

国家标准《太阳能中低温蓄热装置》  
(征求意见稿)  
编制说明

标准编制组

## 一、 工作简况

### 1.1 任务来源

太阳能热利用系统主要由太阳能集热系统和蓄热装置组成，目前我国太阳能热利用大多集中在太阳能生活热水领域的应用，相对于出现在某高峰时段的热热水负荷，建筑供暖负荷在一天 24 小时中都具有连续性，不能间断。因此对太阳能供暖空调系统中蓄热装置的要求，将明显不同于一般的太阳能热水系统，而目前缺乏与其相关的标准规范。

2016 年 12 月 21 日，在中央财经领导小组第十四次会议，习近平总书记在会上强调，推进北方地区冬季清洁取暖等 6 个问题，都是大事，关系广大人民群众生活，是重大的民生工程、民心工程。目前，包括京津冀在内的 2+26 污染通道城市及北方供暖地区采取各种措施开展清洁取暖工作，有的采用煤改气，有的采用煤改电等清洁取暖技术，而由于气源紧张，导致部分群众在 2016 年的冬天挨冻，且在农村地区使用具有较高的安全隐患；采用电供暖散热器和空气源热泵来替代散煤燃烧，在寒冷地区需要消耗过多的电力，而各地区电价补贴日趋减少，因此导致运行费用过高，用户承担不起。而太阳能供暖系统不受气源、电力的限制，运行费用低，目前已在我国多地建成并投入应用，但由于很多工程中蓄热装置设计不当、产品性能不佳（如有效蓄热量较低、静置热损失较大等）、产品缺乏规范指导，不能充分发挥太阳能供暖系统的节能效果，本标准的编制将有效引导相关企业规范太阳能供暖蓄热装置的品质提升，为推动更高水平的清洁取暖热源技术的应用做出贡献。

2018 年 12 月 29 日，国家标准化委员会下达了《太阳能中低温蓄热装置》的国家标准制定计划，计划号为 20184476-T-469。本标准由全国太阳能标准化技术委员会（SAC/TC 402）归口管理并组织制定，主要起草单位为中国建筑科学研究院有限公司、中国标准化研究院等。

### 1.2 简要工作过程

#### 1) 前期筹备工作

接到编制任务后，中国建筑科学研究院有限公司立即组织开展前期工作：首先对当前国内外市场上典型的太阳能中低温蓄热装置开展调研和资料收集；其次通过查阅国内外相关文献和标准，梳理相关技术的科学研究和标准编制进

展，并对有效蓄热量、蓄热效率等指标规定及试验方法进行研究总结。

主编单位通过电子邮件、微信公众号等向相关单位以及全行业发送《关于邀请参加国家标准〈太阳能中低温蓄热装置〉编制组的函》，广泛公开邀请符合条件的单位作为参编单位参加该标准的编制工作。同时，主编单位组织相关专家就《太阳能中低温蓄热装置》标准大纲、主要技术难点、需要研究工作、关键时间节点等问题进行了多次讨论，形成了标准编制大纲。

### 2) 编制组成立暨第一次工作会议

2019年7月17日，由中国建筑科学研究院有限公司、中国标准化研究院主编的国家标准《太阳能中低温蓄热装置》编制组成立暨第一次工作会议在北京召开。来自科研单位、高校、国家检测中心、企业等单位的共40余名代表出席了本次会议。

会上，主要起草人介绍了《太阳能中低温蓄热装置》的立项背景、前期工作、国内外研究进展和编制大纲等内容。各编制组成员介绍了在太阳能中低温蓄热技术领域的工作基础，并对编制内容展开了充分的讨论，确定了工作计划和任务分工。

### 3) 编制组第二次工作会议

2019年10月31日，第二次工作会议在北京召开，30余名编制单位代表出席了。本次会议针对《太阳能中低温蓄热装置》的标准草稿及编制说明展开了深入讨论，与会代表针对各章节内容，逐一提出了修改意见，并尽快完成了修改。主编单位会后发布了会议纪要和意见汇总，并于2019年12月底完成了标准草稿的修改与完善。

