

单层芯 DPP 芳纶输送带指形接头的研究

孙桂美,汪光亮,张鹏飞,吴 旗

(兖矿集团唐村实业有限公司,山东 邹城 273522)

摘要:对 DPP 芳纶输送带指形接头进行试验研究,考察指长、指宽、接头芯胶粘合强度、加强织物层、硫化工艺和操作过程对 DPP 芳纶输送带静态接头强度的影响。结果表明:指形接头强度与指形自身的强度有关,指形自身强度取决于其指长与指宽;提高接头芯胶的粘合强度可提高接头强度;覆盖胶和芯胶强度越高、老化性能越好,接头越不容易开裂。

关键词:输送带;DPP;芳纶纤维;指形接头

中图分类号:TQ336.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2015)06-0358-05

在欧美等发达国家,芳纶输送带的应用已很普遍,也取得了显著的效果。但我国高性能芳纶输送带仅处于试制阶段,尚未大规模使用。一方面,芳纶价格昂贵,限制了其在输送带领域的应用;另一方面,单层直经直纬输送带接头技术还需进一步研究。经检测,强度级别为 $1\ 600\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 的 DPP 芳纶输送带,采用机械接头时接头强度约为带体额定拉伸强度的 33%,因此必须采用指形接头方式。但国内对单层直经直纬输送带指形接头研究较少。

2007 年,青岛橡六集团有限公司在兖矿华聚能源东滩电厂 1[#] 煤泥面敷设了一条长度为 45.3 m(输送带长约 95 m)的 EPP1000 输送带,2010 年 11 月因输送带接头边胶脱落而更换。2013 年某胶带厂与日本帝人公司合作开发完成两条芳纶阻燃输送带,在煤矿进行工业性应用试验,一条试验带出现接头撕裂现象。2013 年,我公司与日本帝人公司合作开发芳纶输送带,完成普通用途 DPP 芳纶输送带的研制,并针对指形接头进行研究。本工作对接头试验情况进行总结,以期为提高 DPP 芳纶输送带的接头强度提供参考。

1 实验

1.1 试验对象

1400 DPP1 1600(6+3)芳纶输送带(25 m),

作者简介:孙桂美(1976—),女,山东济宁人,兖矿集团唐村实业有限公司工程师,学士,主要从事输送带新产品开发及生产管理工作。

兖矿集团唐村实业有限公司高强力阻燃输送带厂产品。

1.2 主要仪器及设备

HQL 157 电液伺服卧式拉力试验机,青岛石油和化学新材料与制品质量监督检验中心提供。

1.3 试样制备

(1)画线。作直线 XX' 与输送带宽度两侧相交,长度为 x ,再取 $1/2x$ 处的 O 点为基准点;以 O 为定点, l 为长度($l \geq 2\text{ m}$),在带宽二侧边取 Y 和 Y' ,连接 YY' ; XY 垂直于 YY' , $X'Y'$ 垂直于 YY' (见图 1)。

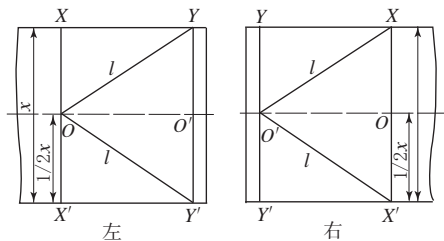


图 1 输送带画线示意

(2)定长。长度 a 根据输送带强度决定。以 YY' 为基准线,以 Y 和 Y' 为基准点, b 为长度,取点 B 和 B' ,连接 BB' , $b = a + 50$; 以 YY' 为基准线,以 Y 和 Y' 为基准点, c 为长度,取点 C 和 C' ,连接 CC' 。 BC 和 $B'C'$ 按 45° 切割成坡口(见图 2)。

