

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和销售，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。

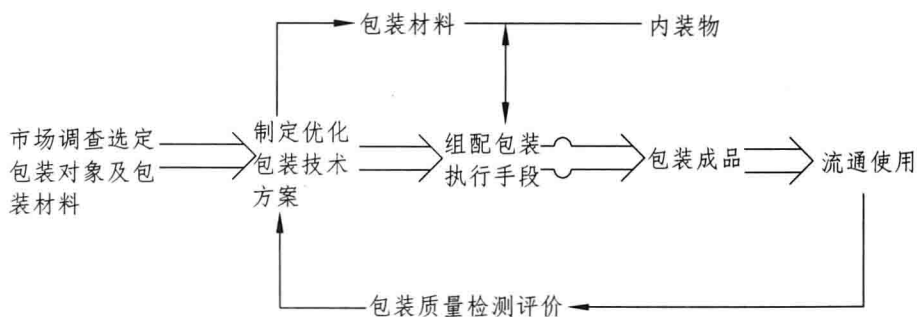


图 1.1 现代包装体系构成原理图

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就是完全合格的产品，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。

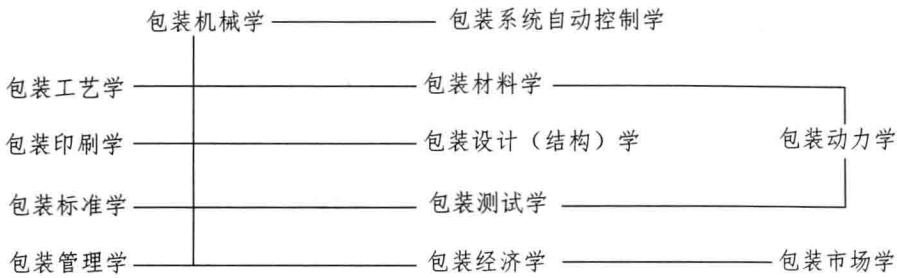


图 1.2 包装工程学的系统图

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。

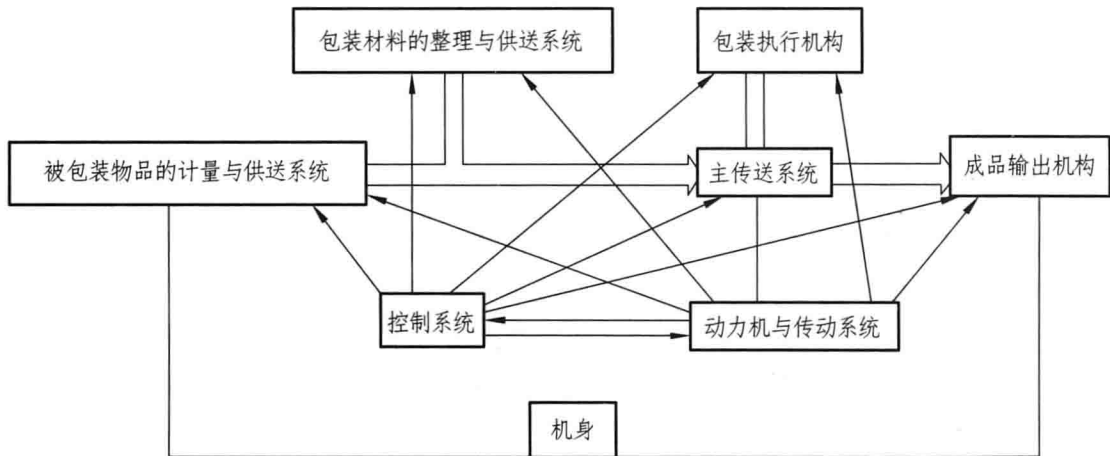


图 1.3 包装机械的组成方框图

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、螺旋卷绕制缺罐机、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。

2 供 送

包装机械的供送对象一般是指包装产品、包装容器、包装材料等。

这些对象不仅大小、形态、性质各异，而且初始给料方式和送至包装工位的要求也不尽相同，需要配备相应的供送系统才能实现良好的工艺效果。因此，供送系统是现代包装机械不可缺少的组成部分。

本章列举典型实例扼要阐述块体、散体、板片和卷带等供送装置（或机构）的基本类型、适用范围、选型依据及有关设计知识。

2.1 块体供送装置

块体供送装置所供送的对象，大多是整体排列并能借某种供送方式进行单个给料或多个集积给料的大、中型块状物品。

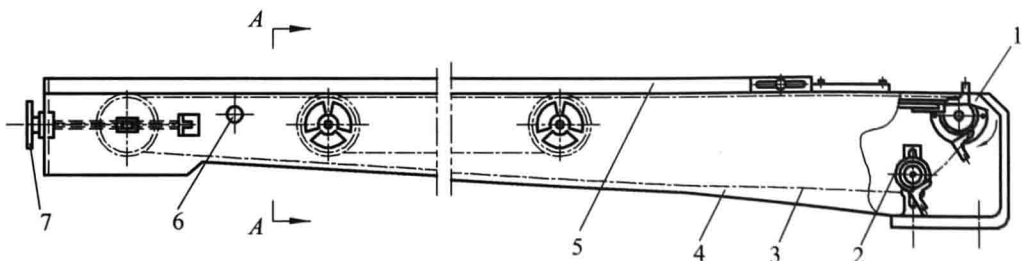
具体而言，裹包机所包装的产品，绝大多数是单件或多件集合而成的块状物品。在包装作业线中，前、后机之间物品的输送、换向、排列组合以及单机内部物品移动等，需要用各式各样的机构或装置完成。这就提出了如何设计块体供送装置的问题。

