



2 种粉体气力输送系统的对比选型

张 鑫

(煤炭科学技术研究院有限公司 a. 节能工程技术研究分院; b. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室;
c. 国家能源煤炭高效利用与节能减排技术装备重点实验室, 北京 100013)

摘要: 为了解决某工程项目中粉煤灰输送系统的选型问题, 从设备投资和运行电耗方面对仓泵输送系统和罗茨风机输送系统进行对比分析。结果表明, 对于 6 个单只最大量为 911 kg/h 的卸灰口, 输送距离为 200 m 的输送系统而言, 仓泵输送系统比罗茨风机输送系统设备初投资多 33.22 万元, 运行电费每年节省 14.2 万元, 超出部分投资静态回收期为 2.34 a。

关键词: 粉体; 气力输送; 仓泵; 风机

中图分类号: TK284.4 文献标志码: A

文章编号: 1008-5548(2015)03-0100-03

Analysis and Selection of Two Kinds of Pneumatic Conveying System

ZHANG Xin

(a. Energy Conservation and Engineering Technology Research Institute;
b. State Key Laboratory of High Efficient Mining and Clean Utilization of Coal Resources; c. National Energy Technology and Equipment Laboratory of Coal Utilization and Emission Control, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China)

Abstract: To solve the selection problem of the fly ash conveying system in a certain project, the pneumatic conveying systems by silo pump and roots blower were compared and analyzed in items of equipment investment and power consumption. The results show that for 6 fly ash unloading ports with maximum discharge of 911 kg/h per port and the conveying system with conveying distance of 200 m, the equipment investment of the conveying system by silo pump is 332 200 yuan more than that by roots blower. The former can save running electricity charges of 142 000 yuan per year. The excess investments static investment period is 2.34 a.

Keywords: powder; pneumatic conveying; silo pump; blower

由煤炭科学技术研究院有限公司自主研发的高效煤粉工业锅炉系统目前已在全国 20 多个省、市推广应用 500 余套。系统的烟尘净化工艺设备采用袋式

除尘器, 排放量仅约为 20 mg/m³, 各个除尘器收集的灰经过底部的仓泵输送至储灰塔(简称仓泵输灰), 定期集中密闭外运再利用。在一个 6 台 29 MW 燃煤粉热水锅炉房项目中, 用户提出了采用高压风机(如罗茨风机)向灰塔输送粉煤灰的工艺方式(简称风机输灰)。本文中从设备投资和运行电耗方面针对仓泵输灰系统和罗茨风机输送系统 2 种粉体气力输送系统进行技术及经济对比, 以选择一种更优的工艺方案。

1 方案计算

仓泵输送属于密相输送, 风机输送属于稀相输送^[1]。6 台 29 MW 燃煤粉热水锅炉房相关技术数据如下: 1) 锅炉运行按满负荷计算, 按煤粉燃料热值和锅炉热效率折算, 生产 1 t 蒸汽的煤粉消耗量为 110 kg, 单台锅炉总煤粉消耗量为 4 557 kg/h, 按煤粉灰分质量分数为 20% 计算, 单台锅炉灰量为 911 kg/h(残碳及炉膛底部出灰因素相互抵消); 2) 箱式脉冲除尘器型号为 PPC128-7, 单出灰口; 3) 粉煤灰真密度为 2 000 kg/m³; 4) 粉煤灰流化堆积密度为 300 kg/m³; 5) 由 3) 和 4) 计算得堆积粉煤灰颗粒充满度为 15%; 6) 一般仓泵运行压力为 0.2 MPa, 充气时间为 12 s。

2 仓泵输灰

2.1 工艺流程

仓泵输灰工艺流程如图 1 所示。

2.2 选型计算

设计每台除尘器落灰口接 1 台仓泵, 共计 6 台, 选择单台仓泵容积为 0.6 m³, 如果满罐发送, 则单台进行如下计算: 1) 单次送灰质量为 180 kg; 2) 单次耗气体积为 1.02 m³(常态); 3) 按照每次至灰塔输灰过程耗时 2 min 计, 每小时送灰次数为 5; 4) 压缩空气平均消耗量为 0.085 m³/min; 5) 压缩空气峰值用气量为 5.1 m³/min; 6) 缓冲罐容积取为 3 m³; 7) 缓冲罐充气时间为 10 min, 总充气体积为 24 m³(常态), 因此, 空气压缩机气量为 2.4 m³/min, 适合的空气压缩机功率为 15 kW; 8) 输送总灰量为 5 466 kg/h, 按照浓(密)

收稿日期: 2014-06-05, 修回日期: 2014-06-30。

基金项目: 中国煤炭科工集团有限公司科技创新青年基金项目, 编号: 2013QN035; 煤炭科学技术研究院科技发展基金项目, 编号: 2014CX03。

作者简介: 张鑫(1979—), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向为燃料与燃烧及工业用热工设备。电话: 010-84264331, 18611808863, E-mail: zhangxinbricc@foxmail.com。

