



21世纪工业工程专业规划教材

现代物流 设施与规划

MODERN LOGISTICS:
EQUIPMENTS, FACILITIES
AND THEIR PLANNING

方庆瑄 王转 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪工业工程专业规划教材

现代物流设施与规划

方庆瑄 王 转 主编
程国全 主审



机械工业出版社

本书重点介绍了制造业现代化生产线上的输送设备、光机电一体化
的现代物流设施和设施规划的方法。在介绍传统设施规划与物流分
析方法的同时,还阐述了现代的计算机辅助规划分析法和量化评价方
法。全书共分13章,第一章概述;第2章介绍了生产线上的现代物
流设备及其规划布置技术;第3、4、5、13章对传统的设施选址、物
流分析和设施规划的方法作了面向工程实际的全面介绍,并编入了多
个规划分析实例。第6、7、8章介绍了自动立体仓库、AGV车、自
动分拣系统;第9章对用于现代生产线的工位器具作了介绍。第10、
11章分别介绍了条形码识别、GPS等技术在物流设施中的应用;第
12章介绍了几种计算机辅助设施规划与物流分析的软件。

本书可以作为工业工程专业和物流工程专业相关课程的教材,还
可以作为在职工业工程和物流工程技术人员参考书。本书配有教
辅光盘,供读者选用。

图书在版编目(CIP)数据

现代物流设施与规划/方庆瑄,王转主编. —北京:机械工业出版社, 2004.7

21世纪工业工程专业规划教材

ISBN 7-111-14883-5

I. 现... II. ①方... ②王... III. 物流-设备管理-高等学校-教材 IV. F252

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第067916号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:张敬柱 版式设计:霍永明

责任校对:张晓蓉 责任印制:石冉

北京中兴印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004年9月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·20.5印张·416千字

定价:29.00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)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

21 世纪工业工程专业规划教材 编 审 委 员 会

名誉主任: 汪应洛 西安交通大学
主 任: 齐二石 天津大学
副 主 任: 夏国平 北京航空航天大学
易树平 重庆大学
钱省三 上海理工大学
苏 秦 西安交通大学
郭 伏 东北大学
薛 伟 温州大学
李泰国 首都经济贸易大学
吴爱华 山东大学
许映秋 东南大学
邓海平 机械工业出版社

秘 书 长: 易树平 重庆大学
秘 书: 张敬柱 机械工业出版社

委 员 (按姓氏笔画排序):

方庆瑄	王卫平	王德福	卢明银	李兴东
刘裕先	陈友玲	陈 立	张怀存	张绪柱
张新敏	周宏明	姜俊华	徐人平	徐瑞园
龚小军	曹国安	曹俊玲	程国全	鲁建厦
戴庆辉				

序

每一个国家的经济发展都有自己特有的规律，而每一个国家的高等教育也都有自己独特的轨迹。

自从工业工程（Industrial Engineering，简称 IE）学科于 20 世纪初在美国诞生以来，在世界各国得到了较快的发展。工业化强国在第一、二次世界大战中都受益于工业工程。特别是战后经济恢复期，日本、德国等均在工业企业中大力推广工业工程的应用和培养工业工程人才，获得了良好的效果。美国著名企业家艾柯卡先生，是美国福特和克莱斯勒汽车公司的首位总裁，他就是毕业于美国里海大学工业工程专业。日本丰田生产方式从 20 世纪 80 年代创建以来，至今仍风靡世界各国，其创始人 大野耐一的接班人——原日本丰田汽车公司生产调查部部长 中山清孝说：“所谓丰田生产方式就是美国的工业工程在日本企业的应用。”亚洲“四小龙”——韩国、新加坡、中国台湾和香港地区均于 20 世纪 60 年代起步工业工程，当时正值亚太地区经济快速发展时期（我国因文化大革命而错过此次发展机会）。台湾的工业工程发展与教育是相当成功的，经过 30 年的努力，建立了工业工程的科研、应用和教育系统。20 世纪 90 年代初，全台湾 60 所大学有 48 所开设了工业工程专业，至今人才需求仍兴盛不衰。更重要的是于 1992 年在国科会设立了工业工程学门。目前，在大陆的台资企业都设有工业工程部和工业工程师岗位。在亚太所有地区的学校无一不广泛设立工业工程专业。工业工程高水平人才的培养，对国内外经济发展和社会进步起到了重要的推动作用。

