|  |  |
| --- | --- |
|  | **CSTA** |
| **国家太阳能光热产业技术创新战略联盟标准** |
| T/CSTA xx-2022 |

长周期显热储热系统设计规范

Design code for long-term sensible thermal energy storage system

|  |  |
| --- | --- |
| ×××× - ×× - ××发布 | ×××× - ×× - ××实施 |
| 国家太阳能光热产业技术创新战略联盟发布 |

**目** **次**

[前 言 III](#_Toc113982041)

[1 范围 1](#_Toc113982042)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc113982043)

[3 术语和定义 2](#_Toc113982044)

[4 总则 3](#_Toc113982045)

[5 水箱长周期储热系统设计 4](#_Toc113982046)

[6 地埋管长周期储热系统设计 6](#_Toc113982047)

[7 长周期水池储热系统设计 8](#_Toc113982048)

[条文说明 1](#_Toc113982049)0

前 言

本标准依据《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》（GB/T1.1-2020）给定的规则起草。

本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由国家太阳能光热产业技术创新战略联盟提出。

本标准由国家太阳能光热产业技术创新战略联盟归口并解释。

本标准参加起草单位：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、内蒙古供热工程技术中心、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……

本标准主要起草人：杨旭东、王志峰、郭放、杨铭、焦青太、原郭丰、杨军峰、许道金、李豪举、李鹏超、方豪、张俊月、李占海、朱永利、高峰、曾炜烽……

本标准为首次发布。

本标准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

本标准规定了长周期显热储热系统的设计要求。

本标准适用于以太阳能或其他低品位余热为主要热源，以储热水箱、地埋管储热装置、人工储热水池为储热体，进行长周期显热储存的热力系统设计，包括水箱、土壤、水池长周期储热体设计及其充放热系统设计。

1. 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是标注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 50010 混凝土结构设计规范

GB 50011 建筑抗震设计规范

GB/T 50021 岩土工程勘察规范

GB 50027 供水水文地质勘察规范

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范

GB 50366 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

JGJ 286 城市居住区热环境设计标准

JC 934 预制钢筋混凝土方桩

SY/T 0320 钢质储罐外防腐层技术标准

SL252 水利水电工程等级划分及洪水标准

SL203 水工建筑抗震设计规范

SL744 水工建筑荷载设计规范

SL189 小型水利水电工程碾压式土石坝设计规范

SL328 水利水电工程设计工程量计算规定

ISO 9488 太阳能词汇

1. 术语和定义

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 thermal energy storage system

能够对非采暖季和采暖季的富余热量以显热的形式进行长期存储，并在采暖季和非采暖季进行热量提取用于建筑采暖和生活热水供应的一类技术的统称。

3.2水箱长周期储热系统 Long-term water tank thermal energy storage system

以水箱作为储热装置的长周期显热储热系统。

3.3 地埋管长周期储热系统 Long-term borehole thermal energy storage system

以岩土体为储热介质，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 thermal energy 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 地埋管换热器 Borehole heat exchanger

由埋设在地下的密闭式循环管路组成的供换热工质与周围岩土体交换热量的热交换器。

3.6 土工膜 Geomembrane

以高分子聚合物为基础原料生产的防水阻隔型材料。

3.7 土工网 Geonet

以高分子聚合物为主要原材料，加入一定的辅助材料，经挤出成型的平面网状结构制品。

3.8 土工布 Geotextile

又称土工织物，是由合成纤维通过针刺或编织而成的透水性土工合成材料。

3.9 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，称为储热。

3.10 取热 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，称为取热。

3.11 充热功率 Heat charging rate

储热体在单位时间内的储热量，单位为W。

3.12 取热功率 Heat discharging rate

 储热体在单位时间内的取热量，单位为W。

3.13 总储热量 Total heat storage

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。

3.14 总取热量 Total heat extraction

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

3.15 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。

3.16 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储热量的比值。

3.17 全年热效率 Annual thermal energy efficiency

储热体在一个完整的运行年内的总取热量与总储热量的比值。

1. 总则

4.1 长周期显热储热系统设计前，应首先进行工程场地勘察，获取项目现场的水文地质资料。

4.2 长周期显热储热系统设计前，应进行项目可行性分析及经济性评估。

4.3 长周期显热储热系统方案设计前，宜通过调查获取项目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）水平面太阳直射辐照度

