

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21 世纪工业工程专业规划教材

现代物流设施与规划

第 3 版

主 编 方庆琯 王 转
主 审 齐二石



机械工业出版社

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材和国家级精品课程“物流工程”的配套教材，并被列入“十三五”国家重点出版物出版规划项目。本书以网络化为主线，提出了物流互联网的概念，介绍了现代物流设施及设施规划与物流分析的方法。全书共14章，第1章为概述，第2、3、7、8、9、10、11章介绍了物流设备、设施及信息技术；第4、5、6章介绍了传统的物流分析、设施选址、布局设计；第12、14章介绍了设施规划与物流分析的计算机仿真和布局设计的现代算法；第13章编入了多个规划设计分析实例。本书还配有相应的教学课件和视频案例，读者只要扫描各章节相关的二维码即可查阅。

本书可作为高等院校工业工程专业和物流类专业“设施规划与物流分析”“物流设备与技术”“物流工程”等课程的教材和相关专业工程技术人员的技术参考书，也可作为物流互联网和物联网工程的技术参考书。

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. —3版. —北京：机械工业出版社，2018.2

普通高等教育“十一五”国家级规划教材 “十三五”国家重点出版物出版规划项目 21世纪工业工程专业规划教材

ISBN 978-7-111-59698-1

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

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第077046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：裴 泱 责任编辑：裴 泱 刘 静 武 晋 商红云

责任校对：郑 婕 封面设计：张 静

责任印制：

印刷厂印刷

2018年6月第3版第1次印刷

184mm×260mm·25.5印张·1插页·634千字

0001— 册

标准书号：ISBN 978-7-111-59698-1

定价： 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88379833 机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-88379649 机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网：www.golden-book.com

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 薛 伟 温州大学

易树平 重庆大学 李泰国 首都经济贸易大学

钱省三 上海理工大学 吴爱华 山东大学

苏 秦 西安交通大学 许映秋 东南大学

郭 伏 东北大学 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）：

方庆琯 安徽工业大学 姜俊华 南昌航空大学

王卫平 东莞理工学院 徐人平 昆明理工大学

王德福 东北农业大学 徐瑞园 河北科技大学

卢明银 中国矿业大学 海 心 南京工程学院

李兴东 山东科技大学 龚小军 西安电子科技大学

任秉银 哈尔滨工业大学 曹国安 合肥工业大学

齐德新 辽宁工程技术大学 曹俊玲 机械工业出版社

刘裕先 北京信息科技大学 傅卫平 西安理工大学

李 萍 黑龙江科技大学 韩向东 南京财经大学

陈友玲 重庆大学 程 光 北京联合大学

陈 立 东北农业大学 程国全 北京科技大学

张绪柱 山东大学 蒋祖华 上海交通大学

张新敏 沈阳工业大学 鲁建厦 浙江工业大学

周宏明 温州大学 戴庆辉 华北电力大学

周跃进 南京大学



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发展轨迹。

自从工业工程（Industrial Engineering, 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。工业化强国在第一次和第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，收到了良好的效果。美国著名企业家艾柯卡先生曾任美国福特和克莱斯勒汽车公司的总裁，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，至今仍风靡全世界，其创始人 大野耐一的接班人——日本丰田汽车公司原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。”在亚洲的韩国、新加坡及我国台湾和香港，工业工程均于20世纪60年代起步，当时正值亚太地区经济快速发展时期。我国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，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工程师岗位。亚太地区的学校都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高潮。更重要的是，1993年7月由国家教委批准，天津大学和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，工业工程专业已在我国高校普遍开设。发展速度之快，就像我国的经济发展一样，令世界各国瞩目。我于2005年9月应邀赴美讲学，2001年应我国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”。他们均对我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和学者对本套教材的学术定位、编写思想和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，本套教材还配备相应的实验和实习教程、案例教程，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。



于天津





第3版前言

作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材和国家级精品课程配套教材的《现代物流设施与规划》，于2016年被列入“‘十三五’国家重点出版物出版规划项目”。国家新闻出版广电总局在编制《“十三五”国家重点图书、音像、电子出版物出版规划》的通知中要求：加强科技创新和文化创新。紧跟科学发展趋势，与国家重大项目紧密结合，全面落实国家在科技、教育、人才等方面的中长期规划，努力提升全民族创造活力，推出一批符合国家长远发展目标，反映我国自然科学、工程技术和人文社科等各领域重要研究成果的出版物。为了落实国家新闻出版广电总局的要求，使教材紧跟时代前进的步伐，在机械工业出版社的支持下，编者对《现代物流设施与规划》进行了修订。

近年来，日新月异的互联网技术使物流行业有了划时代的进步。互联网+物流设施的连锁效应既使得经典物流设施向网络化更新，又催生了许多现代互联网物流设施。为了适应现代物流设施发展的网络化趋势，本次修订以网络化为主线，对与网络化无关的经典物流设施的介绍进行了整合与删减。例如，精减了第3章“生产线物流设备”的内容，并把原第15章“物流工位器具”删减后并入第3章。重要的是：新编写了物流互联网和物联网的内容，并将条码及标签识别的内容更新后并入新编成的第10章——互联网物流设施。在新的第10章中，提出了物流互联网的概念，论述了物流互联网和物联网的组成及应用。互联网物流设施是现代物流系统的核心，它与其他智能物流设施（自动化仓储系统、智能分拣系统、AGV等）和某些经典物流设施一起，在“互联网+”下融合成现代物流系统。修订后，本书各章的内容均围绕“互联网+”下现代物流系统的设施与规划展开论述。

以网络化为主线，除了体现在教材内容的编写上，还体现在书稿传媒介质的网络化上。在印装成册的纸质文稿和图片的基础上，本书还配有大量案例视频。在出版社编辑的支持下，我们将教材涉及的案例视频存置于网上，案例对应书稿的页面上印有链接该视频的二维码，读者扫描该二维码即可查看案例视频。

为了适应中国北斗卫星导航系统在全球推广应用的趋势，本次修订在第11章“全球卫星定位导航系统”中，还增加了相关内容。

本次修订由方庆瑄和王转任主编，参与修订工作的还有安徽工业大学的邵振华、张洪亮、钟玥、刘林、李艳和黄建中等，北京络捷斯特科技发展股份有限公司副总经理孙红菊为本次修订提供了案例资料，湖南省产商品质量监督检验研究院郭学东主任编审了本书中有关国家标准及行业标准方面的内容。方庆瑄编写了第10章，修订了第1章、第3章和第6章；王转修订了第4章；黄建中编写了第11章；邵振华、张洪亮、钟玥、刘林、李艳等参与了其他章节的修订。

修订后，本书可以作为高等院校工业工程专业和物流类专业“设施规划与物流分析”“物流设备与技术”“物流工程”等课程的教材和相关专业工程技术人员的技术参考书，也可作为物流互联网和物联网工程的技术参考书。

编者向参考文献的作者和机械工业出版社编辑致谢。

编者



第2版前言

本书在修订中，遵照教育部质量工程建设的要求，继续坚持“现代”与“经典”并重、“工程”与“管理”融合的原则，对现代物流设施突出了它们的网络化、信息化特点；对传统物流设施则主要介绍它们在系统中的作用与规划。为了适应现代物流技术和工业工程的发展，本次修订增加了设施规划的现代算法和方法的介绍，这都是近年来学科发展的新成果。虽然，这些算法和方法的应用还有局限，但是它们体现的思维模式和研究方向是值得关注和学习的。

本书是国家级精品课程“物流工程”的配套教材。为了满足精品课程建设的需要，本次修订增写了 SLP 法、SHA 法及计算机仿真布局设计的案例。这些案例均来自工程实际或科研项目，将有助于提升教师课堂讲授的工程性，强化理论知识与工程实际的结合。

安徽工业大学制造系统与物流研究所所长方庆琯教授和北京科技大学王转教授主持了本次修订工作，并担任主编；安徽工业大学机械制造及自动化系主任李锐任副主编。第 1、2、3、7、8、9、13 章由方庆琯、叶晔编写，第 4、6 章由方庆琯、王转编写，第 5、12 章由李兵编写，第 10、11 章由李锐编写，第 14 章由李兵、方庆琯编写，第 15 章由一汽轿车公司杨光工程师和西门子安徽分公司余道和工程师编写。参与案例编写及图文处理工作的还有王永开、李艳、惠国保、徐金文、陈小坤和方皓等同志。全书由方庆琯统稿。书中部分内容的编写参阅了有关文献，谨对这些文献的作者表示感谢！

担任本书主审工作的是教育部管理科学与工程类学科专业教学指导委员会主任、天津大学管理学院院长齐二石教授和北京科技大学物流研究所所长程国全教授，在此深表感谢。

对本书仍存在的不足与缺陷，欢迎读者指正。

编 者





第1版前言

当前自动立体仓库、电动小车、AGV 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做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，并配有教辅课件（含 PPT、录像及习题），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”这两门课的教材。

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、刘林老师。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、刘林编写，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	
第3版前言	
第2版前言	
第1版前言	
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 精益生产和准时制对物流设施与规划的影响	4
第2章 物流通用设备	6
2.1 集装单元化设备	6
2.2 搬运装卸机具	12
思考与练习题	20
第3章 生产线物流设备	21
3.1 辊子输送机	21
3.2 链式输送机	29
3.3 悬挂输送机	31
3.4 积放式悬挂输送机物流流量及生产率计算	40
3.5 电动单轨车	47
3.6 物流工位器具	53
思考与练习题	58
第4章 工厂物流分析	59
4.1 工厂物流分析的基本概念	59
4.2 工厂物流分析的技术工具	63
4.3 物料搬运系统分析	69
4.4 物料搬运(方案)系统评估的量化分析方法	81
4.5 惊天液压锤公司生产物料搬运系统规划分析	84



思考与练习题	99
第5章 设施选址及其评价	100
5.1 设施选址的意义及步骤	100
5.2 影响场址选择的主要因素	101
5.3 选址的评价方法	102
思考与练习题	114
第6章 工厂布局设计	116
6.1 设施规划概述	116
6.2 流程分析与空间需求分析	125
6.3 SLP 法求解	132
6.4 螺旋法求解	154
6.5 方案评价与选择	156
6.6 SLP 法应用案例——液压泵装配车间布局设计	160
思考与练习题	171
第7章 自动化仓储系统	173
7.1 概述	173
7.2 货架	176
7.3 巷道式堆垛起重机	179
7.4 AS/RS 的自动化技术	181
7.5 AS/RS 的设计规程	187
思考与练习题	197
第8章 分拣系统	199
8.1 分拣作业	199
8.2 计算机辅助拣选系统	201
8.3 自动分拣机	205
8.4 分拣系统规划	210
思考与练习题	214
第9章 自动导引车	215
9.1 概述	215
9.2 AGV 的导引方式	220
9.3 路径规划	224
思考与练习题	232
第10章 互联网物流设施	233
10.1 物流互联网技术	233
10.2 物联网	248
10.3 条码物流标签	262