1990 年 6 月中国机械工程学会工业工程研究会（现已更名为工业工程分会）的正式成立，以及首届全国工业工程学术会议在天津大学的胜利召开，标志着我国工业工程学科步入了一个崭新的发展阶段。人们逐渐认识到工业工程对中国管理现代化和经济现代化的重要性，并在全国范围内自发地掀起了学习、研究和推广工业工程的活动。更重要的是在 1993 年 7 月由原国家教委批准，天津大学、西安交通大学首批试办工业工程专业并招收本科生，由此开创了我国工业工程学科的先河。而后重庆大学等一批高校也先后开设了工业工程专业。时至今日，全国开设工业工程专业的院校至少有 140 所。发展速度之快，就像我国经济发展一样，令世界各国瞩目。我 2000 年 9 月应邀赴美讲学，2001 年应台湾工业工程学会邀请到台湾清华大学讲学，2003 年应韩国工业工程学会邀请赴韩讲学，其题目均为“中国工业工程与高等教育发展概况”。他们均对中国大陆的工业工程学科发展给予了高度的评价，并表达了与我们保持长期交流与往来的意愿。

虽然我国工业工程高等教育自 1993 年就已开始，但教材建设却发展缓慢。最初，

大家都使用由北京机械工程师进修学院组织编写的“自学考试”系列教材。至1998年时，全国设立工业工程专业的高校已达三四十所，但仍没有一套适用的专业教材。在这种情况下，工业工程分会与中国科学技术出版社合作出版了一套工业工程专业教材，并请西安交通大学汪应洛教授任编委会主任。这套教材的出版有效地缓解了当时工业工程专业高等教育教材短缺的压力，对我国工业工程专业高等教育的发展起到了重要的推动作用。

然而，近年来我国工业工程学科发展十分迅猛，开设工业工程专业的高校数量直线上升，同时教育部也不断出台新的政策，对工业工程的学科建设、办学思想、办学水平等进行规范和评估。在新的形势下，为了适应教学改革的要求，满足全国普通高等院校工业工程专业教学的需要，机械工业出版社推出的这套“21世纪工业工程专业规划教材”是十分及时和必要的。在教材编写启动会上，编审委员会组织国内工业工程专家、学者对本套教材的学术定位、编写思想、突出特色进行了深入研讨，力求在确保高学术水平的基础上，适应普通高等院校教学的需求，做到适应面广，针对性强，专业内容丰富。同时，本套教材还将配备CAI课件，相应的实验、实习教程，案例教程以及企业现场录像，实现立体化。尽管如此，由于工业工程在我国正处于快速成长期，加上我们的学术水平和知识有限，教材中难免存在各种不足，恳请国内外同仁多加批评指正。

教育部管理科学与工程专业指导委员会主任
中国机械工程学会工业工程分会主任
天津大学管理学院院长

齐二石

2004年7月于天津

前 言

当前自动立体仓库、电动小车、AGV车等现代物流设施已大量应用于制造业的仓储与输送。作为工业工程主要研究领域的“设施规划和物流分析”必须面对已大量应用的现代物流设施。物流设施的现代化对传统工厂布局规划和物流分析方法提出了挑战。本书就是为制造业的工业工程技术人员应对物流设施现代化的挑战而编写的。本书的特点是①忽略了传统的搬运方法介绍，忽略了传统的运输工具（汽车、叉车）的介绍，重点介绍制造业现代化生产线上的输送设备和光机电一体化现代物流设施。②在介绍这些现代物流设施的原理、组成和性能特点的同时，还介绍这些物流设施各自的特定的规划设计方法。③对传统的设施选址、物流分析和设施规划的方法本书也作了面向规划实际的全面的介绍，并编入了多个规划分析的实例。④在介绍传统设施规划与物流分析方法的同时，还介绍了现代的计算机辅助规划分析法和量化评价方法。

本书附有大量图片，并配有教辅光盘，供读者选用。书中第13章中的案例可供课程设计使用。

普通工业工程专业的《设施规划与物流》课程可以重点讲授本书的第2、3、4、5章（其中第2章第4节可以不讲授）；以物流工程为特色的工业工程专业可以把本书作为“物流设备”和“设施规划与物流”这二门课的教材。

