ICS 91.140

P 45

团体标准

T/CECS ×××××—201×

太阳能光伏光热热泵系统技术规程

**Technical specification for solar photovoltaic and thermal heat pump**

(征求意见稿)

20××-××-××发布 20××-××-××实施

中国工程建设标准化协会 发 布

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018年第二批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字 [2018]030号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，结合工程实践，认真总结经验，并在充分征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分9章，主要内容包括：总则，术语，基本规定，设备，设计，施工安装，调适、检验与验收，性能评价，运行维护。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容解释。如有需要修改和补充之处，请将有关意见和建议寄送解释单位（地址：北京市朝阳区北三环东路30号环能院，邮编：100013），以供今后修订时参考。

主 编 单 位：中国建筑科学研究院有限公司

参 编 单 位：大连理工大学

……

主要起草人：

目 录

[1　总　则 1](#_Toc33797342)

[2　术　语 2](#_Toc33797343)

[3　基本规定 4](#_Toc33797344)

[4　设备 6](#_Toc33797345)

[4.1　一般规定 6](#_Toc33797346)

[4.2　PVT组件 6](#_Toc33797347)

[4.3　PVT热泵机组 7](#_Toc33797348)

[4.4　其他设备 10](#_Toc33797349)

[5　设计 12](#_Toc33797350)

[5.1　一般规定 12](#_Toc33797351)

[5.2　负荷计算 13](#_Toc33797352)

[5.3　PVT热泵机组及组件 14](#_Toc33797353)

[5.4　蓄能设备 17](#_Toc33797354)

[5.5　输配系统 19](#_Toc33797355)

[5.6　光伏发电系统 21](#_Toc33797356)

[5.7　控制系统与监测系统 22](#_Toc33797357)

[6　施工安装 24](#_Toc33797358)

[6.1　一般规定 24](#_Toc33797359)

[6.2　PVT组件 24](#_Toc33797360)

[6.3　热泵机组及制冷剂管路 27](#_Toc33797361)

[6.4　蓄能设备 28](#_Toc33797362)

[6.5　输配系统 29](#_Toc33797363)

[6.6　电气系统 29](#_Toc33797364)

[7　调适、检验与验收 31](#_Toc33797365)

[7.1　一般规定 31](#_Toc33797366)

[7.2　调适 32](#_Toc33797367)

[7.3　检验 37](#_Toc33797368)

[7.4　验收 39](#_Toc33797369)

[8　性能评价 41](#_Toc33797370)

[9　运行维护 45](#_Toc33797371)

[附录A　验收表格 47](#_Toc33797372)

[本规程用词说明 56](#_Toc33797373)

[引用标准名录 57](#_Toc33797374)

Contents

[1　Gerneral Provisions 1](#_Toc33797342)

[2　Terms 2](#_Toc33797343)

[3　Basic Requirements 4](#_Toc33797344)

[4　Equipment 6](#_Toc33797345)

[4.1　General Requirements 6](#_Toc33797346)

[4.2　PVT Module 6](#_Toc33797347)

[4.3　PVT Heat Pump 7](#_Toc33797348)

[4.4　Other Equipment 10](#_Toc33797349)

[5　Design 12](#_Toc33797350)

[5.1　General Requirements 12](#_Toc33797351)

[5.2　Load Calculation 13](#_Toc33797352)

[5.3　PVT Heat Pump and Module 14](#_Toc33797353)

[5.4　Energy Storage System 17](#_Toc33797354)

[5.5　Delivery System 19](#_Toc33797355)

[5.6　PV System 21](#_Toc33797356)

[5.7　Control and Monitoring System 22](#_Toc33797357)

[6　System Installation 24](#_Toc33797358)

[6.1　General Requirements 24](#_Toc33797359)

[6.2　PVT Module 24](#_Toc33797360)

[6.3　Heat Pump and Refrigerant Pipeline 27](#_Toc33797361)

[6.4　Energy Storage System 28](#_Toc33797362)

[6.5　Delivery System 29](#_Toc33797363)

[6.6　Electrical System 29](#_Toc33797364)

[7　Commissioning、Testing and Acceptance 31](#_Toc33797365)

[7.1　General Requirements 31](#_Toc33797366)

[7.2　Commissioning 32](#_Toc33797367)

[7.3　Testing 37](#_Toc33797368)

[7.4　Acceptance 39](#_Toc33797369)

[8　Performance Evaluation 41](#_Toc33797370)

[9　Operation and Maintenance 45](#_Toc33797371)

[Appendix A　Acceptance Tables 47](#_Toc33797372)

[Explanation of wording in this specification 56](#_Toc33797373)

[List of quoted standards 57](#_Toc33797374)

1　总　则

**1.0.1** 为规范太阳能光伏光热热泵系统的设计、安装、调适、验收和运行维护，实现安全适用、技术先进、经济合理，制定本规程。

**【条文说明】**一个太阳能光伏光热热泵系统工程的实施需要各个方面协调配合，即做到统一规划、统一设计、统一施工、统一管理。为规范太阳能光伏光热热泵系统的设计、安装、调适、验收和运行维护，使系统安全适用、技术先进、经济合理，保证工程质量，是本规程制定的目的。

**1.0.2** 本规程适用于新建、改建、扩建的民用建筑与工业建筑中使用太阳能光伏光热热泵系统供能的场所。

**【条文说明】**在我国，除了在新建、改建、扩建的民用建筑工程中设计安装太阳能光伏光热热泵系统的项目外，在工业建筑中安装该系统的项目也在增多。编制本规程时对这两类建筑类型的适应性进行了研究，使其在两类建筑类型中均可适用。同时，就太阳能光伏光热热泵系统安装场地而言，系统可以安装在建筑屋面、立面以及建筑物附近适宜的空旷场地。

**1.0.3** 太阳能光伏光热热泵系统应纳入建筑工程管理，统一规划、同步设计、同步施工、同步调适、同步验收、同步交付使用。

**【条文说明】**太阳能光伏光热热泵系统只有纳入建筑统一规划，才能为系统设计、施工和安装创造条件，使之在建筑中得到有效利用，并做到太阳能利用与建筑一体化。为此，太阳能光伏光热热泵系统与建筑设计应统一规划、同步设计、同步施工、同步调适、同步验收和同步交付使用。

**1.0.4** 民用建筑应用太阳能光伏光热热泵系统，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**【条文说明】**太阳能光伏光热热泵系统在民用建筑上的应用是一项综合性技术，其设计、安装、调适、验收、运行维护涉及太阳能和建筑两个行业，除符合现行的太阳能利用工程方面的标准外，还应符合建筑工程方面的标准规定，如《建筑给水排水设计规范》GB 50015、《屋面工程质量验收规范》GB 50207、《建筑物防雷设计规范》GB 50057、《建筑设计防火规范》GB 50016等相关标准。

2　术　语

**2.0.1** 太阳能光伏光热组件 photovoltaic and thermal module

能将太阳能同时转换成电能及热能的组件，简称PVT组件。

**2.0.2** 太阳能光伏光热组件使用寿命 service life of photovoltaic and thermal module

太阳能光伏光热组件光热和光电综合性能指标衰减至额定值的80%所需用时间。

**2.0.3** 太阳能光伏光热组件阵列 array of photovoltaic and thermal modules

由若干个太阳能光伏光热组件串并联构成，在机械和电气上按一定方式组装在一起的有序方阵，简称PVT组件阵列。

**2.0.4** 太阳能光伏光热热泵 solar photovoltaic and thermal heat pump

以太阳能光伏光热组件（阵列）作为蒸发器或冷凝器、且制冷剂直接经过的热泵机组，简称PVT热泵。

**2.0.5** 太阳能光伏光热热泵系统 solar photovoltaic and thermal heat pump system

通过太阳能光伏光热热泵，实现产电、制热和制冷，并对外供应能量的系统，主要由热泵机组、蓄能设备、冷/热输配系统及电气系统组成，简称PVT热泵系统。

**2.0.6** 整体蓄热式太阳能光伏光热热泵系统 solar photovoltaic and thermal heat pump integrated with thermal storage

太阳能光伏光热热泵的蒸发器/冷凝器与蓄冷/蓄热设备集成于一体的系统，简称整体蓄热式PVT热泵系统。

**【条文说明】**为节省太阳能光伏光热热泵系统投资成本、方便系统运行和管理，对于热泵机组压缩机功率低于2.0kW的小型系统，热泵机组的蒸发器/冷凝器可以与系统蓄冷/蓄热设备集成设计，合二为一，其系统示意图如图1所示。



图1 整体蓄热式太阳能光伏光热热泵系统示意图

**2.0.7** 独立蓄热式太阳能光伏光热热泵系统 solar photovoltaic and thermal heat pump system with independent thermal storage

太阳能光伏光热热泵的蒸发器/冷凝器与蓄冷/蓄热设备之间有中间循环的系统，简称独立蓄热式PVT热泵系统。

**【条文说明】**对于大型的太阳能光伏光热热泵系统，为提高热泵机组的制热/制冷性能，增强用户侧系统用能的灵活性，系统热泵机组和蓄能设备需要独立配置，其系统示意图如图2所示。



图2 独立蓄热式太阳能光伏光热热泵系统示意图

**2.0.8** 太阳能光伏光热热泵系统供暖保证率 guarantee rate of heating of solar photovoltaic and thermal indirect heat pump system

一个供暖季中，太阳能光伏光热热泵系统供热量与供暖系统总耗热量的比值，简称PVT热泵系统供暖保证率。

**2.0.9** 太阳能光伏光热热泵系统供冷保证率 guarantee rate of cooling of solar photovoltaic and thermal indirect heat pump system

一个供冷季中，太阳能光伏光热热泵系统供冷量与供冷系统总耗冷量的比值，简称PVT热泵系统供冷保证率。

3　基本规定

**3.0.1** PVT热泵系统宜在我国寒冷地区和夏热冬冷地区应用**。**

**【条文说明】**我国寒冷地区和夏热冬冷地区，建筑有供热和供冷需求，同时太阳能资源也较为丰富，具有PVT热泵应用的条件，通过技术经济性研究分析也表明，PVT热泵系统在这两类地区应用具有较好的经济效益。

**3.0.2** PVT热泵系统应与建筑一体化设计，并应充分考虑系统安装、调适及运行维护的要求。

**【条文说明】**在既有建筑上增设PVT热泵系统时，应考虑系统组件阵列、热泵机组、蓄热系统、管路系统等对建筑结构的影响，为确保建筑结构安全，在增设PVT热泵系统时，必须经过建筑结构强度复核，确定是否满足承重要求，以确定是否可改造或增设PVT热泵系统。建筑结构强度复核可由原建筑设计单位或其他有资质的建筑设计单位根据原建筑设计竣工图、计算书等进行，或委托法定检测机构检测。既有建筑增设PVT系统的前提是不影响既有建筑的质量和安全，系统设计需要考虑设备的安装和运行维护空间。对于新建建筑，PVT热泵系统需要与建筑设计统一规划、一体化设计，同步施工、同步调适、同步验收和同步交付使用，系统设计时应充分考虑设备安装的承重安全要求，以及系统调适和后期运行维护的空间要求。在空旷场所设计PVT热泵系统时，PVT热泵系统应与周边环境统一规划，使得PVT热泵系统与周边环境协调一致。

**3.0.3** PVT热泵系统宜用于具有冬季供暖、夏季空调和全年供应生活热水需求的场所。

**【条文说明】**从经济性角度看，为了最大限度地发挥PVT热泵设备的价值，提高设备利用率，PVT热泵系统宜用于具有冬季供热、夏季供冷且全年具有生活热水需求的场所。

**3.0.4** PVT热泵系统冬季供热最低温度不应低于35oC；夏季供冷最高温度不应高于18 oC，生活热水供应温度不应低于30 oC。

**【条文说明】**为方便PVT热泵系统蓄热设备及末端系统的设计选型，也考虑到PVT热泵系统冬季供暖对热水供水温度要求、夏季空调对冷冻水供水温度要求、以及全年生活热水供水温度要求，供暖热水供应最低温度不低于35oC，冷冻水供应最高温度不高于18 oC。此外，《建筑给水排水设计规范》GB 50015给出卫生器具的最低使用温度为30 oC，因此，为最大限度提高PVT热泵系统的制热效率，要求生活热水供应最低温度不低于30oC。

**3.0.5** PVT热泵系统宜安装计量装置，监测参数宜包括：系统产热（冷）量、供热量、供冷量、发电量和耗电量。

**【条文说明】**为评价PVT热泵系统各项性能参数，需对PVT热泵系统运行过程涉及到的相关参数进行实时监测，具体包括系统产热（冷）量、供热量、供冷量、发电量和耗电量等，这些参数可以是直接采集，也可以是间接采集。

**3.0.6** PVT热泵系统应进行系统节能、环保效益预评估，并宜在系统运行后，进行节能及环保效益的定期监测。

**【条文说明】**PVT热泵系统利用太阳能为用户提供热、电、冷，具有较大的节能潜力，但PVT热泵系统能效与环境参数、系统形式、当地能源价格、运行方式有关，为此，PVT热泵系统规划、设计前应结合应用地域的气象参数、建筑用能特点和当地能源政策进行节能和环保效益评估。系统运行后，进行节能和环境效益的定期评估是为了确定系统设计取得的节能和环保效益的量化指标，并以此作为对用户提供税收优惠或补贴的依据。

