

～

T/CECS \*\*\*：2023

**中国工程建设标准化协会标准**

**智能梯级贮热机组应用技术规程**

**Technical regulations for the application of intelligent cascade heat storage units**

**（征求意见稿）**

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2021]20号）的要求，编制组经过深入调查研究，认真总结工程实践经验，参考相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本规程。

本规程共分为9章，主要内容包括：总则、术语、基本规定、设计与计算、自动控制与可靠性、安装与调试、系统调适、机组竣工验收、维护管理等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑给水排水专业委员会归口管理，由中国建筑设计研究院有限公司（地址：北京市西城区车公庄大街19号，邮政编码：100044，邮箱：[wangyt@cadg.cn](mailto:wangyt@cadg.cn)）负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资

料和建议寄送至解释单位。

主编单位：

参编单位： （略）

主要起草人：（略）

主要审查人： （略）

目 次

[1 总 则 5](#_Toc25483)

[2 术 语 6](#_Toc4522)

[3 基本规定 7](#_Toc13053)

[3.1 适用条件 7](#_Toc32483)

[3.2 系统设计 7](#_Toc12994)

[3.3 机组设计 7](#_Toc6885)

[3.4 工程应用 8](#_Toc14315)

[4设计与计算 9](#_Toc32379)

[4.1 梯级贮热机组耦合空气源热泵设计与计算 9](#_Toc14352)

[4.2 梯级贮热机组耦合太阳能系统的设计与计算 12](#_Toc28916)

[5自动控制与可靠性 13](#_Toc11538)

[5.1 一般规定 13](#_Toc15691)

[5.2 梯级贮热机组自动控制 13](#_Toc5141)

[5.3 梯级贮热机组安全可靠性 13](#_Toc14792)

[6 安装与调试 15](#_Toc18734)

[6.1 一般规定 15](#_Toc23914)

[6.2机组布置与安装 15](#_Toc19864)

[6.3管路及管件 16](#_Toc23001)

[6.4 水压试验与冲洗 16](#_Toc13416)

[6.5 系统调试 16](#_Toc9651)

[7系统调适 18](#_Toc4638)

[7.1 一般规定 18](#_Toc619)

[7.2 调适内容 18](#_Toc28037)

[8机组竣工验收 20](#_Toc8738)

[9 维护管理 21](#_Toc25787)

[附录A 梯级贮热机组 22](#_Toc3934)

[附录B 梯级贮热机组试验方法 23](#_Toc9088)

[本规程用词说明 26](#_Toc12073)

[引用标准名录 27](#_Toc8303)

[附：条文说明 28](#_Toc2704)

Contents

1 General Rule …………………………………………………………………………（5）

2 Term ………………………………………………………………………………… （6）

3 Basic Provisions ……………………………………………………………………（7）

4 Design and calculation ……………………………………………………………（9）

4.1 Design and calculation of cascade heat storage…………………………… (9)

4.2 Design and calculation of solar coupled cascade heat storage ……… (12)

5 Automatic control and Reliability……………………………………………… (13)

5.1 General Provisions ……………………………………………………………… (13)

5.2 Control of cascade heat storage ……………………………………………… (13)

5.3 Safety and Reliability of cascade heat storage ……………………………(13)

6 Installation and Commissioning ………………………………………………… (15)

6.1 General Provisions ……………………………………………………………… (15)

6.2 Unit Layout and installation ………………………………………………… (15)

6.3 Pipes and Fittings ……………………………………………………………… (16)

6.4 Hydro static test and flushing ………………………………………………(16)

6.5 System Debugging ………………………………………………………………… (16)

7 System Adjustment ……………………………………………………………………(18)

7.1 General Provisions …………………………………………………………………(18)

7.2 Contents and Methods of Adjustment ……………………………………………(18)

8 Completion acceptance ………………………………………………………………（20）

9 Maintenance Management ………………………………………………………………（21）

Appendix A Step heat storage Unit …………………………………………………（22）Appendix B Test Method for Step heat storage Units ……………………… （23）

Wording instructions for this regulation ……………………………………… （26）

Cited standard directory ………………………………………………………………（27）

Appendix: Description of the provisions …………………………………………（28）

# 1 总 则

**1.0.1** 为使生活热水梯级贮热机组工程技术遵守运行安全、卫生健康、节能环保、经济合理、技术先进的原则，制订本规程。

**1.0.2** 本规程适用于民用建筑、工业建筑可再生能源集中热水供应系统的制热与贮热设计、施工、维护管理。其他可再生能源利用热场所可参照执行。

**1.0.3** 集中热水梯级贮热机组工程设计，除符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**4.1** 窗体顶端

# 2 术 语

**2.0.1** 梯级贮热装置 Cascade heat storage

由多个管道式贮热单元组成，并相互串联连通，形成动态梯级温度的热水贮热设施。贮热单元分为高温、中温、低温贮热段。

**2.0.2** 梯级贮热机组 Cascade heat storage and heating unit

集中热水供应系统中，由梯级贮热装置耦合可再生能源制热系统组成的制热与贮热设备。

**2.0.3** 智能IC卡水控机 Swipe smart IC card water control machine

采用电子控制模块将管道直径和流速折算成用水量的智能水控装置。

**2.0.4** 热水机组制热系统性能系数 Coefficient of performance of heating system of hot water unit

是指将可再生能源制热系统作为一个整体，热水系统日平均有效用热量与系统所有能耗量的比值，真实反映制热系统能源转换效率性能。

**2.0.5** 热水供应系统性能系数 COP of hot water supply system

是指将集中热水供应系统作为一个整体，热水系统日平均有效用热量与系统所有能耗量的比值，真实反映热水系统在一定时间段内能源转换与使用效率。

**2.0.6** 管道式贮热单元高径比 Height diameter ratio of heat storage unit

是指单个贮热单元的高度与直径之比，管道式贮热单元的高径比不宜小于2.0。

**2.0.7** 梯级贮热装置热水输出率 Hot water output rate of cascade heat storage

梯级贮热装置加热至60℃时切断热源，以5%额定贮水容积/min的流量出水，出水温度比最高出水温度低10℃为止，梯级贮热装置输出热量与贮热装置的贮存总热量的比值，数值越大代表热水输出量越多。

**2.0.8** 电力高温维持装置 Electric high temperature maintenance device

梯级贮热装置高温段内设置的电力加热装置，用于水温由50℃至60℃的加热热源。

# 3 基本规定

# 3.1 适用条件

**3.1.1** 工程项目采用太阳能、地源热泵、空气源热泵、空调余热、地热等可再生能源制备生活热水时，宜采用梯级贮热机组作为主要热源制备生活热水。

**3.1.2** 采用可再生能源用于集中热水供应时，应进行技术经济比较，氟利昂空气源热泵宜用于夏热冬暖及温和地区，并宜设置电力高温维持装置局部加热；二氧化碳热泵可用于国内所有气候地区。

**3.1.3** 梯级贮热机组适用于工作压力不大于1.0MPa，温度不超过65℃的热水系统。

# 3.2 系统设计

**3.2.1** 市政自来水不能保证全部冷、热水系统压力时，有热水供应的所有部位宜采用加压供水，并应保证冷热水竖向分区一致和冷热水压力同源。

**3.2.2** 酒店、医院、养老设施、酒店式公寓、有建筑热水需求的住宅等建筑，应采用全日集中热水供应系统；宿舍、体育、休闲等场所宜采用定时集中热水供应系统，定时供应热水时间宜为4～8h。

# 3.3 机组设计

**3.3.1** 采用梯级贮热机组制备热水时，热水用水定额应采用《建筑给水排水设计标准》GB 50015规定的最高日用水定额低限值。学生宿舍等类似场所使用智能IC卡水控机计费时，最高日用水定额建议值为30～35（L/d·p）。

**3.3.2**梯级贮热机组采用二氧化碳热泵或高温段设置电力高温维持装置时，可采用高温热力消毒措施；耦合太阳能热水系统时，机组末端出水宜设置恒温混水阀，控制出水温度满足《建筑给水排水设计标准》GB 50015第6.2.6条的规定。

**3.3.3** 梯级贮热装置热水输出率应大于或等于65%。

**3.3.4** 梯级贮热机组在动态状态下，其高温段出水热水温度与低温段最大热水温度差不宜小于25℃。

**3.3.5** 梯级贮热机组应满足用户对水量、水质、水温和水压的使用要求，并符合安全、卫生、节能、节水、环保等有关规定。

4.5 窗体顶端

**3.3.6** 梯级贮热机组应采取阻垢、缓垢、软化等技术措施，并宜满足下列技术要求：

1、当采用氟利昂工质的热泵机组时，热泵机组应直接加热贮热设备内的热水，冷水总硬度宜小于120mg/L；当冷水总硬度大于120mg/L时，热泵机组冷凝器热水流速宜为1.5~2.0m/s，压降宜为2.0~4.0m，管道式贮热单元宜设置镁棒阳极保护装置；

2、当采用二氧化碳工质的热泵机组时，冷水总硬度宜小于50mg/L；当冷水总硬度大于50mg/L时，热泵机组冷凝器热水流速宜为1.0~1.5m/s，压降宜为1.0~3.0m；

