

文章编号 :1000 - 2286(2002)01 - 0039 - 06

大中型太阳能浴室工程辅助 加热设备设计

肖金香,毛学东,陈仕坤,刘正和,夏如艇

(江西农业大学,江西 南昌 330045)

摘要 在阴雨天气,光热得不到充分利用,采用燃煤加以辅助。考虑到节能、除尘,设计了大、中型浴室加热利用工程辅助设备,进行了加热设备的设计选择,保温热水池的设计、建造与联接,热水锅炉除尘装置的设计,锅炉废气热利用装置的设计,锅炉热水出水温度的选定,系统的电气控制、测试等。燃煤生成的烟尘粒子和二氧化硫、氮的氧化物等有害气体采用重力沉降除尘→旋风分离除尘→惯性分离除尘→过滤式除尘→重力沉降除尘 5 级除尘装置。经层层除尘,这些有害气体被分离进入到下水道,经检测,烟尘浓度为 $350 \text{ mg}/\text{nm}^3$,林格曼浓度为 0.9,完全符合国家《锅炉烟尘排放标准》的规定。锅炉废气排放会损失很大一部分热量,在锅炉废气出口处加装了一段长 2.0 m、直径 40 cm、流量 $1 \text{ t}/\text{h}$ 的热交换器,每 h 能产 $0.6 \text{ t } 4.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 热水(由 $15 \text{ }^\circ\text{C}$ 升到 $45 \text{ }^\circ\text{C}$)。本工程辅助设计具有成本低、经济效益高、空气污染轻、生态效益好、能源互补、综合利用的科学价值。

关键词 浴室;燃煤加热辅助;除尘;废气热利用

中图分类号:TK513 文献标识码:A

Auxiliary Heat Equipment Design of Engineering on Big or Middle Bathroom of Solar Energy

XIAO Jin - xiang, MAO Xue - dong, CHEN Shi - kun
LIU Zheng - he, XIA Ru - ting

(Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: Weather affects the utilization of solar energy significantly. In cloudy and rainy days, light and heat can not be well used. Coal should be used as a supplement. Taking energy saving and dedust reduction into consideration, Auxiliary equipment of heating projects for big or middle bathrooms was designed. Some experiments were carried out on choices of design of heating equipment, design, construction and linkage of insulating boiler, design of dedusting device for heat water boiler, design of heat - using device for the exhaust from the boiler, determination of the temperature of the water - flow from the boiler, electricity control and testing of the system. Five - grade dedusting device was to used treat smog, sulfur dioxide, oxide of nitrogen and some other poisonous gases produced burning coal. They were dedusting by weight sedimentation, dedusting by whirlwind isolation, dedusting by inertia isolation, dedusting by percolation, and dedusting by weight sedimentation. After dedusting step by step, those poisonous gases could be isolated into the cloaca. According to

收稿日期 2001 - 12 - 06

基金项目 江西省科委资助项目

作者简介:肖金香(1953 -),女,江西农业大学教授,主要从事农业气象研究

万方数据

measurement, the solubility of smog was $350\text{mg}/\text{nm}^3$, the German solubility was 0.9, which according to the stipulation in the national exhaust standard of smog in boiler. Because the exhaust emission of the boiler would lose a lot of heat energy, a heat exchanger was set, whose length was 2.0 m, whose diameter was 40 cm, whose fluid quantity was 1T/h, 0.6T 45°C heat water could be obtained (the water temperature was raised from 15°C to 45°C). The auxiliary design is of the scientific values of lower costs, high economic effect, lower air pollution, good ecological effect, energetic complementarity and comprehensive utilization.

