

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.03.019

悬浮带式输送机在电厂运煤系统中的应用探讨

曾兵, 陈炎临, 罗宇东

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: [目的] 悬浮带式输送机作为一种运行平稳、高效、环保效益好的物料输送设备, 已广泛应用于粮食仓储、港口、化工等领域, 然而在电厂运煤系统中应用却较少。文章旨在探讨悬浮带式输送机在火力发电厂运煤系统中推广应用的可能性。[方法] 在分析悬浮带式输送机工作原理和技术特点的基础上, 结合某工程设计实例, 针对悬浮带式输送机和常规托辊式带式输送机进行经济性比较分析。[结果] 研究表明: 悬浮带式输送机运行和维护费用较低, 全生命周期的经济性好、环保效益高。[结论] 悬浮带式输送机值得应用于火力发电厂运煤系统当中。

关键词: 悬浮; 带式输送机; 气垫; 经济性

中图分类号: TM611; TH222

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2018)03-0115-05

Applicable Discussion on Air Supported Belt Conveyor in Power Plant

ZENG Bing, CHEN Yanlin, LUO Yudong

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Introduction] Air supported belt conveyor (ASBC) is a material handling device with advantages of steady operation, high efficiency, good environmental protection benefit, which has been used in grain storage, port and chemical industry fields. However, it is rarely used in coal handling system of power plant. The paper aims to investigate the application possibility of ASBC in coal handling system of power plant. [Method] Based on analyzing the operation principle and technical characteristics of ASBC, the economy comparison between ASBC and roller belt conveyor had been investigated. [Result] The result indicates that the ASBC has lower operation & maintenance cost, better economic performance in whole life cycle, and higher environmental benefits. [Conclusion] It is worthy to use the ASBC in coal handling system of power plant.

Key words: air supported; belt conveyor; air cushion; economic performance

火力发电厂运煤系统较高的煤尘污染和恶劣的运行环境, 严重影响着电厂的安全文明生产。随着我国节能降耗和环保要求的日益提高, 以及加快发展高效节能环保新技术的政策要求, 电厂运煤系统面临的环保挑战愈来愈严峻。带式输送机作为运煤系统不可或缺的设备, 其运行和环保性能会对运煤系统产生直接影响。常规托辊式带式输送机所具有的输送平稳、适应性好、维修方便等特点^[1], 是常用于电厂运煤系统的主要原因; 然而较大的煤尘污染、较高的能耗和维护费用、以及较低的输送效率

又制约着它的发展。

经过多年进化发展的悬浮式带式输送机, 是一种运行平稳、能耗低、结构简单、运动部件少和环保效益好的新型物料连续输送设备, 目前已广泛应用于粮食仓储、港口、化工等领域^[2-5]。因此, 研究悬浮式带式输送机应用于电厂运煤系统中的可行性, 符合当前运煤系统有关节能和环保的要求, 对解决常规托辊式带式输送机所存在的问题也具有好的现实意义。

1 悬浮带式输送机

1.1 工作原理

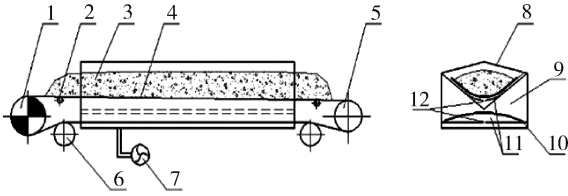
悬浮带式输送机又称气垫式带式输送机, 最早起源于荷兰 TWENTE 工业大学^[5-7]。悬浮带式输

收稿日期: 2017-08-03

修回日期: 2017-09-05

基金项目: 中国能建广东院科技项目“气垫皮带机在燃煤电厂运煤系统的应用研究”(EX02401W)

送机采用薄气膜支撑输送胶带及物料的工作原理(如图1所示),即用气室(布风盘槽)代替了常规带式输送机的托辊组,将一定间距的托辊支撑变为连续的气膜支撑;当风机向密闭气室内提供一定压力和流量的空气后,气室内空气经盘槽上的小孔喷出,在输送带和盘槽之间形成一层具有一定压力的气膜来支撑输送胶带及其上的物料,使得输送胶带在运动过程中避免与盘槽直接接触摩擦;通过电机驱动传动滚筒转动,从而带动输送胶带的运动。



