

PVDF 中空纤维膜静态浇注封装胶的选用研究

Study on the selection of sealants statically casted in PVDF hollow fiber membranes

王献德, 赵晓丹, 张博丰, 刘斌*, 张梦灵, 寻红敏, 王建华

WANG Xiande, ZHAO Xiaodan, ZHANG Bofeng, LIU Bin*, ZHANG Mengling,
XUN Hongmin, WANG Jianhua

(华电水务装备(天津)有限公司, 天津 301700)

(Huadian Water Equipment (Tianjin) Company Limited, Tianjin 301700, China)

摘要:研究用于静态浇注聚偏氟乙烯(PVDF)中空纤维膜组件的环氧树脂胶选取方法,对环氧树脂胶进行小试筛选,根据胶的黏度、胶混合时的发热温度、胶固化后的硬度、操作时间等测试结果,初步确定可用于放大做试验的样本。在小试基础上,测试环氧树脂胶在实际组件静态浇注中流入组件内的时间、胶放大后的温度等性能,最终得到可进行放大生产的胶样配方及浇注条件,并测试胶样的耐温性、耐酸碱性、耐氧化性等性能。试验结果表明,环氧树脂胶 GRN-B 可以满足放大生产需求的条件,并且性能可以满足实际使用要求。

关键词:静态浇注;环氧树脂胶;PVDF;中空纤维;膜分离技术

中图分类号:X 52:TK 09

文献标志码:A

文章编号:1674-1951(2021)12-0017-06

Abstract: The selection approach of epoxy resin adhesives statically casted into PVDF hollow fiber membrane modules is studied. Based on small-scale screening of epoxy resin adhesives, the adhesive sample suitable for scale-up tests is preliminarily elected according to the sample viscosity, heating temperature during mixing, hardness after curing, operation time, etc. In the small-scale test, the time of epoxy resin casting into the membrane module, the temperature of resin after the scale-up test and other properties are tested. Finally, the formula and casting conditions of the epoxy resin are obtained and its resistances to high-temperature, acid, alkali and oxidation are tested. The test results show that the epoxy resin GRN-B can meet the requirements of scale-up production and the actual applications.

Keywords: static casting; epoxy resin; PVDF; hollow fiber; membrane separation technique

0 引言

膜分离技术被认为是 21 世纪最有发展前景的重大高新技术之一,将在工业技术改造中发挥重要作用^[1-3]。现有超微滤过程主要采用中空纤维膜形式^[4-6],中空纤维超微滤膜也是我国产量最大、发展最成熟、市场竞争力最强的膜产品,在家用净水、污水资源化处理、海水淡化等水处理领域应用广泛并拥有重要地位^[7-9]。聚偏氟乙烯(PVDF)因其耐高温、不易堵塞、易清洗等特点和优良的耐腐蚀、耐溶剂性能^[10-13],被广泛应用于制备中空纤维膜。

在中空纤维膜组件的制备过程中,有 2 种方式浇注方式,一种是离心浇注,另外一种静态浇注。离心浇注封装方式为了减少膜组件在离心机上的离心时间,降低能耗,提高效率,一般采用凝固速度

快的浇注胶。但大批量生产需要多台设备,设备采购与维护运行成本高。静态浇注使用的设备简单、成本低,可同时封装多支组件,适合大规模生产。

在膜组件工业生产中,多使用静态浇注工艺,静态浇注用胶一般采用环氧树脂胶。作为膜组件生产中的一个主要环节,膜组件的封装质量直接影响组件的质量和膜的使用寿命。在 PVDF 中空纤维膜组件封装过程中,胶的选择直接影响封装成败及膜的使用寿命。如果环氧树脂胶选择不好,会产生诸多问题,如固化物脆性强、易开裂;固化放热剧烈、易爆聚(指在环氧树脂胶固化过程中,由于固化热量不能及时排出,使体系温度上升,加快反应速率,如此恶性循环导致温度急剧上升,环氧树脂胶黏度迅速增大并结块,这样的过程称为爆聚);固化后黏接强度低、耐冲击压力效果差等问题。很多超滤膜生产厂家由于忽视封装胶浇注的一些内在性能,膜组件在复杂废水中一旦显现较大压力,就频

