

06 碳纤维密度梯度装置稳定性研究

张 瑾

(中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司技术检测中心, 山东 东营 257000)

(中国石油化工股份有限公司胜利油田检测评价研究有限公司, 山东 东营 257000)

摘要: 国内在油田用纤维复合材料制品开发和应用方面的基础研究较薄弱。本文通过开发一套纤维密度梯度测试装置并对其进行稳定性验证, 为碳纤维、合成树脂及其配合体系的性能指标测试分析提供技术基础, 为研究促进纤维复合材料制品设计、开发水平提升提供技术手段, 助力推动复合材料产业发展。

关键词: 碳纤维; 复合材料; 密度梯度法; 稳定性验证

1 引言

纤维复合材料具有比强度、比模量高、耐疲劳、耐腐蚀以及设计、工艺性强等特点, 具备单一材料难以拥有的性能^[1-2]。可优化设计制造所需特性的产品, 最大限度地保证产品的可靠性、减轻重量和降低成本。在航空航天领域应用较早, 在大型飞机上, 复合材料的用量已达40%~50%。增强材料主要有玻璃纤维、碳纤维、硼纤维以及有机纤维。碳纤维日本和美国的碳纤维技术遥遥领先全球, 是世界各国对标目标。

经过近30多年的发展, 国内纤维复合材料检测技术研发和应用有了长足的进步, 特别是在无损检测技术方面形成了一些较为切合实际的特色技术。北京航空制造工程研究所等研究机构, 建立了航空用胶接结构声振检测技术和复合材料高分辨率RF超声检测技术及缺陷判别方法, 反射/穿透法C扫描检测技术、缺陷模式识别技术、复合材料孔隙率评估方法、复合材料手动扫描成像检测技术和复合材料声发射检测方法, 在实际生产和科研中得到较好的应用。然而, 据北京玻璃钢研究院等国内顶级专业结构调研表明, 在石油石化等工业和市政民用领域, 复合材料制品的测试和考核验证大多停留在力学、承载等强度校核方面, 在纤维、树脂界面关系、长期服役的老化、疲劳等失效机理和寿命预测技术方面研究较少, 也未建立相关理论和完善的测试、考核验证技术和方法。因此, 本文制做了一套纤维密度梯度测试装置并对其进行稳定性验证, 为开展纤维、树脂以及配合体系性能和界面关系等试验研究提供技术保障。

2 纤维密度测试装置研发

碳纤维密度是表征碳纤维物理性能的一个重要参数, 也是碳纤维研制和生产过程中的一项关键控制指标, 其大小取决于滋生物质成分、组织形态和内部缺陷。碳纤维的密度在一定程度上影响了复合材料的宏观性能, 因此准确表征碳纤维密度即可有效指导其研制和生产, 同时也对碳纤维的应用性能有重要意义^[3]。

对碳纤维密度的测定主要包括液体置换法、浮沉法和密度梯度法三种试验方法。液体置换法主要利用阿基米德原理, 称量、计算空气和密度液体中质量差获得, 称量次数多、系统误差较大; 浮沉法通过观察碳纤维浸入和它密度相同的混合溶液中的动态平衡状态来测定密度, 采用高、低密度液反复滴加试凑法, 过程繁琐、效率低; 密度

梯度法根据试样在密度线性增加的液体中的平衡位置进行测试, 精度高、有效期长^[4-5]。因此, 本文基于密度梯度法研发纤维密度测试装置。

2.1 装置设计

依据《GB/T30019-2013 碳纤维密度的测定》要求, 基于标准a法, 研发了碳纤维密度梯度测试装置。装置由密度筒、磁力搅拌器、玻璃细管、标准球状浮标等组成。密度筒配置具均匀刻度玻璃细管, 水容积1300mL; 恒温控制配置高精度恒温水浴, 精度 $\pm 0.01^\circ\text{C}$; 轻、重液储液瓶下部配备玻璃瓶, 容积1000mL; 流量计量程0~40mL/min, 精度 $\pm 2\%$, 控制注入速度; 配置磁力搅拌器为混液系统, 容量20~2000mL, 转速0~1200r/min。