注: 1-传动滚筒; 2-过渡托辊; 3-物料; 4-承载带; 5-改向滚筒; 6-增面滚筒; 7-风机; 8-外罩; 9-气室 10-回程带; 11-气膜; 12-气孔。

图1 悬浮带式输送机工作原理图

Fig. 1 Schematic diagram of air supported belt conveyor

1.2 主要技术特点

1.2.1 运行阻力小, 能耗低

带式输送机传动滚筒上的圆周力 F_U 由主要阻力 F_H 、附加阻力、特种主要阻力 F_{S1} 、特种附加阻力 F_{S2} 和倾斜阻力 F_{ST} 构成, 将附加阻力简化成长度系数 C 作为主要阻力的修正后, 可采用下式进行阻力计算:

$$F_U = CF_H + F_{S1} + F_{S2} + F_{ST} \quad (1)$$

或:

$$F_U = CfLg[q_{RO} + q_{RU} + (2q_B + q_G)\cos\delta] + F_{S1} + F_{S2} + F_{ST} \quad (2)$$

式中: f 为模拟摩擦系数; L 为带式输送机长度(m); g 为重力加速度($m \cdot s^{-2}$); q_{RO} 为每米承载托辊旋转部分质量(kg); q_{RU} 为每米回程托辊旋转部分质量(kg); q_B 为每米输送带质量(kg); q_G 为每米物料质量(kg); δ 为带式输送机倾角($^\circ$)。

带式输送机主要阻力 F_H , 由输送带质量、物料质量和托辊旋转质量的运行而产生。对于常规托辊式带式输送机, 模拟摩擦系数 f 值通常为 0.018 ~ 0.035; 而悬浮带式输送机将常规托辊式带式输送机的托辊滚动摩擦变为气动空气摩擦后, 摩擦系数可大幅降低, 设计制造质量良好的悬浮带式输送机模拟摩擦系数 f 值仅为 0.006 ~ 0.012^[6]。因此,

悬浮带式输送机的主要阻力显著降低, 传动滚筒圆周力 F_U 也显著降低, 驱动装置功率可大幅减小。

1.2.2 承载能力大, 运行平稳

常规托辊式带式输送机的托辊布置有一定的间距, 输送带在物料及其自身质量的作用下, 会产生一定的挠度(如图2所示)。当输送带运转带料经过承载托辊时, 与托辊发生碰撞产生振动, 导致物料也随之振动, 从而出现粉尘飞扬和撒料现象。

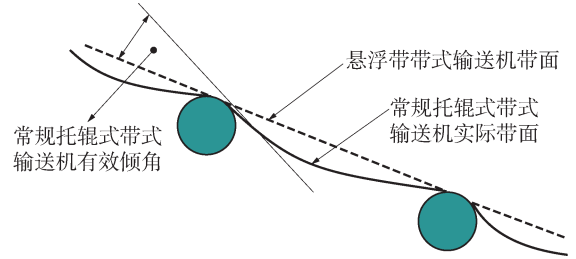


图2 带式输送机承载示意图

Fig. 2 Schematic drawing of belt conveyor while supporting material

悬浮带式输送机由于采用连续气膜支撑, 输送带与盘槽不接触, 从而运行平稳, 物料在输送带上相对静止, 不会出现粉尘飞扬和撒料现象, 同时有利于提高带式输送机的有效提升角度和运行速度, 从而提高承载能力。其最大倾角可比常规托辊式带式输送机高 5 度, 最高带速亦可达 8 m/s ^[8]。此外, 悬浮带式输送机可采用较大的盘槽槽角, 在相同带宽下横断面面积更大, 输送能力相对更大。

1.2.3 输送带不跑偏

悬浮带式输送机具有自动纠偏能力, 只要给料对中, 通常不会出现输送带跑偏问题。当输送带跑偏时, 带式输送机横截面中心线两侧气体对输送带产生的推力将发生变化, 其合力方向与跑偏方向正好相反, 该合力将会使输送带向回推动, 直到输送带和物料的重心与横截面中心线重合为止, 从而实现了自动纠偏。