4　设备

4.1　一般规定

**4.1.1** PVT热泵系统宜采用模块化设计，单台机组压缩机配置容量不宜大于5kW。

**【条文说明】**随着机组压缩机配置容量增大，PVT组件的配置数量随之增大，连接组件之间的铜管管路长度增加，铜管连接形式也会复杂，容易出现各组件制冷剂分液不均的问题，影响系统稳定、高效运行。因此，单台机组压缩机配置容量不宜过大。

**4.1.2** PVT热泵系统应选择环保型制冷剂。

**【条文说明】**目前我国空调行业使用较多的制冷剂是R22，但根据《蒙特利尔议定书》，2010年发达国家的低端制冷剂（如R22）基本停止生产，发达国家不再使用R22。R290与R22的标准沸点、凝固点、临界点等基本物理性质非常接近，具备替代R22的基本条件。与R22相比，R290具有以下优点：（1）在饱和液态时，相同容积下R290的灌注量小；（2）R290的汽化潜热大约是R22的2倍，因此采用R290作为制冷剂时，热泵系统制冷剂循环量小；（3）R290具有良好的材料相容性，与铜、钢、铸铁、润滑油等均能良好相容。因此，随着对R290应用技术研究的不断深入，环保型制冷剂R290未来将拥有广阔的市场应用前景。

**4.1.3** 蓄能设备应符合现行行业标准《供冷供热用蓄能设备技术条件》JG/T 299及现行团体标准《太阳能光伏发电系统与建筑一体化技术规程》CECS 418中的相关规定。

**【条文说明】**为降低系统投资成本，提高PVT热泵系统制冷工况下的制冷效率，PVT热泵系统热量和冷量储存宜采用水蓄热和水蓄冷系统；如需要蓄电时，蓄电池组应满足高效、环保、寿命长、可靠性好、维护简单的要求。蓄电池表面应保持清洁，当出现腐蚀、凹瘪或鼓胀现象时，应更换。当在人员容易接触的地方设置蓄电池时，蓄电池应设置存放箱。

**4.1.4** 蓄能设施的蓄释放能量特性应与PVT热泵系统建设需求相匹配。

**【条文说明】**不同建筑的负荷需求、使用特点、能源价格等都不一样，因此对蓄能设施的蓄能、释放能的要求也不一样，蓄能设施也应是多种多样的，既有适用于供热需求为主的，也有适用于供冷需求为主的，还有冷热均衡的，此外，还可能涉及到蓄电。

4.2　PVT组件

**4.2.1** PVT组件应给出热泵机组名义工况下的性能参数，包括集热性能、散热性能和发电性能。

**【条文说明】**PVT热泵系统用于建筑的设计过程与PVT组件的集热性能、散热性能和发电性能参数有关，为便于系统设计，PVT组件应给出热泵机组冬季制热名义工况、夏季制冷名义工况和夏季制热名义工况下的集热性能、散热性能和发电性能参数。

**4.2.2** PVT组件应给出组件重量、承压能力及组件表面承重参数。

**【条文说明】**PVT组件安装需要考虑建筑结构荷载是否安全；PVT组件自身需要考虑抗风和抗雪以及运输过程的抗压能力；另外，PVT组件还与热泵机组的蒸发压力和冷凝压力有关，因此，PVT组件应明确给出组件重量、承压能力及组件表面承重参数。

**4.2.3** PVT组件应提供组件与管路连接所需的连接件，便于安装及更换；对于斜屋面安装的制冷剂管路连接件宜采用冷连接的连接件。

**【条文说明】**为实现PVT组件与管路的快速连接，提高施工质量和施工效率，保障施工过程安全，PVT组件应提供组件与管路连接所需的标准连接件。对于需要在斜屋面施工安装的PVT组件，宜选用不需要现场焊接的冷连接制冷剂管路连接件。

**4.2.4** PVT组件内制冷剂流道应畅通、表面光滑平整、无挠曲、分布密度均匀。

**【条文说明】**PVT组件内的制冷剂流道阻力损失占了制冷剂管路阻力损失的较大比重，为降低PVT热泵机组压缩机的功耗，提高热泵机组制热和制冷效率，PVT组件制冷剂流道必须表面光滑平整、无挠曲、分布密度均匀，从而一方面保障制冷剂在PVT组件内分布均分，其次降低制冷流道的阻力损失。

**4.2.5** PVT组件使用寿命不应少于15年。

**【条文说明】**PVT组件使用寿命定义参见条文2.0.2，参照《民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范》JGJ 203中对光伏组件的使用寿命规定，要求PVT组件使用寿命不低于15年。

**4.2.6** PVT组件的光伏部分还应满足现行国家标准《光伏(PV)组件安全鉴定 第1部分：结构要求》GB/T 20047.1的有关规定。

**【条文说明】**PVT组件的光伏部分应满足现行国家标准《光伏(PV)组件安全鉴定 第1部分：结构要求》GB/T 20047.1对光伏组件应用等级及结构要求的相关规定，并确保满足上述标准所规定的使用条件。

4.3　PVT热泵机组

**4.3.1** PVT热泵机组按是否具有供冷能力，宜分为热电机组与热电冷机组，机组名义工况下的性能参数应符合下列规定：

表1 PVT热泵机组的性能参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参数名称 | 冬季制热名义工况 | 夏季制冷名义工况 | 夏季制热名义工况 |
| 室外计算温度（℃） | -10 | 28 | 30 |
| 太阳辐照度（W/m2） | 500 | / | 700 |
| 风速（m/s） | 0~4 | 0~2 | 0~4 |
| 供水温度（℃） | 整体蓄热式PVT系统 | 50 | 3 | 50 |
| 独立蓄热式PVT系统 | 50/45 | 3/8 | 50/45 |
| 机组名义COP | 2.0 | 2.5 | 4.5 |

**【条文说明】**不同用户的用能需求不同，譬如寒冷地区住宅主要以供热为主，而办公建筑等公共建筑既需要供热、也需要供冷。为此，根据用户用能需求不同，PVT热泵机组可以分为热电机组与热电冷机组。从热泵机组的运行工况分类，可以分为冬季制热名义工况、夏季制冷名义工况及夏季制热名义工况三种。在制热时，热泵机组的运行效率主要与太阳辐照度和空气温度有关；在制冷时，热泵机组的运行效率主要与室外气温和空气风速有关。在系统设计设备选型时，机组在不同运行工况下的运行效率是一个重要参数。因此，PVT热泵机组应给出冬季制热工况、夏季制冷工况及夏季制热工况下的运行效率曲线。以压缩机容量为2.4kW的PVT热泵机组为例，机组在夏季制热工况、夏季制冷工况及冬季制热工况下的COP曲线分别如图3~图5所示。



图3 太阳能光伏光热热泵机组夏季制热工况COP曲线



图4 太阳能光伏光热热泵机组夏季制冷工况COP曲线



图5 太阳能光伏光热热泵机组冬季制热工况COP曲线

**4.3.2** PVT热泵机组应明示PVT组件配置面积，制热名义工况下的机组COP、供水温度和制热量，制冷名义工况下的机组COP、供水温度和制冷量。

**【条文说明】**PVT热泵组件面积应与热泵机组的供热能力一致，与热泵机组配套的PVT组件面积需由热泵机组厂家确定，设计人员只需要按照热泵机组厂家提供的PVT组件面积及规格设计安装位置和安装方式；另外，热泵机组各种工况下的性能系数、供水温度和制冷量等是设计人员在系统设计过程必须要的参数。为此，上述参数热泵机组应明确给出这些参数。

**4.3.3** PVT热泵机组应具有开放的通讯协议，便于建筑能源信息化管理系统采集相关参数信息。

**【条文说明】**PVT热泵机组的运行参数、运行状态除就地显示外，还要保存运行记录。因设备自身控制器存储容量有限，建议集中储存运行记录，为简化系统设计，热泵机组要开放通讯，将数据传送至建筑能源管理系统。

**4.3.4** PVT热泵机组应对压缩机的启停、电磁阀的启闭、电子膨胀阀的开度、机组运行模式及安全防护等进行控制，应对压缩机进出口制冷剂温度、制冷剂压力及压缩机的运行状态等参数进行监测、记录及保存。

**【条文说明】**通过监测PVT热泵机组的运行数据，可以了解热泵机组的工作状态，为保证机组安全、稳定运行提供依据。系统设计时可以根据系统需求适当增加其他监测与控制内容，本条所列内容为热泵机组监测与控制的基本要求。

**4.3.5** 机组制冷剂管道设计应采用同程式布置，并应进行制冷剂管道布置优化。

**【条文说明】**热泵机组到各块PVT组件之间铜管应同程布置，以确保各段管路内阻力相当，避免各组件制冷剂分液不均的问题，保证系统稳定运行。

**4.3.6** 制冷剂管路材质应符合现行行业标准《多联机空调系统技术规程》JGJ 174的相关规定。

**【条文说明】**制冷剂管材还应符合下列规定：

**1** 管材内外表面应光滑、清洁，不得有分层、砂眼、粗划痕、绿锈等缺陷；

**2** 管材截面圆度和同心度应良好；

**3** 管材应经过脱油脂处理；

**4** 管材应保持干燥、密封。

**4.3.7** 设备和管道的保冷层、保温层厚度及设备和管道绝热材料的主要技术性能应按国家现行标准《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272和《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175的要求确定。

**【条文说明】**绝热保温材料宜采用导热系数小、湿阻因子大、吸水率低、密度小、综合经济效益高的不燃或难燃材料。所有保温材料应有制造厂的质量合格证书或国家认定资质的质检部门的检验报告，且其种类、规格、性能均应符合设计文件的规定。

4.4　其他设备

**4.4.1** PVT热泵系统应配备电气汇流箱，汇流箱的选择应符合现行国家标准《光伏发电站设计规范》GB 50797的相关要求。

【条文说明】《光伏发电站设计规范》GB 50797详尽地规定了汇流箱的功能和技术要求，这里引用该标准。

**4.4.2** PVT热泵系统应配备逆变器，逆变器的选择应符合现行国家标准《光伏发电站设计规范》GB 50797的相关要求。

【条文说明】《光伏发电站设计规范》GB 50797详尽地规定了逆变器的功能和技术要求，可依据该标准进行逆变器的选择。此外，PVT组件发电用于并网的PVT热泵系统所配备的逆变器性能应符合接入公用电网相关技术的规定，并具有有功功率和无功功率连续可调功能。对于大中型PVT热泵系统，其配备的逆变器还应具有低电压穿越功能。

5　设计

5.1　一般规定

**5.1.1** PVT热泵系统的设计应遵循因地制宜、安全高效、以及与建筑一体化设计、施工、调适的原则，根据建筑物类型、使用功能、用能需求、安装条件、使用者要求、地理位置、气候条件、太阳能资源等因素综合确定。

**【条文说明】**在进行PVT热泵系统设计时，应根据建筑类型与功能要求及对系统的使用要求，结合当地的太阳能资源和管理要求，为使用者提供安全、方便、舒适的高品质生活条件，这是PVT热泵系统设计应用的首要条件。

**5.1.2** 在PVT热泵系统设计之前，应对当地气象条件、太阳能资源情况、建筑热电冷负荷及使用规律、当地水电价格政策、安装场地及周边建筑遮挡情况、PVT组件可安装方式及面积进行勘察评估。系统的组成形式、设备配置、工艺流程及运行方式，应根据勘察评估结果，建筑用能需求，以及热、电、冷等价格因素，经技术经济比较后确定。

**【条文说明】**我国地域广阔，各地的气象、资源条件不同，经济发展水平和社会消费能力也有较大差别，建筑物类型以及冷热负荷需求不同（各个气候区冷热负荷侧重不同），均会影响系统容量大小及系统形式，而同时用户对投资规模和产品也有相应的要求，导致设计条件较为复杂。因此在系统设计时，应充分重视当地条件和用户需求，因地制宜，综合考虑各种制约因素，全面考虑、整合设计，达到最大化的节能、环保和经济效益目标。

**5.1.3** PVT组件的选型及阵列设计宜与建筑结合，在综合考虑发电效率、集热效率和散热能力的前提下，选择适宜的组件及阵列形式，同时应避免组件阵列对建筑或周围环境产生光污染。

**【条文说明】**PVT组件对建筑物外观及环境有一定的影响，从PVT组件与建筑相结合的基本要求出发，强调组件及阵列设计应合理选择其类型、色泽和安装位置，并应与建筑物整体及周围环境相协调。预测组件阵列可能引起的二次辐射光污染对建筑或周围环境造成的影响并采取相应的措施。

**5.1.4** PVT热泵系统设计应充分考虑系统安装和维护需求，应预留安装和检修操作空间。

**【条文说明】**需要预留安装和检修操作空间的部位主要包含：PVT组件阵列与建筑结构之间、单排及多排PVT组件阵列之间、PVT组件阵列与热泵机组之间、站房内设备与建筑结构之间、站房内设备之间等。

**5.1.6** PVT热泵系统宜设置辅助热源或冷源。

**【条文说明】**太阳能是间歇性能源，在系统中设置其他能源辅助热源和冷源，其目的是既要保证系统供暖、供冷稳定可靠运行，又要降低系统规模和投资，因此系统宜设置辅助热源及冷源，并应符合下列要求：

**1** 辅助热源宜因地制宜选择城市热力管网、燃气锅炉、热泵及其他与可利用的低温热源等；

**2** 辅助冷源宜选择空气源热泵、水源热泵等；

**3** 辅助热源或冷源的设置应在综合考虑热源条件、系统型式及PVT热泵系统运行特性等因素，经技术经济比较后合理选择、配置；

**4** 辅助热源和冷源的控制应保证充分利用PVT热泵系统供热、供冷，根据不同的运行方式采用手动控制、全日自动控制或定时自动控制。

**5.1.7** PVT热泵系统的规模大小和装机容量宜按照冬季供热工况来确定。

**【条文说明】**与按照冬季供热工况设计系统相比，按照夏季供冷工况设计的系统规模偏大。为降低系统初投资，提高设备全年利用率，PVT热泵系统的规模大小和装机容量宜按照冬季供热工况来确定。

**5.1.8** 系统全年运行模式应根据冷热负荷、PVT热泵系统特性等因素，经技术经济比较来确定，并应制定相应的运行策略。

**【条文说明】**系统的全年运行模式的确定应充分考虑目标建筑的全年冷热负荷特点和系统在全年不同时段的运行特性等因素，制定相应的运行策略前应对系统在全年的各种运行模式进行技术经济性分析和比较，包括初投资、运行费用、年收益、投入产出比、投资回收期等经济性评价指标。

