胶带机输送带异常磨损量的计算与控制

蔡 博[1],周文源[2]

(1. 中冶沈勘秦皇岛工程设计研究总院有限公司,河北 秦皇岛 066001;2. 上海外经集团(控股)有限公司,上海 200032)

摘 要: 针对企业生产中输送带的异常磨损进行了分析,结合现场实际,提出了一种以系统年度输送带异常磨损量为基准来计算胶带机输送带异常磨损的方法。该方法着眼于合理建立输送带消耗量的考核指标及胶带机系统之间输送带合理消耗量的比较,并且就输送带异常磨损的分类及其产生的原因与防护技术进行了阐述,以供同行参考。

关键词: 胶带机; 异常磨损量; 防护技术; 实际消耗量

中图分类号: TF046.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8764(2018)02-0010-04

doi: 10.13403/j.sjqt.2018.02.018

Computation and control of abnormal wear of conveying belt

Cai Bo[1], Zhou Wenyuan[2]

(1. *Shenkan Qinhuangdao General Engineering Design and Research Institute Corporation, MCC, Qinhuangdao* 066001, *Hebei*; 2. *Shanghai (Group) Corporation for Foreign Economic & Technological Cooperation, Shanghai* 200032)

Abstract The abnormal wear of conveying belt in enterprise production was analyzed, and in combination with the actual site conditions, a method for computing the abnormal wear of conveying belt with the abnormal wear of the systematic annual conveying belt as the reference was proposed. The method focuses on building test indexes of conveying belt consumption reasonably and comparison of reasonable consumption of conveying belt between the belt conveyor systems, and the classification and causes of abnormal wear of the conveying belt and its protection technologies were described for reference in the same industry.

Key words belt conveyor; abnormal wear; protection technology; actual consumption

1 前 言

目前,各企业在输送带年消耗量的成本考核中,往往忽略了系统中输送带总量对成本考核指标的影响,均以参考各系统前几年的年消耗量,按平均先进原则对各系统进行取值考核或者是按吨矿消耗量考核,对输送带的异常磨损都没有进行定量分析。这就使得不同工艺系统之间的输送带消耗水平无法进行令人信服的横向比较,高消耗者不会因此而感到存在不合理的高成本,低消耗者也拿不出令人信服的数据,来说明其合理低成本的存在。

按吨矿消耗量考核和按之前的年消耗量以平均先进原则取值考核是目前普遍采用的确定输送带消耗量合理水平的方法,在实践中两种方法又存在一定的局限性。为此,本文提出了一种新的输送带消耗指标评价方法,该方法能够更准确地找到输送带消耗量的合理水平、方便各子系统之间的比较、为企业对系统输送带消耗量的考核提供确定的参考依据。

2 计算输送带异常磨损量的新方法

新的计算方法是将一个工段、一个车间、一个工厂的输送带作为一个系统,把前者作为后者的子系统来研究,统计出各个系统输送带的总量和总价,这有助于评价系统输送带异常磨损量的

收稿日期: 2017-8-22

作者简介: 蔡 博(1960-),男,高级工程师,主要从事烧结、选矿工程设计工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

大小和分布情况，以及系统输送带运行成本对于各子系统的分配是否合理。

一个系统年度输送带的异常磨损量按下列公式计算:

$$\Delta Q = Q_{实} - Q_{正} \quad (1)$$

$$Q_{正} = M/T \quad (2)$$

$$M = \sum(S \times N)/10\,000 \quad (3)\ [1]$$

$$T = T_{运}/\eta \quad (4)$$

式中: ΔQ 为系统年度输送带异常磨损量，万元/a; $Q_{实}$为系统年度输送带实际消耗量(由现场统计得出) ，万元/a; $Q_{正}$为系统年度输送带正常磨损量，万元/a; M 为系统输送带总值，万元; T 为系统输送带平均寿命，a; S 为系统输送带面积，m^2; N 为输送带单价，元/m^2; $T_{运}$为系统输送带运行平均寿命，a; η 为系统输送带作业率，%。

