

胶黏剂生产

JIAONIANJI
SHENGCHAN 800 WEN

800 问

李萍 张文栋 主编 



化学工业出版社

胶黏剂生产

800 问

JIAONIANJI
SHENGCHAN 800 WEN

李 萍 张 文 梅 编
常州大学图书馆
藏书章



化学工业出版社
· 北京 ·

本书采用问答的形式,介绍了热固性树脂胶黏剂、热塑性树脂胶黏剂、橡胶类胶黏剂、淀粉胶黏剂、天然与无机胶黏剂、特种胶黏剂的选材、配方设计、工艺过程以及相关的制备实例等。内容通俗易懂,形式简单、明了,是从事胶黏剂行业研究、产品设计、配方设计、制造生产人员的必备之书。

图书在版编目(CIP)数据

胶黏剂生产 800 问/李萍,张文栋主编. —北京:化学工业出版社, 2012. 3

ISBN 978-7-122-13335-9

I. 胶… II. ①李…②张… III. 胶黏剂-生产工艺-问题解答
IV. TQ43-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 015425 号

责任编辑:赵卫娟 翁靖一
责任校对:吴 静

装帧设计:杨 北

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京市振南印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 15½ 字数 332 千字 2012 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

编委会名单

主 编 李 萍 张文栋

副主编 刘锡鼎 张 伟 刘洪章

编 委 (按照姓氏笔画排序)

王仲平	王国义	王昭德	邓桃益	石 磊
石元昌	闫 军	吕春健	庄明忠	刘小兰
刘荣田	刘洪章	刘恩骞	刘景春	刘锡鼎
杜仕国	李 胜	李 萍	李 静	吴宝玉
何 鑫	汪明球	宋兴民	杨守平	杨振强
张 伟	张广成	张文栋	张玉龙	张军营
张荣军	张福田	岳乃凤	赵峰俊	侯京陵
徐勤福	崔 英	崔应强	蔡玉海	蔡志勇
薛维宝				

前 言

胶黏剂制备技术包括选材、配方设计、制备方法确定和工艺条件控制等，它是胶黏剂产品形成的核心技术、是当前国内外人员研究的热点技术。经过多年的努力，胶黏剂制备技术有了明显的进步，产品质量不断提高，新产品不断涌现，特别是高新技术在胶黏剂制备中的应用，使胶黏剂更新换代的步伐明显加快，呈现出光明的发展前景。

为了普及胶黏剂制备技术，推广并宣传近年来研究与应用成果，北方胶黏剂与涂料协会在收集国内外相关资料的基础上，组织编写了《胶黏剂生产 800 问》一书，全书共七章。为了提高读者的趣味性和可读性，采用问答形式，介绍了热固性树脂胶黏剂（包括环氧、酚醛、脲醛、聚氨酯胶黏剂和不饱和聚酯胶黏剂等）、热塑性树脂胶黏剂（包括有丙烯酸酯、聚酯酸乙烯酯、聚乙烯醇和热熔性树脂胶黏剂等）、橡胶类胶黏剂（包括天然橡胶、氯丁橡胶、丁腈橡胶、聚异丁烯橡胶、丁基橡胶、聚硫橡胶、氯磺化聚乙烯、硅橡胶等橡胶胶黏剂）、淀粉胶黏剂（糊化、氧化、酯化和改性淀粉胶黏剂）、天然与无机胶黏剂（植物胶黏剂、动物胶黏剂、矿物胶黏剂等）、特种胶黏剂（包括导电、导磁、光敏胶、紫外光固化胶黏剂、厌氧胶、点焊胶和焊泥等）的选材、配方设计、制备工艺与工艺条件控制等内容、并列举了大量的制备实例，是胶黏剂行业研究、产品设计、配方设计、制造生产、管理销售和教学人员必读必备之书，也是广大胶黏剂用户自学的良好教材。

本书突出实用性、先进性、可操作性和趣味性，理论叙述简洁，侧重于用实例和实用数据说明问题，采用一问一答的活泼形式，整体结构清晰严谨、语言简练、信息量大、数据翔实可靠。若本书的出版发行能够促进我国胶黏剂制造技术的发展，编者将感到十分欣慰。