10.4	标签的射频识别技术	272
10.5	条码及标签识别在物流中的应用实例	279
	思考与练习题	284
第11章	全球卫星定位导航系统	286
11.1	各国的卫星定位导航系统	286
11.2	全球卫星定位导航系统的定位功能	291
11.3	北斗卫星导航系统	294
11.4	GPS在物流系统中的应用	296
	思考与练习题	303
第12章	设施规划与物流分析的计算机仿真	304
12.1	工厂物流设施规划及仿真软件 VisFactory	304
12.2	工业系统建模与设施规划仿真平台——WITNESS	311
	思考与练习题	331
第13章	物流规划应用实例	334
13.1	物流中心规划实例(药品配送中心)	334
13.2	多品种履带式拖拉机总装线的规划与物流分析	344
13.3	集箱制造生产(物流)过程系统仿真	353
13.4	应用成组技术的锅炉公司2号厂房系统布置设计	359
第14章	布局设计的现代算法	379
14.1	布局设计的数学建模求解算法	379
14.2	布置图的设计算法	385
	思考与练习题	393
	参考文献	394
	编后记	395

第1章 概述



物料的运动与变换过程从字面上可以被称为“物料流动（Flow of Materials 或 Material Flow）”，由此而来的“物流”只关注流动的物料，是狭义的。现在所谓的物流不仅仅是流动的物料，还涉及物料流动的环境（地理、社会）、设施（含网络）、管理运作及信息；更关注的是物料流动的系统。这也是本书所说的物流（Logistics）。

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、等待加工和运输。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相当困难了。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

美国学者怀特（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。在互联网迅猛发展的今天，还要增加一个互联网物流阶段。

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车（AGV）、自动货架、自动存储机器人、电子扫描和条码自动识别与自动分拣系统。20世纪70年代和80年代，旋转式货架、移动式货架、巷道式堆垛起重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;计划人员可以方便做出供货决策,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生产线的各个过程的信息,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。

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,生产计划做出后,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。

互联网物流阶段的标志是利用 Internet 来完成物流全过程的协调、控制和管理,实现从网络前端到最终客户端的所有中间过程和物流运作。这里有两个关键词,即“物流全过程”和“所有”。在集成自动化物流和智能自动化物流阶段,互联网只起辅助作用,是“配角”,而在互联网物流阶段,互联网起主导作用,是“主角”。

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,这样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) 自动导引车 (AGV)。可以快速、准确地运输,运输路径柔性化,便于计算机管理与调度。

(3) 自动上下料机器。包括装卸料机器人、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、割裂的和相互独立的,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。

4. 网络化

物流领域网络化有两层含义: ①物流配送系统的计算机网络, 包括物流配送中心与供应商或制造商的联系要通过计算机网络, 另外, 与下游顾客之间的联系也要通过计算机网络通信。例如, 物流配送中心向供应商提出订单这个过程, 就可以使用计算机通信方式, 借助于电子订货系统 (EOS) 和电子数据交换 (EDI) 技术来自动实现。②组织的网络化, 即所谓的企业内部网 (Intranet)。例如, 台湾地区的计算机业创造出了“全球运筹式产销模式”, 这种模式是按照客户订单组织生产, 生产采取分散形式, 即将全世界的计算机资源都利用起来, 采用外包的形式将一台计算机的所有零部件、元器件、芯片外包给世界各地的制造商去生产, 然后通过全球的物流网络将这些零部件、元器件和芯片发往同一个物流配送中心进行组装, 由该物流配送中心将组装的计算机迅速发给客户。

这就是利用 Internet 来完成物流全过程的协调、控制和管理, 实现从网络前端到最终客户端所有中间过程的物流运作。互联网物流系统包括两个网络: 物流实体网络和物流信息网络。物流实体网络是指物流企业、物流设施、交通工具、交通枢纽等在地理位置上的合理布局而形成的网络; 物流信息网络是指物流企业、制造企业、商业企业通过现代互联网技术将上述物流实体整合而成的共享信息的交互网络。



1.3 “设施规划设计”的发展

“设施规划与设计”是工业工程的一门核心技术。设施规划与设计起源于早期制造业的工厂设计 (Plant Design)。第二次世界大战前, 从泰勒的科学管理开始, 人们开始注重“人”的工作测定、动作研究分析等操作法工程 (Methods Engineering); 同时也开始注意涉及“机”和“物”规划的工厂布置 (Plant Layout), 如厂内物料搬运路线的优化设计, 原料、半成品、制成品的物流活动控制, 机器设备、运输通道和场地的合理配置等。操作法工程和工厂布置这两项活动被统称为“工厂设计”。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 年代以后由理查德·缪瑟 (Richard Muther) 倡导的系统布置设计 (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了一大步。但是这一方法的推理还比较粗略, 系统化工作内容也比较烦琐。

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, 加上计算机辅助设计 (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了一个新的台阶。

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的设计程序, 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 (Computerized Relationship Layout Planning) 法, 是按单元之间关系密切程度, 计算各单元的总接近度构成平面布置图的方法。20 世纪 70 年代中后期, 研究发现, 布置问题属于非确定性多项式问题 (Non-deterministic Polynomial, NP) 问题, 当问题规模较大时, 即使是当今运行速度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)。

综观设施规划设计发展的三个阶段, 每一阶段有其优点也有不足。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 (Computer Aided Facility Design, CAFD) 软件应用尚不普遍, 经验加指标设计法在设施规划的设计中还占多数。

设施规划与设计从“工厂设计”发展而来, 重点探讨各类工业设施、服务设施的规划与设计概念、理论及方法, 是工业工程学科的重要研究领域。设施规划是在企业经营策略的指导下, 针对企业个体中的生产或服务系统的生产和转换活动, 在从投入到产出的全部过程中, 将人员、物料及所需的相关设备设施等, 做最有效的组合与规划, 并与其他相关的设施协调, 以期获得安全、效率与经济的操作, 满足企业经营需求, 同时能更进一步对企业长期的组织功能和发展产生更积极的影响。

设施规划所涉及的范围非常广泛, 和许多专业相关, 与多种学科相互交叉。各种设施规划, 广泛关联到土建、机械、电器、通信等各种工程专业。从物流工程的角度, 设施规划与设计的范围可以界定为厂址选择 (设施选址) 和设施布置两个组成部分。

随着工业工程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 精益生产和准时制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 and 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。它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、生产和进料之间的、装配和发货之间的各种物流，有条不紊地组织起来。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。它可以将生产中物料的浪费和丢失降到最低。

日本丰田生产方式的主要创新之一就是准时制（Just In Time, JIT）。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了影响和冲击。



第2章 物流通用设备

物流设备主要包含仓储设备和物料搬运设备。物料搬运设备又可以主要分为以下三类，即集装单元化设备、搬运装卸机具以及输送机（Conveyors）。仓储设备的相关内容本教材将在第7章中介绍；输送机（除了带式输送机外）大都用于生产线物料输送，本教材将在第3章中介绍。本章只介绍通常被称为物流通用设备的集装单元化设备和搬运装卸机具。



2.1 集装单元化设备

集装单元化设备是指组成单元载荷的设备和容器（Container Or Unit Load Formation Equipment），主要有集装箱、托盘、集装袋、散装罐等。这些工具的主要作用是将零杂货物组合成单元货物，并以这些工具为承托物，以单元货物为整体进行物流作业。

2.1.1 托盘

托盘不仅是货物集装单元化的重要设备，而且也是仓储系统的辅助设备。

托盘是一个不可或缺的“活动的货台”；是集装单元化物流中，承上启下、承前启后的关键要素和单元化物流的重要载体；是衔接运输、仓储、包装、装卸搬运等几大物流环节的接口；是实现物流全过程效率最大化、成本最小化的必备器具。

托盘的种类繁多，就目前国内外常见的托盘种类来说，大致可以划分为四大类：平托盘、柱式托盘、箱式托盘、轮式托盘。

1. 平托盘

一般所称之托盘，主要是指平托盘。平托盘是托盘中使用量最大的一种，可以说是托盘中之通用型托盘。平托盘又进一步按三个条件分类：

(1) 按承托货物台面分类。分成单面使用型、双面使用型、翼型四种。

(2) 按叉车叉入方式分类。分为单向叉入型、双向叉入型、四向叉入型三种。四向叉入型的平托盘叉车可从四个方向进叉，因而叉车操作较为灵活。单向叉入型的平托盘只能从一个方向叉入，因而在叉车操作时较为困难。图2-1所示为托盘的各种形状和结构。

(3) 按材料分类。

1) 木制平托盘。木制平托盘制造方便，便于维修，本体也较轻，是使用广泛的平托盘。

2) 钢制平托盘。这是指用角钢等异型钢材焊接制成的平托盘。钢制平托盘的最大特点是强度高，不易损坏和变形，维修工作量较小，但自身较重，人力搬运较困难。钢制平托盘可

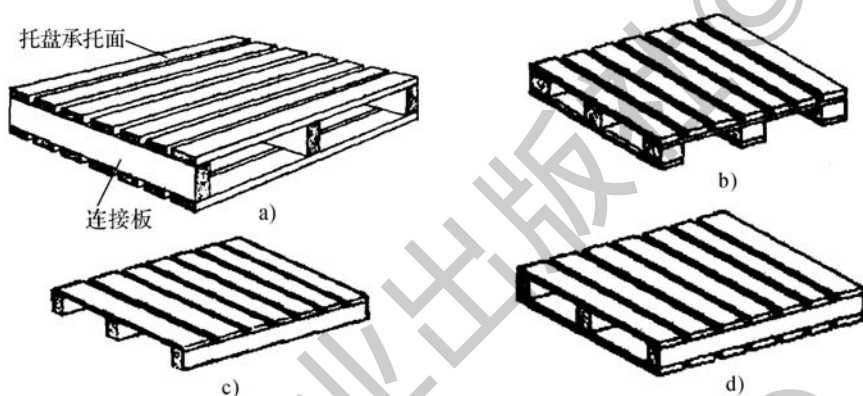


图 2-1 托盘的形状和结构

a) 托盘的形状和结构 b) 四向叉入型托盘 c) 单面使用型托盘 d) 双向叉入双面使用型托盘

制成翼型平托盘，这种托盘不但可使用叉车装卸，也可利用两翼套吊器具进行吊装作业。

3) 塑料制平托盘。塑料制平托盘最主要的特点是本体重量轻，耐腐蚀性强，便于通过各种颜色进行分类区别。托盘为整体结构，不存在透钉刺破货物的问题，但塑料托盘的承载能力不如钢、木制托盘。

4) 胶板制平托盘。这是指用胶合板钉制台面的平板型台面托盘，这种托盘重量轻，但承重力及耐久性较差。

2. 柱式托盘

柱式托盘的基本结构是托盘的四个角有固定式或可卸式的柱子。这种托盘的进一步发展是在对角的柱子上端用横梁连接，使柱子成门框型。柱式托盘的柱子部分可用钢材制成，按柱子固定与否分为固定柱式托盘和可卸柱式托盘两种。

柱式托盘的主要作用有二：一是防止托盘上所置货物在运输、装卸等过程中发生塌垛；二是利用柱子支承重量，可以将托盘上部货物悬空载堆，而不用担心压坏下部托盘上的货物。

3. 箱式托盘

箱式托盘的基本结构是沿托盘四个边有板式、栅式、网式等拦板，和下部平面组成箱体，有些箱体有顶板，有些箱体上没有顶板。箱板有固定式、折叠式和可卸式三种。

4. 轮式托盘

轮式托盘的基本结构是在柱式、箱式托盘下部装有小型轮子。这种托盘不但具有一般柱式托盘、箱式托盘的优点，而且可利用轮子作小距离运动，可不需搬运机械实现搬运。此外，轮式托盘在生产物流系统中，还可以兼作作业车辆。

