

WULIU GONGCHENG GAILUN

物流工程概论

第2版

宋伟刚 ○ 编著

 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



物流工程概论

第 2 版

宋伟刚 编著



机械工业出版社

本书从工程角度对物流工程进行了论述。全书包括7章:物流系统与物流工程概述、物流搬运设备的原理与选择、自动化立体仓库系统、物流系统布置设计、物流系统分析方法、物流系统的管理与决策,以及物流工程中的计算机仿真方法。

内容包括物流学及物流工程的基础理论、基本概念、应用与技术,既包括软科学的理论知识,又涵盖硬科学的技术应用知识,以及运筹学、技术经济学,机械设备、物流设施规划与分析等相关内容。

本书可供高等学校有关专业的师生参考及物流工程专业培训使用,也可供从事物流专业的设计人员、工程技术人员、研究人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

物流工程概论/宋伟刚编著. —2版. —北京:机械工业出版社,2006.9

ISBN 7-111-11891-X

I. 物... II. 宋... III. 物流-物资管理-概论
IV. F252

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第103830号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:曲彩云 责任编辑:白刚 版式设计:霍永明
责任校对:李秋荣 封面设计:王伟光 责任印制:杨曦
北京机工印刷厂印刷

2006年9月第2版第1次印刷

148mm×210mm·9.5印张·279千字

0 001—4 000册

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)68351729

封面无防伪标均为盗版

前言

近年来,在国际范围内形成了物流热,国内的物流热也在持续升温。全国超过 200 所高校相继建立了物流工程、物流管理等相关专业。出版了大量的有关物流管理的书籍,而其中绝大部分是从管理角度论述物流。物流系统的建设需要通过物流工程技术来实施。本书力求准确论述物流工程相关技术、术语,便于掌握物流工程的整体及应用技术。本书是在作者撰写的《物流工程及其应用》一书基础上修改完成的。主要内容如下:

第 1 章 物流系统与物流工程概述。介绍物流的概念、分类和主要功能。在工程意义下的物流工程概念的基础上,对物流工程的内涵、发展状况和发展趋势进行了论述。介绍物流系统的体系结构、物流系统中的信息技术,以及其他与物流工程相关技术的发展。

第 2 章 物流搬运设备的原理与选择。主要论述连续输送设备、起重设备、搬运车辆、气力输送设备、搬运机器人等各种设备的结构特点,适用范围和选择、计算方法。

第 3 章 自动化立体仓库系统。详细介绍了仓库的作业方式、自动化立体仓库的种类以及相关的设施与设备;立体仓库系统、巷道堆垛机、高层货架等的设计计算方法。另外还介绍了集装单元器具的使用特点、选择方法。

第 4 章 物流系统布置设计。详细介绍了搬运系统分析 (SHA) 和系统布置设计 (SLP) 方法的概念及实施步骤,给出了工厂平面布置和车间工位布置的设计方法。该方法也可应用于物流中心的布置设计。

第 5 章 物流系统分析方法。内容包括物流系统的分析方法和物流系统模型的概念。讨论了物流系统优化数学模型、排队模型、库存控制模型、预测模型及图与网络的分析方法。

第 6 章 物流系统的管理与决策。从物流管理角度介绍物流系

统的计算机管理。按从全局到局部的顺序包括：现代物流管理、供应链管理、物料需求计划、仓库管理和基于条形码的物料管理等内容。最后论述了物流系统的决策方法。

第7章 物流工程中的计算机仿真方法。从物流系统与装备的计算机仿真角度介绍连续变量、离散事件动态系统的建模过程，以及计算机仿真和仿真结果的分析方法：给出了物流系统计算机仿真实例。

沈阳工业大学佟玲、吉林大学战欣参加了本书的编写工作。在本书的编写过程中，得到了东北大学机械工程与自动化学院、机械电子工程研究所和相关企业、研究单位的大力支持。研究生王睿、郑慧君和赵玲完成了部分图表的绘制工作。在此向他们表示感谢。对本书引用文献的作者表示谢意。