Key words: bathroom; auxiliary heat by burning coal; dedust; use of exhaust heat

利用太阳能热水为主的大、中型浴室,在阴雨天气或冬季日照较短时其热水供应会受到一定限制。为解决天气的原因并保证春、夏、秋、冬全天候开放,必须配备另一种能源加以辅助,目前辅助能源较容易利用的有电、气、油、煤等。考虑到辅助加热设备的一次性投资成本和能源消耗成本及其它综合因素,本工程决定选择燃煤加热方式,为能源互补、综合利用提供辅助设计的科学依据。

1 加热设备的设计与选择

本工程设计为 1 000 ~ 2 000 人洗澡,按标准 $35\text{ kg}/\text{人次}$ 40°C 热水洗澡,日需 40°C 热水(2 000 人计)70 t。考虑水池保温热量的损失,实际应日需 45°C 热水(2 000 人计)70 t,锅炉 16 h/d 工作,需 $4.5\text{ t}/\text{h}$ 45°C 热水的生产量。根据要求,型号 CLSG0.37 的常压热水锅炉较适宜,经实测与该型号锅炉所标参数基本吻合。将 20°C 水加热到 45°C 可每 h 生产 7 t,将 15°C 水加热到 45°C 可每 h 生产 6 t,将 5°C 加热到 45°C 可每 h 生产 4.5 t。基本上符合本工程在完全无太阳或冬季寒冷时,保证正常洗澡的热水供应需求。

2 保温热水池的设计、建造、联接

2.1 配备

本工程应配 80 m^3 保温水池一座,作热水贮存, 6 m^3 保温热水池一座,在洗澡时调节水温,它应与洗澡水龙头有一定的落差,以便水龙头能放出压力相当的热水。两水池之间用热水泵、热水管连接,装自动控制装置,保证 6 m^3 保温水池的水位。

2.2 80 m^3 保温水池的建造

80 m^3 保温水池由于重力集中,应建造在基础坚实的地方,形状为圆桶形,底面积 20 m^2 ,高 4 m。基部浇注 50 cm 厚的钢筋混凝土,基部平面与圆周现浇 50 cm 高,一次性浇注以防断裂。基部平面保温用珍珠岩粉与水泥按 9:1 的比例混合,铺 30 cm 厚,最后用水泥沙浆铺 5 cm 抹平。圆周墙体四周用 24 cm 厚的砖混砌成,每高 1 m 处现浇一道 $24\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 的钢筋水泥箍。圆周墙体保温用 2.5 cm 厚的泡沫板包裹,最后用 0.3 mm 厚的白铁皮保护。水池顶部用水泥钢筋现浇,留 0.5 m^2 开口作清洗、维修出入口;保温用珍珠岩粉与水泥拌合,铺 30 cm 厚,再用水泥沙浆抹平。要求没有任何地方渗漏,能承受一定的压力,保温效果 24 h 内 45°C 的热水降温 $< 5^\circ\text{C}$ 。

2.3 6 m^3 保温水池的建造

6 m^3 保温水池的建造应高于洗澡水龙头位置,本工程保温水池建在洗澡堂的屋面上。考虑屋面的承重,保温水池不宜采用砖混式建造,而采用 1.2 mm 厚的钢板制作。形状为圆桶形,圆桶内壁焊接钢丝网,在钢丝网上抹 2 cm 厚的水泥砂浆防止热水侵蚀钢板。圆桶外壁用 2.5 cm 厚的泡沫板保温,泡沫外层用 0.3 mm 的白铁皮保护,要求与 80 m^3 保温水池一样。

2.4 联接

连接锅炉的进水口,由太阳能热水出水口、高水位冷水蓄水池、废气热交换器热水出水口并联进入。热水出水口依靠水位差的压力进入到 80 m^3 保温水池, 80 m^3 保温水池的热水由热水泵抽送到 6 m^3 保温水池,最后进入水龙头。