常见托盘的形式如图 2-2 所示。

5. 托盘标准化

由于世界各国使用托盘的历史不同，各国的托盘尺寸均有不同。为了达到国际联运的目的，托盘的尺寸规格应有国际统一标准。

(1) ISO 世界托盘标准。ISO 已经制定四种托盘的标准尺寸，这是当前世界托盘标准的主流。根据 ISO 6780《联运通用平托盘 主要尺寸及公差》规定，现有托盘有 3 个系列 4 种规格。

1) 1200 系列 (1 200mm × 800mm 和 1 200mm × 1 000mm)。

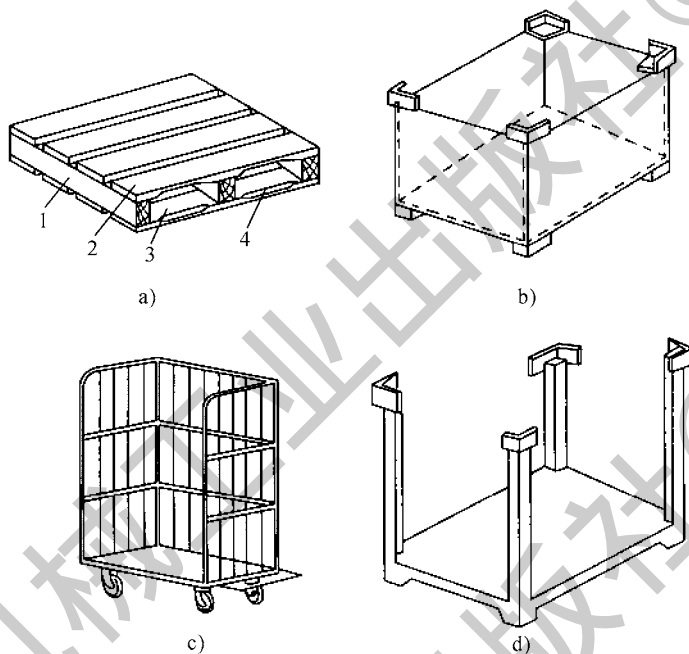


图 2-2 常见托盘的形式

a) 平托盘 b) 箱式托盘 c) 轮式托盘 d) 柱式托盘

1—梁 2—上盘面 3—货叉口 4—下盘面

2) 1140 系列 (1 140mm × 1 140mm)。1140 系列正在亚洲普及, 是日本、韩国和我国台湾地区的标准托盘。

3) 1219 系列 (1 219mm × 1 016mm) (48in × 40in)。它是考虑北美国家习惯以英寸为单位制定的系列。

2003 年, ISO 又增加了 1 100mm × 1 100mm 和 1 067mm × 1 067mm 两种托盘标准, 说明在亚洲正处于发展势头的 1 100mm × 1 100mm 标准的托盘拥有潜在的市场。

(2) 中华人民共和国托盘国家标准。我国于 1982 年就制定了联运平托盘外形尺寸系列的国家标准。我国新发布的《联运通用平托盘主要尺寸及公差》国家标准 (GB/T 2934—2007) 确定将我国原有的六种标准缩减为 1 200mm × 1 000mm 和 1 100mm × 1 100mm 两种, 其中 1 200mm × 1 000mm 为优先推荐使用标准。这两种标准托盘近年已在日本、韩国、菲律宾、泰国、马来西亚等地出现了明显的增长态势, 在我国也呈现出快速上升势头。确定这两种托盘为新的标准规格, 既符合国际要求, 又顺应了国内发展的需要。

托盘尺寸标准一经制定, 就可以决定包装尺寸和容器尺寸的标准, 并且还影响运输工具的尺寸选择, 也影响仓库建筑、货架和储存空间的尺寸。可见托盘尺寸的选定, 往往是确定其他物流参数的依据。大量实践表明, 以托盘为基准推进包装模数、叉车结构尺寸、汽车厢体尺寸、集装箱规格、货架和仓库货格尺寸的标准匹配将十分科学合理; 以托盘物流为基础, 组合贯通与匹配物流各环节 (如运输、仓储、装卸搬运、包装、流通加工、配送等), 可避免物流过程中的浪费, 大幅度节约物流成本; 从托盘物流的角度审视物流是否科学合理, 能明显提高物流系统的整体效率。

2.1.2 集装袋

散状货物集装“单元化”就是将物料加以组装，但是需要额外的材料把该货物包装成为一个单元。散状货物集装“单元化”最普通的方法是使用集装袋。集装袋是一种柔性的集装箱。集装袋单元货载可依其尺寸和质量分别以搬运车、输送带或起重机来搬运。集装袋又称柔性货运集装箱，适于作为散状货物，如水泥、化肥、粮食、饲料、砂糖、盐、纯碱等的包装。配以叉车或起重机及其他运输工具，就可实现集装单元化运输。集装袋的分类一般可按使用的形式、形状、材料与制袋方法等进行区分，常见的几种集装袋如图2-3所示。

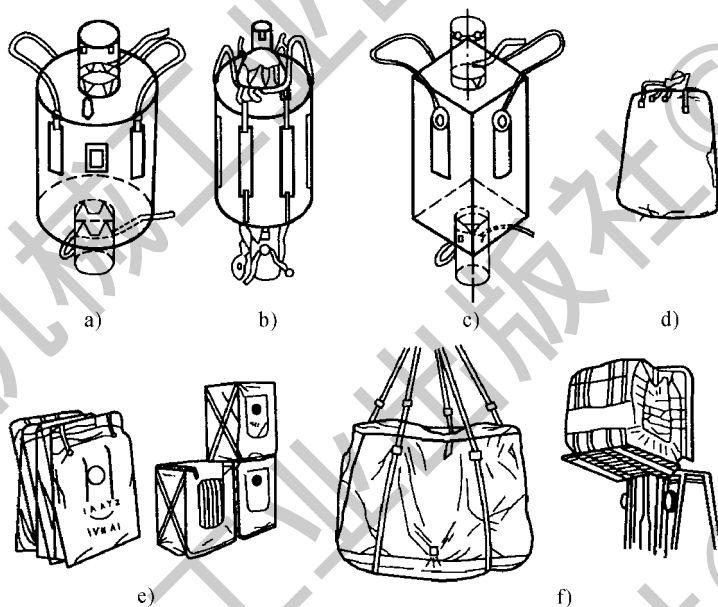


图 2-3 集装袋

2.1.3 集装箱

“单元化”的最普通的方法是“货柜化”。“货柜化”是将品种货物组装于大型盒子或箱子（主要是集装箱）内。集装箱是进行周转用的具有一定规格和强度的大型货箱。它适合于铁路、水路、公路、航空等多种运输方式的现代化装卸和运输，是仓库外部物流理想的集装化运输用具。

1. 集装箱的结构特点

集装箱不同于公路和铁路货车的车厢，也不同于反复使用的大型包装箱。它的主要特点是有8个角件，依靠这8个结构尺寸和定位尺寸都很精确而又十分简单的角件，可以完成集装箱的装卸、栓固、堆码、支承等作业。图2-4所示为通用集装箱的结构简图。

2. 集装箱的分类

按用途和货物的特点，集装箱一般可分为普通货物集装箱和特种货物集装箱。

(1) 普通货物集装箱（包括通用集装箱和专用集装箱）。普通货物集装箱的结构有内柱式、外柱式、折叠式（见图2-5a、b、c），以及薄壳式等。

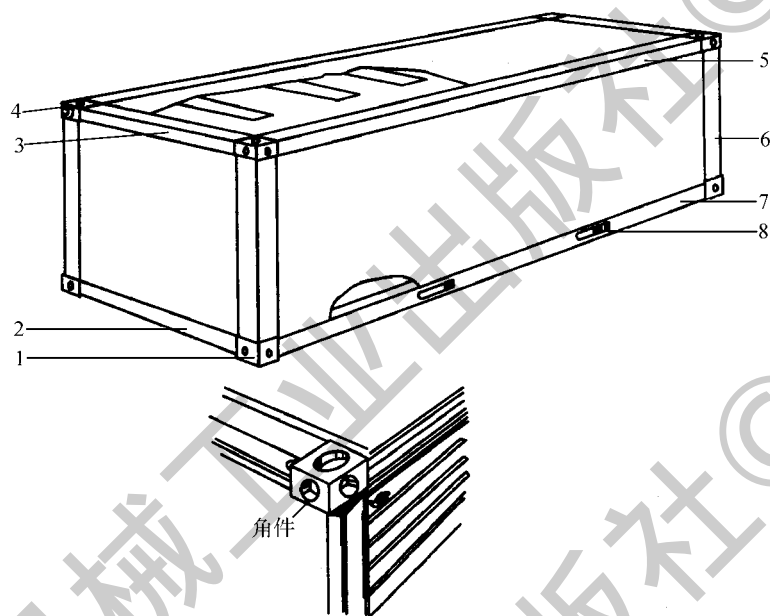


图 2-4 通用集装箱的结构简图

1—角件 2—下端梁 3—上端梁 4—顶梁 5—上侧梁 6—角柱 7—下侧梁 8—叉槽

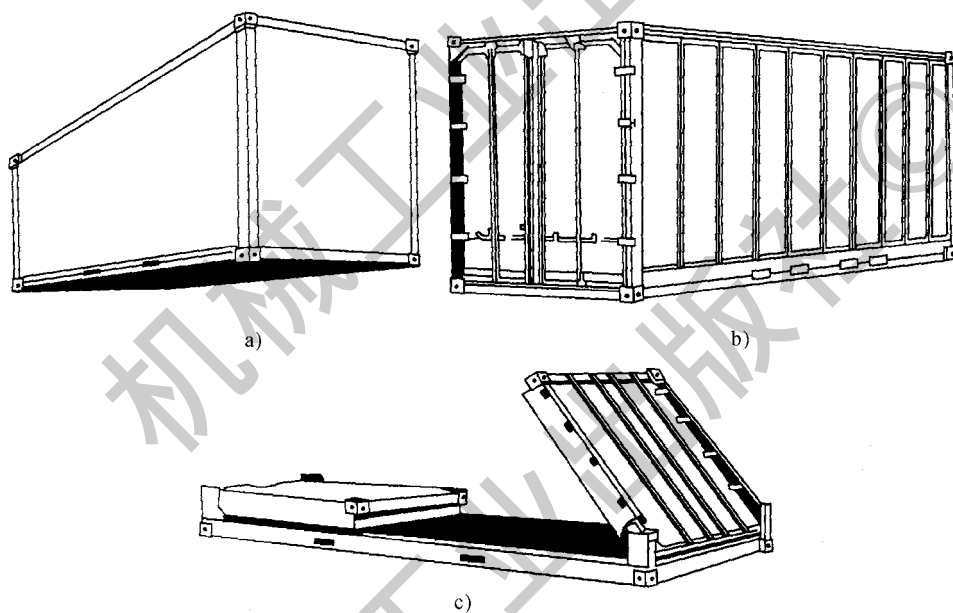


图 2-5 普通货物集装箱的结构

a) 内柱式 b) 外柱式 c) 折叠式

普通货物集装箱以装运货物为主，包括五金、机电产品、零部件等。其中通用集装箱要求结构尺寸符合国际或国内尺寸标准，便于流通和周转；其使用数量占全部集装箱的 70% ~ 80%。

为防止货物在箱内摇动,在箱内设有确保货物稳定的附属设备。这类集装箱大部分为端开门式,端门闭锁后即成密闭状态。根据货物的装卸要求,这类集装箱还可分为侧开门式、侧壁全开式和开顶式。而专用集装箱主要是作为专门用途或单一品种规格普通货物流通之用,对结构尺寸标准要求不严格。

