

包装机械原理与设计

杨良渠 杜 力 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

包装机械原理与设计 / 杨良渠, 杜力主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2014.9
ISBN 978-7-5643-3384-3

I. ①包… II. ①杨… ②杜… III. ①包装机—机械
设计—教材 IV. ①TB486

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 205333 号

包装机械原理与设计

杨良渠 杜力 主编

责任编辑	李芳芳
助理编辑	罗在伟
特邀编辑	李伟
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	成都中铁二局永经堂印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	25.5
字 数	635 千字
版 次	2014 年 9 月第 1 版
印 次	2014 年 9 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3384-3
定 价	52.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

“包装机械原理与设计”是高等院校包装工程及相近专业的核心课程。本书按照现代包装机械的体系和特点,根据教育部印刷包装教学指导委员会包装工程本科专业规范的最新要求,依据新修订的包装机械国家标准编制而成。全书以包装机械的组成、工作原理及典型包装执行机构的设计为授课重点,主要讲述了常用典型包装机械的组成、工作原理、传动系统、控制系统和包装执行机构等,重点介绍了包装材料与包装物品供送机构、包装物料计量和供送机构、包装机械执行机构等,同时介绍了包装机的总体设计、包装机传动系统设计和支承件设计等基本方法。

本教材共分 10 章,分别为包装机械概论、供送、计量、主传送、传动、裹包、袋装、灌装、卷封、包装机械总体设计。本教材题材来源广泛,设计论述深入浅出,特别注意与机械原理、机械设计相结合,用大量篇幅介绍了各种典型包装机械的工作原理,通过理论及公式推导,全面展示了各种包装机械的共性及关键技术问题,增强了培养包装机械的设计能力。因此,该教材不仅可作为包装工程、轻工机械等相关专业本科学生、研究生的教学参考资料,也可以作为包装及轻工机械领域工程技术人员的技术资料。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者
2014 年 6 月

目 录

1 绪 论	1
1.1 现代包装体系的形成	1
1.2 包装机械的组成及分类	3
1.3 包装机械的特点及作用	6
2 供 送	8
2.1 块体供送装置	8
2.2 散体供送装置	40
2.3 板片、卷带供送装置	53
3 计 量	71
3.1 计量方法与参数分析	71
3.2 间歇式斗秤	87
3.3 连续式皮带秤	100
3.4 物重选别机	109
4 主传送	113
4.1 概 述	113
4.2 转位及定位机构的设计	122
4.3 主传送系统的综合设计	131
5 传 动	158
5.1 传动系统的组成、分类及设计准则	158
5.2 随机调速连续传动系统的设计	166
6 裹 包	191
6.1 概 述	191
6.2 半角转动法	195
6.3 作往复运动的裹包执行机构的设计	206
6.4 作平面曲线运动的裹包执行机构的设计	249
7 袋 装	253
7.1 概 述	253
7.2 制袋成型器的设计	260

7.3	纵封器的设计	275
7.4	横封器的设计	279
7.5	加热封口方法	296
7.6	切断装置	299
7.7	料袋牵引装置	300
8	灌 装	304
8.1	灌装与定量的基本方法	304
8.2	灌装机的总体结构	308
8.3	灌装阀的典型结构	319
8.4	灌装机基本参数的计算	334
9	卷 封	353
9.1	刚性、半刚性容器的封口形式及封口机械	353
9.2	卷封机构的运动设计	358
9.3	卷封力的计算	378
9.4	卷封机构的运动相位及其调整	385
10	包装机械的总体设计	390
10.1	包装机械设计的基本要求	390
10.2	包装机械设计的步骤	392
10.3	包装机械设计的总体布局	397
	参考文献	400

1 绪 论

1.1 现代包装体系的形成

随着商品经济的发展、消费水平的提高和现代化军事的需要，产品包装已成为生产的一个重要环节。追求包装的多样化、科学性、艺术性和经济性，基本上反映了这个时代的潮流。这就出现了一种新概念——包装，包装本身就是一门学科。如果没有科学的包装，根本谈不上商品的生产与销售，同时包装也离不开工业、农业和科学技术综合协调的发展，以及各种先进技术在包装领域中的渗透作用。

