



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

包装工程专业系列教材

防护包装原理

FANGHU BAOZHUANG YUANLI

汤伯森 编著

郝喜海 江南 副主编



化学工业出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

包装工程专业系列教材

防护包装原理

汤伯森 编著

郝喜海 江南 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书介绍了防护包装原理的相关知识,具体内容包括防护包装概论,防护包装材料,防锈包装,防霉包装,水果和蔬菜包装,危险化学品包装,缓冲包装。书中结合大量案例,讲述了防护包装的基本原理和相关应用,内容力求翔实丰富,对包装专业师生和包装行业从业人员有较强的参考价值。

本书可供大专院校包装材料专业师生使用,也可供从事包装科学研究、开发及管理的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

防护包装原理/汤伯森编著. —北京:化学工业出版社, 2011.9

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
包装工程专业系列教材
ISBN 978-7-122-12089-2

I. 防… II. 汤… III. 防护-包装材料-高等学校-教材 IV. TB484

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 162880 号

责任编辑:杨菁
责任校对:宋夏

文字编辑:颜克俭
装帧设计:史利平

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:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张16½ 字数428千字 2011年6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:32.00 元

版权所有 违者必究

前言

为了方便装卸、运输和储存，绝大多数工农业产品都需要经过包装形成运输包装件后才能投入流通过程。如果包装不善，产品就有可能在流通过程中损坏。由此可见，包装还有保护产品、防止其损坏的功能，这种功能称为防护功能。以实现防护功能为主的包装称为防护包装。

1987年，在包装工程专业成立之初，关于防护包装，我们只开设了包装动力学课程。而包装动力学研究的只是缓冲包装，保护的只是易碎产品，主要是仪器、仪表、电子、电器类的机电产品，局限性较大。随着认识的深化，我们又开设了微生物学和食品包装课程，但使用的是食品工程专业的教材，直接针对包装的内容太少。而且因为缺少生物化学基础，即使是与包装工程专业相关的内容，学生也难以理解。针对教学实践中出现的问题，我们从2000年开始对防护包装作了较为深入的探讨。防护包装要保护的是各种各样的工农业产品，而不仅仅是食品和易碎产品。根据工农业产品的性质，可将其大体分为五大类，据此，可将防护包装分为缓冲包装、防锈包装、防霉包装、水果蔬菜包装、危险化学品包装五大板块。包装工程专业现有的专业课程很多，学时有限，不可能针对这五大板块开设五门专业课程。因此，将这五大板块综合为一门专业课，即“防护包装原理”。

既定名为《防护包装原理》，就不能就事论事、只讲各类产品怎样包装，而是要讲为什么这样包装，否则就是知其然而不知其所以然，不能称其为“原理”。包装是针对产品的。工农业产品有千千万万，究竟有多少种，我们也讲不清楚。即使将千千万万的产品分为五大类，这五大类产品也是各有特点，互不相同，真是千差万别。例如瓷器和食品，两者的性质根本不同，绝不能相提并论。面对千千万万的工农业产品，没有必要的数学、物理、化学和生物学基础，不可能认识它们的产品特性。产品是要流通的，不流通，产品就不能变为商品，经济就不能发展。包装是保护产品的，千千万万的产品在流通过程中是怎样损坏的呢？“怎样”指的是损坏的形式和机理。不回答这个问题，对各类产品的“防护”就无从谈起。包装指的是用各种各样的材料加工和制造的包装容器和这些容器的组合（包括内包装和外包装），这种组合就是我们所说的包装结构。不熟悉包装材料和包装结构，就会离题，讲不清楚各类产品的包装。包装不但指包装容器和包装结构，而且它还是个动词，指利用各种工具和设备将各种各样的产品包装起来的过程，这个过程就是人们常说的包装工艺。不熟悉包装工艺，就讲不清楚各类包装件形成的过程。工农业产品的种类千千万万，实在是太多了，多得难计其数，真可谓“种类繁多”。产品种类繁多，要讲清各种各类产品的产品特性、流通环境、产品损坏、防护方法、包装材料、包装制造、包装容器与结构以及产品的包装工艺又谈何容易呢？

作为包装工程专业的一名教师，天天走进包装工程专业的教室，天天面对包装工程专业的学生。在和包装工程专业接触的过程中，笔者深感这个专业需要开设《防护包装原理》这门课程，需要编写《防护包装原理》这本教材。笔者水平不够，力所不及，怎么办呢？学习。先当学生，后当先生。学习，学习，再学习。因此，笔者下定决心，在学习的过程中写

书，在写书的过程中学习。本书的编写经历了足足十年时间，写到现在终于写完，并将其出版。在编写过程中得到郝喜海、江南等老师的帮助，在此表示感谢。

本书涉及面较广，涉及的问题较复杂。因此本书一定会有不少缺点，难如人意已在意料之中。为此，恳请各位老师和各位专家对笔者的工作予以批评指教。

本书是按照 80 学时的要求编写的。除了以包装工程专业的数学、物理、化学和工程力学以及各门相关专业课程为基础外，还特别要求两门专业基础课程与之配套，一门是《包装动力学基础》，另一门是《包装生物学基础》。没有这两门专业基础课配套，这本书就会成为空中楼阁，勉强投入教学，是难以收到预期效果的。

