

“十三五”国家重点出版物出版规划项目



Modern Facilities Planning
and Logistics Analysis


现代设施规划 与物流分析

戢守峰 主编

第②版



赠电子课件

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

非外借

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

现代设施规划 与物流分析

第 2 版

戢守峰 主编

机械工业出版社

本书系统地论述了物流与物流系统分析,前期工作与纲领、产品、工艺过程的设计,设施选址决策,工厂与服务设施物流分析,生产与服务设施的布置与设计,物料搬运系统设计,自动化立体仓库的布置与设计,以及设施布置的模型、算法与应用。书中给出了大量的实例、模型与算法,为读者提供了研讨现代设施规划与物流分析理论和方法,解决企业设施规划与物流分析中深层次问题的范例。

本书在内容上有较大突破和创新,不仅传播了知识,而且注重提高学生的素质,注重对学生操作能力与创新能力的培养。

本书既可作为高等院校工业工程、物流工程、物流管理等专业的教材,也适合致力于设施规划与物流运作研究与实践的人员自学研读。

图书在版编目(CIP)数据

现代设施规划与物流分析/戢守峰主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2019. 6

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-111-62596-4

I. ①现… II. ①戢… III. ①物流-设备管理-高等学校-教材②物流分析-高等学校-教材 IV. ①F25

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第079090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:曹俊玲 责任编辑:曹俊玲 何洋

责任校对:郑婕 封面设计:张静

责任印制:郜敏

河北鑫兆源印刷有限公司印刷

2019年7月第2版第1次印刷

184mm×260mm·18.75印张·459千字

标准书号:ISBN 978-7-111-62596-4

定价:48.00元

电话服务

网络服务

客服电话:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

010-88379833

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-68326294

金书网:www.golden-book.com

封底无防伪标均为盗版

机工教育服务网:www.cmpedu.com

前言

现代设施规划与物流分析的应用范围已由传统工厂布置与物料搬运扩展至非制造业设施的规划与布置。设施规划的好坏不仅决定了生产与服务系统的效能，而且直接影响一个企业经营管理的成败。因此，现代设施规划与物流分析一直是国内外学术界高度关注的课题，具有十分重要的理论指导意义和实际应用价值。

本书旨在使读者掌握与新建、改建或改造项目的各类生产与服务设施相关的设施规划与物流分析的理论与方法。基于此，本书系统地论述了物流与物流系统分析，前期工作与纲领、产品、工艺过程的设计，设施选址决策，工厂与服务设施物流分析，生产与服务设施的布置与设计，物料搬运系统设计，自动化立体仓库的布置与设计，以及设施布置的模型、算法与应用。本书的重点在于引导读者应用这些理论、方法与工具研究和处理企业设施规划与物流分析中存在的实际问题，因此书中给出了大量的实例、模型与算法，这些将为读者提供研讨现代设施规划与物流分析理论和方法，解决企业设施规划与物流分析中深层次问题的范例。

本书在编写过程中汲取了国内外最新文献和编写者的研究成果，内容主要是以近年来国内外先进的现代设施规划与物流分析实践和国家自然科学基金资助项目“基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化方法研究”（项目批准号：70872019）、“碳限制与行为约束下多源选址一路径一库存集成模型研究”（项目批准号：715172031）为基础，以实用有效的实例、模型与求解方法和数值分析为指导，系统全面地解读现代设施规划与物流分析的方法和工具。

本书在内容上有较大突破和创新，不仅传播了知识，而且注重提高学生的素质，注重对学生操作能力与创新能力的培养。此外，本书力求理论体系完整，内容精练、深入浅出，适合我国高等院校的教学，同时也适合致力于设施规划与物流运作研究与实践的人员自学研读。相信本书能帮助读者正确地运用现代设施规划与物流分析的基本原理和分析方法，解决不同经济环境、不同行业与不同类型企业的设施规划与物流分析问题。

本书由五位长期在高校从事现代设施规划与物流分析教学与实践工作的教师共同编写，具体编写分工如下：第1章、第2章、第4章、第6章、第8章和第10章由戢守峰（东北大学）撰写，第3章由唐金环（沈阳航空航天大学）撰写，第5章由朱宝琳（东北大学）撰写，第7章由金玉然（辽宁科技大学）撰写，第9章由张吉善（东北大学）撰写。另外，全书的算例分析和案例由戢守峰编写。全书由戢守峰统筹、修改、审定，根据本书编写的总体思路和风格，对各章均做了较大的修改，请各位参编人员谅解。东北大学的博士和硕士研究生罗荣娟、赵鹏云、薛瑶婷、关嘉诚、刘红玉、刘璐璐、刘迎军、刘晓萌和张艳霞等承担



