

大连海运学院自编讲义

装卸工程学

(上册)

陈家源 编著



大连海运学院

序

装卸工程学是根据大连海运学院交通运输管理工程（水运）专业的“港口生产管理与组织”课程的教学大纲编写的。

本书分上、下两册，包括五部分内容。上册有装卸工程学概论和装卸工艺学原理两篇共十章。主要阐述：装卸工程系统、货流系统、生产信息和港口指标体系、系统原理、各主要货种的装卸工艺和机械化系统。下册有港口通过能力理论、港口生产组织理论和港口规划与装卸工艺设计基础等共十四章。主要阐述：港口各环节通过能力计算方法，港口装卸作业组织、调度理论、生产活动研究与分析，港口规划的原则、规模的确定、装卸工艺设计原理等内容。

由于时间关系、原计划中上册中重大件货物、散粮、特种货物的装卸工艺等三章、下册中库场作业组织一章没有编入，留待以后另编补充教材。

本书为我院管理工程专业使用的教材，也可以供其他专业选修“港口生产管理与组织”课使用。同时给从事港口装卸工艺、生产管理、港口规划等实际工作的工程技术、科研人员和管理部门提供了一本参考书。

本书在编写过程中曾得到闵中立老师、王家骅老师以及本教研室其他老师的支持和帮助。同时还得到大连港装卸联合公司及其所属东部港务公司、西部港务公司、香炉礁港务公司、寺儿沟港务公司等单位的帮助，在此谨表示感谢。

限于时间和编者水平，错误和缺点在所难免，恳请读者提出宝贵意见。

编者

一九八五年七月一日

装卸工程学目录 (上册)

序	I
第一篇 装卸工程学概论	1
第一章 装卸工程的一般问题	2
第一节 港口的概念及其构成	2
第二节 港口的功能	4
第三节 港口生产的一般介绍	10
第四节 装卸工程系统	16
第二章 货物流及其预测	18
第一节 货流的概念及其分类	18
第二节 货流的分布	22
第三节 货流预测的一般问题	30
第四节 货流的定性预测	35
第五节 货流的定量预测	45
第三章 生产信息及其港口指标体系	53
第一节 信息的概念	53
第二节 信息的分类及其特征	54
第三节 港口生产信息流程	60
第四节 指标的概念及其分类	62
第五节 港口装卸工作指标体系	63
第四章 系统原理	66
第一节 系统的概念	68
第二节 系统的特性与共性	70
第三节 系统的分类	73
第四节 系统的结构	75
第五节 系统的功效	82
第二篇 装卸工艺学原理	94
第五章 装卸工艺学概论	96
第一节 装卸工艺的概念	96
第二节 装卸工艺过程及其组成	102
第三节 装卸工艺与机械化系统	105
第四节 影响选择机械化系统的主要因素	107

第六章	普通件货装卸工艺	110
第一节	件货的分类及其特性	110
第二节	件货码头及其泊位	113
第三节	件货仓库和堆场	120
第四节	件货的装卸工属具	125
第五节	件货装卸、运输、贮存的成组化	135
第六节	件货装卸机械化系统	140
第七章	重大件货物装卸工艺(略)	160
	(见《特种货物装卸工艺》)	160
第八章	集装箱装卸工艺	160
第一节	集装箱运输的一般问题	160
第二节	集装箱码头装卸工艺	166
第三节	集装箱堆场面积	177
第四节	泊位数及其能力计算	185
第五节	集装箱装卸机械类型及其选择	188
第六节	滚装工艺系统	195
第七节	载驳船运输系统	200
第九章	木材装卸工艺	208
第一节	木材的分类及其运输、装卸的发展趋势	208
第二节	船舶装卸工艺	210
第三节	车辆装卸与堆场作业工艺	212
第四节	木材装卸机械化系统	216
第十章	散货装卸工艺	204
第一节	散货概述	204
第二节	装卸船舶工艺	229
第三节	装车与卸车工艺	262
第四节	堆场作业工艺	273
第五节	散货的辅助作业	273
第六节	散货装卸机械化系统	287
第七节	散货装卸机械生产率计算	295

第十一章 液体散货装卸工艺	298
第一节 液体散货的分类及其特性	298
第二节 石油的储存	305
第三节 装卸工艺及流程设计	310
第十二章 散粮装卸工艺(略)	320
(见《特种货物装卸工艺》)	
第十三章 特种货物装卸工艺(略)	320
(见《特种货物装卸工艺》)	
附录一: $E_2 / E_2 / n$ 排队中船舶平均等待时间	321

