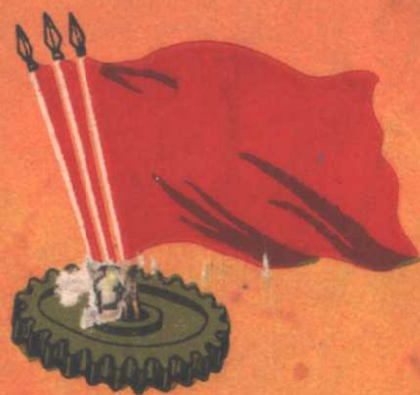




环氧塑料在 工艺装备中的应用

許茂宗、譚榮章等編

國防工業出版社

木

环氧塑料在工艺装备中的应用

编写人：

許茂宗、譚榮章、宋光弼、
鄭秋范、樂安中、龍度清、
裴危生、李福惠、羅一才、
張學勤、陳步邱、李志云、
董中漢、黃城金、丁 仁

協助人：

喬汝槐、朱漢鈞、胡惠康、
陳萬盛、陳慶叔、尹風昌、
王桂芝、張家瑞、張士云、
宮淑華、安英蘭、劉秀華



國防工業出版社

1965

內 容 簡 介

本书是收集国内有关工厂在采用环氧塑料制作工艺装备方面的一些經驗，并参考国外有关文献編輯而成的。

本书着重介紹了环氧塑料的主要原料及其物理-机械性能、塑料工艺装备（如表面标准样件、落錘模、拉伸胎和鑄模等）的結構及其制造工艺（澆注法、层貼法、填敷法和噴塗法）。书后还附有工艺装备的典型結構图、环氧塑料常用配方及其配制典型工艺規程，以及原材料的試驗与分析方法等有关資料。

本书可供工程技术人員以及从事这方面工作的生产人員参考，亦可作为各专业学校的教学参考书。

环氧塑料在工艺装备中的应用

許茂宗、譚榮章等編

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

*

850×1168 $1/32$ 印張 $5\frac{1}{4}$ 130 千字

1965年1月第一版 1965年4月第二次印刷 印数：2,001—6,000册

統一书号：N15034·928 定价：（科六）0.85 元

序

由于环氧塑料的机械强度高、收缩率小、粘附能力强、化学稳定性和工艺性能好等优点，近十几年来，它在我国国民经济的各个部门中得到了愈来愈广泛的应用。

我国机械工业系统，在党中央和毛主席的英明领导下，高举三面红旗，发扬自力更生的精神，几年来，在使用环氧塑料制造工艺装备方面，已经取得了一套较为完整的经验，并在生产中得到考验。

采用环氧塑料制造工艺装备，可以缩短生产周期、降低生产成本和节约大量金属材料，这是很值得注意的一个发展方向。目前，已有不少工厂专门设立了制造塑料工艺装备的工段或车间。

本书是在环氧塑料技术交流会的基础上，经一部分专家集体编写而成。它详细地论述了环氧塑料在工艺装备各个领域中的应用，书后还附有经过生产考验的典型工艺，对有关部门有实际指导意义。我们预期本书出版以后，环氧塑料将在机械制造业中获得普遍的应用。

由于编写时间仓促，水平有限，错误之处在所难免，希广大读者惠予指正。

机械工业部新技术推广所

一九六五年一月

目 录

序.....	3
第一章 緒論.....	5
第二章 环氧塑料的主要原料.....	13
第三章 提高环氧塑料物理-机械性能的方法	25
第四章 环氧塑料薄壳表面标准样件.....	41
第五章 环氧塑料拉伸胎、移形模和檢驗模.....	56
第六章 环氧塑料落錘模的結構及工艺.....	63
第七章 环氧塑料鑄模的結構及工艺.....	85
第八章 工艺装备的玻璃布层貼法.....	95
第九章 环氧塑料模具的噴塗工艺	104
第十章 环氧塑料在定位胶接中的应用	109
附录.....	126
参考文献	159

第一章 緒 論

机械工业部門长期以来傳統地繼承着采用金屬材料并以車、銑、刨、鉗等机械加工方法来生产工艺装备。这种生产方式不仅生产周期长，而且成本高。

在党的鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社会主义总路綫和自力更生，慎发图强的精神鼓舞下，自1958年我国工业生产大跃进以来，产品日新月异地飞跃发展。如果仍采用这种老的生产方法，便难以适应当前我国社会主义时期工业建設高速度发展的需要。因此研究采用以环氧塑料快速生产工艺装备成了当前一項迫切的任务。近年来，我国有关科研部門和工厂，在开始生产环氧树脂的同时，开展了以环氧塑料制造工艺装备的研究；探討了提高环氧树脂物理-机械性能的途徑；找到了冲击性能和耐热性能良好的多种环氧塑料配方；扩大了环氧塑料在工艺装备中的应用范围；自行設計并改建了厂房工艺布置；設計制造了生产环氧塑料所需的調胶、配料以及机械化生产工艺装备的全套設備；制定了各种工艺資料并已經組織了生产綫进入正規生产。图1-1是某厂在生产中使用的部分环氧塑料工艺装备的实例。