(3)画齿。①当输送带以图 3 中 v 方向运行时,右端为指形接头的主动端,左端为指形接头的

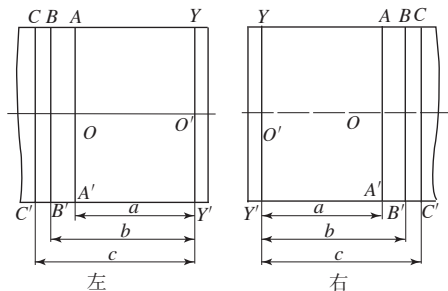


图 2 输送带定长示意

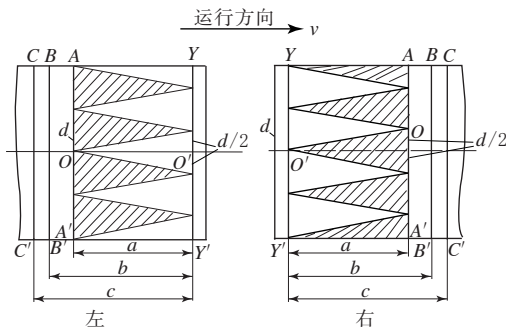


图 3 输送带割齿示意

被 动 端。② 以 a 为长度、 d 为宽度，按图 3 右画出指形接头主动端的齿形，接头侧边的 2 个半齿形必须在指形接头的主动端。③ 以 a 为长度、 d 为宽度，按照图 3 左画出指形接头被动端的齿形，被动端无半个的齿形。④ 齿形宽度 d 由输送带强度决定：当输送带强度不大于 $1\,250\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 时， d 为 60 mm；当输送带强度不小于 $1\,600\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 时， d 为 70 mm。⑤ 当输送带带宽不标准或有较大公差时，采用以保证接头中间齿形的齿宽，加大或减小两侧边缘半齿宽度的方法来解决。DIN 22102:2002 标准规定，在边缘区域的指宽必须大于 $0.5d$ 。

(4) 割齿。利用割刀进行割齿，按照输送带强度级别确定切割齿长 a ，连续切割，直至全部割完。切割完一边后，再切割另一边，切割后的形状分别如图 3 左和右所示。

(5) 表面处理。仔细剥去齿上的橡胶层，避免损伤芳纶帘线，剥完后用布擦拭干净（不建议用汽油擦拭表面）。

(6) 定位。将切割后的齿放置在硫化平板上面进行对接，两带头须放平且置于同一中心线上，对正后，再将割齿对接距离向两边拉出 $50\sim 70\text{ mm}$ ，然后用固定压条将带体固定在平板两头。

(7) 样品成型。① 在带体下依次放置脱模纸、下覆盖胶、网眼布和高粘合芯胶，网眼布的宽度要求能将所有的齿包覆，长度比指长大 $200\sim 300\text{ mm}$ ；② 在网眼布上面均匀涂胶浆（也可以不涂）；③ 将带齿按顺序进行编排放置平整；④ 在带体上面均匀涂胶浆（也可以不涂）；⑤ 在带体上铺高粘合芯胶，将网眼布包覆，再依次铺上上覆盖胶和脱模纸；⑥ 铺平脱模纸后，放上工作垫板、硫化板、横梁，进行设备组装。组装后均匀施加各螺母压力，保持各横梁压力一致。

(8) 加压硫化。按照操作规程进行硫化，温度上升至 $70\sim 75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时须再紧一遍螺母，温度上升至 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时开始加压至工艺要求压力，升温至所需温度后保温保压。硫化期间需经常检查温度和压力，保证温度和压力满足要求。硫化结束后全面切断电源，通水冷却。冷却至 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下后，按安装反顺序拆卸。

1.4 性能测试

静态接头强度按照 GB/T 228—2002《金属材料室温拉伸试验方法》进行测试，拉伸速率为 $(100\pm 10)\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

2 结果与讨论

2.1 接头强度

德国 DIN 22102:2002《散装物料织物芯输送带 硫化接头》规定，输送带类型不大于 500/1 时，单层织物芯输送带采用重叠接头；输送带类型不小于 630/1 时，单层织物芯输送带采用指形接头。接头尺寸如表 1 所示，指形插接示意图 4。为

表 1 指形接头尺寸 mm

带体强度规格	指宽 (b_f)	指长 (l_f)	覆盖编织物长度 (l_d)	接头长度 (l)
630S	60	800	1 100	1 300
800S	60	1 000	1 300	1 500
1000S	60	1 200	1 500	1 700
1250S	60	1 500	1 800	2 000
1600S	70	2 000	2 300	2 500
2000S	70	2 400	2 700	2 900
2500S	70	3 000	3 300	3 500
3150S	70	3 800	4 100	4 300

注：在边缘区域的指宽必须大于 $0.5b_f$ ； l_f 为 1.2 倍公称强度值； $l_d = l_f + 300$ ； $l_v = l_f + 500$ （ l_v 见图 4）。

