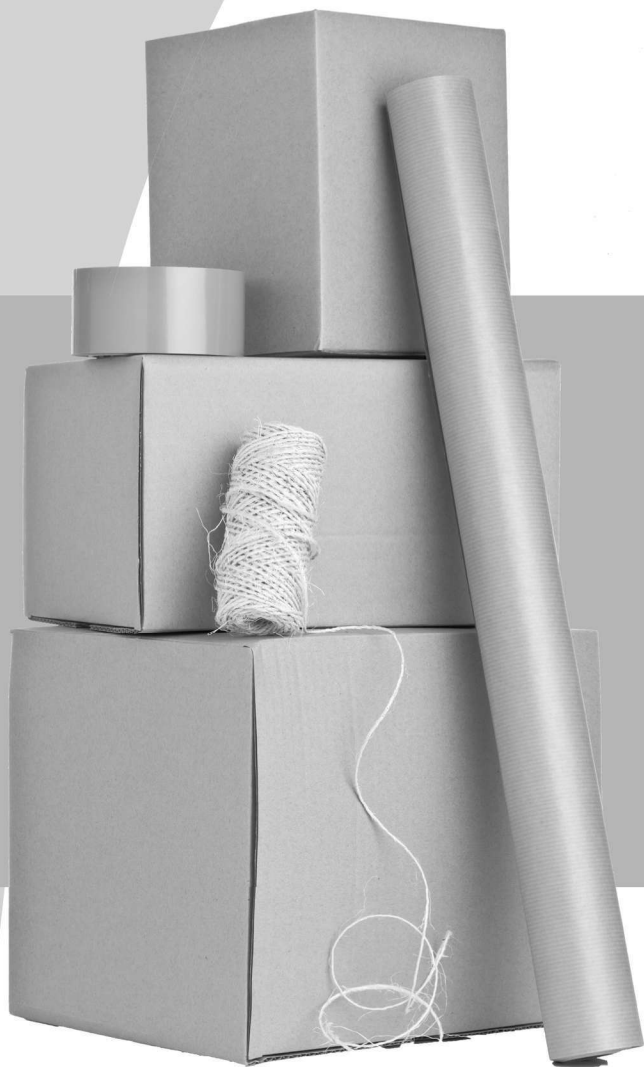


# 瓦楞包装实用技术与案例

主编：张惠忠

主审：张新昌 黄俊彦



WALENG  
BAOZHANG  
SHIYONG  
JISHU YU  
ANLI



文化发展出版社  
Cultural Development Press

· 北京 ·

## 内容提要

本书内容侧重于纸箱包装的应用,涉及行业中的一些新技术与新工艺,很多案例具有新颖性、独创性,可移植、可复制,具有较强的实用价值。

本书适合纸箱生产企业的技术、管理、生产人员阅读使用,也可供包装专业院校师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

瓦楞包装实用技术与案例 / 张惠忠主编. —北京:  
文化发展出版社, 2022.9

ISBN 978-7-5142-3755-9

I. ①瓦… II. ①张… III. ①瓦楞纸板—包装技术  
IV. ①TS764.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2022)第084458号

## 瓦楞包装实用技术与案例

主 编: 张惠忠  
编 著: 卢思满 孙建怡 卞维红  
主 审: 张新昌 黄俊彦

---

出 版 人: 武 赫  
责任编辑: 朱 言 责任校对: 岳智勇  
责任印制: 邓辉明 责任设计: 郭 阳  
出版发行: 文化发展出版社(北京市翠微路2号 邮编: 100036)  
发行电话: 010-88275993 010-88275711  
网 址: [www.wenhuafazhan.com](http://www.wenhuafazhan.com)  
经 销: 全国新华书店  
印 刷: 北京建宏印刷有限公司

---

开 本: 787mm×1092mm 1/16  
字 数: 372千字  
印 张: 16  
版 次: 2022年9月第1版  
印 次: 2022年9月第1次印刷

---

定 价: 158.00元

I S B N : 978-7-5142-3755-9

---

◆ 如发现任何质量问题请与我社印制部联系。 电话: 010-88275710

---

# 序

得益于中国经济的腾飞，我国包装工业已跻身世界前列，而有着26年历史的苏州达成包装集团，则是国内享有盛誉的龙头企业，在集团总裁卢思满先生精准施策、创新发展理念的推动下，企业集群跨域整合，聚焦产品特色，抢占技术高地，在提升专业化、数字化、智能化和市场化方面，取得了可喜成果。

本书作者张惠忠先生是资深包装人，入行30年一直笔耕不止。张惠忠先生原籍上海，教授级高级工程师，现就职于苏州达成包装集团，系企业始创元老，任公司副总经理，中国包装联合会特聘专家，参与众多国家标准的起草、修改与审定，发表学术论文80余篇，被国内多所高校聘为硕士研究生导师。

包装专业是多学科交叉的系统工程，涉及各个门类、各项技术。为帮助从业人员理解、掌握、更新专业知识，解答遇到的疑点、热点，《瓦楞包装实用技术与案例》一书，做了有益的探索。

本书内容翔实丰富，总结提炼了很多实用经验和案例，不少技术在国内是首创，为纸包装同行开辟了一个全新的应用视角。

本书还得到了中国包装联合会李华会长的热情关心和支持，高度评价它“匠心精工 彰显瓦楞包装魅力”，在此谨向李会长表达诚挚感谢！

本书适合瓦楞纸箱生产企业的管理、生产、技术、质检、营销、培训等有关人员阅读使用，亦可供包装专业师生参考。

祝贺《瓦楞包装实用技术与案例》一书的出版发行！期盼在传统的纸制品行业能涌现出更多更好的新技术、新工艺和新产品！



2021年11月

---

叶柏彰，中国包装联合会电子工业包装技术委员会秘书长，研究员级高级工程师。

---

# 前言

笔者跨入纸箱包装行业已30年，长期在生产企业从事技术与管理工作，积累了一定的实践经验。

近几年，在兼管苏州达成包装集团研发中心工作期间，瞄准市场需求，对瓦楞包装的前沿新技术、新工艺，做了有益的探索，取得的科研成果绝大多数已转化为生产力，获得了良好的社会效益和经济效益。