了本书的公式编辑与校正工作，在此表示感谢。

在本书编写和项目研究过程中，借鉴了国内外诸多研究成果，国家自然科学基金委员会对项目给予了资助，在此一并表示衷心的感谢。

由于现代设施规划与物流分析是一个复杂而富有挑战性的研究领域，尚需不断地探索研究，限于编者的学术水平，难免有错误和不尽如人意之处，敬请广大读者不吝指正。

戢守峰

目 录

前 言	
第1章 导论	1
1.1 设施规划	1
1.2 物流分析	4
1.3 设施布置中的关键问题	12
1.4 设施布置的类型、模型与算法以及前沿动态	16
复习思考题	21
第2章 物流与物流系统分析	22
2.1 现代物流的经济学价值	22
2.2 物流工程学的方法论	26
2.3 物流系统分析	30
2.4 物流系统实例	39
复习思考题	40
第3章 前期工作与纲领、产品、工艺过程的设计	41
3.1 前期工作的任务与作用	41
3.2 设施规划的决策与信息 and 数据的收集	42
3.3 纲领、产品、工艺过程的设计	48
复习思考题	55
第4章 设施选址决策	56
4.1 设施选址概述	56
4.2 选址决策	59
4.3 设施选址的方法	62
4.4 服务设施的选址	74
复习思考题	76
第5章 工厂与服务设施物流分析	77
5.1 物流分析在布置设计中的关键问题	77



5.2 当量物流量计算的新方法	82
5.3 工厂与服务设施物流分析的方法	86
5.4 基于当量物流量的设备系统平面布置设计	92
复习思考题	96
第6章 生产设施的布置与设计	97
6.1 设施布置与设计概述	97
6.2 典型的布置形式	100
6.3 生产系统布置设计	103
6.4 物流分析	110
6.5 方案的评价与选择	137
复习思考题	142
第7章 服务设施的布置与设计	143
7.1 服务设施的布置与设计概述	143
7.2 办公室的布置与设计	146
7.3 零售店的布置与设计	148
7.4 医院的布置与设计	157
7.5 仓库的布置与设计	165
复习思考题	170
第8章 物料搬运系统设计	172
8.1 物料搬运系统的分析方法	172
8.2 物料搬运系统的分析与设计	182
8.3 系统布置设计与物料搬运系统分析的融合	200
8.4 物料搬运与企业经济效益	201
8.5 某机械厂搬运系统设计的应用实例	206
复习思考题	217
第9章 自动化立体仓库的布置与设计	218
9.1 自动化立体仓库概述	218
9.2 自动化立体仓库的规划与设计	222
9.3 自动化立体仓库的布置模式	230
9.4 某企业自动化立体仓库规划与设计方案	234
复习思考题	251
第10章 设施布置的模型、算法与应用	252
10.1 设施布置模型的基本概念	252



10.2 设施布置与设计的图论方法..... 259

10.3 二次分配问题 (QAP) 的模型与算法 263

10.4 遗传算法在设施布置中的应用..... 269

复习思考题..... 287

参考文献 288

第十一章

生产控制

生产控制是指对生产活动进行计划、组织、协调、控制、监督和反馈的过程。其目的是确保生产活动按照预定的计划进行，并实现企业的生产目标。生产控制包括生产计划、生产调度、生产控制、生产监督和反馈等环节。

11.1 生产控制的意义及任务

生产控制是企业生产管理的重要组成部分。其主要任务是：根据企业的生产计划，对生产活动进行实时监控，及时发现和纠正生产过程中的偏差，确保生产活动按计划进行，并实现企业的生产目标。

11.2 生产控制的内容及程序

生产控制的内容包括：生产计划控制、生产调度控制、生产控制、生产监督和反馈等。生产控制的程序包括：制定生产计划、下达生产指令、实时监控生产进度、及时发现和纠正偏差、反馈生产信息、调整生产计划等。

曲突徙薪：古时候有一个客人去拜访友人，见那家人的厨房里烟囱做得很直，一烧饭就直冒火焰，而灶门旁边还堆了许多柴草。这个客人看到这种情况，就劝主人把烟囱改成弯曲状（曲突），把柴草搬得离灶远一些（徙薪），不然容易引起火灾。但主人不听劝告。不久，这家果然失火了，幸亏邻居们赶来把火扑灭了。