繁出现膜组件浇注胶面开裂、脱落等现象,造成分离失效,难以实现稳定分离。同时,胶层开裂脱落造成膜组件报废,增加经济成本^[14]。

本文从实验室小试开始,筛选胶样种类,再进一步进行放大试验,最后测试合格胶样的性能,为中空纤维超滤膜静态浇注封装提供了封装胶选择、浇注工艺及性能评价方法。

1 试验

1.1 试验药品及设备

试验采用的药品名称、规格及生产厂家见表 1,试验采用的仪器名称、型号及生产厂家见表 2。

表 1 试验药品
Tab. 1 Experimental chemicals

药品名称	规格	生产厂家
环氧树脂胶	—	购于不同厂家
柠檬酸	分析纯	北京北化精细化学品有限责任公司
氢氧化钠	分析纯	北京世纪红星化工有限责任公司
酒精	95%	现代东方(北京)科技发展有限公司
次氯酸钠	有效氯 10%	北京市普林森环保科技有限公司

表 2 试验仪器
Tab. 2 Experimental apparatus

仪器名称	型号	生产厂家
旋转黏度计	NDJ-8S	上海舜宇恒平科学仪器有限公司
邵氏硬度计	SLX-D SLX-A	温州市山度仪器有限公司
电子天平	DT-1000A (精度 0.1 g)	常熟市金羊砝码仪器有限公司
水银温度计	量程 0~100 ℃ (精度 0.1 ℃)	武强县威尔仪表厂
超级恒温槽	CH1006 (精度 1.0 ℃)	上海衡平仪器仪表厂

本文除放大试验外,所有试验都在恒温恒湿实验室进行,湿度控制在 30%,温度为 25 ℃。

1.2 胶样制备及测试表征

为方便表述,下文中所提及环氧树脂胶统一简称为“胶样”。

1.2.1 胶样制备

按胶样的配比要求配制 200 g 左右的圆饼形胶样,常温搅拌均匀后静置,直至胶样完全固化。胶样用于测试其硬度、耐温性、耐化学性能。

1.2.2 测试及表征

(1)胶样旋转黏度测试。按比例配置好胶样后,开启黏度计,测量黏度随时间的变化,并用温度计测试胶样温度随时间的变化。

(2)膜丝变色及胶样在膜丝上爬升高度试验。配置 200 g 胶样,将胶样倒入装有膜丝杯子中,直至胶样完成固化。观察膜丝颜色,如变色严重则说明

发生烧丝现象。同时测量胶从固化面向上爬升膜丝的高度。

(3)硬度测试。使用邵氏硬度计测量胶样硬度。胶样制作好后,每个样品在相距至少 6 mm 的不同位置测量硬度值 5 次,取其平均值。

(4)将胶样放置在 50 ℃的恒温水浴槽中浸泡不同的时间,测量其硬度变化。

(5)耐化学性能测试。将胶样分别放入 pH 值为 2 的柠檬酸、pH 值为 13 的碱溶液以及质量浓度为 5 000 mg/L 的次氯酸钠溶液中浸泡,测试胶样硬度值随浸泡时间的变化。

(6)胶样放大试验。按实际使用量称量胶样,先将膜丝固定在膜壳内,固定膜壳,安装胶壶,接好连接管,设置胶壶与膜壳之间的高度差(以下简称胶壶高度)。按比例配好胶样,搅拌均匀后,真空静置 5 min,将胶样倒入胶壶中,开始计时并测定胶壶内胶样的温度,直至胶壶内的胶全部流入膜壳内,待胶样完全固化后,拆除胶壶及连接管。浇注流程如图 1 所示。

