

工业供暖过程中自动化热力均衡调节系统的应用

李瀚轩

太原市热力集团有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i8.7127

[摘要] 本文以某工业企业的内部供暖系统为例，分析了供热过程中存在的热力失衡问题，并提出了基于PID控制算法的自动化热力均衡调节系统改造方案。通过硬件、系统算法、传输平台和软件系统的科学设计，该系统实现了高效、精确的热力调节。实际应用表明，该系统显著改善了供暖效果，减少了温度差异，提高了能源利用效率，具有良好的经济效益和应用前景。

[关键词] 自动化，热力均衡调节，PID控制算法，供暖系统

Application of automatic thermal equilibrium regulation system in industrial heating process

Li Hanxuan

Taiyuan Thermal Power Group Co., LTD

[Abstract] In this paper, taking the internal heating system of an industrial enterprise as an example, this paper analyzes the thermal imbalance problem existing in the heating process, and puts forward the transformation scheme of the automatic thermal equilibrium regulation system based on the PID control algorithm. Through the scientific design of hardware, system algorithm, transmission platform and software system, the system realizes efficient and accurate thermodynamic regulation. The practical application shows that the system significantly improves the heating effect, reduces the temperature difference, improves the energy utilization efficiency, and has a good economic benefit and application prospect.

[Key words] automation, thermal equilibrium adjustment, PID control algorithm, heating system

引言

在现代工业企业中，供暖系统的热力失衡问题普遍存在，严重影响了企业的能源利用效率和员工的工作环境。供热流体调节不当和流量不均是导致热力失衡的主要原因。随着科技的不断进步，将智能化控制系统应用于供热管路流体流量控制中，对解决热力失衡问题具有重要意义。本文以某工业企业的供暖系统为例，设计并应用了一套基于PID控制算法的自动化热力均衡调节系统，通过对硬件、系统算法、传输平台和软件系统的综合设计，实现了热力的精确调节和高效管理。

1 案例概况

本文以某工业企业的内部供暖系统为例，分析了供热过程中存在的热力失衡问题，并提出了自动化热力均衡调节系统的改造方案。该企业的供暖系统分为高区和低区，不同区域和楼层的温度差异显著，导致整体供暖效果不均衡，能源浪费严重。为了解决这一问题，本文设计了一套基于PID控制算法的自动化热力均衡调节系统，通过对热力入口处的回水温度和流量等数据进行实时监测和调节，确保供热流量均匀分布。

2 自动化热力均衡调节系统设计

在自动化热力均衡调节系统的设计中，需要综合考虑硬件、系统算法、传输平台和软件系统等多方面的因素。通过科学合理的设计，可以有效提高热力调节的精度和稳定性，优化供暖系统的运行效率。以下是对硬件系统设计、系统算法及传

输平台的设计以及软件系统设计的详细探讨。

2.1 硬件系统设计

硬件系统是自动化热力均衡调节系统的基础，其设计和选择直接影响系统的性能和稳定性。为了满足工业供暖系统复杂的调控需求，本系统主要包括PLC控制器、传感器、通讯模块和调节阀等关键组件。

2.1.1 PLC控制器

在硬件系统中，PLC控制器是核心控制单元。本设计采用的是8051PLC单片机作为核心控制器。该控制器具备强大的处理和存储能力，拥有8个I/O端口，ROM为4kB，RAM为128B。这些规格确保了控制器能够高效地处理供热系统中的各种复杂任务，包括实时数据采集、分析和调控。此外，8051PLC单片机还具备模拟量和数字量输入输出端口各4路，能够灵活地与其他传感器和执行机构进行连接和通信，满足供热系统阀门的智能调控需求。

2.1.2 温度传感器

为了实现精准的温度检测，系统配备了PT1000贴片式温度传感器。该传感器具有广泛的测温范围，能够在-50℃至300℃的温度区间内稳定工作，其精度高达0.1℃。这样的高精度温度检测对于供热系统来说至关重要，因为供暖系统的高效运行依赖于对温度的准确控制。PT1000传感器的小巧设计和高可靠性，使其非常适合在工业环境中使用，能够长期稳定地提供

