

文章编号:0253-9993(2012)01-0154-04

粒煤螺旋输送特性实验研究

陈汝超^{1,2},陈晓平¹,蔡佳莹¹,刘道银¹,梁 财¹

(1. 东南大学 能源与环境学院,江苏 南京 210096;2. 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海 200092)

摘 要:在自行设计的粒煤螺旋输送系统上对粒煤的螺旋输送特性进行了研究。结果表明:粒煤的粒径、外水分及螺旋倾角对其输送特性有显著影响。粒煤的平均粒径越大,外水分越小,其输送速率越大;螺旋倾角越大,输送过程中物料的滑移现象越严重,填充系数越大;粒煤的外水分越大,平均粒径越大,输送过程中的填充系数越大。

关键词:粒煤;螺旋输送;输送速率;填充系数

中图分类号:TD528 **文献标志码:**A

Screw conveying characteristics of granular coal from screw conveyor

CHEN Ru-chao^{1,2}, CHEN Xiao-ping¹, CAI Jia-ying¹, LIU Dao-yin¹, LIANG Cai¹

(1. School of Energy & Environment, Southeast University, Nanjing 210096, China; 2. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: The screw conveying characteristics of granular coal from an screw conveyor was investigated. The results show that coal particle size, moisture content and conveying angle have significant effects on the screw conveying characteristics of granular coal. Screw velocity increases with the increasing of particle size of granular coal and decreases with the increasing of moisture content of granular coal. Increasing the conveying angle leads to serious sliding of the granular coal, and the filling coefficient increases. The filling coefficient increases with the increasing of particle size and moisture content of granular coal.

Key words: granular coal; screw conveyor; screw velocity; filling coefficient

螺旋输送机是一种不带挠性牵引件的连续输送装置,利用工作构件即螺旋的旋转运动,使物料向前运送,是现代化生产和物流运输不可缺少的重要机械设备之一。螺旋输送机在电力、冶金、采矿、建材、轻工、码头等重工业中得到广泛应用,主要用来运送大宗散货物料,如煤、矿石、粮食、化肥等。

煤炭是我国工业与经济发展的最主要的一次能源之一。2009年,我国煤炭产量达到29.6亿t,煤炭在我国一次能源生产和消费结构中的比重分别是77.5%和70.1%。其中有数亿吨的煤炭以粒煤的形式加以利用,在能源、化工、钢铁、冶金等行业的燃烧、煅烧等工艺过程中,一般采用螺旋输送机将粒煤均匀等量的输送到燃烧炉内^[1]。

粒煤的平均粒径、外水分、螺旋倾角等参数对粒

煤在螺旋输送机中的输送速率和填充系数有较大影响,而该方面的实验研究鲜有报道,只是设计手册^[2]中粗略地按照粒度分布给出了填充系数的取值范围,精确度较差。若取值不当,在输送过程中可能会出现串气等现象,影响输送过程的安全性。

近几年研究者主要在螺旋输送机的优化设计及螺旋输送机在特定物料输送中的应用等方面进行了研究。黄石茂等^[3-7]研究了螺旋输送机的设计参数以及工作原理,提出诸多措施使螺旋输送机结构简单、紧凑,维修容易,成本低廉,从而使螺旋输送机的选型设计达到最优化。陈广富等^[8-16]研究了螺旋输送机在饲料、面粉、橡胶等行业的应用,主要是根据输送物料性质、输送速率、输送距离、输送距离、输送倾角、螺旋转速来确定螺旋输送机的生产率和功

收稿日期:2011-03-18 责任编辑:张晓宁

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50906011);国家重点基础研究发展规划项目(2010CB227002)

作者简介:陈汝超(1986—),男,山东临沂人,硕士研究生。E-mail:chengongseu@163.com。通讯作者:陈晓平(1967—),Tel:025-83793453, E-mail:xpchen@seu.edu.cn

率。

本文设计了一套粒煤螺旋输送系统,主要研究粒煤粒径、外水分、螺旋倾角等参数对粒煤螺旋输送特性的影响,结合对各种操作条件下螺旋输送机中粒煤流动状态的观察和分析,揭示粒煤在螺旋输送机中的流动特性和规律。

1 实验装置及方法

1.1 实验装置

粒煤螺旋输送实验流程如图 1 所示。实验装置的主要组成:螺旋输送机、料仓、接煤仓及变频减速电机。其中螺旋输送机的主要参数见表 1。螺旋输送机的套管采用有机玻璃制造,以便观察其内部输送现象。螺旋输送机的倾斜角度取向上倾斜 0, 13.2°, 19.6°, 25.5°及 30.9°五个值。