3）水平面太阳散射辐照度

4）法向直射辐照度

5） 风向及风速

4.4 长周期显热储热系统方案设计前，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。

4.5 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。

4.6 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。由于技术原因必须通过换热器进行间接连接时，换热器对数平均温差设计值不宜超过5℃。

4.7 长周期显热储热系统可与短周期储热系统结合使用，短周期储热系统可采用储热水箱、相变储热装置或其他适合的储热装置。

4.8 长周期显热储热系统应设置自动监控报警系统，对各类系统运行错误进行自动报警，日志记录。

4.9 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，提高运行可靠性。

4.10 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低于5%。

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

1. 水箱长周期储热系统设计

5.1 材料要求

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储热介质的最高设计工作温度5℃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中第二章和第三章的规定要求。

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因数不大于0.045 W/(m3·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中的规定。

5.2 安全性设计

5.2.1 一般情况下，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个开口面积为300mm2的通气孔与大气相通。通气孔设置防尘罩。

5.2.2 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按照标准GB 50011执行。支撑方桩结构设计按照标准JC 934中第五章和第六章执行。

5.2.3 储热水箱应设置泄洪通道。

5.2.4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。

5.2.5 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。

5.2.6储热水箱高于其周围建筑物时，应设置防雷设施，满足GB 50057中的条文规定。

5.2.7采用混凝土作为储热水箱主体材料时，应充分考虑水箱内温度不均匀及水温波引起成的膨胀损坏问题。

5.2.8混凝土储热水箱结构设计应满足GB 50010中的条文规定。

5.3 水箱设计

5.3.1 碳钢、不锈钢或搪瓷水箱的单体体积不宜大于50000m3。

5.3.2 混凝土储热水箱单体体积不宜大于10万m3。

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

5.3.4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。

5.3.5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。

5.3.6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。

5.3.7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。

5.3.8储热水箱应设置排污系统，定期排除水箱底部的杂质。

5.3.9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。

5.3.10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。

5.4 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 应使用液位变送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。液位变送器精度宜达到0.2级。

5.4.3位于储热水箱内的温度及液位传感器，应保证其能够长期稳定在水箱设计工作环境下。

5.4.4 测温及相关控制设备应满足GB/T 28737中规定的要求。

1. 地埋管长周期储热系统设计

6.1一般规定

6.1.1 地埋管长周期储热系统设计前，应首先进行地质勘察，勘察可参照GB 50021和GB 50027进行，获得地质勘查资料应符合GB 50366-2005第3.2.2条规定。

6.1.2地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地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。否则应进行岩土热物性测试。测试方法应采用现场岩土热响应试验法。测试方法应符合GB50366 的规定。

6.2 材料要求

6.2.1 地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）地埋管管材不宜采用聚氯乙烯(PVC)管，宜采用耐高温非交联聚乙烯（PE-RT）管，选用的PE-RT管材应符合GB/T28799的要求。

2）管件与管路应采用相同材料。

3）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的导热系数。

6.3 安全性设计

6.3.1 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。

6.3.2 地埋管长周期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。

6.3.3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。

6.4 地埋管换热器设计

6.4.1 地埋管换热器应选用竖直埋管换热器。

6.4.2地埋管长周期储热体的体积不宜小于10万m3。宜根据储热体的热效率、可使用土地面积及系统经济性综合确定储热体积。

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

6.4.4 钻孔孔径不宜小于0.l m。

6.4.5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%。

6.4.6地埋管换热器钻孔回填方案应符合GB 50366的要求。

6.4.7 地埋管换热器宜采用变流量设计，地埋管内的最低设计流速应符合GB53066的要求。

6.4.8 地埋管换热器宜设置自动脱气装置。

6.4.9 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。

6.4.10 宜采取必要措施，保证储热体内部出现温度分层，温度梯度宜保持沿储热体的径向方向，形成储热体中心温度高、周围温度低的温度分布。

6.5 监测系统设计

6.5.1 宜在储热体内部设置多个测温钻孔，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地埋管的钻孔内。