5.2　负荷计算

**5.2.1** 工业建筑负荷计算应符合现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019的有关规定。

**5.2.2** 民用建筑负荷计算应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736的有关规定。

**【条文说明】**条文5.2.1和5.2.2根据《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019及《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736，应对建筑物每个房间进行热负荷、冷负荷计算。供暖热负荷和空调冷负荷的正确计算对PVT热泵系统设计、设备选择、管道计算以及节能运行都起到关键作用，应用PVT热泵为建筑供暖或空调的系统设计，应符合相应规范要求，且与现行《公共建筑节能设计标准》GB50189中的相关规定保持一致。

**5.2.3** 生活热水负荷计算应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015的有关规定。

**【条文说明】**根据《建筑给水排水设计规范》GB 50015，应对用户的耗热量、PVT热泵系统的供热量及系统热水量进行计算，进而结合建筑的供暖热负荷和空调冷负荷，确定PVT热泵系统方案和系统设计。

**5.2.4** 系统设计过程中应对建筑用能需求进行冷、热、电逐时负荷模拟，绘制供暖热负荷和空调冷负荷随室外温度变化延续图。

**【条文说明】**冷、热负荷的确定是直膨式太阳能光伏光热系统设计的首要条件，冷热负荷分析和预测的目的是在科学分析冷热负荷的基础上确定系统各设备容量，保证系统能够高效、稳定、长期运行。只有在正确确定冷、热负荷的前提下，才有可能保证系统配置合理，减少建设投资并节省运行费用。因此，本节对冷、热负荷的计算分析做出特别规定。对于包含多种使用功能建筑的综合性项目，应分别绘制各种独立功能建筑的逐项逐时负荷曲线，考虑同时使用率，叠加后得到项目总负荷曲线，绘制供暖热负荷和空调冷负荷随室外温度变化曲线图，为PVT热泵系统设计与设备选型奠定基础。

5.3　PVT热泵机组及组件

**5.3.1** 以供热为主的PVT热泵系统热泵机组容量及台数宜按下列步骤确定：

**1** 根据建筑供暖热负荷的逐时模拟结果，按式（5-1）计算年耗热量*Q*r-b,a；

 （5-1）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中 *Q*r-b,a | ——整个供暖期建筑耗热量，MJ； |
|  | ——建筑瞬时热负荷，kW； |
| *N* | ——建筑年供暖总小时数，h。 |

**2** 选定PVT热泵系统供暖保证率初始值*f*；

**3** 按式（5-2）计算PVT热泵系统供暖期供热量*Qg-*PVT*,*a；

 （5-2）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中 *Q*g-PVT*,*a | ——PVT热泵系统供暖期供热量，MJ； |
| *f* | ——PVT热泵系统供暖保证率，%。 |

**4** 根据建筑所在地区供暖期日均辐照度*Ipj*、日平均温度*t*w,pj，及4.3.1条热泵机组制热工况下的性能曲线，确定热泵机组COP并选取热泵机组，根据4.3.2条规定的热泵机组参数确定单台热泵机组制热量；

**5** 根据5.2.4条绘制的供暖热负荷随室外温度变化曲线图，确定在日平均温度*t*w,pj下的供暖热负荷；

**6** 按式（5-3）确定热泵机组参考台数*n*in，结果取整数；

 （5-3）

**7** 根据机组性能曲线，供暖季室外空气温度、太阳辐照度，按式（5-4）计算PVT热泵机组的逐时总制热量；

 （5-4）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中  | ——单台PVT热泵机组制热量，kW。 |

**8** 按照式（5-5）计算PVT热泵机组供暖季实际供热量;

 （5-5）

**9** 验证与*Qg-*PVT*,*a是否相等。若相等，则热泵机组设计台数*n* = *n*in；若不相等，则合理调整热泵机组参考台数*n*in，继续重复计算上述7~8步，直至两者相等。

**【条文说明】**本条给出了以供热为主的PVT热泵系统热泵机组容量及台数的确定方法。

（1）由于建筑热负荷动态变化，为准确评估热泵系统综合性能和经济性，首先应采用能耗模拟软件计算建筑逐时供暖热负荷，在此基础上计算建筑总耗热量*Q*r-b,a。

（2）PVT热泵系统的供暖保证率应根据技术经济分析及用户要求综合确定，从而确定PVT热泵机组在整个供暖期需要提供的供热量*Qg-*PVT*,*a。

（3）基于研究结果表面（见4.3.1条文说明），PVT热泵的制热性能系数与室外温度和太阳辐照度线性变化有关，为此，通过建筑所在地区供暖期日均辐照度*Ipj*及日平均温度*t*w,pj确定热泵机组的制热系数，并以该值为标准选取热泵机组，从而确定单台热泵机组的制热量。

（4）PVT热泵机组在日平均温度*t*w,pj条件下的供热量需能安全满足建筑供暖热负荷，从而基于建筑供暖热负荷和单台热泵机组的制热量确定PVT热泵机组的台数*n*in。

（5）由于PVT热泵机组的性能系数是按建筑所在地区供暖期日均辐照度*Ipj*及日平均温度*t*w,pj确定的，但在整个供暖期内，室外气温和太阳辐射是变化的，导致PVT机组的供热量也随之变化，为此，需要模拟计算PVT热泵机组的逐时供热量，进而计算整个供暖期热泵机组的实际供热量。另外，PVT热泵系统的蓄热设备容量是按机组一天工作时段内能够提供的热量减去该时间段内建筑耗热量后的剩余热量考虑的，当机组一天工作时段内能够提供的热量大于建筑一整天的总耗热量时，PVT热泵机组一天的供热量按建筑一整天的耗热量计算。

（6）若= *Qg-*PVT*,*a，表明PVT热泵机组台数满足要求，若不满足，需要适当调整热泵机组台数，再进行PVT热泵机组供热量的模拟计算，直至两者相等。

**5.3.2** 采用5.3.1相同的方法，确定以供冷为主的PVT热泵系统热泵机组容量及台数。

**【条文说明】**以供冷为主的PVT热泵系统热泵机组容量及台数的确定方法与5.3.1是类似的，其唯一区别在于确定热泵机组的COP时考虑的参数不同，供冷为主的PVT热泵机组性能系数根据建筑所在地区空调季日平均风速和日平均温度确定。

**5.3.3** 确定热泵机组容量及台数后，根据4.3.2条热泵机组的PVT组件配置面积计算组件安装参考数量，并结合组件可安装场地面积、安装倾角、安装朝向等因素合理调整组件最终安装数量及形式。

**【条文说明】**组件安装倾角宜参考《光伏发电站设计规范》GB 50797 中附录B光伏阵列最佳倾角参考值，并在综合考虑建筑的用能特性、系统的发电量和集热量需求后确定。组件宜朝正南方向设置；若受安装场地限制不能朝正南方向设置时，组件朝向应在南偏东20°及南偏西20°范围内设置；若仍不满足设置朝向时，应合理增加组件设计数量，并进行经济性分析。

**5.3.4** 连接PVT热泵机组与PVT组件阵列模块的制冷剂管路应遵循“同程原则”，且每个PVT组件阵列模块单独配置相应容量的电子膨胀阀。

**【条文说明】**PVT热泵机组到各块PVT组件之间铜管应同程布置，以确保各段管路内阻力相当，避免各组件制冷剂分液不均的问题，保证系统稳定运行。且由于系统在制热工况下，制冷剂通过膨胀阀节流后，产生的两相流制冷剂更容易产生分液不均的问题，因此应适当增加膨胀阀个数，确保每块PVT组件阵列模块单独配置相应容量的电子膨胀阀，以减少分液不均问题。

**5.3.5** PVT组件阵列的设计应符合下列规定：

**1** 应根据逆变器的额定直流电压、最大功率点跟踪控制范围、光伏组件的最大输出工作电压及其温度系数，确定PVT组件串串联的数量；

**2** 应根据总发电装机容量及PVT组件串的发电容量确定PVT组件串的并联数。

【条文说明】本条对PVT组件阵列的设计进行了规定：

**1** 在确定PVT组件串数量时，需要满足两个条件：（1）组件串联后的最大开路电压低于逆变器的最大接入电压；（2）组件串联后的最大功率点电压在逆变器的最大功率点电压范围之内。其中，PVT组件串联后的实际输出电压又受到考虑组件温度的影响，因此，还需考虑PVT组件的温度系数，才能够进行PVT组件串数量的确定。PVT组件串数量的确定具体可参考现行国家标准《光伏发电站设计规范》GB 50797中的相关规定。

**2** 在确定组件串数量后，可根据系统的总发电装机容量以及单个PVT组件串的发电容量计算得到PVT组件串的并联数量，具体可参考现行国家标准《光伏发电站设计规范》GB 50797中的相关规定。

**5.3.6** 多排组件之间的最小间距应按下式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  （5-6） |  |
| 式中 *S* | ——最小间距，m； |
| *H* | ——前排组件高度，m； |
| *h* | ——计算时刻太阳高度角，°； |
| *γ*0 | ——太阳光线在水平面上的投影线与组件阵列表面法线在水平面上的投 |
|  | 影线之间的夹角，°。 |

**【条文说明】**在太阳高度角较小时，PVT组件阵列排列过密会造成彼此遮挡，降低运行效率。因此屋面上设置PVT组件阵列时，前排组件阵列的阴影不应影响后排组件正常工作。为使系统实现高效、经济的运行，本条对多排组件阵列之间的最小间距进行了规定。太阳高度角的计算时刻应为当地冬至日的10:00或14:00。

**5.3.7** PVT组件支架的材质及荷载等级应符合现行行业标准《太阳能光伏系统支架通用技术要求》JG/T 490的规定。

**【条文说明】**PVT组件支架应结合工程实际选用材料、设计结构方案和构造措施，保证支架结构在运输、安装和使用过程中满足强度、稳定性和刚度要求，并符合抗震、抗风和防腐等要求。支架材料宜采用钢材，材质的选用和支架设计应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017的规定。当采用热镀锌防腐时，镀锌层厚度应符合现行国家标准《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912的规定。对于酸碱严重的地区，镀锌层厚度的确定应有可靠依据。

5.4　蓄能设备

**5.4.1** 蓄能设备的选择应根据建筑用能需求，结合系统供热、供冷能力，充分考虑经济性、节能性、可靠性，因地制宜的选择相应的蓄能形式，且蓄能设备应设有相应的监测及控制系统，可明确显示相应的蓄能量和释能量。

**【条文说明】**蓄能设备配置容积大小考虑热泵机组直接供能阶段和蓄能设备供能阶段各自时间占比、蓄能设备供能温度后确定，并在经济性分析后确定。

**5.4.2** 蓄热和蓄冷设备宜独立设置，其容积应按下式方法确定：

**1** 供暖用蓄热水箱（罐）有效容积宜按式（5-7）计算：

 （5-7）

式中 *V*r —— 蓄热水箱（罐）有效容积，L；

*Q*g-PVT,d —— PVT热泵机组一天工作时间段内的供热量，kJ；

*Q*r-b,d —— PVT热泵机组一天工作时间段内的建筑耗热量kJ；

*t*r —— 供暖用最高蓄水温度，oC；

*tl* —— 不能供暖用的蓄热水最低温度，oC；

*rr* —— 热水密度，kg/L；

*C*p ——热水定压比热，kJ/(kg·℃)；

*η* —— 有效蓄热容积系数，蓄热水箱、卧式蓄热水罐*η=*0.80~0.85，立式蓄热水罐*η=*0.85~0.90；

*k*2 —— 安全系数，*k*=1.10~1.20。

**2** 空调用蓄冷水箱（罐）的有效容积宜按式（5-8）计算：

 （5-8）

式中 *V*c——蓄冷水设备容积，L；

*K*d——冷损失附加率，一般取1.01~1.03；

*Q*l-PVT——PVT热泵机组的夜间总制冷量，kJ；

*η*——设备容积率，一般取0.95；

*ρc*——蓄冷水密度，kg/L，一般取0.95；

*t*m——无法制冷用时蓄冷水温差，oC；

*t*c——蓄冷水箱的最低蓄水温度，oC；

*C*p——冷水定压比热，kJ/(kg·℃)；

*ϕ*——蓄冷水设备完善度，一般取0.85~0.90。

**【条文说明】**本条给出了蓄热水箱和蓄冷水箱容积的计算方法。

（1）供暖用蓄热水箱（罐）有效容积计算方法参见《建筑给水排水设计规范》GB 50015中公式6.6.7-2，但蓄热水箱（罐）主要用于蓄存PVT热泵机组一天工作时段内能够提供的热量减去该时间段内建筑耗热量后的剩余热量，主要用于一天内PVT热泵机组停止工作的时间段内，供暖用的蓄热水最低温度*t*l应根据供热末端设备类型确定。

（2）空调用蓄冷水箱（罐）的有效容积计算方法参见《全国民用建筑工程设计技术措施》（2009版）公式6.4.18。蓄冷水箱（罐）主要用于PVT热泵机组夏季夜间制冷冷量贮存。

