

# GFRP 丝材的力学性能研究

田文彤 周一亮

(江苏法尔胜技术开发中心 江阴 214433)

**摘要:** 海港码头、严寒地区的路面、化工厂、水处理厂等工程中, 钢绞线因腐蚀而发生明显的早期劣化, 最终引起构筑物的毁坏。采用镀锌钢绞线、环氧涂覆钢绞线只能起到缓解的作用, 无法从根本上解决腐蚀问题。GFRP 绞线以其耐腐蚀、强度高、重量轻、施工便捷等特点及低廉的价格, 在某些特殊场合正在逐步代替钢绞线。GFRP 绞线是由若干根 GFRP 丝材经特殊工艺捻制而成, 因此其性能主要取决于 GFRP 丝材的性能。本研究采用拉挤成型工艺制备 GFRP 丝材, 研究了玻璃纤维与树脂的粘合力对其力学性能的影响, 测量了其在不同温度下的力学行为。结果表明, 纤维与树脂间的接合情况对拉伸断裂方式有很大的影响, 不同温度下的拉伸断口形貌也有所不同, 在低于 100℃的环境温度下保温 1 小时, 对其抗拉强度、断裂伸长率影响较小, 但对抗弯强度影响较大。指出了其在实际应用中的局限性, 阐述了影响 GFRP 丝材力学性能的主要原因, 为进一步提高其力学性能、拓展其应用范围打下了坚实的理论基础。

**关键词:** GFRP 丝材 抗拉强度 断裂伸长率

## 1 前言

GFRP 丝材因其具有比强度高、质量轻、抗冲击、耐腐蚀、绝缘、隔热等优点, 广泛应用于电工、建筑、交通及娱乐等领域<sup>[1-3]</sup>。为满足减轻质量及特殊环境条件的需要, 制作石油开采的抽油杆、混凝土预应力筋、悬索桥的高应力索等材料发生了重大变革, 用 GFRP 丝材取代高强度钢丝的趋势正逐年增加<sup>[4]</sup>。然而, 由于我国目前还无法实现高强度玻璃纤维的工业化生产, 国外又对此实行封锁, 致使国内高强度玻璃纤维奇缺, 限制了高强度 GFRP 丝材在我国的应用领域。

GFRP 主要由玻璃纤维、树脂、玻璃纤维/树脂间的界面组成。大量研究表明, 纤维和树脂间界面的粘结强度对纤维增强树脂基复合材料的力学性能影响显著<sup>[5]</sup>。因此可通过增加纤维/树脂间界面的粘结强度提高 GFRP 丝材的拉伸强度, 扩大 GFRP 丝材的应用领域。

## 2 试验研究

### 2.1 原材料

玻璃纤维选用 1200TEX 的无碱、无捻粗纱, 其新生态纤维抗拉强度为 3568MPa, 弹性模量为 76GPa; 树脂选用环氧乙烯基树脂、间苯型不饱和聚酯、邻苯型不饱和聚酯三种, 它们的耐热性均能达到 120℃以上; 脱模剂选用哈尔滨玻璃钢研究所生产的专用于拉挤工艺的硬脂酸锌; 引发剂选用天津阿克苏诺贝尔过氧化物有限公司生产的过氧化碳酸酯。

