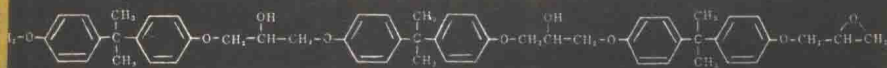


# 环氧树脂

上海树脂厂编



上海人民出版社

# 环 氧 树 脂

上 海 树 脂 厂 编

上 海 人 民 大 学 出 版 社

## 内 容 提 要

环氧树脂是含有环氧基的高分子聚合物，它具有许多优良的性能，在许多部门中有着愈来愈广泛的应用。

本书着重叙述环氧树脂的制造方法，从原料单体至树脂合成、硬化及其在各方面的应用；最后介绍了其他一些新型的环氧树脂。

本书根据上海科学技术出版社 1965 年印刷的版本，经较大的修改补充后出版。可供环氧树脂生产及应用部门的工作人员参考。

## 环 氧 树 脂

上海树脂厂 编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路 5 号)

新华书店上海发行所发行 上海群众印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.5 字数 117,000

1971 年 3 月第 1 版 1971 年 3 月第 1 次印刷

书号：15·4·103 定价：0.31 元

## 再版说明

波澜壮阔的无产阶级文化大革命，彻底摧毁了叛徒、内奸、工贼刘少奇的反革命修正主义路线，彻底粉碎了他复辟资本主义的迷梦。战无不胜的毛泽东思想更加广泛传播，更加深入人心，活学活用毛泽东思想的群众运动正在继续深入开展。

在毛主席和以毛主席为首、林副主席为副的党中央的英明领导下，奋战在工业战线上的广大工人和革命知识分子，用毛泽东思想这个战无不胜的武器，不停息地展开对“洋奴哲学”“爬行主义”等修正主义路线的革命大批判，猛烈地扫除着刘少奇修正主义的余毒。群众性的革命大批判，大大提高了工人阶级、贫下中农和广大革命群众的阶级斗争觉悟和两条路线斗争的觉悟，有力地推动了革命和生产。数以千万计的东方无产阶级的新技术、新工艺、新产品都在短短的几年内汹涌而出。

本书介绍的环氧树脂是大跃进的产物，是在毛泽东思想的阳光雨露哺育下茁壮地发展起来的一种产品。环氧树脂俗称万能胶。它具有很强的粘结力，可以用来粘结许多金属及非金属材料，同时具有很好的电绝缘性和较强的机械性能。由于这些特性，使得它在工业浇铸，表面涂料，电气设备，半导体的密封、绝缘，坚固的玻璃钢制品等生产方面有着极其重要的地位。随着我国工农业生产的高速度发展，这种新型树脂的使用范围已经日益广泛和普遍。为了提供环氧树脂生产、研究和使用的有关部门的工作人员参考，以及相互学习，共同

提高,我们以上海科学技术出版社 1965 年出版的《环氧树脂》为基础,作了较大的修改,并且增加了部分新内容,重新出版。

毛主席教导我们说:“在生产斗争和科学实验范围内,人类总是不断发展的,自然界也总是不断发展的,永远不会停止在一个水平上。因此,人类总得不断地总结经验,有所发现,有所发明,有所创造,有所前进。”近年来,环氧树脂的技术发展很快,书中未能详尽地一一介绍;同时由于我们的经验不足,加上时间匆促,书中肯定还存在不少的错误和缺点,希望广大革命同志提出批评意见,以便我们及时改正。

