

# 碳纤维复合材料在装备制造业的应用

大连富鼎碳素装备有限公司 曲振征

大连富鼎碳素装备有限公司位于大连花园口经济区迎春街东段 39 号。花园口经济区为辽宁省沿海对外开放五大重点区域之一，享有省级开发区经济管理权限。2009 年 7 月《辽宁沿海经济带发展规划》获得国务院批准，花园口经济区被纳入国家战略；9 月被国家发改委列为“国家高技术产业新材料基地”。花园口地理位置优越，鹤大高速公路穿境而过，丹大快铁（客运、货运），设有花园口站并与沈丹高铁、哈大高铁相连接。

## 1 公司概况

公司成立于 2011 年 10 月，现有职工 130 人，其中技术人员 33 人，注册资本 5000 万元。公司总占地面积 6.6 万平方米，一期工程占地面积 3.3 万平方米，建筑面积 1.5 万平方米，包括研发中心、3 座厂房以及库房等建筑。公司是集科研、生产、销售和服务于一体的高新技术企业，主要进行碳纤维复合材料终端产品及装备的研发和生产，可为用户提供产品的设计、制造和技术支持，是中国复合材料学会的理事单位。

## 2 公司主导产品

我公司是国内研发生产碳纤维复合材料工业装备的专业厂家，现已建成民用、军工两条碳纤维复合材料制品生产线。主要产品如下：

①碳纤维复合材料耐酸泵：拥有自主知识产权，为发明专利产品，具有多项国内第一（见图 1）；

②核磁、CT 机医疗诊断床板及附件：公司为东软飞利浦等厂家生产加工的核磁、CT 机医疗诊断床板及附件为高新技术产品，现已替代进口产品（见图 2、图 3）；

③军方 XX 型号装备碳纤维复合材料 XX 辅机泵的研制及试用：军工项目（见图 4）；

④卫星通讯领域的天线反射面、天线罩等系列产品：高科技配套产品（见图 5）；

⑤飞行训练模拟器结构件制作：出口产品（见图 6、图 7）；

⑥煤炭、焦化等化工行业的耐腐蚀槽、罐等设备：材料替代，可延长产品使用周期（见图 8）。

其中，碳纤维复合材料耐酸泵是我公司主导产品，具有技术、市场及节能减排等优势。目前，根据用户需求进行批量化生产。



图 1 碳纤维复合材料耐酸泵



图 2 核磁床板



图 3 CT 床板



图 4 碳纤维 XX 泵



图 5 应急卫星通信天线罩



图 6 飞行训练模拟器结构件(1)



图 7 飞行训练模拟器结构件(2)



图 8 碳纤维复合材料储罐

### 3 碳复合材料耐酸泵

### 3.1 碳纤维复合材料耐酸泵研发过程

我公司研发生产的碳纤维复合材料耐酸泵是装备制造业的高端产品。该产品拥有专利技术（专利号 200910012300.0），有配套的生产工艺以及产品、模具设计生产线。

2010年公司筹备初期经认真分析和研究，认为碳纤维复合材料产业是战略性新兴产业，涉及到国防、工业、医疗和高新技术等领域，其发展将会极大促进国民经济的增长。“十二五”期间，我国碳纤维复合材料装备行业迎来了更加广阔的发展空间。因此，用碳纤维复合材料制造耐酸泵将部分替代目前在有色金属、制酸、焦化及石油化工等行业正在使用的特种合金的金属泵和效率低的塑料泵。2011年完成首台样机设计、研制及制造，在试验台进行性能测试，各项指标达到设计要求。2012年样机在国内多家工厂进行试用，使用效果达到设计要求；由于碳纤维复合材料的特殊性能，其耐酸泵能够很好满足水力模型设计，不仅寿命长，而且效率远高于塑料泵。2013年先后完成市级产品质量检测报告，在尚无国家标准情况下，制定出企业标准并已备案（Q/DJS 001-2013），取得了市级组织的新产品新技术鉴定验收证书（大经信鉴字[2013]14号），获得辽宁省质量技术监督局颁发的“全国工业产品生产许可证”。2015年，碳纤维复合材料耐酸泵获得“大连市制造业重点领域首台（套）技术设备示范应用项目认定”（大发改工业字 [2015] 520号），并得到资金资助。根据2015年5月22日最新科技查新结果，我公司专利产品碳纤维复合材料耐酸泵目前仍是国内唯一的生产企业。

### 3.2 碳纤维复合材料的优异性能在泵结构上的应用特点

- ①重量轻，碳纤维复合材料重量仅是钢的 1/5；
- ②碳纤维复合材料具有高强度及良好的刚度、抗疲劳等性能；
- ③热稳定性能好，线膨胀系数是钢的 1/10。保障了零部件的尺寸公差和泵的同心度；
- ④耐腐蚀性能优异，耐稀硫酸及海水等介质，可代替价格昂贵的 316L、904、Ti3 等高级合金材料；
- ⑤碳纤维材料本身具有吸收振动的能力。用碳纤维复合材料制作泵体叶轮重量小转动惯性小，可降低泵的振动和噪声；
- ⑥泵体等部件能够采用模压热固化成型工艺，产品的几何尺寸精度和表面光洁度高，保证了泵的水力特性，提高了泵的效率。由于均采用模具模压成形，生产效率高，便于规模化生产；
- ⑦可维修性好。碳纤维复合材料具有成熟的现场修复技术。产品寿命长，比金属泵、塑料泵维修成本低。

### 3.3 碳纤维复合材料及制品研发能力

多年来公司注重产品研发和生产能力的建设，成立研发中心，现有研发人员 20 人。研发中心有研制生产耐酸泵二十多年的技术骨干，有航空航天研究单位调来的具有多年研制生产碳纤维复合材料制品经验的专家和技术骨干，并聘有国内知名复合材料专家作为技术顾

