和利用方式	127
6.2.1 海水利用中存在的技术问题	127
6.2.2 取水方式	128
6.2.3 海水水质	129
6.2.4 海水利用方式	129
6.3 利用的原理和关键技术	130
6.3.1 比较与选择：海水源热泵开式系统和闭式系统	130
6.3.2 关键技术	130

6.4 案例分析——青岛发电厂海水热源利用	132
6.4.1 工程实例概况	132
6.4.2 全年运行调节	133
6.4.3 能耗特征与节能性分析	134

第7章 城市排水冷热资源利用

7.1 城市排水冷热资源利用概述	135
7.1.1 城市排水概述	135
7.1.2 污水源热泵技术	137
7.2 利用的条件和方式	139
7.2.1 利用的条件	139
7.2.2 利用的方式	141
7.3 关键技术	142
7.3.1 防堵塞	142
7.3.2 防腐蚀	144
7.4 应用案例——重庆市主城区某公共建筑	145

第8章 浅地层岩土冷热资源利用

8.1 浅地层岩土冷热资源分析评价	152
8.1.1 浅层地温	152
8.1.2 浅地层岩土冷热资源的负荷适应性	153
8.1.3 浅地层岩土冷热资源利用的环境影响评价	155
8.2 利用条件	156
8.2.1 水平埋管的应用条件	156
8.2.2 竖直埋管的应用条件	157
8.2.3 冷热源应用方式	158
8.3 基本技术路线和关键技术	158
8.3.1 基本技术路线	158
8.3.2 钻孔技术	162
8.3.3 回填技术	163
8.4 配套技术措施	164
8.4.1 防冻液技术措施	164
8.4.2 辅助热源措施	164
8.4.3 辅助冷却塔措施	165
8.5 案例分析：北京九华山庄二期酒店工程地源热泵系统	166
8.5.1 工程实例概况	166

8.5.2	全年运行调节	167
8.5.3	能耗特征与节能性分析	168

第9章 夜间天空冷资源利用

9.1	夜间天空冷源特性及其评价	171
9.1.1	有效天空温度	171
9.1.2	夜空作冷源的评价	172
9.2	夜空作冷源的辐射致冷	173
9.2.1	夜空辐射致冷的原理	173
9.2.2	主要强化措施	175
9.3	夜空辐射致冷的具体利用	175
9.3.1	主动(间接)辐射致冷	175
9.3.2	被动式与混合式辐射致冷	181
9.3.3	冷辐射屋顶的热管效应降温	182
9.3.4	夜空辐射蓄冷	182
9.3.5	夜空辐射致冷实现空气除湿和空气取水	183
9.4	应用案例南宁日本友好太阳房	185
9.5	小结	189

第10章 空气冷热资源利用

10.1	空气的特性	195
10.1.1	描述空气的基本物理参数	195
10.1.2	空气焓湿图及热湿变化基本过程	197
10.2	空气作为冷热源的评价	199
10.2.1	容量及品位	199
10.2.2	可靠性及稳定性	199
10.2.3	持续性与可再生能力及易获得性	200
10.2.4	环境友好性	200
10.3	空气作为冷热源的关键技术问题及配套的技术措施	201
10.3.1	品位:通风技术和热泵技术	201
10.3.2	供冷供热能力与建筑需求规律相反:蓄能及辅助冷热源	203
10.3.3	冬季热泵结霜智能高效的除霜技术	205
10.3.4	设备噪声控制水平及安装	207
10.3.5	系统协调	210
10.4	应用的条件、范围及方式	212
10.4.1	应用条件	212