由于水平有限，文中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2012 年 4 月

目 录

第一章 概述	1
第一节 胶黏剂基础知识	1
一、简介	1
二、胶黏剂的功能与特点	1
第二节 胶黏剂的组分与作用	3
第三节 胶黏剂的配方设计	5
第四节 胶黏剂的制备	8
第二章 热固性树脂胶黏剂	12
第一节 环氧树脂胶黏剂	12
一、简介	12
二、溶剂型环氧胶黏剂的制备	13
三、水基环氧胶黏剂	21
第二节 酚醛树脂胶黏剂	28
一、简介	28
二、酚醛树脂胶生产工艺	29
三、制备实例	32
第三节 脲醛树脂胶黏剂	35
一、简介	35
二、制胶工艺过程	37
三、板材用脲醛胶黏剂	46
四、低毒或无毒环保型脲醛胶黏剂	50
第四节 聚氨酯胶黏剂	56
一、聚氨酯胶黏剂	56
二、异氰酸酯胶黏剂	60
第五节 不饱和聚酯胶黏剂	61
第三章 热塑性树脂胶黏剂	63
第一节 丙烯酸酯胶黏剂	63
一、制备技术	63
二、热固性丙烯酸酯胶黏剂	78
三、环保型乳液丙烯酸酯胶黏剂	84
四、CA 瞬间胶—— α -氰基丙烯酸酯胶黏剂	89
第二节 聚醋酸乙烯酯胶黏剂	97

一、简介	97
二、胶黏剂的制备实例	102
第三节 聚乙烯醇胶黏剂	108
一、新型建筑胶黏剂	108
二、多功能无毒胶黏剂	109
三、阻燃聚乙烯醇胶黏剂	109
四、聚乙烯醇环保胶黏剂	110
五、丙烯酸共聚物改性聚乙烯醇胶黏剂	111
六、乙-丙多元共聚物改性聚乙烯醇胶黏剂	112
七、纳米复合聚乙烯醇胶黏剂	112
八、偏振片用聚乙烯胶黏剂	113
九、聚乙烯醇缩甲醛固体浆糊	114
十、改性聚乙烯醇缩甲醛固体胶	114
第四节 热熔性树脂胶黏剂	115
一、简介	115
二、EVA 热熔胶	117
三、聚烯烃热熔胶	122
四、聚酰胺热熔胶的制备技术	123
第四章 橡胶类胶黏剂	125
第一节 简介	125
第二节 天然橡胶胶黏剂	126
第三节 合成橡胶胶黏剂	128
一、氯丁橡胶胶黏剂	128
二、丁腈橡胶胶黏剂	131
三、聚异丁烯胶黏剂	134
四、丁基橡胶胶黏剂	135
五、聚硫橡胶胶黏剂	136
六、氯磺化聚乙烯橡胶胶黏剂	137
七、制动胶	138
八、有机硅胶黏剂	138
第五章 淀粉胶黏剂	145
第一节 制备技术	145
一、简介	145
二、制备与配方设计	146
三、液体淀粉胶黏剂的制备	153
四、粉状固体淀粉胶黏剂的制备	158
第二节 糊化淀粉与膨化淀粉胶黏剂	161
一、糊化淀粉胶黏剂	161

