

太阳能热水工程智能控制系统设计与应用研究

贺立三, 刘振波, 贾兵, 白玉红 (河南省科学院能源研究所有限公司, 河南郑州 450008)

摘要 根据实际中的应用情况设计了一套太阳能热水工程智能控制系统, 有效合理地对整个热水系统进行智能控制, 并介绍了太阳能热水系统的工作原理及工程控制方案。

关键词 太阳能热水工程; 节水; 节能; 智能控制系统

中图分类号 TK513 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)28-12530-02

Study on the Design and Application of the Intelligent Control System for Solar Water Heating Engineering

HE Li-san et al (Energy Research Institute Limited Company, Henan Academy of Sciences, Zhengzhou, Henan 450008)

Abstract A set of the intelligent control system for solar water heating engineering was designed according to the application situations in the practice. The intelligent control of the whole water heating system was made reasonably and effectively. The working principle and engineering control scheme of solar water heating system were introduced.

Key words Solar water heating engineering; Water saving; Energy saving; Intelligent control system

太阳能热水工程具有环保、节能、经济、投放比高等优点, 再加上良好的政策环境、行业本身的特性、技术的日趋成熟, 太阳能产业的发展潜力巨大。但太阳能能量密度低、加热时间长、每天的太阳辐射量不确定, 因此, 用太阳能供热水和采暖具有可靠性差, 每天产热量不确定等缺点, 如何使太阳能热水系统达到既能充分利用太阳能, 又能确保热水供给、用户采暖的可靠性, 是太阳能热水工程亟待解决的问题。另外, 太阳能热水系统的可靠性, 系统运行的合理性等都是工程设计者必须考虑的问题。除了太阳集热器等系统产品本身的质量外, 电气控制系统设计也是保证太阳能热水系统能否可靠、智能运行的关键^[1]。笔者对太阳能热水工程智能控制系统设计与应用进行了研究, 旨在为更好地利用太阳能提供科学基础。

1 太阳能热水工程的工作原理

太阳能热水器是太阳能热利用中最具有代表性的一种装置, 是集热器中的工质与太阳能之间的热交换装置, 与燃气、电热水器相比较, 既安全又节能。太阳能热水系统中一般包含太阳能集热器和储热器、分配器、辅助加热器和控制器^[2]。为了充分利用太阳能, 必须先“收集”和“储存”起来, 然后在适当时候将其“分配”出来。这一过程必须加以“控制”, 另外当获取或储存的太阳辐射热量不能满足采暖负荷的时候, 则需要辅助热源来补充解决。

早期规模比较小的项目多采用全玻璃真空管集热器, 因其投资较低, 在太阳能热水工程市场上占有相当比重。真空管集热器组吸收太阳辐射能转化成热能; 由循环泵将储水箱中的低温水输入集热器, 水被加热后再回到储热水箱, 不断循环, 累积加热, 使水箱中的水达到使用的温度。循环泵的工作由中心控制器进行控制, 集热器温度和水箱温度温差大于设定值时, 循环泵就运转, 集热器温度和水箱温度差小于设定值时, 循环泵就停止。当全天太阳能加热达不到水箱设定温度时, 也可由辅助电加热装置或锅炉、蒸汽等其他热源进行辅助加热。在实际工程应用中, 需要综合考虑太阳能集热系统的形式、热量的储存、系统管路防冻、辅助加热设备的