(2) 特种货物集装箱

1) 通风集装箱(见图2-6)。适于装载需要一定程度通风的蔬菜、食品及杂货。通风集装箱在侧壁或端壁设有4~6个通风窗口,能有效地保证新鲜货物在运输途中不腐烂损坏。通风集装箱内装载潮湿货物时,为防止其渗出物对箱内污染和便于洗涤,在箱的内壁涂一层玻璃纤维加强塑料。为了排除集装箱内部的渗水,箱底必须设有放排水旋塞。

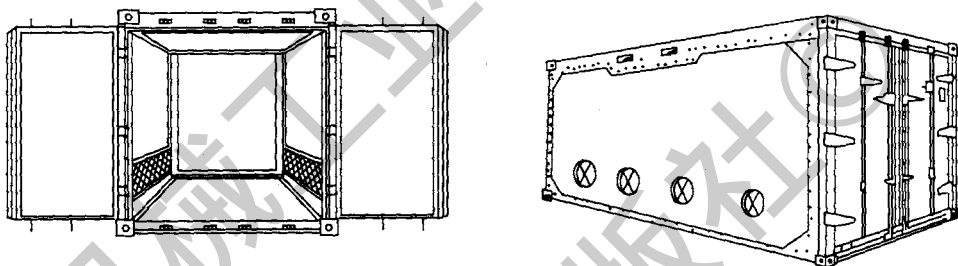


图2-6 通风集装箱

2) 保温类集装箱。它可分为冷藏集装箱和保温集装箱两种。冷藏集装箱是专门为运输那些要求一定低温的新鲜水果、鱼、肉、水产品等食品的。目前国际上采用的冷藏集装箱有内藏式和外置式两种结构。内藏式集装箱的箱内装备有冷冻机。外置式集装箱的箱内没有冷冻机,而只有隔热结构。两种冷藏集装箱各有优缺点。集装箱运输时间较长时,采用外置式结构较为合适;反之,集装箱运输期较短时,则采用内藏式结构较好。

3) 框架类集装箱。这类集装箱包括板架集装箱、汽车集装箱(见图2-7)和牲畜集装箱。

板架集装箱用以装载长大件、超重件,如重型机械、钢管、钢锭、裸装机械和设备等。它没有箱顶和侧壁,箱端壁也可以卸掉,只靠箱底和四个角柱来承受载荷,故又可称为平台或平板集装箱。

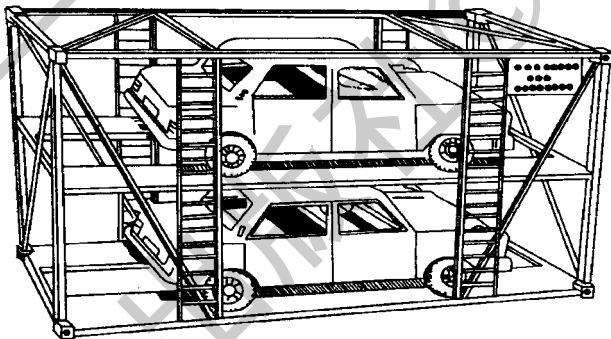


图2-7 汽车集装箱

3. 集装箱的标准化

为了便于集装箱在国际上的流通,国际标准化组织 ISO 公布了集装箱的标准规格系列:第一系列(1A~1F 共六种)、第二系列(2A~2C 共三种)和第三系列(3A~3C 共三种)集装箱。后来第一系列又增加了1AA、1BB 和1CC 三种型号的集装箱。第一系列集装箱的宽度都是2 438mm,第二系列集装箱的宽度都是2 300mm,第三系列集装箱的宽度都是2 100mm。

由于每个系列集装箱的宽度相同,为充分利用各种运输工具的底面积,因此有必要了解

各种规格集装箱的长度及其之间的关系。1A 型 40ft[⊖] 集装箱的长度为 12 192mm；1B 型 30ft 集装箱的长度为 9 125mm；1C 型 20ft 集装箱的长度为 6 058mm；1D 型 10ft 集装箱的长度为 2 991mm。设集装箱间的标准间距 I 为 76mm (3in[⊖])，则

$$1A = 1B + I + 1D = 9\,125\text{mm} + 76\text{mm} + 2\,991\text{mm} = 12\,192\text{mm}$$

$$1B = 1D + I + 1D + I + 1D = 3 \times 2\,991\text{mm} + 2 \times 76\text{mm} = 9\,125\text{mm}$$

$$1C = 1D + I + 1D = 2 \times 2\,991\text{mm} + 76\text{mm} = 6\,058\text{mm}$$

其长度关系如图 2-8 所示，图中有剖面线的区域为标准间距。

为便于统计集装箱的运量，常将 20ft 的标准集装箱作为国际标准集装箱的标准换算单位，称为换算箱或标准箱 (Twenty-foot Equivalent Unit, TEU)。一个 20ft 的国际标准集装箱换算为一个 TEU；一个 40ft 的集装箱 (Forty-foot Equivalent Unit, FEU)，1FEU = 2TEU。目前，国际上集装箱尺寸已发展到 45ft、48ft，在质量上发展到 35t 以上。

一般规划者可依据特定的物料情况选择适当的单元负载形态。例如，使用栈板最适合于堆叠具有一致外形的类似品种；而外形和尺寸不同的品种则可以以群组类型置于货柜内。

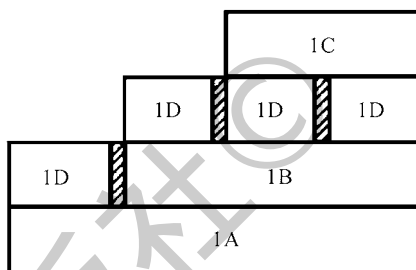


图 2-8 国际标准集装箱的长度关系

2.2 搬运装卸机具

2.2.1 装卸设备

1. 卸车设备

目前用得较多的卸车设备是螺旋卸车机、链斗式卸车机及翻车机。

(1) 螺旋卸车机。螺旋卸车机的结构形式有桥式、门式和单臂式三种。这三种形式的螺旋卸车机工作原理都相同，只是支承卸车螺旋的结构钢架的形式不同。桥式螺旋卸车机如图 2-9 所示，卸车作业时将左右水平螺旋放在物料中，由水平螺旋旋转，把物料推向两侧卸车。螺旋卸车机把物料从车厢上卸到卸车线两侧的坑道后，再通过坑道底下的带式输送机运至堆场上。螺旋卸车机是一种较好的卸车机械，它具有结构简单、效率

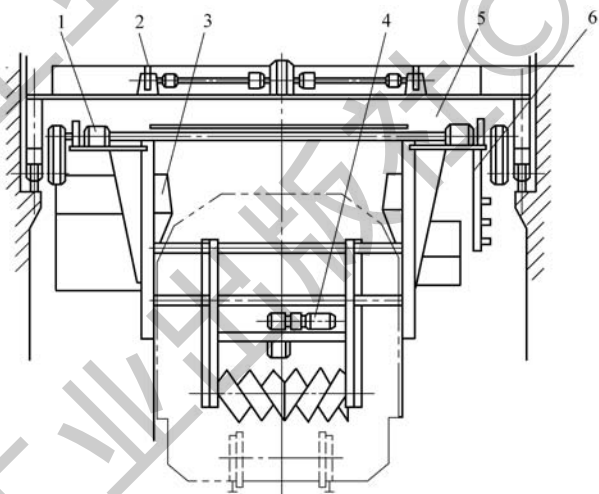


图 2-9 桥式螺旋卸车机

1—大车驱动 2—螺旋起升机构 3—操纵室
4—螺旋驱动 5—桥架 6—导电架

⊖ ft 为非法定计量单位，法定计量单位为 m，1ft = 0.304 8m。本书后面对此不再进行说明。

⊖ in 为非法定计量单位，法定计量单位为 m，1in = 0.025 4m。本书后面对此不再进行说明。

高、重量轻、造价低和易于维修等优点。用户可以制造多个备用的水平螺旋头，在螺旋头损坏时，很快换上，继续进行生产。螺旋卸车机的卸料阻力较大，对物料的破损较大。在卸大块散货时，机身振动也较大。所以，它适于卸不太坚硬的尺寸在 150mm 以下的中等块度的物料。其最大的缺点是环境污染严重，卸车时粉尘四起，曾有人考虑应用水雾或在车内注水减少粉尘，但效果都不理想。

螺旋卸车机系统的布置分为受料带在铁路线底下及在铁路线两侧两种类型。

(2) 链斗式卸车机。在铁路线上卸车的链斗式卸车机（见图 2-10）跨在铁路线上，以链斗挖取敞车内的物料，通过带式机，向铁路两侧堆料。其堆料带机有平移外伸悬臂式、俯外伸悬臂式和跨内横移式三种，一般生产率可达 200 ~ 300t/h。链斗式卸车机的结构如图 2-11 所示，其缺点是构造复杂，磨损件多，维修工作量大。



图 2-10 在铁路线上卸车的链斗式卸车机

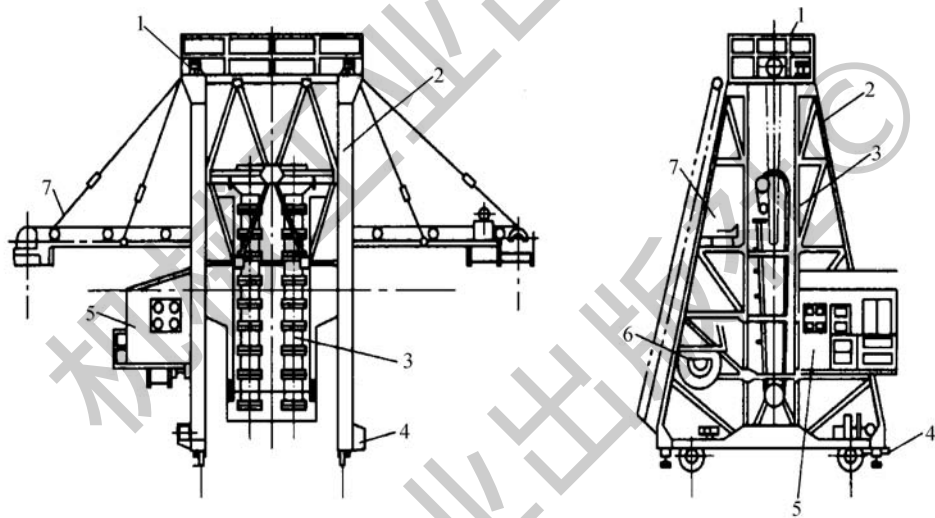


图 2-11 链斗式卸车机

1—卷扬机 2—钢结构 3—链斗提升机 4—运行机构 5—司机室 6—电缆卷绕装置 7—胶带输送机

(3) 翻车机。翻车机的形式很多，按翻卸方式可分为转子式翻车机及侧倾式翻车机。此外还有少量的端倾式翻车机及复合式翻车机。

转子式翻车机的翻转轴线靠近旋转系统的重心，翻转角度可达 360°，如图 2-12 所示。其

压车装置结构有四连杆滚轮式,也有钢丝绳钩式。车厢接近就地旋转,重心提升高度低,所以耗电量少。但地下建筑物的深度一般达15m左右,土建工程量大。压车装置作用力大,易损坏车厢。

