

燃气锅炉房燃气供气系统设计

刘钧刚

浙江中新燃气热力工程设计有限公司 浙江 杭州 310013

摘要：本文围绕燃气锅炉房燃气供气系统设计展开深入研究，结合燃气的易燃易爆特性与行业相关设计规范，详细阐述系统的整体构成及核心工作原理，重点设计气源引入、调压计量、管道输送、燃烧匹配等关键环节，完善燃气泄漏检测、紧急切断等安全防护措施，分析系统运行中的常见故障并提出针对性可靠性提升方案。设计兼顾安全、高效与合规性，适配不同规模锅炉房的实际运行需求，为燃气供气系统的合理设计、安全运维提供实用参考，切实保障锅炉房高效稳定运转。

关键词：燃气锅炉房；燃气供气；系统设计

引言：随着工业生产与民生领域对清洁能源需求的持续提升，燃气锅炉房因高效、环保、节能的突出优势被广泛应用，其燃气供气系统的安全性及可靠性直接关系到生产安全、人员安全及整体运行效率。当前，部分锅炉房供气系统存在设计不合理、安全防护措施不足、适配性较差等问题，易引发燃气泄漏、爆燃等安全隐患。基于此，本文严格遵循相关国家规范，结合燃气特性与锅炉房实际运行需求，开展燃气供气系统全流程设计，解决实际设计中的重点难点，助力行业实现安全绿色高效发展。

1 燃气锅炉房燃气供气系统相关基础理论

1.1 燃气的基本特性

(1) 燃气的种类及组分：常用工业燃气主要包括天然气和液化石油气。天然气是天然形成的可燃混合气体，主要组分是甲烷，占比70%~90%，还含有少量乙烷、丙烷等烃类及微量含硫组分，具有清洁、高效的特点。液化石油气是石油炼制副产品，核心组分为丙烷和丁烷，可通过加压降温液化储存，组分纯度高，燃烧热量集中，适配中小型锅炉房需求。(2) 燃气的关键特性：热值决定供气系统的负荷匹配，需根据锅炉额定功率设计供气流量，确保燃烧热量满足需求；密度影响管道布置，轻于空气的燃气需考虑高空排放，避免积聚。爆炸极限（如天然气常温常压下为5%~15%）决定安全防护设计，需控制燃气浓度在安全范围；华白数作为燃气互换性指标，直接影响调压装置参数设计，保障燃烧稳定性^[1]。

1.2 燃气锅炉房供气系统的构成及工作原理

(1) 供气系统的核心构成：主要包括气源引入装置、调压装置、计量装置、输送管道和安全装置。气源引入装置负责将外部燃气接入锅炉房，设主关闭阀及放

散管；调压装置降低燃气压力至锅炉适用范围，避免压力过高产生噪声或安全隐患；计量装置精准统计燃气消耗量；输送管道采用钢管敷设，保证密封可靠；安全装置含泄漏检测、紧急切断阀等，防范安全事故。(2) 工作原理：燃气从外部气源经引入装置进入系统，先通过调压装置稳定至额定压力，经计量装置后由输送管道输送至各锅炉支管，最终抵达燃烧器。各组件协同工作，调压装置维持压力稳定，计量装置实时监测耗气量，安全装置全程监控，确保燃气输送、燃烧全过程安全有序，满足锅炉运行需求。

1.3 燃气供气系统设计的核心要求

(1) 安全要求：遵循防泄漏、防爆炸、防回火原则。管道采用密封连接并定期检测，设置泄漏报警及紧急切断装置；控制燃气浓度在爆炸极限外，配备通风设施；安装回火防止器，避免火焰倒灌管道，从源头防范安全风险。(2) 效率要求：通过合理选择管道直径、减少弯头和阀门等阻力部件，降低压力损失，保证燃气输送效率；优化调压装置参数，避免压力波动导致的效率损耗，同时选用适配的管道材料，减少燃气损耗。(3) 合规要求：严格遵循GB55009《燃气工程项目规范》和GB50041《锅炉房设计标准》，规范管道布置、压力分级、设备选型等，确保供气系统设计、施工及运行符合国家及行业标准，保障系统合规可靠。

2 燃气锅炉房燃气供气系统详细设计

2.1 气源选择与引入设计

(1) 气源选择：需结合锅炉房规模、用途及当地气源条件综合确定。大型工业锅炉房（额定热负荷 $\geq 10\text{t/h}$ ）优先选择管道天然气，其供应稳定、清洁环保，且能满足连续高负荷运行需求；中小型锅炉房可选择液化石油气，灵活性强，适合气源管道未覆盖区域。气源供应