汤伯森
于湖南工业大学
2011 年 8 月

目 录

第一章 防护包装概论	1
第一节 防护包装原理的研究对象	1
第二节 产品的流通环境	1
一、气候环境	2
二、空气环境	3
三、生物环境	4
四、机械环境	4
第三节 防护包装分类	5
一、缓冲包装	6
二、防锈包装	6
三、防霉腐包装	6
四、水果和蔬菜保鲜包装	6
五、危险化学品包装	6
六、医药包装	7
第四节 防护包装的设计方法	7
一、以防护包装理论为基础	7
二、以包装标准为设计依据	8
第二章 防护包装材料	10
第一节 塑料	10
一、塑料的组成	10
二、常用塑料包装材料	10
三、可食性涂料与薄膜	15
四、塑料的性能	17
第二节 纸与纸板	21
一、包装用纸	21
二、包装用纸板	22
第三节 金属材料	23
一、钢材	23
二、铝材	24
第四节 陶瓷玻璃	26
一、玻璃的化学成分	26
二、玻璃的性能	26
三、玻璃瓶罐的强度	27
第五节 复合包装材料	28
一、纸塑复合材料	28
二、塑塑复合材料	28
三、纸铝塑复合材料	30
第六节 干燥剂与脱氧剂	30
一、干燥剂	30
二、脱氧剂	34
第三章 防锈包装	36
第一节 金属锈蚀的电化学基础	36
一、原电池	36
二、电化学锈蚀	38
三、电极的极化作用	39
第二节 金属的锈蚀	40
一、化学锈蚀	40
二、电化学锈蚀	40
三、影响金属锈蚀的内因与外因	41
第三节 产品的清洗与干燥	45
一、清洗	45
二、干燥	46
第四节 防锈油脂	46
一、油溶性缓蚀剂	47
二、防锈脂	48
三、溶剂稀释型防锈油	49
四、封存防锈油	49
五、置换型防锈油	50
六、防锈润滑两用油脂	50
七、防锈水	51
八、防锈油脂的涂覆方法	51
第五节 气相防锈材料	52
一、气相缓蚀剂的特点	52
二、气相缓蚀剂的蒸气压	52
三、常用气相缓蚀剂	53
四、气相缓蚀剂的作用机理	55
五、常用气相防锈材料	56
六、气相防锈材料的使用要点	57
第六节 可剥性塑料	58

一、热熔型可剥性塑料	58
二、溶剂型可剥性塑料	60
第七节 四种防锈包装技术	62
一、塑料袋	62
二、泡罩包装	63
三、贴体包装	65
四、真空与充气包装	67
第八节 防锈包装方法	68
一、防锈包装容器与材料	68

二、防锈包装等级	69
三、防锈包装方法	69
四、防锈包装方法的选择	71
五、防锈包装举例	72
第九节 防锈包装性能试验	75
一、防锈油脂性能试验	76
二、气相防锈材料性能试验	79
三、可剥性塑料性能试验	80

第四章 防霉包装 83

第一节 微生物学和生物化学基础	83
一、微生物学基础	83
二、产品的氧化变质	86
第二节 食品包装概要	88
一、食品包装的目的	88
二、食品包装的分类	89
三、食品包装的形态	89
四、食品的外包装和内包装	90
五、食品包装方法	91
六、包装食品	92
第三节 干燥防霉包装	93
一、干燥防霉理论基础	93
二、产品干燥的基本原理	95
三、产品的干燥方法	95
四、高含水量产品的盐腌、糖渍与烟熏	98
五、干燥产品的包装	99
六、干燥防霉包装举例	99
第四节 罐藏防霉包装	100
一、加热杀菌原理	101
二、罐藏包装容器	103
三、罐藏包装工艺	104
四、无菌包装系统	106
五、罐头的败坏与检验	108
六、罐头包装举例	109
七、软罐头包装	109
第五节 低温防霉包装	111
一、低温防霉的基本原理	111
二、食品冷藏	112
三、食品冻藏	114
四、低温防霉包装	117
第六节 气调防霉包装	118

一、气调防霉理论基础	118
二、真空包装	120
三、充气包装	123
四、化学脱氧包装	124
第七节 辐照防霉包装	126
一、辐照理论基础	126
二、食品辐照的化学效应	127
三、辐照杀菌和杀虫	127
四、食品辐照技术	128
五、食品辐照装置	129
六、影响辐照效果的因素	131
七、辐照食品包装的目的和特点	131
八、辐照食品的安全性评价	132
第八节 化学防霉包装	132
一、对防腐剂的基本要求	133
二、化学防腐剂	133
三、常用天然防腐剂	136
四、抗氧化剂	137
第九节 机电产品防霉包装	139
一、霉菌对机电产品的危害	139
二、产品特性对其霉变的影响	139
三、防霉包装材料	140
四、提高产品及其包装防霉能力的方法	140
五、工业防腐剂	142
六、防霉包装等级	145
七、机电产品防霉包装	145
第十节 防霉包装试验	146
一、防霉包装试验的原理	146
二、防霉包装试验标准	147
三、包装件防霉试验方法	147