设计基本要求：在工作过程中，要适当控制被供送物件的线路、排列、间距、状态和速度等，以满足确定的工艺条件、生产能力及布局要求。

2.1.1 常用块体送供送装置

2.1.1.1 链带式供送装置

图 2.1 是接缝式裹包机（俗称卧式枕形裹包机）的高速链带进料装置，由输送链带、张紧轮和拦板等组成。



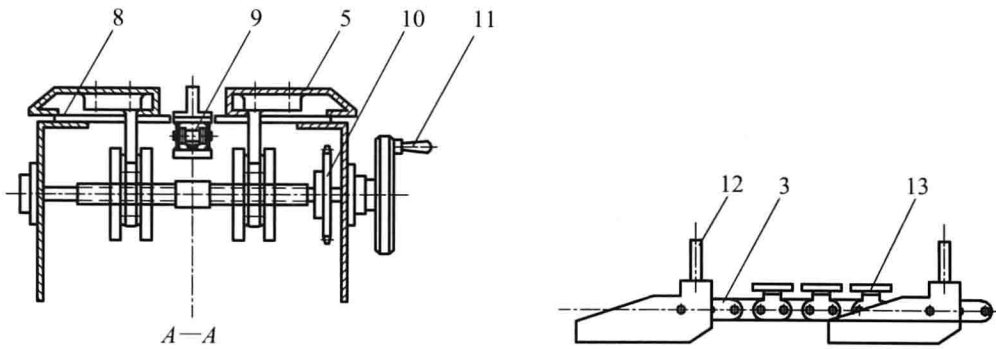


图 2.1 高速链带供送装置

- 1—主动链轮；2—导向轮；3—输送链带；4—机架罩壳；5—栏板；6—紧急停车按钮；
7—链带张紧手轮；8—台面板；9—链条导轨；10—联动链轮；
11—调节手轮；12—推头；13—托板

图 2.1 是 BZ-801A 型裹包机的高速链带供送装置，它的输送链带 3 是特制的，在链带的链板上铰接一定数量的推头 12 和托板 13，在推移过程中必须借助固定导轨或台面板来定向，到推头移到终点时，使其脱离约束而绕链上销柱偏转滑下，以免碰伤物品，供送终点靠近卷封薄膜成型器，然后汇流进行枕型裹包热封和切割。

图 2.2 为低速链带供送装置，由于供送对象直接与工作台面接触，故要求有一定的耐磨性。它的推头也与链板铰接在一起。

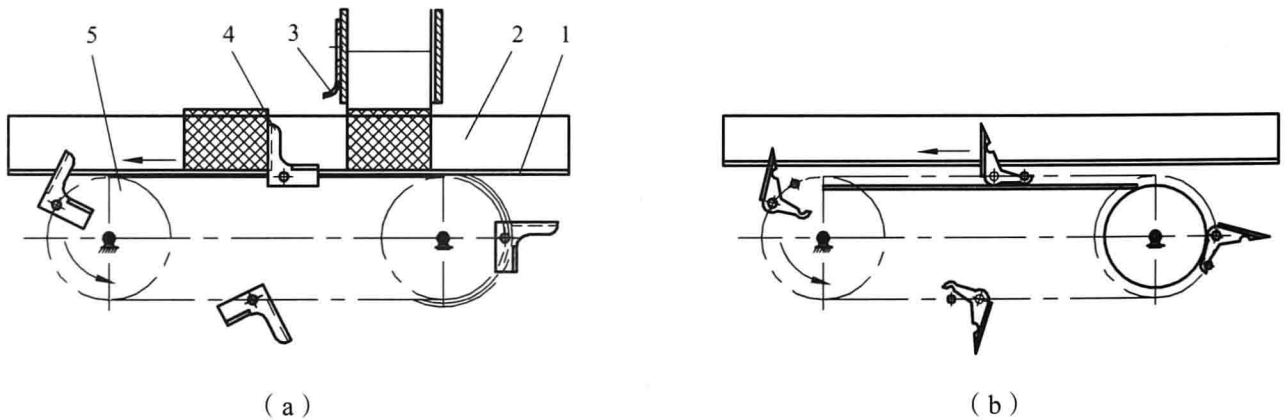


图 2.2 低速链带供送装置

- 1—台面板；2—栏板；3—料库活门；4—输送链推头；5—主动链轮

上述几种类型所用链带都是同链片铰接在一起，在推移中必须借助固定导轨或台面板来定向。

2.1.1.2 推板式供送装置

图 2.3 为 BZ-802 高速自动包装机的推板式多件集积推料装置，如包装一条香烟最外一层玻璃纸，将 10 包香烟装成一条，当被包装的香烟沿台面板送到工作区积满数时，由微动开关发出信号驱动曲柄摇杆机构 5，使推板 1 和推板 2、3 组成的连杆滚轮组合导轨作封闭曲线运动，完成折纸裹包。