上海树脂厂

1971 年 3 月

# 毛主席语录

**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。**

**在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。**

**中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。**

# 目 录

## 再版说明

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第一章 绪论             | 1  |
| 一、环氧树脂的发展概况        | 1  |
| 二、环氧树脂的特点及各种类型     | 2  |
| 三、硬化后环氧树脂的性能及应用范围  | 7  |
| 第二章 环氧树脂的合成        | 13 |
| 一、环氧氯丙烷            | 13 |
| (一) 环氧氯丙烷的合成       | 13 |
| (二) 环氧氯丙烷的性质       | 22 |
| 二、二酚基丙烷            | 28 |
| (一) 二酚基丙烷的合成       | 28 |
| (二) 二酚基丙烷的性质       | 33 |
| 三、环氧树脂             | 34 |
| (一) 反应机理           | 34 |
| (二) 环氧树脂的实验室制法     | 39 |
| (三) 环氧树脂的工业制法      | 41 |
| (四) 各种因素对环氧树脂合成的影响 | 43 |
| 第三章 环氧树脂的硬化        | 47 |
| 一、多元胺类             | 47 |
| (一) 脂肪族伯胺类         | 50 |
| (二) 脂肪族仲胺及叔胺类      | 59 |
| (三) 芳香族胺类          | 64 |
| (四) 酰胺类及潜性硬化剂      | 71 |
| 二、酸酐类              | 72 |
| (一) 二元酸            | 74 |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| (二) 邻苯二甲酸酐.....         | 74        |
| (三) 顺丁烯二酸酐.....         | 77        |
| (四) 均苯四甲酸酐.....         | 78        |
| (五) 六氢代邻苯二甲酸酐.....      | 79        |
| (六) 顺丁烯二酸酐衍生物.....      | 83        |
| (七) 十二烷基代顺丁烯二酸酐.....    | 84        |
| (八) 二氯代顺丁烯二酸酐.....      | 84        |
| (九) 六氯内次甲基四氢苯二甲酸酐.....  | 85        |
| 三、其他类.....              | 87        |
| (一) 酚醛树脂.....           | 87        |
| (二) 苯胺甲醛树脂.....         | 91        |
| (三) 脲醛树脂及三聚氰胺甲醛树脂.....  | 91        |
| (四) 糠醛树脂.....           | 91        |
| (五) 聚酯树脂及其他.....        | 92        |
| <b>第四章 环氧树脂的应用.....</b> | <b>93</b> |
| 一、粘合.....               | 93        |
| (一) 稀释剂.....            | 94        |
| (二) 填充剂.....            | 97        |
| (三) 粘合件的表面处理.....       | 99        |
| (四) 粘合工艺.....           | 100       |
| (五) 各种粘合剂的配方.....       | 102       |
| 二、浇铸.....               | 105       |
| (一) 增韧剂.....            | 106       |
| (二) 浇铸工艺.....           | 115       |
| (三) 各种浇铸剂的配方.....       | 116       |
| 三、泡沫塑料.....             | 117       |
| (一) 化学泡沫.....           | 117       |
| (二) 合成泡沫.....           | 120       |
| 四、层压.....               | 120       |
| (一) 玻璃纤维及玻璃布.....       | 120       |
| (二) 玻璃钢的制造工艺.....       | 121       |



|                       |            |
|-----------------------|------------|
| 五、涂覆                  | 129        |
| (一) 未酯化的环氧树脂涂料        | 129        |
| (二) 酯化的环氧树脂涂料         | 133        |
| <b>第五章 非二酚基丙烷环氧树脂</b> | <b>137</b> |
| 一、甘油环氧树脂              | 137        |
| (一) 甘油环氧树脂的制法         | 137        |
| (二) 甘油环氧树脂的应用         | 139        |
| 二、三聚氰酸环氧树脂            | 140        |
| (一) 三聚氰酸环氧树脂的制法       | 143        |
| (二) 三聚氰酸环氧树脂的应用       | 146        |
| 三、酚醛环氧树脂              | 149        |
| 四、多元苯酚类环氧树脂           | 154        |
| (一) 间二酚环氧树脂           | 154        |
| (二) 对二酚环氧树脂           | 154        |
| (三) 藤黄酚(即苯三酚)环氧树脂     | 155        |
| (四) 焦儿茶酚环氧树脂          | 155        |
| (五) 二酚基甲烷(即双酚F)环氧树脂   | 155        |
| (六) 三酚基甲烷环氧树脂         | 156        |
| (七) 四酚基丁烷环氧树脂         | 156        |
| (八) 四酚基戊烷环氧树脂         | 156        |
| (九) 四酚基己烷环氧树脂         | 157        |
| (十) 其他多元酚类环氧树脂        | 158        |
| <b>第六章 新型环氧树脂</b>     | <b>159</b> |
| 一、环戊二烯环氧树脂            | 159        |
| (一) 环戊二烯环氧树脂的制法       | 159        |
| (二) 环戊二烯环氧树脂的性质       | 160        |
| (三) 环戊二烯环氧树脂的应用       | 160        |
| 二、3-4-环氧基-6-甲基环己烷甲酸-  |            |
| 3'-4'-环氧基-6'-甲基环己烷羧酸酯 | 161        |
| (一) #6201的制法          | 161        |
| (二) #6201的性质          | 162        |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| (三) #6201 的应用 .....   | 163 |
| 三、聚丁二烯环氧树脂 .....      | 163 |
| (一) 聚丁二烯环氧树脂的制法 ..... | 164 |
| (二) 聚丁二烯环氧树脂的性质 ..... | 164 |
| (三) 聚丁二烯环氧树脂的应用 ..... | 164 |