2020年1月13日主编单位中国建筑科学研究院有限公司组织内部专家，重点对《太阳能中低温蓄热装置》标准草稿中的技术条件和试验方法进行了研究、讨论，编制组成员根据意见再次修改、完善，于2020年4月形成该标准的征求意见稿。

## 1.3 起草单位

主要起草单位包括：中国建筑科学研究院有限公司、中国标准化研究院等。

## 二、标准编制原则和确定主要内容的论据

### 2.1 编制依据和指导思想

1) 本标准的编制严格遵照国家标准《标准化工作导则》GB/T 1.1-2009 中关于格式和内容的要求进行编制。

2) 根据国家标准化管理委员会和国家发展改革委等 16 部委资源节约国家标准制订、修订规划的要求, 结合我国的实际情况及国外先进标准进行编制。

3) 制订工作注重与国内现有标准的协调性, 确保编制内容与太阳能热水系统储热水箱、供冷供热用蓄能设备相关标准规定的内容不发生矛盾。

4) 充分考察我国现有显热蓄热装置、相变蓄热装置的产品现状, 以及蓄热水池、土壤埋管蓄热系统的工程应用, 兼顾现实性和先进性。

## 2.2 标准主要内容及编制说明

### 1 范围

本标准适用于工作温度为 150℃ 以下的太阳能蓄热装置。太阳能中低温蓄热装置主要用于太阳能热水系统和太阳能供暖空调系统。

太阳能热水系统使用的蓄热装置主要是储水箱。目前国内标准将其分为容量不超过 600L 的家用太阳能热水系统储水箱和容量大于 600L 的工程太阳能热水系统储水箱。

太阳能供暖空调系统使用的蓄热装置主要是集成加热、蓄热、供热功能的一体化的显热蓄热装置、相变蓄热装置, 以及应用在大规模供热工程中的蓄热水池和土壤埋管蓄热系统。

### 3 术语和定义

GB/T 28746、GB/T 28745、GB/T 19141、JG/T 299、JG/T 534 已经对有关术语和定义做以规定, 本标准不重复说明, 只保留上述标准中未做规定的, 以及与上述标准规定的术语和定义存在差异的内容, 主要条款说明如下。

#### 3.1 蓄热介质 thermal storage medium

利用物质的蓄能特性, 以显热、潜热形式存储热能的介质。

本条区别于蓄热工质、供热工质等说法。蓄热介质主要是用于以显热、潜热形式实现热能存储的介质。而蓄热工质和供热工质是热量对系统进行输入和输出的载体。

#### 3.2 最大蓄热状态 maximum heat charging state

额定蓄热流量下, 蓄热工质进入蓄热装置的温度达到厂家明示的最高温

度，经换热后，进口温度与出口温度的差值不超过 2℃时，蓄热装置所处的状态。

当蓄热工质进口温度达到厂家明示的最高温度，如 85℃，将热量存储到蓄热介质中后，出口温度降低不超过 2℃，即不低于 83℃时，认为蓄热装置不再具有蓄热能力，达到最大蓄热状态。该状态用于确定蓄热装置的蓄能极限，在热性能试验中使用。

### 3.3 最大供热状态 maximum heat discharging state

额定供热流量下，供热工质进入蓄热装置的温度达到厂家明示的最低温度，经换热后，出口温度与进口温度的差值不超过 2℃时，蓄热装置所处的状态。

3.3 与 3.2 的定义方式相同，由于蓄热介质本身存在温度分层或温度不均匀的现象，因此用来确认蓄热装置是否不再具备有效供热能力的指标，应是参考供热工质的出口温度，而不是蓄热介质的温度。

### 3.4 有效蓄热量 effective heat charge capacity

蓄热装置从最大供热状态开始蓄热，直至最大蓄热状态时所存储的热量，单位为千瓦时（kWh）。

有效蓄热量为蓄热装置单次蓄热过程的最大蓄热量，规定蓄热起始状态为最大供热状态，蓄热终止状态为最大蓄热状态。

### 3.6 有效供热量 effective heat discharge capacity

蓄热装置从最大蓄热状态开始供热，直至最大供热状态时所释放的热量，单位为千瓦时（kWh）。

3.6 与 3.5 的定义方式相同。

### 3.9 静置热损失量 stationary heat loss

有效供热量与蓄热装置蓄满并静置 8h 后的供热量的差值，单位为千瓦时（kWh）。

静置热损失量用于描述蓄热装置向环境中散失的热量。蓄热装置达到最大蓄热状态后，在静置 8h 的过程中，向环境不断散失热量，导致静置 8h 后供热量减少，此时供热量相对于有效供热量亏损的部分即为静置热损失量。