3、当采取其他阻垢、缓垢、软化等技术措施时，应满足现行国家标准的技术要求。

**3.3.7**梯级贮热机组应具备自动控制功能，包括水温、水量、热量、水压、用电量、系统性能系数COP等监测控制与显示功能；具备数据远传功能，可在电脑、手机等移动端实现远程监控并方便与其他监控设备连接。

# 3.4 工程应用

**3.4.1** 梯级贮热机组宜采用装配式标准化模块设计。

**3.4.2** 梯级贮热机组制热系统应进行机电施工图深化设计，深化设计宜在设计单位施工图基础上进行，并满足中国工程建设标准化协会标准《生活热水机组应用技术规程》T/CECS 134的要求。

# 4设计与计算

# 4.1 梯级贮热机组耦合空气源热泵设计与计算

4.1.1 梯级贮热机组应符合下列规定：

1 单套机组配套空气源热泵台数宜为2台，多套机组联用时，每套机组可配置1台热泵；每台空气源热泵宜设置独立的1台热水循环泵，并应满足独立控制和联动控制的要求；

2 机组用于全日集中热水供应系统时，宜采用直热式空气源热泵；定时供应系统可采用循环式空气源热泵；

3 机组模块应并联运行，根据用水温度或用水量逐台依次开启或关闭。

4.1.2 梯级贮热装置贮热单元应符合下列规定：

1 单个贮热单元高径比应≥2.0，梯级贮热装置高径比宜≥15；

2、模块单元之间应采用串联方式连接，一个机组模块之中贮热单元数量不宜少于7个；

3、单个模块单元贮水体积宜为200～2000L，每个梯级贮热机组模块贮水体积不宜大于15000L；

4、每套梯级贮热装置阻力损失宜≤0.02MPa。

4.1.3 梯级贮热机组耗热量计算应满足下列要求：

1 设有集中热水供应系统的居住小区的设计小时耗热量，应按下列规定计算：

1. 当居住小区内配套公共设施的最大用水时段与住宅的最大用水时段一致时，应按两者的设计小时耗热量叠加计算；
2. 当居住小区内配套公共设施的最大用水时段与住宅的最大用水时段不一致时，应按住宅的设计小时耗热量加配套公共设施的平均小时耗热量叠加计算。

  2 宿舍（居室内设卫生间）、住宅、别墅、酒店式公寓、招待所、培训中心、旅馆、宾馆的客房（不含员工）、医院住院部、养老院、幼儿园、托儿所（有住宿）等建筑的全日集中热水供应系统的设计小时耗热量应按下式计算：

（4.1）

式中：Qh — 设计小时耗热量(kJ／h)；

     m — 用水计算单位数（人数或床位数）；

     qr  — 热水用水定额[L／（人·d）或L／（床·d）]，按《建筑给水排水设计标准》GB 50015表6.2.1-1中最高日用水定额低限值采用；

     tr — 热水温度(℃)，tr＝60℃；

     C — 水的比热[kJ／(kg·℃)]，C＝4.187kJ／(kg·℃)；

     tl  — 冷水温度(℃)，按《建筑给水排水设计标准》GB 50015表6.2.5取用；

     ρr — 热水密度(kg／L)；

     T — 每日使用时间(h)，取24；

     Cγ — 热水供应系统的热损失系数，Cγ＝1.10～1.15；

     Kh  — 小时变化系数，可按《建筑给水排水设计标准》GB 50015表6.4.1取用。

  3 具有多个不同使用热水部门的单一建筑或具有多种使用功能的综合性建筑，当其热水由同一全日集中热水供应系统供应时，设计小时耗热量可按同一时间内出现用水高峰的主要用水部门的设计小时耗热量，加其他用水部门的平均小时耗热量计算。

4.1.4 梯级贮热机组的贮水容积应按下式计算：

1热泵的设计小时供热量应按下式计算：

（4.2）

式中：Qg — 热泵设计小时供热量(kJ／h)；

         Tb — 热泵机组设计工作时间(h／d)，取8h～12h。

2全日集中热水供应系统的梯级贮热装置的有效容积应按下式计算：

（4.3）

式中： Vr — 梯级贮热总容积(L)；

ρr — 热水的密度；

C — 水的比热，C=4.187（kJ/kg•℃）；

T1 — 设计小时耗热量持续时间（h），建议取1~2h；

tr — 热水温度，tr = 60（℃）；

tl — 冷水温度，参照城市当地自来水厂平均水温值按不同季节计算。

— 设计小时耗热量持续时间内的梯级贮热装置热水输出率（%），根据产品实测资料数据取值，当缺乏资料时可取60% — 65%；

Qg — 热泵设计小时供热量

3定时集中热水供应系统的梯级贮热装置的有效容积应按下式计算：

（4.4）

窗体底端

Qp — 定时集中热水供应时间段内平均设计小时耗热量(kJ／h)；

T — 定时集中热水供应时间（h），建议取值4-6；

4热水供应系统的单台热泵的输入电功率宜按下式计算：

（4.5）

式中：

n — 热泵台数,一个标准模块宜为1-2台；

N — 单台热泵的输入功率（kW）；

COP — 热水机组制热系统综合性能系数，一般按冬季最冷月平均气温对应的制热系统日平均性能系数平均值；设有电力高温维持装置的梯级贮热机组，性能系数COP宜按春分、秋分所在月的平均气温对应的平均性能系数值，可根据实测资料取值。

当资料缺乏时，建议参考不同气候分区最冷月气温对应的COP取值，见表1.

表1：不同地区热水机组制热系统性能系数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 热水机组制热系统性能系数 | 严寒A、B区  （哈尔滨） | 严寒C区  （吉林） | 温和地区  （贵阳） | 寒冷地区  （北京） | 夏热冬冷地区（上海） | 夏热冬暖地区  （广州） |
| 最冷月平均温度 | -20℃ | -15℃ | 4.6℃ | -3℃ | 3.7℃ | 10℃ |
| COP | 1.62-2.08 | 1.68-2.32 | 2.5~3.5 | 2.0~2.5 | 2.3~3.0 | 2.65~4.36 |

4.1.5 可再生能源制热及贮热机组综合性能系数COP应按下式计算：

COP = Qs /Nz （4.5）

式中： COP — 热水制热及贮热机组的性能系数；

Qs — 根据热水用水定额计算或实测的日均热水耗热量（kW）；

Nz — 热水制热设备所需日均总耗电量、机组设备和管网日均耗量之和，可根据实测能耗量或按下式计算：

Nz = N1+N2+N3 （4.6）

式中： N1 —  热水制热设备所需日均总耗电量（kW）；

N2 —  机组与系统循环水泵的日均总耗电量（kW）；

N3 — 机组设备及系统管网日均散热能耗量之和（kW）；

# 4.2 梯级贮热机组耦合太阳能系统的设计与计算

**4.2.1**机组耦合太阳能热水系统时，太阳能宜作为静态热媒预热被加热水，与热泵并联制备生活热水；

**4.2.2** 采用太阳能热水系统与梯级贮热机组耦合联用时，应采用无动力集热循环太阳能系统，并应满足下列要求：

1 采用无动力太阳能静态热媒预热被加热水时，宜与热泵合用循环泵，采用温控阀控制；

2 太阳能保证率宜按40%~50%设计；

3 机组配套梯级贮热容积按下列公式计算；

窗体顶端

Vk = Vr - Vt （4.6）

式中：

Vk — 当设有无动力太阳能系统时，机组模块梯级贮热的有效容积(L)；

Vt — 无动力太阳能系统集贮热模块内筒储热容积(L)，宜按外筒实际容积的50%计；

4 热泵循环泵、太阳能热媒循环泵启停应采取定时与温度控制复合模式。

**4.2.3**光伏电池耦合梯级贮热机组应满足下列要求：

1 可采用光伏电池用于梯级贮热加热，光伏发电宜逆变为220V交流电；

2 光伏发电量宜按满足日均用水量温升10℃的耗热量进行设计；设计估算时，也可按热水系统日均耗热量的25%~30%取值；

3 当设有光伏系统时，每个贮热单元均宜设置电力加热装置。

# 5自动控制与可靠性

# 5.1 一般规定

**5.1.1**  梯级贮热机组系统中，太阳能热利用的集热器设计使用寿命应高于15年；太阳能光伏发电的光伏组件设计使用寿命应高于25年，梯级贮热机组设计使用寿命应高于25年。

**5.1.2** 施工安装不得破坏配电、控制箱柜耐环境防护性能。

**5.1.3** 梯级贮热机组应进行耐环境可靠性检测。

# 5.2 梯级贮热机组自动控制

**5.2.1** 全日集中热水供应系统循环泵启停应由系统回水管道温度控制器控制；定时热水供应系统循环泵启停应由回水管道温度控制器和时间控制器双重控制。

**5.2.2** 空气源热泵应与独立配套设置的循环泵联动，并满足下列要求：

1 梯级贮热机组应充分利用高温段连续供水；

2 梯级贮热机组低温段起始单元温度≤30℃时，空气源热泵开启；采用氟利昂热泵时，水温≥50℃时，热泵停止运行；采用二氧化碳热泵时，水温≥60℃时，热泵停止运行；

3 空气源热泵应设置时间控制器，可定时启停热泵机组；

4 机组热水出水温度≤50℃时，出水管电磁阀关闭，机组停止供水，热水出水温度≥55℃时，出水管电磁阀打开；

**5.2.3** 梯级贮热机组采用氟利昂热泵时，宜设置电力高温维持装置，并满足下列要求：

1 仅仅采用市政电力时，贮热装置高温段每个贮热单元均设置电加热装置；贮热装置末端贮热单元温度≤50℃时，开启辅助电加热装置，当水温≥60℃时，辅助电加热装置停止运行；

2 采用光伏电池和市政电力联用时，贮热装置每个贮热单元均设置电加热装置；贮热装置单元温度≤50℃时，开启辅助电加热装置，当水温≥60℃时，辅助电加热装置停止运行；

**5.2.4** 太阳能热水与机组耦合时，机组出水应设置恒温混水阀，控制热水出水温度≤60℃；

**5.2.5** 机组应设置组合控制、显示装置，动态显示并记录机组用电量、用水量、耗热量、机组COP值等工程参数信息。

# 5.3 梯级贮热机组安全可靠性

**5.3.1** 应采用成熟的管道式贮热单元制造技术和工艺。

**5.3.2** 管道系统设计与控制原理应简洁，减少水循环与换热环节。

**5.3.3** 应合理选择与使用电气元器件、零部件和原材料。

**5.3.4** 应合理进行环境耐候性防护设计。所有配电、控制箱柜耐环境温度应符合国家现行标准的要求，环境温度-30℃～70℃均应能正常工作。

**5.3.5** 配电、控制箱柜及线缆接口均应满足国家现行产品认证的要求，各导电回路常温常湿状态环境下电气绝缘≥20MΩ，低温高湿、高温高湿环境下电气绝缘≥0.5MΩ。

**5.3.6** 配电、控制箱柜制造材料均应满足防火阻燃UL94 V-2等级要求。

**5.3.7** 配电、控制箱柜应设置过流保护、漏电保护及接地保护功能等，接地电阻不大于4Ω。**5.3.8** 产品外观完好无损伤，并应满足防水、防潮、耐霉菌的质量要求，室内安装配电、控制柜其防护等级不应低于IP54，室外安装其防护等级不应低于IP55。