第一篇 装卸工程学概论

根据马克思主义的理论，运输业是有别于采掘业、农业和工业的第四类物质生产部门。港口是运输业的一个重要组成部分，它也和运输业一起成为一个“特殊的物质生产部门”。

仍然根据马克思的理论，技术是直接的生产力，科学则是知识形态上的生产力，它能转变为直接的生产力。所谓技术是人类在改造自然的斗争中根据生产实践经验和自然科学原理而发展起来的工艺操作方法和劳动技能，以及体现这些操作方法和劳动技能的生产工具与其它劳动手段。工程是科学原理应用于具体的生产部门而形成的学科的总称。同时又是一种特定条件下的“技术”组合。在第二次世界大战以前的工业工程主要是科学技术在制造业上的应用。此后，由于运筹学、系统论、控制论、信息论等学科的迅速发展并广泛应用于管理领域，“工程”的概念早已冲出了工业或制造业的局限，如人类工程学、管理工程学、遗传工程学等。

装卸工程学是以货物装卸过程为对象进行研究、设计的工程技术。装卸工程不同于工业工程，工业工程的加工对象是材料。材料经过一定加工过程，使其转变为具有新的成份、结构和性能，适于一定用途的物质产品。材料是一般工程技术的要素。

装卸工程的“加工”对象是货物。货物经过特殊的“加工”过程，使其在时间和空间上产生效应。“加工”过程不允许改变货物的成份、结构和性能。

装卸工程学是研究货物在由码头、泊位、库场、装卸设备等构成的系统中进行换装、搬运、贮存等工艺过程的实施科学；是研究装卸系统的结构原理、规模确定、系统的布局、系统的元件组合、简单系统与复杂系统的关系等系统的规划与设计的科学；是研究装卸系统的运转、系统的改善、系统的控制与调整等管理的科学。因此，装卸工程学既是在港口的特定条件下的多种“技术”的组合，又是多学科科学原理在港口装卸生产组织与管理中的具体应用。

装卸工程学概论是由港口装卸工程的一般问题、货物流及其预测、生产信息及其指标体系和系统原理等内容组成。

第一章 装卸工程的一般问题

第一节 港口的概念及其构成

港口是各种运输方式的会合点，现代的海港是水路运输、铁路运输、管道运输以及航空运输的枢纽。在整个运输系统中，港口占有十分重要的地位。它的生产活动主要包括实现各种运输方式之间的衔接；货物、旅客的集散及其在不同运输方式之间的换装、转乘；货物的临时存储以及为车、船、客、货等开展的技术服务活动。

在国民经济中港口的作用如同人体的心脏，各种运输方式如同布满肌体的血管。心脏通过血管沟通着整个机体内部的供需关系。港口通过各种运输方式与经济腹地相联系，沟通着工业、农业、商业、对外贸易等生产与消费之间的联系。因此，港口不仅是交通运输网的枢纽，而且是经济网络上的重要环节。根据劳氏海图册统计，世界上共有9800个海港，其中比较大的港口有1500个，外贸货运量约70多亿吨。

海港，既是铁路、公路、管道运输的终点或起点，往往也是内河运输、海上运输的起点或终点。所以，现代化的海港是一个拥有庞大的水陆工程建筑的综合体，是一个具有多种功能的复杂的工程系统。

港口之所以成为运输的枢纽，是经历了一个发展、演变的过程。古代的港口，只不过是河流、湖泊区域、选择岸坡合适、水流缓慢、避风条件好，水面静稳之处，可以靠系船舶；海港更需要利用天然隐蔽的海湾或河口辟为港口，便于系泊船舶。这样，船舶可以躲避风浪，等待有利的风向和天气。

当时由于船舶的尺度小，吃水也很小，数量也不多，同时客、货运量不大，因此对装卸速度的要求并不是很高。到了十五世纪，海上运输才随着造船业的发展、罗盘仪的改造和应用、航海技术的进步以及海上贸易的发展，做为运输业的一种形式出现。随着船舶数量的增加和规模的扩大，建立了灯塔、码头和简单的海上防护和陆上装卸设备，海港逐渐发展起来了。

在十八世纪~十九世纪，铁壳船舶的出现，特别是蒸汽机在船舶上的应用，海上运输业突破风帆的动力，开始了资本主义兴盛时期。到了十九世纪初期，全世界的海船吨位（排水量100吨以上的船舶）已突破了四百万吨。