## 4 分类与标记

本条主要根据蓄热介质类型和蓄热装置封装方式来分类。标记由太阳能中低

温蓄热装置代号、封装方式、蓄热介质质量和类型、标定名义有效蓄热量、蓄热工质允许达到的最高蓄热温度五部分组成。对于同时采用相变蓄热介质和显热蓄热介质进行蓄热的蓄热装置，在标记中可以同时说明。例如“200(R)/400(X)”，则可以表示的是显热蓄热介质填充量为 200kg，相变蓄热介质填充量为 400kg。

## 5 要求

### 5.1 总则

太阳能中低温蓄热装置主要用于太阳能热水系统和太阳能供暖空调系统。

5.1.1 对于太阳能热水系统，根据水箱有效容积，以  $0.6\text{m}^3$  为临界点，分为家用太阳能热水系统储水箱和太阳能热水系统工程，在 GB/T 28746、GB/T 20095 和 GB/T 18713 中已有明确规定，参照执行既可。

5.1.2 对于太阳能供暖空调系统，本标准对蓄热装置、蓄热水池、土壤埋管蓄热系统等不同形式的蓄热装置，提出了不同的技术指标要求，详见表 1。另外，本标准在每个条款中，再次用主语说明条款适用的项目。例如“封闭式蓄热装置在 33kPa 真空压力下，不应有影响安全的变形”，该条款只对封闭式蓄热装置适用，开口式蓄热装置、蓄热水池、土壤埋管蓄热系统等则不适用。

表1 用于太阳能供暖空调系统的中低温蓄热装置的要求

序号	要求	蓄热装置		蓄热水池	土壤埋管蓄热系统	
		显热蓄热装置	相变蓄热装置			
1	外观	○	○	—	—	
2	材料	○	○	—	—	
3	蓄热水池补水量	—	—	○	—	
4	热性能	有效蓄热量	○	○	○	○
		蓄热效率	○	○	○	○
		平均供热功率	○	○	—	—
		静置热损失率	○	○	—	—
		单位质量有效蓄热量	—	○	—	—
	相变蓄热装置衰减率	—	○	—	—	
5	耐冻	○	○	—	—	
6	耐真空冲击	○	○	—	—	
7	脉冲压力	○	○	—	—	
8	耐压	○	○	—	○	
9	安全性能	○	○	—	—	
10	压力损失	○	○	○	○	

注：“○”为适用；“—”为不适用。

### 5.5 热性能

5.5.1 有效蓄热量直观表示了太阳能中低温蓄热装置的蓄热能力，为了便于与其他能源输入形式的蓄热装置（例如电蓄热）进行对比，规定有效蓄热量的单位是千瓦时（kWh）。有效蓄热量的测量值应不低于标称值的95%。

5.5.2 蓄热效率指的是有效供热量与有效蓄热量的比值，蓄热效率不可达到100%，不仅是因为蓄热装置会向周边环境中散失热量，还可能因为蓄热装置自身构造导致蓄热介质温度分布不均匀，从而使蓄能无法被充分利用。蓄热效率的测试值应不低于标称值，当无标称值时蓄热效率应不低于90%。

5.5.3 本标准规定的是平均供热功率，指的是单位时间内蓄热装置对外的供热量，表示蓄热装置的供热能力。而相比之下蓄热侧的功率一般显著受到太阳能集热系统工况的影响，在不同地区、不同工况下使用有较大差别，因此本标准不对平均蓄热功率提出要求。