二、膨化淀粉胶黏剂·····	167
第三节 氧化淀粉胶黏剂·····	169
一、简介·····	169
二、氧化淀粉胶黏剂的制备·····	172
第四节 酯化改性淀粉胶黏剂·····	175
一、脲醛酯化改性淀粉胶黏剂·····	175
二、硫酸镁/膨润土改性尿素/淀粉胶黏剂·····	176
三、磷酸酯化改性淀粉胶黏剂·····	178
四、二元酸酯化改性淀粉胶黏剂·····	178
第五节 改性淀粉胶黏剂·····	182
一、聚乙烯醇改性淀粉胶黏剂·····	182
二、丙烯酸改性淀粉胶黏剂·····	190
三、醋酸乙烯酯改性淀粉胶黏剂·····	192
四、 α -淀粉酶改性淀粉胶黏剂·····	193
五、干酪素改性淀粉胶黏剂·····	194
第六章 天然胶黏剂与无机胶黏剂·····	196
第一节 植物胶黏剂·····	196
一、大豆蛋白胶黏剂·····	196
二、桃胶胶黏剂·····	196
三、冷杉胶胶黏剂·····	196
第二节 动物胶黏剂·····	197
一、酪素胶黏剂·····	197
二、骨胶与明胶·····	198
三、牛皮胶胶黏剂·····	199
四、血白朊胶黏剂·····	199
五、鱼鳔胶胶黏剂·····	200
六、虫胶胶黏剂·····	200
第三节 矿物胶黏剂·····	201
一、沥青胶黏剂·····	201
二、地蜡胶黏剂·····	202
三、白蜡胶黏剂·····	202
四、松香石蜡胶黏剂·····	203
第四节 无机胶黏剂·····	203
一、硅酸盐胶黏剂·····	203
二、磷酸盐胶黏剂·····	204
第七章 特种胶黏剂·····	207
第一节 导电胶黏剂·····	207
一、银粉的制备·····	207

二、常用的导电胶·····	209
三、影响导电胶导电性能的因素·····	210
第二节 导磁胶·····	212
第三节 光敏胶与紫外光固化胶黏剂·····	213
一、光敏胶·····	213
二、紫外光固化丙烯酸酯胶黏剂·····	216
第四节 厌氧胶·····	224
一、简介·····	224
二、厌氧胶制备实例·····	228
第五节 点焊胶与焊泥·····	233
一、点焊胶·····	233
二、425-2 点焊胶·····	234
三、焊泥·····	234
参考文献 ·····	237

第一章 概述

第一节 胶黏剂基础知识

一、简介

1. 什么是胶黏剂？

凡是能把同种物质或异种物质通过表面紧密连接起来，可起应力传递作用，且能满足一定物理和化学性能要求的连接介质，可称之为胶黏剂，又名黏合剂，俗称胶。

2. 胶黏剂有哪些品种？

按化学成分分类法可分为树脂型胶黏剂、橡胶型胶黏剂、聚合物合金型胶黏剂、无机物型胶黏剂和天然物型胶黏剂等。

3. 树脂型胶黏剂包括哪些类型？

① 热固性树脂胶黏剂 脲醛、三聚氰胺、酚醛、环氧、不饱和聚酯、聚氨酯、有机硅、聚酰亚胺等树脂型胶黏剂。

② 热塑性树脂胶黏剂 聚乙烯醇、聚乙烯醇缩甲醛、聚醋酸乙烯、丙烯酸类、聚酰胺、饱和聚酯、聚乙烯、聚丙烯和聚氯乙烯等树脂型胶黏剂。

4. 橡胶型胶黏剂包括哪些类型？

氯丁橡胶、丁腈橡胶、丁苯橡胶、丁基橡胶、聚硫橡胶、有机硅橡胶和弹性体等橡胶型胶黏剂。

5. 聚合物合金型胶黏剂包括哪些类型？

热固性树脂/橡胶、热塑性树脂/橡胶、热固性树脂/热塑性树脂、橡胶/橡胶等复合的胶黏剂。

6. 无机物型胶黏剂包括哪些类型？

硅酸盐（硅酸盐/水玻璃等）、磷酸盐（磷酸/氧化铜）、硫酸盐（石膏）、硼酸盐（熔接玻璃）、陶瓷（氧化锆和氧化铝）、低熔点金属（锡、铅）类胶黏剂等。

7. 天然物型胶黏剂包括哪些类型？

淀粉、蛋白质、天然树脂和天然橡胶胶黏剂等。

二、胶黏剂的功能与特点

8. 胶黏剂具备哪些功能？

胶黏剂具有粘接功能、外观平滑功能、表面防腐功能、密封功能、修复功能和堵漏功能等。

9. 粘接功能有哪些特点？

胶黏剂的主要功能是将粘接材料连接在一起。粘接组件内的应力传递与传统的机械紧固方式相比，应力分布更均匀，粘接的组件结构也比机械紧固且强度高、成本低、质量轻。

10. 外观平滑功能有何特点？

用胶黏剂粘接的组件外观平整光滑，功能特性不下降。这一点对结构型粘接尤为重要。如宇航工业中的结构件要求外观平整，光滑度高，这样有利于减小阻力与摩擦，将摩擦升温控制在最低限度。

