

2007

**全国民用建筑工程设计技术措施
节能专篇**

**给水排水
Water Supply and Drainage**

建设部工程质量安全监督与行业发展司
中国建筑标准设计研究院

图书在版编目 (C I P) 数据

全国民用建筑工程设计技术措施：节能专篇：2007.
给水排水/建设部工程质量安全监督与行业发展司，中
国建筑标准设计研究院编. —北京：中国计划出版社，
2007. 3

ISBN 978-7-80177-771-3

I. 全… II. ①建…②中… III. ①民用建筑—建筑设
计②民用建筑—给排水系统—建筑设计 IV. TU24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 022640 号

全国民用建筑工程设计技术措施

节能专篇 (2007)

给水排水

建设部工程质量安全监督与行业发展司

中国建筑标准设计研究院

☆

中国计划出版社出版、发行

(地址：北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码：100038 电话：63906433 63906381)

北京国防印刷厂印刷

889 × 1194 毫米 1/16 5.25 印张 148 千字

2007 年 3 月第一版 2007 年 3 月第一次印刷

印数 1—20000 册

☆

ISBN 978-7-80177-771-3

定价：19.00 元

关于发布《全国民用建筑工程设计 技术措施——节能专篇》的通知

建质 [2006] 277 号

各省、自治区建设厅，直辖市建委，总后营房部，新疆生产建设兵团建设局，国务院有关部门建设司：

为指导全国建筑设计单位进行建筑节能设计，我部组织中国建筑标准设计研究院等单位编制了《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》，包括《建筑》、《结构》、《给水排水》、《暖通空调·动力》、《电气》五个分册，并已审查。现予发布。

中华人民共和国建设部
二〇〇六年十一月九日

《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》编委会

主任委员：吴慧娟

副主任委员：赵宏彦 王文艳

委员：(按姓氏笔画为序)

左亚洲 田有连 孙 英 朱 茜 李雪佩 李晓明 何玉如
陈富生 吴学敏 杨仕超 张树君 张 兢 罗继杰 郎四维
洪元颐 贾 苇 舒世安 温伯银 詹 谊 蔡镇钰

《给水排水》

编写组负责人：贾 苇

编写组成员：(按姓氏笔画为序)

王永红 王岩松 王 涛 刘振印 何 涛 郑克白 张 磊
周 蔚 贾 苇 袁东立 郭金鹏

主 审 人：左亚洲

审查组成员：(按姓氏笔画为序)

丁再励 方玉妹 王 研 王 峰 左亚洲 刘文镔 闫国荣
伍果毅 李 义 郑瑞澄 姜文源 赵力军 赵世明 徐 凤
符培勇 黄秉政 黄晓家 崔长起 程宏伟 薛英超

参编单位：(按章节先后为序)

中国建筑设计研究院机电专业设计研究院

国家住宅与居住环境工程技术研究中心

中国建筑科学研究院

北京市建筑设计研究院

前 言

《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》(2007)是由建设部工程质量安全监督与行业发展司组织中国建筑标准设计研究院等单位编制的一套以指导全国建筑设计单位进行建筑节能设计的技术文件,是对《全国民用建筑工程设计技术措施》(2003)节能设计部分内容的补充、深化、汇总和完善,是节能设计标准的细化与延伸。《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》(2007)包括《建筑》、《结构》、《给水排水》、《暖通空调·动力》、《电气》五个分册,内容基本涵盖目前可应用于工程建设节能技术的全部内容。编制的目的是为了大力推行和实施建筑节能,建设资源节约型社会和环境友好型社会,在工程建设中进一步贯彻落实建筑节能设计标准,指导工程设计人员正确选择和应用成熟的节能技术,进行建筑节能设计,推动建筑节能工作的开展。本套节能技术措施可供全国各设计单位参照使用,也可供有关建筑管理部门、建设单位和教学、科研、施工、监理等人员参考。

《给水排水》分册的内容包括:总则、综合节能措施、变频调速和管网叠压供水、太阳能热水系统、热泵热水系统等节能新技术的设计技术措施。附录中对这些节能新技术做了必要的分析和补充说明。特点是详细讲述了节能新技术,以便指导其在工程中的广泛应用。

《给水排水》分册由中国建筑标准设计研究院会同中国建筑标准设计研究院等单位,共同组织了业内有声望的专家和有经验的设计人员编写。编写组在编写过程中收集了大量的资料,在征求了业内多位专家意见的基础上,根据多方意见进行修改,最终经审查委员会专家们的会审、反复讨论,几经修改定稿。力求准确、详明、实用。

本分册编写组的具体分工如下:

第1章 贾 葑

第2章 刘振印 周 蔚

第3章 贾 葑 郭金鹏

第4章 张 磊 何 涛

第5章 袁东立 王永红 郑克白 贾 葑 王岩松 王 涛

附录A至附录D 贾 葑 郭金鹏

附录E、附录F 张 磊 何 涛

附录G、附录H 袁东立 王永红 郑克白 贾 葑 王岩松 王 涛

本分册在编写过程中得到有关领导、专家、同行的大力支持、帮助

和指导，在此表示衷心的感谢！

由于建筑节能技术正处于发展阶段，节能措施所实施条件与效果又受到地域、经济发展状况等众多因素影响，加之本分册涉及的新技术多，编写难度大、时间仓促，因此，所涵盖的内容和深度不够，有不少内容有待于补充和完善，也难免存在一些问题和不足，敬请批评指正，以便我们今后修订和更新。

联系地址：北京市西城区车公庄大街19号

中国建筑标准设计研究院

邮 编：100044

联系电话：(010) 88361155 - 262

联系人：贾 苇

E-mail: jiaw@chinabuilding.com.cn

网 址：www.chinabuilding.com.cn 国家建筑标准设计网

《给水排水》分册编写组

二〇〇七年一月

目 录

▶▶	1 总 则	(1)
▶▶	2 综合节能措施	(2)
	2.1 给水	(2)
	2.2 热水	(4)
▶▶	3 变频调速和管网叠压供水	(9)
	3.1 变频调速供水节能设计要点	(9)
	3.2 管网叠压供水系统的组成及运行	(10)
	3.3 管网叠压供水系统设计的一般规定	(12)
	3.4 管网叠压供水系统设计参数的确定	(13)
▶▶	4 太阳能热水系统	(15)
	4.1 常用系统类型及运行	(15)
	4.2 系统设计与设备选用	(18)
	4.3 与其他专业及专业公司的配合工作	(25)
	4.4 技术经济评价	(27)
▶▶	5 热泵热水系统	(29)
	5.1 热泵热水系统设计的一般规定	(29)
	5.2 地源热泵系统低温热源种类及其勘察设计 要点	(29)
	5.3 常用地源热泵热水系统分类、特点及 适用条件	(31)
	5.4 热泵机组与相关设备的计算	(33)
	5.5 水源热泵机组与贮(换)热设备的选择 和机房布置要求	(35)
	5.6 空气源热泵热水系统设计要点	(36)
▶▶	附录 A 水泵工作参数及其变化规律	(38)
▶▶	附录 B 水泵机组能耗分析	(41)
▶▶	附录 C 变频调速供水时的水泵工况分析	(43)

▶▶	附录 D	管网叠压供水时的水泵工况分析	(45)
▶▶	附录 E	集热器和太阳能热水系统的分类 与特征	(47)
▶▶	附录 F	我国主要城市各月的设计用 气象参数	(52)
▶▶	附录 G	热泵机组工作原理简介	(69)
▶▶	附录 H	热泵系统工作情况简介	(71)
▶▶	主要依据的标准规范	(74)

1 总 则

1.0.1 为了在民用建筑给水排水工程设计中贯彻节能的方针，正确执行国家现行有关法规、标准、规范（程），特编写《全国民用建筑工程设计技术措施节能专篇——给水排水》（简称《专篇》）。

1.0.2 民用建筑节能是指在保证建筑物使用功能和质量的前提下，降低建筑物的能源消耗，合理有效地利用能源。其主要内容是降低建筑给水排水系统的日常运行能耗和采用可再生能源。

1.0.3 本《专篇》适用于全国新建、改建、扩建的各类民用建筑与居住小区的给水排水工程设计，其他给水排水工程设计可参考使用。

1.0.4 本《专篇》是对2003年出版的《全国民用建筑工程设计技术措施—给水排水》（简称《措施》）的补充。

1.0.5 本《专篇》是在总结以往工程实践的基础上对国家现行有关节能的法规、标准、规范（程）的细化和补充，提供各种设计参数、方法及技术要求供设计人员使用。但本《专篇》不能代替现行法规、标准、规范（程）。

1.0.6 随着技术的发展，不断会有新的或修订的法规、标准、规范（程）颁布实施。如本《专篇》与其不符时，应以新颁布的法规、标准、规范（程）为准。

1.0.7 设计中应同时贯彻“建筑节能、节地、节水、节材和环保”的方针，并应执行地方的有关法规、标准、规范（程、定）等。

1.0.8 应在技术合理、经济可行的条件下，积极采用节能技术，处理好节能与经济性之间的关系。

2 综合节能措施

2.1 给 水

2.1.1 应按现行《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 选取给水用水定额，缺水地区应选低值。

1. 有地方标准时，可参照确定。
2. 可结合《室外给水设计规范》GB 50013—2006 第 4.0.3 条规定的区域条件和用水定额确定。
3. 当采用中水、雨水等作为冲厕等其他用水时，应相应减去此部分用水定额。

2.1.2 采用合理的供水系统。

1. 充分利用市政供水压力。

1) 通过调查收集和掌握准确的市政供水水压、水量及供水可靠性的资料，为合理设计给水系统、利用市政供水压力提供依据。

2) 根据用水设备、用水卫生器具和水嘴的供水最低工作压力要求，确定直接利用市政供水的层数。

2. 高层建筑给水系统分区。

1) 各分区最低卫生器具配水点处的静水压不宜大于 0.45MPa，特殊情况下不宜大于 0.55MPa；水压大于 0.35MPa 的入户管（或配水横管），宜设减压或调压设施。

- 2) 各分区低层部分的卫生间，入户管（或配水横管）上宜采取适当的减压措施。

- 3) 减压阀的设计选用要点：

①不宜采用共用供水立管串联减压分区供水的方式。

②推荐支管减压作为节能节水的重要措施。

a. 根据实测：DN15 陶瓷阀芯水嘴静压时为 $P=0.37\text{MPa}$ 、全开时，流量 $Q=0.46\text{L/s}$ ，为设计额定流量 0.15~0.20L/s 的 3.07~2.3 倍，因此，给水系统分区设计中，应合理控制各用水点处的水压，以达到节水节能的目的。

b. 给水分区低层部分卫生间入户管处经支管减压后的供水静压力在满足卫生器具给水配件额定流量要求的条件下，尽量取低值；住宅卫生间入户管水表前的供水静压力宜不大于 0.15MPa。

③减压阀的选型：

a. 给水竖向分区可采用比例式减压阀或可调式减压阀。

b. 入户管或配水支管减压时，宜采用可调式减压阀。

c. 比例式减压阀的减压比宜小于 4:1；可调式减压阀的阀前后压差不应大于 0.4MPa，要求安静的场所不应大于 0.3MPa。

d. 用于支管减压的减压阀，宜选用阀前阀后压差要求小的可调式减压阀。

④减压阀的设置：

a. 给水分区用减压阀应两组并联设置，不设旁通管；减压阀前应设控制阀、过滤器、压力表，阀后应设压力表、控制阀。

b. 入户管上的分户支管减压阀宜设在控制阀门之后、水表之前，阀后宜设压力表。

c. 减压阀的设置部位应便于维修。

d. 减压阀的其他设置、安装等要求还应符合《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 有关条款的要求。

3. 居住小区的供水系统。

1) 当居住小区采用小区集中供水系统时，宜根据小区的规模、建筑物布置等情况集中或相对集中布置供水泵站。

2) 供水泵站宜在供水范围内居中或靠近用水量大的用户布置，应避免室外供水管线过长，造成水泵扬程增大，离水泵近的建筑供水压力大，压力波动大等耗能、耗材、噪声大、使用效果差等弊病。

3) 当居住小区内设有集中热水供应系统时，其站室布置的具体要求按 2.2.3 条第 3 款执行。

2.1.3 加压供水方式的选择。

1. 常用的加压供水方式及其能耗等比较见表 2.1.3：

表 2.1.3 常用供水方式比较表

序号	供水方式	水泵运行工况	能耗情况	供水安全稳定	消除二次污染	一次投资	运行费用
1	高位水箱供水	均在高效段运行	1	好	差	1	1
2	气压供水	比 1 稍差	>1	比 1 差	较差	<1	稍 >1
3	变频调速供水	部分时间低效运行	1~2	比 1 差	较差	<1	>1
4	管网叠压供水	比 3 稍差	≈1	差	好	<1	≈1

注：1. 一次投资包括供水设备、水池、水箱及设备用房等，运行费用指电费。

2. 管网叠压供水设备的能耗取决于两点，一是可利用市政供水压力 P 的大小及其与系统所需供水压力 P_d 之比；二是变频调速泵组的配置与水泵扬程的合理性。

由上表比较可知，从节能节水比较，四种常用供水方式中高位水箱供水和管网叠压供水占有优势，但在工程设计中，在考虑节能节水的同时，还需兼顾其他因素。因此要结合建筑物提供的条件、用水特点等综合考虑选用合理的供水方式。

2. 在有条件设置高位水箱且允许采用管网叠压供水的地方，可采用常速泵组 + 高位水箱管网叠压供水的供水方式，这样最节能节水。这种供水方式的优点如下：

1) 可利用市政供水压力；

2) 水泵 $Q = Q_h$ （最大日最大时流量），只为变频调速泵组流量 q_s （设计秒流量）的 1~1/3；

3) 水泵均在高效段运行；

4) 高位水箱供水安全、稳定、节水。

2.1.4 供水设备。

1. 常速泵的选择。

1) 水泵的 $Q-H$ 特性曲线，应是随流量的增大扬程逐渐下降的曲线。

2) 应根据管网水力计算进行选泵，水泵应在其高效区内运行。

3) 采用管内壁光滑、阻力小的给水管材,适当放大管径以减少管道的阻力损失和水泵扬程。

2. 气压供水设备的选择。

1) 气压水罐内的最低工作压力,应满足管网最不利处的配水点所需水压。

2) 气压水罐内的最高工作压力,不得使管网最大水压处配水点的水压大于 0.55MPa,且宜按

2.1.2 条第 2 款要求设置入户管减压措施,控制入户管处供水压力。

3) 设计气压供水设备的其他要求见《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 有关条款。

3. 变频调速泵组的选择见 3.1 节。

4. 管网叠压供水设备的选择见 3.2~3.4 节。

2.1.5 节水器具、仪表。

1. 采用节水器材、器具既节水又节能。

1) 给水水嘴应采用陶瓷芯等密封性能好、能限制出流流率并经国家有关质量检测部门检测合格的节水水嘴。

2) 大、小便器应采用节水型产品,坐便器水箱容积不大于 6L。

3) 公共浴室及设公共淋浴器的场所,宜采用系统设可靠恒温混合阀等阀件或装置的单管供水,有条件的地方宜采用高位混合水箱供水;多于 3 个淋浴器的配水管道,宜布置成环形。

4) 公共卫生间宜采用红外感应水嘴、感应式冲洗阀小便器、大便器等能消除长流水的水嘴和器具。

2. 合理配置水表等计量装置。

1) 建筑物的引入管、住宅的入户管及公用建筑物需计量的水管上均应设置水表。

2) 水表的选择、安装等均应符合《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 有关条款的要求。

3) 大专院校、工矿企业的公共浴室、大学生公寓、学生宿舍公用卫生间的淋浴器宜采用刷卡用水。

2.2 热 水

2.2.1 热源选择。

1. 集中热水供应系统的热源可按下列顺序选择:

1) 利用工业余热、废热,既可节能又消除了污染。因此在此条件的地方应首先利用。

2) 地热水资源丰富且允许开发的地区,可根据水质、水温等条件,用其作热源,也可直接用其作为生活热水。但地热水按其形成条件不同,其水温、水质、水压等均有很大差别,设计中应采取相应的升温、降温、去除有害物质的措施,以保证地热水的安全合理利用。

地热水的热、质应充分利用,有条件时应综合利用,如先将地热水用于发电,再用于采暖空调和生活用热水。

3) 太阳能是一种取之不尽的最有条件推广应用的热源。凡当地年日照时数大于 1400h,年太阳辐射量大于 $4200\text{MJ}/\text{m}^2$ 及年极端最低气温不低于 -45°C 的地区,均可采用太阳能作为热源。太阳能热水系统设计见第 4 章。

4) 有水源(含地下水、地表水、污废水)可供热回收利用的地方、气候温暖地区、土壤热物性能较好的地方可分别采用水源、空气源热泵制备热源,或直接供给生活热水。

空调系统冷冻水、冷却水的废热,游泳馆内湿热空气中的废热亦可通过热泵回收制备热源或直接供给生活热水。热泵热水系统设计见第 5 章。

5) 选择能保证全年供热的城市热网或区域性锅炉房的热水或蒸汽作热源。如热网或区域性锅炉房仅在采暖期运行, 则应经经济、技术比较后确定热源。

6) 上述条件不存在、不可能或不合理时, 可采用专用的蒸汽或热水锅炉制备热源, 也可采用燃气、燃油热水机组制备热源或直接供给生活热水。

7) 当地电力供应较富裕, 有鼓励夜间使用低谷电的政策时, 可采用电能作热源或直接制备生活热水。

2. 局部热水供应系统的热源可因地制宜的采用太阳能、空气源热泵、燃气、电等。当采用电能为热源时, 宜采用贮热式电热水器, 以降低耗电功率。

2.2.2 基本参数的合理选择与设计。

热水用水定额、耗水量、耗热量、供水水温、水质等热水系统的基本设计参数对于热水系统的合理运行、能耗等有很大影响。因此, 应根据工程的具体条件合理选择这些参数。

1. 热水用水定额。

热水用水定额应根据卫生器具完善程度和地区条件按《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003的规定选择, 但根据多项设有集中热水供应系统的居住小区实测调查, 居民热水用水定额均低于该规范“热水用水定额”中的低限值。因此, 居住建筑的热水用水定额除水资源丰富的炎热地区外, 推荐按该规范“热水用水定额”中的低限值选用。

2. 热水水量、耗热量计算。

1) 设计计算用水人数、单位数时, 应尽量准确。

2) 小时不均匀系数 K_h 值是影响设计小时耗热量大小的关键参数, K_h 值不准确、偏大, 且与给水的 K_h 值不对应等是《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 中热水部分的一大弊病, 近年来在对一些工程集中供应热水系统的用水逐时变化实测分析的基础上, 对 K_h 值进行了分析计算调整, 其结果见表 2.2.2:

表 2.2.2 各类建筑不同冷水温度下的热水小时变化系数 K_h 值

变化系数	冷水温度	建筑类别							
		住宅	别墅	旅馆	幼儿园	公共浴室	医院	餐饮业	办公楼
K_h	5℃	4.80 ~ 3.71	4.21 ~ 3.32	3.33 ~ 2.90	4.80 ~ 3.62	3.20 ~ 1.74	3.64 ~ 2.32	2.74 ~ 2.09	5.76 ~ 3.48
	10℃	4.50 ~ 3.46	3.94 ~ 3.09	3.13 ~ 2.70	4.50 ~ 3.38	3.00 ~ 1.62	3.41 ~ 2.16	2.57 ~ 1.94	5.40 ~ 3.24
	15℃	4.13 ~ 3.14	3.61 ~ 2.81	2.86 ~ 2.45	4.12 ~ 3.06	2.75 ~ 1.50	3.13 ~ 2.00	2.36 ~ 1.76	4.95 ~ 2.94
	20℃	3.75 ~ 2.75	3.29 ~ 2.47	2.60 ~ 2.15	3.75 ~ 2.69	2.50 ~ 1.50	2.84 ~ 2.00	2.14 ~ 1.55	4.50 ~ 2.58

注: 1. 当选用水定额高值时, K_h 选低值; 用水定额低值时, K_h 选高值。

2. 该表已拟定在修订《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 时引用。

3) 设计小时耗热量的计算, 应根据集中热水供应系统全日供应热水、定时供应热水, 同一热水系统中, 不同类别建筑、不同用水部门的最大用水时段等使用条件分别按《建筑给水排水设计规范》

GB 50015—2003中关于设计小时耗热量的相应条款和公式计算。不得不加分析将同一热水系统中不同用水部门或建筑物的设计小时耗热量叠加，作为系统的总设计小时耗热量进行计算。

3. 供水水温。

集中热水供应系统的水加热设备宜在满足配水点处最低水温要求的条件下，根据热水供水管线长短、管道保温情况等适当采用低的供水温度，以缩小管内外温差，减少热损失，节约能源。

一般集中热水供应系统水加热设备的供水温度可为50~60℃。

4. 供水水质及水质处理。

集中热水供应系统原水的水处理，应根据水质、水量、水温、水加热设备的构造、使用要求等因素经技术经济比较按下列确定：

1) 洗衣房日用热水量（按60℃计）大于或等于10m³且原水总硬度（以碳酸钙计）大于300mg/L时，应进行水质软化处理；原水总硬度（以碳酸钙计）为150~300mg/L时，宜进行水质软化处理。

2) 其他生活日用热水量（按60℃计）大于或等于10m³且原水总硬度（以碳酸钙计）大于300mg/L时，宜进行水质软化或稳定处理。

3) 经软化处理后的水质总硬度（以碳酸钙计）宜为：洗衣房用水50~100mg/L，其他用水75~150mg/L。

4) 水质稳定处理应根据水的硬度、适用流速、温度、作用时间或有效长度及工作电压等选择合适的物理处理或化学稳定剂处理方法。

2.2.3 系统设计。

1. 集中热水供应系统应保证配水点处冷热水压力的平衡，其保证措施为：

1) 高层建筑的冷、热水系统分区应一致，各区水加热器、贮水罐的进水均应由同区的给水系统专管供应；当不能满足时，应采取合理设置减压阀等措施保证系统冷、热水压力的平衡。

2) 同一供水区的冷、热水管道宜相同布置并推荐采用上行下给的布置方式。

3) 应采用被加热水侧阻力损失小的水加热设备，直接供给生活热水的水加热设备的被加热水侧阻力损失宜不大于0.01MPa。

2. 合理设置热水回水管道，保证循环效果，节能节水。

1) 集中热水供应系统应设热水回水管道，并设循环泵，采取机械循环。

2) 热水供应系统应保证干管和立管中的热水循环。

3) 独栋建筑的热水供应系统，循环管道宜采取同程布置的方式。当系统内各供水立管（上行下给布置）或供回水立管（下行上给布置）长度相同时，亦可将回水立管与回水干管采用导流三通连接，保证循环效果。

4) 小区集中热水供应系统的循环管道可不采用同程布置的方式。当同一热水系统所服务单体建筑内的热水供、回水管道布置相同或相似时，单体建筑的回水干管与小区热水回水总干管可采用导流三通连接的措施；当不满足上述要求时，宜在单体建筑接至小区热水回水总干管的回水管上设分循环泵，确保各单体建筑热水管道的循环效果。

3. 小区热源站、水加热设备站室的布置应满足以下要求：

1) 当小区的热源站与水加热设备站室均为一个时，两者宜合建或邻近布置。当小区内有多组水加热设备站室而只设一个热源站时，热源站宜居中布置。

2) 应根据小区内建筑物的分布、给水系统的设置等因素确定水加热设备站室采用集中、相对集中或按单体建筑分散等布置方式。一个水加热设备站室的服务半径不宜大于1000m。

3) 水加热设备站室的设置应符合下列要求：

- ①供水范围应与给水加压泵房一致，且两者宜邻近布置；
- ②宜靠近热水用水负荷大的建筑；
- ③宜靠近热水供应范围内最高的建筑。

2.2.4 设备选择。

1. 选择间接水加热设备时，从节能要求应考虑下列因素：

1) 被加热水侧阻力损失小、阻力变化小、所需循环泵扬程低，且可保证系统冷、热水压力的平衡。

2) 换热效果好，换热充分。当热媒为低温热水时，一次换热能取得大于等于 50 ~ 60℃ 的生活热水；当热媒为蒸汽时，凝结水出水温度小于等于 60℃，热媒热量得以充分利用。