正是由于造船技术的进步，船舶尺寸的逐渐增大；商业贸易范围的

不断扩展，大量的货物在港口的集散，这就对港口及其设备也相应提出了多方面的更高的要求。为此不得不采取人工修建防护建筑物的方法取代或扩展天然的防护，形成深水港湾。为适应货运量增长，便利装卸作业的需要，要求船舶能直接靠岸，码头建筑及其装卸设备也逐步完善。

由于货运量的急剧增长，对于岸上设备的要求也发生了变化。原来的装卸设备，装卸生产率已不适应船舶吨位增长的需要；仓库设备要求能存储各种不同性质的货物，如粮谷、冷藏食品、液体货物等；公路、铁路运输线路要求能直接通往码头前沿，靠近船边。

随着机械工业的发展，使得以各种各样的起重，装卸、搬运机械逐步取代繁重的人力劳动成为可能。因此，港口陆域内开始出现了动力机械及其相应设备（发电厂、配电站、变电所、机修厂）。由于夜间作业的需要，必须设置电力照明系统；港口、船舶的需要，设置给、排水系统；船舶的航次修理和临时修理，有必要设立航修站、航修服务船队、船台、船坞等修船设施。

港口的生产管理，生产组织与指挥则需要设立相应的管理机构和生产指挥系统以及港口工程维修、港口机械修理厂、通讯导航设施、生活福利设施等（医院、食堂、浴池、俱乐部、住宅区等）。

在有利发展工业的区域，开始营造码头、防护建筑物、陆上仓库、装卸设备或者在港口附近水域、陆域范围建设厂址。这样既有利于利用廉价的水路运输获得燃料、原料及半成品，同时还可以直接从水上输出其生产的成品，形成港口的工业区或者工业港。

由此可见，所谓港口就是拥有一定的水域面积及其水工建筑，可供船舶避风、调动、锚泊等技术作业需要；拥有一定的陆域面积及其装卸设备，存储库场，铁路与公路运输线路等为车、船、货、客提供服务的建筑综合体。

港口与其它各种运输方式所构成的运输系统中，它既是网络系统中的枢纽，又是为车、船、货、客提供服务的中心。所以港口一般应由以下几部分构成：

- （一） 港口水域包括航道、锚地、港池；
- （二） 港口陆域包括码头岸线，仓库、堆场等陆上一切建筑所占据的陆地面积，即自岸线到陆上港界；
- （三） 港口工程建筑，包括陆上工程建筑：仓库房屋、道路（铁路、公路、桥梁等集疏运设施）、客运站等；水上工程建筑：航道、防

波堤、护岸、码头（包括引桥）、浮筒、航标等等。

（四）、港口装卸、起重、搬运机械及其为装卸生产服务的各种配套设施。如能源动力系统，机械修造厂和保养车间、装卸工属具加工制造车间、港内运输设备（汽车、机车、拖驳船队等）、船舶航修站等。

（五）、港口管理与装卸生产组织机构。一般可划分为两大部分：

1、行政管理（政府）机关，主要包括港务监督、船舶检验、水上公安机关、水上法院等港政部门，同时还设置港口建设与发展规划部门。

行政管理的主要任务是执行国家与政府的法令、政策、各项法律，对所有港、航、货等企业进行执法监督，维护国家主权和民族的利益。

2、装卸生产部门——各装卸公司，包括总公司、各分公司。公司内部又可划分为计划管理系统、生产指挥系统、技术管理系统、经营管理系统、劳动管理系统、后勤服务系统、经济管理系统等构成的管理机构。

第二节 港口的功能

一、港口的基本任务

- 1、实现各种运输方式的衔接，加速车、船、货的周转。
- 2、完成货物在不同运输方式之间的装卸、换装作业。
- 3、为货物的集散、存贮；为旅客的食、宿，上下船等需要提供必要条件和服务。
- 4、为船舶提供技术供应的服务，如引航、装卸、航修、燃料、淡水、食品供应和其他补给等。
- 5、恶劣天气（如台风）时，为船舶提供隐蔽场所。
- 6、海难救助。
- 7、开展国际间的文化、科技、经济、贸易、旅游等往来与交流活动提供服务。

