

团 体 标 准

T/AHEMA 21—2022

煤矿企业矿井水、洗浴污水余热利用 技术规范

Utilization Technology of Waste Heat of Pit Water and Bath Wastewater
in Coal Enterprises

2022 - 06 - 01 发布

2022 - 06 - 01 实施

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 工程可行性评估	2
5 余热利用系统设计参数	3
6 余热系统设计	4
7 系统安装	7
8 余热系统验收	13
9 监控与运行管理	18

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。

本文件由安徽华融能源科技有限公司提出。

本文件由安徽省环境检测行业协会归口。

本文件起草单位：安徽华融能源科技有限公司、淮北矿业股份有限公司、淮北矿业股份有限公司杨柳煤矿、淮北矿业股份有限公司临涣煤矿。

本文件主要起草人：杨舜琪、胡斌、曹金芳、王建文、朱发和、程世国、薛斌、李雷、张勇、张晓安、廖绍锋、程海峰、谢宝国。

煤矿企业矿井水、洗浴污水余热利用技术规范

1 范围

本文件适用于煤矿企业新建、扩建和改建时，以矿井水、洗浴污水等原生污水为低温热源，以水或添加防冻剂的水溶液为传热介质，采用蒸汽压缩热泵技术进行制冷、供暖和制取生活热水的系统工程设计、施工及验收。

余热利用系统工程的设计需要综合考虑当前的技术和经济条件、建筑用能特点、用热性质和水质状况，针对系统经济性进行合理设计、规范施工。

为使矿区余热利用在工程设计、施工及验收时，做到技术先进、经济合理、安全可靠，保证工程质量，避免项目实施过程中的盲目性，促进余热利用技术的良性发展，特制定本文件。

余热利用系统工程的设计、施工及验收，除应符合本文件外，尚应符合国家现行有关法律、标准和规范的规定。

本文件不适用于以城市供热为目的的余热回收系统设计。

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 1576 锅炉工业水质
- GB 4272 设备及管道绝热技术通则
- GB 5749 生活饮用水卫生标准
- GB 8877 家用和类似用途电器安装、使用、维修安全要求
- GB 11790 设备及管道保冷技术通则
- GB 50015 建筑给水排水设计标准
- GB 50019 采暖通风与空气调节设计规范
- GB 50168 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范
- GB 50185 工业设备及管道绝热工程施工质量验收规范
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范
- GB 50207 屋面工程施工质量验收规范
- GB 50212 建筑防腐蚀工程施工及验收规范
- GB 50242 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范
- GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范
- GB 50275 压缩机、风机、泵安装工程施工及验收规范
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范
- GB 50411 建筑节能工程施工质量验收规范
- DB 34/1466 安徽省居住建筑节能设计标准
- DB 34/1467 安徽省公共建筑节能设计标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

矿井水 mine wate

矿井水通常是指煤炭开采过程中所有渗入井下采掘空间的水。

3.2

洗浴污水 bath wastewater

洗浴污水是指人类在日常生活中用于洗浴后排放的水，其中含有大量的蛋白质、脂肪、毛发和病原微生物。

3.3

水源热泵 heat pump

水源热泵是以水为介质，通过消耗少量高品位能量，将水中不可直接利用的低品位热量提取出来，变成可以直接利用的高品位能源的装置实现制热和制冷。

3.4

污水专用换热器 dedicated heat exchanger for sewage

在间接式水源热泵系统中从污水取热或向污水释热的换热器称为污水专用换热器。

3.5

污水防阻机 sewage clog-proof machine

污水源热泵系统中能自动截留并排除水中污物，有效防止污杂物阻塞换热器、水泵和管路的一种机械设备。

3.6

传热介质 heat transfer fluid

热泵系统中，通过换热管与水进行热交换的一种液体，一般为水或添加防冻剂的水溶液。

3.7

开式换热系统 open-loop surface water system

在循环泵的驱动下，经处理直接进入水源热泵机组或通过中间换热器进行热交换的系统。

3.8

闭式换热系统 closed-loop surface water system

将封闭的换热盘管按照特定的排列方法置于具有一定深度的水体中，传热介质通过换热盘管管壁与水进行热交换的系统。

3.9

系统能效比 system energy efficiency ratio

水源热泵系统的制冷/制热量与系统输入功率之比，这里的系统输入功率是热泵机组和与热泵机组相关的源水侧所有水泵及水处理设备的输入功率之和。夏季制冷系统能效比用EER表示，冬季制热能效比用性能系数COP表示。

4 工程可行性评估

4.1 利用污水低温余热前，应充分了解对热泵技术与经济可行性进行评估，编制可行性方案。可行性评估（研究）报告作为工程立项的主要依据之一。

4.2 可行性评估除必要的技术、经济和资源利用与环境影响评估资料外，还应对项目长期运行的可靠性、初期投资和运行费用等进行分析评估。

4.3 可行性评估（研究）报告应包含以下主要内容：

- 1) 项目建设必要性：分析拟建项目余热利用后的节能、环保及可持续发展的意义和必要性，分析利用余热后产生的经济效益和社会效益的贡献等。
- 2) 余热源的特征分析：矿区内的余热源种类、分布情况和利用条件。
- 3) 工程概况：包括工程项目所在地的位置、环境气候条件、水质特点、工程建设规模、沿管线走向的地上地下建（构）筑物和管线分布情况等。
- 4) 水质特征：污水的特征和分布，污水的年平均温度、水质、流量动态变化情况以及污水处理工艺特征等，以及冷水的年平均温度、水质状况。
- 5) 开发利用方案制定：内容应有用热量（冷）量、换热方式、换热量、换热温差和监测方案等。
- 6) 技术和经济分析：对拟采用的余热系统进行技术可行性、经济性分析。

- 7) 环境影响与安全预评估：根据项目的建设方案分析预测余热利用后可能存在的危险、有害因素的种类和程度，在环境质量现状监测和调查的基础上，运用技术手段进行分析、预测和评估，提出经济合理、技术可行的解决方案。
- 8) 投资估算：主要包括余热系统建筑工程费、设备购置费、安装工程费、其他不可预计费和建设期利息等。
- 9) 财务评价：按规定科目详细分析余热利用的运行收入和成本费用、项目增量成本、投资回收期 and 费效比等相关指标，评价财务可行性。
- 10) 社会效益：分析评估余热利用后的全年常规能源替代量，二氧化碳、二氧化硫和粉尘等的减排量；分析项目在经济、环境、社会效益的积极作用；评估像对社会影响和社会风险；分析社会对项目的支持和接受程度。
- 11) 结论与建议。

5 余热利用系统设计参数

5.1 污水设计参数

- 5.1.1 污水余热利用在设计前应对污水的全年（每天）最大流量和最小流量、流速、每天排水时间段、以及全年最高水温和最低水温等参数进行现场调查，同时应记录各季节变化情况和典型天的逐时变化数据。
- 5.1.2 设计工况下污水源可利用的温降（温升）不宜小于 3℃。
- 5.1.3 污水源为矿井水时，污水温度宜在 25℃ 左右。
- 5.1.4 污水源为洗浴污水时，污水温度宜在 35℃ 左右。

5.2 污水处理措施

- 5.2.1 在低温污水源利用中需要对污水进行处理时，宜采用低成本的物理措施，具体方法的选择应综合考虑污水处理技术效果与换热器运行维护要求等因素，经技术经济分析后确定。
- 5.2.2 污水源为洗浴污水时，污水在进入污水取水管路前应设置废水收集池，池前宜设置孔径 ≤ 10 mm 的自动清洗滤网或格栅。且在进入换热设备前应设置具有连续自动除污功能的取水除污器，并满足换热设备使用要求。
- 5.2.3 除污器滤网孔眼面积的总和应不小于连接管道截面积的 2.0 倍，滤网孔眼直径宜采用 3mm~4mm，或过滤网眼宜采用 10~15 目。
- 5.2.4 污水源为矿井水，且换热器设置在原水池（沉淀池）与二沉池之间时，在取水管路上宜设置常规过滤装置。