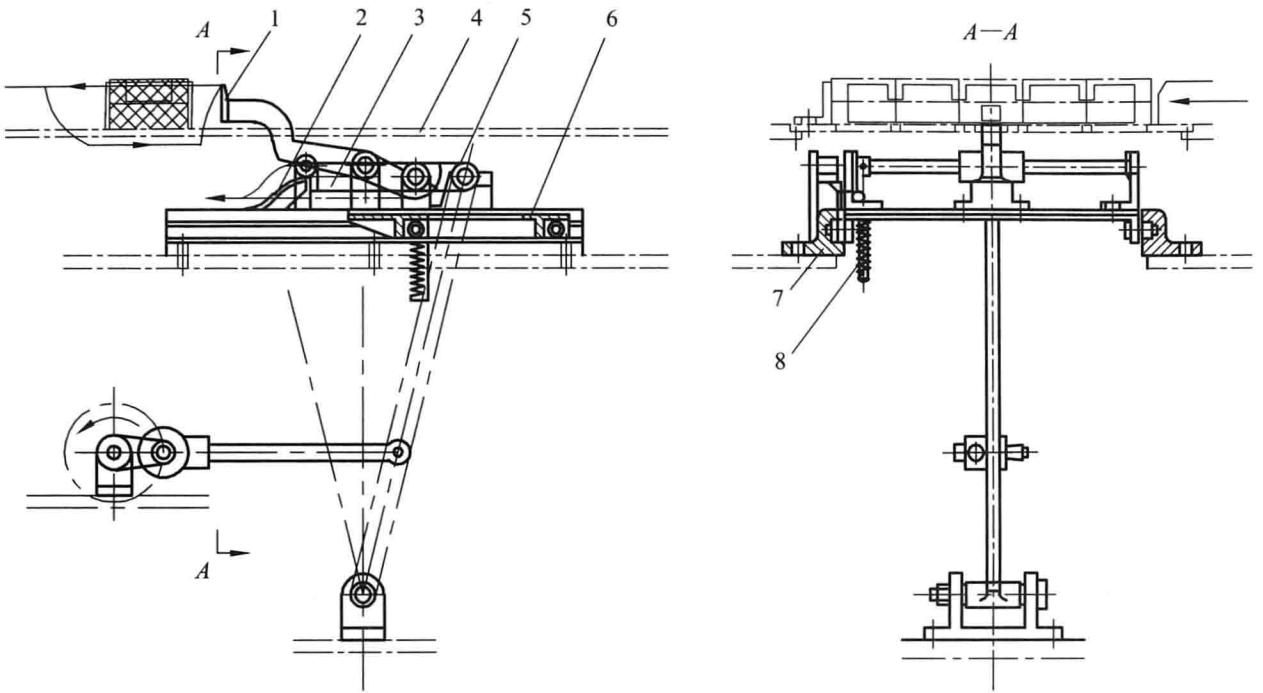


图 2.3 多件集积推料装置

1—推板；2, 3—推板连杆滚轮的组合导轨；4—台面板；5—曲柄摇杆机构；
6—联动托板；7—托板滚轮的直线导轨；8—复位弹簧

图 2.4 为推板式水平步进推料装置，由双曲柄滑块机构 10，滑块 6、7 和凸轮摆杆 4 铰接推板 2 组成，所有推板 2 的轨迹完全相同，最右边的一个还兼有执行裹包的作用。

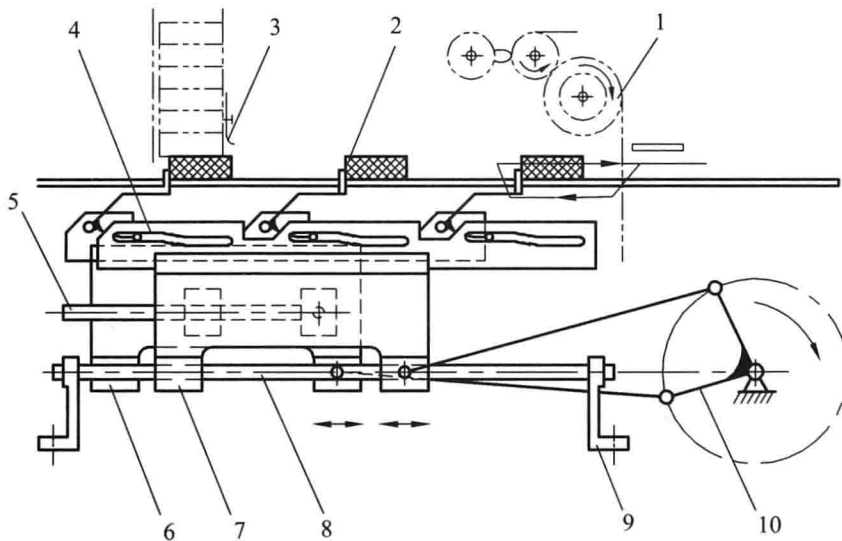


图 2.4 水平步进推料装置

1—送纸辊；2—推板；3—料库活门；4—凸轮摆杆；5—内导杆；6, 7—滑块；
8—双导轨；9—支座；10—双曲柄滑块机构

图 2.5 为推板式斜向步进推料装置，推板 2 由锯齿形推头按一定数目纵横分布构成一个整体，主动偏心轮 4 的外圈上附加一拉伸弹簧，使竖立摇杆 3 上端的滚轮始终与盘凸轮 5 的随动压杆 6 保持接触。这样，主轴每转一圈，锯齿形推头便沿着各自的封闭曲线轨迹作一次循环运动，将块状物品（如火柴盒、香皂）向前推进一段距离。

