

玻璃钢管在海洋发中的应用

李 仲 钦

(国家海洋局南海海洋工程勘察与环境研究院, 广州 510300)

摘 要 介绍了玻璃钢的性能和特点, 以及环氧树脂到环氧玻璃钢的发展现状。指出玻璃钢是一种新型优质工程材料, 在海洋工程中有广泛的用途。提出了大力推广环氧玻璃钢作为海底管道铺设等方面应用的建议。

1 玻璃钢的种类及其发展情况

玻璃钢, 顾名思义是具有如钢铁一样高强度的玻璃纤维材料。根据树脂组成的不同, 玻璃钢可有环氧型、聚酯型、酚醛型、呋喃型等多种系列制品。由于早期制品直到现今市场开发应用的玻璃钢不少是环氧型系列, 因此, 玻璃钢也曾是环氧玻璃钢的俗称。它是由玻璃纤维作增强材料, 以环氧树脂为粘结剂的一种新型的高分子复合工程材料。作为功能材料, 它的性能主要取决于环氧树脂。当然, 玻璃纤维也同样对玻璃钢性能产生重大影响。

环氧树脂是一种新型的合成材料, 自 40 年代在工业上获得应用后, 于 50 年代初形成工业规模生产, 而且发展极其迅速, 用途极其广泛, 产量也大幅度地上升, 到 90 年代中, 全世界年产量达 40 万 t 以上。在品种方面不但已形成二酚基丙烷(双酚 A)型环氧树脂的完整系列, 质量不断提高, 而且用金属元素和非金属元素对双酚 A 型环氧树脂进行改性, 使其耐热性及耐燃性有极大提高。特别是 90 年代以来, 由于过乙酸环氧化技术的发展, 即对脂肪族多烯烃类及脂环族多烯烃类进行环氧化处理, 由此为环氧树脂的发展开辟了新的天地。这一类树脂不但品种多, 数量大, 而且大都具有许多独特的性能, 如粘度很低(最低只有几个厘泊), 耐热性好(可达 200℃ 以上), 机械强度高, 延伸率大, 耐水, 耐辐射等, 因而无论在民用和国防, 还是在尖端科学技术上都获得了特殊的和重要的应用。

环氧树脂在我国产生于 50 年代末。几十年来, 研究工作不断深入, 工业生产迅猛发展, 树脂品种和产量大幅度增加, 应用领域更趋广泛。目前, 通用型双酚 A 型环氧树脂已司空见惯, 非双酚 A 型的酚醛环氧, 甘油环氧, 有机钛环氧, 异三聚氰酸环氧和有机硅环氧等系列树脂习以为常, 其它如元素环氧树脂, 金属螯合型环氧树脂等具有

2000-09-21 收稿; 2000-11-21 收修改稿。

特种性能和用途的品种也相继问世。

此外,在高速发展环氧树脂的同时,环氧树脂在玻璃钢和其它领域应用也是必不可少的辅助材料,如低毒的性能优良的固化剂、活性稀释剂和增韧剂、填充剂等也得到相应的发展。正因为环氧树脂具有优良的性能,所以,无疑为玻璃钢成为一种新型的优质工程材料及其应用开发奠定了坚实的基础。

2 玻璃钢的特性及其在海洋工程开发中的应用

环氧玻璃钢是在最近几十年内自环氧树脂实现工业化规模生产后开始发展起来的,是环氧树脂一大主要应用领域。环氧玻璃钢是一种优质的工程结构材料,也同时具备环氧树脂许多独特的优良性能,成为现代工业中的一种新型复合材料,在航空、船舶、化工设备、海洋工程和国防工业等许多领域中得到日益广泛的应用。

环氧玻璃钢有如下优良的特性:

(1) 比强度高。比强度是指单位重量的机械强度。即机械强度/比重。玻璃钢的比重低,只有钢的 $1/5 \sim 1/4$,而机械强度却不低。因此,可广泛地应用于航空、火箭、导弹、宇宙飞船等方面。几种材料比强度值大小见表 1。

表 1 环氧玻璃钢与几种材料的比强度值比较

材料名称	比重	抗拉强度/ $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$	抗拉强度/比重
高级合金钢	8.0	12 800	1 600
A3 钢	7.85	4 000	500
铝合金	2.8	4 200	1 600
环氧玻璃钢	1.73	5 000	2 800