1.2.4 其它

悬浮带式输送机中部均为供风盘槽, 整体运动部件很少, 不安全、不稳定因素较少, 故可靠性较高, 维护工作量较小, 运行噪音也较小。

悬浮带式输送机通常设有有机盖外罩, 可实现全密闭输送, 环保效益好, 输煤栈桥可露天布置, 桁架更轻, 可降低土建造价。

悬浮带式输送机运行带速高、输送能力大, 在

同等出力时带宽可降一级,对输送廊道或栈桥宽度要求也就较小。此外,由于中部几乎没有维护工作,故仅需设置运行通道,国外有的项目甚至同时取消了运行和检修通道,如图3所示。



图3 国外悬浮带式输送机应用实例

Fig. 3 Abroad project cases of air supported belt conveyor

悬浮带式输送机的劣势主要体现在如下三方面:其一是不能承受冲击载荷,否则会破坏气膜,因此稳妥起见,在受料段仍建议设置缓冲床或缓冲托辊;其二是由于气室制造原因难以实现平面或空间布置上的转弯,只能直线布置,如需转弯,则需要在转弯处设置过渡段托辊;其三则是不适宜作为配料皮带,如煤仓层带式输送机,需要配置卸料车或者犁式卸料器,因而建设采用常规托辊式带式输送机。

2 研究和应用现状

2.1 国外研究和应用现状

悬浮式带式输送机自20世纪70年代左右在荷兰问世后,在国外得到了迅猛发展,诸如荷兰SLUIS公司、英国SIMON-CARVES公司、美国WOLVERINE公司、美国TRAMCO、美国MARTIN公司、法国STOLZ公司、日本川崎、IHI、宇都公司等均通过研发形成了自己的产品,且远销其他国家和地区^[2,9-10]。图3即为国外悬浮带式输送机的工程应用照片。国外目前已致力于向长运距、大运量、高带速的方向发展,且已有输送距离在1 km以上、带速达6 m/s的悬浮带式输送机应用实例^[11]。

我国港口、化工等行业曾引进过英国SIMON-CARVES、美国TRAMCO和法国STOLZ等公司的悬浮带式输送机,并稳定运行至今^[12]。

2.2 国内研究和应用现状

国内针对悬浮带式输送机的研究大致开始于20世纪80年代。北京矿务局王平村煤矿于1986年最早投入使用了悬浮带式输送机,并于同年12月通过了技术鉴定,至今运行良好。之后,诸如天津港、大连港、钦州港、日照港、丹东港、锦州港、徐州矿务局、安阳钢铁焦化厂、山西铝电等均采用了悬浮带式输送机^[13-15]。

2014年7月,由河南某公司研制的最大出力可达4.3 kt/h的B1800节能环保大运量智能型气垫带式输送机(如图4所示)顺利通过河南省科技厅验收,标志着我国悬浮带式输送机技术水平达国际先进水平。



图4 大运量悬浮带式输送机样机照片

Fig. 4 Sample pictures of large capacity air supported belt conveyor

3 经济性比较分析

依托广东省某新建燃煤发电工程,针对煤场至主厂房之间的3段带式输送机,分别采用常规托辊式带式输送机和悬浮带式输送机进行详细方案设计,有关经济性分析数据详如表1所示,有关工艺参数详如表2所示。

表1 经济性分析主要数据

Tab. 1 Main data of economy analysis

工艺参数	托辊带式输送机	悬浮带式输送机
实际运行功率/kW	935 × 0.85 = 795	920 × 0.7 = 598
总造价(设备+上部结构)/万元	3 808	3 976
初投资对比/万元	0	168
年节省能耗费用/万元	0	24.15
年节省维修费用/万元	0	42
年节省费用小计/万元	0	66.15

由表2可知,采用常规托辊式带式输送机方案时,3段单路皮带的总装机功率为935 kW,而采用悬浮带式输送机时的总装机功率为920 kW,总装机功率方面悬浮带式输送机比常规托辊式带式输送机节能1.6%。然而,根据多年行业内实际运行数