公式中“系统输送带正常磨损量 $Q_{正}$”这一指标的建立，为企业确定输送带消耗指标建立了一个考核的下限。系统输送带运行平均寿命 $T_{运}$ 理论上为 4 a，这是某钢铁企业原料烧结系统取得的经验数据，其输送带上下层包胶主要分别为 3 mm、1.5 mm，其中包含了意外事故的损耗。

输送带运行成本的计算以采用不变价计算比较便于同一系统前后时间的对比，故在这套公式的运用中推荐采用不变价来计算输送带总值和输送带年度消耗量。

3　输送带异常磨损量计算法的应用

为了使该计算方法更好地应用于生产，以下主要对其应用的目的、方式与注意事项进行了阐述。

3.1　应用目的与方式

系统年度输送带异常磨损量 ΔQ 和系统年度输送带正常磨损量 $Q_{正}$ 可作为建立对系统考核指标的参照系。例如某烧结厂一年的输送带消耗数据见表 1。

表 1　某厂一年各车间及全厂运输胶带消耗指标

项　目	一烧	一原料	二烧	二原料	全厂
运输胶带面积(多层) /m^2	898	1 108	4 802	13 373	20 181
运输胶带总值 M/万元	38.98	48.09	208.42	580.37	875.85
年胶带消耗发生额 $Q_{实}$/(万元) · a^{-1}	9.51	11.91	66.31	79.46	167.19
系统年实际运行寿命 $T_{实运}$/a	3.69	2.62	1.89	2.63	
系统年理论平均寿命 T/a	4.44	6.15	4.21	6.67	
系统年正常消耗量 $Q_{正}$/(万元) · a^{-1}	8.78	7.82	31.27	52.21	100.08
系统作业率 η/%	90	65	60	36	
年异常磨损量 ΔQ/(万元) · a^{-1}	0.74	4.09	35.04	27.25	67.12

该公式应用的目的主要有以下三个方面:

3.1.1　用于评价子系统的考核指标

首先按公式(4) 计算出各系统年理论平均寿命 T，输送带总值 M 在运用这套方法之前需按公式(3) 提前统计好，然后按公式(2) 计算出各系统的年正常磨损量 $Q_{正}$，再用公式(1) 计算出各系统上年度的输送带异常磨损量 ΔQ。

输送带的异常磨损有些可采取一定的技术措施消除，有些则需要改变工艺条件(如长期的高温、高压、大负载、强冲击负荷等) 才能有效地消除，但改变工艺条件通常成本、代价会更高。因此，对这类的输送带异常磨损只好选择保留，在建立考核指标时予以考虑，适当放宽。放宽的方式为: 把有这类异常磨损的输送带从系统中拿出来单独计算，一是考虑其现有的寿命周期是多少; 二是考虑现有的技术手段能让其寿命提高到多少。总之，既要让它不能不受节制地消耗，又要让它能够维持正常的生产运转。例如: 一原料

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

车间的 G_1 和 G_2 输送带，出现了日历寿命只有48 d和49 d的情况，经运用异常磨损防护技术改造后，这两条输送带的寿命都延长到了十个月。那么，这两条输送带的消耗量就可以单独拿出来按十个月的日历寿命计算。若 G_1 和 G_2 的输送带总值 M 共2万元，则该总值需从车间输送带总值中扣除，其它输送带按正常情况计算，这2万元则按十个月的日历寿命计算。那么 G_1 和 G_2 一年的消耗量为：$Q_{正}=2$ 万元/10个月 $\times$ 12个月/a=2.4万元/a。则一原料车间的年度考核指标的计算为：$Q_{正}=(M-2)/T+2.4=(48.09-2)/6.15+2.4=9.89$ 万元。这就是一原料车间的输送带年度正常消耗量。若系统输送带无此类异常磨损，其考核指标的数值可确定在年正常磨损量 $Q_{正}$ 上，这就是该子系统的年度正常消耗量。

