

热力站中集气问题处理的案例及深度分析

王慧霞 白永胜 周浩

包头市热力(集团)有限责任公司

DOI:10.32629/etd.v7i8.21652

[摘要] 在集中供热系统运行过程中,“集气”问题普遍存在,严重影响系统循环和供热效果。基于包头市热力(集团)有限责任公司近3个采暖期的不热投诉工单数据统计,因供热系统集气导致循环不畅,引发不热的投诉工单占比很大。本文结合工程案例,系统剖析集中供热系统中“集气”这一“顽症”,通过阐述气体产生的根源,分析其运动规律及在系统中的积聚特点,探讨“集气”对供热系统造成的影响供热效果、增加能耗以及设备腐蚀等危害。并从系统设计、排气设备安装与日常巡检等多方面提出预防和解决“集气”问题的有效方法,旨在为提高集中供热系统的运行效率和稳定性提供理论支持和实践指导。

[关键词] 集中供热系统; 集气; 空气; 运行效率

中图分类号: TU995 **文献标识码:** A

Cases and In-depth Analysis of Air Collection Problem Treatment in Heating Stations

Huixia Wang Yongsheng Bai Hao Zhou

Baotou Thermal Power (Group) Co., Ltd

[Abstract] In the operation of centralized heating systems, the problem of "gas collection" is widely present, which seriously affects the system circulation and heating effect. Based on the statistics of non heating complaint work orders from Baotou Heating (Group) Co., Ltd. in the past three heating periods, a large proportion of non heating complaint work orders were caused by poor circulation due to gas collection in the heating system. This article combines engineering cases to systematically analyze the "stubborn disease" of "gas gathering" in centralized heating systems. By elaborating on the root causes of gas generation, analyzing its movement patterns and accumulation characteristics in the system, it explores the impact of "gas gathering" on heating systems, heating efficiency, increased energy consumption, and equipment corrosion hazards. And propose effective methods to prevent and solve the problem of "gas gathering" from multiple aspects such as system design, exhaust equipment installation, and daily inspections, aiming to provide theoretical support and practical guidance for improving the operational efficiency and stability of centralized heating systems.

[Key words] centralized heating system; gas gathering; air; operational efficiency

引言

供热系统管道、设备及用户端易产生空气积聚(集气),严重时形成气塞,阻碍热媒循环与热量分配。系统补水、管网泄漏等会持续带入空气,加剧集气,引发供热不均、能耗上升、设备损坏等问题。据包热集团近3个采暖期投诉数据,集气导致的不热投诉占比30%—40%,供热初期尤为突出,既影响用户体验,也加大运维工作量;用户盲目排气还会带来安全隐患,影响系统稳定运行。目前行业研究多侧重集气后的排气处置,对集气成因及不同工况下的积聚规律缺乏系统分析。本文结合案例与运行数据,剖析集气形成机制与动态特征,弥补相关研究不足。

1 集气产生的原因

1.1 系统充水过程带入空气

集中供热系统设备繁多、管网结构复杂,充水时水体不断充盈,逐步压缩管内空气空间。合理控制充水流速与方式,可促使气体向管网高点及预设排气点集中排出。排气效果不仅依赖排气装置完好可靠,还需保证充水过程低速均匀。层流或静止^[1]状态下气水分离充分,可避免管内集气;紊流则会打散气泡,阻碍气体集中排出。受供热系统周期性运行影响,供热启动阶段理论层流流速难以满足实际充水需求。依据《实用供热空调设计手册》^[2],气泡运动由自身浮升速度主导,0.05m/s为工程临界充水流速。流速高于该值时,水流会裹挟气泡造成局部集气;流速控制在临界值以下,可实现高效气水分离,保障管网充水排气与后续稳定运行。

1.2 溶解在水中的空气析出

供热系统内水温、压力波动会改变气体溶解度。升温时气体溶解度下降,部分溶解气析出^[3];系统循环流速较高时无法实现充分气水分离,析出气泡随水流移动并局部积聚形成集气。依据亨利定律,气体溶解度受温度、压力共同调控,升温或降压都会降低溶解度;从分子运动层面看,水温提升会增强水分子动能,削弱气液分子间作用力,促使气体从水中析出。

由气泡直径与管网压力关系^[3]可知,0.4MPa为临界压力:压力高于该值,气泡直径稳定在30 μ m左右;压力低于该值,气泡直径随压降急剧增大。气泡体积越大上浮速度越快,而供热管网弯头、三通众多,管路起伏复杂,水流方向多变,气泡难以稳定上浮,加之运行流速较高,气水无法彻底分离。系统压力衰减时,溶解空气持续析出,压力低于0.4MPa后形成大直径气泡,造成气水混合介质,诱发集气问题。