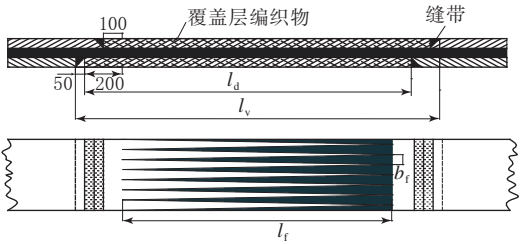


图4 指形插接示意

了研究输送带接头强度的影响因素,先后设计了4次试验方案,具体试验方案及试验结果如表2所示。

2.2 指长指宽对接头强度的影响

输送机系统在正常工况运行中,输送带所受的纵向拉力完全由骨架材料承担。在DPP芳纶输送带的接头区域,由于DPP帆布被切割成齿

表2 试验方案及结果

项 目	第1次试验			第2次试验			第3次试验			第4次试验		
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#
b_f/mm	40	40	40	70	70	70	40	40	30	70	70	70
l_f/mm	1 500	1 500	1 500	2 000	2 000	2 000	1 600	1 600	1 500	2 500	3 000	3 000
加强织物层	加	加	加	不加	不加	不加	加	加	加	加	加	加
是否涂胶浆	是	是	是	是	是	是	是	否	否	是	是	是
粘合配方编号	A ¹⁾	A ¹⁾	A ¹⁾	A ¹⁾	A ¹⁾	A ¹⁾	B ²⁾	B ²⁾	B ²⁾	B ²⁾	B ²⁾	B ²⁾
硫化温度/℃	147	147	147	147	147	147	150	150	150	150	150	150
硫化时间/min	20	20	20	20	20	20	30	30	30	30	30	30
硫化压力/MPa	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
压缩率/%	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
接头强度/(N·mm ⁻¹)	1 009	1 136	983	1 092	1 123	913	1 116	1 121	1 037	1 172	1 289	1 128
断裂状态	指抽出	指抽出	指抽出	指抽出	指抽出	指抽出	指在齿 根断裂	指在齿 根断裂	指在齿 根断裂	指在齿 根断裂	指在齿 根断裂	指在齿 根断裂

注:1)A 配方为丁苯橡胶(SBR) 80,天然橡胶(NR) 20,炭黑 N220 50,半补强粉 30,氧化锌 5,硬脂酸 2.1,防老剂 4010NA 2,芳烃油 24,粘合剂 RF-90/HMMM 2/3,硫黄 2.2,促进剂 CZ 1.5。2)B 配方为 SBR 80,NR 20,炭黑 N220 40,白炭黑 15,半补强粉 15,氧化锌 5,硬脂酸 2.2,防老剂 4010NA 2,粘合剂 RF-90/HMMM 3.2/4.8,硫黄 2.3,促进剂 NOBS 1.6。

形,并没有首尾连接成一体,因此输送带所受的纵向拉力需通过接头区域橡胶与 DPP 帆布间的剪切力传递^[1]。其中DPP帆布所受的纵向拉力也可看成作用于其表面的一系列剪切力的结果。输送带在运行中,动力由驱动辊筒传向橡胶覆盖层,再由橡胶覆盖层传向骨架层 DPP 帆布。为保证接头强度足够大,橡胶覆盖层与 DPP 帆布间的抽出力必须大于 DPP 帆布自身的拉断强度。因此指形长度成为关键指标,若长度太小,抽出力不够,若长度太大,操作不方便。

指宽是影响接头效率的第二大因素。一方面因为输送带所受的纵向拉力需通过接头区域橡胶覆盖层与骨架材料间的剪切力传递,合适的指宽可以保证力的均匀传递;另一方面,在输送带带宽一定的情况下,指宽越小,单位宽度内指数越多,在相同接头长度下,粘合芯胶与帆布指形切面接触面积增大,能提高指形与指形间的粘合力,从而提高接头强度^[2]。如果指宽较小,指自身的拉断力小,接头也容易拉断。因此选择合适的指宽非

常重要。

在接头制作中,整个接头长度应大于指形长度,因为在操作过程中,要使已硫化胶料与未硫化接头材料交联为一体,必须对接头部位进行打磨处理,这样能有效预防接头在运行过程中出现接缝开裂现象。