**5.3.9** 地下建筑落地配电、控制箱柜应安装在高度大于200mm地台上；壁挂型电气箱（柜）高度以便于操作、维修为宜，禁止未经采取防水、防潮措施通过箱内壁开孔安装固定方式。

**5.3.10** 建设单位应委托具备相应资质的第三方检测机构进行工程安全可靠性质量检测与评估，检测项目和数量应符合抽样检验要求，并应经监理审核通过后实施。

# 6 安装与调试

# 6.1 一般规定

**6.1.1** 机组的安装应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242的有关规定。

**6.1.2**  机组的安装应单独编制施工组织设计，并应包含与主体结构施工、设备安装、装饰装修等有关工种的协调配合。

**6.1.3**  机组安装前应具备下列条件：

**1** 设计文件齐备，且已通过审批；

**2**  施工组织设计与施工方案已经批准；

**3** 施工场地符合施工组织设计要求；

**4** 现场水电、场地、道路等条件能满足施工需要；

**5** 预留基座、孔洞、设施符合设计图纸，并已验收合格；

**6.1.4** 机组现场安装应符合下列规定：

**1** 所有设备及配件材料进场时应进行验收，并应妥善保管；

**2** 各分项应按现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242的有关规定进行质量检验；

**3** 各分项之间应进行交接检验，所有隐蔽分项应进行隐蔽验收。

**6.1.5** 机组的施工单位应具备相应的施工资质，施工人员和质量验收人员应具备相应的专业技术资格。

**6.1.6** 机组应采用工厂预制、现场装配式安装工艺；部件的尺寸宜满足运输、安装的方便性。

**6.1.7** 机组制热系统应有型式检验报告。所有设备配件及主要原材料应具有质量合格证明文件，其性能应符合国家现行有关标准和设计要求。

# 6.2机组布置与安装

6.2.1 机组宜室外露天安装，机组尺寸、重量应满足运输及吊装的要求。机组安装在室外时，应远离居住用房等需要安静的场所。

6.2.2 当梯级贮热装置在室内安装时，应预留运输、安装通道或吊装孔洞；空气源热泵机组可设在地下车库。机组附近应设有排水设施。

6.2.3 机组布置间距应满足国家现行标准的技术要求。

6.2.4 无动力太阳能热水系统安装应满足中国工程建设标准化协会标准《无动力集热循环太阳能热水系统应用技术规程》T/CECS 489及相关产品的技术要求。

# 6.3管路及管件

**6.3.1** 梯级贮热热水机组选用管材、阀门附件等应符合现行国家标准《建筑给水排水设计标准》GB 50015的有关规定。管路、阀门附件等安装应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242的有关规定。

**6.3.2** 仪器仪表应选择在流速稳定的直线管段上，或在容器介质流动平稳的区域，仪表应垂直安装在易于观察且无显著振动的位置。

**6.3.3** 温度传感器的接线应牢固可靠，接触良好，接线盒与套管之间的传感器屏蔽线应做二次防护处理，两端应做防水处理。

**6.3.4** 管道保温应在水压试验后进行，管道保温宜采用整体发泡，保温材料宜采用聚氨酯。保温应符合现行国家标准《工业设备及管道绝热工程施工质量验收标准》GB/T 50185的有关规定。

**6.3.5** 电气设备安装应符合下列规定：

**1** 电气设备安装、施工应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303的有关规定；

**2** 电缆线路施工应符合现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》GB 50168的有关规定；

**3** 电气接地装置的施工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的有关规定。

# 6.4 水压试验与冲洗

**6.4.1**热水机组安装完毕后，在设备和管道保温之前，应进行水压试验。水压试验应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242的有关规定。

**6.4.2**水压试验宜在环境气温高于5℃时进行，当环境温度低于0℃进行水压试验时，应采取可靠的防冻措施。

**6.4.3** 系统水压试验合格后，应对系统进行冲洗，冲洗出水水质应符合现行国家标准《建筑给水排水与节水通用规范》GB55020的有关规定。

# 6.5 系统调试

**6.5.1** 热水机组应具备联动功能，并配置自动监控和控制措施，投入使用前应进行系统调试。

**6.5.2** 系统调试应包括设备单机调试和系统联动调试。

**6.5.3** 设备单机调试应包括机组本体、水泵、阀门、电磁阀、温控阀、电气及自动控制设备、监控显示设备等调试。调试应包括下列内容：

**1** 检查热泵及配套水泵安装状况，在设计负荷下连续运转2h，热泵及水泵应工作正常，无渗漏，无异常振动和声响，电机电流和功率不大于额定值，温度在正常范围内；

**2** 检查电磁阀安装方向，手动通断电试验时，电磁阀应开启正常，动作灵活，密封严密；

**3** 温度、温差、水位、光照、控制信号、时钟等控制仪表应显示正常、动作准确；

**4** 电气控制系统应达到设计要求的功能，控制动作准确可靠；

**5** 剩余电流保护装置动作应准确可靠；

**6** 防冻保护装置、超压保护装置、过热保护装置等应工作正常；

**7** 各种阀门应开启灵活、密封严密。

**6.5.4**  系统联动调试应包括下列主要内容：

**1** 调整温控阀、电磁阀控制阀门，阀前阀后压力应处在设计要求的压力范围内；

**2** 流量、压力、温度、温差、水位、时间等控制仪表的控制区间或控制点应符合设计要求；

**3** 调整各个分支回路的调节阀门，各回路流量应平衡。

**6.5.5** 系统联动调试完成后，系统应连续运行72h，设备及主要部件的联动应协调、动作正确、无异常现象。

# 7系统调适

# 7.1 一般规定

7.1.1 热水机组的调适应在集中热水供应系统试压、冲洗后进行。

7.1.2 热水机组的调适宜由建设单位组织，由独立第三方检测调试单位负责完成，并应出具调适报告。参与成员应包括建设单位、设计单位、监理单位、机电分包单位、设备供应商等相关人员。

7.1.3 热水机组的调适包括单机调适和联合调适，单机调适主要为单机试运转、设备及系统性能调适；联合调适在机电系统相关自控系统安装完成后实施，应包含控制器和执行器准确性验证、控制功能验证、逻辑验证、系统联动、优化控制效果验证等。

7.1.4 热水机组调适应在典型冬季工况进行，机组负荷不宜小于其额定负荷的80%。

7.1.5 可再生能源系统监测数据应进行单独统计，以一个完整的日历年统计时段，能耗数据应最终纳入能耗监督管理系统平台管理。

# 7.2 调适内容

7.2.1 热水机组性能调适主要包括以下内容：

1 动态下调适贮热装置贮热单元的热水梯度；

2 动态下调适机组热泵与循环水泵的联动工作；

3 调适热水机组配套电磁阀与温度控制联动工作；

4 调适制热系统压力膨胀罐、安全阀、泄压阀等安全装置功能。

7.2.2 集中热水供应系统调适主要包括以下内容：

1 淋浴器、水龙头等末端用水器具的热水出水温度、出水时间、压力；

2 供应系统回水温度控制精度以及循环泵自动启停功能；

3 热水供应系统压力膨胀罐、安全阀、泄压阀等安全装置功能；

4 热水供应系统冷、热水压力平衡技术措施。

7.2.3 太阳能系统调适主要包括以下内容：

1 太阳能热水集贮热装置的自动补水装置；

2 太阳能热水系统不同模块阵列的水力平衡；

3 太阳能热水防爆、防过热、防冻等安全保证措施；

4 太阳能光伏耦合梯级贮热机组的技术措施。

7.3.4 空气源热泵调适主要包括以下内容：

1 直热式空气源热泵工作状态；

2 循环式空气源热泵工作状态；

3 空气源热泵的除霜工作状态；

窗体底端

# 8机组竣工验收

8.0.1 系统必须进行工程验收，验收不合格不得投入使用。  
8.0.2 系统验收施工单位应提供下列资料：  
      1 竣工验收申请报告、设计变更通知书、竣工图；  
      2 工程质量事故处理报告；  
      3 施工现场质量管理检查记录；  
      4 机组制热系统施工过程质量管理检查记录；  
      5 机组制热系统质量控制检查资料；  
      6 系统试压、冲洗记录；  
      7 系统调试、调适记录。  
8.0.3 集中热水供应系统供水应检查给水管网的进水管管径及供水能力，应符合设计要求。  
8.0.4 循环水泵吸水管、出水管及阀门仪表的规格、型号、数量，应符合设计要求；当系统温度达到设计值时，通过温度信号应能及时启动、停止循环泵。  
 8.0.5 机组验收应符合下列要求：  
      1 管道的材质、管径、接头、连接方式及采取的防腐、防冻措施，应符合设计规范及设计要求；  
      2 机组附近应有排水坡度及辅助排水设施；

 8.0.6 系统流量、压力的验收，应通过系统流量压力检测装置进行放水试验，系统流量、压力应符合设计要求。  
8.0.7 梯级贮热机组的所有设备配件及主要原材料应具有质量合格证明文件，其性能应符合国家现行有关标准和设计要求。

8.0.8 太阳能系统的检测、验收应满足现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB 55015）的相关规定。

# 9 维护管理

9.0.1 管理维护者应积极参与系统调试与调适，设计单位与安装单位应对管理维护者进行培训，梯级贮热机组质保期不应少于两年。

9.0.2 机组投入使用前，应建立系统安全操作守则和维护管理制度，投入使用后应由专业人员定期进行维护，日常运行维护应有记录，应监测并记录系统供水温度与日用水量。通过定期监测和调节机组的系统参数，如水温、水压、流量等，确保机组运行在正常范围内，并且能够满足使用要求。

9.0.3 当机组运行出现故障时，应由专业人员及时处理和维修。

9.0.4 机组应定期安排清洗，根据水质硬度和选用管材状况，清洗周期宜为1~2年，清洗时应选择专用除垢剂清洗。

9.0.5 当机组运行时间大于合同约定的使用寿命期限时，应进行专业评估。

9.0.5 梯级贮热机组制热系统每五年应进行检测评估，当系统运行时间大于合同约定的使用寿命期限时，系统每2年应进行检测评估。

# 附录A 梯级贮热机组

A.0.1梯级贮热机组是由管道式贮热单元、空气源热泵、电力高温维持装置、太阳能组件、控制系统等组成的集成模块化成套设备；

A.0.2 梯级贮热机组安装的电表、水表或热量表等计量装置应符合国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015的规定，并应达到2级精度；