表2 某工程带式输送机主要工艺参数

Tab. 2 Main parameters of belt conveyors

工艺参数	带式输送机 C1AB		带式输送机 C2AB		带式输送机 C3AB	
	托辊式	悬浮式	托辊式	悬浮式	托辊式	悬浮式
带宽/mm	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400
输送量/(t·h ⁻¹)	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500
带速/(m·s ⁻¹)	2.5	3.15	2.5	3.15	2.5	3.15
水平机长/m	166.6	166.6	154.2/159.2	154.2/159.2	372.0	372.0
提升高度/m	13.5	13.5	26.8	26.8	42.2	42.2
倾角/(°)	16	16	16	16	9	9
数量/台	2	2	2	2	2	2
电机功率/kW	185	160	250	220	500	355
风机功率/kW	—	2×15+11	—	22+18.5	—	3×22+2×18.5
装机功率/kW	185	201	250	260.5	500	458

据表明, 常规托辊式带式输送机的运行功率约为装机功率的85%, 悬浮带式输送机配套风机运行功率约为风机装机功率的65%, 从而使得悬浮带式输送机的运行功率约为装机功率的70%, 考虑这一因素后, 悬浮带式输送机的实际运行功率比常规托辊式带式输送机小约24.8%。如果按每千瓦时电价0.41元计算, 每天运行10.9h, 年工作275天, 则每年可节约电费约24.15万元。

维护费用方面, 悬浮带式输送机比常规托辊式带式输送机要少很多。根据广东省大多数电厂历年带式输送机维护费用的统计数据, 常规托辊式带式输送机的平均维护费用单价约为350元/m。而综合悬浮带式输送机制造厂数据, 其维护费用单价约为50元/m。按表2中数据, 总水平机长约为1391m, 则采用悬浮带式输送机的年维护费用比常规托辊式带式输送机少约42万元/年。

综合运行费用和维护费用可知, 采用悬浮带式输送机每年可节省约66.15万元。根据表2可知, 初投资方面, 悬浮带式输送机比常规托辊式带式输送机要高168万元。不考虑资金的时间价值, 采用悬浮带式输送机时初投资中所多投入的资本, 利用每年节省的运行和维护费用, 静态回收期仅约2.54年。

4 结论

1) 悬浮带式输送机具有运行阻力小、能耗低、承载能力大、运行平稳、输送带不跑偏、环保效益

好等技术特点, 已在国内外粮食仓储、港口、化工等领域得到广泛应用。

2) 根据某燃煤电厂工程中悬浮带式输送机和常规托辊带式输送机的经济性分析比较, 结果表明: 悬浮带式输送机的运行和维护费用较低, 全生命周期的经济性好。

3) 在燃煤电厂中应用悬浮带式输送机技术, 符合当前运煤系统有关节能和环保的政策要求。

参考文献:

- [1] 李利, 王瑞, 党栋. 带式输送机的技术现状及发展趋势[J]. 橡胶工业, 2015, 62(2): 123-127.
LI L, WANG R, DANG D. The technical situation and development trend of belt conveyor [J]. Rubber Industry, 2015, 62(2): 123-127.
- [2] 邹超平. 悬浮式物料输送系统工业化应用研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2015.
ZHOU C P. Study on the industrial application of air cushion belt conveyor [D]. Beijing Jiaotong University, 2015.
- [3] 余建夫, 高天佑, 杨勇. 大能力粮食水平输送系统设备选型研究[J]. 港工技术, 2017, 54(3): 26-29.
YU J F, GAO T Y, YANG Y. Study on selection of large carrying capacity grain conveyor [J]. Port Engineering Technology, 2017, 54(3): 26-29.
- [4] 宋伟刚, 张尊敬, 王鹰. 带式输送机的研究进展[J]. 起重运输机械, 2004(2): 1-4.
SONG W G, ZHANG Z J, WANG Y. Research progress of belt conveyor [J]. Hoisting and Conveying Machinery, 2004(2): 1-4.
- [5] HARRISON A. Belt conveyor research 1980—2000 [J]. Bulk Solids Handling, 2001(2): 159-164.