### 2.2 成型工艺

GFRP 丝材采用拉挤成型工艺生产, 该工艺具有自动化程度高、原材料利用率高和产品质量稳定等优点, 其工艺流程如图 1 所示。

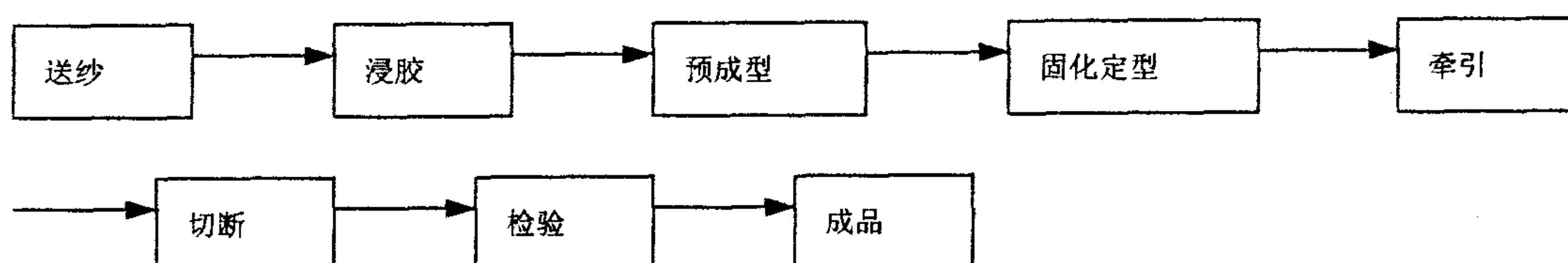


图 1 拉挤成型工艺流程示意图

### 2.3 试验方法

GFRP 丝材的制备方法是将树脂、引发剂与脱模剂按一定的重量比混合，搅拌均匀后注入树脂浸渍槽，玻璃纤维浸渍树脂后在模具内连续拉挤固化成型。将 GFRP 丝材截取若干个 300 mm 长的样条，在电子万能材料试验机上测量其拉伸性能。

## 3 试验结果与分析

### 3.1 选择树脂

不同树脂制成的 GFRP 丝材的抗拉强度如图 2 所示，由图 2 可知，玻璃纤维增强环氧乙烯基树脂的抗拉强度最高，其断裂形式为崩裂；而玻璃纤维增强间苯型聚酯树脂的断裂形式为崩断，这说明该树脂与玻璃纤维的浸润性很差，树脂没有起到传递载荷的作用，因此其抗拉强度最低。