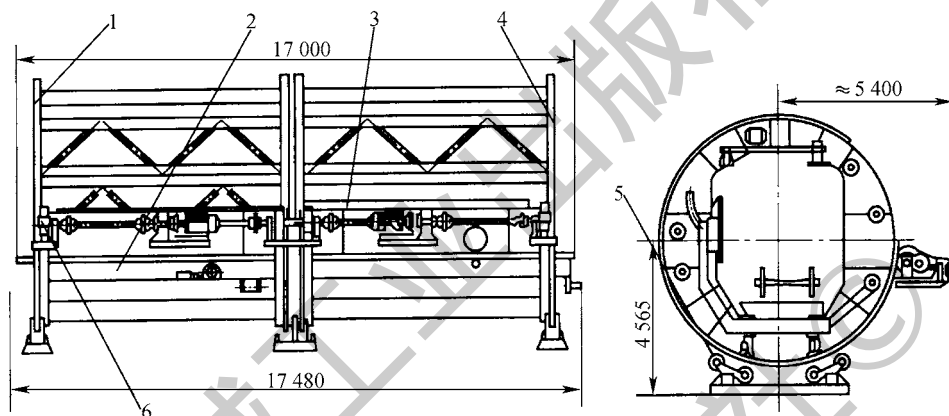


图 2-12 转子式翻车机

1—转子 2—平台及压车装置 3—传动装置 4—转子 5—托辊装置 6—电器

侧倾式翻车机如图 2-13 所示。它的翻转轴线位于敞车的侧上方。载物的敞车,由铁牛(一种顶推车厢用的设备)或机车顶入翻车机后,由压紧装置将敞车压住。压紧装置的压紧方式有机械压紧式及液压锁紧式两种。翻车机转动约 180°,从铁轨侧面将物料倒出。其主要特点是地下建筑物基础浅,一般仅为 7~11m,土建投资省,但车箱重心提升高度大,耗电多。



图 2-13 侧倾式翻车机

翻车机卸车线的布置随地形而异,有两种基本方式,即贯通式(见图 2-14)和折返式(见图 2-15、图 2-16)。

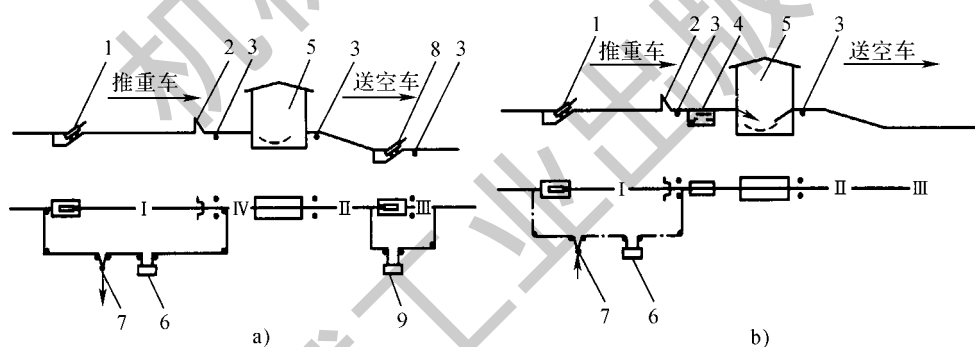


图 2-14 贯通式卸车线的布置

a) 直接溜放 b) 摘钩溜放

1—重车铁牛及牛槽 2—液压止挡器 3—计数装置 4—摘钩平台 5—翻车机
6—重车卷扬机房 7—拉紧装置 8—空车铁牛及牛槽 9—空车卷扬机房
I—重车推送线 II—空车溜放线 III—空车集结线 IV—重车溜放线

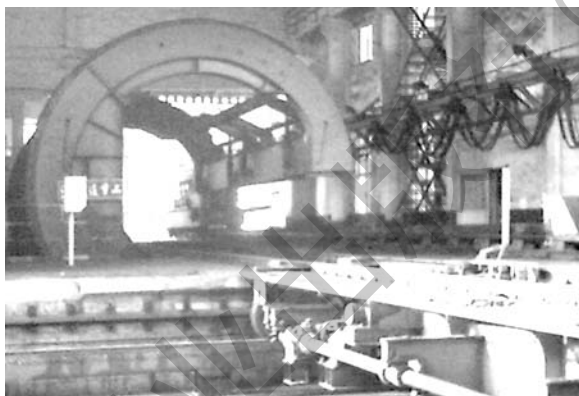


图 2-15 迁车台横移折返

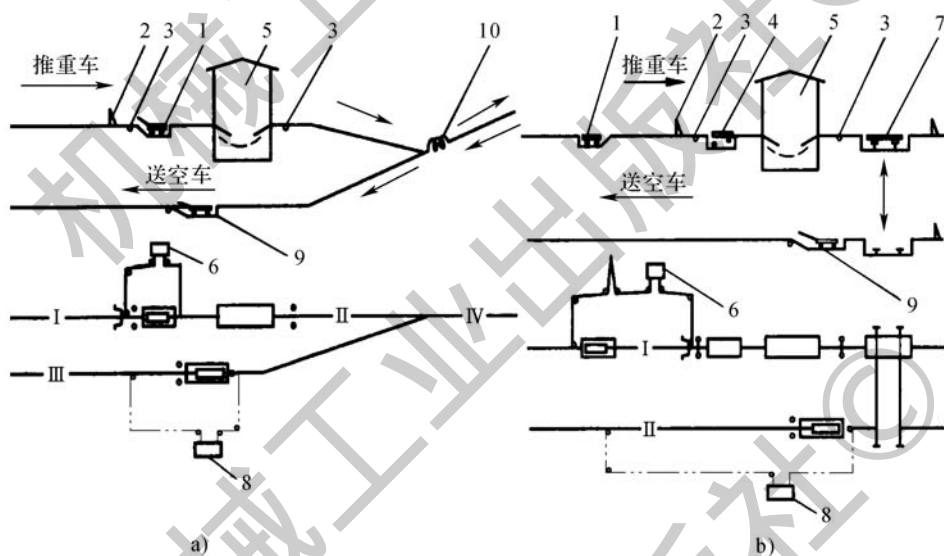


图 2-16 折返式卸车线的布置

a) 驼峰溜放 b) 迁车台槽移

- 1—重车铁牛及牛槽 2—液压止挡器 3—计数装置 4—摘钩平台 5—翻车机
6—重车卷扬机房 7—迁车台 8—空车卷扬机房 9—空车铁牛及牛槽 10—弹簧道岔
I—重车推送线 II—空车溜放线 III—空车集结线 IV—驼峰溜放线

贯通式布置是通过重车铁牛1，将重车推到重车溜放线上。然后，重车溜入翻车机，翻车机旋转卸车。翻卸后的空车由推车器推送出来。有的靠余坡直接溜放到空车停放线的集结位置上，有的则由空车铁牛将空车厢顶送到停车线的集结位置上。这种布置的特点是需要的设备少，减少事故发生率，但调车线路长，占地多。

折返式布置时，重车铁牛将重车推入翻车机卸空后，由翻车机上的推车器将空车推出，沿8‰的坡道溜行，经反驼峰，过弹簧道岔，然后由空车铁牛推到空车停放线的集结位置上。也可采用迁车台横移方式，将卸空车横移到回送线路上，如图2-15所示。这种布置占地面积小，但动作环节多，操作复杂。

现在我国大连重型机器厂已经与日本、英国合作，生产两翻及三翻的翻车机，可以同时

翻两个车厢或三个车厢，提高了生产能力。

2. 堆场机械

堆场是港口、冶金、煤炭及矿区物流系统的重要环节。在堆场设计时首先要解决的问题是堆场的大小，其次是堆场的运输系统及堆取料机械。常用的堆取料机械有堆料机、斗轮取料机及斗轮堆取料机。

(1) 悬臂堆料机。图 2-17 所示的单臂堆料机与地面固定带式输送机连接在一起，将带式输送机运来的散状物料堆在堆场内。堆料机在轨道上移动，以便把散料推在所需要的堆放地点。其结构形式有双悬臂及单悬臂可旋转式两种。双悬臂式堆料机的悬臂只能上下俯仰，不能旋转，悬臂长度比较短，所以料堆是尖顶条形，多用于配合坑道带式输送机场合。单臂可旋转式的堆料机臂长可达 50 ~ 60m。

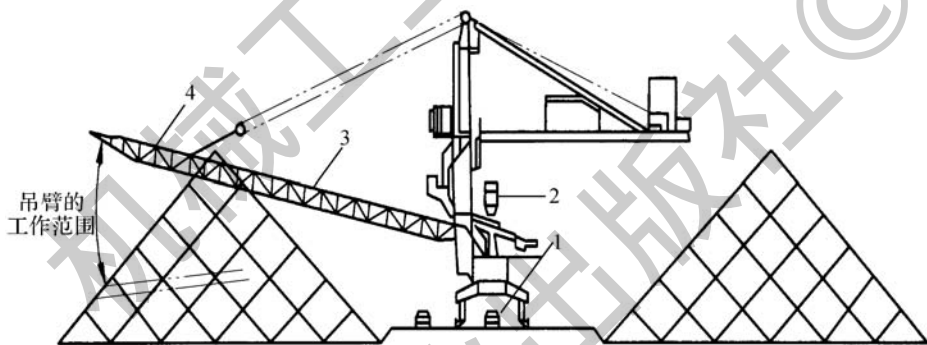


图 2-17 单臂堆料机

1—带式输送机 2—卸料器 3—吊臂 4—堆料带式输送装置

(2) 斗轮堆取料机。目前使用的斗轮堆取料机有门式及悬臂式两种结构形式。有的设备只有取料一种功能，称为斗轮取料机。目前我国生产的斗轮取料机最大可达 6 000t/h，臂架幅度达 45m。图 2-18 所示为悬臂式斗轮堆取料机。

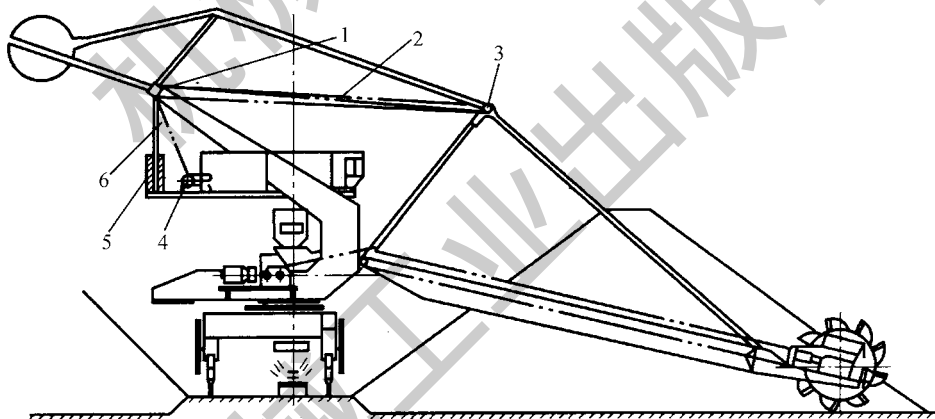


图 2-18 悬臂式斗轮堆取料机

1—滑轮组 2—俯仰钢丝绳 3—滑轮组 4—臂架俯仰驱动卷筒 5—浮动配重 6—导轨拉杆

1) 悬臂式斗轮取料机。在臂架顶端有一个挖取物料的斗轮, 臂架上有一个带式输送机, 把物料运到取料机下的漏斗, 落到带式输送机上输送出去。斗轮取料机装在堆场侧边, 跨在地面带机两侧的轨道上运行。