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，还应对地埋管长周期储热系统的下列运行参数进行监测：

1）地埋管换热器的进出水温度。

 2）地埋管换热器的循环流量。

 3）地埋管换热器的供回水压力。

1. 长周期水池储热系统设计

7.1 一般规定

7.1.1 储热水池应至少包括：水池基础、防水层、水体、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的要求，此外，还应满足长期耐温需求。

2）防护层土工膜应采用耐紫外线土工膜。

3）土工膜材料应不与储热水池内的水发生化学反应。

4）土工膜的防渗系数应低于2×10-17cm/s。

5）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 17368、GB/T 19470的要求。

6） 池体温度在70℃以上时，应选用高温土工膜材料。

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）使储热水池的平均热损因数应不大于0.045 W/(m3·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 安全性设计

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

7.3.2 储热水池应设置排气装置。

7.3.3 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。

7.4 储热水池设计

7.4.1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。

7.4.2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。

7.4.3储热水池的池体设计应满足SL252、SL203、SL744、GB51247、SL189、GB/T50290、SL328的各项规定。

7.4.4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，自动补水装置与水池液位联动。

7.4.5储热水池应设置人孔，人孔四周需设置保温装置。

7.4.6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。

7.4.7 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。

7.4.8 设计水池储热体积不宜小于1万m3。

7.4.9 储热水池的全年热效率不低于其标称值。

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 应使用液位变送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。液位变送器精度宜达到0.2级。

7.5.3位于储热水池内的温度及液位传感器，应保证其能够长期稳定在水池设计工作环境下。

7.5.4测温及相关控制设备应满足GB/T 28737中规定的要求。

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟标准

长周期显热储热系统设计规范

T/CSTA xx-2022

**条文说明**

目 次

[**3** 术语和定义12](#_Toc113982050)

[**4** 总则13](#_Toc113982051)

[**5** 水箱长周期储热系统设计14](#_Toc113982052)

[**6** 地埋管长周期储热系统设计15](#_Toc113982053)

[**7** 长周期水池储热系统设计18](#_Toc113982054)

1. 术语和定义

**3.1** 长周期显热储热通常也被称为跨季节储热、季节性蓄热（seasonal thermal energy storage）等，考虑到一个长周期显热储热体不仅能够蓄存非采暖季的热量，还能够蓄存采暖季的富余热量；所蓄存热量，除供暖外还能够用于全年生活热水供应。因此，基于严格术语定义的目的，本规范将其定义为长周期显热储热。长周期显热储热系统的蓄热能力应能够满足蓄存热源侧一个月以上富余热量的要求。

**3.2**一个典型的水箱长周期储热系统通常包括储热水箱、布水器、水箱保温材料、换热设备、补水泵、循环泵、水处理设备等。

**3.3**一个典型的地埋管长周期储热系统通常包括：地埋管换热器、岩土体、回填料、换热工质、换热器、循环泵。



**3.4**一个典型的水池长周期储热系统通常包括：水池基础、防水层、水体、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）。



1. 总则

**4.1**场地的水文地质条件直接关系到长周期显热储热工程开展的可行性、适宜技术路线及经济性。因此，长周期显热储热系统设计前，应首先进行场地勘察，获取项目现场水文地质资料。所获取水文地质资料，应能够满足对项目进行技术比选、适用性评估的要求。

