

双面传动带技术发展状况(一)

肖 栋 材

(青岛橡胶工业研究所, 山东 青岛 266002)

双面传动带即带的上下两面均可传递动力的环形传动带, 例如六角带(双面 V 带)、双面同步带、双面多楔带、同步-多楔双面带等因适用于多轴传动, 并能仅采用一条传动带就可使多轴传动、反相旋转传动以及 S 形曲线传动得以实现, 因此越来越广泛用于纺织、粮食、轻工、农机、汽车、机床等机械。

1 六角带(双面 V 带)

六角带是一种横截面为六角形, 四个侧面皆为工作面的环形传动带, 常用于纺织、农机、粮食等机械。在纺织机械中, 往往需要用一个主动带轮驱动带的一面, 而带的另一面用来驱动多个线辊。纺织机械用六角带的长度可达 20 余米。我国上世纪 80 年代就开发过 21500mm 的 HCC 型六角带。

1.1 截面及其尺寸

六角带的理论截面是一个六角形, 该六角形

是由两个相同的大底边互相重合的等腰梯形所组成。因此带的中性面应位于带的总高度的一半处。我国等效采用 ISO/DIS 5289-1991《农业机械用环形六角带及相应带轮的槽型》国际标准制定了 GB/T 10821-93《农业机械用 V 带尺寸》国家标准。标准中规定的六角带截面尺寸见表 1。

表 1 农业机械用六角带截面尺寸

型号	H A A	H B B	H C C	H D D
带宽 b/mm	13	17	22	32
高度 h/mm	10	13	17	25
楔角 α/度	40	40	40	40

1.2 物理机械性能

六角带目前尚无产品性能国家标准和行业标准, 也无相应的国际标准, 一般参考普通 V 带国家标准以及农业机械用普通 V 带有关技术指标。表 2 和表 3 分别是普通 V 带国家标准和日本阪东公司产农业机械用普通 V 带有关性能指标。

表 2 普通 V 带物理机械性能指标

型号	拉伸强度/kN	参考力伸长率/%		线绳抽出强度/(kN·m ⁻¹)		疲劳寿命/次		24h 中心距变化率/%	
		一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品
A	≥2.4	≤7	≤8	≥12	≥12	≥10 ⁷	≥3×10 ⁶	≤2	≤3.5
B	≥3.5	≤7	≤8	≥12	≥12	≥10 ⁷	≥4×10 ⁶	≤2	≤4.0
C	≥5.9	≤8	≤9	≥18	≥18	—	—	—	—
D	≥10.8	≤8	≤9	≥22	≥22	—	—	—	—

1.3 生产工艺技术

1.3.1 主要原材料

六角带一般由包布、芯绳(抗拉层)、缓冲胶、底胶四部分组成。为保证传递动力时, 胶带的力学性能一致, 抗拉层应设计在胶带横截面中心, 即横截面宽度最大的部位。抗拉层一般采用定伸强

力高、伸长小的聚酯线绳, 特殊要求采用芳纶线绳。包布为涂胶或挂胶涤棉帆布。主体胶料一般采用天然橡胶和丁苯橡胶并用, 使用条件苛刻的胶带如农机用六角带则采用耐热、耐老化性能好的氯丁橡胶, 底胶采用短纤维橡胶复合材料。

1.3.2 制造工艺

表 3 日本阪东公司农业机械用普通 V 带物理机械性能

型号		拉伸强度/ kN	参考力伸长度/ %	参考力/kN
HB	REDSZ	≥5.39	≤5	2.35
—	W600	≥5.39	≤5	2.35
—	W800	≥9.80	≤3	2.35
HC	REDSZ	≥9.31	≤5	3.92
—	W600	≥9.31	≤5	3.92
—	W800	≥18.60	≤3	3.92

六角带的生产工艺与普通 V 带基本相似,即先在恒张力双鼓成型机上缠绕线绳,然后上缓冲层胶,分线切割后贴合上下底胶(压缩层胶),再上包布。成型好后的带坯在颚式平板硫化机上通过模具进行硫化。成型和硫化过程中要尽量使芯绳处于带的横切面的中心,以确保胶带传动时动行平稳。