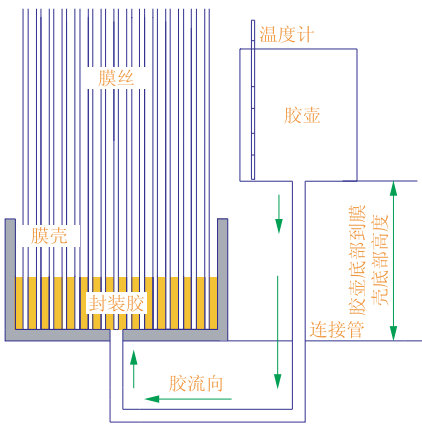


图 1 胶样浇注流程

Fig. 1 Casting process of epoxy resin sample

1.3 试验方案

试验分为 3 个步骤。

(1)封装胶样的筛选。采用市场上主流环氧树脂胶厂家的样品,测试胶样混合后黏度、达到一定黏度的时间、完全固化时间、固化硬度、胶样混合后放热温度等参数,同时观察胶样是否造成膜丝的变色和腐蚀,来表征胶样的可用性。筛选出适合放大试验的封装用环氧树脂胶。此阶段为小试,测试少量胶样并判断是否符合使用要求。

(2)胶样的放大试验。经初步筛选出可进行放大试验的胶后,在膜组件上进一步进行封装放大试验,观察固化过程中胶样温度是否过高及是否出现爆聚现象,同时考察胶样的凝固时间,以验证是否有足够时间保证静态浇注。

(3)对放大合格的胶样进行耐温、耐酸、耐碱和耐氧化性能测试,以验证在各种极端条件下胶样的稳定性。

1.4 静态浇注胶筛选参数要求

根据工业生产静态浇注工艺,选取表 3 所示参数作为胶样筛选的主要依据。其他要求为浇注后膜丝不变色,胶样在膜丝上爬升高度小于 3 cm。

表 3 胶样静态浇注参数要求

Tab. 3 Epoxy resin static pouring parameter requirements

项目	数据
混合起始黏度/(mPa·s)	500~4 000
黏度达到 6 000 mPa·s 的时间/min	120
固化硬度/D(肖氏硬度)	≥80
完全固化时间/d	≤10
耐温性/℃	≥50
耐化学性能	酸、碱、氧化剂

2 结果与讨论

2.1 静态浇注胶的初步筛选

从市场上取得 10 个厂家的 14 种型号环氧树脂胶,分别为 A(WYE-131),B(GRN-B,GR316),C(5000A),D(DB5038-XY),E(GOET-1080),G(101-585),H(WD-3168,WD-3169),I(3158),J(L100),K(E6016-1,E6016-6,E6016-7),所选胶样均为双组分胶。根据上述试验方法,配制胶样。为了便于对比,所有的胶样都配置 200 g,在恒温恒湿实验室内进行试验,湿度为 30%,温度为 25 ℃,胶混合温度为 25 ℃。测试胶的混合黏度、黏度达到 6 000 mPa·s 的时间、不流动时间(为测试混合后胶样的流动性)、完全固化时间、最高放热温度、硬度、胶样在膜丝上爬升高度、膜丝是否变色等参数。

2.1.1 符合进一步放大试验的胶样

经过试验,结合静态浇注胶的参数要求,可选出符合进一步放大试验的胶样。B 公司 GRN-B,H 公司 WD3168 和 WD3168,K 公司 E6016-1 胶样可操作时间约 120 min,初始黏度分别为 1 260,876,996,1 096 mPa·s,膜丝不变色,硬度大于 80 D,放热缓慢,固化时最高温度低于 36 ℃,胶样在膜丝上爬升高度小于 2 cm,符合选胶参数要求。选择 B 公司 GRN-B,H 公司 WD3168,K 公司 E6016-1 这 3 款样品做进一步放大试验。