现代包装的基本功能大体上包括保护商品、便于使用和促进销售 3 个方面。

图 1.1 为现代包装体系构成原理图。

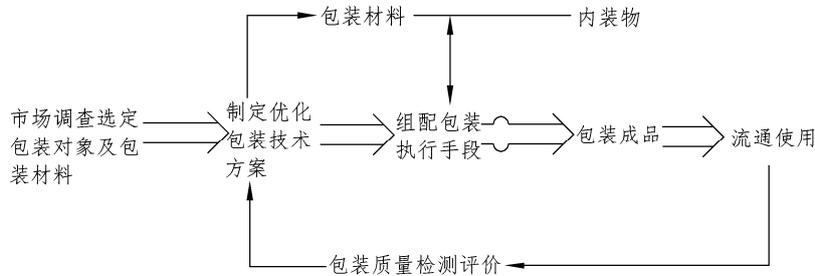


图 1.1 现代包装体系构成原理图

由图 1.1 可以看出，包装机械已成为现代工业体系的主要支柱之一，发挥了强有力的包装执行手段，且其所处的突出地位日趋明显，故包装机械化、自动化的程度高低是衡量一个国家包装工业水平的重要标志。一些科学技术发达的国家几乎所有部门都已不同程度地实现了原料处理、中间加工和产品包装所组成的机械化与自动化生产过程，有的还延伸到包装制品加工及包装成品的储存系统，因此，提高了产品质量和劳动生产率，开发了手工难以完成的新品种。故此，国际学术界公认的“包装工程学”诞生了，它包括包装材料、工艺、机械、系统自动化控制、测试、印刷、管理、经济、市场学等。这门综合性学科的各个分支是相辅相成的，且共同促进。反过来又为现代包装体系和现代设计方法的健全发展打下坚实的基础。图 1.2 为包装工程学的系统图。

就包装机械而言，它应属于一种特殊的专业机械，是完成全部或部分包装过程的执行手段，包装的实际需要决定它的生存价值。从系统工程观点看，新开发出来的包装机械设备并不一定是完全合格的产品，必须投放市场和用户通过包装工程领域长期生产实践的检验和考验，才能逐步完善。这种“两栖性”说明，根据包装基本要求和包装机械整体功能，将包装工艺、材料及容器、包装技术有机结合，仍是不断开拓包装机械使之保持旺盛生命力的根本途径。

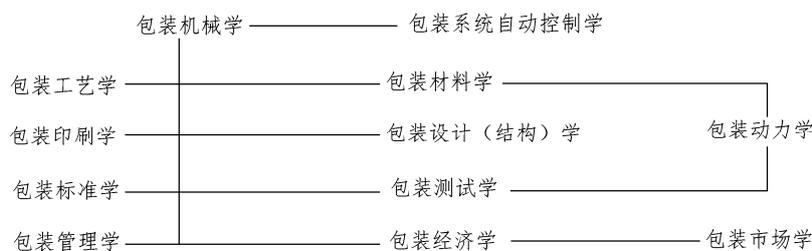


图 1.2 包装工程学的系统图

迄今，以科技和工业发达的国家为主体，已在全球建立了独立完整的包装体系，尤其是包装机械工业得到了稳定的增长。日本、德国、美国、意大利被公认为“现代包装机械四大强国”，它们共生产了占世界约 3/4 的包装机械。至于中国，近 30 年的奋起直追，终于也成为“四强”之后另一个包装机械生产大国，但在品种、质量、档次上与这些国家尚存在不少差距，有待继续努力。

这里有一个值得深思的问题，第二次世界大战结束后，战败的日本在包装机械方面几乎是空白，但未到半个世纪，日本竟超过美国、德国，一跃成为“世界包装机械第一强国”。其原因在于，日本采用了科技振兴策略，善于引进国外先进技术，有效地进行引进、消化、吸收、创新工程的研究，走创新之路。