2.3 接头芯胶粘合强度对接头强度的影响

接头在受力状态下,橡胶覆盖层与骨架层接触面在开始相互滑动前,其界面会产生某一大小的剪切力,这种状态称为粘合状态。一旦剪切力超过此值,两接触面将开始相互滑动,这种状态称为滑动状态。接头的粘合靠橡胶与骨架之间的粘合力实现。该粘合力通常以抽出力表示,即将粘入橡胶中单位长度骨架材料抽出时所需的力。输送带接头强度必须满足抽出力超过骨架材料本身强度的拉断力要求,这样即使骨架材料被拉断也不会从橡胶中被抽出。

从4次试验接头拉断状态可以看出,第1和2次试验接头为抽出状态(见图5和6)。通过改

进芯胶配方,提高芯胶的粘合强度(见表 3),进一步提高了橡胶层与骨架层的摩擦力,提高了芯胶与 DPP 帆布的抽出力,从而提高了接头强度。第 3 和 4 次试验接头为断裂状态(见图 7 和 8)。

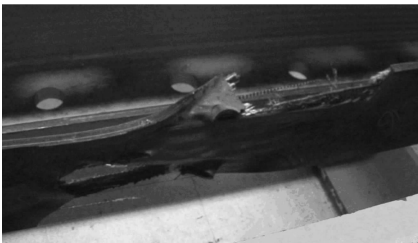


图 5 第 1 次试验接头抽出状态

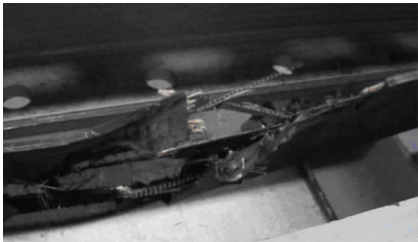


图 6 第 2 次试验接头抽出状态

表 3 接头用粘合芯胶性能对比

项 目	配方 A ¹⁾	配方 B ²⁾
t_{10}/min	4.45	4.72
t_{90}/min	13.70	14.55
粘合强度/($\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$)		
平均值	14.23	16.65
最小值	11.60	14.64

注:同表 2。



图 7 第 3 次试验接头抽出状态

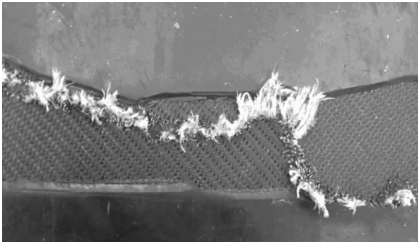


图 8 第 4 次试验接头抽出状态

2.4 织物加强层对接头强度的影响

骨架材料为 EPP1250,接头方式为指形插接,接头规格为 350 mm×150 mm,指长为 200 mm,指宽为 50 mm,选取 NN100,NN200,NN300 帆布作为织物加强层,接头厚度分别为 15.5, 15.5 和 15.7 mm,静态接头强度分别为 168.4, 182.0 和 350.5 $\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。可以看出,随着织物加强层强度的提高,静态接头强度也相应提高。但通过对接头的观察发现,增加织物加强层,接头变硬,接头屈挠性变差。由于增加织物加强层使接头部分覆盖胶厚度减小,因此合理选择织物加强材料非常重要。针对 DPP1600 芳纶帆布,选择 EP 网眼布,主要目的是使指形固定,提高接头在运行过程中的抗冲击、抗穿刺和耐屈挠性能,避免在使用过程中出现开裂翘曲现象。

2.5 涂胶浆对接头强度的影响

国内厂家在分层输送带和钢丝绳芯输送带接头制备过程中,一般采用 120# 汽油溶解油皮胶,充分搅拌后制成胶浆。在制作接头时,在贴胶、指形部位、网眼布上均匀涂刷一层薄胶浆,充分晾干后再贴覆盖胶。但美国 SMC 公司认为,涂刷胶浆时,接近空气的汽油较容易挥发,但贴近骨架材料处会有残留,残留的汽油使胶料发生溶胀,降低覆盖胶与骨架材料间的粘合,从而降低接头强度。第 3 次试验 7# 和 8# 样品对比(表 2)结果表明,涂胶浆并不能提高接头强度。实际操作中,涂胶浆的主要目的是将指形进行固定,避免指发生移动,在粘贴过程中减少空气的进入。