——司马光《资治通鉴》

第1章 导 论



设施规划与物流分析是为新建、扩建或改建的生产系统或服务系统，综合考虑相关因素，进行分析、构思、规划、论证、设计，做出全面安排，使资源得到合理配置，使系统能够有效运行，以达到预期目标。本章主要探讨设施规划与物流分析、设施布置类型和工业设施布置的传统方法和设施规划与物流分析的发展等内容。



【学习目的】

1. 理解设施规划与物流分析的内涵、涉及范围。
2. 了解设施规划的布置方法及物流分析的方法。
3. 充分认识生产管理模式对设施布置的影响。



1.1 设施规划

1.1.1 设施规划的含义及目标

1. 设施

“设施”一词源于拉丁语“facilis”，其意是容易。因此，一个设施意味着其必须是容易自由运作的。设施通常被广泛地认为是一种有形的固定资产。在“设施”内，人、物料、机器为了实现一个规定的目标集合在一起，最典型的就制造一种实实在在的产品或提供某种服务。由于各种内部或外部的原因，当为了实现成本最低、顾客满意度最高和使用最少的资源来制造产品或提供服务等几个目标时，必须对“设施”进行恰当的规划、设计和管理。

2002年，美国生产与库存控制学会（APICS）将设施定义为：“设施是物理工厂、配送



中心、服务中心和其他的设备。”2001年美国出版的《梅纳德工业工程手册》(Maynard's Industrial Engineering Handbook)第5版对设施的定义非常简洁：“设施是运作(作业)能力的物理表达。”

一个好的布置能优化资源的利用,同时满足其他的评价标准,如质量控制和许多其他因素。因为这些因素使设施布置很复杂。总之,对一个工业设施或制造业的工厂而言,设施就是指所占用的土地、各种建筑物、各种生产和辅助设备、各类公用设施等,其投入为原材料、各种辅助材料及配件、中间产品,而产出投放市场的是各种产品。对于非制造业的服务设施而言,设施包括各种建筑物、服务设备及场所等,投入服务产品和服务人员,使顾客得到满意的服务。

2. 设施规划

设施规划是为新建、改建或扩建的制造系统或服务系统,综合考虑各种因素,做出分析、规划和设计,使资源合理配置,系统建成后能有效运作,达到各种预期的目标。规划往往是指对事物或系统宏观的考虑和描述,而设计则是指细致和缜密的安排,但实际上很难划清二者的界限。

包括企业内部的物流系统设计在内的**设施规划(设计)**应达到以下目标:

(1) **产品单位成本最低**。这仍是制造或服务系统具有强大竞争力的主要指标,需要在设施规划设计的每一阶段高度关注。

(2) **优化质量使顾客满意**。质量成本也是竞争中的关键,需要将质量和成本进行平衡,也需要在设施规划设计的每一步中高度关注。

(3) **有效利用人力、设备、空间和能源**。这是一条有效降低成本的途径。设施布置中有关服务设施的位置,如休息室、衣帽间、餐厅、工具室等,均会影响员工的工作效率。良好的工作地布置能充分利用空间,也易于节省能源。

(4) **为员工提供方便、安全、舒适的环境**。如果设施布置不方便员工工作,则表明管理层不关心群众。因此,饮水处、停车场、员工入厂处、小卖部以及厕所必须使所有员工都方便。设施布置中的每项决策和物料搬运设计必须考虑安全因素,工具和产品的重量、过道和走廊的宽窄、工作地的设计等都可能影响员工的安全。工业安全统计表明,80%的工伤发生在搬运物料时的发运站和收货站,所以管理层必须在每项搬运工作中为减少工伤而努力。

(5) **保证生产开工日期**。项目是否成功在很大程度上取决于能否将产品及时送到市场,及时提供服务,特别是对季节性、节日性的产品和服务,如新年、春节和国庆节等,都是一年一次的大好机会,错过这些节日就等于错过整年。

(6) **其他目标**。取决于管理层提出的要求,如要求零库存、要求实施准时制(JIT)生产等。

1.1.2 设施规划的意义与作用

社会的进步、时代的发展,改变了人们的生活,同时也使人们产生了更多的需求,多品种、中小批量已日益成为时代主流的需求形式。电子技术、信息技术、管理学、系统论等学科领域理论与技术的发展,也大大地推动了制造业的进步,产生了许多具有时代特征的先进制造技术和制造模式,极大地改善了生产能力,提高了生产率和产品质量,降低了生产成本。但是,随着生产制造能力的迅猛提高,企业物流特别是生产物流的落后已经与制造能力