3.1.2 用于子系统之间的横向比较

各子系统输送带年实际运行平均寿命 $T_{实运}$ 可由以下公式计算：

$$T_{实运}=(M\div Q_{实})\times\eta \quad (5)$$

用公式(5)计算出的各子系统输送带年实际运行平均寿命 $T_{实运}$，其数值的高低即可反映出各子系统输送带的操作运行及维护水平。“系统输送带年实际运行平均寿命 $T_{实运}$”这一概念的建立，为子系统之间的横向比较提供了一个明晰而又便捷的途径，使企业对不同子系统的输送带运行操作水平的评价更加准确、及时。系统输送带年实际运行平均寿命 $T_{实运}$ 用作评价子系统输送带消耗水平的指标，不仅可用于不同子系统之间的比较，也可用于同一子系统前后的比较。

3.1.3 探寻系统降低输送带运行成本的努力方向

计算出各子系统的异常磨损量以后，便可清楚地掌握系统中输送带异常磨损量的分布情况，其有利于为降低输送带运行成本指明方向。在上面的例子中，各子系统的异常磨损量分别为：一烧0.74万元/a、一原4.09万元/a、二烧35.04万元/a、二原27.25万元/a。由此可知，降低二烧和二原子系统的异常磨损量是降低整体输送带运行成本的关键所在。

3.2 注意事项

3.2.1 “T”与“$T_{运}$”之间的差异

“平均寿命 T”使用的是日历时间，而“运行平均寿命 $T_{运}$”使用的是实际运行时间，而且这两个概念都有理论值和实际值之分。公式计算中，运行平均寿命 $T_{运}$ 的理论值为4 a，这是一个基准数值。平均寿命 T 的理论值为 $(4\div\eta)$ 年，用以确定系统的最低输送带消耗值。运行平均寿命 $T_{运}$ 的实际值 $T_{实运}$ 可作为子系统之间横向比较的数据。

3.2.2 年度正常消耗量的建立

为了更好地运用公式计算年异常磨损量，企业应注意输送带异常磨损量中有多大的量是需要改变工艺条件才能消除的。对于输送带这类型的异常磨损，在不改变工艺条件的前提下，我们目前的技术条件还不能消除，只能尽量减轻。对于这一类的异常磨损量，需将它和正常磨损量放到一起，合称为正常消耗量。企业建立经济责任制应把输送带消耗量的指标设在这个点上，而用吨矿费用等方法无法找到这个点。企业的输送带年度消耗量与年度正常消耗量之差就是企业输送带的年度异常消耗量，为了节约成本，这一部分应当尽量消除。

4 异常磨损的类型、成因及其防护技术

输送带的异常磨损通常指的是在非事故状态下，输送带的磨损量超过正常水平的状态。根据输送带异常磨损产生的不同原因，将其划分为四个类型，并给出了相应的防护技术措施。

4.1 输送带跑偏型

输送带跑偏是最常见类型的异常磨损，也是最难及时发现的异常磨损，其特点是突发性强，主要的损害部位是输送带的侧边部位，严重时可造成输送带的纵向撕裂。因此，及时调整输送带跑偏是消除这类异常磨损最有效的方法。鉴于现场操作人员所掌握的工具多为扳手、铲子、扫帚和绳子的现实情况，调整的方法主要有：①利

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

用皮带机尾轮调偏(常用于承载皮带整体跑偏时的调整)。当张紧尾轮左侧(或放松尾轮右侧)时,承载皮带向右侧偏移,偏移量与其张紧(放松)度正相关。反之,则皮带向左偏移;②利用调心托辊和前倾托辊调偏(常用于承载或空载输送带非整体跑偏时的调整)。调偏者面向皮带运行的下游方向,以此为前方,将调心托辊的调偏者所在一侧向前推,皮带将向另一侧偏移;将调心托辊的调偏者所在一侧向后拉,皮带将向该侧偏移。选择受力较大的托辊来调节,调节的效果较好,因此要"找力点";将调整点选择在跑偏点的上游,调节的效果较好且不易引发新的跑偏点,因此要"调上游"。皮带调偏不能要求一次成功,通常在调整前要先找好两个以上的调整点,逐步调正,过犹不及。