二、港口的功能

（一）运输、中转的功能

港口是运输链上的一个环节、运输网络上的枢纽。运输和中转是港口的首要功能。货物到达港口并不是终点，而只是为了继续运输而集中存贮、分流、分配等作业环节的完成。这都是运输过程的继续。为了实现运输过程的继续，港口必须完成货物在不同运输方式之间的换装和转

载，这就是中转的功能。中转的实现依赖于运输方式的衔接。因此港口运输、中转功能的重要标志是车、船、货的在港停留时间。运输方式衔接得好，货物换装的速度快，车、船、货在港停留时间就短。一方面取决于港口具备的能力大小，另一方面取决于港口功能的发挥。

货物在时间上的位移——运送速度（或商务速度）是运输企业的重要指标之一。运送速度包括办理托运手续、装卸时间、堆存保管时间和运输货物的时间（即从发货人发货时起到收货人收到货为止的时间）。其中装卸与保管（包括货物在港口集中，等候船舶到达以及部分仓库作业）是在港口进行。所以运送速度的提高，不仅有待于船舶直接运输货物的时间，更决定于港口如何提高装卸速度、缩短堆存期和船舶作业时间，从而尽可能缩短船舶在港的停泊时间。在这同时，使车、船、货的加速周转得到了统一。

船舶的运输能力一般用吨涅来表示。一个航次所运输的货物吨数为 q ，每吨货物的平均运距为 $\bar{L}$ ，则一个航次的运输能力为 $q \cdot \bar{L}$ 。一个营运期的运输能力为所有航次运输能力之总和。即等于一个航次的平均能力乘上航次数目。

$$F(q \cdot L) = \sum_{i=1}^n q_i L_i = n \cdot \bar{q} \cdot \bar{L} \quad (1-1)$$

$$n = \frac{T_{\text{管}}}{t_{\text{航次}}} \quad (1-2)$$

式中： q_i ， $\bar{q}$ ——第 i 航次载货量，平均载货量；

L_i ， $\bar{L}$ ——第 i 航次运输距离，平均运输距离；

n ——营运期航次数；

$T_{\text{管}}$ ——营运期；

$t_{\text{航次}}$ ——一个航次时间。

$$t_{\text{航次}} = t_{\text{航行}} + t_{\text{技}} + t_{\text{装卸}} + t_{\text{非}} \quad (1-3)$$

$$t_{\text{装卸}} = \frac{q}{m \cdot p} \quad (1-4)$$

式中： $t_{\text{航行}}$ ——船舶航行时间；

- $t_{\text{技}}$ ——船舶的技术作业时间；
 $t_{\text{装卸}}$ ——船舶的装卸作业时间；
 $t_{\text{非}}$ ——船舶的非生产性停泊时间（包括排队）；
 m ——同时作业线数（开工舱口数）；
 p ——每条作业线的小时生产率。

在（1—3）公式中，船舶的航行时间、技术作业时间一般在确定的航线上是两个稳定的数值，可以看作常数。而非生产性停留时间，在不考虑排队的情况下，也接近某一相对稳定的数值。只有装卸时间是变数。公式（1—4）表示出它是作业线数与装卸生产率的函数。

公式说明，在营运期内运输工具的周转次数是决定运输能力大小的主要因素。周转次数越多，船舶、车辆等周转的越快，运输能力就越大。这就要求港口有计划的安排车、船的装卸作业，加速装卸以提高运输能力。

对船舶运行状态进行分析，在一个航次的总时间中，船舶在港内的停留时间占有相当大的比重。停留时间包括两部分：一是非生产性停留时间（等泊位、等工人、等机械、等库位、等车、等货、等手续……）。一是生产性停留时间（装卸作业时间，上下旅客时间，为装卸作业所必要的技术作业时间）。

非生产性停留时间的产生可归纳为两类原因：一是由于能力不足造成的排队；二是由于管理水平低，造成生产组织上的混乱，致使港口各环节的能力不能充分发挥，因而也造成排队。前一种原因，只有通过扩大通过能力去解决。后一种原因可以通过提高管理水平，加强生产组织工作，使码头、仓库、装卸机械、港内运输设备与铁路、公路等疏运设施发挥最大的效率。同时使航运、铁路、物资部门同港口相互配合、密切协作也是加速船舶周转的重要因素。

（二）服务的功能

港口的服务功能表现是相当广泛的。“运输中转”的实质也是一种服务，是生产性的服务，既是生产又是服务。在此强调的是另一类服务接待船舶，船舶的技术供应，燃料、淡水、一切船用必需品，船员的食品供应，引航，航次修理等；天气恶劣时船舶隐蔽的需要；海难的救助

