

文章编号: 1005 - 8893 (2006) 02 - 0061 - 04

我国气垫带式输送机的现状与发展

宋瑞宏¹, 倪新跃², 郑晓林¹, 张锁龙¹, 庞明军¹

(1. 江苏工业学院 机械工程系, 江苏 常州 213016; 2. 吴江市江达输送机械有限公司, 江苏 吴江 215217)

摘要: 介绍了气垫带式输送机的工作原理和国内外发展现状; 与普通带式输送机相比, 气垫带式输送机所具有的主要特点和常用的结构形式以及设计气垫带式输送机的关键技术和未来的发展趋势。

关键词: 气垫带式输送; 现状; 发展

中图分类号: TH 222.01

文献标识码: A

Current Situation and Development of Air Cushion Belt Conveyor

SONG Ri - hong¹, NI Xin - yue², ZHENG Xiao - lin¹, ZHANG Suo - long¹, PANG Ming - jun¹

(1. Department of Mechanical Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China)

Abstract: In this paper, the working principle and development, domestic and overseas, of air cushion belt conveyor are introduced. The comparison of air cushion belt conveyor with the general belt conveyor, the characteristics and structure of air cushion belt conveyor are presented. And the key technology of designing air cushion belt conveyor and development in future are analyzed.

Key words: air cushion belt conveyor; current situation; development

气垫带式输送机是用薄气膜支承输送带的带式输送机。它将托辊带式输送机的托辊用带孔的气室代替。其工作原理为: 通过小型离心式风机 (2.2 ~ 18.5 kW) 将具有一定压力的空气流送入气室, 气流经过盘槽上的排气小孔, 进入胶带与盘槽之间。由于空气具有一定的粘性, 在其流经胶带与盘槽之间的过程中, 便形成了一层薄而稳定的气膜 (俗称气垫)。这层气膜将胶带及其上的物料浮起, 同时还起到润滑剂作用, 使输送带与托辊间的滚动摩擦变为输送带与盘槽间以空气为介质的流体摩擦, 减小了运行阻力。当驱动电机启动后, 胶带便围绕着滚筒运行, 输送物料。这样, 把按一定间距布置的托辊支承变成为连续的气垫支承, 较托辊带式输送机有很多优点。双气垫带式输送机的结构简

图如图 1 所示。

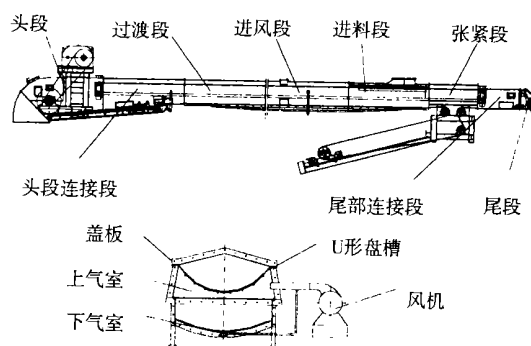


图 1 双气垫带式输送机结构简图

Fig. 1 The sketch of all air cushion belt conveyor

1 国内外发展现状^[1~4]

收稿日期: 2006 - 02 - 27

作者简介: 宋瑞宏 (1969 -), 男, 江苏泗阳人, 硕士, 工程师, 主要从事机械制造方面的研究。

1.1 国外的发展与应用

气垫带式输送机是 70 年代荷兰首先研制成功的。世界上第一台小型气垫输送机的带宽为 500 mm, 机长约 13 m。经过运转, 取得了托辊胶带输送机难以达到的指标, 如摩擦系数降低到 0.02 ~ 0.002。之后, 荷兰的 Sluis 公司开始制造气垫带式输送机。近年来气垫带式输送机日益引起人们的重视, 美国、英国、俄罗斯、日本和加拿大等国都在加紧研制和生产, 有关气垫带式输送机的专利已有几十项。发展初期多用于输送面粉、谷物和木屑等密度较小的散状物料, 后来开始用于输送磷酸盐、矿石等密度较大的散状物料, 并逐步向长距离、大运量方向发展。目前, 美国的 TRAMCO 公司、法国的 STOLZ 公司都成功研制出了智能化高效节能型气垫带式输送机。

1.2 国内的发展与应用

由于气垫带式输送机具有很多优点, 引起了国内科研、设计、高等院校等单位的极大兴趣。1985 年北京煤炭规划设计总院与太原重型机械学院、合肥煤研所、东北大学和河南省的鹤壁市太行机械厂等单位, 联合开发这项新技术, 对气垫带式输送机领域进行了深入的研究。1986 年 12 月通过国家原机械委、煤炭部、河南省科委的联合鉴定。并在北京矿务局王平村煤矿安装了国内自行设计的第一台大型气垫带式输送机。当时原煤炭部批准了鹤壁市太行机械厂为生产气垫带式输送机的重点厂家。他们的产品经 30 多个使用单位生产运行证明, 该产品结构合理, 制造设备精良, 激光检测手段先进, 操作方便、运行良好, 值得推广。