#### 5.5.4 静置热损失率

蓄热装置的总蓄热量与总供热量的差值，包含蓄热装置向环境中散失的热量，以及由于蓄热装置自身构造导致无法被利用、但仍然存储在装置中的热量，主要体现在是温度分层、相变蓄热介质性能衰减等现象。因此本标准中的静置热损失量是取两种供热量的差值，即有效供热量与蓄热装置蓄满并静置8h后单次供热量的差值，而不是总蓄热量与总供热量的差值。静置热损失率则是静置热损失量与有效供热量的比值，用于描述静置过程中供热能力的衰减。

#### 5.5.6 相变蓄热装置衰减率

相变蓄热装置经过连续反复的蓄热-供热试验，蓄热介质的相变次数达到厂家推荐的次数后，利用最后一次供热量的测试值和有效供热量，得出相变蓄热装置的衰减率。

相变蓄热装置衰减率是指相变蓄热装置整体的衰减性能，而不是相变蓄热介质的衰减性能。相变蓄热装置整体热性能的衰减程度不同于相变蓄热介质的衰减程度，更能说明装置的热性能耐久性，以及长期使用过程中存在的问题，该指标要通过持续、反复的蓄热-供热试验获得，相变次数由厂家自行提供。

### 5.9 耐压

本条对不同的蓄热形式给出不同的试验压力要求，规定在试验压力下应无渗透、变形或裂纹现象。本条适用于：1) 蓄热装置，总体原则是对于闭式承压的装置、换热器、管道，试验压力应达到1.5倍的额定工作压力；而对于开口式

非承压的装置，则试验压力为 0.065Mpa 即可。特别地，很多开口式蓄热装置中，内置的换热器和连接管道可能是承压运行的，此时还需要按照承压系统的要求，对其单独测试。2) 土壤埋管蓄热系统中土壤埋管的试验压力参考《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 制定。

## 6 试验方法

### 6.1 总则

总则规定了用于太阳能热水系统的储水箱和用于太阳能供暖空调系统的中低温蓄热装置应该依据不同的试验方法。

用于太阳能热水系统的储水箱，有效容积不大于  $0.6\text{m}^3$  的家用太阳能热水系统储水箱应按照 GB/T 28745 的进行试验。有效容积大于  $0.6\text{m}^3$  的太阳能热水系统工程储水箱应按照 GB/T 20095、GB/T 18173 的进行试验。

用于太阳能供暖空调系统的中低温蓄热装置，应依据本章 6.2~6.11 的方法试验。6.2~6.11 与 5.2~5.11 一一对应。因此不同蓄热装置形式根据对应的技术要求，参照不同的试验方法。例如蓄热水池、土壤埋管蓄热系统不适用于耐冻、耐真空冲击的技术要求，因此同样不适用于对耐冻、耐真空的试验方法。

### 6.4 蓄热水池补水量

蓄热水池对渗水量的要求更高，GB 50141 规定了满水试验的方法，根据该方法进行满水试验后应确保水池无渗水，这是补水量测试的前提。另外，试验前应保蓄热水池预留孔洞、预埋管口及进出水口能安全承受试验压力，给水、排水系统对应闸门无渗漏，处于正常的工作状态。补水量的测试通过连续测试和记录补水泵或补水管的水量计算获得，测试时间不应少于 10 天。补水流量的累计值为蓄热水池的总补水量。