由于作者水平有限，时间仓促，疏漏之处难免，恳请读者批评指正。

宋伟刚

2006年6月于沈阳

目 录

前言

第 1 章 物流系统与物流工程概述	1
1.1 物流学概述	1
1.1.1 物流的基本功能	3
1.1.2 物流在国民经济中的地位	5
1.2 现代物流系统的特征	7
1.2.1 物流的分类	9
1.2.2 物流中心	12
1.2.3 物流系统中的运输	16
1.3 物流工程概述	18
1.3.1 物流工程的发展概况	18
1.3.2 物流工程的特点	22
1.3.3 物流工程在物流系统中的作用	23
1.3.4 物流工程研究的意义	24
1.4 物流工程的相关技术	26
1.4.1 物流管理技术	26
1.4.2 物流信息技术	29
1.4.3 物流仿真技术	34
1.4.4 物料搬运技术	36
1.4.5 仓储技术	36
1.5 物流工程的发展趋势	37
第 2 章 物流搬运设备的原理与选择	39
2.1 概述	39
2.2 连续输送设备	41
2.2.1 连续输送设备的特点、种类及组成	41
2.2.2 辊子输送机	45
2.2.3 带式输送机	48
2.2.4 链式输送机	54

2.2.5 悬挂输送机	56
2.2.6 斗式提升机	59
2.3 起重设备	61
2.4 搬运车辆	62
2.4.1 人力搬运车	62
2.4.2 机动搬运车	64
2.4.3 叉车的选择	67
2.5 气力输送系统	69
2.5.1 气力输送系统的种类	70
2.5.2 气力输送的设计要点	74
2.6 物流系统中的机器人	76
2.6.1 搬运机器人	76
2.6.2 自动导引小车	78
2.7 输送系统自动化的实现	83
2.8 自动分拣系统及其组成	84
2.8.1 自动分拣系统的主要组成	84
2.8.2 常见的几种自动分拣机	90
第3章 自动化立体仓库系统	95
3.1 概述	95
3.2 自动化仓库的设施与设备	103
3.3 自动化立体仓库的总体设计	106
3.3.1 自动化立体仓库的设计步骤	106
3.3.2 设计自动化立体仓库的技术经济原理	108
3.3.3 仓库的总体规划方案	110
3.3.4 自动化立体仓库的基本设计	117
3.3.5 作业时间与出入库能力	120
3.4 堆垛设备	122
3.4.1 巷道式堆垛机	122
3.4.2 其他堆垛设备	130
3.5 自动化立体仓库的电子设备	134
3.6 集装单元化器具	136
3.6.1 托盘	137
3.6.2 集装箱	144
第4章 物流系统布置设计	150

4.1 概述	150
4.1.1 生产物流系统特点	150
4.1.2 设计生产物流系统的原则	151
4.1.3 生产物流规划要解决的主要问题	152
4.2 生产物流系统的分析	153
4.2.1 基本概念	153
4.2.2 生产物流系统的分析与描述	154
4.3 系统布置设计 (SLP)	163
4.3.1 系统布置设计 (SLP) 模式	163
4.3.2 系统布置设计模式的具体实施	163
4.3.3 车间内的工位配置	173
4.4 搬运系统分析 (SHA)	178
4.4.1 物料的分类	179
4.4.2 布置与移动分析	181
4.4.3 物料搬运方法	187
4.4.4 订初步的搬运方案	189
4.4.5 搬运方案的分析	190
4.4.6 综合运用 SLP 与 SHA	193
第 5 章 物流系统分析方法	195
5.1 物流系统分析	195
5.1.1 物流系统分析的意义及其特点	195
5.1.2 物流系统分析的具体过程	197
5.1.3 物流系统分析常用的理论和方法	198
5.2 线性规划问题	199
5.2.1 运输问题	199
5.2.2 装卸任务分配问题	201
5.3 整数规划问题	203
5.3.1 选址问题	203
5.3.2 指派问题	206
5.3.3 商品库房问题	208
5.4 动态规划问题	209
5.5 常见库存控制模型	210
5.6 预测模型	216
5.6.1 时间序列技术的预测模型	216