2.2 密度液配置

建立密度梯度重液、轻液计算方法。任意时刻梯度柱密度可表示为 $D_t = DB + (DA - DB) V_1 / V$, 其中 D_t 是任意时刻梯度柱密度(g/cm^3), DA 是轻液密度(g/cm^3), V_1 是流入液体体积(mL), DB 是重液密度(g/cm^3), V 是重液、轻液总体积(2000mL)。重液密度可表示为 $DB = N_1 + I$; $D_{\min} = N_2 - I$, 其中 D_{\min} 为密度梯度柱顶部密度, N_1 为梯度柱中密度最大的浮子(g/cm^3), N_2 为梯度柱中密度最小的浮子(g/cm^3), P 为梯度柱中浮子的数量, I 为密度浮子的间距, $I = (N_1 - N_2) / P$ 。轻液密度为 $DA = DB + (D_{\min} - DB) / (V_1 / V)$ 。

2.3 密度液注入速度

选取四氯化碳和二溴乙烯为轻重液, 采用流量计控制密度液注入速度, 确定最佳注入速度, 各条件均进行5次试验, 试验结果如表1所示。通过实验结果可知, 当密度液注入速度为15 mL/min时, 溶液配制效果较好, 检测效率较高。因此, 密度液最佳注入速度为15 mL/min。

表1 密度液注入速度实验结果

序号	注入速度 (mL/min)	平均配置时间 (min)	平均稳定时间 (min)	配制结果
1	10	160	12	效果好, 耗时长, 影响检测效率
2	15	106	15	效果好, 效率较高
3	20	80	18	效率高, 线性差
4	25	64	22	

3 装置稳定性验证

使用上述设计的密度梯度设备测试上海石化T700和T300碳纤维密度, 测试结果如表2和表3所示。分析测试结果可知, 搭建的碳纤维密度梯度装置符合设计(标准偏

差 ≤ 5%) 及标准要求, 满足测试要求。

表 2 T700 密度测试结果

序号	实测值 (g/cm ³)	平均值 (g/cm ³)	报道值 (g/cm ³)	标准偏差 (g/cm ³)
1	1.7914	1.7931	1.8	0.00210
2	1.7957			
3	1.7946			
4	1.7927			
5	1.7941			
6	1.7901			

表 3 T300 密度测试结果

序号	实测值 (g/cm ³)	平均值 (g/cm ³)	报道值 (g/cm ³)	标准偏差 (g/cm ³)
1	1.7621	1.7613	1.76	0.00192
2	1.7589			
3	1.7637			
4	1.7628			
5	1.7593			
6	1.7612			

4 结论

本文研发了一套碳纤维密度梯度测试装置, 明确了密度液配制方法及最佳注入速度 (15 mL/min), 通过实验

(上接第 186 页) 位计的好处是测量部件不接触介质水, 并且安装简便, 坏处是由于水分的蒸发导致测量面经常有凝结水滴, 造成测量值高高跳变导致停车, 同时水浴的水流湍动使得液面波动很大, 并且时常有荡起来的水被液位计检测成高高液位导致联锁停车, 采用二取一联锁方式。优化方案:

①将 2 块液位仪表触发停车逻辑中设置成二取二, 增大仪表容错性能, 由于液位的实际变化很缓慢, 不可能在没有发出高 (低) 报警时直接达到高高 (低低) 液位, 同时日常的现场检查也能看到真实的液面, 因此修改后的方案不存在危险性; ② 2 块液位仪表安装距离仅有 20 cm, 水波动的某个波峰很容易被 2 块液位仪表同时检测到, 造成 2 块仪表同时显示高高报警导致联锁停车, 将其中 1 块仪表移位, 使得 2 块表分开一定距离。