环氧塑料是以环氧树脂作为粘結剂，在其中加入增塑剂、固化剂与适量的多种填料和改性剂配制成的各种类型塑料的总称，包括：澆注塑料、填敷塑料、层貼玻璃布（玻璃鋼）、彈性塑料和泡沫塑料等。

采用环氧塑料能制作各类表面标准样件、安装样件、各类移形模、拉伸胎、板金落錘模、成形模、鑄模和各种工夹具的元件及其定位胶接等。

表1-1中列举了几种常用环氧塑料的物理-机械性能及主要

用途。

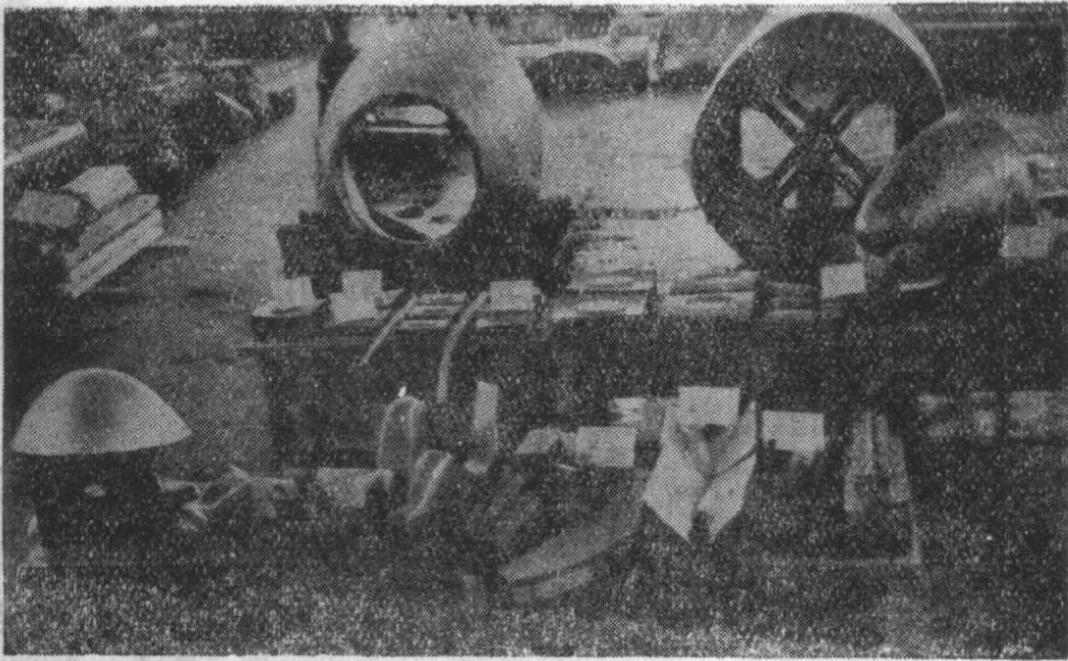


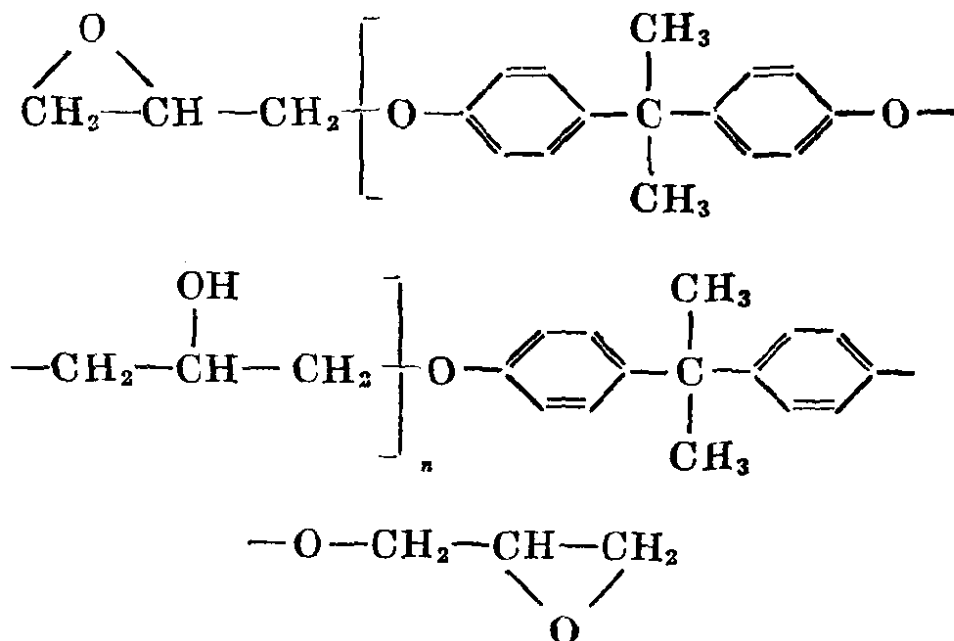
图1-1 各种环氧塑料工艺装备。

表1-1 几种常用环氧塑料的物理-机械性能

序号	塑料类别		浇注塑料			玻璃钢	玻璃 喷涂	填充 塑料	模体 塑料	泡沫 塑料
			Hy-2	Hy-3	Hy-4	Hy-9	Hy-10	Hy-7	Hy-11	Hy-12
	性 能	单 方 配 方 编 号 位								
1	比 重		1.8~2	1.8~1.9	—	1.2~1.3	1.2~1.3	~2	2.3~2.5	0.1~0.15
2	抗弯强度	$\frac{\text{公斤}}{\text{厘米}^2}$	800	900	900	>2000	1360	400	—	12~18
3	抗压强度	$\frac{\text{公斤}}{\text{厘米}^2}$	1200	1300	1200	>1200	>1100	900	> 400	20~35