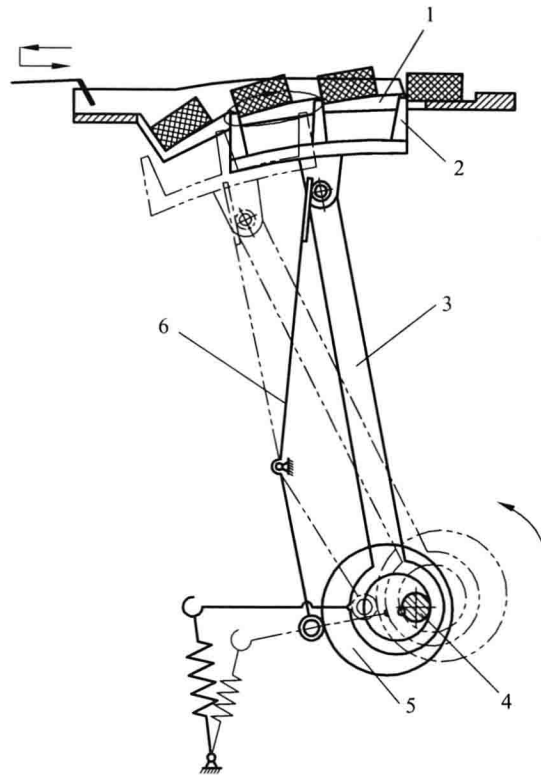


图 2.5 斜向步进推料装置

1—阶形通道；2—齿形推板；3—摇杆；4—主动偏心轮；5—盘凸轮；6—随动压杆

2.1.1.3 动梁式送料装置

图 2.6 为双曲柄式动梁送料装置，动梁 4 与定梁 3 等长，动梁作等速的正圆平动。两梁均有等间距的 V 形槽，用来支撑和拖动被供送的圆柱形或长条形（干电池、安瓿瓶）物件。由于物件是作间歇的圆弧运动，故要适当控制主动曲柄转速，以减缓起落时所产生的冲击力。

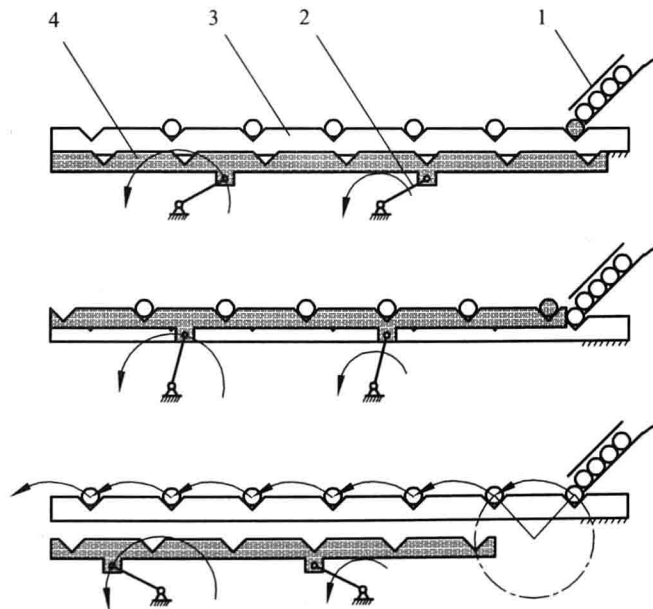


图 2.6 双曲柄式动梁送料装置

1—料槽；2—主动双曲柄；3—定梁；4—动梁

若保持槽间距一定而改变被供送物件的动停比，则应调整两曲柄 2 的回转半径及动梁的上下位置。故这种机构比较灵活，而且动梁作圆形封闭曲线运动。

2.1.1.4 拨轮式供送装置

图 2.7 为星形拨轮供送装置，是专为瓶子之类多件包装提供的连续供送装置，主要由齿形拨轮 1、星形拨轮 3、输送链带 2、主传送链带 4 及固定导轨 5 组成。根据物件形体大小及盒子外廓尺寸，必须更换相适应的星轮和推头，同时调整各传送链带上分立挡板和分立夹板的工作间距。

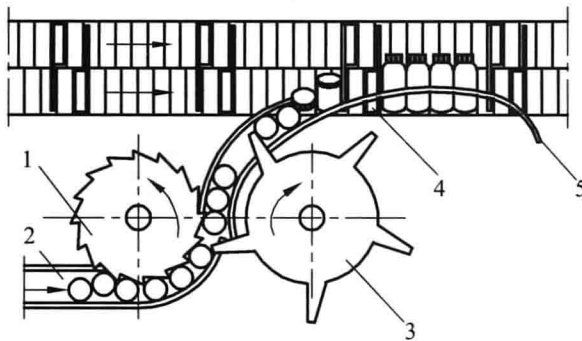


图 2.7 星形拨轮供送装置

1—齿形拨轮；2—输送链带；3—星形拨轮；4—主传送链带；5—固定导轨

2.1.1.5 螺杆式供送装置

分件供送螺杆装置可按某种工艺要求，将规则或不规则排列的容器、物件以确定的速度、方向和间距分配或逐个供送到给定工位。为了适应包装容器的变化和提高了设备生产力，供送螺杆装置正朝多样化、通用化、高速化方向发展，并且不断扩大它在灌装、充填、封口、贴标、计量、检测以及自动包装线上的应用。