# 第一章 绪 论

## 一、环氧树脂的发展概况

环氧树脂是含有环氧基的高分子聚合物。它的优良性能被发现和被采用仅是最近十几年的事。

环氧树脂正式大规模的应用开始于1950年,最初是用它来制造涂料,性能很好,但用量不大。直到它在机械工业,特别是在飞机和汽车制造工业的金属结构粘结上,以及电工等方面获得了广泛的用途后,才得到飞跃发展。

由于环氧树脂是指含有环氧基的高分子聚合物,因而它的类型非常繁多。环氧氯丙烷是各种类型环氧树脂的主要单体,它可以与各种多元酚类、多元醇类等缩聚成环氧树脂。为了便于区别起见,在环氧树脂名词前面加上不同单体的名称,如二酚基丙烷环氧树脂(环氧氯丙烷与二酚基丙烷缩聚而成)、酚醛环氧树脂(环氧氯丙烷与酚醛树脂缩聚而成)、甘油环氧树脂(环氧氯丙烷与甘油缩聚而成)等。其中以二酚基丙烷环氧树脂用途较广,人们对这种类型的高聚物的研究比较普遍和深入,所以目前环氧树脂这个名词是指二酚基丙烷环氧树脂。本书所介绍的重点也就是指这一类型的环氧树脂,至于其他类型的,将在第五章中进行讨论。

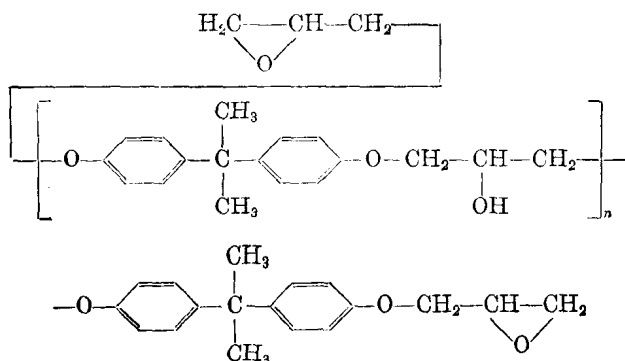
由于环氧树脂在电工和机械方面具有很多优良性能,如高度的电绝缘性和粘合性等,因而引起了人们的重视。国外的许多国家都加以采用。

近年来,随着我国社会主义建设事业的飞跃发展,各工业

部门对环氧树脂需要迫切，加上它具有优良的性能，应用范围正在不断扩大，这就为环氧树脂今后的发展开辟了广阔的前途。

## 二、环氧树脂的特点及各种类型

环氧树脂是由环氧氯丙烷与二酚基丙烷缩聚而成的高聚物，具有一般高聚物的通性。根据不同的条件可以制得不同分子量的树脂，平均分子量一般是在 300~7000 之间，它的结构式如下：

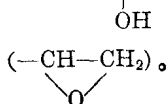


式中  $n=0\sim 19$ ，当  $n=0$  时得到的是琥珀色或淡黄色的低分子量树脂，但当  $n\geq 2$  时得到的是固体的高分子量树脂。

环氧树脂具有下列特点：

### (一) 粘合力高

环氧树脂的高度粘合力，是由于结构中含有脂肪族羟基 ( $-\text{C}-\text{OH}$ )、醚基 ( $-\text{O}-$ ) 及其中极为活泼的环氧基



羟基和醚基的极性，使得环氧树脂分子和相邻表面之间产生电磁吸力，而且环氧基与含有活泼氢的金属表面起反应生成化学键，因而粘结力特别强。

### (二) 收缩性小

环氧树脂在硬化时没有副产物产生，不会产生气泡，因而收缩率小 ( $\approx 2\%$ )，若加入填料，则环氧塑料的收缩率更小 ( $\approx 0.1\%$ )，是热固性树脂中收缩性最小的一种。此外，热膨胀系数小，受冷热温度的影响小，因而提供了树脂用途的广泛性。

