

ICS 27. 220

CCS F 10

CSTA

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟标准

T/CSTA 20-2023

长周期显热储热系统设计规范

Code for design of long-term sensible heat storage system

2023-01-11 发布

2023-02-11 实施

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟 发布

目次

目次.....	III
前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 总则.....	3
5 长周期水箱储热系统设计.....	4
6 长周期地埋管储热系统设计.....	6
7 长周期水池储热系统设计.....	8

前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由国家太阳能光热产业技术创新战略联盟提出。

本文件由国家太阳能光热产业技术创新战略联盟归口并解释。

本文件参加起草单位：清华大学、中国科学院电工研究所、日出东方太阳能股份有限公司、**内蒙古富龙供热工程技术有限公司**、北京中环合创环保能源科技有限公司、首航高科能源技术股份有限公司、有研工程技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：杨旭东、王志峰、郭放、杨铭、焦青太、原郭丰、杨军峰、许道金、李鹏超、李豪举、方豪、赵庆伟、张俊月、季宇、朱永利、高峰、曾炜锋。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至国家太阳能光热产业技术创新战略联盟秘书处（地址：北京市海淀区中关村北二条6号，100190，网址：<http://www.cnste.org>，邮箱：cnste@vip.126.com）。

长周期显热储热系统设计规范

1 范围

本文件规定了长周期显热储热系统的术语和定义、总则、长周期水箱储热系统、长周期地埋管储热系统、长周期水池储热系统的设计要求。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1576 工业锅炉水质

GB/T 8175 设备及管道保温设计导则

GB/T 12936 太阳能热利用术语

GB/T 17643 土工合成材料 聚乙烯土工膜

GB/T 17638 土工合成材料 短纤针刺非织造土工布

GB/T 19470 土工合成材料 塑料土工网

GB/T 28737 太阳能热水系统（储热水箱容积大于0.6m³）控制装置

GB/T 28799 冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统

GB/T 40517 太阳能中低温蓄热装置

GB/T 50021 岩土工程勘察规范

GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范

GB 50010 混凝土结构设计规范

GB 50011 建筑抗震设计规范

GB 50027 供水水文地质勘察规范

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50366—2005 地源热泵系统工程技术规范

GB 51247 水工建筑物抗震设计标准

CJJ/T 81 城镇供热直埋热水管道技术规程

JC 934—2018 预制钢筋混凝土方桩

SY/T 0320—2010 钢质储罐外防腐层技术标准
SL 252 水利水电工程等级划分及洪水标准
SL 203 水工建筑抗震设计规范
SL 744 水工建筑荷载设计规范
SL 189 小型水利水电工程碾压式土石坝设计规范
SL 328 水利水电工程设计工程量计算规定
ISO 9488 太阳能—词汇 (Solar energy—Vocabulary)

3 术语和定义

GB/T 12936、GB 50366、GB/T 17643、GB/T 17638、GB/T19470、ISO 9488、GB/T 40517界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

长周期显热储热系统 long-term sensible heat storage system

能够将热量以显热的形式进行一个月以上的存储,并在需要进行热量提取用于满足建筑采暖或其他用热需求的一类技术的统称。

3.2

长周期水箱储热系统 long-term water tank heat storage system

以水箱作为储热装置的长周期显热储热系统。

3.3

长周期地埋管储热系统 long-term borehole heat storage system

以岩土体为蓄热介质,地埋管换热器为换热设备的长周期显热储热系统。

3.4

水池长周期储热系统 long-term pit heat storage system

以人工储热水池作为储热装置的长周期储热系统。

3.5

充热 heat charging

热量从热源侧交换至储热体内部,储热体内能增加的过程,称为充热。

3.6

放热 heat discharging

热量从储热体交换至热用户侧,储热体内能减少的过程,称为放热。

3.7

充热功率 heat charging rate

储热体在单位时间内的充热量，单位为 W。

3.8

放热功率 heat discharging rate

储热体在单位时间内的放热量，单位为 W。

3.9

总充热量 total heat charging capacity

经过一个完整的运行年，长周期显热储热体输入热流的累积值，单位为 GJ 或 kW·h。

3.10

总放热量 total heat discharging capacity

经过一个完整的运行年，长周期显热储热体向热用户输出热流的累积值，单位为 GJ 或 kW·h。

3.11

总热损失量 total heat loss

经过一个完整的运行年，通过长周期显热储热体外表面流失热量的累积值，单位为 GJ 或 kW·h。

3.12

全年热损失率 Annual heat loss ratio

储热体在一个完整的运行年内的总热损失量与总充热量的比值，用百分比（%）表示。

3.13

全年热效率 Annual thermal energy efficiency

储热体在一个完整的运行年内的总放热量与总充热量的比值，用百分比（%）表示。

4 总则

4.1 长周期显热储热系统可行性研究报告编制前，应进行工程场地勘察，获取系统现场的水文地质资料。

4.2 长周期显热储热系统初步设计前，宜通过调查获取系统所在地典型年逐时气象数据，气象数据应至少包含如下信息：

- 1) 室外干球温度；

2) 太阳能水平面总辐射强度;