5.3 集水池设计参数

- 5.3.1 集水池有效容积不宜小于最大一台污水泵 5min 的出水量，且污水泵每小时自动次数不宜超过 6 次。
- 5.3.2 集水池除满足有效容积外，还应满足水泵装置、水位控制器、格栅等安装、检查要求。
- 5.3.3 集水池设计最低水位，应满足水泵吸水要求。
- 5.3.4 集水池应设置保温盖板。
- 5.3.5 集水池底部应设集水坑，污水泵泵池或离心泵吸水管放置在集水坑内；池底宜有不小于 5% 坡度坡向泵位；集水坑的深度及平面尺寸，一般不小于深度 600mm、宽度 600mm 和长度 800mm，也可按水泵类型而定。
- 5.3.6 考虑到检修和维护的方便，集水池宜设计 2 个，中间隔墙用过流洞连通，过流洞安装双向承压阀门，需要排空集水池时可切断上游阀门进水，用移动潜污泵排空清洗。
- 5.3.7 集水池平面尺寸应根据水泵工作液位和保护液位之间的容积进行设计，容积不宜太大一面淤积沉淀物。设计时应结合泵的布置形式、联建格栅渠的共壁尺寸、集水池配水渠尺寸以及配水渠与泵的距离等参数确定。
- 5.3.8 集水池最高设计水位不得高于重力进水管设计充满度时的水位标高，设计最低水位应满足所选水泵吸水头的要求；自灌式水泵应满足水泵叶轮浸没深度的要求。

5.3.9 水位设计主要确定如下参数:

- 1) 最高水位。一般指水泵正常运行情况下进水达到设计流量时的集水池水位,为“进水+管设计水位-格栅、阀门等设备及沿途水头损失”。对于日处理量小 5000t 的污水而言,一般去进水干管管底标高。
- 2) 集水池有效水深(用于计算有效容积)。指从最高水位到保护液位之间的水深,一般取 1.5 m~2.0m,每小时启泵次数不得超过 6 次,因此对于间歇工作的水泵最短工作周期应大于 10min。
- 3) 正常水位。正常水位指集水池运行中经常保持的水位,一般根据水池有效水深的平均值确定。初定扬程时主要根据集水池正常水位与所需提升的最高水位来计算。但由于水泵在运行过程中,集水池水位在最高与最低水位之间变化,因此校核水泵运行工况时应考虑其在此范围内是否均处于高效段工作。
- 4) 最低液位。应该同时满足不高于按照集水池最高水位和集水池有效容积推算的最低水位,以及满足管道、水泵养护管理需要的最低水位。最低液位宜淹没泵体,省去冷却及管理的需要。
- 5) 启泵液位。单泵启动水位不仅要结合集水池的构造特点设计,而且要满足但水泵为自动控制时每小时开启水泵不得超过 6 次的规范要求,因此水泵启动水位到最低水位之间水体的体积至少要满足最大一台水泵最短工作周期(10min)出水量的要求。

5.4 冷热水、水质及空调设计参数

5.4.1 冷水的计算温度,应以当地最冷月平均水温资料确定,当无水温资料时,可按 10℃~15℃ 计算。

5.4.2 热水用水定额、水温和水质应符合 GB 50015 要求。

5.4.3 生活热水的原水水质应符合 GB 5749 的要求。

5.4.4 集中热水供应系统的原水的水处理,应根据水质、水量、水温、水加热设备的构造、使用要求等因素按下列要求确定。

- 1) 生活日用热水量(按 60℃ 计)大于或等于 10m³且原水总硬度(以碳酸钙计)大于 300mg/L 时,宜进行水质软化或稳定处理。
- 2) 经软化处理后的水质总硬度宜为:洗衣房用水:50 mg/L~100mg/L;其它用水:75 mg/L~120mg/L。
- 3) 水质稳定处理应根据水的硬度、适用流速、温度、作用时间或有效管道长度及工作电压等,选择合适的物理处理或化学稳定剂处理方法。

5.4.5 集中热水供应系统的水加热设备出水温度应根据原水水质、使用要求、系统大小及消毒设施灭菌效果等确定,如达不到本条规定时,应设置致病菌的设施或采取消灭致病菌的措施,并应符合下列规定:

- 1) 进入水加热设备的冷水总硬度(以碳酸钙计)小于 120mg/L 时,水加热设备最高出水温度应小于或等于 70℃;冷水总硬度(以碳酸钙计)大于或等于 120mg/L 时,最高出水温度应小于或等于 60℃。
- 2) 配水点水温不应低于 45℃。

5.4.6 建筑内冬季采暖、夏季制冷时设计参数应符合 DB 34/1467 和 DB 34/1466 规定。

6 余热系统设计

6.1 一般规定

6.1.1 方案设计前,应对污水参数进行详细调查,应收集尽可能长时间的相关监测调查资料,并对污水输送管线与污水源热泵站选址进行工程勘察。

6.1.2 利用矿井水作为热源时,通常将污水处理厂内原水池(沉淀池)作为污水收集池。

6.1.3 洗浴污水作为热源时,在排放口应设置污水收集池。

6.1.4 水源热泵站选址宜靠近污水水源收集池。

6.1.5 热泵循环系统宜设计为开式系统,设计为闭式系统时应遵循本文件相关要求。

- 6.1.6 热泵机组、循环水泵、换热装置和污水处理器宜设计为一用一备。
- 6.1.7 低温污水余热系统设计根据使用特征，应包括污水取水部分、用热水部分、热泵机组性能部分、换热部分、管路部分、空调水部分、控制部分和数据监测部分等设计内容。

6.2 热泵机组设计

- 6.2.1 装机容量设计应根据污水源能够提取的热量为依据，选择水源热泵机组的容量。
- 6.2.2 热泵机组台数的选择不宜少于两台；两台以上机组并联运行时，应保持水的平衡，避免偏流。
- 6.2.3 水源热泵机组的设计或运行工况与名义工况不一致时，应根据性能曲线对水源热泵机组的制冷量、制热量及实际电机输出功率等参数进行修正。
- 6.2.4 水源热泵机组换热器环路中添加防冻液时，应对水源热泵机组的制冷量、制热量和换热器阻力进行修正。
- 6.2.5 当热泵机组仅承担建筑物内空调显热负荷时，宜选用高温型水源热泵机组。
- 6.2.6 当水源热泵机组不具有夏冬季功能转换阀门时，应在水系统上设置夏冬季的功能转换阀门，并在转换阀门上做出明显标识。
- 6.2.7 污水直接进入污水源热泵机组，机组换热器应采用防腐材质，且机组宜设置自动清洗装置。
- 6.2.8 热泵机组 COP 宜选择在 3.5~6.7 范围内，系统污水排放温度宜 $\geq 9^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.2.9 为防止换热装置和机组内换热器结垢、腐蚀，作为水源热泵机组热媒循环水的水质应符合 GB 1576 要求。必要时可设置反渗透水处理设备。
- 6.2.10 机组循环泵的流量应满足机组内蒸发器和冷凝器的流量要求，压力应与机组水阻力相适应。