问,与国内多所高校和研究机构合作研发碳纤维复合材料及制品。公司有较完善的包括数控加工中心在内的机械加工、模具设计及加工能力,有各种适合碳纤维复合材料制品生产制造的专业设备;有复合材料试验检测设备及先进的各型泵类参数的试验检测平台,可满足产品所需要的试验及测试。为解决特殊产品对碳纤维复合材料的要求,公司专门研制出乙烯基树脂碳纤维复合材料预浸布加工生产线。近年来共投入研发资金 500 多万元。碳纤维复合材料耐酸泵的研制成功,不仅提升了耐酸泵行业装备水平,而且具有较大的市场前景。

### 3.4 碳纤维复合材料耐酸泵技术优势及创新点

碳纤维复合材料耐酸泵采用国外先进的水力模型技术的基础上,引入重量轻、强度高、耐酸腐蚀、噪音低、振动小等优点的新材料和特殊的工艺方法,在国内首次研制碳纤维复合材料耐腐蚀泵。其关键技术(专利技术)如下:

#### ①耐酸腐蚀的碳纤维复合材料的研制

环氧树脂/碳纤维复合材料虽有耐腐蚀的性能,但不能很好的满足实际使用中的高温和稀酸介质环境,为此专门研制了满足要求的环氧乙烯基树脂碳纤维复合材料预浸料(该预浸料为国内首次研制并使用)及这种材料应用的工艺。

#### ②泵蜗壳体成型工艺

泵体蜗壳沿流道中心设计分型面,分型面外侧设密封平面和紧固螺孔,同时须保证泵结构复杂的泵蜗壳体的尺寸和流道型面精度高的要求,以满足碳纤维复合材料成型工艺实现的方案。

#### ③无法兰设计

根据复合材料的力学方向进行新的设计,采用新型无法兰盘连接结构,以解决强度和密封问题。

#### ④叶轮结构和脱模工艺

叶轮模压一次成型工艺。由于叶轮的叶筋采用扭曲形式,在成型工艺方面极大地增加了制件的脱模难度,因此,在模具结构中设置若干活动式型芯,型芯通过定位销与主模体定位以便于预浸料能够整体铺贴;脱模时首先将制件与主模体分离,然后再将型芯从制件中逐一抽出,为了避免因脱模应力造成制件分层,制件与型芯、型芯与主模体、制件与主模体之间设置了合理的拔模斜度。

### 3.5 碳纤维复合材料耐酸泵市场优势

和金属泵比较,碳纤维复合材料泵性价比更高,且寿命长、振动噪声低;和塑料泵比较,碳纤维复合材料泵效率高,节能效果十分明显(塑料泵效率约 45%,碳纤维复合材料泵 72%),寿命远高于塑料泵。因此用碳纤维复合材料耐酸泵替代塑料泵和金属泵已引起用耐酸泵企业的关注,如一个大型锌冶炼厂有近千台泵在运行,大多使用塑料泵,如果用碳纤维复合材料耐酸泵替代塑料泵,不仅提高泵效率及使用寿命,而且为节能减排、降低生产成本提供了有力的保证。

### 3.6 碳纤维复合材料耐酸泵节能优势

①根据用户测试报告，以中型泵 50~160 为例，在流量、扬程等技术指标相同情况下，塑料泵耗电 35kw/h，碳纤维复合材料耐酸泵耗电 23kw/h，由于生产线上的泵是全年不间断运行，因此 1 台碳纤维复合材料耐酸泵年平均年节电约 10 万度。一个锌冶炼厂有近千台泵在生产线上运行，可见节能效果显著，同时因节能而产生的经济效益十分可观。

②与招标项目比对碳纤维泵比塑料泵效率平均高 32%。以某铝业特殊材料公司 10 万吨/年 锌合金技术改造招标项目为例，该项目共需 254 台耐腐耐磨塑料泵，依据招标文件中泵的流量、扬程等技术指标，该项目采用塑料泵与碳纤维复合材料耐酸泵耗电情况分别如下：254 台塑料泵每小时共耗电 8073 千瓦，254 台碳纤维复合材料耐酸泵每小时共耗电 6112 千瓦，因此用碳纤维复合材料耐酸泵替代塑料泵每小时可节电 1961 千瓦，年节电 1568.8 万度（按 8000 小时/年计），折算减少用标准煤量为 5177 吨，节能减排效果显著。

## 4 碳纤维复合材料耐酸泵及各类碳纤维复合材料制品

### 4.1 碳纤维复合材料耐酸泵系列产品

目前我公司已开发碳纤维复合材料耐酸泵有三大系列产品，主要技术指标如下：

#### ①JCF 全型谱卧式泵

流量：2—2000 立方米/小时

扬程：10—160 米

电机功率：1.1—200 千瓦

#### ②JXY 全型谱悬臂液下泵

流量：10—700 立方米/小时

扬程：10—50 米

电机功率：22—160 千瓦

#### ③JBY 全型谱立式液下泵

流量：10—700 立方米/小时

扬程：10—50 米

电机功率：22—160 千瓦

### 4.2 其它各类碳纤维复合材料制品

除上述三大系列碳纤维复合材料泵产品外，我公司可为用户提供特殊用途的碳纤维复合材料泵及其他碳纤维制品（结构件）的研发和生产。公司研发中心能够根据用户需求，进行产品设计，模具设计，工艺设计，提出质量控制要求及工艺路线；公司生产部能够按计划组织生产，并严格执行工艺要求和质量保证措施，出厂产品实行严格检验制度，在合同期内交付用户，使用户得到满意产品。