众所周知，人才是关键。尽管日本国内目前还没有一所大学设置包装工程专业或包装机械之类的专业，但却能凭借自己强大的机械工程、电子工程、化学工程等雄厚实力，加上特有的人才培养使用模式，于 1971 年首先向世界宣告机电一体化这个新概念，同时付诸实施，陆续研制出用微机控制的多种新型自动机和自动线，也包括一大批柔性的包装机和包装线。

机电一体化是指机械技术与电子技术的交叉融合，借助信息传递构成以微机为核心的机电控制系统，体现了复合技术独特的整体功能及突出优势，给机械工程、电子工程带来了革命性的变化。以下为几种以微机为核心的机电控制系统。

(1) 微机控制组合秤。

该装置由多个秤斗组成，根据每组所取秤斗个数及相应的秤斗组合总数，借助微机系统进行分组同步计量，并从中自动选出接近或略大于标定值的最佳计算值作为物料的输出量。因此，对某些价值较高的粗颗粒或小块状等散体物料可实现高精度、高速度的称重包装，而这恰是一般机械式组合秤所无法达到的。

(2) 微机控制喷墨印刷机。

该印刷机能对连续运动的承印物实现高速非接触的图文印刷。近年来技术水平又有提高，由同步型单色向异步型多色方向演变，加上机体轻巧、安置方便，更增加了生产线的搭配活力，与其他接触式印刷相比，别具特色。

(3) 微机（单片机）控制的啤酒生产线。

啤酒生产线的进瓶、洗瓶、灌装、压盖、贴签、装卸箱都由微机控制，既安全又准确，在包装领域应用广泛。

就包装机械学而言，整机造型与装潢设计也愈来愈受到人们的重视，这不单涉及设备的外观造型问题，同时也关系到人机相互作用的科学性及机械结构的合理性。如美国最先开发的接缝式裹包机（又称卧式枕形包装机），经数十年考验仍保持较强的生命力，原因就在于它

具有独特的包装形式、先进的包装工艺、通用的包装功能、巧妙的结构设计和美观的总体造型，加上采用新技术精益求精，以致能很好地满足多行业、多品种包装的实际需要。

1.2 包装机械的组成及分类

1.2.1 包装机械的概念

国家标准 GB/T 4122.2—2010《包装术语 第2部分：机械》中对包装机械所下的定义是：完成全部或部分包装过程的机器，包装过程包括成型、充填、裹包等主要包装工序，以及清洗、干燥、杀菌、贴标、捆扎、集装、拆卸等前后包装工序，转送、选别等其他辅助工序。

1.2.2 包装机械的组成

包装机械属于自动机范畴，它的种类繁多，结构复杂，新型包装机械不断涌现，很难将它们的组成分类。但通过对大量包装机械的工作原理和结构性能进行分析，可找出其组成的共同点。包装机械由动力系统、传动系统和执行系统等组成。为了便于掌握和研究包装机械的工作原理与结构性能，通常又将包装机械分成下列组成部分。

(1) 包装材料的整理与运送系统。该系统是将包装材料（包括刚性、半刚性、刚性包装材料和包装容器及辅助物）进行定长切断或整理排列，并逐个输送到预定工位的系统，如糖果包装机中包装纸的运送、切断机构。有的系统在运送过程中还能完成制袋或包装容器的竖起、定型、定位等工作，有的封罐机的运送系统还可完成罐盖的定向、运送等工作。

(2) 被包装物品的计量与运送系统。该系统是将被包装物品进行计量、整理、排列，并输送到预定工位的系统。有的还可完成被包装物品的定型、分割。如饮料灌装机的计量和液料运送系统，饼干包装机的饼干整理、排列和运送系统。

(3) 主运送系统。该系统是将包装材料和被包装物品由一个包装工位顺序传送到下一个包装工位的系统。单工位包装机械没有运送系统。

全部包装工序在包装机械上往往分散成几个工位来协同完成运送包装材料和被包装物品，直到把产品输出。主运送机构的形式影响其外形，所以必须有专门的机构来运送包装材料和被包装物品，直到把产品输出。