6.3 热泵系统设计

- 6.3.1 水源热泵系统方案确定时，应综合考虑水源热泵站选址、热泵机组选型、供冷供热管网系统配置、辅助热源运行等技术措施，并确保冬季热泵供热系统平均 COP 值不低于 3.65。
- 6.3.2 水源热泵站位置应根据建筑总体规划、污水取水位置、冷（热）用户位置、环境卫生和管理维护要求等因素确定。
- 6.3.3 建筑冷热负荷计算方法应符合国标 GB 50019、DB 34/1466 和 DB 34/1467 的有关规定。建筑应进行全年负荷计算分析，并根据分析结果确定热泵机组的选型。水源热泵站为多幢建筑服务时，热泵机组容量应根据各建筑的使用功能考虑同时使用系数。
- 6.3.4 应根据建筑或全年负荷量、全年污水温度与污水量、热泵机组的性能和辅助冷热源的形式，经技术经济分析决定是否设置辅助冷热源系统。
- 6.3.5 水源热泵系统冷热水设计参数，应通过技术经济比较后确定。宜采用以下数值：
 - 1) 冷水供水温度： $4^{\circ}\text{C}\sim 9^{\circ}\text{C}$ 。
 - 2) 冷水供回水温差： $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。
 - 3) 热水供水温度： $40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。
 - 4) 热水供回水温差： $5^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.3.6 多个水源热泵站联网运行的系统中，各热泵站的设计供回水温度应一致。
- 6.3.7 水源热泵机组热源侧的进出水温差应不小于使用侧的进出水温差。
- 6.3.8 当水源热泵站的供冷与供热转换通过热泵机组外部阀门的启闭来实现时，应根据水质状况选择具有良好防腐、密闭性能的转换阀。
- 6.3.9 水源热泵站的冷热水系统应按 GB 50019 中 6.4 节的相应规定执行。

6.4 换热装置设计

- 6.4.1 换热器的传热介质应以水为首选，也可选用不污染环境的防冻液。
- 6.4.2 污水水质不能直接进入热泵系统进行换热时，换热器应用于间接式水源热泵系统。
- 6.4.3 换热器宜选用多管程固定管式换热器、宽通道板式换热器或其他不易堵塞的高效换热器作为污水专用换热器。
- 6.4.4 矿井水换热时，换热器宜置于污水处理厂原水池（沉淀池）中；选择宽通道板式换热器时，宜放置于原水池（沉淀池）和二沉池之间，或置于污水循环水箱和机组之间。
- 6.4.5 管式换热器材质宜选用 304 不锈钢管，结构上采用吸放热效率高的形式，管径不宜过大，适宜的管径在 DN32 以下。

- 6.4.6 热泵机组中冷凝器一般提供的被加热水（热媒）一次温升为 10℃左右，当采用间接加热水时，一般可以将冷水循环加热至 50℃~55℃，换热器面积应按余热回收量计算得出。
- 6.4.7 水源热泵系统应根据水质、污水量和水温等因素选择开式或闭式换热系统。当水质、污水量和水位满足要求时，宜采用开式水换热系统，否则，应采用闭式水换热系统。
- 6.4.8 污水源换热系统设计最大释（吸）热量和换热器数量应按设计冷（热）负荷或水源热泵系统承担的冷（热）负荷计算确定。
- 6.4.9 开式换热系统宜设置便于拆洗的水-水热交换器，热交换器污水源侧宜设反冲洗装置。
- 6.4.10 开式换热系统中水-水热交换器选用板式换热器时，设计接近温度（进换热器的水温与出换热器的热泵侧循环水温度之差）不应大于 2℃，中间换热器阻力不应大于 70kPa。
- 6.4.11 闭式换热器设计计算时，夏季工况换热器的接近温度（换热器出水温度与污水源温度差值）宜取 5℃~10℃，冬季工况换热器接近温度以为 3~5℃，换热器进水温度：夏季应不高于 32℃，冬季宜不低于 6℃。
- 6.4.12 闭式换热系统宜设置反冲洗装置，冲洗流量宜为工作流量的 2 倍。
- 6.4.13 闭式换热系统污水取水口应设置连续反冲洗防堵装置，通过连续反冲洗防堵装置的污水进水流速宜不小于 0.5m/s，出水流速宜不小于 2.0m/s。

6.5 取排水管线设计

- 6.5.1 污水取水管线不宜过长，应尽量减少污水管线转弯及阀门安装；污水泵和管道应采取减震降噪措施。
- 6.5.2 污水取水管道管内壁应光滑，一般可选用碳钢管或塑料管（PP-R 管、PB 管）等耐腐蚀性的管材。
- 6.5.3 在污水泵的总压水管上、污水干管进出热泵机组处及换热器进出口处应安装压力表和温度计；宜选用无表弯的压力表，且朝上安装。
- 6.5.4 污水干管的公称管径不宜小于 100mm，污水管道中的流速不应低于 0.7m/s。
- 6.5.5 污水为矿井水时，取水口应设置在污水处理厂原水池内，洗浴污水取水口应设置在建筑外排污水口处，且排污口出宜设置集水池。
- 6.5.6 污水流量波动较大，不能满足瞬时冷/热负荷需求时，应修建污水蓄水池，蓄水池的容量应能满足热泵系统供冷/热的需要。污水蓄水池应设置溢流通道和人工或自动排污清污措施。
- 6.5.7 应注意取水管线与热泵机房的位置与高差，热泵机房位置较低时，应采取防污水倒灌机房的措施。
- 6.5.8 污水取用后应排到取水点下游的矿区污水管道中，且排水管路上宜采取消能措施。

6.6 污水泵设计

- 6.6.1 污水取水泵应选择专用污水泵，并应设计成自灌式。采用清水泵时，进出水管道应高于泵体，以保证泵体内储满水。
- 6.6.2 污水泵进口不应设底阀，出口设置止回阀，进口应设置 Y 型过滤器，水泵进出口均应装设软连接和闸阀。
- 6.6.3 污水取水泵的设计流量和设计扬程应满足最大需水工况的流量和扬程要求，在最高与最低流量时，水泵能安全、平稳运行，并符合以下要求：
 - 1) 水泵选择必须考虑节约能源，除选用高效率泵外，还应考虑运行工况调节。
 - 2) 污水取水泵不宜少于两台，当不超过三台时，其中一台宜设为备用泵。

6.7 取水除污器设计

- 6.7.1 当使用污水作为热泵的冷热源时，应采用具有自动除污功能的取水除污器去除污水中的大型污染物。当使用污水处理厂原水池（沉淀池）出水作为热泵的冷热源时，可采用常规过滤器进一步去除污水中的污染物。
- 6.7.2 当使用洗浴污水作为源热泵的冷热源时，应在集水池进口端设置发毛处理器，过滤毛发和杂物。

6.8 系统管网设计

- 6.8.1 单体建筑内的供冷供热管网系统设计应符合 GB 50019 的规定。
- 6.8.2 供冷供热管网水力计算的内容应包括确定输配管网各管段的设计流量和管径，循环水泵的流量和扬程；分析管网正常运行时的压力工况，确定定压点位置和定压方式等。定压压力选取应确保各末端用户有足够的资用压头，且系统不超压、不汽化、不倒空。
- 6.8.3 计算冷热负荷时应按近期冷热负荷并应考虑计入发展的冷热负荷，对于分期建设的管网，可以留有余地或考虑增设管网的可能性。
- 6.8.4 输配管网支干线、支线应按允许压力降确定管径，但介质流速不应大于 3.5m/s，支干线比摩阻不应大于 300Pa/m。
- 6.8.5 管网的公称管径 DN 不应小于 50mm，通向单体建筑的管径不宜小于 32mm。
- 6.8.6 为避免冬季能耗增加，应分设管网冷热水循环水泵或考虑变频泵，对于大型系统，也可使用多台水泵运行、冬夏采取不同的台数控制策略。
- 6.8.7 直埋敷设管道应计算经济绝热层厚度，包括保冷厚度和保温厚度计算，计算保冷层经济厚度后，还应进行外表面凝露校核计算，校核计算应符合 GB 11790 的相关规定。
- 6.8.8 计算管道总的散热损失时，由支座、补偿器和其他管路附件所产生的附加热损失系数可按表 1 给出的值计算。