1991 年元月, 焦作市火力发电厂 (装机容量 20 万 kW) 的输煤系统, 在河南鹤壁市太行机械厂的协助下, 进行了改造, 将 4 台托辊胶带输送机改装为气垫胶带输送机, 总长 522 m, 其中最长的一台为 186 m。

2003 年江苏吴江市江达输送机械有限公司研制成功了 TRJBC 双气室大吨位高效节能型气垫带式输送机, 该输送机在大吨位、高带速的基础上, 增加了智能化控制系统, 且采用了双气垫结构, 达到了节能、运行平稳的效果, 该技术达到了国际先进水平, 通过了江苏省科技厅的技术鉴定 [鉴字 2004] 第 436 号, 应用该技术生产的双气垫带式输送机已在张家港、广西钦州港等得到应用。

目前, 国内已有多个厂家生产气垫带式输送机, 煤炭、电力、冶金、化工、农业以及港口码头等, 应用这种输送机已形成一定的规模。

2 主要特点及结构形式

2.1 气垫带式输送机的主要特点

(1) 运行阻力小、能耗低。一般地, 通用带式输送机的模拟摩擦阻力系数为 0.015 ~ 0.035, 而设计制造良好的气垫带式输送机的模拟摩擦阻力系统为 0.006 ~ 0.012, 阻力减少约 3 成。水平输送的气垫带式输送机驱动装置能耗加风源能耗比通用带式输送机减少 10 % ~ 30 %, 节能效果比较显著。

(2) 承载面积增大。在相同槽角下, 气垫带式输送机与通用带式输送机的承载断面面积基本相等, 但由于气垫带式输送机可采用较大的槽角, 故在相同带宽下可提高承载断面面积。

(3) 运行平稳, 工作可靠, 适用范围广。由于气垫带式输送机的胶带浮在气膜上, 运行十分平稳, 所以物料不会撒落, 从而消除了因物料撒落引起的撕毁胶带事故。

(4) 胶带不跑偏, 寿命长。气垫带式输送机的气室找正后, 不存在上分支的跑偏分力问题, 因该机的气孔均垂直于盘槽表面, 由气孔中流出的气体压力取决于物料的压力。当输送机跑偏时, 输送机中心线两侧的气体向中心线方向的推力发生变化, 其合力和跑偏方向相反, 将输送带向回推移, 从而避免了输送带跑偏。由于输送带浮在气膜上, 而不与支承的装置接触, 将原来与托辊间的滚动摩擦变成与以空气为介质的流体摩擦, 从而减小了承载输送带的张力和运行阻力, 也减小了相同情况下对输送带的强度要求和所需的驱动功率, 同时也相应提高了胶带的使用寿命。

(5) 维修费用低。由于采用气室代替托辊, 易损件减少 50 % 以上, 又因杜绝撒料造成的撕带, 所以明显地减少维修费。若带式输送机的使用寿命为 5 年, 则每千米输送机每年可节省托辊维修费用 10 万元以上。

(6) 减少污染, 改善了工作环境。由于气垫带式输送机的转动部件大大减少, 所以振动噪音明显下降。加之运行平稳, 不撒物料, 改变了车间胶带走廊内的工作环境, 减少了日常清理撒落物料的劳动, 减少了污染, 保护了工人身体健康, 深受工人的欢迎。

(7) 可实现密封运输, 减少皮带走廊的投资。

气室上加盖可以实现密封运输, 因此它可以用在露天运输而节省皮带走廊的基建费用, 还可满足特殊要求全封闭输送的场合。

2.2 气垫带式输送机的结构型式

2.2.1 半气垫型

如图 2 所示, 本结构的上部承载结构为气室, 下部仍采用回程托辊。该结构为国内使用最广泛的结构, 也是 DD 系列设计选定的基本结构型式, 主要适用于室内和有输送机走廊等的场合。