；文化、科技、贸易、旅游等等港口应具备这一类的服务功能。

服务功能是港口的重要功能之一。它的重要性有时同运输中转的功能占据同等重要的地位。这不仅仅是因为大多数到港的船舶承担着货运

任务需要港口提供服务，而且也有不少船舶虽然不承担货运任务，但仍需要港口提供必要的服务。服务的质量、服务的效率一方面对运输中转功能的发挥起保证或限制作用，另一方面将产生连锁性的对外影响，甚至关系到民族的尊严和国家的声誉。

（三）商业贸易的功能

商港是对外贸易的门户也是国内商业网络上的枢纽。

在国际贸易中，国家通过港口建立同各国的经济联系。事实上发挥着贸易中心的作用。据统计在国际贸易中全世界有99%的货物是依靠海运，通过港口完成的。我国的对外贸易也有90%以上的货物是依靠港口完成的。

这主要是由于海运具有运量大、成本低等其它任何运输方式无可比拟的优越性决定的。所以许多国家争相发展海运运船队，不断扩大港口建设。尤其在第二次世界大战之后，资本主义各国出于竞争和掠夺的目的，都在拼命发展海运事业，以适应本国外贸运量迅速增长的需要。据统计自1973年以来海运量猛增到33亿吨以上，并且继续以每十年增长一倍的速度上升。这就必然促使港口商业贸易的功能继续加强。随着我国四化建设的需要，不断扩大外贸营业范围，对外开放的港口必然将随之增加。

（四）工业的功能

港口货流的构成中，原料、半成品占极大比重。在世界贸易中据统计约占三分之二以上。这些货物实际是工业的原料、燃料，所以港口的发展是工业发展的前提。尤其是对临海工业的发展，如造船、修船工业、机器制造工业，仪器仪表工业，石油化工工业等有促进和带动作用，这是港口的重要的工业功能的表现，一些发达的工业国家，工厂自这码头一方面进口原料，一方面出口产品都在自己码头上进行。我国一些大港口，也有不少码头是专用的工业码头。当整个港口设施全部为工业服务时，便称为工业港。

（五）国防军事的功能

一般港口在战争时期多为军事服务，开辟专用军事码头。而在平时时期，除了特殊军事需要时港口独立存在之外，一般港口也有设置军用码头或泊位的。这要根据军运任务的性质和需要决定。港口的军事功能在国防上占有非常重要的地位。在历史上，帝国主义列强都是首先从海上侵入我国。因此港口建设中，必须重视军事功能在未来战争中的作用。

三、港口在运输系统中的地位和作用

货物在港口的换装、堆存与保管仅仅是它全部运输过程的一部分，是极其重要的一部分，以外贸杂货运输为例，全部运输过程应包括：内陆运输，港内装卸与堆存、保管，船舶装卸，目的港装卸，港内堆存、保管，内陆疏运（见图 1—1）

