

燃气锅炉烟气余热深度回收技术研究

王瑞星 王金鼎

中车太原机车车辆有限公司 山西 太原 030027

摘要:近年来随着社会经济的发展和新能源技术不断的提高,在生产生活上我国的能源利用方式已由过去的单一形式发展成为现在多种多样的形式,天然气作为绿色环保的燃料能源,受到社会各级的广泛推崇被广泛的开发和使使用。当前,燃气锅炉在使用过程中排放的烟气温度较高,如果能够有效回收烟气余热,降低烟气的排放温度,就能够大大提升燃气锅炉的供热效率,达到良好的节能减排的目的。

关键词:燃气锅炉;烟气余热深度;回收技术

1 燃气锅炉烟气冷凝余热回收技术的意义

燃气锅炉烟气冷凝余热回收技术,是基于当前燃气锅炉燃气利用效率不足产生的热量回收基础。一方面,受制于我国当前能源发展格局以及能源储备环境等一系列因素的影响,有待解决我国能源结构单一等实质问题,另一方面,能源产业发展离不开能源的综合利用,特别是对余热资源的有效回收,能够最大程度提升能源的综合利用效率。以燃气锅炉烟气为例,存在较大的余热能源,传统的应用模式中,未能对相关资源加以利用,导致燃气锅炉能源利用效率不足等问题产生^[1]。因此,开展燃气资源的综合利用工作,成为燃气锅炉产业持续发展的重要内容。随着我国城市资源利用需求的进一步增加,针对燃气锅炉产业的发展,需要进一步提升对于余热资源回收技术的研发和创新,特别是在实践过程中,进一步将150摄氏度到250摄氏度的烟气热能进行有效回收,实现能源利用效率的提升和改善,以二次利用的模式实现燃气热能的充分利用,促进锅炉热效率指标的进一步增加,为我国能源产业的持续性发展,贡献力量。

2 烟气余热回收工作原理和回收原则

2.1 烟气余热回收工作原理

导热率高热管为导热元件,热管内部的传热方式主要依靠工作液体的气液相变,热阻较小,导热能力较高,经济性好,比较容易实现冷、热流体的完全逆流换热,获得较大的对数温差,烟侧阻力小,烟侧阻力为20~30Pa,系统简单,节能效果显著。目前烟气余热回收装置传导热量的温度范围能够达到30℃~1000℃。烟气余热回收装置的改善相较于传统方式更为安全可靠,应用领域越来越广泛,并且超导热管的形状也有了很大的发展,有较大的灵活性。

2.2 烟气余热回收工作原则

把重点放在提高现有设备的效率上,尽量减少能量损失。由于一些热设备会排出大量高温烟气,这种情况下就需要对余热进行有效的利用,通常采用本设备和本系统进行优先利用,常见措施有对燃料进行余热、提前加热物体、加入预热助燃空气等。对于余热回收无法在本设备和系统进行利用的情况下可以通过回收来产生热水或者蒸汽,从而以此来产生动力。余热分为不同的种类,所以在回收的过程中要根据余热的特点、排出情况以及数量、可利用性和介质温度进行科学的可行性分析,从而根据余热的特点最大限度地回收,科学选择余热回收要用到的设备类型和规模,一些呈固态高温、高低温液体、冷凝水等必须严格根据相关规范进行处理,避免因为高压高热等问题造成的安全隐患。

3 烟气冷凝余热回收过程中的关键技术问题分析

3.1 烟气排放问题

将烟气冷凝回收余热后,烟气被冷却至较低温度,并且排放烟气接近饱和状态,通过烟囱排放时烟气的抬升能力变弱^[2]。由于排放地点的位置与气候条件因素的影响,有可能造成烟气不能顺利从烟囱直接排出现象。需要采用烟气再热或增加风机动力等方式将烟气排出,烟气再热方法就是将10%—20%的锅炉出口高温烟气利用旁通支路与冷凝后的烟气混合后再排出。

3.2 冷凝液处理问题

通过烟气冷凝余热回收利用技术,烟气中的水蒸气被冷凝,烟气在冷凝过程中会吸收部分烟气中的SO₂、NO_x等污染物,产生呈酸性的冷凝液体。冷凝液体的处理方法有稀释法、土壤吸收法和药剂处理法。通常稀释或中和处理后的冷凝液体被直接排入市政污水管网中,并未进行处理和再利用,造成了水资源的浪费。冷凝液通过中和处理贮存在集水设备中,根据周边工业、居民和生态环境需求及水质标准要求,分别进行不同等级的

水处理后供给相应用户。

3.3 设备防腐问题

在烟气冷凝余热回收技术中, 腐蚀现象直接影响了烟气余热回收装置的运行寿命。目前解决防腐问题有两种策略, 一是提高设备的防腐能力。防腐镀膜技术, 采用新型的非晶态镍铜磷复合化学镀膜, 不仅解决了冷凝换热器的防腐问题, 而且具有增强换热器传热性能的效果。二是在烟气冷凝前进行净化处理, 减少烟气中 SO_2 , NO_x 等酸性气体浓度, 并在余热回收循环水中加入碱性药剂以中和冷凝液中的酸性成分, 减弱冷凝液体对设备的腐蚀^[3]。

4 燃气锅炉烟气余热深度回收技术分析

4.1 相变换热器的相变技术

相变换热器中最突出的特点体现在“相变”理论上, 该理论是对壁面温度控制机理更加详细的表述, 从理论层面对控制低温腐蚀具有较大说服力的阐述。相变换热器中的相变模块, 就是通过对燃气锅炉热管换热器进行整体化设计, 让热管换热器的温度梯度始终维持在一个变化幅度较小的范围内。当相变模块发生相变的时候, 相变换热器就会根据锅炉的运行工况对水量参数进行调整收集, 从而为提升调控壁面温度的准确度提供可靠依据。相变换热器在实际运行期间, 通常以循环介质质量和介质所处的工况作为调剂量进行使用, 以此来不断提升调控壁面温度的准确性。