11. 表面防腐功能有何特点？

通过对被粘接材料的表面处理，易受腐蚀的金属，可先用一层底胶，通过黏合层隔离，以便防止金属受到腐蚀破坏，且可达到粘接其他材料的目的。

12. 密封功能有何特点？

密封，实际上是一种连续性粘接。这种粘接法很容易密封住粘接接头。防止产生破坏作用的液体和气体渗入。某种胶黏剂也可代替实心体或泡沫垫圈，用于齿轮箱壳体、阀罩、汽车部件和其他工业部件的密封。由于胶黏剂多以液体状态使用，也可作灌封，如线路板、电动机、电气和电子组件的密封灌封。

13. 修复功能有何特点？

① 断裂制品的粘接修复功能 一些制品或零部件产生断裂或裂纹是常见的现象，常规的修复方法是采用焊接，然而焊接往往会使修复产生热变形应力，尤其是薄壁件不易采用，油罐、井下设备等更不易采用焊接法修复，只能采用安全可靠的胶黏剂粘接法。

② 缺陷、磨损、尺寸超差及划伤零部件的修复功能 铸造缺陷（气孔、堵孔）一直是铸造行业经常出现的问题，修复这些带缺陷零部件常用的方法需要技术工人耗费大量的材料和时间才能修复好，不然就成为废品。利用专用填补胶进行修补，既省力又省钱。零部件的磨损和尺寸超差或划伤，约占机械零部件失效率的70%以上。

14. 堵漏功能有何特点？

“滴、冒、漏、渗”现象是工业部门，特别是化工行业经常遇到的一种情况。利用胶黏剂表面黏涂法堵漏安全方便、省时省力，且质量可靠。有时在不影响生产的情况下，常压常温修复泄漏部位，能达到重新密封的目的，尤其在石油、化工、制药、橡胶、食品等行业和易燃、易爆场合的设备维修及不停车带压堵漏方面，显示出其独特的优越性。

15. 胶黏剂粘接有哪些优点？

① 可提供均匀的应力分布和较大的应力承载面积。② 可连接任何形状的薄壁和厚壁制品。③ 可连接相同或不同的材料。④ 可降低或防止不同材料间的腐蚀或电化学腐蚀。⑤ 耐疲劳和耐周期载荷性好。⑥ 可提供光滑平整的外表面接头。⑦ 可提供耐外界环境变化的接头。⑧ 隔热性和电绝缘性好。⑨ 粘接固化所需热量很低，不会降低被粘接物的强度特性。⑩ 减震和耐冲击性好。⑪ 在零部件缺损、尺寸超差、断裂、划伤

或设备“滴、冒、漏、渗”缺陷修复中，工艺性好、施工简单、省时省力、经济效益显著。⑫可提供引人注目的强度和重量比（比强度）。⑬与机械紧固相比，速度快、价格便宜。

16. 胶黏剂粘接有哪些缺点？

① 粘接处的质量无法凭肉眼检查。② 要求对被粘物进行认真的表面处理，通常采用化学腐蚀方法。这样会对环境造成污染。③ 固化时间长。④ 采用其他紧固法不需固定夹具、压机、烘箱和热压器就可连接，而粘接则需必备。⑤ 使用温度偏低，一般胶黏剂使用温度上限约为 177℃，特种胶黏剂使用温度上限约为 371℃。⑥ 多数胶黏剂要求有严格的工艺控制，特别是粘接面的清洁度要求更高。⑦ 接头的使用寿命取决于所处的环境。⑧ 以天然高分子化合物为原材料的胶黏剂，易受细菌、霉菌、啮齿动物或寄生虫的侵蚀等。