这些创新项目先后获得国家专利授权70多项（其中1/5为发明专利），相关技术论文也陆续发表在国内外的专业学术期刊上，特别是在重型包装和特种功能纸箱两方面，延长了产业链，提供了大量实际操作案例。

现应一些同行朋友的建议，笔者将工作经验和成果汇编成《瓦楞包装实用技术与案例》一书，本书主要由以下几部分组成：

- （1）笔者已公开发表的论文，占大部分；
- （2）在全国专业学术会议上的演讲报告；
- （3）培养高校研究生时，与学生共同完成的项目成果；
- （4）与工厂同事合作进行的技术创新；
- （5）任培训教师期间，少数有价值的自编包装教材。

纸箱包装行业面对的是千家万户，内装的产品也是千差万别，在设计、制造、使用中暴露的问题更是层出不穷，笔者从理论与实践的结合上，去分析破解问题的缘由，尝试寻找解决问题的办法来提高纸箱的质量、提高生产的效率、提高运输包装件的安全性，或者降低包装的成本、降低原辅材料的消耗、降低工人的劳动强度。

在写作过程中，得到了很多专家、教授、学者的鼎力相助，在此一并表示衷心的感谢。

张惠忠

2021年11月于苏州

---

# 目录

<b>第一章 重型瓦楞纸箱</b> .....	<b>1</b>
第1节 高强度四层复合单瓦楞纸板 .....	1
第2节 六层复合重型双瓦楞纸板 .....	3
第3节 以纸代木 承重8吨的瓦楞套箱 .....	6
第4节 重型八角形纸箱的结构 .....	9
第5节 带燕尾锁扣的重载荷纸箱 .....	13
第6节 高承重的角柱型瓦楞套箱 .....	16
第7节 重型纸箱的堆码与仓储 .....	20
第8节 纸箱码垛在托盘边缘的垂悬劣化 .....	24
<b>第二章 具有特殊功能的纸箱</b> .....	<b>30</b>
第1节 防潮防水纸箱 .....	30
第2节 防划伤涂布纸箱 .....	32
第3节 气相防锈防硫纸箱 .....	35
第4节 瓦楞涂色的防伪纸箱 .....	39
第5节 高性能的防静电纸箱 .....	42
第6节 抗磨损纸箱 .....	47
第7节 抗油脂污染的纸箱 .....	50
第8节 军用被服包装箱的防霉抗菌技术 .....	53
第9节 涂布工艺在军品包装中的应用 .....	56
<b>第三章 相关包装标准的解读</b> .....	<b>59</b>
第1节 中外包装标准的识读对照与数据转换 .....	59
第2节 化工染料产品的包装标准释读 .....	65
第3节 标准托盘与硬质直方体纸箱的尺寸 .....	71
第4节 第9类危险品包装用纸箱 .....	76
第5节 包装原纸的性能特点与检测标准 .....	80
第6节 “箱纸板平滑度”的特性与测试 .....	88
第7节 ISTA 标准测试入门 .....	90
第8节 运输包装件 ista 测试的案例分析 .....	93
<b>第四章 特定产品的包装</b> .....	<b>96</b>
第1节 包装润滑油的两种不同纸箱结构 .....	96

第 2 节	在远洋渔船上水中作业的涂蜡纸盒 .....	104
第 3 节	带 PE 复合工艺的冷冻水产箱 .....	110
第 4 节	医疗废弃针具用的安全回收箱 .....	113
第 5 节	大型锂电池所用危险品包装箱 .....	117
第 6 节	储能用锂电池的包装结构 .....	121
第 7 节	沥青热灌用纸箱 .....	125
第 8 节	替代木托盘的纸滑板应用寿命 .....	130
第 9 节	药品与医疗器械纸箱上的标签标志 .....	137
<b>第五章</b>	<b>基础技术研究.....</b>	<b>140</b>
第 1 节	瓦楞纸板的抗水性黏结 .....	140
第 2 节	纸箱抗压强度关联因素的设定与优化 .....	144
第 3 节	纸箱材质与各项技术指标的确定 .....	153
第 4 节	纸箱摇盖各类压痕线的研究 .....	159
第 5 节	0201 型纸箱成型后容易产生的问题 .....	162
第 6 节	真空吸盘提升纸箱的自动码垛 .....	172
第 7 节	热态内装物对纸箱抗压强度的影响 .....	176
第 8 节	不同瓦楞楞型对纸箱抗压强度的影响 .....	181
<b>第六章</b>	<b>生产管理与员工培训.....</b>	<b>184</b>
第 1 节	纸箱附件模切的经济性 .....	184
第 2 节	纸箱重量误差的控制 .....	190
第 3 节	纸板与纸箱含水率的控制 .....	195
第 4 节	纸箱异味的控制 .....	197
第 5 节	业务担当如何确认客户订单 .....	199
第 6 节	对客户样箱的鉴别与评价 .....	205
第 7 节	纸箱定价要考虑的若干因素 .....	207
第 8 节	RoHS 指令对包装容器的要求及应对 .....	209
<b>第七章</b>	<b>纸箱加工设备的改造.....</b>	<b>215</b>
第 1 节	在印刷机上加装智能生产管理系统 .....	215
第 2 节	加工复合瓦楞的纸板流水线改造 .....	218
第 3 节	包装用针刺穿透测试仪 .....	221
第 4 节	粘箱机上加装智能矩阵码喷墨系统 .....	226
第 5 节	纸板流水线上加装 U 型胶带自动粘贴装置 .....	230
第 6 节	纸板流水线原纸残卷的智能计重 .....	232
第 7 节	纸基夹线水胶带多工位智能贴合系统 .....	237
第 8 节	在印刷机上压制纸箱高度线的装置 .....	242
<b>参考文献.....</b>		<b>246</b>

