

# 大功率弹性离合器的研制

王庆军 张粉英\*

(江苏里下河地区农业科学研究所, 扬州 225002)

**摘要** 介绍了大功率弹性离合器的研制过程。根据额定功率为 37 000 kW 等技术指标, 离合器设计成通风剖分式结构。外层胶采取 NR 和 CR 并用, 内层胶单用 NR, 骨架层采用 187tex/2V1 擦胶尼龙帘布, 硫化条件为  $150\text{ }^{\circ}\text{C}\times 70\text{ min}$ 。台架试验结果表明, 通风式离合器传递转矩的能力储备因数大于 2; 进放气时间比轮胎式气囊短一半以上; 气密性试验 24 h 压降小于 0.02 MPa。

**关键词** 离合器, 气囊, 柔性联轴节

弹性离合器具有传动柔和、抗冲击、抗振动等特性, 能补偿相连两轴间的不平行度和不同轴度<sup>[1]</sup>, 能减轻振动、冲击和间歇的负荷突然变化带来的不利影响<sup>[2]</sup>, 因而被广泛地应用在机械、船舶、发电、冶金、石油开采等行业的大型机械的动力传递上。其独特的作用是任何其它传递方式不可替代的。自 60 年代以来, 我国就在研制这类产品, 但基本上停留在对进口产品的仿制上。对大功率弹性离合器的研究一直处于空白, 主要产品仍然依靠进口。随着我国国民经济的迅速发展, 依靠自己的力量研制大功率弹性离合器就成了十分迫切的课题。为此我们对大功率弹性离合器进行了研究。

## 1 使用要求

大功率离合器必须安全可靠、维修便利、更换迅速, 技术指标如下:

额定功率	37 000 kW
额定转矩	1 800 kN·m
最高转速	$350\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$
工作内压	1.2 MPa
工作温度	$-10\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
工作湿度	95%
使用寿命	$>7\text{ a}$

## 2 结构设计

根据使用要求, 我们认为只有采用径向式

结构的弹性离合器才可能传递这么大的转矩。就目前世界上弹性离合器的发展情况来看, 径向离合器可分为轮胎式离合器与通风式离合器。

轮胎式离合器(见图 1)由轮胎式气囊、摩擦片、连接板和壳体组成。结构简单, 使用方面, 价格便宜。因此早期的弹性离合器大多采用该种结构。但该种结构的离合器有其致命的缺点, 即它将摩擦片直接固定在气囊上。气囊不但要承受内压的作用, 还要传递径向转矩, 同时因散热困难, 摩擦片的生热无法迅速散去, 气囊长期在较高的温度下运行, 气囊老化严重, 使用寿命短。这就限制了该种结构的离合器在大功率设备上的使用。人们在设计轮胎式离合器时通常将气囊设计得较厚实(见图 2)以提高它的可靠性, 但因气囊承受的负荷大, 故时常发生因摩擦生热无法迅速释放而使气囊焦烧损坏的现象。另外, 这种气囊还很笨重、僵硬, 一旦损坏便无法在现场进行快速修理或更换。轮胎式离合器在使用中曾造成严重的损失, 正在逐步