集中供热系统在高温、高地势、低压、低流速工况下易产生集气。管网运行温度偏高会促使溶解空气持续析出;结合伯努利方程,管网流体能量处于动态平衡,高地势区域静压偏高,沿程与局部阻力会造成能量损耗,使运行压力不断降低,低压点多位于循环水泵吸入口、管网末端高点。压降不仅减小气体溶解度,还会放大气泡尺寸;水流流速直接影响气泡运移,流速低于气泡上浮速度时气泡易聚集排出,流速过高则气泡难以汇集。依据《实用供热空调设计手册》^[2],水平管道气泡上浮速度为0.10~0.20m/s,立管约0.25m/s,水流速超过该数值时气泡会被水流裹挟带走。如热源末端高地势热力站,管网初期热负荷偏小、循环流量低、流速不足,一方面局部静压降低促使空气以大气泡形式析出,另一方面低速水流无法及时携带排出气泡,最终造成气体在管网局部积聚,形成集气故障。

1.3 系统运行故障产生气体

在系统运行过程中,局部故障可导致气体析出并聚集,主要包括以下两种情形:一是循环泵吸入口发生堵塞时,水泵吸入口处局部形成真空环境,促使气体产生;二是板式换热器两侧因压力差距较大,如果换热器被击穿,高压侧流体流入低压侧,压力骤降使得溶解于高压侧液体中的空气析出,从而增加低压侧集气的风险。

2 集气案例分析与解决方案

下面通过两个案例对上述情况进行介绍:

2.1 案例一:循环水泵吸入口堵塞导致集气

某2008年建成的节能公寓住宅小区,为11层建筑,共108户,总供热面积7400m²,小区长期采用集中供热,运行稳定、供热效果良好。2023年11月中旬,该小区集中出现大量供热不热投诉,投诉率较往年同期上升40%。热力站运维人员随即组建排查组,逐户入户核查,发现系统高点存在严重集气问题,随即采取两项应急处置措施:一是对立管顶端集中排气,对不热用户室内排气并清洗户端除污器,处置后室温短暂回升,但1~2小时后再次降温,需反复入户排气,根源在于系统气体无法彻底排出,集气持续阻碍热水循环;二是上调系统定压点压力,地暖系统承压1.0MPa,将定压压力由0.38MPa提升至0.43MPa,集气问题虽略有

缓解,但受补水泵最大扬程46mH₂O限制,升压导致补水泵频繁启停,泵腔过热、介质汽化,设备无法稳定运行。

为深挖集气成因,运维人员核查站内设备并分析运行参数。该小区为独立换热循环系统,配套换热器、循环泵、补水泵等设备。11月16日测量,循环泵45Hz运行时系统总流量仅12m³/h,远低于正常水平,泵体电流偏低。二次网管径DN125,理论正常流量21m³/h,管道比摩阻满足供热要求;经分析,二次回水滤网至循环泵入口阻力损失达28mH₂O,阻力异常偏大,泵入口压力接近水汽化压力,远低于系统定压压力,判断二次回水管存在局部堵塞。拆解阀门后发现,过滤器滤网被抽空,蝶阀内卡入大块聚氨酯保温棉,几乎封堵阀体流通断面,造成压降剧增,循环泵入口形成局部真空,诱发气体大量析出积聚。

热力站随即清理阀门内杂物,对管网多次冲洗清除残留杂质。11月18日同等工况复测,系统总流量提升至18m³/h,循环泵电流恢复正常,管网循环工况改善,用户室温稳步回升,供热故障彻底解决。

2.2 案例二:板式换热器板片击穿导致集气

包头市某城中村以3~4层住宅为主,长期采用土暖气小锅炉分散供热。2018年,为响应国家清洁取暖与节能减排的号召,该区域实施集中供热改造工程,建成3座热力站,配置5套换热机组,10台5MW挂暖板式换热器,每套换热机组配置两台循环泵。改造后供热效果良好,用户满意度较高。然而在2024年11月中下旬,1号站东区、西区,2号站以及3号站北区系统用户投诉量骤增,且不热用户分布零散。技术人员对不热用户逐一排查后,发现顶层用户普遍存在严重“集气”现象,尽管排气处理后暂时缓解,但“集气”现象反复发生。