本书在成稿的过程中得到了中国机械工程学会工业工程分会主任、天津大学管理学院院长齐二石教授和上海理工大学钱省三教授的指导和帮助，齐二石教授在审阅本书初稿后提出的意见在本书付印时已得到体现。编者在此向齐二石教授和钱省三教授再致感谢。同时向为本书出版提供了大力支持的机械工业出版社致谢。

本书由安徽工业大学工业工程系主任方庆瑄教授、北京科技大学物流工程研究所副所长王转教授主编，北京科技大学工业工程系主任程国全教授主审。参加编写的还有安徽工业大学工业工程系李兵、钟玥、李锐、周杰、余道和、刘琳老师。其中第1、6、7、8、13章由方庆瑄编写，第5章由王转编写，第2章由方庆瑄、钟玥编写，第4章由方庆瑄、王转编写，第3章由李兵编写，第9、10、11章由钟玥、李锐、余道和、刘琳编写，第12章由方庆瑄、李兵编写。全书由方庆瑄统稿。李功、张迪、方皓等同志参与了本书的图文处理工作。北京起重运输机械研究所、中国科学院沈阳自动化所、北

京高科物流工程研究所、青岛海尔物流中心为本书提供了图片资料。

本书从初稿送审至今已近一年，虽然反复修改，仍难免有各种不足，热忱欢迎读者指正。

编者

目 录

序	
前言	
第 1 章 概述	1
1.1 现代物流的发展方向	1
1.2 现代生产物流的特点	2
1.3 “设施规划设计”的发展	3
1.4 精益生产 (Lean Production) 和 准时制 (JIT) 对物流设施与规划 的影响	4
第 2 章 生产线物流设备	6
2.1 辊子输送机	6
2.1.1 概述	6
2.1.2 分类及特点	7
2.1.3 传动方式	15
2.1.4 典型产品 (GZT 型辊子输 送机)	16
2.2 链式输送机	19
2.2.1 链式输送机的特征	19
2.2.2 链式输送机的种类	20
2.2.3 链式输送机主要组成部分	21
2.2.4 链式输送机的发展与演变	22
2.3 悬挂输送机	23
2.3.1 悬挂输送机的分类	23
2.3.2 悬挂输送机的特点	26
2.3.3 悬挂输送机的主要部件	27
2.3.4 积放式悬挂输送机的积放 功能	34
2.4 积放式悬挂输送机物流流量及 生产率计算	37
2.4.1 帕克原理	37
2.4.2 动态积存	39
2.4.3 快慢链传递	41
2.4.4 输送机系统生产率计算	43
2.4.5 系统承载小车数量	45
2.5 电动单轨车	50
2.5.1 概述	50
2.5.2 SZ 型自行葫芦输送机	51
2.5.3 XDJ 电动小车	56
2.5.4 系统设计	58
第 3 章 设施选址及其评价	63
3.1 设施选址的意义及步骤	63
3.1.1 概述	63
3.1.2 场址选择的步骤和主要 内容	63
3.2 影响场址选择的主要因素	64
3.2.1 地区选址应考虑的因素	64
3.2.2 对地点选择的要求	64
3.2.3 影响设施选址的经济因素和 非经济因素	65
3.3 选址的评价方法	65
3.3.1 成本因素评价法	65
3.3.2 综合因素评价法	72
第 4 章 工厂物流分析	77
4.1 工厂物流分析的基本概念	77
4.1.1 当量物流量	77
4.1.2 物料搬运活性系数	80
4.1.3 物料搬运的单元化与 标准化	80
4.2 工厂物流分析的技术工具	81
4.2.1 物流图	82
4.2.2 从-至表	87
4.2.3 多种产品工艺过程表	87
4.2.4 相关图	88