10.4.2	应用范围	215
10.4.3	应用方式	216
10.5	应用案例	216
10.5.1	案例1——低温空气源热泵空调系统的应用	216
10.5.2	案例2——热泵噪声的治理	217
 第 11 章 生物质能应用		
11.1	生物质能简介	221
11.1.1	基本特征	221
11.1.2	生物质分类	222
11.1.3	生物质能转化技术	222
11.2	生物质资源及其开发利用前景	223
11.2.1	资源状况	223
11.2.2	开发利用前景	226
11.2.3	利用生物质能的意义	226
11.3	生物质能源转换与应用技术	227
11.3.1	生物质气化利用技术	227
11.3.2	沼气技术	231
11.3.3	生物质固化成型燃料技术	236
11.3.4	生物质能发电技术	241
11.4	应用案例——北京蟹岛生态度假村沼气工程	243
11.4.1	以沼气为纽带的物质资源多级利用模式	244
11.4.2	饲养规模	244
11.4.3	沼气池进水水质	244
11.4.4	沼气工程与综合利用	245
参考文献		247

第1章 概述：可再生能源及其在建筑中的利用

能源是一个国家国民经济和社会发展的基础，是整个人类社会赖以生存和发展的物质保障。回顾人类历史的发展进程，我们会发现人类文明的每一次重大进步都与能源的改进和更替有着密切的联系。100多年前，以煤炭为燃料的蒸汽机的问世拉开了工业革命的序幕。20世纪70年代，石油危机的出现使人类首次面临能源危机的严峻形势，能源问题引起了国际社会的广泛关注，很多国家都开始将目光投向可再生能源的利用。目前，可再生能源已成为实现能源结构多样化、应对全球气候变化和实现可持续发展的重要资源，成为国际能源领域的热点。预计到21世纪中叶，随着能源需求的进一步增长和化石能源资源的逐渐枯竭，可再生能源将更加突显出其重要性和优越性，成为人类生存与发展最重要的物质基础。

20世纪50年代，水电站建设的蓬勃发展标志着我国走上了可再生能源利用之路。从“六五”计划开始，可再生能源发展就被列入了国家科技攻关计划中。在“七五”期间，为了推动可再生能源的发展，建立了新能源和可再生能源领导小组。经过几十年的努力，我国在小水电、小风电、太阳能热水器、农村沼气等可再生能源技术和产业方面已经走在了世界的前列。进入新世纪后，我国的可再生能源利用技术更是突飞猛进。2003年，国务院开始组织制定《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006~2020年）》。在该规划纲要中，能源被列为第一优先领域，可再生能源的规模化利用技术被选定为重点攻关、研究的主题，同时还作为863计划能源领域和973基础研究计划中的重要内容。2005年2月28日，国家主席胡锦涛签署了第33号主席令，宣布《中华人民共和国可再生能源法》已由全国人大常委会通过，于2006年1月1日起实施。这是中国在可再生能源方面的第一部法律性文件，从此，我国可再生能源发展进入了一个新的历史阶段。到2007年年底，我国水电站装机容量达到1.4亿千瓦，约占全部技术可开发量的30%；估计风电2007年完成340万千瓦，截至2007年年底累计吊装完成装机容量可能超过600万千瓦，超过2010年国家发展目标；太阳能光伏发电生产能力达到创纪录的100万千瓦，成为世界第二生产大国；太阳能热水器年生产能力达到2300万平方米，累计使用量超过1.2亿平方米，占世界使用量的60%；生物质能开发利用也有较大发展，其中户用沼气池达到2200多万口，大中型沼气设施3000多处，沼气使用量超过100亿立方米。

近年来,随着我国建筑节能的发展,可再生能源在建筑中的利用正在迅猛发展,本篇以下内容主要介绍什么是可再生能源、建筑可再生能源及其评价指标并进行建筑可再生能源利用的可行性分析。

1.1 可再生能源及其形式

可再生能源是指在自然界中可以不断再生、永续利用、取之不尽、用之不竭的资源,主要包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能和海洋能等。可再生能源资源分布广泛,数量往往随时间变化,适宜就地开发利用。