### (三) 稳定性高

很多硬化剂都可以使环氧树脂硬化。通常在室温或稍加一些热度就可以操作。环氧树脂在未加入硬化剂时是热塑性树脂，不会受热硬化，所以稳定性高，可以放置很久不会变质。

根据不同的条件，可以制造出各种不同分子量的高聚物。各国环氧树脂有各种不同的牌号，见表 1-1~表 1-6。

表 1-1 上海有机化学工业公司环氧树脂规格

| 名 称   | 软化点(°C)           | 色 调 | 环氧值(当量/100克树脂) |
|-------|-------------------|-----|----------------|
| #618  | <2500 厘泊<br>(落球法) | 2   | 不小于 0.48       |
| #6101 | 14~22             | 4   | 0.40~0.47      |
| #634  | 20~28             | 4   | 0.38~0.45      |
| #637  | 20~35             | 6   | 0.30~0.40      |
| #601  | 64~76             | 8   | 0.18~0.22      |
| #604  | 85~95             | 8   | 0.09~0.15      |

表 1-2 苏联环氧树脂规格

| 名称  | 环氧基含量 (%) | 环氧值       | 挥发物 (%)            | 含氯量 (%) |
|-----|-----------|-----------|--------------------|---------|
| ЭД5 | >20       | >0.47     | <2.5(100~105°C至恒重) | —       |
| ЭД6 | 14~18     | 0.33~0.42 | <1.0(在 100°C3 小时)  | 无       |
| Э37 | 11~17     | 0.26~0.40 | <0.5(在 100°C2 小时)  | <0.005  |

表 1-3 美国 Shell 公司环氧树脂规格

| 名称                    | 软化点 (°C) | 色调 (25°C) | 环氧当量      | 环氧值       | 平均分子量    | 粘度 <sup>③</sup> (25°C, 厘泊)     |
|-----------------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------------|
| Epon 562 <sup>①</sup> | 液        | 5         | 140~165   | 0.6~0.71  | 300      | 150~210                        |
| 815 <sup>②</sup>      | 液        | 8         | 175~210   | 0.48~0.57 | 340~400  | 500~900                        |
| 820 <sup>②</sup>      | 液        | 8         | 175~210   | 0.48~0.57 | 350~400  | 4000~10000                     |
| 828                   | 液        | 12        | 175~210   | 0.48~0.57 | 350~400  | 5000~15000                     |
| 834                   | 液        | 10        | 225~290   | 0.34~0.44 | 450      | A <sub>2</sub> ~A <sub>1</sub> |
| 864                   | 40~50    | 8         | 300~375   | 0.27~0.33 | 700      | A <sub>1</sub> ~B              |
| 1001                  | 64~76    | 8         | 450~525   | 0.19~0.22 | 900~1000 | C~G                            |
| 1004                  | 95~105   | 6         | 870~1025  | 0.10~0.12 | 1400     | Q~U                            |
| 1007                  | 125~132  | 8         | 1650~2050 | 0.05~0.06 | 2900     | Y~Z                            |
| 1009                  | 145~155  | 11        | 2400~4000 | 0.03~0.04 | 3800     | Z <sub>2</sub> ~Z <sub>6</sub> |

① 是指甘油环氧树脂

② 含有稀释剂

③ 于 45% 丁基卡必醇 (Butyl Carbitol) 中测定

表 1-4 美国 Jone-Dabney 公司环氧树脂规格

| 名 称        | 软化点<br>(°C) | 色调<br>(25°C) | 环氧当量      | 环氧值       | 平均<br>分子量 | 粘 度<br>(25°C, 厘泊)              |
|------------|-------------|--------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------|
| Epirez 510 | 液           | 6            | 180~200   | 0.50~0.56 | 350~400   | 9000~18000                     |
| 515        | 20~28       | 4            | 235~275   | 0.36~0.43 | 460       | A <sub>2</sub> ~A <sub>1</sub> |
| 520        | 65~75       | 4            | 450~525   | 0.19~0.22 | 900       | C~G <sub>1</sub>               |
| 522        | 75~85       | 3            | 550~650   | 0.15~0.18 | 1100      | F~J                            |
| 530        | 95~105      | 3            | 860~1015  | 0.10~0.12 | 1400      | Q~U                            |
| 540        | 127~133     | 3            | 1600~2000 | 0.05~0.06 | 2900      | X~Z                            |
| 550        | 145~155     | 4            | 2400~4000 | 0.03~0.04 | 3800      | Z <sub>2</sub> ~Z <sub>3</sub> |