4	抗冲击值	$\frac{\text{公斤} \cdot \text{厘米}}{\text{厘米}^2}$	8~12	5~7	15~25	>30	>25	3	—	0.4~0.8
5	主 要 用 途		制作一般工艺装备的工作表面, 冲击载荷不大的模具。			制作有较大的冲击载荷的模具。		制作样件和模体用。充填空间用。		

环氧树脂系由环氧氯丙烷与二酚基丙烷（双酚A）在苛性钠溶液中缩合而成，呈琥珀色，在常温下呈胶稠状态，加热到50℃以上软化成流体。是一种无毒无味的物质。因其分子二端含

有环氧基 $\left(\begin{array}{c} \text{CH}-\text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array}\right)$ 故命名为环氧树脂。其分子结构式如下：



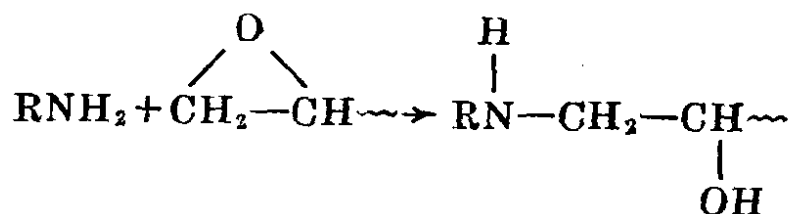
其分子量随 n 值而定， n 值一般在 $0 \sim 20$ 之間。环氧树脂的分子量一般在 340 至 3000 之間。

环氧树脂系热塑性物质，在未加入固化剂之前性质稳定，在常溫下不起交联反应，适宜长期（ $2 \sim 3$ 年）貯存。

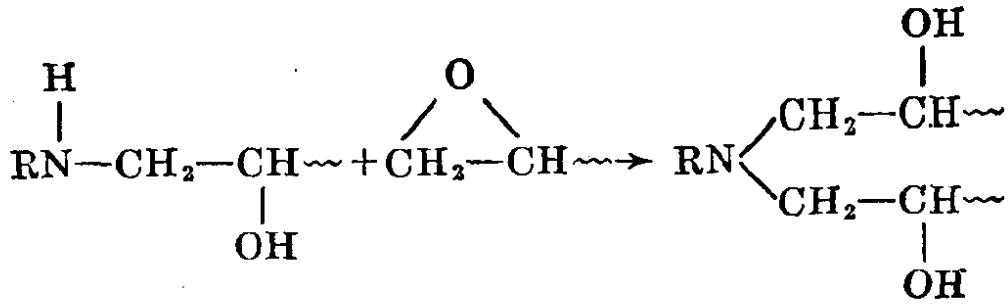
环氧树脂加入固化剂后与环氧树脂分子二端环氧基起作用，使可溶、可熔的綫型分子变为不溶、不熔的网状结构分子的物质，使热塑性环氧树脂，轉变为热固性环氧树脂，不能再还原（回收）。