2.1.2 不符合进一步放大试验的胶样

B 公司 GR316 胶样在试验中放热量大,最高温度达 48 ℃,如进行放大试验可能集中放热过大,导致胶的固化加快,从而操作时间不足。

K 公司 E6016-6 胶样,操作时间不足 40 min,且

胶样颜色不透明,无法判断膜丝的变色情况。

K 公司 E6016-7 胶样,可操作时间为 90 min,基本上无放热现象,最高温度为 31.5 ℃,胶样在膜丝上爬升高度约 1 cm,膜丝不变色,但因可操作时间不足 120 min,不适合进行放大试验。

C 公司 5000AB,D 公司 DB5038-XY,E 公司 GOET-1080,I 公司 WD3158,G 公司 101-585 胶样在测试过程中发生膜丝变色,不适合进行放大试验。

J 公司胶样固化时间过长,如应用于生产,将影响生产效率,故不进行放大试验。

2.2 放大试验结果与分析

2.2.1 放大试验结果

根据小试试验筛选结果,分别对 B 公司 GRN-B,H 公司 WD3168,K 公司 E6016-1 这 3 种环胶样进行放大试验。

3 种胶样分别按每个端头用量 1 500 g 配置,为了与生产条件一致,胶温提前预热,A 组分起始温度 25 ℃,B 组分起始温度 25 ℃,膜组件置于膜生产车间,室温 17 ℃,胶壶高度为 24 cm。胶样从混合、静置真空脱泡到开始浇注用时 5 min,浇注过程中始终保持胶壶高度 24 cm 不变,测试胶样从胶壶流入膜组件内的时间及温度变化,如图 2 所示。

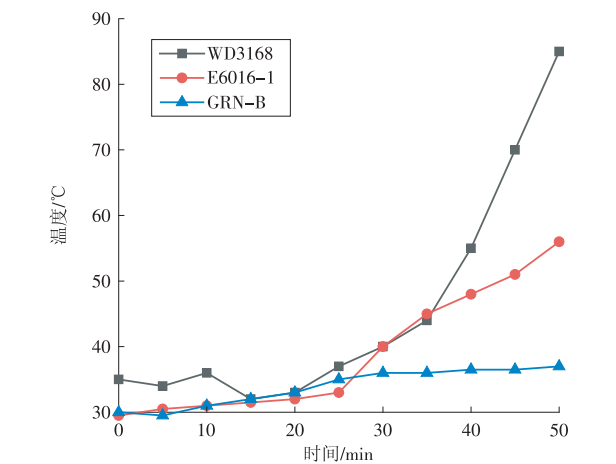


图 2 胶壶高度为 24 cm 条件下胶样温度随浇注时间变化

Fig. 2 Temperature of the sealant varying with pouring time at pouring height of 24 cm

由图 2 可见,H 公司 WD3168 胶样从 35 min 开始温度快速上升,45 min 时产生暴聚现象,胶样迅速固化,浇注过程中断,从而导致试验中断。K 公司 E6016-1 胶样,开始浇注后前 25 min 缓慢放热,随后温度快速上升,到 50 min 产生暴聚现象,无法继续进行浇注。由于这 2 种胶样发生爆聚,胶样固化后,剖开膜组件封头,发现胶样并没有完全流入组件中,所以这 2 种环氧树脂胶不适合放大生产。

B 公司 GRN-B 胶样放热缓慢,最高放热温度为

37 ℃,无爆聚现象,胶完全流入膜组件内。剖开组件后,胶分布均匀,密封良好,符合生产要求。

对B公司GRN-B胶样再次进行测试,提高胶壶高度至27 cm。测试了不同胶壶高度对浇注时间的影响,结果如图3所示。胶样全部流入膜组件内的时间为30 min,在此期间胶样的最高温度为40 ℃,无爆聚现象,符合生产要求。