的提高越发不相称,矛盾日益加深,成为企业进一步提高生产力的瓶颈。由此可见,生产物流是生产系统中至关重要的一环,而生产物流的合理性与生产系统的设计有着直接的重要关系,特别是生产系统中的设施布置,它包括工厂总平面布置、车间内部作业单位平面布置及生产线设备布置等。同时,由于包括自动化立体仓库在内的先进物流设备已经成为现代化生产系统中必不可少的组成部分,扮演着越来越重要的角色,其内部设施布置的情况将直接影响到企业的库存管理、物料搬运效率与成本等诸多方面,因此,自动化立体仓库的布置也是生产系统设施布置中一项重要的新内容。

传统的设施规划与设计以企业生产系统的空间静态结构(布局)为研究对象,从企业的动态结构——物流状况分析出发,探讨企业平面布置设计目标、设计原则,着重研究设计方法与设计程序(步骤),使企业的人力、财力、物力和物流、人流、信息流得到最合理、最经济、最有效的配置和安排,从根本上提高企业的生产效率,达到以最少投入获得最大效益的目的。随着研究的深入及系统工程、运筹学、计算机技术的发展应用,形成了一些先进的设计方法,其中最具代表性的是理查德·缪瑟(Richard Muther)创立的系统布置设计(Systematic Layout Planning, SLP)方法,使设施规划与设计由定性阶段发展到定量阶段,并且推广应用到包括物流设施在内的各种生产系统与服务系统中。

随着企业对物流及设施的重要性日趋关注,人们逐步探索设施规划与设计的相关理论与技术的应用,并在多个领域取得了成功。

1.1.3 设施规划的工作范围和工作组织

设施规划涉及的范围非常广泛,与许多专业相关,与多种学科相互交叉。各种设施规划广泛关联土建、机械、电气、通信等各工程专业。就工业工程学科的范围而言,其主要任务是厂(场)址选择和部分设施设计。设施设计通常包含布置设计、物料搬运系统设计、建筑设计、公用工程设计和信息系统设计五大部分(见图1-1)。其中,工业工程师应该负责的除厂(场)址选择外,还有布置设计、物料搬运系统设计以及部分信息系统设计等。

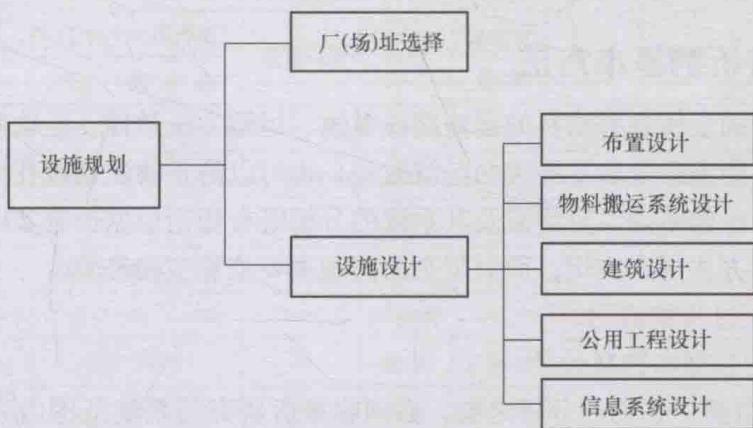


图 1-1 设施规划的研究内容

世界各国设施规划的工作组织因国情不同而有所差异,但都是在长期的市场竞争机制下发展形成的,与各国的工程建设管理体制密切相关。设施规划经常是工程设计的一部分,但工程设计不是一项独立的活动,而是工程咨询活动的一个组成部分,常与工程项目管理或工

程总承包联系在一起，因此很少有只承担工程设计的机构，尤其是只承担其中部分设计工作的机构。具有工程设计业务的机构类型多种多样，如有属于大企业的，有隶属于政府部门的或独立设置的，也有私人独资的、股份制的；有综合性的，也有专业性的。这些组织机构就经营管理特点而言，有工程咨询公司、工程公司和设计事务所三种基本类型。

(1) **工程咨询公司**。工程咨询公司是能为工程全过程提供工程咨询服务的顾问性机构，既能为业主在项目建设前进行调查研究、分析论证，提出各种可行方案供业主选择，又能为以后的工程设计、项目管理、施工监理直到竣工验收，甚至为交工后的员工培训、管理咨询等提供广泛的服务。

工程咨询公司以客观、公正的态度为业主提供工程项目服务，收取服务费用。由此它必须独立于施工承包商和设备供应商，独立进行业务活动，不承担总承包。世界银行及其借贷者常聘用工程咨询公司提供三种服务，即投资前的可行性研究、详细工程设计和施工监理。