精确的数据支持。

2.1.3 压力传感器

除了温度传感器，系统还配备了 JC-1000h-HSM 压力传感器，用于检测供水系统中的压力变化。该传感器的压力测量范围为-0.1MPa 至 60MPa，测量精度为 0.2MPa。这种高精度和宽范围的压力检测能力，确保了系统能够实时监测和响应供水管道内的压力变化，防止因压力异常而导致的系统故障或安全隐患。压力传感器的准确性对于维持系统的稳定运行和延长设备的使用寿命具有重要作用。

2.1.4 通讯模块

通讯模块采用 RS485，这是一种广泛应用于工业自动化系统中的通信标准。RS485 模块能够与计算机进行可靠的连接，

实现数据的实时传输。通过 RS485 通讯模块，系统可以将采集到的温度、压力等数据传输到上位机，供热服务人员能够通过计算机或智能终端实时监控系统运行状态，进行数据分析和故障诊断。

2.1.5 调节阀

系统还采用了四通换向调节阀，用于调节供热系统中的流体流量。调节阀的开合度由 PLC 控制器根据实时采集的数据进行精确控制，确保各个供热管路中的流量均匀分布，实现热力均衡供应。四通换向调节阀的设计能够在复杂的供热系统中灵活应用，适应不同的工作条件和需求。硬件电路连接方式如图 1 所示，包括电源、传感器、PLC 及通讯模块的合理布置和连接，以确保整个系统的稳定运行。