表 1-5 瑞士 Ciba 公司环氧树脂规格

| 名 称           | 软化点<br>(°C) | 色 调<br>(25°C) | 环氧当量 | 环氧值  | 粘 度<br>(25°C, 厘泊) |
|---------------|-------------|---------------|------|------|-------------------|
| Araldile 502① | 液           | 4             | 250  | 0.40 | 3000              |
| 6005          | 液           | 4             | 190  | 0.53 | 8000              |
| 6010          | 液           | 4             | 195  | 0.51 | 16000             |
| 6020          | 液           | 4             | 210  | 0.48 | 19000             |
| 6030          | 液           | 5             | 225  | 0.44 | 35000             |
| 6040          | 25          | 5             | 265  | 0.38 | 90000             |
| 6060          | 60          | 6             | 425  | 0.24 | 1000②             |
| 6071          | 70          | 6             | 485  | 0.21 | E                 |
| 6075          | 84          | 6             | 690  | 0.15 | L                 |
| 6084          | 100         | 6             | 935  | 0.11 | S                 |
| 6097          | 130         | 6             | 1785 | 0.06 | Z <sub>1</sub>    |
| 6099          | 150         | 8             | 3225 | 0.03 | Z <sub>3</sub>    |

① 含有增塑剂

② 指 130°C 时

表 1-6 美国 Bakelite 公司环氧树脂规格

| 名称<br>(Bakelite) | 软化点<br>(°C) | 色调<br>(25°C) | 环氧当量    | 环氧值       | 平均分子量    | 粘 度<br>(25°C, 厘泊)              |
|------------------|-------------|--------------|---------|-----------|----------|--------------------------------|
| ERL-2774         | 液           | 10           | 180~200 | 0.50~0.55 | 350~400  | 10500~19500                    |
| ERL-3794         | 液           | 5            | 170~182 | 0.55~0.59 | 350~400  | 7200~19200                     |
| ERL-2795①        | 液           | 9            | 179~194 | 0.51~0.56 | 340~400  | 500~900<br>1600~1700<br>(60°C) |
| ERLA-3001②       | 25          | —            | —       | —         | —        | C~G                            |
| EKRA-2002        | 65~75       | 5            | 450~525 | 0.19~0.22 | 900~1000 | Q~U                            |
| EKRD-2003        | 95~100      | 6            | 875~975 | 0.10~0.11 | 1400     |                                |

环氧树脂的粘合力非常强，而且耐化学品性能优良。  
表 1-7 是环氧树脂和各种粘合剂效果的比较。

表 1-7 环氧树脂和各种粘合剂的使用效果比较

| 粘 合 剂           | 成<br>本 | 粘 合 性 能 |    |    |    | 耐 腐 蚀 性 能 |               |    |   | 总<br>评<br>分 |    |
|-----------------|--------|---------|----|----|----|-----------|---------------|----|---|-------------|----|
|                 |        | 木材      | 金属 | 瓷器 | 橡胶 | 水         | 非极<br>性<br>溶剂 | 碱  | 酸 |             | 菌  |
| 沥青              | 10     | 5       | 5  | 3  | 7  | 6         | 1             | 8  | 8 | 10          | 63 |
| 氧杂蒽树脂           | 9      | 5       | 6  | 3  | 7  | 8         | 1             | 10 | 8 | 10          | 67 |
| 聚苯乙烯            | 8      | 3       | 2  | 2  | 5  | 8         | 1             | 10 | 8 | 10          | 57 |
| 聚甲基丙烯酸乙酯        | 6      | 4       | 3  | 5  | 6  | 8         | 2             | 5  | 7 | 10          | 56 |
| 聚甲基丙烯酸甲酯        | 6      | 3       | 2  | 3  | 6  | 8         | 3             | 8  | 7 | 10          | 56 |
| 聚氯乙烯            | 7      | 7       | 6  | 7  | 6  | 8         | 6             | 10 | 9 | 10          | 76 |
| 醋酸乙烯与氯乙烯<br>共聚物 | 7      | 8       | 6  | 7  | 5  | 8         | 5             | 9  | 9 | 10          | 74 |
| 聚醋酸乙烯           | 8      | 7       | 7  | 7  | 3  | 3         | 3             | 4  | 6 | 10          | 74 |
| 聚乙烯醇            | 5      | 2       | 2  | 2  | 6  | 1         | 7             | 1  | 3 | 10          | 41 |
| 聚乙烯醇缩醛          | 4      | 7       | 8  | 7  | 7  | 8         | 5             | 3  | 5 | 10          | 64 |
| 聚偏氯乙烯           | 7      | 7       | 6  | 7  | 7  | 8         | 7             | 8  | 9 | 10          | 76 |