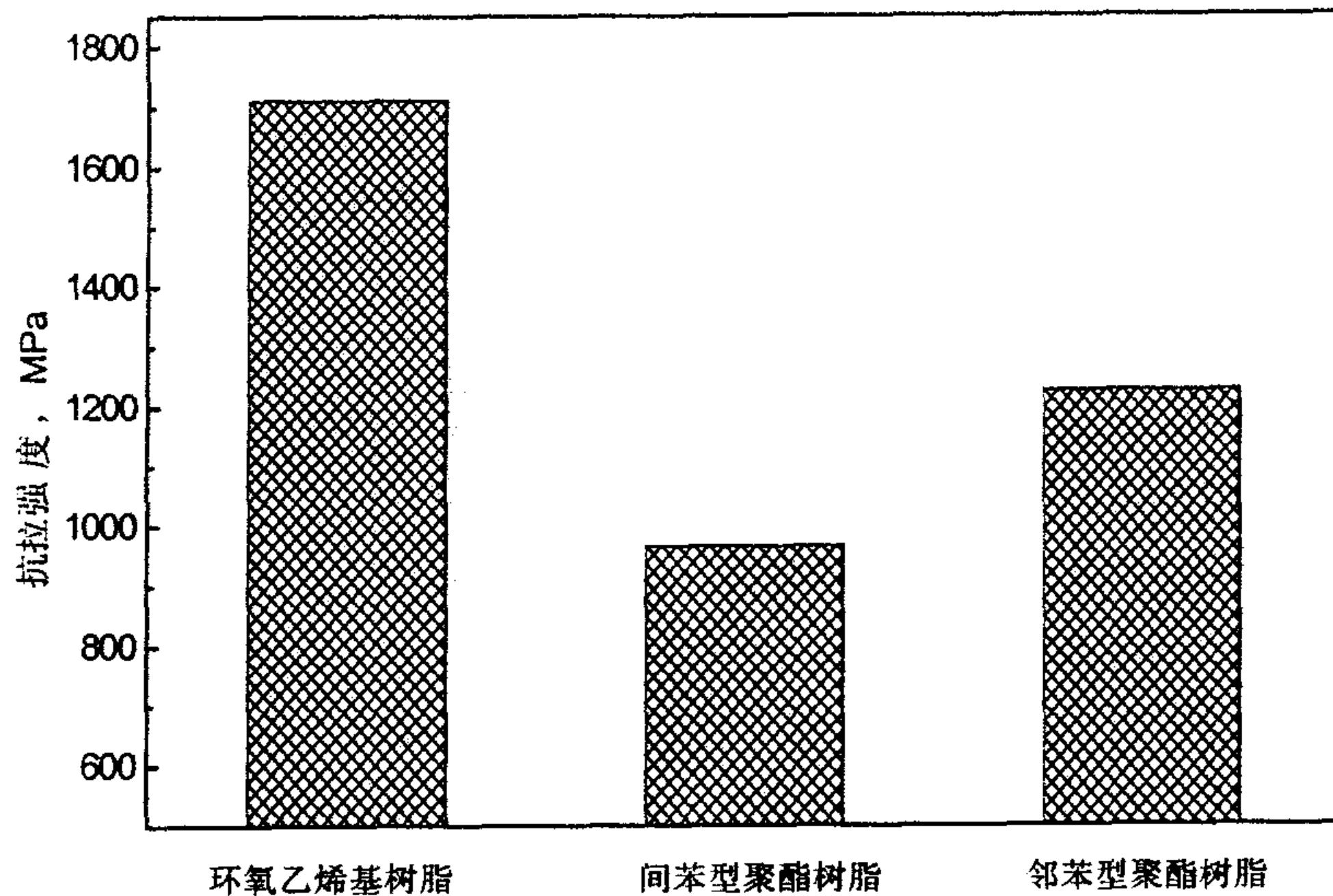


图 2 不同树脂的抗拉强度值

### 3.2 不同条件下的抗拉强度

将玻璃纤维增强环氧乙烯基树脂的样条放在烘箱内，分别在 120℃、150℃下保温 500h、800h 和 1000h 后取出，在电子万能材料试验机上测量其拉伸性能，结果如图 3、图 4 所示。