2) 门式斗轮堆取料机。在龙门架内有一个可以上下升降的活动梁, 在活动梁内有带式输送机。斗轮套在活动梁上, 沿活动梁移动, 将挖取出的物料, 卸在活动梁内带式输送机上, 然后转载给地面固定带式输送机。门式取料机横跨在堆场上, 如果门架上另有一套带式输送机的堆料系统, 则是门式堆取料机。

悬臂式斗轮堆取料机兼有堆料及取料的双重作用, 如图 2-19 所示。臂架上的带可以正反转。在堆料时, 斗轮不转, 臂架上胶带把物料从臂架端部抛出, 而取料时胶带改变运动方向, 把斗轮挖取出的物料送给地面带式输送机。



图 2-19 悬臂式斗轮堆取料机

堆料机、取料机的臂长与料场宽度间的关系, 是堆场设计必须妥善解决的问题。堆取料机的生产率是根据装船、装车的生产率而定的, 而其悬臂长度根据料场的宽度而定。

2.2.2 集装箱装卸工艺方式

集装箱装卸视频, 请扫二维码观看“2.2 洋山深水港集装箱”。

集装箱装卸已形成特定的工艺方式。集装箱专业码头的装卸工艺方式常见的有五种: 底盘车方式、跨运车方式、叉车方式、轮胎式龙门起重机方式和轨道门式起重机方式。前三种方式统称为跨车系统; 后两种方式统称为门式起重机系统。

1. 跨车系统

集装箱码头装卸跨车系统的主要工艺过程如图 2-20 所示。它是指由岸边集装箱装卸桥将集装箱由船上卸到码头前沿, 然后用跨车把集装箱搬运到货场堆放的系统。20 世纪 70 年代初, 国际上很多集装箱专业码头都采用这种装卸系统。其优点是: 跨车既可以进行水平运输, 又可以完成 4~5 层的堆垛作业, 当工作量增加而机械装备不足时, 可以随时调入调出跨车, 重新调整。它具有投资小、装卸速度快、堆场利用率高的优点。其缺点是跨车的结构比较复杂, 维修工作量大, 因而装卸成本高。



2.2 洋山深水
港集装箱

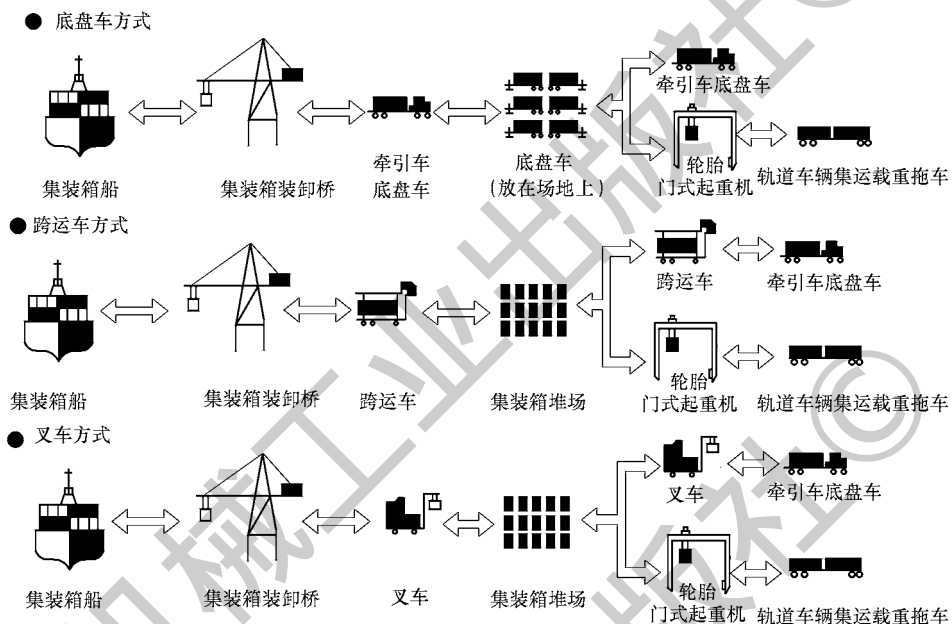


图 2-20 集装箱码头装卸跨车系统的主要工艺过程

2. 门式起重机系统

集装箱装卸门式起重机系统的主要工艺过程如图 2-21 所示。它是指由岸边集装箱装卸桥将集装箱从船上卸到拖车上，然后拖到货场，由轮胎式龙门起重机堆存和进行装卸货车作业的系统；装船过程与之相反。其优点是轮胎式龙门起重机跨距大、堆层高、堆场面积利用率高，轮胎龙门起重机可以从一个轨道线转到另一个轨道线工作，机动性强；其缺点是需要水平运输拖车作业。

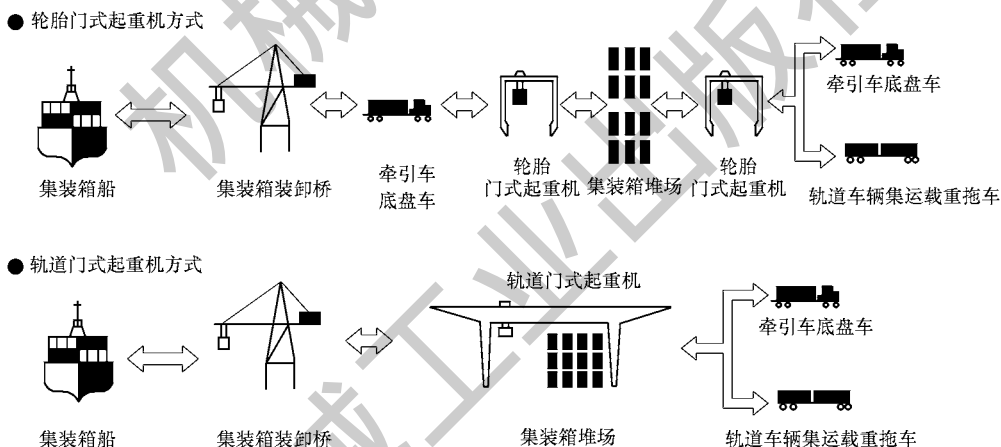


图 2-21 集装箱装卸门式起重机系统的主要工艺过程

采用轨道门式起重机方式时，在堆场与船之间可以不用转运车。轨道门式起重机的悬臂伸到岸边集装箱装卸桥的伸出臂下，直接进行集装箱转运。

2.2.3 叉车

叉车是车站、码头、仓库和货场广泛用来承担装卸、搬运、堆码作业的一种搬运车辆。它具有适用性强、机动灵活、效率高等优点。它不仅可以将货物叉起进行水平运输，而且还可以叉取货物进行垂直堆码。图 2-22 所示为叉车在自动化立体仓库中的应用。

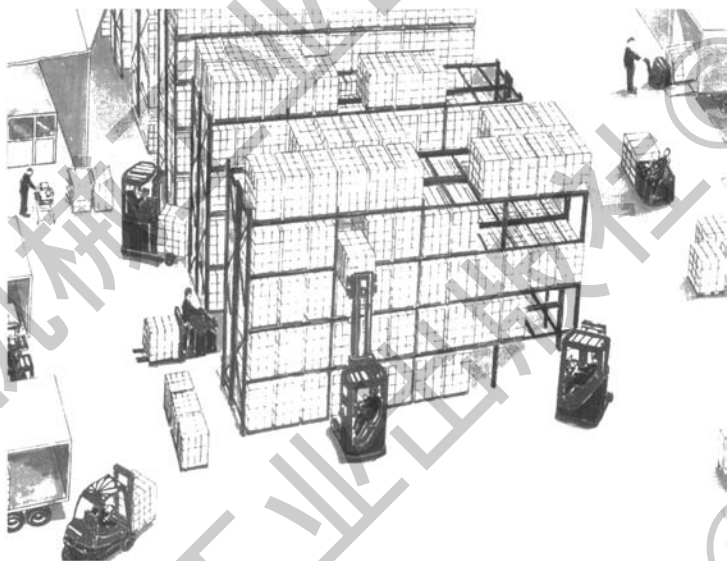


图 2-22 叉车在自动化仓库中的应用

叉车有以内燃机为动力的，称为内燃叉车；也有以蓄电池为动力的，称蓄电池叉车。

叉车本身既可作为装卸堆垛的工具，又可用作短途运输，一般在机械厂的车间之间，常选用蓄电池叉车作为运输工具。但是它的主要作用还是装卸堆垛。

叉车种类很多，可以从不同角度分类。如果按构造的不同，可以分为正面式叉车、侧面式叉车和转叉式叉车；如果按所用动力的不同，则可以分为内燃式叉车、蓄电池式叉车和无动力叉车。

新的伸展型自动叉车（见图 2-23）不仅尺寸小，而且还装备有可靠的陀螺型导向系统。因为旋转半径较小，因此其适合在小型工厂或货仓内使用。其升降与运行机构可确保在处理货物及进行运输工作时能够加速，而这无疑可缩短运作周期。



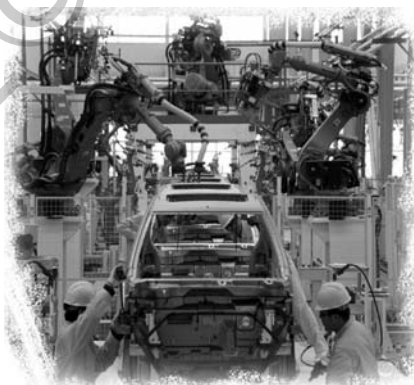
图 2-23 自动叉车



思考与练习题

1. 集装箱、集装袋、托盘的作用与各自的特点是什么？
2. 托盘划分为几类？平托盘分为几类？
3. 柱式托盘分为几类？它的作用是什么？
4. ISO 托盘标准尺寸有几个系列？我国使用的托盘尺寸标准是什么？
5. 集装箱有哪些结构特点？集装箱分为几类？
6. 国际标准化组织 ISO 公布了几类集装箱的标准规格系列？具体指什么？
7. 目前用得较多的卸车设备是什么？
8. 螺旋卸车机有几种结构形式？螺旋卸车机系统有几种布置形式？
9. 翻车机分为几类？翻车机卸车线有几种布置形式？
10. 常用的堆取料机械有哪几种？
11. 常用的集装箱装卸工艺有哪几种？
12. 叉车的种类有哪些？

第3章 生产线物流设备



生产线物料输送多采用各种输送机配以机械手和输送车组成的、有一定柔性的物料输送系统。其中的输送机包括辊子输送机、链式输送机、电动单轨车及各种配套的升降输送机。输送机的特点是工作时可以连续沿同一方向输送散料或重量较轻的单件物品，装卸时也不用停机，所以有较高的生产率，常用于流水作业生产线上。对输送机，带类型的常简称为传送带输送机，其他类型的则称为连续输送机（Conveyor）。

输送机视频，请扫二维码观看“3.1 现代输送设备集锦”。



3.1 现代输送
设备集锦



3.1 辊子输送机

3.1.1 概述

辊子输送机由辊子、驱动装置、机架等部件组成。

辊子输送机可以沿水平或较小的倾斜角输送具有平直底部的成件物品，如板、棒、管、型材、托盘、箱类容器以及具有平底或直棱的各种工件。辊子输送机布置灵活，容易分段和连接。它可以根据需要，由直线、圆弧、水平、倾斜、分支、合流等区段以及辅助装置组成开式、闭式、平面、立体等各种形式的输送线路。

由于辊子输送机在输送成件物品时具有明显的优点，它不仅可以连接生产工艺过程，而且可以直接参与生产工艺过程，因此在冶金、机械、电子、化工、轻工、家电、食品、纺织、邮电等行业和部门的物流输送中，尤其是在各种加工、装配、包装、储运、分配等流水生产线中得到了广泛的应用。