4.2 利用热泵回收余热技术

要想充分回收烟气冷凝余热, 供热回水的温度应该低于烟气露点的温度, 为了达到这一目的可以使用热泵回收烟气余热技术对余热进行回收处理, 其中可以将这种技术具体分为利用压缩式热泵回收烟气余热的技术和利用吸收式热泵回收烟气余热的技术。首先前者是将压缩式热泵与烟气冷凝余热回收装置相结合, 烟气余热回收装置作为整个装置的蒸发器, 或者将回收装置内循环产生的循环水作为压缩式热泵的低温侧热源^[4]。对于利用吸收式热泵回收烟气余热技术来说, 热泵可以分为闭式吸收式和开式吸收式两种, 对于这种热泵来说, 其采用的盐溶液多数为强电解质, 因此往往存在较强的腐蚀性, 设备在运行过程中, 材料受到盐溶液腐蚀会出现剥落现象极易导致溶液污染或者设备堵塞。为了有效防止解决这一问题, 可以利用溶液改性的方法对设备金属表面进行涂层处理, 能够在一定程度上起到防腐的效果。

4.3 提升烟气露点温度的余热回收技术

燃气锅炉排烟中, 水蒸气的分压力随着其露点的增

大不断升高。通常通过增加燃烧用空气氧浓度与增加燃烧用空气含湿量等途径来提高烟气露点温度回收余热。烟气的露点温度和其中的氧含量具有一定的正相关, 在供热系统回水温度不变的情况下, 燃气锅炉富氧型燃烧可降低过量空气系数, 回收较多的烟气潜热, 空气中氧浓度的增加减少了排烟量, 节省了引风机的电耗, 但该技术应用时需要不断地加入纯氧, 增加了氧气的制备费用, 富氧燃烧后 NO_x 需要配合控制过量空气系数来减少热力型 NO_x 的生成, 增加了额外工作量。此外, 在混氧的过程中容易产生安全隐患, 故该技术仍需要研究。湿法回收技术虽然提高了烟气的露点温度, 但是由于空气的流量低于燃烧排放的烟气流量, 且空气和烟气比热容相差悬殊, 所以此技术回收利用烟气余热的能力有限^[1]。

4.4 冷凝锅炉

燃气锅炉烟气里面的水蒸气具有较大的热能利用价值, 传统烟气回收方式仅能对烟气表面的显热进行回收, 却不能回收利用水蒸气里的潜在热能, 导致水蒸气里大量的潜热未被充分回收利用, 使得锅炉的热效率提升程度仍有很大空间。将冷凝锅炉余热回收装置应用于传统燃气锅炉中, 不仅能实现对烟气中显热的高效利用, 同时将水蒸气中大量的潜热应用到余热锅炉系统回水系统中, 能满足人们生活用水加热和锅炉的补水需求。在增加锅炉热效率的同时, 还将烟气里的氮氧化物吸收进冷凝液中, 使得烟气里酸性气体的比例明显降低, 减少了对大气的污染。基于燃气锅炉烟气里拥有大量水蒸气的特点, 故应用冷凝锅炉余热回收装置具有较高的适用性。相较于烟气里面水蒸气比例一般的燃油锅炉, 也具有较大的应用潜力。不过仍需结合燃油锅炉的工作原理和构造特点进行深入研究。燃煤锅炉因烟气里水蒸气含量比例很低, 不适于此项技术。

4.5 热管优化技术

热管是燃气锅炉余热回收装置中的重要组成部件, 该部件的主要功能是对汽化潜能进行能量传递。典型的热管由管壳、吸液芯和端盖组成, 将管内抽成 $1.3 \times (10^{-1} - 10^{-4})$ Pa的负压后充以适量的工作液体, 使紧贴管内壁毛细多孔材料中的吸液芯充满液体后加以密封。因此, 对燃气锅炉余热回收再利用, 可从提高热管的热传递效率出发, 降低热管传递过程中造成的热损失。热管的体积较小, 但是热管的传热原理表明, 热管具有较高的传热效率, 是实现锅炉节能的重要途径^[2]。为有效提高热管的热传递效率, 可从优选热管材料、优化组合热管换热器形式入手。如组合后的换热器中一半热管对空气进行加热, 另一半热管则用以加热热水。

结束语

烟气余热利用系统可以有效利用锅炉出口高温烟气热量对生产系统的水系统和风系统等进行加热,有效梯级利用能源,提高能源利用率,降低热电厂单耗。但同时因为低温腐蚀,也带来了一系列的运行问题。通过施工过程中材质的把控和吹灰系统的合理设置,可以有效解决低温腐蚀问题。此外,通过运行调整以及定期对烟气余热利用系统清灰,也可较大程度减少由于低温腐蚀带来的系统堵塞问题。

参考文献

- [1]王乔良,郑莆燕,卢冬冬,等.电站锅炉烟气余热利用现状分析[J].上海电力学院学报,2017,33(5):451-455.
- [2]路哲.我国工业余热回收利用技术现状分析[J].装备制造技术,2019(12):204-206.
- [3]李允超,赵大周,刘博,等.火电厂烟气余热利用现状与展望[J].发电技术,2019,40(3):270-275.
- [4]纪强,韩宗伟,张孝顺,等.吸收式热泵研究进展及应用现状[J].暖通空调,2020,50(10):14-23.