(2) **工程公司**。工程公司是拥有资金、各种人力资源、施工设备并且富有工程建设经验的公司，可以为业主按“交钥匙”的方式进行总承包，即从立项开始，对包括可行性研究、工程设计、设备和材料采购、项目管理、试车指导、人员培训等在内的各项工作进行总承包，也可对其中某项工作进行单项承包。

工程公司的作用就是在特定的合同条件下，为业主提供建设项目的全套服务，使业主不必聘请工程建设专家并消耗有关资源。这是世界各国通用的一种方式。

(3) **设计事务所**。设计事务所是由注册建筑师和工程师组成，从事工程设计和工程监理的专业性机构。其中较多的是建筑师事务所，也有从事土木、结构、暖通、空调、电气、给排水等专业的设计事务所，一般其规模都比较小。



1.2 物流分析

1.2.1 物流分析的基本方法

物流分析的目的是使各种物料的运输路线最短、运输方法最佳、运输效率最高，而物流成本最低，从而使物流系统取得最大的经济效益，也可以防止物流系统在原先设计时由于主观武断或经验不足造成错误。对物流及其系统的分析既有理论依据也有实践经验，对简单的问题有多种运筹学方法可以应用，而对复杂的问题主要依靠实践经验。

1. 原始数据汇总及物流图

(1) 收集原始数据和物料分类

1) 收集原始数据。在物流分析之前，必须收集所研究的系统范围内完备的有关原始数据，以备分析之用。但这不是一个简单的问题，因为物料是形式各异、种类繁多且很杂乱的。通常，物流分析的最终目标是使物流成本最低，而物流成本又与物料种类、数量、移动距离、服务和时间密切相关。图 1-2 反映了物流成本与各种原始数据的密切关系以及相互影响。图中， P 为物料种类； Q 为物料数量； R 为物流移动路程； S 为物流服务； T 为物料运送的时间要求； C 为物流成本。

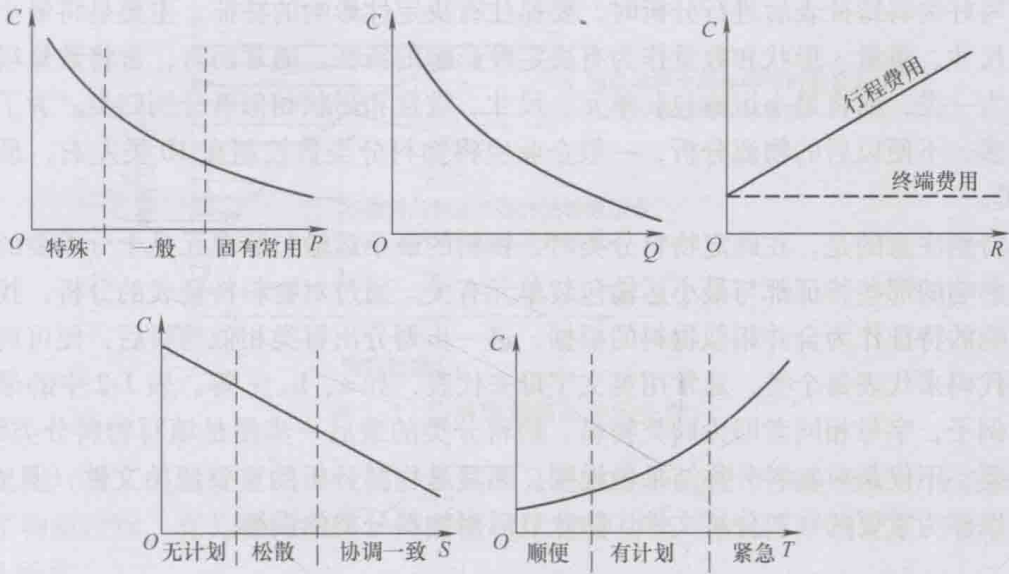


图 1-2 物流成本与各种原始数据的密切关系以及相互影响

2) 物料种类及分类。物料的种类、性质和数量决定了物料装运的程序和方法。弄清物料特点十分重要，这也是首先要收集的原始数据。在物流分析之前，必须弄清楚对物料分类的目的。

- ① 将多种物料归为有限几类，使物流系统分析简化。
- ② 最终要解决多种物料的装运问题，只有分类后才能按类解决。

对一般物料分类时，首先按基本形态分类，即固态、液态和气态。显然，基本形态不同的物料，其包装和搬运方法也是截然不同的。采用包装单元是为了便于利用搬运效率高的托盘或集装箱进行搬运。在实际工作中，物料是按可运件的物理特征进行分类的，通常根据外形尺寸、重量、形状、损坏可能性、状态、数量、时限性等几种主要因素进行区分（见表 1-1）。