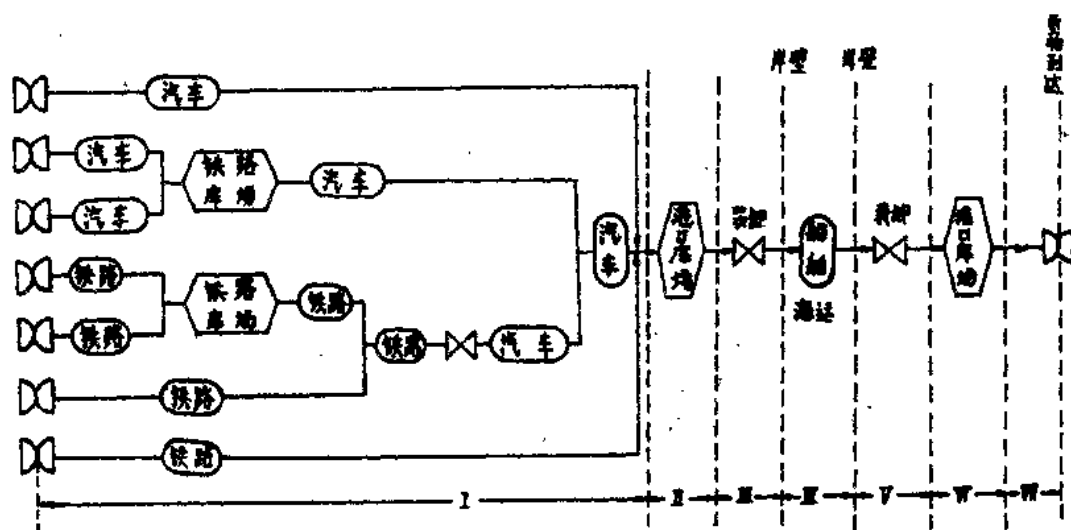
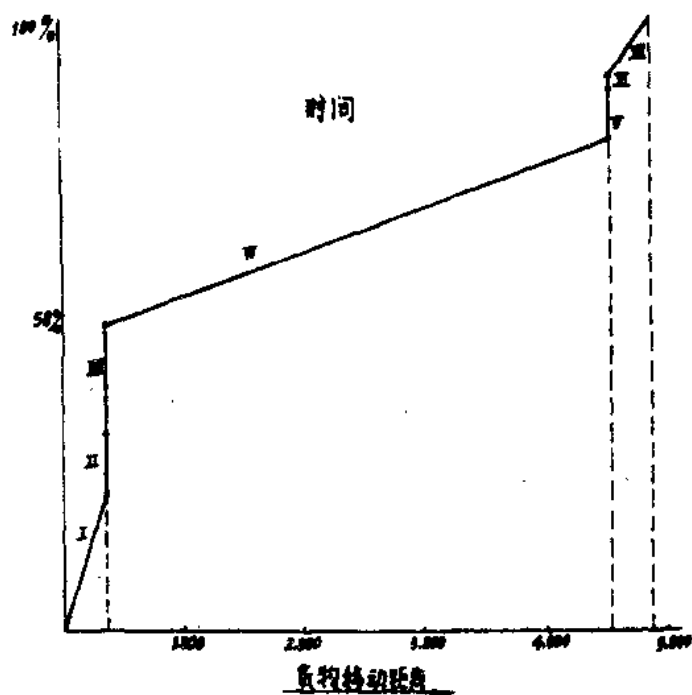
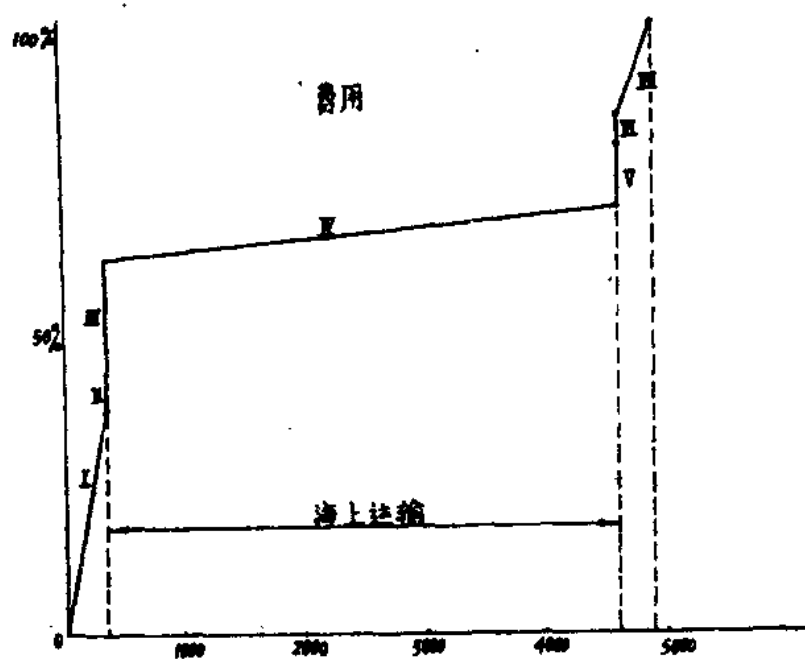


图 1—1

据美国从大西洋沿岸港口向欧洲出口的杂货，全运输过程的费用分析和货物运送时间的分析，在港口换装、堆存与保管占总费用的 37% 而运送时间亦占约 37% 左右。（见图 1—2）显然，无论是在港口装卸、堆存、保管等项作业发生的费用，还是货物运输的商务时间，都占总运输过程的三分之一强。因此改进港口生产组织与管理对整个运输系统有十分重要的意义。