**5.4.3** 储能电池组容量应根据PVT热泵系统日发电量、系统耗电量、储能电池的类型及其电特性等参数确定。储能电池的总容量可按下式计算：

 （5-9）

式中 *C*c——储能电池总容量，kWh；

*EPVT,d*——PVT热泵系统日发电量，kWh；

*Es,d*——PVT热泵系统工作时段内系统消耗的电量，kWh；

*F*——储能电池放电效率的修正系数，通常为1.05；

*U*——储能电池的放电深度，通常为0.5~0.8；

*K*a——综合效率系数，包括储能电池的放电效率，控制器、逆变器及交流回路的效率，通常取0.7~0.8。

**【条文说明】**储能电池宜根据储能效率、循环寿命、能量密度、功率密度、响应时间、环境适应能力、技术条件和价格等因素选择，并应符合下列规定：

**1** 应符合国家现行相应产品标准的规定；

**2** 宜选用循环寿命长、充放电效率高、自放电小等性能优越的储能电池；

**3** 宜选用大容量单体储能电池，减少并联数；

**4** 储能电池串并联使用时，应由同型号、同容量、同制造厂的产品组成，并应具有一致性。

5.5　输配系统

**5.5.1** PVT热泵系统供暖末端设备宜采用地板辐射、风机盘管或辐射吊顶供暖方式，供冷宜采用风机盘管或冷辐射吊顶方式。

**【条文说明】**为提高PVT热泵系统的运行效率，降低系统的初投资，PVT热泵系统宜采用“高温供冷”、“低温供热”的方式，因此其供暖末端宜采用地板辐射系统或风机盘管或辐射吊顶，供冷宜采用风机盘管或冷辐射吊顶。

**5.5.2** 风机盘管规格应根据房间冷热负荷、设计供回水温度等确定，其他参数应满足现行国家标准《风机盘管机组》GB/T 19232中有关规定。

**【条文说明】**风机盘管具有启动快，便于独立调节等优点。适用于有供暖和空调需求、室内温度有独立调节要求或间歇供暖的场所。

**5.5.3** 辐射供暖系统设计应符合现行行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142的有关规定。

**【条文说明】**辐射供暖系统进出口温差、管路设计及其水力计算在行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142中进行了规定，应遵照执行。

**5.5.4** 生活热水给水系统设计应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015的有关规定。

**【条文说明】**生活热水给水系统设计应遵照国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015的相关要求。

**5.5.5** PVT热泵系统的输配系统的水力计算应符合国家现行标准《工业建筑采供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019和《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736的有关规定。

**【条文说明】**PVT热泵系统的输配系统包括热水管路和冷水管路，系统循环水泵应满足系统冬季供热工况和夏季制冷工况所需流量和扬程的较大值要求，设计流量下的水系统总阻力应包括蓄热装置、输配系统和供暖（或供冷）末端三部分阻力。循环水泵耗电输热比应按《公共建筑节能设计标准》GB50189相关规定进行计算。若蓄热水箱放置室外，在供暖季有冻结风险的地区，热水管路应考虑防冻措施。

**5.5.6** 热水管路及冷水管路管材可采用薄壁铜管、薄壁不锈钢管、塑料热水管、塑料和金属复合热水管等，具体材质应根据其工作温度、工作压力、使用寿命、施工与环保性能等因素，经综合考虑和技术经济比较后确定，其质量应符合国家现行有关产品标准的规定。

**【条文说明】**冷水及热水管道材质选择应符合下列要求：

**1** 设备机房内的管道不应采用塑料热水管；

**2** 管件宜采用和管道相同的材质；

**3** 热水管道系统，应有补偿管道热胀冷缩的措施；

**4** 热水管路及冷水管路管材和管件内外壁应光滑、平整，不存在裂纹、脱皮、起泡，其中冷水管道应采取防凝露措施。

**5.5.7** 管道保温设计应符合现行国家标准《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175中的相关规定。

**【条文说明】**管道保温设计应符合下列规定：

**1** 保冷层的外表面不得产生凝结水；

**2** 管道和支架之间，管道穿墙、穿楼板处均应采取防止“冷桥”、“热桥”的措施；

**3** 当采用非闭孔材料保冷时，外表面应设隔汽层和保护层；保温时，外表面应设保护层；

**4** 室外管道的保温层外应设硬质保护层。

5.6　光伏发电系统

**5.6.1** 光伏发电系统设计应符合现行国家标准《光伏发电站设计规范》GB 50797及现行行业标准《民用建筑电气设计规范》JGJ 16中的相关规定。

**【条文说明】**PVT热泵系统的供配电系统设计、线路敷设和箱盘配线以及电气系统安全保护应符合《民用建筑电气设计规范》JGJ 16等标准中的相关规定，在系统设计时各设备应考虑独立回路供电，便于PVT热泵系统设置电能计量设备并进行性能评价；太阳能光伏系统应符合《光伏发电站设计规范》GB 50797等标准中的相关规定。

**5.6.2** PVT热泵系统光伏发电宜采用并网运行方式，所发电力应先满足系统自身用电需求，也可根据技术经济比较结果选择多余电力上网的运行方式。光伏逆变与并网设计还应符合现行国家标准《光伏发电接入配电网设计规范》GB/T 50865中的相关规定。

**【条文说明】**实际运行经验表明，并网运行的安全性能较好，系统更具有高效性和经济性，因此太阳能光伏光热热泵系统宜采用并网的运行方式。并网方式下，发电量可以全部自用或自发自用、余电上网，不足电量由电网提供。从减少输送损耗和提高系统能源利用效率角度出发，本条建议在条件允许的情况下尽可能自发自用。光伏系统的并网设计应符合下列规定：

**1** 光伏系统应在与电网或负载连接的交流配电柜中设置具有隔离、保护、控制和监测功能的并网总断路器；

**2** 安装时，应将电网看作电源，将光伏系统看作负载；

**3** 逆变器、交流配电柜与并网总断路器之间不应接入负载；

**4** 光伏系统每一并网点的并网容量不宜超过上一级变压器额定容量的25％；

**5** 光伏系统不应作为应急电源；

**6** 额定功率大于等于8kW的并网逆变器宜三相接入电网，8kW及以下的并网逆变器可单相接入电网；

**7** 单相逆变器接入三相电网时，宜使三相平衡，各相接入的逆变器容量宜一致；

**8** 光伏系统的并网保护应符合现行国家标准《光伏发电系统接入配电网技术规定》GB/T 29319的规定。

**5.6.3** 安装在建筑各部位的PVT组件应具有带电警告标识及相应的电气安全防护措施，并应满足相应部位的建筑结构安全和电气安全要求。

**【条文说明】**在既有建筑上增设或改造的PVT组件，其重量会增加。另外，安装过程也会对建筑结构和建筑功能有影响，因此，应进行建筑结构安全、建筑电气安全等方面的复核和检验。

**5.6.4** 防雷接地设计应符合国家现行标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057、《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065的相关规定。

**【条文说明】**防雷接地应符合下列要求：

**1** 系统站房防雷应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的有关规定，并应按第二类防雷建筑物执行；

**2** 系统附属建（构）筑物防雷应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的有关规定；

**3** 系统的接地设计应符合现行国家标准《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065的有关规定；

**4** 系统站房的防雷接地、防静电接地、电气设备的工作接地、保护接地及信息系统的接地等，宜设置公用接地装置，且接地电阻不应大于1Ω。

5.7　控制系统与监测系统

**5.7.1** PVT热泵系统应设置控制系统，控制系统的整体设计宜符合下列要求：

**1** 控制系统应能通过通信接口与主要设备控制装置进行双向通信，并应能实现对系统内重要设备的控制及与其他相关系统的通信；

**2** 主要设备应设置就地控制装置与远程控制装置，就地控制级别应优先于远程控制；

**3** 控制系统应能对主要设备进行正常运行工况的监视和异常工况的报警，并应能实现机组事故状态时紧急停机；

**4** 当采用计算机集中控制系统时，其功能宜包括数据采集和处理、模拟量控制、顺序控制、电气控制。控制系统应预留与主要设备控制装置、自动并网保护装置的通信接口及与监测与控制中心的通信接口；

**5** 系统应能根据冷、热、电负荷的变化调整运行工况；

**6** 主要设备控制器宜控制与该设备运行安全相关的附属设备。

**【条文说明】**为便于PVT热泵系统的运行和管理，PVT热泵系统需要设置控制系统。控制系统控制功能应包括：PVT热泵系统运行控制和安全防护控制、热泵系统与辅助能源设备的工作切换控制、管路的防冻保护、并网运行、发电故障报警等，并具有PVT热泵系统不同运行模式的切换功能。控制方式应简便、可靠、利于操作，电磁阀、压力控制阀、泄水阀、自动排气阅、止回阀、安全阀等控制元件性能应符合相关产品标准要求。

**5.7.2** PVT热泵系统宜设置监测系统，监测、记录及保存下列参数：

**1** 太阳总辐射、环境温度、湿度、风速等环境参数；

**2** PVT组件发电功率和累积发电量；

**3** 蓄冷水箱水温、循环水流量，制冷功率和累积制冷量；

**4** 蓄热水箱水温、循环水流量，制热功率和累积制热量；

**5** 热泵系统内所有耗电设备的耗电功率和累积耗电量。

**【条文说明】**本条规定的监测参数内容包括系统消耗的电能、太阳能，以及输出的热量、冷量、电量，用于计算系统供热COP，供冷COP及能源综合利用率等评价指标参数。本条所列内容，为监测计量参数的基本要求。

**5.7.3** 监测系统宜设置性能评价模块，宜包含下列内容：

**1** 系统发电性能评价；

**2** 系统制热性能评价；

**3** 系统制冷性能评价；

**4** 系统综合性能评价。

**【条文说明】**根据5.7.2条计量的相关参数，可以对PVT热泵系统发电性能、制热性能、制冷性能及其综合性能进行评价。

6　施工安装

6.1　一般规定

**6.1.1** PVT热泵系统施工安装前应具备下列条件：

**1** 施工图纸及技术文件齐全；

**2** 完成施工方案和施工组织设计，并完成技术交底；

**3** 设备基础、预留孔洞、预埋件符合设计图纸，并已通过验收；

**4** 施工现场具有供水、供电条件，有储放材料的临时设施；

**5** 施工安装的相关设备、管道和管件的型号、规格、性能及技术参数等必须符合设计文件要求；

**6** 测试仪器合格且配备齐全；

**7** 施工人员经过岗前技能培训，且考核合格。

**【条文说明】**施工安装前的准备工作是保证施工质量的重要环节，本条目的在于规范PVT热泵系统的施工安装。进场施工前应制定施工技术方案，具体内容包括热泵主机、PVT组件、蓄能设备、电气系统、输配系统等部分的施工方法、安全措施以及施工前环境检查等内容。做好产品人员培训和技术交底，图纸及材料接收，检验进场设备、管材、辅助材料等相关准备工作。其中施工图纸应是经过二次深化设计、具备施工条件的图纸，技术文件还包括产品本身的安装说明书等技术资料。制冷剂管道系统连接时可能发生制冷剂泄漏并需要补充等情况，施工安装人员需要通过测试仪器准确诊断故障，以便于快速检修。

**6.1.2** PVT热泵系统安装不应损坏建筑物结构，不应破坏地面、楼面的防水层和建筑物的附属设施。

**【条文说明】**施工设备及材料的存放、安装过程，不应对建筑物原有设施造成破坏。

**6.1.3** PVT系统的安装应与建筑、结构、电气、给水排水、装饰等专业相互协调。

**【条文说明】**PVT热泵系统施工安装过程中，其热泵机组、PVT组件、蓄能设备及管线与建筑、结构、电气、给水排水、装饰等专业有交叉，应考虑与其他专业相互协调。

6.2　PVT组件

**6.2.1** PVT组件固定支架的施工应满足下列要求：

**1**  PVT组件固定支架及其材料应符合设计图纸技术要求，其制作应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的规定；

**2** 支架应按设计要求安装在主体结构上，位置准确，与主体结构预埋件固定牢靠；

**3** 既有建筑外墙上安装的支架，应根据施工图纸先确定支架的安装位置，并进行外墙打孔，安装后锚固螺栓，固定支架；

**4** PVT组件固定支架应与建筑物接地系统进行可靠连接；

**5** 钢结构支架安装完毕后，应做防腐处理。防腐施工应符合国家现行标准《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212和《建筑防腐蚀工程施工质量验收标准》GB/T 50224的规定。