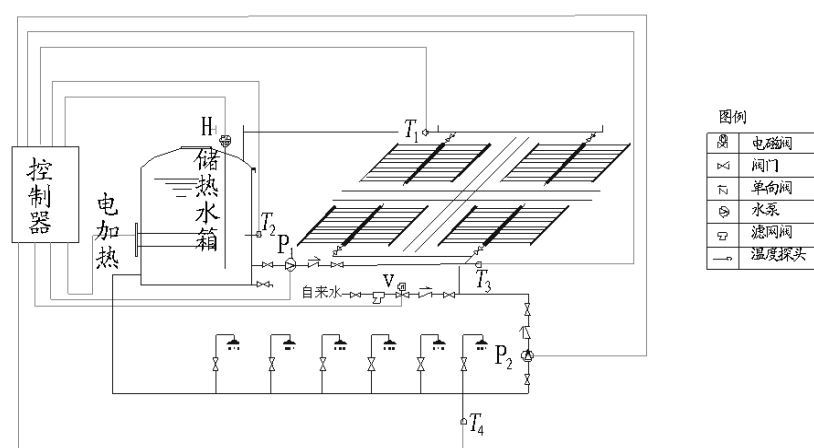
选用以及热水供应的方式等各种因素。

2 太阳能控制系统的设计及工作流程

2.1 控制系统设计应注意的问题 目前, 常用的太阳热水系统主要有自然循环系统、机械循环系统和定温放水系统。不同的太阳热水系统, 其控制系统的设计也不同。笔者以电辅助加热的机械循环太阳热水系统为例, 其系统运行主要应考虑以下几点: 当太阳能产生的热水装满储热水箱时, 如何继续有效地利用太阳能; 当太阳能产热量不足时, 如何启动电加热补充所需热水; 如何既确保热水供应的可靠性, 又最大限度地利用太阳能产生的热水, 减少不必要的辅助加热, 从而降低运行成本; 如何解决冬季防冻, 自动补水等功能; 如何实现采暖系统、热水供应系统的自动化控制, 做到切实可行。

2.2 设计工作流程(图1)

(1) 系统定温放水。太阳能集热系统通过集热器出口温度设定值控制上水动作, 确保热水水箱内只存有达到要求的



注: T_1 为集热器出口水温; T_2 为水箱水温; T_3 为集热器底部入口水温; T_4 为供水管道温度; V 为电磁阀; P_1 和 P_2 为热水循环泵。

Note: T_1 stands for outlet water temperature of heat collector; T_2 stands for water temperature of water tank; T_3 stands for water temperature at the bottom of heat collector; T_4 stands for the temperature in the water supply pipeline; V stands for electromagnetic valve; P_1 and P_2 stand for hot water circulating pump.

图1 太阳能热水工作流程

Fig.1 The working flow of solar energy hot water engineering

热水; 辅助加热系统启动时, 系统上水也需经过集热器实现, 可保证系统优先利用太阳能。集热器出口水温 T_1 达到设

基金项目 河北省科学院资助项目。

作者简介 贺立三(1963-), 男, 河南郑州人, 工程师, 从事太阳能光热光电利用方面的研究。

收稿日期 2008-07-14

定值 A (春夏秋 50 ~ 55 , 冬季 45 ~ 50) 时, 电磁阀 V 开启, 凉水将集热器内热水顶入集热储热水箱; T_1 达到设定值 B (春夏秋 45 ~ 50 , 冬季 40 ~ 45) 时, 电磁阀 V 关闭, 系统停止上水。如此重复动作, 直到水位达到 100% 后, 自动锁闭系统上水功能, 防止系统溢水。

(2) 温差集热循环。太阳能集热系统通过温差跟踪控制循环方式自动保证系统最高效率, 最大化采集太阳能。集热器出口水温 T_1 大于水箱水温 T_2 , 温差达到 8 时, 热水循环泵 P_1 启动, 水箱内的水推动集热器内的水循环回到热水箱内; T_1 与 T_2 温差达到 2 时, 泵 P_1 停止循环。本次温差集热循环动作完成。

(3) 防冻保护循环。太阳能集热系统通过防冻循环控制, 即利用温差控制循环泵及管路, 保证室外集热系统冬季不被冻结。当集热器底部入口水温 T_3 (管道水温) 低于设定值 C (4) 时, 系统进入防冻状态, 循环泵 P_1 启动, 水箱内热水进入管道; T_3 高于设定值 C 时, 泵 P_1 停止循环。

(4) 供水恒温循环。供水管线过长时, 管路内存水将变凉影响使用, 浪费水资源。供水管道温度 T_4 低于设定值 D (38) 时, 系统进入供水管道恒温状态, 热水循环泵 P_2 启动, 将供水管道内的水循环回到储热水箱中; T_4 高于设定值 $D+2$ 时, 泵 P_2 停止循环。该功能按需另选配。

(5) 辅助加热。按“自动加热”键后辅助加热系统接入, 指示灯亮, 检查水箱水温是否达到设定值, 并检查水箱水位。当水箱水位超过 20%, 辅助加热即自行启动; 当水箱水温达到设定温度时即停止加热; 当水箱水温低于设定温度 5 时, 将再次启动加热至设定值。

(6) 定时辅助加热。按“定时加热”键, 启动定时加热功能。当不在设定时间范围内时, 定时设置显示灯为闪烁状态

(上接第 12471 页)