3 常压热水锅炉除尘装置的设计

热水锅炉主要以煤为燃料,煤在炉内燃烧后生成的烟气含有烟尘粒子、二氧化硫、氮的氧化物等有害气体。这些有害气体若经过净化,任其排入大气,势必给环境带来污染,影响农作物、林木的生长,破坏生态平衡,危害人民的身体健康。根据国家《锅炉烟尘排放标准》规定,本工程的所在地为区域类的 2 类地区,烟尘排放标准值为:最大允许烟尘浓度 $400 \text{ mg}/\text{nm}^3$,最大允许林格曼浓度 1。为达到这些指标,采用了 5 级除尘装置,即:重力沉降除尘→旋风分离除尘→惯性分离除尘→过滤式除尘→重力沉降除尘(如图 1 所示)。锅炉的烟尘经引风机 5 的作用,由烟管 2 吸收到全密封的水池 3,水池 3 为重力沉降除尘装置。水池 3 内的水在引风机 5 高速风的作用下,产生水浪和水雾四溅,进入水池 3 的烟气尘粒部分直接掉入水中,部分被水雾吸附加重沉降在水中。经检测,烟气尘粒在此装置中基本上可以处理掉 40%~60% 的尘粒。烟尘在水池 3 部分除尘后,进入到离心式引风机 5。含尘的烟气在离心式引风机 5 中产生旋转运动,由于离心的作用,部分尘粒再次从烟气气流中分离出来。经第 2 级除尘后的烟尘气流再进入到由烟道 6 组成的惯性分离除尘装置,该级除尘装置的原理见图 2。当烟尘气流以速度 V 垂直冲击挡板 B_1 时,大的尘粒 d_1 也冲击在挡板 B_1 ,并因重力而下降分离。小的尘粒 d_2 仍被气流带走冲击到 B_2 上又被分离下来,气流再发生方向转变,未处理掉的尘粒 d_3 垂直冲到下水道。下水道 7 是利用现场现有 20 m 长的下水道改装成的过滤式除尘装置。下水道全封闭,每隔 50 cm 放一块布帘,深 60 cm,水位保持在 50 cm 处,留 10 cm 空间让烟气通过。进入下水道的烟尘,一部分与水接触被分离,一部分被布帘过滤或阻挡分离,烟气再一次得到处理。最后进入末级除尘室 10,末级除尘室的工作原理是:当烟尘进入除尘室,突然空间增大,同时由于除尘室挡板 13 的作用,烟尘气流的压力、速度急剧变化,由高速变为低速,烟气中的尘粒再一次得到分离。经过 5 道除尘装置的除尘,整个系统排出的烟尘经检测,完全符合国家《锅炉烟尘排放标准》的规定,烟尘浓度为 $350 \text{ mg}/\text{nm}^3$,林格曼浓度为 0.9。烟道挡板 9 的作用是允许烟尘气流进入末级除尘室,而不进入下水道的其它地方。因该挡板有一部分是在水中,挡水板 12 的作用是让被用作烟尘处理的下水道蓄有一定高度的水,使下水道上部既能让烟尘气流进入末级除尘室下部,又能使废水从下水道流走。