# 第一章 重型瓦楞纸箱

## 第1节 高强度四层复合单瓦楞纸板

瓦楞纸箱具有质量轻、性价比高、结构性能好、耐戳穿、缓冲、防震、可折叠、印刷适应性强、环保可回收，以及适合自动化包装作业等优点，在与其他包装材料的激烈竞争中，瓦楞纸箱以其独特的性能，成为迄今为止常用不衰、发展迅猛的纸质包装容器，是现代运输包装中重要的一种包装形式。

一般瓦楞纸箱只宜装载轻质物品，且不宜长久储存，所以化工、机械等产品的出口，大多采用木质包装箱和纸桶、铁桶等，其缺点包括：

- (1) 成本高，不符合环保要求；
- (2) 运输、储存时占用空间大，用后处理困难；
- (3) 木箱出口需经熏蒸处理等。

近年来，国内外都在抓紧研制开发新结构的瓦楞纸箱，力图以纸代木，以纸代金属，降低资源消耗，节约生产成本。国内的重载荷纸箱，一般都采用双瓦楞结构、三瓦楞结构，甚至更多层数的纸板。但在欧美等强国，则以单瓦楞结构、双瓦楞结构为主，国家权威包装机构曾有这样的统计对比数据（见表1-1-1）。

表1-1-1 对比数据表

国家 \ 类别	单瓦楞所占比例	双瓦楞所占比例	三瓦楞所占比例
中国	40.8%	49.5%	9.7%
美国	89.4%	9.1%	1.5%

由此可见，发达国家的瓦楞纸板用材省，所用资源少，成本低，占用空间小。因此，大力开发重载荷单瓦楞纸箱是未来一个阶段的发展方向。

我们研制了一款新产品——高强度四层复合单瓦楞纸板。

为了使测试的数据具有可比性，以美国的ASTM纸箱标准进行纸张的配材（注：德国DIN 55468—1纸箱标准与美国标准相仿），在美国标准中，单瓦楞纸箱内装物的最大质量可达55kg（注：中国标准GB/T 6543—2008“表1”中规定，单瓦楞内装物极限重量为40kg），此时美国标准纸板的面纸、里纸定量都为440g/m<sup>2</sup>。

普通的单瓦楞纸板是由3张纸或纸板黏结而成（见图1-1-1）。

新的四层复合单瓦楞纸板，则由4张纸或纸板黏结而成（见图1-1-2），包括面纸、里纸（均

为 $440\text{g/m}^2$ )和瓦楞纸( $100\text{g/m}^2+100\text{g/m}^2$ ),其中瓦楞纸属于复合瓦楞纸,是由两张瓦楞纸经聚醋酸乙烯酯黏合剂复合而成,从外观看,两者没有明显区别。

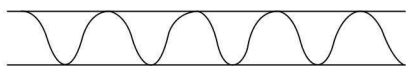


图 1-1-1 普通单瓦楞纸板



图 1-1-2 四层复合单瓦楞纸板

但经国际SGS权威检测,四层复合单瓦楞纸板,其关键指标已远超德国A标与美国标准规定的要求,达到世界先进水平,与国内某些近似产品相比,更是有了质的飞跃。

表1-1-2 关键技术指标对比表

关键指标	SGS检测的达成 四层复合瓦楞 纸板	德国A标四层复 合重型瓦楞纸 板指标(DIN 55468—1)	美国标准ASTM 中55kg档单瓦楞 指标	中国SN/T0262出 口箱单瓦楞最高 标准	GB/T 6544— 2008双瓦楞纸板 最强标准
边压强度/(N/m)	14750	10000	9625	6860	$\geq 9000$
戳穿强度/J	17.23	13	—	9.81	—
耐破强度/kPa	2833.97	2100	2413	1960	$\geq 1900$

由表1-1-2可知,四层复合单瓦楞纸板的技术指标已超欧美,边压强度是德国A标的1.48倍,戳穿强度是德国A标的1.33倍,耐破强度是德国A标的1.35倍,而且所有指标都超过美国标准,完全满足我国单瓦楞重磅纸箱出口运输的要求,同时,也超过了GB/T 6544—2008中规定的双瓦楞纸板标准,由此可见,四层复合重型单瓦楞纸板完全可以取代大部分双瓦楞纸板。

四层复合单瓦楞纸板,在恶劣温湿环境下的边压强度指标,优于常规五层双瓦楞纸板,应国内某著名IT生产商的要求,笔者做过如下—组试验:在常温条件下,两组对比样品的边压强度均为 $8000\text{N/m}$ ,但在温度 $35^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $95\%$ 时,各自的变化却很大,我们每24小时测量一次,连测7天,结果令人惊讶(见图1-1-3)。

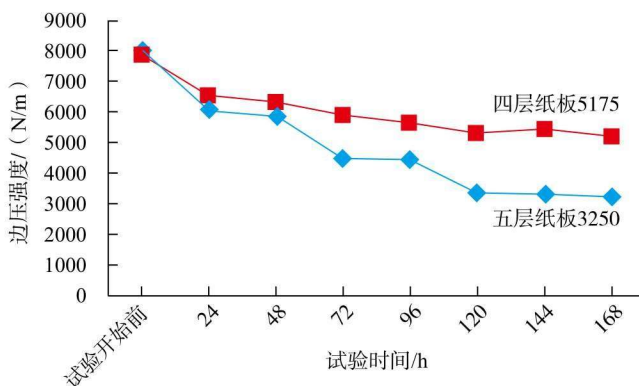


图 1-1-3 边压强度变化

由图1-1-3可知，四层复合单瓦楞纸板的边压强度只下降了35%，而常规五层双瓦楞纸板却下降了60%，这是因为四层复合瓦楞纸板的黏结剂——聚醋酸乙烯酯，要比社会上常用的五层瓦楞纸板的黏结剂——玉米淀粉浆的拒水性更优越。

