



博客 &gt; 赛先生的财新博客



## 面对行业的密封难题，他如何技术突围？

2026年02月12日 10:02

简 繁 听报道

导读：

当一位北大力学毕业生创业，就接到一个技术要求极高的海外订单，其中的一个难题是将两种不同材质封装起来。幸运的是，深入思考其中的科学原理，他将这一挑战化为机遇，赚到第一桶金，帮公司稳住脚跟。

杨慎耀 | 撰文

我的创业起点

三十年前，我刚踏上创业路时，一份来自美国的有线电视解码器接头询价订单，成了公司起步的关键转折点。这份订单对产品的要求格外严苛：得在-30°C到+70°C的极端温度区间里稳定工作，还得在1.5大气压的环境下做到密封不漏气，而整个产品由七个零件组装而成，结构并不简单。

最难啃的“硬骨头”，是磷青铜芯片与尼龙柱体的结合处——两种不同材质的密封适配，在当时是行业里出了名的难题。更能说明这份订单技术门槛有多高的是，美国Loctite公司（编者注：乐泰，是汉高集团旗下知名的粘合剂和密封剂品牌）此前曾投入数万美元研发同类密封技术，最后却没能成功，这让我们既感受到了压力，也看到了突破的价值。



赛先生

264篇文章

3天前更新

饶毅、鲁白、谢宇三位学者主编的《赛先生》——与科学同行，关注科学与文化。  
关注请加微信号：iscientists

+关注

文章

### 个人分类

全部文章

264篇

### 文章归档

2026年	19篇
2025年	100篇
2021年	1篇
2020年	9篇
2015年	104篇
2014年	31篇

### 最新文章

- 中国科技史家送给李约瑟的礼物
- 专访微塑料领域专家：哪些担忧有证据，哪些...
- AI的创造力已达人类平均水平，研究者却对人...
- 面对行业的密封难题，他如何技术突围？
- 全球近四成新发癌症或可预防
- 为何你的大脑会产生认知疲劳？
- 200多年了，外科手术如何成为今天的模样？
- 为什么得阿尔茨海默病的人，很少得癌症？科...
- 你的寿命，有一半写在基因里？

面对密封难题，我们当时选定环氧树脂作为密封剂，紧赶慢赶做出了2000只样品。让人欣慰的是，这些样品经过密封测试全部合格，顺利交付给了客户。

可现在回头看，那次成功其实藏着明显的隐患。我们只盯着“样品合格”的结果，却没去深究背后技术适配的核心逻辑——当时根本没意识到，样品能过关，关键是密封胶还处于未完全凝固的流体状态。对这一核心技术原理的思考太浅，为后来的量产危机埋下了伏笔。

一进入批量生产阶段，问题就彻底爆发了：产品密封合格率连80%都不到，完全达不到客户要求，最后所有产品都被退货，公司一下子被逼到了破产的边缘。

事后复盘，我们当时有两个重大失误。一方面，在创业决策层看，为了控制成本，我们省掉了去上海专业测试室做验证的环节——那个测试需要一周时间，能模拟高低温循环加高压的联合工况，要是做了，大概率能提前发现问题。另一方面，在技术认知层面，我们认为“密封胶得凝固才能管用”，工厂还擅自加大了量化剂的用量，可没人想到，材料凝固时会收缩，可能会导致密封界面遭到破坏。

## 破局关键

走到绝境，我们才意识到：产品的核心竞争力，植根于技术科学，依托材料学、界面力学等基础学科原理，遵循科学的失效分析与方案迭代流程，才能真正破局。我们启动了系统性失效分析工程，将所有不合格产品纳入样本库，通过材料性能检测、密封界面显微观测等技术手段逐一拆解，最终确定密封失效的症结：环氧树脂类密封胶在固化交联反应过程中，会发生不可逆的高分子聚合体积收缩效应，即便收缩率仅为1%，也会破坏密封面与器件的微观贴合结构，形成微小间隙；而处于未固化状态的粘稠流体密封胶，可基于界面浸润与毛细填充原理，自发填补器件表面的微米级缝隙，形成无间隙的密封界面。

批量生产失败后，我从美国赶回上海，直奔曹家渡的上海电视机十一厂，与厂内技术员、量产工艺工程师召开技术攻关专题研讨会，围绕失效案例展开跨领域的技术归因分析。工厂技术团队从生产工艺维度提出：密封胶配制环节的真空脱泡流程存在缺陷，胶体内残留的微小气泡在固化后形成空穴，这是导致密封失效的主因。

回忆此前交付的2000只样品，在验收时就发现密封胶并未进入固化状态，我当时误以为是工厂的工艺疏漏。由于我受密封胶应该固化才是正常认识的影响，我在美国实验室对2000只样品开展了加速密封固化——分别采用紫外线辐照、恒温烘箱加热等方式，尝试触发胶层的交联反应，结果均未实现固化。受交付时间的限制，这批“未固化”样品就这样交付客户了。客户对样品进行了密封测试，100%合格。立即给我们下达上百万只订单。我们当时大喜过望，只想到去组织生产线，而没有再进一步深究密封成功的真正原因。

层固化程度，却未对调整配方后的产品进行密封性能预测试，直接跳过中试环节进入量产，最终酿成大规模失效的事故。

研讨会上，我基于生活常识提出，除水外，常见的绝大多数材料，从液态变为固态时会因分子链排列趋于紧密而产生收缩。我们量产时让密封胶完全固化，必然引发体积收缩，进而在密封界面形成微观裂隙，导致密封失效。后续我们通过密封件剖面解剖的技术手段，清晰观测到固化胶层与器件接触面的间隙结构，从微观层面印证了这一技术判断。