5.6.2 回归分析预测模型	219
5.6.3 预测数学模型的求解方法	221
第 6 章 物流系统的管理与决策	224
6.1 现代物流管理	224
6.1.1 现代物流管理的特征	224
6.1.2 库存控制	227
6.1.3 准时化生产方式 (JIT)	231
6.1.4 物料需求计划 (MRP)	232
6.2 物流管理信息系统	239
6.3 供应链管理	243
6.3.1 供应链的概念及其特征	243
6.3.2 供应链管理的概念及内容	245
6.3.3 集成化供应链管理的实现	250
6.4 物流系统的决策	253
6.4.1 概述	253
6.4.2 层次分析法	255
6.4.3 多目标决策	258
第 7 章 物流工程中的计算机仿真方法	261
7.1 概述	261
7.2 连续变量动态系统的仿真建模	266
7.3 离散事件动态系统的仿真建模	272
7.3.1 CVDS 仿真的基本概念	274
7.3.2 排队论模型	276
7.3.3 Petri 网络模型	277
7.4 计算机仿真的结果分析	278
7.4.1 灵敏度分析	278
7.4.2 统计分析法	280
7.4.3 时间序列分析	281
7.5 LCD 检验车间物流系统计算机仿真	282
参考文献	291

第 1 章 物流系统与物流工程概述

1.1 物流学概述

“物质是绝对运动的，又有相对静止，静止是运动的特殊状态”，运动反映在现实中就是变化和流动，例如：信息流、资金流、人才流、物流。孙中山在 1894 年致清朝总理大臣李鸿章的上书中，把中国的富强之经、治国之本阐述为“人尽其才，地尽其力，物尽其用，货畅其流”。最后的“货畅其流”正是今天的物流。

物流是从第二次世界大战期间军事后勤的概念演变而来的。“后勤”是指物资生产、采购、运输、配给等活动作为一个整体进行统一布置，以求物资补给的费用更低、速度更快、服务更好。最初“物流”的含义是将产品从制造商送到用户过程的保管、输送。现代物流是指“Total Distribution”或者“Logistic”，其含义更为广阔，物流包括从到达企业的原材料开始一直到把成品送到用户的全过程“物”流的监测与控制。因而物流存在于生产、营销、流通、客户服务的全过程。

物流学是 20 世纪 50 年代发展起来的一门综合性交叉科学，它是研究物料流、人员流、信息流和能量流的计划、调节和控制的科学。它融合了经济科学、技术科学和管理科学，揭示采购、运输、存储、装卸搬运、包装、流通加工、信息处理、客户管理等物流各要素的内在联系，体现了自然科学和社会科学相互交叉的边缘学科的许多特征。物流学的主要特征是：

(1) 物流学以多学科综合为其理论基础，它既是技术科学又是经济科学。物流工作人员和研究人员需要有多方面的知识。除了要掌握生产、运输等技术知识外，还要掌握经济学、统计学、商品学等经济管理知识。

(2) 物流学研究的对象一般是多目标决策的、复杂的动态系统。

在系统分析时,既要考虑其经济性指标,又要考虑技术上的先进性、科学性。因此,其研究方法不仅运用自然科学中常用的科学逻辑推理与逻辑计算,同时,也常采用对系统进行模型化、模拟与分析的方法。研究中,常采用把定量计算与定性分析相结合的综合性研究方法。

(3) 物流学作为一门交叉学科,它与其他科学有着密切的关系,如工业工程学、计算机科学、机械科学、系统科学、工程技术等。

物流涉及到国民经济的各行各业。流通的物质涉及到国防、民生、工农业生产、教育所用的物质、废弃物的处理与回收等。流通的工具涉及到铁路、公路、水运、航空、邮政等各个运输行业 and 部门。

在中国,对物流的认识受到日本和美国很大的影响,20世纪80年代,随着中国的改革开放,引进了大量的国外先进技术和理念,物流的概念也从日本引进中国。

随着物流概念的国际化,物流的含义有了新的发展,绝大多数国家采用了 Logistics 的概念。下面介绍几种物流的定义。

美国物流管理协会的定义:“物流是供应链流程的一部分,是为了满足客户需求而对商品、服务及相关信息从原产地到消费地的高效率、高效益的正向反向流动及储存进行的计划、实施与控制过程”。

日本流通综合研究所的定义:“物流是物资资料从供应地向需求者的物理性移动,是创造时间性、场所性价值的经济活动”。

GB/T 18354—2001《物流术语》:物品从供应地向接受地实体流动过程。根据实际需要,将运输、储存、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、信息处理等基本功能实施有机的结合。