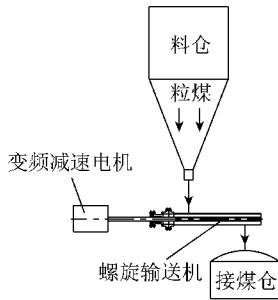


图 1 实验流程

Fig. 1 Schematic diagram of experiment system

表 1 螺旋输送机主要参数

Table 1 Main parameters of screw conveyor

额定输送速 率/(t · h ⁻¹)	螺旋额定转速/ (r · min ⁻¹)	螺旋叶片 直径/mm	螺距/ mm	螺旋轴直 径/mm
0.2	20	75	60	26

1.2 实验物料及方法

以 3 种不同粒径范围的宽筛分淮北烟煤为实验物料,粒径分别为 0~2.50, 0~3.86, 0~5.44 mm, 对应的平均粒径分别为 0.94, 1.50, 2.01 mm, 3 种宽筛分粒煤的初始外水分分别为 1.68%, 1.61%, 1.42%, 其粒径分布如图 2 所示。

实验步骤:将粒煤加入料仓,开启料仓出口阀门,下料过程随即开始,粒煤在料仓底部出口流动至螺旋输送机,经过螺旋输送机输送进入接煤仓。实验过程中,采用称重传感器称量接煤仓的质量,实验数据均通过计算机实时采集显示。输送过程中,采用摄像机拍摄有机玻璃套管内粒煤输送过程中的流动状态及相关现象。

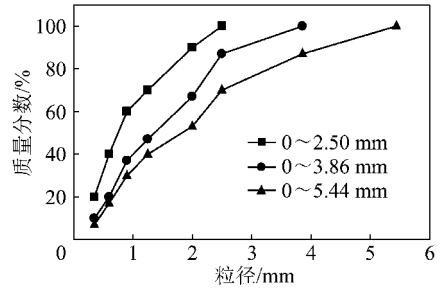


图 2 3 种宽筛分粒煤的粒径分布

Fig. 2 Particle size distribution of the three kinds of wide screened granular coal

2 实验结果及分析

2.1 螺旋倾角及粒径对输送特性的影响

2.1.1 螺旋倾角对填充系数的影响

图 3 为 3 种不同粒径范围及螺旋倾角的粒煤在螺旋输送机中输送时填充系数的变化。可以看出:填充系数随螺旋倾角的增大而增大。本实验采用的填充系数(K_d)的测定方法为:在输送过程中,瞬间使电机停转,将螺旋输送机内部的粒煤取出,测量其体积 V_1 ,计算出螺旋套管内部空隙体积 V_2 ,则 $K_d = V_1/V_2$ 。实验过程中发现,随着螺旋倾角的增大,输送速率呈下降趋势,粒煤在输送过程中会发生严重的滑移现象,导致大量粒煤堆积在螺旋输送机的进料口附近,套管内粒煤增多,物料体积增大,故填充系数增大。

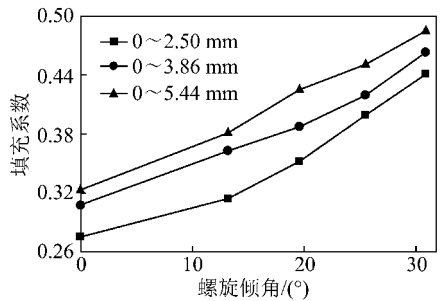


图 3 螺旋倾角及粒径对填充系数的影响

Fig. 3 Influence of angle and particle size on filling coefficient

本文所得出的实验结果与徐余伟等^[6]的研究成果相反,见表 2。徐余伟认为随着螺旋倾角的增大,填充系数取较小的值可以使输送过程中垂直于输送方向的附加物流减弱,能量消耗降低;反之,若填充系数取值较大,物料在圆周方向的运动比输送方向的运动强,导致输送速度的降低和附加能量的消耗。以上结论是研究者只考虑输送能耗所给出的设计数据,并不全面。在相关工艺过程中(如气化炉进料),若输送过程中的填充系数较小,会导致热烟气反窜,从而影响工艺过程的安全性。因此,填充系数不是设计者选取的,而是与输送物料的特性及螺旋输送机的结

构相关的。不同的输送条件下,设计者要进行试验研究或系统的计算以得出其填充系数。

表 2 螺旋倾角对填充系数的影响^[6]

Table 2 Influence of conveying angel to fullness coefficient

倾斜角度/(°)	0	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90
填充系数 K_d	0.50	0.46	0.46	0.42	0.40	0.38	0.36	0.35	0.35	0.32	0.32	0.30