方式分为管道输送和瓶装供应,管道输送适用于长期稳定运行场景,瓶装供应仅用于临时或小型应急锅炉房,需配套专用储存间,确保供应安全。同时,需核算气源组分及热值,确保与锅炉燃烧要求匹配,避免因气源不符导致燃烧效率下降或设备损坏^[2]。(2)气源引入装置设计:引入管布置需避开建筑物承重墙、梁及易燃易爆区域,优先从室外独立方位引入锅炉房,且需设置坡度(坡度 $\geq 3\%$),向室外倾斜,防止冷凝水积聚。管径根据燃气最大小时流量、允许压力损失计算确定,选用标准钢管,确保输送能力满足锅炉峰值负荷需求。阀门选型需符合GB55009规范要求,引入管入口处设置主切断阀,便于检修和紧急关断,阀门材质选用耐腐蚀、耐高压的不锈钢或铜质阀门,安装时需保证密封严密,远离火源和热源,且便于操作和维护。

2.2 调压与计量系统设计

(1)调压装置设计:调压站(柜)选型需匹配锅炉房燃气用量及压力需求,大型锅炉房选用独立调压站,中小型锅炉房可选用集成式调压柜,调压精度需控制在 $\pm 5\%$ 以内。布置时需远离明火、电气设备及人员密集区域,预留足够检修空间($\geq 1.5\text{m}$),且通风良好,防止燃气积聚。调压精度计算需结合燃气流量波动范围,设定出口压力值,确保压力稳定,避免因压力过高导致燃烧器脱火、过低导致燃烧不充分,同时配备压力监测仪表,实时监控调压参数,异常时自动报警并切断气源。

(2)计量装置设计:燃气流量计选型需根据燃气种类、流量范围及压力等级确定,天然气优先选用涡轮流量计或超声波流量计,液化石油气选用膜式流量计,确保计量精度符合行业标准(误差 $\leq \pm 1\%$)。安装位置选择在调压装置之后、燃烧器之前的直管段上,前后预留足够直管长度(前 ≥ 10 倍管径,后 ≥ 5 倍管径),避免管道弯头、阀门对计量精度的影响。计量误差控制措施包括定期校验流量计(每年至少1次)、清理管道内杂质、保证燃气压力和温度稳定,同时设置计量旁路,便于流量计检修时不影响系统正常运行^[3]。

2.3 燃气输送管道设计

(1)管道布置原则:管道走向需简洁合理,缩短输送距离,减少弯头、三通等阻力部件,优先采用直线敷设。敷设方式分为架空和埋地,架空敷设适用于锅炉房内部及室外空旷区域,高度 $\geq 2.5\text{m}$,避开高温、高压设备及电气线路;埋地敷设需远离地下管线(如给排水、电力电缆),埋深 $\geq 0.8\text{m}$,避开地下水位较高区域,且在管道上方设置警示标识。管道布置需避让其他管线,与给排水管道净距 $\geq 0.5\text{m}$,与电力电缆净距 $\geq 0.3\text{m}$,

确保运行安全。(2)管径计算与管材选择:管径根据燃气最大小时流量、允许压力损失($\leq 100\text{Pa/m}$)计算,采用水力计算方法确定,确保燃气输送流量满足锅炉需求,同时降低压力损耗。管材选择需符合安全规范,天然气管道选用无缝钢管或焊接钢管,液化石油气管道选用不锈钢管,连接方式优先采用焊接(埋地管道)或法兰连接(架空管道),接口需密封严密,避免燃气泄漏。管道阀门选用专用燃气阀门,严禁使用普通阀门替代。(3)管道防腐与保温设计:埋地管道需进行防腐处理,采用环氧煤沥青防腐层或3PE防腐层,防止土壤腐蚀,延长管道使用寿命;架空管道采用涂刷防腐漆方式,定期维护。低温环境(环境温度 $\leq 0^\circ\text{C}$)下,管道需进行保温处理,选用岩棉或聚氨酯保温材料,包裹厚度根据环境温度确定,防止管道内燃气冷凝,避免冷凝水堵塞管道或腐蚀管道,同时减少热量损失^[4]。

2.4 燃烧器与供气匹配设计

(1)燃烧器选型:结合锅炉额定功率、燃气种类及燃烧方式,选择适配的燃气燃烧器型号及规格。燃烧器额定热负荷需略高于锅炉额定功率(预留 $10\%\sim 15\%$ 余量),确保满足锅炉峰值负荷需求。根据燃气热值选择燃烧器喷嘴,天然气燃烧器选用大孔径喷嘴,液化石油气燃烧器选用小孔径喷嘴,同时选用具备自动点火、熄火保护功能的燃烧器,提升运行安全性。(2)供气与燃烧的匹配设计:通过优化调压装置参数,确保燃气出口压力稳定在燃烧器额定压力范围内(一般为 $5\sim 10\text{kPa}$),同时合理设计输送管道,保证燃气流量满足燃烧器需求。根据燃烧器燃烧特性,调整燃气与空气混合比例,优化燃烧效率,减少燃气浪费和污染物排放。设置流量调节阀门,根据锅炉负荷变化实时调整燃气供应量,实现供气与燃烧的动态匹配,确保燃烧充分、稳定,提升锅炉房整体运行效率。