- [6] 宋瑞宏, 倪新跃, 郑晓林, 等. 我国气垫带式输送机的现状与发展 [J]. 常州大学学报(自然科学版), 2006, 18(2): 61-64.
SONG R H, NI X Y, ZHENG X L, et al. Current situation and development of air cushion belt conveyor [J]. Journal of Changzhou University (Natural Science Edition), 2006, 18(2): 61-64.
- [7] 张琦, 文灿湘. 第二代气垫带式输送机的研制 [J]. 华电技术, 2008, 30(9): 33-38.
ZHANG Q, WEN C X. The development of second-generation air cushion belt conveyor [J]. Huadian Technology, 2008, 30(9): 33-38.
- [8] 宋伟刚, 彭兆行. 气垫带式输送机的设计与计算(I)——气垫带式输送机的发展概况、种类及特点 [J]. 矿山机械, 1994(6): 12-15.
SONG W G, PENG Z X. Design and calculation of air cushion belt conveyor (1)—development, types and characteristics [J]. Mine Machinery, 1994(6): 12-15.
- [9] RAVIKUMAR M, CHATTOPADHYAY A. Integral analysis of conveyor pulley using finite element method [J]. Computers & Structures, 1999, 71(3): 303-332.
- [10] GUO S, LIU J, LI Z R, et al. Experimental research on air film formation behavior of air cushion belt conveyor with stable load [J]. Science China Technological Sciences, 2013, 56(6): 1424-1434.
- [11] REED J N, MILES S J. High-speed conveyor junction based on an air-jet floatation technique [J]. Mechatronic, 2004, 14(6): 685-699.
- [12] NUTTALL A, LODEWIJKS G. Traction versus slip in a wheel-driven belt conveyor [J]. Mechanism & Machine Theory, 2006, 41(11): 1336-1345.
- [13] 付婷. 气垫带式输送机的发展现状和应用 [J]. 科技信息, 2008(9): 429-430.

FU T. Development status and application of air cushion belt conveyor [J]. Technical Information, 2008(9): 429-430.

- [14] 路伟, 罗进, 张化强, 等. 气垫带式输送机在焦化厂中的应用 [J]. 机械工程与自动化, 2011(4): 199-200.
LU W, LUO J, ZHANG H Q, et al. Application of air-cushion belt conveyor in coking plant [J]. Mechanical Engineering & Automation, 2011(4): 199-200.
- [15] 文婷, 文灿湘, 刘新代. 第二代全气垫带式输送机在锦州港的应用 [J]. 粮食流通技术, 2008(2): 16-21.
WEN T, WEN C X, LIU X D. Application of the second generation of complete air-cushion belt conveyor in Jinzhou port [J]. Grain Distribution Technology, 2008(2): 16-21.

作者简介:



ZENG B

曾兵(通信作者)

1985-, 男, 江西丰城人, 高级工程师, 重庆大学动力工程及工程热物理专业博士, 主要从事火电厂物料输送设计及垃圾发电设计管理工作(e-mail) zengbing@gedi.com.cn。

陈炎临

1961-, 男, 辽宁沈阳人, 工程师, 主要从事火电厂物料输送设计工作(e-mail) chenyanlin@gedi.com.cn。

罗宇东

1967-, 男, 广东梅县人, 上海交通大学热能工程专业学士, 教授级高级工程师, 从事火电厂物料输送设计及设计管理工作(e-mail) luoyudong@gedi.com.cn。

(责任编辑 郑文棠)

(下接第 148 页 Continued from Page 148)

作者简介:



LI D Q

李典庆

1975-, 男, 湖北十堰人, 武汉大学水利水电学院副院长, 二级教授, 博士生导师, 上海交通大学博士, 主要从事水利水电工程风险评估与灾害防治、工程结构可靠性与安全控制等方面的研究工作(e-mail) dianqing@whu.edu.cn。

曹子君(通信作者)

1987-, 男, 山东临沂人, 武汉大学水利水电学院水利工程系副主任, 副教授, 博士生导师, 香港城市大学博士, 主要从事水利水电岩土工程不确定性定量分析、可靠度分析与设计理论、风险评估方法等方面的研究工作(e-mail) zijuncao@whu.edu.cn。

(责任编辑: 高春萌)