表 1 管道散热损失附加系数

管道敷设方式	散热损失附加系数
地上敷设	0.15~0.20
管沟敷设	0.15~0.20
直埋敷设	0.10~0.15

注：当管路附件绝热较好、管径较大时，取较小值；当附件绝热较差、管径较小时，取较大值。

- 6.8.9 架空、管沟敷设管网允许的冷热损失、管道的经济保温厚度按 GB 50264 计算，尚应符合 GB 50019 的规定。
- 6.8.10 直接式连接适用于规模小、建筑高度不高的情况。对于高层建筑，应采取防超压的措施。
- 6.8.11 对于有不同供水温度需求的供冷用户，宜采用串联连接，首先满足低温用户的需求，然后连接供水温度较高的用户。
- 6.8.12 辐射供冷的末端用户，干线回水温度不低于 18℃，可以直接连接到回水上。
- 6.8.13 供冷供热管网末端用户应设置平衡阀。

7 系统安装

7.1 机组安装

- 7.1.1 安装机组时要合理布置周围空间，四周要保持不小于 800mm 的距离，以利于维修养护。
- 7.1.2 根据机组的螺孔尺寸，应制作机座基础，基座应离地面保持不小于 200mm 高度，并预埋底脚螺栓；机座基础可用混凝土浇筑或型钢焊接，并用水平仪找平。
- 7.1.3 机组应采用水平提升的方法搬运移动，如不能水平提升吊装机组，则可用千斤顶将其一端顶起一定高度，把滚筒放在机组滑动垫木下，滚动倾斜角宜大于 15°，滚筒间距不大于 200mm。将机组滚动就位后，取走机组下的滑动垫木，并将隔板垫放置在机组底脚与基础之间。
- 7.1.4 采用垂直吊装时，吊绳与机组吊装孔应连接牢固，禁止吊绳与机组电控箱、制冷剂配管及其它辅助机件接触，如不能避开可在吊绳间放置足够强度的支撑梁。
- 7.1.5 把水平仪放置在冷凝器顶部，调整机组的水平度，机组在其长度方向和前后方向水平度调整在 1.6mm 以内，用标准长度的垫片找平机组。
- 7.1.6 机组校水平后，将机组底脚螺栓紧固在基础上。
- 7.1.7 将循环水管道接驳到蒸发器和冷凝器的进出水口上，管道上应设置隔振垫和支架，以免机组受力。
- 7.1.8 管道的冲洗和保温要在管道与机组接通前进行，严禁在未冲洗干净的管道上连通使用机组。
- 7.1.9 机组上进出水接驳管的口径应不小于机组的口径，管路较长时应选用较大管径，以充分发挥机组功能。

- 7.1.10 机组冷（热）水系统管道的通径应按水流速 $1.5\text{m/s}\sim 2.5\text{m/s}$ 来确定。管道应尽可能少拐弯，若需要拐弯，应采用圆弧结构。所有机外管路应进行吊挂或支撑，不得将其重量加于机组。
- 7.1.11 机组冷（热）水的进口必须安装具有大面积过滤网（5~8 目）和便于拆卸的过滤器，清洗过滤器时应保证系统运转不被中断；各水系统管路应在最低处设置排水阀并引至排水沟，最高处应设自动排气阀；管路上应设隔振器（橡胶软接头、橡胶软管、金属波纹管、金属软管均可）、截止阀、温度计、管路活接头（或法兰盘）等。
- 7.1.12 机组过滤器前后应安装压力表（方便时可共用压力表，通过阀门切换来测量各处的压力）。机组进出口安装温度计。每台机组的冷（热）水系统上宜设流量计，其量程应满足额定流量，而且安装位置应满足流量计的安装和计数要求。
- 7.1.13 冷（热）水系统宜设计为开式循环，管路中设置缓冲水箱；设计为闭式循环时，其定压装置应符合恒压要求。定压装置应确保系统的膨胀排水和泄漏补水要求。
- 7.1.14 安装过程中管道应清洗除锈后与机组连接。清洗应先通过旁通管路进行，清洗水不得通过机组。安装完毕，对机组和系统进行联合水压试验。

7.2 水泵安装

- 7.2.1 水泵的基础的尺寸、位置、标高应符合设计要求，且安装位置正确；水泵周围应留有检修空间，并应做好接地保护。严寒地区和寒冷地区必须采取防冻措施。
- 7.2.2 安装在室外的水泵应采用全封闭型或设有防护罩，在室内时应注意防潮。
- 7.2.3 根据水泵的底座尺寸，应制作基座，基座与四周的距离应不小于 800mm 的距离，以利于机组的散热和维修养护；为便于管件安装与更换，基座应离地面保持不小于 300mm 高度，并用水平仪找平。
- 7.2.4 浇筑混凝土底座基础时应预埋底脚螺栓；钢制基座应根据泵座尺寸打好螺栓孔。浇筑基础时，螺栓埋入地下长度为螺栓直径的 20 倍。整个基础的厚度为螺栓埋入长度再加 100mm~200mm。
- 7.2.5 用起吊设备将水泵吊到基础上方，穿上地脚螺栓并带螺帽（外露工丝），底座下放置垫铁，以水平尺初步找平；基座为混凝土时，地脚螺栓内灌混凝土，使水泵初就位。
- 7.2.6 就位后的水泵应找正纵横中心线位置，先在机组基础面上画上泵轴中心线和泵进、出口中心线，再在水泵进、出口中心和泵轴中心分别吊垂线，然后调整水泵位置，使垂线与基础面上画的纵横中心线相对应，再使水泵就位。
- 7.2.7 校正水泵纵、横向的水平，使水泵轴线在水平内；小型离心泵可在泵轴和出口法兰面上进行测量；双吸离心泵可在水泵进、出口法兰上进行测量，也可在泵壳的中开面上立水准尺，用水准仪测出前、后、左、右四个点水准尺的读数，使若读数相等。
- 7.2.8 没有达到水平的水泵，可通过调整水泵底板下垫片厚度的方法来使水泵纵、横向水平。
- 7.2.9 水泵高程（标高）校正时，用水准仪和水准尺进行量测。对不满足安装高程的水泵，可通过调整垫块的厚度来达到要求。
- 7.2.10 泵组安装时，应注意各水泵的轴线位置，同一排的水泵，应使每一台水泵的中心轴线相互平行，并且应使水泵的出水口或进水口的中心轴线在一条直线上。
- 7.2.11 水泵的中心线、水平与标高都满足要求后，将地脚螺栓上的螺帽拧紧，固定水泵，每组垫铁以点焊固定。
- 7.2.12 在水泵进出水管道上应安装支架，使泵体不承受任何附着重量。
- 7.2.13 每台泵的进出水口两端应设有排气阀，排水口和压力表接头，进出水口应配有法兰供管道连接。
- 7.2.14 水泵与管道直接连接时，水泵与管道之间必须作减震处理，在水泵进出水口处可加装曲挠橡胶减震接头，把水泵的振动尽可能少的传至管路上。
- 7.2.15 水泵前后有管件连接时，水泵与管件之间应作减震处理，以进水端起管件连接顺序为阀门、过滤器、水泵、单向阀、压力表、阀门。
- 7.2.16 污水泵管道上尽量减少弯头，加注引水时应排尽空气，运行时管内不应积聚空气，要求吸水管微呈上斜与水泵进水口联接，进水口应有一定的淹没深度。