**【条文说明】**本条文对PVT组件支架的安装进行规定：

**1** 本条强调了PVT组件支架应按图纸要求制作，支架及材料应符合设计要求，钢结构支架的焊接应符合现行国家标准，并应注意整体美观，钢结构支架的焊缝表面不得有裂纹、焊瘤等缺陷；

**2** 组件支架应按设计要求安装在主体结构上，位置准确，与主体结构固定牢靠。根据现场条件，支架应采取抗风措施，由于现场条件不同，抗风措施也不同；

**3** 本条给出了既有建筑外墙上组件支架的安装方法；

**4** 为防止雷电伤人，本条强调支架应与建筑物接地系统可靠连接；

**5** 本条强调了钢结构支架应做防腐处理，涂层应附着牢固，无脱皮、裂纹、起泡、反绣和漏刷等缺陷。

**6.2.2** PVT组件安装应满足下列要求：

**1** PVT组件安装前应采用干燥压缩空气或氮气进行清污吹洗；

**2** PVT组件安装前应保证组件表面有覆盖物，从而减小对组件的损伤；

**3** PVT组件的布置位置、间距、坡度、连接方式和防遮挡等应符合设计要求，安装倾角偏差不应大于±3°。

**【条文说明】**本条文对PVT组件的安装进行规定：

**1** 在PVT组件的运输和存放过程中，灰尘和碎屑等杂质可能会进入PVT组件的内部管道，进而阻塞流道内制冷剂的流动，因此在安装前，应采用干燥压缩空气或氮气进行清污吹洗；

**2** PVT组件安装前，为避免运输和存放过程中组件玻璃表面或者内部管道的损伤，应包裹覆盖好PVT组件；

**3** 为保证PVT组件集热性能最佳，PVT组件的实际安装倾角与倾角设计要求之间的偏差不应大于±3°。

**6.2.3** PVT组件在平屋面安装应符合下列规定：

**1** 在屋面防水层上设置组件阵列时，屋面防水层应包到基座上部，并在基座下部加设附加防水层；

**2** 管道需要穿越屋面时，应在屋面预埋防水套管，并对其与屋面相接处进行防水密封处理。防水套管应在屋面防水层施工前埋设完毕。

【**条文说明**】本条文对PVT组件在平屋面的安装进行附加规定：

**1** 在基座施工过程中，屋面的防水层可能会受到破坏而失去[防水](https://baike.baidu.com/item/%E9%98%B2%E6%B0%B4)作用，因此，屋面防水层应包到基座上部，并且应在基座下部加设附加防水层；

**2** 对于需要穿越屋面的管道，应由预埋在屋面的防水套管穿过，以保证屋面防水层的防水效果。

**6.2.4** PVT组件在坡屋面安装应符合下列规定：

**1** 坡屋面上的组件宜采用顺坡镶嵌或顺坡架空设置；

**2** 顺坡镶嵌在坡屋面上的组件与周围屋面材料连接部位应做好防水构造处理；

**3** 顺坡架空在坡屋面上的组件与屋面见空隙高度不宜小于150mm；

**4** 制冷剂管路连接宜采用冷连接方式安装。

【条文说明】本条文对PVT组件在坡屋面的安装进行附加规定：

**1** 为尽量减小PVT组件对建筑美观造成的影响，在坡屋面上安装PVT组件时，宜采用顺坡镶嵌或顺坡架空的方式进行安装；

**2** 为避免PVT组件与屋面形成的缝隙内产生积水，顺坡镶嵌在坡屋面上的PVT组件与周围屋面材料之间应做好防水处理；

**3** 顺坡架空在坡屋面上的组件与屋面之间的空隙应能够满足安装、检修和维护的要求，本条建议该空隙高度不宜小于150mm；

**4** 为便于安装，降低施工过程的安全隐患，制冷剂管路连接宜采用冷连接方式安装。

**6.2.5** PVT组件在建筑立面安装应符合下列规定：

**1** PVT组件与墙面的连接不应影响墙体的保温构造和节能效果；

**2** 管道需要穿越墙面时，应预埋穿墙套管，且穿墙套管不宜设在结构柱处。

**【条文说明】**本条文对PVT组件在建筑立面的安装进行附加规定：

**1** 在既有建筑的墙面进行PVT组件安装时，应尽量避免对墙面原有保温结构的破坏，而对于必须通过破坏墙面原有保温结构才能安装的情形，应在安装完成后，对墙体保温结构进行修补，恢复墙体的保温效果；

**2** 对于需要穿越墙面的管道，应由预埋在墙面的穿墙套管穿过，并用发泡胶等材料填充管道与套管之间的空隙，以保证墙面的防水和保温效果。

6.3　热泵机组及制冷剂管路

**6.3.1** PVT热泵机组施工安装应符合国家现行标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243及《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274有关条文的规定。

**6.3.2** 制冷剂管道的安装、制冷剂的充注与回收还应符合现行行业标准《多联机空调系统工程技术规程》JGJ 174中的相关规定。

**【条文说明】**6.3.1和6.3.2条热泵机组及制冷机管路安装，涉及多专业、多工种，相关标准中已经有较详细的施工安装规定，均应遵照执行，本规程不做过多赘述。

**6.3.3** PVT热泵机组的安装应满足下列要求：

**1** PVT热泵机组施工安装，应满足设备安装说明书等产品技术资料的各项要求；

**2** PVT热泵机组的搬运和吊装，应符合产品技术文件的有关规定，并应做好设备的保护工作，不得因搬运或吊装造成设备损伤；

**3** PVT热泵机组宜布置在建筑物内。若热泵机组安装在室外，其电气和控制设备应布置在室内，有冻结风险的地区，应采取防冻措施。

**【条文说明】**热泵机组类型多样，各产品有其自己的特点和要求，因此还应满足设备安装说明书等产品技术资料的各项要求。热泵机组的过度倾斜、振动等都会造成设备的损坏，因此，设备的搬运和吊装应符合产品技术文件的要求。为了防雨、防潮，以免由于潮湿影响电气系统安全，若热泵机组安装在室外，其电气和控制设备应布置在室内。此外，还应做好防冻措施。

**6.3.4** 制冷剂管路安装应满足下列要求：

**1** 从PVT热泵机组主机到制冷剂分液器之间的制冷剂管道以及PVT组件出口到主机之间的制冷剂管道，安装时应遵循横平竖直原则，成排明装管道应互相平行，距离相等，弯曲部分管道也应相互平行，距离相等；

**2** 从PVT热泵机组主机到制冷剂分液器之间的制冷剂管道以及PVT组件出口到主机之间的制冷剂管道存在分支和汇流的，安装时必须保证各分支管道同程布置；

**3** 制冷剂分液器应垂直朝上安装，即干管在下，各支管在上；

**4** 制冷剂分液器各出口到PVT组件入口之间的管道长度必须保证一致；

**5** 制冷剂分液器各出口到各个PVT组件入口距离不一致的，制冷剂管道长度必须按照最长的铜管为标准进行截取，其他距离较近的，对多余部分管道应进行妥善的弯折处理；

**6** 同一制冷剂分液器分出的管道所连接的PVT组件必须处于同一标高；

**7** 制冷剂电磁阀和单向阀应水平安装，电子膨胀阀必须垂直安装；

**8** 制冷机管道连接完成后，应进行制冷剂管路检漏试验，检漏试验应符合设计要求。

**【条文说明】**对于PVT热泵系统而言，制热时PVT组件作为系统的蒸发器，应确保各组件内的制冷剂流量均匀一致，而制冷剂管路的安装对于制冷剂的分配至关重要，本条对PVT热泵系统的制冷剂管路的安装进行了详尽的规定。首先，对于PVT热泵机组主机到制冷剂分液器之间的制冷剂管道，应横平竖直，且各分支和汇流管路应相互平行，长度相等。其次，为确保膨胀阀后的气液两相制冷剂能够均匀分配至各PVT组件进口，应垂直朝上安装制冷剂分液器。最后，为保证PVT组件进出口管路中制冷剂压降的一致性，进出PVT组件的管路长度均应一致，即制冷剂管路应同程布置。另外，为保证制冷剂管路的可靠连接，应在完成安装后，对制冷剂管路的密闭性进行检验，具体的操作过程可参考《多联机空调系统技术规程》JGJ 174的相关规定。

6.4　蓄能设备

**6.4.1** PVT热泵系统蓄热、蓄冷水箱（罐）的施工应满足下列要求：

**1** 蓄热、蓄冷水箱（罐）基座应根据设计要求预留固定用预埋件，蓄热、蓄冷水箱（罐）应与基座固定，紧固螺栓；

**2** 蓄热、蓄冷水箱（罐）的布置形式（立式或卧式）和进、出水管布置，不得产生水流短路，并应保证箱（罐）内具有平缓的水温梯度；

**3** 在开式非承压系统中，蓄热、蓄冷水箱（罐）应设置水位计、水温指示器、控制器、放空管、爬梯和检修口等；

**4** 在闭式承压系统中，蓄热、蓄冷水罐应设置压力表、泄压装置、水温指示器、控制器及自动排气阀等；

**5** 钢板焊接的蓄热、蓄冷水箱（罐），其内外壁均应按设计要求做防腐处理，防腐材料应卫生、无毒；

**6** 蓄热、蓄冷水箱（罐）安装应符合生产厂家的安装说明的要求；

**7** 蓄热、蓄冷水箱（罐）保温前应进行检漏实验。

**【条文说明】**本条规定了PVT热泵热系统的蓄热、蓄冷水箱的施工安装要求。承压式蓄热、蓄能水箱（罐）内流速（层流或紊流）、使用的间歇性，安装方式都会影响到水箱（罐）的有效储热容积。一般立式水箱相比卧式水箱的温度随水箱高度的变化曲线要平缓很多，有利于充分利用水箱容积。水箱传感器放入蓄热、蓄能水箱（罐）的过程中，要保护传感器及其外部绝缘外套，不得用力拉扯，以免线断、绝缘破损或传感器损坏。蓄热、蓄能水箱（罐）保温应在检漏合格后进行，保温材料、厚度和保护壳等应符合设计规定。

**6.4.2** PVT热泵系统蓄电池施工安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程 蓄电池施工及验收规范》GB 50172的规定。

**【条文说明】**《电气装置安装工程 蓄电池施工及验收规范》GB 50172规范了各种蓄电池的施工安装要求，这里引用该标准。

6.5　输配系统

**6.5.1** PVT热泵系统的输配系统管路及附件的施工安装包括独立蓄热式太阳能光伏光热热泵系统的中介水系统、热水管道及附件、冷水管道及附件、补水管道及附件、循环水泵。

**【条文说明】**本条文说明了PVT热泵系统的输配系统管路和设备的安装范围。

**6.5.2** PVT热泵系统管道施工还应符合国家现行标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243和《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242中的相关规定。

**【条文说明】**PVT热泵系统管道施工在《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243和《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242中有详细的规定，PVT热泵系统管道施工应遵照执行，本规程不做过多赘述。

**6.5.3** PVT热泵系统循环水泵应按照厂家规定的方式安装，并符合现行国家标准《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275的规定。

**【条文说明】**现行国家标准《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275对水泵安装进行了详细规定，同时，水泵种类很多，不同产品有其自己的特点和要求，除国家标准的要求外，还应按照厂家规定的方式安装。

6.6　电气系统

**6.6.1** PVT热泵系统电气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的规定。

**6.6.2** PVT热泵光伏发电系统电气设施安装应符合国家现行标准《光伏发电站施工规范》GB 50794和《光伏发电工程验收规范》GB 50796的规定。

**6.6.3** 其他电气设施的安装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的规定。

**6.6.4** 所有电气设备和与电气设备相联接的金属部件应做接地处理，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》GB50169的规定。

**【条文说明】**PVT热泵系统电气系统工程安装在现行国家标准中已经有较详细的施工安装规定，均应遵照执行。

**6.6.5** PVT热泵系统的控制与监测系统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，保证监测和控制元器件的正常。

【条文说明】PVT热泵系统工程会对温度、温差、压力、水位、流量、电量及室外环境参数进行采集或控制，本条强调了上述传感器安装质量和注意事项。

7　调适、检验与验收

7.1　一般规定

**7.1.1** PVT热泵系统安装完成后，应进行系统调适。

**【条文说明】P**VT热泵系统安装完成后、验收前需要对系统进行调适，包括冷剂管路坡度、U型管等特殊检查、水系统集气和排气检查、管道内吹灰清污、打压检漏、抽真空、充注制冷剂、电力系统调试、监测控制系统调试、PVT热泵系统试运行等。

**7.1.2** PVT热泵系统工程的调适和检验应由施工单位负责，监理单位监督，设计、建设单位与设备厂家和供应商等单位参与。

**【条文说明】**PVT热泵工程的系统调适，应以施工单位为主，监理单位监督，设计单位、建设单位、设备厂家和供应商等参与配合。设计单位除应提供工程设计的参数外，还应对调适过程中出现的问题提出明确的修改意见；监理、建设、厂家和供应商等单位参加调试，既可起到工程的协调作用，又有助于工程的管理和质量的验收。

**7.1.3** PVT热泵系统工程竣工验收应由建设单位负责，组织施工、设计、监理等单位共同进行，合格后应办理竣工验收手续。

**【条文说明】**本条文明确规定PVT热泵工程的验收工作，应以建设单位为主，施工、设计、监理单位配合进行。对于新建建筑的PVT热泵系统工程的验收，应作为分项工程纳入建筑整体验收程序。

**7.1.4** PVT热泵系统工程的PVT热泵机组、蓄能系统、输配系统的调适、检验及验收除应执行本技术规程相关规定外，还应按照国家和行业现行标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411、《采暖通风与空气调节检测技术规程》JGJ/T 260和《多联机空调系统工程技术规程》JGJ174的相关规定执行。

**【条文说明】**本条文规定了PVT热泵系统工程中的PVT热泵机组、蓄能系统、输配系统的调适、检验及验收还应按照国家和行业相关技术标的规定执行。PVT热泵系统工程中的PVT热泵机组、蓄能系统、输配系统的主要验收项目包括系统设计图纸和竣工图纸、设备及材料出厂合格证明及进场检（试）验报告、设备和材料的现场复检报告、隐蔽工程检查和验收记录、设备和管道的安装和检验记录、水系统冲洗和试压试验、设备单机试运行调适、系统试运行与调适等。以上检验和测试项目在上述相关标准中已经有较详细的规定，均应遵照执行，本标准不再过多赘述。

**7.1.5** PVT热泵系统工程的电气工程、监测和控制工程调试验收除应执行本技术规程相关规定外，还应符合国家现行标准《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气设备交接试验标准》GB 50150、《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB 50254、《光伏发电工程验收规范》GB 50796和《自动化仪表工程施工质量验收规范》GB 50131有关规定。

**【条文说明】**本条文规定了PVT热泵系统工程中电气系统、监测和控制系统的调试验收还应按照国家和行业相关技术标准的规定执行。电气工程的主要验收项目包括电气设备和材料检验、光伏系统性能测试、电源质量测试、配电箱（柜）等电气装置安装与连线、配电线路安装敷设与连线、剩余电流动作的保护装置测试、电气绝缘电阻测试和防雷接地等一系列的检验和测试。监测和控制工程主要验收项目包括传感器、控制器等器件验证和安装、线路敷设与接线、电气绝缘电阻测试、通信和信号传输检测、传感器信号精度测试以及系运行参数监测与控制功能的完整性测试。以上检验和测试项目在上述相关标准中已经有较详细的规定，均应遵照执行，本标准不再赘述。