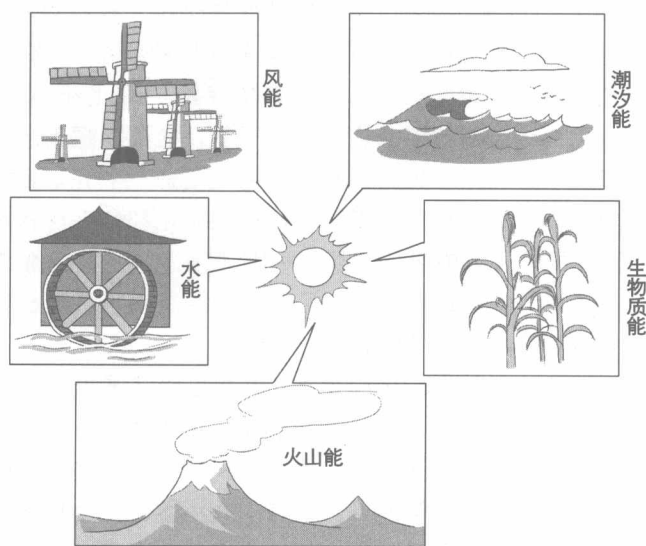


图 1-1 可再生能源形式

太阳能是各种可再生能源中最重要的基本能源,资源总量大且分布广泛。这里的太阳能,是指太阳所负载的能量以阳光形式,照射到地面的辐射总量。辐射总量包括太阳直接辐射和天空散射辐射的总和。太阳能的利用方式主要有:光伏(太阳能电池)发电系统,将太阳能直接转换为电能;太阳能聚热系统,利用太阳的热能产生电能;被动式太阳房;太阳能热水系统;太阳能取暖和制冷。

风能是太阳辐射造成地球各部分受热不均匀,引起各地温差和气压不同,导致空气运动而产生的能量。我国风能资源约为 16 亿千瓦,可开发利用的风能资源约 2.5 亿千瓦。风能主要用于风力发电,目前,小型和微型风力发电机在我国已经有较为成熟的技术。

水的流动可以产生能量,水能可以用于水力发电。我国河流众多,落差大,水能资源总量居世界前列,已有大量已建和在建的水电站。除此之外,水的热能资源还能作为天然的冷热源,为暖通空调设备提供冷热量,地下水和地表水源热泵技术已经得到了快速的发展。目前我国水能资源开发利用率仅为 24%,开发潜力很大。

生物质能是以生物质为载体的能量。地球上的绿色植物、藻类和光合细菌等通过光合作用贮存化学能，因此生物质能的根本来源是太阳。生物质能包括自然界可用作能源的各种植物、人畜排泄物以及城乡有机废物转化成的能源，如薪柴、沼气、生物柴油、燃料乙醇、林业加工废弃物、农作物秸秆、城市有机垃圾、工农业有机废水和其他野生植物等。我国是一个农业大国，有着丰富的生物质能，秸秆等农业废弃物的资源量每年约有3.1亿吨标准煤，薪柴资源量为1.3亿吨标准煤，加上城市垃圾等其他生物质能资源，总量可达6.5亿吨标准煤。近年来，生物质能的开发利用得到了世界各国的广泛关注，生物质发电技术已经成为生物质能研究和利用的热点。生物质能发电技术就是利用生物质本身的能量，将其转化成诸如燃油、燃气、乙醇等可用于驱动发电机发电的能量形式，通过发电机发电并入电网或直接给用户提供电能。目前，我国生物质能主要应用于农村地区，在城市中较少使用。

地热能是来自地球深处的可再生热能，贮存在地下岩石和流体中。我国地热资源丰富，总能量为 1.12×10^{10} 焦/年，占全球的7.9%。根据不同的温度，地热能可分为三种：高温地热能（ $>150^{\circ}\text{C}$ ）、中温地热能（ $90 \sim 150^{\circ}\text{C}$ ）和低温地热能（ $<90^{\circ}\text{C}$ ）。高温地热资源主要分布在藏南、滇西、川西和台湾省地区，常用于发电；中温地热资源分布广泛，在全国各地均有分布，可直接应用，常用于供热、温室、洗浴等。