2. 选择燃油燃气热水机组、热水锅炉时，应选用热效率高、排烟温度较低、燃料燃烧完全，无需消烟除尘的设备。

3. 热水循环泵。

1) 热水循环泵的流量和扬程应经计算确定。

2) 为了减少管道的热损耗、减少循环泵的开启时间，可根据管网大小、使用要求等确定合适的控制循环泵启停的温度，一般启停泵温度可比水加热设备供水温度分别降低 10 ~ 15℃ 和 5 ~ 10℃。

2.2.5 管材、阀门及水表。

1. 热水系统选用管材、阀门除应满足工作压力和工作温度的要求外，尚应考虑管道与管件、阀门之间连接处密封性能好，材质不影响水质，管道内表面光滑、阻力损失小等因素，以免造成漏水、费水等耗能的后果。

2. 水加热设备必须配置自动温度控制阀门或装置，以保证安全、稳定的供水温度，避免因供水温度的波动大造成安全事故和增大能耗。自动温度控制阀应采用温包灵敏度高、传感机构耐久可靠、泄漏率低的产品。

3. 混合水龙头是热水系统使用最多的终端配水器材，设计宜推荐采用调节功能和密封性能好、耐久节水的产品。

4. 集中热水供应系统设置水表的要求同给水系统，详见 2.1.5 条第 2 款。

2.2.6 保温及管道敷设。

1. 热水系统设备、管道的保温好坏，对其能耗影响很大。

2. 保温绝热材料应符合下列要求：

1) 导热系数低；

2) 容重轻、机械强度大；

3) 不燃或难燃，防火性能好；

4) 当用作金属管道的保温层时，不会对金属外表产生腐蚀。

3. 水加热设备、热水供回水管道及阀门均应做好保温处理，保温绝热层外还应做保护层。保护层材料应选用强度高、使用环境温度下不软化、不脆裂、抗老化、耐久的产品。

4. 入户支管明装或安装在吊顶内时，宜做保温层；暗装的管道因为难以做保温处理，又因管径小、散热快，其管道长度宜控制在 7m 以内。

5. 室外热水管道的敷设：

1) 室外热水管道宜采用管沟敷设，以利于保证管道安装、保温施工及维护、修理、保温层的更换，并且有利于减少管道的散热损失。

2) 当室外热水管道采用直埋敷设时，应根据当地土壤类别、地下水位高低等因素做好保温、防

水、防潮及保护层，且对阀门、法兰、支架等易产生热桥处，做好严密处理。管线较长者还宜设在线检测仪表，以保证直埋管道的正常运行，减少热损失。

6. 室内及地沟内保温做法见国家建筑标准设计图集 03S401 《管道和设备保温、防结露及电伴热》。

2.2.7 对运行管理提出设计要求。

1. 集中热水供应系统的运行管理是减少热损失、节约能源、降低运行成本、降低热水收费标准，从而确保系统合理、正常运行的另一关键因素。

2. 设计宜要求运行管理做好下列日常记录，为系统合理运行提供依据：

- 1) 水加热设备的热媒进出口、被加热水进出口的温度、压力，按小时记录；
- 2) 热水循环泵启、停温度按日记录；循环泵每日开、停时间定时记录；
- 3) 热水用水量分区逐时记录；
- 4) 当采用油、气、煤为燃料时，其用量逐日记录；
- 5) 当采用饱和蒸汽或热媒水为热媒时，逐时记录其流量。

3 变频调速和管网叠压供水

3.1 变频调速供水节能设计要点

3.1.1 变频调速供水适用于每日用水时间较长、用水量经常变化的场所。从节能考虑，系统宜有一定的用水量规模。典型系统形式见图 3.1.1。

3.1.2 变频调速供水宜采用恒压变量的方式运行；大型区域低区泵站可采用变压变量方式运行。

3.1.3 水泵（组）的设计流量 Q_j 需符合如下要求：

1. 建筑内系统的设计流量应按设计秒流量确定。
2. 供水规模小于 3000 人的居住小区的设计流量应按设计秒流量确定。
3. 供水规模大于 3000 人的居住小区的设计流量应按最大小时流量确定。

4. 不同用水性质的建筑共用同一系统时，不宜将各栋建筑的设计流量直接叠加。建议在分析它们同时发生可能性的基础上，结合有关规范（程）综合确定。

3.1.4 水泵（组）的扬程 H_j 应按公式 3.1.4 计算。

$$H_j = 0.01H_1 + H_2 + h_0 \quad (3.1.4)$$

式中 H_j ——水泵组设计扬程（MPa）；

H_1 ——最不利配水点与水池最低水位之间的标高差（m），注意标高差有正、负之分；

H_2 ——最不利配水点至水泵吸水口管道及附件等的总水头损失（MPa）；

h_0 ——最不利配水点的最低工作压力（MPa）。

3.1.5 恒压运行时，水泵（组）出水口压力 P_j 应按公式 3.1.5 设定。

$$P_j = 0.01H_{12} + H_{22} + h_0 \quad (3.1.5)$$

式中 P_j ——水泵组出水口设计压力（MPa）；

H_{12} ——最不利配水点与水泵（组）出水口中心的标高差（m）；

H_{22} ——最不利配水点至水泵（组）出水口管道及附件等的总水头损失（MPa）；

h_0 ——最不利配水点的最低工作压力（MPa）。

3.1.6 变压运行时，水泵（组）出水口的压力 P_j 可按公式 3.1.6 设定。

$$P_j = 0.01H_{12} + SQ^2 + h_0 \quad (3.1.6)$$

式中 S ——等效管路特性参数 $S = \frac{H_{22}}{Q_j^2}$ ；

Q ——设计流量的变化范围，单位同 Q_j 。

3.1.7 水泵调速范围宜在 0.7 ~ 1.0 的范围内。

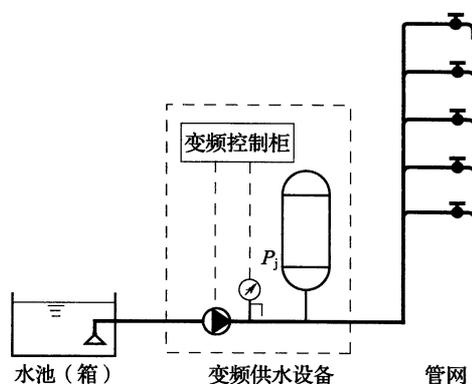


图 3.1.1 变频调速供水系统示意图

3.1.8 水泵（组）的选型和搭配需符合如下要求：

1. 应选择 $Q-H$ 特性曲线无驼峰、比转数 n_s 适中（约为 100 ~ 200）、效率高、配备电动机功率相对小的水泵；
2. 应根据主泵高效区的流量范围与设计流量的变化范围之间的比例关系确定水泵组的数量，水泵组宜设二至四台主泵，并应设一台供水能力不小于最大一台主泵的备用泵；
3. 恒压供水时宜采用同一型号主泵，变压供水时可采用不同型号的主泵；
4. 多台泵组可采用单台变频，其余工频的方式运行；也可采用两台或多台变频的方式运行；
5. 在设计流量变化范围内，各台主泵宜均工作在高效区；
6. 额定转速时，水泵的工作点宜位于高效段右侧的末端；
7. 宜配置适用于小流量工况的水泵，其流量可为 $1/3 \sim 1/2$ 单台主泵的流量，扬程应满足配合气压水罐工作的要求。

3.1.9 应按小泵的流量计算气压水罐的容积，在气压水罐最高工作压力时系统不得超压。

3.1.10 当用于室外生活与消防合用给水时，应按有关规范或规定复核。

3.1.11 水泵（组）应有可靠电源，宜采用双路供电。

3.1.12 采用市售成套变频供水设备时，宜按本节内容分析比较后确定其是否满足节能要求。

3.1.13 市售成套变频供水设备应符合产品标准《微机控制变频调速给水设备》JG/T 3009—93 的要求，并应具有如下功能：

1. 应具有自动调节水泵转数和软启动的功能。定压给水时，设定压力与实际压力之间的差不得超过 0.01MPa。
2. 应具有水位控制的功能。当水位降至设定下限水位时，自动停机；当恢复至起泵水位时，自动启动。
3. 控制柜（箱）面板上应有观察设定压力、实际压力、供电频率、故障等的显示窗口。
4. 应具有对各类故障进行自检、报警、自动保护的功能。对可恢复的故障应能自动或手动消警，恢复正常运行。

3.1.14 有关系统设计的其他事宜，详见 2003 年版《措施》。

3.2 管网叠压供水系统的组成及运行

3.2.1 管网叠压供水系统（以下简称“系统”）有以下几种典型组成：

1. 向管网供水，见图 3.2.1-1。

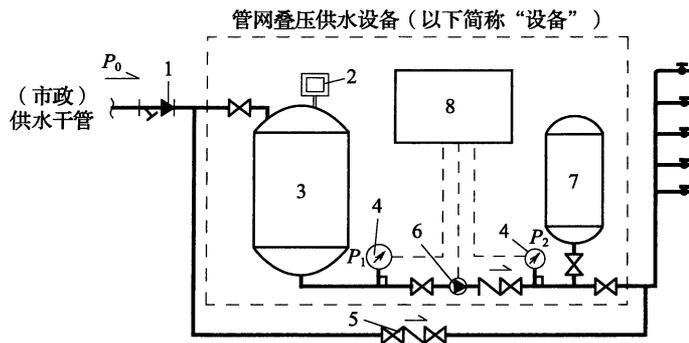


图 3.2.1-1 管网叠压供水系统示意图（一）

- 1—防回流污染装置（可选）；2—防负（降）压装置；3—稳流罐（可选）；4—压力传感装置；
5—旁通管；6—水泵机组；7—隔膜式气压水罐（可选）；8—自动控制柜（箱）

2. 向高位水箱供水, 见图 3.2.1-2。

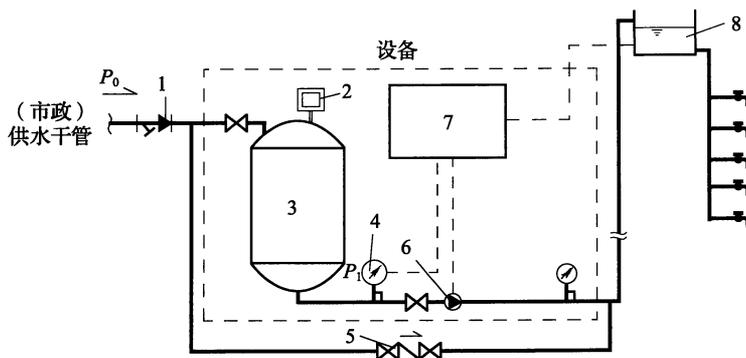


图 3.2.1-2 管网叠压供水系统示意图 (二)

1—防回流污染装置 (可选); 2—防负 (降) 压装置; 3—稳流罐 (可选); 4—压力传感装置;
5—旁通管; 6—水泵机组; 7—自动控制柜 (箱); 8—高位水箱

3. 设备既向管网供水; 也向高位水箱供水 (以下简称组合供水), 见图 3.2.1-3。

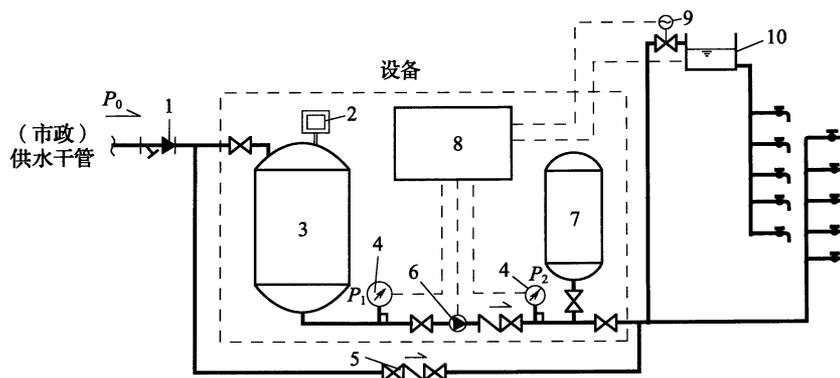


图 3.2.1-3 管网叠压供水系统示意图 (三)

1—防回流污染装置 (可选); 2—防负 (降) 压装置; 3—稳流罐 (可选); 4—压力传感装置; 5—旁通管;
6—水泵机组; 7—隔膜式气压水罐 (可选); 8—自动控制柜 (箱); 9—电动阀; 10—高位水箱

3.2.2 管网叠压供水设备除 3.2.1 条示意图中的基本形式外, 还有其他形式:

1. 不设稳流罐和隔膜式气压水罐, 选用管中泵作为水泵机组, 与其他部件一起现场组装而成。
2. 与稳流罐并联设一个水箱, 以解决在短时间水量 (或水压) 不足时保证供水的问题。

3.2.3 设备可由市政、小区室外或建筑内的供水干管吸水。

3.2.4 设备向管网供水和组合供水时, 应采用变频调速恒压运行。水泵组可采用一台变频泵与一 (多) 台工频泵组合工作, 当用户要求压力波动小时, 宜采用多台变频泵组合工作。

3.2.5 设备向高位水箱供水时, 宜采用工频泵供水。

3.2.6 当设备进口处的压力降至限定压力时, 30s 内设备应自动停止运行, 或减速运行, 或转换至从水箱吸水。

3.2.7 当供水干管的供水量小于设备的工作流量时, 防负压装置启动; 当供水量大于设备的工作流量时, 防负压装置自动关闭。

3.3 管网叠压供水系统设计的一般规定

3.3.1 在市政供水范围内，生活（生产）给水系统采用管网叠压供水时，应经当地供水行政主管部门及供水部门同意。

3.3.2 以下区域不得采用管网叠压供水：

1. 经常性停水的区域；
2. 供水干管可资利用的水头过低的区域；
3. 供水干管压力波动过大的区域；
4. 采用管网叠压供水后，会对周边现有（或规划）用户用水造成严重影响的区域；
5. 供水干管的供水总量不能满足用水需求的区域；
6. 供水干管管径偏小的区域；
7. 当地供水行政主管部门及供水部门认为不得使用的区域。

3.3.3 以下用户不得采用管网叠压供水：

1. 用水时间过于集中，瞬间用水量过大且无有效调储措施的用户（如学校、影院、剧院、体育场馆）；
2. 供水保证率要求高，不允许停水的用户；
3. 对有毒物质、药品等危险化学品进行制造、加工、贮存的工厂、研究单位和仓库等用户（含医院）。

3.3.4 在市政供水范围内，系统允许的最大设计水量和市政供水干管最低压力应由供水行政主管部门及供水部门确定。

在自备水源供水范围内，上述参数应由供水部门或设计人员经技术经济比较后计算确定。

3.3.5 所选设备应符合城建行业标准《管网叠压供水设备》和有关标准的规定。

3.3.6 设备应具有下列保护和服务功能：

1. 设备进口限压控制功能；
2. 防水泵空转、超温保护功能；
3. 双（多）泵自动切换，循环运行功能；
4. 电源过压、欠压、过流、缺相、过载等保护功能；
5. 消除瞬间流量、压力波动过大的功能；
6. 必要时应具有远程监控或网络监控、报警等功能。

3.3.7 设备的进水管应单独接自供水干管，供水干管为环状时宜从环网接入。

3.3.8 设备的进水管管径宜比供水干管小两级或两级以上，或不大于供水干管过水面积的1/3，也可按表3.3.8选用。

表 3.3.8 (mm)

供水干管管径	100	150	200	300	350	400
设备进水管管径	≤65	≤80	≤100	≤150	≤200	≤250

注：1. 工作泵两台及以上时，设备进水管管径应按两台及以上水泵吸水管过水断面面积叠加后换算确定。

2. 对管径级差和过流断面面积比有特殊要求时，应征得供水部门同意。

3.3.9 设备进水管流速不宜大于1.2m/s。

3.3.10 设备应设过滤器。当设备设有倒流防止器时，过滤器应设在倒流防止器前；不设倒流防止器

时, 过滤器应设置在水泵吸水管上。

- 3.3.11** 当按相关标准需设置倒流防止器时, 应设置水头损失小、有自动排水和防回流功能的倒流防止器。
- 3.3.12** 计量水表宜与设备进水管同径。
- 3.3.13** 设备进出水管之间可设旁通管, 并应在旁通管上设阀门和止回阀。
- 3.3.14** 当工程具备双电源、双水源时, 系统应采用同等条件的电源和水源。
- 3.3.15** 设计中可选用国家标准图集 06SS109 《管网叠压供水设备选用与安装》。
- 3.3.16** 系统设计和设备选择等还应符合当地有关部门的规定。

3.4 管网叠压供水系统设计参数的确定

3.4.1 建筑内和供水规模小于 3000 人的居住小区的系统设计流量应符合以下要求:

1. 向管网供水时, 设计流量按设计秒流量确定;
2. 向高位水箱供水时, 设计流量按最大小时流量确定;
3. 组合供水时, 设计流量取按上述 1、2 款分别计算结果中的大值。

3.4.2 供水规模大于 3000 人的居住小区的系统设计流量应按最大小时流量确定。

3.4.3 不同用水性质的建筑共用同一管网叠压供水系统时, 不宜将各栋建筑的设计流量直接叠加作为系统设计流量。建议设计人员在分析各栋建筑的设计流量是否同时发生的基础上, 按《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 的有关条文综合确定系统设计流量。

3.4.4 当地有实测数据时, 应按其确定系统设计流量。

3.4.5 水泵(组)进水口的限定压力 P_1 有规定时应按规定设置, 无规定时可按公式 3.4.5 计算。

$$P_1 = P_{\text{omin}} - 0.01H_{11} - H_{21} \quad (3.4.5)$$

式中 P_1 ——水泵组进水口限定压力 (MPa);

P_{omin} ——(市政)供水干管允许的最低工作压力 (MPa);

H_{11} ——水泵(组)进水口与(市政)供水干管中心的标高差 (m), 注意标高差有正、负之分;

H_{21} ——水泵(组)进水口至(市政)供水干管管道及附件等的总水头损失 (MPa)。

3.4.6 水泵(组)出水口的设定压力 P_2 应按公式 3.4.6 计算。

$$P_2 = 0.01H_{12} + H_{22} + h_0 \quad (3.4.6)$$

式中 P_2 ——水泵组出水口设计压力 (MPa);

H_{12} ——最不利配水点与水泵(组)出水口管中心的标高差 (m);

H_{22} ——最不利配水点至水泵(组)出水口管道及附件等的总水头损失 (MPa);

h_0 ——最不利配水点的最低工作压力 (MPa)。

3.4.7 水泵组进水口与出水口之间的标高差和总水头损失可按 0.01 ~ 0.02MPa 计 (也可以忽略不计)。

3.4.8 水泵(组)的最大设计扬程 H_{max} 应按公式 3.4.8-1 计算, 也可按公式 3.4.8-2 近似计算。

$$H_{\text{max}} = 0.01H_1 + H_2 + h_0 - P_{\text{omin}} \quad (3.4.8-1)$$

式中 H_{max} ——水泵组最大设计扬程 (MPa);

H_1 ——最不利配水点与(市政)供水干管中心的标高差 (m);

H_2 ——最不利配水点至(市政)供水干管管道及附件等的总水头损失 (MPa);

h_0 ——最不利配水点的最低工作压力 (MPa)。

$$H_{\max} = P_2 - P_1 \quad (3.4.8-2)$$

3.4.9 设备按水泵(组)出水口设定压力 P_2 恒压运行时,水泵(组)的最小工作扬程 H_{\min} 可按公式3.4.9-1计算,也可按公式3.4.9-2近似计算。分析详见附录D中第2条。

$$H_{\min} = 0.01H_1 + H_{22} + h_0 - P_{0\max} \quad (3.4.9-1)$$

$$H_{\min} = P_2 - P_{0\max} + 0.01H_{11} \quad (3.4.9-2)$$

式中 H_{\min} ——水泵组最小设计扬程(MPa);

$P_{0\max}$ ——(市政)供水干管最高工作压力(MPa);其他同上述各式。

3.4.10 设备采用工频运行向水箱供水时,应根据工程所选水泵的 $Q-H$ 曲线和管网的等效特性曲线推出水泵的最小工作扬程 H_{\min} 。分析详见附录D中第3条。

3.4.11 设备仅采用工频运行向高位水箱供水时,水泵的选择需符合如下要求:

1. 应按最大设计扬程 H_{\max} 和系统设计流量选择水泵;
2. 工作泵宜采用一用一备的方式,交替运行;
3. 应选择 $Q-H$ 曲线较陡(即比转数 n_s 值较大)、效率高、配备电动机功率相对小的离心泵;
4. 应校核在(市政)供水干管最高工作压力 $P_{0\max}$ (即水泵最小工作扬程 H_{\min})时,水泵工作点向其 $Q-H$ 曲线右侧移动的情况,不得使水泵出现过载;
5. 在水泵组进水口工作压力波动范围内,水泵宜工作在高效段。

3.4.12 与设备配套运行的高位水箱,其调节容积不宜小于最大日最大小时水量的50%;启泵水位宜设在水箱的中部。

3.4.13 设备采用变频调速恒压运行时,水泵(组)的选择需符合如下要求:

1. 应按最大设计扬程 H_{\max} 选择水泵扬程;
2. 应根据主泵高效区的流量范围与设计流量的变化范围之间的比例关系确定水泵组的数量,水泵组宜设二至四台主泵,并应设一台供水能力不小于最大一台主泵的备用泵;
3. 应选择 $Q-H$ 特性曲线无驼峰,比转数 n_s 约为100~300,效率高、配备电动机功率相对小的水泵;
4. 应校核在(市政)供水干管最高工作压力 $P_{0\max}$ (即水泵最小工作扬程 H_{\min})时,工频运行主泵不得过载,否则,应采用多台变频泵组合工作;
5. 在水泵组进水口工作压力波动范围内,主泵宜均工作在高效区(段)。
6. 宜配置适用于小流量工况的水泵,其流量可为1/3~1/2工作泵的流量;扬程应满足配合气压水罐工作的要求。

3.4.14 配套气压水罐应按小泵的流量计算容积,在气压水罐最高压力时系统不得超压。

3.4.15 当设置稳流罐时,稳流罐的容积不应小于1min的系统设计流量。当设置低位水箱时,水箱的容积应为1~2h最大小时流量。水箱储水的停留时间不应大于12h,否则应设置持续消毒设施。

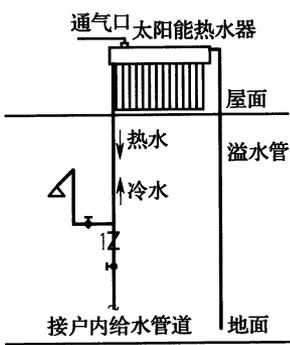
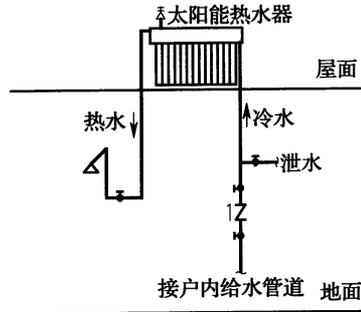
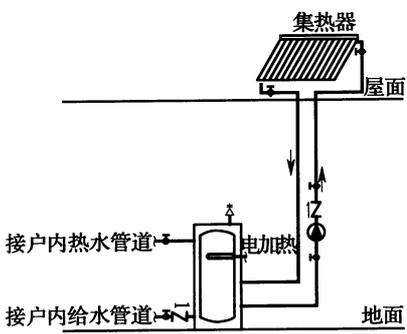
4 太阳能热水系统

4.1 常用系统类型及运行

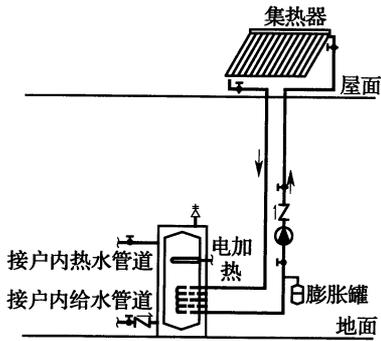
4.1.1 年日照时数大于1400h，水平面上年太阳辐照量大于 $4200\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ 的地区，宜设计、选用太阳能热水系统。