(4) 包装执行机构。包装执行机构是直接完成包装操作的机构，即完成裹包、灌装、封口、贴标、捆扎等操作的机构。如糖果裹包机的前、后推糖板，折纸板，糖钳手和扭结手等组成的机构就是包装执行机构；封罐机中的两道卷封滚轮也是包装执行机构。

(5) 成品输出机构。成品输出机构是把包装好的产品从包装机械上卸下、定向排列并输出的机构。有的包装机械的成品输出是由主运送机构完成的或是靠包装产品的自重卸下的。

(6) 动力机与传动系统。动力机是机械工作的原动力，在现代工业生产中通常为电动机。传动系统是指将动力机的动力与运动传给执行机构和控制系统，使其实现预定动作的装置。传统系统通常由传动零件，如带轮、齿轮、链轮、凸轮、蜗轮、蜗杆等组成，或者由机、电、液、气等多种形式的传动组成。

(7) 控制系统。控制系统由各种手动、自动装置组成。在包装机械中从动力的输出、传动机构的运转、包装执行机构的动作和相互配合以及包装产品的输出，都是由控制系统指令操纵的。它包括包装过程、包装质量、故障与安全的控制。

现代包装机械的控制方法除机械形式外，还有电气控制、气动控制、光电控制、电子控制和射流控制，可根据包装机械的自动化水平和生产要求选择。

(8) 机身。机身用于安装、固定、支承包装机械所有的零部件，满足其相互运动和相互位置的要求。因此，机身必须具有足够的强度、刚度和稳定性。

图 1.3 为包装机械的组成方框图，它表明了包装机械各基本工作系统的相互作用关系。由此，可深入分析各种类型的包装机械的结构和工作原理，找出它们之间的共性和特性，更科学地从事研究、设计和使用。

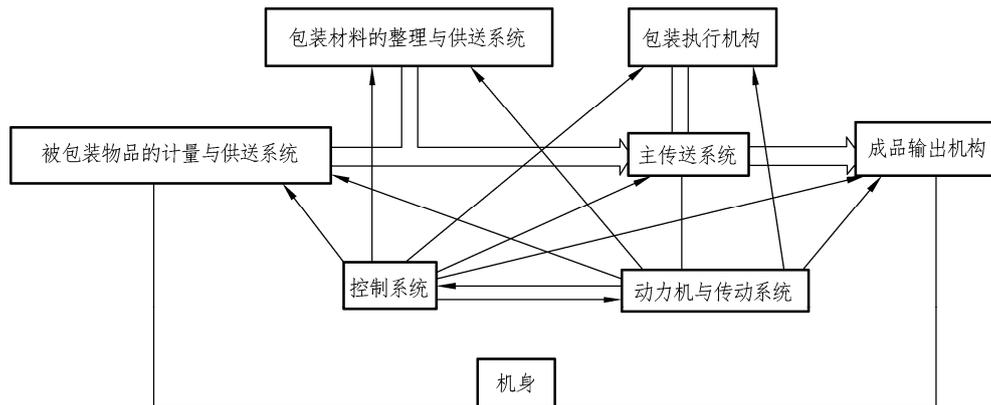


图 1.3 包装机械的组成方框图

1.2.3 包装机械的分类

包装机械的分类方法从不同的观点出发可有多种，按产品形态分，有液体、散粒体包装机械等；按产品种类分，有饮料、片剂包装机械等；按容器类型分，有铝罐、纸盒包装机械等；按包装行业分，有食品、医药包装机械等；按包装作用分，有内包装机械、外包装机械等。此外，还可按包装工位的多少，分为单工位、多工位包装机械等；按包装品种多少及设备适应能力，分为专用、多用、通用包装机械等（多用包装机械的一个特点是包装多品种时必须更换有关工作构件）；按全机自动化程度，分为半自动、全自动包装机械等（凡能全部自动完成包装工艺操作和包装辅助操作的，才称为全自动包装机械）。