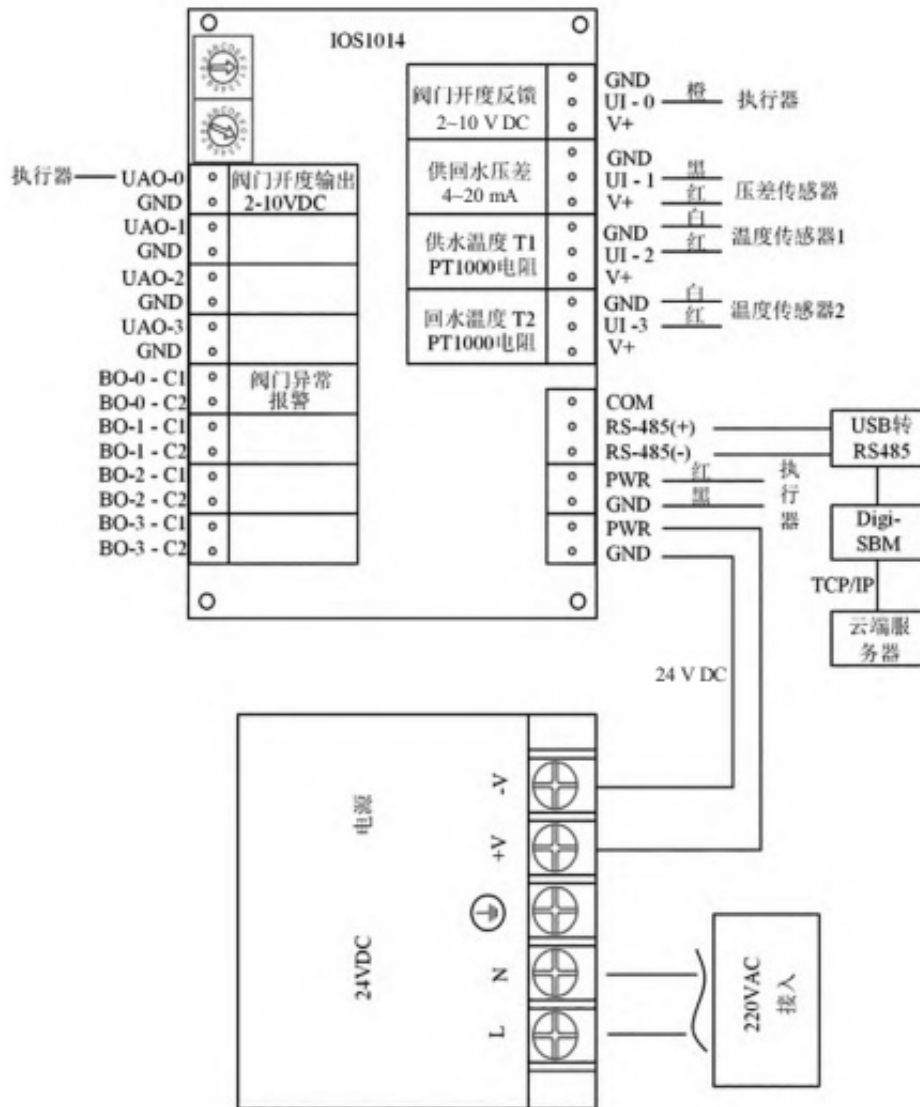


图 1 自动化热力均衡调节系统硬件电路连接方式

2.2 系统算法及传输平台的设计

系统算法是自动化热力均衡调节系统的核心，通过科学的算法设计，可以实现精确的热力调节。本系统采用 PID 控制算法，其具有响应速度快、无惯性、调节精度高等优点。PID 控制算法通过比例、积分和微分三个环节，对供热系统的温度和流量进行精确调控。

在实际应用中，当输入信号产生偏差时，比例环节进行粗

调，通过调节系统的响应速度和稳定性。随后，积分环节积累误差，消除系统的余差，确保热力调节的准确性。最后，微分环节对系统的变化趋势进行预测，进一步提高调控的精度。

数据传输平台采用无线传输模式，单片机通过 RS485 通讯模块与计算机连接，采集的数据信息通过无线网络传输至服务器。供热服务人员可以通过智能终端的 Digi-SFT 软件访问服务器，实时监测供热系统的运行状态和数据变化。

2.3 软件系统的设计

在工业供暖过程中,自动化热力均衡调节系统的设计不仅需要硬件的支持,更重要的是软件系统的合理设计。软件系统的设计包括多个模块,以确保系统的高效性和可靠性。

2.3.1 数据采集模块

数据采集模块是整个系统的基础,通过温度传感器、压力传感器和流量计等设备,实时采集供暖系统中的各项关键数据。这些数据包括供水温度、回水温度、室外温度、管路压差及阀门开合度参数等。通过这些数据,可以准确反映当前供暖系统的运行状态,为后续的调控提供依据。

2.3.2 数据诊断与分析模块

数据诊断与分析模块是软件系统的核心。采集到的数据通过RS485通讯模块传输至计算机,进入数据分析模块。该模块首先对数据进行预处理,舍弃延迟较大的数据点,提高计算结果的准确性。随后,系统根据预设的室内平均温度标准,计算一段时间内供水和回水管路的温度及流量平均值,并与预测值进行对比分析,从而得出调节参数。这一过程采用PID控制算法,通过比例、积分和微分调节,实现对系统的精确控制。

2.3.3 数据传输与执行模块

数据传输与执行模块负责将调节参数传输至PLC,进而控制四通换向调节阀的开合度,确保供热系统中的流体流量均匀分布。此模块采用无线传输方式,通过无线网络将数据传输至服务器,供热服务人员可通过智能终端访问这些数据,监测系统运行状态,及时调整系统设置。

2.3.4 系统逻辑设计

系统逻辑设计采用模块化设计思路,具体流程如下:

(1) 系统启动与初始化:系统启动后,控制中心首先对各部分进行初始化检测,确保所有设备正常工作。如果检测到错误或无反馈信息,系统将发出报警提示。

(2) 阀门调节:初始阶段完全打开四通换向调节阀,基于并联原理使流量均布,满足建筑整体供暖需求。

(3) 数据采集与传输:通过传感器实时监测各项温度、压力和流量数据,并通过RS485通讯模块传输至数据分析模块。

(4) 数据分析与参数计算:对采集到的数据进行分析,计算出供热管路内部流量预测值,并与实际采集值进行对比,得出调节阀开合度的具体参数。

(5) 参数执行与反馈:将调节参数传输至PLC,实现对阀门的精确调控。所有数据和调节参数均通过无线网络平台传输至服务器,供监测和管理使用。

2.4 应用效果

自动化热力均衡调节系统在实际应用中表现出色,显著改善了供暖系统的热力失衡问题。例如,在办公楼和研发楼的供暖系统中,改造后房间温度变化更加平稳,温差显著缩小,优化了办公环境。同时,系统还有效降低了循环泵的运行功率,每年可节省大量电能费用,具有显著的经济效益。