3 燃气供气系统安全防护设计与可靠性分析

3.1 安全防护装置设计

(1)泄漏检测与报警装置:可燃气体探测器选型需适配燃气种类,天然气选用甲烷探测器,液化石油气选用丙烷探测器,优先选用催化燃烧式探测器,响应时间 $\leq 30\text{s}$,检测精度 $\leq \pm 5\%\text{LEL}$ 。布置需遵循“就近检测、全面覆盖”原则,在燃气管道接口、调压装置、燃烧器附近及锅炉房顶部(天然气)、底部(液化石油气)重点布置,探测器间距 $\leq 6\text{m}$,距地面高度 $0.3\sim 0.6\text{m}$ 。报警阈值设定符合规范要求,一级报警阈值为 $20\%\text{LEL}$,二级报警阈值为 $50\%\text{LEL}$,报警信号同步接入锅炉房中控系统及应急值班室,实现声光双重报警。(2)紧急切断装

置：紧急切断阀安装在气源引入管、调压装置出口及主干管上，优先选用电磁式紧急切断阀，动作响应时间 $\leq 1s$ ，具备手动和自动双重控制功能。动作逻辑设定为：当可燃气体探测器触发二级报警、燃气压力超标或系统发生重大故障时，自动切断燃气供应；手动控制按钮布置在值班室及锅炉房入口显眼位置，便于应急操作。控制方式采用联动控制，与泄漏报警装置、通风系统联动，切断燃气后自动启动通风设备，降低燃气浓度^[5]。（3）防回火、防超压装置：回火防止器选用水封式或干式，安装在燃烧器燃气入口处，确保回火时能快速阻断火焰倒灌，适配燃气压力范围与燃烧器一致，定期清理内部杂质，防止堵塞。安全阀选型需匹配管道压力等级，额定泄放压力高于管道工作压力1.1倍，低于管道设计压力，安装在调压装置出口、储气设备及主干管最高点，朝向安全区域（避免正对人员通道），每年定期校验，确保泄放功能可靠，防止管道超压破裂。

3.2 系统安全运行控制设计

（1）自动控制系统设计：采用PLC中控系统，实时采集燃气压力、流量数据，通过变频调节装置实现燃气压力、流量的自动调节，确保参数稳定在额定范围。故障自动处理逻辑设定为：当压力过高/过低、流量异常、泄漏报警时，系统自动切断燃气供应，停止燃烧器运行，关闭相关阀门，同时记录故障信息并发出报警，故障排除后需手动复位，避免误启动。此外，系统具备数据监测、记录功能，便于追溯运行状态。（2）手动控制与应急操作设计：制定规范的应急停机流程，当自动控制系统故障或发生紧急情况时，操作人员可通过手动切断阀关闭气源，按下应急停机按钮停止系统运行，流程简洁明确，张贴在操作区域显眼位置。手动调节装置布置在便于操作的位置，包括压力手动调节阀、流量手动控制阀，配备操作说明书，操作人员需经专业培训，熟练掌握手动调节方法，确保应急状态下能快速调整参数或停机。

3.3 系统可靠性分析

（1）故障类型分析：供气系统常见故障主要包括燃气泄漏、调压失灵、管道堵塞、燃烧器故障等。燃气泄

漏多由管道接口密封不严、阀门损坏、管材腐蚀导致；调压失灵源于调压装置参数设定不当、内部部件磨损或杂质堵塞，导致出口压力波动；管道堵塞多因燃气中杂质积聚、冷凝水未及时排出，或管道防腐失效引发腐蚀结垢；燃烧器故障主要是喷嘴堵塞、点火装置失灵，导致燃烧不稳定或无法点火。（2）可靠性提升措施：设计阶段优化管道布置和设备选型，减少阻力部件，选用符合国家标准的优质管材、阀门及控制设备，提升系统整体稳定性。建立定期维护机制，每月检查泄漏检测装置、紧急切断阀，每季度校验调压装置、流量计，每年对管道进行防腐检测和疏通，及时更换老化部件。加强操作人员培训，提升应急处置能力，定期开展应急演练，确保故障发生时能快速响应、妥善处理，最大限度降低故障影响，保障系统长期可靠运行。

结束语

综上，燃气锅炉房燃气供气系统设计是一项兼具专业性与系统性的工程，需统筹安全、效率与合规三大核心要求，从气源选择、管道铺设到安全防护的每一个环节都需科学规划、精准设计。本文提出的设计方案贴合实际应用场景，可有效规避系统运行中的常见故障，保障系统长期稳定、安全运行。后续可结合新型智能化技术与实际运行反馈，进一步优化设计细节，提升系统自动化与智能化水平，为燃气锅炉房的安全高效运行提供更有力的技术支撑。

参考文献

- [1]徐云.燃气锅炉房燃气供气系统设计[J].市政工程,2022,(08):93-97.
- [2]谢庆洋.燃气锅炉房燃气供气系统设计[J].建筑技术科学,2024,(02):43-45.
- [3]周德鑫.探析燃气锅炉房燃气系统设计的问题[J].建筑设计及理论,2021,(01):37-39.
- [4]吴怀.燃气锅炉房设计要点分析[J].建筑技术科学,2021,(08):122-127.
- [5]刘向国.燃气锅炉房燃气供气系统的设计[J].工程地质学,2022,(03):71-74.