4.2　冷矿型

冷矿输送带异常磨损是因为矿槽、漏斗的挡板设置不当所致。目前,各设计院的设计规范中都没有规定挡板下沿与输送带表面的位置关系,而这一位置关系与这一类型的异常磨损量的大小密切相关。在现场,输送带表面有时会出现两条纵向的线性划痕,过一、两周,这两条线性划痕就变成了两串掉了表面覆盖胶的小孔,类似于葡萄串。若不及时更换,最后输送带就由一条变成了三条,其寿命最短者,只有 48 d 和 49 d。经分析,这一类型的输送带异常磨损产生的原因在于挡板设置过低,所输送的硬质物料被卡在挡板与托辊之间无法通过,对输送带造成划伤。众所周知,挡板的作用是防止物料散落,挡板设置过高则起不到其作用。因此,挡板底部与输送带承载面的位置关系存在一个平衡点。这个平衡点既要有效地防止物料散落,又不能造成输送带的异常磨损,还不能引发堵料等事故。

根据经验,平衡点应设置为:挡板底部与其正下方输送带承载面的高度应当是该输送机所输送的粒度最大的硬质物料粒度上限的 1.5 到 2.5 倍。挡板升高后,为了防止物料散落,挡板宜适当收窄,以安息角最小的物料不散落为度。挡板收窄后,堵料的风险加大,为了减轻这种风险,出口侧的挡板宜适当升高,以其两侧的挡板加高、加长来防止物料散落。

4.3　热矿型

热矿型输送带异常磨损产生的根源在于高温,在高温下,粒子的活动性加剧。常温下不明显的输送带异常磨损状态在高温下其异常磨损量随着温度的升高剧增。防止此类型的输送带异常磨损最有效的办法就是降温。然而,高温环境的产生往往由工艺条件造成,在不改变工艺条件的情况下,通常都不能降为常温。所以对于这一类型产生的输送带异常磨损量,只能设法尽力降低,而无法消除。

在输送高温硬质物料(如焦炭、烧结矿等)的输送机中,有的输送带异常磨损特别严重,经观察发现,上下游输送机输送方向垂直时,下游输送机输送带的异常磨损都特别严重。其原因主要是因为:在这种情况下,物料在下游输送机输送方向上的初速度为零,在瞬间由摩擦力带动被输送的物料与输送带同步运行,其加速度为无穷大,由此产生的摩擦力也就是无穷大(F = ma)。常温下这种情形对输送带的异常磨损还不太明显,但在高温下其对输送带的异常磨损则相当严重。为了减少这一异常磨损,现场对漏斗作了改造,使物料在交接的过程中产生一个与下游输送机运行方向相同的初速度,以此来降低高温物料与输送带的摩擦力,输送带的异常磨损现象改善明显。但是高温烧结矿对漏斗的磨损加剧,最后通过对漏斗作阶梯形改造才最终解决问题。

4.4　折叠型

有一种输送机的承载托辊是两段的喇叭形托辊,其优点是防跑偏性能优异,但由于受力最大的输送带中间部位没有托辊承重,当输送量较大时,输送带承受的正压力也较大,输送带在没有托辊承重的中间部位塌陷,在每组承载托辊处塌陷,输送带就被反复折叠,时间一长,在输送带中间部位大约有托辊间隙宽度的一条线被损坏,导致输送带报废。应对这种情况,前倾托辊所需的改造成本比较大,如果暂时拿 (下转第 58 页)