A.0.3管道式贮热单元及热水连接管道材质应符合下列要求：

A.3.1贮热单元筒体与水接触部分宜为不锈钢、紫铜或搪瓷等材质。在水质硬度高或易结垢的地区，宜选用搪瓷防腐材质；

A.3.2 机组如有内置盘管换热装置，换热器基材和水接触部分的防腐处理宜与筒体相同。采用铜管、钢管和不锈钢管时，基材的选用应符合GB/T 1527、GB 13296的规定；

A.3.3 保温隔热材料不允许使用石棉和含氯氟烃化合物（CFCs）类的发泡物质。使用聚苯乙烯泡沫塑料作为隔热材料时，不应直接与内胆筒体接触，应采取隔离措施。隔热材料的阻燃等级不低于GB/T 8332中规定的HBF级；

A.3.4 与无动力太阳能集贮热装置连接的热水管道应采用薄壁不锈钢管，其他部分热水管道可采用PVC-C、薄壁不锈钢管、紫铜管等单一材质管道，室外管道保温应采用防潮、防水保护措施。

A.0.4梯级贮热机组安全性能应符合下列要求：

A.4.1梯级贮热机组上应配有安全阀作为超压保护，安全阀整定压力应符合GB 150.1～2011附录 B的规定；

A.4.2电气间隙与爬电距离应符合GB/T 3797的相关规定；

A.4.3绝缘电阻与介电强度应符合GB/T 37978的相关规定；

A.4.4防触电保护应符合GB/T 3797的相关规定；

A.4.5接地应符合GB/T 3797的相关规定；

A.4.6 梯级贮热机组应满足运输、吊装、维修等技术要求；

A.4.7室外安装的梯级贮热机组宜采用金属外壳和保温材料进行整体式加工制作，并满足保温、防水、防潮、隔热、防雷等功能；

A.4.8 电加热管与水直接接触的材料经盐雾试验96h后，应能承受电气强度试验，无闪络和击穿现象。

# 附录B 梯级贮热机组试验方法

B.0.1 试验方法

B.1.1 一般要求

1管道式贮热单元主要受压元件应具有材料质量证明书。

2产品标识

1)安全及操作部位要有明显警示标识；

2)系统及单元设备本体部位要求具备控制原理图或说明，便于设备维检；

3)标识制作应按国家现行标准进行，要求防水、耐磨、明显、长久。

B.1.2 外观

1产品外观完整、无划伤、磕痕、锈蚀、漆膜脱落现象。

2部件安装正确，符合图纸及技术要求。

3用满足精度要求的量卡具或目测对梯级贮热机组及零部件的尺寸和外观质量进行检验。

B.1.3 无损检测

1筒体A、B类焊接接头X射线无损检测按JB/T 4730.2的规定进行。

2容器法兰拼接的焊接接头X射线无损检测按JB/T 4730.2的规定进行。

3容器法兰与筒体间的焊接接头磁粉无损检测按JB/T 4730.4的规定进行。

4容器法兰与筒体间的焊接接头渗透无损检测按JB/T 4730.5的规定进行。

B.1.4 液压试验

1液压试验场地应当有可靠的安全防护设施。

2液压试验用压力表的量程应为1.5~3倍的试验压力,宜为试验压力的2倍，压力表的精度不得低于1.6级，表盘直径不得小于100mm，试验时压力表应安装在梯级贮热机组安放位置的顶部。

3试验液体一般采用水,应控制水的氯离子含量不超过25mg/L，梯级贮热机组进行液压试验时，液体温度不得低于15℃。

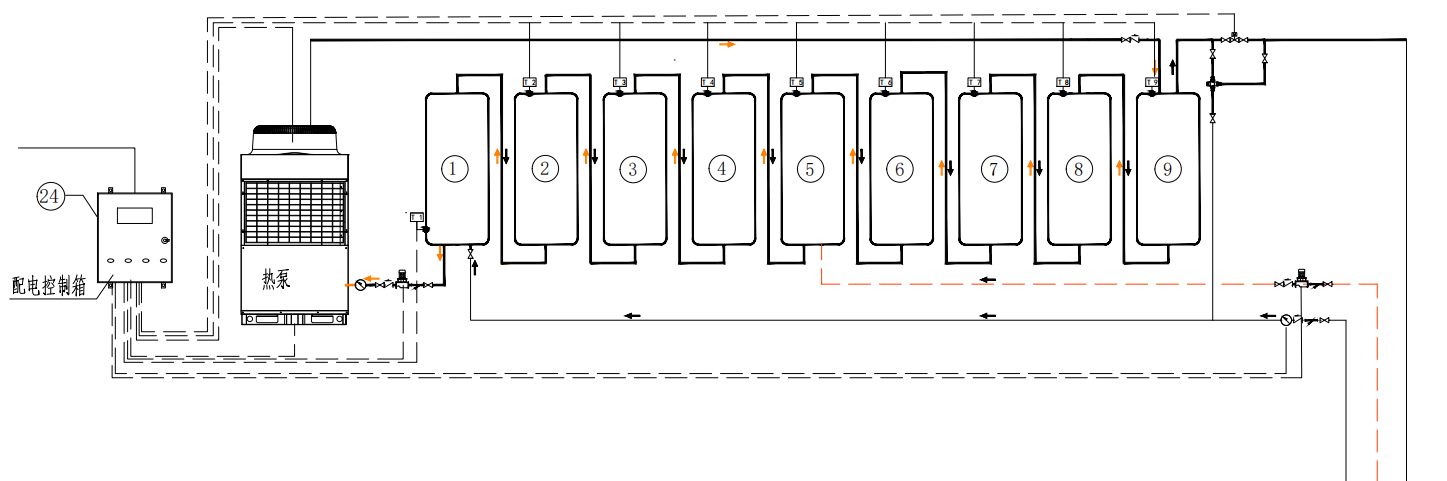
4单组贮热单元应进行液压试验，试验压力为1.5倍设计压力，保压10min，合格后方可组。

5梯级贮热机组制造完毕进行水压试验，保压时间为30min。

6阀门液压试验按GB/T 13927的规定进行。

B.1.5 性能试验

1控制性能试验,控制性能试验装置如图B-1。



图B-1性能试验系统原理图

2试验介质条件

冷水供水压力需保持稳定，压力偏差值不得超过0.02Mpa。

3试验步骤

1. 打开机组配套放气阀或安全阀，使梯级贮热机组内充满水，排除空气后关闭安全阀；
2. 温度感器自动控制热泵循环加热至所需热水温度；
3. 缓慢开启用水末端，待热水温度及水量稳定时，调整智能型恒温混水阀，使热水温度维持所需出水温度；
4. 在允许范围内调节热水出水负荷，每5 min记录一次出水温度，连续记录6次，取6次记录中温度波动值的平均值；
5. 增加梯级贮热机组内热水压力，超过安全阀调整值时，观察安全阀是否开启；
6. 增加壳体梯级贮热机组的热水温度，超过所需出水温度时，观察电磁阀及安全阀是否开启。

**B.0.2**热工性能试验

**B.2.1** 要求

1机组热水输出率：管道式贮热单元温度均达到60℃，热源关闭；按5%贮热容积/min水量放水，冷流体经过被测试管道式贮热单元，当出水温度达到50℃时停止放水，计量放水水量，计算机组热水输出率；

2机组动态热水梯度：在上述测试过程中，测量每个贮热单元顶部和下部温度，绘制热水梯度曲线图；

3机组制热系统性能系数COP：在24小时内，累计计量机组热水出水量和冷热水温度，或采用热量表测量累计耗热量，计量热水系统所有设备实际用电量，计算系统性能系数COP；

**B.2.2** 测量方法

流量、温度、压力等测量均应满足国家标准《热交换器及传热元件性能测试方法第1部分：通用要求》（GB/T 27698.1）的相关要求；

**B.0.3**水力性能试验

**B.3.1** 要求

1冷、热流体的名称、流量；

2冷、热流体的进出口温度；

3冷、热流体的进出口压力或压力降。

**B.3.2** 流体阻力性能：

1确定不同流速u下的压力降△p；

2建立欧拉数 Eu与雷诺数Re 间的准则关系式。

**B.0.4**可靠性能试验

**B.4.1** 要求

1[高温](http://www.hbddrn.com/t/%E9%AB%98%E6%B8%A9.html)高湿环境配电、控制箱柜耐候性试验；

2温度、化霜系统控制可靠性试验；

3机组冷凝器和蒸发器匹配；

4水泵、管道和阀门附配件质量认证检验。

**B.4.2** 耐久性能

1 建立耐久性模型，利用可靠性分析方法进行可靠寿命分析；

2 建立优化模型，选择可靠性优化策略和优化算法确定优化的参数设计方案。

B.0.5其它

除本规程明确规定之外，应参考下列现行国家标准进行测试：

1《热交换器及传热元件性能测试方法第1部分：通用要求》GB/T 27698.1；

2《热交换器及传热元件性能测试方法 第2部分：管壳式热交换器》GB/T 27698.2的规定进行。

# 本规程用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1)表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2)表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3)表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4)表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

# 引用标准名录

《建筑给水排水设计标准》GB 50015

《无动力集热循环太阳能热水系统应用技术规程》T/CECS 489

《生活热水机组应用技术规程》T/CECS 134

《空气源热泵热水系统技术规程》T/CECS 985

《生活热水水质标准》CJ/T521

《公共建筑节能设计标准》GB 50189

《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242

《工业设备及管道绝热工程施工质量验收标准》GB/T 50185

《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303

《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》GB/T 50168

《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169

《家用和类似用途电器的安全第1部分：通用要求》GB4705.1

《家用和类似用途电器的安全 储水式热水器的特殊要求》GB4705.12

《低环境温度空气源热泵（冷水）机组能效限定值及能效等级》GB 37480

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015

《热交换器及传热元件性能测试方法第1部分：通用要求》GB/T 27698.1

《热交换器及传热元件性能测试方法 第2部分：管壳式热交换器》GB/T 27698.2

《空气源热泵热水机全年制热性能评价方法》JB/T 13304

# 附：条文说明

**中国工程建设标准化协会标准**

**智能梯级贮热机组应用技术规程**

**T/CECS \*\*\*:2023**

**条文说明**

**制定说明**

本标准(智能梯级贮热机组应用技术规程)制定过程中，编制组进行了 多个工程实际工程和相关产品的调查研究，结合现有科研成果，总结了我国民用建筑太阳能、水源热泵等可再生能源制备及热水贮存设备技术的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，如英国特许建筑服务工程师学会(CIBSE)和英国分散式能源协会(ADE)标准《Heat networks:code of Practice for the UK Raising standars for heat supply》有关高径比的技术内容。

