

采暖通风空调(HVAC)同步传动带设计

Oman B 著 瞿光明摘译

中图分类号: TQ336.2 文献标识码: B 文章编号: 1000-890X(2000)05-0283-05

同步传动带的优点之一是效率很高。动力传输系统的效率是与电动机、轴承和传动带传动相关联的动力损失的度量尺度,而任何动力损失都是金钱的损失。如果将系统损失减到最小,传动作业的费用也将减到最小。在近些年里,效率更高的电动机常常是由原配厂选用,以降低动力损失。即使换用了高效率电动机,如果不选择最有效率的传动装置同时替换,其优势也可能无法发挥。同步传动带能量效率比 V 带更高,提供了一种改进整个系统效率且成本效益更佳的方法。

效率计算公式如下:

效率 = 功率输出 / 功率输入 = (转矩输出 × 转速输出) / (转矩输入 × 转速输入)

正如这个公式所显示的,传动带传动的能量损失可以被分成两类:转矩和转速。围绕链轮或者传动槽轮弯曲传动需要能量,造成转矩损失。诸如热量(由于摩擦所致)一类能量损失也引起转矩损失。

V 带传动速度损失是传动带滑动和蠕动的结果。传动带打滑是不言而喻的。随着传动带自松弛侧向拉紧侧移动,伸长或者拉伸时发生蠕动,这使传动带离开传动槽轮时的时间比它进入时要稍微长些。

因为 V 带断面厚度通常比同步传动带大,故它们围绕传动槽轮弯曲时要使用更多能量。另外,V 带与传动槽轮通过楔入作用运转,从而产生摩擦。这个楔入作用导致的热损失通常比同步传动带带齿进入和离开链轮齿槽产生极微的摩擦更大。特别是维护不佳时,V 带传动必然打滑,引起更高的生热和能量损失。同步传动带依靠紧密啮合原理而不会打滑。因此,V

带传动必然在传动速度上出现递减,而同步传动则不会。

V 带传动在刚安装好时可以以高达 95%~98%的效率运行,但是即使维护适当,仍会在操作运行中恶化,差不多要降低 5%。维护不佳的 V 带传动效率会降低 10%。同步传动带在其整个寿命期内能量效率可保持在 98%左右。图 1 所示的是 V 带和同步传动带效率的比较。

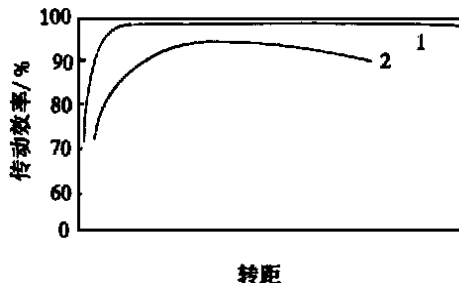


图 1 V 带和同步传动带的效率比较

1—同步传动带(97.8%); 2—V 带(94%)

使 V 带保持适当张力,对 V 带效率最佳化至关重要。可是很少有传动维护保养能达到使传动带张力保持在最适宜水平的程度。随着时间推移,V 带张力降低会达到这样的程度:如果不适当重新调整张力,传动带会打滑而影响效率。

同步传动带即使需要重新调整张力,也是很小的,这是由于它们的定伸应力高、帘布拉伸伸长低的原因。举个例子,2 450 mm V 带在其寿命范围内中心距离大致要张紧 38.1~63.5 mm,而同步传动带则仅需张紧 1.02 mm。

同步传动带效率不仅总是比 V 带高,而且伸长极微的特性还大大减少所需要的维护量和费用。维护量小又进一步为最终用户节省了费

用。

1 HVAC 传动设计考虑

虽然 HVAC 方面的应用是向同步带传动转换的一个自然选择,但必须注意应保证该 HVAC 装置是进行这种转换的好的选择对象。空气调节处理设备通常是由原配厂家设计而自然采纳 V 带传动的。下面列出一些容易遵循的指导方针,以便在选择这种转换的对象时识别好坏。