2.1.2 粒径对填充系数的影响

由图 3 可以看出,填充系数随着平均粒径的增大而增大。粒煤的平均粒径越大,物料中粗颗粒越多,在倾斜输送过程中粒煤的滑移现象越严重,致使大量物料堆积在螺旋输送机的入口处附近,螺旋套管内物料增多,体积增大,故输送过程中的填充系数增大。

2.1.3 粒径对输送速率的影响

图 4 为 3 种不同粒径范围的粒煤在螺旋输送机中输送速率的变化。可以看出,随着粒煤平均粒径的增大,输送速率呈现上升趋势。螺旋输送机的输送速率计算公式^[2]为

$$Q = \frac{\pi[(D + 2\lambda)^2 - d^2]}{4} 60K_d S n K_\beta \rho$$

其中, Q 为输送速率, kg/h ; D 为螺旋直径, m ; λ 为螺旋外径与输送管内表面的间隙, m ; d 为螺旋轴直径, m ; S 为螺距, m ; n 为螺旋转速, r/min ; K_β 为倾斜输送系数; ρ 为物料密度, kg/m^3 。由公式可知,由于实验所用 3 种粒煤的物理性质基本相同,故倾斜输送系数 K_β 相近。但由 2.1.2 节可知,粒煤的平均粒径越大,填充系数 K_d 越大,且物料密度 ρ 越大,故其输送速率越大。

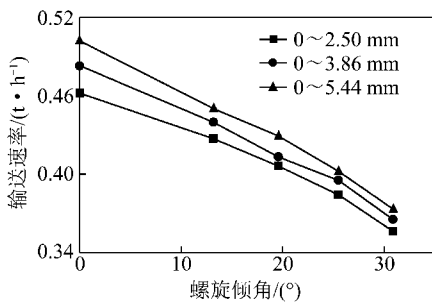


图 4 粒径对输送速率的影响

Fig. 4 Influence of particle size on screw velocity

2.2 外水分对粒煤螺旋输送特性的影响

2.2.1 外水分对粒煤螺旋输送速率的影响

图 5 为外水分对粒径为 0~5.44 mm 粒煤螺旋输送速率的影响。可知,粒煤的外水分越大,其螺旋输送速率越小。粒煤的外水分越大,物料中细颗粒煤粉之间的黏聚力越大,致使细颗粒煤粉相互黏结、团聚成颗粒团,故物料中细颗粒减少,颗粒团的流动性较差,在输送过程中会发生较为严重的滑移现象,且

颗粒团在输送过程中极易与大颗粒粒煤黏结或黏结在螺旋套管的壁面上,致使物料在螺旋套管内的有效流通面积减小,阻碍物料的正常输送,致使输送速率减小。

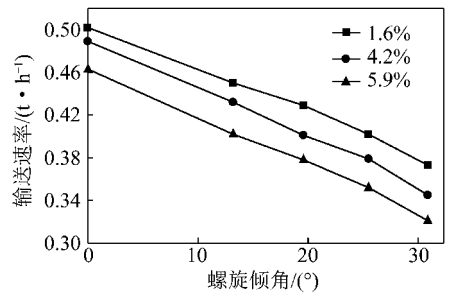


图 5 外水分对输送速率的影响

Fig. 5 Influence of moisture content on screw velocity

2.2.2 外水分对填充系数的影响

图 6 为外水分对粒径 0~3.86 mm 粒煤输送过程中填充系数的影响。可知,粒煤外水分越高,输送过程中的填充系数越大。当粒煤的外水分增大,物料中细颗粒煤粉之间的黏聚力增加,相互黏结、团聚成颗粒团,致使物料中细颗粒减少,粗颗粒和颗粒团的自身重力较大,在倾斜输送过程中容易发生滑移现象,导致进料口附近物料增多,螺旋套管内物料的体积增大,故输送过程中的填充系数增大。

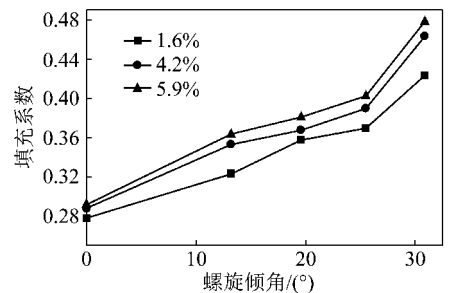


图 6 外水分对填充系数的影响

Fig. 6 Influence of moisture content on filling coefficient

3 结 论

(1) 粒煤在螺旋输送机中的输送速率随着平均粒径的增大而增大,随着粒煤外水分的增大而减小。

(2) 粒煤在螺旋输送机中输送过程中的填充系数随着螺旋倾角的增大而增大。

(3) 粒煤的平均粒径越大,其输送过程中的填充系数越大。

(4) 粒煤的外水分越大,其输送过程中的填充系数越大。

参考文献:

- [1] 陈汝超,陈晓平,蔡佳莹,等. 粒煤在补气料仓中的下料特性[J]. 煤炭学报,2011,36(2):331-335.
Chen Ruchao, Chen Xiaoping, Cai Jiaying, et al. Flow characteristics of granular coal from aeration silo[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(2):331-335.
- [2] 中国农业机械科技研究所. 实用机械设计手册(下)[M]. 北京: 中国农业机械出版社, 1985:524-532.
- [3] 黄石茂. 螺旋输送机输送机理及其主要参数的确定[J]. 广东造纸, 1998(3):27-31.
Huang Shimao. Screw conveyor mechanism and the main parameters [J]. Guangdong Pulp & Paper, 1998(3):27-31.
- [4] 邢苏宁, 李新平. 螺旋输送机的合理选型[J]. 煤矿机械, 2004(8):90-91.
Xing Suning, Li Xinping. The selection of screw conveyor [J]. Coal Mine Machinery, 2004(8):90-91.
- [5] 赵立新, 丁筱玲. 螺旋输送机的选型设计[J]. 农机化研究, 2006(9):103-106.
Zhao Lixin, Ding Xiaoling. Choose and scheme the type for spiral conveyor [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(9):103-106.
- [6] 徐余伟. 螺旋输送机设计参数的选择和确定[J]. 面粉通讯, 2008(5):21-24.
Xu Yuwei. The selection of screw conveyor design parameters [J]. Flour Milling, 2008(5):21-24.
- [7] 胡勇克, 戴莉莉, 皮亚男. 螺旋输送器的原理与设计[J]. 南昌大学学报(工科版), 2000, 22(4):29-33.
Hu Yongke, Dai Lili, Pi Yanan. Theories and calculation of the auger-type conveyor. [J]. Journal of Nanchang University (Engineering & Technology), 2000, 22(4):29-33.
- [8] 陈广富, 徐余伟. 陶瓷工业螺旋输送机设计参数的选择和确定 [J]. 陶瓷, 2008(11):47-52.
Chen Guangfu, Xu Yuwei. The selection of design parameters of ceramics industrial screw conveyor [J]. Ceramics, 2008(11):47-52.
- [9] 李振亮, 王文艳, 李亚. 定量螺旋给料机在粉洗盐生产中的应用研究[J]. 盐业与化工, 2007, 37(2):7-8.
Li Zhenliang, Wan Wenyan, Li Ya. Application and research on the quantitative spiral conveyor for the powdery salt production [J]. Journal of Salt and Chemical Industry, 2007, 37(2):7-8.
- [10] 赵敏. 粉状物料螺旋输送机结构的改进[J]. 矿冶, 2007, 16(4):69-70.
Zhao Min. Improvement on structure of screw conveyor for powder material [J]. Mining & Metallurgy, 2007, 16(4):69-70.
- [11] 毛有华. 过磷酸钙制粉系统螺旋输送机的技改[J]. 磷肥与复肥, 2010, 25(2):52-53.
Mao Youhua. Modification of the screw conveyor in pulverizing system for SSP [J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2010, 25(2):52-53.
- [12] 陈洪霞. 氯化镁螺旋输送机常见故障及改进[J]. 盐业与化工, 2006, 36(2):48-49.
Chen Hongxia. The regular problems and improvements of the screw conveyor during transporting $MgCl_2$ [J]. Journal of Salt and Chemical Industry, 2006, 36(2):48-49.
- [13] 师红梅. 螺旋输送机在制粉工艺上的改进[J]. 现代机械, 2005(6):89-90.
Shi Hongmei. The improvements of screw conveyor in the milling process [J]. Modern Machinery, 2005(6):89-90.
- [14] 陈广富, 徐余伟. 饲料螺旋输送机设计参数的选择和确定[J]. 饲料工业, 2008, 29(15):1-5.
Chen Guangfu, Xu Yuwei. The selection of design parameters for feeding screw conveyor [J]. Feed Industry, 2008, 29(15):1-5.
- [15] 陈宏涛. 脱墨浆高浓漂白用螺旋输送机的设计[J]. 造纸科学与技术, 2009, 28(3):76-78.
Chen Hongtao. Design of screw used in DIP high consistency bleaching [J]. Paper Science & Technology, 2009, 28(3):76-78.
- [16] Roberts A W. The influence of granular vortex motion on the volumetric performance of enclosed screw conveyors [J]. Powder Technology, 1999, 104:56-67.