3) 风向及风速。

4.3 长周期显热储热系统初步设计前,宜进行建筑动态热负荷计算,计算总时长应至少包含一个完整采暖季,时间步长不应大于1小时。

4.4 宜结合热源及负荷特性,开展动态模拟,确定长周期显热储热系统控制逻辑及参数。

4.5 热源与长周期显热储热系统宜采用直接连接,减少中间换热环节。

4.6 长周期显热储热系统应设置自动监控系统,并具备报警供能,能对各类系统运行错误进行自动报警,日志记录。

4.7 长周期显热储热系统的设计应综合考虑施工安装和系统运行维护的便利性和可靠性的要求,尽可能降低系统施工和运行成本。

4.8 长周期显热储热系统经过三年运行后,其全年热效率与标称值的偏差不应高于 $\pm 5\%$ 。

4.9 长周期显热储热系统的设计除应符合本规范5、6、7章外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

5 长周期水箱储热系统设计

5.1 材料

5.1.1 长周期储热水箱主体材料符合下列规定:

1) 储热水箱主体材料宜使用混凝土、不锈钢、碳钢或搪瓷材质;

2) 储热水箱主体材料的长期耐温上限应高于蓄热介质最高设计工作温度 5°C 以上。

5.1.2 储热水箱内、外壁应长期耐腐蚀,对不具有防腐性能的内外壁材料应使用防腐涂料,同时设置防虫防鼠等防护措施。其中,钢质储罐外防腐层材料选择及结构设计应满足SY/T 0320—2010中第2章和第3章的规定。

5.1.3 储热水箱外保温隔热材料应满足如下要求:

1) 保温材料应能够长期安全可靠工作于储热水箱的设计最高温度条件下;

2) 应使水箱的平均热损换热系数不大于 $0.045\text{ W}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$;

3) 保温材料吸水率应不大于 5% 。

5.1.4 对于采用内壁防腐材料的储热水箱,其防腐材料应满足如下要求:

1) 防腐涂料应耐碱腐蚀,保证储热装置不因腐蚀而损坏;

2) 在周期性温度波动下,防腐材料不出现损坏、脱落。

5.1.5 储热水箱中水质应满足 GB/T 1576 的规定。

5.2 水箱设计

5.2.1 碳钢、不锈钢或搪瓷水箱的单体体积不宜大于 5 万 m³。

5.2.2 混凝土水箱单体体积不宜大于 10 万 m³。

5.2.3 应采取安装布水器等措施，保证沿水箱高度方向具有良好温度分层特性。

5.2.4 在储热水箱中设置的布水器管路均应设置保温结构，且保温结构外应设置防水结构。

保温材料的选择及保温层做法应满足 GB/T 8175 的规定。

5.2.5 与储热水箱相连的管路应设置保温层，保温材料的选择及保温层做法应满足 GB/T 8175 的规定。

5.2.6 与储热水箱相连的直埋管路应设置保温防水结构，保温防水结构设计应满足 CJJ/T 81 的规定。

5.2.7 在储热水箱顶部应至少均匀开设 2 个人孔，人孔顶部及四周需设置保温结构。

5.2.8 储热水箱应设置排污系统，定期排除水箱底部的杂质。

5.2.9 水箱附属零部件设计应便于更换。埋地水箱应设置检修通道。

5.2.10 储热水箱应设置自动补水装置，补水装置应配套水处理设备，自动补水装置与水箱液位联动。

5.3 安全性设计

5.3.1 储热水箱宜采用非承压式水箱。在水箱的顶部应具有至少 2 个开口面积不小于 300mm² 的通气孔与大气相通，中间不得设置阀门，通气孔设置防尘罩。

5.3.2 储热水箱应能够抗震 8 级。其中，混凝土储热水箱防震措施及做法应满足标准 GB 50011 的要求，支撑方桩结构设计应满足标准 JC 934—2018 中第 5 章和第 6 章的规定。