(2) 耐热性能好。玻璃钢导热系数低(只有金属的 $1/1000 \sim 1/100$),线膨胀系数也小,因此在高温下工作所产生的热应力比金属小得多。并且环氧玻璃钢瞬时耐热性好,耐高温性十分突出,能有效地保护火箭、导弹及宇宙飞船重返大气层时需要承受 $5000 \sim 10000^{\circ}\text{C}$ 高温高速气流的作用。

(3) 良好的电绝缘性能。玻璃钢是一种很优良的电气绝缘材料,即使在高频作用下,仍能保持良好的介电性能,而且玻璃钢不受电磁作用,不反射无线电波,微波透过性良好,这对军工产品更具有重要的意义。

(4) 良好的耐腐蚀性能。玻璃钢有良好的耐化学和耐气候性能,可以代替不锈钢。而且耐海水腐蚀。

(5) 工艺性能优越。成型工艺简单,节省工时,对于形状复杂的曲面及产量少,或不易定型的产品效果尤为显著。

(6) 玻璃钢还具有抗磁隔音作用,可以染上各种鲜艳的颜色。

当然,玻璃钢性能也并非完美无缺,如以下 2 个主要不足,在实际应用过程中值得引起注意。

(1) 弹性模量低。玻璃钢比一般结构钢弹性模量小十倍,由于钢性不足往往会产生

变形。

(2) 在长期耐受高温的条件下,性能易老化。

以上是环氧玻璃钢独特的通性。其实,玻璃钢性能,除主要取决于环氧树脂以外,与玻璃纤维、辅助材料(如固化剂、稀释剂、增韧剂、充填剂等)以及成型工艺的条件也不无关系。这些材料品种、规格和用量的选配,都将对玻璃钢的性能产生直接的影响。这里,关键在玻璃钢生产的配方和工艺参数。

例如玻璃纤维,作为环氧玻璃钢的主要填料,它有着多种分类和不同的成分,而玻璃纤维的性能主要取决于其成分。目前国内生产的玻璃纤维主要分为无碱铝硼硅酸盐(简称为无碱纤维)和有碱铝硼硅酸盐(即有碱纤维)。后者成本低,但绝缘性能差,力学强度低,而无碱玻璃纤维的电绝缘性能好,力学强度高,水解度低,并具有耐水性和耐碱性,但成本较高,耐酸性也稍差。现国内外用于航天、船舶和海洋工程建设项目的玻璃钢大部分均采用改性无碱纤维,并通过强化纤维表面处理,如表面热处理和化学处理以改善和提高性能,满足实用要求。

表2 是不同玻璃纤维布制作的成品试验情况一例。

表2 环氧玻璃钢试验情况一例

序号	试验项目	试验方法	无捻粗纱平纹		≠40 玻璃布 (厚 0.4mm, 测试 室温 26℃)	#50 玻璃布 (厚 0.5mm, 测试 室温 30℃)
			单位	预定指标		
1	板厚		mm	<3.0	2.54	4.14
2	树脂含量		%	<45	39.4	50.6
3	比重	HGB2117-61		1.655	1.593	
4	固化程度	丙酮萃取	%	<0.5	0.3	—
5	吸水性	HGB2118-61	g·cm ⁻²	—	0.265	0.339
6	空隙性	按比重计算	%	3	5.5	—
7	抗弯强度	HGB2126-61	kg·mm ⁻²	18.0	19.8	31.1
8	抗弯弹性模数	按简支梁挠度计算	kg·mm ⁻²	1100	1400	1370
9	抗拉强度	HGB2125-61	kg·mm ⁻²	17.0	22.0	22.6
10	剪切强度	层间	kg·mm ⁻²	—	1.64	2.27
11	抗压强度	HGB2127-61	kg·mm ⁻²	12.0	7.8	17.4
12	布氏硬度	HGB2128-61	kg·mm ⁻²		39.8	49.5
13	低温冲击强度	-40℃	kg·mm·mm ⁻²	1.0	1.7	—
14	马丁耐热	HGB2128-61	℃	85	75	—
15	耐灼性	VDE 标准	mg·cm	<1000	1800	—
16	疲劳强度	按金属弯杆疲劳法	kg·mm ⁻²	—	—	4.00

又如固化剂,常用的固化剂通常分胺类、酸酐类和高分子树脂类,每一类更有许多品种。不同种类固化剂对环氧树脂及玻璃钢的性质均有影响,根据应用对象对性能的要求,可选配适量特定的固化剂。

