

倾斜角度对带式输送机输送能力的影响

郭明敏

(中煤科工集团 沈阳设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110000)

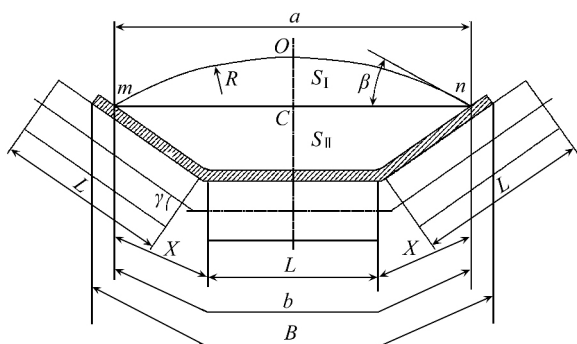
摘 要: 计算了带式输送机承载面输送带上物料的横截面积, 分析了输送带上物料动堆积角 β 对输送能力的影响; 通过实例计算得出, 带式输送机的倾角大小对运输能力的影响很小, 与《DTII 型固定带式输送机设计选用手册》中给出的结论有较大出入, 建议带式输送机设计工作者给予注意。

关键词: 带式输送机; 倾斜角度; 物料横截面积; 面积折减系数; 输送能力

中图分类号: TD528.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8397(2018)03-0038-04

1 输送机输送带上物料横截面积 S 的计算

带式输送机承载面输送带上物料横截面积由两部分组成(见图1): 一是上弓形面积 S_I , 二是梯形面积 S_{II} , 二者之和构成物料横截面积 S 。



γ —侧托辊槽角, ($^\circ$); b —胶带横向有效载料长度, m, $b = 0.9B - 0.05$; β —物料动堆积角, ($^\circ$); R —物料动堆积角表面弧线曲率半径; S_I —弓形面积, m^2 ; X —梯形斜边长, m; S_{II} —梯形面积, m^2 ; a —梯形上底边长度, m; S —总载料面积, m^2 ; L —梯形下底边长度, m; B —带式输送机带宽, m。

图1 三托辊槽形带式输送机载料横断面示意

(1) 计算上弓形面积 S_I

$$b = 0.9B - 0.05 \text{ (m)} \quad (1)$$

$$X = \frac{b - L}{2} \quad (2)$$

$$R = \frac{L/2 + X \cos \gamma}{\sin \beta} \quad (3)$$

$$S_I = \frac{\pi R^2 2\beta}{360} - R^2 \sin \beta \cos \beta$$

$$\text{即: } S_I = R^2 \left(\frac{\pi \beta}{180} - \frac{\sin 2\beta}{2} \right) \quad (4)$$

(2) 计算下梯形面积 S_{II}

$$S_{II} = (L + X \cos \gamma) X \sin \gamma \quad (5)$$

(3) 总物料截面积 S

$$S = S_I + S_{II} = R^2 \left(\frac{\pi \beta}{180} - \frac{\sin 2\beta}{2} \right) + (L + X \cos \gamma) X \sin \gamma \quad (6)$$

2 物料动堆积角 β 对输送能力的影响

从图1及公式(6)可以看出, 物料动堆积角 β 对物料横截面积具有一定影响。在其他参数不变的情况下, 若动堆积角 β 在 $5^\circ \sim 20^\circ$ 范围内变化, 则 β 每增加 5° , 断面积 S 约增加 10%。

物料动堆积角依赖于物料的流动性, 而物料的流动性取决于物料的粒度、外形、表面粗糙度、微细颗粒与大块物料的比例、物料湿度等特性。

当输送带通过每一组承载托辊时, 输送带上的物料会相应发生振动, 振动的激烈程度与

收稿日期: 2017-10-31 DOI: 10.16200/j.cnki.11-2627/td.2018.03.010

作者简介: 郭明敏(1984—), 男, 山西晋中人, 2007年毕业于太原科技大学机械制造及其自动化专业, 工学学士, 中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司矿山设备研究所工程师。

引用格式: 郭明敏. 倾斜角度对带式输送机输送能力的影响 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2018(3): 38-40, 45.