许多空气调节处理装置的结构不特别牢固。对于 V 带传动,这不是一个主要担心点。可是同步传动带对支架强度不够引起的中心距离变动却很敏感。这在需要交流电动机提供 150%~200% 额定功率启动的条件下特别重要。在这些条件下, V 带很容易打滑,如同离合器一般,实际上在启动时被锁定在转矩峰值上了。然而,同步传动带不会打滑,但必须传输更高的启动转矩。如果中心距缩小得很厉害,就足以使同步传动带倒齿,并可能同时损毁传动带和电动机或风机。

在检查一传动装置可否转用同步传动带时,可把传动装置关闭并安全地刹住,用一种简单的方法检验:在跨度中部抓住二传动带,并把它们推到一起,同时注意其运动情况,留心是否可看到电动机或中心距离有相对运动,若有,则该传动装置多数可能结构强度不够。结构需要加强才能从同步传动带传动获得最高性能。

这种转换的最佳选择对象是那些电动机牢固地安装在风机安装支架系统一部分的安装支架上的情况。

常用配置是电动机安装在风机上面。

电动机和风机牢固地安装在同一个框架上是一个换用同步传动带的良好选择对象,全套装置(包括电动机和风机)都安装在隔绝振动的垫座上。如果电动机和风机是各自独立地安装在它们自己的隔振弹簧上,其中心距离将在运行时发生变化,结果造成同步传动带过早磨损和损毁。

电动机安装在装有风机的钢板箱上时,系统一般不是非常牢固。钢板箱的内部应小心地

加以检查。如果没有结构部件,通常需要补加,用如角铁那样简单的增强部件,设置在能够牢固地支持电动机安装部件的位置处,才能将这类传动转换为同步传动带传动。

双螺栓电动机基础是使用同步传动带理想的选择对象,因为这更容易调整和对准,也更保险。单螺栓电动机基础会造成电动机偏移而降低整个同步传动带传动性能。

2 HVAC 装置启动负荷特性

2.1 全负荷启动

在评估传动装置可否换用同步传动带时,启动负荷是重要的令人担忧之处。同步传动带传输全部启动转矩,而在这种场合如果负荷过大, V 带传动可能打滑。由于风机惯性,启动负荷可能达到标准操作负荷的 150%~200%。当传动装置必须在时常反复地周期开和关的系统中作业的时候,显然更加令人担忧。连续运行的传动装置仅仅遇到间歇启动负荷的情况,故对高启动负荷和结构薄弱组合在一起的情况不那么易受影响。在评估一传动装置的时候,要考虑启动负荷这点至关重要。

如果结构薄弱,高启动负荷更进一步对同步传动带传动装置的性能产生不良影响。可用安培计来比较启动电流强度和稳定运行时的电流强度。如果启动电流强度为稳定状态的 1.5~2 倍,应细心对结构进行检查,以保证它有足够强度,防止合理的中心距离在启动时被破坏。可把传动装置关闭并安全地刹住,用一种简单的方法:在跨度中部抓住二传动带并把它们推到一起,同时注意其运动情况,留心看该结构内电动机或中心距离是否有相对运动。

2.2 受控启动

如果空气调节处理装置有启动峰值坡度小或变频(交流变频器)控制,对于任何传动带传动装置来说都具备了理想的启动条件。风机将缓慢地沿峰值斜坡加快速度,随着速度加快,负荷相应增大,直到达到工作速度。带有启动峰值坡度小或变频(交流变频器)控制的装置是转而采用同步传动带的理想的候选对象。因为其启动负荷低,并且是逐渐增大的,在这种情况下

下,原本在改用同步传动带传动装置而不加固就显得太薄弱的结构,现在或许是一个转而采用同步传动带的理想的候选对象。如果没有发现不寻常的传动带跨距范围的振动,建议在装置启动时对当前传动带传动装置进行全面目检。通常,可以不对装置结构进行加强,就可采用同步传动带传动装置。