再如促进剂、催化剂、增韧剂和充填剂等其它辅助材料,均可为满足改性对应用的需要而进行配方的设计。

总之,玻璃钢作为性能优越的工程材料,除用于陆上,对于海洋工程(海上或海底),无论用于制作管体,或其它配件,具有广泛的适用性。

3 玻璃钢管在海洋工程开发中应用的建议

由于玻璃钢管有上述优越的性能,随着海洋经济的迅猛发展,玻璃钢管在海洋工程建设中的开发应用也越来越广泛。当然,与钢管、承压铸铁管、有色金属管、钢筋混凝土压力管、橡胶管,以及各种各样的塑料、工程塑料(如 PCV, PP, PE, U-PVC, ABS 等)和塑料复合管相比,各有自身不同的优势、特色和适用领域。即使玻璃钢管在海洋工程方面的应用优势突出、得天独厚,但是仍有不断完善和提高的工作,应用过程更有管材与管件(如法兰盘和接头等)相互配套,对接,密封,连(粘)结,渗漏,水下作业,建设成本等诸多问题需要进一步更好地解决。

玻璃钢的管材,目前建议首选环氧玻璃钢管,如有更高要求和较好条件可优选玻璃钢-塑料复合管;其次是聚酯玻璃钢管;酚醛玻璃钢和呋喃玻璃钢不必选用。

关于玻璃钢的增强材料,建议选用无碱无捻粗纱布,而且最好采用缠绕法,或层压法作为玻璃钢的成型方法。

关于环氧玻璃钢的适用性能,重点提高其刚性或比弹性模量,以及长期耐高温水平,以减少在高压、高温环境下的机械形变和老化现象。为此,仍需深入研究和加强配方以及成型工艺参数的条件试验,尤其是对树脂的选配和改性,以及添加剂的增减。

此外,玻璃钢管用于海洋工程建设,如作为海底管道铺设等方面的应用,必须充分考虑由此可能对铺设海域生态环境造成的影响,而应采取必要的相应措施。首先应严格执行中华人民共和国国务院发布实施的《铺设海底电缆管道管理规定》(以下简称“规定”),和国家海洋局发布实施的《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》(以下简称“办法”),在《规定》和《办法》中有共 50 条条款,其中有:

- 在中华人民共和国内海、领海及大陆架上铺设海底电缆、管道以及为铺设所进行的路由调查、勘测及其他有关活动的主管机关是中华人民共和国国家海洋局。

- 中国的企业、事业单位铺设海底电缆、管道,经其上级业务主管部门审批同意后,为铺设所进行的路由调查、勘测等活动,依照本规定执行。

- 海底电缆、管道所有者,须在为铺设所行的路由调查、勘测实施六十天前,向主管机关提出书面申请。

- 《路由调查、勘测申请书》应附具以下资料:

- 一、调查、勘测路由选择依据的详细说明;

- 二、调查、勘测单位的基本情况;

- 三、《铺设海底管道工程对海洋资源和环境影响报告书》的编写大纲和评价单位的基本情况;

- 四、《污水排海工程可行性研究报告》;

五、其他有关说明资料。

·海底电缆、管道的铺设施工,所有者应依照《规定》,将所确定的路由及《路由调查、勘测报告》等有关资料一式五份,报相应的审批机关审批。审批机关审批后发给铺设施工许可证。

·《路由调查、勘测报告》应包括以下内容:

- 一、调查概况;
- 二、路由海洋区的气象与水文动力状况;
- 三、路由海区的工程地质条件;
- 四、与该海底电缆、管道工程建设和维护有关的其他海洋开发活动和海底设施;
- 五、有关政府机构在路由海区的开发利用规划;
- 六、路由条件的综合评价及其结论;
- 七、有关图件及其他调查资料。

·《铺设海底管道工程对海洋资源和环境影响报告书》的内容应包括:

- 一、海底管道途经海域海洋资源和环境的状况;
- 二、海底管道海上铺设施工作业阶段及其正常使用阶段对周围海域海洋资源和生态环境及其他海洋开发利用活动影响的综合评价及对上述影响的解决办法;
- 三、海底管道事故状态对海洋资源和环境产生影响的评价及其应急措施。

·海上作业者应持有主管机关签发的铺设施工许可证。