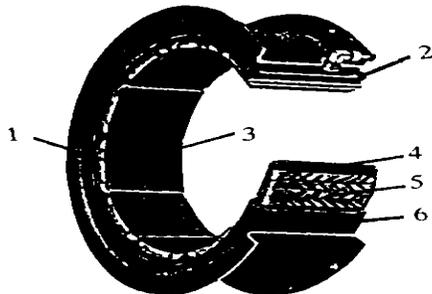


图 1 轮胎式离合器

1—壳体; 2—轮胎式气囊; 3—摩擦片;  
4—内层胶; 5—骨架层; 6—外层胶

\* 现在扬州师范学校工作。

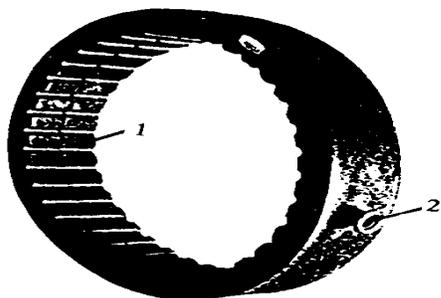


图 2 轮胎式气囊

1—摩擦片连接处; 2—气嘴

被淘汰。我们认为传递如此大的转矩是不能采用轮胎式结构的。

通风式离合器在轮胎式离合器基础上作了重大改进(见图 3)。针对轮胎式离合器散热及承受负荷较大的问题, 通风式离合器增加了摩擦靴及扭力杆。摩擦片固定在摩擦靴上, 与气囊完全隔离。摩擦靴(见图 4)是由散热性能良好的铝合金制成, 设有通风孔。摩擦热能由摩擦靴及通风孔迅速得到释放, 不会对气囊产生不良影响。扭力杆专门用来传递转矩。转矩由摩擦片传递给摩擦靴, 通过横穿摩擦靴中央的扭力杆传递给离合器壳体输出。气囊仅需提供作用在摩擦靴上的向心压力, 不再需要传递转矩, 负荷大为减小。因此气囊可设计得较薄。与轮胎式气囊相比, 通风式气囊具有良好的柔顺性。由于气囊是环状整体结构, 它与离合器一起固定在传动轴上, 而气囊是离合器最易损坏的部件, 在工作现场, 可供维修空间又十分狭小, 因此当气囊损坏时无法在现场进行快速修理、更换。为了提高气囊的可维修性、可更换性, 在通风式气囊的基础上, 又设计了剖分式结构气囊(见图 5)。剖分式气囊具有整体式结构的所有优点。气囊制成了条状, 能方便地从离合器中抽出。解决了在现场对损坏的气囊进行快速维修、更换的问题。

### 3 模拟样机设计

弹性离合器在稳定的工作情况下所能传递的最大转矩计算公式:

$$M_{\max} = \mu NR \quad (1)$$

式中  $M_{\max}$  ——最大转矩,  $N \cdot m$ ;

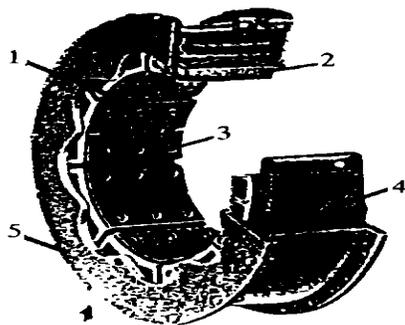


图 3 通风式离合器

1—摩擦靴; 2—扭力杆; 3—摩擦片; 4—通风式气囊; 5—壳体

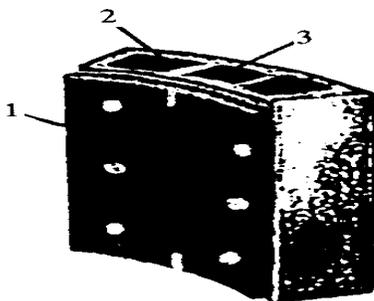


图 4 摩擦靴

1—摩擦片; 2—通风孔; 3—扭力承载孔

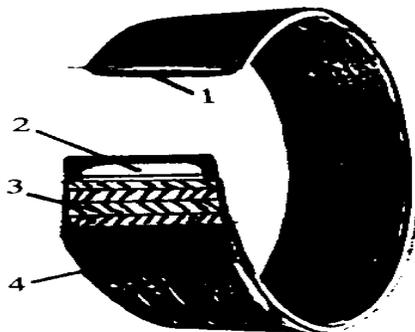


图 5 剖分式气囊

1—内层胶; 2—堵头; 3—骨架层; 4—外层胶

$\mu$  ——摩擦因数;

