

风电设备橡胶密封制品的技术概况

丁攀攀, 白骏烈

(北京橡胶工业研究设计院, 北京 100143)

摘要:介绍风电设备橡胶密封制品的胶料主体材料选择、胶料配方设计、产品结构设计和半成品生产工艺。风电设备橡胶密封制品胶料采用的主要胶种是丁腈橡胶、氢化丁腈橡胶、丙烯酸酯橡胶、硅橡胶、氟橡胶、三元乙丙橡胶等, 胶料配方和产品结构根据实际使用条件确定, 半成品生产工艺根据胶料原材料品种、产品结构和尺寸确定。

关键词: 橡胶密封制品; 风电设备; 配方设计; 结构设计; 生产工艺

在机械装置中, 橡胶密封制品主要用来防止构件在静止或运动状态下的介质泄漏, 同时防止外界灰尘、泥沙等进入密封机构内部, 起密封作用, 保证设备正常运转。风电设备橡胶密封制品使用条件十分苛刻, 其质量直接影响风电设备整机性能, 必须根据实际工况进行胶料配方设计和产品结构的设计。

1 胶料主体材料选择

用于风电设备橡胶密封制品胶料的胶种比较多, 必须根据使用条件(例如工作温度、压力、速度等)和密封介质(例如空气、水、油、酯等)进行选择。风电设备橡胶密封制品胶料使用的主要胶种及其性能见表 1 和 2^[1-19]。

表 1 风电设备橡胶密封制品胶料使用的主要胶种

胶 种	工作温度/℃	主要特点
天然橡胶(NR)	-50~+80	强度高, 回弹性好, 耐磨, 抗撕裂, 耐植物油、醇、水及采用正丁醇和蓖麻油的制动液, 不耐矿物油, 不适宜在热空气中使用。
顺丁橡胶(BR)	-50~+80	耐磨性能突出, 耐屈挠性能好。
三元乙丙橡胶(EPDM)	-50~+150	耐热, 耐寒, 耐臭氧, 耐磷酸酯系不燃性液压油、水、高压蒸汽、氟里昂等多种制冷剂和其它化学药品, 不耐矿物油系润滑油和液压油。
丁基橡胶(IIR)	-30~+150	耐热, 耐天候老化, 气密性能优异, 耐动植物油、磷酸酯系不燃性液压油、水和化学药品。
氯丁橡胶(CR)	-40~+130	耐天候, 耐热空气老化, 耐屈挠性能良好, 耐油性能一般, 有一定的耐化学药品性能, 不耐高芳烃油。
丁腈橡胶(NBR)	-40~+120	耐油, 耐热, 耐磨, 不耐磷酸酯系液压齿轮油及含极性添加剂的齿轮油。
氢化丁腈橡胶(HNBR)	-40~+150	强度高, 耐磨, 耐热, 耐老化, 耐油。
氯醚橡胶(CHC)	-40~+130	耐寒, 耐臭氧, 耐油和氟利昂等有机溶剂, 加工性能较差, 对模具有腐蚀性。
氟橡胶(FKM)	-20~+200	耐热, 耐酸碱和其它化学药品, 耐油(包括润滑油、燃油、汽油、含极性添加剂的齿轮油), 不耐酮类和酯类溶剂, 高温耐磨性能和低温性能差。
聚氨酯橡胶(PU)	-20~+80	耐磨, 强度高, 耐油, 不耐酸、碱、水蒸汽和酮类溶剂, 耐热和耐寒性能差。
硅橡胶(MVQ)	-65~+200	耐热, 耐寒, 耐压缩永久变形, 强度低, 耐磨性能差, 在汽油和苯溶剂中膨胀率大, 不耐低苯胺点的矿物油和含极性添加剂的齿轮油。
硅氟橡胶	-65~+200	耐热和耐寒性能与 MVQ 相同, 耐介质性能与氟橡胶相同, 强度较低。
聚丙烯酸酯橡胶(ACM)	-20~+170	耐热性能优于 NBR, 可在含极性添加剂的各种润滑油和液压油、石油系液压油中工作, 耐水和耐寒性能较差。
氯磺化聚乙烯橡胶(CSM)	-20~+150	耐候, 耐臭氧, 耐热, 耐化学药品性良好, 耐油性能稍差, 耐寒性能差。