另一个对比试验是，将两张100g/m<sup>2</sup>的复合瓦楞纸，改用一张200g/m<sup>2</sup>的瓦楞纸，在其他材质、加工条件完全相同的情况下，加工成常规三层单瓦楞纸板，测试结果显示：其边压强度仅为12393.4N/m，戳穿强度14.04J，耐破强度2200kPa，都明显低于四层复合单瓦楞纸板。

由图1-1-2可知，两张瓦楞纸的中间是一层经高温固化的聚醋酸乙烯酯黏合剂，用量约12g/m<sup>2</sup>左右。

该新产品与国内某些类似产品的最大区别，后者是用糨糊作为黏结剂，且采用条状黏合，说明此糨糊只起黏结作用，而采用聚醋酸乙烯酯作为黏合剂，是整面上胶，不仅起到黏结作用，将两层瓦楞纸复合起来，更重要的是，固化后的聚醋酸乙烯酯黏合剂，在两张柔软的瓦楞纸中间形成一个刚性骨架，起到强化作用，故四层复合单瓦楞纸板具有很高的物理强度指标。

由于该黏结剂具有良好的耐冲击、阻隔、防潮、防水性，所以复合后的瓦楞纸板具有较高的戳穿强度、耐破强度、阻隔性能等，同时，四层复合单瓦楞纸板属于绿色包装材料，两张瓦楞纸中间的黏结剂符合欧盟RoHS指令的规定，本身可以降解，在造纸厂再生时不会产生任何影响，安全环保可回收。

因为四层单瓦楞复合纸板比普通的五层双瓦楞纸板薄了很多，所以用前者做成纸箱的空箱抗压强度指标并无优势。

四层复合单瓦楞纸板成本低廉，目前主要的服务对象，分布在化工、汽车零部件、机电、家用电器等领域，在出口欧美的产品中，只要内装物重量不超过55kg，都可以大量、安全地使用这款新产品。

我国部分木材存在松树害虫，各进口国对中国的木包装有极为严格的熏蒸要求，给包装制造厂带来很大的麻烦和损失，本产品的投产使用，可以解决一部分“以纸带木”包装的难题。

本技术项目在“2021年全球瓦楞行业大赛”中，荣获“最佳材料创新”的国际大奖，奖金2000美元。

## 第2节 六层复合重型双瓦楞纸板

在我国化工及机械等重磅产品的出口中，较多采用了纸桶、铁桶与木质包装箱，它们的缺点是显而易见的，因此人们都在研发重型瓦楞纸质包装箱，力图提高纸箱的抗压强度，在绿色低碳经济中，减少资源的消耗，降低生产的成本。

达成集团作为在海外的上市集团，有比较雄厚的财力支撑，早在21世纪初就开始立项研制重型包装，并将目标锁定在市场需求量较大的“六层复合重型瓦楞纸板”上。

普通常见的双瓦楞纸板，是用5张纸黏结而成的（见图1-2-1），而“六层复合重型瓦楞纸板”，其粗楞是由两张瓦楞纸粘贴组合在一起构成的（见图1-2-2）。

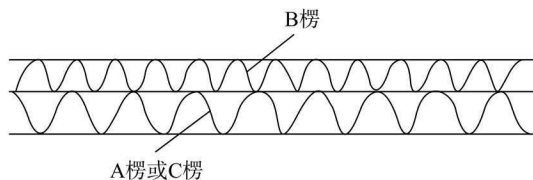


图 1-2-1 双瓦楞纸板

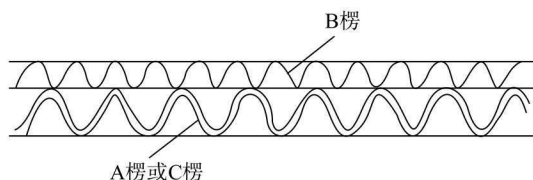


图 1-2-2 六层复合重型瓦楞纸板

研制初期，国内并无生产先例，当时手中仅有两只从德国进口的“六层复合瓦楞纸箱”，以及国家质量技术监督局等效采用德国DIN 55468—1标准制定的推荐性技术标准GB/T 16718—1996。在该标准中，德国A标规定了“六层复合瓦楞纸板”的两项物理机械性能指标：边压强度 $\geq 13000\text{N/m}$ ，戳穿强度 $\geq 18\text{J}$ 。

这对当时普通常用纸箱来说，都是高不可攀的目标，在详细分析与评估的基础上，公司下决心重金引进德国BHS公司生产的2.8m宽全自动高速纸板流水线（当时全世界投入运转的仅有28台/套）。

研制中碰到的主要技术难点是：纸板黏合不良（脱壳）、纸板平整度差（翘曲）、纸板含水率控制不稳定、两张复合瓦楞纸之间的黏结剂厚薄不均匀等。

为此，对进口流水线进行了重大设备改造，并且不断摸索黏合工艺、改善添加剂、提高浆料搅拌速度、细化黏结剂颗粒等重大创新举措。经过中外专家、科技人员的合力攻关，这些问题都一一得到了解决，加工出来的纸板质量达到了预期目标。经SGS权威检测，“六层复合重型瓦楞纸板”的两项最重要的关键技术指标，已经远远超过德国A标，达到了世界先进水平。