1. 等螺距螺杆

该螺杆的螺距相同。图 2.8、图 2.9 分别为等螺距供送装置。

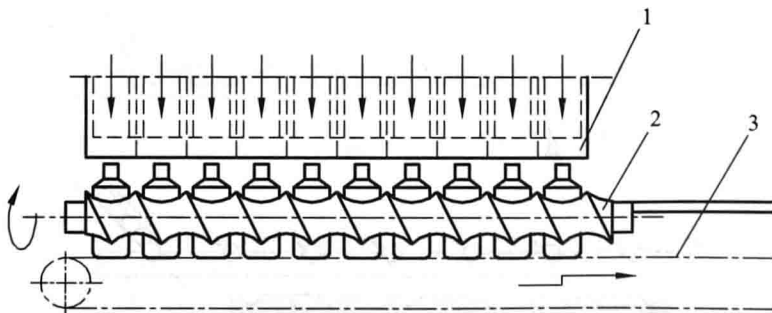


图 2.8 水平等螺距螺杆供送装置简图

1—理瓶存槽；2—供送螺杆；3—侧向导轨

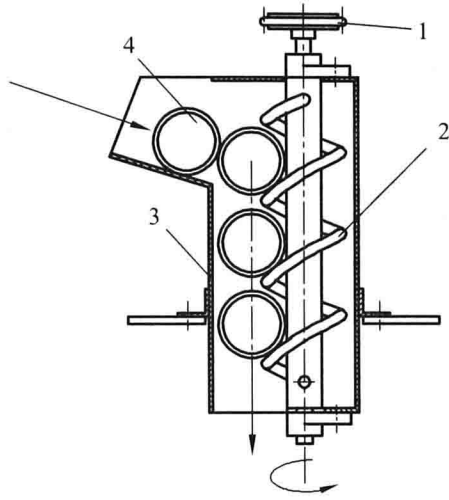


图 2.9 垂直等螺距螺杆供送装置

1—主动链轮；2—供送螺杆；3—壳体；4—空罐

2. 变螺距螺杆

如图 2.10 所示，链带 9 送来的瓶子经螺杆 1 及拨轮 2 逐个按要求间距转移到托瓶转盘 5 上，定好中心进行贴标，然后由拨轮 8 重返输送链带 9 输出。至于瓶颈和瓶身贴标位置，由瓶托固定凸轮和齿轮组合机构控制绕不同方向自转一定角度完成。只要将螺杆的螺距加以调整，就可适用于多种形状包装容器的贴标作业。