对研制的梯级贮热装置和热泵进行了多次试验，实验结果满足本规程的技术要求，实验数据作为本规程的技术支持。包括但不限于如下内容：

（1）委托中国建筑设计研究院住宅实验室（建筑环境优化设计与测评北京市重点实验室）进行了“共用热源的户式生活热水制备装置”实验，并出具报告，对单个贮热单元不同高径比时的热水输出率进行了测试；

（2）课题组于2022年9月对9个模块单元（500L/个）集成梯级贮热装置进行了动态梯级性能测试；测试了配套氟利昂热泵的制热能力；

（3）课题组于2023年4月对6个模块单元（500L/个）梯级贮热装置进行了动态梯级性能和系统水阻力损失测试；测试了配套二氧化碳热泵的制热能力；

（4）课题组于2023年9月对6个模块单元（750L/个）梯级贮热装置进行了动态梯级性能和系统水阻力损失测试；

本标准(智能梯级贮热机组应用技术规程)编制原则主要有以下几点：

目的明确：规范、总结、梳理现有生活热水制热与换热集成技术，并借鉴国际先进经验，将制热换热技术与热媒输配系统进行耦合，最大化降低维护运行成本，实现稳定、舒适的热水系统，并能最大化利用新能源。确保规程能够有效地指导相关工作的开展，提高工作的规范性和效率。

科学性：规程的编制必须基于科研成果、工程实践经验、实验数据，确保规程的内容合理、可行，并能够反映行业最新发展水平。

实用性：规程应针对具体的工程项目示范，充分考虑实际工作需要，确保规程的可操作性和实用性。

系统性：规程应涵盖相关工作的全过程，包括工作流程、操作步骤、技术要求等，确保规程的完整性和系统性。

安全性：规程必须考虑安全因素，确保工作过程中的安全风险得到有效控制，保障工作人员和设备的安全。

规范性：规程应使用标准化的术语和格式，确保规程的规范性和一致性，方便使用者理解和执行。

重要问题的处理：尚需深入研究的有关问题主要有如何因地制宜选择热泵设备，保证梯级贮热装置的出水稳定性和满足热力消毒的温度。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准(智能梯级贮热机组应用技术规程)时能正确理解和执行条款规定，《智能梯级贮热机组应用技术规程》编制组按章节条顺序编制了本标准(智能梯级贮热机组应用技术规程)的条文说明,对条款规定的目的依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目录

[2 术 语 29](#_Toc18092)

[3 基本规定 33](#_Toc3218)

[4设计与计算 36](#_Toc14054)

[4.1 梯级贮热机组耦合空气源热泵设计与计算 36](#_Toc28869)

[4.2 太阳能耦合梯级贮热机组的设计与计算 38](#_Toc20931)

[5自动控制与可靠性 39](#_Toc5994)

[5.1 一般规定 39](#_Toc3906)

[5.2 梯级贮热机组控制 39](#_Toc1346)

[6 安装与调试 41](#_Toc8922)

[7系统调适 41](#_Toc17082)

[9 维护管理 42](#_Toc21195)

[附录A 梯级贮热机组 43](#_Toc1657)

[附录B 梯级贮热机组试验方法 46](#_Toc26366)

# 2 术 语

**2.0.1** 典型的梯级贮热装置系统见图1。贮热单元为闭式系统，在集中热水供应系统动态供水时，每个贮热单元水温不同、形成温度梯度。1~3号贮热罐为低温贮热段，4~6号贮热罐为中温贮热段，7~9号贮热罐为高温贮热段。

|  |
| --- |
| 图1 典型的梯级贮热装置系统原理图 |

**2.0.2** 梯级贮热装置可以与一种或多种新能源系统耦合。可单独与无动力太阳能热水系统、空气源热泵等可再生能源耦合使用。与无动力太阳能热水系统、空气源热泵耦合的典型系统原理见图2。

|  |
| --- |
| 图2 典型的梯级贮热装置耦合无动力太阳能、空气源热泵系统原理图 |

**2.0.3** 智能 IC卡水控机宜采用电线电力供应方式，可采用独立刷卡或手机内置电子卡。典型的智能IC卡水控机安装见图3。智能IC卡水控机利用先进的智能技术，如传感器、数据采集、通信等技术，实现对水源的智能化控制和监测。它可以根据用户的需求进行定时定量供水、防止滥用水资源，并能实时监测用水情况。智能IC卡水控机可以通过网络连接，实现远程监控和管理。

|  |
| --- |
| 图3智能IC卡水控机安装实景图 |

**2.0.5** 绿色低碳建筑配置的主动式可再生能源系统均为增量系统，如果不能在有效建筑生命期内具有良好的节能效果，就会适得其反，因此应进行系统性能检测，全年系统性能系数 COP宜≥2.5才有明显的节能意义。

**2.0.6** 提出贮热单元体“高径比”的概念，参照英国特许建筑服务工程师学会(CIBSE)、英国分散式能源协会(ADE)编著的《热力站标准》（英国供热手册）。“高径比”超过2.0有利于热水分层，有利于提高热水利用率。梯级贮热装置由多个单元组成，可理解为巨型“管道式贮热装置”，其高径比应可达到15~20，减少了冷水混合引起的罐内水温整体下降的负面影响，提高了热水的有效出水率。

根据英国国家物理实验室编写的欧盟环境技术验证试点项目验证报告，“混能/004/VR/NPL混能罐(Mixergy Tank)”，“混能罐”使用新型的入口扩散器和有一定角度的加热元件结构，从而提高了热水分层，对家用热水罐内储存的热水的利用率约33%。进水口处的配置减少了冷水与热水的混合，可提高给定容积的预热式热水罐产生的热水量。

为此，中国建筑设计研究院有限公司与合作企业研制了户式生活贮热装置，类似于热水混能装置，内径150mm，高径比超过15，热水输出率达到98%，见图4。

|  |  |
| --- | --- |
| 图4 户式生活热水贮热装置测试实景图 |  |

2.0.7本条参考《储水式电热水器能效限定值级能效等级》GB21519规定，根据集中热水供应系统的技术要求，梯级贮热机组有效输出热水温度应≥50℃，才能保证系统末端洁具出水温度不低于46℃；因此规定输出水温度比最高温度低10℃。梯级贮热装置系统实测热水输出率约70%~85%。

2.0.8 本条设置电力高温维持装置目的，一是提高热水温度到 55℃~60℃，可以满足系统高温热力消毒的作用，可不再设置专用消毒灭菌装置；二是避免热泵（氟利昂工质）在高温水回水条件下制热性能系数偏低，避免由此造成的投资与效益比例失衡。

# 3 基本规定

3.1.2 结合国内空气源热泵使用特点，做如下说明：

1 夏热冬暖地区氟利昂空气源热泵可作为稳定热源使用；其他地区设置氟利昂空气源热泵时，需要设置辅助热源，工程实践表明设置辅助热源增加了系统复杂性、增加了管理运行成本；本条规定太阳能热水与热泵联用，不再设传统燃油、燃气能源装置，但温度不足时，可设置电力高温维持装置局部加热；

2 二氧化碳热泵已经逐渐得到普及应用，适用于国内所有地区，可稳定供应60℃以上的热水，契合了生活热水的技术特点；

3 基于全寿命周期的低碳设计理念，制热设备不仅仅考虑运行能耗排碳量，也应综合考虑制造、维护、更换等综合排碳量，不同地区、不同设备应有一个合理的匹配量化指标关系。根据资料“家用空调碳足迹及其关键影响因素分析”（孙锌,刘晶茹,杨东,吕彬，中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室），结论如下：

在空调的生产制造阶段,线路板和制冷剂这两个重量比重均不到3%的组分,共产生了接近整个生产制造阶段50%的碳足迹,因此,有必要通过生态设计及使用先进技术等方式来减少这部分材料生产过程对温室效应的影响；

家用空调的碳足迹主要集中在使用阶段,其中,除67%为电力使用外,制冷剂的泄漏产生23%的碳足迹.一方面可以通过使用清洁能源发电和提高能源利用率来减少用电产生的碳足迹,另一方面通过适当的方法避免制冷剂的泄漏也是当务之急；

制冷剂的回收率对减缓废物处理阶段碳足迹的作用最大,提高其回收利用率,可以进一步降低空调生命周期中对温室效应的影响；

通过上述分析，由于二氧化碳工质制取为零排放，对温室效应无影响，从制造层面测算，产品制造本身约占碳足迹的10%，但二氧化碳循环工质就可以减少23%的碳足迹，因此基于碳中和的设计理念，宜推广应用二氧化碳热泵机组。

**3.2.1** 国内市政供水压力一般供应地上10m左右，热水竖向分区均按加压设计可有效减少热水系统竖向分区，有利于简化系统设计，减少设备和管线数量，减少能耗，有利于节能，节能效益远大于利用市政供水的余压带来的效益；另一方面，如果采用市政冷水作为压力源，市政给水力波动较大，或市政管网维修断水时，末端热水出现烫伤事故的概率大增。某些五星级品牌酒店明文禁止采用市政给水作为热水的压力源，冷热水均应集中加压供水。设置集中热水供应的场所一般为居住类建筑，为保证供水的可靠性，生活给水系统宜存储一定水量，也需要二次加压。建议工程采取如下措施：

1）在市政压力供水满足使用压力要求的多层建筑，冷热水系统可采用市政压力统一供水，竖向不分区；

2）供水可靠的特大型城市，需要二次加压供水，推荐采用无负压（叠压）设备统一供水，分区静水压力应符合《建筑给水排水设计标准》第3.4.3条的规定，并有利于冷热水压力平衡；