7.2　调适

**7.2.1** 系统调适所使用的测量仪器和仪表，性能应稳定可靠，其精度等级及最小分度值应满足检测要求。

**【条文说明】**为了检测设备及系统运行状况是否达到设计要求，各测量仪器和仪表应符合国家计量法规及检定规程的规定。

**7.2.2** PVT热泵系统调适应包括安装质量检查、水压试验、冲洗试验、系统设备单机调适、水系统运行调适、系统蓄能运行调适和系统联合运行调适，系统联动调适应按照实际运行工况进行。

**【条文说明】**本条文对PVT热泵系统工程的试运行和调试过程中必要的调适项目进行界定，以满足工程追溯检查和验收的需要。PVT热泵系统工程的调适过程应严格按照安装质量检查—水压试验—冲洗试验—系统设备单机调适—系统运行调适—系统蓄能运行调适—系统联合运行调适的步骤进行，其中安装质量检查包括冷剂管路坡度、U型管等特殊检查、水系统集气和排气检查等。

**7.2.3** PVT热泵系统水压试验应符合下列规定：

**1** 闭式蓄热、蓄冷水罐，水系统管路的阀门、分集水器、风机盘管等应进行强度和严密性试验；

**2** 水系统管路应按照下列要求进行水压试验并记录试验结果：

1）水压试验应在管道安装完成并经检查符合设计要求后进行；

2）冬季进行水压试验时应采取可靠的防冻措施，试压完成后应及时将水放尽，必要时采用压缩空气将低点处的存水吹尽；

3）水压试验水温应在3℃~50℃之间，试验压力应符合设计要求；

4）地板辐射供暖盘管应在隐蔽前和隐蔽后分别进行水压试验。

**【条文说明】**本条文参照协会标准《空气源热泵供暖工程技术规程》T/CECS 564。水压试验主要包括强度试验和严密性试验，其中强度试验主要是为了检验水系统各设备和管道的力学性能，而严密性试验主要是为了检查设备本身的密封性能以及管道设备之间的连接质量。

由于现场作业可能会对管道造成损坏或者管路本身存在质量问题，以及存在水系统安装不到位的情况，必须在系统安装完成并经检查符合设计要求后对系统承压管路进行水压试验。

管道系统试压完成后，及时排除管内积水，这主要是考虑北方地区冬季较为寒冷，防止管道发生胀裂，给后续施工带来不必要的隐患、返工和经济损失。

水系统各设备和管道的水压试验方法和步骤可参照《采暖通风与空气调节检测技术规程》JGJ/T 260的相关要求和规定进行，由于PVT热泵制冷最低温度为3oC，制热最高温度为50oC，水压试验水温应在3℃~50℃之间。在此过程中应注意检查各部位是否存在渗漏现象，且应分别在试验压力和工作压力下进行全面检查并及时记录。

对于地板辐射供暖系统的加热盘管的水压试验方法，可参照《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142的相关规定，由于加热盘管在隐蔽施工过程中可能损坏管路，因此要求在隐蔽前和隐蔽后应分别进行水压试验。

**7.2.4** 应对水系统管路进行冲洗试验，冲洗之后应保证管路及设备中的水及冲洗液排尽。

**【条文说明】**管道冲洗的目的是为了清除管道在生产以及安装过程中产生的灰尘、焊渣等杂质，使之排出管道，避免在系统投入使用后由于这些外部因素而出现问题。具体的管路冲洗和充水步骤可参照《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》JGJ/T 260 中4.3.1条的规定进行。

**7.2.5** PVT热泵机组单机调适应满足设备技术文件的相关规定，做好运行前的准备工作，试运行期间应详细记录机组的相关运行状态参数。

**【条文说明】**本条主要是为了确保PVT热泵机组运行的安全性。PVT热泵机组单机试运行前应做好下列准备工作：

**1** 应按本技术规程6.3.2的要求或设备技术文件的规定充注制冷剂；

**2** 系统中各安全保护继电器、安全装置应经整定，其整定值应符合设备技术文件的规定，其动作应灵敏可靠；

**3** 根据设备技术文件的规定，开启或关闭系统中相应的阀门；

**4** 水系统应运行畅通，满足运行要求；

**5** 根据设备技术文件的规定进行压缩机预热。

PVT热泵机组试运行期间详细记录的运行状态参数包括：

**1** 吸气、排气压力和温度；

**2** 环境温度、太阳辐照度和空气风速；

**3** 蓄热水箱水温、中间水系统换热器进出口温度；

**4** 电动机的电流、电压和温升；

**5** 运动部件有无异常声响，各连接和密封部位有无松动、漏气、漏油等现象；

**6** 能量调节装置的动作是否灵敏、准确；

**7** PVT组件工作是否正常，其表面温度是否均匀；

**8** 各安全保护继电器的动作是否灵敏、准确；

**9** 机器的噪声和振动。

程序上的错误和检测数据的异常在机组启动时就可能造成机组的损坏，在机组启动前做好准备工作，在机组试运行的过程中，应详细记录各类状态参数，观察机组的运行状态，并填写相关记录表。发现异常必须立即停止，排除异常和故障，重新启动。

**7.2.6** 蓄热和蓄冷设备、循环水泵、阀门、电气设备、监测和控制设备和末端设备应进行单机调适，调适应包括下列内容：

**1** 蓄热和蓄冷设备的水位计、压力表和温度计等仪表应显示正常，热损失在正常指标范围内；

**2** 循环水泵安装方向正确，开启正常，无异常振动和声响，电气电流和功率不超过额定值，温度在正常范围内；

**3** 各类阀门的安装位置、方向正确，开启正常、动作灵活、密封严密；

**4** 电气装置接线正确，接地良好，漏电保护装置动作应准确可靠；

**5** PVT组件光伏组串调适、逆变器调适应按照现行国家标准《光伏发电站施工规范》GB 50794的有关规定进行；

**6** 监测和控制系统应达到设计要求的功能，控制动作准确可靠；

**7** 末端设备在设计负荷下连续正常工作，各项指标在正常范围内。

**【条文说明】**本条文规定了需要进行单机试运行和调适的设备以及要求。

**7.2.7** PVT热泵系统蓄能运行调适应符合下列规定：

**1** 系统处于稳定运行状态；

**2** 蓄能水初始温度为自来水自然温度；

**3**系统蓄能运行和检测时间为蓄能水温度自初始温度达到设计参数为止，制热工况为50oC，制冷工况为3oC；

**4** 制热工况，天气晴朗，太阳平均辐照度和室外平度温度均不低于设计工况80%；

**5** 制冷工况，天气晴朗，室外平均风速不低于设计工况的80%，且室外温度不高于设计工况的80%；

**6** 机组设定温度与设计温度一致；

**7** 在制热工况下，热泵机组停止运行后，进行蓄热水箱蓄热性能实验，其方法应按现行国家标准《家用太阳能热水系统储水箱试验方法》GB/T 28745进行；

**8** 夏季还应开展蓄冷过程机组性能实验。

**【条文说明】**PVT热泵系统蓄热运行与调适，应在水压和冲洗试验、系统各设备单机调适、水系统试运行和调试合格后进行。系统蓄热运行的目的是为了检测机组在蓄能温度动态变化条件下机组的运行性能以及水箱的蓄热性能，因此其蓄能水初始温度为自来水自然温度，当蓄水箱（罐）内平均温度达到50oC系统停止运行。在对PVT热泵系统蓄能运行与调适检测时，热泵机组应在合理的负荷下运行，如果负荷率过低，系统运行工况与设计工况相差较大，其系统性能不具备代表性。这里参照协会标准《空气源热泵供暖工程技术规程》T/CECS 564的要求，机组运行负荷率需达到80%以上，由机组的性能曲线可知，机组制热性能与室外温度和太阳辐照度呈线性变化，制冷性能与室外温度和风速呈线性变化，为此要求，制热工况时，天气晴朗，太阳平均辐照度和室外平度温度均不低于设计工况80%；制热工况时，制冷工况，天气晴朗，室外平均风速不低于设计工况的80%，且室外温度不高于设计工况的80%。在机组运行期限，应对系统性能进行连续测试，检测参数包括室外环境参数、蓄能水温度、热泵机组和水泵运行的耗电量等。在热泵机组停止运行后，蓄热水箱蓄热性能实验方法参照《家用太阳能热水系统储水箱试验方法》GB/T 28745进行。在夏季测试时，具有开启制冷工况的条件，还需要开展热泵机组制冷性能实验。

**7.2.8** PVT热泵系统供暖工况联合运行与调适应符合下列规定：

**1** 系统处于稳定运行状态；

**2** 蓄热水箱（罐）内初始水温不低于35oC；

**3** 系统负荷不宜小于实际运行最大负荷的60％；

**4** 天气晴朗，太阳平均辐照度和室外平度温度均不低于设计工况的80%；

**5** 当太阳辐照度高于200W时，热泵机组连续运行，当下午太阳辐照度低于200W时机组停止运行；

**6** 当机组停止运行后，供热系统继续运行，直到蓄能水温度低于35 oC时为止；

**7** 热泵机组的设定温度应与设计工况一致。

**【条文说明】**PVT热泵供暖工况联合运行与调试，应在PVT热泵系统蓄能运行调适合格后进行。PVT热泵系统供暖末端为风机盘管或地板辐射盘管，其供水温度不宜低于35oC。供暖工况联合运行与调适检测时，系统应在合理的负荷下运行，如果负荷率过低，系统运行工况与设计工况相差较大，其系统性能不具备代表性。参照协会标准《空气源热泵供暖工程技术规程》T/CECS 564的要求，对系统性能进行测试时系统负荷率在60%以上运行比较合理，机组运行在负荷率80%以上。当太阳辐照度低于200W时，机组供热性能参数可能会低于1.8，故热泵机组连续运行时间内太阳辐照度应高于200W。由于系统在蓄热，热泵机组停止运行后，系统仍然有热量供出，因此，当机组停止运行后，供热系统需要继续运行，直到蓄能水温度低于35oC时为止。在系统运行期限，应对系统性能进行连续测试，检测参数包括室外环境参数、蓄能水温度、供热系统供回水温度和循环流量，中间水系统供回水温度和流量，机组和水泵运行耗电量，以及房间温度等。

**7.2.9** PVT热泵系统供冷工况联合运行与调适应符合下列规定：

**1** 系统处于稳定运行状态；

**2** 系统负荷不宜小于实际运行最大负荷的60％；

**3** 天气晴朗，室外平均风速不低于设计工况的80%，且室外温度不高于设计工况的80%；

**4** 热泵机组夜间连续运行，当蓄能水温度低于设计温度时机组停止运行；

**5** 供热系统白天连续运行，当蓄能水温度高于18oC时为止；

**6** 热泵机组的设定温度应与设计工况一致。

**【条文说明】**PVT热泵供冷工况联合运行与调试，应在PVT热泵系统蓄能运行调适合格后进行。PVT热泵供冷工况联合运行分为两个阶段，第一阶段为夜间热泵机组运行蓄冷；第二阶段为供冷系统运行供冷。第一阶段为夜间热泵机组运行蓄冷需要热泵机组运行负荷率达到80%以上，因此热泵机组运行环境需要天气晴朗，室外平均风速不低于设计工况的80%，且室外温度不高于设计工况的80%。第二阶段供冷系统运行时，当蓄能水温度高于18oC时，蓄能水无制冷功能，此时系统停止运行。在系统运行期限，应对系统性能进行连续测试，检测参数包括室外环境参数、蓄能水温度、中间水系统供回水温度和流量，供冷系统供回水温度和循环流量、机组和水泵运行耗电量，以及房间温度和湿度等。

7.3　检验

**7.3.1** PVT热泵系统工程验收前，应进行系统运行效果检验。

**【条文说明】**PVT热泵系统工程验收前，应有系统运行数据，检验系统运行状况。

**7.3.2** PVT热泵系统蓄能运行和调适宜对下列性能参数进行检测：

**1** 室外环境参数，包括室外温度、太阳辐照度和风速；

**2** 热泵机组进出水温度、流量；

**3** 蓄热水箱（罐）在不同水深处的温度；

**4** 热泵机组和循环水泵电功率和耗电量；

**5** 水泵进出口压差；

**6** 热泵机组运行噪声值等。

**7.3.3** PVT热泵系统供暖工况联合运行与调适宜对下列性能参数进行检测：

**1** 室外环境参数，包括室外环境温度和太阳辐照度；

**2** 室内温度；

**3** 热泵机组进出水温度、流量；

**4** 供热系统进出温度和流量；

**5** 蓄热水箱（罐）在不同水深处的温度；

**6** 热泵机组及所有循环水泵电功率和耗电量；

**7** 水泵进出口压差。

**7.3.4** PVT热泵系统供冷工况联合运行与调适宜对下列性能参数进行检测：

**1** 室外环境参数，包括室外温度和风速；

**2** 室内温度和湿度；

**3** 热泵机组进出水温度、流量；

**4** 供冷系统进出温度和流量；

**5** 蓄冷水箱（罐）在不同水深处的温度；

**6** 热泵机组及所有循环水泵电功率和耗电量；

**7** 水泵进出口压差。

**【条文说明】**7.3.2~7.3.4主要规定了PVT热泵系统蓄能运行和调适、联合试运行调适时需进行的测试项目，各参数的测试方法具体如下：

**1** 室外环境温度、太阳辐照度和风速的测量方法可参照《太阳能集热器热性能实验方法》GB/T 4271的相关规定；

**2** 室内空气温度、湿度传感器宜放置于供暖房间中央离地0.75m高处，测点数量可参照《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177的规定。室内空气温度、湿度应进行连续检测，检测时间不得少于6h，且数据记录时间间隔最长不得超过30min；