从上面几种物流的定义可以看出,物流的概念应包含下列内容:

(1) 物流的概念是随着社会经济、科学技术发展而不断扩展的,其内涵也是不断延伸的。

(2) 物流涉及伴随“物”的移动过程中的运输、储存、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、信息处理等基本功能。

(3) 物流是各种相关的管理科学、工程技术和信息技术的集成,

单独重视某一方面忽视其他方面不能充分发挥物流的作用。

(4) 物流是经济活动,因而它是从重视功能,到重视成本(效率),进而变为重视服务(效果)。

1.1.1 物流的基本功能

物流的功能,包括物质的运输、保管与存储、装卸与搬运、包装、流通加工、包装物和废品回收,以及与之相联系的物流信息。

1. 运输

运输的任务是将物资进行空间移动。运输过程不改变产品的实物形态,也不增加其数量,但物流部门通过运输解决物资在生产地点和需要地点之间的空间距离问题,创造商品的空间效用,实现其使用价值,满足社会的需要,因此运输是物流的一个极为重要的环节。运输包括企业内部的运输(场内运输)、城市(地区)之间和物流据点之间的运输(城市间运输)、城市内部的运输(市内运输)。在市内运输中,由生产厂经由物流企业(如配送中心)为客户提供商品时,生产厂到配售中心之间的物品空间移动称为“运输”,而从配送中心到客户之间的物品空间移动则称为“配送”。

2. 包装

为保证产品完好地运送到消费者手中,大多数都需要不同方式、不同程度的包装。包装分为工业包装和商品包装。工业包装既是产品的终点,又是企业外物流的始点,它的作用是按单位分开产品,便于运输,并保护在途运货。商品包装的目的是便于消费者购买,便于在消费地点按单位把商品分开销售,并能最鲜明地显示商品特点,吸引购买者的注意和引起他们的喜爱,以扩大商品的销售。因此,包装的机能可以归纳为保护商品、单位化、便利化和商品广告四项。其中前三项属于物流功能,最后一项则属于销售学的范畴。包装形式和包装方法的选择,包装单位的确定,包装形态、大小、材料、重量等的设计,以及包装物的使用次数等,都是物流的职能。

图 1-1 为机器人将包装箱堆垛到托盘上。

3. 保管与存储

保管包括堆存、管理、保养、维护等活动。保管的目的是克服



图 1-1 机器人将包装箱堆垛到托盘上

产品生产与消费在时间上的差异，是物流的主要职能之一。在商品流通过程中，产品从生产领域生产出来之后，进入消费领域之前，在流通过程中需要储存，这就形成商品储备。这些物品处于储备过程中时，就发生能否保存其使用价值和价值的问题。为了能完好地保存商品或产品的使用价值和价值，就必须对它们进行保管。保管设施（仓库、料棚、储罐等）的配置、构造、用途及合理使用，保管的方法和保养技术的选择等，都是物流的重要职能。

4. 装卸与搬运

装卸与搬运是随输送和保管而产生的必要物流活动，它是对运输、保管、包装、流通加工等物流活动进行衔接的中间环节，包括装车、卸车、堆垛、入库、出库以及连接以上各项动作的短程搬运。在物流活动的全过程中，装卸与搬运活动是频繁发生的，因而是产品损坏的重要原因之一，对装卸与搬运活动的管理，主要是对搬运方式的选择、装卸搬运机械的选择和合理配置与使用，以及装卸搬

运合理化,尽可能减少装卸搬运次数等。

5. 流通加工

流通企业或生产企业在为客户提供商品时,往往需要在物流过程中进行一些辅助性的加工活动,称之为流通加工。这种在流通过程中对商品进一步加工,以使流通过程更加合理化,是现代物流发展的一个重要趋势。这种加工活动不仅存在于社会流通过程中,也存在于工厂内部的物流过程中,因此,它实际上是在物流过程中进行的辅助加工活动。流通加工的内容有装袋、定量化小包装、拴牌子、贴标签、配货、挑选、混装、刷标记等。生产的外延流通加工,包括剪断、打孔、折弯、拉拔、挑扣、组装,以及改装、配套、混凝土搅拌,甚至钢材重新轧制等。此外,对流通加工规模、品种、方式的选择,以及加工效率的提高途径等,都是物流的职能之一。