7.3 基座（支架）施工

- 7.3.1 余热利用系统中的基座分为：机组基座、贮热水箱基座、水泵基座及管道支架（基座）等，

其结构型式主要有：现浇混凝土结构、钢结构和预制构件等。基座与地坪或建筑主体结构应连接牢固。

7.3.2 预埋件应在主体结构施工时同时埋入，位置应准确。预埋件与基座之间的空隙，应采用细石混凝土填捣密实。

7.3.3 在屋面结构层上现场施工的基座完工后，基座应铺设防水附加层，做好防水细部处理，并应符合 GB 50207 的规定。

7.3.4 采用预制的支架基座应摆放平稳、整齐，并应与建筑连接牢固，且不得破坏屋面防水层。

7.3.5 设置在平屋面或楼面上的基座，其顶面应平整，基座顶标高宜在同一水平高度上，标高允许偏差±10mm，坐标允许偏差±10mm，表面平整度允许偏差 4mm。

7.3.6 钢基座及混凝土基座顶面的预埋件在余热系统安装前应涂防腐涂料或采取防腐措施，并妥善保护。

7.3.7 基座完工，做好屋面的保温、防水后，不得在屋面上凿钻孔洞。

7.3.8 钢结构支架的焊接应符合 GB 50205 的规定。

7.3.9 钢支架应按设计要求安装在支架基座或主体结构上，其位置应准确，角度应一致，且与支架基座或主体结构固定牢靠。当采用后置锚栓与支架基座或主体结构连接时，锚栓的数量、直径、抗拉拔承载力应符合设计要求，并应进行承载力现场试验。

7.3.10 屋面上支承金属管路系统的支架应与建筑物防雷接地系统可靠连接。

7.3.11 钢结构支架焊接完毕后应做防腐处理。防腐施工应符合设计要求、GB 50212 及国家现行有关标准的规定。

7.4 贮热水箱安装

7.4.1 用于制作贮水箱的材质、规格应符合设计要求；矩形水箱应符合《矩形给水箱》12S101 图集要求。

7.4.2 钢板焊接的贮热水箱，水箱内外壁应按设计要求做防腐处理。内壁防腐材料应卫生、无毒，且应且能承受所贮存热水的最高温度。

7.4.3 贮热水箱应与基座连接牢固。

7.4.4 贮热水箱上方及周围应按设计及有关标准要求留置安装、检修空间，净空不宜少于 600mm；贮热水箱位置应有排水、防水措施，水箱排水时不应有积水现象。

7.4.5 金属贮热水箱应做接地处理，其接地处理应符合设计要求和 GB 50303 的规定。

- 1) 贮热水箱的接地可以利用埋在地下的没有可燃及爆炸物的金属管道、金属井管、与大地有可靠连接的建筑物的金属结构自然接地体上。
- 2) 接地装置宜采用钢材，接地装置的导体截面积应符合热稳定和机械强度的要求，要求见下表 2：

表 2 接地装置的导体截面积要求

种类、规格及单位		地上		地下	
		室内	室外	交流电流回路	直流电流回路
圆钢直径 (mm)		6	8	10	12
扁钢	截面 (mm ²)	60	100	100	100
	厚度 (mm)	3	4	4	6
角钢厚度 (mm)		2	2.5	4	6
钢管管壁厚度 (mm)		2.5	2.5	3.5	4.5

- 3) 与接地体的连接应采用焊接，焊接必须牢固无虚焊，连接到水箱上的接地体应采用镀锌螺栓或铜质螺栓连接。

7.4.6 贮热水箱应进行检漏试验合格后进行保温层施工。对承压贮热水箱应做水压试验，非承压贮热水箱应做灌水试验，水压试验和灌水试验应符合设计要求和 GB 50242 的规定。

- 7.4.7 贮热水箱保温应符合 GB 50185 的规定。
- 7.4.8 当安装现场不具备搬运及吊装条件时，贮水箱可现场制作。
- 7.4.9 贮水箱和底座间宜加设隔热垫，不宜直接连接而增加热损。

7.5 管路安装

- 7.5.1 管道安装应符合设计要求和 GB 50242 的规定。
- 7.5.2 系统的管道材料选用：可用于冷、热水的管材有聚丙烯（PP-R）、聚丁烯（PB）、交联聚乙烯（PEX）、铝塑复合管，只用于冷水的管材主要是硬聚氯乙烯（UPVC）、钢塑复合管、孔网钢带塑料复合管。
- 7.5.3 管道弯头两侧应设置固定支架或管墩，以防出现紊流或水锤导致弯头处下沉。
- 7.5.4 管道的最低处应安装泄水装置，最高点应设排气阀或排气管。
- 7.5.5 系统总进水管必须加装止回装置。
- 7.5.6 热水供应管道应尽量利用自然弯补偿冷热伸缩，直线段过长则应放置补偿器，补偿器形式、规格、位置应符合设计要求，并按有关规定进行预拉伸。
- 7.5.7 地下室或地下构筑物外墙有管道穿过的，应采取防水措施。对有严格防水要求的建筑物，必须采用柔性防水套管。
- 7.5.8 管道穿过伸缩缝、抗震缝及沉降缝敷设时，应根据情况采取下列保护措施：
 - 1) 在墙体两侧采取柔性连接；
 - 2) 在管道或保温层外皮上、下部留有不小于 150mm 的净空；
 - 3) 在穿墙处做成方形补偿器，水平安装。
- 7.5.9 明装管道成排安装时，直线部分应互相平行。曲线部分：当管道水平或垂直并行对应与直线部分保持等距；管道水平上下并行时，弯管部分的曲率半径应一致；
- 7.5.10 承压管路和设备应做水压试验；非承压管路和设备应做灌水试验。试验方法应符合设计要求和 GB 50242 的规定。
- 7.5.11 系统所有管道和设备均应做好保温处理，管道保温应在水压试验合格后进行。管路保温应符合 GB 50185 的规定。
- 7.5.12 水平安装的管道应有适当的坡度，排空系统不得有反坡存在；管路的坡向及坡度应按设计要求进行安装，热水横管的敷设坡度不宜小于 0.003-0.005。
- 7.5.13 在系统管路通过混凝土板和墙壁时，要根据房屋结构合理安排管路，正确选择穿墙位置，并加装穿墙套管。
- 7.5.14 容易发生故障的设备及配件两端应采用法兰或活接头连接，以便维修更换。
- 7.5.15 管道在支架上的固定，应在保温前进行。
- 7.5.16 上行下给式系统配水干管最高点应设排气装置，下行上给配水系统可利用最高点排气；系统最低点应设泄水装置。
- 7.5.17 下行上给式系统设有循环管道时，其回水立管可在最高配水点以下（约 0.5m）与配水立管连接。上行下给式系统可将循环管道与各立管连接。
- 7.5.18 管道支、吊、托架的安装，应符合下列规定：
 - 1) 位置正确，埋设应平整牢固。
 - 2) 固定支架与管道接触应紧密，固定应牢靠。
 - 3) 滑动支架应灵活，滑托与滑槽两侧间应留有 3mm~5mm 的间隙，纵向移动量应符合设计要求。
 - 4) 无热伸长管道的吊架、吊杆应垂直安装。
 - 5) 有热伸长管道的吊架、吊杆应向热膨胀的反力向偏移。
 - 6) 固定在建筑结构上的管道支、吊架不得影响结构的安全。
- 7.5.19 管道系统中水平安装的支、吊架间距的最大安装距离应符合下页表 3 的规定。
- 7.5.20 采暖、给水及热水供应系统的塑料管及复合管垂直或水平安装的支架间距应符合表 4 和表 5 的规定，采用金属制作的管道支架，应在管道与支架间加衬非金属垫或套管。

表3 横向安装管道支架的最大间距

公称直径 (mm)		15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200
最大间距 (m)	保温管	2	2.5	2.5	2.5	3	3	4	4	4.5	6	7	7
	不保温管	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	6	6.5	7	8	9.5

表4 塑料管及复合管管道支架最大间距

公称直径/mm		12	14	16	18	20	25	32	40	50	63	75	
最大间距/m	垂直管	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	
	水平管	冷水管	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
		热水管	0.2	0.2	0.25	0.3	0.3	0.35	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8