海洋能是潮汐能、波浪能、温差能、盐差能和海流能的统称。海洋通过各种物理过程接收、储存和散发能量，这些能量以潮汐、波浪、温度差、海流等形式存在于海洋之中。潮汐的形成源于太阳和月亮对地球的吸引力，潮汐涨和潮落之间所负载的能量称之为潮汐能；潮汐和风又形成了海洋波浪，从而产生波浪能；太阳照射在海洋的表面，使海洋的上部和底部形成温差，从而形成温差能。我国海洋能资源丰富，主要用于发电，可开发装机容量为200千瓦以上的潮汐能资源坝址共有424处，总装机容量为2179万千瓦。我国温差能资源蕴藏量大，在各类海洋能中占首位，据估计我国南海温差能资源实际可利用装机容量达13.21~14.76亿千瓦。目前，我国对海水温差能、波浪能、盐差能和海流能的开发利用仍处于研究阶段。

当今人类社会对能源的消耗主要发生在物质生产、交通运输和建筑使用三大过程中，分别称为生产能耗、交通能耗和建筑能耗。建筑能耗与生产能耗、交通能耗不同，它与建筑的总数量、建筑的使用状况、建筑设备能效性和建筑使用过程中的管理水平有关。目前，建筑能耗在能源消耗总量中的比例在逐渐增大。建筑消耗的能源大多是热能，其中采暖、空调、卫生热水等热能的消耗占主要部分。自然界中存在着丰富的天然冷热源，如太阳辐射、天空辐射、空气、水体、岩土等都能提供建筑所需的冷热量。建筑可以通过使用空气源、水源、岩土源热泵等冷热源设备来充分有效地利用这些自然冷热源。

1.2 建筑可再生能源评价与提取

随着经济迅速发展,人民生活水平有了很大的提高,我国建筑业得到了突飞猛进的发展,建筑能耗约占总能耗的30%,成为用能大户,且呈现逐年上升的趋势,因此开发和利用各种可再生能源来满足建筑的能源需求已成为节能减排工作的一个重要任务。可再生能源在建筑中的应用具有十分重大的意义,既可提供建筑所需的电力,又可作为冷热源提供暖通空调系统和卫生热水系统等所需的冷热量。建筑中常见的可再生能源利用主要有太阳能光热利用,太阳能光伏利用,湖、水库、水塘水体冷热源利用,江河水冷热源利用,海水冷热源利用,城市排水冷热源利用,浅地层岩土冷热源利用,夜间天空冷热源利用,空气冷热源利用和生物质能利用。

1.2.1 建筑可再生能源的评价

合理利用建筑可再生能源,使其成为清洁的、可持续的能源,首先必须充分认识其特性,正确评价其工程实用价值。因此,建立评价指标尤为重要。根据不同的需要,可以对可再生能源作出不同的评价。本书将从建筑可再生能源利用的气候适应性、社会适应性和整体协调性出发,从环境友好性和社会允许性、容量、品位、可靠性和稳定性、获得的技术难度、经济性等方面来评价利用于建筑的可再生能源。

1. 环境友好性与社会允许性

目前我国正在大力推进可再生能源的利用,利用太阳能、地热能、生物质能等可再生能源来满足建筑的能源供应需求,已成为我国节能建筑的发展方向。虽然可再生能源的利用是可持续发展的必由之路,但在建筑可再生能源利用的可行性分析阶段,必须充分考虑到可再生能源在建筑中的利用是否会带来环境问题和社会问题。建筑可再生能源的大规模利用可能会破坏自然生态的平衡。例如,随着水源热泵的推广,越来越多的水源热泵工程投入使用,这样大规模的利用是否会引起水体、水温、水质的变化并影响水中生物的生长,研究者需要慎重考虑。同时可再生能源的大规模利用还可能引起社会纠纷问题。由于城市和农村的社会背景存在差异,经济发展状况不同,可再生能源在城市建筑和农村建筑中的利用也存在着差异。例如可再生能源中的生物质能够在农村建筑中发挥重大的作用,却不适宜于在城市建筑中使用。只有不影响环境、不违背社会规律,建筑可再生能源的利用才能取得最大的效益。