上述分类方法虽各有其特点及适用范围，但有的局限性很大，已满足不了时代要求。最明显的例子是，现有不少食品包装机械既可用于本行业，也可用于其他行业。

从当前国际上颁布的有关标准来看，以包装机械主要功能作为分类基准比较科学，能抓住事物本质，有助于明确不同类型包装机械各自所应完成的包装工艺过程及其适用范围，更好地指导生产实践活动。

根据这一准则，选择一些有代表性的机种（其术语含义详见有关国家标准），列出如下包装机械分类体系表，供参考。

充填机械 { 容积式充填机械(量杯式、插管式、柱塞式、螺杆式、料位式、定时式、计量式、气流式等)
称重型充填机械(间歇式、连续式、称重-离心等分式、单秤斗称重式、组合式、连续式等)
计数式充填机械(单件计数式、多件计数式、定时计数式、转盘计数式、履带式计数式等)

封口机械 { 无封口材料封口机械(热压式、冷压式、折叠式、插合式、熔焊式等)
有封口材料封口机械(压合式、旋合式、滚纹式、卷边式、压盖式、压塞式等)
有辅助封口材料封口机械(黏接式、胶带式、缝合式、钉合式、结扎式等)

裹包机械 { 全裹式裹包机械(扭结式、接缝式、覆盖式、贴体式等)
全裹、半裹式裹包机械[折叠式、收缩式(含接缝收缩式)、拉伸式、缠绕式(含拉伸缠绕式、现场发泡设备等)]

灌装机械(负压灌装机、常压灌装机、压力灌装机)

多功能包装机械 { 充填封口机械
成型充填封口机械(袋成型、瓶成型、箱盖成型、泡罩成型、熔融成型、冲压成型、热成型等)
定型充填封口机械(开袋、开瓶、开箱、开衬袋盒等)
真空包装机械(含充填封口)
真空冲气包装机械(含充填封口)
冲压成型包装机械(含充填封口)

集装与拆卸机械 { 单元货载机械[捆扎机(含压缩捆扎)、捆结机(含压缩捆结)、堆码机(有托盘、无托盘)]
集装件拆卸机械(拆开、卸下、分离)

包装材料制造机械 { 瓦楞纸生产线(芯板机、裱胶机、分纸机、压痕机、切口机、开槽机、钉箱机、瓦楞机等)
吹塑机械(薄膜吹塑机、挤出吹塑机、拉坯吹塑机、多层吹塑机等)

包装容器制造机械 { 制盖机械(皇冠制盖机、玻璃盖圆边机、旋开盖制盖机、易开盖制盖机、塑料盖制盖机、铝塑盖制盖机)
制瓶机械(成型制瓶机)
制罐机械(二片制罐机、三片制罐机、纸质复合罐生产线、螺旋卷绕制罐机、四旋卷绕制罐机、异型罐制罐机)
制桶机械(纸桶机组、纸碗机、纸杯机、纸罐机、纸管机)
制箱制盒机械(纸盒机、瓦楞纸箱成型机、纸浆模塑机)
制袋机械(纸制水泥袋机、薄膜袋自动封切机、阀式包装袋机、多层纸袋制袋机、塑料袋制袋机、编织袋制袋机)

捆扎机械(机械式捆扎机、液压式捆扎机、气动式捆扎机、穿带式捆扎机、捆结机、压缩打包机等)

无菌包装机械(砖形无菌包装机、枕形无菌包装机、三角形无菌包装机、屋形无菌包装机、大袋无菌包装机等)

贴标机械(黏合贴标签机、订标签机、挂标签机、收缩标签机、套标机、不干胶标签机、黏合式贴标机)

清洗机械(干式、湿式、机械式、电解式、超声波式、电离式、组合式等)

干燥机械(机械式、加热式、化学式、真空式等)

杀菌机械(加热式杀菌、化学杀菌、电离式杀菌、超声波杀菌、高温杀菌等)