4.1.2 常用分散太阳能热水系统见表4.1.2。

表 4.1.2 常用分散太阳能系统一览表

系统类型	系统图示	运行方式与适用范围
紧凑型	落水法 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 集热系统采用自然循环、直接加热方式； 2. 采用非承压水箱，依靠水箱与用水点的高差供热水； 3. 热水器的冷水进水与热水出水共用一根管道，手动控制热水器的补水，淋浴器为热水单管供应； 4. 可以根据用户的需求设置辅助加热系统； 5. 无防冻措施 适用于用热水要求低的场所
	顶水法 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 集热系统采用自然循环、直接加热方式； 2. 采用承压水箱，依靠给水系统压力将热水顶出供热水，热水器自动补水； 3. 一般设置辅助加热系统，淋浴器为热水单管供应； 4. 可以根据用户的需求设置防冻、防过热等措施 适用于用热水要求不高的场所
分离式	直接加热 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 集热系统采用强制循环、直接加热方式； 2. 采用承压水箱，依靠给水系统压力将热水顶出供热水； 3. 设置辅助加热系统，并配备智能化的控制系统，保证合理使用辅助热源； 4. 设置防过热措施； 5. 采用保持集热系统中的水不断流动或电伴热的方式防冻，会消耗一定的热能和电能 适用于用热水要求较高的场所

续表 4.1.2

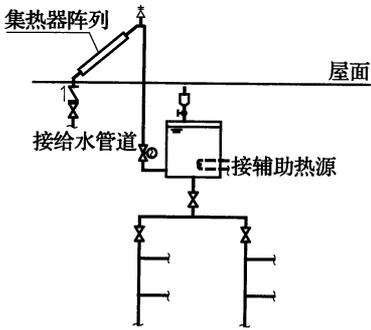
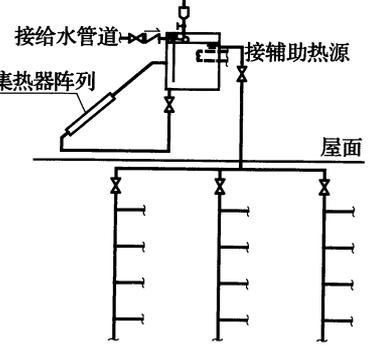
系统类型	系统图示	运行方式与适用范围
分离式 间接加热		<ol style="list-style-type: none"> 1. 集热系统采用强制循环、间接加热的方式加热水； 2. 采用承压水箱，依靠给水系统压力将热水顶出供热水； 3. 设置辅助加热系统，并配备智能化的控制系统，保证合理使用辅助热源； 4. 设置防过热措施； 5. 采用防冻工质防冻，不仅节电，且保证水质适用于用热水要求高的场所

注：1. 本表图中集热器进水管的位置仅为示意，具体位置应根据实际产品确定。

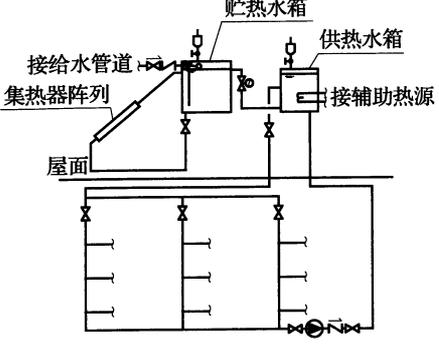
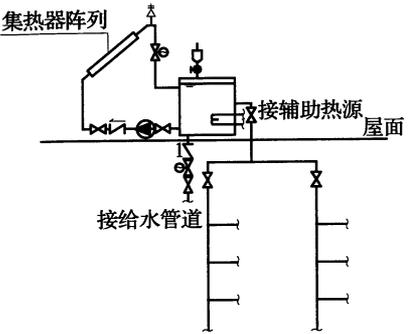
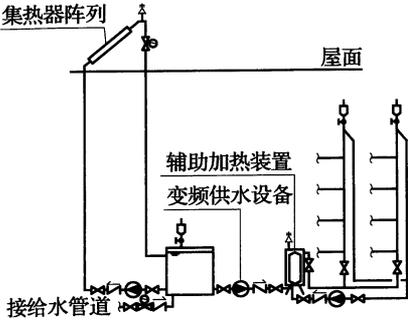
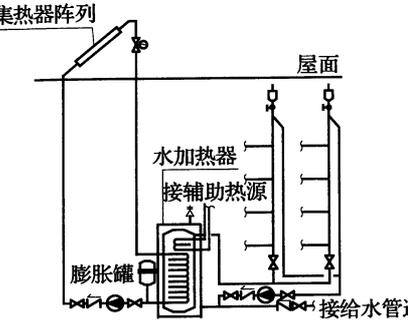
2. 分离式系统目前多采用电辅助加热，有条件的工程可以采用其他的辅助热源。

4.1.3 常用集中太阳能热水系统见表 4.1.3。

表 4.1.3 常用集中太阳能系统一览表

系统类型	系统图示	运行方式与适用范围
直流式系统		<ol style="list-style-type: none"> 1. 集热系统采用定温放水的方式，当集热器放水点温度高于设定供水温度时，集热器与贮热水箱之间的电磁阀开启，将集热器中的热水放入贮热水箱； 2. 采用非承压水箱，低于集热器系统设置； 3. 当采用高位水箱时需依靠水箱与用水点的高差供热水，当采用低位水箱时需增设热水加压装置供热水； 4. 热水与空气接触，应采取保证水质的措施； 5. 辅助热源采用内置加热系统，当贮热水箱内的水温或水位低于设定值时开启辅助热源加热 适用于供热水规模小、用水时间固定、用水量稳定的建筑，如洗衣房、公共浴池
自然循环 单贮水装置直接加热系统		<ol style="list-style-type: none"> 1. 集热系统采用自然循环、直接加热方式； 2. 水箱必须高于集热器，热水与空气接触，应采取保证水质的措施； 3. 采用非承压水箱，依靠水箱与用水点的高差供热水； 4. 辅助热源采用内置加热系统，当水箱内设定水位的水温低于设定值时，开启辅助热源加热； 5. 只能采用冬季排空的方式防冻 适用于供热水规模小、定时供应、用热水要求不高、冬季无冰冻地区的建筑。给水宜同样采用高位水箱供水的方式，保证冷热水压力平衡

续表 4.1.3

系统类型	系统图示	运行方式与适用范围
自然循环		<ol style="list-style-type: none"> 1. 集热系统采用自然循环、直接加热方式；贮热水箱必须高于集热器，且热水与空气接触，应采取保证水质的措施； 2. 当贮热水箱出水点温度高于设定供水温度或供热水箱水位过低时，开启贮热水箱与供水水箱之间的电磁阀，将贮热水箱中的热水放入供水水箱； 3. 采用非承压水箱，依靠水箱与用水点的高差供热水； 4. 辅助热源采用外置加热系统，当供水水箱内设定水位的水温低于设定值时，开启辅助热源加热； 5. 只能采用冬季排空的方式防冻，即冬季无法使用适用于供热水规模小、全日制供应、用热水要求不高、冬季无冰冻地区的建筑。给水宜同样采用高位水箱供水的方式，保证冷热水压力平衡
自然循环		<ol style="list-style-type: none"> 1. 集热系统采用强制循环、直接加热方式； 2. 采用非承压水箱，水箱设置位置灵活，可在高位依靠水箱与用水点的高差供热水；也可在低位，增设一套加压设备供热水； 3. 辅助热源采用内置加热系统，当贮热水箱内设定水位的水温低于设定值时，开启辅助热源加热； 4. 寒冷地区可采用排回防冻措施适用于对建筑美观要求高、供热水规模小、用热水要求不高的建筑
强制循环		<ol style="list-style-type: none"> 1. 集热系统采用强制循环、直接加热的方式加热，与辅助热源分置，太阳能预热； 2. 采用非承压水箱作为贮热水箱，闭式水罐（或小型热水锅炉）供热水； 3. 辅助热源采用外置加热系统，并配备智能化的控制系统，保证合理使用辅助热源； 4. 设置防过热措施； 5. 可以采用排回防冻措施，冬季运行可靠适用于对建筑美观要求高、供热水规模大、供热水要求高的建筑
强制循环		<ol style="list-style-type: none"> 1. 集热系统采用强制循环、间接加热方式加热； 2. 采用承压水加热器，依靠给水系统压力供热水，水加热器可根据建筑需要灵活设置； 3. 辅助热源采用内置加热系统，当水加热器内设定水位的水温低于设定值时，开启辅助热源加热； 4. 一般采用防冻工质防冻方式适用于对建筑美观要求高、供热水规模小、供热水要求高的建筑

续表 4.1.3

系统类型		系统图示	运行方式与适用范围
强制循环	双贮水装置间接加热系统		<ol style="list-style-type: none"> 1. 集热系统采用强制循环、间接加热的方式加热，与辅助热源分置，太阳能预热； 2. 采用闭式水罐作为贮热水箱、辅助加热装置（或小型热水机组）供热水； 3. 辅助热源采用外置加热系统，并配备智能化的控制系统，保证合理使用辅助热源； 4. 设置防过热措施； 5. 采用防冻工质防冻方式，冬季运行可靠 适用于对建筑美观要求高、供热水规模较大、供热水要求高的建筑

4.2 系统设计与设备选用

4.2.1 集热器安装布置：

1. 集热器安装倾角（集热器与水平面的夹角）宜等于当地纬度；如系统侧重在夏季使用，其安装倾角等于当地纬度减 10°；如系统侧重在冬季使用，其安装倾角等于当地纬度加 10°。当采用水平热管集热器时，安装倾角可以为 0°。
2. 集热器安装方位（集热器采光面法线）宜朝向正南或南偏东、偏西 30°的朝向范围内设置。
3. 集热器不宜安装在受建筑自身及周围设施和绿化树木遮挡的部位，且宜满足不少于 4h 日照时数的要求。
4. 集热器不应跨越建筑变形缝设置。
5. 应根据集热器的形式、安装面积、尺寸大小进行细部设计，确定其在建筑上的安装位置和安装方式（如一体式、叠合式、支架式等）。
6. 集热器与遮光物或前后排的最小距离按式 4.2.1 计算：

$$D = H \cdot \cot \alpha_s \cdot \cos \gamma_0 \quad (4.2.1)$$

式中 D ——集热器与遮光物或集热器前后排间的最小距离（m）；

H ——遮光物最高点与集热器最低点的垂直距离（m）；

α_s ——太阳高度角，度（°）。全年运行系统，宜选当地春分、秋分日 9：00 或 15：00 的太阳高度角；主要在春、夏、秋三季运行系统，宜选当地春分、秋分日 8：00 或 16：00 的太阳高度角；主要在冬季运行系统，宜选当地冬至日 10：00 或 14：00 的太阳高度角；

γ_0 ——计算时刻太阳光线在水平面上的投影线与集热器表面法线在水平面上的投影线之间的夹角，度（°）。

7. 集热器可通过并联、串联和串并联等方式连接成集热器组，并应符合下列要求：

- 1) 集热器组中集热器的连接尽可能采用并联，串联的集热器数目应尽可能少。
- 2) 对于自然循环系统，集热器组中集热器的连接宜采用并联。平板型集热器每排并联数目不宜超过 16 块。
- 3) 全玻璃真空管东西向放置的集热器，在同一斜面上多层布置时，串联的集热器不宜超过 3 块

(每块集热器联箱长度不大于 2m)。

4) 对于自然循环系统, 每个系统全部集热器的数目不宜超过 24 块。大面积自然循环系统, 可以分成若干个子系统, 每个子系统中集热器数目不宜超过 24 块。

4.2.2 集热器选用。集热器类型应根据太阳能热水系统在一年中的运行时间、运行期内最低环境温度、水质条件、经济条件、维护管理等多方面因素综合考虑, 参考表 4.2.2 选用。

表 4.2.2 集热器类型选用表

选用要素		集热器类型		
		平板型	全玻璃真空管型	金属-玻璃真空管型
运行期内最低环境温度	高于 0℃	可用	可用	可用
	低于 0℃	不可用 ^①	可用 ^②	可用
集热效率 ^③		低	中	高
运行方式		承压、非承压	非承压	承压、非承压
与建筑外观结合程度		好	一般	较好
易损程度		低	高	中
价格		低	中	高

注: ①采用防冻措施后可用。

②如不采用防冻措施, 应注意最低环境温度值及阴天持续时间。

③本项指全国范围内全年的集热效率。在环境温度常年高于 0℃ 的地区, 或只在夏季使用的系统, 平板型集热效率略高于全玻璃真空管型。

4.2.3 确定系统太阳能保证率。太阳能保证率是系统中由太阳能部分提供的热量除以系统总负荷。应按照下列因素设定:

1. 根据当地的日照条件, 宜按照 30% ~ 80% 的范围设定, 取值范围可按照表 4.2.3 的推荐值选用。

2. 按照不同的供热水目标确定系统太阳能保证率。以全年使用的太阳能热水系统, 宜取中间值; 对预期投资规模较小, 偏重于在春、夏、秋季使用, 且不希望夏季产生的太阳能热水有过剩现象的系统, 宜取偏小值; 对预期投资规模较大, 偏重于在冬季使用, 希望在冬季能得到较多的太阳能热水, 而在夏季又能做到综合利用的系统, 宜取偏大值。

表 4.2.3 太阳能热水系统集热参数推荐选用表

等级	太阳能条件	年日照时数 (h)	水平面上年太阳辐照量 (MJ/m ² ·a)	地区	太阳能保证率
I	资源丰富区	3200 ~ 3300	> 6700	宁夏北、甘肃西、新疆东南、青海西、西藏西	60% ~ 80%
II	资源较富区	3000 ~ 3200	5400 ~ 6700	冀西北、京、津、晋北、内蒙古及宁夏南、甘肃中东、青海东、西藏南、新疆南	50% ~ 60%

续表 4.2.3

等级	太阳能条件	年日照时数 (h)	水平面上年太阳辐照量 (MJ/m ² ·a)	地 区	太阳能保证率
Ⅲ	资源一般区	2200 ~ 3000	5000 ~ 5400	鲁、豫、冀东南、晋南、新疆北、吉林、辽宁、云南、陕北、甘东南、粤南	40% ~ 50%
		1400 ~ 2200	4200 ~ 5000	湘、桂、赣、江、浙、沪、皖、鄂、闽北、粤北、陕南、黑龙江	
Ⅳ	资源贫乏区	1000 ~ 1400	<4200	川、黔、渝	≤40%

4.2.4 计算集热器面积。

1. 直接系统的集热器总面积计算：

$$A_c = \frac{q_{rd} c \rho_r (t_e - t_L) f}{J_i \eta (1 - \eta_L)} \quad (4.2.4 - 1)$$

式中 A_c ——直接系统集热器总面积 (m²)；

q_{rd} ——设计日用热水量 (L/d)，可按现行有关规范 (规程) 中热水用水定额下限取值；

t_e ——贮水箱内水的设计温度 (°C)；

t_L ——贮水箱内水的初始温度 (°C)；

f ——太阳能保证率 (%)；根据系统使用期内的太阳辐照、系统经济性 & 用户要求等因素综合考虑后确定；宜为 30% ~ 80%；

J_i ——当地集热器采光面上的年平均日太阳辐照量 (kJ/m²·d)；

η ——集热器年平均集热效率，无量纲；根据经验取值宜为 $\eta = 0.25 \sim 0.50$ ，具体取值可按集热器产品实测数据定；

η_L ——集热系统热损失率，依系统保温措施定，经验取值为 $\eta_L = 0.20 \sim 0.30$ ；

C ——水的定压比热容， $C = 4.187$ (kJ/kg·°C)；

ρ_r ——热水密度 (kg/L)，见表 4.2.4 所示。

表 4.2.4 不同水温热水的密度值

温度 (°C)	40	42	44	46	48	50	52	54
密度 (kg/L)	0.9922	0.9915	0.9907	0.9898	0.9889	0.9881	0.9871	0.9862
温度 (°C)	56	58	60	62	64	66	68	70
密度 (kg/L)	0.9852	0.9842	0.9832	0.9822	0.9811	0.9800	0.9789	0.9778

注：当集热器间距不能满足式 4.2.1 的计算值时，应按照集热器实际接受日照时间段内的太阳辐照量 (参见建筑用气象数据) 计算 J_i 。

2. 间接系统的集热器总面积计算：

$$A_{IN} = A_c \times \left(1 + \frac{F_R U_L \cdot A_c}{K \cdot F} \right) \quad (4.2.4 - 2)$$

式中 A_{IN} ——间接系统集热器总面积 (m^2);

$F_R U_L$ ——集热器总热损系数 [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]; 对于平板型集热器, $F_R U_L$ 一般取 $4 \sim 6 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; 对于真空管集热器, $F_R U_L$ 一般取 $1 \sim 2 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; 具体数值应根据集热器产品的实际测试结果而定;

K ——换热器传热系数 [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$];

F ——换热器换热面积 (m^2)。

4.2.5 太阳能热水系统应根据冷水硬度、气候条件、冷热水供水压力平衡要求等确定加热方式:

1. 在冷水总硬度大于 $150mg/L$ (以 $CaCO_3$ 计), 冬季寒冷地区, 用户对水压稳定要求较高的场所宜选用间接加热供水系统。

2. 在冷水总硬度小于等于 $150mg/L$ (以 $CaCO_3$ 计), 冬季非寒冷地区, 用户对水压稳定要求一般的场所宜选用直接加热供水系统。

4.2.6 贮热水箱(罐)设计:

1. 确定系统的贮热水容积。根据集热系统与供水系统的设计要求, 分别计算两个系统的贮热水容积 ($V_{集}$ 和 $V_{供}$), 取二者的大值定为太阳能热水系统的贮热水容积。

1) $V_{集}$ 按照下式计算:

$$V_{集} = A \times B_1 \quad (4.2.6)$$

式中 $V_{集}$ ——集热系统贮热水箱(罐)有效容积 (L);

A ——太阳能集热器采光面积 (m^2);

B_1 ——单位采光面积平均每日的产热量 ($L/m^2 \cdot d$), 具体数值应根据当地日照条件、集热器产品的实际测试结果而定。方案阶段可根据太阳能行业的经验数值选取, 对于直接加热系统, $B_1 = 40 \sim 100 (L/m^2 \cdot d)$, 取值范围可参照表 4.2.6; 对于间接加热系统, $B_1 = 30 \sim 70 (L/m^2 \cdot d)$ 。

表 4.2.6 直接加热系统单位采光面积平均每日的产热量

等级	太阳能条件	单位采光面积产热量 ($L/m^2 \cdot d$)
I	资源丰富区	70 ~ 100
II	资源较富区	60 ~ 70
III	资源一般区	50 ~ 60
IV	资源贫乏区	40 ~ 50

注: 产热水温度为 $45 \sim 50^\circ C$ 。

2) $V_{供}$ 的计算: 采用分散热水供应方式时, $V_{供}$ 应等于用户每日的热水用量; 采用集中热水供应方式时, $V_{供}$ 的贮热量应根据选用的辅助加热设备的类型、工作方式, 按照现行《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 的要求计算。

3) 当 $V_{供} \leq 40\% V_{集}$, 太阳能热水系统宜设置一个贮热水箱(罐), 辅助加热设备可内置其中, 太阳能与辅助热源联合加热。

4) 当 $V_{供} > 40\% V_{集}$, 太阳能热水系统宜设置两个贮热水箱(罐), 太阳能热水先进入贮热水箱(罐), 辅助加热设备设置在供热水箱(罐)中, 利用太阳能将冷水预热, 再送入供热水箱(罐), 由辅助热源加热至设定温度。

2. 热水箱的选用。选用的热水箱除应满足《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 的规定外，还应符合下列要求：

1) 钢板焊接的水箱，水箱内外壁均应按设计要求做防腐处理。内壁防腐涂料应卫生、无毒，且应能承受所贮存热水的最高温度。

2) 内置电加热的热水箱内箱应作接地处理，接地应符合现行国家标准《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169 的要求。

3) 水箱应进行检漏试验，试验方法应符合《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242—2002 的相关规定。

4) 水箱保温应在检漏试验合格后进行。水箱保温应符合现行国家标准《工业设备及管道绝热工程质量检验评定标准》GB 50185 的要求。

3. 热水箱（罐）的设置应符合下列要求：

设置热水箱除应满足《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 的规定外，还应符合下列要求：

1) 热水箱（罐）宜设置在室内，采用分散太阳能热水系统时，宜设置在卫生间、厨房、储藏间、阳台、阁楼、楼梯等位置，有条件也可设置在为其单独设计的设备间；采用集中太阳能热水系统时，宜设置在地下室、屋顶层的设备间、技术夹层中的设备间或为其单独设计的设备间内。其位置应保证其安全运转以及便于操作、检修。

2) 设置热水箱（罐）的位置应具有相应的排水、防水措施。

3) 热水箱（罐）基座必须设在建筑物承重墙（梁）上，并预留固定用预埋件。预埋件与基座之间的空隙，应用细石混凝土填捣密实。

4) 热水箱（罐）应用地脚螺栓与基础连接牢固。

4.2.7 强制循环集热系统循环泵计算。

1. 集热循环泵流量按下式计算：

$$q_{x1} = B_2 A \quad (4.2.7 - 1)$$

式中 q_{x1} ——循环泵流量（L/s）；

B_2 ——单位采光面积集热器对应的工质流量（L/s·m²），应按集热器提供的工作流量确定，也可按照经验值 0.015~0.02（L/s·m²）估算（该值是对应采光面积进行集热器效率测试时规定的流量范围）。

2. 开式太阳能集热系统循环泵扬程按下式计算：

$$H_x = h_p + h_e + h_j + h_z + h_a \quad (4.2.7 - 2)$$

式中 H_x ——循环泵扬程（kPa）；

h_p ——集热循环管道沿程与局部阻力损失（kPa）；

h_e ——集热器间接换热设备的阻力损失（kPa），按相应的间接换热设备取值；

h_j ——循环流量流经集热器的阻力损失（kPa）， $h_j = H_c n$ ；

H_c ——单块集热器阻力（kPa），应根据实测曲线按照实际工作流量确定，也可按照经验值 1kPa 估算（该值对应的单块集热器采光面积约 2m²）；

n ——集热循环系统中产生阻力的集热器块数，即集热器组中串联集热器最多一组的块数；

h_z ——集热器与贮热水箱之间的几何高差（kPa）；

h_a ——为保证换热效果的附加压力（kPa）， $h_a = 20 \sim 50$ （kPa）。

3. 闭式太阳能集热系统循环泵扬程按下式计算：

$$H_x = h_p + h_e + h_j + h_a \quad (4.2.7 - 3)$$

4.2.8 间接太阳能热水系统的换热设备应根据水质硬度、冷热水系统压力平衡要求、系统型式、系统大小等条件，经技术经济比较后选择。

1) 水质总硬度大于 150mg/L (以 CaCO_3 计)，冷热水压力平衡要求较高的系统宜选择半容积式、导流型容积式水加热器。

2) 水质总硬度小于等于 150mg/L (以 CaCO_3 计)，且冷热水压力平衡要求低的系统可选择快速水加热器或半即热式水加热器。

3) 换热设备的换热面积按下式计算：

$$F = \frac{C_r \cdot Q_z}{\varepsilon K \Delta t_j} \quad (4.2.8)$$

式中 F ——换热设备的换热面积 (m^2)；

Q_z ——集热系统的换热量 (W)；

$$Q_z = k_t \times f \times q_{rd} \times (t_e - t_L) \times C \times \rho_r \times 1000 / (3600 \times S_y)$$

k_t ——太阳辐照度时变化系数，一般取 1.5 ~ 1.8，取高限时有利于太阳能利用；

S_y ——年平均日日照小时数 (h/d)；

K ——传热系数 ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)，参考值见表 4.2.8 所示；

ε ——由于水垢和热媒分布不均匀影响热效率的系数，一般为 0.6 ~ 0.8；

Δt_j ——热媒与被加热水的计算温度差 ($^\circ\text{C}$)，可按 5 ~ 10 $^\circ\text{C}$ 取值；

C_r ——集热系统热损失系数，一般为 1.1 ~ 1.2。

表 4.2.8 换热设备的传热系数 K 参考值

类型	容积式水加热器	导流型容积式水加热器	半容积式水加热器	半即热式水加热器	板式换热器
K ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)	380 ~ 410	680 ~ 1500	810 ~ 2500	1600 ~ 2100	2000 ~ 3000

注：1. 当设备厂家能提供经测试的 K 值时，应以厂家提供的 K 值为依据。

2. 当参考上表选用 K 值时，可依据换热工况、允许的阻力损失等参考《全国民用建筑工程设计技术措施给水排水》有关条款等选用。

4) 换热设备的数量不宜少于两台，一台换热设备检修时，其余各台的总换热能力不得小于集热器产热量 Q_z 的 50%。

4.2.9 太阳能热水系统应设辅助热源及其加热设施，其设计计算应符合下列要求：

1. 辅助热源可因地制宜选择城市热网、热泵、燃气、燃油、电等；

2. 辅助热源的供热量宜按现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 规定的系统耗热量计算；在村镇或市政基础设施配套不全、热水用水要求不高的地区，可根据当地的实际情况，适当降低辅助热源的供热量标准；