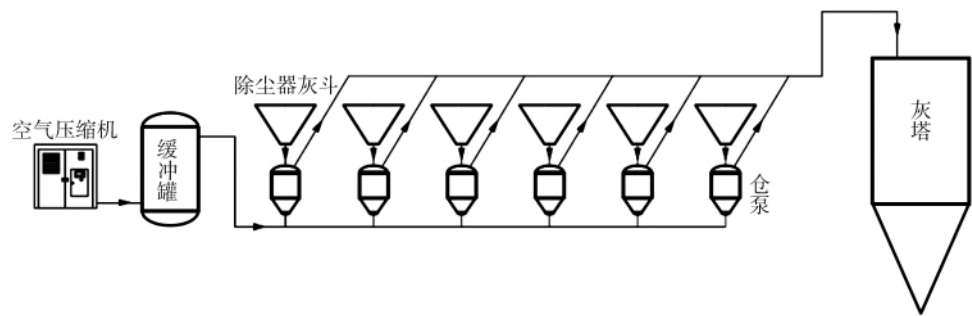


图 1 仓泵输灰工艺流程简图

Fig. 1 Process of silo pump fly ash conveying system

相输送取输送固气质量比(简称固气比)为 20:1^[2],则需要总输送气量为 273.3 m³/h; 9) 输送气流速度选为 6 m/s, 则输送管直径取为 133 mm。

2.3 设备清单

根据设计方案及选型计算, 相关设备清单如表 1 所示。

表 1 仓泵输灰系统主要设备清单

Tab. 1 Main equipment list of silo pump fly ash conveying system

设备名称	技术参数	用量	单价/万元	总价/万元	备注
空气压缩机	进气量为 2.5 m ³ /min, 额定出气压力为 0.8 MPa	1 台	4.900	4.9	
干燥机	处理气量为 3 m ³ /min, 功率为 2.5 kW	1 台	1.600	1.6	微热
缓冲罐	容积为 3 m ³ , 承受额定压力为 0.8 MPa	1 台	1.500	1.5	含运费
仓泵	容积为 0.6 m ³	6 台	7.800	46.8	
输灰管	直径为 133 mm	200 m	0.008	1.6	
合计				56.4	

3 风机输灰

3.1 工艺流程

风机输灰工艺流程如图 2 所示。

3.2 选型计算

选型计算步骤如下: 1) 单台锁风回转阀最大卸灰量为 911 kg/h, 转速为 24 r/min, 则阀芯总容积为 3 L, 电机功率为 0.75 kW。 2) 文丘里喷射器采用简易型, 前、后锥角度均取为 25°, 喉部设计气速为 50 m/s。 3) 输送总灰量为 5 466 kg/h, 按照稀相输送取输送固气比为 2:1^[2], 则需要总输送气量为 2 733 m³/h。 4) 输

送气速选为 25 m/s, 则输送管径取为 219 mm。 5) 管路压力损失计算公式为

$$\Delta p = (0.1227 + \frac{0.7543}{Re^{0.38}}) \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho_g v^2}{2} + 0.016 \mu \frac{L}{D^{1.18}} \cdot \frac{\rho_g v^{1.83}}{2}, \quad (1)$$

式中: Δp 为管路压力损失, Pa; Re 为雷诺数; L 为管长, m; D 为管直径, m; ρ_g 为空气密度, kg/m³; v 为输送气速, m/s; μ 为固气比。 估测直管段长度为 200 m, 5 个曲率半径为管直径 10 倍的弯头等效长度共约为 30 m; 计算得管路总阻力损失为 16.0 kPa, 每个文丘

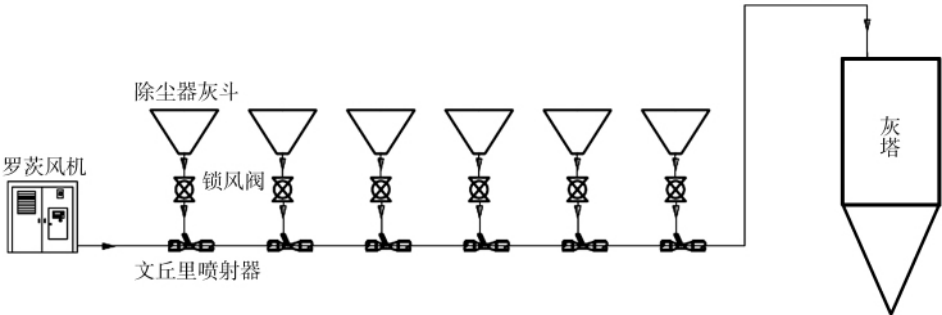


图 2 风机输灰工艺流程简图

Fig. 2 Process of roots blower fly ash conveying system

里喷射器压力损失按照 5 kPa 估算,6 个共 30 kPa, 75 kW。
则系统总阻力为 46 kPa。6) 罗茨风机选型后参数, 风
量为 47.6 m³/min, 全压为 60 kPa, 适合的设备功率为