表 2 风电设备橡胶密封制品胶料使用的主要胶种的耐介质性能对比

介 质	NBR	HNBR	ACM	MVQ	FKM	EPDM	SBR
发动机油							
SAE30#	◎	◎	◎	◎	◎	×	×
SAE10W-30#	◎	◎	◎	○	◎	×	×
齿轮油							
车辆用	◎	◎	◎	△	○	×	×
工业用 2 种(极压)合成基	◎	◎	△	△	○	△	△
液压变矩器、自动变速器油	◎	◎	◎	×	○	×	×
制动油							
DOT3(醇型)	△	×	×	○	×	○	○
DOT5(醇型)	△	×	×	○	×	○	○
DOT5(硅醇型)	◎	◎	◎	×	◎	×	○
汽轮机油	○	○	◎	△	◎	×	×
机械油(2# 锭子油)	○	○	○	×	◎	×	×
液压油(矿物油型)	◎	◎	◎	△	◎	×	×
难燃性液压油							
磷酸酯型	×	×	×	◎	△	×	×
水-乙二醇型	○	○	×	△	△	×	×
切削油	○	◎	△	△	◎	×	×
润滑脂							
矿物油	◎	◎	◎	◎	◎	×	×
硅基	◎	◎	◎	×	◎	×	
氨基	◎	◎	◎	◎	△	×	×
制冷剂							
R12+石蜡型冷冻机油	○	◎	×	×	×	×	×
R134a+醇型冷冻机油	△	○	×	×	×	◎	×
汽油	△	○	×	×	◎	×	×
轻油	△	○	×	×	◎	×	×
重油	○	◎	△	×	◎	×	×
防冻液(乙二醇型)	○	○	×	△	×	◎	◎
淡水(温水)	○	◎	×	○	○	◎	◎
海水	○	◎	×	×	○	◎	◎
水蒸气	×	○	×	×	×	○	△
10%盐酸溶液	○	○	○	○	○	◎	○
30%硫酸溶液	△	△	△	×	△	○	△
10%硝酸溶液	×	△	×	×	△	○	×
40%氢氧化钠溶液	○	◎	×	×	×	◎	◎
苯	×	×	×	×	×	×	×
乙醇	○	○	×	○	○	◎	◎
丁酮	×	×	×	△	×	×	×

注：◎有耐性；○除特定场合外有耐性；△除特定场合外无耐性；×无耐性。

如下。

2 胶料配方设计

风电设备橡胶密封制品胶料配方设计的要点

(1)了解产品的使用条件。风电设备工作环境不同,对橡胶密封制品的要求不同,例如在北部

严寒地区使用的风电设备橡胶密封制品必须防风沙、耐低温,在海上使用的风电橡胶密封制品必须耐盐雾腐蚀、耐热老化,不同使用条件的风电设备橡胶密封制品对胶料性能要求差异很大。所以,胶料配方设计前必须明确技术要求,查阅有关资料,搜集有关样品进行剖析,为配方设计找到参考依据。

(2)根据产品的性能要求,正确选择生胶及其它原材料。另外,由于风力发电是新兴行业,风电设备橡胶密封制品胶料的耐候和耐磨性能等技术要求欠缺,而这些性能又直接影响产品的使用寿命。建议在进行胶料配方设计时,注重考察胶料这2个性能。