3. 辅助热源加热设备应根据热源种类、供水水质、冷热水系统型式等选用直接加热或间接加热设备。设计应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 的有关要求；

4. 辅助热源及其加热设施应在保证太阳能集热系统充分工作的条件下辅助运行。

4.2.10 辅助热源设备选用。

1. 辅助热源及其加热设施宜按无太阳能热水系统状态配置；

2. 当采用集中热水供应系统时，配置宜不少于两套；一套检修时，其他各套加热设备的总供热能

力不小于 50% 的系统耗热量；

3. 当采用分散热水供应系统时，加热设备通常为了一套电或燃气热水器，采用快速式燃气热水器时，该热水器的允许进水温度应能满足集热系统出水温度的要求；

4. 辅助热源设备可参照表 4.2.10 选用。

表 4.2.10 辅助热源设备选用表

市政热力	优先利用工业余热、废热、地热等市政热力，通过热交换器与太阳能组合供热
热泵	根据当地的地热资源、气候、地质等条件，可选用空气源热泵、水源热泵
燃气	可采用燃气锅炉、贮水式热水器、快速式热水器、燃气热水机组
燃油	可采用燃油锅炉、燃油热水机组
电	可采用热水机组、电锅炉、贮水式热水器、快速式热水器，应充分利用低谷电
沼气	沼气热水器（农村地区专用）

4.2.11 辅助热源加热设备设置。

1. 建筑设计中应留有相应的位置，满足其技术要求，确保辅助热源设施安全运行及安全操作、维护。

2. 辅助热源宜靠近贮热水箱（罐）设置，并应便于操作、维护。

3. 辅助能源启动方式分为手动启动、全日自动启动和定时自动启动三种。启动方式直接关系到太阳能热水系统的节能效果，应结合不同的热水供应方式，采用适宜的控制方式。

4.2.12 热水供应系统设计与设备选用。

1. 根据已有的热水设计条件、使用要求、耗热量及用水点的分布，结合热源情况，合理选用热水供应系统。

2. 热水负荷计算。宜按照当地的用水习惯，对类似用户进行测试或调查，根据卫生器具完善程度和地区条件，并参照《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 的规定，确定当地的热水用水定额，并按照《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 的规定计算系统耗热量、热水量和加热设备的供热量。

4.2.13 管路设置要求。

1. 应采取措施保证冷热水系统压力平衡，系统冷、热水压差不宜超过 0.02MPa。

2. 按照《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 的规定进行保温，保证系统的供水温度。

3. 室外管路采用防冻布置，即管路中不得有滞留水的管路死角，按照水可以排出的方向顺坡布置。

4. 管路安装应符合《建筑给水排水及采暖工程施工验收规范》GB 50242—2002 的相关要求。

5. 管道设计应合理有序安排走向，室外管线宜隐蔽设置。如不能隐蔽设置，则应具有一定建筑装饰效果。管线应在预埋的套管中穿过围护结构。

6. 竖向管线宜设在竖向管道井中，做到安全隐蔽，又便于维护、检修。室内水平管线应隐蔽设置，如采用在楼板和墙体面层中设置水平管道沟槽，管线隐蔽于吊顶内等构造措施，隐蔽工程内的管线应无接头。

7. 管材选用要点如下：

1) 集热系统采用的管材及管件，应符合现行产品标准的要求。管道的工作压力和工作温度不得大

于产品标准标定的允许工作压力和工作温度。

2) 集热系统宜采用金属管材及管件, 并应采取防止管材腐蚀的措施。

4.2.14 确定系统的计量方式。分散太阳热水供应系统以户为单位, 不需计量; 集中太阳热水供应系统宜设置计量装置。

4.2.15 确定系统的控制方式。

1. 太阳能热水系统应设置集热系统运行控制、辅助热源的自动切换控制、防冻控制、防过热控制; 集中热水供应系统还应设置热水循环控制;

2. 控制方式应尽量简单、可靠, 便于用户操作, 宜设置可数字化显示的控制仪表盘, 重点显示每日系统的太阳得热量、辅助热源用量、供水温度、管网温度、贮热水箱(罐)水温等, 便于用户直观了解该系统所节约的能量。

3. 为保证系统的使用功能与安全, 应相应设置电磁阀、温度控制阀、压力控制阀、泄水阀、自动排气阀、止回阀、安全阀等控制元件, 产品应符合相关产品标准的要求, 并预留检修空间。

4.2.16 采用适宜的防冻措施、防过热措施。

1. 在寒冷地区宜采用排回法防冻方式、防冻工质防冻方式。

2. 常用的循环工质为水、乙二醇或丙三醇, 应由专业公司根据系统所在地的气候条件、防冻工质的冰点、系统的防腐要求等, 确定循环工质的配比。

3. 在非严寒地区, 偶尔冰冻的地区宜采用排空法防冻方式、贮热水箱中的水逆循环防冻方式或电伴热措施。

4. 应设置防过热措施, 可在系统中设置安全阀等泄压装置。供热水箱(罐)的水温超过 75°C 或系统内的压力超过设定的安全压力, 安全阀打开排热水。

4.2.17 太阳能热水系统设计可以参考以下国家建筑标准设计图集:

1. 集中系统可参考 06SS128 《太阳能集中热水系统选用与安装》。

2. 分散系统可参考 01SS126 《住宅用热水器选用与安装》。

4.3 与其他专业及专业公司的配合工作

4.3.1 与建筑专业配合工作。

1. 太阳能热水系统方案设计应与建筑方案设计同步进行;

2. 给排水专业在综合考虑业主要求基础上选择适用的太阳能热水系统类型, 提供初步计算出的所需集热器面积、贮热水箱的容积等主要设计条件;

3. 建筑专业采用计算机逐时模拟日照分析, 得出集热器适宜的安装范围和安装位置, 确定建筑的朝向、间距、建筑形体组合及屋面、外立面形式;

4. 给排水专业提供集热器类型、面积、安装倾角及方位角, 由建筑专业确定集热器安装位置, 热水系统与建筑(建筑的造形、平面功能)结合的方式, 进行集热器安装基座定位设计;

5. 根据建筑专业确定的集热器安装条件(包括可安装面积、安装位置、倾角、方位角等)调整计算, 确定最终的集热器面积, 进行贮热水箱(罐)、辅助热源设计;

6. 配合建筑专业合理安排用水空间(厨房、卫生间)、贮热水箱(罐)及辅助能源加热设备的安放位置;

7. 给排水专业提供贮热水箱体积、尺寸、安装使用要求, 外置式辅助加热设备的体积、尺寸、安装使用要求, 配合建筑专业合理设计贮热水箱空间或设备间;

8. 给排水专业与建筑专业共同确定系统管道走线方式、管井位置、尺寸及构造方案；提供管道穿越屋面、外墙的具体定位，由建筑专业预留防水套管；

9. 建筑专业预留集热器施工安装、日常维护检修的通道、护栏，并对安装集热器的部位采取建筑防水、保温构造、保护措施等；

10. 在建筑出入口和人行通道上空安装集热器时，应由建筑专业设计建筑防护措施，人行通道不宜紧贴建筑，入口上方应设雨篷，防止发生集热器掉落伤人事故。

4.3.2 与结构专业配合工作。

1. 给排水专业提供集热器形式和安装尺寸，由结构专业确定安装预埋位置以及预留孔洞位置。

2. 给排水专业提供集热器、贮热水箱（罐）、辅助热源设备的安装位置与荷载，由结构专业进行荷载计算（包括自重荷载、装载荷载、雪荷载、风荷载、地震作用等），预埋件计算和结构安全验算。

3. 结构专业应对建筑结构主体与设备支撑部件（安装支架）之间的连接件、连接部位的建筑结构构件进行强度与刚度验算；同时保证在正常维护下，连接件的材料、构造及设备支撑部件应至少与太阳能热水器同寿命（15年），其中连接件的材料及构造宜同建筑结构的使用年限。

4. 太阳能热水系统的管线位置与结构配合设计，不得在结构重要部位，如梁、柱、抗震墙的暗柱、端柱等处穿管；管线穿过屋面、墙面时，应及时预埋套管，避免在已做好防水保温的屋面上凿孔打洞。

5. 给排水专业提供管道穿越结构构件的具体定位（包括管道的规格、型号、数量和穿越位置、标高等），请结构专业预留孔洞和预埋套管。

6. 在安装集热器（热水器）的结构上预先设置预埋件或固定螺栓，当集热器安装在砌体墙上时，应在预埋件处增设构造柱。非结构受力构件如轻质填充墙上不得设置集热器。

7. 太阳能热水器安装节点做法可以参见国家建筑标准设计图集 01SS126《住宅用热水器选用及安装》。

4.3.3 与电气专业配合工作。

1. 给排水专业提供太阳能热水系统所需的用电功率（如循环泵、辅助电加热等）及位置，由电气专业预留用电负荷及插座（宜选用防潮防溅型面板）位置，且插座回路设置漏电断路器；如具有远程控制功能，电气专业还应就近预留控制管线。

2. 按照国家标准《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169 及《民用建筑电气设计规范》JGJ/T 16，确定用电设备接地系统及安全措施设计方案。

3. 太阳能热水系统中所使用的电器设备应有剩余电流保护、接地和断电等安全措施。

4. 太阳能热水系统的电源线，应装设隔离电器和短路、过载及接地故障保护电器。

5. 当集热器成为建筑物顶部较高部件时，应做防雷保护；按照国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 中相关规定，在屋面接闪器保护范围之外的非金属物体应装设接闪器，并和屋面防雷装置相连。

6. 若太阳能热水系统中有电气线路引至屋面时，应根据建筑物的重要性采取相应的防止雷电波侵入的措施；在配电盘内，宜在开关的电源侧与外壳之间装设过电压保护器。

7. 凡正常不带电，而当绝缘破坏或故障时有可能带电的一切电气设备金属外壳均应可靠接地；当采用分离式太阳能热水器时，放置于室内的贮水装置其金属外壳应可靠接地。

4.3.4 与专业公司配合工作。

1. 专业公司应提供由国家认可的太阳能热水器检测单位出具的产品性能检测报告，以及本条第2、

3 款要求的技术报告。

2. 大型太阳能热水系统（水箱容积大于 600L）应提供如下内容：

1) 太阳集热器瞬时效率曲线：平板型太阳能集热器基于采光面积、进口工质温度 T_i^* 的瞬时效率截距 η_0 应不小于 0.70；以 T_i^* 为参考的总热损系数 U 应不大于 $6.0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 。无反射器真空管型太阳能集热器基于采光面积、进口工质温度 T_i^* 的瞬时效率截距 η_0 应不小于 0.60，有反射器真空管型太阳能集热器基于采光面积、进口工质温度 T_i^* 的瞬时效率截距 η_0 应不小于 0.50；以 T_i^* 为参考的总热损系数 U 应不大于 $2.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 。

2) 单位面积集热器的流量、阻力损失。

3. 小型户用系统（水箱容积小于等于 600L）应提供如下内容：

1) 单位面积日有用得热量：一定日太阳辐照量下，贮热水箱（罐）内的水温不低于规定值时，单位轮廓采光面积（太阳光投射到集热器的最大有效面积）贮热水箱（罐）内水的日得热量。紧凑式大于等于 7.5 MJ/m^2 ，分离式、间接式大于等于 7.0 MJ/m^2 。

2) 太阳热水系统的平均热损因数：在无太阳辐照条件下的一段时间内，单位时间内、单位水体积太阳热水系统贮水温度与环境温度之间单位温差的平均热量损失：紧凑式、分离式小于等于 $22 \text{ W}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ 。

4. 给排水专业提供建筑的设计日热水用量、热水使用工况、热水供应系统的布置方式、可选用的辅助热源种类，与专业公司共同确定集热系统形式、运行方式。

5. 给排水专业提供集热器安装位置、贮热水箱（罐）安装位置、管道井位置，与专业公司共同确定集热器面积、贮水箱间布置方式及相关管道接口位置。

6. 专业公司应对设备支撑部件（如集热器支架）进行强度与刚度验算。

4.4 技术经济评价

4.4.1 采用太阳能作为热源供应生活热水是一项节能新技术，对太阳能热水系统工程应从经济性能和技术因素两方面进行综合评价，并简单计算下列经济性能指标。

4.4.2 增投资回收年限：

1. 与常规热源热水系统相比，太阳能热水系统增加了集热系统的投资。增投资回收年限是指通过节省的常规能源费用全部回收增投资的年限。

2. 工程设计时计算简单回收年限即可，即不考虑银行贷款利率、常规能源上涨率等因素，用增投资除以年节能费用。

3. 在太阳能资源丰富区，其简单投资回收期宜在 5 年以内，资源较富区宜在 8 年以内，资源一般区宜在 10 年以内，资源贫乏区宜在 15 年以内。

4.4.3 节能量。太阳能热水系统的年节能量应根据选用的集热器面积及集热器性能参数、设计的集热器倾角、系统的损失及当地的气象条件，按照下式计算：

$$\Delta Q_{\text{save}} = A \cdot J_T \cdot (1 - \eta_c) \cdot \eta \quad (4.4.3)$$

式中 ΔQ_{save} ——太阳能热水系统的年节能量（MJ）；

A ——集热器面积（ m^2 ）；

J_T ——太阳集热器采光表面上的年太阳辐照量（ MJ/m^2 ）；

η ——太阳集热器的年平均集热效率（%）；

η_c ——管路和贮水箱的热损失率。

4.4.4 年节能费用。太阳能热水系统年节能费用应按照下式计算：

$$W_j = \Delta Q_{\text{save}} \cdot C_c \quad (4.4.4)$$

式中 W_j ——太阳能热水系统的简单年节能费用（元）；

C_c ——系统设计当年的常规能源热价（元/MJ）； $C_c = C'_c / (q \cdot \text{Eff})$ ；

C'_c ——常规能源价格（元/kg）；

q ——常规能源的热值（MJ/kg）；

Eff ——常规能源水加热装置的效率（%）。

5 热泵热水系统

5.1 热泵热水系统设计的一般规定

- 5.1.1** 地源热泵系统方案设计前, 应进行工程场地状况调查, 并应对浅层地热能资源进行勘察。
- 5.1.2** 工程勘察应由具有勘察资质的专业队伍承担。工程勘察完成后, 应编写工程勘察报告, 并对资源可利用情况提出建议。
- 5.1.3** 应根据工程勘察报告, 经技术经济比较确定工程是否采用地源热泵系统, 以及确定地源热泵系统低温热源的种类。
- 5.1.4** 应根据当地气象参数确定工程是否采用空气源热泵系统, 以及确定系统组成和运行方式。
- 5.1.5** 热泵系统宜采用供热水与供空调联合工作系统, 当工程需要且技术经济可行时可采用独立的热泵热水系统。
- 5.1.6** 地埋管地源热泵系统不得用于独立的热泵热水系统。
- 5.1.7** 独立的热泵热水系统应按 5.4 节计算选择热泵机组。热水与空调联合工作的热泵系统, 应经全年冷热负荷分析后选择热泵机组。
- 5.1.8** 应由给水水质、冷热水压力平衡、热泵机组出水温度、用户要求以及系统经济性等因素综合确定热水由热泵机组直接供给或经换热后间接供给。有条件时推荐采用间接供水。
- 5.1.9** 热泵热水系统中应设置板式换热器或水加热器、循环泵、热水箱(罐)等贮(换)热设施, 使系统处于蓄热运行方式。
- 5.1.10** 当热泵机组出水温度达不到个别用水点的要求, 或可能出现短时(或季节性)供热不足时, 热泵热水系统中应设置辅助热源。
- 5.1.11** 热泵系统应采用自动控制运行, 其完善程度应根据系统规模大小、复杂程度和经济性因素综合确定。有条件时宜结合楼宇自控对热泵系统运行全面监控。系统控制设计应符合《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019—2003 的有关要求。
- 5.1.12** 热泵热水系统中热泵机组, 贮(换)热和辅助热源等机房部分的设计可参考国家建筑标准设计图集 06SS127《热泵热水系统选用与安装》。

5.2 地源热泵系统低温热源种类及其勘察设计要点

- 5.2.1** 地源热泵系统的低温热源分为地表水(含污、废水)、地下水和地埋管(也称土壤源)三种, 其勘察、设计、施工及验收应符合《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366—2005 的要求。
- 5.2.2** 低温热源的水量(或换热量)应满足地源热泵系统最大吸热量或释热量的需要。
- 5.2.3** 应根据低温热源种类、水温、水质情况和有无防冻要求等条件确定低温热源与水源热泵机组的换热方式。

1. 地表水或地下水水质和水温常年能满足机组要求, 且无冰冻可能的场所可采用(开式)直接换

热方式；

2. 地表水或地下水水质和水温不能常年满足机组要求，且不采用充防冻液防冻的场所宜采用开式间接换热方式。

3. 采用埋管、污（废）水、海水作为低温热源，或地表水水质较差时应采用闭式间接换热方式。

5.2.4 进入水源热泵机组的水温不宜低于 10℃。

5.2.5 当工程有多种低温热源可以选择时，应根据工程造价低、运行管理方便、系统运行效率高、运行费用低的要求择优选取。

5.2.6 取用地下水和地表水时应经当地水务主管部门批准。必要时需对低温热源做环境、卫生方面的分析评估。

5.2.7 工程场地状况调查应包括下列内容：

1. 场地规划面积、形状及坡度；
2. 场地内已有建筑物和规划建筑物的占地面积及其分布；
3. 场地内树木植被、池塘、排水沟及架空输电线，电信电缆的分布；
4. 场地内已有的、计划修建的地下管线和地下构筑物的分布及其埋深；
5. 场地内已有水井的位置。

5.2.8 地表水勘察应包括下列内容：

1. 地表水水源性质、水面用途、深度、面积及其分布；
2. 不同深度的地表水水温、水位动态变化；
3. 地表水流速和流量动态变化；
4. 地表水水质及其动态变化；
5. 地表水利用现状；
6. 地表水取水和回水的适宜地点及路线。

5.2.9 地表水可采用开式或闭式换热方式，应按 5.2.3 条确定。

5.2.10 当地表水采用开式换热时，取水口应远离回水口并宜位于回水口上游；取水口应设置污物过滤装置。

5.2.11 当地表水采用开式间接换热时，宜在换热器地表水测设反冲洗装置。

5.2.12 当地表水采用闭式间接换热时，各换热盘管间宜设置为同程且并联；供、回水管应分开布置。

5.2.13 地表水换热盘管应牢固安装在水体底部，地表水的最低水位与换热盘管距离不应小于 1.5m。

5.2.14 采用间接换热时应设定压补水装置。

5.2.15 当以污（废）水或海水作为低温热源时，与其接触的设施应具有防腐和防生物附着的措施；与其连通的管道、设备等应具有水处理和清理的措施。

5.2.16 地下水勘察应包括下列内容：

1. 地下水类型；
2. 含水层岩性、分布、埋深及厚度；
3. 含水层的富水性和渗透性；
4. 地下水径流方向、速度和水力坡度；
5. 地下水水温及其分布；
6. 地下水水质；
7. 地下水水位动态变化。

5.2.17 地下水水文地质试验应包括下列内容：

1. 抽水试验；
2. 回灌试验；
3. 测量出水水温；
4. 取分层水样并化验分析分层水质；
5. 水流方向试验；
6. 渗透系数计算。

5.2.18 当单井出水量过小或动水位过低时，建议不采用地下水作为低温热源。

5.2.19 用地下水作为低温热源时必须采取可靠回灌措施，确保置换冷量和热量后的地下水全部回灌到同一含水层，并不得对地下水资源造成浪费及污染。系统投入运行后，应对抽水量、回灌量及其水质定期监测。

5.2.20 地下水供水管、回灌管不得与市政管道连接。

5.2.21 地下水可采用开式换热方式，应按 5.2.3 条确定。有条件时推荐采用开式间接换热方式。

5.2.22 地下水宜在进水端设置旋流除砂器、Y 型过滤器等除砂设施；地下水硬度较高时宜设阻垢等水处理设施。

5.2.23 热源井井口处应设检查井。井口之上若有构筑物时，应留有检修用的足够高度或在构筑物上留有检修口。

5.2.24 热源井应由具有水文地质勘察资质的单位设计，并还应符合《供水管井技术规范》GB 50296—99 的相关规定。

5.2.25 地埋管勘察应包括下列内容：

1. 岩土层的结构；
2. 岩土体热物性；
3. 岩土体温度；
4. 地下水静水位、水温、水质及分布；
5. 地下水径流方向、速度；
6. 冻土层厚度。

5.2.26 在为期一年的最小计算周期内，地埋管地源热泵系统总释热量宜与总吸热量相平衡。

5.2.27 地埋管设计前应明确待埋区域内各种地下管线的种类、位置及深度，预留未来地下管线所需的埋管空间及埋管区域进出重型设备的车道位置。

5.2.28 地埋管应采用闭式间接换热方式。设计应满足第 5.2.12 条和第 5.2.14 条的要求。

5.2.29 地埋管低温热源宜由有经验的专业公司设计，并应符合《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366—2005 的要求。

5.2.30 在可能发生冰冻的地区，低温热源部分应采取防冻保护措施（如充防冻液、设保温、加电伴热等）。

5.2.31 低温热源部分宜采用变流量设计，并与热泵机组同步运行。

5.3 常用地源热泵热水系统分类、特点及适用条件

5.3.1 按热水是否由水源热泵机组直接供给，系统可分为直接供水和间接供水两种。

1. 直接供水系统示意图见图 5.3.1-1。

1) 该系统的优点是热效率高, 系统简单。缺点是在循环工质泄漏时会污染热水; 冷水水质不好时可能造成热泵机组内冷凝器等结垢或阻塞, 影响使用寿命。

2) 该系统适用于冷水硬度小于等于 150mg/L (以 CaCO₃ 计), 且对供热水要求一般的场所。

2. 间接供水系统示意图见图 5.3.1-2a、图 5.3.1-2b。

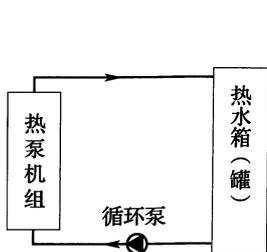


图 5.3.1-1 直接供水示意图

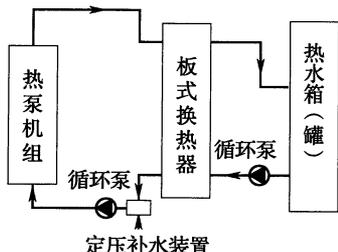


图 5.3.1-2a 间接供水系统示意图(一)

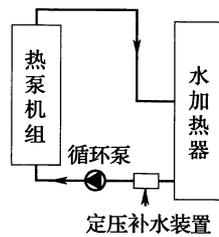


图 5.3.1-2b 间接供水系统示意图(二)

1) 该系统优点是循环工质泄漏时不会污染热水, 冷水水质不好时不会影响热泵机组。缺点是系统复杂, 系统热效率降低; 系统出热水温度降低。两种间接供水方式比较, 采用板式换热器时换热面积小和温差小但需设两组循环泵。

2) 该系统适用于冷水硬度大于 150mg/L (以 CaCO₃ 计), 对供热水要求较高的场所。

5.3.2 按地源热泵系统的用途, 系统可分为独立热水系统和热水与空调联合系统两类。常用联合系统按空调放热的利用方式又可分为组合、热回收组合以及冷却水二次利用三种方式。

1. 独立热水系统示意图见图 5.3.2-1。

1) 该系统的优点是运行不受空调等其他负荷变化的影响, 系统日常操作简单。缺点是与联合系统相比节能效果差, 不能用于埋地管作为低温热源的场所。

2) 该系统适用于除埋地管以外的其他低温热源种类; 工程中没有(或有很小的)空调负荷; 在考虑了初投资和管理等因素后认为采用联合系统不经济的场所。

2. 组合运行方式示意图见图 5.3.2-2, 采用在机组外设阀门组进行两种工况切换运行。

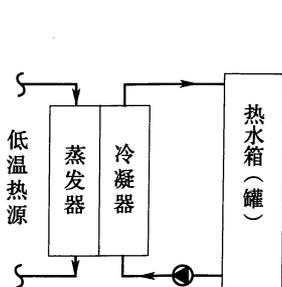


图 5.3.2-1 独立热水系统示意图

注: 热泵热水系统也可采用间接供水。

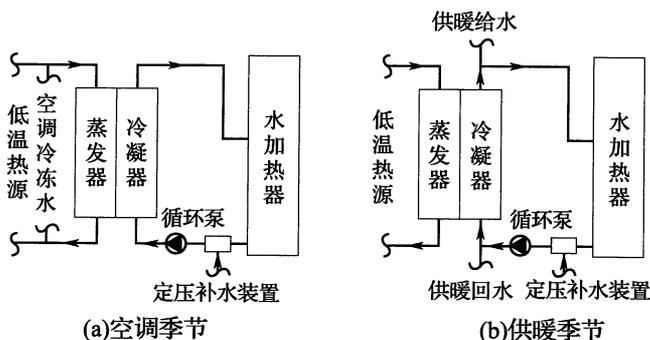


图 5.3.2-2 组合运行示意图

1) 该运行方式的优点是在空调季节节能效果好, 热泵机组一机多用。缺点是热水与供暖的供回水温度须一致, 热水只能采用间接供水, 系统运行操作复杂, 几种负荷运行中相互干扰。