5.3.3 储热水箱应设置泄洪通道。

5.3.4 对埋于地下的储热水箱，应根据顶部最大承重载荷进行水箱支撑结构设计。

5.3.5 储热水箱取水泵安装高度应满足水泵的汽蚀余量要求，同时，应至少低于储热水箱最低液位 10 cm。

5.3.6 储热水箱高于其周围建筑物时，应设置防雷设施。防雷设施应满足 GB 50057 的规定。

5.3.7 采用混凝土作为储热水箱的主体材料时，应充分考虑水箱内温度不均匀及水温波引起的膨胀损坏问题。

5.3.8 混凝土储热水箱结构设计应满足 GB 50010 的规定。

5.4 监控系统设计

5.4.1 沿储热水箱高度方向，应均匀布置至少 3 个温度测点，分别位于水箱的上部、中部和下部。

5.4.2 应使用液位传感器对储热水箱液位进行检测，液位探头至少位于水箱液面以下 1.5m。液位传感器精度宜达到 0.2 级。

5.4.3 位于储热水箱内的温度及液位传感器，应能够长期稳定工作于水箱设计工作环境下。

5.4.4 长周期水箱储热系统的传感器及控制设备应满足 GB/T 28737 的规定。

6 长周期埋管储热系统设计

6.1 一般规定

6.1.1 埋管长周期储热系统勘察应满足 GB 50021 和 GB 50027 的规定，获得地质勘察资料应满足 GB 50366—2005 第 3.2.2 条的规定。

6.1.2 埋管长周期储热工程不应在下列区域开展：

- 1) 存在既有地下管线及构筑物的区域；
- 2) 地下具有承压含水层的区域；
- 3) 地下水径向流速高于 1m/s 的区域；
- 4) 地下结构具有蒸发岩层的区域。

6.1.3 埋管长周期储热系统设计前，应先获取埋管区域的岩土体热物性参数。所获取数据至少应包括：岩土体导热系数、岩土体密度、比热容。若埋管区域已具有权威部门认可的热物性参数，则可直接采用已有数据。否则应按照 GB 50366—2005 规定的测试方法进行岩土热响应测试。

6.2 材料要求

6.2.1 埋管长周期储热系统所使用的管材及管件应符合下列规定：

- 1) 埋管管材不宜采用聚氯乙烯管，宜采用耐高温非交联聚乙烯管，选用的管材应符合 GB/T 28799 的规定；
- 2) 管材、管件的化学稳定性好，耐腐蚀，不与地下水及埋管周边土壤发生化学反应；

3) 管件与管路应采用相同材料;

4) 应校核地埋管在最大设计承压条件下的耐温上限是否满足设计要求, 据此确定地埋管管材及管壁厚度。

6.2.2 宜选择水作为地埋管内的换热工质, 当存在冻结风险时, 应在换热工质中加入防冻剂, 可选用的防冻剂包括: 甲醇、乙醇、乙二醇、丙醇、丙二醇、氯化钠、氯化钙、醋酸钾和碳酸钾。添加防冻剂后的传热介质的冰点宜比设计最低运行温度低 3-5℃。

6.2.3 应根据地质特征确定回填料配方, 回填料的导热系数不应低于钻孔外岩土导热系数。

6.3 地埋管换热器设计

6.3.1 地埋管换热器应选用垂直埋管换热器。

6.3.2 长周期地埋管储热系统的储热体积不宜小于 10 万 m³。宜根据储热系统的全年热效率、可使用土地面积及系统经济性综合确定储热体积。

6.3.3 进行地埋管换热器设计时, 环路集管不应包括在地埋管换热器的有效换热长度内。

6.3.4 钻孔孔径不宜小于 0.1 m。

6.3.5 地埋管换热器宜采用同程式布置, 各支路长度的不平衡率应小于 10%。

6.3.6 地埋管换热器钻孔回填方案应符合 GB 50366—2005 第 4 章的规定。

6.3.7 地埋管换热器宜采用变流量设计, 最低设计流速应保证管内流体处于紊流流态。

6.3.8 地埋管换热器宜设置自动脱气装置。

6.3.9 地埋管换热器宜设置反冲洗装置, 冲洗流量宜为工作流量的 2 倍。

6.3.10 宜采取必要措施, 保证储热体内部形成中心温度高、周围温度低的温度梯度分布。

6.4 安全性设计

6.4.1 若热源或热用户侧的最高运行压力超过地埋管的耐压上限, 则应设中间换热器将地埋管换热器与热源或热用户间接连接。

6.4.2 长周期地埋管储热系统应设置自动补液系统, 补液系统应配置符合要求的水处理系统。

6.4.3 地埋管换热器环路集管应位于冻土层 0.5m 以下, 且水平集管距离地面的深度不宜小于 1.5m。

6.5 监控系统设计

6.5.1 宜在储热体内部设置不少于 3 口测温钻孔，对埋管区域的土壤温度进行监测。所选择测温钻孔的安装位置宜能够代表储热体内部不同分区的平均温度。不宜将温度测点放置于安装有埋管的钻孔内。