**4.2**长周期显热储热工程实施的可行性受项目所在地气象条件、工程场地的地质条件影响较大。而系统经济性除了受上述因素的影响外，还与储热系统的规模、项目所在地的能源价格、系统的运营及收费模式等因素高度相关。因此，在项目实施前，应首先进行可行性分析及经济性评估。考虑到长周期储热体通常需要较长时间完成初始热量积累，系统经济性评估宜采用全生命周期分析法。

**4.3** 建筑动态热负荷计算及系统长周期动态模拟均需要输入气象参数。因此，项目所在地的气象数据，是长周期显热储热系统设计的重要基础数据。典型气象年 Typical Meteorological Year (TMY)，是以近30年的月平均值为依据，从近10年的数据中选取最接近30年月平均值的各月作为典型气象月，并对月间的逐时气象参数进行平滑处理形成的假想年。典型气象年的选取应参考JGJ 286。如果项目所在地缺乏典型气象年资料，则宜通过现场测试获取气象数据，测试时间宜包括完整一年。

**4.4** 长周期显热储热的经济性与系统规模有很大关系。而系统规模由供热负荷决定。此外，建筑供热负荷的动态特性对于热源、短期储热、长周期储热、补热等各系统环节的热量分配及控制策略有较大影响。

**4.5** 动态模拟是指使用计算机程序对动态系统的时变特性进行模拟的计算方法。考虑到可再生能源系统的波动性及不连续性，以及储热体温度的长周期变化，采用动态模拟的方法，有助于更加准确地估算系统的储、取热量和运行费用。动态模拟所选用系统模型宜能够综合考量各类设计参数对系统长周期热性能的影响，包括：储热介质的物性参数、储热体几何参数、各子系统的换热循环流量、供热负荷、供热末端的性能参数、气象参数、热源侧设备的性能参数、热量系统的供热量、系统集成方式、系统控制策略。管网的动态特性。

**4.6**区域供热系统中，热量从热源侧向热用户传递过程中需要经过多个换热环节，减少换热环节有利于减少热量传递过程中的能量损失和品位损失，提高系统运行效率，改善供热效果。

**4.7**长周期显热储热体具有较大的热惯性，需要长时间充热才能达到供热温度。短期储热装置的热惯性小，充热时间短。因此，将短期储热装置与长周期储热系统配套使用，有利于提高系统控制调节的灵活性，改善供热效果。当供热系统管网的自身热惯性能够满足系统的短期蓄热要求时，可不增加短期储热装置。

**4.8**长周期显热储热系统对运行稳定性的要求非常高。系统的液位、温度、压力异常等故障征兆可能导致严重的运行故障，影响系统运行，因此需要及时对故障征兆进行报警，提醒维护人员干预以避免重大事故的发生，需要报警的故障征兆包括：系统压力异常、压力波动异常、温度异常、水位异常、流量异常、水质异常、机电系统故障等。

**4.10**长周期显热储热系统通常需要1-3年的建立其初始热平衡，以实现周期性稳定运行状态，储热体全年热效率保持基本稳定。长周期显热储热系统全年热效率的测试方法说明如下：

储热系统的全年储热量，记为*Q*st，计算方法如（4-1）。

 (4-1)

式中，代表储热体的热容积流率，W/K。具体为储热体循环流体的流量与载热流体比热容的乘积；*T*st,in为储热装置进水温度，单位为K；*T*st,in为储热装置进水温度，单位为K；d*τ*为储热系统数据监测的时间间隔；上标+代表仅对*T*st,in大于*T*st,out时间段进行计算。

储热系统的全年有效供热量，记为*Q*ex，计算方法如（4-2）。

 (4-2)

式中，代表储热体的热容积流率，W/K。具体为储热体循环流体的流量与载热流体比热容的乘积；*T*st,in为储热装置进水温度，单位为K；*T*st,in为储热装置进水温度，单位为K；d*τ*为储热系统数据监测的时间间隔；上标+代表仅对*T*st,out大于*T*st,in时间段进行计算。

长周期显热储热系统的全年热效率定义为储热体有效供热量与储热量的比值，计算方法如（4-3）。

 (4-3)