**3** 热泵机组、供热系统和供冷系统进出水温和流量的测试主要是为了计算热泵机组的性能系数。具体的测试方法可参照《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177的相关规定；

**4** 热泵机组、水泵等设备的电功率和耗电量测点应设在测试设备的供电主线上。系统消耗电量为机组、水泵和系统末端的消耗电量总和；

**5** 系统供热量、供冷量的测试，水温度测点与水流量测点都在靠近机组进口和出口的总供水和总回水的管段上。具体测点的布置要求与机组供热量测试相同；

**6** 水泵水流量和进出口压差是计算水泵效率的必需参数。若现场不具备上述条件，也可根据现场的实际情况确定流量测点的具体位置；

**7** 上述参数应同时进行连续采集并记录；

**8** 噪声测试应在系统正常运行的状态下，按照《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 规定的噪声测量方法进行。

**7.3.5** PVT热泵系统蓄能运行和调适的检测结果应符合以下规定：

**1** 中间循环水泵耗电输热比应符合设计要求；

**2** 热泵机组噪声值应满足设计要求；

**3** 热泵机组制热性能系数应符合设计要求；

**4** 水箱（罐）的平均热损系数应符合《家用太阳能热水系统储水箱技术要求》GB/T 28746的要求。

**7.3.6** PVT热泵系统供暖工况联合运行与调适的检测结果应符合以下规定：

**1** 室内空气温度满足设计要求；

**2** 供热水系统供、回水温差检测值不应小于设计温差的80％，测试流量与设计流量的偏差不应大于10%；

**3** 供热系统循环水泵耗电输热比应符合设计要求；

**4** 热泵机组制热性能系数应符合设计要求；

**5** 对于辐射供暖系统，辐射体表面平均温度应满足现行行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142中的相关规定。

**7.3.7** PVT热泵系统供冷工况联合运行与调适的检测结果应符合以下规定：

**1** 室内空气温度满足设计要求；

**2** 供冷水系统供、回水温差检测值不应小于设计温差的80％，测试流量与设计流量的偏差不应大于10%；

**3** 系统循环水泵耗电输冷比应符合设计要求；

**4** 热泵机组制冷性能系数应符合设计要求。

**【条文说明】**7.3.5~7.3.7条文对PVT热泵系统蓄能运行和调适、联合试运行调适效果进行了要求。

**1** 根据水箱的初始平度温度、散热后平均温度及环境的测试结果，按照《家用太阳能热水系统储水箱试验方法》GB/T 28745的计算方法来计算蓄热水箱的平均热损失系数；

**2** 根据机组进出水温度、流量以及机组电功率等参数的测试结果，按照《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177规定的计算方法来计算PVT热泵机组的实际性能系数；

**3** 循环水泵耗电输热（冷）比应根据国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189式（4.3.9）进行计算；

**4** 系统正常运行状态下，热泵机组噪声应符合设计规定，如无相应规定，则参照《民用建筑隔声设计规范》GB 50118的相关要求；

**5** 辐射供暖表面平均温度可参照《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142的规定。

7.4　验收

**7.4.1** PVT热泵系统安装、调适和检验完毕后，应对工程进行验收，系统未验收或验收不合格，不得投入使用。

**【条文说明】**本条文规定了PVT热泵工程竣工验收以及投入使用的条件。

**7.4.2** PVT热泵系统验收时，应检查验收资料，包括下列文件及记录，记录包括并不限于附录A规定的记录表格：

**1** 图纸会审记录、设计变更通知书和竣工图；

**2** 主要设备材料、设备、成品、仪表的出厂合格证明及进场检（试）验报告，其格式可按本规程附录A表A-1；

**3** 隐蔽工程检查和验收记录，其格式可按本规程附录A表A-2；

**4** 设备和管道系统安装和检验记录，其格式可按本规程附录A表A-3；

**5** 电气系统、监测与控制系统安装和检验记录，其格式可按本规程附录A表A-4；

**6** 水系统冲洗和试压试验记录，其格式可按本规程附录A表A-5；

**7** 制冷系统气密性试验记录，其格式可按本规程附录A表A-6；

**8** 设备单机试运行记录，其格式可按本规程附录A表A-7；

**9** PVT热泵系统蓄能运行和调适记录，其格式可按本规程附录A表A-8；

**10** PVT热泵系统供热或供冷工况联合运行与调适记录，其格式可按本规程附录A表A-9；

**11** 工程质量检验表；

**12** 系统运行维护手册。

**【条文说明】**本条文规定了PVT热泵工程竣工验收应提供的文件和资料。其中系统运行和维护手册应由设计、施工单位以及设备厂家等共同编制，主要针对系统在运行维护过程中系统使用说明以及维护管理方面的要求。

**7.4.3**工程验收通过后，施工单位应对使用方进行必要的交底或使用培训。工程质保期不应少于2整年，并应保证系统能够满足设计要求。

【条文说明】由PVT热泵系统工程施工单位对使用方进行交底和使用培训，有助于使用方全面了解系统特点，从而在实际使用中发挥出系统最佳的应用效果。

8　性能评价

**8.0.1** PVT热泵系统工程的性能评价应符合下列规定：

**1** PVT热泵系统工程的性能指标计算相关参数测试时间不少于1个供暖期和1个制冷季；

**2**室内温度应符合设计文件的规定，当设计文件无明确规定时应符合国家相关设计规范的规定。

**【条文说明】**PVT热泵系统工程的性能评价前提是室内温度设计或国家相关设计规范的要求。

**8.0.2** PVT热泵系统性能评价宜包括以下内容：

**1** 系统发电性能评价；

**2** 系统制热性能评价；

**3** 系统制冷性能评价；

**4** 系统综合性能评价。

**【条文说明】**本条文规定了PVT热泵系统性能评价的四大类指标。

**8.0.3** PVT热泵系统发电性能评价指标包括系统光伏发电量和系统光伏发电效率。

**1** 系统的光伏发电量*W*e应直接通过末端监测系统获得；

**2** 系统的光伏发电效率*η*e按（8-1）计算；

 （8-1）

式中 *η*e——系统光伏发电效率，%；

*W*e ——与太阳辐照度采集相同时间段内的光伏发电量，kWh；

*n——*系统配置PVT组件块数，块；

*A*c——单块PVT组件可接受太阳辐射的面积，m2；

——太阳辐照度的采集周期，s；

*N*——太阳辐照度连续采集的总次数；

*I*t ——入射的太阳辐照度，W/m2。

【条文说明】本条文给出了PVT热泵系统光伏发电效率的计算方法。入射太阳辐照度和光伏发电量应通过监测系统获得，单块PVT组件可接受太阳辐射的面积由组件参数确定。

**8.0.4** PVT热泵系统制热性能评价指标包括机组供热量、机组平均制热功率和系统平均制热性能系数。

**1** 整体蓄热式PVT热泵系统的机组供热量按式（8-2）计算：

 （8-2）

式中 *Q*g-PVT,a ——PVT热泵系统供热量，kJ；

*Q*r-PVT,a ——通过PVT热泵机组提供给建筑的热量，kJ，可以通过监测系统直接获得；

*Q*xr ——蓄热设备的蓄热量，kJ，按式（8-3）计算：

 （8-3）

式中 *V* ——蓄热设备蓄水量，m3；

*r* ——水的密度，kg/m3

*c* ——水的比热容，kJ/(kg·℃)；

*T*2 ——蓄热设备蓄热后的水温，℃；

*T*1 ——蓄热设备初始水温，℃。

**2** 独立蓄热式PVT热泵系统的机组供热量宜通过监测系统直接获得；

**3** PVT热泵机组平均制热功率宜按式（8-4）计算：

 （8-4）

式中 *q*g-PVT, pj ——PVT热泵机组平均制热功率，kW；

*T* ——PVT热泵机组运行时间，h。

**4** PVT热泵系统平均制热性能系数宜按式（8-5）计算：

 （8-5）

式中 *COP*h ——PVT热泵系统制热性能系数，无量纲；

*Wha*——系统制热期间PVT热泵机组和中介水循环水泵消耗的总电量，kWh。

【条文说明】本条文规定了机组供热量、机组平均制热功率和系统平均制热性能系数的计算方法。供热系统耗热量可以通过安装在供热系统的热量表直接获取；间接式PVT热泵系统的机组供热量可以通过安装在间接循环系统的热量表直接获取；PVT热泵系统消耗的电量可以通过电量表直接获取；蓄热水温和水量可以通过安装在蓄热设备内部的温度传感器和液位计直接获得，相关数据需要同步采集。

**8.0.5** PVT热泵系统制冷性能评价指标包括机组供冷量、机组平均制冷功率和系统平均制冷性能系数。

**1** 整体蓄热式PVT热泵系统的机组供冷量按式（8-6）计算：

 （8-6）

式中 *Q*g-PVT,n ——PVT热泵系统供冷量，kJ；

*Q*r-PVT,n ——通过PVT热泵机组提供给建筑的冷量，kJ，可以通过监测系统直接获得；

*Q*xl ——蓄冷设备的蓄冷量，kJ，按式（8-7）计算：

 （8-7）

式中 *V* ——蓄冷设备蓄水量，m3；

*r* ——水的密度，kg/m3；

*c* ——水的比热容，kJ/(kg·℃)；

*T*2 ——蓄冷设备蓄冷后的水温，℃；

*T*1 ——蓄冷设备初始水温，℃。

**2** 独立蓄热式PVT热泵系统的机组供冷量宜通过监测系统直接获得；

**3** PVT热泵机组平均制冷功率宜按式（8-8）计算：

 （8-8）

式中 *q*g-PVT, pjn ——PVT热泵机组平均制冷功率，kW；

*T* ——PVT热泵机组运行时间，h。

**4** PVT热泵系统平均制冷性能系数宜按式（8-9）计算：

 （8-9）

式中 *COP*l ——PVT热泵系统制冷性能系数，无量纲；

*Wln*——PVT热泵制冷期间热泵机组和中介水循环水泵消耗的总电量，kWh。

【条文说明】本条文规定了机组供冷量、机组平均制冷功率和系统平均制冷性能系数的计算方法。

**8.0.6** PVT热泵系统综合性能评价指标包括供暖保证率、供冷保证率、热电联供综合性能系数和热电冷联供综合性能系数。

**1** PVT热泵系统供暖保证率应按式（8-10）计算：

 （8-10）

式中 *f*h ——供暖保证率，%；

*Qr-b,a* ——建筑耗热量，kJ，可以通过式（8-11）计算：

 （8-11）

式中 *Qr-fz,a*——通过辅助热源提供给建筑的热量，kJ。

**2** PVT热泵系统供冷保证率应按式（8-12）计算：

 （8-12）

式中 *f*l ——供暖保证率，%；

*Qr-b,n* ——建筑耗冷量，kJ：

 （8-13）

式中 *Qr-fz,n*——通过辅助冷源提供给建筑的冷量，kJ。

**3** PVT热泵机组热电联供综合性能应按式（8-14）计算：

 （8-14）

式中 *COP*he——PVT热泵机组热电联供综合性能系数，无量纲；

*η*——发电厂发电效率，%。

**4** PVT热泵系统热电冷联供综合性能应按式（8-15）计算：

 （8-15）

式中 *COP*hle——PVT热泵机组热电冷联供综合性能系数，无量纲。

【条文说明】本条文规定了PVT热泵系统供暖保证率、供冷保证率、热电联供综合性能系数和热电冷联供综合性能系数的计算方法。

9　运行维护

**9.0.1** PVT热泵系统运行维护管理单位应严格按照系统运行维护手册对系统运行维护管理。应制定PVT热泵系统工程的运行管理与维护的规章制度，并做好运行维护记录。

**【条文说明】**PVT热泵系统的运行维护管理应严格遵守运行维护手册，该手册由设计、施工单位以及设备厂家共同编制，在竣工验收完成后以该手册为主要内容对系统运行维护人员进行培训，确保系统运行维护人员熟悉在运行维护过程中应注意的主要事项。制定PVT热泵系统的运行管理与维护的规章制度，以确保规范性。

**9.0.2** PVT热泵系统的主要设备应定期进行维护保养。

**【条文说明】**应对PVT热泵系统中各类设备和系统进行定期维护保养，具体如下：

**1** PVT热泵机组的维护保养应符合下列要求：

1）日常巡查PVT热泵机组的整体运行情况，检查制冷系统压力、制冷剂外部管路接头和阀门处是否有油污，确保机组制冷剂无泄漏；

2）定期清洗、清扫PVT组件表面积尘及油污等；

3）定期检测PVT热泵机组各项保护功能是否有效；

4）定期检测PVT热泵机组各项控制功能是否有效；

5）当PVT热泵机组长期断电重新开机前，压缩机应进行预热，预热时间应符合产品使用说明书的要求。

**2** 蓄热、冷系统维护保养应符合下列要求：

1）定期检查蓄热、冷水箱（罐）温度计、压力表、液位计、泄压阀是否正常；

2）定期检查保温层是否有损坏；

3）应保证水泵水流量、扬程在规定的工作范围内；

4）定期检查水路阀门的密封性能，并检查阀门开启和关闭的灵活性。

**3** 水系统的维护保养应符合下列要求：

1）应保证水泵水流量、扬程在规定的工作范围内；

2）定期检查水路阀门的密封性能，并检查阀门开启和关闭的灵活性；

3）定期清洗水过滤器，可根据换热器进出水温差和制冷系统高压情况确定清洗周期；

4）应定期检查并及时修复破损的水系统保温层。

**4** 电气系统的维护保养应符合下列要求：

1）应定期对系统内设备进行电气安全检查，检查内容包括绝缘材料是否老化，是否受潮或破损，绝缘电阻是否合格；电气设备裸露部分是否防护，防护装置是否符合安全要求；安全间距是否足够；保护接地是否正确和可靠；