表 1-1 物料特征表填写示例

物料名称	包装单元	单元的物理特性						其他特性			类别代号	
		尺寸/cm 直径或			重量/kg	形状	损坏可能性	状态	数量	时限性		特殊要求
		长	宽	高								
进厂物料												
钢带	卷	直径 60		25	2.7~5.4	盘状	—	—	少	—	—	d
空纸袋	捆	70	48	60	22	矩形	易撕破	—	少	—	—	d
油料豆	袋	80	40	20	44	矩形	—	—	中等	—	—	c
鱼油	桶	直径 46		80	148	圆柱形	—	有油性	多	—	—	b
乳酸	坛	直径 60~65			40	圆柱	易破碎	—	很少	—	—	d
备件	箱	各种			各种	各种	部分有	—	很少	急	—	d
出厂物料												
肥料 20 号	桶	直径 46	80	138	圆柱形	—	—	很多	—	—	—	b
肥料 22 号	桶	直径 46	80	132	圆柱形	—	—	很多	—	—	—	b
混合料 10 号	袋	80	40	20	43	矩形	—	要防潮	多	—	—	c

在填写好物料特征表后进行分析时，要抓住有决定性影响的特征，主要是将最小运输包装单元、尺寸、重量、形状和数量作为有决定性影响的特征。通常而言，常将数量很少和少的物料归为一类，而将最小运输包装单元、尺寸、重量和形状相似者分别归类。为了不使物料分类过多，不便以后的物流分析，一般企业应将物料分类数控制在 10 类左右，最多不宜超过 15 类。

应当特别注意的是，在确定物料分类时，物料的最小运输包装单元是十分重要的，因为起决定性影响的那些特征都与最小运输包装单元有关。通过对物料特征表的分析，找出具有决定性影响的特征作为合并相似物料的根据，进一步划分出每类相似物料后，便可规定一定的符号或代码来代表每个类，通常用英文字母来代表，如 a、b、c 等。表 1-2 中的最后一列就是典型例子，字母相同者即为同类物料。物料分类的最后一步便是填写物料分类结果表。此表很重要，不仅是对物料分类结果做说明，而且是物料分析的重要原始文件（见表 1-2）。这张表可以作为重要的物料分析文件，防止日后对物料分类的误解。

表 1-2 物料分类结果表填写示例

物料类别	分类依据		典型例子
摘要	类别代号	物理特征（尺寸、重量、形状、易损性、状态）	其他特征（数量、时限性、特殊要求）
空桶	a	新的或空的金属桶，直径 46cm，高 80cm	供货者交货时间及频率有很大的变化，是中等的季节变化
实桶	b	装有油或化学物品的金属桶，重量 135kg，直径 46cm，高 80cm	数量相当大的稳定物流：约 10 种不同物品
袋	c	多层塑料纸袋的矿物、果仁、化学药品等，平均尺寸	数量相当大的稳定物流：约 10 种不同物品
其他物品	d	盒子、纸箱、捆、麻包装的外购物品，有各种尺寸和形状，重量 0.5~23kg	每种物品的数量少，时间要求却很高（如维修件），有些物品需严格管理（如防失窃）

(2) 物流量、物流路线和当量物流量

1) 物流量和物流路线。通常有两种主要方法用来记录物流量和物流路线的原始资料。

第一种方法是每次只观察一类物料，跟踪整个物流过程来收集资料，称为流程分析法，用来编制流程图表。这种方法必须对每类物料分别进行一次分析。

第二种方法称为起止点分析法，用以编制物料进出表。此方法又可分为两种：①每次分析一条物流路线，收集此路线上各类物料的有关资料；②对一个区域进行观察，收集进出此区域的所有物料的有关资料。

实际工作中往往将以上两种方法并用才能达到要求。因为往往有的物料品种较少而数量很大，而有的数量很少但品种较多。因此，对大流量物料宜采用费时较多而结果准确的流程分析法，对小流量物料则可采用简易的起止点分析法（见图 1-3）。