为了找到频繁集气的问题根源,技术人员尝试多种方案进行排查。首先尝试调整热力站运行参数、精细化调节二次网,改善频繁集气用户的水力循环工况,但是问题未得到有效改善;其次将供热二次侧系统定压点从0.25MPa提升至0.30MPa,并启用2台循环泵强制循环,试图提高气体的溶解度,增强循环水对气泡的冲刷和携带能力,供热情况稍有好转,但仍然存在大量的“集气”现象,同时二次网循环电耗增加将近30%。

为了改善换热效果,技术人员立即安排运维人员对板式换热器进行清洗。但是在拆解过程中,发现其中1台换热器有11片板片存在针孔大小的击穿孔。这一发现,让大家萌生了一个新的想法:

板式换热器一次侧压力远高于二次侧系统,一次侧的循环水中溶解了大量的气体,随着循环水不停的流动,在板式换热器被击穿后,高压侧流体流入低压侧,由于渗漏量很小,远低于低压侧的失水量,因此没有出现低压侧压力升高的情况,但是进入低压侧的高压流体,在系统压力降低时,释放出流体中溶解的气体,随着二次网的循环而流动,当到达供热系统末端压力低点时,空气析出加剧,从而产生了“集气”。

根据这一推测,技术人员相继对其他5个供热循环系统的板式换热器进行了闭水试验,发现1号站西区,2号站以及3号站北

区系统的7台板式换热器都存在一二次网高温侧低温侧串液的现象,随即对板换进行了拆解,发现板换都出现了不同程度的击穿。更换了被击穿的板片并进行物理清洗后,换热器的换热效果明显改善,同时上述区域的“集气”问题从根本上解决。

此外,由于该区域属于城中村,居民饮水和生产用水都来源于地下水,地下水中的硬度高,且氯离子的含量偏高,高浓度氯离子会破坏板式换热器金属板片表面的钝化膜,加速金属腐蚀进程,最终致使板片穿孔,严重影响设备的安全稳定运行。

以上两个典型案例表明,供热系统中设备故障可能会诱发系统的“集气”问题。

3 结论

(1)集中供热系统中的“集气”问题看似微小,但是会对供热系统造成很大的危害:集气易形成气塞阻碍热水循环,影响供热效果;集气引发空化、水锤与电化学腐蚀,损坏管道、水泵等设备,严重时可导致管道冻裂,同时增加高空排气等运维安全风险;集气还会干扰流量计正常计量,产生较大计量误差,影响热费结算准确性,对系统运行、设备寿命、供热质量及热计量均产生显著不利影响。

(2)集气成因复杂,贯穿供热系统设计、施工、运维全流程,需结合不同阶段及工况采取差异化防控措施。建设改造阶段优化管网设计,合理设置管道坡度、管径,在管网高点规范布设排气装置,运用气液两相流调控技术^[4],减少气体滞留。运行阶段强化热力站巡检,监控运行参数,严格执行规范充水、定期排气、换热器冲洗等作业,做好水泵进出口压力监测,及时排查集气隐患。针对高地势、低负荷热力站,可增设加压泵、扩容排气装置,

快速消除气堵。此外做好用户操作引导,推进室内供热系统改造及排气设施维护,规范排气行为。

(3)本文通过理论分析,提出在充水过程中需把控合理流速,严禁充水操之过急,避免因流速过快引发气体积聚、气塞等问题,保障充水有序开展。

(4)后续可推广物联网压力、流量传感及大数据技术,实现集气风险提前预警^[5];普及自动排气装置,减少人工干预;研究纳米涂层等新型材料工艺,提高设备耐蚀性能。通过技术与管理协同优化,推动供热系统向高效、智能、可靠方向发展。

[参考文献]

[1]刘京,刘鹤年,陈文礼.流体力学[M].第四版中国建筑工业出版社,2013.

[2]陆耀庆.实用供热空调设计手册[M].第二版.北京:中国建筑工业出版社,2008

[3]周浩.说说集中供热系统中的“集气”问题[J].区域供热,2015,(6):46-49.

[4]李明,张伟.集中供热系统气液两相流态调控技术应用研究[J].暖通空调,2021,(51):11.

[5]赵晨,周红.智能监测在供热系统集气预防中的应用前景[J].供热制冷,2022(12):14.

作者简介:

王慧霞(1992--),女,汉族,内蒙古包头固阳人,中级暖通工程师,内蒙古工业大学建筑环境与设备工程专业本科毕业,包头市热力集团有限责任公司阿东热源厂副厂长,研究方向:热力站中集气问题的处理。