2) 该运行方式适用于有较大的空调负荷, 且能解决空调与热水高峰时间不一致的场所。

3. 热回收组合方式的特点是要选用带热回收冷凝器的水源热泵机组, 其示意图见图 5.3.2-3。

1) 该运行方式与组合方式相比较的优点是热水系统相对独立, 热水温度可独立设置, 操作简单。缺点是几种负荷运行仍有些干扰。

2) 适用场所同组合运行方式。

4. 冷却水二次利用运行方式示意图见图 5.3.2-4。

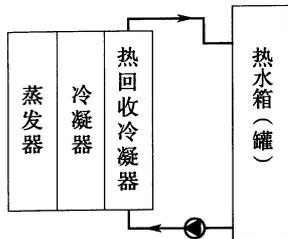


图 5.3.2-3 热回收组合运行示意图

注: 热泵热水系统也可采用间接供水。

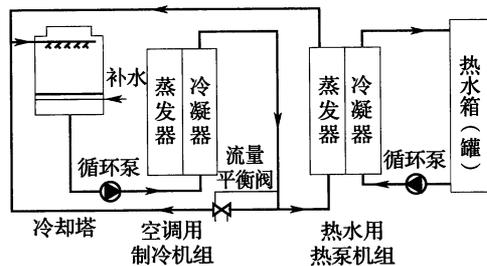


图 5.3.2-4 冷却水二次利用运行示意图

注: 1. 热泵热水系统也可采用间接供水。

2. 有条件时, 也可将制冷机组冷凝器出水经换热器后为冷水预热。

1) 该运行方式的优点是在空调季节节能效果好。缺点是只能与空调系统联合工作, 当空调负荷小于热水负荷时需考虑设辅助热源。

2) 该运行方式适合于空调季节很长, 且热水负荷相对空调负荷很小的场所。

5.3.3 按贮热水方式不同, 热水系统可分为开式和闭式两种。

1. 用热水箱贮热水时为开式系统。热水箱宜设在高处重力供水, 特点是供水压力稳定。

2. 用热水罐或水加热器贮热水时为闭式系统。它们可设在低处承压供水。

5.3.4 必要时系统中还应设置辅助热源。

1. 可用热力网、电、燃气(油)等加热设备作为辅助热源。

2. 辅助热源可与热泵机组并联或串联, 也可设在贮热设施中。

5.3.5 设计人员应根据工程实际情况, 经技术经济比较后合理选择系统组成和运行方式。

5.4 热泵机组与相关设备的计算

5.4.1 应按《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003 和《小区集中生活热水供应设计规程》的有关条款计算最高日平均秒耗热量 Q_d 和设计小时平均秒耗热量 Q_h 。

1. 对于独立热水系统, 应按运行季节可能出现的最低冷水温度计算耗热量 Q_d 和 Q_h ;
2. 对于以地表水作为供水水源的独立热水系统, 建议再按夏季最高冷水温度计算耗热量;
3. 对于联合系统, 应根据全年冷热负荷分析需要计算不同季节的耗热量;
4. 需设置辅助热源时, 应根据其最不利工况计算辅助热源的设计小时平均秒耗热量 Q_{rh} 。

5.4.2 独立热泵热水系统热泵机组设计小时平均秒供热量 Q_g 应按公式 5.4.2 计算:

$$Q_g = K_1 \frac{Q_d \times 24}{T_1} \quad (5.4.2)$$

式中 Q_g ——热泵机组设计小时平均秒供热量 (kW);

Q_d ——最高日平均秒耗热量 (kW);

T_1 ——热泵机组设计工作时间 (h), 全日供水时可取 $T_1 = 12 \sim 20$ (h), 定时供水时 T_1 由设计人定;

K_1 ——安全系数; 可取 $K_1 = 1.05 \sim 1.10$ 。

注: T_1 应根据用水规律、低温热源情况和系统经济性等因素综合考虑确定。

5.4.3 热泵热水系统贮热总容积 V_r 应按公式 5.4.3 计算:

$$V_r \geq \frac{(Q_h - Q_g)T}{1.163 \cdot \eta(t_r - t_1)\rho_r} \quad (5.4.3)$$

式中 V_r ——贮热总容积 (m^3);

Q_h ——设计小时平均秒耗热量 (kW);

Q_g ——设计小时平均秒供热量 (kW);

T ——设计小时耗热量持续时间 (h), $T = 2 \sim 4$ h;

η ——有效贮热容积系数: 容积式水加热器 $\eta = 0.75$, 导流型容积式水加热器 $\eta = 0.85$, 卧式贮水罐和上出水热水箱 $\eta = 0.80$, 立式贮水罐和定时供水的下出水热水箱 $\eta = 0.90$;

t_r ——热水温度 ($^{\circ}C$), 按水加热器出水温度或贮水温度计算;

t_1 ——冷水温度 ($^{\circ}C$);

ρ_r ——热水密度 (kg/L)。

注: 1. 上式是在设计小时耗热量发生前已贮满温度为 t_r 的热水, 在其持续时间内, 热泵机组仍工作的条件下成立。否则, 应根据热量平衡原则确定贮水容积。

2. 当计算的 V_r 小于 0.5h 设计小时耗热量 Q_h 时, 建议仍取 0.5h 设计小时耗热量。

5.4.4 热水系统的蓄热时间 T_2 可按公式 5.4.4 近似计算:

$$T_2 = \frac{1.163V_r(t_r - t_1)\rho_r}{Q_g} \quad (5.4.4)$$

式中 T_2 ——热水系统的蓄热时间 (h), 其余同公式 5.4.3。

根据用水规律判断 T_2 是否满足 5.4.3 条注 1 的要求, T_2 过长 (或过短) 时应增加 (或减小) 热泵机组设计小时平均秒供热量 Q_g 。

5.4.5 热泵机组设计循环流量 q_{rx} 应按公式 5.4.5 计算:

$$q_{rx} = K_2 \frac{Q_g}{1.163 \cdot \Delta t \cdot \rho} \quad (5.4.5)$$

式中 q_{rx} ——设计循环流量 (m^3/h);

Q_g ——热泵机组设计小时平均秒供热量 (kW);

Δt ——热泵机组进出水温度差 ($^{\circ}C$); 可取 $\Delta t = 5^{\circ}C$;

K_2 ——安全系数, 可取 $K_2 = 1.10$;

ρ ——水的密度 (kg/L)。

注: 在热泵热水系统中, 涉及到热量、温差与流量的计算时均可参照上式。

5.4.6 板式换热器的计算和选用需符合下列要求。

1. 换热面积 F_{jr} 应按公式 5.4.6-1 计算:

$$F_{jr} = \frac{Q_j}{\varepsilon \cdot K \cdot \Delta t_j} \quad (5.4.6-1)$$

式中 F_{jr} ——换热面积 (m^2);

Q_j ——设计换热量 (W);

ε ——由于水垢和热媒分布不均匀影响热效率的系统, 可取 $\varepsilon = 0.8$;

K ——传热系数 ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$), 初步计算可取 $K = 2000 \sim 3000$;

Δt_j ——热媒与被加热水的计算温度差（℃）。

注：K值与热媒和被加热水的流速、换热器材质及流道形式等有关且差异很大，因此建议根据设计流量和厂家提供的技术资料选取K值。

2. 公式 5.4.6-1 中 Δt_j 应按公式 5.4.6-2 计算：

$$\Delta t_j = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad (5.4.6-2)$$

式中 Δt_{\max} ——热媒与被加热水在换热器一端的最大温差（℃）；

Δt_{\min} ——热媒与被加热水在换热器另一端的最小温差（℃），可取 $\Delta t_{\min} = 2^\circ\text{C}$ ；

3. 板式换热器的水头损失应根据厂家技术资料确定，无资料时可取 0.04 ~ 0.08 MPa。

4. 应根据系统所允许的压力降和厂家提供的技术资料最终选定板式换热器。

5.4.6 水加热器和热水管网的其他设备应按现行给水排水有关设计规范（程）计算。

5.4.7 热泵热水系统应按有关规范（程）进行水力计算。

5.4.8 当热泵热水系统需设辅助热源时，应按现行有关设计规范（程）设计。

5.5 水源热泵机组与贮（换）热设备的选择和机房布置要求

5.5.1 水源热泵机组的选择需符合下列要求：

1. 机组（冷凝器和蒸发器）允许的进、出水温度范围应能满足设计温度及其变化的要求；
2. 应根据低温热源和设计小时平均秒供热量的最不利情况选择水源热泵机组，并按夏季工况校核。建议在最不利设计工况下水源热泵机组的 COP 值不小于 3.0；
3. 宜按拟选厂家产品的特性曲线和实际工况选择水源热泵机组的名义制热量；
4. 应根据负荷变化情况确定机组数量，一个系统中的机组数量不得少于两台，机组宜为同型号且可不设备用；
5. 水源热泵机组的机型可参照表 5.5.1，经过性能价格比较进行选择。

表 5.5.1 水冷式冷水机组选型范围

单机名义工况制冷量（kW）	冷水机组机型
≤116	往复式、涡旋式
116 ~ 700	往复式
	螺杆式
700 ~ 1054	螺杆式
1054 ~ 1758	螺杆式
	离心式
≥1758	离心式

注：名义工况指出水温度 7℃，冷却水温度 30℃。

6. 独立热泵热水系统宜选用水源热泵热水机。

7. 产品应满足《水源热泵机组》GB/T 19409—2003 和相关国家标准的要求。

5.5.2 贮（换）热设备的选择需符合下列要求：

1. 贮（换）热设备应满足 5.4 节计算参数的要求；

2. 贮（换）热设备应满足工作水温、水质和水压的要求；
3. 水加热器不宜少于2台，可不设备用；
4. 循环水泵宜设备用泵、交替运行；
5. 产品应符合国家相关产品标准的要求。

5.5.3 机房宜布置在负荷中心，并需符合下列要求：

1. 机房宜设观察控制室、维修间及洗手间；
2. 机房内的地面和设备机座应采用易于清洗的面层；
3. 机房内应有良好的通风设施，地下层机房应设机械通风，必要时设置事故通风，控制室、维修间宜设空气调节装置；
4. 机房应考虑预留安装孔、洞及运输通道；
5. 机房主要通道宽度不应小于1.5m；
6. 机房应设电话及事故照明装置，照度不宜小于100 lx，测量仪表集中处应设局部照明；
7. 设置集中采暖的机房，其室内温度不宜低于16℃；
8. 机房内应设置给水和排水设施。

5.5.4 水源热泵机组布置应符合下列要求：

1. 机组与墙之间的净距不小于1m，与配电柜的距离不小于1.5m；
2. 机组与机组或其他设备之间的净距不小于1.2m；
3. 留有不小于蒸发器、冷凝器长度的维修距离；
4. 机组与其上方管道、烟道或电缆桥架的净距不小于1m；
5. 机组基础高出地面大于等于50mm，机组采取隔振措施。

5.5.5 其他贮（换）热等设备的布置应符合现行给水排水有关设计规范（程）的要求。

5.6 空气源热泵热水系统设计要点

5.6.1 系统组成及运行方式需符合下列要求：

1. 在最冷月平均气温大于等于10℃的地区，系统可不设辅助热源；
2. 在最冷月平均气温0~10℃的地区，系统应设辅助热源；
3. 在最冷月平均气温小于等于3℃的地区，建议在经济比较后确定空气源热泵机组是否全年运行；
4. 在最冷月平均气温小于等于0℃的地区，经技术经济比较后可采取采暖季节由燃煤（气）锅炉等供应热水，其余季节由空气源热泵系统供热水的季节运行方式；
5. 空气源热泵机组的工作气温不得超出其允许值，常见允许下限值为-7℃，常见允许上限值为43℃。

5.6.2 常用空气源热泵热水系统分类、特点及适用条件与地源热泵热水系统基本一致，详见5.3节。

5.6.3 应按《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003和《小区集中生活热水供应设计规程》的有关条款计算最高日平均秒耗热量 Q_d 和设计小时平均秒耗热量 Q_h 。

1. 对于（无辅助热源的）独立热水系统，应按全年最低冷水温度计算耗热量 Q_d 和 Q_h ；
2. 对于有辅助热源的独立热水系统，宜再按春分、秋分所在月的冷水温度计算耗热量 Q'_d 和 Q'_h ；
3. 对于以地表水作为供水水源的独立热水系统，建议再按夏季最高冷水温度计算耗热量；
4. 对于联合系统，应根据全年（或运行季）冷热负荷分析需要计算不同季节的耗热量；
5. 需设置辅助热源时，应根据其最不利工况计算辅助热源的设计小时平均秒耗热量 Q_{rh} 。

5.6.4 空气源热泵机组与相关设备的计算详见 5.4 节。

5.6.5 空气源热泵机组的选择需符合下列要求：

1. 无辅助热源系统应根据全年最冷月平均气温和设计小时平均秒供热量选择空气源热泵机组；
2. 有辅助热源系统宜按春分、秋分所在月平均气温（或运行季最冷月平均气温）和相应的设计小时平均秒供热量选择空气源热泵机组；
3. 应按夏季工况校核，在最不利工况下空气源热泵机组的 COP 值建议不低于 2.0；
4. 在有结霜可能的地区应选用带自动除霜装置的空气源热泵机组，机组在除霜运行期间制热量降低约 10% ~ 20%（最多允许每小时融霜两次）；
5. 宜按拟选厂家产品的特性曲线和实际工况，适当考虑除霜因素选择空气源热泵机组的名义制热量；
6. 应根据气温和负荷变化情况确定机组数量，除小型系统可为一台外，一个系统中的机组数量不宜少于两台，机组宜为同型号且可不设备用；
7. 独立热泵热水系统宜选用空气源热泵热水机；
8. 产品应满足国家相关产品标准的要求。

5.6.6 空气源热泵机组布置需符合如下要求：

1. 应考虑机组运行气流和噪音对环境的影响，不得将其布置在人流较密集处；
 2. 机组进风面距墙宜大于 1.5m，机组控制柜面距墙宜大于 1.2m，顶部出风机组其上部净空宜大于 4.5m；
 3. 两台机组进风面相对布置时间距宜大于 3.0m；
- 注：对于小型机组第 2、3 款的尺寸可适当减小。
4. 机组周围只允许一侧墙面高度高于机组高度；
 5. 机组基础高度应不小于 300mm，且大于当地积雪厚度。

5.6.7 应根据系统需要和空气源热泵机组的构成设计相关设施。

附录 A 水泵工作参数及其变化规律

A. 0. 1 叶片式水泵的基本性能通常用以下六个参数表示：

1. 流量 Q ：水泵在单位时间内所输送的液体体积。常用单位为 m^3/h 、 L/s ， $1\text{L}/\text{s}=3.6\text{m}^3/\text{h}$ 。
2. 扬程 H ：单位重量液体通过水泵后其能量的增值。常用单位为 m 、 MPa ， $1\text{MPa}=101.97\text{m}\approx 100\text{m}$ 。
3. 轴功率 N ：水泵所需由原动机输入的功率，计算见公式 A. 0. 1-1。

$$N = \frac{\gamma QH}{102\eta} \quad (\text{A. 0. 1-1})$$

式中 N ——轴功率 (kW)；

γ ——液体的容重 (kg/m^3)；

Q ——流量 (m^3/s)；

H ——扬程 (m)；

102——单位换算常数；

η ——水泵效率。

4. 效率 η ：水泵的有效功率 N_u 与轴功率 N 之比，计算见公式 A. 0. 1-2。

$$\eta = \frac{N_u}{N} \times 100\% \quad (\text{A. 0. 1-2})$$

5. 转速 n ：水泵叶片的转动速度。常用单位为 r/min 。

6. 允许吸上真空高度 H_s 或汽蚀余量 NPSH ，两者均是表示水泵吸水性能的参数。常用单位为 m 。

允许吸上真空高度 H_s ——水泵在标准状况下（即水温为 20°C 、水表面压力为一个标准大气压）运转时，在泵内不产生汽蚀的条件下水泵进口处所允许的最大真空高度。

汽蚀余量 NPSH ——在泵内不产生汽蚀的条件下泵进口处所允许的，超过输送水温所对应的饱和蒸汽压力的最小绝对压力值。

A. 0. 2 比转数：

1. 比转数 n_s 是反映叶片泵综合性能的相似准数，计算见公式 A. 0. 2。

$$n_s = \frac{3.65n \sqrt{Q_0}}{H_0^{\frac{3}{4}}} \quad (\text{A. 0. 2})$$

式中 Q_0 ——最高效点流量 (m^3/s)，双吸泵以 $Q_0/2$ 计；

H_0 ——最高效点扬程 (m)，多级泵以单级扬程计；

n ——转速 (r/min)。

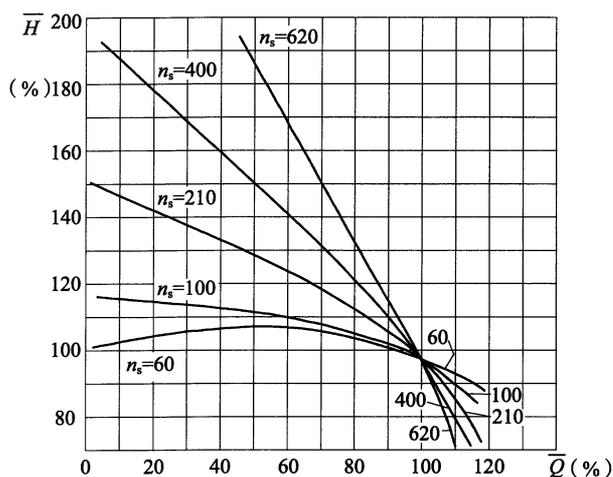
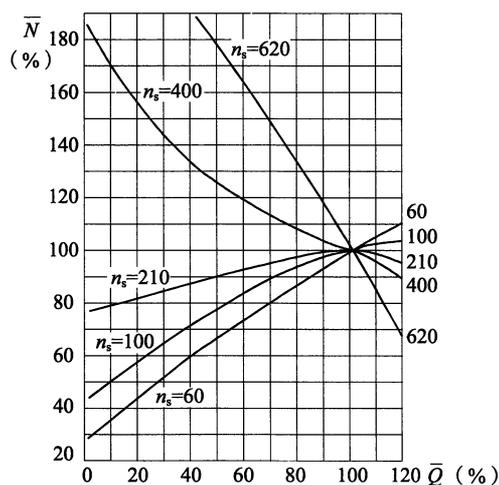
2. 比转数相同的水泵为水力相似的一组水泵，它们的特性曲线形状相似。
3. 比转数 n_s 的大小反映了叶片泵的种类，详见表 A. 0. 2。
4. 对叶片式水泵，当水泵流量 Q 一定， $n_s = 150 \sim 200$ 时，效率 η 值最高。

表 A.0.2

泵的种类	离心泵	混流泵	轴流泵
n_s	35 ~ 300	300 ~ 500	500 ~ 1200

A.0.3 以设计工况点（高效点）的工作参数 Q_0 、 H_0 、 N_0 和 η_0 作为 100%，绘出随相对流量 \bar{Q} 变化时不同 n_s 值叶片式水泵其他相对参数的曲线。

- 不同 n_s 值的 $\bar{Q} - \bar{H}$ 曲线见图 A.0.3-1。
 - n_s 值较小的泵 $Q - H$ 曲线有驼峰。
 - n_s 值越大， $Q - H$ 曲线越陡。
- 不同 n_s 值的相对 $\bar{Q} - \bar{N}$ 曲线见图 A.0.3-2。
 - 在离心泵的范围，转数 n 一定时轴功率 N 随流量 Q 的增大而增大。 n_s 越小 $Q - N$ 曲线越陡。
 - 混流泵和轴流泵，转数 n 一定时轴功率 N 随流量 Q 的增加而减小。

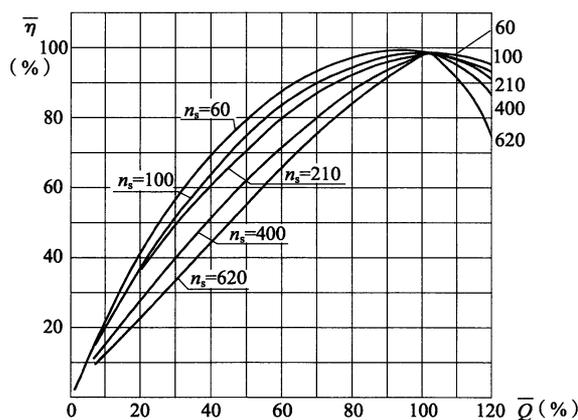
图 A.0.3-1 不同 n_s 值的相对 $\bar{Q} - \bar{H}$ 曲线图 A.0.3-2 不同 n_s 值的相对 $\bar{Q} - \bar{N}$ 曲线

3. 不同 n_s 值的相对 $\bar{Q} - \bar{\eta}$ 曲线见图 A.0.3-3。由该曲线看出： n_s 值越小， $Q - \eta$ 曲线在高效点两侧下降得越平缓，即高效段越宽。

A.0.4 在工作中比转数 n_s 可以通过水泵铭牌或样本的设计流量及扬程计算得到。用以判断该泵的类型及特性曲线的形状；或在不同系列水泵中选择适合于工程具体情况的水泵。

A.0.5 影响水泵效率的其他因素：

- 在建筑给水的范围内，通常是水泵功率越大效率越高。
- 水泵转数 n 越高效率越高。
- 按复杂水力模型理论设计的新系列水泵效率高。

图 A.0.3-3 不同 n_s 值的相对 $\bar{Q} - \bar{\eta}$ 曲线

A.0.6 对于离心泵当转速变化在20%以内时，可以认为效率不变。其等效点在 $Q-H$ 曲线坐标中分布在一条以原点为顶点的二次抛物线上，当转速由 n_1 变为 n_2 时，等效点上的参数之间符合下列各式：

$$\text{流量比} \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\text{扬程比} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$\text{轴功率比} \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

当转速相差较大时，按上述各式换算的误差增大，但趋势不变。

A.0.7 水泵在工频运行时， $Q-H$ 曲线上高效段自左向右依次为 (Q_1, H_1) 、 (Q_0, H_0) 和 (Q_2, H_2) 三点。当转速下调至 $0.8n$ (频率 $f=40\text{Hz}$) 时，上述三点对应为 $(0.8Q_1, 0.64H_1)$ 、 $(0.8Q_0, 0.64H_0)$ 和 $(0.8Q_2, 0.64H_2)$ ，这六点围成的区域为离心泵调速的高效区，详见图 A.0.7。相应各点的轴功率为 $0.512N_1$ (N_0, N_2)， $Q-N$ 曲线移向左下方、且曲线变缓。相应各点的效率不变， $Q-\eta$ 曲线向左移动。