**4.11** 本标准为长周期显热储热系统的全国通用设计标准，根据国家主管部门有关编制和标准、规范等的统一规定，为了精简规范内容，凡其他全国性标准、规范等已有明确规定的内容，除确有必要者以外，本规范均不再另设条文。本条文的目的是强调在执行本规范的同时，还应注意贯彻执行相关标准、规范等的有关规定。

1. 水箱长周期储热系统设计

**5.1.1** 储热水箱的主体材料应具有良好的化学稳定性、耐腐蚀性强、无毒无害且不与储热工质发生反应。混凝土、不锈钢、碳钢和搪瓷符合上述要求。

**5.1.2**储热水箱腐蚀可能会造成严重危害，降低水箱使用寿命。因此，系统设计时应同时考虑储热水箱所处的外部环境和地质情况，采取合理有效的防腐蚀措施。

**5.1.4**为防止金属腐蚀，储热水箱内的水需要被调制为碱性。因此，水箱内部防腐涂层应能够耐受碱腐蚀。长周期储热水箱内的水温通常会随着储热与取热的交替进行而发生波动。在周期性温度波动的影响下，水箱主体材料和涂层材料会反复膨胀和收缩。当二者膨胀率和收缩率不一致时，易产生涂层的破裂脱落。因此，应做好表面处理工作，避免这一情况发生。

**5.1.5**当水质不符合要求时，易在水箱内部发生腐蚀、结垢、藻类滋生等问题，影响系统寿命及运行安全。

**5.2.7**储热水箱内部沿高度方向需保持较大的温度梯度，这造成了水箱内壁受热不均匀。由于混凝土在不同温度下的膨胀系数不同，受热不均匀导致的拉应力可能超出混凝土的抗裂能力，造成混凝土开裂。因此，需要在材料选用，构造措施、施工工艺方面设置相应防开裂措施。

**5.3.4**水箱内部保持温度分层，有助于降低热源侧回水温度、提高热用户侧供水温度、减少热量损失、减少由于温度掺混造成的热量品位损失。使用布水器，可在水箱横截面上均匀分配水流，保证水箱横截面上的热量分布均匀，减少掺混，保持沿水箱高度方向的温度分层。在储热水箱中应至少布置2个布水器，均匀分布于储热水箱的上部和下部。上部布水器水口中心位于储热水箱自由液面以下至少5cm的位置，下部布水器水口中心位于储热水箱底部以上至少10cm的位置。

**5.3.8**人孔用于维护人员进出储热水箱，以便安装、检修和安全检查。

**5.5.1**储热水箱的温度是储热系统的重要运行参数。因此，需要对水箱温度进行实时监测。考虑到水箱内的温度分层，应沿深度方向布置多个测温点，以监测垂直方向的温度分布。

**5.5.2**为避免液位变送器在水箱内发生位移，宜采用硬杆插入式液位变送器。液位变送器信号作为补水控制的输入信号，关系到系统运行安全，宜采用多个液位变送器同时对液位进行测量，测量结果互为校验，以提高系统运行的安全性。

**5.5.3**传感器耐温上限高于水箱最高工作温度5℃以上。传感器外壳做防水封装，外壳材料不与水箱内的液体发生化学反应。

1. 地埋管长周期储热系统设计

**6.1.1**地质结构对地埋管换热器的施工和运行有很大的影响。坚硬的岩土体将增加钻孔施工的难度和成本，而过于松软的岩土体易造成地质变形，从而影响钻孔成孔。此外，地下水沿地埋管管群径向方向流动会造成储热体热量流失，影响系统的运行效率。因此，应根据地质和水文勘察结果对地埋管跨季节储热工程的实施可行性进行评估。