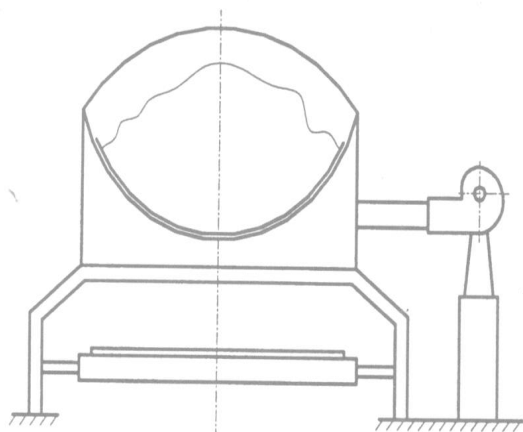


图 2 半气垫带式输送机结构简图

Fig. 2 The sketch of half air cushion belt conveyor

2.2.2 全气垫型

如图 1 所示, 本结构是在承载和回程分支均采用气垫支承。它能充分体现气垫带式输送机的优点, 但设备制造较高, 质量较重。

3 关键技术

3.1 气流流向理论^[5]

第一代气垫带式输送机所依据的扇形气流流向理论只考虑了气流横向和纵向的两种速度, 忽略了气流高速喷出受到胶带的垂直阻挡向四周迅速扩散的运行状态。实验证明, 这是气流流动的主导流向。显然, 扇形气流流向理论未能抓住气流的主要流向, 设计参数有一定的局限性。例如, 节流孔孔距与排距布置不够合理, 风压和流量匹配不良, 气箱结构不科学等。针对此类问题, 有关研究人员经过研究, 得出了水波纹气流流向理论, 并根据这一理论进行了新型气垫输送机设计, 取得了可喜的成果。根据流体力学原理, 盘槽与胶带之间的空气膜可近似视为平行圆板间隙径向层流。由于节流孔孔径很小, 只有 2~5 mm, 当具有一定压力的空气从节流孔高速喷出时, 气体分子具有很大的动

能, 加上气体分子的多向异速自由运动十分活跃的特性, 受到胶带正面阻挡后, 必然会向周围迅速扩散。受阻的气流, 恰似雨滴落在湖面上, 迅速形成水波纹气流向四周扩散, 连绵不断。与此同时, 还将受到周围节流孔高速喷出的气流扩展气波的影响, 气膜相互重叠, 从而形成气垫层。只要排距和孔距设计合理, 气箱内气体的压力与节流孔孔径匹配得当, 风机的风量和风压选择合理, 便会形成均匀稳定的气垫层 (如图 3 所示)。

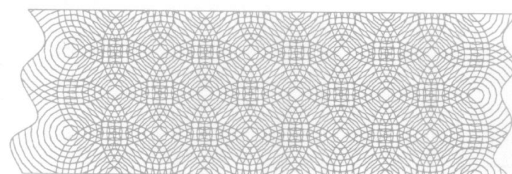


图 3 水波纹气流流向理论示意图

Fig. 3 The sketch of theory of water wave airflow

水波纹气流流向理论比较全面地考虑了气垫形成的诸多因素, 客观地反映了气垫形成的机理, 为耗气量、风量、风压、气垫厚度等设计参数的选定提供了新的理论基础, 为节流孔的布置提供了新方法。该理论还需进一步探讨, 以使之能更贴近实际。

3.2 节流孔布置技术

节流孔布置方式对气垫带式输送机的技术性能影响极大。第一代气垫带式输送机存在的气垫均匀稳定性较差, 不能直接进行重载起动或重载起动困难, 节能效果不明显等问题都与节流孔布置不尽合理密切相关。研究出一套新型的节流孔布置方法, 对提高气垫的均匀稳定性, 从而提高气垫层的承载刚度和超载能力, 具有重要的现实意义。

3.3 盘槽边角的设计技术

第一代气垫带式输送机采用一次槽角设计法, 气箱断面形状不合理, 装料断面偏小。尤其是盘槽与气箱侧板斜面不能紧密贴合, 焊接应力大, 焊接变形超差, 致使气垫的均匀稳定性差 (第一代产品可听见气流的啪啪声, 就是气垫均匀稳定性差的突出表现)。目前, 第二代气垫带式输送机大多采用了二次盘槽边角设计法 (见图 4 所示), 气箱断面形状适应了流体的运行工况, 科学合理, 装料断面大, 提高了输送能力, 提高了运行的平稳性和可靠性, 特别是克服了第一代气垫带式输送机胶带严重擦边, 致使盘槽和胶带磨损较多的不良现象, 从而可延长胶带的使用寿命 2~3 倍。而盘槽边角的角

3.4 气箱制造技术

目前, 气垫带式输送机的气箱断面形状主要有月牙形和双圆弧形两种形式, 气室形状对气膜静压的平衡, 能量的损失, 以及形成的气膜稳定性有直接的影响。而气箱与气箱之间的连接牵涉到是否操作方便、密封是否可靠等问题, 目前, 有采用焊接的, 有采用内法兰连接的。具体情况要根据应用场合而定。