2）定期清理电气系统中的积尘；

3）定期检查控制系统的运行状态，确认系统控制功能应正常有效；

4）系统所用的传感器宜每年进行校对。

**9.0.3** PVT热泵系统运行出现异常时，应委托专业人员进行检修。

**【条文说明】**PVT热泵专业性比较强，当出现异常时，需由专业人员进行维修，当冬季机组不能启动时，需切断电源开关，启用备用热源。

**9.0.4** PVT热泵系统每年应进行供热、供冷性能评价分析。

**【条文说明】**PVT热泵系统每年至少进行一次供热、供冷综合性能评价分析。一方面评价日常运行是否合理；其次，以便发现PVT热泵系统供热、供冷及发电能力是否存在衰减。

附录A　验收表格

**表A-1 设备进场检查记录**

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 |  |
| 分部（子分部）工程名称 |  | 验收单位 |  |
| 施工总包单位 |  | 项目经理 |  |
| 施工分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工质量检查员 |  |
| 进场设备 | 检查项目及施工单位检查记录 |
| 名称 | 型号 | 数量 | 编号 | 设备 | 技术文件 |
| PVT热泵机组主机 |  |  |  | 外包装 |  | 装箱单 |  |
| 设备外观 |  | 合格证 |  |
| 产品说明书 |  | 其他 |  |
| PVT组件 |  |  |  | 外包装 |  | 装箱单 |  |
| 设备外观 |  | 合格证 |  |
| 产品说明书 |  | 其他 |  |
| 蓄能设备 |  |  |  | 外包装 |  | 装箱单 |  |
| 设备外观 |  | 合格证 |  |
| 产品说明书 |  | 其他 |  |
| 水泵 |  |  |  | 外包装 |  | 装箱单 |  |
| 设备外观 |  | 合格证 |  |
| 产品说明书 |  | 其他 |  |
| 阀门 |  |  |  | 外包装 |  | 装箱单 |  |
| 设备外观 |  | 合格证 |  |
| 产品说明书 |  | 其他 |  |
| 施工单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员： 年 月 日 |
| 监理(建设)单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日 |

**表A-2 隐蔽工程检查和验收记录**

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 |  |
| 验收单位 |  |
| 施工单位 |  | 项目经理 |  |
| 分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工班组长 |  |
| 序号 | 隐蔽工程内容 | 施工单位评定检查记录 | 监理(建设)单位验收记录 |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |
| 6 |  |  |  |
| 7 |  |  |  |
| 8 |  |  |  |
| 9 |  |  |  |
| 10 |  |  |  |
| 施工单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员： 年 月 日 |
| 监理（建设）单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日 |

**表A-3 设备和管道系统安装和检验记录**

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 |  |
| 验收单位 |  |
| 施工单位 |  | 项目经理 |  |
| 分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工班组长 |  |
| 序号 | 内容 | 施工单位评定检查记录 | 监理(建设)单位验收记录 |
| 1 | 热泵系统 | 设备及基础的验收 |  |  |
| 2 | 热泵机组的安装 |  |  |
| 3 | 设备的严密性试验及试运行 |  |  |
| 4 | 制冷剂管道及管配件的安装 |  |  |
| 5 | 组件及支架安装 |  |  |
| 6 | 制冷剂管路的强度、气密性试验 |  |  |
| 7 | 输配系统 | 配套设备、管材及配件验收 |  |  |
| 8 | 水泵、水箱等配套设备安装 |  |  |
| 9 | 管道（包括柔性接管）连接 |  |  |
| 10 | 管道（包括柔性接管）安装 |  |  |
| 11 | 管道支吊架 |  |  |
| 12 | 检修阀、自控阀、安全阀、放气阀、排水阀、减压阀等的安装 |  |  |
| 13 | 过滤器等其他部件的安装 |  |  |
| 14 | 系统的冲洗排污 |  |  |
| 15 | 隐蔽管道的验收 |  |  |
| 16 | 系统的试压 |  |  |
| 17 | 管道的保温 |  |  |
| 施工单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员： 年 月 日 |
| 监理（建设）单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日 |

**表A-4 电气系统、监测与控制系统安装和检验记录**

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 |  |
| 验收单位 |  |
| 施工单位 |  | 项目经理 |  |
| 分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工班组长 |  |
| 序号 | 内容 | 施工单位评定检查记录 | 监理(建设)单位验收记录 |
| 1 | 电气系统 | 电气设备及材料验证 |  |  |
| 2 | 电源质量测试 |  |  |
| 3 | 配电箱（柜）等电气装置安装与接线 |  |  |
| 4 | 配电线路安装、敷设与接线 |  |  |
| 5 | 剩余电流动作的保护装置测试 |  |  |
| 6 | 电气绝缘电阻测试 |  |  |
| 7 | 防雷与接地 |  |  |
| 8 | PVT组件阵列接线 |  |  |
| 9 | 汇流箱安装与接线 |  |  |
| 10 | 逆变器安装与接线 |  |  |
| 11 | 监控系统 | 传感器、控制器等器件验证与安装 |  |  |
| 12 | 自控线路安装、敷设与接线 |  |  |
| 13 | 电气绝缘电阻测试 |  |  |
| 14 | 通信与信号传输检测 |  |  |
| 15 | 传感器信号精度测试 |  |  |
| 16 | 运行控制功能完整性测试 |  |  |
| 施工单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员： 年 月 日 |
| 监理（建设）单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日 |

**表A-5 水系统冲洗和试压试验记录**

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 |  |
| 验收单位 |  |
| 施工单位 |  | 项目经理 |  |
| 分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工班组长 |  |
| 试验单位 |  | 试验负责人 |  |
| 试验条件 |
| 管道材质 |  | 工作压力 |  |
| 冲洗试验压力 |  | 试压试验压力 |  |
| 试验介质 |  | 环境温度 |  |
| 序号 | 试验要求 | 施工单位评定检查记录 | 监理（建设）单位验收记录 |
| 冲洗试验 |  |  |  |
| 试压试验 |  |  |  |
| 施工单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员： 年 月 日 |
| 监理（建设）单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日 |

**表A-6 制冷系统气密性试验记录**

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 |  |
| 验收单位 |  |
| 施工总包单位 |  | 项目经理 |  |
| 施工分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工质量检查员 |  |
| 试验单位 |  | 试验负责人 |  |
| 试验部位 |  |
| 管道编号 | 真空试验 |
| 试验介质 | 试验压力（MPa） | 定压时间（h） | 试验结果 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 管道编号 | 气密性试验 |
| 试验真空度 | 试验真空度（MPa） | 定压时间（h） | 试验结果 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 验收意见 |  |
| 施工（调适）单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员： 年 月 日 |
| 监理(建设)单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日 |

**表A-7 设备单机试运行记录**

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 |  |
| 分部（子分部）工程名称 |  | 验收单位 |  |
| 施工总包单位 |  | 项目经理 |  |
| 施工分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工质量检查员 |  |
| 调适单位 |  | 调适负责人 |  |
| PVT热泵系统单机测试数据记录 |
| 主机编号 |  |
| 调适工况 | 制冷□ 制热□ |
| 测试项目 | 测试数据或结果 |
| 开机前 | 30min | 60min | 90min | 备注 |
| 室外环境温度（℃） |  |  |  |  |  |
| 太阳辐射强度（W/m2） |  |  |  |  |  |
| 风速（m/s） |  |  |  |  |  |
| 吸气/排气压力（MPa） |  |  |  |  |  |
| 油温（℃） |  |  |  |  |  |
| 排气温度（℃） |  |  |  |  |  |
| 运转电流（A） |  |  |  |  |  |
| 运转电压（V） |  |  |  |  |  |
| 换热器进水温度（℃） |  |  |  |  |  |
| 换热器出水温度（℃） |  |  |  |  |  |
| PVT组件温度（℃） |  |  |  |  |  |
| 运转噪声（dB） |  |  |  |  |  |
| 运动部件异响（有/无） |  |  |  |  |  |
| 能量调节装置异常（有/无） |  |  |  |  |  |
| 安全保护装置异常（有/无） |  |  |  |  |  |
| 施工（调适）单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员：年月日 |
| 监理(建设)单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人）年月日 |

**表A-8 PVT热泵系统蓄能运行和调适记录**

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 |  |
| 分部（子分部）工程名称 |  | 验收单位 |  |
| 施工总包单位 |  | 项目经理 |  |
| 施工分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工质量检查员 |  |
| 调适单位 |  | 调适负责人 |  |
| PVT热泵系统蓄能运行调适数据记录 |
| 主机编号 |  |  |
| 调适工况 |  | 蓄冷□ 蓄热□ |
| 测试项目 |  | 测试数据 |
| 开机前 | 30min | 60min | …… | 停机时（蓄热工况水温升至50℃或蓄冷工况水温降至3℃） | 备注 |
| 蓄能水箱水温（℃） |  |  |  |  |  |  |
| 室外环境温度（℃） |  |  |  |  |  |  |
| 太阳辐射强度（W/m2） |  |  |  |  |  |  |
| 风速（m/s） |  |  |  |  |  |  |
| 热泵主机总耗电功率（kW） |  |  |  |  |  |  |
| 水泵总耗电功率（kW） |  |  |  |  |  |  |
| 系统总制热量或制冷量（kW） |  |  |  |  |  |  |
| 系统COPh或COPl |  |  |  |  |  |  |
| 停机后蓄能水箱保温性能测试数据 |
| 测试项目 | 停机时 | 1h | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | 9h | 备注 |
| 环境温度（℃） |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 水箱水温（℃） |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 水箱热损系数（W/(m3∙K)） | / |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 施工（调适）单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员：年月日 |
| 监理(建设)单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人）年月日 |

**表A-9 PVT热泵系统供热（供冷）工况联合运行与调适数据记录**

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 |  |
| 分部（子分部）工程名称 |  | 验收单位 |  |
| 施工总包单位 |  | 项目经理 |  |
| 施工分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工质量检查员 |  |
| 调适单位 |  | 调适负责人 |  |
| PVT热泵系统供热工况联合运行与调适数据记录 |
| 主机编号 |  |
| 测试项目 |  | 测试数据 |
| 开机前 | 30min | 60min | …… | 停机时（太阳辐射强度< 200W/m2） | 备注 |
| 蓄能水箱水温（℃） |  |  |  |  |  |  |
| 太阳辐射强度（W/m2） |  |  |  |  |  |  |
| 室外环境温度（℃） |  |  |  |  |  |  |
| 风速（m/s） |  |  |  |  |  |  |
| 热泵主机总耗电功率（kW） |  |  |  |  |  |  |
| 水泵总耗电功率（kW） |  |  |  |  |  |  |
| 系统总制热量或制冷量（kW） |  |  |  |  |  |  |
| 系统COPh或COPl |  |  |  |  |  |  |
| 停机后蓄热水箱继续供热性能测试数据 |
| 测试项目 | 停机时 | 30min | 60min | …… | 供热停止（水温<35℃） | 备注 |
| 水箱水温（℃） |  |  |  |  |  |  |
| PVT热泵系统供冷工况联合运行与调适数据记录 |
| 测试项目 | 供冷开始时 | 30min | 60min | …… | 供冷停止（水温>18℃） | 备注 |
| 水箱水温（℃） |  |  |  |  |  |  |
| 施工（调适）单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员：年月日 |
| 监理(建设)单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人）年月日 |

本规程用词说明

**1** 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”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

* + 1. 《建筑给水排水设计规范》GB 50015
		2. 《建筑设计防火规范》GB 50016
		3. 《钢结构设计规范》GB 50017
		4. 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019
		5. 《建筑物防雷设计规范》GB 50057
		6. 《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065
		7. 《民用建筑隔声设计规范》GB 50118
		8. 《自动化仪表工程施工质量验收规范》GB 50131
		9. 《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150
		10. 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》GB 50168
		11. 《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB50169
		12. 《电气装置安装工程 蓄电池施工及验收规范》GB 50172
		13. 《工业设备及管道绝热工程施工质量验收规范》GB 50185
		14. 《公共建筑节能设计标准》GB 50189
		15. 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
		16. 《屋面工程质量验收规范》GB 50207
		17. 《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212
		18. 《建筑防腐蚀工程施工质量验收标准》GB 50224
		19. 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242
		20. 《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243
		21. 《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB 50254
		22. 《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274
		23. 《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275
		24. 《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303
		25. 《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411
		26. 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736
		27. 《光伏发电站施工规范》GB 50794
		28. 《光伏发电工程验收规范》GB 50796
		29. 《光伏发电站设计规范》GB 50797
		30. 《光伏发电接入配电网设计规范》GB/T 50865
		31. 《太阳能集热器热性能实验方法》GB/T 4271
		32. 《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272
		33. 《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175
		34. 《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912
		35. 《光伏(PV)组件安全鉴定 第1部分：结构要求》GB/T 20047.1
		36. 《家用太阳能热水系统储水箱试验方法》GB/T 28745
		37. 《家用太阳能热水系统储水箱技术要求》GB/T 28746
		38. 《光伏发电系统接入配电网技术规定》GB/T 29319
		39. 《民用建筑电气设计规范》JGJ 16
		40. 《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142
		41. 《多联机空调系统技术规程》JGJ 174
		42. 《民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范》JGJ 203
		43. 《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177
		44. 《采暖通风与空气调节检测技术规程》JGJ/T 260
		45. 《光伏建筑一体化系统运行与维护规范》JGJ/T 264
		46. 《供冷供热用蓄能设备技术条件》JG/T 299
		47. 《太阳能光伏系统支架通用技术要求》JG/T 490
		48. 《太阳能光伏发电系统与建筑一体化技术规程》CECS 418