

# 同步带传动失效形式的分析和解决措施

陈铁鸣 韩永春

(哈尔滨工业大学,150001)

## 摘 要

对同步带生产厂家、使用单位和科研院所进行实际调查和实验台架试验,总结出同步带传动的各种失效形式及判别依据。提出了在不同失效情况下的同步带的设计准则,并由此得出在同步带设计、加工和使用中应注意的问题。

**关键词:**同步带,带传动失效,实验台架试验,圆弧齿同步带,平顶圆弧同步带,带传动

## 1 前言

同步带传动的设计依据,是在规定的使用寿命之内同步带不会失去工作效能。为此,须要进行同步带传动的失效分析。有关同步带传动失效分析的报道<sup>[1~5]</sup>得出很多有用的结论,具有一定的参考价值,但其依据主要是通过实验室台架试验得出的各种试验参数的变化对同步带传动失效的影响,其中有不少情况与实际使用条件的差距较大。在实际使用中,同步带传动是如何失效的?设计的依据是什么?为此,我们进行了较大范围的同步带传动失效形式的实地调查和试验研究。调查对象包括同步传动带的用户、生产厂家和中国纺织机械研究所、西北工业大学、上海机械学院等科研单位,还在调查现场中进行了实物的破坏性试验。另外,还在抽油机、汽车发动机上进行了长时间的同步带现场使用试验;在实验室进行了一系列不同节距、不同齿形同步带的疲劳寿命台架试验。这些实地调查和实验都有助于对同步带失效形式的分析。

## 2 同步带传动失效的判别依据

不同工作要求的同步带传动失效判别的

依据也不相同。对于精确传递运动为主的仪器、仪表和机械,它们对同步带的同步性、尺寸的精确性要求都较严,非但不允许有较大的齿面磨损,甚至有时要求在设计中采取消除齿侧间隙等措施,如有齿面磨损、齿根裂纹这类情况出现就算失效。但对于大多数同步带传动来说,主要是用于传递动力,对传动的同步性要求则不甚严。人们普遍地认为,同步带传动是多齿啮合和非共轭齿形传动,断了一个齿或齿面包布磨破对其承载能力和传动误差影响不大。使用者普遍认为,当齿高方向磨损超过1/3(此时易产生跳齿现象)或齿厚方向磨损超过1/3或沿带长方向连续断了3个齿时,该根同步带可视为失效而报废。我们认为,应按这个规定作为一般同步带传动失效的判别依据,并用来确定同步带许用的应力值。

同步带整根拉断(包括过载拉断、疲劳拉断、伸长爬齿后拉断)是终结性破坏,属于传动失效是肯定无疑的。但同步带的顶面开裂(均指带的顶胶开裂)而绳芯未断,使用者根据传动失效后果的严重性、更换带的难易程度和实际使用经验来处理,一般不会立即宣布传动已失效。

### 3 氯丁橡胶同步带传动各种失效形式的比例

氯丁橡胶梯形齿同步带各种失效形式的比例,调查用户的情况为:整根拉断 49.9%,带顶开裂 10%,带齿磨损 22.4%,带齿折断 10.5%,其它 5.6%,年用量为 9976 根;调查生产厂的情况为:整根拉断 41%,带顶开裂 6.3%,带齿磨损 22.3%,带齿折断 15.9%,年产量 55000 根;西北工业大学在实验台架上的试验情况:整根拉断 90%,带齿折断 10%,试验根数 20 根。氯丁橡胶圆弧齿同步带各种失效形式的比例,调查用户的情况为:整根拉断 19.9%,带顶开裂 9.6%,带齿磨损 1.7%,带齿折断 12.9%,其它(主要是爬齿断带)49.8%,年用量为 58219 根;调查生产厂的情况为:整根拉断 30%,带顶开裂 4.3%,带齿磨损 26%,带齿折断 20.9%,其它 15%,年产量为 70000 根;哈尔滨工业大学在实验台架上的试验情况为<sup>[6]</sup>(平顶圆弧齿同步带):整根拉断 50%,带齿磨损 37.5%,其它(齿包布脱层等)12.5%,试验根数 8 根。

### 4 分析和结论

①存在多种失效形式。同步带传动失效形式除齿面磨损(包布磨破)外,还有带体拉断、齿面磨损、连续断齿、带顶严重开裂等多种失效形式。此外,带芯的疲劳强度、带顶胶的弯曲强度、齿面的接触强度(或耐磨强度)、齿根的抗弯强度及抗剪切强度都可能成为限制同步带承载能力的主要因素。调查中发现,失效形式与同步带的节距大小有很大的关系。节距大的同步带的齿磨损、断齿、断带失效形式较多;超轻型同步带的抗拉体强度低,带伸长爬齿较多。