以下沉积物中 Cd 的释放, 虽然释放强度相对较低, 但仍会对重金属释放的动力学过程产生影响, 表层下沉积物中重金属释放的平衡时间远大于表层释放的平衡时间。

3 结论与讨论

(1) 水库底泥中 Cd 释放量随着污染的程度和近底流速的增大而增加。根据 FLX 水库底泥中 Cd 的污染浓度范围和水库底泥的近底流速, 由影响因素试验可推出, 目前正常情况下水库底泥中 Cd 释放量 $< 0.01 \text{ ng/L}$, 但是如果水库重金属污染浓度增大, 或者水库底泥受到更大流速的冲击, Cd 的释放量会超过《地面水环境质量标准》的 Ⅲ 类水质标准, 即大于 0.01 ng/L 。因此对水库底泥中的重金属污染浓度应实时测量, 控制污染物 Cd 进入水体的量, 密切注意水库水力条件的改变, 发现问题及时采取措施进行处理。

(2) Elovich 等方程均能很好地描述 FLX 水库底泥中 Cd 的动力学释放规律 ($n = 12, p = 0.01$), 但二级反应动力学方程拟合效果最好 ($r > 0.98$)。模拟试验重达到 Cd 最大释放量的时间为 4 h, 在 74 h 达到释放平衡。由影响因素试验得出最大释放量随着流速的增大而增大, 且释放平衡时间随

提示; 当在设定时间范围内时, 定时设置显示灯为常亮状态提示。定时加热状态就是在所设定的时间范围内执行自动加热, 功能完全相同。该功能至“定时加热”键第 2 次按下或自动加热启动, 定时加热状态解除。该功能按需另选配。

(7) 低水位补水。当遇上用水量很大时, 水箱内水位低于最低水位时, 系统进行强制进水, 保证水箱内有水供应。

(8) 出水增压。由于用水情况的特殊性, 为了保证出水压力, 因此系统考虑室内管道增压, 保证用水舒适性。

(1) ~ (4) 项功能由系统智能控制柜自动完成, 无须人工干预, 其中的 A、B、C、D 值可根据季节或用户要求进行设定。

3 太阳能热水工程的经济效益分析

太阳能热水工程的使用寿命一般为 15 年, 虽然太阳能热水系统初投资略高, 但由于其运行费用比较低, 对于节能减排、保护环境起到相当重要的作用, 具有巨大的应用前景。

4 结论

该控制系统设计方案是针对具体的太阳能热水工程提出的, 目的是使太阳能热水系统性能稳定、可靠, 达到智能化全自动控制的目的。太阳能热水系统智能自控瞬时启动, 采用分组控制, 提高了整个系统的可靠性。采用双能源加热方式实现多功能互补, 全天候供应热水, 智能控制, 具有简洁、可靠、安全、方便的特点, 特别适宜宾馆、学校、招待所等行业推广应用。

参考文献

- [1] 王晓梅, 吕东岚. 诸城太阳能热水工程控制系统的设计[J]. 山西能源与节能, 2006(4): 17-18.
- [2] 杨金良. 太阳能热水工程智能控制系统的设计[J]. 中国建设动态: 阳光能源, 2005(2): 49-50.

着释放流速增大而提前。由于该试验使用的是新污染的泥沙, 比水库底泥中 Cd 的释放容易, 达到释放平衡时间相对提前。

(3) 实际上影响重金属释放的影响因素很多, 此动态模拟试验只考虑了水动力等物理因素, 还有水环境化学条件如 pH 值、温度、盐度等对重金属释放的影响还有待共同研究。

参考文献

- [1] 魏俊峰, 吴大清, 彭金莲, 等. 污染沉积物中重金属的释放及其动力学[J]. 生态环境, 2003, 12(2): 127-130.
- [2] 吕兴娜, 刘春. 柴河水库沉积物中重金属释放的静态试验[J]. 辽宁城乡环境科技, 2001, 21(2): 40-41.
- [3] 李雪英, 黄善和. FLX 水利枢纽对社会和环境的影响[J]. 广东水利电力职业技术学院学报, 2005, 4(3): 48-50.
- [4] 封光寅, 赵成海, 张孝军, 等. 泥沙颗粒级配曲线与有关特征值关系分析[J]. 中国粉体技术, 2005(4): 6-9.
- [5] 贾陈忠, 秦巧燕, 李克华, 等. 底泥对含铬废水的吸附处理研究[J]. 浙江化工, 2006, 37(5): 4-6.
- [6] 李鱼, 刘亮, 董德明, 等. 城市河流淤泥中重金属释放规律的研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(1): 125-127.
- [7] ONKEN A B, MATHESON R L. Dissolution rate of EDIA-extractable phosphate from soils[J]. Soil Sci Soc Am J, 1982, 46: 276-279.
- [8] 窦明, 马军霞, 谢东瑜, 等. 北江重金属镉污染事故数值模拟[J]. 郑州大学学报, 2007, 28(2): 117-120.