表1-2-1 关键技术指标对比

关键指标	达成纸板与各相关标准比较	达成生产的六层复合重型瓦楞纸板（SGS测定）	德国A标	中国双瓦楞纸板	
				SN/T 0262出口纸箱最高标准	国家标准GB/T 6544—2008“优等品”最高指标
边压强度		21060N/m	13000N/m	8820N/m	9000N/m
戳穿强度		39.4J	18J	13.7J	—

由表1-2-1可知，六层复合重型瓦楞纸板的物理机械性能已达到一般木箱的水平，就边压强度而言，其是德国A标的1.62倍，而戳穿强度则是德国A标的2.19倍。

如图1-2-3所示，两张复合瓦楞纸的中间是一层被固化了的玉米淀粉黏结剂，每平方米的用

粉量为35g左右。加工前，将它用3倍的水搅拌成浆，加入适量的化学添加剂（环保型），在纸板流水线的高温烘干作用下，两层瓦楞纸中间的玉米浆迅速固化，这一层黏结剂好似薄薄的塑料片，被夹在两张柔软的瓦楞纸中，起到了硬质骨架的强化作用。

试制中做过这样的试验：用一张240g/m<sup>2</sup>的瓦楞纸，替代两张120g/m<sup>2</sup>的复合瓦楞纸，而其他用材与基础加工条件完全相同，加工成常规五层瓦楞纸板后，测试对比结果显示，其边压强度只有六层纸板的80%左右。得出的结论是：1+1>2。

由于复合瓦楞的形成机理比较复杂，关联因素众多，所以至今尚不能提供可靠的科学数据，也难以对此现象进行客观、准确、合理的诠释。

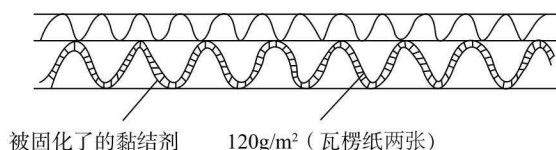


图 1-2-3 六层复合重型瓦楞纸板

几年来，六层复合重型瓦楞纸板已大量进入中、高端市场，公司每年的销售金额都达到了8000多万元，用该纸板加工成的纸箱，其销售区域遍布中国19个省、区、市，近则江苏、浙江、上海，远则内蒙、辽宁、甘肃、广东、福建等，还有部分纸箱直接装船出口，这在包装行业中是极为罕见的（抛货运输）。

六层复合重型瓦楞纸板，销售服务的行业主要分布在化工原料、机电、危险品、医疗器械等领域。

我国是化工染料生产、出口大国，每个纸箱内须装25kg粉剂（其中不少品种属于危险品），箱内无任何硬质刚性件支撑，堆码八层，储存时间要求长达两年，仓储环境大多很差，因此对纸箱的抗压要求非常苛刻，现大量改用六层复合双瓦楞重型纸箱后，有效解决了这一难题。由于它的抗压性能强、质优价廉、品质稳定，因此用户已遍布全国300余家主要染料生产厂商，国内市场覆盖率达70%，替代了过去所用的“七层三瓦楞纸箱”或纸桶、铁桶等，为绿色、低碳、节能、降耗做出了社会贡献，同时它也成为企业利润的主要增长点。

汽车零部件的生产，是我国机械工业的支柱产业之一。由于所包装零件的载荷大，以前几乎全部采用木箱。但我国部分地区的木材松树害虫情况较为严重，各进口国对我国的木包装都提出了极为严格的熏蒸要求，给出口厂商带来了很大的麻烦。现在将六层双瓦楞复合重型纸板的核心理造技术，移植到三瓦楞的加工中，生产出了优质的“八层复合瓦楞纸板”，用它为某世界500强汽车厂生产的重型纸质瓦楞包装箱，成功替代了木箱，年销售额300多万元，每个纸箱内装24台涡轮增压器，每箱重量超过500kg，仓储堆码三层，出口欧美，无一质量投诉。其中的加撑重型纸质瓦楞套箱，经国家权威机构测定，承重量最高可达8吨（详见第一章第3节），受到用户的高度好评。上海、浙江部分殡仪馆所用的纸棺材，也普遍采用这种复合重型瓦楞纸板……

表1-2-2是常用纸桶与六层复合纸箱之间的性能与成本比较。

表1-2-2 常用纸桶与六层复合纸箱之间的性能与成本比较

序号	项目	纸桶	纸箱
1	执行标准	GB/T 14187—2008《包装容器纸桶》	GB/T 6543—2008《运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱》
2	堆码承压性能	GB/T 14187—2008规定 1级桶4900N 2级桶3900N 3级桶3400N	达成发明的复合双瓦楞重型纸箱，承压强度已达8000N以上
3	包装材料成本	25kg装纸桶售价 20元/只左右	只有纸桶单价的1/3~1/2
4	仓储空间	纸桶必须立体运输、仓储	纸箱可折叠成平面，节省仓储容积90%以上
5	出口运输成本	圆桶与圆桶之间，会浪费部分空间，以20英尺集装箱为例，一般只能装9~10t化工原料	方形纸箱在同等空间内，可装12t以上，节省海运费约25%
6	自动包装线	必须人工操作	可上自动包装线，无人高速作业
7	表面防潮处理	桶体上手工涂刷防潮剂	在涂布机上全自动涂环保防水涂料，防水性能是纸桶的数倍
8	印刷品位	只能手工喷简单标识	可进行四色精美彩色印刷，有利于企业形象的宣传
9	环保与资源再生	纸桶上铁箍、三合板盖等均非环保物质，出口会受限制	纸箱为绿色环保产品，更是宝贵的可回收再生资源