第二节 胶黏剂的组分与作用

17. 胶黏剂由哪些组分组成？

胶黏剂是以黏料为主剂，配合各种固化剂、增塑剂、填料、溶剂、防腐剂、稳定剂和偶联剂等助剂配制而成。最早使用的胶黏剂大都是来源于天然物质，如淀粉、糊精、骨胶、鱼胶等。仅用水作溶剂，经加热配制成胶。因其成分单一，适用性差，很难满足各种用途的需要。直到合成高分子化合物出现后，才可供各种粘接场合选用，并能满足各种性能要求。

18. 黏料在胶黏剂中有何作用？主要包括哪些原材料？

黏料也称为胶黏剂的基料或主剂，它是胶黏剂的主要成分，对粘接性能的优劣起主导作用。黏料必须具有良好的黏附性和湿润性等。作为黏料的物质有：合成树脂（包括热固性树脂和热塑性树脂）、合成橡胶或弹性体、聚合物合金、天然高分子、无机化合物等。

胶黏剂可由一种黏料制成，为提高粘接性能和环境耐久性，也可由两种或两种以上的黏料组成，配以助剂制成胶黏剂。

19. 固化剂和固化促进剂有何作用？常用的有哪几种？

固化剂是可使低分子化合物或线型高分子化合物交联成体型网状结构的物质。固化剂是直接参与化学反应，使胶黏剂起固化作用的成分。它又称为交联剂，在橡胶中所用固化剂为硫化剂。胶黏剂经固化后可成为不溶的坚固胶层。常用的固化剂有胺类或酸酐类物质。

为了促进固化反应，有时要加入促进剂，以降低固化温度或促进固化反应。热固性树脂胶黏剂常需加入促进剂，常用的固化促进剂有叔胺、季铵盐等。

固化剂和固化促进剂种类不同和用量多少，都会对胶黏剂的使用寿命、粘接工艺条件以及粘接后的机械强度产生很大影响，使用时应予以注意，最好按胶黏剂生产厂家的使用说明配胶。

20. 填料在胶黏剂中有何作用？主要有哪些品种？

为了改善胶黏剂的加工性、耐久性、强度及其他性能，降低成本，常加入非黏性固体填料。如加入石棉绒、玻璃纤维等可提高胶层的冲击强度；添加石英、瓷粉、铁粉等，可提高胶层硬度和压缩强度；添加石墨粉、滑石粉、二硫化钼等，可提高胶层的耐磨性；添加氧化铝、钛白粉等，可增强胶黏剂的粘接力；添加金属粉末，可提高胶层导电性；添加导电炭黑、碳纤维、银粉和不锈钢纤维等，可制备导电胶黏剂；添加磁粉可制备出导磁性胶黏剂等。粉末填料颗粒要细，一般要求孔径在 $150\sim 48\mu\text{m}$ ($100\sim 300$ 目)，干燥，用量合适，否则会对胶黏剂造成不良影响。

21. 溶剂（稀释剂）在胶黏剂中有何作用？

为便于涂胶和调节胶黏剂黏度，常在涂胶前加入稀释剂（溶剂）。这种稀释剂具有溶解其他物质的能力。经稀释后的胶黏剂黏度便于涂胶，也可增加胶黏剂的湿润能力，提高分子活动能力，从而提高黏合力。

22. 增塑剂在胶黏剂中起何作用？有哪些品种？

增塑剂是用来改进胶黏剂脆性，提高其柔韧性的成分。以环氧胶黏剂为例，其胶层固化后脆性大，耐冲击性能差，容易断裂。若加入增塑剂就可明显地改进上述性能，提高粘接强度。而且胶层可防止裂缝扩展，耐疲劳强度进一步提高。常用的增塑剂为邻苯二甲酸酯类。一些高沸点的低分子有机液体也可作为增塑剂。某些热塑性树脂（如尼龙、聚乙烯醇缩醛等），合成橡胶（如聚硫橡胶、端羧基丁腈橡胶等），乙烯-醋酸（乙酸）乙烯-丙烯酸三元共聚物等，也能起到增塑剂的作用。

