

航空轮胎从 NZG 向“芳纶化+子午化”的发展

邓海燕

(中橡集团曙光橡胶工业研究设计院, 广西 桂林 541004)

航空轮胎一向以保守著称,子午化率低,新技术、新材料应用慢。但在最近数年间,情况似乎有了一些变化。第一代超音速客机——协和飞机失事成为促进航空轮胎子午化、芳纶化的一个契机。虽然装上 NZG 轮胎的协和客机最终因商业上的原因而永久退出航线,但 NZG 轮胎的问世让飞机制造商和航空公司更深刻地体会到子午线航空轮胎的技术优势,并由此而影响航空轮胎今后的技术走向。

1 协和客机与 NZG 轮胎

2000 年 7 月 25 日法国航空公司的一架协和 (Concorde) 超音速客机在巴黎郊外坠毁,造成 113 人死亡。事故调查结论是,机场跑道上的金属碎片扎破轮胎,轮胎爆破产生的橡胶块击穿飞机油箱,从而酿成惨祸。按照机场地面管理规范,跑道上不应有任何异物。显然此次事故责任不在轮胎。但是,当时也有人提出“轮胎制造商能否提供抗外物致损性能更好的轮胎”。

2000 年底法国米其林集团公司接受法航委托,开发为协和复出准备的 NZG 轮胎。NZG 的全称为 Near Zero Growth,汉译:近零胀大。据介绍,NZG 轮胎具有如下特点:1. 采用芳纶纤维作骨架材料,辅以改进骨架层结构,使轮胎膨胀率只有 3%,故称“近零胀大”,而且重量比同规格斜交轮胎轻 20%;2. 轮胎爆破后形成的碎块体积较小,平均重量不到 1 磅;3. 试验证明,抗外物致损性能非常好。在承受协和飞机工作负荷(将近

23t)的条件下,NZG 轮胎与用作对比的斜交轮胎分别以低速($20\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)和高速($324\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $382\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)碾过 30cm 长锐利钢刃。NZG 轮胎无漏气和掉屑,而斜交轮胎爆破,无法参与下一项试验。碾过钢刃的 NZG 轮胎接着进行 3 次滑行一起飞—着陆—滑行试验,结果一一顺利通过。

在停飞 14 个月后,协和客机换上米其林的 NZG 轮胎重上蓝天。虽然后来由于油耗太高、乘客太少和维修费用上涨等一系列原因,协和客机于 2003 年 10 月 31 日停止商业运营,但是航空界通过 NZG 轮胎,对子午线航空轮胎的技术优势有了更深的了解,多了一次真实的体验。

2 轮胎子午化和芳纶化引人注目

虽然世界航空史上唯一成功投入商业运营的超音速客机已经永久封存在历史博物馆里,但曾为其服务的 NZG 技术却继续在现实中发挥作用,带动航空轮胎走向子午化、芳纶化。

现在,米其林已将 NZG 技术推广应用到新一代航空轮胎。与空客 A340-600、波音 777-200LR/300ER 配套的 NZG 轮胎已通过适航部门审批,获得装机批准书。一些供私人使用的喷气式飞机(譬如 Dassault Falcon 7X 公务机)所用的 NZG 轮胎已投放市场。

对于规格较大的航空轮胎,譬如与空客 A340、波音 777 配套的轮胎,应用 NZG 技术后,除安全性提高外,重量减轻非常明显。至于规格较小的轮胎,譬如与 Dassault Falcon 7X 公务机

配套的轮胎,在应用 NZG 技术后,虽然重量减轻不多,但其抗外物致损能力大大增强。换言之,NZG 技术的优越性在大规格轮胎上主要体现为减轻重量,在小规格轮胎上主要体现为提高了安全性,也就是提高了抗外物致损能力。