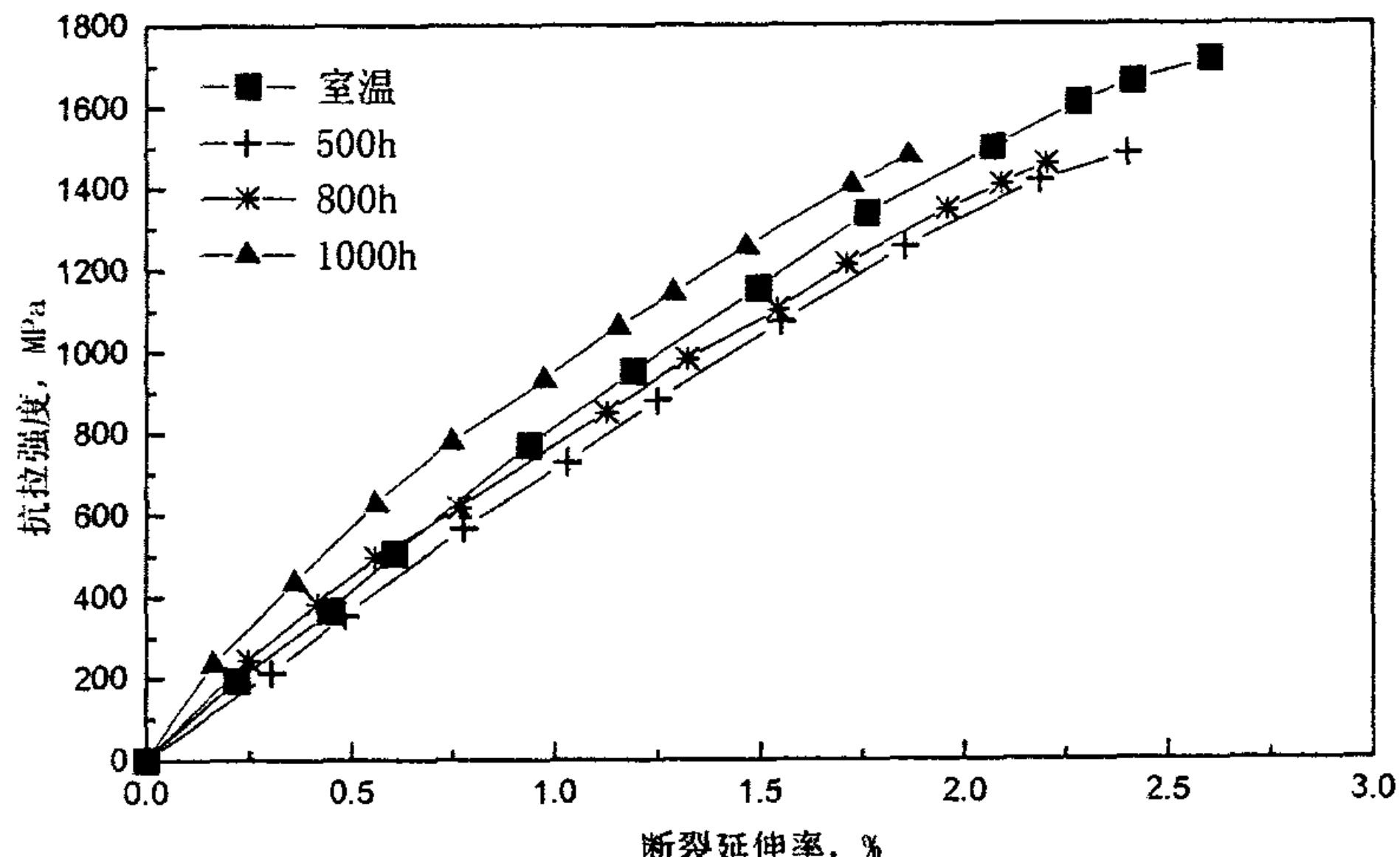


图 3 GFRP 丝材在 120℃下的抗拉强度和断裂延伸率间的关系曲线

由图可知，抗拉强度随延伸率的增加而增加，开始时增加较快，而后逐渐减慢。在 GFRP 试样被拉断前，在保温时间相同的情况下，温度越高，达到相同延伸率所需的抗拉强度就越大；同样，在同一温度下，保温时间越长，达到相同延伸率所需的抗拉强度就越大。即拉伸弹性模量随温度的升高而增大，随保温时间的延长而增加。从断裂时的抗拉强度和延伸率来看，随着温度的升高和保温时间的延长，断裂时的抗拉强度和延伸率均有不同程度的减小。这是由于随着温度的升高和保温时间的延长，GFRP 丝材的物理、化学性质均会发生变化<sup>1</sup>，削弱了树脂基体和纤维之间的粘结强度，导致断裂时的抗拉强度和延伸率下降。