第五章 水果和蔬菜包装 150

第一节 造成果蔬采后损失的四大原因	150
一、呼吸与蒸腾	150

二、机械损伤	155
三、采后病害	156

四、虫害	158
第二节 果蔬的采后处理	158
一、分级	158
二、清洗	159
三、防腐	159
四、杀虫	159
五、打蜡（涂膜）	159
第三节 果蔬的包装	160
一、果蔬的内包装	160
二、果蔬的外包装	162
三、果蔬包装举例	166
第四节 果蔬的储存	171

一、常温储藏	171
二、机械冷库储藏	173
三、气调储藏	176
四、减压储藏	180
五、辐射储藏	182
第五节 果蔬的运输	182
一、振动与冲击对果蔬的影响	182
二、果蔬的运输方式	184
三、果蔬的常温运输	184
四、果蔬的冷藏运输	185
第六节 果蔬的冷链流通	188

第六章 危险化学品包装

第一节 危险品的危险特性	189	第四节 危险品的包装方法	200
一、燃烧	189	一、包装等级	200
二、爆炸	190	二、包装材料的选择	200
三、中毒	192	三、包装容积与内装物质量	200
四、腐蚀	192	四、运输包装件的组成	201
五、危险品分类	193	第五节 危险品包装性能试验	206
第二节 危险品的流通环境	194	一、跌落试验	206
一、引火因素	194	二、堆码试验	207
二、气象因素	195	三、气密试验	208
三、机械因素	196	四、液压试验	208
第三节 对危险品包装的基本要求	197	第六节 危险品包装管理	209
一、危险品包装事故分析	197	一、国际危险品管理	209
二、包装容器的强度与密封	198	二、国内危险品管理	210
三、缓冲与吸附材料	199	第七节 危险品包装标志	211
四、包装对温度与湿度的适应性	199	第八节 危险品包装举例	213

第七章 缓冲包装

第一节 冲击与振动环境	223	第四节 原型包装的设计与创造	242
一、冲击环境	223	一、缓冲与固定	242
二、振动环境	226	二、裹包与充填	242
第二节 产品的易损性	228	三、泡沫塑料缓冲垫	242
一、产品的冲击试验	229	四、瓦楞纸板缓冲垫	245
二、产品的振动试验	232	五、蜂窝纸板缓冲垫	246
第三节 缓冲包装的缓冲垫	233	六、纸浆模塑缓冲垫	248
一、缓冲材料	233	七、气泡薄膜缓冲垫	248
二、缓冲材料与产品特性的匹配	235	八、橡胶缓冲垫	249
三、测试材料的缓冲特性曲线	236	九、创造原型包装	249
四、按冲击环境计算衬垫厚度与面积	238	第五节 原型包装试验	249
五、测试产品衬垫系统的幅频曲线	239	一、冲击试验	250
六、按振动环境校核衬垫的面积与厚度	239	二、振动试验	251
		三、压缩试验	254

第一章 防护包装概论

为了方便装卸、运输和储存，绝大多数工农业产品都要经过包装形成运输包装件才能投入流通过程。如果包装不善，产品就有可能在流通过程中损坏。由此可见，包装还有保护产品、防止产品损坏的功能，这种功能简称为防护功能。以实现防护功能为主的包装称为防护包装。设计防护包装应以经济为前提。所谓经济，意思是以最少的包装费用完善包装的防护功能，将产品在流通过程中的损坏降低到最低限度，使产品通过包装取得最大的经济效益。正是“经济”这个前提促使人们将包装的防护功能视为一门科学而认真地进行研究。

第一节 防护包装原理的研究对象

产品在流通过程中的损坏指的是降低甚至丧失其原有价值的各种现象。工农业产品种类繁多，因此产品损坏的形式也很多。例如瓷器由于受到振动和冲击而破碎；金属制品，特别是钢铁产品由于受潮和氧化而生锈；食品由于腐生微生物的作用而发霉变质；刚刚采收后的新鲜水果和蔬菜由于呼吸和蒸腾而衰老、萎蔫甚至死亡腐烂；危险化学品由于外界火源、撞击和水汽而燃烧爆炸，或者因为包装破裂、泄漏而造成腐蚀和中毒事故；医药由于受潮和氧化而变质失效等现象，都可以称为损坏，但它们损坏的形式与机理是根本不同的。上述这些产品之所以有不同的形式损坏，首先是因为这些产品有不同的性质。产品固有的物理、化学和生物学性质称为产品特性。产品特性是导致产品损坏的内因。流通过程中导致产品损坏的外因称为流通环境。例如振动与冲击、碰撞与挤压、空气的温度、湿度和氧气、火源与热源等外界因素，都可以称为流通环境。产品特性是产品损坏的内因，流通环境是产品损坏的外因。外因要通过内因才能起作用，所以不同性质的产品在不同的环境因素的作用下发生不同形式的损坏。

防护包装原理研究产品特性、流通环境、产品损坏的形式与机理以及防止产品损坏的条件与方法，目的是为防护包装设计提供理论依据。防护包装原理要研究的是各种各样的工农业产品。这类研究必然要涉及数学、物理、化学和生物学等基础理论，也必然要涉及包装科学技术的方方面面，研究范围之广泛、问题之复杂，在其他专业也是少见的。防护包装研究说明“包装”是一门科学。所以，“防护包装原理”是包装科学技术的集中反映，是包装工程专业的一门极为重要的专业课程。