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

增;改造后的组合袋式除尘器由于壁面作用和导流板的均流作用,其内部流量场更加均匀,烟气在袋室分布也更加均匀。

6 结 论

通过分析模拟结果,所得结论如下:

(1)模拟结果表明,在较高的出口负压作用下,原旋风袋式除尘装置滤袋破损的原因是由于高速烟气对滤袋的直接冲刷作用所致。

(2)改造后的组合袋式除尘器先利用惯性、重力作用除去活性炭大颗粒,再利用导流板均流作用和充分的烟气扩散空间使袋室获得了低速而均匀的烟气分布,且运行效果良好。

(3)通过对比改造前后的流量分配系数变化特点可知,改造后的组合袋式除尘器获得了较好的内部流场,同时也反应出了原旋风袋式除尘器和组合袋式除尘器各自花板孔的流量分配与各自花板孔的位置关系。

7 致 谢

由衷的感谢中冶长天提供的这次校企联合培养,以及在本文模拟、书写过程中提供的指导、帮助和工程相关的资料信息。

参考文献

[1] 张殿印,王纯. 脉冲袋式除尘器手册[M]. 北京:化学工业出版社,2011:498-590.

[2] 张世刚,段向军,马云鹏. 袋式除尘器的应用及展望[J]. 机械工程与自动化,2011,(6):198-200.

[3] 刘再新,陈添乐. 烧结环境除尘超低排放技术研究及生产应用[J]. 烧结球团,2016,41(3):57-61.

[4] Saleem M,Krammer G,Khan R U,et al. Influence of operating parameters on cake formation in pilot scale pulse-jet bag filter[J]. Powder Technology,2012,224(1-2):28-35.

[5] Andersen B O,Nielsen N F,Walther J H. Numerical and experimental study of pulse-jet cleaning in fabric filters[J]. Powder Technology,2016,291:284-298.

[6] 陈家庆,俞接成,刘美丽,等. ANSYS FLUENT 技术基础与工程应用[M]. 北京:中国石化出版社,2014:100,238-251.

[7] 崔洁,陈雪莉,龚欣,等. 径向入口结构的旋风分离器内三维流场的数值研究[J]. 高校化学工程学报,2010,24(3):388-394.

[8] 朱红均,林元华,谢龙汉. FLUENT 12 流体分析及工程仿真[M]. 北京:清华大学出版社,2011:89.

[9] 毛锐,刘根凡,邓翔,等. 布袋除尘器结构改进的数值模拟研究[J]. 环境工程,2015,33(3):77-81.

[10] 张立栋,王坤玉,薛长智,等. 袋式除尘器内流量不均匀性的数值研究[J]. 电站系统工程,2013,29(4):21-22.

(上接第13页)

不出改造资金,可采用适当增加输送带线层数的办法来应对。当输送带的线层数增加时,其刚性增加,被折叠的程度减轻,达到有效地防止此类异常磨损发生的目的。增加输送带的线层数会增加输送带的成本,因而输送带线层数的增加仅以防止折叠为度。这种托辊在冶金行业已很少见了,但在陶瓷行业尚有使用。

5 结束语

(1)本文提出了一种以系统年度输送带异常磨损量为基准来计算胶带机输送带异常磨损的方法。该方法能够更准确地找到输送带消耗的合理水平,方便各子系统之间的比较。

(2)掌握企业输送带异常磨损的总量和需要改变工艺条件(如长期的高温、高压、大负载、强冲击负荷等)才能有效消除的输送带异常磨损的量,有利于企业准确地制定输送带消耗的考核指标,有利于企业节能降耗。

(3)只有让现场的人员全面掌握输送带异常磨损防护技术,才能以最低的成本、及时地处理现场的突发情况,及时而有效地消除异常磨损。

参考文献

[1] 北京起重运输机械设计研究院,武汉丰凡科技开发有限公司. DTⅡA 型带式输送机设计手册[M]. 北京:冶金工业出版社,2013:33-34.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net