### 6.5 热性能

5.5 节“热性能”的全部指标，均根据本条提出的热性能测试方法获得的。本节篇幅较长，采用规范性附录的形式说明。详见附录 A（规范性附录）热性能试验方法。

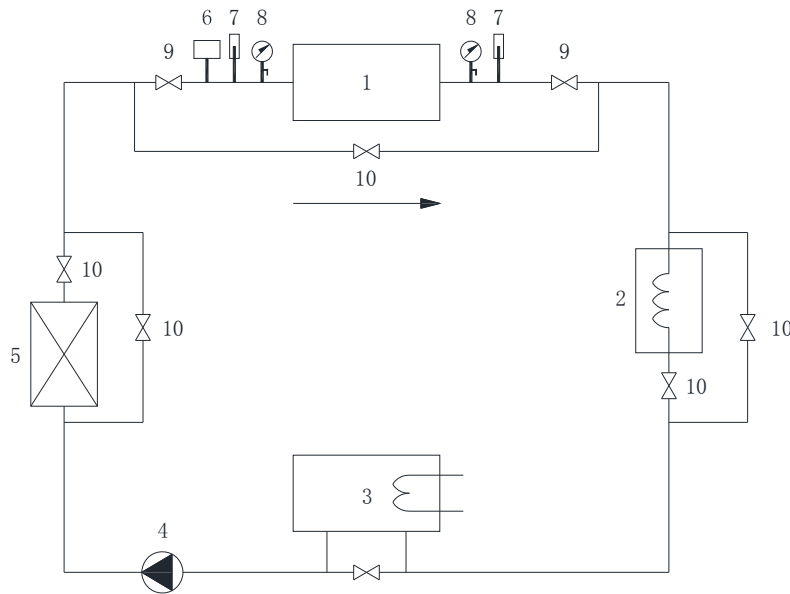
#### A.1 试验原理

热性能测试的关键点在于测试蓄热量和供热量，本标准采用了间接测试方法测试热量，测试系统采用流量温度法原理搭建，即通过传热介质的进口、出口温差和流量计算出热量，试验过程中需要对蓄热工质进口温度或供热工质进口



温度进行控制。图 A.1 是传热工质为液体的流量温度法测试示意图（传热工质为气体时参照执行），采用了先冷却，后经过一次加热初步控温、二次加热精准控温的方法来实现进口温度调节，变频水泵可以根据不同蓄热装置的要求调节传热工质的流量。

试验过程中，蓄热试验和供热试验是依次、交替进行的，包括预运行试验也是先完成蓄热试验，再完成供热试验的过程。因此蓄热试验时，只需将流量温度法测试系统接入蓄热装置的蓄热侧进出口，同理在供热试验工况，将流量温度法测试系统接入蓄热装置的供热侧进出口，以便精简检测系统的规模。



1—太阳能中低温蓄热装置；2—冷却装置；3—一次加热装置；4—循环泵；5—二次加热装置；6—流量传感器；7—温度传感器；8—压力表；9—进出口阀门；10—旁通阀门。

**图A.1 液体流量温度法测试原理**

### A.3 试验方法

#### A.3.1 预运行试验

在热性能试验前应至少进行 2 次预运行试验，预运行试验实质上也是先蓄热再供热的试验过程，预运行试验主要有 2 个目的：

1) 使蓄热装置保持在正常的工作运行状态。研究发现，蓄热装置在启动后和关闭前的状态下，热性能测试结果相比正常工作状态偏差较大，因此不宜将前两次的蓄热-供热过程的数据直接用于计算各项热性能指标，但预运行试验过程中的数据可以记录，并作为参考。

2) 通过预运行试验获得最大供热状态。蓄热量的测试是以最大供热状态结

束的，供热量的测试是以最大供热状态开始的，因此最大供热状态对测试的影响很关键。最大供热状态指的是蓄热装置持续供热，直至不具备供热能力时的状态，因此需要一个动态过程获得，判断的标准是供热工质的进出口温度偏差。例如，厂家规定供热侧进口温度为 30℃，随着蓄能量不断被利用，出口温度直至降低到不足 32℃时，则认为蓄热装置不再具备供热能力。但是此时蓄热装置内部的蓄热介质仍然很有可能由于温度分布不均匀，导致局部温度高于 32℃，但是从应用的角度，该部分热量也无法被有效利用，所以认为这时蓄热装置已经达到最大供热状态了。

在每一次单蓄热试验和单供热试验结束后，还应该将系统稳定 20min，使其达到相对稳定的状态，再开展下一阶段的试验。

预运行试验的过程如下：

A. 3. 1. 1 流量温度法测试系统接入蓄热侧进出口，开启蓄热管路阀门，关闭供热管路阀门；

A. 3. 1. 2 启动蓄热循环水泵，调节蓄热流量达到额定工况，控制进口温度从厂家明示的最低温度开始，每间隔 1 小时将进口温度升高 10℃，直至进口温度达到厂家明示的最高温度，控制温度精度为±0.5℃，对太阳能中低温蓄热装置进行阶梯式蓄热；