重量是航空器设计师除安全性之外最关心的技术指标,无论是自重高达 240t 的空客 A380,还是自重只有 1.114t 的赛斯纳 172R 天鹰,均是以克为单位进行轻量化设计的。飞机自重越轻,燃料效率就越高。同样多的燃料,就能飞行更长的距离。以空客 A380 为例,通过彻底贯彻轻量化设计,在长途客机中实现了最高的燃料效率,将 1 名乘客运送 100km 只需 2.9L 燃料。真正是“1 克重量 1 克黄金”,减少 1 克重量就相当于节约了 1 克黄金。欲实现轮胎轻量化,通常有两种方法:一是采用子午线结构设计;二是减少骨架材料用量。与斜交结构相比,子午线结构一般可减轻轮胎重量 20%。芳纶纤维具有超高强度、高模量、质量轻的特点,采用芳纶帘线代替尼龙帘线可减少胎体层数。而且,芳纶纤维具有耐热、耐切割、生命周期长等优点,这也是面对高速、高载荷使用条件的航空轮胎所需要的。长期以来,由于芳纶纤维价格居高不下,且尚未解决芳纶纤维切口松散、与橡胶粘合难的问题,所以,芳纶纤维在轮胎中的广泛应用受到制约。从 2001 年起,以美国杜邦公司、日本帝人公司为首的外国芳纶纤维生产企业争相扩产,缓解了供给不足,芳纶纤维价格已有下调可能,同时随着科技进步,芳纶纤维粘合难的技术问题在国外已经完全解决,国内亦已初步解决,所以航空轮胎的子午化、芳纶化可以摆上议事日程来讨论了。

3 大鳄间的技术竞争逐步升级

在米其林忙着将 NZG 技术推广到协和以外的机型的时候,美国固特异轮胎橡胶公司悄悄地把美国弗吉尼亚州 Danville 轮胎厂的子午线航空轮胎生产能力扩大了 3 倍,并于 2001 年底研制成功采用芳纶帘线作骨架材料的,被称为 Custom Flight 的轮胎。据介绍,该轮胎比普通轮胎轻 20%,由于更耐磨耗和抗刺扎,所以起落次数增加了 20%。目前,固特异已将 Custom Flight 推荐给空中客车 A340 等大型客机。

英国邓禄普航空轮胎公司亦不甘落后。该公司已经研制出尼龙/芳纶混纺帘线,并将这种帘线用于轮胎试生产。第一批用尼龙/芳纶混纺帘线作骨架材料的样品胎,已于 2002 年 9 月前完成性能测评。

亚洲航空轮胎生产大户——日本普利司通公司,于 2003 年 11 月签订了为法国空中客车工业(Airbus Industry)公司所有机型配套轮胎的合同,其中也包括了空客 A380。该机型号称全球首架全双层大型客机,按照国际航班的 3 级别舱位标准设计,座位达 555 个之多。如果全部设置为经济舱,则最多可设置 800 个座位,超过了有“巨无霸”之称的波音 747,从而成为世界上最大的客机。截止目前,全球共有 11 家航空公司总计订购了 129 架这种飞机。配套空中客车 A380 的轮胎,其外径有 1400mm,比波音 747 的还大。考虑着陆时轮胎必须承受高达 560t 的总重量,因此普利司通选择芳纶帘线作为带束层骨架材料。2004 年 5 月份起,空中客车 A380 已开始在本土制造厂进行最后的组装;明年早些时候,1 号机将如期下线。经过试飞后,计划 2006 年正式首航。届时,普利司通的芳纶帘线带束层轮胎将伴随空中客车 A380 冲向蓝天。

近年来,在世界航空产品领域,投资已战略性转移到子午线航空轮胎的研发项目或制造项目上面来。可堪佐证的是,2003 年交付使用的新飞机中,有 60% 配套子午线轮胎,而两年前仅有 43%。上述种种迹象亦表明,米其林研发成功 NZG 技术不但受到同行的高度关注,而且随之引发踊跃跟进。在航空轮胎“芳纶化+子午化”领域,一轮新的技术竞争在所难免。

4 “芳纶化+子午化”是发展方向

对于需要优先考虑降低自身重量的航空轮胎而言,芳纶不失为首选的骨架材料。从技术角度而言,芳纶纤维可用作轮胎任何部位的骨架材料,甚至可以与树脂结合取代钢丝制造轮胎胎圈,极大地减轻轮胎的重量。

关于“绿色轮胎”,当前国际上普遍认可的概念是“低滚动阻力,便于再资源化”。减轻轮胎重

量是达到低滚动阻力的途径之一,低滚动阻力带来的直接好处是低油耗,也就是通常所说的燃油经济性好。低油耗意味着节能,废气排放量减少,空气污染降低。采用芳纶纤维作骨架材料,一方面增强了胎体的整体结构性,提高了可翻新率,另一方面便于废胎回收加工。