A.0.8 将 Q 、 H 、 n 和 η 四个参数，按地形图中等高线的作图法，绘制出水泵通用特性曲线。图 A.0.8 为离心泵通用特性曲线的示意图。

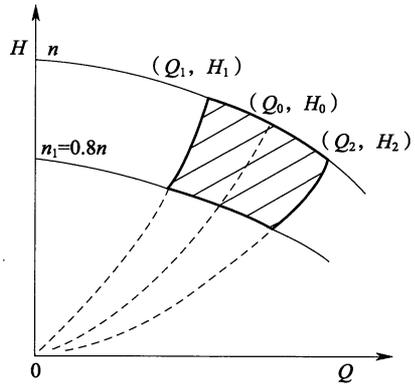


图 A.0.7 离心泵调速高效区示意图

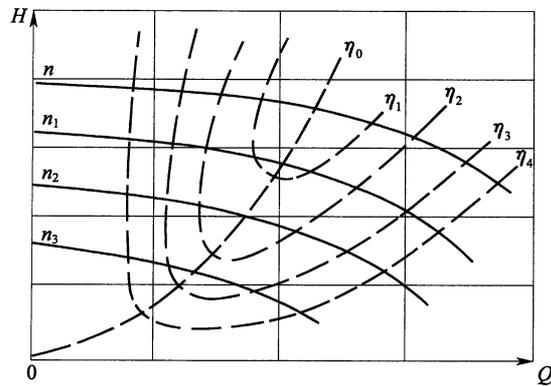


图 A.0.8 离心泵通用特性曲线示意图

注：图中 $n > n_1 > n_2 > n_3$ ； $\eta_0 > \eta_1 > \eta_2 > \eta_3 > \eta_4$ 。

附录 B 水泵机组能耗分析

B.0.1 水泵机组能耗分析应包括水泵、电动机和传动三个部分，示意图如图 B.0.1。

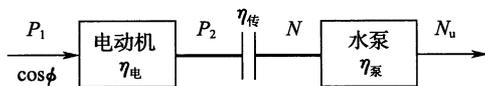


图 B.0.1 水泵能耗分析示意图

P_1 —电动机有功输入功率； P_2 —电动机有功输出功率； N_u —水泵有效功率；

$\cos\phi$ —电动机功率因数； $\eta_{传}$ —传动装置效率； $\eta_{泵}$ —水泵效率；

$\eta_{电}$ —电动机效率； N —水泵轴功率

水泵能耗分析应从电动机有功输入功率 P_1 与水泵有效功率 N_u 之间的关系入手，见下式：

$$N_u = \eta_{泵} \cdot \eta_{传} \cdot \eta_{电} \cdot P_1 \quad (\text{B.0.1})$$

联轴器传动时 $\eta_{传} = 1$ ，齿轮或皮带传动时 $\eta_{传} < 1$ 。水泵通常采用联轴器传动， $P_2 = N$ 。

另外，电费按有功输入功率 P_1 收取，但当月平均功率因数 $\cos\phi$ 较低时供电部门要征收罚款。因此设计人员应对此了解，并采取相应措施。

B.0.2 电动机的特性曲线分析。

1. 电动机的效率 η 是有功输出功率 P_2 与有功输入功率 P_1 之比。
2. 电动机的功率因数 $\cos\phi$ 是有功输入功率 P_1 与视在输入功率 S 之比。
3. β 为电动机负载率。绘出 η 、 $\cos\phi$ 随 β 变化的曲线

见图 B.0.2。

4. 由效率曲线看出，电动机有很宽的高效区（ $\beta > 40\%$ ）；当 $\beta = 60\% \sim 80\%$ 为经济负载率。

5. 当电动机轻载或空载（如小流量或零流量）时， η 和 $\cos\phi$ 都快速下降。

6. 图 B.0.2 的特性曲线为相对数值曲线。而 η 和 $\cos\phi$ 的绝对数值通常是同一容量的电动机中鼠笼式高于绕组式；同一种类型的电动机中功率大的高于功率小的；同时额定转速高的高于额定转速低的。

7. 同一台电动机如使用时间过长，维护不良等都会使效率 η 下降。

B.0.3 离心泵在工频（50Hz）运转时的分析如下：

1. 当水泵工作在 $H-Q$ 曲线的高效段时， $\eta_{泵}$ 、 $\eta_{电}$ 和 $\cos\phi$ 均较高，这是理想工况。
2. 当水泵工作在高效段右侧时， $\eta_{泵}$ 和 $\eta_{电}$ 有所下降； N 和 P_1 增加，并有可能造成电动机过载； $\cos\phi$ 几乎不变。
3. 当水泵工作在高效段左侧但偏离不太大时， $\eta_{泵}$ 下降； N 下降；电动机负载下降 $\eta_{电}$ 几乎不变，

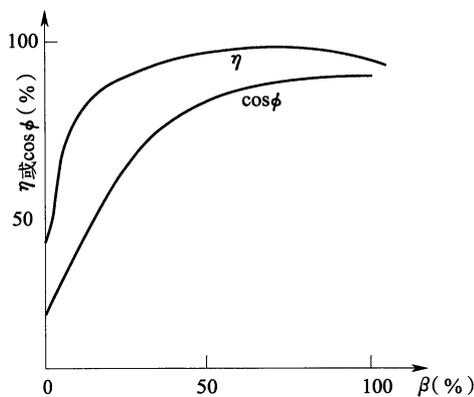


图 B.0.2 电动机的特性曲线示意图

η —效率曲线； $\cos\phi$ —功率因数曲线

则 P_1 下降；但 $\cos\phi$ 有所下降。

4. 当水泵工作在小流量时， $\eta_{\text{泵}}$ 大幅下降； N 下降使电动机负载率大幅下降； $\eta_{\text{电}}$ 大幅下降而 P_1 几乎不降；同时 $\cos\phi$ 大幅下降恶化了用电情况，因此工程中应避免出现这种工况。

B.0.4 变频器的输出电压与频率成正比，当输出频率为工频（50Hz）时输出电压为电动机额定电压。因此在调速范围内电动机的机械特性与水泵的负载特性吻合较好。

B.0.5 离心泵调速运行时的分析如下：

1. 当水泵工作在高效区时， $\eta_{\text{泵}}$ 、 $\eta_{\text{电}}$ 和 $\cos\phi$ 均较高； P_1 几乎随 N 同步下降，节能效果明显。这是理想工况。

2. 当水泵工作在高效区左侧或在左下方但偏离不大时，由于 $\eta_{\text{泵}}$ 和 $\eta_{\text{电}}$ 有所下降； P_1 随 N 下降但降幅随偏离程度增大而减小，节能效果降低；同时 $\cos\phi$ 有所下降。

3. 当水泵在小流量时， $\eta_{\text{泵}}$ 大幅下降； N 下降； $\eta_{\text{电}}$ 大幅下降而 P_1 几乎不变，即几乎无节能效果；同时 $\cos\phi$ 大幅下降。这是最差工况，应尽量避免发生。

附录 C 变频调速供水时的水泵工况分析

C.0.1 设有一个加压给水系统设计流量为 Q_j 、设计扬程为 H_j ， H_j 中包括几何高差 ΔZ 、出流水头 h_0 、总水头损失 Σh 和流速水头 $\frac{V^2}{2g}$ 四项。当系统确定后 $\Delta Z + h_0 = H_{j0}$ 为常数， $\frac{V^2}{2g}$ 可以忽略，可按 $SQ_j^2 = \Sigma h$ 等效管路特性曲线。当采用离心泵供水时，应按 Q_j 和 H_j 选择水泵。绘制水泵 $Q-H$ 曲线和等效管路特性曲线，见图 C.0.1。

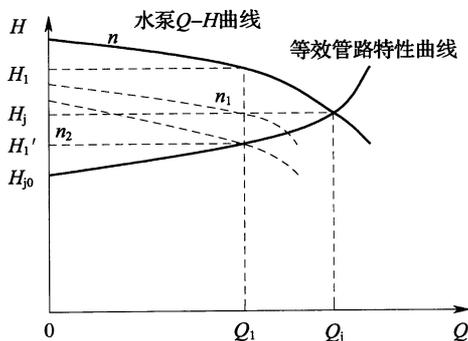


图 C.0.1 供水特性曲线示意图

1. 当采用恒速水泵供水时，如管网水量变化至 Q_1 则管网水压为 H_1 ，多余压力 $(H_1 - H_1')$ 由各用水点的水嘴等消耗掉。

2. 当采用恒压变频调速供水时，水泵扬程近似为 H_j ；对应 Q_1 水泵转数下降为 n_1 ； N_u 下降了 $\gamma Q_1 (H_1 - H_j) / 102$ ； $(H_1 - H_1')$ 由各用水点的水嘴等消耗掉。

3. 当采用变压变频调速供水时，对应 Q_1 理想的水泵扬程近似为 H_1' ；水泵转数下降为 n_2 ； N_u 下降了 $\gamma Q_1 (H_1 - H_1') / 102$ 。

4. 当工作点位于变频调速高效区及附近时，电动机有功输入功率 P_1 相应下降达到节能的目的。

C.0.2 变频调速供水系统节能效果与下列因素有关：

1. 与几何高差 ΔZ 加出流水头 h_0 之和 (H_{j0}) 在总扬程 H_j 中所占比重有关。 H_{j0} 占 H_j 的比重小，则节能潜力大。即用于低区供水要比用于高区供水节能潜力大。

2. 与等效管路特性曲线有关，管网总水头损失 Σh 越大节能潜力越大。由于在给水管网设计中需进行流速控制，所以 Σh 的大小通常与管网规模的大小一致。即大型管网系统节能潜力大。

3. 与采用的设定压力值及控制方式有关。设定压力值与水泵 $Q-H$ 曲线之间差值越大节能潜力越大；采用的运行控制方式使设定压力值与等效管路特性曲线越接近节能潜力越大。即水泵实际运行中调速范围较大时节能潜力大。

4. 与选用水泵的效率有关。水泵和电动机在高效点的效率高，节能潜力大。尤其应注意小功率水泵和电动机运行效率低的问题。

5. 上述节能潜力能否转为节能效果的关键在于变频调速供水设备是否能长期工作在高效区。

C.0.3 需要从以下几个方面考虑以保证变频调速供水设施工作在高效区：

1. 选择合适的水泵。除 Q 、 H 外，还应从比转数 n_s 、转速、水泵与电机的效率、配用电机功率等方面综合比较后确定主泵型号。

2. 根据所选主泵高效区的流量范围与系统流量变化范围的比例关系确定主泵数量，小泵的型号和

配置气压水罐。使水泵（组）能长期工作在高效区。

3. 采用完善的水泵控制系统，使水泵（组）能安全、稳定运行。

C.0.4 对于用水量经常较大幅度变化的给水对象，采用变频调速供水通常较在相同条件下工频泵供水节能。而不同供水方案之间的比较，应根据工程情况具体分析。

附录 D 管网叠压供水时的水泵工况分析

D.0.1 管网叠压供水设备是由（市政）供水干管上吸水，其进口的压力经常波动；而变频调速供水是由水池（箱）吸水，其进口的压力可认为基本不变。因此两者水泵工况有很大区别，管网叠压供水设备的水泵工况有以下两个特点。

1. 由于要利用（市政）供水干管的水压 P_0 ，通常水泵设计扬程 H_{\max} 小于水泵（组）出口设定压力 P_2 ，因此不能将两者混淆。

2. 由于（市政）供水干管的水压 P_0 是波动的，因此水泵工作扬程也相应变化。

D.0.2 设备采用变频调速恒压供水时，水泵工况分析如下：

1. 当设备设计流量为 Q_j ；水泵（组）出口设定压力为 P_2 ；水泵的最大设计扬程为 H_{\max} ，水泵的最小工作扬程为 H_{\min} 时，水泵（组）的 $Q-H$ 工作区域见图 D.0.2。

2. 水泵（组）扬程实际工作区域的上（下）边线分别与 H_{\max} (H_{\min}) 值之间的差值 Δh ，与由（市政）供水干管至水泵（组）出口的总水头损失有关。当这部分水头损失很小时， Δh 可以忽略；工作区域可近似为一个矩形。

3. 水泵（组）扬程实际工作区域的上、下边线为两条平行曲线；它们之间的距离取决于（市政）供水干管工作压力的波动范围 ΔP_0 ；它们在图形 H 轴所占的比例取决于 ΔP_0 与 H_{\max} 之间的比例。即同样 ΔP_0 的条件下，对扬程 H_{\max} 低的系统影响大。

4. 选泵时，对于泵组中的变频运行泵宜将工作区域均包含在水泵高效区内。对于泵组中的工频运行泵宜将工作区域包含在水泵高效段内；并且在不利情况下，水泵不得过载。

D.0.3 设备采用工频运行向高位水箱供水时，水泵工况分析如下：

1. 当设备设计流量为 Q_j ，水泵的最大设计扬程为 H_{\max} 时，水泵的 $Q-H$ 工作区域见图 D.0.3。

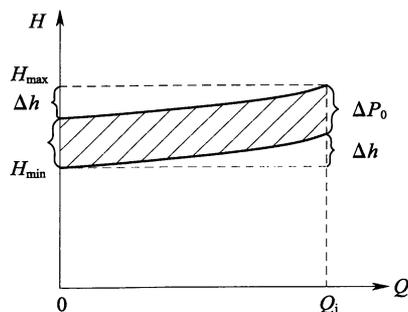


图 D.0.2 水泵 $Q-H$ 工作区域示意图（一）

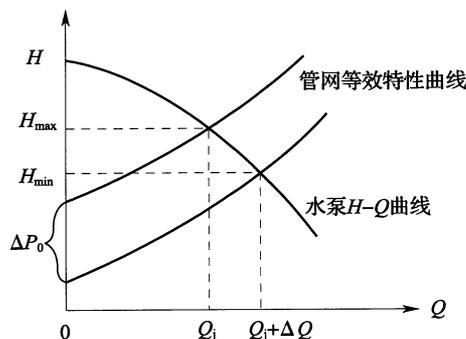


图 D.0.3 水泵 $Q-H$ 工作区域示意图（二）

2. 这种工况的特点是管网特性曲线几乎不变，图中两条管网等效特性曲线可认为是两条平行曲线。

3. 这种工况是随 P_0 的增大，水泵工作扬程降低；同时工作流量增大。其变化幅度与水泵 $Q-H$ 曲

线和管网等效特性曲线的形状有关。当管网等效特性曲线不变，选用水泵 $Q-H$ 曲线较陡（即 n_s 值较大）时，扬程变化幅度大，流量变化幅度小。

4. 选泵时，宜将工作区域包含在水泵的高效段内；并且在不利情况下，水泵不得过载。

D.0.4 水泵性能详见附录 A “水泵工作参数及其变化规律”。

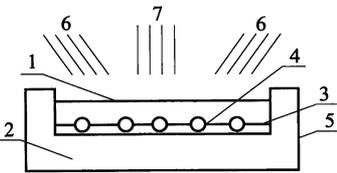
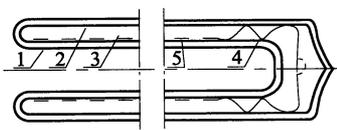
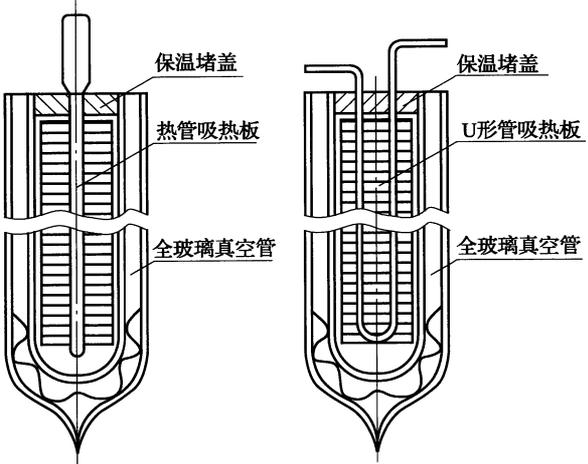
D.0.5 管网叠压供水节能主要体现在充分利用（市政）供水干管压力，从而减小了加压水泵的扬程和功率；节能的多少主要取决于（市政）供水干管可资用水头占所需扬程的比例。其次体现在为适应用户水量变化和（市政）供水干管压力变化采用变频调速水泵（组）加压。关于变频调速水泵的能耗和节能分析详见附录 B “水泵机组能耗分析”和附录 C “变频调速供水时的水泵工况分析”的有关内容。

附录 E 集热器和太阳能热水系统的分类与特征

E.0.1 集热器分类与特征。

1. 按集热器构造分类, 见表 E.0.1-1。

表 E.0.1-1 按集热器构造分类

分 类	主要 特征	图 示
平板型	接收太阳辐射并向其传热工质传递热量的非聚光型部件, 吸热体结构基本为平板形状	 <p>1—透明盖层; 2—隔热材料; 3—吸热板; 4—排管; 5—外壳; 6—散射太阳辐射; 7—直射太阳辐射</p>
全玻璃真空管型	采用透明管 (通常为玻璃管) 并在管壁与吸热体之间有真空空间的太阳集热器, 水流经玻璃管时直接被加热	 <p>1—内玻璃管; 2—外玻璃管; 3—真空; 4—有支架的消气剂; 5—选择性吸收表面</p>
金属-玻璃真空管型	采用玻璃管外罩, 将热管直接插入管内或应用 U 形金属管吸热板插入管内的集热管	 <p>保温堵盖 热管吸热板 全玻璃真空管 U形管吸热板 全玻璃真空管</p>

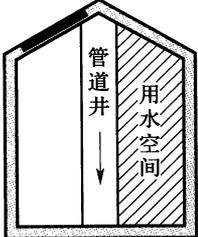
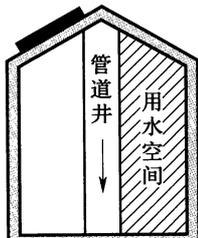
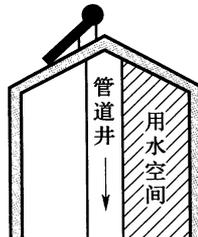
2. 按集热器的安装位置分类, 见表 E. 0. 1-2。

表 E. 0. 1-2 按集热器安装位置分类

分 类	主要 特征	图 示
坡屋面	形式多样, 集热器表面接收的太阳辐照量受屋面的方位与倾角影响, 维修不便	
平屋面	集热器表面接收的太阳辐照量高, 安装维修方便, 须相应增加支架	
平台、檐口	集热器表面接收的太阳辐照量高, 安装维修方便, 须相应增加支架	
阳台	配置灵活、安装方便, 集热器表面接收的太阳辐照量低、维修不便	
外墙	配置灵活、安装方便, 集热器表面接收的太阳辐照量低、维修不便	

3. 按集热器的安装方式分类, 见表 E. 0. 1-3。

表 E. 0. 1-3 按集热器安装方式分类

分类	主要特征	图 示
一体型	集热器作为建筑构件, 一体安装。整体感好, 美观, 集热器表面接收的太阳辐照量受安装部位建筑物角度的制约	
叠合型	集热器紧贴建筑表面安装, 较美观, 集热器表面接收的太阳辐照量受安装部位建筑物角度的制约	
支架型	利用支架固定在建筑物上, 集热器表面接收的太阳辐照量高, 维修方便	

E. 0. 2 太阳能热水系统由太阳能集热系统、辅助热源系统、热水供应系统组成。其中集热系统由集热器、贮热水箱(罐)、管道、控制器等组成。根据不同的分类要素, 太阳能热水系统可以分成不同形式。

1. 按集热系统运行方式分类, 见表 E. 0. 2-1。

表 E. 0. 2-1 按集热系统运行方式分类

分类	主要特征
直流式系统	传热工质一次流过集热系统加热后, 进入贮热水箱(罐)或用热水点的非循环系统
自然循环系统	太阳集热系统仅利用传热工质内部的温度梯度产生的密度差进行循环的系统
强制循环系统	利用水泵等外部动力迫使传热工质通过集热器进行循环的系统

2. 按集热系统传热类型分类, 见表 E. 0. 2-2。

表 E. 0. 2-2 按集热系统传热类型分类

分 类	主 要 特 征
直接式	耗用的热水流经集热器直接加热的系统
间接式 (热交换)	非耗用的传热流体工质流经集热器, 利用换热器加热水的系统

3. 按热水供应范围分类, 见表 E. 0. 2-3。

表 E. 0. 2-3 按热水供应范围分类

分 类	主 要 特 征
分散供热水系统	采用分散的太阳能集热器和分散的贮水箱供给各个用户所需热水的小型系统
集中-分散供热水系统	采用集中的太阳能集热器和分散的贮水箱供给一栋建筑物所需热水的小型系统
集中供热水系统	采用集中的太阳能集热器和集中的贮水箱供给一栋或几栋建筑物所需热水的大型系统

4. 按辅助热源设备安装位置分类, 见表 E. 0. 2-4。

表 E. 0. 2-4 按辅助热源设备安装位置分类

分 类	主 要 特 征
内置加热系统	辅助热源设备安装在太阳能热水系统的贮热水箱 (罐) 内
外置加热系统	辅助热源设备安装在太阳能热水系统的贮热水箱 (罐) 附近或安装在供水热水管路上

5. 按辅助热源启动方式分类, 见表 E. 0. 2-5。

表 E. 0. 2-5 按辅助热源启动方式分类

分 类	主 要 特 征
全日自动启动系统	在全日制热水供应系统中, 控制系统根据用水需求, 自动启停辅助热源加热设备
定时自动启动系统	在定时热水供应系统中, 控制系统根据供水时间段的要求, 自动启停辅助热源加热设备
按需手动启动系统	根据用户需求, 随时手动启停辅助热源加热设备

6. 按集热器与贮热水箱（罐）的放置关系分类，见表 E. 0. 2-6。

表 E. 0. 2-6 按集热器与贮热水箱（罐）的放置关系分类

分 类	主 要 特 征
分离式	集热器与贮热水箱（罐）分开放置的系统
紧凑式	集热器与贮热水箱（罐）直接相连或相邻的系统

附录 F 我国主要城市各月的设计用气象参数

T_a: 月平均室外气温 (°C);

H_t: 水平面太阳总辐射月平均日辐照量 (MJ/m² · d);

H: 倾角等于当地纬度倾斜表面上的太阳总辐射月平均日辐照量 (MJ/m² · d);

S_m: 月日照小时数;

K_t: 天气晴朗指数。

北京

纬度 39°48' 经度 116°28' 高度 31.3m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-4.6	-2.2	4.5	13.1	19.8	24.0	25.8	24.4	19.4	12.4	4.1	-2.7
H _t	9.143	12.185	16.126	18.787	22.297	22.049	18.701	17.365	16.542	12.730	9.206	7.889
H	15.081	17.141	19.155	18.714	20.175	18.672	16.215	16.430	18.686	17.510	15.112	13.709
S _m	200.8	201.5	239.7	259.9	291.8	268.8	217.9	227.8	239.9	229.5	191.2	186.7
K _t	0.593	0.595	0.584	0.541	0.561	0.528	0.461	0.477	0.554	0.566	0.558	0.569

天津

纬度 39°05' 经度 117°04' 高度 2.5m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-4.0	-1.6	5.0	13.2	20.0	24.1	26.4	25.5	20.8	13.6	5.2	-1.6
H _t	8.269	11.242	15.361	17.715	21.570	21.283	17.494	16.806	15.472	12.030	8.500	7.328
H	14.725	16.491	18.226	17.628	19.501	17.981	15.495	15.891	17.378	16.413	13.806	12.610
S _m	184.8	183.3	213	238.3	275.3	260.2	225.3	231.1	231.3	218.7	179.2	172.2
K _t	0.522	0.539	0.550	0.507	0.542	0.510	0.431	0.460	0.513	0.526	0.502	0.513

沈阳

纬度 41°44' 经度 123°27' 高度 44.7m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-12.0	-8.4	0.1	9.3	16.9	21.5	24.6	23.5	17.2	9.4	0.0	-8.5
H _t	7.087	10.795	14.858	17.942	20.494	19.575	17.178	16.383	15.636	11.544	7.735	6.186
H	12.165	15.915	18.333	18.214	18.587	16.629	14.890	15.574	18.035	16.682	13.934	11.437
S _m	168.6	185.9	229.5	244.5	264.9	246.9	214	226.2	236.3	219.7	166.8	151.7
K _t	0.499	0.559	0.557	0.525	0.518	0.469	0.424	0.455	0.537	0.539	0.505	0.490

长春

纬度 43°54' 经度 125°13' 高度 236.8m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-16.4	-12.7	-3.5	6.7	15.0	20.1	23.0	21.3	15.0	6.8	-3.8	-12.8
H _t	7.558	10.911	14.762	17.265	19.527	19.855	17.032	15.936	15.202	11.004	7.623	6.112
H	14.890	17.342	18.683	17.707	17.340	16.863	14.761	15.255	17.995	16.753	13.985	13.166
S _m	195.5	202.5	247.8	249.8	270.3	256.1	227.6	242.9	243.1	222.1	180.9	170.6
K _t	0.586	0.604	0.575	0.514	0.497	0.476	0.421	0.448	0.539	0.544	0.544	0.540

哈尔滨

纬度 45°45' 经度 126°46' 高度 142.3m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-19.8	-15.4	-4.8	6.0	14.3	20.0	22.8	21.1	14.4	5.6	-5.7	-15.6
H _t	6.221	9.501	13.464	16.452	18.405	19.860	17.806	16.303	14.147	10.099	6.668	5.162
H	12.543	15.364	17.391	16.980	16.367	16.602	15.425	15.743	17.003	15.995	12.717	10.522
S _m	163.3	187.9	240.4	240.8	274.1	269.7	262.7	256.1	239.3	215	177.2	146.4
K _t	0.515	0.558	0.543	0.498	0.470	0.476	0.442	0.464	0.515	0.525	—	0.504