I 内陆运输

II 港内堆存保管

III 装船

IV 海上运输

V 卸货过程

VI 港内保管

VII 内陆运输

I、IV、VII 生产运输过程占63%

II、III、V、VI 非生产性运输过程37%

图 1—2

第三节 港口生产的一般介绍

一、港口生产的基本过程

运输业的生产不改变生产对象的自然性质和物质形态，也不创造实体的产品。它的产品是客、货的位移。港口生产则仅仅是完成货物在不同运输方式之间的换装及临时堆存保管。因此港口生产包括以下几个部分：

（一）货物的装卸、贮存和港内运输生产

这是港口的主要生产任务。货物以车、船运到港口，为了实现货物在车、船之间的换装中转，必须首先完成装卸作业。但是由于车、船载货能力、运行规律各不相同，因此换装作业不可能完全在“车—船”之间进行，所以在港口必然产生货物的集散过程，于是货物在港口往往需要贮存一段时间。在装卸、贮存的过程中，由于泊区、库场的专业化分工和布局上的特点，货物在港内的运输是不可避免的。这不只是一般装卸工艺过程中的水平搬运，而是前方与后方库场之间的倒载运输，或者港区范围内的驳船运输都属于装卸生产的范畴。

（二）以船舶为主要对象的服务性生产

服务性生产主要是对船舶的技术服务、燃料、淡水、食品、船用备品的供应。这类生产虽然不反映港口通过能力的大小，但是也是港口生产不可缺少的组成部分。一方面它对港口的主要生产任务起促进和辅助作用，另一方面它所创造的产值是相当可观的。在一些港口，货物吞吐量并不是港口的主要任务，而以向船舶提供各项服务为主。

（三）为装卸生产服务的辅助性生产

这一类生产是指港口装卸机械设备的维修、大中修理；库场、码头道路等工程建筑设施的维护、修理；装卸工属具的加工、制造、保养、维修等等。辅助性生产在港口占有十分重要的地位，虽然它既不产生吞吐量、操作吨，又不直接创造产值。但是它以维持和恢复港口的生产能力为主要任务，所以它是保证装卸生产正常进行的技术准备。也是服务性生产的技术准备。如果没有辅助生产或者忽视了它的重要地位和作用港口的主要生产任务既不可能持久也不可能全面完成。

港口装卸生产是港口的主要生产，但不是唯一的生产。它是由包括服务性生产、辅助性生产在内的生产任务构成港口生产的整体。它们三者存在着互为依存的关系。在一般的情况下，港口以装卸生产为其主要

生产任务，同时它也是确定服务性生产和辅助性生产规模的依据。服务性生产和辅助性生产是保证装卸生产连续进行的技术基础和物质保证。实践中由于辅助性生产或服务性生产没有组织好而影响了装卸生产正常进行的事实也是时有发生。因此在组织装卸生产的同时，有计划地安排好其它两类生产也是相当重要的。不能只重视装卸生产的主导作用，而忽视其它生产的辅助作用。主导与辅助在一定的条件下，可能互相转化。当辅助性生产影响到主要生产无法进行的情况下，辅助便上升到主导的地位，而主导也就自然地退居于次要地位了。

由此可见港口的生产计划安排、生产组织、各作业环节的衔接与平衡，生产进度的控制与调整不仅仅是装卸生产一个方面。同时应该包括服务性生产和辅助性生产各项内容。当一个泊位：岸壁维修、道路翻新、机械大修、库场的改造分别安排在不同时期进行，那么泊位将在各项维修的连续时间内都处于停止营运状态而不能进行生产。如果注重各项维修任务在时间、人力、物力和财力方面统筹安排，协调计划，控制进度，尽可能地组织平行作业就可以大大缩短各项维修工程的延续时间，提高泊位的利用率。

港口生产有节奏地连续进行，除了计划的准确，调度指挥得当，生产过程的严密组织之外，辅助性生产、服务性生产的协调与配合也是不可缺少的重要因素，所以应该统一把各项生产任务纳入全港的整体生产计划之内，重视各项生产任务之间的关系、发展比例、生产力的配置等。