流程分析法就是用物料流动的过程来描绘物流。如从制造企业内部物流来看，物流过程

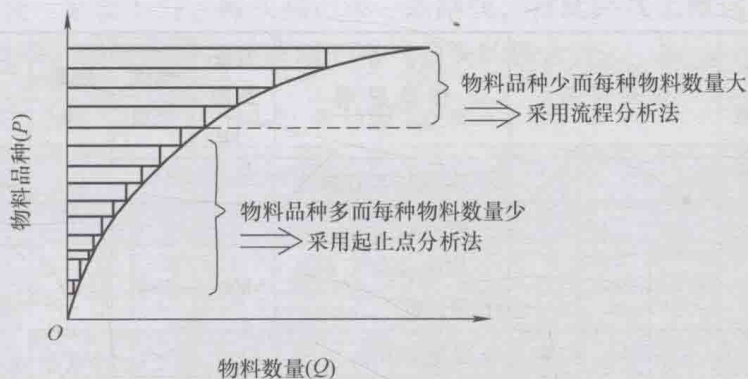


图 1-3 物料数量与品种的关系

与生产过程（或工艺过程）是一致的，不同的只是在生产过程中加上有关物流的操作内容，就变成了物流过程。有关物料操作，美国机械工程师协会（ASME）制定了一套标准符号，如表 1-3 所示。

表 1-3 ASME 物料操作标准符号

符 号	名 称	说 明
○	操作	表示工艺过程中主要的步骤，操作中要对物料做物理或化学变化
□	检查	表示对物料品质或数量的检查
⇒	运输	表示物料由一处移向另一处
□	停留	表示在事件顺序中的等待，如工序间的在制品积压
▽	存储	表示受控制的存储，如保持生产连续性的库存

对一种或一类物料整个流程，有下列两种记录和表示方法：

① 当没有部件装配操作时，可用上述符号和表格表示，其形式如表 1-4 所示。此类标准作业符号预先印在表格上，按物料流程将符号涂黑。

表 1-4 物料流程表示例

序号	最小单元	每次装载单元数	作业符号			作业说明	装载数量 /kg	每天数量	距离 /m	备注
1	钢板		▽	⇒	○	置于地面上	—	—	—	
2	钢板	12	▽	→	○	用手推车送往下料间	780	5	280	
3	钢板	1	▽	⇒	●	按尺寸下料	—	—	—	有边角余料
4	毛坯	1	▽	→	○	输送机送往成形压力机	2	1380	20	
5	毛坯	1	▽	⇒	●	成形	—	—	—	
6	成形件	400	▽	→	○	用托盘与叉车送往中间仓库	800	3.5	320	提升高度低于手动叉车

(续)

序号	最小单元	每次装载单元数	作业符号			作业说明	装载数量/kg	每天数量	距离/m	备注
			▽	⇒	○					
7	成形件	400	▽	⇒	○	连同托盘存放在地面上	—	—	—	
8	成形件	400	▽	→	○	用托盘与叉车送往磨边机	800	3.5	80	提升高度低于手动叉车
9	成形件	1	▽	⇒	●	磨所有的边	—	—	—	
10	防护器	260	▽	→	○	用叉车和箱式托盘送往包装间	520	5.3	370	包装材料提前供应
11	防护器	260	▽	⇒	●	装入纸箱	—	—	—	每一箱式托盘可放防护器 260 套
12	纸箱	140	▽	→	○	用叉车与托盘送往成品库	630	5	210	