$R$  ——摩擦鼓半径,  $m$ ;

$N$  ——摩擦片作用在摩擦鼓面上的有效正压力,  $N$ 。

有效正压力  $N$  可由公式(2)求得:

$$N = nPA \quad (2)$$

式中  $n$  ——修正因数;

$P$  ——气囊的工作压力;

$A$  ——摩擦片的总有效面积。

由公式(1)和(2)可得公式(3):

$$M_{\max} = n^2PAR \quad (3)$$

由公式(3)可知, 在选用的摩擦片材料及总有效面积和工作压力一定的条件下, 离合器能

够传递的最大转矩只与摩擦鼓的有效半径成正比。为了节约投资,我们按额定转矩的1/10来设计样机。样机的主要尺寸(mm)如下:

摩擦片	424×200×10
摩擦靴	424×200×70
摩擦鼓	Φ1 210×430
气囊	Φ1 500×420
离合器	Φ1 650×450

#### 4 气囊的设计与制造工艺

##### (1)结构和配方设计

气囊可分外层胶、骨架层和内层胶3层。

外层胶长期暴露在潮湿的环境中。考虑到耐天候、耐磨性、耐热性能及工艺操作性能的需要,以NR和CR并用设计配方:NR 90;CR 10;氧化锌 5;硬脂酸 2;硫黄 2.1;促进剂DM 1;促进剂D 0.5;防老剂4010 1;防老剂DFC-34 0.5;中超耐磨炭黑N220 15;高耐磨炭黑N330 20;机油 10。硫化条件为 $155^{\circ}\text{C}\times 10\text{min}$ ,胶料拉伸强度为22.0 MPa,扯断伸长率为628%,邵尔A型硬度为58度。

骨架层是承受1.2 MPa工作压力的主要部件,同时还要考虑安全因数,故采用187tex/2V1结构的擦胶尼龙帘布。

内层胶以气密性能为主,结合粘合性能及操作工艺的需要,单用NR设计配方:NR 100;氧化锌 5;硬脂酸 2;硫黄 2.1;促进剂CZ 1;防老剂4010 1;防老剂DFC-34 0.5;高耐磨炭黑N330 30;轻质碳酸钙 20;机油 10。硫化条件为 $155^{\circ}\text{C}\times 10\text{min}$ ,胶料拉伸强度为16.0 MPa,扯断伸长率为650%,邵尔A型硬度为53度。

##### (2)成型制造工艺

气囊分3层结构,内层用厚5.5 mm胶片制成胶管。中间骨架层采用的是4层裁断角为 $45^{\circ}$ 的187tex/2V1结构的擦胶尼龙帘布。相邻两层间的夹角相互垂直。外层用5.0 mm厚胶片包覆。气囊分整体式和剖分式两种结构。整体式由于受力均匀,制做较为容易。而剖分式结构因两端存在着严重的应力集中现象,往往会降低气囊可靠性和使用寿命。因此在端头部位设计内置堵头,分散了端部的应力集中,提高了产品的可靠性。堵头先用模具硫化,并在

粘接面砂磨拉毛涂上硫化胶浆晾干后置于内管的端部压实。

##### (3)硫化工艺

将成型好的半成品准确放入模具中并移入硫化罐中。逐步用高压水注入内管中,开始时内压不能超过20 MPa,待内压稳定后,再逐步通入蒸汽,升温至 $150^{\circ}\text{C}$ 。在升温过程中要特别注意内管的压力变化,内管压力不能超过60 MPa,否则会挤穿产品或损坏模具。硫化70 min后,先泄内压,再泄外压。趁热出产品,否则冷却后产品会包紧模具无法取出。