3.3 设备清单

根据方案及选型计算, 相关设备清单如表 2 所示。

表 2 风机输灰系统设备清单

Tab. 2 Main equipment list of roots blower fly ash conveying system

设备名称	技术参数	用量	单价/万元	总价/万元
锁风阀	转子容积为 3 L, 功率为 0.75 kW	6 台	1.200	7.20
文丘里	喉部气速为 50 m/s, 前、后全锥角均为 25°	6 台	0.130	0.78
罗茨风机	风量为 47.6 m ³ /min, 全压为 60 kPa	1 台	12.000	12.00
输灰管	直径为 219 mm	200 m	0.016	3.20
合计				23.18

4 对比分析

4.1 技术对比

仓泵输灰具有以下特点^[3-4]: 1) 属密相输送形式, 高压为 100~600 kPa, 一般气速为 2~8 m/s, 固气比大于 15, 气速低, 磨损小, 固气比相对较大, 输送效率高; 2) 间歇输送, 输送稳定, 输送距离远; 3) 输灰管管径小, 安装方便。

风机输灰具有以下特点: 1) 属稀相输送形式, 低压为 20~100 kPa, 一般气速为 15~30 m/s, 固气比小于 10, 气速高, 磨损较大, 固气比小, 输送效率相对较低; 2) 连续输送, 输送较稳定, 输送距离中等; 3) 输灰管管径大, 但是压力等级低。

4.2 经济对比

1) 设备初投资对比。仓泵输灰设备初投资约为 56.4 万元, 而风机输灰设备初投资约为 23.18 万元, 因此, 仓泵输灰比风机输灰设备初投资多 33.22 万元。

2) 运行费用对比。运行费用主要为电费, 其他还包括维修维护费用。

按照项目地冬季供暖惯例, 年采暖季总时长为 150 d, 可折算为 3 600 h; 锅炉按照 70% 时长满负荷运行 (30% 时长停炉), 即每年实际有效运行时长为 2 520 h。

仓泵输灰主要用电设备为空气压缩机和干燥机, 总功率为 17.5 kW, 由于仓泵启停与锅炉启停一一对应, 因此以每年有效运行时长计算耗电量为 44 100 kW·h, 按电价为 0.6 元/kW·h 计算, 每年的运行电费为 2.646 万元。

风机输灰主要用电设备为罗茨风机和锁风阀, 总功率分别为 75、4.5 kW, 罗茨风机为常开设备, 锁风阀与锅炉启停状态一致, 因此每年耗电量为 75 kW×3 600 h+4.5 kW×2 520 h=281 340 kW·h, 按电价为 0.6 元/(kW·h) 计算, 每年运行电费为 16.880 4 万元。由此可知, 仓泵

输灰较风机输灰每年可节省电费 14.2 万元。

仓泵在正常使用过程中维护费用较少, 主要是空气压缩机的维护, 包含冷却油、滤芯等, 正常工作 5 000 h 后应进行保养, 除此之外输灰管的弯头较易磨损, 2~3 个采暖季可能需要更换, 但是价值较低。罗茨风机作为容积式风机与螺杆式空压机类似, 同样需要定期更换冷却油和空滤。实际运行中其他费用相差不大, 因此本文中的运行费用仅考虑电费。如果按静态回收简单计算, 则多出部分的投资可在 2.34 a 收回。

3) 其他问题。实践表明, 无论是仓泵还是风机输灰方式, 在设计和使用过程中也存在一些问题。如多台仓泵的系统设计中应充分考虑缓冲罐的作用, 以降低对空气压缩机的能力要求, 减少投资; 同时, 运行过程中应合理调整发送时间, 用最少的气送最多的灰, 保证输送的高效经济。在多个出灰口的气力输灰系统中, 由于需要锁风阀, 且设备连续运转, 因此电机设备数量较多, 故障点增多。

5 结论

仓泵输灰比风机输灰投资大, 但是运行费用低, 并且仓泵输灰稳定性更高, 输送距离更远, 设备维护维修成本低, 超出投资部分按静态回收计算 2.34 a 即可收回; 如果项目为生产用蒸汽项目, 则年运行时间更长, 经济性更优。综合考虑, 仓泵输灰方案较优。

参考文献 (References):

- [1] 杨伦, 谢一华. 气力输送工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 1-2.
- [2] 楼建勇. 气力输送系统的研究现状及发展趋势[J]. 轻工机械, 2008, 26(3): 4-7.
- [3] 蒋存刚. 气力输送的发展进程[C] // 2012 全国散料装卸输送高峰论坛暨新技术、新设备交流研讨会论文集, 2012: 53-63.
- [4] 严君汉, 赵祖文. 气力输送技术在粉状物料输送中的应用比较[J]. 水利水电快报, 2001, 22(1): 10-12.