A. 3. 1. 3 当蓄热工质的进口温度达到最高温度，且太阳能中低温蓄热达到最大蓄热状态时，关闭蓄热侧阀门，并将太阳能中低温蓄热装置稳定 20min；

A. 3. 1. 4 将流量温度法测试系统接入供热侧进出口，开启供热管路阀门，关闭蓄热管路阀门；

A. 3. 1. 5 启动供热循环水泵，调节供热流量达到额定工况，控制进口温度为厂家明示的最低温度，当厂家无明示要求时，控制进口温度为 30℃，控制温度精度为±0.5℃，对太阳能中低温蓄热装置进行连续供热；

A. 3. 1. 6 当供热工质的进口温度为最低温度，且太阳能中低温蓄热达到最大供热状态时，关闭供热侧阀门，并将太阳能中低温蓄热装置稳定 20min；

A. 3. 1. 7 再次执行 A. 3. 1. 1~A. 3. 1. 6 的过程，并完成至少 2 次预运行试验。

蓄热试验、供热试验、静置热损失率试验、相变蓄热装置衰减率试验都是基于预运行试验中的蓄热、供热过程来进行的，按照标准执行既可，不做赘述。

## 6.9 耐压

这里对于中温蓄热装置，液态工质可能会选用导热油等流体，为方便试验，在耐压试验中全部使用水作为传热工质进行试验。试验过程中应检查蓄热装置有无渗漏、变形或裂缝状况，试验结果注明试验的压力值、环境温度、试验持续的时间。

### 三、 主要试验（或验证）的分析、综述报告、技术经济论证，预期的经济效果

蓄热装置或系统对于太阳能热利用系统中可以有效地缓解能量生产与能量消费非同步性引起的供需矛盾，提高系统变工况调节能力，尤其是对于有连续供热需求的采暖系统。不同种类的太阳能中低温蓄热装置具有不同的适用性：

1) 显热蓄热装置或系统主要利用加热蓄热介质使其温度升高而蓄热，蓄热水箱是最广泛应用的蓄热装置，小型水箱可认为温度分布均匀，大型水箱则需在应用和检测过程中考虑温度分层现象。对于中温储热工况，蓄热水箱需要封闭式高压处理，温度过高时，适宜选用岩石或无机氧化物等材料作为蓄热介质，从而提高单位质量蓄热能力，避免高压、腐蚀、泄露等问题。

2) 潜热蓄热装置及系统通过加热蓄热介质到相变温度时吸收的大量相变热而蓄热，具有蓄热量大、相变过程温度波动小、化学稳定性和安全性好等优势，但相变时液固两相界面处的热传导效果较差。太阳能热利用系统主要应用的是有较大密度和潜热的中高温相变材料，蓄热形式主要为固-液相变和固-固相变。相变储热装置的储热器和热交换器一般结成一体，在储热、供热时同步进行热交换。

3) 季节性蓄热系统的蓄热容积较大，能量补充与释放循环周期比较长，可用于平衡季节性能量需求与供给的关系。它可以利用地下湖泊、含水层、地埋水箱、具有浓度梯度的盐水池、冰、土地、岩石等进行蓄能。在工程中的应用包括蓄热水池、地热埋管、地下水箱、地下沙水窖等，前两者是应用最广泛的系统形式，重点要考虑补水量、耐压性等与供热稳定性有关的技术问题。

### 四、 采用国际标准和国外先进标准到程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本标准编制时，充分调研了国内外现状和同类标准，注重与现有标准的协调性，确保编制内容科学、合理、可行。

## **五、与现行法律、法规和强制性国家标准的关系**

本标准与现行法律、法规和标准没有冲突。本标准的技术要求、试验方法和检验规则等与现行国标、行业、地方等标准有较好的协调性。

## **六、重大分歧意见的处理经过和依据**

本标准无重大分歧意见。

## **七、国家标准作为强制性或推荐性国家标准的建议**

建议本标准作为推荐性国家标准发布。

## **八、贯彻国家标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）**

建议标准发布后，针对标准不同的使用对象有侧重点的进行培训和宣传。

标准起草组

2020年4月