第二节 产品的流通环境

产品特性是导致产品损坏的内因。仅有内因，没有外因，产品也不会损坏。产品流通过程是由装卸、运输和储存三个基本环节组成的。这三个基本环节中都存在着导致产品损坏的各种外因，这些外因统称为流通环境。损坏是流通环境对产品作用的结果。防护包装有保护产品的功能。因此，研究防护包装先要分析流通环境，搞清楚导致产品损坏的各种环境

因素。

一、气候环境

1. 温度

一般气象台所观测的温度,是离地面 2m 高、无阳光直接照射且空气流通的空气温度。世界各地气温与地理纬度的关系如图 1-1。

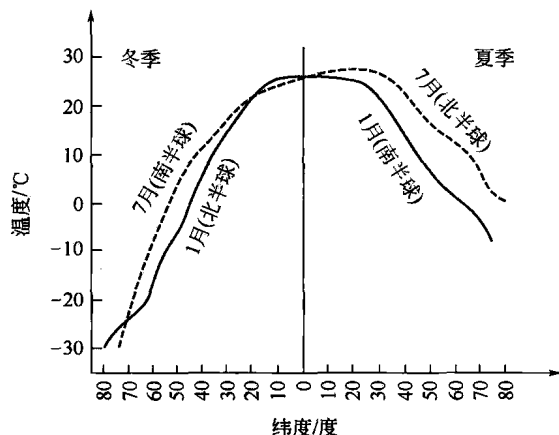


图 1-1 各纬度的平均温度

我国华南地区年平均温度在 20~30℃ 之间,长江流域为 16℃ 左右,黄河流域为 12℃,黑龙江则为 -2~2℃,全国夏季平均温度不足 30℃。年最高温超过 30℃ 的日数,长江以南一般有 100~150 天,黄河流域约 75 天,东北仅 10 天左右。低温一般出现在一月份。黑龙江一月份平均温度在 -28~-20℃,南方则在 0℃ 以上。夏季在烈日暴晒下,物体温度升高较多,特别是一些金属物体表面,温度可升高到 60~70℃。因此,货物在运输、储存过程中露天堆放或堆放在敞车、轮船甲板上时,会受到高温的影响。特别是一些易燃易爆的危险化学品,高温会增加这些货物的危险性。冬季低温会使一些

材料,如橡胶和塑料(如聚丙烯盒)硬化变脆,受到冲击时容易碎裂。美国《军用设备气候极值》标准(M1L-STD-210B)规定的高温 and 低温如表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 陆地及海面上的高温条件

条件地区	最高纪录 /℃	出现超过下列温度(℃)的百分率			
		1%	5%	10%	20%
陆地	58	49	46	45	—
海面	51	48	46	45	43

表 1-2 陆地及海面上的低温条件

条件地点	最高纪录 /℃	出现超过下列温度(℃)的百分率			
		1%	5%	10%	20%
陆地	-68	-61	-57	-54	—
海面上	-38	-34	-28	-25	—

一天的温度变化以干热地区最大,从日出前到午后的 8h 内可达 30℃。过大的温差可能使封闭容器内的水汽结露,会加速金属产品生锈,也会导致动植物性产品长霉变质。

2. 湿度

每立方米空气中所含水蒸气的质量(g)称为绝对湿度。在一定温度下,空气中实际水蒸气压强与该温度下的饱和水蒸气压强之比,用百分数表示,称为相对湿度。

世界各地绝对湿度随地理纬度的增高而减小。相对湿度随纬度而变化,如图 1-2。我国长江以南地区比较潮湿,年平均相对湿度为 70%~80%,相对湿度大于和等于 80%的累计

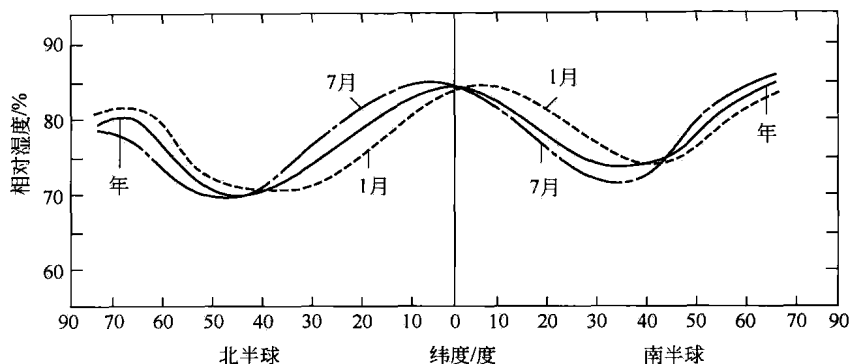


图 1-2 相对湿度的纬度变化

时数占全年总时数的 50% 以上，相对湿度大于和等于 90% 的累计时数占全年时数的 25% 以上。

高湿度会增加一些危险货物的危险性，如铝粉受潮会与水发生反应，放出热量和 H_2 ， H_2 在空气中能引起爆炸。金属的锈蚀主要是电化学锈蚀。当金属表面的相对湿度超过金属的临界湿度时，其锈蚀速度会直线上升。动植物性产品含有各种腐生微生物赖以生存的营养物质，在适当的温度和湿度（大于 65%）条件下，这些微生物就会生长繁殖，导致动植物性产品长霉变质。水果、蔬菜中的水分在干燥的环境中会迅速蒸发，结果是造成果蔬的萎蔫，降低果蔬的生命活力，加快果蔬的衰老与死亡。过分干燥还会造成纸、木材、皮革这类产品干缩变形，甚至龟裂。