②失效前出现的破坏形式。占同步带失效比例最大的带整根拉断,在其断带前经常是先出现齿面磨损,后出现齿根裂纹,进而断一、二个齿,但仍能正常工作,直到最后被整

根拉断。但仅因带体疲劳而断裂损坏的同步带,一般只出现在张紧力太大和带轮较小时,判别其是否失效应根据是否丧失同步带的工作能力(包括传动质量)而定。

③圆弧齿同步带也存在多种失效形式。据文献<sup>[4,5]</sup>报道,圆弧齿同步带仅有齿剪切或弯曲疲劳破坏,不像梯形齿同步带那样存在有抗拉体断裂、带齿及齿槽磨损、带齿断裂、剪切等多种破坏形式<sup>[1]</sup>。但从我们的现场试验、在实验台架上的试验及在调查中看到,圆弧齿同步带传动也存在多种失效形式,而且断带、磨损也很普遍。

④材质和制造工艺水平对失效有很大的关系。同步带的带芯和包布质量对其传动失效尤为突出,国产玻璃纤维布因其纤维粗、硬、易断、粘合性差和易脱层而导致带传动失效者有之;国产广角布缺乏弹性而导致带传动失效者有之。调查统计,国产同步带约为进口相同规格同步带使用寿命的 10%~40%,由此可见带的材质和制造工艺的研究应放在突出的地位。

⑤节距直接影响载荷分配和啮合干涉。同步带和带轮的节距直接影响着带的载荷分配和啮合干涉,这是造成带齿磨损、过载弯断甚至产生跳齿,随即带体拉断的主要影响因素。由于张紧力等原因,国际标准和国家标准均规定带轮外径(或节距)为正公差。而在调查中发现,国内不少工厂生产的同步带节距都偏小,只有依靠经验来配作,致使带轮超标按负公差加工才能实现较好的啮合,这样既不能保证带轮精度,也不能保证互换性和规模生产,目前有些工厂采用同步带和带轮配套加工,虽能暂时解决局部问题,但根本问题未解决。只有解决同步带的生产工艺和模具设计问题,贯彻同步带和带轮的国家标准,研制带长或节距的检测装置,生产出节距准确的同步带产品,才能减少节距差对同步带寿命的影响。

⑥带轮齿顶圆角对同步带寿命影响很

大。带轮齿顶圆角过小或带轮齿顶圆角处有明显的棱边,会造成同步带很快出现包布磨损、带齿磨损和带齿剪断等现象,从而影响到同步带的寿命。

⑦安装质量对同步带的寿命影响。这首先表现在两带轮的轴线平行度会严重影响同步带的寿命。两轮轴线平行度有偏差会使带的两侧受力不均(偏载)。严重者会造成同步带一侧开裂,很快整根拉断;轻者也会造成同步带跑偏、边部磨损,使寿命降低。因此,在设

计安装时首先应注意两轮轴(包括轴承及支座)的刚度和平行度要求;其次是张紧力的调整。目前,张紧力基本上靠经验调整,很难调整得好,造成断带或爬齿,因而对同步带的寿命影响很大。我们在实验台架试验同步带时看到,张紧力不同,同步带的寿命、失效形式均不同,详见附表。所以在保证同步和带轮质量的情况下,应严格控制同步带的张紧力,推广使用张力仪来提高同步带的安装质量的这一措施。

附表 哈尔滨工业大学实验台架同步带的张紧力试验<sup>[7]</sup>

	张紧力,N					
	100	200	200	300	400	400
数量,根	2	1	1	2	1	1
平均寿命,次	$1.03 \times 10^8$	$5.6 \times 10^7$	$5.4 \times 10^7$	$8.0 \times 10^6$	$2.67 \times 10^6$	$2.34 \times 10^6$
失效形式	带齿磨损	带齿折断	带齿磨损	带齿磨损	带齿折断	整根拉断

⑧带轮的损坏。同步带传动一般不考虑带轮损坏,但在调查中看到几起带轮严重磨损的情况,例如汽车发动机使用的同步带由于防护不好,带轮磨损深度达0.8mm,因而只能报废,故带轮应进行良好的防护,以防止造成带传动失效。

### 参考文献

- [1]保城武,齿付きベルト,机械设计,27〔1〕,54(1983).  
 [2]小山富夫等,歯付ベルトの強度に関する研究,第3報,一様張力下での時間強度と損傷形態,日本機械学会論文集(C編),44〔387〕,3923(1978).  
 [3]小山富夫等,歯付ベルト時間強度(てすよばすピッチ

差の影響,日本機械学会論文集(C編),45〔399〕,1269(1979).

[4]Koyoma, T. et al, Life, Transmission Error and Noise of Toothed Belt drives for Automobile Engines, American Society of Mechanical Engineers, Det-217(1984).

[5]網島貞男等,歯付きベルトの疲労強度特性に関する研究,日本機械学会論文集(C編),55〔514〕,1477(1989).

[6]薛炳良,精密圆弧齿同步带寿命影响因素研究,哈尔滨工业大学硕士论文,1991(未公开发表)。

[7]杨玉璞,平顶圆弧齿同步带的强度和寿命的研究,哈尔滨工业大学硕士论文,1993(未公开发表)。

(收稿日期:1993-07-23)