表5 铜管管道垂直或水平安装的支架间距

公称直径/mm		15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200
最大间距/m	垂直管	1.8	2.4	2.4	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0
	水平管	1.2	1.8	1.8	2.4	2.4	2.4	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5

7.5.21 系统的金属管道立管管卡安装应符合下列规定：

- 1) 楼层高度小于或等于 5m，每层必须安装 1 个。
- 2) 楼层高度大于 5m，每层不得少于 2 个。
- 3) 管卡安装高度，距地面应为 1.5m~1.8m，2 个以上管卡应均匀安装同一房间管卡应安装在同一高度上。

7.5.22 管道穿过墙壁和楼板，应设置金属或塑料套管。安装在楼板内的套管，其顶部应高出装饰地面 20mm，安装在卫生间及厨房内的套管，其顶部应高出装饰地面 50mm，底部应与楼板底面相平；安装在墙壁内的套管其两端与饰面相平。穿过楼板的套管与管道之间缝隙应用阻燃密实材料和防水油膏填实，端面光滑。穿墙套管与管道之间缝隙宜用阻燃密实材料填实，且端面应光滑。管道的接口不得设在套管内。

7.5.23 管道接口应符合下列规定：

- 1) 管道采用粘接接口，管端插入承口的深度不得小于表 6 的规定。

表6 管端插入承口的深度

公称直径/mm	15	25	32	40	50	70	100	125	200
插入深度/mm	16	19	22	26	31	44	61	69	80

- 2) 熔接连接管道的结合面应有一均匀的熔接圈，不得出现局部熔瘤或熔接圈凹凸不匀现象。
- 3) 采用橡胶圈接口的管道，允许沿曲线敷设，每个接口的最大偏转角不得超过 2°。
- 4) 法兰连接时衬垫不得凸入管内，其外边缘接近螺栓孔为宜，不得安放双垫或偏垫。
- 5) 连接法兰螺栓，直径和长度应符合标准，拧紧后，突出螺母的长度不应大于螺杆直径的 1/2。
- 6) 螺纹连接管道安装后的管螺纹根部应有 2~3 扣的外露螺纹，多余的麻丝应清理干净并做防腐处理。
- 7) 卡箍（套）式连接两管口端应平整、无缝隙、沟槽应均匀，卡紧螺栓后管道应平直，卡箍（套）安装方向应一致。

7.5.24 管道保温根据保温材料不同应采用不同的施工工法，采用管道缠包式保温时，应将保温棉毡按管径周长加搭接长度剪成条块，然后缠包在管道上，缠包时将棉毡压紧，如一层达不到保温厚度，可用两层或三层棉毡。缠包时，应使棉毡横向接缝处结合紧密，如有缝隙应用矿棉或玻璃棉填充；纵向接缝应在管道顶部，搭接宽度为 50mm~300mm。保温层外用镀锌铁丝包扎，间隔 150mm~200mm。

7.5.25 保护层可采用油毡玻璃丝布保护层或金属保护层。金属保护层可用厚度 0.3mm~0.5mm 的镀锌铁皮（内外先刷红丹底漆两遍）或厚度 0.5mm~1mm 的铝板，以管周长为宽度下料，再用压边机压边，用滚圆机滚圆成圆筒状；安装与保温层套紧，搭接口朝下。环向搭接长度为 30mm，纵向搭接长度不小于 30mm。搭接处用自攻螺钉紧固或拉铆钉铆紧，螺钉间距 200mm~250mm 保护层外壁按设计要求涂刷油漆。

7.5.26 用橡塑海绵保温时，按管径和保温层厚度选用橡塑海绵管，用刀片将其沿纵向切开；在管道表面涂刷 801 胶，随即将切开的橡塑海绵管缠包在管道上，并用手压橡塑海绵管使其与管道黏结在一起；安装下一段保温层时，将已安装的保温管端头也涂上胶，使相邻保温管黏结在一起。橡塑海绵柔软性好，可随管弯曲，不需另加保温部件，也不需做伸缩缝。

7.6 电气与自动控制系统安装

7.6.1 水泵、电磁阀、阀门的安装方向应正确且便于更换。用于控制热水温度的温控阀感温部分应安装在热水出口处；用于防冻排空的温控阀应安装在室外系统的管路最低处。

7.6.2 系统的电气控制箱安装应符合 GB 4272 规定要求。

7.6.3 温度控制器应安放在电气控制箱内，其安装后的安全性应符合 GB 8877 规定要求。

7.6.4 温度传感器的定位和安装应保证与被测温部位有良好的热接触，温度传感器四周应进行良好的保温。

7.6.5 温度传感器应安装在液体内部，可插入液体中或与吸热体表面紧密接触。

7.6.6 管路温度传感器可安装在浸入传热工质的盲管中或紧贴在管路的外壁上，对于后一种情况，宜使用导热胶。

7.6.7 温度控制器及阀门应安装在便于观察和维护的地方。

7.6.8 电动阀门应水平安装，在其进水口前应安装过滤器。电动阀门两端应安装旁路管道及手动阀，当其发生故障时用手动阀工作。

7.6.9 所有电气设备和与电气设备相连接的金属部件应做接地处理。室内水位、水温控制器和室外水位、水温传感器等电源线路以及所有室内外相连的信号线、电源线，在入户处都应套金属管(槽)屏蔽，并使金属管两端接地。电气接地装置的施工应符合 GB 50168 的规定。

7.6.10 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。

7.6.11 贮热水箱上的压力表、温度计、温包应安装在便于观察的地方。

7.6.12 压力表的安装应符合设计规定。取压点应选择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震动的地方。

7.6.13 安装在设备、容器上的温度计，应根据设计要求安装部位的具体情况确定所选温度计的尾长，以准确测出所需温度值为准。在直线上安装温度计时，其感温部分一般应位于管道中心线上，若安装温度计的管道直径大于 DN150 时，则温度计插入管道温度不宜大于 1/3DN。

7.6.14 自动温度调节装置可用直接式自动调温装置或电动式自动调温装置，一般温度控制精度为±2℃。

7.7 系统调试

7.7.1 余热系统安装完毕投入使用前，必须进行系统调试，具备使用条件时，系统调试应在竣工验收阶段进行；不具备使用条件时，经建设单位同意，可延期进行。

7.7.2 余热系统调试应包括设备单机或部件调试和系统联动调试。

7.7.3 设备单机或部件调试应包括水泵、阀门、电磁阀、电气及自动控制设备、监控显示设备及辅助能源加热设备等调试等。调试应包括下列内容：

- 1) 检查水泵安装。在设计负荷下连续运转 2h，水泵应工作正常，无渗漏，无异常振动和声响，电机电流和功率不超过额定值，温度在正常范围内。

- 2) 检查电磁阀安装。电磁阀安装位置、方向应正确，手动通断电试验时，开启正常，动作灵活，密封严密。
 - 3) 温度、温差、水位、光照控制、时钟控制等仪表应显示正常，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) 防冻系统装置、超压保护装置、过热保护装置、漏电保护装置等应工作正常。
 - 7) 各种阀门应开启灵活，密封严密。
 - 8) 辅助能源加热设备应达到设计要求，工作正常。
- 7.7.4 设备单机或部件调试完成后，应进行系统联动调试。系统联动调试主要包括下列主要内容：
- 1) 调整水泵控制阀门。
 - 2) 调整电磁控制阀门，电磁阀的阀前阀后压力应处在设计要求的压力范围内。
 - 3) 调整各个分支回路的调节阀，各回路流量应平衡。
 - 4) 调试辅助能源加热系统，使辅助加热系统装置与太阳能集热系统相匹配。
 - 5) 调试集热循环水泵的流量及扬程，使之符合设计要求。
 - 6) 调试热水供应系统符合设计工况，满足用户对水温、水量和水压的要求。
 - 7) 温度、温差、水位、光照、时间等控制仪的控制区间或控制点应符合设计要求。
 - 8) 在设计负荷下，对集热系统的循环水泵、辅助加热系统中的水泵（循环水泵）、热水供应系统的供水泵及循环水泵进行调试，使其符合设计要求。
- 7.7.5 系统联动调试完成后，系统应连续运行 72h，各设备及主要部件的联动应协调无异常现象。并做好系统运行记录。