同时，我结合粘性流体密封理论补充论证：未固化的高粘性流体密封胶，具备“无缝不入”的特性，其粘稠度足以抵抗量产、运输环节中的气流冲击与机械振动，不会因外力发生位移；更重要的是，流体状态可保证胶层与器件表面的微观贴合，这是固化胶层无法实现的密封效果。

这套解决方案获得了与会人员的一致认同。我们随即启动技术方案的根本性重构，以材料配方 - 性能量化关系为核心，重新设计密封胶的组分体系，通过减少甚至取消固化剂添加量，精准调控胶层的流变性能，使其长期保持粘稠流体状态，彻底解决胶体内气泡残留问题。

优化后的產品再次送检，密封性能指标全部达到甚至超过行业标准，100%成功。

### 从第一桶金到赛道切换

靠着解码器接头这个项目赚到的“第一桶金”，公司总算在市场上站稳了脚。之后，我们把业务重心慢慢拓展到了美国供电系统领域，还成功和几家美国500强企业达成了合作。

为了跟上业务发展的节奏，我们在江苏东台建了工厂，专门生产输电系统的零配件。可后来，随着有线电视行业逐渐衰落，原来的核心订单慢慢没了。好在之前积累了技术和客户资源，我们顺势完成了业务转型，没被行业变化打个措手不及。

这些年，受中美关系变化的影响，公司业务下滑得很厉害，最后没办法，只能把工厂卖给了中国的合伙人。

我自己的生活也渐渐慢了下来。十年前，我从纽约州的布法罗搬到了加州，现在已经退休了，每天种种菜、打理打理院子，过着挺平静的日子。不过公司没停下，合伙人还在带着团队，在相关领域继续做下去。

### 守住技术底线

从行业到企业，从产品到服务，从技术创新到市场开拓，每一个环节都离不开技术的支持。只有通过技术创新，才能在激烈的市场竞争中立于不败之地。

企业走得更远。

而在创业碰到技术坎儿的时候，不能被固有常识或过往经验捆住手脚。得沉下心来，回到材料特性、科学原理的本质当中去找答案，只有这样，才能真正突破瓶颈。

一直到现在我都坚信，技术科学从来不是创业的“附属品”，而是解决实际问题、突破发展难关、支撑企业成长的核心动力。创业和技术科学，从来都是“双向奔赴、互相成就”——少了哪一个，都走不长远。

### 陈耀松教授点评

杨慎耀的短文《技术科学护航创业路》，生动形象地展现了“技术科学”的实践运作模式。1966年，杨慎耀刚完成力学专业三年学业，文革席卷而来。此后，他被分配到淮北煤矿从事机修劳作，车间里一台油布罩着的进口自动铣床，长期闲置。杨慎耀主动请缨，希望利用业余时间对这台设备进行“开发”利用。他之所以敢于承接这项任务，除了具备外文能力外，更核心的“本钱”是三年专业学习中积累的“技术科学”基础理论。而眼前这台闲置的设备，恰好成为他践行理论、施展才干的契机，最终他成功完成了设备的开发启用。改革开放伊始，杨慎耀获得了出国读研的机会，求学期间，他联合两位同学深度参与国外生产实践。《技术科学护航创业路》一文，正是对这段实践经历的记录，以及从中提炼的“技术科学”心得的总结。

回溯至1955年，钱学森刚回国时，常参与北京大学专业教学方案的研讨。当时学界正探讨效仿苏联模式，将四年制学制改为五年制，钱学森却提出了独到见解：“在我看来无需那么长。有三年学基础课就够了，其余的到工作中去学。”杨慎耀的学习与实践经历，恰好印证了这一教育理念——只不过他的“工作中学习”，是在特殊历史时期的社会动荡中被动开启的。尽管这样的经历难以复制，但杨慎耀在实践中沉淀的“技术科学”认知具有普适价值，值得相关论坛深入探讨。

### 作者简介：

杨慎耀，1963年考入北大力学专业。1970年初从北大毕业。去安徽军垦农场劳动一年后，进淮北煤矿总机厂当工人。文革结束后考入上海海运学院研究生。1986年考入美国水牛城纽约州立大学读博士。1994年至今，和同学等三人成立公司，承接美国公司各类产品图纸，到中国进行生产至今。

3  
推荐

财新博客版权声明：财新博客所发布文章及图片之版权属博主本人及/或相关权利人所有，未经博主及/或相关权利人单独授权，任何网站、平面媒体不得予以转载。财新网对相关媒体的网站信息内容转载授权并不包括财新博客的文章及图片。博客文章均为作者个人观点，不代表财新网的立场和观点。

推广 财新会员积分兑好礼

订阅财新网主编精选电邮

评论区 0



发表评论得积分

分享到： | 评论仅代表网友个人观点，不代表财新网观点

发布

本篇文章暂无评论

财新网所刊载内容之知识产权为财新传媒及/或相关权利人专属所有或持有。未经许可，禁止进行转载、摘编、复制及建立镜像等任何使用。

京ICP证090880号 京ICP备10026701号-8 | 网信算备110105862729401250013号 | 京公网安备 11010502034662号

广播电视台节目制作经营许可证：京第01015号 | 出版物经营许可证：第直100013号

Copyright 财新网 All Rights Reserved 版权所有 复制必究

违法和不良信息举报电话（涉网络暴力有害信息举报、未成年人举报、谣言信息）：010-85905050 13195200605 举报邮箱：laixin@caixin.com

关于我们 | 加入我们 | 啄木鸟公益基金会 | 意见与反馈 | 提供新闻线索 | 联系我们 | 友情链接

**财新传媒**  
 Caixin Media