2.6 硫化工艺对接头强度的影响

根据覆盖胶和贴胶的正硫化时间、硫化平坦区长短、接头厚度等选择硫化工艺。最佳硫化温度为 145~150 $^{\circ}\text{C}$,升温过程中将上下硫化平板同步升温,上下板之间的温差不得超过 5 $^{\circ}\text{C}$ 。温度过高,输送带产生过硫现象,温度过低会使粘合失效。根据输送带厚度选择适宜的硫化时间,时间过短,硫化不透,粘合强度低;时间过长,导致过硫产生龟裂现象。硫化结束后,温度降至 70 $^{\circ}\text{C}$ 以下再开模。在前 2 次试验中,硫化条件为 147 $^{\circ}\text{C} \times 20 \text{ min}$,硫化程度低,接头被抽出;第 3 和 4 次试验中,对覆盖胶、芯胶进行分阶段硫化(如表 4 所示),将硫化条件调整为 150 $^{\circ}\text{C} \times 30 \text{ min}$,提高了

表 4 接头覆盖胶和芯胶的物理性能(147 ℃)

项 目	硫化时间/min					
	30	60	90	120	150	180
覆盖胶						
邵尔 A 型硬度/度	68	69	68	66	66	68
拉伸强度/MPa	23.3	22.2	22.5	22.3	22.3	20.4
拉断伸长率/%	619	610	605	586	593	556
芯胶						
邵尔 A 型硬度/度	70	69	71	70	71	71
拉伸强度/MPa	19.7	19.5	19.5	19.0	18.5	17.8
拉断伸长率/%	650	687	655	604	588	556

接头的硫化程度,接头表现为断裂状态。

2.7 操作过程对接头强度的影响

操作人员的操作水平和熟练程度对于芳纶输送带的接头强度至关重要。DPP 芳纶输送带主经单根线断裂强力为 4 000 N,损伤线绳对带体强度影响较大。在输送带纵向全厚度拉伸强度试验中,当样品为标准哑铃形时,全厚度拉伸强度为 1 660 N·mm⁻¹;当样品规格为 700 mm×50 mm 时,全厚度拉伸强度为 1 964 N·mm⁻¹。第 3 次试验时,经 SMC 公司技术专家进行操作,7[#] 与 8[#] 接头强度与带体额定拉伸强度的比值只相差 0.3%。因此在剥胶过程中,操作必须仔细认真,禁止损伤线绳。

在指形对接时两带体中心线须保持一致,否则不仅会造成输送带运行时跑偏,也会使指形部位受力不均匀,影响接头强度,使接头在很短时间内被破坏。

在整个操作过程中,须保证接头清洁。贴合

时注意清除灰尘和杂物,尽可能排净空气,提高粘合效果。

3 结论

(1)指形接头强度与指形自身的强度有关,指形自身强度取决于指长与指宽。必须根据带体强度级别,选择适宜的指长和指宽。

(2)提高接头用芯胶的粘合强度,可提高指形与指形间的材料与指形的粘合力,从而提高接头强度。

(3)根据接头用覆盖胶和芯胶的硫化工艺和接头厚度确定适宜的接头硫化工艺。覆盖胶和芯胶强度越高,老化性能越好,接头越不容易开裂。

(4)必须制定详细的接头工艺规程,接头制作过程中要加强监督,确保按照接头规程进行操作。尽可能使用自动化的接头设备,减少人为因素的影响。

(5)操作人员的操作水平和熟练程度严重影响芳纶接头强度,必须对输送带接头操作人员进行专门的技能培训,提高操作人员执行任务的精确性和有效性。

参考文献:

[1] 李晓森. 基于有限元法的钢丝绳芯输送带接头的研究[D]. 沈阳:东北大学,2008.
[2] Lodewijks G. Two Decades Dynamics of Belt Conveyor Systems[A]. Proceedings of Belton 11 Conference 1-2. 2001-08.

收稿日期:2014-12-23

Study on Finger Joint of Single Core DPP Aramid Fiber Conveyor Belt

SUN Gui-mei, WANG Guang-liang, ZHANG Peng-fei, WU Qi
(Yankuang Group Tancun Industry Co., Ltd, Zoucheng 273522, China)

Abstract: In this study, the finger joint of DPP aramid fiber conveyor belt was tested, and the effects of finger length and width, adhesion strength of joint compound, reinforcing fabric layer, curing condition and operating process on the static strength of joint of DPP aramid fiber conveyor belt were investigated. The results showed that, the strength of finger joint depended on length and width of the finger; increase of the adhesion strength of joint core compound could improve the strength of the finger joint; with higher strength of cover compound and core compound, the aging resistance was better and cracking resistance of the finger joint was better.

Key words: conveyor belt; DPP; aramid fiber; finger joint