托辊质量、托辊生产质量、带式输送机带速、托辊间距有关。这种振动的结果使微细颗粒沉到底部,将物料堆积得更密实,而物料动堆积角也会因不断振动而变小。这也正是动堆积角会小于物料安息角的原因。物料动堆积角一般比安息角小 $5^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 。

3 倾斜角度对带式输送机输送能力的影响分析

带式输送机运输能力通过下式计算:

$$Q = 3600VS\rho K \quad (7)$$

式中: ρ 为物料堆密度, t/m^3 ; K 为倾斜输送机面积折减系数。

关于带式输送机倾角(上运或下运)对输送能力的影响,一般查阅《DTII型固定带式输送机设计选用手册》中“表32 倾斜输送机面积折减系数 K ”。但笔者认为此表给出的 K 值较大,与实际运量存在较大偏差,分析如下。

图1中的物料截面面积是带式输送机法向截面的面积。带式输送机水平状态运输时,该面积值最大。当带式输送机上运或下运时,图1中的物料覆盖宽度 b 并未改变,也就是下梯形面积 S_{II} 保持不变,只有上弓形面积 $S_{I'}$ 受倾斜角 θ 的余弦值影响而略有减少。图2的A-A剖视图即是图1。图2中虚线表示物料堆积表面弧线最高点连线,虚线下层的点划线是弓形与梯形交点之连线。

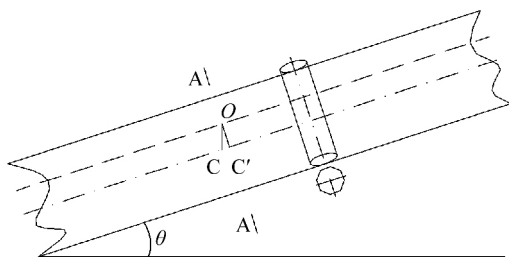


图2 倾斜带式输送机示意

图3中, $omcn$ 四点所形成的封闭区域为带式输送机水平状态时弓形面积 S_I ; 此时的动堆积角 β 也是水平状态时的动堆积角 β 。 $o'm'c'n'$ 四点所形成的封闭区域是法向截面形成的弓形面积。此弓形区域的 β' 角就是物料在法向截面中的动堆积角,从图3中明显可以看出 $\beta' < \beta$,弓形的高度由 h 变为 h' ,同样从图中观察到 $h' < h$ 。由图

2可得出: $h' = h \cos \theta$, 于是弓形 $o'm'c'n'$ 的面积 $S_{I'}$ 可求。由图1得:

$$\alpha = L + 2X \cos \gamma \quad (8)$$

$$h = \frac{\alpha}{2} \tan \frac{\beta}{2} \quad (9)$$

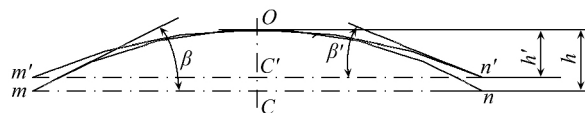


图3 A-A上弓形面积变化示意

于是:

$$h' = h \cos \theta = \frac{\alpha}{2} \tan \frac{\beta}{2} \cos \theta \quad (10)$$

又因为:

$$h'(2R' - h') = \frac{a^2}{4}$$

由此得:

$$R' = \frac{a^2}{8h'} + \frac{h'}{2} \quad (11)$$

$$\beta' = \arcsin \frac{a}{2R'} \quad (12)$$

将求出的 R' 、 β' 值代入(4)式。即可求出法向截面上的弓形面积 $S_{I'}$:

$$S_{I'} = R'^2 \left(\frac{\pi \beta'}{180} - \frac{\sin 2\beta'}{2} \right) \quad (13)$$

法向截面总载料面积 S' :

$$S' = S_{I'} + S_{II} \quad (14)$$

于是倾斜输送机面积折减系数 K 可由下式求出:

$$K = \frac{S'}{S} = \frac{S_{I'} + S_{II}}{S_I + S_{II}} \quad (15)$$

4 计算实例

假设带式输送机带宽 $B = 1.2$ m, 托辊槽角 $\gamma = 35^{\circ}$, 物料动堆积角 $\beta = 15^{\circ}$, 中辊长度 $L = 0.465$ m, 由(1)式得:

$$b = (0.9 \times 1.2 - 0.05) = 1.03 \text{ (m)}$$

由(2)式得:

$$X = \frac{1.03 - 0.465}{2} = 0.2825 \text{ (m)}$$

由(3)式得:

$$R = \frac{0.465 \times 0.5 + X \cos 35^{\circ}}{\sin 15^{\circ}} = 1.7924 \text{ (m)}$$