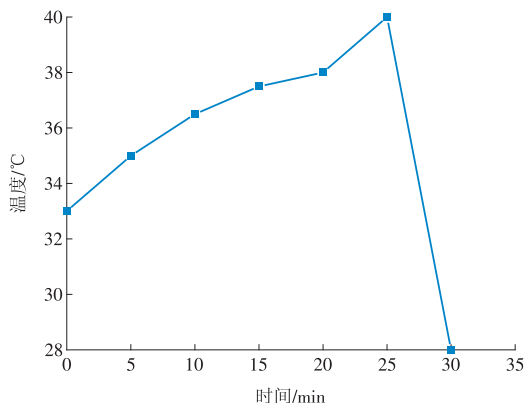


图3 GRN-B胶样温度随浇注时间变化

Fig. 3 Temperature of GRN-B epoxy resin varying with pouring time

B公司胶样参与的2组不同胶壶高度的试验,浇注到最后阶段,检测到的温度都有所下降。根据观察,原因是随着浇注的进行,胶壶内的胶量逐渐减少,导致温度计探头部分暴露在空气中,测得的数值低于胶的实际温度。

从上述分析可知,浇注时胶壶高度会直接影响浇注时间。工业生产中,静态浇注的胶样流入组件时间控制在60 min内,胶壶高度可设为25 cm。

2.2.2 放大试验结果分析

由上述试验结果分析,B公司GRN-B,H公司WD3168,K公司E6016-1这3种胶样都没有使膜丝发生变色;从聚合放热导致温度变化情况上来看,GRN-B胶样没有发生爆聚现象,而其他2种胶样都发生了爆聚现象;从胶流入组件的情况来看,B公司GRN-B胶样流得比较均匀,没有发生贯通现象,而H公司和K公司的胶样由于爆聚,胶样没有足够的时间流入组件,发生贯通现象,导致浇注失败。因此,B公司GRN-B环氧树脂胶可用于放大生产。

2.2.3 合格胶样性能表征及测试

对B公司GRN-B胶样进行进一步测试,待胶样完全固化7 d后,分别测试胶样耐温性、耐酸碱性、耐氧化性及耐有机溶剂性,及胶样硬度的变化。

图4为GRN-B胶样在50 ℃水中浸泡时间与硬度变化。由图4可见,胶样放入恒温50 ℃水浴槽中分别浸泡2,4,6,8,16,26 h,其硬度变小,但都保持在80 D以上。膜组件在试验中使用环境的水温一

般不超过40 ℃,所以胶样硬度满足使用要求。

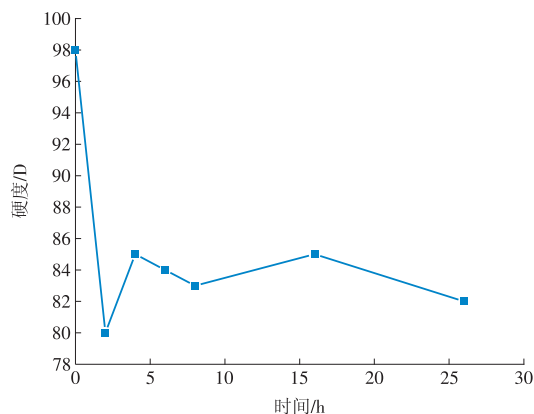


图4 GRN-B胶样在50 ℃水中浸泡时间与硬度变化

Fig. 4 Epoxy resin hardness varying with the soaking time in 50 ℃ water

图5为GRN-B胶样硬度在酸、碱中的变化。由图5可见,酸、碱对胶样强度基本无影响。

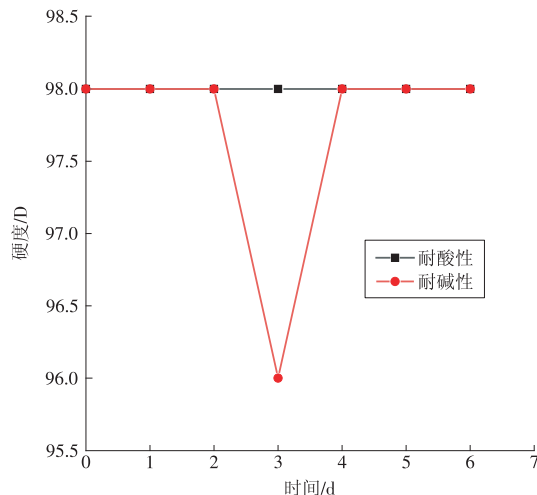


图5 GRN-B胶样硬度在酸、碱中的变化

Fig. 5 Variation of epoxy resin adhesive hardness in acid and alkali

图6为GRN-B胶样耐氧化性能曲线。由图6可见,胶样在质量浓度为5 g/L的NaCl溶液中浸泡7 d,其硬度值稍有波动,但都保持在86 D以上,符合膜组件的强度要求,可见氧化剂对其性能影响不大。