6. 物流信息

所谓信息,是指能够反映事物内涵的知识、资料、消息、情报、图像、数据、文件、语言、声音等。从物流系统本身讲,必须对物流的各项活动进行计划、预测、动态(运量、收发存数量等)及时地收集和传输信息,还要对物流费用、生产情况、市场动态等及时提供信息,物流活动才能得以通畅地优质完成。为了管理好物流信息,要求建立物流管理信息系统和渠道,正确选定信息的种类及其收集、汇总、统计、加工处理、传送和使用方法,实现信息管理的标准化、社会化,以便更充分地发挥物流信息的作用。

1.1.2 物流在国民经济中的地位

从经济发展过程来看,通过采取先进技术有效降低资源消耗而增加的利润是第一利润源;通过人力素质的提高增加的利润是第二利润源;通过降低物流费用增加的利润是第三利润源。物流成本在GDP以及企业产品的成本中占有较大的比例。美国在20世纪70年代的物流成本平均相当于GDP的13.7%,1994年降低到10%。中国的物流成本为16.7%(世界银行数字),有的认为是20%左右。2000年GDP为8.9万亿元,按15%计为13350亿元,按20%计为17800

亿元。

物流在国民经济中占有重要位置，对经济建设起着重要作用。归纳起来，主要表现在以下几个方面：

(1) 物流是国民经济的动脉系统，它连接社会生产各个部分，使之成为一个有机整体。任何一个社会（或国家）的经济，都是由众多的产业、部门、企业组成的。这些企业又分布在不同的地区、城市和乡村，属于不同的所有者，它们之间相互供应其产品，用于对方的生产性消费和职工的生活消费，它们互相依赖而又互相竞争，形成极其错综复杂的关系。物流就是维系这些复杂关系的纽带和血管。

(2) 物流是生产过程不断进行的前提条件。社会生产的重要特点是它的连续性，这是人类社会得以发展的重要保证。一个社会不能停止消费，同样也不能停止生产。而连续不断地“再生产之流”总是以获得必要的生产资料，并使之与劳动力作用而开始的。一个企业的生产要不间断的进行，一方面必须按照生产需要的数量、质量、品种、规格和时间不间断地供给原料、材料、燃料和工具、设备等生产资料；另一方面，又必须及时地将生产成品销售出去。也就是说，必须保证物质资料不间断地流入生产企业。

(3) 物流是保证商流顺畅进行，实现商品价值和使用价值的物质基础。在商品流通中，物流是伴随着商流而产生的，但它又是商流的物质内容和物质基础。商流的目的在于变换商品的所有权，而物流才是商品交换过程所要解决的社会物质变换过程的具体体现。

(4) 物流技术的发展是决定商品生产规模和产业结构变化的重要因素。商品生产的发展要求生产社会化、专业化和规范化，但是，没有物流的一定发展，这些要求是难以实现的。物流技术的发展，从根本上改变了产品的生产和消费条件，为经济的发展创造了重要的前提。而且，随着现代科学技术的发展，物流对生产发展的这种制约作用就越明显。

(5) 物流的改进是提高微观经济效益和宏观经济效益的重要源泉。这不仅由于物流组织的好坏，直接决定着生产过程是否得以实现，而且物流费用已成为生产成本和流通成本的重要组成部分。搞

好物流, 无论对于提高企业经济效益还是宏观经济效益都有重大作用。

进入 20 世纪 90 年代以来, 传统物流概念已向现代物流概念转变。现代物流包括运输的合理化、仓储自动化、包装标准化、装卸机械化、加工配送一体化、信息管理网络化等。现代物流水平是一个国家综合国力的重要标志。

1.2 现代物流系统的特征

物流系统是指在一定时间和空间范围内, 完成与“物的流动”相关的事务和过程。物流的目的在于, 将客户需要的指定商品按指定的数量、时间、地点, 快速、安全、准确、有效、经济地达到最优状态。物流系统的支撑要素包括体制、制度, 法律、规章, 行政、命令, 标准化系统。物流系统物质基础要素是物流设施、装备、工具和数据库与网络。现代物流的主要特征表现在以下几个方面:

(1) 物流系统各个要素和组成部分的集成。物流系统的最大潜力并不完全取决于系统的自动化程度, 而是结构、组织和人员素质。现代物流的基本观念是“以用户为核心”的物流服务概念, 并将物流系统看成一个闭环系统, 参见图 1-2。

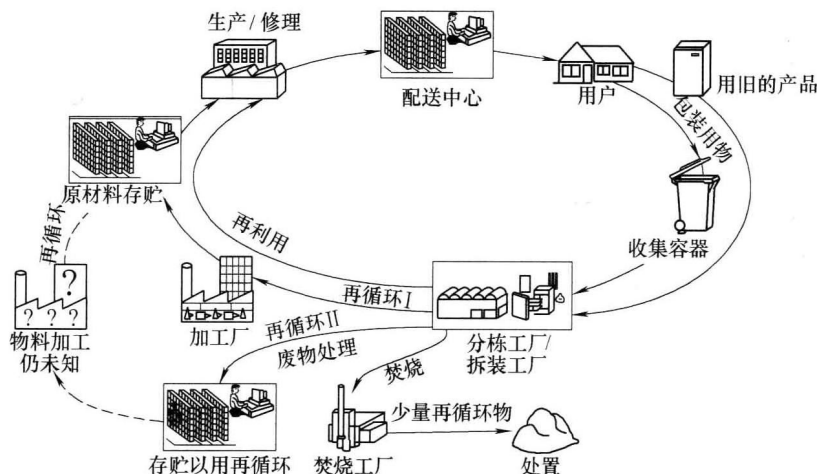


图 1-2 闭环物流

(2) 现代物流处于买方市场和全球化的经济环境下, 物流系统的规模巨大, 强调系统的规模效益。

(3) 信息技术的应用: 包括物流信息标识及识别技术、射频识别 (RFID) 技术、电子数据交换 (EDI) 技术、地理信息系统 (GIS)、全球定位系统 (GPS) 应用技术、物流信息管理系统。

(4) 现代物流管理技术: 包括运输工具、装卸方法的合理选择与运用、物流预测、有效客户反应、库存管理与控制、供应链一体化管理、劳动管理、质量管理与控制。

(5) 强调物流系统的规划与仿真: 系统的合理规划是达到建设目标, 提高物流系统效益的重要手段。通过建设前的仿真研究, 对保障建成系统的有效性与降低建设成本具有重要意义。

物流系统是由物流中心和连接物流中心的线路构成的网络。物流系统的设计与实现的主要任务就是建立这一网络。其核心是物流中心的研究与设计。广义的现代物流如图 1-3 所示, 其作业内容包括包装、装卸、搬运、储存、流通加工和信息管理等, 涉及了从原材料→生产加工→最终客户的所有过程。它由 3 个阶段构成:

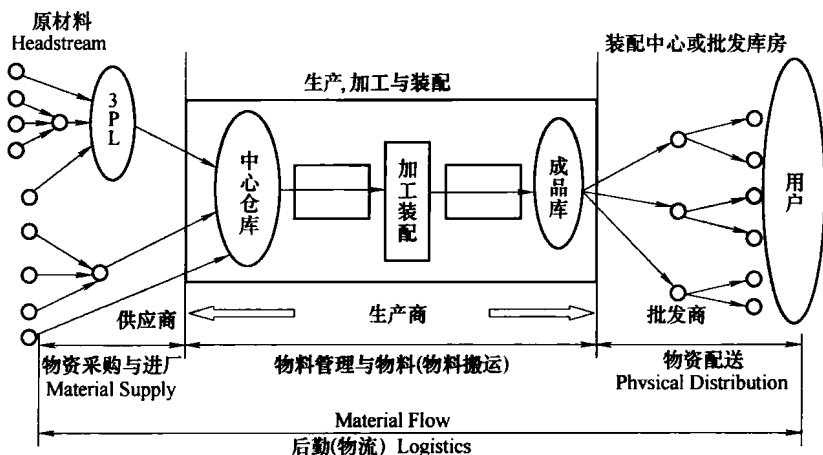


图 1-3 广义物流系统

(1) 物资采购与管理 (Purchase and management), 完成从供应商采购的原材料经过初级处理送达制造中心 (生产厂), 其中 3PL 为第