1.3.3 产品质量及其改进

国产六角带随着骨架材料线绳化以及新型原材料的应用,特别是随着农业机械用 V 带多年来的质量攻关,质量水平已有很大提高,但有待从改善产品反向弯曲性、产品尺寸稳定性、产品的整体性能等几个方面,进一步提高疲劳性能和使用寿命。例如要进一步优化胶料配方和带体结构,采用柔性好的广角锦纶包布代替普通包布,进一步提高包布与带体、芯绳与带体的粘合强度。胶带在硫化过程中要始终保持恒定的张力,硫化过后进行冷定型处理,消除硫化过程中的应力松弛等。

表 5 梯形齿双面同步带带齿各部尺寸

型号	齿形角 α /°	齿宽 S		齿高 ht		齿根圆角半径 rr		齿顶圆角半径 ra	
		mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
XL	40	2.57	0.101	1.27	0.05	0.38	0.015	0.38	0.015
L	40	4.65	0.183	1.91	0.075	0.51	0.02	0.51	0.02
H	40	6.12	0.241	2.29	0.09	1.02	0.04	1.02	0.04
XH	40	12.57	0.495	6.35	0.25	1.57	0.062	1.19	0.047
XXH	40	19.05	0.75	9.53	0.375	2.29	0.09	1.52	0.06

2.1.2 结构与性能

梯形齿双面同步带一般由包布、带齿、芯绳三部分组成,其物理机械性能应符合表 6 所列各项技术指标(参照《一般传动用同步带》国家标准 GB/T 13487-2002)。

2.1.3 规格标记

梯形齿双面同步带的规格标记依次为齿形排

2 双面同步带

双面同步带是一种两面均具有等距离横向齿的传动带,通过带齿与齿轮啮合而实现同步传动。同步带传动兼具有带传动、链传动和齿轮传动的优点,其传动效率可达 98%~99.5%,节能效果好,可节能 2%~14%。此外带与轮之间的间隙小、不打滑、传动比准确、不需润滑、不造成润滑油污染。

双面同步带按照齿的形状分为梯形齿双面同步带和圆弧齿(又称曲线齿)双面同步带。梯形齿双面同步带按齿的排列方式分为对称齿双面同步带代号为 DA,交错齿双面同步带代号为 DB。

2.1 梯形齿双面同步带

2.1.1 型号与带齿尺寸

GB/T 13487-2002《一般传动用同步带》国家标准中规定梯形齿同步带按齿的节距分为 XL、L、H、XH、XXH 5 种型号。其各种型号的节距与齿高列于表 4 中,带齿各部尺寸列于表 5 中。

表 4 梯形齿双面同步带的节距与公称高度

型号	节距/pb		公称高度/hd	
	mm	in	mm	in
XL	5.080	0.200	3.05	0.12
L	9.525	0.375	4.58	0.18
H	12.700	0.500	5.95	0.234
XH	22.225	0.875	15.49	0.61
XXH	1.250	22.11	0.87	

列方式、长度代号、型号、宽度代号。例如,标记为 DA 420 L 1050 的梯形齿双面同步带,其中 DA 表示齿形排列为对称齿,420 表示节线长度为 42in(1066.8mm),L 表示节距型号为 L 型即节距为 0.375in(9.525mm),050 表示带宽为 0.50in(12.7mm)。

2.2 圆弧齿双面同步带

因为梯形齿同步带的齿侧面为直线,使带齿齿根应力集中,影响它的使用寿命和承载能力。同时梯形齿同步节传动时的振动、噪声和干涉量比较大,影响带速。为了克服梯形齿的缺点,开发了圆弧齿形。圆弧齿的齿侧呈圆弧形,比之梯形齿应力分布更为合理,干涉量也减小,在相同载荷及速度下其寿命可提高一倍以上。