总而言之,环境友好性与社会允许性主要包括以下几点:①从可再生能源中提取冷热量时,温度的上升和下降可能改变自然环境的原生态,必须高度重视可能产生的负面效应。在进行环境影响评价时,要本着对人类社会可持续发展负责的态度进行,应明确保持环境友好的冷热量提取规模和时空范围的警戒线。②遵守现行的国家和政府法规,包括城市规划、建设、管理、

能源等方面的政策法规，并且不应与今后的法规建设与发展产生矛盾和冲突。

③尊重社会文化风俗，注意当地社会文化风俗的允纳性和可变性。④可再生能源是全社会的共同财富，动用它时，要关心相关群体的利益协调，注重公平性和公正性，尤其不应伤害弱势群体的利益，要重视大规模开发利用引发的环境和社会问题。

2. 可再生能源作为建筑冷热源的容量

容量作为基本评价指标之一，是指在环境友好、社会和谐的前提下，冷热源在确定时间内能提供的冷热量。当可再生能源作为建筑冷热源，具备一定的容量时，就意味着该能源能够作为独立的冷热源来提供建筑所需的冷热量，否则还需配备其他的辅助冷热源。容量反映的是可再生能源能够提供的冷热量的大小，虽然是一个基本的评价指标，却具有十分重要的工程意义。只有具备一定容量的可再生能源才有利用的价值，因此在可再生能源利用的可行性研究阶段，应重视这一指标。容量评价指标分为两种，一种是总容量 Q （单位：瓦·时或千瓦·时），指可再生能源所能提供的总冷热量；另一种是时刻容量 q （单位：瓦或千瓦），指可再生能源在一定的工况下单位时间内提供的冷热量。

3. 可再生能源作为冷热源的品位

品位反映了可再生能源的可利用程度。分别定义可再生能源作为热源的品位 ΔT_1 和作为冷源的品位 ΔT_2 ：

$$\Delta T_1 = T_H - T_0 \quad (1.1)$$

$$\Delta T_2 = T_0 - T_C \quad (1.2)$$

式中 T_H ——作为热源的可再生能源的温度；

T_C ——作为冷源的可再生能源的温度；

T_0 ——接受冷热量的空间或物体的温度。

ΔT_1 、 ΔT_2 越大，则品位越高，能量输送和利用就越容易。可再生能源作为冷热源时按品位可分为 3 类： $\Delta T_1 > 0$ 时为正品位热源， $\Delta T_2 > 0$ 时为正品位冷源；当 $\Delta T_1 = 0$ 时为零品位热源， $\Delta T_2 = 0$ 时为零品位冷源；当 $\Delta T_1 < 0$ 时为负品位热源，当 $\Delta T_2 < 0$ 时为负品位冷源。建筑物需要冷量的时候，当可再生能源的温度低于建筑物内的温度时可直接使用低温的可再生能源供冷，也就是说正品位能源利用的过程中可以实现冷热量的直接传递，无需消耗额外的能量。由于能量不可能自发地从低品位转移到高品位，所以当能源品位为零或者为负值时，则需要消耗其他的能量，通过能量之间的转化来实现能量从低品位到高品位的转移。例如当建筑物需要热量而可再生能源的温度低于建筑物内的温度时，不能直接将可再生能源用于供热，而是要通过热泵等装置消耗电能或其他形式的能量与热能之间的转化来吸收低温能源中的热量来达到制热的目的。

4. 可靠性和稳定性

可靠性是从可再生能源存在的时间角度来评价的。可靠性按程度可分为 3 个等级：1 级——任何时间都存在，处于该等级的冷热源可靠性最高，任何时间都可提供冷热量；2 级——在确定的时间存在，处于该等级的冷热源虽然