佳木斯

纬度 46°49' 经度 130°17' 高度 81.2m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-20.0	-15.7	-5.9	5.0	13.1	18.5	21.7	20.8	14.0	5.2	-6.6	-15.5
H _t	6.086	9.707	13.325	15.835	17.295	18.400	16.964	14.880	13.144	9.510	6.266	4.847
H	13.408	16.522	17.676	16.390	15.409	15.387	14.704	14.502	16.061	15.684	12.738	10.481
S _m	160	184.8	232.4	225.6	254.7	243.7	247.7	234.1	224.9	204	172	142.5
K _t	0.548	0.594	0.551	0.485	0.444	0.441	0.422	0.427	0.488	0.512	0.512	0.508

阿勒泰

纬度 47°44' 经度 88°05' 高度 735.3m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-17.0	-15.1	-6.1	7.0	14.9	20.4	22.1	20.5	14.5	5.8	-5.2	-14.1
H _t	6.305	10.336	15.324	19.594	23.208	24.763	23.646	20.619	16.252	10.318	6.272	4.822
H	14.650	17.923	19.846	20.862	20.817	20.571	20.508	20.604	20.667	17.429	12.974	11.030
S _m	169	188.4	256.1	291.4	336.2	349.3	354.5	337.4	288.1	228.4	158.5	135.3
K _t	0.598	0.655	0.646	0.606	0.598	0.594	0.589	0.596	0.613	0.572	0.537	0.536

伊宁

纬度 43°57' 经度 81°20' 高度 662.5m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	-10.0	-7.0	2.6	12.1	16.9	20.5	22.6	21.6	16.9	9.3	0.9	-5.8
Ht	7.131	10.451	13.846	18.190	22.688	24.338	24.112	21.847	17.024	11.627	7.711	5.774
H	13.736	16.215	17.268	18.698	20.107	20.500	20.672	21.336	20.470	17.758	14.359	12.225
S _m	165.8	177.4	222.1	261.6	302.3	310.1	338.4	326.8	284.5	240.5	174.8	150.8
Kt	0.554	0.579	0.540	0.542	0.577	0.583	0.596	0.615	0.604	0.576	0.551	0.511

吐鲁番

纬度 42°56' 经度 89°12' 高度 34.5m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	-9.5	-2.1	9.3	18.9	25.7	30.9	32.7	30.4	23.3	12.6	4.8	-7.2
Ht	7.553	11.280	15.266	18.975	22.753	23.996	23.387	21.391	17.576	13.232	8.795	6.443
H	12.712	16.042	17.859	18.769	20.491	20.352	19.998	20.622	20.640	19.214	14.742	11.623
S _m	165.7	195.5	248	266	309.8	311.2	322.1	316.2	288.5	259.6	191.8	140.5
Kt	0.560	0.605	0.584	0.560	0.577	0.574	0.578	0.598	0.614	0.637	0.602	0.540

库车

纬度 41°43' 经度 82°57' 高度 1099.0m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	-8.4	-2.2	7.4	15.2	20.8	24.5	25.9	24.9	20.3	12.2	2.5	-6.1
Ht	8.918	12.018	14.993	18.250	22.243	23.875	23.112	20.941	17.674	13.776	9.822	7.779
H	15.066	16.266	16.405	17.658	20.135	20.346	19.901	19.948	19.617	18.660	17.165	14.272
S _m	190	185.6	205.9	227.8	261.5	275	290.5	277.6	263.8	245.7	204.5	176.1
Kt	0.626	0.621	0.561	0.533	0.562	0.572	0.570	0.581	0.607	0.642	0.640	0.614

喀什

纬度 39°28' 经度 75°59' 高度 1288.7m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	-6.6	-1.6	7.7	15.4	19.9	23.8	25.9	24.5	19.8	12.3	3.4	-4.2
Ht	8.222	10.495	14.050	17.302	21.458	25.348	23.876	20.876	17.731	14.023	9.865	7.529
H	12.891	13.775	15.479	16.935	19.420	21.364	20.490	19.745	19.591	18.809	15.818	11.957
S _m	161.4	166.2	191.4	221.9	264.7	314.7	323	297.6	268.6	248.3	203.4	164.5
Kt	0.526	0.508	0.506	0.497	0.540	0.607	0.588	0.572	0.591	0.619	0.590	0.535

若羌

纬度 39°02' 经度 88°10' 高度 888.3m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-8.5	-2.3	7.1	15.4	20.9	25.3	27.4	26.0	20.1	11.1	1.6	-6.2
H _t	9.313	12.328	15.755	18.825	22.578	23.992	22.878	21.566	18.957	15.377	10.916	8.506
H	15.174	16.759	17.224	18.220	20.460	20.518	20.241	20.421	21.007	21.084	17.750	13.945
S _m	213.5	209.2	238.9	264.5	303.8	310.2	313.7	317	302.1	294	235.5	200.2
K _t	0.586	0.590	0.564	0.539	0.568	0.575	0.563	0.590	0.628	0.672	0.643	0.593

和田

纬度 37°08' 经度 79°56' 高度 1374.5m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-5.6	-0.3	9.0	16.5	20.4	23.9	25.5	24.1	19.7	12.4	3.8	-3.2
H _t	9.695	11.635	15.483	18.018	21.071	22.969	21.278	19.425	17.920	15.842	11.886	9.206
H	14.583	14.681	16.638	17.374	19.149	19.905	18.989	18.357	19.030	20.683	18.521	14.512
S _m	173.5	169.4	191.8	215.1	242.3	262.1	251	239	248.1	269.2	228.4	184.2
K _t	0.568	0.529	0.538	0.509	0.528	0.551	0.524	0.526	0.580	0.663	0.656	0.593

哈密

纬度 42°49' 经度 93°31' 高度 737.2m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-12.2	-5.8	4.5	13.2	20.2	25.1	27.2	25.9	19.1	9.9	-0.6	-9.0
H _t	9.004	12.827	16.656	21.048	24.977	25.907	24.364	22.285	19.030	14.379	9.816	7.748
H	16.721	19.784	20.887	21.373	22.715	21.799	20.851	21.648	23.540	22.984	18.726	16.222
S _m	210	220.7	270.3	288.8	334.1	327.6	327.3	321.4	300.6	277	224.9	197.4
K _t	0.664	0.686	0.636	0.621	0.633	0.620	0.602	0.622	0.664	0.690	0.669	0.646

敦煌

纬度 40°09' 经度 94°41' 高度 1139m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-9.3	-4.1	4.5	12.4	18.3	22.7	24.7	23.5	17.0	8.7	0.2	-7.0
H _t	9.698	13.144	16.777	20.884	24.380	25.420	23.868	22.375	18.991	15.254	10.757	8.747
H	16.131	18.568	19.301	20.698	22.066	21.408	20.412	21.411	21.734	21.793	18.640	15.879
S _m	227	226.4	264.2	292.5	331.5	324.8	330	326.9	306.2	290.4	238.6	214.6
K _t	0.638	0.649	0.611	0.603	0.614	0.609	0.588	0.616	0.638	0.684	0.660	0.641

民勤

纬度 38°38' / 经度 103°05' / 高度 1367m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	-9.6	-5.6	2.1	10.0	16.4	21.0	23.2	21.7	15.7	7.8	-0.9	-7.9
Ht	9.958	12.850	15.695	18.340	21.163	22.240	20.197	18.889	15.838	13.401	10.295	9.112
H	17.895	18.657	17.948	17.997	19.155	18.874	17.811	17.915	17.661	18.298	17.206	16.272
S _m	240	223	254.1	270.5	300.3	296.5	297.5	289.5	261.9	257.2	244.8	237.3
Kt	0.617	0.608	0.558	0.523	0.532	0.533	0.497	0.516	0.522	0.580	0.598	0.625

格尔木

纬度 36°25' / 经度 94°54' / 高度 2807.6m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	-10.7	-6.6	-0.1	6.4	11.5	15.3	17.6	16.8	11.5	4.0	-4.4	-9.6
Ht	11.642	14.704	18.731	23.089	25.525	25.724	24.565	23.468	20.285	17.413	13.393	11.016
H	19.393	20.564	21.491	22.848	23.051	22.366	21.634	22.503	22.497	23.828	22.114	20.910
S _m	227.2	217.7	255.1	282.3	304.1	282.1	285.2	293.1	268.4	285.1	255.2	234.6
Kt	0.665	0.657	0.644	0.649	0.639	0.618	0.604	0.634	0.651	0.718	0.722	0.690

西宁

纬度 36°43' / 经度 101°45' / 高度 2295.2m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	-8.4	-4.9	1.9	7.9	12.0	15.2	17.2	16.5	12.1	6.4	-0.8	-6.7
Ht	10.950	14.083	17.166	20.260	21.982	22.955	21.618	20.547	15.856	13.697	11.695	10.105
H	18.130	19.564	19.419	19.974	19.870	19.442	19.021	19.715	17.297	18.388	18.376	16.816
S _m	217.9	212.6	231	249.8	263	244.8	252.5	253.4	204.4	216.3	221.1	209.2
Kt	0.630	0.632	0.591	0.570	0.550	0.551	0.532	0.556	0.510	0.578	0.634	0.638

玉树

纬度 33°01' / 经度 97°01' / 高度 3681.2m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	-7.8	-5.0	-0.5	4.0	7.7	10.6	12.5	11.6	8.7	3.3	-3.0	-7.2
Ht	12.544	14.274	17.702	20.480	21.568	20.843	21.326	20.455	17.112	15.170	14.076	11.997
H	18.871	18.036	19.618	20.055	19.519	18.363	18.936	19.416	18.240	18.711	21.011	19.926
S _m	193.8	184.3	221.5	235.7	245.9	218	235.2	233.5	195.3	211	215.3	201.1
Kt	0.641	0.589	0.580	0.564	0.539	0.503	0.526	0.546	0.530	0.584	0.685	0.664

兰州

纬度 36°03' 经度 103°53' 高度 1517.2m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-6.9	-2.3	5.2	11.8	16.6	20.3	22.2	21.0	15.8	9.4	1.7	-5.5
H _t	8.178	11.655	14.831	18.563	21.208	22.389	20.406	18.994	14.378	12.282	9.214	7.326
H	11.312	14.789	16.152	18.128	19.216	19.553	18.016	18.151	15.376	15.207	12.600	10.696
S _m	162.2	185.5	202	232	253.8	242.3	252.8	248.9	197.7	192.6	180.8	157.7
K _t	0.461	0.516	0.506	0.520	0.531	0.538	0.502	0.515	0.460	0.502	0.491	0.453

二连浩特

纬度 43°39' 经度 111°58' 高度 964.7m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-18.6	-15.9	-4.6	6.0	14.3	20.4	22.9	20.7	13.4	4.3	-6.9	-16.2
H _t	8.970	13.344	17.950	21.508	24.164	24.579	22.354	20.481	18.069	13.825	9.672	7.824
H	18.647	22.048	23.474	22.256	21.407	20.740	19.222	19.878	21.810	22.124	18.548	18.150
S _m	228.1	234.7	288	300.5	331.7	331.9	318.2	301.5	284.9	261.2	223	212.4
K _t	0.688	0.732	0.696	0.639	0.614	0.589	0.553	0.575	0.638	0.679	0.683	0.682

大同

纬度 40°06' 经度 113°20' 高度 1067.2m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-11.3	-7.7	-0.1	8.3	15.4	19.9	21.8	20.1	14.3	7.5	-1.4	-8.9
H _t	9.019	12.481	16.282	19.011	22.268	23.168	20.588	19.176	16.908	13.498	9.576	7.977
H	15.568	18.367	19.848	19.114	20.150	19.495	17.680	18.287	19.447	19.405	16.688	14.647
S _m	191.5	196.7	231	252.8	282.5	275.5	253.8	242.6	243.1	235.3	193	174.7
K _t	0.592	0.615	0.593	0.548	0.561	0.555	0.507	0.527	0.568	0.605	0.586	0.583

伊金霍洛旗

纬度 39°34' 经度 109°44' 高度 1329.3m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-11.4	-7.7	0.0	8.0	14.8	19.6	21.5	19.7	13.8	6.7	-2.1	-9.6
H _t	10.068	12.957	15.968	18.601	21.369	22.300	20.148	18.235	15.743	13.327	10.150	8.839
H	17.926	18.998	19.068	18.595	19.326	18.775	17.267	17.379	17.988	19.147	18.080	16.991
S _m	233.1	215.8	254.1	274.7	314.6	307.9	306.8	275.9	270.1	255.9	233.3	219.3
K _t	0.642	0.626	0.574	0.534	0.537	0.534	0.496	0.500	0.524	0.587	0.605	0.626

成都

纬度 30°40' 经度 104°01' 高度 506.1m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	5.5	7.5	12.1	17.0	20.9	23.7	25.6	25.1	21.2	16.8	11.9	7.3
Ht	5.911	7.191	10.326	12.505	14.034	14.916	15.506	14.789	10.112	7.534	6.227	5.419
H	6.773	7.740	10.664	12.049	12.933	13.450	14.011	14.005	10.117	7.917	7.027	6.302
S _m	55.3	53.1	85.8	117.7	125.5	120.8	136.5	160.3	80	61.3	59.1	53.7
Kt	0.282	0.282	0.329	0.340	0.350	0.362	0.383	0.392	0.306	0.278	0.284	0.278

西安

纬度 34°18' 经度 108°56' 高度 397.5m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	-1.0	2.1	8.1	14.1	19.1	25.2	26.6	25.5	19.4	13.7	6.6	0.7
Ht	7.884	9.513	11.796	14.359	16.756	19.363	18.232	18.213	11.816	9.822	8.075	7.214
H	10.605	11.541	12.612	13.928	15.209	16.980	16.167	17.345	12.458	11.693	10.587	10.200
S _m	105.3	107.5	125.5	153.8	178.1	192	198.7	202.3	132	115.7	102.8	97.4
Kt	0.420	0.404	0.393	0.398	0.419	0.466	0.449	0.488	0.371	0.388	0.408	0.418

郑州

纬度 34°43' 经度 113°39' 高度 110.4m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	-0.3	2.2	7.8	14.9	21.0	26.2	27.3	25.8	20.9	15.1	7.8	1.7
Ht	8.679	10.531	13.125	15.144	18.694	19.604	16.874	16.100	13.168	11.297	8.820	7.781
H	12.611	13.450	14.342	14.759	16.911	17.096	14.966	15.313	14.121	14.148	12.577	12.277
S _m	149.8	143.7	170.2	209.5	241.4	236.7	206.8	206.6	184.9	188.3	163.9	153.9
Kt	0.468	0.452	0.440	0.421	0.467	0.472	0.416	0.432	0.415	0.450	0.451	0.458

万县

纬度 30°46' 经度 108°24' 高度 186.7m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	6.7	8.7	13.4	18.4	22.2	25.4	28.6	28.5	23.9	18.7	13.5	9.1
Ht	4.454	6.403	8.813	11.760	12.097	14.248	17.943	16.267	11.247	7.848	5.585	4.015
H	4.942	6.955	9.179	11.394	11.078	12.699	15.849	16.564	11.725	8.772	6.515	4.583
S _m	34.8	45.4	79.3	120.6	137.6	136.7	204.1	225.6	131.3	88.1	63.7	35.1
Kt	0.213	0.252	0.281	0.320	0.302	0.346	0.444	0.431	0.341	0.290	0.256	0.207

宜昌

纬度 30°42' 经度 111°18' 高度 133.1m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	4.7	6.4	11.0	16.8	21.3	25.6	28.2	27.7	23.3	18.1	12.3	6.7
H _t	6.656	7.934	9.462	11.713	13.450	16.029	17.663	16.978	12.245	10.064	7.651	6.167
H	8.130	9.083	9.902	11.343	12.302	14.257	15.686	16.082	12.707	11.529	9.401	7.833
S _m	79.7	81.2	99.6	137.3	158.7	157.7	192.1	207.7	148.1	136.6	117.2	100.6
K _t	0.318	0.312	0.301	0.319	0.336	0.389	0.437	0.449	0.371	0.372	0.349	0.317

南京

纬度 32°00' 经度 118°48' 高度 8.9m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	2.0	3.8	8.4	14.8	19.9	24.5	28.0	27.8	22.7	16.9	10.5	4.4
H _t	8.406	9.970	12.339	14.271	16.359	16.863	17.652	17.850	13.381	12.171	9.515	8.163
H	11.572	12.415	13.530	13.900	14.843	14.868	15.636	16.935	14.075	14.775	12.933	12.047
S _m	133.5	127.4	140.8	174	200.5	177.6	212.2	221.5	172.9	174.9	158.8	155.2
K _t	0.417	0.402	0.399	0.391	0.408	0.408	0.436	0.475	0.410	0.460	0.450	0.437

合肥

纬度 31°52' 经度 117°14' 高度 27.9m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	2.1	4.2	9.2	15.5	20.6	25.0	28.3	28.0	22.9	17.0	10.6	4.5
H _t	8.107	9.322	11.624	13.423	15.965	17.348	17.180	16.637	12.492	11.450	8.944	7.565
H	11.131	11.490	12.630	13.046	14.499	15.293	15.200	15.776	13.097	13.790	12.004	10.927
S _m	126	119.4	132.7	168.9	194.6	177.2	204	210.3	163.4	167.5	158.3	149
K _t	0.400	0.375	0.375	0.367	0.399	0.420	0.424	0.442	0.382	0.431	0.421	0.403

上海

纬度 31°24' 经度 121°29' 高度 6m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	3.5	4.6	8.3	14.0	18.8	23.3	27.8	27.7	23.6	18.0	12.3	6.2
H _t	8.371	9.730	11.772	13.725	15.335	15.111	18.673	18.180	12.963	11.518	9.411	8.047
H	11.293	11.919	12.775	13.356	13.965	13.471	16.550	17.236	13.479	13.555	12.330	11.437
S _m	126.2	146.7	123.3	163.6	191.5	148.8	220.5	205.9	196.2	179.4	148.4	147
K _t	0.405	0.386	0.377	0.374	0.383	0.366	0.461	0.482	0.394	0.429	0.435	0.420

杭州

纬度 30°14' 经度 120°10' 高度 41.7m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	4.3	5.6	9.5	15.8	20.7	24.3	28.4	27.9	23.4	18.3	12.4	6.8
H _t	6.813	7.753	9.021	12.542	14.468	13.218	17.405	16.463	12.013	10.276	8.388	7.303
H	9.103	8.534	9.552	11.953	12.715	11.417	15.158	15.684	11.846	11.524	10.839	10.425
S _m	112.2	103.3	114.1	145.8	168.9	146.6	222.2	215.3	151.9	153.9	143.2	142.5

慈溪

纬度 30°12' 经度 121°16' 高度 3.5m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	4.3	5.5	9.1	14.9	20	24.1	28.2	27.6	23.5	18.4	12.6	6.6
H _t	7.135	8.098	10.113	13.166	14.692	13.938	17.917	17.025	12.333	10.794	9.198	8.301
H	9.824	10.173	11.144	13.215	13.875	12.666	16.238	16.617	13.181	12.661	11.787	11.276
S _m	118	113.3	126.7	162.6	184.7	164.3	247.8	243.6	174.8	166.6	153.2	147.9

漠河

纬度 52°58' 经度 122°31' 高度 433m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-29.8	-24.8	-14	-0.2	9.1	16	18.4	15.4	7.9	-3	-18.5	-28
H _t	4.309	8.744	14.448	17.104	20.099	22.649	19.373	18.202	13.130	8.666	5.241	3.258
H	12.105	20.117	21.902	18.437	17.924	18.589	16.682	17.726	17.364	16.103	13.943	10.361
S _m	144.1	188	254.6	225	261.1	261.6	236.5	217	190.8	189.5	141	125.5

黑河

纬度 50°15' 经度 127°27' 高度 166.4m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-23.2	-18	-8.3	3.5	11.9	18.2	20.8	18.3	11.6	1.9	-11.2	-20.9
H _t	5.203	9.399	14.349	16.612	19.288	20.696	18.683	16.173	12.658	9.050	5.713	4.072
H	13.018	18.819	20.836	17.461	17.469	17.566	15.939	15.965	15.934	15.703	14.116	11.340
S _m	184.9	220	264.5	241.8	276.2	284.9	267.2	249.4	219.3	211.1	176.1	166.4

乌鲁木齐

纬度 43°47' 经度 87°37' 高度 917.9m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-12.6	-9.7	-1.7	9.9	16.7	21.5	23.7	22.4	16.7	7.7	-2.5	-9.3
H _t	5.315	7.984	11.929	17.666	21.371	22.496	22.038	20.262	16.206	11.062	6.104	4.174
H	9.010	11.251	14.360	18.101	18.934	18.990	18.926	19.696	19.383	16.772	10.193	7.692
S _m	116.9	141.5	194.5	256.5	295.1	292.7	311.6	309.7	271.5	236.1	140.5	95.5

固原

纬度 36°00' 经度 106°16' 高度 1753.0m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-8.1	-4.9	1	8.2	13.4	17	18.9	17.8	12.8	6.6	-0.3	-6
H _t	10.342	12.281	14.120	17.999	20.137	20.121	19.845	18.090	14.969	12.171	10.860	9.806
H	15.926	15.795	13.901	17.102	17.000	16.500	16.922	17.035	15.841	15.076	16.752	17.521
S _m	219.9	193.4	208.9	232.6	257.3	251	252.8	239.5	196.8	200.4	214.6	224.2

狮泉河

纬度 32°30' 经度 80°05' 高度 4278.0m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-12.4	-10.1	-5.4	-0.3	4.5	10.3	13.8	13.3	8.8	0.3	-6.4	-11.1
H _t	13.487	16.536	20.487	24.011	25.956	26.996	23.521	22.354	21.952	19.595	15.768	12.827
H	20.426	21.352	22.164	22.413	21.446	21.255	18.922	19.922	23.483	25.254	23.942	20.741
S _m	255.2	251	299.4	318.2	348.6	356.5	322.6	315.3	314.4	320.6	286.8	267.6

绵阳

纬度 31°28' 经度 104°41' 高度 470.8m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	5.3	7.3	11.4	16.8	21.4	24.3	25.7	25.4	21.4	17	11.8	6.7
H _t	5.481	6.653	8.889	12.745	14.251	14.163	14.678	14.172	9.580	7.385	5.829	4.771
H	6.603	7.338	9.325	12.474	13.315	13.041	13.454	13.221	9.540	7.988	6.737	5.940
S _m	64.3	60.2	86.1	123.1	131.8	126.7	146.2	163.3	82.2	72	65.7	60.6

峨眉山

纬度 29°31' 经度 103°20' 高度 3047.4m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	-5.7	-4.9	-1.3	2.9	6.3	9.3	11.6	11.2	7.7	3.5	-0.3	-3.5
H _t	11.145	12.390	14.624	15.083	13.583	12.419	13.280	12.657	10.436	9.355	9.945	10.736
H	15.151	15.299	15.589	14.267	12.094	10.743	11.852	11.650	9.622	9.951	11.813	15.584
S _m	153.4	124.9	146.4	133.8	105.5	90.1	120.3	129.3	81.2	78.5	116	158.2

乐山

纬度 29°34' 经度 103°45' 高度 424.2m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	7.1	8.8	12.9	18	21.8	24.1	25.9	25.8	21.9	17.8	13.4	8.7
H _t	4.688	6.376	9.048	12.363	13.223	13.056	14.308	14.463	9.150	7.148	5.301	4.253
H	5.134	6.845	9.300	11.945	12.285	11.839	12.986	13.700	9.155	7.497	5.863	4.702
S _m	44.3	50.3	83.6	119.9	125.2	112.8	146	166.1	78.5	54.5	54	45.3

南充

纬度 30°47' 经度 106°06' 高度 309.3m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	6.4	8.5	12.5	17.7	21.9	24.7	27.2	27.5	22.6	17.7	12.9	8
Ht	4.461	6.229	9.207	12.508	13.949	14.083	15.930	16.896	9.761	7.132	5.131	4.069
H	4.922	6.707	9.457	12.086	12.801	12.644	14.303	16.003	9.955	7.707	5.793	4.558
S _m	33.1	45.3	84.8	122.8	135.3	127	174.7	200.6	100	70	55.4	28.2