① 含有稀释剂

② 酚醛环氧混合树脂



续表 1-7

| 粘 合 剂   | 成<br>本 | 粘 合 性 能 |    |    |    | 耐 腐 蚀 性 能 |               |    |   |    | 总<br>评<br>分 |
|---------|--------|---------|----|----|----|-----------|---------------|----|---|----|-------------|
|         |        | 木材      | 金属 | 瓷器 | 橡胶 | 水         | 非极<br>性<br>溶剂 | 碱  | 酸 | 菌  |             |
| 有机硅     | 5      | 6       | 7  | 7  | 8  | 10        | 7             | 6  | 6 | 10 | 72          |
| 聚氨基甲酸酯  | 2      | 10      | 10 | 9  | 10 | 7         | 8             | 4  | 4 | 10 | 74          |
| 醇酸树脂    | 8      | 7       | 5  | 6  | 7  | 7         | 2             | 2  | 5 | 10 | 50          |
| 天然橡胶    | 7      | 4       | 4  | 3  | 8  | 7         | 3             | 10 | 8 | 10 | 64          |
| 异性化橡胶   | 5      | 4       | 8  | 4  | 7  | 9         | 3             | 10 | 9 | 10 | 60          |
| 异丁橡胶    | 6      | 3       | 6  | 2  | 8  | 8         | 3             | 10 | 9 | 10 | 65          |
| 氯化橡胶    | 6      | 5       | 7  | 4  | 7  | 6         | 3             | 10 | 9 | 10 | 67          |
| 丁苯橡胶    | 7      | 7       | 6  | 5  | 8  | 7         | 3             | 10 | 9 | 10 | 72          |
| 丙烯腈橡胶   | 6      | 6       | 8  | 6  | 9  | 7         | 5             | 8  | 8 | 10 | 73          |
| 氯丁橡胶    | 6      | 7       | 7  | 5  | 8  | 8         | 3             | 10 | 8 | 10 | 73          |
| 聚硫橡胶    | 5      | 5       | 4  | 2  | 4  | 6         | 8             | 3  | 5 | 10 | 52          |
| 硝酸纤维    | 6      | 5       | 1  | 5  | 5  | 3         | 2             | 2  | 4 | 10 | 43          |
| 醋酸纤维    | 5      | 3       | 1  | 3  | 5  | 2         | 3             | 1  | 3 | 9  | 35          |
| 乙酸丁酸纤维  | 4      | 3       | 1  | 4  | 5  | 2         | 3             | 1  | 3 | 9  | 35          |
| 甲基纤维    | 5      | 1       | 1  | 3  | 3  | 1         | 6             | 3  | 3 | 9  | 35          |
| 乙基纤维    | 5      | 3       | 1  | 3  | 5  | 2         | 3             | 3  | 3 | 9  | 37          |
| 羧基代甲基纤维 | 4      | 1       | 2  | 3  | 2  | 1         | 6             | 1  | 4 | 9  | 33          |
| 不饱和聚酯树脂 | 7      | 8       | 2  | 5  | 7  | 7         | 6             | 1  | 6 | 10 | 59          |
| 尿素树脂    | 7      | 9       | 2  | 2  | 2  | 6         | 9             | 5  | 5 | 10 | 57          |
| 三聚氰胺树脂  | 6      | 10      | 2  | 2  | 2  | 7         | 9             | 5  | 5 | 10 | 58          |
| 酚醛树脂    | 7      | 8       | 2  | 6  | 7  | 8         | 10            | 7  | 8 | 10 | 73          |
| 环氧树脂    | 4      | 10      | 8  | 8  | 8  | 8         | 9             | 9  | 8 | 10 | 82          |
| 呋喃树脂    | 6      | 7       | 1  | 8  | 7  | 8         | 10            | 10 | 8 | 10 | 75          |

注：表内所示的阿拉伯数字 1、2 是指不良；3、4 是指稍好；5、6 是指中等；7、8 是指良好；9、10 是指优良。

### 三、硬化后环氧树脂的性能及应用范围

环氧树脂是热塑性树脂，本身不会硬化，但在加入硬化剂