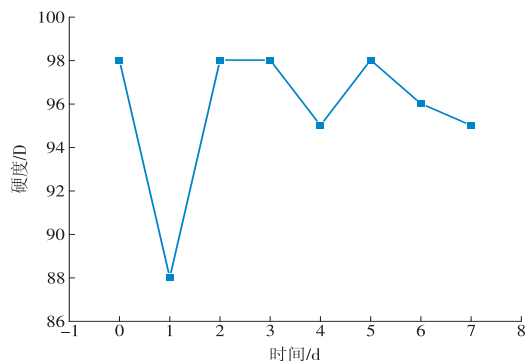


图6 GRN-B胶样耐氧化性能

Fig. 6 Oxidation resistance of GRN-B adhesive

图 7 为 GRN-B 胶样耐有机溶剂性能曲线。由图 7 可见,胶样在质量分数为 95% 的酒精中浸泡,在前 8 d 内随着浸泡时间增长,胶样硬度下降幅度较大,由 98 D 降至 80 D,之后硬度下降趋势变缓;48 d 后硬度降至 75 D,可见酒精对胶样硬度影响明显。

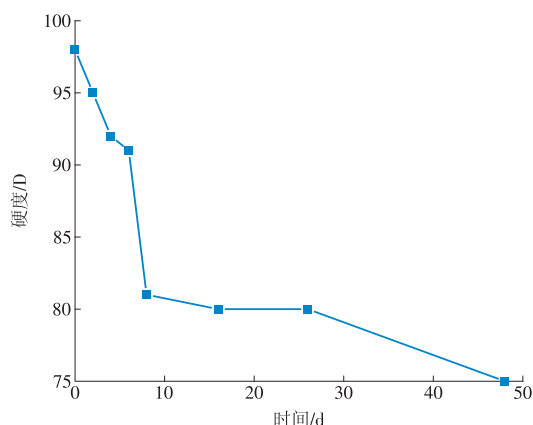


图 7 GRN-B 胶样耐有机溶剂性能

Fig. 7 Organic solvent resistance of epoxy resin adhesives

2.2.4 试验结果和原因分析

上述试验中,胶样在膜组件封装过程遇到膜丝变色、固化速度过快和固化放热量大等问题。

膜丝在胶样浇注过程中采用的部分固化剂是胺类固化剂,呈碱性。在浇注过程中,固化反应放热,PVDF 膜丝置于碱性(游离氨)胶液中,碱性基团会攻击相邻 PVDF 上的 C—F 及 C—H 键,PVDF 很容易发生双分子消去反应,会在分子链上形成一部分双键。一般情况下,双键形成于分子链的结尾处,终止于头-头结构的起始处,在整个体系中形成一部分共轭双键结构。共轭双键以 C=C—C=C 为基本单位,随着共轭度的增加,其最大吸收波长红移;如有荧光,其最大激发光波长红移,最大发射光波长红移;如有颜色,颜色逐步加深。具有共轭双键的化合物,相间的 π 键与 π 键相互作用(π — π 共轭效应),生成大 π 键。由于大 π 键各能级间的距离较近、电子容易激发,所以吸收峰的波长增加,生色作用加强。这是导致膜丝变色的原因。

胶样固化速度的快慢,主要取决于固化体系,如果固化剂反应活性太高、反应过快、体系放热比较严重,一方面影响固化物的机械性能,同时会缩短可操作时间,在工艺中不可取。

固化反应过快,胶样在固化过程中因传热不均、局部过热导致反应加快,最终发生爆聚^[15]。因此,应选择反应速度慢、放热量小的胶,以适应 PVDF 中空纤维膜的静态浇注。