3 传动系统的噪声

传动系统噪声出自许多零部件。轴承、电动机、传动带以及几乎所有的运动零部件都能产生噪声。这是解决噪声问题必须要认识到的。规格过小、润滑不佳、磨损或错位的轴承会产生噪声。转动零部件可以引起空气运动而形成风致噪声。设计强度不够的结构在负荷之下会屈挠而引起传动带偏移,以致增大齿轮摩擦冲突而产生噪声。另外由于大多数 HVAC 设备的传动装置都与大量输送管道相接,放大了原本无关紧要的噪声。同步传动带像任何其它动力传输传动装置系统一样,会产生一定等级的噪声。同步传动带随着其传动带齿进入和脱离链轮齿凹槽会有轻微的冲突。因传动带噪声会随着冲突增大而加强,故张力调整越恰当,对准越精确,传动装置产生的噪声就会越低。

降低噪声设计包括:

- 传动带速度——噪声通常随传动带速度增大而增高,缩小链轮直径可以将其降到最低;

- 传动带张力——噪声通常随传动带张力波动增大而提高,增大链轮直径将减小传动带张力,因此在降低张力和传动带速度而获益时应兼顾链轮直径的确定;

- 传动带宽度——传动带噪声随传动带宽度增大而增高。按 Gates 公司复合链轮传动链“GT”概念,传动装置设计可以缩小传动带宽度;

- 隔音——如果遵循了所有其它指导方针而传动带噪声仍然过大,可以在该传动带防护装置或外箱内安装隔音材料以进一步降低传动装置的噪声;

- 风机速度——空气调节处理装置在工业界内是独特的,因为对传动轴速度稍作改变就

可以大大影响其用途。传送的空气体积对风机传动速度变化甚为灵敏。吸收的电流流量也与风机传动速度相关。由于同步传动带的主要优点之一是提高了能量效率,从现有 V 带传动向同步传动带传动的所有转换中,同步传动带传动速度额定值都将以测速计测出的传动轴速度为基础,而不是根据 V 带速度额定值进行计算。V 带传动打滑、提供风流量不够的情况是一例外。设计恰当的同步传动带传动能提供稳定的风流量,当然能量费用会与风机速度相称。风机所需功率一般随转速的三次方变化。因此风机转速略有改变,就会使实际所需功率(和电流强度)变化很大。其相互关系如公式(1)所示:

$$P_1/P_2 = (r_1/r_2)^3 \quad (1)$$

式中 P_1 ——初始功率;

P_2 ——新功率;

r_1 ——初始转速;

r_2 ——新转速。

例如,风机转速从 $1\ 100\ \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 提高到 $1\ 125\ \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$,电动机初始功率为 $18.6\ \text{kW}$,可用公式(1)计算所需新功率:

$$18.6/P_2 = (1\ 100/1\ 125)^3$$

$$P_2 = 19.9\ (\text{kW})$$

应注意到风机转速仅增大 2.3% ,但是所需功率提高了 7% 。很明显,为确保能选定合适的风机速度,在选择驱动装置零部件时要特别小心。当更换 V 带传动装置的时候,不一定根据 V 带传动槽轮直径来选择同步传动带传动装置。因为风机实际转速可能比 V 带传动槽轮理论速度额定值要低一点。这是由于 V 带传动打滑所致。只要可能,就应测量风机轴转速。可使用机械接触式转速计或使用闸门转速计。

例如,在下面例子中假定 V 带打滑因素不计。一台 $37.3\ \text{kW}$ 电动机驱动风机。这一现有传动装置有如下组件:

电动机: $3/5\ \text{V}\ 8.0\ 37.3\ \text{kW}, 1\ 750\ \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$;

风机: $3/5\ \text{V}\ 14.0$;

传动带: $3/5\ \text{VX}\ 1180$;

中心距离: 1 056.89 mm;
风机理论转速: $995\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

选择同步传动装置替代 V 带传动装置, 速度额定值根据 V 带理论速度额定值计算。在这个例子中, 假定未测风机传动轴速度。同步传动装置的选择如下所示:

电动机: 14M-36S-37;
风机: 14M-63S-37;
传动带: 14M-2800-37;
中心距离: 1 051.81 mm;
风机转速: $1\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

从动力传输观点看, 更换后的传动装置是合适的。然而, 由于风机轴转速不是实际测量的, 电动机所需功率必须大大提高。这个例子假定 V 带传动装置的风机轴的实际转速是 $950\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ (由于打滑)。实际所需功率可以用公式(1)计算出来:

$$37.3/P_2 = (950/1\,000)^3$$
$$P_2 = 43.5\text{ (kW)}$$

由于不测量风机轴实际转速, 结果使所需功率提高到 43.5 kW。所需功率(和电流强度)增加 16.6%。很明显, 任何换用同步传动带传动装置的设计都应按正确测量的风机转速(使用接触或闸门转速计), 而不是按现有的 V 带传动槽轮直径计算出的风机理论转速, 这是非常重要的。在本例中, 非但不能由转换到同步传动带传动装置而省钱, 还会由于更换传动装置设计不当, 所假设的风量提高不是实际需要的, 使操作费用增加。

4 传动带牵引力

因 Poly Chain GT 和 PoweGrip GT 同步传动带是高性能动力传输产品, 因此从 V 带转换过来时, 非常容易缩小传动带传动装置的整个尺寸。如果轴长度有限, 这可能是一个优点。然而, 在选择链轮直径时必须小心。

传动带牵引力(及其形成的轴承负荷)与槽轮或链轮直径成比例变化。直径越大, 传动带牵引力越低。由于使用 Poly Chain GT 或 PowerGrip GT 传动装置后直径可以减小, 因此考虑现有的 V 带传动装置的传动槽轮直径至关

重要。如果对结构牢固性有所担忧, 选择尺寸与 V 带传动槽轮直径大致相同(或较大)的同步链轮, 此点很重要。这将大致保持该传动带的牵引力与现有的 V 带传动装置相同, 并且将结构发生问题的可能性减至最小。要记住确保电动机链轮直径满足 NEMA(美国全国电器制造商协会)建议的最低直径要求, 以防止任何可能出现的电动机轴承损伤, 此点从来都至关重要。

记住直径稍有变化即可使传动带牵引力产生巨大改变是很重要的。例如, 如果一轮直径为 254 mm 的 V 带传动装置的传动槽轮被 203 mm 直径链轮所替换, 那就是直径小了 20%(传动带牵引力相应增大 20%)。虽然 51 mm 似乎称不上是直径减小了, 却使传动带牵引力增大 20%, 这对结构牢固性能和轴承性能两者都非常重要。

5 节能

正如前面所讨论的, 同步传动带的主要优点之一是其能量效率比 V 带高。一般说来, 同步传动带传动装置效率比 V 带传动装置高 5%。向同步传动带传动装置转换是降低空气调节处理装置操作费用的易行而成本效益好的方法。一个简单的计算就可评估出传动装置年操作费用及年节能价值。要评价从 V 带向同步传动带转换可节约的能源, 必须有如下信息:

- 电动机功率;
- 电动机效率;
- 每年运行的时数;
- 单位能耗的费用。

有了这些信息, 年能量费用和年节能价值可以用公式(2)和(3)计算出。要计算向同步传动装置转换的投资回收期, 可用年节能价值除新传动装置费用, 见公式(4)。

年能量费用=

$$\frac{\text{电动机功率} \times \text{年运行时数} \times \text{每度电的费用}}{\text{电动机效率}} \quad (2)$$

$$\text{年节能价值} = \text{年能量费用} \times \text{效率提高率} \quad (3)$$

$$\text{回收期} = \text{新传动装置费用} / \text{年节能价值} \quad (4)$$

不论是否更换, 都不计算被替代的 V 带传动装置的价值。如果是这种情形, 计算则可以只取传动装置费用之差, 而不取同步传动装置费用。在此情况下回收期要短得多。

Gates 公司设计灵活的传动带传动装置的计算机筛选程序中有一选项能计算同步传动带的节能价值。使用该程序选定同步传动带传动装置之后, 再用该程序计算节能价值和回收期就很简单。其附录中包含典型应用的设计节能灵活性分析的打印结果。