2.2.1 型号与带齿尺寸

ISO 13050:1999《圆弧齿同步带传动系列》标准规定了圆弧齿双面同步带有 3 种齿形即 DH

型、DS 型和 DR 型。每种圆弧齿型的双面同步带都包括 8M 和 14M 两种节距。R 型圆弧齿其齿形角是从齿根到齿顶逐渐加大的,因而改善了带齿与带轮的啮合,更减小了带齿的应力集中。同时带齿顶开有凹槽,可以使带齿与轮槽啮合时排除空气,降低噪声,凹槽还可以使齿顶层变形,形成弹性齿顶,从而减小啮合冲击,改善啮合状态,被认为是一种最为理想的圆弧齿形。DH8M、DH14M、DS8M、DS14M、DR8M、DR14M 六种型号的圆弧齿双面同步带的带齿尺寸列于表 7 中。

表 6 梯形齿双面同步带物理机械性能指标

项目	型 号				
	XL	L	H	XH	XXH
拉伸强度/(N°mm ⁻¹)	≥80	≥120	≥270	≥380	≥450
参考力/(N°mm ⁻¹)	60	90	220	300	360
参考力伸长率/%	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4
带齿硬度(邵尔 A 型)/度	75±5	75±5	75±5	75±5	75±5
包布粘合强度/(N°mm ⁻¹)	≥5	≥6.5	≥8	≥10	≥12
芯绳粘合强度/N	≥200	≥380	≥600	≥800	≥1500
齿体剪切强度/(N°mm ⁻¹)	≥50	≥60	≥70	≥75	≥90

表 7 圆弧齿双面同步带带齿公称尺寸

名称	代号	型 号					
		DH 8M	DH 14M	DS8M	DS14M	DR8M	DR16M
齿节距	Bb	8	14	8	14	8	14
齿高	Ht	3.38	6.02	3.05	5.3	3.2	6.0
齿形角	β	—	—	—	—	16°	16°
齿宽	S	—	—	5.2	9.1	5.5	9.5
齿心横坐标	X(参考值)	0.089	0.152	—	—	—	—
齿心纵坐标	Y(参考值)	0.787	1.470	—	—	—	—
齿半径	rb	2.59	4.55	5.2	9.1	—	—
齿根圆角半径	rr	0.76	1.35	0.8	1.4	1.0	1.75
齿顶圆角半径	ra	—	—	0.8	1.4	—	—
节线差(节根距)	a	0.686	1.397	0.686	1.397	0.686	1.397
常数	c	—	—	—	—	1.228	0.643
带高	ha	8.1	14.8	7.5	13.4	7.8	14.5

2.2.2 结构与性能

圆弧齿双面同步带与梯形齿双面同步带一样,一般由包布、带齿、芯绳三部分组成。根据《双面传动带》化工行业标准 HG/T 3715-2003,圆弧齿双面同步带的各项物理机械性能应符合表 8 的规定。

2.2.3 规格标记

圆弧齿双面同步带的规格标记依次为节线长

度、带齿节距、带宽,而 DS 型圆弧齿双面同步带以带宽的 10 倍表示。例如一条节线长度为 1400mm、节距为 8M、宽度为 40mm 的 DH、DS、DR 三种型号的双面同步带则分别表示为:1400-DH8M-40;1400-DS8M-400;1400-DR8M-40。

2.3 生产工艺技术

2.3.1 主要原材料

双面同步带的带齿及带体由于工作状态所决

表 8 圆弧齿双面同步带物理机械性能

项目	供货状态下	耐高温试验后 (125±2)℃×70h
带齿邵尔 A 型硬度/度	74±5	变化范围 0~+10
拉伸强度/(N·mm ⁻¹)	≥360	≥360
扯断伸长率/%	≤4	≤4
齿剪切强度/(N·mm ⁻¹)	≥70	≥70
齿体包布粘合强度/(N·mm ⁻¹)	≥6	≥3.5
芯绳粘合强度/N	≥800	≥800
耐低温性能(-40±2)℃×5h	试样包围在 Φ25mm 圆柱上不出现裂纹或 其它缺陷	