航行在热带海洋上的船舶中，有时会出现温度超过 40°C 、相对湿度接近饱和的环境条件，对中温和高温性微生物的生长极为有利，更容易导致动植物性产品腐败变质。

3. 雨水

世界各地平均年降雨量随纬度的变化如图 1-3。淋雨受潮会使金属锈蚀，会使动植物性产品长霉变质，对露天堆放的货物极为不利。雨水渗入包装容器内，还有可能导致一些危险化学品燃烧爆炸。例如电石（ CaC_2 ），雨水渗入包装桶内，电石会与水作用分解出乙炔气，在运输途中受到撞击或遇火星极易引起爆炸。

4. 日光

日光是太阳以电磁波的形式辐射到地球上的能量，是导致一些产品损坏不可忽略的因素。烈日暴晒能使某些危险化学品燃烧爆炸。日光还能使一些食品褐变，使塑料加速老化，还能促进油脂中的不饱和脂肪酸氧化，产生一些有刺激性气味的低级醛、酮和羧酸，导致油脂酸败。

二、空气环境

1. 氧气

空气中含有 21% 的氧气。金属的锈蚀主要是电化学锈蚀，而且主要是吸氧锈蚀。绝大多数霉菌和细菌是好氧菌，只有在有氧的条件下，这些微生物才能在动植物性产品上生长繁

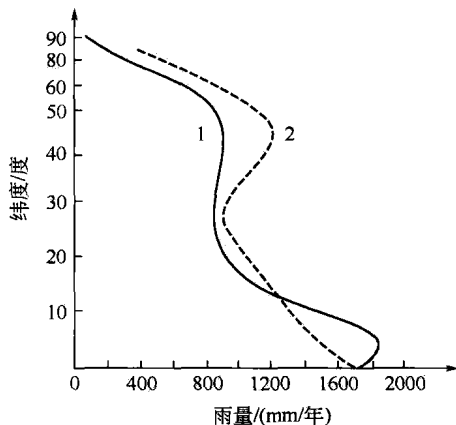


图 1-3 各纬度的平均年降雨量

1—北半球；2—南半球

殖。水果和蔬菜的有氧呼吸会消耗体内的营养物质，不但降低果蔬的品质，而且会加快果蔬的衰老与死亡。

2. 盐雾

在海洋上和距海岸 30~50km 范围内的沿海地区的空气中含有雾状的氯化物微粒，通常称之为盐雾。在潮湿的空气中，盐粒溶解于水中呈离子状态，对金属有腐蚀作用。

3. 有害气体

在城市工业区和生活区，燃烧煤和石油会产生一些有害气体，如 SO_2 、 H_2S 、 NO_2 等。这些有害气体溶解于水中，对金属和油漆都有腐蚀作用。

4. 活性灰尘与砂尘

城市空气中充满灰尘和砂尘，灰尘是指直径为 $1\sim 150\mu\text{m}$ 的颗粒，砂尘是指直径为 $100\sim 1000\mu\text{m}$ 的石英质颗粒。空气中灰尘和砂尘的含量用浓度 (mg/m^3) 表示。砂尘侵入包装箱内，落在内装产品上，若不清除干净，会引起机械零部件的磨损。一些酸性或碱性的灰尘潮解后会腐蚀金属零件。

三、生物环境

1. 腐生微生物

对动植物性产品构成威胁的腐生微生物有细菌、酵母菌和霉菌。微生物在自然界分布极为广泛，高空中、地面上、土壤里，以及江、河、湖、海都是微生物活动的场所，甚至一粒土、一颗粮都是一个微生物世界。这些微生物在适当的温度和湿度下能在动植物性产品上生长繁殖，是因为产品中含有丰富的营养物质，这些微生物又能产生各种胞内酶和胞外酶，有能力吸收和利用这些营养物质。这些微生物在产品上生长繁殖的过程，也就是产品霉腐变质的过程。轻微的霉腐会降低产品品质，严重的霉腐会使产品完全丧失原有的商品价值。

2. 昆虫和啮齿动物

危害包装件的昆虫主要有白蚁、蟑螂、木蜂、甲虫、天牛虫等。白蚁对木制包装箱有严重威胁。白蚁适宜的活动温度为 $20\sim 30^\circ\text{C}$ ，致死温度为 0°C ，在长江以南分布密度较大，数量特多。过了长江，愈往北危害愈轻。蟑螂分布面极广，除南北两极外，到处都有发现。蟑螂最适宜活动的温度为 $25\sim 35^\circ\text{C}$ ，致死温度为 0°C 。蟑螂会咬食有机薄膜材料，并污染内装产品。