辅助包装装置与设备(如资料供给装置、打印装置、涂胶装置、电磁振动给料装置、计量装置、温度

自动控制装置、异物剔除装置、质量检测装置、真空装置、充气装置、输送装置、中间储存装置、位置变换装置、开袋机、开箱机、隔板插入机、物重选别机、现场发泡设备、废弃物加工设备、手动封口器、手动捆扎器、手提滚印器、手提喷风器等)

在此，充填机的分类略作说明：专门用来充填液体产品的机器，特称之为灌装机。其计量方法及工作原理与半流体、散粒体、成件物品完成充填过程所需的机器具有不同的特点。

1.3 包装机械的特点及作用

1.3.1 包装机械的特点

包装机械既具有一般自动机的共性，也具有其自身的特点。包装机械的主要特点如下：

(1) 大多数包装机械结构复杂，运动速度快，动作精度高。为满足性能要求，对零部件的刚度和表面质量等都有较高的要求。

(2) 用于食品和药品的包装机要便于清洗，与食品和药品接触的部位要用不锈钢或经化学处理的无毒材料制成。

(3) 进行包装时的作用力一般都较小，所以包装机的电动机功率较小。

(4) 包装机一般都采用无级变速装置，以便灵活调整包装速度、调节包装机的生产能力。因为影响包装质量的因素很多，如包装机的工作状态（机构运动的状态，工作环境的温度、湿度等）、包装材料和包装物的质量等。所以，为便于机器的调整，满足质量和生产能力的需要，往往把包装机设计成无级可调的，即采用无级变速装置。

(5) 包装机械是特殊类型的专业机械，种类繁多，生产数量有限。为便于制造和维修，减少设备投资，在各种包装机械的设计中应注意标准化、通用性及多功能性。

1.3.2 包装机械的作用

现代工业生产，如食品、医药、日用品、化工产品、电子产品等生产中，主要包括三大基本环节，即原料处理、中间加工和产品包装。包装是工业生产中相当重要的环节。包装机械是使产品包装实现机械化、自动化的根本保证，因此，包装机械在现代工业生产中起着相当重要的作用。

(1) 大幅度提高生产效率。如啤酒灌装机的生产率可高达 36 000 罐/h，这是手工灌装无法比拟的；又如蛋形巧克力的包装，用手工包装每人每班可包装 20 kg，而用机械包装每人每班可包装 250 kg 以上。

(2) 降低劳动强度，改善劳动条件。如手工包装糖果，一个工人 8 h 要重复动作 80 000 多次；再如人工袋装化肥，粉尘飞扬，污染环境等。如果广泛采用包装机械代替手工包装，不但能将包装工人从繁重的体力劳动中解放出来，而且还大大改善了工人的劳动条件。

(3) 保护环境，节约原材料，降低产品成本。手工包装液体产品时，易造成产品外溅；包装粉状产品时，往往造成粉尘飞扬，既污染环境，又浪费原材料。采用机械包装能防止产品的散失，既保护了环境，又节约了原材料。

(4) 有利于被包装产品的卫生，提高产品包装质量，增强市场销售的竞争力。有些产品的卫生要求很严格，如药品、食品等，采用机械包装，避免了人手和药品、食品的直接接触，减少了对产品的污染。同时，由于机械包装速度快，食品、药品在空气中停留的时间短，从而减少了污染机会，有利于食品和药品的卫生。

另外，由于包装机械的计量精度高，产品包装的外形美观、整齐、统一、封口严密，从而提高了产品包装的质量，提高了产品销售的竞争力，可获得较高的经济效益。

(5) 延长产品的保质期，方便产品的流通。采用真空、换气、无菌等包装机械，可使食品和饮料等的流通范围更加广泛，延长了食品的保质期。

(6) 可减少包装场地面积，节约基建投资。当产品采用手工包装时，由于包装工人多，工序不紧凑，所以包装作业占地面积大，基建投资多；而采用机械包装，产品和包装材料的供给比较集中，各包装工序安排比较紧凑，因而减少了包装的占地面积，可以节约基建投资。