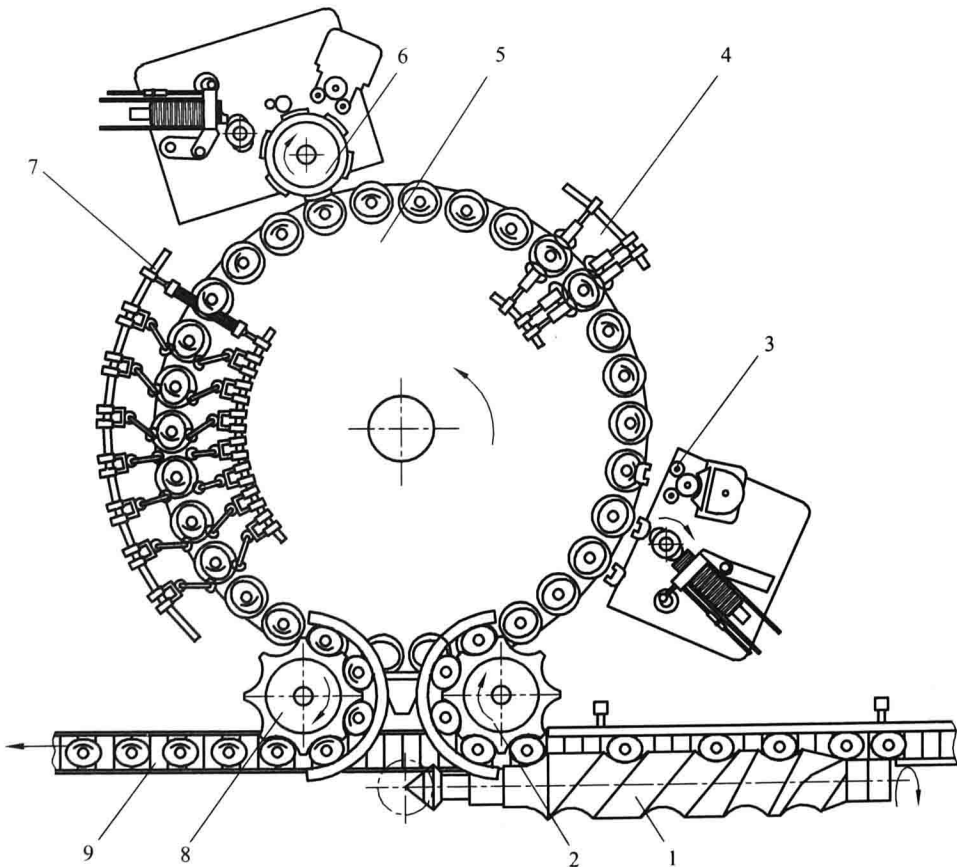


图 2.10 异形瓶贴标机及其变螺距螺杆供送装置

1—供送螺杆；2，8—星形拨轮；3，6—贴标装置；4，7—拭标装置；5—托瓶转盘；9—输送链带

3. 特种变螺距螺杆

图 2.11 为特种变螺距螺杆供送装置。

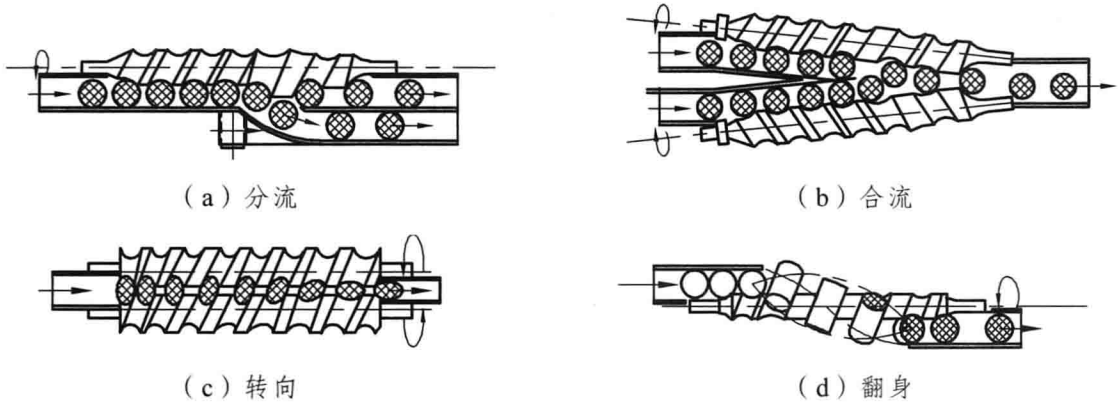


图 2.11 特种变螺距螺杆供送装置

图 2.11 (a) 借异形变螺距螺杆、导轨和输送带的配合, 使被供送物件分流并拉开间距。

图 2.11 (b) 为一对形状相同、旋向相反的变螺距螺杆, 两轴线相交且相向回转, 可实现合流供送。

图 2.11 (c) 为一对并列螺杆同向转动, 使被隔离在两螺旋槽之内的椭圆体物件不断向出口端推移, 同时边增大间距边转换物件的长轴方向。

图 2.11 (d) 为螺杆外径基本不变, 其螺距先逐渐增大然后趋于稳定。另外, 还配有 3 条扭曲的光滑导轨, 引导圆柱形物件实现不同程度的翻身, 以满足生产上的某种特殊要求。

下面着重讨论动梁式和螺杆式供送装置的工作原理及其设计要点。

2.1.2 行星轮式动梁供送装置的设计

要使动梁作非正圆封闭曲线的平动运动, 可选择曲柄连杆、凸轮连杆, 行星轮机构等作为主动件。目前, 自动包装机大多用内、外啮合的行星轮式动梁供送机构。此行星轮上点的运动轨迹分别为内、外摆线。其几何形状及运动特性, 不仅取决于行星轮与中心轮的啮合类型 (即内、外啮合), 而且与该两轮的节圆半径比及动梁上的铰接点对行星轮中心轴线的偏距大小也有一定关系。

2.1.2.1 运动方程式

如图 2.12 所示, 根据此图可建立点 P 的轨迹方程。

设中心轮的节圆半径为 R , 行星轮的节圆半径为 r , 动点 P 的偏心距为 e , 即 R 、 r 、 e 为工作构件参数。

当行星架 $\overline{O_1O_2}$ 以等角速度 ω , 经时间 t 由 O_1x 转 θ 角度到达 O_1O_2' 时, 则该点 P' 的坐标为 (x, y) 。

图 2.12 (a) 为内啮合传动, 由图示得到如下几何关系:

$$\begin{cases} x = (R - r) \cos \theta - e \cos(\varphi - \theta) \\ y = (R - r) \sin \theta + e \sin(\varphi - \theta) \end{cases}$$

式中, θ 为行星架转角, φ 对应 θ 角行星轮的转角。

$$\theta = \omega t = \frac{r\varphi}{R}$$

则

$$\varphi = \frac{R\theta}{r}$$

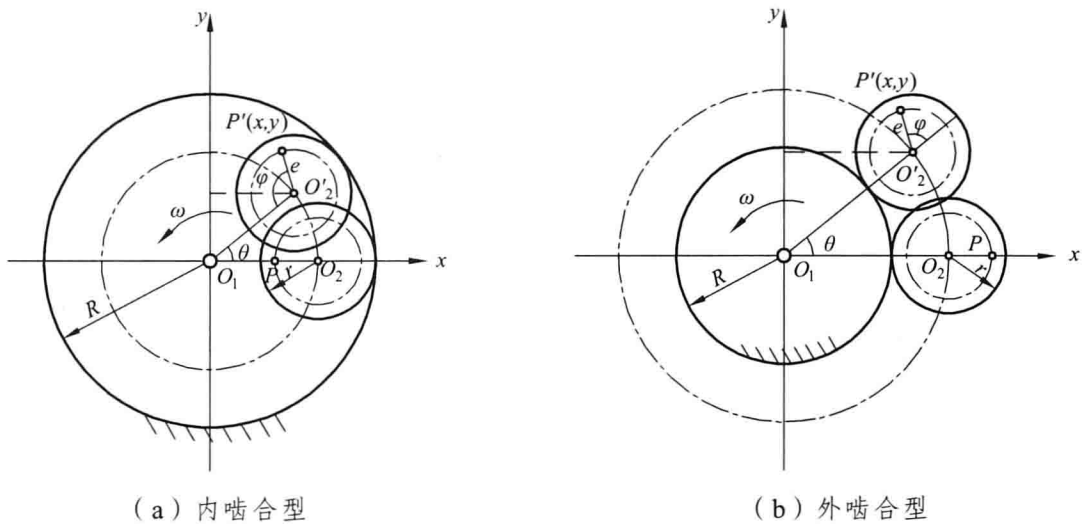


图 2.12 行星轮机构

将 φ 值代入上式得

$$\begin{cases} x = (R-r)\cos\theta - e\cos\left(\frac{R}{r}-1\right)\theta & (2-1) \\ y = (R-r)\sin\theta + e\sin\left(\frac{R}{r}-1\right)\theta & (2-2) \end{cases}$$