本技术项目，先后获得省级“质量信得过产品”“高新技术产品”“十大创新品牌”等荣誉称号，其专利已授权深圳某著名电子通信公司有偿使用。

### 第3节 以纸代木 承重8吨的瓦楞套箱

一种新型的重型瓦楞纸质套箱，它的主材选用超强三层瓦楞纸板，在内、外箱之间的四角上，用纸护角作加强支撑，套箱的整体承重可达8吨以上，是常用木箱的理想替代品。

在工业产品的各类包装中，瓦楞纸箱的市场占有率一直很高，它的缺点在于抗压强度低，怕水怕潮，不宜长久储存。所以一般的化工、机械、电子等重载货物的出口，较多采用了木质包装箱。

根据资料，国内外各类组合式瓦楞纸质套箱的空箱抗压强度，目前最高的已达到32560N（约承重3.32吨）。

这类纸质套箱一般尺寸都很大，内装物重量往往过吨，而且需与木托盘组合在一起使用，所以市场上又俗称为“托盘箱”或“吨箱”。

笔者参考德国重型瓦楞纸板标准（DIN 55468—1），立项研制出了超强三瓦楞纸板（见图1-3-1）。它的各项物理性能指标包括：耐破强度达5436kPa；边压强度达39100N/m；戳穿强度大于48J。

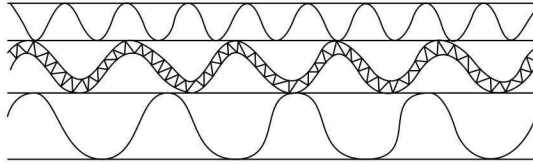


图 1-3-1 超强三瓦楞纸板

在纸箱的结构方面不断探索，借助其他纸质配套附件，试制成功一种新型的重型瓦楞组合套箱，具体见图1-3-2。

经过市场检验，这种纸质套箱结构简单、新颖、独特、使用方便、可折叠、储运空间小、承重量大，是木质包装箱的升级代用品。

经国家轻工业包装制品质量监督检测中心的权威检测，该套纸箱的承重量已达8吨以上。测试时，是从同批纸箱中，随机抽取5套，分别作空箱抗压检测，平均静态抗压值高达79457N（约合8.108吨），达到或超过了常用木箱的水平。

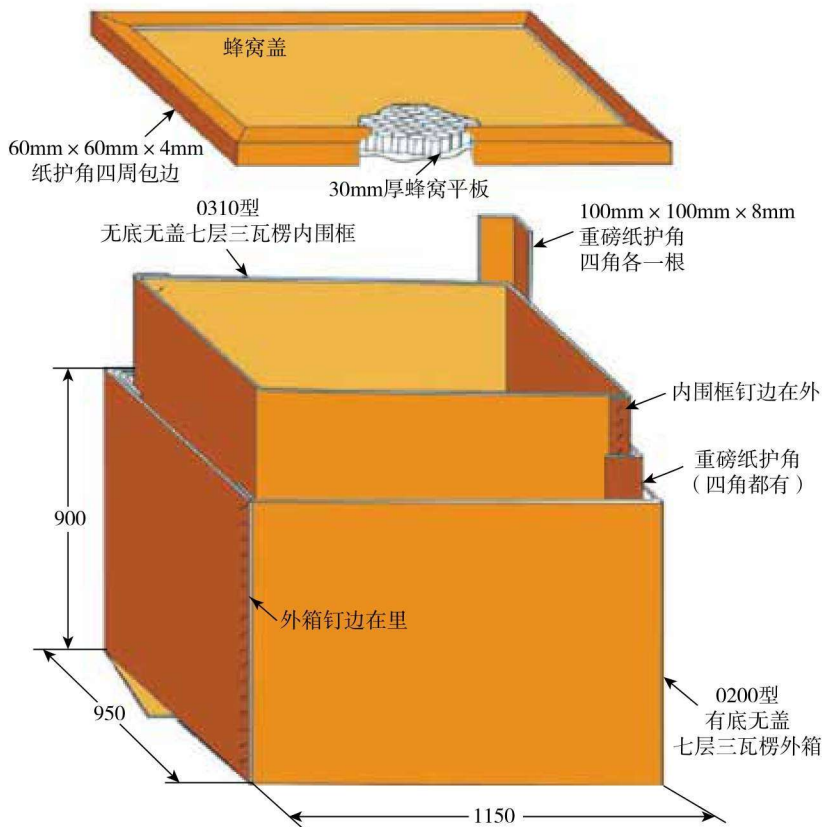


图 1-3-2 结构示意图

在结构设计中，考虑了如下一些因素。

(1) 大外箱与内围框所用的瓦楞纸板，其物理机械性能的指标至关重要，特别是纸板的边

压强度值，一定要大于30000N/m。

(2) 外箱与内围框均采用两拼箱结构，即有两个打钉接合处，组装时使内外两箱的4个接头分别布置在四角，类似4根立柱，均匀受力，增强抗压力。

(3) 外箱采用有底无盖式（即国际标准箱型0200型）。笔者试验过“无底无盖”式箱型（直接放托盘上），希望节省更多材料，但部分汽车零部件企业与化工行业在使用时发现，重物装箱时，纸箱下部极易向外变形扩张（特别是装散件），说明纸箱的侧向抗压力不够，而现在的“有底无盖”箱，因重物先压住了下底摇盖，所以可有效解决这种问题。

另外，如采用标准的0201型“有底有盖”箱，则会产生如下问题：除用材较多外，用户在装货时，因上摇盖过大，会带来很多不便；由于纸板过宽，增加了纸箱制造中的难度与成本；瓦楞纸板作上摇盖，因呈“悬臂梁”构造，用户总嫌偏软，强度不足，特别是在堆码时，下面一箱的顶部问题很突出，现在改用了“分离式”的蜂窝盖结构，较好地解决了以上缺陷。