4.3 物流搬运系统分析 SHA	88	5.3.1 物流分析与物流相关表	125
4.3.1 物流搬运系统的分析过程	89	5.3.2 作业单位相互关系分析	127
4.3.2 物料和移动分析	90	5.3.3 作业单位位置相关图	134
4.3.3 距离与物流指示图	92	5.3.4 作业单位面积相关图	138
4.3.4 物料搬运方法的选择	96	5.3.5 方案评价选择并绘制工厂 总平面布置图	150
4.3.5 初步的搬运方案	97	5.4 螺旋法求解	150
4.3.6 修改和各项需求的计算	100	5.5 方案评价与选择	152
4.3.7 方案的评价	100	5.5.1 单项指标比较评价	152
4.3.8 详细搬运方案的设计	102	5.5.2 综合指标比较评价	154
4.4 物料搬运(方案)系统评估的量化 分析方法	103	第 6 章 自动化仓储系统	158
4.4.1 量化分析与 5W1H 方法	103	6.1 概述	158
4.4.2 量化评价实例	103	6.1.1 功能及发展	158
4.5 积放式悬挂输送机系统物流线路 布置设计	107	6.1.2 系统组成	161
4.5.1 线路布置原则	107	6.1.3 优点及作用	161
4.5.2 线路设计与生产工艺	108	6.2 货架	162
4.5.3 物料流程图	111	6.2.1 组合式货架	162
4.5.4 牵引链的布置	111	6.2.2 重力式货架	164
第 5 章 工厂布局设计	113	6.2.3 旋转式货架	164
5.1 设施规划概述	113	6.2.4 托盘	165
5.1.1 设施规划与设计的研究 范围	113	6.3 巷道式堆垛起重机	166
5.1.2 设施规划的目标与原则	114	6.3.1 分类	166
5.1.3 设施规划与设计的阶段 结构	115	6.3.2 结构组成	168
5.1.4 设施规划(布局设计) 设计方法	116	6.4 AS/RS 的自动化技术	169
5.1.5 工厂布局的基本原始资料	117	6.4.1 AS/RS 自动化系统的 功能	169
5.1.6 系统布置设计(SLP)模式	117	6.4.2 自动寻址技术	170
5.2 流程分析技术	119	6.4.3 控制方式	172
5.2.1 布局形式	119	6.5 AS/RS 的设计规程	176
5.2.2 工艺过程图	121	6.5.1 工况分析和方案选择	176
5.2.3 作业单位相互关系图 (Activity Relationship Chart)	123	6.5.2 模型建立及总体布置	176
5.3 SLP 法求解	125	6.5.3 出、入库流量验算与堆垛机 的存取作业周期	178
		第 7 章 自动导引车	188
		7.1 概述	188
		7.1.1 AGV 的发展现状	189
		7.1.2 AGV 在 AS/RS 中的作用	190

7.1.3 AGV的组成	191	10.1.3 物流条码	235
7.1.4 AGV的典型产品	194	10.2 一维条形码	236
7.2 AGV的导引方式	195	10.2.1 一维条形码简介	236
7.2.1 预定路径方式	196	10.2.2 常用的一维条形码	237
7.2.2 非预定路径	197	10.3 二维条形码	240
7.2.3 智能引导	200	10.3.1 二维条形码简介	240
7.3 路径规划	200	10.3.2 典型的二维条形码	242
7.3.1 路径规划的模型	201	10.4 条形码技术在物流中应用	
7.3.2 基于模型的路径规划	202	实例	243
7.3.3 基于传感器的路径规划	209	10.4.1 条形码技术与仓库管理	243
第8章 分拣系统	210	10.4.2 在物料搬运系统中应用的	
8.1 分拣作业	211	条形码识别技术	245
8.1.1 分拣信息	211	第11章 GPS原理及应用	248
8.1.2 分拣作业	211	11.1 概述	248
8.2 电子辅助分拣系统	213	11.1.1 GPS简介	248
8.2.1 系统组成	213	11.1.2 GPS系统的特点	248
8.2.2 摘取式系统的功能	216	11.1.3 GPS系统的构成	249
8.2.3 播种式系统的功能	216	11.1.4 GPS系统的应用前景	251
8.3 自动分拣机	217	11.2 GPS定位	252
8.3.1 自动分拣机的组成及		11.2.1 GPS定位的一般原理	252
工作过程	217	11.2.2 GPS定位的方式	253
8.3.2 分拣指令输入	218	11.2.3 差分定位	254
8.3.3 自动分拣机的种类及		11.3 GPS的实际应用	256
性能	219	11.3.1 GPS车辆监控调度系统	256
8.3.4 自动分拣系统的布局	222	11.3.2 GPS在物流运输中应用的	
第9章 物流工位器具	224	优势	260
9.1 工位货架	224	第12章 计算机辅助设施规划与	
9.1.1 物料类货架	224	物流分析	263
9.1.2 工具刀具类货架	226	12.1 工厂物流设施规划及仿真软件	
9.2 工位升降台、旋转台	227	VisFactory	263
9.2.1 工位升降台	228	12.1.1 工厂物流设施智能建模软件	
9.2.2 工位旋转台	228	FactoryCAD	263
9.3 工位装夹具	229	12.1.2 生产物流路径分析软件	
第10章 条形码及标签识别	230	FactoryFLOW	265
10.1 概述	230	12.1.3 工厂布局设计分析软件	269
10.1.1 概述	230	12.2 工业系统建模与设施规划	
10.1.2 条形码阅读器	231	仿真平台——Witness	271