主要的啮齿动物是鼠类。老鼠遍布各地，不仅啃咬包装箱，有时还会咬坏产品。

四、机械环境

机械环境指的是运输包装件在装卸、运输和储存过程中经历的振动与冲击环境。物体在其平衡位置附近所做的来回往复运输称为机械振动，简称振动。促使物体振动的各种外因称为激励，而物体的振动则是对各种激励的响应。物体突然受到短暂而又强烈的动态力作用时，其运动状态在极短的时间内发生急剧的变化，这种现象称为冲击。相对物体的固有周期而言，振动是长时间的持续激励引起的，而冲击则是短暂的瞬态激励造成的。

各种工农业产品经过包装形成运输包装件后，要用车、船、飞机输送到接收地。车、船、飞机在运行时都有明显的振动，并通过包装将其振动传递给内装产品。车、船、飞机的振动就是对包装件的持续激励，也就是包装件的振动环境。车、船、飞机的振动都是随机振动。描述随机振动，一要说明它的频率分布，二要说明它的加速度，即说明振动的强弱。一般来说，随机振动的加速度不是常量，而是随频率而变化。汽车振动的频率为 $2\sim 100\text{Hz}$ ，铁路货车振动的频率为 $2\sim 200\text{Hz}$ ，汽车和铁路货车振动的加速度如表 1-3。表中 $g = 9.81\text{m}/\text{s}^2$ ，是重力加速度。在平静的海面上，船舶作低频振动，加速度很小。遇到风暴时，

船舶振动也很强烈，其最大加速度与行驶在不良路面上的汽车相当。

表 1-3 铁路和公路运输时所产生的振动

运输种类	运行情况		最大加速度(g)		
			上下	左右	前后
铁路货车	运行时的振动 (30~60km/h)		0.2~0.6	0.1~0.2	0.1~0.2
	减速时的振动		0.6~1.7	0.2~1.2	0.2~0.5
汽车	一般公路 20~40km/h	良好路面	0.4~0.7	0.1~0.2	0.1~0.2
		不良路面	1.3~2.4	0.4~1.0	0.5~1.5
	铺装公路 50~100km/h	满载	0.6~1.0	0.2~0.5	0.1~0.4
		空载	1.0~1.6	0.6~1.4	0.2~0.9

表 1-4 铁路公路运输时所产生的冲击

运输种类	运行情况		最大加速度(g)		
			左下	左右	前后
铁路货车	一般启动和停车				0.1~0.5
	急刹车		0.6~0.9	0.1~0.8	1.5~1.6
	紧急刹车		2	1	3~4
	减 速		0.6~1.7	0.2~1.0	0.2~0.5
	货车编组联挂		0.5~0.8	0.1~0.2	1.0~2.6
汽 车	超过 2cm 高障碍		1.6~2.5	1.0~2.4	1.1~2.3
	以 35~40km/h 车速刹车		0.2~0.7		0.6~0.7
	以 50~60km/h 车速刹车		0.2	0.3	0.7~0.8

工人装卸货物时，由于不慎有可造成货物的跌落。落地的货物突然受到地板的约束，其运动状态发生急剧变化（在极短的时间内由向下运动变为向上运动），因而使内装产品受到强烈的冲击，使产品加速度达到数十个 g ，甚至超过 $100g$ 。各种机动车和装卸机械都有开车、停车和紧急刹车，飞机有起飞和着陆，船舶有起航和停靠码头，汽车行驶经过凹坑和碰到障碍物，铁路货车编组连挂。在这些情况下，货物（运输包装件）有可能受到强烈的冲击（表 1-4）。货物在装卸和搬运时难免相互碰撞，堆放时难免相互挤靠，在这些情况下，运输包装件及其内装产品也会受到强烈的冲击。

对于仪器、仪表、电子、电器产品和陶瓷玻璃之类的易碎产品来说，货物装卸、运输和储存过程中的振动与冲击环境是导致这类产品损坏的根本原因。

货物在运输和储存时，为了充分利用车辆、船舶、货场和仓库的有效空间，都要向上堆码，因此下层的货物都要受到上面货物的堆码压力，特别是最下层的货物所受的堆码压力最大。货物在车、船、仓库的不但要向上堆码，且还有可能因为堆垛不稳而造成上层货物跌落，使内装产品受到更大的冲击。

第三节 防护包装分类

产品的物理、化学和生物学性质称为产品特性。产品特性是导致产品损坏的内因，流通环境是产品损坏的外因。外因要通过内因才能起作用，所以不同特性的产品在流通过程中有

不同形式的损坏。工农业产品种类繁多、性质各异，产品损坏的形式与机理各不相同，而且差别很大。为了便于研究，根据产品特性，结合对应的环境因素，将防护包装分为以下六类。

一、缓冲包装

缓冲包装研究的产品是易碎产品，主要是电子电器产品。缓冲包装涉及的环境因素是振动与冲击。缓冲包装的基本方法是在产品与包装箱之间装填缓冲材料，其功能是吸收振动与冲击环境输入运输包装件的能量，将产品对环境激励的响应限制在产品能够承受的范围之内，将产品在流通过程中的破损降低到最低限度。

二、防锈包装

防锈包装研究的产品是机械产品，主要是产品中的钢铁件。防锈包装涉及的环境因素主要是空气的湿度和氧气。金属的锈蚀主要是电化学锈蚀，而且是吸氧锈蚀。防锈包装的基本方法是在金属表面浸涂防锈油脂，并将其装入阻隔性好的密封容器内，并使容器内处于干燥和缺氧状态；或者在密封容器内装入气相防锈剂，代替防锈油脂。采用这些包装技术与方法，目的是阻断水蒸气和氧气对金属表面的影响。