(4) 四角上的“L型纸护角”长度与外箱内高是一致的，它与外箱及内围框之间的配合，基本呈紧配合状态。因此，四根护角在受力时，不会产生位移、倾斜等风险，三者组合后形成了一个整体。内、外箱之间的空位间隙，每边约为20mm（钉边厚度+纸护角厚度）。

(5) 四个角上的“L型纸护角”在组合套箱中，起着“立木顶千斤”的重要作用，因此它的质量好坏很关键，现选用BB/T 0023—2017标准中100mm×100mm×8mm最强的一款，它单根的抗弯强度就可以达到2200N以上。

(6) 纸箱外径是与“通用平托盘”匹配的。在GB/T 2934—2007中，规定的托盘平面尺寸只有两种标准，即1200mm×1000mm和1100mm×1100mm。而且前者为优先推荐尺寸，因此使用频率较高，在设计中纸箱外径应比托盘四周单边小2~3cm（每边），以减少纸箱在整体打包、周转、储运中遭到不必要的碰擦伤害。

(7) 纸质套箱的整体高度，是按用户产品的需求设定的，一般应小于1000mm（含蜂窝盖），因为通用标准集装箱的内高只有2350mm，两箱堆码时，还须考虑两个托盘的高度及叉车起抬的必要操作距离（注：在40英尺的标准货柜中，还有少部分为高柜，此时纸箱的高度可适当加高）。

(8) 内围框的钉边设在箱外，一方面可增加内容积，另一方面便于盒类小包装件在箱内的组合排列。同时套箱组合时，与外箱的内钉边在四角上分布更均匀合理。

(9) 蜂窝纸板作盖，可以承受较大的平面压强，盖的四周用纸护角包边后，也比较美观实用，选用的蜂窝纸板的平面强度不低于197kPa（见标准BB/T 0016—2018）。

(10) 如果仓储时间较长，或储藏环境恶劣，或海运时需经过赤道附近（高温高湿），还须在纸箱外表面涂刷符合RoHS要求的防水剂，以保障纸箱的整体使用性能。达成集团采用了特殊的“防水涂布”技术，使纸箱表面的吸水率仅为2.568g/m<sup>2</sup>，只有GB/T 13024—2016中规定的牛皮箱纸板优等品的7%。

通过以上诸多设计、制作等细节上的考虑，组合套箱在实践使用中，显示了卓越的抗压与防潮性能，在国内外同类产品中达到了一个新的高度。经过几年的市场检验，表现优异，用户反响良好。

例如，江苏某外资大型化工厂，以前一直从意大利进口纸质套箱，每套27欧元（未含运费与关税），后改用这一新产品，成本降低了三分之一，且品质远优于进口纸箱。

又如，汽车零部件生产，是我国机械工业的支柱产业之一，零件品种多且质量重，要求包装件的载荷大，现将重型瓦楞组合套箱引入该领域后，成功破解了这道难题，2009年公司在该行业中，销售了近600万元的套箱，无一质量投诉，而且该结构还被某世界著名的汽车零部件公司确定为“企业标准”。

随着这种价廉物美、抗压性能优秀、使用方便的重型瓦楞组合套箱被越来越多的商家所认同，相信其市场占有率会进一步扩大。

## 第4节 重型八角形纸箱的结构

普通瓦楞纸箱的四角及侧壁，承受负载的能力并不均衡，当纸箱承受的压力超过其抗压极限时，纸箱侧壁的垂直面会出现弯曲、变形直至压溃，越靠近纸箱侧壁的中部，越容易出现变形，且变形越严重，侧壁上4个棱角的部位最后出现变形，抗压能力最强。

本节介绍一种新型瓦楞纸箱结构，即重型有底无盖八角箱，将原纸箱四角设计为八角，不仅抗压强度得到较大提高，其适用范围也更广，如袋装粉剂、颗粒剂的化工原料，电缆盘类产品，袋装液态物料等。

### 1. 实验

重型有底无盖八角箱呈八边形结构，箱底由8个三角形摇盖拼接组成（见图1-4-1）。制造工艺简单，由一张瓦楞纸板经模切、折叠、钉合而成，其展开结构见图1-4-2。

普通纸箱在凯里卡特公式的计算中，纸箱的周长与高度是两个重要因素，为使试验结果有可比性，设定正八角箱、非正八角箱、常规0201型纸箱的周长完全一致，均为1656mm，高度均为600mm，所用材质相同。

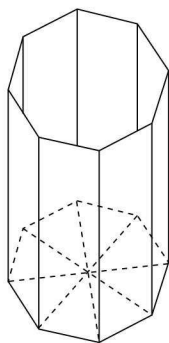


图 1-4-1 重型八角箱结构

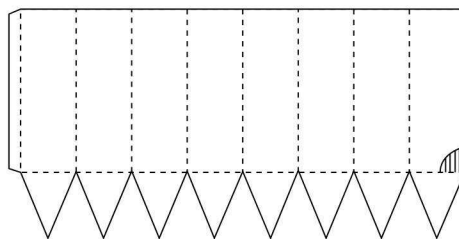


图 1-4-2 重型八角箱展开结构

所用材质为市场上最常用的5层瓦楞纸箱的定量，分别为200、120、120、120、200g/m<sup>2</sup>，楞型为欧美使用较多的BC楞（包括内围框用材）；八角箱的平面尺寸与标准托盘匹配；纸箱采用钉合的结合方式。