23. 防腐剂在胶黏剂中有何作用？常用的有哪些品种？

防腐剂是防止胶黏剂腐败变质的成分。可防止微生物或霉菌滋生。如聚醋酸乙烯乳液胶要加入少量的防腐剂才能存放和应用，不然会因胶层受霉菌感染变质，造成已粘接好的接头自然破坏。常用的防腐剂有：甲醛、苯酚、季铵盐及汞类化合物，其用量不超过 $0.2\%\sim 0.3\%$ 。在葡萄糖衍生物一类的胶黏剂中，可使用硼酸、五氯苯酚、苯酚等，其用量为 $0.5\%\sim 5\%$ 。

24. 稳定剂在胶黏剂中有何作用？常用的有哪些品种？

稳定剂是有助于胶黏剂储存，并在使用期间可保持胶黏剂性能稳定的成分。若胶黏剂在高温环境下长时间使用（如夏天或高温时间等）其粘接强度会下降，甚至会完全破坏。为了提高胶黏剂的耐热氧化性能，加入这种参与过渡金属离子生成稳定配合物的有机化合物，可降低过渡金属离子对有机过氧化物的催化活性，改善其热老化性能。常用的稳定剂有酚类、芳香胺、仲胺类化合物等。

25. 偶联剂在胶黏剂中有何作用？常用的有哪些品种？

偶联剂是有助于提高被粘接物（如金属、陶瓷、橡胶、玻璃等）与胶黏剂粘接性能的成分。常用的偶联剂是含有活性基团的有机硅化合物（如硅烷）。

偶联剂可有效地改善不同性质或不相黏附物质的表面状态，达到使两种物质的相互黏合。

偶联剂的使用方法大体上有两种，一是配入胶内，其用量约为黏料（即树脂、橡

胶等)的1%~5%,主要依靠分子的扩散作用迁移到界面上。另一种是把硅烷偶联剂配成浓度0.5%~2%的乙醇溶液,涂覆到已经处理好的粘接表面上,待溶剂挥发成膜后即可涂胶,这也是表面处理方法之一。

第三节 胶黏剂的配方设计

26. 胶黏剂配方设计有何意义?

配方设计在胶黏剂制备和应用中占有重要地位。它既是胶黏剂获得所需性能的主要途径,又是胶黏剂适应用途的必要手段。合理的配方设计能保证胶黏剂性能优良,工艺性能良好,生产成本较低并满足使用要求,获得最佳经济效益。因此,在制备胶黏剂时必须重视配方设计。

配方设计涉及配方组分(原料)的品种、类型、用量和制备工艺,这些对胶黏剂的性能和应用都具有决定性的影响。

胶黏剂的配方设计,实质上就是在胶黏剂的主体成分中加入一定种类和数量的辅助成分或称配合添加剂,使胶黏剂获得所需要的性能,达到粘接的使用要求。

27. 配方设计的基本内容有哪些?

首先应充分了解黏料性能特点,尤其是已选定黏料的优缺点,根据对材料使用性能的要求,找出黏料的不足或缺陷,并将要解决的问题按照主次加以排序;然后,选择改性技术或方法。黏料或树脂改性好后,再选定添加组分(又称为添加剂或助剂)并确定其用量。目前常用的添加组分(助剂)较多,既有无机物质,又有有机物质,既可以是高分子材料,也可以是小分子物质,具体有增强剂、填充剂、增韧剂、增塑剂、稳定剂、固化剂、着色剂、阻燃剂、抗氧剂等。针对黏料存在的缺陷选用添加组分并确定其用量,是配方设计的核心工作。通常要借鉴前人的配方设计经验教训,选定添加组分并确定其用量,必要时还要进行试验,以求配方设计合理,在确保最终制品使用性能的前提下,尽量降低成本。可以说,配方设计工作就是对添加组分的选用和用量进行确定的工作。以最少的组分,最合理的用量,设计出最佳配方,制备出性能优异的胶黏剂是配方设计的最终目标。

28. 配方设计方法有哪几种?

主要有去除法、单组分调整配方设计法、正交法(多组分调整配方设计法)等。

29. 去除法——单组分调整配方设计法有何特点?常采用哪些搜索方法?