三、防霉腐包装

防霉腐包装研究的是以动植物为原料加工而成的产品，主要是食品，又限于食品。防霉腐包装涉及的环境因素是霉腐微生物，包括细菌、酵母菌和霉菌。动植物性产品发生霉腐变质，是这类微生物在产品上生长繁殖的结果。防霉腐的基本方法是用阻隔性能优良的密封容器包装动植物性产品，并采取各种适当的措施，使霉腐微生物不能危害内装产品。这些措施是：干燥防霉、高温杀菌、低温防霉、气调防霉、辐射防霉和化学防霉。

四、水果和蔬菜保鲜包装

水果和蔬菜（简称果蔬）采收以后，仍然是有生命的有机体。果蔬采收后的生命活动主要是呼吸作用和采收后水分不断蒸发。呼吸和蒸发使果蔬逐渐衰老，促使微生物在果蔬中生长繁殖，导致果蔬腐烂变质。与呼吸和蒸发相联系的环境因素是温度、湿度和气体成分。机械因素（振动与冲击）会使果蔬遭受机械损伤，为微生物入侵打开通道，加快果蔬的腐烂变质。果蔬包装的基本方法是采后对果蔬进行清洗、防腐、涂膜，装箱时在果蔬与包装箱之间衬纸或衬薄膜，用纸或薄膜包裹，将果蔬装入透气塑料袋，用发泡塑料网或塑料果托缓冲。果蔬包装与低温和气调储藏相结合，目的是尽可能降低果蔬的呼吸强度，限制水分蒸发，减少机械损伤，延长果蔬的储藏期。

五、危险化学品包装

我国颁布的《危险化学品安全管理条例》规定的危险化学品有七大类：爆炸品、压缩气体和液化气体、易燃液体、易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品、氧化剂和有机过氧化物、毒害品和腐蚀品。危险化学品按其危险程度分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三级。Ⅰ级最危险，Ⅱ级中等，Ⅲ级一般。危险品包装涉及的环境因素有明火、高温物体、潮湿空气、照明电器、雨水、日光、振动与冲击等。危险化学品的“损坏”主要是指燃烧、爆炸、中毒和腐蚀性事故，这类事故会给人民生命财产造成重大损失。危险化学品在装卸、运输和储存过程中会不会发生事故，不仅与包装有关，还与公路、铁路、海运系统的全面安全管理有关，是非常复杂的问题。

题。就危险品包装而言,主要涉及四个问题:①包装材料应该有足够的化学稳定性,不会与内装危险品发生化学反应;②包装容器要有足够的强度,保证在流通过程中不因容器破裂而造成危险品撒落和溢出;③包装容器要有可靠的密封性能,保证在流通过程中不发生危险品泄漏事故;④包装件要有良好的缓冲性能,保证在没有明火和其他热源的情况下,不因振动和冲击而造成危险品发生燃烧和爆炸事故。此外,对于液态危险品,包装箱内应装填吸附材料,吸附万一发生泄漏的危险品。

六、医药包装

医药分中药与西药两大类。中药大多是以动植物为原料加工而成的,可列入防霉腐包装,不必另作讨论。西药包括化学合成药和生物制药,有液体、粉状和片状,有的药片外敷有糖衣,改善服药时的口感。西药在运输和储存中的问题是防止它与空气中的水蒸气和氧气发生化学反应而使药品变质失效,还要防止光亮和温度升高而加快这类化学变化,因此要将药品放在阴凉的环境下保管。不论是中成药还是西药,药品都有内包装。药品内包装又可分为个包装和中包装。药品个包装形式很多,如小袋、小瓶、泡罩包装、真空包装等,包装材料大多为塑料和玻璃,药品的中包装大多采用纸盒,新兴的中包装也有收缩包装等。

第四节 防护包装的设计方法

防护包装的设计方法不同于我们所熟悉的机械和房屋设计,它的设计方法不是以理论计算为主,而是以防护包装理论为基础、以包装标准为依据、以实验室试验为主要手段,是一种理论与实践相结合的实用型设计方法。之所以如此,是因为以下三个原因。①防护包装要保护的是各种各样的工农业产品。这个课题涉及的知识面过于广泛、涉及的问题过于复杂,包装科技人员不可能有如此渊博的学识,能透彻了解各种各样工农业产品的产品特性。②防护包装设计需要掌握必要的包装专业知识,如包装材料、包装防护原理、包装结构设计、包装容器制造、包装工艺与设备、包装测试技术、包装装潢与造型等,工农业产品设计人员不熟悉这些包装专业知识,因而是不能在完成产品设计的同时完成产品的包装设计的。③常用的包装容器,如箱、桶、袋、盒、瓶等,从工程力学的角度看,结构过于复杂,而且所受的力又是一些随机的动载荷,其强度计算的广度和深度远远超过理论力学和材料力学的范畴,理论计算必然会涉及工程力学的各个方面,而且难以得到准确的结果。