8 余热系统验收

8.1 一般规定

- 8.1.1 系统工程施工质量验收除应执行本文件外，尚应遵守 GB 50300、GB 50242、GB 50411 和国家现行有关标准的规定。
- 8.1.2 系统工程验收应根据施工特点进行分项工程验收和竣工验收。
- 8.1.3 系统分项工程验收前，应随施工进度对系统工程有关隐蔽部位或内容进行验收，并应有详细的文字记录和必要的图像资料。隐蔽工程应由监理工程师（或建设单位项目技术负责人）组织施工单位项目质量检查员、施工员等进行验收。太阳能热水系统隐蔽工程主要有：
- 1) 安装基础螺栓和预埋件。
 - 2) 基座、支架、管道保温四周与主体结构的连接节点。
 - 3) 基座、支架、泵组四周与主体结构之间的封堵。
 - 4) 系统与建筑物避雷系统的防雷连接节点或系统自身的接地装置安装。
 - 5) 预埋管线。
- 8.1.4 系统分项工程和检验批的划分应符合下列规定：
- 1) 系统分项工程分为：基座、支架、集热器、贮热水箱、管路、辅助能源加热设备、电气与自动控制系统、系统调试。
 - 2) 系统应按照分项工程进行验收。当系统分项工程的工程量较大时，可以将分项工程划分为若干个检验批进行验收。
 - 3) 当系统验收无法按照上述要求划分分项工程或检验批时，可由建设、监理、施工等各方协商进行划分，但验收项目、验收内容、验收标准和验收记录均应遵守本文件的规定。
- 8.1.5 系统分项工程验收宜根据工程施工特点分期进行。分项工程应由监理工程师（或建设单位项目技术负责人）组织施工单位项目专业技术（质量）负责人等进行验收。其分项工程验收合格，应符合下列规定：
- 1) 应按主控项目和一般项目验收。
 - 2) 主控项目应全部合格。
 - 3) 一般项目应合格；当采用计数检验时，至少应有 90% 以上的检查点合格，且其余检查点不得有严重缺陷。

4) 应具有完整的施工操作依据和质量验收记录。

8.1.6 系统竣工验收应在分项工程验收合格后进行。其竣工验收程序：

- 1) 余热系统工程完工后，施工单位自行组织有关人员进行检验评定，自评合格后向建设单位提交竣工验收申请报告。
- 2) 建设单位收到工程竣工申请报告后，由建设单位项目负责人组织设计、施工、监理等单位项目负责人联合进行竣工验收。

8.1.7 系统工程竣工验收合格，应符合下列规定：

- 1) 分项工程应全部合格。
- 2) 质量控制资料应完整。
- 3) 系统有关安全和功能性检测资料应完整。
- 4) 观感质量验收应符合要求。

8.1.8 系统工程竣工验收时，应重点核查质量控制资料、安全和功能性检验资料：

- 1) 质量控制资料主要包括：开工报告；施工图纸审查意见书、图纸会审记录、设计变更通知单、竣工图；施工组织设计、专项施工方案；主要材料、设备、成品、半成品、阀门和仪表的质量证明文件及进场验收记录；隐蔽工程检查验收记录和相关图像资料；施工记录；检验批、分项工程验收记录；观感质量综合检查记录；工程使用、运行管理及维护说明书等。
- 2) 安全和功能性检验资料：屋面防水检漏记录；承压管道、系统、设备及阀门水压试验记录；非承压管路系统和设备灌水及通水试验记录；集热器、贮热水箱检漏试验记录；系统的冲洗及水质检测记录；系统的热性能检测记录；防雷接地电阻测试记录；电气线路绝缘电阻测试记录；漏电保护装置测试记录；设备单机试运转记录；系统调试和试运行记录等。

8.1.9 观感质量综合检查应包括以下项目：

- 1) 系统设备、管道安装位置应正确、牢固，管道连接应无明显缺陷、不渗漏。
- 2) 支吊架形式、位置及间距应符合 GB 50242 等标准要求。
- 3) 设备、管道、支吊架的油漆应附着牢固，漆膜厚度均匀，油漆颜色与标志符合设计要求。
- 4) 绝热层的材料、厚度应符合设计要求，表面平整无断裂和脱落。

检查方法：尺量、观察检查。

检查数量：管道按每个系统抽查 10%，不少于 5 处。各类设备、部件、阀门及仪表抽查 5%，但不少于 10 件。少于 10 件的，全数检查。

8.1.10 材料、配件和设备进场验收应遵守下列规定：

- 1) 对材料、配件和设备的品种、规格、包装、外观和尺寸等进行检查验收，并经监理工程师（建设单位代表）确认，形成相应的验收记录。
- 2) 对材料、配件和设备的质量证明文件进行核查，并经监理工程师（建设单位代表）确认，纳入工程技术档案。材料、配件和设备均应具有出厂合格证、中文说明书及相关性能检测报告，进口材料、配件和设备应提供出入境商品检验证明。