3）城市供水不可靠时，推荐采用水箱+变频设备二次加压供水，竖向可分区供水，但要确保冷、热水压力同源。

**3.2.2** 酒店、医院、养老设施、公寓、住宅等建筑使用者为住宿生活业态，包括老弱病残孕等特殊人群，需要24小时随时供应热水，因此规定上述场所应采用全日集中热水供应系统；其他场所均为成年人（或有成年人看护）使用，且使用业态允许间断供应，可采用定时集中热水供应系统。

**3.3.1** 热水用水定额取值的合理性直接决定了系统的经济合理性，经过测试与计算，按照《建筑给水排水设计标准》GB 50015的最高日用水定额低限值取值，可满足使用要求。使用智能IC卡水控机计费可有效降低用水定额，为体现学生宿舍室内设置卫生间及淋浴间（居室2~8人不等）带来用水定额的差异性，条文适当放大了用水定额。学生宿舍为公共盥洗间淋浴场所时可取低限值，室内设卫生间及淋浴间时取高限值，最高日用水定额建议值为30~35L。

**3.3.2**机组采用二氧化碳热泵或高温段设置电力高温维持装置，热水温度出水55℃~60℃，可有效抑制细菌繁殖生长，因此做出该规定。单独设置氟利昂空气源热泵的热水机组，热水出水温度一般低于55℃，为避免热水管网中滋生军团菌，需要设置专用消毒灭菌设施。

**3.3.3** 本条规定的目的是要求梯级贮热装置要具备足够的系统高径比，加大贮热单元的热水梯度，提高设备热水输出率，降低热泵回水温度，提高热泵综合性能系数COP值，以利于节能。

**3.3.6** 热水供水水温涉及供水安全、卫生、节能、设备管道使用寿命等诸多因素，为保证热泵的系统性能系数COP值合理性，氟利昂工质热泵设备出水温度不宜超过50℃，冷水防垢要求可适度降低；二氧化碳工质的热泵机组设备出水温度可≥60℃，为保证机组的综合安全和寿命，因此规定冷水总硬度宜小于50mg/L。

空气源热泵热水机组工作原理见图5，鉴于空气源热泵热水机组的特点，为充分发挥梯级贮热的优点，不宜在集中热水系统供应系统贮热设备中再设置间接换热装置，贮热设备内的热水将直接进入热泵机组的冷凝器（壳管式换热器），结垢对热泵机组的使用寿命影响较大，应引起业界高度重视。全国不同地区自来水总硬度分布见图6，全国只有华南地区自来水总硬度小于120mg/L，大部分地区需要进行必要的阻垢、缓垢、软化等技术措施。由于尚缺乏详实、权威的实验数据，资料仅供参考。

参考国外某品牌直接燃烧式锅炉换热器的资料，根据不同水质硬度，采用不同的水流速用于防止结垢；热泵机组冷凝器可采用了不同的流速等设计参数。

|  |
| --- |
| *图5空气源热泵热水器的基本工作原理* |
| 总硬度  图6 全国不同地区自来水总硬度分布图  全国26个省级区划33个采样点（1.哈尔滨 2.长春 3.沈阳 4.锦州 5.北京 6.天津 7.唐山 8.青岛 9.济南 10.石家庄 11.太原 12.呼和浩特 13.兰州 14.西安 15.成都 16.重庆 17.贵阳 18.昆明 19.南宁 20.广州 21.长沙 22.南昌 23.福州 24.三明 25.上海 26.杭州 27.合肥 28.南京 29.安庆 30商丘 31.郑州 32晋城 33.武汉） |

【条文说明】窗体顶端

窗体底端

# 4设计与计算

# 4.1 梯级贮热机组耦合空气源热泵设计与计算

**4.1.1** 本条对机组与可再生能源耦合作如下说明：

1 本规程推荐热水系统采用标准化模块机组，热泵台数不宜太多；每台热泵设置独立的1台热泵循环泵，一是因为热泵加热是在动态变化之中，当不同热泵共用循环泵时，易出现循环水量与热泵制热能力不匹配的现象；二是每台热泵配备一台循环水泵，便于标准化、集成化，方便安装和运行管理；

2 采用直热式空气源热泵可有效提高热水温度，避免贮热装置温度紊乱、保证温度的稳定性，同时减少循环次数，有利于提高系统温度的可靠性；

3 热泵串联运行，高温段系统性能系数COP偏低。在某些工程设计中，出现多级热泵串联应用的案例，COP值偏低，不利于节能。

**4.1.2** 控制每套梯级贮热装置阻力损失有利于热水系统的冷热水压力平衡，当梯级贮热装置阻力损失超过0.02MPa时，应采取合理技术措施。

**4.1.3** 梯级贮热机组耗热量主要设计计算说明如下：

全日集中热水供应系统的热泵设计小时供热量按《建筑给水排水设计标准》GB 50015

规定执行；定时集中热水供应系统的设计小时供热量按定时时间段内平均小时耗热量计算。

**4.1.4** 梯级贮热机组容积其主要设计计算说明如下：

1 建议热泵运行时间在AM0:00-7:00运行，可有效利用低谷电，有利于经济合理性；当贮热装置内热水不能满足供热能力时，开启热泵加热，热泵运行时间不宜超过12小时；

2传统贮热设备高径比较小，一般小于2.0，除开式水箱利用水位控制进水工况外，热水输出率约30%，即放水30%时必须开启热源或热媒进行加热，否则就不能满足供水温度，即不能有效保证热水系统的供热可靠性。

传统能源由于热媒温度较高，且用水定额qr、时变化系数Kh等取值较大，设计冗余量较大，也可以满足实际工程的需要；但当采用可再生能源时，热媒的及时性远不如传统热媒，为满足系统供热需要，需要配备较大的制热设备。尤其是定时集中热水供应系统，需要贮存全部日热水用水量，传统贮热设备热水输出率较低、设备利用效率较低，有悖于绿色节能的理念，同时增加了经济投资和运维管理成本。采用梯级贮热装置可有效减少贮热容积，提高热水输出率。

传统贮热设备热水输出率可按下式计算：

（1）

式中：

tz～ 热水出水停止时贮热装置内平均水温，可取值（50℃）；

tp～ 满足热水出水温度的排出热水量平均水温，可取值（55℃）；

以广州为例，热水温度60℃，热水出水停止时水温50℃，冷水温度取20℃，热水输出率为28.6%。

公式（4.3）中，全日集中热水供应系统设计小时耗热量持续时间T1建议取1~2h。因为梯级贮热具有较好的热水输出率的特性，可有效保证设计小时的用水安全；减少持续时间有利于降低工程设备材料的用量，减少设计冗余量；梯级贮热热水输出率应根据产品实测数据取值，根据实际测试经验，可取65%-70%，远超过传统贮热设备的热水出水率。

3 《建筑给水排水设计标准》GB 50015中规定，定时供应系统均规定全部贮存定时供应时段的热水，存在较多弊端。本规程根据实验数据，规定应考虑供水时段热泵供热能力，且由于梯级贮热具有较好的热水输出率，根据公式计算的容积可满足工程实际耗热量要求，详附录C(工程案例)。按公式（4.4）计算，可有效降低工程设备材料的用量，减少设计冗余量；

定时供应时间建议4-6小时，一般AM7:00-9:00，PM8:00-12:00。

**4.1.5** 本条关于热泵及系统COP说明如下：

1 机组用电量对电气设计产生较大影响，因此应引起设计师足够重视。性能系数COP值受环境气候、回水温度、产品质量、系统设计等多方面因素影响，不同设计人员的取值差异性较大；且目前企业提供的设备COP值，一般指额定工况下的单台测试数值，与集中热水供应系统的在制热系统中的热泵综合COP值存在较大的区别，因此建议空气源热泵等可再生能源制热系统应进行系统检测认证，获得真实的系统COP值，指导设备的设计选型。

2 在气候条件一定时，随着水温的升高，机组COP值逐渐降低。根据某大型企业测试数据，热泵设备在15℃环境温度时，回水温度50℃时，COP值＜3.0，见图7。

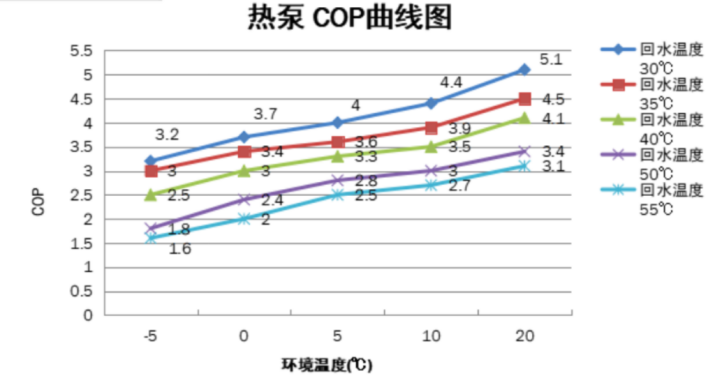


图7某产品不同环境温度下COP值变化曲线图

3 不同企业、在不同环境温度条件下空气源热泵（氟利昂）热水机能效值进行汇总，如图8所示.