(3)胶料配方应满足加工工艺要求,适合工业生产需要。

(4)胶料配方组成力求简单,通用性强,便于生产管理和质量控制。

(5)选用的原材料应来源丰富,立足于国内。在保证胶料性能的前提下,尽量选用价格便宜的原材料,以降低成本,提高经济效益。

具体的风电设备橡胶密封制品胶料配方设计选材如下。

(1)风电设备主轴油封胶料要求耐介质、耐热老化和耐磨性能好,压缩永久变形小,邵尔A型硬度为 (75 ± 5) 度,主体材料一般采用NBR;为提高胶料的耐热老化性能,补强剂采用白炭黑,硫化体系可采用低硫/高促硫化体系、过氧化物硫化体系、复合硫化体系,同时添加甲基丙烯酸镁作耐热添加剂,而甲基丙烯酸镁还可作过氧化二异丙苯(DCP)的助交联剂。

(2)风电设备O形密封圈胶料要求拉伸性能和耐介质、耐热老化性能好,压缩永久变形小,主体材料主要采用NBR,其次采用CR和NR,而耐高温O形密封圈胶料的主体材料也可采用MVQ和FKM,耐磷酸酯和耐高温水蒸气O形密封圈胶料的主体材料采用EPDM。

3 产品结构设计

风电设备橡胶密封制品种类繁多,有油封、O形圈、垫圈、端封件等。其中,主轴橡胶密封制品

出现的问题最多。

目前,国内风电设备的密封问题主要是风机主轴油封设计泄漏和使用泄漏。设计泄漏的主要原因是油封结构、胶料性能、密封方式等不当;使用泄漏的主要原因是为应对设计泄漏,在保证设备正常运转的条件下,采取添加密封介质(如润滑油)的方式,补充设计泄漏造成的介质损失,这是一种无奈之举,由此可见风机主轴密封泄漏已经成为严重阻碍风电设备正常使用,进而严重影响风电设备发电供电的重要技术问题。为了解决这个问题,首先应制备适合风电设备工况的橡胶密封制品胶料,严格控制胶料的耐磨性能、耐寒性能(低温性能)和耐候性能等;然后从结构设计方面改进油封的密封性能。中小规格油封骨架多采用金属材料,而大规格油封骨架可采用覆胶棉帘布作为骨架材料。对于大规格油封来说,以金属作为骨架存在以下问题:金属骨架成型困难,且容易变形;金属骨架油封安装困难,且容易在安装过程中变形,造成早期密封失效;对机加工要求高,加工成本高。风机主轴金属骨架和夹布骨架油封结构如图1所示。

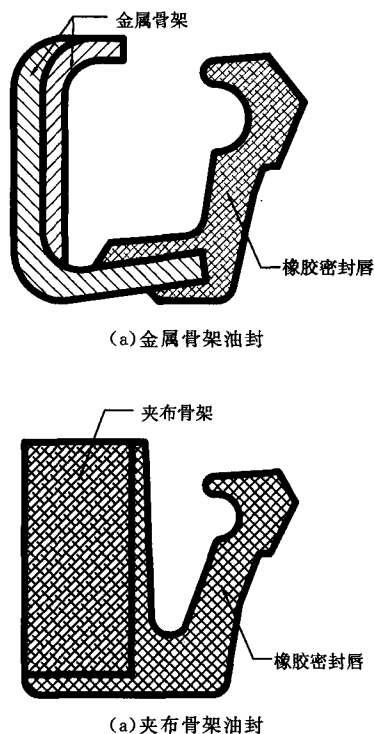


图1 风机主轴金属骨架和夹布骨架油封结构示意图

设计油封结构时,要注意控制油封的径向力大小。径向力不是越大越好,径向力过大会造成干磨现象,加剧油封的早期磨损,严重影响油封的使用寿命。在满足油封密封性能的前提下,大规格油封的单位周长径向力比小规格油封稍小,这样可以减轻油封橡胶密封唇的磨损。

另外,正在研制便于安装的开放式油封,该油封的应用可以有效减少风电设备的维修费用。

4 半成品生产工艺

风电设备橡胶密封制品加工工艺以模压加工为主,半成品通常采用以下几种方法制备。

(1)压延机或开炼机压出一定厚度的胶片,再用专用切条机将胶片裁切成一定尺寸的长条或方形的块。该法适用于大规格半成品生产。

(2)挤出成型法,即从挤出机挤出一定规格的胶管,再横切成一定数量的胶圈,此法普遍用于生产小规格油封、O形圈及其他类型的胶圈、胶垫。对于大规格O形圈等可采用挤出机挤出胶条,再将按定长裁切的胶条搭接成环的方法制备半成品。