由(4)式得:

$$S_I = 1.7924^2 \left(\frac{15\pi}{180} - \frac{\sin 30^\circ}{2} \right) = 0.037908 \text{ (m}^2\text{)}$$

由(5)式得:

$$S_{II} = (0.465 + 0.2825 \cos 35^\circ) 0.2825 \sin 35^\circ \\ = 0.112843 \text{ (m}^2\text{)}$$

由(6)式得:

$$S = S_I + S_{II} = 0.037908 + 0.112843 \\ = 0.150751 \text{ (m}^2\text{)}$$

当胶带机倾角 $\theta = 18^\circ$ 时, 其面积折减系数 K 求取如下:

由(8)式得:

$$\alpha = 0.465 + 2 \times 0.2825 \cos 35^\circ = 0.92782 \text{ (m)}$$

由(9)式得:

$$h = \frac{0.92782}{2} \tan 7.5^\circ = 0.061075 \text{ (m)}$$

由(10)式得:

$$h' = 0.061075 \cos 18^\circ = 0.058086 \text{ (m)}$$

由(11)式得:

$$R' = \frac{0.92782^2}{8 \times 0.058086} + \frac{0.058086}{2} = 1.881584 \text{ (m)}$$

由(12)式得:

$$\beta' = \arcsin \frac{0.92782}{2 \times 1.881584} = 14.273623^\circ$$

由(13)式得:

$$S_{I'} = 1.881584^2 \left[\frac{14.273623\pi}{180} - \frac{\sin(2 \times 14.273623)}{2} \right] = 0.036041 \text{ (m}^2\text{)}$$

由(14)式得:

$$S' = S_{I'} + S_{II} = 0.036041 + 0.112843 \\ = 0.148884 \text{ (m}^2\text{)}$$

由(15)式得:

$$K = \frac{0.148884}{0.150751} = 0.9876$$

由计算结果可见, 带式输送机的倾角大小对运输能力的影响实际是很小的。《DTII 型固定带式输送机设计选用手册》中 18° 倾角时 $K = 0.85$ 的出入较大。

笔者查阅了影响较广且较有权威的美国 CEMA(输送设备制造商协会) 手册。该手册的结论是: 在上运或下运带式输送机中, 梯形面积

S_{II} 并不改变, 而由于受到输送机倾角余弦值的影响, 面积 S_I 将减小, 但是多数情况下, 实际输送能力的损失小于 3%, 该结论与上述推导结果基本一致。CEMA 手册还强调指出 “在倾斜带式输送机上块状物料从输送带边缘滚出的可能性与水平输送机基本相当”, 这也是无数工程所证实的。

5 结 语

在工程实践中, 往往因倾斜输送机面积折减系数 K 选取上的差异, 致使设计中带式输送机的带宽选取过大、带速过高, 造成投资上的浪费。如在上述计算实例中, 要求带式输送机的带速 $V = 4 \text{ m/s}$, 运量 $Q = 1700 \text{ t/h}$, 输送物料是原煤, 堆密度 $\rho = 0.9 \text{ t/m}^3$, 则由(7)式采用本文得出的倾斜输送机面积折减系数 K 得:

$$Q_1 = 3600 V S \rho K = 3600 \times 4 \times 0.15071 \times \\ 0.9 \times 0.9876 = 1929.5 \text{ (t/h)}$$

由(7)式采用《DTII 型固定带式输送机设计选用手册》中给出的倾斜输送机面积折减系数 K 得:

$$Q_2 = 3600 V S \rho K = 3600 \times 4 \times 0.15071 \times \\ 0.9 \times 0.85 = 1660.6 \text{ (t/h)}$$

可见, 如果倾角系数按实际值 “0.9876” 选取, 带式输送机带宽 B 选择 1200 mm, 已经满足设计要求, 其物料填充率为 $1700/1929.5 \times 100\% = 88.1\%$, 尚有 12% 的富余。如果倾斜输送机面积折减系数 K 按《DTII 型固定带式输送机设计选用手册》中 0.85 计算, 则带式输送机运量仅为 1660 t/h 且小于 1700 t/h。带式输送机带宽 B 选择 1200 mm 带宽已不能满足设计要求, 必须选择 1400 mm 带宽。所有配套件规格也相应要加大, 总投资相应增加。而且因设备自重增加, 无用功也增加, 致使永久性能耗加大, 运营成本提高。可见, 正确合理选择 K 值, 是带式输送机设计中一个十分重要的问题。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB50431-2008 带式输送机工程设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.