环氧树脂固化反应机理，以常用乙二胺类固化剂为例，其反应如下：

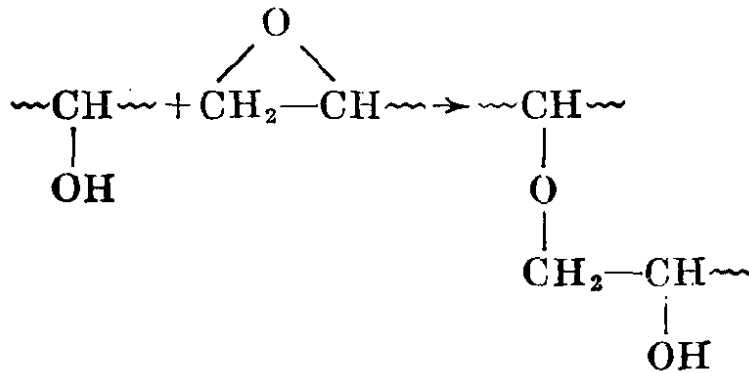
1) 伯胺 (RNH_2) 与环氧基反应形成仲胺 (R_2NH)



2) 仲胺繼續与环氧基反应生成叔胺



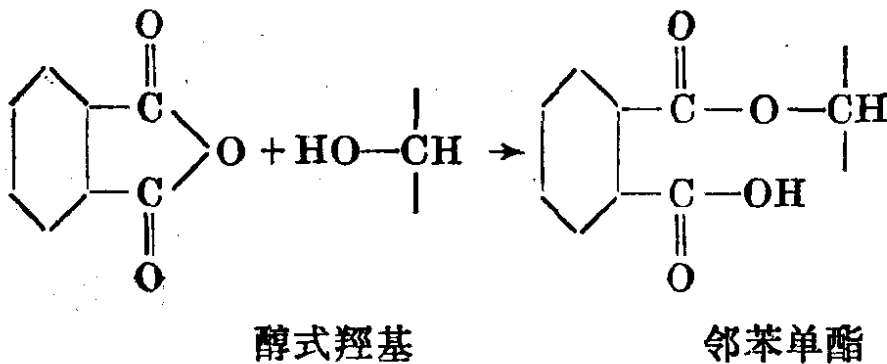
3) 仲胺、叔胺中的羟基与环氧基起反应



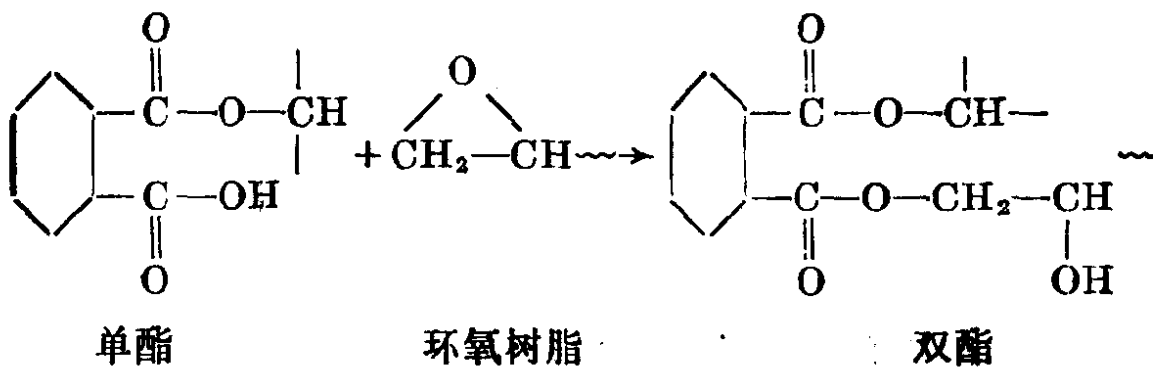
最后生成巨大的网状分子结构。

又以常用酸酐类固化剂邻苯二甲酸酐为例，固化反应机理如下：

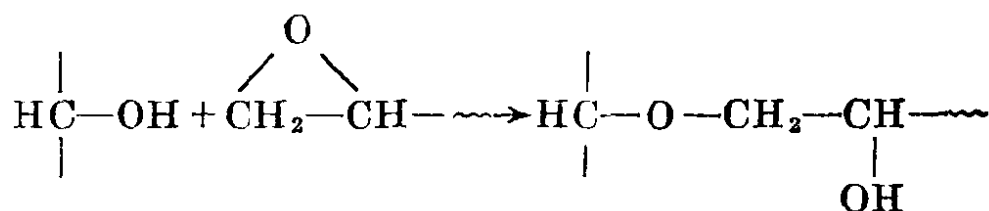
1) 酐环的打开



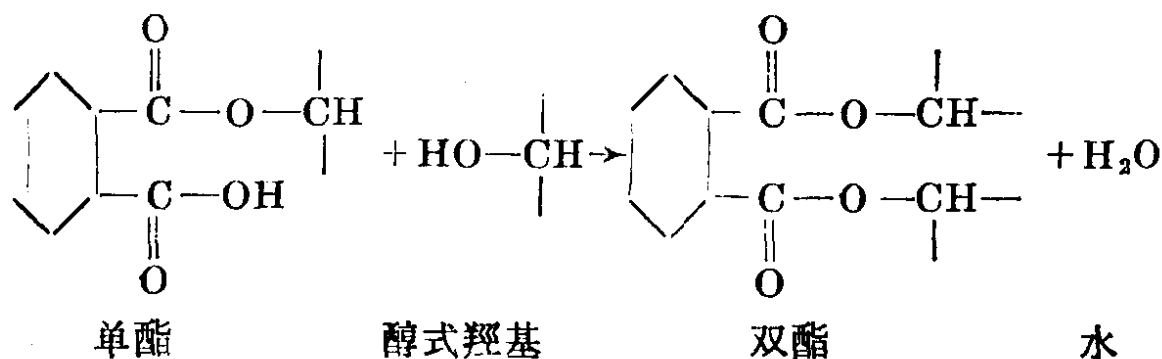
2) 新生羧酸与环氧基的反应



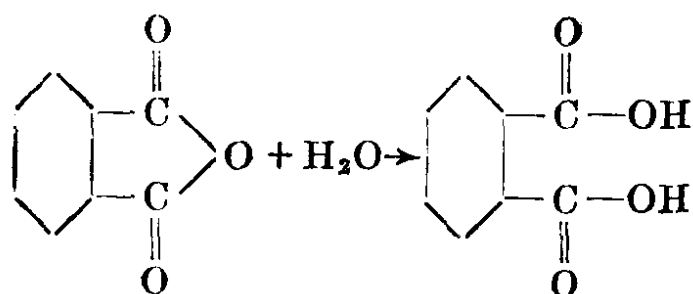
3) 环氧基与新生的羟基醚化反应



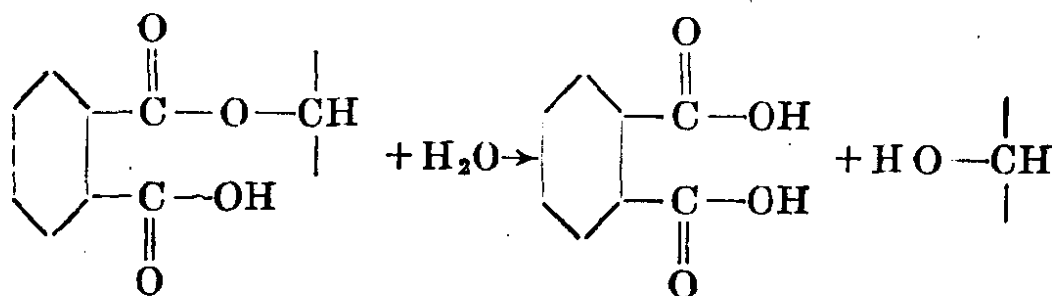
4) 单酯与一个羟基反应生成双酯和水