港口的生产过程也就由这三项任务派生出来，即：装卸生产过程、服务生产过程、辅助生产过程。

装卸生产过程可以用下列图形表示，见图1—3，图1—4。

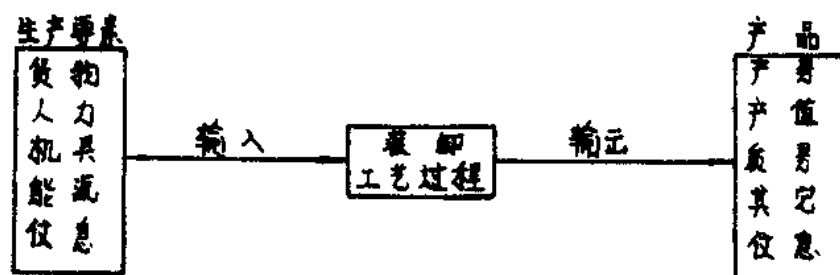


图 1—3

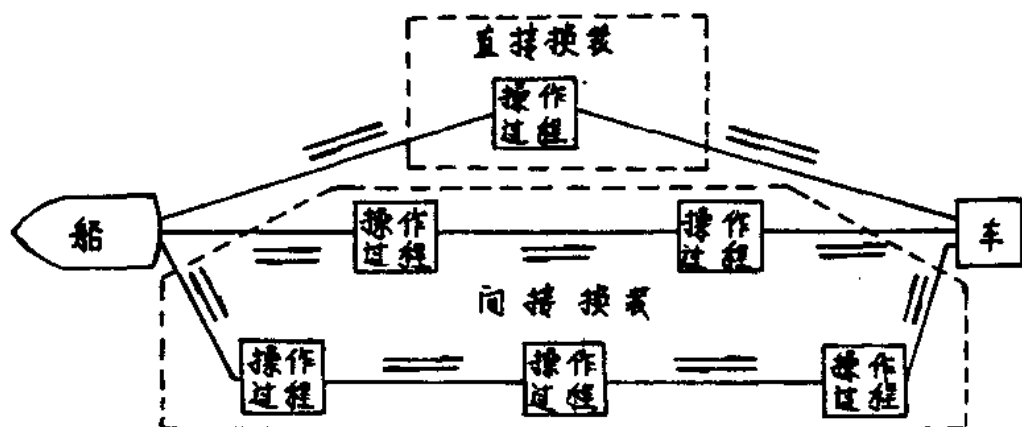


图 1—4

服务性生产过程见图 1—5, 图 1—6

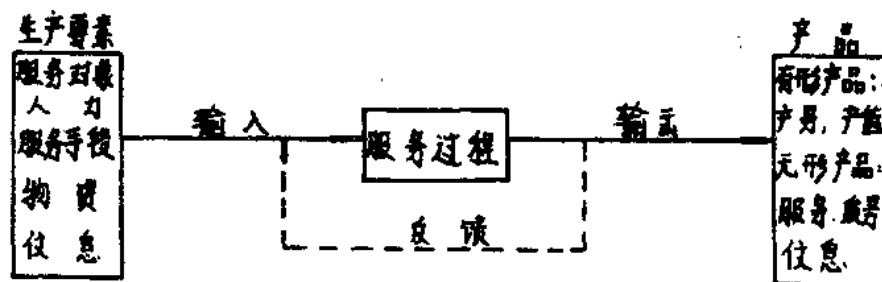


图 1—5

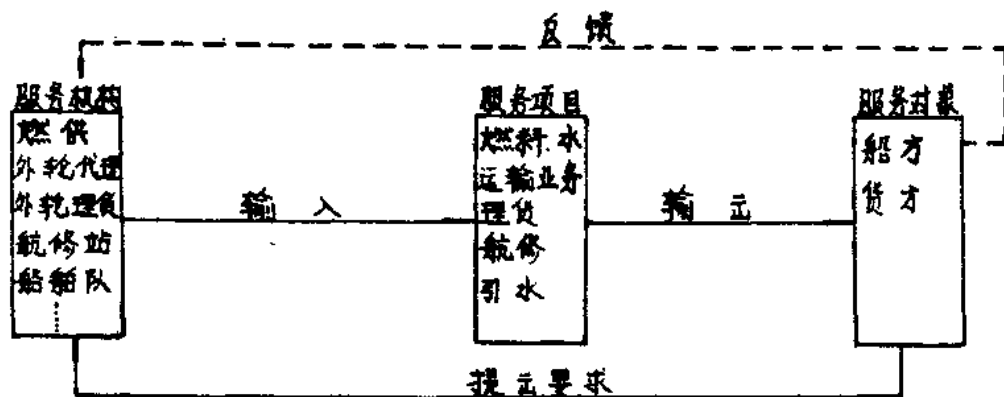


图 1—6

辅助性生产过程见图 1—7, 图 1—8