## (1) 方法与设计

1) 周长、高度相等，0201型纸箱（正方形）与正八角箱（与1100mm × 1100mm标准托盘匹配）抗压强度的研究；

2) 周长、高度相等，有底、无底八角箱抗压强度的研究；

3) 周长、高度相等，正八角箱与非正八角箱（与1200mm × 1000mm标准托盘匹配）抗压强度的研究；

4) 有内围框八角箱与无内围框八角箱抗压强度的研究；

5) 有底、无底八角箱在运输振动时变形情况的研究；

6) 八角箱在运输振动时横向冲击力的研究；

7) 四周加粘加固带对八角箱鼓肚现象影响的研究。

## (2) 测试指标

空箱抗压强度是评价瓦楞纸箱好坏的一项重要指标，是指在压力试验机上均匀施加动态载荷直至箱体变形、压溃时的最大载荷。

按照GB/T 4857.4—2008测定抗压强度，将封箱后的瓦楞纸箱放置在微电脑程控压力试验仪的2个压板间，试验机的上压板按设定速度向下运动，接触纸箱后对其进行施压，同时测量纸箱所受的压力值与变形量，试验机自动记录数据。

## 2. 结果与讨论

抗压强度：当周长、高度相等时，0201型纸箱（正方形）、有底正八角箱、有底非正八角箱、无底非正八角箱，它们抗压强度的对比见表1-4-1。

表1-4-1 不同底与形的八角箱抗压强度对比

类别	抗压强度/N			
	样箱1	样箱2	样箱3	平均
0201型纸箱（正方形）	5561.28	5632.90	5450.43	5548.20
有底正八角箱	9220.41	9325.38	9417.60	9321.13
有底非正八角箱	8484.66	8393.43	8264.76	8380.95
无底非正八角箱	8605.33	8205.19	8411.09	8407.20

有、无内围框的八角箱抗压强度：有无内围框正八角箱抗压强度的比较见表1-4-2。由表1-4-2可知，有围框的正八角箱比无围框的抗压强度提高了将近90%，有围框的正八角箱比普通0201型纸箱抗压强度提高了2倍多。

表1-4-2 有无内围框八角箱抗压强度对比

类别	抗压强度/N			
	样箱1	样箱2	样箱3	平均
0201型纸箱（正方形）	5561.28	5632.90	5450.43	5548.20
有内围框正八角箱	17718.82	17677.62	17650.15	17682.20
无内围框正八角箱	9220.41	9325.38	9417.60	9321.13

鼓肚变形：纸箱在使用过程中会出现鼓肚变形的现象，问题产生的原因分析如下。

(1) 楞型选择不当。A瓦楞高度大，承受垂直方向压力性能好，但承受水平方向压力性能不如B瓦楞、C瓦楞。A瓦楞纸箱装上产品后，在动态运输过程中受到横向、纵向的振动，内装物与纸箱之间发生反复冲击，使纸箱壁变薄，容易出现鼓肚变形现象。

(2) 堆放托盘的影响。产品在仓库堆放时，堆码高度通常不超过3m，一般是2个托盘叠加码垛。纸箱在堆放过程中，纸箱的强度变化是一个蠕变的过程，特别是底层纸箱，其特点为：在一定时间内相对稳定的载荷作用于纸箱，纸箱会发生连续的弯曲变形。

如果长期在静压力作用下，纸箱会被压塌、损坏，因此托盘上堆放的最下层纸箱通常会出现鼓肚现象，且有部分压溃变形。纸箱在垂直压力作用时，箱面中央出现的变形量最大，出现压溃后，折痕为鼓出状。

试验证明，0201型瓦楞纸箱受压时，4个棱角处抗压强度最好，4边中点处抗压强度最差。

如果上层托盘脚块压在纸箱中间位置，纸箱中间位置易形成集中载荷（见图1-4-3），导致纸箱破裂、永久变形，解决的办法是在其下加一平垫板。如果托盘铺板缝隙过宽，纸箱的箱角容易掉进缝隙中，导致纸箱鼓肚（见图1-4-4）。

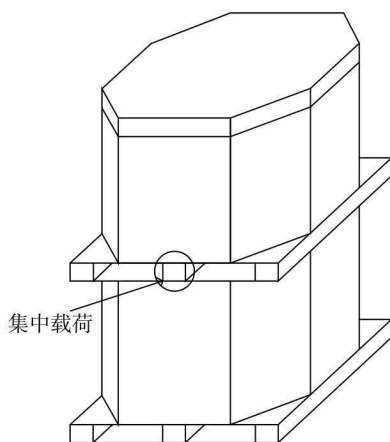


图 1-4-3 两层托盘堆码

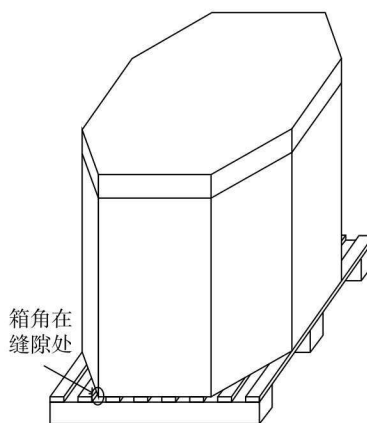


图 1-4-4 包装件托盘

(3) 内装物本身特性的影响。液体、黏稠体、流体、颗粒及粉末类产品，纸箱包装后，由于产品本身特性，内装物下沉，顶部与内装物之间的间隙越来越大，且箱底四周受力最大，因此，这类产品在贮存、运输过程中常出现纸箱鼓肚变形现象，尤其是在纸箱下部1/5~1/4处最为严重。

有、无底八角箱：有、无底正八角箱（内装物粉料125kg）在电磁振动试验仪上，按ISTA 3E中的振动图谱振动4h，加速度为0.54g，理论行程峰峰值为45.13mm，八角箱箱体变形情况（见图1-4-5和图1-4-6）。

由图1-4-5可得，无底八角箱从箱体底部边缘发生鼓肚变形。由图1-4-6可知，有底八角箱从箱体底部边缘向上20mm左右的位置才开始发生鼓肚变形。