重庆

纬度 29°31' 经度 106°29' 高度 351.1m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	7.8	9.5	13.6	18.4	22.3	25.1	28.1	28.4	23.6	18.6	14	9.3
Ht	3.505	4.848	7.677	10.441	11.492	11.847	15.447	15.655	9.576	6.107	4.404	3.210
H	3.670	4.905	8.025	9.992	10.617	10.735	13.893	15.034	9.345	6.487	4.587	3.531
S _m	24.6	34.3	76.8	105.1	112.8	109.9	190	213.4	94.9	70.5	42.7	26.6

泸州

纬度 28°53' 经度 105°26' 高度 334.8m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	7.6	9.4	13.5	18.4	21.9	24.3	26.8	27	22.6	18	13.7	9.1
Ht	3.805	5.039	7.818	11.290	12.668	12.390	15.465	15.529	9.916	5.882	4.904	3.358
H	4.123	4.753	7.801	10.264	11.615	11.587	14.043	14.902	8.939	5.949	4.922	3.612
S _m	35.9	43.8	85.7	120	128	117.2	186.7	204.8	103.3	64.7	54.5	38.5

威宁

纬度 26°55' 经度 104°17' 高度 2237.5m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	2	3.8	7.8	11.5	14.1	16.1	17.4	17	14.3	10.8	6.9	3.4
Ht	9.756	12.142	15.270	16.235	15.475	13.939	15.396	15.252	11.328	10.493	9.501	9.214
H	12.769	14.804	16.488	15.762	14.331	12.735	14.048	14.466	11.461	11.622	11.829	12.293
S _m	150.9	145.5	202.2	216.7	167.3	126.9	153.7	148.4	118.3	110.9	129.8	167.3

腾冲

纬度 25°01' 经度 98°30' 高度 1654.6m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	8.1	9.7	12.9	15.8	18.2	19.6	19.5	19.9	19	16.7	12.5	9
Ht	14.847	15.850	17.176	17.543	16.945	13.625	12.269	14.395	14.816	14.974	14.316	14.352
H	20.691	19.554	18.692	16.554	15.621	12.161	10.953	13.717	14.982	16.960	18.609	19.416
S _m	248.4	209.7	229	204.3	175.4	92.2	72.2	108.5	125.9	180.5	211.2	249.9

昆明

纬度 25°01' 经度 102°41' 高度 1892.4m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	8.1	9.9	13.2	16.6	19	19.9	19.8	19.4	17.8	15.4	11.6	8.2
H _t	13.322	15.928	18.368	19.423	17.655	14.565	13.571	14.681	12.950	11.638	11.590	11.884
H	18.297	19.392	19.979	18.834	16.269	13.287	12.601	13.963	13.130	12.898	14.612	15.736
S _m	231.5	227.2	264	252.8	219.6	140.2	128.4	149.5	127.8	149	175.7	206.6

景洪

纬度 22°00' 经度 100°47' 高度 582m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	16.5	18.7	21.7	24.5	25.8	26.1	25.6	25.4	24.7	22.9	19.7	16.5
H _t	13.152	16.129	16.694	18.106	18.211	16.512	14.593	15.450	16.064	14.435	12.113	11.433
H	15.746	19.018	17.785	17.288	16.915	15.228	13.632	14.781	16.222	15.784	13.860	14.356
S _m	197.6	225.3	241.4	231.4	209.6	159.5	133.8	155.6	170.9	164.4	148.8	158.9

蒙自

纬度 23°23' 经度 103°23' 高度 1300.7m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	12.4	14.3	18	21	22.4	23.1	22.7	22.2	21	18.6	15.3	12.3
H _t	13.002	15.068	16.650	18.521	18.084	15.874	15.486	14.566	14.060	13.200	11.965	12.128
H	16.412	17.881	17.233	17.097	16.374	14.708	14.200	14.327	14.578	13.646	13.563	15.230
S _m	216	212.3	237.6	231.8	207	144.2	143.4	153.2	153.5	159.2	169.3	200.1

武汉

纬度 30°37' 经度 114°08' 高度 23.1m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	3.7	5.8	10.1	16.8	21.9	25.6	28.7	28.2	23.4	17.7	11.4	6
H _t	6.524	7.808	8.830	12.407	14.098	14.756	17.308	16.960	13.294	10.248	8.333	7.022
H	8.013	8.892	9.237	12.007	12.895	13.184	15.405	16.063	13.795	11.796	10.522	9.404
S _m	110	105.8	119.2	156	187.3	185.3	239.6	248.7	182.4	166.3	148.9	140.7

长沙

纬度 28°12' 经度 113°05' 高度 44.9m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	4.6	6.1	10.7	17	21.8	25.6	29	28.5	23.7	18.2	12.4	6.7
H _t	5.397	6.230	7.135	10.184	13.065	14.443	18.613	17.344	13.407	10.086	8.014	6.811
H	6.310	6.537	7.369	9.717	11.762	13.109	16.848	16.559	13.775	11.322	10.213	8.712
S _m	81.6	64.6	73.7	96.2	136.2	150.5	252.9	239.4	165.1	142	120.2	113.6

遵义

纬度 27°42' 经度 106°53' 高度 843.9m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	4.5	6	10.2	15.8	19.7	22.7	25.1	24.6	21	16.1	11.3	6.7
Ht	3.791	4.634	7.364	10.550	10.806	11.798	15.186	14.824	9.906	7.594	5.312	4.252
H	4.063	4.807	7.195	10.181	10.141	10.815	13.874	14.063	9.973	8.194	5.857	4.825
S _m	29.5	31.2	58.3	94	106.5	107	177.1	188.4	117.7	80.7	57.1	45.6

贵阳

纬度 26°35' 经度 106°43' 高度 1074.3m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	5.1	6.6	11	16.1	19.6	22.2	23.9	23.6	20.6	16.3	11.8	7.4
Ht	4.752	6.213	9.246	11.217	12.004	11.971	14.453	14.648	11.462	8.425	6.699	5.514
H	5.381	6.774	9.688	10.874	10.931	10.696	13.003	13.502	11.097	9.167	7.410	6.421
S _m	42.8	47.6	84.5	106.1	114.3	108.2	160.1	171	123.4	94.1	73.2	64.6

赣州

纬度 25°51' 经度 114°57' 高度 123.8m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	8.1	9.8	13.6	19.6	23.8	27.1	29.3	28.8	25.8	21.2	15.4	10.3
Ht	6.923	7.347	7.840	10.860	13.759	16.119	19.741	18.398	15.139	12.496	10.080	8.807
H	8.342	7.953	7.920	10.068	12.328	14.448	17.723	17.346	15.305	13.922	12.430	11.425
S _m	89.7	75.3	74.3	103.4	141.9	178.2	269.1	242.4	186.8	169.5	150.8	145.5

南昌

纬度 28°36' 经度 115°55' 高度 46.7m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	5.3	6.9	10.9	17.3	22.3	25.7	29.2	28.8	24.6	19.4	13.3	7.8
Ht	6.340	7.341	8.141	10.972	13.721	14.456	18.924	18.082	14.559	11.909	9.291	8.027
H	7.708	8.000	8.364	10.452	12.230	13.062	17.100	17.454	14.739	13.542	12.301	10.609
S _m	96.2	87.5	89.1	119.2	156.2	164.8	256.8	251.1	191.9	172.8	152.6	147

福州

纬度 26°05' 经度 119°17' 高度 84.0m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	10.9	11	13.5	18.2	22.2	26	28.9	28.4	25.9	22.1	17.7	13.2
Ht	7.504	7.869	9.020	11.953	12.837	14.907	18.683	16.610	13.736	11.537	9.219	8.324
H	9.446	8.645	9.533	11.408	11.421	13.191	17.095	15.932	13.501	12.738	11.392	10.860
S _m	105.3	82.3	92.2	115	119.3	147.1	232.9	206.1	160	149.7	124.3	131.3

韶关

纬度 24°41' 经度 113°36' 高度 60.7m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	10.2	11.8	15.1	20.5	24.4	27.4	29	28.5	26.4	22.4	16.8	12.1
Ht	7.495	6.682	6.658	8.526	11.968	15.398	18.338	17.606	14.728	12.642	10.718	9.366
H	8.972	7.321	6.785	8.250	11.200	13.976	16.643	16.669	15.054	14.002	13.141	11.689
S _m	92.1	69.2	59.1	77.6	117.3	155	233.6	213.2	183.1	169	151.6	145

广州

纬度 23°10' 经度 113°20' 高度 41.7m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	13.6	14.5	17.9	22.1	25.5	27.6	28.6	28.4	27.1	24.2	19.6	15.3
Ht	8.857	7.611	7.393	8.712	11.160	12.841	14.931	13.895	13.794	13.113	11.796	10.528
H	10.459	8.203	7.484	8.444	10.554	11.914	13.763	13.207	13.972	14.346	14.218	13.355
S _m	122.3	73.9	64.5	67.6	108.4	145.6	209.4	180.3	176.6	188.3	178.8	171.7

汕头

纬度 23°24' 经度 116°41' 高度 1.1m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	13.7	14.1	16.6	20.7	24.2	26.9	28.3	28.1	26.8	23.8	19.6	15.5
Ht	10.192	9.588	10.366	12.319	13.634	15.142	17.880	16.910	15.675	14.521	12.354	10.959
H	11.927	10.319	10.282	11.337	12.104	13.238	15.894	15.909	15.465	15.662	14.484	14.131
S _m	147.8	99.4	105.1	116.6	139.4	176.7	247.6	225.8	207.2	214.2	187.1	177.2

南宁

纬度 22°49' 经度 108°21' 高度 73.1m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	12.8	14.1	17.6	22.5	25.9	27.9	28.4	28.2	26.9	23.5	18.9	14.9
Ht	6.882	7.217	8.166	11.289	14.925	16.026	17.020	16.752	16.551	13.634	11.208	9.368
H	7.996	7.729	8.694	11.017	14.393	15.318	16.165	16.039	17.246	14.673	13.282	11.507
S _m	72	58.5	63.9	94.6	149.6	167	203.7	192.7	191.9	169.3	149	127.9

桂林

纬度 25°19' 经度 110°18' 高度 164.4m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ta	7.9	9.3	12.9	18.7	23	26.3	28	27.9	25.3	20.7	15.4	10.5
Ht	6.060	6.147	6.711	8.663	11.649	12.736	16.285	16.515	15.809	12.306	9.832	8.050
H	7.078	6.237	6.743	8.332	10.554	11.955	14.931	15.304	15.963	13.272	11.865	9.667
S _m	68.9	51.6	53.5	75.1	113.1	135.3	205.5	210.9	199.6	162.1	138.6	120.8

海口

纬度 20°02' 经度 110°21' 高度 13.9m

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _a	17.7	18.7	21.7	25.1	27.4	28.4	28.6	28.1	27.1	25.3	22.2	19
H _t	8.093	8.900	11.492	14.481	16.950	17.556	18.637	16.412	15.046	12.142	10.464	8.937
H	8.744	9.174	11.203	13.680	15.377	15.427	16.690	14.844	15.239	12.557	11.563	10.792
S _m	113.1	102	141.5	173.3	225	230.1	259.7	224.7	199.9	183	150.3	136.4

注：本附录摘自《民用建筑太阳能热水系统工程技术手册》，主编郑瑞澄。

附录 G 热泵机组工作原理简介

G. 0.1 热泵机组工作遵循以下两个物理原理：

1. 物质的沸点随压力的增大而升高，随压力的减小而降低。
2. 物质在发生汽、液相变时，虽然温度不变但要吸收（或释放）大量的热量。这种潜热要比单相物质由温度变化所吸收（或释放）的显热大得多。

G. 0.2 热泵机组构成及工作过程：

1. 热泵机组通常由压缩机、冷凝器、膨胀阀和蒸发器四部分构成，循环工质在机组内封闭运行并通过冷凝器和蒸发器与外部发生热交换，原理示意图见图 G. 0. 2。

2. 压缩机主要是将循环工质由低压汽态变成高压汽态，同时温度升高。

3. 冷凝器主要是通过向外部释放热量将循环工质由高压汽态变成高压液态（即循环工质冷凝）。

4. 膨胀阀主要是将循环工质由高压液态变成低压汽、液混合态，同时温度降低。

5. 蒸发器主要是通过由外部吸收热量将循环工质由低压汽、液混合态变成低压汽态（即循环工质蒸发）。

6. 由于蒸发器工作压力低，则吸热温度也低；同理冷凝器工作压力高，放热温度也高。因此热泵可以将热量由低温处输送（或排放）到高温处，也就是热泵即可供热也可制冷。

7. 根据机组的用途不同通常将即可供热也可制冷的称为热泵，将专供生活热水的称为热泵热水机，将专供空调冷冻水的称为冷水机组。它们在工作温度范围、循环工质种类以及机组构造上有一些差异。

8. 当热泵冷凝器外部介质均为水，蒸发器外部介质是空气时称为空气源热泵（热水机）；而蒸发器外部介质是水或添加了防冻剂的水溶液时称为水源热泵（热水机）。

G. 0.3 热泵机组目前常用循环工质为 R22 和 R134a，性能比较见表 G. 0.3。

表 G. 0.3 循环工质性能比较表

循环工质	机组初投资	出水温度	应用前景
R22	低	低（ $\leq 50^{\circ}\text{C}$ ）	2040 年将淘汰
R134a	高	高（ $\leq 60^{\circ}\text{C}$ ）	环保型工质

G. 0.4 热泵机组压缩机（也称热泵机组机型）主要有以下三种类型：

1. 活塞式压缩机：特点是运动部件多、效率低，技术最成熟，应用时间最久。
2. 螺杆式压缩机：特点是容积效率高，负荷调节能力强（10% ~ 100%）。

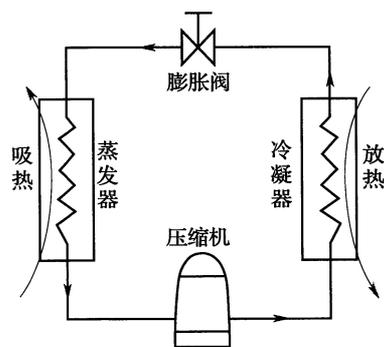


图 G. 0.2 热泵机组工作原理示意图

3. 离心式压缩机：特点是运行平稳、噪声低、易损部件少，可调节负荷为 30% ~ 100%。

G. 0. 5 某种水源热泵的制热功率和输入功率与蒸发器工作温度 t_e 和冷凝器工作温度 t_c 之间关系分别见图 G. 0. 5-1、图 G. 0. 5-2。

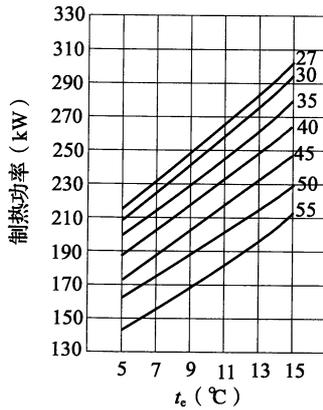


图 G. 0. 5-1 热泵的制热功率特性

注：曲线右侧所标为冷凝器工作温度 t_c 。

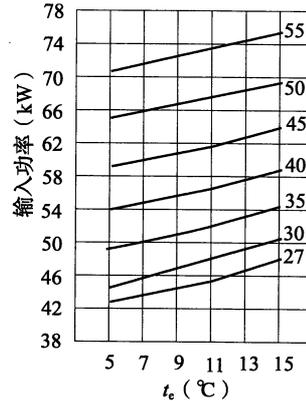


图 G. 0. 5-2 热泵的输入功率特性

1. 热泵机组的制热（冷）功率随 t_e 的升高和 t_c 的降低而增大。
2. 热泵机组的输入功率随 t_e 的升高和 t_c 的升高而增加。
3. 不同种类热泵机组的特性曲线在数值、变化率等与上图不同，但变化趋势一致。

G. 0. 6 热泵机组用 COP (性能系数) = 制热(冷)功率/输入功率来评价其运行效率。

1. 由于机组输入功率是用于循环工质的压缩循环，其大小主要取决于循环流量和工作压差；而制热功率主要取决于循环工质的潜热值。所以只要所选择的循环工质的流量较小、工作压差较低、潜热值较大，就可以取得较高的 COP 值。

2. 在标准工况下，热泵机组的 COP 值通常大于 4。对于不同循环工质，不同压缩机类型、不同容量和种类的热泵机组，其 COP 值还会有些差异。

3. 在运行中影响热泵机组 COP 值的主要因素是蒸发器和冷凝器外部介质（空气或水）的工作温度，以及它们之间的温差。通常在机组允许的温度范围内，蒸发器外部介质温度越低；或冷凝器外部介质温度越高时， COP 值越低。即两者之间的温差越大， COP 值越低。反之， COP 值越高。

4. 热泵机组的 COP 值应在确定的工况下，由其特性曲线查出制热（冷）功率和输入功率，然后计算获得。

G. 0. 7 热泵机组的运行特点如下：

1. 热泵最高出水温度随循环工质和机组类型不同而不同，从经济考虑设计中不宜取值过高。当局部需要高温热水时，宜采用辅助热源。

2. 通过热泵的被加热水一次温升不高，通常为 5°C ，因此应采用蓄热运行。

3. 对于每种热泵均有最佳运行工况（进、出水或空气的温度和温差），这时的 COP 值最高。当运行工况偏离时， COP 值降低；偏离过大时甚至不能正常工作。

4. 热泵机组通常配有一个控制柜，它具有机组自动控制和保护的功能。

G. 0. 8 本《专篇》是按技术成熟的普通热泵机组的情况编写。目前针对给排水工程的需要研发了高温热泵、污（海）水热泵，一次温升高的热泵等，但它们还没有达到标准化的程度。当工程中采用这些特殊热泵时，应按供货商提供的技术资料设计。

附录 H 热泵系统工作情况简介

H. 0.1 热泵系统通常分为空气源热泵系统和地源热泵系统两类。

1. 空气源热泵热水系统通常由空气源热泵、辅助热源、贮（换）热、热水管网等四部分组成。

2. 地源热泵热水系统通常由低温热源、水源热泵、贮（换）热、热水管网等四部分组成，有时也需设辅助热源。

H. 0.2 地源热泵系统按低温热源不同可分为以下几种（图 H. 0.2）：

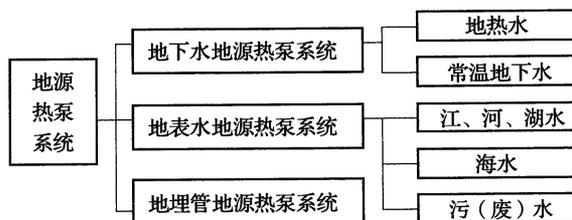


图 H. 0.2 地源热泵系统划分

注：采用污（废）水作为低温热源时应注意卫生问题。

H. 0.3 不同低温热源的特点如下：

1. 以空气作为低温热源时，它的特点是气温和湿度一年四季以及一天内均在变化中。因此空气源热泵机组运行参数波动大，设计中要根据当地气象参数确定可否采用；确定系统组成和运行方式。

2. 以地表水作为低温热源时，它的特点是地表水温一年四季变化较大，因此水源热泵机组运行参数波动较大。不同水源的水质情况差距很大，在设计中需针对它采取相应措施。

1) 要根据地表水的温度变化情况选择水源热泵机组，确定运行方式。

2) 当水质能满足水源热泵机组的要求时，可采用地表水直接进入热泵机组换热；通常应采用地表水与热泵机组间接换热，同时应考虑水质问题对系统运行的影响；必要时采取相应水处理措施。

3) 当用天然水域的地表水作为低温热源时，还应考虑水温变化是否对其生态环境造成很大影响。必要时还需进行环境评价。

4) 有条件时优先采用温度较高的污（废）水作为低温热源。必要时需进行环境及卫生防疫安全方面的评估。

3. 以地下水作为低温热源时，它的特点是水温稳定、水质好。因此水源热泵机组运行参数波动小，但设计中应注意回灌和防污染问题。

4. 以地埋管与岩土进行换热作为低温热源时，它的特点是与岩土的热工性能密切相关。岩土体的热工性能及稳定性差异较大，应由相关试验确定其参数。在设计时，一年中系统的总释热量宜与总吸热量相平衡，即供热水与供空调应联合工作并宜总量平衡，以避免在岩土层中造成冷（或热）量堆积使其温度几年后有较大变化。另外应注意，埋地换热盘管一旦泄漏检修困难。

5. 低温热源与水源热泵机组有三种换热方式：

1)（开式）直接换热，即低温水直接进入水源热泵机组的蒸发器。

- 2) 开式间接换热, 见图 H. 0. 3 - 1。
- 3) 闭式间接换热, 见图 H. 0. 3 - 2。

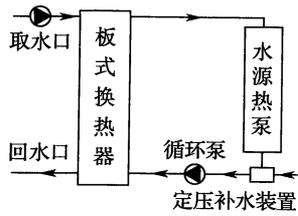


图 H. 0. 3 - 1 开式间接换热示意图

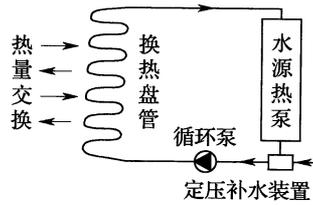


图 H. 0. 3 - 2 闭式间接换热示意图

H. 0. 4 热泵热水系统计算时主要参数有如下关系：当用水类别和最高日耗热量 Q_d 一定时，热泵机组设计工作时间 T_1 缩短 \rightarrow 热泵机组设计小时供热量 Q_g 增大 \rightarrow 系统总造价提高 \rightarrow 贮热总容积 V_r 减小 \rightarrow 系统蓄热时间 T_2 缩短，反之亦然。因此设计工作中应按在满足用水需要的前提下尽量降低造价的原则，推敲确定这几个主要参数。

H. 0. 5 系统经济分析应了解以下几点：

1. 热泵系统节能主要体现在热泵机组的输出功率大于输入功率（通常 COP 为 3 ~ 5）；供热水与供冷同时联合工作时机组不再另外耗能；采用了低品位和可再生热源。
2. 不同供热热水系统耗能比较时，应将两种系统的主、辅机总耗能相比较；同时还应考虑运行效率的因素。
3. 单位价格的不同种类能源之间的含热量不同，分析见表 H. 0. 5：

表 H. 0. 5

能源种类	电	轻柴油	天然气
价格	0.626 元/kW · h	3.06 元/L	1.80 元/m ³
含热量	3.6MJ/kW · h	42.7MJ/kg	35.5MJ/m ³
单位价格的含热量	1	2.4	3.4

注：各地能源价格和含热量有所不同。

1. 独立地源热泵热水系统与燃气锅炉（热水机组）热水系统的日常能源费用基本相当。
2. 独立地源热泵热水系统比燃油锅炉（热水机组）热水系统的日常能源费用约可降低 1/3。
3. 独立地源热泵热水系统比电锅炉（热水机组）热水系统的日常能源费用约可降低 2/3。
4. 通常热泵热水系统的初投资比较高，尤其是地源热泵系统。

H. 0. 6 热泵热水系统设计工作常见的分工情况如下：

1. 目前地源热泵系统中的低温热源部分尚无完善的国家技术标准，基本是各专业公司按自己的经验设计。因此，建筑给排水设计人员通常是提出供热量、共同确定低温热源种类并与专业公司配合进行这部分设计工作。
2. 当热泵仅供热水时，通常由建筑给排水设计人员完成由热泵机组至管网，以及与土建配合等设计工作。
3. 当热泵既供热水也供空调时，通常由暖通（或空调）设计人员完成全年冷热负荷分析、热平衡计算、热泵机组选型、相应的机房设计等工作；建筑给排水设计人员完成由贮（换）热至管网，以及

相应与土建配合等设计工作。

4. 当专业公司有设计资质时，也可以由他们进行由低温热源至贮（换）热部分的设计工作；建筑给排水设计人员完成管网以及与土建配合等设计工作。

5. 建筑给排水设计人员通常需与专业公司、暖通（或空调）设计人员、自控设计人员配合完成热泵系统控制方面的设计。

6. 由低温热源至贮（换）热部分通常由专业公司负责施工、调试和验收。

主要依据的标准规范

1. 《建筑给水排水设计规范》 GB 50015—2003
2. 《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》 GB 50364—2005
3. 《太阳热水系统设计、安装及工程验收技术规范》 GB/T 18713—2002
4. 《地源热泵系统工程技术规范》 GB 50366—2005
5. 《住宅建筑规范》 GB 50368—2005
6. 《小区集中生活热水供应设计规程》 CECS（报批稿）
7. 《管网叠压供水技术规程》 CECS（报批稿）