5) 酸酐被水水解生成酸



6) 单酯与水水解 (从反应 1) 生成酸和醇



最后生成巨大的分子结构。

固化剂用量, 胺类和酸酐类一般根据环氧树脂环氧值的多少按下式来计算

$$C = H \times E \quad \%$$

式中 C——固化剂用量;

H——胺的活泼氢当量 = $\frac{\text{分子量}}{\text{活泼氢原子数}}$ 或酸酐的 (0.6

~1) 酸酐当量;

$$E \text{——环氧树脂的环氧值} = \frac{\text{当量数}}{100\text{克}}。$$

采用其他高聚物作为固化剂，由于反应过程复杂，难以按理论来计算，只能按经验和试验方法来确定。

环氧树脂在第二次世界大战末期就已问世，在国外当时试图用来作为金属胶接物质，由于受到树脂质量及技术的限制，未能获得推广。近年来由于化学工业的发展，环氧树脂的性能不断地改善，从而使它的用途又获得了发展。五十年代初期，英、美各国已着手研究采用环氧塑料制作工艺装备，并开始推广采用。而苏联于1959年才开始在古比雪夫工厂试验推广。据国外资料报导，所用环氧塑料的强度不高（抗冲击值5~7公斤·厘米/厘米²），工艺装备采用的品种不多。