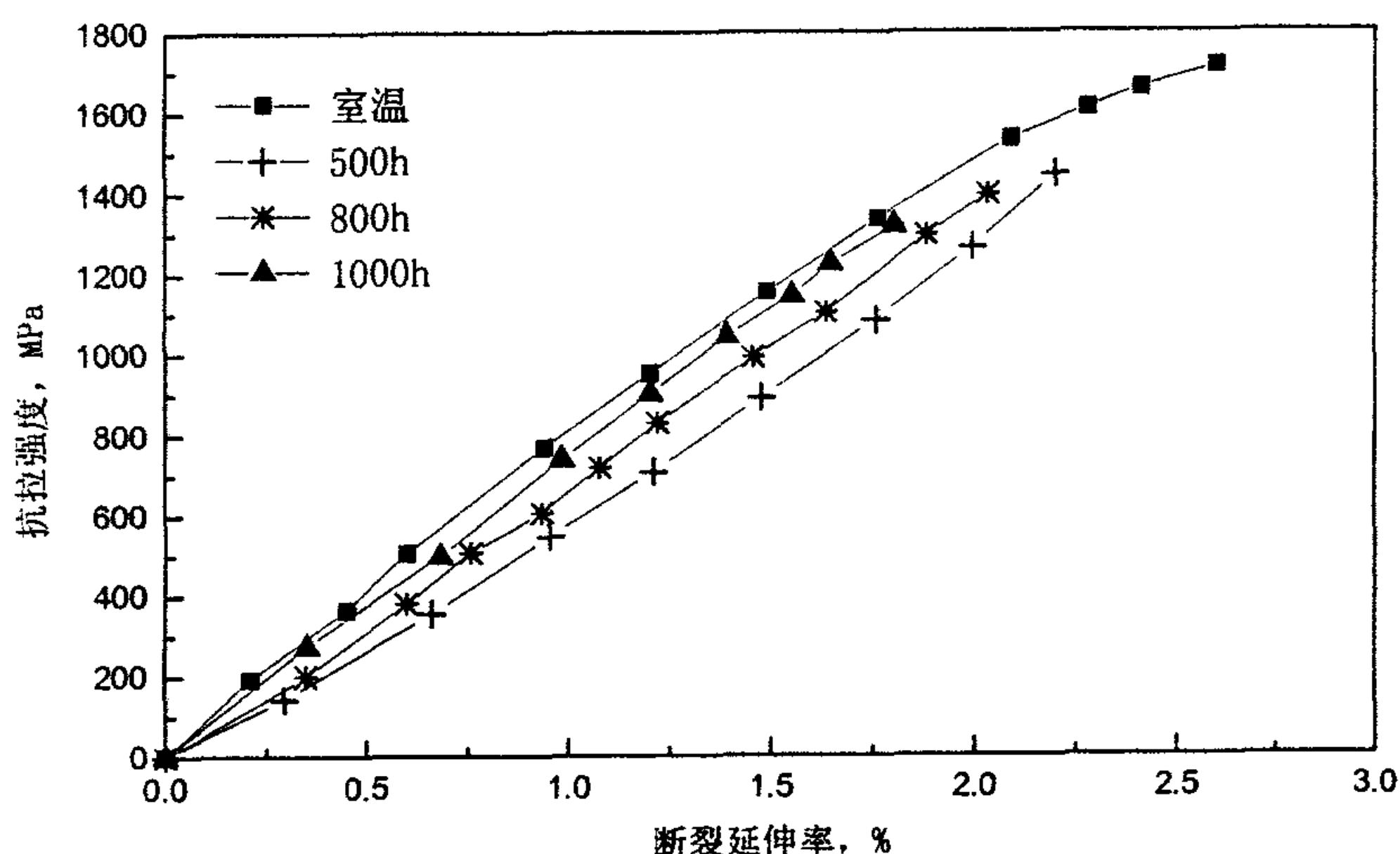


图 4 GFRP 丝材在 150℃下的抗拉强度和断裂延伸率间的关系曲线

另外，值得说明的是，GFRP 丝材在拉伸过程中没有屈服点，即不象金属材料那样先产生屈服、再缩颈、最后断裂。而是突然崩断，没有一点断裂征兆。因此在进行 GFRP 结构设计时，必须考虑这点。

#### 4 结 论

- (1) 在所选用的三种树脂中，以玻璃纤维增强环氧乙烯基树脂的效果最好，其抗拉强度最高，高于同规格钢丝的抗拉强度。
- (2) 断裂时的抗拉强度和延伸率随加热温度的升高和保温时间的延长而降低，但仍接近于同等条件下的钢丝。
- (3) 在 GFRP 实际应用时，应在结构设计上考虑其没有屈服点，且在高温下使用时应避免承受较大的弯曲应力。

#### 参 考 文 献

- 1 陈平，王清民，毛桂洁. 耐高温玻璃纤维增强环氧树脂基拉挤电绝缘芯棒的研制. 哈尔滨理工大学学报, 1998, 3(6): 24
- 2 夏为林，曾湘江. FRP 复合材料及其在高速列车上的应用. 电力机车技术, 2001, 24(1): 25
- 3 朱雪峰，徐伟强，孙启华. 针织复合毡在拉挤成型中的作用. 纤维复合材料, 1998(2): 47
- 4 齐红宇，温卫东. 先进纤维增强复合材料疲劳寿命的预测. 玻璃钢/复合材料, 2002(5): 6
- 5 王恒武，王继辉，朱京杨. 纤维增强树脂基复合材料界面粘结强度测试方法探讨. 玻璃钢/复合材料, 2003(5): 42

## 相似文献(1条)

1. 期刊论文 田文彬,周一亮 GFRP丝材的力学性能研究 -工业建筑 2004, 34(z1)

海港码头、严寒地区的路面、化工厂、水处理厂等工程中,钢绞线因腐蚀而发生明显的早期劣化,最终引起构筑物的损坏。采用镀锌钢绞线、环氧涂覆钢绞线只能起到缓解的作用,无法从根本上解决腐蚀问题。GFRP绞线以其耐腐蚀、强度高、重量轻、施工便捷等特点及低廉的价格,在某些特殊场合正在逐步代替钢绞线。GFRP绞线是由若干根GFRP丝材经特殊工艺捻制而成,因此其性能主要取决于GFRP丝材的性能。本研究采用拉挤成型工艺制备GFRP丝材,研究了玻璃纤维与树脂的粘合力对其力学性能的影响,测量了其在不同温度下的力学行为,结果表明,纤维与树脂间的接合情况对拉伸断裂方式有很大的影响,不同温度下的拉伸断口形貌也有所不同,在低于100℃的环境温度下保温1小时,对其抗拉强度、断裂伸长率影响较小,但对抗弯强度影响较大,指出了其在实际应用中的局限性,阐述了影响GFRP丝材力学性能的主要原因,为进一步提高其力学性能、拓展其应用范围打下了坚实的理论基础。

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference\\_5600483.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_5600483.aspx)

下载时间：2010年1月7日