同理, 图 2.12 (b) 所示的外啮合传动有如下几何关系:

$$\begin{cases} x = (R+r)\cos\theta + e\cos\left(\frac{R}{r}+1\right)\theta & (2-3) \\ y = (R+r)\sin\theta + e\sin\left(\frac{R}{r}+1\right)\theta & (2-4) \end{cases}$$

将以上各式中的 x 、 y 分别求导, 就可得到动点 P 在 x 、 y 方向的速度和加速度:

$$x \text{ 向} \begin{cases} v = \frac{dx}{dt} = -(R \mp r)\omega \sin\theta \pm \left(\frac{R}{r} \mp 1\right) e\omega \sin\left(\frac{R}{r} \mp 1\right)\theta & (2-5) \end{cases}$$

$$\begin{cases} a = \frac{d^2x}{dt^2} = -(R \mp r)\omega^2 \cos\theta \pm \left(\frac{R}{r} \mp 1\right)^2 e\omega^2 \cos\left(\frac{R}{r} \mp 1\right)\theta & (2-6) \end{cases}$$

$$y \text{ 向} \begin{cases} v = \frac{dy}{dt} = (R \mp r)\omega \cos\theta + \left(\frac{R}{r} \mp 1\right) e\omega \cos\left(\frac{R}{r} \mp 1\right)\theta & (2-7) \end{cases}$$

$$\begin{cases} a = \frac{d^2y}{dt^2} = -(R \mp r)\omega^2 \sin\theta - \left(\frac{R}{r} \mp 1\right)^2 e\omega^2 \sin\left(\frac{R}{r} \mp 1\right)\theta & (2-8) \end{cases}$$

式中，“ \mp ”或“ \pm ”：上者表示内啮合，下者表示外啮合。

动点 P 的 v 、 a 是按叠加的三角函数规律变化的。故从理论上讲，该机构不会产生由 v 和 a 突变而引起的刚性冲击现象。根据这一理论基础，如果并置两个完全相同的行星轮机构，中间借助滚子链传动，再选两个同相位的铰接点与动梁相连，就可获得平动，如图 2.13 所示。这样，动梁推板上任一点的轨迹便直接由铰接点的轨迹来确定。

下面结合具体条件，分析动点轨迹的 3 种情况。

1. 近似正方形轨迹

取内啮合行星轮式动梁机构的基本参数 $\frac{R}{r} = 4$ ， $\frac{e}{r} = \frac{1}{3}$ 代入式 (2-1)、式 (2-2) 得

$$\begin{cases} x = 3r \cos \theta - \frac{r}{3} \cos 3\theta & (2-9) \\ y = 3r \sin \theta + \frac{r}{3} \sin 3\theta & (2-10) \end{cases}$$

依此绘出动点 P 的轨迹，即为图 2.13 所示的近似正方形曲线。

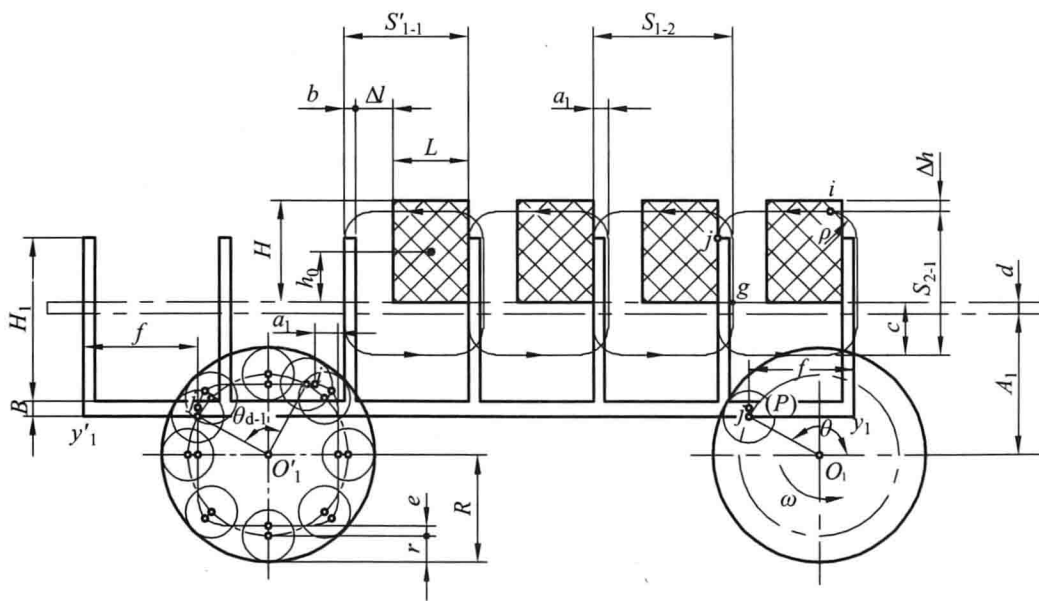


图 2.13 内啮合行星轮式动梁机构示意图 (迹点近似正方形轨迹)