(下转第 45 页)

3 煤泥系统改造取得的效果

3.1 减少了处理跑粗事故所用时间

通过对煤泥系统跑粗问题的研究与分析,进一步优化了煤泥系统,大大减少了生产中处理跑粗问题的时间。煤泥系统技术改造后,经过1a的效果观察,2016年跑粗事故情况统计如表9所示。

表9 改造后的2016年煤泥系统跑粗情况统计

年份	各种程度跑粗次数			影响生产时间/h
	轻	中	重	
2016	4	3	0	8.5

改造前每年处理跑粗事故所用时间为23.7h,改造后所用时间为8.5h,改造前后相差15.2h,改造效果明显,说明改造获得成功。

3.2 减少了煤泥处理设备的磨损

当发生跑粗问题时,通过简单的阀门控制,将跑粗物料直接输送至粗煤泥系统或未煤系统重新进行分选,大大降低了跑粗物料对煤泥处理设备的磨损。

3.3 提高了原煤入洗量,经济效益明显

改造前,当发生轻、中度跑粗时,选煤厂处理量为正常处理量的50%;改造后,由于每年平均减少跑粗影响生产时间15.2h,则每年选煤厂将多入洗原煤21660t,精煤产率为65%,精煤售价500元/t,则取得的经济效益为: $2850 \times 15.2/2 \times 0.65 \times 500 = 703.95$ (万元)。

3.4 减轻了操作工人的劳动强度

煤泥系统优化改造后,减少了跑粗问题的影响时间,避免了改造前处理跑粗时对加压过滤机放料、用442扫地泵收至350高频筛等繁重劳动,大大降低了岗位操作人员的劳动强度。

4 推广应用前景

麻家梁选煤厂煤泥系统管路改造成功后,解决了因跑粗问题而导致选煤厂生产效率降低的问题,取得了良好的经济效益和社会效益。这一实践给同煤集团千万吨选煤厂提供了示范,特别是对多套系统的选煤厂或板框压滤机与加压过滤机联合使用的选煤厂提供了一定的借鉴。

参考文献

[1] 张燕飞,等.我国选煤厂浮选跑粗的现状研究[J].煤质技术,2011(5):58-61.
[2] 孟凡瑞.林西洗煤厂煤泥水系统的改造实践[J].选煤技术,2008(4):82-84.
[3] 姚文进.浅析粗煤泥的处理与利用[J].能源与节能,2015(4):176-178.
[4] 谢广元.选矿学[M].徐州:中国矿业大学出版社,2001.
[5] 郝晓红,赵选选.浅谈煤泥水系统的管理[J].煤质技术,2003(4):24-26.
[6] 姚传才,司凤芝.选煤厂新老煤泥水处理系统的对比[J].煤质技术,2003(4):37-39.
[7] 加强对煤泥水系统管理的几点体会[J].选煤技术,1973(2):28-40.

(上接第40页)

[2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 10595-2009 带式输送机[S].北京:中国标准出版社,2009.
[3] 黄大巍,李风,毛文杰,等.现代起重运输机械-工程机械设计与维修丛书[M].北京:化学工业出版社,2006.
[4] 王鹰.连续输送机设计手册[M].北京:中国铁道出版社,2001.
[5] 宋伟刚.通用带式输送机设计[M].北京:机械工业出版社,2006.
[6] 宋伟刚.散状物料带式输送机设计[M].沈阳:东北大学出版社,2000.
[7] 杨复兴.胶带输送机结构、原理与计算(上册)[M].北京:煤炭工业出版社,1983.
[8] 孙可文.带式输送机的传动理论与设计计算[M].北京:煤炭工业出版社,1991.
[9] 金丰民,王瑀,张荣建,等.带式输送机实用技术[M].北京:冶金工业出版社,2012.
[10] 机械工业部北京起重运输机械研究所.DTH型固定带式输送机设计选用手册[M].北京:冶金工业出版社,1994.
[11] CEMA. Belt Conveyors for Bulk Materials (Fifth Edition)[M]. USA: The Conveyor Equipment Manufacturers Association, 1997.
[12] 金丰民,等.滚筒组的选型与计算(I)[J].连续输送技术,1998(3):19-20.
[13] 金丰民,等.滚筒组的选型与计算(II)[J].连续输送技术,1998(4):2-14.
[14] 王锡法.长运距带式输送机运行阻力的计算与分析[J].煤矿机械,2000(5):5-6.