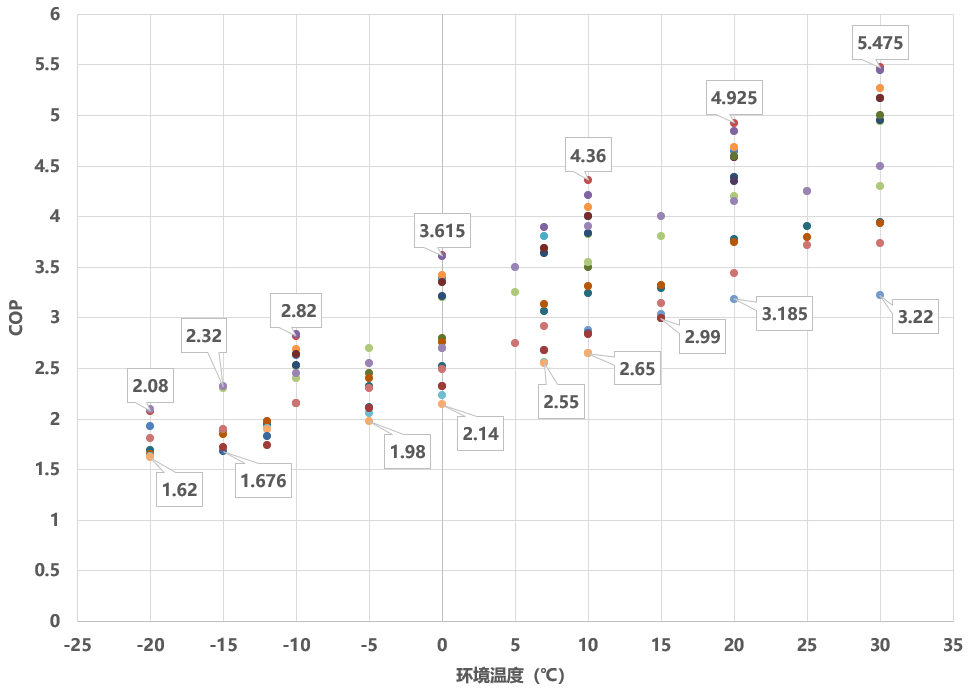


图8 不同产品COP值变化范围图

空气源热泵COP随室外温度的升高而增大，在环境温度＞0℃时节能效益明显，各产品COP均为2.1以上；极端低温环境下（-20℃）COP最低值为1.62，但有部分产品可达到2.0；环境温度为-5℃时，各产能效益提升较为明显，基本大于2.0。

COP随出水温度的升高而降低，六种不同型号空气源热泵热水机组出水温度50℃比55℃的制热COP平均提升幅度约为9.01%；出水温度55℃比60℃的制热COP平均提升幅度约为6.28%；

# 4.2 太阳能耦合梯级贮热机组的设计与计算

4.2.1 根据无动力太阳能系统的特点，静态热媒是指太阳能热水静态贮存在集贮热装置内，与空气源热泵耦合系统时，可与空气源热泵合用循环泵；无动力太阳能系统与其他热源耦合时，可单独设置循环泵间接加热贮热单元热水。

4.2.2 无动力太阳能系统集贮热装置具有较大的贮存容积，可采用反向循环，贮存热泵热水能量，有利于供水安全，减少贮热机组的贮存容积，相应减少机组的复杂性和设备用量、降低排碳量、减少一次性投资。

建议每日下午4：00时，当太阳能贮热装置热水温度≤40℃时，说明当天太阳日照较差，太阳能供热不足，可利用热泵循环泵实现反向循环，将热泵制热量反向贮存在太阳能集贮热装置内，供夜间高峰用热水，提高系统供热能力。

4.2.3 考虑到220V交流电与市政供电联用及使用配套附配件的成熟性和经济性，建议统一采用220V交流电，不宜采用直流电直接加热。采用光伏电池直接驱动热泵技术尚不成熟，且造价较高，目前尚不具备工程应用价值。

# 5自动控制与可靠性

# 5.1 一般规定

可再生能源系统工作寿命的长短，将直接影响系统的节能收益和碳排放水平，所以必须确保系统能够维持合理的工作寿命。为保证系统能够安全、稳定、高效地工作运行，必须保证系统中所采用设备和产品的性能质量，按高限取值。

对可再生能源的工程，普通大众或工程人员认知一般是宏观上的，将一个工程作为整体来认知的；多年来绿色建筑的评价标准和工程实践表明，这种宏观的认知容易流于形式和感性，对实际节能贡献十分有限。而太阳能、热泵等可再生能源利用的工程技术是十分具体的，不仅是在宏观上去认知，更是要从微观上去解构每个设备及附件本身，保证其工作的技术合理性、可靠性和足够长的寿命。主动式节能技术是锦上添花的行为，可再生能源工程技术和设备本身需要较高的制造品质、安装质量、运维制度等，缺一不可，因此本规程从自动控制与可靠性方面提出了具体的要求。

# 5.2 梯级贮热机组控制

5.2.1 定时热水供应系统，建议运行时段为AM7:00-9:00\PM8:00~12.00，运行时间宜为6小时；

5.2.2 制热、贮热系统原理图见图2，机组控制说明应满足下列要求：

1 太阳能热水系统

1. 定时、定温循环加热。当太阳能装置水温TT1与储水罐水温T1≥8℃（可调)，循环泵P1启动，电磁阀D1关闭，电磁阀D2打开；太阳能装置水温TT1与储太罐水温T1≤5℃时（可调)，循环泵停止。

2 梯级制热机组

（1）机组低谷电定时运行，时段AM0:00-6:00，当储水罐水温T1度＜50℃时(可调)，空气源热泵启动，循环泵P1启动；当储水罐水温Tw1≥50时(可调)，空气热泵及循环泵P2停止。

（2）机组定时供应热水时段温度控制，当T8＜45℃时，空气源热泵开启，并联动开启循环泵；电磁阀D2关闭，电磁阀D1打开，T7≥50℃时热泵停泵；

（3）机组末端贮热单元设置电加热装置，当T9＜53℃时，电加热装置开启，T9≥56℃时电加热装置关闭；

（4）控制箱控制屏显示各个贮热单元、太阳能贮热装置温度、热水回水温度，显示水泵启闭状态；显示水流量数据；显示故障位置。

3、光伏系统

1. 光伏发电系统与市电可切换，在出现光伏发电系统输出功率不足、电压过低时自动切换到市电网线路;
2. 交流配电柜应适应于三相低压交电网（AC380/50Hz)，应配置相应电气保护装置;同时配置防雷装置，以防止电网雷击串；
3. 远程监控可连续记录运行数据和故障数，实时显示电站的当天发电总功率、日总发电量、累计总发电量以及每天发电功率曲线图。
4. 远程监控可查看逆变器的运行参数，监控逆器的运行状态，采用声光报警方式提示设备出现故障，可查看故障原因及黄障时闻;
5. 在每个模块机组的中温、高温段设置电加热装置，罐体内温度≥50℃时，电热装置开启，水温≥60℃时，电热装置停止；

4、其他综合控制说明

1. 机组热水系统的用水高峰基本出现在AM7:00-9:00\PM8:00~12:00时段，热泵凌晨

AM0:00-6:00进行工作，可充分利用低谷电，体现更好的经济效益。原则上当太阳能日照较好时段，不应开启热泵，充分利用太阳能资源。

1. 系统控制盘应显示系统、机组进出口压力值；
2. 系统控制盘应显示系统、机组耗电量；
3. 系统控制盘应显示系统、机组性能参数COP值。

5.3.5 常规温度范围：23℃±5℃，常规湿度40%-60%RH；高低温范围：-30℃～70℃，高湿环境：≥85%RH

5.3.8 防护等级IP54可以有效防止灰尘在电气接点间堆积，高湿环境灰尘吸潮导致电气绝缘能力降低；其次电气箱线缆口要达到防止线缆外部水汽凝露后的渗入。

5.3.9 地下建筑落地配电、控制箱柜安装高度要求为防止地面潮湿腐蚀机柜并防止电气绝缘能力降低；箱内壁开孔固定方式易破坏电气箱（柜）防潮、防水等级。

# 6 安装与调试

6.1.7 热水机组制热系统涉及系统设计、产品制造、设备安装等多个环节，现状工程可再生能源利用的工程普遍质量不高，核心原因一是设计与产品制造、运维管理脱节；二是设计制热系统缺少有效技术综合和控制措施，过度依赖企业单一的二次设计；三是工程建设与运维管理脱节等等。

热水机组制热系统形式检验报告借鉴产品的型式检验作法，是由独立第三方[型式检验](https://baike.baidu.com/item/%E5%9E%8B%E5%BC%8F%E6%A3%80%E9%AA%8C/4489311?fromModule=lemma_inlink)机构出具的型式检验结果判定[文件](https://baike.baidu.com/item/%E6%96%87%E4%BB%B6/6270998?fromModule=lemma_inlink)。为了系统认证目的进行的型式检验，检验所需样品数量由检验机构确定和现场抽样封样；检验、取样地点从工程安装的最终产品中随机抽取。

6.2.2 地下车库普遍存在温度超过室外温度的情况，体感闷热，将空气源热泵机组设置于地下车库内，可提升机组制热效率，同时可实现夏季及过渡季地下车库降温功能，减少通风机组能耗，实现节能减排。据测算每4000平方米的地下车库分区，设置100KW功率的空气源热泵热水机组，在夏季可有效降低地下车库内温度4~6℃。当车辆出入频率较低的情况下，可有效减少地下车库机械通风系统的运行时长。

# 7系统调适

7.3.4 系统调适是指通过检查、测试、调整、验证、优化等工作，使建筑机电系统满足设计和使用要求；达到实际工况高效、舒适的程序和方法。调适的主要目的是保证机电系统的整体性能和实际效果满足实际工况和使用要求，更侧重于系统整体性能和控制功能的验证。机电系统调适一般由建设（业主）单位负责，其团队包括建设（业主）单位、设计单位、施工安装单位以及设备和系统供应商等各方参建单位。系统调适贯穿项目整个生命周期，包括竣工验收之前的工作、施工阶段、竣工交付过程中的物业移交培训和建筑使用后的季节性验证调适。

窗体底端

# 9 维护管理

9.0.5 《建筑给水排水与节水通用规范》GB 55020-2021，第9.5.1条规定如下：生活用水贮水箱（池）应定期进行清洗消毒，且生活饮用水箱（池）每半年清洗消毒不应少于1次。梯级贮热机组制热系统为闭式系统，清洗周期可以加长到2年。

# 附录A 梯级贮热机组

1 典型的梯级贮热装置见图

|  |
| --- |
| 图A-1 一体式梯级贮热装置外形图 |
| 图 A-2 一体式梯级贮热机组三维示意图 |

2、 梯级贮热机组应用案例

某职业学校学生宿舍，宿舍人数840人，六层建筑，全部加压供水。定时集中热水供应系统，热水供水时间6小时，冷水计算温度15℃，热水计算温度60℃。采用刷卡式计时收费，热水用水定额取值30(L/d.p)。空气源热泵制热综合性能系数取值COP=3.5，热泵工作时间12h。