2. 近似正三角形轨迹

取内啮合行星轮式动梁机构的基本参数 $\frac{R}{r} = 3$ ， $\frac{e}{r} = \frac{1}{2}$ 代入式 (2-1)、式 (2-2) 得

$$\begin{cases} x = 2r \cos \theta - \frac{r}{2} \cos 2\theta & (2-11) \\ y = 2r \sin \theta + \frac{r}{2} \sin 2\theta & (2-12) \end{cases}$$

依此绘出动点 P 的运动轨迹，即为图 2.14 所示的近似正三角形曲线。

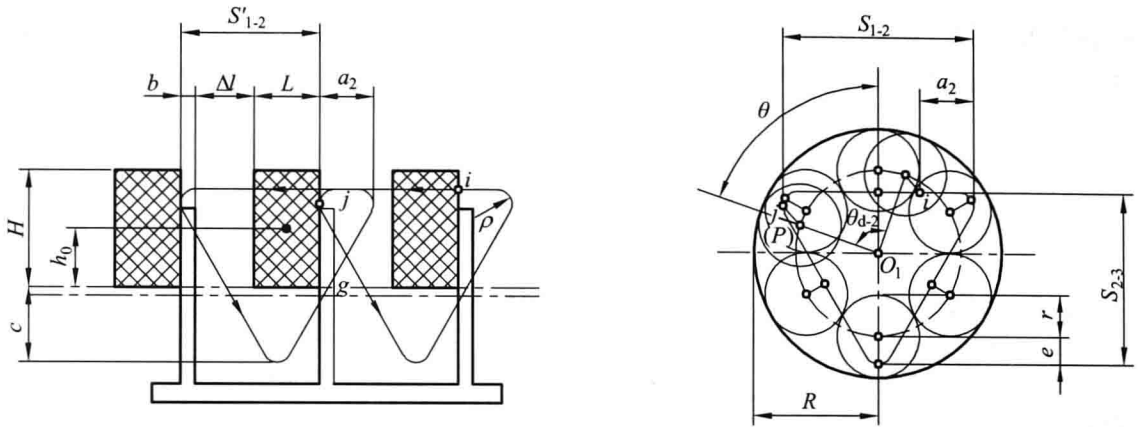


图 2.14 内啮合行星轮式动梁机构示意图 (迹点近似正三角形轨迹)

3. 近似长圆形轨迹

取外啮合行星轮式动梁机构的基本参数 $\frac{R}{r} = 2$, $\frac{e}{r} = \frac{1}{2}$ 代入式 (2-3)、式 (2-4) 得

$$\begin{cases} x = 3r \cos \theta + \frac{r}{2} \cos 3\theta & (2-13) \\ y = 3r \sin \theta + \frac{r}{2} \sin 3\theta & (2-14) \end{cases}$$

取 $\theta = 0^\circ$, $x = 3.5r$; $\theta = 45^\circ \sim 90^\circ$, $y = 2.5r$ 。依此绘出动点 P 的运动轨迹, 即为图 2.15 所示的近似长圆形轨迹。

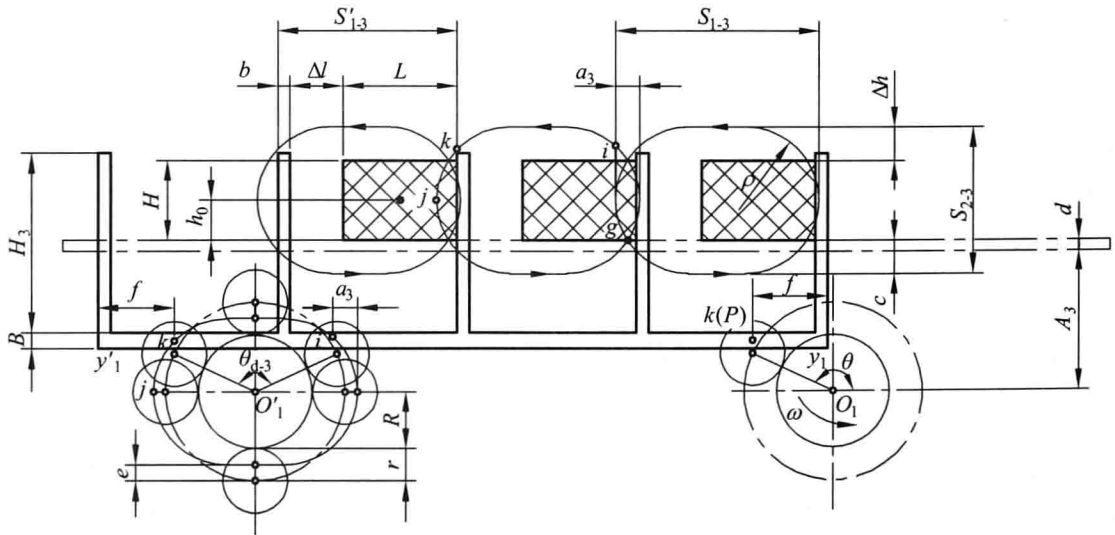


图 2.15 外啮合行星轮式动梁机构示意图 (迹点近似长圆形轨迹)

由上述内容可知, 动点 P 的运动轨迹同中心轮与行星轮的节圆半径比 R/r 以及偏距 e 与行星轮节圆半径比 e/r 有关, 还与啮合类型有关。

2.1.2.2 参数分析

1. 理论行程

为了便于分析比较, 对上面 3 种特定的行星轮机构的近似正方形、正三角形和长圆形运