(上接第 185 页) 不能出现差错, 导向柱塞允许公差为 0.06mm, 导杆允许公差是 0.09mm, 以导向柱塞和导杆能够在活塞盘自由移动为前提, 装设好的油缸轴向窜动量要小于 0.25mm, 径向跳动量要小于 0.03mm。进、出口油构架的回油状态会体现出压力介质输送器运行情况, 正常运行过程中要时刻查看其是否有少量回油, 检查供油故障, 若回油太大表明压力介质输送器密封圈泄露, 阻碍向油缸与轴承正常供油, 需立刻检修^[2]。

2.4 轴和轴承部件维护

空心轴采用外设油管朝两端轴承供油润滑, 对两轴承供油量有不同的标准, 前轴承每分钟 2-6 升, 后轴承每分钟 1-4 升。因此可以把润滑油分配器中的两个柱塞向后移动 2mm, 最要让前后供油管比例保持 3:5, 以满足不同供油需求。

推料轴在空心轴当中, 被无油润滑套和铜套所支持, 因此检查过程中要注意润滑套允许公差为 0.15mm, 铜套允许公差为 0.1mm, 若超过范围要及时更换, 前导向套孔要涂抹高质润滑脂。另外要保证油毛毡在润滑油中浸透再进

证了模拟系统符合设计及标准要求 (标准偏差 5%)。该实验装置的研发保证了碳纤维密度的高效、精确获取, 为开展纤维、树脂以及配合体系性能和界面关系等试验研究提供技术保障。

参考文献:

- [1] 许强, 范楷杰, 于坤. 纤维体积密度测试方法试验初探 [J]. 中国纤检, 2018(03):78-80.
- [2] 徐旭峰. 化学纤维短纤维线密度测试方法比较 [J]. 石油化工技术与经济, 2010, 26(03):37-40.
- [3] 许涛, 缪云良, 张诚. 碳纤维密度测量不确定度评定 [J]. 高科技纤维与应用, 2016, 41(01):51-53+58.
- [4] 赵红, 周兆懿. 纤维密度测定方法的研究进展 [J]. 中国纤检, 2013(01):63-66.
- [5] 王宝瑞, 李建国, 纪原, 孙远军, 韩蓉. 纤维密度测定的研究 [J]. 纤维复合材料, 2009, 26(03):43-46.

作者简介:

张瑾 (1988-), 女, 山东曲阜, 工程师, 工学硕士, 主要研究方向: 复合材料技术、腐蚀与防护。

3 结语

综上所述, LNG 接收站是天然气外输的源头, 其供气可靠性具有关键性意义, 由此对气化器的运行提出了更高的要求。本文围绕 SCV 的应用与运行优化展开了具体论述, 其作为一种热效率高、结构紧凑、运行成本高的设备, 主要作为辅助设备使用, 满足冬季高峰期供气需要或是一些紧急情况, 由此在实际运行中需充分考虑冬季特殊性以及运行主要风险, 做好相应的优化工作, 切实提高 SCV 运行稳定性与经济性, 获得更佳运行效益。

参考文献:

- [1] 王同吉, 陈文杰, 赵金睿, 等. LNG 接收终端气化器冬季运行模式优化 [J]. 油气储运, 2018, 37(11):78-85.
- [2] 许婧煊, 林文胜, 阮斌辉. 浸没燃烧式 LNG 气化器传热计算初探 [J]. 化工学报, 2018, 69(S2):157-162.

行安装, 保证其正常运行。



图 2 推料式离心机轴承维护示意图

3 结论

推料离心机是根据一定技术标准进行设计制造的, 对重要部件做了动平衡检测, 因为物料和操作等因素, 导致物料分布不均, 离心机波动, 故障停机。实践中应实时掌握离心机的运转情况, 有助于进行科学检修, 平时注重维护, 让离心机的运转状况越来越好。

参考文献:

- [1] 李平平. 浅谈 HR630-NA 双级活塞推料离心机转鼓的小技改 [J]. 科学技术创新, 2020(30):61-62.
- [2] 郭治勇, 王浩, 向涛. 油田污泥泥处理中卧螺离心机运行与维护管理措施 [J]. 中国设备工程, 2020(08):48-49.