12.2.1 Witness 功能	272	13.1.4 AS/RS 库区设计	282
12.2.2 Witness 的特别功能模块	273	13.1.5 其他储区设计	287
12.2.3 Witness 仿真过程	273	13.2 组装输送线设计实例	289
12.2.4 Witness 应用案例	275	13.3 多品种履带式拖拉机总装线的 规划与物流分析	300
第 13 章 物流规划应用实例	278	13.3.1 总装线规划	301
13.1 物流中心规划实例 (药品配送 中心)	278	13.3.2 物流分析	303
13.1.1 配送中心功能要求以及 流程图	278	13.3.3 总装线及辅助设施平面 布置图	308
13.1.2 区划分与能力要求	279	13.3.4 评价与改进	309
13.1.3 布局具体方案设计	281	参考文献	312

1

第 1 章

概 述

在生产制造业迅速发展的初期，人们并没有足够重视物流。结果是，生产制造过程越自动化、越柔性化，生产规模越大，物流落后的矛盾就越突出。生产制造系统的高效率与物流系统的低效率越来越不适应。研究指出，在产品生产的整个过程中，仅仅 5% 的时间用于加工和制造，剩余 95% 的时间都用于储存、装卸、等待加工和输送。在美国，直接劳动成本所占比例不足工厂总成本的 10%，并且这一比例还在下降。而储存、运输所支付的费用却占生产成本的 40%。人们深切地感到，生产过程中的“油水”几乎已被榨干，要想从中取得明显的效益提高已经是相当困难的了。而物料运输、储存过程中存在着极大的潜力，有待挖掘。有人把物流比作利润的第三源泉，即在降低生产成本、销售成本的同时，也要着眼于降低物流成本。目前，在世界各地，已普遍将改造物流结构、降低物流成本作为企业在竞争中取胜的重要措施。物流正向着现代化的方向发展。

1.1 现代物流的发展方向

美国学者 J. A. White 将自动化技术在物流中的发展分为五个阶段，即人工物流、机械化物流、自动化物流、集成自动化物流和智能自动化物流阶段。

在自动化物流阶段，自动化技术对仓储的发展起了重要的促进作用。20 世纪 50 年代末和 60 年代，相继研制和采用了自动导引小车 (AGV)、自动货架、自动存储机器人、电子扫描和条形码自动识别和自动分拣系统。70 年代和 80 年代，旋转式货架、移动式货架、巷道式堆垛机和其他搬运设备都加入了自动控制的行列，同时，自动化物流也普遍采用机器人堆垛物料、包装和监视物流过程及执行某些过程。但这时只是各个设备的局部自动化并各自独立应用。自动化输送机系统提供了物料和工具的搬运，加快了

运输的速度。随着计算机技术的发展,工作重点转向物资的控制和管理,要求适时、协调和一体化。这样一来信息自动化逐渐成为仓储自动化的核心。计算机之间、数据采集点之间、机器设备的控制器之间以及它们与计算机之间的通信可以及时地汇总信息,仓库计算机及时地记录订货和到货时间,显示库存量,计划人员可以方便作出供货决策,他们知道正在生产什么、订什么货、什么时间发什么货,管理人员随时掌握货源及需求。信息技术的应用已成为仓储技术的重要支柱。

至于集成自动化物流阶段,它强调在中央控制系统下各个自动化物流设备的协调性。控制由主计算机来实现。这种物流系统是在自动化物流的基础上进一步将物流系统集成起来,使得从物料计划、物料调度直到将物料运送到达生产的各个过程的信息,通过计算机网络互相沟通。这种系统不仅使物流系统各单元间达到协调,而且使生产与物流之间达到协调。