图 3-1 所示为某涤纶厂涤纶纤维包装生产线中辊子输送机应用的实例。

3.1.2 分类及特点

1. 结构形式

表 3-1 列出了比较常用的辊子输送机的结构形式、特点及应用。

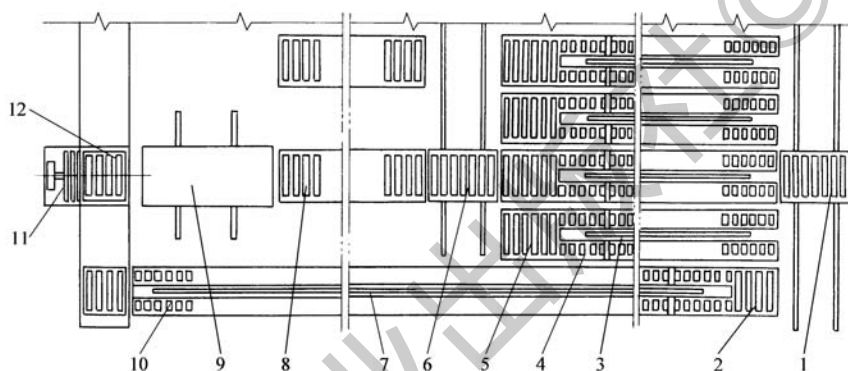


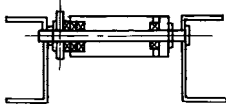
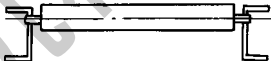
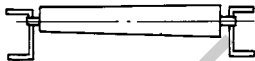
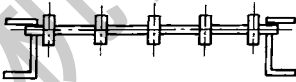
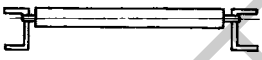
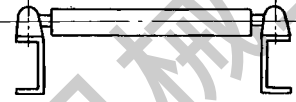
图 3-1 涤纶纤维包装生产线中辊子输送机应用实例

1、6—机动转运小车 2、8—动力式长辊输送机 3、7—爪链式牵引装置 4、10—非动力式长辊输送机
5—超越式长辊输送机 9—工艺主机 11—推动装置 12—链式输送装置

表 3-1 辊子输送机的结构形式、特点及应用

形 式	结 构 简 图	特 点 及 应 用
按 输 送 方 式 分 类	无 动 力 式	无动力式辊子输送机自身无驱动装置，辊子转动呈被动状态，物品依靠人力、重力或外部推拉装置移动。布置方式分为水平和倾斜两种 水平布置：依靠人力或外部推拉装置移动物品。人力推动用于物品质量小、输送距离短、工作不频繁的场所。外部推拉采用链条牵引、胶带牵引及液压气动装置推拉等方式，可以按要求的速度移动物品，便于控制运行状态，需要时还可以实现步移、积放等功能，用于物品质量大、输送距离长、工作比较频繁的场所 倾斜布置：依靠物品重力做重力式输送，结构简单，经济实用，但不易控制物品运行状态，物品之间易发生撞击，不宜输送易碎物品。适用于工序间短距离输送及重力式高架仓库的输送
	链 传 动	动力式辊子输送机本身具有驱动装置，辊子转动呈主动状态，可以严格控制物品运行状态，按规定的速度精确、平稳、可靠地输送物品，便于实现输送过程的自动控制。按传动方式分为链传动、带传动、齿轮传动。链传动承载能力大，通用性好，布置方便，对环境适应性强，可在经常接触油、水及温度较高的地方工作，是最常用的一种动力式辊子输送机。在多尘环境中工作时链条容易磨损，高速运行时噪声较大 链传动分单链传动和双链传动。单链传动结构布置紧凑，适用于轻载、低速、持续运行的场合；双链传动适用于载荷较大，速度较高，起动、制动比较频繁的场合
	带 传 动	带传动：运转平稳，噪声小，对环境污染少，允许高速运行，但不适宜在接触油污的地方工作。带传动分为平带传动、V带传动、圆带传动。平带传动承载能力最大，V带传动次之，圆带传动最小。V带传动和圆带传动均可适用于辊子输送机圆弧段。圆带传动布置最为灵活

(续)

形 式			结 构 简 图	特 点 及 应 用
按 输 送 方 式 分 类	积 放 式	限 力 式		积放式辊子输送机除具有一般动力式辊子输送机的输送性能外,还允许在驱动装置正常运行的情况下,物品在辊子输送机上停止和积存,而运行阻力无明显增加。适用于辊子输送机线路中需要物品暂时停留和积存的区段。常用的积放式辊子输送机有限力式和触点控制式两种类型 限力式辊子输送机:辊子内部具有轴向摩擦片或径向摩擦环,一般输送情况下起传递力矩作用,物品受阻停止和积存情况下,因运行阻力矩超过限定的辊子工作力矩,结果使摩擦片(环)打滑,辊子与驱动装置间处于柔性连接状态。辊子的限阻力矩略高于正常输送时的运行阻力矩 触点控制式辊子输送机:一般为带传动,当需要物品停止和积存时,停止器动作,通过物品对触点的作用,控制机械或气动系统,使辊子和传动系统脱离。积存状态下物品间挤压力很小,需要时还可使物品保持一定间距。适于输送和积存易碎、怕压物品。结构比较复杂
		触 点 控 制 式		
按 辊 子 形 状 分 类	圆 柱 形			圆柱形辊子输送机通用性好,可以输送具有平直底部的各类物品,如板、棒、管、托盘、箱类容器及具有平底或直棱的工件。允许物品的宽度在较大范围内变动。一般用作辊子输送机线路的直线段。也可用作圆弧段,但物品在圆柱形辊子输送机圆弧段上运行时存在滑动和错位现象。为改善这种情况,多以双列布置
				圆锥形辊子输送机用于辊子输送机线路圆弧段,多与圆柱形辊子输送机直线段配套使用。可以避免物品在圆弧段运行时发生滑动和错位现象,保持正常方位。制作成本高于圆柱形辊子输送机
	轮 形			轮形辊子输送机辊子自重轻,运行阻力小。分边辊输送机和多辊输送机两类
			 边辊 多辊	边辊输送机:辊子沿机架两侧布置,输送机中间部位可以布置其他设备。适于输送底部刚度大的物品。辊子无轮缘的边辊输送机要求物件宽度大于轮间宽度,必要时设置水平导向装置。有轮缘的边辊输送机具有导向作用,但对物品宽度尺寸有严格限制,多用于专用生产线中,输送宽度尺寸为一定规格的箱、托盘及工件 多辊输送机:结构简单,可以作为辊子输送机直线段和圆弧段。适用于输送板、箱、托盘等平底物品
按 辊 子 支 承 形 式 分 类		定 轴 式		定轴式辊子输送机辊子绕定轴旋转,辊子转动部分自重轻,运行阻力小,辊子与机架整体组装性好。这种支承是通用的辊子支承形式
		转 轴 式		转轴式辊子输送机辊子连轴旋转,转轴支承在两端固定的轴承座内。转轴式辊子便于安装、调整、拆卸。多用于重载和运转精度要求高的场合。造价比定轴式辊子输送机高

(续)

形 式	结 构 简 图	特 点 及 应 用
按布置方向分类	直线段	用作辊子输送机直线段的一般为圆柱形辊子输送机、轮形辊子输送机。通常以单列布置，物件宽度特别大时可以双列布置
	弧线段	圆柱形、圆锥形、轮形辊子输送机均可用作辊子输送机圆弧段。以圆锥形辊子输送机和轮形多辊输送机效果最佳，可以避免物品在圆弧段上运行时产生滑动和错位，保持正常的运行方位。采用圆柱形辊子输送机作为圆弧段则比较经济。为改善物品错位和滑动，可采用双列布置

2. 转运及辅助装置

在比较复杂的辊子输送机线路系统中，当相邻区段辊子输送机呈垂直、平行、上下、交汇等布置形式时，物品一般需要通过辅助装置进行转运。下面就各种典型的转运中常用的辅助装置及其特点和应用进行有关介绍。

(1) 垂直转运

1) 万向球台（见图 3-2）。万向球台台面设有可以各向转动的滚球。物品依靠人力推动，可在台面上做任意方向的移动和转动。适用于转运重量轻、输送量少的平底物品。

2) 转台（见图 3-3）。转台台面设有圆柱形长辊，物品进入转台后，随转台做 90° 旋转后输出，转运前后的座向一致，宽度不变。转台有手动和手动两种形式，分别与动力式辊子输送机和无动力式辊子输送机配套使用。

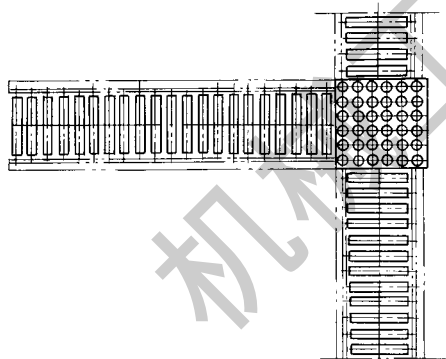


图 3-2 万向球台

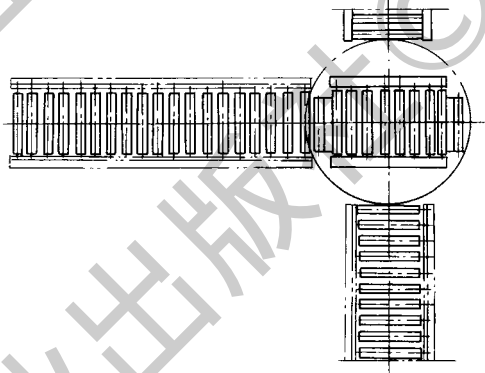


图 3-3 转台

(2) 平行转运。图 3-4 所示的转运小车可实现平行转运。转运车轨道与辊子输送机成直角布置，转运车沿轨道运行，可以在多台平行布置的辊子输送机之间转运物品。按台面辊子和行走机构的驱动方式，转运车分手动和机动两种形式，分别与无动力式辊子输送机和动力式辊子输送机配套使用，其台面辊子形式与所配套的辊子输送机相一致。

(3) 上下转运

1) 升降输送机（见图 3-5）。升降输送机具有输入、提升和输出机构，适用于布置在不同楼层的辊子输送机之间的转运。

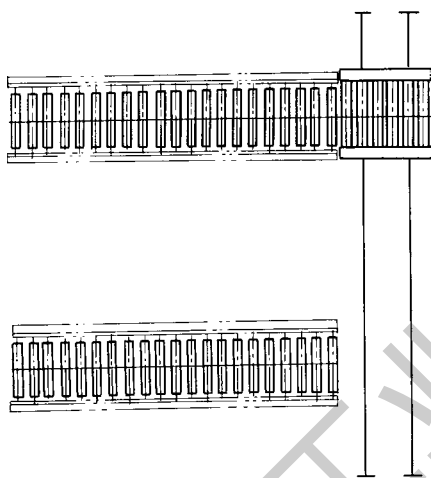


图 3-4 转运小车

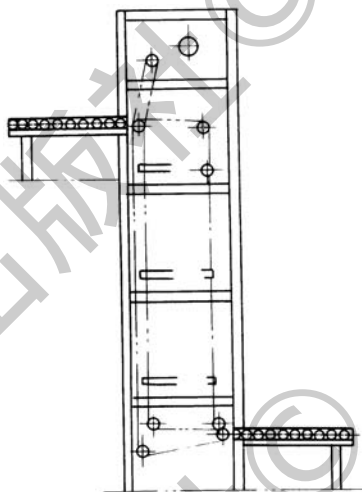


图 3-5 升降输送机

2) 升降段 (见图 3-6)。升降段是辊子输送机线路中可以升降的区段,用于高差较小的两层辊子输送机之间的转运。

(4) 岔道转运。岔道转运装置布置于辊子输送机线路的分支交汇处,分固定式和活动式两种形式。

1) 固定式岔道。固定式岔道结构简单,布置紧凑,可以连续地通过物品,但物品通过岔道时存在滑动和错位,因而较适用于轻载。固定式岔道按其作用方式分手动和机动两种形式,分别与无动力式辊子输送机和动力式辊子输送机配套使用。在机动式岔道中,经常采用转向器帮助物品转向,采用通行控制器控制岔道合流处物品的流向。