胶样耐温、耐酸碱、耐氧化性能较好,因为胶样固化后形成了三维网络大分子,其分子结构稳定不

易破坏,所以测得胶样硬度变化不大。而有机溶剂酒精会对胶样产生溶胀作用,对其硬度影响较大。

3 结论

通过试验,可以得到以下结论。

(1)通过小试,可初步筛选出 B 公司 GRN-B, H 公司 WD3168, K 公司 E6016-1 这 3 种环氧树脂胶作为放大试验胶样。

(2)放大试验中用胶量增多, H 公司与 K 公司 2 款环氧树脂胶反应放热导致温度迅速升高,发生爆聚现象,静态浇注失败。

B 公司 GRN-B 环氧树脂放大试验放热缓慢,流动时间及黏度都符合实际生产需求,其浇注的环氧树脂胶耐温性、耐酸碱性和耐氧化剂满足实际使用要求。有机溶剂酒精对环氧树脂胶硬度影响明显。

综上所述,可以通过小试、放大试验等一系列试验,确定可以用于静态浇注的环氧树脂胶。环氧树脂胶宜选用反应速度慢、放热缓慢、碱性小的环氧树脂胶,胶壶高度为 25 cm,胶温控制在 25 ℃。

参考文献:

- [1]王学松,郑领英.膜技术[M].北京:化学工业出版社,2013.
- [2]黄维菊,魏星.膜分离技术概论[M].北京:国防工业出版社,2008.
- [3]耿玉秀,王龙,郑洪领,等.聚偏氟乙烯膜在水处理中的应用研究进展[J].水处理技术,2010,36(1):6-9.
GENG Yuxiu, WANG Long, ZHENG Hongling, et al. PVDF membrane applications in water treatment research [J]. Technology of Water Treatment, 2010, 36(1): 6-9.
- [4]LI N N, FANE A G, HO W S W, MATSUURA T. Advanced membrane technology and applications [M]. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.
- [5]于海琴,刘政修,孙慧德.膜技术及其在水处理中的应用[M].北京:中国水利水电出版社,2011.
- [6]杨景璇,李娜娜,史雪勤.聚偏氟乙烯中空纤维膜亲水改性研究进展及应用[J].纺织科学与工程学报,2021,38(1):89-94.
YANG Jingxuan, LI Nana, SHI Xueqin. Research progress and application of hydrophilic modification of polyvinylidene fluoride hollow fiber membrane [J]. Journal of Textile Science and Engineering, 2021, 38(1): 89-94.
- [7]肖长发,何本桥,武春瑞,等.我国中空纤维膜技术与产业发展战略研究[J].中国工程科学,2021,23(2):153-160.
XIAO Changfa, HE Benqiao, WU Chunrui, et al. Development strategy of hollow fiber membrane technology and industry in China [J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(2): 153-160.
- [8]李璟.聚偏氟乙烯(PVDF)中空纤维膜在水处理中的应用