最近几年来，英、美各国在如何提高环氧塑料物理-机械性能方面进行了许多研究工作。如采用改性聚酰胺和低分子量聚硫橡胶等改性剂来改善环氧树脂的韧性和耐热性，将环氧塑料的抗冲击值普遍提高到了15公斤·厘米/厘米²以上，将耐热性能提高到了250℃左右。又如采用了无毒性的固化剂和不断发展新型环氧树脂，继续扩大它的应用范围。此外还开办了专门承揽生产环氧塑料工艺装备的工厂。现在采用塑料制作的数量已达到工艺装备总数的25%以上。

近年来，环氧塑料工艺装备在我国许多企业和工厂中得到了日益广泛的应用。从生产实践表明，这种工艺装备具有如下一些优点：

1) 以环氧塑料制成的工艺装备收缩率变形小（0.1~0.05%），尺寸准确；

2) 塑料工艺装备表面的耐磨性好，使用寿命较长，曾将某一夹具元件进行了耐磨试验，工作了三千次以上，仅磨损了0.01毫米。用塑料成形模可成形1毫米厚的钢板零件五千件以上；

3) 环氧塑料工艺装备大多采用浇注法、填敷法、层贴法和

噴塗法來製造，不需採用車、銑、刨、磨等工序。因此可以少設置貴重的靠模銑床和仿形刨床等金屬切削設備，從而減少了工廠的設備投資；

4) 以澆注法制成的環氧塑料工藝裝備的協調性良好，一般強度較高，適合直接按模型（樣件、實物）塑造工藝裝備，而且表面光滑，無須鉗工修配，便可保證相關工藝裝備之間具有良好的協調性；

5) 環氧塑料工藝裝備的生產周期比金屬的可以大大縮短，一般可縮短 $1/3 \sim 2/3$ ，個別複雜的工藝裝備縮短周期更為顯著，例如製造一套汽車駕駛室頂棚沖模，過去的生產周期為 6~7 個月，而現在採用環氧塑料只需 15~20 天；

6) 生產環氧塑料工藝裝備，對工人的技術等級要求不高（平均 2~3 級），短期內培訓後即可掌握這門生產技術。而生產金屬工藝裝備至少要 4 級以上；

7) 環氧塑料耐油及耐蝕性能良好，使用與保管方便；

8) 採用環氧塑料製成的工藝裝備，其結構大大簡化，重量減輕，便於搬運；

9) 環氧樹脂粘結性能良好，能與多種材料結合，用它在工藝裝備中進行膠接，可大大簡化工藝過程，提高生產效率；

10) 採用環氧塑料製作工藝裝備，便可代替貴重的金屬材料（如板金落錘模的鉛鋅等），從而可降低材料費用 $1/3 \sim 2/3$ 。

國內當前採用環氧塑料製造工藝裝備尚處在推廣提高階段。原料品種很多，質量不一，有些改性劑剛剛試成，還不能大量供應，採用一般環氧塑料配方製成的工藝裝備，尚有如下不足之處：

1) 韌性不足。只能限制在一定的範圍內使用。例如成形 1.5 毫米以上的鋼板，模具壽命不長，容易脆裂；

2) 耐熱性不高。目前製成的工藝裝備只能在 100°C 溫度下使用，對熱成形工藝裝備不能普遍採用；

3) 目前採用的操作方法容易產生氣泡，影響塑料表面質量

和强度；

4) 当前多用胺类固化剂，毒性較大。所用粉末 填 料、苯、酮类溶剂都对工人身体有害。

我国科学研究机关和工厂实验室正在为改善上述缺陷进行技术研究工作，主要方向是：

1) 研究采用无毒性的固化剂，改善劳动条件；

2) 进一步研究和提高改性聚酰胺、聚硫橡胶等改性剂的生产技术，使其产量满足生产需要。以便使某些工艺装备的抗冲击强度能达到或超过 $15 \text{公斤} \cdot \text{厘米} / \text{厘米}^2$ ；