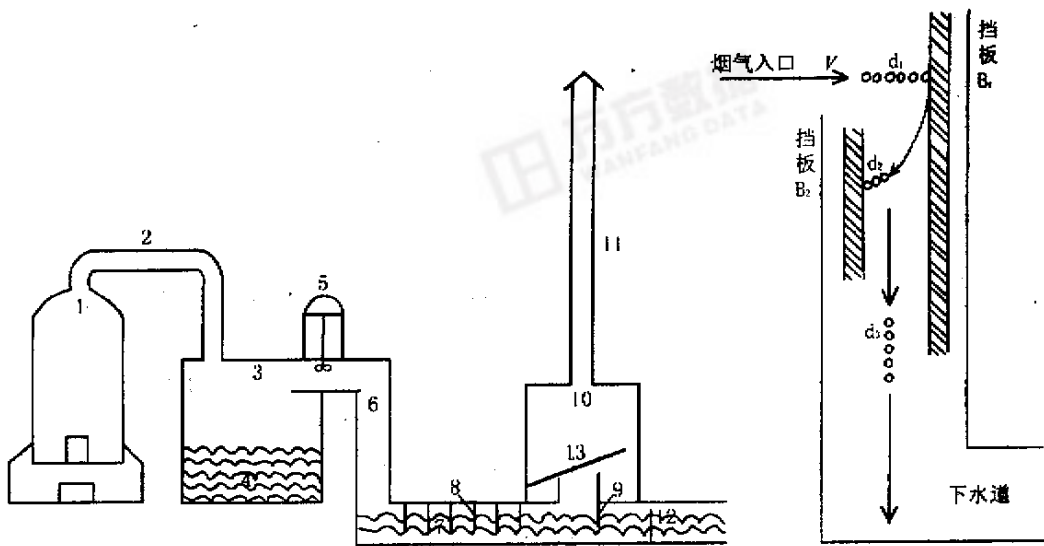


图 1 除尘装置流程图

图 2 惯性除尘原理图

1 常压锅炉 2 烟道管 3 蓄水池 4 水 5 引风机 6 烟道 7 下水道 8 布帘;
9 烟道挡板 10 末级除尘室 11 烟囱 12 挡水板 13 除尘室除尘挡板

4 锅炉废气热利用装置的设计

锅炉废气排放会损失很大一部分热源,其中最多的为排烟热损失和有些煤粉灰不完全在炉堂燃烧。在烟管中燃烧的热损失约占 5%~10%,这些热损失多数在排烟管中散发。经测定,在锅炉废气排放的前 2~3 m 烟管上,有 300~400 °C 的温度。为充分利用这一段烟管由废气排放带来的热量,在锅炉废气出口处,加装了一段长 1.8 m、直径 40 cm、流量 1 t/h 的热交换器,经实际应用,每 h 能产 0.6 t 45 °C 热水(由 15 °C 升高到 45 °C)。

5 锅炉热水出水温度的选定

系统操作的要求和目的是节约燃料和水源,本系统主要操作方法为锅炉生产的热水温度减去保温和输送损失的温度,等于洗澡实际需要的最理想温度。此方法有两大节能作用(1)根据热学原理,温度越高,保温越困难,热量散发越快。热水也一样,100 °C 的热水下降到 70 °C 所需时间要比 70 °C 的热水下降到 40 °C 所需时间短。同理,将 20 °C 的水提高 30 °C 即加热到 50 °C 所需的时间比将 50 °C 的水提高 30 °C 即加热到 80 °C 所需的时间要短。所以,锅炉的热水出水温度控制在所需温度的出水量,比加热到很高温度再用冷水调节到所需温度的出水量产量要高,更节约能源。

(2)在传统的洗澡沐浴过程,一般为先打开冷水开关,再打开热水开关,然后反复调节,最后使喷头喷出适当温度的水。洗澡完毕后,也是先关热水开关,再关冷水开关。在这一过程中,存在着两个问题:

①在调节水温的过程中要浪费一定量的水,而且每换一个人洗澡,必定要重复调节一次;②调节中还存在一定的安全问题,即必须遵循先开冷水、后开热水,洗澡完毕先关热水,后关冷水的规则,否则有被烫伤的可能。正因为这样,有些人洗澡完毕后,干脆不关冷、热水开关,任其流失,造成水和燃料很大的浪费。如果能将热水控制在洗澡所需的温度值,直接输送到水龙头,洗澡时只要拧开水龙头,就能获得较适宜温度的热水,以上两种情况就可避免。经实际操作,人们洗澡用水的水温控制在表 1 所列数据中较适宜,这种水温无论是在服务质量上,还是在燃料水源的节约上,都能收到较好的效果。

表 1 不同环境温度下的沐浴温度

气温/°C	适宜的洗澡用水温度/°C	锅炉应生产的热水温度/°C
25~30	37~38	39~40
20~25	38~39	40~41
15~20	39~40	42~43
10~15	40	43~44
5~10	41	45

6 系统的电气控制

6.1 对系统的要求

(1)保证 24 h 都有冷水供应 (2)保证停电时也能正常供应冷、热水 (3)保证 6 m³ 保温水池有一定的水位 (4)太阳能热水出口、热水锅炉的热水出口实行自动化控制 (5)锅炉引风机和控制。