有资料表明,国外商用航空轮胎子午化率已达到 17%,军用航空轮胎子午化率为 30%。在子午线轮胎实现商品化 20 多年的今天,在地面运输市场,子午线轮胎即使还不能说是一统天下,但它也至少占领了大半壁江山。所以,对于航空运输市场,无论是 17% 还是 30% 都不算多。导致航空轮胎子午化进程缓慢的原因出自两个方面:一是部分归结于轮胎的类型在轮胎与飞机配套之初就已确定,若在飞机投入运营一段时间后想改用别的类型的轮胎,需要进行飞机改装,这样成本很高;二是平均翻新次数偏低。提高子午线轮胎翻新后的结构完整性,这样才能大幅度提高子午线轮胎的翻新次数。如果能用芳纶帘线代替尼龙帘线作胎体骨架层,上述问题即可迎刃而解。因此,在航空轮胎领域,子午化和芳纶化是相辅相成,互相促进的。

我国现有 3 家航空轮胎生产企业:桂林蓝宇航空轮胎发展公司、银川橡胶厂、沈阳三橡轮胎有限责任公司。其中前两家企业同时经营航空轮胎翻新业务。目前国内航空轮胎新胎市场容量大约为 1.5 亿元人民币,翻胎市场容量大约为 1 亿元人民币。国产民用航空轮胎 100% 为斜交结构,进口民用航空轮胎中有部分为子午线结构。综上所述,我国航空轮胎产品的“子午化+芳纶化”的潜在空间是很大的。

业内资深人士认为,芳纶纤维应用于轮胎的性价比平衡临界点为每千克 100 元(人民币)。到芳纶纤维价格降到每千克 100 元(人民币)以下时,芳纶纤维作为轮胎骨架材料所带来的优越性将转化为强劲的经济效益,届时在经济利益的驱动下,大规模应用必然成为可能。

目前国际市场芳纶纤维价格约为每千克 30 美元。近年来,在注重环保的西欧地区,已经有全芳纶轿车子午线轮胎出售。与同规格子午线轮胎

相比,该轮胎重量减轻 30%。航空轮胎是高附加值产品,由使用芳纶纤维而带来的成本提高不会对航空轮胎产品价格带来太大的冲击。芳纶纤维应用于工程轮胎得到国内外市场认可就是一个明证。随着我国加快实现芳纶产业化,国内多条芳纶纤维生产线已经上马,芳纶纤维的价格距离应用于轮胎的性价比平衡临界点已经越来越近,规模商业化应用的条件也越来越充分,因此应当加紧进行芳纶纤维应用于轮胎的基础研究,及早攻克芳纶纤维应用于轮胎所必须解决的技术、设备、工艺三者间的配合问题。

“军民结合、寓军于民”是世界各国政府保证军需的基本方针。像法国米其林、美国固特异、日本普利司通都是军用飞机的民口配套企业。多年来,上述企业不断地将在民用产品开发中储备的尖端技术应用于军事领域。尽可能将现成的商业产品转为军用,已成为美国等西方国家军品采购的一种趋势。不言而喻,“芳纶化+子午化”技术若应用于军用航空轮胎,将收到战机延长巡航时间,提高起降性能,增强战斗力的效果。对于这一具有潜在乃至长远战略价值的新技术,我国应当避免在认识上和科研投入上落后于美国、法国等发达国家。在现阶段,“芳纶化+子午化”技术属于航空轮胎领域的尖端技术和敏感技术,不可能从国外引进。因此,我们要立足于自我发展。从现在起,我国的航空轮胎企业应当密切注意航空轮胎“芳纶化+子午化”的国际发展趋势,尤其应当着手在军用航空轮胎研制项目上尝试应用“芳纶骨架+子午线结构”的技术,积累数据,增加技术储备,做到“生产一代、研究一代、储备一代”,为国防科技工业的发展做出新贡献。

在 21 世纪,航空轮胎的发展方向是普及应用芳纶纤维,推广“芳纶化+子午化”技术。预计到 21 世纪后期,航空轮胎产品将以“芳纶骨架+子午线结构”为主流。无论是军用还是民用航空,新的机型将全部配套子午线轮胎,老的机型会继续使用斜交轮胎,直到自然退役。因此在今后很长的一段时间内,一方面是越来越多的子午线航空轮胎投入使用,另一方面是斜交航空轮胎仍然存在,但市场份额将逐渐减少。