目前我国已建成的立体仓库有近百座,其中全自动的立体仓库有十多座。我国的自动化仓库技术已实现了与其他信息决策系统的集成,正在做智能控制和模糊控制的研究工作。

人工智能技术的发展推动了自动化技术向更高级的阶段——智能自动化方向发展。在智能自动化物流阶段,生产计划作出后,自动生成物料和人力需求;查看存货单和购货单,规划并完成物流。如果物料不够,无法满足生产要求,就推荐修改计划以生产出等值产品。这种系统是将人工智能集成到物流系统中。目前,这种物流系统的基本原理已在一些物流系统中逐步得到了实现。可以预见,21世纪智能自动化仓储技术将具有广阔的应用前景。

1.2 现代生产物流的特点

生产物流担负着运输、储存、装卸物料等任务。物流系统是生产制造各环节组成有机整体的纽带,是生产过程延续的基础。随着生产制造规模的不断扩大、生产柔性化水平和自动化水平的日益提高,要求生产物流也要相应地发展,使之与现代生产制造系统相适应。

现代生产物流的特点主要体现在以下几个方面:

1. 现代化的物流设备

生产物流现代化的基础,首先是采用快速、高效、自动化的物流设备。最具典型的现代化物流设备有以下几种:

(1) 自动化立体仓库。改平面堆放为立体堆放。既有利于物料的周转,又有利于自动化管理,同时节约了库房面积。

(2) 自动引导运输车 (AGV)。可以快速、准确地运输。运输路径柔性化,便于计

计算机管理与调度。

(3) 自动上下料机器。装卸料机器人、积放链、传送带等。

2. 计算机管理

与现代生产制造相适应的物流系统，一般都具有结构复杂、物流节奏快、物流线路复杂、信息量大、适时性要求高等特点。传统的凭主观经验管理物流的方法已无法适应。采用计算机可以对物流系统进行动态管理与优化。同时，通过计算机与其他系统适时联机，发送和接收信息，使物流系统与生产制造、销售等系统有机地联系，可以提高物流系统的效益。

3. 系统化和集成化

生产物流系统的结构特点是：点多、线长、面宽、规模大。传统的生产物流是分散的、隔裂的和相互独立的，缺乏集成化和系统化。如果说传统生产物流设备落后，搬运效率低下是影响生产整体效益提高的主要原因之一的話，那么传统生产物流的分散化和个体化则是牵制生产发展的另一主要原因。现代生产物流是把物流系统有机地联系起来，看成一个整体，从系统化、集成化的概念出发去设计、分析、研究和改进生产物流系统，不追求系统内个别设备的高效和优化，而是力求整体系统的高效和优化。现代化生产物流的另一个特点是，把物流系统与生产制造系统融为一体，使之形成完整的生产系统，以提高生产的整体效益。

1.3 “设施规划设计”的发展

“设施规划设计”是工业工程的一门核心技术。第二次世界大战前，早期的工业工程将方法研究、物料搬运和工厂布置三方面内容合称为“工厂布置设计”。其中工厂布置方面的内容主要采用定性分析方法和经验设计。当然，这种方法缺乏科学性。但是经过大量实践的数据在一定程度上也反映了客观情况，且根据经验设计的工厂在较短时间内比较符合实际情况。

第二次世界大战后，工业工程学科有了很大发展，在方法上逐渐由定性向定量转变，在工作领域上也由重点在制造业扩大到其他工业和服务业，设计对象向非工业设施扩大，由此“工厂布置设计”发展为“设施规划设计”。20世纪60年代以后由Richard Muther倡导的系统化设施布置规划(SLP)方法，由于采用理性化的推理方法和系统化的规划设计方法，使设施规划设计向前迈进一大步。但是这一方法的推理还比较粗略，系统化工作内容也比较繁琐。

随着计算机及其技术的飞速发展，20世纪80年代以来许多学者研究了各种设施布置的模型以及算法，推理更加细致合理，加上CAD技术使绘图工作也可自动完成，出现了各种商品化的设施布置软件包，又使设施规划设计跃上一个新的台阶。

综观设施规划设计发展的三个阶段，每一阶段都有其优点也有不足。从我国当前实际工作情况来看，系统化设计和计算机辅助设施设计软件（Computer Aided Facility Design 简称 CAFD）应用尚不普遍，经验加指标设计法在设施规划的设计中还占多数。