② 当有部件装配等操作时，可绘制物料流程图（见图 1-4）。

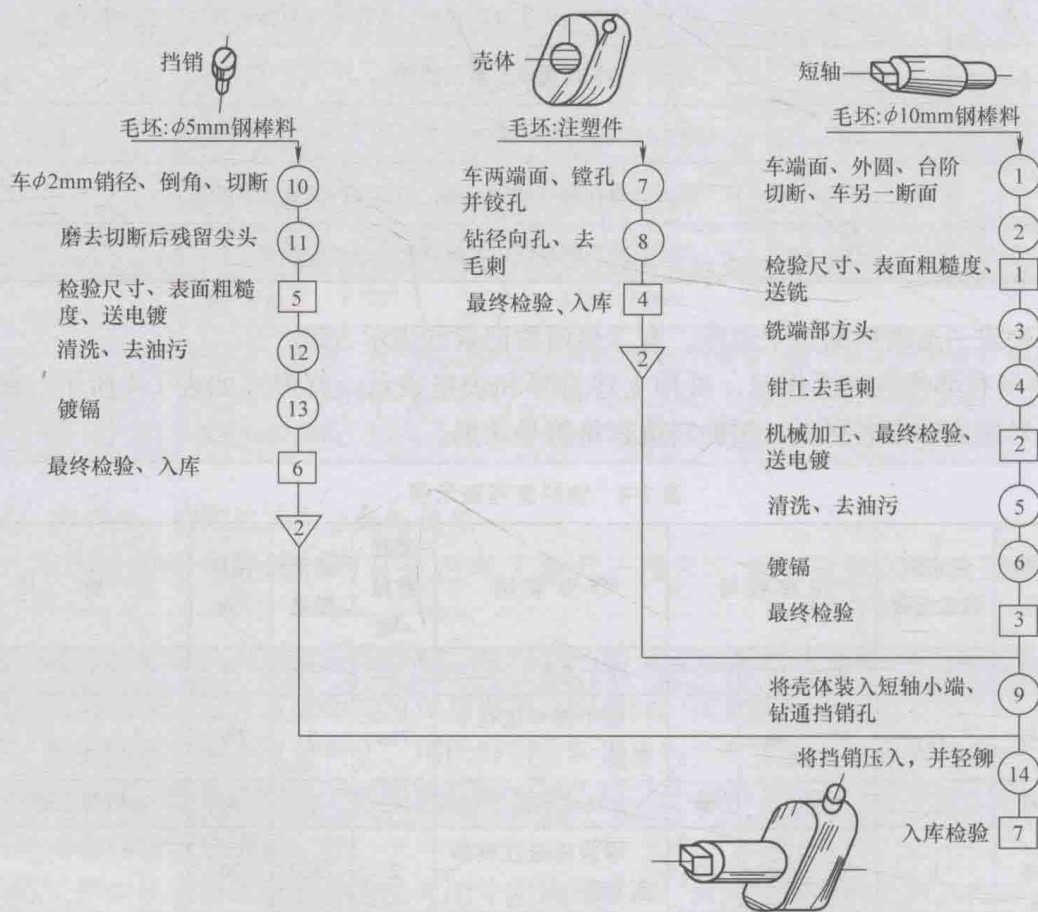


图 1-4 有装配操作的物料流程图示例

起止点分析法（编制物料进出表）也有两种方法，具体如下：



① 搬运路线表（见表1-5）。每次只记录一条路线，将此路线上搬运的全部物料都汇总记录在搬运路线表中。搬运路线表只适用于路线很少的场合。

表 1-5 物料搬运路线表示例

物料类别		物料路线起止和路况			物料活动	
名称	类别代号	起点	路况	终点	物流量（单位时间的数量）	物流要求（数量、管理、时限性要求）
钢板	a	用桥式起重机堆放	穿过露天场地	在剪床旁堆放，面积有限	平均每天 60 张，即每天 8.4t	必须与下料计划进度一致
托盘货物	b	物料在托盘上起运，有些托盘在托盘架上	在生产厂房内，由电梯至三楼，厂房外有雨雪，冬天穿过四道门	在预焊接生产线，极为拥挤	平均每天 18 托盘	必须与油漆计划进度协调
小件	e	从料架和料箱中取下，放在存放区	从生产厂房底层通过，交通拥挤，夏季穿过两道门	送至设在预焊接生产线与小型压机区域的小件存放料架上	平均每天 720kg，约 30 个品种	共计 120 种零件，部分每天需要，部分每周需要
空盒	j	堆放在原材料库的地上		送往“无装配件”集合点	平均每天 18 盒	每天运送一次

② 物料进出表。搬运路线较多的场合，建议以区域为单位，考虑一个区域内的物料搬运活动。

2) 搬运活动一览表。不论是流程分析法还是起止点分析法，收集物流路线和物流量的原始数据，都需要将全部物料的所有搬运活动的主要数据都汇总在一张表上，此表称为搬运活动一览表。

3) 物流量的准确性和当量物流量。物流系统中由于几何形状、物料搬运难易程度等相差甚远，一方面，简单地用重量作为物流量单位不合理，另一方面，要想得到精确的物流量也不大可能；又因为计划和生产对物料品种数量的需求也是经常变化的，故苛求物流量的绝对准确没有必要，何况不同物料的数量通常也是不可比的，如 1t 钢和 1t 泡沫塑料，虽重量相等，但体积相差极大。因此，在设施规划与物流分析中，若能找到一个标准，将各种物料经过折算都转换成标准的倍数或系数，即折算成统一量，会使分析和计算大为简化。这个折算成的统一量就称为当量物流量。当量物流量是指充分考虑系统中影响物料可运性的各种因素，通过折算和修正，把各种不同特性的物料折算成系统中可进行叠加的统一量。

2. 物流连线图

在企业物流中，将各条物流路线全部画在一张图上的画法目前还没有标准。通常用简单几何图形，如圆形或菱形等表示工作单位（各种车间、仓库、车站等），工作单位之间用线连接起来表示各条物流路线，然后再用连线多少、线的颜色、线外旁注等表示物流量、物流起止点、流向等。即使这样也不能将此物流的特性和参数全都表达清楚，只能大体说明问题。这种类型的图都称为物流连线图。