6.5.2 地温监测传感器可直接与岩土或钻孔回填料接触，也可安装在保护套管内。当地温监测传感器安装在保护套管内时，宜使用导热介质密封传感器与保护套管之间的空隙。

6.5.3 除土壤温度外，还应对埋管长周期储热系统的下列运行参数进行监测：

- 1) 埋管换热器的进出水温度；
- 2) 埋管换热器的循环流量；
- 3) 埋管换热器的进出水压力。

7 长周期水池储热系统设计

7.1 一般规定

储热水池应至少包括下列部件：水池基础、防水层、保温层、顶盖（含防护层）、排水系统、人孔装置、进出水装置（含布水器）。

7.2 材料要求

7.2.1 储热水池进出水装置及布水器应采用防腐材料，并与水质 PH 值匹配。

7.2.2 储热水池防水层和保护层均应采用土工膜，并满足如下要求：

- 1) 防水层土工膜的物性参数需符合 GB/T 17643 的规定；
- 2) 池体温度在 70℃ 以上时，应选用高温土工膜材料，以确保土工膜在其工作温度条件下，达到十年以上的使用寿命；
- 3) 防护层土工膜应采用耐紫外线土工膜；
- 4) 土工膜材料应不与储热水池内的水发生化学反应；
- 5) 土工膜的防渗系数应低于 $2 \times 10^{-17} \text{cm/s}$ ；
- 6) 土工膜宜和土工网、土工布配合使用，以保护土工膜，土工网、土工布的材料应符合 GB/T 17638、GB/T 19470 的规定。

7.2.3 储热水池保温材料应满足如下要求：

- 1) 保温材料应能够长期安全可靠工作于储热水池的设计最高温度条件下；
- 2) 应使储热水池的平均热损换热系数不大于 $0.045 \text{ W}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$ ；

3) 保温材料吸水率应不大于 5%;

4) 保温材料的抗压强度应不小于 0.3Mpa, 以防受到压缩载荷时产生开裂, 破坏保温结构。

7.2.4 储热水池内的水质应满足如下要求:

1) PH 值介于 7~10 之间;

2) 硬度应低于 3mmol/L。

7.3 储热水池设计

7.3.1 储热水池区域下的软弱土、暗塘、暗沟及生活垃圾等均应清除, 并应采用素土配砂石或灰土分层压实, 压实后地基土的力学性质与同一基础下未经处理的土层相一致, 当清除有困难时, 应采取有效的处理措施。

7.3.2 水池整体尺寸设计宜采用土方堆砌围堰法, 将地表以下开挖的土方堆砌围堰于地表以上, 并夯实。

7.3.3 储热水池的池体设计应满足 SL 252、SL 203、SL 744、GB 51247、SL 189、GB/T 50290、SL 328 的各项规定。

7.3.4 储热水池应设置自动补水装置, 补水装置应配套水处理设备, 自动补水装置与水池液位联动。

7.3.5 储热水池应设置人孔, 人孔四周需设置保温装置。

7.3.6 应采取安装布水器等必要措施, 保证沿水池高度方向具有良好温度分层特性。

7.3.7 保温材料敷设于储热水池顶盖防水层与保护层之间, 不允许有较大位移。

7.3.8 水池储热体积不宜小于 1 万 m³。

7.4 安全性设计

7.4.1 储热水池的进出水管和防水层应采用密封结构, 以避免水向基础的渗漏。

7.4.2 储热水池应设置排气装置。

7.4.3 储热水池坡度比宜满足边坡坡度的基高与底宽之比不大于 1/2。

7.5 监控系统设计

7.5.1 沿储热水池高度方向, 应均匀布置不少于 3 个温度测点, 分别位于水池的上部、中部和下部。

7.5.2 应使用液位传感器对储热水池液位进行检测，液位探头至少位于水箱液面以下 1.5m。
液位传感器精度宜达到 0.2 级。

7.5.3 位于储热水池内的温度及液位传感器，应能够长期稳定工作于水池设计工作环境下。

7.5.4 长周期水池储热系统的传感器及控制设备应满足 GB/T 28737 的规定。