#### 5 台架试验

为了验证设计的正确性,特别设计了一套测试台架,其原理如图6所示。

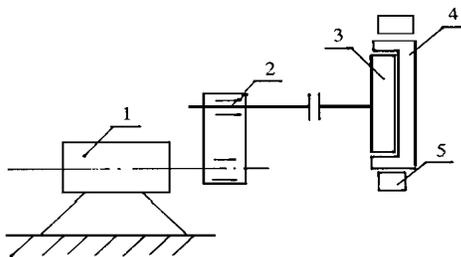


图6 离合器传递能力试验装置

1—大功率电动机;2—减速机;3—摩擦鼓;

4—离合器;5—扭力传感器

##### (1)传递转矩试验

测试开始前,先调整减速机达到额定转速,充气罐压力维持在2.5 MPa,然后给气囊充气。通过测力装置测试一定内压下离合器打滑瞬间时的扭力,计算出该压力下的转矩。将整体式、剖分式的试验结果绘于图7,从图7中可以看出如下结论:

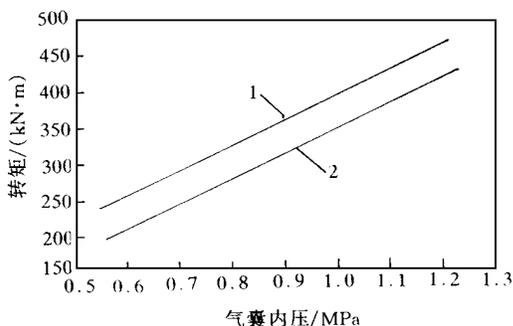


图7 传递转矩能力与工作压力的关系

1—整体式结构;2—剖分式结构

①两种离合器传递转矩的能力都达到了设

计要求,而且传递转矩的能力储备因数大于2,有利于超负荷使用,提高了安全性能。

②剖分式离合器传递转矩的能力为整体式离合器的90%以上。当整体式气囊损坏时可迅速更换成剖分式气囊,保证设备继续工作。为此我们在现场特意将整体式气囊破坏,更换成剖分式气囊,整个过程不超过4h。而以往同样规格的轮胎式离合器的气囊损坏后,需历经数月维修才能正常工作。

#### (2)进放气及气密性试验

进放气试验:气囊内压与进气时间的关系见图8。从图8中可看出,在气压为0.60 MPa时转矩已达到实际要求,动作时间仅需6s,而放气时间小于10s。这比原先轮胎式离合器充气需要15s要灵敏得多。

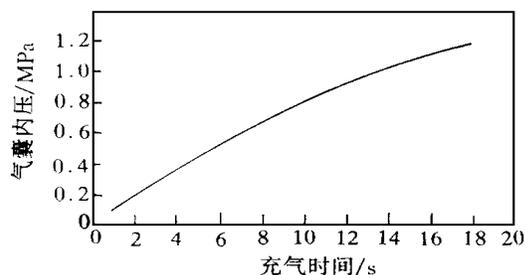


图8 气囊内压与充气时间的关系

气密性试验:将离合器一次充气至1.2 MPa后,关闭气阀。24h压降小于0.02 MPa。符合正常工作要求。而在正常使用时,气体是不断补充的,气囊的工作压力可维持在1.2 MPa。

## 6 结语

(1)通过通风式离合器的设计研究及台架测试,掌握了大功率离合器的设计及制造技术,为今后研制更大功率的弹性离合器奠定了基础。

(2)将气囊制成剖分式是对通风式离合器的一项创造性的改进,而且传递转矩能力可达到整体式的90%以上,极大地方便了在特殊环境中进行现场快速抢修、更换。

(3)通风式离合器比轮胎式离合器动作更加灵敏,且散热效果良好,提高了气囊的使用寿命和安全性能。

## 参考文献

- 1 《橡胶工业手册》编写小组. 橡胶工业手册第6分册. 北京: 化学工业出版社, 1996. 296
- 2 Freakley P K. 橡胶在工程中的应用的理论与实践. 杜承译. 北京: 化学工业出版社, 1985. 317

收稿日期 1998-11-24