- [J]. 纺织科技进展, 2005(1): 39-41.
- LI Jing. Application of the PVDF hollowness fiber membrane in the water treatment [J]. Progress in Textile Science & Technology, 2005(1): 39-41.
- [9] CHANG Y, KO C Y, SHIH Y J, et al. Surface grafting control of PEGylated poly (vinylidene fluoride) antifouling membrane via surface-initiated radical graft copolymerization [J]. Journal of Membrane Science, 2009, 345(1): 160-169.
- [10] 沈立强, 陈承, 刘和平. 一种具有高剥离强度的支撑管增强聚合物中空纤维膜的制备方法: CN103691327A [P]. 2014-04-02.
- [11] KANG G D, CAO Y M. Application and modification of poly (vinylidene fluoride) (PVDF) membranes-A review [J]. Journal of Membrane Science, 2014, 463(1): 145-165.
- [12] LIU F, HASHIM N A, LIU Y T, et. al. Progress in the production and modification of PVDF membranes [J]. Journal of Membrane Science, 2011, 375(1-2): 1-27.
- [13] RAJABZADEH S, LIANG C, OHMUKAI Y, et al. Effect of additives on the morphology and properties of poly (vinylidene fluoride) blend hollow fiber membrane prepared by the thermally induced phase separation method [J]. Journal of Membrane Science, 2012, 423(1): 189-194.
- [14] 何柳东, 林亚凯. 环氧胶在超滤膜组件的应用研究[J]. 中国胶粘剂, 2018, 27(8): 31-34.
- HE Liudong, LIN Yakai. Study on epoxy adhesive used in ultrafiltration membrane module [J]. China Adhesives, 2018, 27(8): 31-34.
- [15] 顾跃定. 热熔法预浸料专用环氧树脂基体在制备中爆聚现象的控制[J]. 高科技纤维与应用, 2006, 31(3): 1-3, 7.
- GU Yueding. Control of the implosion phenomenon in the production of epoxy matrix specialized in the hot-melt prepreg production [J]. Hi-Tech Fiber & Application, 2006, 31(3): 1-3, 7.

(本文责编: 惠忻)

作者简介:

王献德(1982—), 男, 广西平南人, 工程师, 从事中空纤维超滤膜生产技术开发工作(E-mail: wangxd@chec.com.cn)。

赵晓丹(1993—), 女, 黑龙江五大连池人, 助理工程师, 从事中空纤维膜超滤膜技术研发工作(E-mail: zhaoxiaodan@chec.com.cn)。

张博丰(1981—), 男, 河北张家口人, 高级工程师, 从事膜技术与水处理工程工作(E-mail: zhangbofeng08@163.com)。

刘斌*(1980—), 男, 河南桐柏人, 高级工程师, 博士, 从事氢能与燃料电池、电厂脱硝、煤炭高效清洁利用及中空纤维超滤膜生产技术开发工作(E-mail: liub01@chec.com.cn)。

张梦灵(1980—), 男, 重庆北碚人, 工程师, 从事给排水工程工艺设计及方案研究工作(E-mail: 19936702@qq.com)。

寻红敏(1977年—), 男, 山东金乡人, 工程师, 从事超滤膜产品制造及应用方面的工作(E-mail: xunhm@chec.com.cn)。

王建华(1982—), 男, 湖北嘉鱼人, 高级工程师, 从事水处理技术研发及管理工作(E-mail: wangjh@chec.com.cn)。

图书推荐

《火电厂化学技术监督典型问题分析计算》为郭新茹编著的技术与管理类图书。著者根据国内外大量文献资料及多年的实际经验, 对火电厂化学技术监督过程中出现的典型问题, 尤其是近年来大容量机组出现的典型问题进行了详细的分析总结、诊断计算, 用于指导预防同类问题的发生。

本书紧密结合生产实例, 内容丰富、实用性强, 可作为从事火电厂设计、生产运行、技术监督、检修维护及技术管理人员的培训及参考用书, 尤其适用于火电厂生产运行人员的培训, 也可供相关专业人员及高等院校相关专业师生参考。

郭新茹, 正高级工程师, 毕业于东北电力大学应用化学专业。主要从事火电厂节水技术方面的研究工作, 现任国家科技奖励专家库评审专家、全国腐蚀控制标准化技术委员会(SAC/TC381)委员。授权第一作者发明专利 13 项, 实用新型专利 15 项, 荣获省部级科技进步奖 4 项, 主持编写《火力发电厂节水导则》《火力发电厂循环水节水技术规范》《火力发电厂氢气系统安全运行技术导则》等 6 项标准, 主持参与编制 ISO 国际标准 2 项, 著有《火电厂水处理生产运行典型问题诊断分析》《火电厂化学技术监督典型问题分析计算》《燃煤电厂末端废水处理可行性研究与工程实例》。