(3)预成型法,采用精密预成型机成型,生产效率高,可制备管状、实心、环状、平面状或复杂形状的半成品,半成品精度高。该法返回胶少,质量控制准,劳动力和生产成本降低。

(4)布筒式搓卷机成型,适用于夹布橡胶密封制品半成品生产,效率高,劳动强度低。

5 结语

橡胶密封制品虽然是风电设备中的小部件,但它的作用却很大,只有高质量的橡胶密封制品,才能满足风电设备的使用要求。风电设备密封制品的研发必须十分审慎,不能照搬相关机械设计手册和标准的橡胶密封制品结构和性能参数,也不能直接放大使用手册和标准上的参数,应根据实际工况,进行胶料配方设计和产品结构

参考文献:

- [1] 边俊峰,栗付平,张洪雁.二硫化钼在氟醚橡胶中的应用[J].橡胶工业,2000,47(5):274-275.
- [2] 林原.橡塑密封材料的研究应用进展[J].特种橡胶制品,2002,23(2):59-62.
- [3] 吕仁国,李同生.聚酰亚胺填充丁腈橡胶复合材料的研制[J].润滑与密封,2002(6):16.
- [4] 何世权,安晓英,刘潇,等. Fe_3O_4 复合丁腈橡胶的力学和摩擦学性能[J].兰州大学学报(自然科学版),2008,44(2):132-136.
- [5] 杨建,田明,贾清秀,等.二硫化钼对 NBR 胶料性能的影响[J].橡胶工业,2005,52(10):587-591.
- [6] 黄新武,王廷梅,田农,等.芳纶纤维增强丁腈橡胶的摩擦性能[J].合成橡胶工业,2006,29(6):451-453.
- [7] 王斌,王德贵,陆兆达.丁腈橡胶的 XeF_2 表面氟化改性研究[J].应用化学,1997,14(5):51-54.
- [8] 禹权,黄承亚,叶素娟.氢化丁腈橡胶的研究进展[J].特种橡胶制品,2006,27(2):57-62.
- [9] Hashimoto K, Todano Y. Handbook of Elastomers[M]. New York: Marcel Dekker Inc., 1988, 741-757.
- [10] 黄安民,王小萍,贾德民.氢化丁腈橡胶研究进展[J].绝缘材料,2005,(5):57-60.
- [11] Hirano K. Phase separation structure in the polymer blend of fluorocarbon elastomer and hydrogenated nitrile rubber[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2005, 95(1): 149-156.
- [12] 雷长春,张立群. HNBR/NBR 共混物动态硫化[J].合成橡胶工业,2000,23(4):230-233.
- [13] Ibnelwaleed A. Study of the miscibility and mechanical properties of NBR/HNBR blends[J]. Polymer Engineering and Science, 2004, 44(12): 2346-2352.
- [14] 王晋军,李锦山同,薛旭飞,等. HNBR/NBR 共混物的硫化及热空气老化性能[J].合成橡胶工业,2001,24(5):285-287.
- [15] Severe G. Dynamically vulcanized blends of oil-resistant elastomers with HNBR[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2005, 95(1): 2-5.
- [16] Thavamani P. Compatible blends of ethylene-vinyl acetate copolymer and hydrogenated nitrile rubber[J]. Advances in Polymer Technology, 2004, 23(1): 5-17.
- [17] 谢遂志,刘登祥,周鸣峦.橡胶工业手册(第一分册)[M].修订版.北京:化学工业出版社,1989.
- [18] 边俊峰,王珍,谭光智,等.高性能系列氟橡胶[J].橡胶工业,2003,50(1):21-23.
- [19] 方晓波,黄承亚,朱立新.石墨和二硫化钼填充氟橡胶的摩擦磨损特性研究[J].润滑与密封,2008,33(3):72-75.