6.2 措施

(1)利用原有两座 60m³ 的水箱作贮存冷水,在水箱入水口处装球阀,保证冷水箱的水位 (2)配备 8 kw 发电机组 1 台,以备停电时用 (3)配备 2 kw 热水泵 2 台(1 台备用),φ50 mm 电磁阀水开关 2 台(1 台备用)温控仪(0~100 °C)3 台,3 kw 引风机 1 台。

6.3 电气及控制要求

(1)引风机要求 热功率 0.37 Mw 的热火锅炉所需风量 3 992 m³/h,全压 109 mm 水柱。考虑装有除尘装置,需增加风量,故采用 4-72-12No3.6A-8 离心通风机。该通风机风流量为 5 408 m³/h,全压 109~120 mm 水柱。

(2)热水泵水位控制应有上、下限,上限水位在水池的 95% 处,下限的水位在水池的 85% 处。动作顺序为:水位低于下限位置开始泵水,水位高于上限位置停止泵水,系统电气原理见图 3。

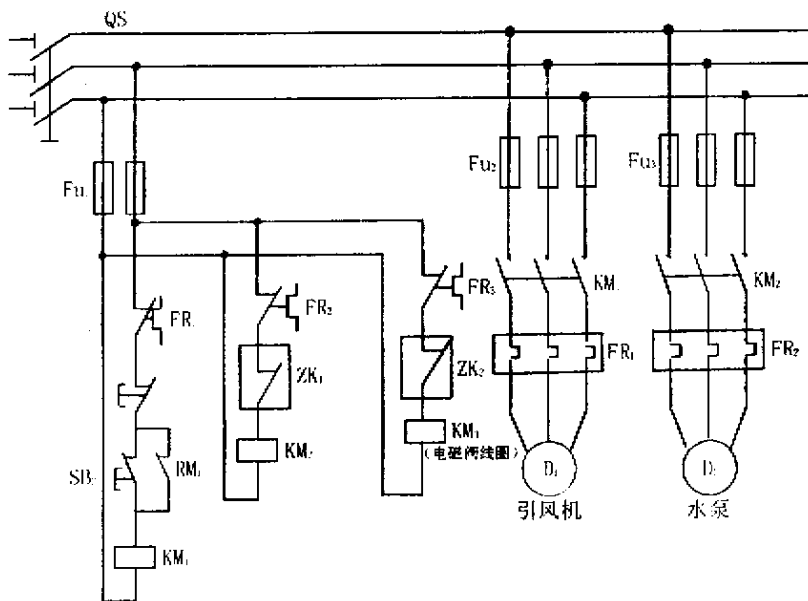


图 3 电气原理图

说明 (1) ZK₁ 为自动电子水位控制仪, 设有上、下限控制点, 水位低于下限水泵启动, 水位高于上限水泵停止。
 (2) ZK₂ 为自动电温度控制仪, 设有上、下限控制点, 温度在下限点关闭电磁阀, 温度在上限点打开电磁阀。

7 测 试

7.1 不同水温燃煤成本

锅炉在不同水温条件下每 h 产出 45 °C 热水所需燃煤量与成本见表 2。

表 2 锅炉烧水耗煤成本

水温/°C	45 °C/h 热水产量/t	耗煤/kg	每 t 热水耗煤/kg	每 t 热水成本/元	每人每次用水燃煤成本/元
5	4.0	70	17.5	3.85	0.135
10	4.5	70	15.6	3.42	0.12
15	5.3	70	13.2	2.91	0.11
20	6.4	70	10.9	2.41	0.084
25	8.0	70	8.75	1.93	0.067