注: 以上指标为节距 8M 和 14M 胶带供需双方确定

定,必须具有良好的耐磨、耐热、耐剪切、耐屈挠、耐老化等性能以及与骨架材料有良好的粘合性能,一般都采用具有上述性能特点的氯丁橡胶作为主体胶料。对于性能要求更加严格的胶带,则采用耐热、耐磨、耐油性能更加优异的氢化丁腈橡胶。另外氯磺化聚乙烯橡胶、三元乙丙橡胶也有用于同步带生产。此外有专利介绍,为改善同步带齿的抗剪切性能,在带体有效啮合面的外层胶采用短纤维增强。

抗拉体即芯绳是双面同步带的核心层,承受着带传动过程中的张力和载荷,保证带的尺寸在传递动力时始终保持稳定,以完成带齿与带轮的良好啮合。抗拉体的性能直接影响带的尺寸稳定性、传动性能和使用寿命,因此抗拉体要求高模量、低伸长、耐屈挠的材料。适合于这种要求的有钢丝绳、玻璃线绳、芳纶线绳等。钢丝绳疲劳性能较差同时对带轮的损坏较大,芳纶线绳目前价格偏高,使用得较多的是玻璃线绳。玻璃线绳须经过特殊的浸胶处理。线绳的直径根据带的承载能力、节线差以及单根线绳的强力而定,同时要考虑排绳密度、橡胶与线绳的粘合性能等因素。近年国产玻璃线绳的质量水平有所提高,相同粗度情况下,其单根强度、扯断伸长率、抽出强度等性能已与英国或法国产线绳接近,但捻度均匀性、手感、疲劳性能、质量稳定性等仍有差距。

同步带齿面的齿包布的主要作用是保护带齿和带体,提高胶带的耐磨性能,降低摩擦系数,减少噪声,提高传动效率。为了满足同步带制造过程中特殊的工艺要求,齿包布必须具有足够的强力,并在一个方向具有 100%以上的扯断伸长率,

以及能耐 150℃左右的硫化温度,通常采用具有特殊性能和结构的锦丝变形布。因为锦丝具有较大的扯断伸长率和与橡胶良好的粘合性能。用于同步带生产的齿包布必须两面覆胶。目前国产锦丝变形布已基本上能满足性能要求。

2.3.2 制造工艺

双面同步带在工作时,两面均需与带轮准确地啮合传动,所以要求在制造过程中,其节线的位置要严格地处在带体中心,齿根的厚度不得大于两倍的节线差,两面带齿的节距必须准确。这些都给双面同步带的制造带来很大的困难。世界上能够生产双面同步带的国家为数不多,其制造工艺报道甚少。目前国内通常采用以下两种方法。

1.活络模硫化法。模具由芯模和活络外模组成。芯模和外模均有对应的等距离齿槽。将芯模置于成型机机头上,先套上内包布筒,依次再缠绕线绳,贴合胶片,套外包布筒,然后将芯模置于外模内,在平板硫化机上合模加压硫化。这种方法工艺简便、效率高,但模具精度要求高,每种规格型号的胶带需要相应规格的模具,投资费用较大。

2.颚式平板硫化法。先在双鼓成型机或膨胀鼓上按照设计要求成型带坯,然后将带坯置于装有模具的颚式平板硫化机上分段硫化。此法工艺简便、投资少,但尺寸精度难于控制、生产效率较低。

国外专利介绍了一些其它方法:

1.胶套硫化法。其工艺原理与目前单面同步带的生产方法大体相同,所不同的是硫化胶套的内表面有与其母线平行的等节距的齿。依靠胶套上的齿形成双面同步带的外齿。该法的缺点是由于胶套会变形,往往会使产品的齿形和节距不够准确,另外由于胶套的压力所限,难以做出两面均有包布的同步带。

2.分段硫化法。该法是用生产单面同步带的方法形成胶带的内齿,然后再在平板硫化机上用模具分段硫化出胶带的外齿。这种方法一是内齿要进行两次硫化影响产品性能;二是要解决内齿和外齿的粘合问题;三是带的节线位置和齿根厚度难于控制。

(未完待续)