8.1.11 余热系统所有验收应做好验收记录，签署文件，单独组卷、归档。

8.2 基座验收

8.2.1 主控项目

8.2.1.1 系统机组、贮热水箱、水泵基座应符合设计要求。

检查方法：观察检查、尺量，按图纸核对。

检查数量：全数检查。

8.2.1.2 基座与建筑主体结构应连接牢固。

检查方法：观察检查，核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：全数检查。

8.2.1.3 预埋件埋设应符合设计要求，位置应准确。

检查方法：观察检查、尺量，按图纸核对，核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：全数检查。

8.2.1.4 屋面基座的防水处理应符合设计要求和 GB 50207 的规定。

检查方法：观察检查，按图纸核对，核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：全数检查。

8.2.1.5 预制的集热器支架基座安装不得破坏屋面防水层。

检查方法：观察检查，核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：全数检查。

8.2.2 一般项目

8.2.2.1 平面屋顶基座的坐标、标高、表面平整度允许偏差值应符合表 7 的规定。

表 7 平面屋顶基座的坐标、标高、表面平整度允许偏差值

项目	允许偏差 (mm)
坐标	10
标高	±10
表面平整度	4

检查方法：经纬仪或拉线、水准仪和尺量检查。

检查数量：每项随机抽样检查点不少于 10 个，少于 10 个的，全数检查。

8.2.2.2 预制的集热器支架基座应摆放平稳、整齐。

检查方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

8.2.2.3 钢基座及混凝土基座顶面预埋件的防腐处理应符合设计要求和 GB 50212 的规定。

检查方法：观察检查、漆膜测厚仪量测。

检查数量：按构件数量抽查 10%，且不少于 3 件。

8.3 支架验收

8.3.1 主控项目

8.3.1.1 系统的支架及其材料应符合设计要求。

检查方法：观察检查、尺量，按图纸核对。

检查数量：全数检查。

8.3.1.2 支架安装应符合设计要求，且与支架基座固定牢固。

检查方法：观察检查、尺量，按图纸核对。

检查数量：全数检查。

8.3.1.3 安装在屋面的钢结构支架和金属管路系统，其防雷接地处理应符合设计要求和 GB 50303 的规定。

检查方法：观察检查，按设计图纸、防雷接地电阻测试记录、隐蔽工程验收记录核对。

检查数量：全数检查。

8.3.1.4 钢结构支架的焊接应符合设计要求和 GB 50205 的规定。

检查方法：观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查。

检查数量：按构件数量抽查 10%，且不少于 3 件。

8.3.2 一般项目

8.3.2.1 支架安装不应影响屋面正常排水。

检查方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

8.3.2.2 钢结构支架的防腐处理应符合设计要求和 GB 50212 的规定。

检查方法：观察检查、漆膜测厚仪量测。

检查数量：按构件数量抽查 10%，且不少于 3 件。

8.4 机组验收

8.4.1 主控项目

- 8.4.1.1 机组安装应符合设计要求，与建筑主体结构或集热器支架固定牢靠。
检查方法：观察检查，按图纸核对。
检查数量：全数检查。
- 8.4.1.2 机组与管道之间连接方式应符合设计要求，密封可靠，无泄漏，无扭曲变形。
检查方法：观察检查，按图纸核对。
检查数量：全数检查。
- 8.4.1.3 机组与管道连接完毕，应进行检漏试验，检漏试验应符合设计要求、GB 50242 及本文件的规定。
检查方法：核查检漏试验记录。
检查数量：全数检查。
- 8.4.1.4 系统连接管的保温材料及其厚度应符合设计要求和 GB 50185 的规定。
检查方法：观察检查，钢针插入、尺量，按图纸核对。
检查数量：按连接管数量抽查 10%，且不少于 3 件。

8.4.2 一般项目

- 8.4.2.1 机组安装的朝向、标高及其坐标应符合设计要求。
检查方法：观察检查，分度仪、倾角仪、尺量测，按图纸核对。
检查数量：全数检查。
- 8.4.2.2 机组与系统管道之间的连接件，应便于拆卸和更换。
检查方法：观察检查。
检查数量：全数检查。
- 8.4.2.3 机组基座不得兼用循环管路或上下水管路支架或支墩。
检查方法：观察检查。
检查数量：全数检查。

8.5 贮热水箱验收

8.5.1 主控项目

- 8.5.1.1 贮热水箱的材质和规格应符合设计要求。
检查方法：观察检查，按设计图纸、产品出厂检测报告、产品说明书核对。
检查数量：全数检查。
- 8.5.1.2 钢板焊接的贮热水箱，其内外壁防腐处理应符合设计要求和 GB 50212 的规定。防腐材料应卫生、无毒，且应能承受所贮存热水的最高温度。
检查方法：观察检查，按设计图纸、防腐材料质量证明文件核对。
检查数量：全数检查。
- 8.5.1.3 金属贮热水箱应做接地处理，其接地处理应符合设计要求和 GB 50303 的规定。
检查方法：观察检查，按设计图纸、接地电阻测试记录、隐蔽工程验收记录核对。
检查数量：全数检查。
- 8.5.1.4 贮热水箱应进行检漏试验，检漏试验应符合设计要求、GB50242 及本文件的规定。
检查方法：核查检漏试验记录。
检查数量：全数检查。
- 8.5.1.5 贮热水箱的保温材料及其厚度应符合设计要求和 GB 50185 的规定。
检查方法：观察检查，钢针插入、尺量，按图纸核对。
检查数量：全数检查。
- 8.5.1.6 贮热水箱应与基座连接应符合设计要求，牢固可靠。
检查方法：观察检查，按图纸核对。
检查数量：全数检查。

8.5.2 一般项目

8.5.2.1 贮热水箱上方及周围的安装、检修空间应符合设计要求和现行国家有关标准的规定，且不宜小于 600mm，贮热水箱位置应有排水、防水措施，水箱排水时不应有积水现象。

检查方法：观察检查、丈量，按图纸核对。

检查数量：全数检查。

8.5.2.2 贮水箱和底座间宜有隔热垫。

检查方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

8.5.2.3 贮热水箱安装位置应符合设计要求。其标高、坐标允许偏差值应符合表 8 的规定。

检查方法：观察检查，丈量，按图纸核对。

检查数量：全数检查。

表 8 贮热水箱安装的标高、坐标允许偏差值

项目	允许偏差值
标高	±5mm
坐标	10mm

8.6 管路验收

8.6.1 主控项目

8.6.1.1 系统的管道安装应符合设计要求、GB 50242 及本文件的规定。

检查方法：观察检查，按设计图纸核对。

检查数量：全数检查。

8.6.1.2 热水系统的管道材料应符合设计要求和本文件的规定。

检查方法：观察检查，按设计图纸核对。

检查数量：全数检查。

8.6.1.3 承压管路和设备应做水压试验；非承压管路和设备应做灌水试验。检漏试验、灌水试验应符合设计要求和 GB50242 及本文件的规定。

检查方法：核查检漏试验记录、灌水试验记录。

检查数量：全数检查。

8.6.1.4 水泵安装应符合设计要求、GB 50275 及本文件的规定。水泵周围应留有检修空间，并应做好接地保护。

检查方法：观察检查、丈量，按图纸核对。

检查数量：全数检查。

8.6.1.5 热水系统管路保温应符合设计要求和 GB 50185 的规定。

检查方法：观察检查，钢针插入、丈量，按图纸核对。

检查数量：全数检查。

8.6.2 一般项目

8.6.2.1 由机组上下接往贮热水箱的循环管道，应有不小于 5‰的坡度。

检查方法：观察检查、丈量。

检查数量：全数检查。

8.6.2.2 管道的最低处应安装泄水装置，最高点应设排气阀或排气管。

检查方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

8.6.2.3 管道支、吊、托架的安装应符合设计要求、GB 50242 及本文件的规定。

检查方法：观察检查、丈量，按图纸核对。

检查数量：全数检查。

8.6.2.4 安装在室外的水泵应有防雨保护措施。

检查方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

8.6.2.5 电磁阀应水平安装，阀前应加装细网过滤器，阀后应加装调压截止阀。

检查方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

8.6.2.6 水泵、电磁阀、阀门的安装方向应正确，并应便于更换。

检查方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

8.7 电气与自动控制系统验收

8.7.1 主控项目

8.7.1.1 电缆线路施工质量应符合设计要求和 GB 50168 的规定。

检查方法：观察检查，按设计图纸核对。

检查数量：全数检查。

8.7.1.2 电气设备、电气控制箱安装质量应符合设计要求和 GB 50303 的规定。

检查方法：观察检查，按设计图纸核对。

检查数量：全数检查。

8.7.1.3 所有电气设备和与电气设备相连接的金属部件应做接地处理，接地处理应符合设计要求和 GB 50303 的规定。

检查方法：观察检查，按设计图纸核对。

检查数量：全数检查。

8.7.2 一般项目

8.7.2.1 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。

检查方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

9 监控与运行管理

9.1 应健全维护管理制度和运行操作规程，并根据系统实际运行情况不断优化运行模式。

9.2 水源热泵系统应安装自动化智能控制装置，自动化设计应包括：

- 1) 水泵运行故障报警和超水位报警。
- 2) 热泵主机与污水泵、循环泵等辅助设备的启停控制。
- 3) 热泵机组低温保护、高低压保护、故障报警功能。
- 4) 节能运行控制。
- 5) 状态参数监测。
- 6) 状态参数记录与存储。

9.3 运行中应对下列项目进行监测和记录：

- 1) 污水源收集池水位、水温、水量、水质和含砂量。
- 2) 换热器、过滤装置及管路压力。
- 3) 换热器、冷凝器（蒸发器）、机组进出口温度。
- 4) 热泵机组、污水泵、循环泵用电量。
- 5) 事故、故障记录。
- 6) 维护、检修记录。

9.4 污水泵、循环泵等设备及其易损易磨零件应有相应的备用品。

9.5 供热制冷期结束应对热泵机组、热源井潜水泵、循环泵和换热器等设备进行维护保养。