综上所述,自动化热力均衡调节系统的软件设计,通过数据采集、诊断分析、数据传输与执行等模块的有机结合,实现了供暖系统的智能化和高效化,为解决热力失衡问题提供了有效的技术支持。

3 自动化热力均衡调节系统的应用

3.1 应用效果分析

自动化热力均衡调节系统在实际应用中表现出显著的效果。首先,通过在办公楼和研发楼中安装自动化调控设备,有效解决了热力失衡问题。具体而言,在办公楼中,不同房间的

温度差异显著缩小,尤其是在高区和低区的房间之间。应用该系统后,高区房间的平均温度差从改造前的 2.38°C 降低到 0.41°C ,降幅达到82.8%。类似地,低区房间的温度差也从 1.66°C 降低到 0.29°C ,降幅为82.5%。

此外,在研发楼中,自动化热力均衡调节系统同样表现出色。改造前后典型日的温度变化趋势显示,应用该系统后,楼层之间的温度差异明显减小。例如,1楼和4楼的最大温差从 4.2°C 降低至 1.6°C ,显著提升了温度的均衡性。这不仅改善了工作环境,还有效提高了供暖系统的整体运行效率。

通过温度检测数据显示,自动化热力均衡调节系统使所有房间的温度更加稳定,全天温度均保持在 18°C 以上,符合办公区域的温度需求。这种稳定的温度控制有助于提高员工的舒适度和工作效率,进而优化办公环境。

3.2 经济性分析

从经济性角度分析,自动化热力均衡调节系统也表现出显著的优势。以某工业企业为例,该企业在改造前后对供热系统的运行功率进行了对比分析。改造后,循环泵的运行功率显著降低,具体表现为供暖初期每小时降低 $10\text{kW}\cdot\text{h}$ 电能,供暖中期每小时降低 $12.5\text{kW}\cdot\text{h}$ 电能,供暖末期每小时降低 $10\text{kW}\cdot\text{h}$ 电能。整个供暖期共节约了 $36,840\text{kW}\cdot\text{h}$ 的电能。

按照该企业所在区域的工业用电价格 0.72 元/ $(\text{kW}\cdot\text{h})$ 计算,整个供暖期共节约了 2.65 万元的电能费用。此外,通过降低循环泵的运行功率,还减少了设备的磨损和维护成本,进一步降低了企业的运营成本。

综合来看,自动化热力均衡调节系统不仅有效解决了热力失衡问题,提高了供暖系统的运行效率和稳定性,还显著降低了能源消耗和运营成本,具有良好的经济效益和应用前景。通过这种系统的应用,企业每年可节省大量电能费用,优化了资源配置,提高了经济效益,同时为环保和可持续发展做出了贡献。

4 结论

通过本文对某工业企业供暖系统的案例分析,可以看出,自动化热力均衡调节系统在解决热力失衡问题、提高供暖系统运行效率和降低能源消耗方面具有显著效果。该系统通过硬件、算法和软件的有机结合,实现了供热流量的均匀分布,显著改善了工作环境和能源利用效率,具有良好的经济效益和应用前景。未来,随着技术的进一步发展和优化,自动化热力均衡调节系统将在更多工业领域得到广泛应用,为企业的可持续发展和能源节约做出更大贡献。

[参考文献]

- [1]张爱民,张海波.某工业厂房供暖方案的研究及应用分析[J].制冷,2023,42(03):90-94.
- [2]高连鹏,王海宇,董春利.设备远程运维管理云平台的研究与实践[J].自动化与仪器仪表,2023,(S1):36-42.
- [3]杨振宇,钟勇锐,罗锦涛,等.基于工业互联网的PLC远程监控系统的设计[J].机电工程技术,2023,52(05):167-171.
- [4]工业废热转化为城市供暖——德国汉堡地下储热供热隧道工程[J].隧道建设(中英文),2022,42(09):1614.
- [5]韩荣.工业余热在建筑集中供暖中的流程优化[J].新型工业化,2020,10(07):167-169.