注 燃煤按 220 元/t 计, 人次用水按 35 kg 计

7.2 不同水温耗电成本

锅炉在不同水温产出 1 000 人洗澡 35 t 45 °C 热水的用电量与成本见表 3。

表 3 在不同水温产出 35 t 45 °C 热水的用电量与成本

水温/°C	引风机(3 kw)电能消耗			热水泵电能消耗	照明及控制电能	人均耗电成本/元
	运转时间/h	消耗电/度	成本/元			
5	8.75	26.25	23.62	按 2.2 kw、8 t/h 流量计, 运转时间都为 4.38 h, 成本为 3.94 元	按 1.5 kw、8 h/d 计, 每天 12 度, 成本 10.8 元	0.038
10	7.80	23.3	20.97			0.036
15	6.60	19.8	17.82			0.033
20	5.47	16.4	14.76			0.030
25	4.38	13.10	11.79			0.02

注 电量按 0.9 元/度计算

7.3 辅助加热系统热效率的测试

确定锅炉热率有正、反平衡两种方法, 在设计锅炉时采用了反平衡法计算, 锅炉的热效率 $\eta = 100\% - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)\%$ = 100% - (9.6 + 2 + 1 + 6 + 1 + 0)% = 80.4%。式中 q_2 为排烟热损失, q_3 为

化学不完全燃烧热损失, q_4 为机械不完全燃烧热损失, q_5 为散热损失, q_6 为灰渣物理热损失。其中 q_2 、 q_6 为计算值, 其余各项热损失按《工业锅炉管理》推荐数值选取。

$$q_2 = \frac{(I_{py} - a_{py} I_{lk}^0) \left(\frac{100 - q_4}{100} \right)}{Q_r} \times 100\% \quad , I_{py} \text{ 为排烟的焓, 取近似值 } 2500 \text{ KJ/kg}; I_{lk}^0 \text{ 为进入锅炉冷空气}$$

的焓, 取值为 39 KJ/nm^3 ; α_{py} 为推荐值 0.30 ; q_4 取 6% ; Q_r 取 24346 , 计算结果为 9.6 。

$q_6 = A^Y \alpha_{hz} (C\theta)_{KZ} / Q_r \times 100\%$, A^Y 为燃料应用的基灰分; α_{hz} 为灰渣占燃料灰分的份额; Q_{du}^Y 为低发热值 $(C\theta)_{KZ}$ 为每 kg 灰渣在温度 θ 的焓值。根据 $A^Y \geq Q_{du}^Y / 418\%$ 时才计算, q_6 可以忽略不计, 因 $A^Y \leq Q_{du}^Y / 418\%$ 。各项热损失是可以解决的, 本工程在锅炉排烟口处装有一切废气热交换器就是一种减少热损的办法。在未装热交换器前, 烟管壁温度高达 $400 \text{ }^\circ\text{C}$, 加装热交换器后, 烟管温度 $< 80 \text{ }^\circ\text{C}$, 基本上回收了 $2/3$ 的废气热量。锅炉、炉墙、锅筒、管道均采用了 2.5 cm 厚的泡沫板保温, 以防热量损失, 锅炉的热效率 $> 80\%$ 。

8 结 论

太阳能光热利用工程辅助设备设计, 经过一年的实际操作运行, 解决了太阳能受季节、天气影响的问题。在阴雨天, 选用 CLSG0.37 节能型燃煤常压热水锅炉烧水, 选择热水排放口处的合适水温, 成本低, 每人每次用水耗煤成本随冷水水温增加而降低。冷水水温在 $5 \sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$, 成本就在 $0.135 \sim 0.067$ 元之间变化。在燃煤过程中, 会发生烟尘有害气体排出, 设计的热热水锅炉除尘装置有效地解决了烟尘排放。肉眼看到释放在空气中的微量烟呈白色, 看不到硫磺, 大量烟尘经过层层除尘装置分离进入下水道流出, 经检测, 完全符合国家《锅炉烟尘排放标准》的规定。在锅炉烟气排放管道前端安装了热交换器, 使烟管中的热损失得到充分利用。此项工程辅助设计具有成本低、经济效益高、污染轻、生态效益好、能源互补、综合利用等特点。