在配方设计时,黏料中只需添加单一组分(助剂)就可完成配方的设计,这种配方设计一般常用去除法来确定添加组分及其用量。去除法的基本原理是:假定 $f(x)$ 在调整的区间 (a,b) 中只有一个极值点,这个点就是所寻求的物理性能最佳点。通常用 x 表示因素取值, $f(x)$ 表示目标函数。根据具体问题要求,在该因素的最优点上,目标函数取最大值、最小值或某种规定要求的值,这些都取决于该胶黏剂的具体情况。

在寻找最优试验点时,常利用函数在某一局部区域的性质或一些已知的数值来确定下一个试验点。这样一步步搜索、逼近,不断去除部分搜索区间,逐步缩小最优点的存在范围,最后找到最优点。

在搜索区间内任取两点，比较它们的函数值，舍去一个。这样使搜索区间逐渐缩小到允许的误差范围之内。常用的搜索方法如，爬高法、黄金分割法、均分法、分批实验法。比例分割分批试验法和其他方法。

30. 正交法——多组分调整配方设计法的设计原理是什么？有何特点？

正交设计法是应用数理统计原理科学地安排与分析多组分调整的一种设计方法。正交设计法的最大优点在于可大幅度减少试验次数，尤其是实验中变量调整越多，减少程度越明显，它可以在众多试验次数中，优选出具有代表性的配方，通过尽可能少的试验，找出最佳配方或工艺条件。有时最佳配方可能并不在优选的试验中，但可以通过试验结果处理，推算出最佳配方。

常规的试验方法为单组分调整轮换法，即先改变其中一个变量，把其他变量固定，以求得此变量的最佳值；然后改变另一个变量，固定其他变量，如此逐步轮换，从而找出最佳配方或工艺条件。用这种方法对一个3变量的配方，每个变量3个试验数值（水平）的试验，试验次数为 $3 \times 3 \times 3 = 27$ 次，而用正交设计法，只需6次即可。

31. 正交表如何组成？有何特点？

正交设计的核心是一个正交设计表，简称正交表。一个典型的正交表可由下式表达。

$$L_M(b^K)$$

式中 L——正交表的符号；

K——试验中组分变量的数目，K值的确定由不同试验而变；

b——每个变量所取的几个试验值数目，一般称为水平，水平值由经验确定，也可在确定前先做一些探索性小型试验，一般要求各水平值之间要有合理的差距；

M——试验次数，一般经验确定其大致规律为：二水平试验， $M=K+1$ ；三水平以上试验， $M=b(K-1)$ ；此规律并不全部适用，有时也有例外，如 $L_{27}(3^{13})$ 。具体可参照标准正交法。

正交表的最后一项为试验目的，即指标，是衡量试验结果好坏的参数。

常用的典型正交表如下。

二水平： $L_4(2^3)$ 、 $L_8(2^7)$ 、 $L_{12}(2^{11})$ 等；

三水平： $L_6(3^3)$ 、 $L_9(3^4)$ 、 $L_{18}(3^7)$ 等；

四水平： $L_{16}(4^5)$ 等；

具体正交表排布参见表 1-1~表 1-5。

表 1-1 二水平 $L_4(2^3)$ 正交表

试验号	列号			试验号	列号		
	1	2	3		1	2	3
1	1	1	1	3	2	1	2
2	1	2	2	4	2	2	1

表 1-2 二水平 $L_8(2^7)$ 正交表

试验号	列号							试验号	列号						
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1	5	2	1	2	1	2	1	2
2	1	1	1	2	2	2	2	6	2	1	2	2	1	2	1
3	1	2	2	1	1	2	2	7	2	2	1	1	2	2	1
4	1	2	2	2	2	1	1	8	2	2	1	2	1	1	2

表 1-3 二水平 $L_{12}(2^{11})$ 正交表

试验号	列号											试验号	列号										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	8	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2
3	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	9	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1
4	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	10	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2
5	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	11	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2
6	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	12	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1

表 1-4 三水平 $L_9(3^4)$ 正交表

试验号	列号				试验号	列号				试验号	列号			
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
1	1	1	1	1	4	2	1	2	3	7	3	1	3	2
2	1	2	2	2	5	2	2	3	1	8	3	2	1	3
3	1	3	3	3	6	2	3	1	2	9	3	3	2	1