随着二次分配问题（QAP, Quadratic Assignment Problem）模型的建立，即把 n 个设施分配到 s 个位置上，引起了人们对布置设计问题的研究兴趣，出现了大量新建型和改进型计算机布置设计程序，如著名的 CRAFT 和 CORELAP。CRAFT 即计算机设施相对定位技术（Computerized Relative Allocation Of Facilities Technique）是以运输费用最小为目标函数，用位置变换方式探索最小费用时各单元的位置，此方法从一现有初始平面布置方案出发，通过交换两两单元之间的相互位置，搜寻最小运输费用布置方案，因此称为“改进布置型”算法。CORELAP 即计算机关系平面布置法（Computerized Relationship Layout Planning）是按单元之间关系密切程度，计算各单元的总接近度的方法构成平面布置图。20 世纪 70 年代中后期，研究发现，布置问题属于 NP 问题（Non-Polynomial），当问题规模较大时，即使是当今最快的计算机也需要人类无法接受的时间才能找到最优布置方案。据有关资料介绍，当单元数目为 20 个时，计算机将需要数万年才能求得。因此，人们称这类问题为难解问题。正因为如此，研究人员在继续探索数学直接解法的同时，开始从多个角度寻找最优或近优的布置方案启发式解法。随着人工智能理论的应用，人们又开发出许多设施布置专家系统，如“设施布置专家系统（FADES）”、“人工智能设施布置分析规划系统（IFLAPS）”、“计算机辅助设施布置选择程序（CAFLAS）”及将最优化与知识基相结合的“机床布置专家系统（KBML）”。

随着工业工程的应用领域的进一步扩大，“设施规划与设计”的原则和方法逐步扩大到了非工业设施，如机场、医院、超级市场等各类社会服务设施。

1.4 精益生产（Lean Production）和准时制（JIT）对物流设施与规划的影响

20 世纪 60 年代以后世界市场由“卖方市场”步入“买方市场”，各类产品由“供不应求”转变为“供过于求”。产品模块和多样化、成组技术、多品种中小批量生产、柔性制造系统的提出都是在对单一品种大量生产提出了异议后的新思想、新方法，也都影响了生产管理和生产工场的设备布置。80 年代日本在汽车制造业中创造的丰田生产方式，从经营、组织、管理、产品、供销等都形成了与传统大量生产方式不同的一整套思想和做法。美国麻省理工学院（MIT）对之进行了研究和分析后称之为“精益生产”（Lean Production），随后美国和世界各国竞相仿效。“精益生产”以简化为手段，以人为中心，以尽善尽美和精益求精为最终目标。所以，精益生产方式对工厂布置提出了更高的要求。在精益生产中，无论企业内外，组织良好的物流有很重要的作用。将生产中

的各种物流如设备外围的、各生产线之间的、仓库内的、生产和装配之间的、生产和进料之间、装配和发货之间等等各种物流，有条不紊地进行搬运、仓储、摆放和加工装配。将物流及其信息系统组织协调完善后，生产中一个环节和另一个环节完全衔接紧凑地进行，不会产生到处寻找物料的现象。任何管理人员都能随时知道，何种物料或在制品位于何处，对库存的物料了如指掌。可以将生产中物料的浪费和丢失降低到最低的限度。

日本丰田生产方式的主要创新之一就是准时制 (JIT, Just In Time), JIT 也是精益生产的主要部分。JIT 生产系统虽起源于日本, 但经过世界各国应用后又有了许多改进。美国生产与库存控制学会 (APICS) 将其定义为: “在追求有计划地消除一切浪费和坚持不断改进质量和生产率的基础上, 达到卓越制造的哲理。” 根据 APICS 的建议, JIT 的主要内容如下: ①减少在制品、等待、制造与采购的周期时间、批量、转送时间、车间 (工场) 面积。②全员生产维护。③供应商开发与认证项目。④经常送货到厂。⑤重点工艺过程。⑥成组技术。⑦单元制造。⑧全员参与。⑨工作地储存。⑩高水平作业计划。⑪零缺陷。⑫从源头保证质量。⑬柔性制造。⑭零件料单最小化。⑮加强内部管理。⑯生产线平衡。⑰百分之百按作业计划完成。

JIT 可用于广泛范围内的任何制造, 并将对人的高度尊重视为消除浪费的基础。JIT 重视和追求一切生产活动的可视化、简化、柔性化、组织化和标准化。消除浪费是精益生产和 JIT 的首要任务。在一个组织内最普通的浪费是设备、库存、空间、时间、劳力、搬运、运输和文字工作的无效占用。JIT 概念对工厂布置、建筑物设计、物料搬运系统都产生影响和冲击。