3) 继续研究环氧树脂耐热性的改性，以满足 250°C 温度以上热成形工艺装备的需要；

4) 继续完成环氧塑料工艺装备结构的研究及其强度计算工作，使其逐步完善，实现环氧塑料工艺装备结构的规格化和典型化；

5) 研究采用廉价的其他塑料制作工艺装备的壳体(模体)代替金属，为实现工艺装备塑料化打下基础；

6) 继续完成环氧塑料工艺装备生产过程的机械化与自动化，为实现工艺装备塑料化创造条件。

可以大胆设想在不久将来，实现工艺装备塑料化以后将大量采用，部分取代金属工艺装备的地位。

当前国内塑料工艺装备正处在推广使用阶段，有关这方面的使用及制造经验还缺乏系统的总结。本书试图在这方面作为开端，起到抛砖引玉的作用。

第二章 环氧塑料的主要原料

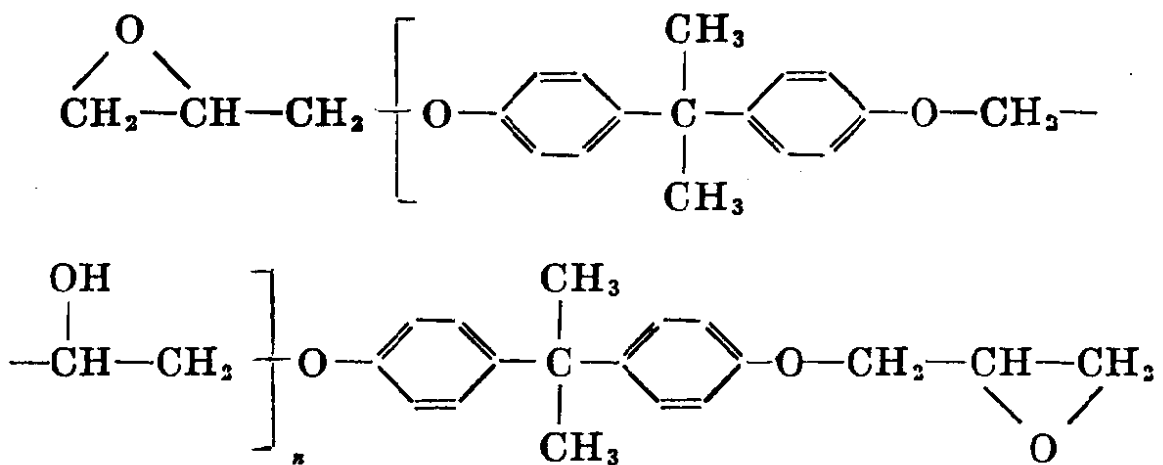
环氧塑料主要是以环氧树脂为粘结剂，在其中加入固化剂、增塑剂、改性剂以及各种不同的填料，从而获得不同机械性能的热固性塑料。

利用环氧塑料制造工艺装备，在我国是一项新工艺、新技术。用来配制环氧塑料的原材料，必须严格符合技术条件的规定，才能保证环氧塑料具有良好的物理-机械性能。

现将主要原料的作用、牌号、规格及技术条件列举如下。

一、粘 结 剂

环氧树脂（粘结剂）是环氧塑料的主要组成部分，常用的环氧树脂系由环氧氯丙烷及二酚基丙烷在苛性钠溶液中缩合成的。由于原料配合的比例不同而得到不同分子量的树脂，其分子结构式如下：



其中 $n = 0 \sim 20$ ， n 表示树脂的聚合度，它的大小决定树脂的分子量和粘度。

环氧树脂具有较高的粘合力，这是因为其结构中含有脂肪族

羟基 $\left(\begin{array}{c} \text{—C—} \\ | \\ \text{OH} \end{array}\right)$, 醚基 (—O—) 以及极为活泼的环氧基 $\left(\begin{array}{c} \text{—CH—CH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \end{array}\right)$

以环氧值和分子量来表示环氧树脂的主要技术性能。选择什么样的环氧树脂,应根据工艺装备的技术要求和工艺要求来决定。高分子量树脂机械强度较高,但粘度大使用不方便。分子量较小的则机械性能较差,但粘度低、工艺性能好、使用方便,并能加入大量的填料。制造工艺装备用环氧树脂的环氧值为0.3~0.5(当量/100克),分子量在300~600之间。其它技术要求有氯离子含量、挥发物含量和粘度等。

现在把环氧树脂的主要技术指标、性质、用途分别叙述于下:

1. 环氧树脂的主要技术指标 (见表2-1)