表 1-5 四水平 $L_{16}(4^5)$ 正交表

试验号	列号					试验号	列号				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	1	9	3	1	3	4	2
2	1	2	2	2	2	10	3	2	4	3	1
3	1	3	3	3	3	11	3	3	1	2	4
4	1	4	4	4	4	12	3	4	2	1	3
5	2	1	2	3	4	13	4	1	4	2	3
6	2	2	1	4	3	14	4	2	3	1	4
7	2	3	4	1	2	15	4	3	2	4	1
8	2	4	3	2	1	16	4	4	1	3	2

32. 正交设计试验结果分析法有何特点？如何分析？

一个最佳的配方可能在所做的试验中，也可能不在其中，这就需要对试验结果进行分析处理而找出最佳配方。

试验分析可以解决 3 方面的问题：①对指标的影响，哪个组分主要，哪个组分次要，分清主次关系；②各个组分因素以哪个水平为最好；③各个组分因素用什么样的水平组合起来，指标值最好。

目前常用的分析方法有两种，即直观分析法和方差分析法。

① 直观分析法 计算每个水平几次试验取得指标的平均值，进行比较，找出每个因素的最佳水平；几个因素的最佳水平组合起来，即为最佳配方或工艺条件；另外，计算每个因素不同水平所取得不同指标值差，何种因素不同水平之间指标差大，

即为对指标最有影响的因素。

直观分析法直观、简便，但不能区分因素与水平的作用差异。

② 方差分析法 其方法为通过偏差的平方和及自由度等一系列计算，将因素和水平的变化引起试验结果间的差异与误差的波动区分开来，这样分析正交试验的结果，对下一步试验或投入生产的可指导性很大。

方差分析法是一种精确的计算方法，结果精确，但手段繁杂。

第四节 胶黏剂的制备

33. 胶黏剂主要生产设备有哪几种？

胶黏剂的主要生产设备有反应釜、冷凝器、真空泵，各种原料的高位贮罐和重量计量罐（或槽），还需要一些辅助设备，如输液泵、贮水罐、真空罐、脱水罐、贮胶罐、汽水分离器等。

34. 反应釜有哪几种类型？

胶黏剂生产所用的反应釜主要有常用反应釜和高效节能反应釜两大类。

35. 常用反应釜有哪几部分组成？各自功能作用是什么？

反应釜是制合成树脂的主要设备之一，由釜体、搅拌器、减速器 3 部分组成。

① 反应釜釜体 釜体是物料在其中搅拌和进行化学反应的场所，生产时由于物料可能产生气泡或沸腾，造成物料体积增大，所以一般装料容积小于反应釜的实际容积。它们之间存在以下关系：

$$V_{\text{装}} = V_{\text{实}} \eta$$

式中 $V_{\text{装}}$ ——装料容积；

$V_{\text{实}}$ ——实际容积；

η ——装料系数。

η 是根据实际生产条件来确定的，生产脱水树脂 η 为 0.75~0.8，而生产不脱水树脂 η 可达 0.9。

反应釜除搪瓷釜外还有不锈钢反应釜，用不锈钢寿命长但成本较高。

目前国内常用釜容积为 5t、3t、2t、1t、0.5t。生产树脂时不能加满料，安全投料量一般为釜容积的 2/3 左右，若经验丰富可以适当增加加料量。

② 搅拌器 搅拌器是釜内最主要的配件之一，直立在反应釜的中间，搅动反应液，用来改变传热条件，使釜内反应液的反应条件均匀，消除树脂在釜壁处受蒸汽影响而发生的过热现象、避免树脂反应不均一或局部固化。搅拌器一般为钢制，其外表面涂耐酸碱搪瓷或者是不锈钢的。转速多数是 40~90r/min，容量越大，转速越低。搅拌桨常按其外部形状分，有锚式、框架式、螺旋桨式等。在缩聚反应中一般多采用锚式。锚式桨有横架的也叫框架式，无横架的称锚式。桨轴的直径随着釜容积的加大而加粗。桨轴直径：锚式 40~100mm，叶轮式 80~120mm，桨式 75~100mm。搅拌器的接头形式也根据釜容积的大小而改变，一般缩聚反应釜搅拌器接头有两种形式：一种是卡口式；另一种是螺纹式连接。