6 传动装置的安装

传动装置正确对位对于保持最佳传动带性能至关重要。同步传动带易受偏位影响, 因而不应该使用在传动装置运行时具有自身固有偏位的传动装置。偏位会导致传动带张力层受不规则负荷而产生磨损不均和过早拉伸破坏。同步传动带用高强度材料制造, 在传动带寿命期内便具备长度稳定性。而偏位无法使负荷在整个传动带顶层宽度上均衡分布。在偏位的传动装置上, 仅仅传动带顶层宽度一小部分承受负荷, 结果使性能降低。偏位有 2 种类型: 平行偏位和角偏位。任何程度的链轮偏位必将缩短传动带寿命, 而这点在普通传动装置设计程序中都不曾予以说明。所有同步传动带传动装置的允许偏位为: 每 304.8 mm 中心距离不应超过 6.4 mm 或 1.6 mm。检查偏位应使用优质直

角器从一传动装置到另一传动装置, 并反过来进行测量, 以使平行和角偏位影响都考虑在内。传动装置偏位还可以引起传动卡带问题。然而, 传动带卡带程度在一定程度内是正常的, 不影响性能。传动装置运行最佳的情况是传动带仅仅在系统内接触边缘一侧。最糟的情况是在系统内接触链轮相对的两侧边边缘。这样传动带被限制在边缘之间, 而被迫进入不希望发生的平行偏位。轴衬安装不合适会造成轴衬/链轮结合件在轴上翘起的问题。这导致角偏位并且也增大了振动的可能性。遵循轴衬使用规范很重要。恰当的传动带安装张力对于保持最佳性能和保证传动带长使用寿命至关重要。张力不合适的 2 个极端是张力不足和张力过大。当传动带张力不足的时候, 它将过早地磨损传动带齿, 甚至可能在启动负荷、冲击负荷或结构屈挠时发生倒齿问题。如果传动带张力过大, 传动带将在(传动带齿之间的)齿刃部位磨损。这会造成传动带过早破坏。张力过大还会损伤轴承、轴以及其它传动装置零部件。张力不足和张力过大两者都可以缩短传动带寿命。在安装传动带的时候, 确保适当的起始静张力值至关重要。这些值可以用 Gates 公司设计手册计算得出, 或向 Gates 公司在各地的代理咨询。

译自 英国“Rubber Technology International' 98”, P26 ~ 32

第十一届全国轮胎技术研讨会启事

中国化工学会橡胶专业委员会轮胎分委会、全国橡胶工业信息总站轮胎分站和《橡胶工业》《轮胎工业》编辑部将于 2000 年 9 月 4 ~ 8 日在江苏无锡联合举办第十一届全国轮胎技术研讨会。本届研讨会的主题是: 加强思想、机制和技术创新, 迎接 21 世纪挑战。

在前 3 届全国轮胎技术研讨会上, 我们曾邀请一些橡胶原材料、加工设备和试验仪器生产厂家出席会议介绍其产品, 均收到很好的效果。因此我们相信, 贵公司(厂)的先进产品和技术一定会在本届会上受到欢迎。本届会议将为贵公司宣传自己的产品、树立公司形象以及会见新老朋友提供一次极好的机会和最佳场所。希望贵公司(厂)抓住机会, 派代表赴会进行技术座谈和商务洽谈, 我们将热忱为贵公司(厂)安排好会上、会下活动时间。如贵公司(厂)决定参加此会, 请向编辑部索取会议通知。回信请寄: 北京西郊半壁店北京橡胶工业研究设计院《橡胶工业》《轮胎工业》编辑部, 邮编: 100039, 电话兼传真: 010-68156717, E-mail: cri@public.east.net.cn。联系人: 涂学忠。

《橡胶工业》《轮胎工业》编辑部

2000 年 4 月