主要设计参数：设3个模块机组，每个机组服务人数280人，分别配套1台直热式（氟利昂）热泵、1台循环式（氟利昂）、1台二氧化碳热泵；A楼配套平板型无动力太阳能系统；楼配套太阳能光伏系统及电加热高温维持装置。每个梯级贮热机组模块设9个贮热单元，单个单元容积500L，无动力太阳能系统提供约5000L贮存容积。

系统原理图见图A-3，屋顶设备管道三维图见图A-4。

|  |
| --- |
| 图A-3梯级贮热集成机组布置三维图 |
| 图A-4屋顶设备管线三维图 |

# 附录B 梯级贮热机组试验方法

1 梯级贮热装置实验与测试说明如下：

（1）实验1，梯级贮热装置（9个罐体）全部达到水温55℃时开始放水，热泵停止运行，按出水流量约22L/min放热水，相当于贮热容积的5%V/min；测试工况下60min后，水温低于46℃的部分占整个箱体初始热能的比例约30%。实验数据表明，梯级贮热装置热水输出率约为75%。实验数据见表2，实验装置见图B-1。

|  |  |
| --- | --- |
| 图B-1 实验1现场照片 | 图B-2 实验2现场照片 |

（2）实验2，梯级贮热装置（6个罐体）全部达到水温61℃时开始放水，热泵停止运行，按出水流量约15L/min放热水，相当于贮热容积的5%V/min，61℃/51℃热水出水率65.02% ；61℃/46℃热水出水率88.88%。实验装置见图B-2。

（3）测试数据分析

全日集中热水供应系统采用平均日用水定额计算的梯级贮热和热泵耦合联用的供热能力，可以满足最高日用水定额的设计小时耗热量，因此本规程规定采用平均日用水定额计算相关设备设施。学生宿舍不同用水定额、不同工况的设备计算详表3。

1编号: 全日集中热水供应系统，按传统贮热设备贮存，采用最高日用水定额的上限值；

2编号: 全日集中热水供应系统，按传统贮热设备贮存，采用最高日用水定额的低限值；

2A编号: 定时集中热水供应系统，按传统贮热设备贮存，采用最高日用水定额的低限值；

3编号: 全日集中热水供应系统，采用梯级贮热装置，采用最高日用水定额的中限值；

3A编号: 定时集中热水供应系统，采用梯级贮热装置，采用最高日用水定额的中限值；

4编号: 全日集中热水供应系统，采用梯级贮热装置，采用平均日用水定额的中限值；

4A编号: 定时集中热水供应系统，采用梯级贮热装置，采用平均日用水定额的中限值；

5 编号: 定时集中热水供应系统，采用梯级贮热装置，采用刷卡计时收费用水定额；

采用梯级贮热装置时，实际最大供热能力均大于采用传统贮热设备按最高日用水定额计算的设计小时供热能力；比值均大于200%；

基于以上分析，热水系统的梯级贮热有效供热能力超过定时期间的平均小时耗热量，因此本规程规定参考全日集中热水供应系统，计算定时热水供应系统的梯级贮热容积，可有效满足设计需要。

2 根据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB 55015 ）相关规定，太阳能系统检测包括以下内容：

（1） 应对太阳能热利用系统的太阳能集热系统的热量、集热效率、太阳能保证率进行检测，检测结果应对照设计要求进行核查；

（2）应对太阳能光伏发电系统年发电量和组件背板最高工作温度进行检测，检测结果应对照设计要求进行核查；

（3）测试方法要求系统热工性能检验记录的报告内容应包括至少4d（该4d应有不同的太阳辐照条件，日太阳辐照量的分布范围见国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801～2013附录C），由太阳能集热系统提供的日有用得热量的检测结果，以及集热系统效率和系统太阳能保证率的计算、分析结果。

（4）太阳光伏发电系统年发电量是建筑节能和可再生能源利用的重要指标，应准确掌握其实际运行效果。组件最高工作温度是否符合设计要求是关乎系统能否安全稳定运行的重要参数。

**表2 梯级贮热装置水温梯度测试数据（Tab1** [**Cascade**](https://cn.bing.com/dict/search?q=Cascade&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**temperature**](https://cn.bing.com/dict/search?q=temperature&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**gradient**](https://cn.bing.com/dict/search?q=gradient&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**heat**](https://cn.bing.com/dict/search?q=heat&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**storage**](https://cn.bing.com/dict/search?q=storage&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**unit**](https://cn.bing.com/dict/search?q=unit&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**test**](https://cn.bing.com/dict/search?q=test&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**data**](https://cn.bing.com/dict/search?q=data&FORM=BDVSP6&cc=cn)**）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **低温段** | | | | | | | | | **中温段** | | | | | | | | | **高温段** | | | | | | | | |
|  | **1#水罐** | | | **2#水罐** | | | **3#水罐** | | | **4#水罐** | | | **5#水罐** | | | **6#水罐** | | | **7#水罐** | | | **8#水罐** | | | **9#水罐** | | |
| **时间** | **上** | **中** | **下** | **上** | **中** | **下** | **上** | **中** | **下** | **上** | **中** | **下** | **上** | **中** | **下** | **上** | **中** | **下** | **上** | **中** | **下** | **上** | **中** | **下** | **上** | **中** | **下** |
| 15：30 | 52 | 39.9 | 33.7 | 53 | 52 | 49.6 | 52.7 | 54.2 | 52.6 | 52.7 | 53.1 | 51.4 | 53.7 | 54 | 53 | 54.7 | 54.4 | 52.3 | 55 | 49.5 | 49 | 54.1 | 55 | 54.2 | 55 | 54.6 | 50 |
| 15：50 | 27.2 | 24.3 | 24.3 | 38.2 | 40.4 | 38.3 | 51.8 | 53.3 | 51.7 | 52.4 | 52.9 | 51.3 | 53.4 | 53.6 | 52.5 | 54 | 53.8 | 51.8 | 54.4 | 48.3 | 48 | 54.5 | 54.2 | 52.8 | 54.9 | 54.5 | 50.4 |
| 17：05 | 28.7 | 26 | 24.6 | 32.7 | 31.7 | 31.4 | 44.7 | 42.9 | 41.8 | 49.8 | 50.4 | 49.4 | 52.2 | 52.8 | 52.1 | 53.4 | 53.2 | 51.6 | 53.8 | 47.2 | 47 | 53.6 | 53.5 | 52.2 | 52.8 | 53.8 | 52.6 |
| 17：15 | 29.7 | 27.4 | 27.1 | 30 | 28.7 | 28.8 | 35.7 | 34.1 | 34.5 | 42.6 | 41.6 | 41.1 | 48.3 | 49.4 | 49.3 | 51.6 | 51.4 | 50.4 | 52.9 | 41.4 | 41 | 52.9 | 52.9 | 51.9 | 52.7 | 53.7 | 52.6 |
| 17：25 | 30.4 | 28 | 28.1 | 34.3 | 28.7 | 28.5 | 39.1 | 33.4 | 33.3 | 39.7 | 34.8 | 34.7 | 39 | 40 | 40.4 | 43.8 | 43.6 | 43.4 | 47.9 | 41.8 | 41 | 50.3 | 50.1 | 49.3 | 51.6 | 51.6 | 50.2 |

**表3 不同贮热设备热水有效供热计算分析（Tab2** [**Different**](https://cn.bing.com/dict/search?q=Different&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**calculation**](https://cn.bing.com/dict/search?q=calculation&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**and analysis**](https://cn.bing.com/dict/search?q=and%20analysis&FORM=BDVSP6&cc=cn)**of**[**heat**](https://cn.bing.com/dict/search?q=heat&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**storage**](https://cn.bing.com/dict/search?q=storage&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**devices**](https://cn.bing.com/dict/search?q=devices&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**effective**](https://cn.bing.com/dict/search?q=effective&FORM=BDVSP6&cc=cn)[**heating**](https://cn.bing.com/dict/search?q=heating&FORM=BDVSP6&cc=cn)**the**[**hot water**](https://cn.bing.com/dict/search?q=hot%20water&FORM=BDVSP6&cc=cn)**）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 用水定额(L/d) | 用水人 数 | 每日热泵运行 时间（h) | 每日供水时间（h) | 每日用水量(L/d) | 热水温度 （℃） | 冷水温度 （℃） | 设计小时耗热量(kJ/h) | 标准计算贮存容积V(L) | 热泵小时供热量(kJ/h) | 热泵输入功率(kW) | 热泵 台数（台） | 热泵单台输入功率(kW/台) | 贮热贮存 容积(L)Vr | 热水输出率η1 | 实际供热能力 (kJ/h) | 实际供热量与设计小时 耗热量比例（%） |
| 1 | 120 | 420 | 12 | 24 | 50,400 | 60 | 15 | 1523335 | 5198 | 870477 | 69 | 4 | 17 | 5198 | 0.333 | 1,196,906 | 0.79 |
| 2 | 100 | 420 | 12 | 24 | 42,000 | 60 | 15 | 1269446 | 4331 | 725398 | 58 | 2 | 29 | 4331 | 0.333 | 997,422 | 0.79 |
| 2A | 100 | 420 | 12 | 6 | 42,000 | 60 | 15 | 1318905 | 42000 | 659453 | 52 | 2 | 26 | 42000 | 0.333 | 3,297,263 | 2.50 |
| 3 | 70 | 420 | 12 | 24 | 29,400 | 60 | 15 | 888612 | 3032 | 507778 | 40 | 2 | 20 | 4664 | 0.650 | 1,079,029 | 1.21 |
| 3A | 70 | 420 | 12 | 6 | 29,400 | 60 | 15 | 923234 | 29400 | 461617 | 37 | 2 | 18 | 22615 | 0.650 | 2,615,828 | 2.83 |
| 4 | 50 | 420 | 12 | 24 | 21,000 | 60 | 15 | 634723 | 2166 | 362699 | 29 | 2 | 14 | 3332 | 0.650 | 770,735 | 1.21 |
| 4A | 50 | 420 | 12 | 6 | 21,000 | 60 | 15 | 659453 | 21000 | 329726 | 26 | 2 | 13 | 16154 | 0.650 | 1,868,449 | 2.83 |
| 5 | 30 | 420 | 12 | 6 | 12,600 | 60 | 15 | 395672 | 12600 | 197836 | 16 | 2 | 8 | 5192 | 0.650 | 692,425 | 1.75 |