**6.1.2**在存在地下构筑物的地区施工有损坏既有地下构筑物的风险。在地下存在承压含水层的区域开展地埋管施工可能造成不受控的自流水流动，从而导致严重后果。地下的温度变化还将影响地下水中的矿物质组分平衡。

若地下具有蒸发岩层，例如岩盐、钾盐、石膏以及无水石膏等，同样不能开展地埋管施工。打穿这类岩层，并将其暴露给地下水，可能会造成大面积沉降问题。

在地下水沿地埋管管群的径向方向高速流动的区域，地下水流动会加速储热体与周边区域的热量交换，从而加大储热体的热量损失，降低储热效率。

综上所述，应避免在上述区域开展地埋管长周期储热。

**6.1.3**如果在埋管区域内，由于设计需要，存在不同成孔方案或成孔工艺，则应对不同的成孔方案或工艺各选一孔作为测试孔分别进行测试；此外，若在地埋管换热器埋设面积较大、地埋管换热器埋设区域较分散、场区地质条件差异较大的情况下，应根据设计和施工要求区域划分，分别设置测试孔。

**6.2.1**地埋管换热器的工作环境要求其管材具有良好的化学稳定性、耐腐蚀、导热系数高、表面粗糙度低、延展性好。聚乙烯（Polyethylene , PE）管材能够较好地满足上述需求。此外，地埋管长周期储热系统的换热工质温度可达到60℃-90℃。而普通PE管材的工作温度低于40℃。因此，需要选用耐热性能更好的PE管材。PE-RT（Polyethylene of raised temperature resistance）管俗称耐热聚乙烯管，是采用中密度聚乙烯与辛烯聚合而成，具有比普通聚乙烯管材更好的抗冻和耐高温性能，能够满足地埋管跨季节储热系统的工作温度要求。

**6.2.2**所选用防冻剂水溶液应具有安全、无腐蚀性或仅有弱腐蚀性、与地埋管管材无化学反应、传热特性良好、摩擦阻力较低，并且易于购买、运输和储藏的特点。

**6.2.3**回填料的主要作用为密封钻孔，其导热系数将影响钻孔的换热效果。回填料一般为膨润土和细沙（或水泥）的混合浆或其他专用灌浆材料。膨润土的比例宜占4％～ 6％。钻孔时取出的泥沙浆凝固后如收缩很小时，也可用作灌浆材料。如果地埋管换热器埋设在非常密实或坚硬的岩土体中，宜采用水泥基料灌浆，以防止孔隙水因冻结膨胀损坏膨润土灌浆材料而导致管道被挤压节流。

**6.3.3**环路集管是指用于连接地埋管换热器各支路的水平集水管路。将环路集管埋设在冻土层0.5m以下，并保证其距离地面深度超过1.5m，能够保证在系统长时间停运情况下的地埋管防冻，并防止地埋管受地面承重影响发生破损变形。

**6.4.1**采用水平埋管换热器的储热体，其比表面积较大，热损率较高、占地面积大，无法满足大规模长周期储热的需求。

**6.4.2**尽可能降低储热体的相对表面积是抑制热损的重要手段。而增加储热体积有利于降低储热体的相对表面积。

对于正六边形排布，径高比为1的地埋管储热体，其相对表面积在储热体积大于10万m3时低于0.125m-1，在年平均土壤运行温度为50℃，没有地下水径向流动的情况下，储热体的全年热损失率约为30%。