一、以防护包装理论为基础

各类产品的防护包装理论研究产品特性、流通环境、流通环境对产品的作用及产品损坏的形式与机理,以及防止产品损坏的条件与方法,是研究和设计防护包装的理论基础。没有这个基础、不了解各类产品防护包装的基本原理,不可能设计出这些产品的合理的防护包装。防护包装原理称得起是一门学问,其研究范围之广泛、涉及问题之复杂,在工科各专业中是少见的。防护包装理论理论性很强,没有必要的基础知识,如数学、物理、化学、工程力学、包装动力学、包装生物学基础,是难以掌握这门学科的。

设计防护包装不但要有必要的理论基础,而且要有必要的专业知识,即防护包装设计是防护原理与包装技术的结合。在设计防护包装时,必须将包装工程专业的各门专业知识有机地综合运用到设计中去,只有这样才有可能设计出高水平的防护包装。工农业产品种类繁多,性质各异,对这些专业知识的应用不可能作出机械的统一规定。“有机的”意思是灵活

运用,而且恰到好处。“高水平”的意思是设计出的防护包装能达到“既安全又经济”的目标。具体地说,就是设计出来的防护包装既能有效地保护产品,又能将包装费用降低到最大限度。防护包装既有外包装,又有内包装,但大多是内包装,而且大多是销售包装。所以,在强调“安全、经济”的同时,还要强调包装的装潢与造型,即设计出能美化和宣传内装产品的防护包装。

二、以包装标准为设计依据

防护包装不是通过理论计算,而是以包装标准作为设计依据。所以,在学习防护包装的具体内容之前,先要了解包装标准,在学习的过程中熟悉和掌握包装标准。只有这样,才能培养和不断提高设计防护包装的能力。

1. 包装标准

自然界的任何客观存在的事物都不是孤立的,各种事物之间是相互关联、相互依存和相互制约的。针对一事物的特性,找出对该事物发展过程起决定性作用的关键性因素,对这些关键因素作出限制性规定,并将这些规定为标准,使之在相关事物之间建立起稳定而又协调的关系,从而为该事物的发展创造必要的内部条件和外部条件。现以危险化学品包装为例说明上述概念。与危险品包装相关的单位有:危险品生产厂家,包装容器与材料的生产厂家,公路、铁路、海运等运输企业以及购买这些危险品的消费者(收货人)。对危险品包装发展起决定性作用的关键性因素是:危险品的性质,危险等级,包装材料的种类,包装容器的形状、结构、规格和技术要求,危险品包装能不能达到技术要求的检验与试验方法等。由国家机关,主要是国家标准局对这些关键性因素作出限制性规定,并将其颁布就称为标准。这些标准就能协调上述四方的关系,为危险化学品包装的发展创造必要的内部条件和外部条件。

保护产品、防止产品损坏是防护包装的基本功能,也是流通过程对防护包装的基本要求。防护包装能不能保护产品、防止产品损坏要从两方面分析:一是包装质量的好坏,二是流通环境的好坏。同样的防护包装,流通环境好,就能将产品安全而又顺利地输送到消费者手中;流通环境差,产品就有可能在流通过程中损坏,或者在流通过程的某些环节造成麻烦甚至发生事故。谈到包装质量,情况也是这样。所以,防护包装标准包括包装质量标准和流通环境标准。

防护包装标准种类很多,有包装材料标准,包装容器标准,产品包装方法标准,包装测试标准,包装检验标准等。将这些标准汇编成册,都是一些大部头的专著,共有十余册。了解和熟悉这些包装标准,绝非易事。制订和提出这些包装标准难度更大,研究和解释这些包装标准已成为一门大学问。

2. 制订包装标准的依据和方法

产品的防护包装和货物运输是具有高度重复性的事物。通过长期的生产实践,人们对产品的防护包装和货物运输已有深刻的感性认识,积累了丰富的实践经验。例如,人们通过生产实践知道,包装瓷器要用缓冲材料,而且要捆紧,装入包装容器后要填实,避免产品在运输途中相互碰撞。现代的公路、铁路、内河、海运都有多年乃至数百年的历史。人们一次又一次看到货物在流通过程中的损坏,一次又一次看到由于包装不善而在流通过程中造成的事故,有些还是惨痛的伤亡事故。这些实践经验就是制订包装标准的重要依据。只有实践经验,没有科学依据,不可能搞清产品损坏的机理,也不可能对防护包装进行科学分析,所以包装科学技术原理是制订包装标准的另一个重要依据。在包装科学技术原理的指导下,对产品防护包装和流通过程进行广泛的现场调查,总结生产实践经验,再在包装科学技术原理的

指导下研究和制订包装标准，这是制订包装标准的基本方法。研究和制订包装标准的人员包括产品设计和生产的科技人员，包装设计和生产的科技人员，公路、铁路、海运和航空等运输企业的货运科技人员。因为研究和制订包装标准集中了各相关专业的科学技术原理和国内外的生产实际经验，所以包装标准具有权威性，能为各方所接受。

包装标准涉及许多方面的利益。以危险化学品包装为例，它涉及危险品生产厂家、包装生产厂家和购买危险品的消费者的利益，还涉及公路、铁路、内河、海运等运输企业的利益。包装标准是在有关各方充分协商的基础上制订的。既安全又经济，是制订包装标准必须遵循的基本原则。如果执行包装标准不能取得最佳的经济效果，这样的标准在有关各方是很难接受和贯彻的。