表2-1 环氧树脂的主要技术指标

国产牌号	国外参考牌号	软化点	环氧值 ($\frac{\text{当量}}{100\text{克}}$)	挥发物 含量	有机氯值 ($\frac{\text{当量}}{100\text{克}}$)	无机氯值 ($\frac{\text{当量}}{100\text{克}}$)
6101 [#]	苏ЭЛ-6 美Epon834	14~22°C	0.40~0.47	1%以下	≥0.02	≥0.005
618 [#]	苏ЭЛ-5 美Epon828	液态	0.48~0.59	2.5%以下	≥0.02	≥0.005
634 [#]	苏ЭЛ-6 美Epon834	20~28°C	0.32~0.47	1%以下	≥0.02	≥0.005
637 [#]	苏Э-37 美Epon864	30~38°C	0.23~0.33	1%以下	≥0.02	≥0.005
601 [#]	美Epon1001	64~76°C	0.18~0.22	1%以下	≥0.02	≥0.005
603 [#]	美Epon1004	78~85°C	0.1~0.18	1%以下	≥0.02	≥0.005
604 [#]	美Epon1004	80~95°C	0.09~0.15	1%以下	≥0.02	≥0.005
607 [#]	美Epon1007	110~135°C	0.04~0.07			

2. 环氧树脂的性质

1) 能溶于下列溶剂中:

a) 酮类: 如丙酮、甲乙酮、环乙酮等;

b) 脂类: 如醋酸乙脂、醋酸丁脂等;

c) 醚类溶剂: 如乙二醇乙醚、乙二醇甲醚、醋酸脂等;

d) 其他: 如双丙酮醇、丁醇与二甲苯的混合液、石油系烃、酒精等溶剂。

2) 抗化学性能很强, 不論对酸类、碱类、有机溶剂等都有
一定抵抗能力。

3) 电气性能好。

4) 附着力和胶合力为目前商品树脂中最强的一种。

5) 收缩率小, 不大于 0.1%。

6) 硬度高, 耐磨性好。

7) 耐热性能达到 100°C 左右。

3. 环氧树脂的用途

6101*、618*、634*、637* 可用作粘結剂、层貼玻璃布以及
澆注塑料。

601*、604* 为高分子量的环氧树脂, 适用于制造各种塗料。

此外, 国产新型的环氧树脂还有:

1) 苯酚-甲醛环氧树脂, 牌号是 644*, 其主要技术指标
如下:

环氧值: 0.45, 軟化点: 15°C。

有机氯: <0.0041 , 无机氯: <0.0004 。

揮发物: 6.75%, 游离酚: 4.11%。

这种树脂是用苯酚与甲醛縮合后, 再通入过量的环氧氯丙烷
而制得。它含三个官能团, 比普通环氧树脂活潑。經試用証明冲
击强度和耐热性能都比普通环氧树脂高, 固化速度快。

冲击强度: 約 26 公斤·厘米/厘米²。

馬丁耐热系数: 澆注試样 126°C。

玻璃鋼試样 230°C。

它主要用在耐热成形模及模具表面层, 也供修补模具使用。

2) 甘油环氧树脂 (相当于英国 Epon-562):

稀釋剂, 或作为特殊要求的低粘度塑料配方用。

二、固 化 剂

使环氧树脂固化 (又称硬化、熟化) 的物质称为固化剂。环

氧树脂分子是綫型的，必須用固化剂将树脂分子鏈两端化学活潑的官能团—CH—CH₂打开，使綫型的环氧树脂分子交联成空間



网状結構，从而成为不溶、不熔的硬化物质。

固化剂按性质可分为三类：

1) 胺类固化剂：乙二胺、間苯二胺、二乙烯三胺、三乙烯四胺、多乙烯多胺等。

2) 酸酐类固化剂：順丁烯二酸酐、苯二甲酸酐。

3) 高分子化合物：改性聚酰胺、酚醛树脂、脲醛树脂。

按照固化溫度可分为：

1. 常溫固化剂

常用的有乙二胺、六次甲基二胺（己二胺）。

1) 乙二胺：无色液体，有氨味和腐蝕性：

結構式： $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

分子量： $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2=60.10$

比重：0.898(25/4℃)

熔点：8.5℃

沸点：116~117℃

一般用量：6~8%（以环氧树脂用量为100份計，下同）。

2) 己二胺(腐蝕)：

結構式： $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$

分子量： $\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2=116.21$

无色片状晶体，似呱啉臭，易吸收空气中的二氧化碳和水分，易溶于水。

熔点：39~40℃

沸点：196℃

一般用量：15%左右。

2. 加溫固化剂

常用品种有間苯二胺、双氰胺、順丁烯二酸酐、邻苯二甲酸