除了热量损失外，储热体积还与土地占用、系统施工成本有很大关系。因此，应采用全生命周期经济性分析方法，根据项目的投资及运营模式，综合优化储热体积。

**6.4.4**钻孔孔径过小易影响回填质量，影响地埋管的换热效果。

**6.4.5**同程式布置有利于支路间的水力平衡，降低由于换热不均匀造成的换热能力下降及热量品位损失。

**6.4.7** 地埋管换热器的入水温度受热源侧波动的影响，容易产生较大波动。采用变流量设计，有利于降低输配能耗，提高系统运行效率。设置最低设计流速的目的为确保系统排气和加强换热。

**6.4.8**受温度压力变化的影响，地埋管内换热工质的空气溶解度会发生变化，当空气溶解度变低时，换热工质内空气逸出易造成管内积气，从而影响工质循环和换热效果。设置自动脱气装置并定时运行，有助于解决积气问题。

**6.4.9**设置反冲洗装置的目的在于防止地埋管换热器的堵塞。

**6.4.10** 保持储热体内部的温度分层，有助于减少地埋管内换热工质与土壤的换热温差，减少储热体的热量损失。采用钻孔沿储热体径向串联、地埋管分区设计等方式，有助于形成这样的温度分层。

**6.5.1**测温钻孔是指用于地温监测的钻孔，钻孔内不安装地埋管，而是安装温度传感器。单个测温钻孔内可沿深度方向布置多个测温点，以监测垂直方向的土壤温度分布。当单个测温钻孔内布置多个温度测点时，为减少通讯电缆的长度，提高通讯质量，宜采用总线式测温电缆。

将温度传感器放置在安装有地埋管的钻孔内时，其测量值会受到地埋管内换热工质温度的影响，无法准确反映土壤温度，因此要避免这种安装方式。

**6.5.2**安装地温监测传感器时，可以将传感器直接安装在测温钻孔内，也可以将传感器安装在保护套管内，以方便损坏时进行更换。当传感器安装在保护套管内时，需要使用导热介质密封传感器与保护套管之间的空隙。导热介质应安全，无腐蚀性，与测温电缆及传感器保护套管无化学反应。此外，导热介质还应具有良好的导热特性，不导电、并且易于购买、运输和储藏。

**6.5.3**地埋管换热器的进出水温度、流量用于计算地埋管换热器的总换热量。入水温度还作为控制信号，与土壤温度相结合，控制地埋管换热循环，避免地埋管超温及反向换热。地埋管换热器的供回水压力作为控制信号，控制地埋管换热器的自动补水及报警，当压力过低、过高、泄压速度过快时，触发报警。

1. 长周期水池储热系统设计

**7.1.1**其中，防水层用于储存水体并隔断其与水池基础、保温材料的接触。保护层用于隔断保温材料和大气的接触。防水层和保护层均采用土工膜。

**7.2.1**储热水池的进出水装置及分水装置的腐蚀可能会造成严重危害，如果不采用防腐措施，设备的使用寿命将会大大降低。

**7.2.4**水质对于系统运行安全具有重要影响。将PH值控制在合理范围内时，可以有效地减缓金属设备和管路的腐蚀。PH值太小，易对金属产生腐蚀；PH值太大，容易将金属表面的保护膜溶解，也会引起腐蚀或产生苛性脆化。

**7.3.1**渗漏不仅会显著增加水池的补水量，降低系统的经济效益还易降低水池结构的强度。如果渗漏量较大，还容易引起相邻岩土或低谷、洼地压力的增加、相邻建筑物地基的浸没、失稳等问题。因此，应采取合理的防渗、防漏措施。

**7.4.5**人孔用于维护人员进出储热水池，以便安装、检修和安全检查。

**7.4.7**储热水池内的热量需经过长期存储才能够被提取用于供热。这一过程通常伴随着较大的热量损失。因此，降低储热水池的热量损失是储热系统设计的首要考量因素。尽可能降低储热体的比表面积是抑制热损的重要手段。

除了热量损失，储热体积还与土地占用、系统施工成本有很大关系。因此，应采用全生命周期经济性分析方法，根据项目的投资及运营模式，综合优化项目的储热体积。

**7.5.1**储热水体的温度是储热系统的重要运行参数。因此，需要对储热水体温度进行实时监测。考虑到水池内的温度分层，应沿深度方向布置多个测温点，以监测垂直方向的温度分布。

**7.5.2**液位变送器信号作为补水控制的输入信号，关系到系统运行安全，宜采用多个液位变送器同时对液位进行测量，测量结果互为校验，以提高系统运行的安全性。

**7.5.3**传感器耐温上限高于水体最高工作温度5℃以上。传感器外壳做防水封装，外壳材料不与水池内的液体发生化学反应。