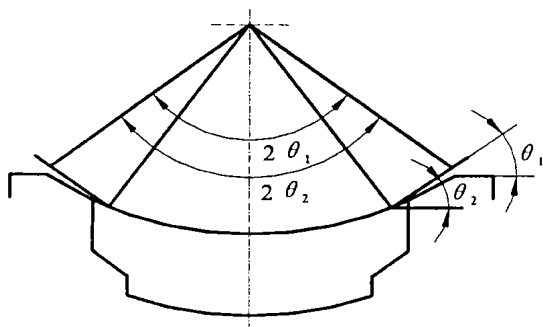


图 4 二次盘槽边角设计法示意图

Fig. 4 The sketch of quadric angle of slot

3.5 自动张紧技术

拉紧装置是保证气垫带式输送机正常工作的重要部件, 在确保输送机中最小初拉力能满足挠度要求的条件下, 驱动滚筒趋入点和奔离点的张力比应为定值。大型带式输送机所用的张紧装置必须满足以下技术要求: 自动调整拉紧力 能随着输送带张力变化而能自动地调节张力与张紧行程, 始终保持输送带所规定的挠度, 并使驱动滚筒趋入点和奔离点的张力比应为定值。响应速度快 响应速度快慢是衡量拉紧装置性能好坏的重要标准。不能出现死区 即拉紧滚筒作反向移动时, 不至于产生张力的突然变化。国内的拉紧装置能做到自动调节拉紧力, 但响应速度不快、可靠性不高, 与国外还有很大的差距, 有待进一步研制开发。

3.6 可控启动技术

可控启动就是软启动, 即在设定的启动时间内, 通过控制输送带启动加速度值, 来确保输送机按所要求的启动速度曲线平稳启动, 并达到额定速度; 同时使启动电流与启动张力控制在允许范围内。气垫带式输送机适当的启动速度(加速度)特性, 应经动态分析才能确定。根据我国有关标准规定, 启动加速度不得大于 0.3 m/s^2 。采用可控启动, 可使输送带初张力下降大为减小, 保证输送带不打滑, 并能取得很好的动力学效果。可控启动技

术是大型带式输送机的关键技术, 已成为气垫带式输送机是否达到技术先进的标志之一。目前, 江苏吴江市江达输送机械有限公司在此方面投入了较多的研究, 取得了初步成效, 应用效果比较理想。

4 发展趋势

(1) 大型化、提高运输能力 为了适应高产高效集约化生产的需要, 气垫带式输送机的输送能力要加大。长距离、高带速、大运量、大功率是今后发展的必然趋势。在今后的 10 年内输送量要提高到 $3\,000 \sim 4\,000 \text{ t/h}$, 带速提高至 $3 \sim 5 \text{ m/s}$ 。

(2) 提高元部件性能和可靠性 设备开机率的高低主要取决于元部件的性能和可靠性。除了进一步完善和提高现有元部件的性能和可靠性之外, 还要不断开发研究新的技术和元部件, 如高性能可控软启动技术、动态分析与监控技术、高效贮带装置等, 使带式输送机的性能得到进一步提高。

(3) 扩大功能, 一机多用化 气垫带式输送机是一种理想的连续运输设备, 但有不能充分发挥其效能的可能。如将其结构作适当修改, 并采取一定的安全措施, 就可拓展运人、运料或双向运输等功能, 做到一机多用, 使其发挥最大的经济效益。

(4) 开发专用机种 中国煤矿的地质条件差异很大, 在运输系统的布置上经常会出现一些特殊要求, 如弯曲、大倾角直至垂直提升等。而这些场合常规的气垫带式输送机是无法胜任的。为了满足煤矿的某些特殊要求, 应开发特殊型气垫带式输送机, 如大倾角或垂直提升输送机等。而在输送化工、食品、建材、粮油和饲料等产品时, 必须面临的问题是污染: 外界环境对输送物的污染和输送物对外界环境的污染, 这种场合就需要使用专用的全封闭式输送机, 但密封效果还有待进一步提高。

参考文献:

- [1] 宋伟刚, 彭兆行. 气垫带式输送机的设计与计算 (I) [J]. 矿山机械, 1994, (6): 12 - 15.
- [2] 白建新. 气垫带式输送机的发展与应用 [J]. 中州煤炭, 1996, (5): 32 - 35.
- [3] 运输机械设计选用手册 (下) [M]. 北京: 化学工业出版社, 1999.
- [4] 曾晨, 孟文俊. 气垫带式输送机 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [5] 文婷, 文灿湘, 牟清华. 第二代气垫带式输送机主要创新技术 [J]. 港口装卸, 2002, (5): 31 - 33.