图 3-6 升降段

2) 活动式岔道 (见图 3-7)。活动式岔道可以改善物品通过岔道时发生的滑动和错位现象,但结构比较复杂,多用于重载。

(5) 垂直升降机。垂直升降机 (见图 3-8) 是在多层仓库内用作件货和托盘货物垂直运输的起重设备,其特点是占地面积小。它是将若干根板条组成的载货台安装在四根无端链条上,由板条组成的载货台具有足够的柔性,在链条运行过程中,可绕过链轮转向。

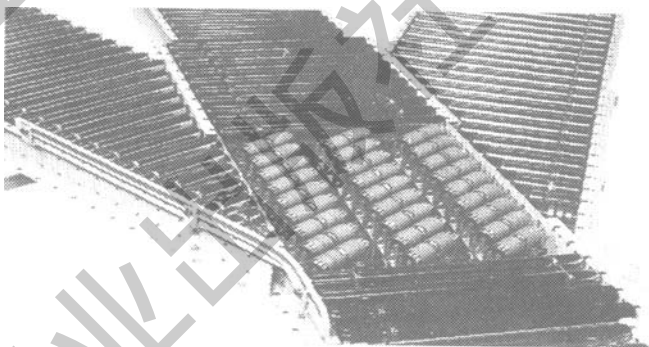


图 3-7 活动式岔道

提升过程中,载货台保持水平;回程时载货台由水平位置变成垂直位置,回程结束时又恢复到水平位置,从而减少升降机的占地面积。垂直升降机根据进货口和出货口安排的不同分为S形和C形。S形垂直升降机的进货口与出货口在不同方向,而C形垂直升降机进货口与出货口在同一方向。C形垂直升降机的出货口和载货台的回程交叉,容易发生事故,而S形垂直升降机的出货口的作业不受载货台回程的影响。

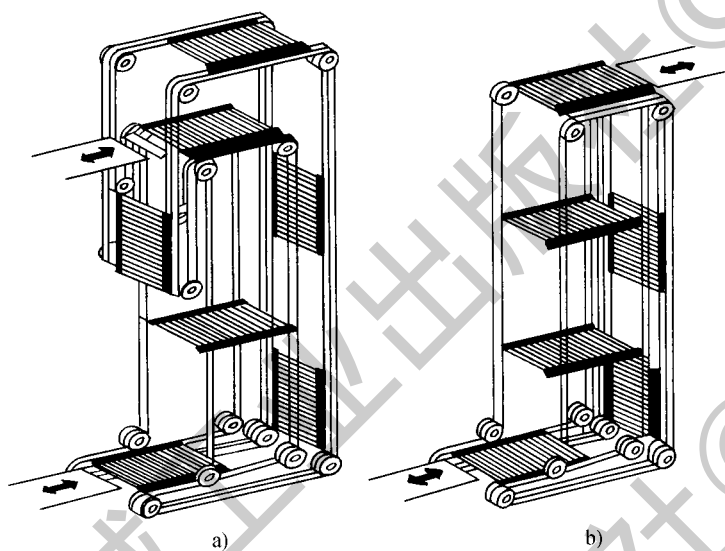


图 3-8 C 形垂直升降机和 S 形垂直升降机

a) C 形垂直升降机 b) S 形垂直升降机

垂直升降机工作时, 每一个载货台载运一件货物。为了保证将货物准确送到载货台上的规定位置, 不发生跌落危险, 一般在升降机的入口处的前端装有光敏管和限位开关进行自动控制。

垂直升降机的工作能力除与提升速度有关外, 还取决于载货台的长度和提升货物的高度。升降机的提升速度大多在 1m/s 之内, 每小时能运送 3 000 件货物。

除了上面介绍的几种机型外, 还有如图 3-9 所示的秋千式垂直升降机和如图 3-10 所示的念珠式垂直升降机。用秋千式垂直升降机, 不仅可解决垂直运输问题, 还可同时解决水平运输问题; 采用念珠式垂直升降机则可解决圆桶状货物的垂直提升问题。

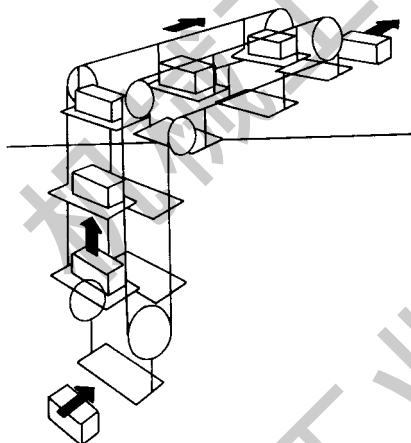


图 3-9 秋千式垂直升降机

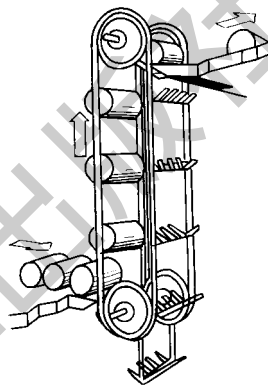


图 3-10 念珠式垂直升降机

3. 分流与合流装置

为了满足货物储存、整理归类、包装和分拣的需要, 辊子输送机系统需配备分流与合流装置。

(1) 90° 分流装置 (见图 3-11)。 90° 分流有多种方式, 最简单的方法是采用图 3-11a 所示的长短辊子配合的形式。图 3-11b 所示的链条传动分流装置是辊子输送机与链条输送机结合

方式。分流时,通过电控方式、气动方式控制,使链条输送机的传送链部分或全部浮出辊子平面,由链条输送机将货物从滚道 A 转向滚道 B 或由滚道 B 转向滚道 A,随后链条输送机下降,滚道 A 恢复正常。这种转向装置工作时,是按货物一件一件操作的。为保证货物转向工作准确,在滚道 A 上设有止挡器,防止在一件货物正在转向,而没有完全离开滚道 A 时,后续货物仍能停留在滚道 A 上。

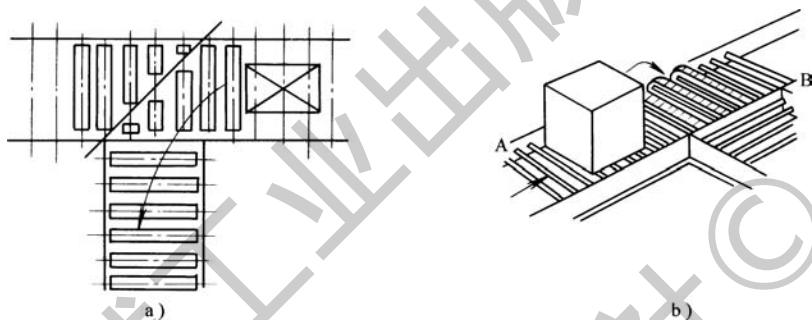


图 3-11 90°分流装置

a) 简单的分流装置 b) 链条传动分流装置

(2) 30°与45°分流装置。简单的30°与45°分流装置是采用图3-12a所示的长短辊子配合的形式。采用图3-12b所示的同步带分流装置,其通过率一般可达到每小时3 500件。转向装置是辊子输送机与同步带机的结合。采用同步带是为了提高转向所需要的摩擦力。该带机可通过气动元件上升或下降,使货物由主道转到岔道。

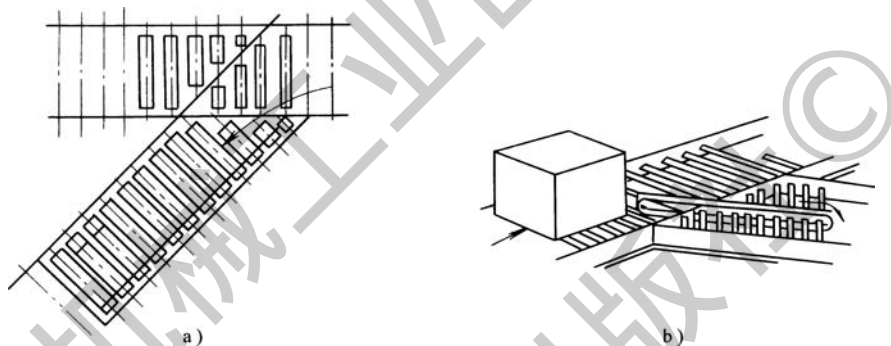


图 3-12 30°与45°分流装置

a) 简单的分流装置 b) 同步带分流装置

(3) 旋转分配中心与轨道小车。通过旋转分配中心(见图3-13)可实现多条输送线输送的货物之间的交换。很显然,旋转分配中心的直径越大,分配中心所能连接的输送线也就越多。对于不需要经常性连接的平面布置的平行辊道,它们之间货物的交换可采用轨道小车(见图3-14)。对于空间内上下布置的平行辊道,可采用液压顶升的活动辊道(见图3-15)。由于该装置属间歇性工作装置,对于规模较大的仓库,很容易形成运力瓶颈,影响仓库系统的运行。

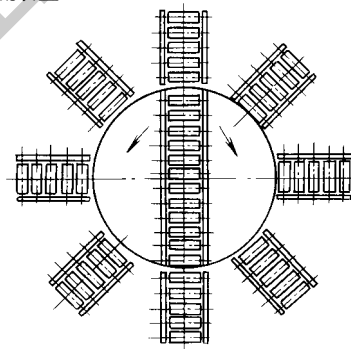


图 3-13 旋转分配中心

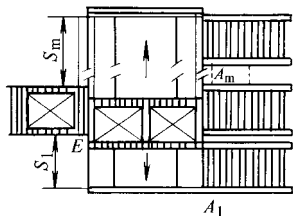


图 3-14 轨道小车

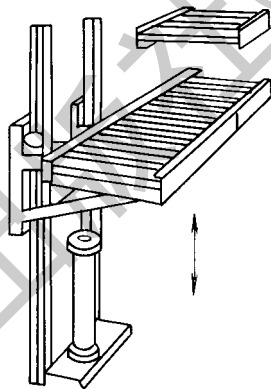


图 3-15 液压顶升的活动轨道

(4) 合流装置。相对于分流装置，合流装置的设计要简单一些，需要注意的地方就是主道速度与岔道速度匹配的问题，如图 3-16 和图 3-17 所示。

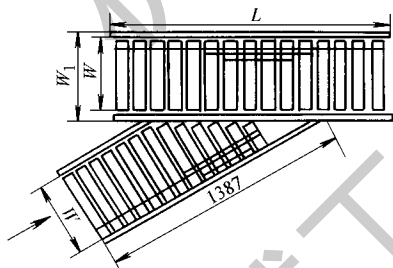


图 3-16 45°合流装置

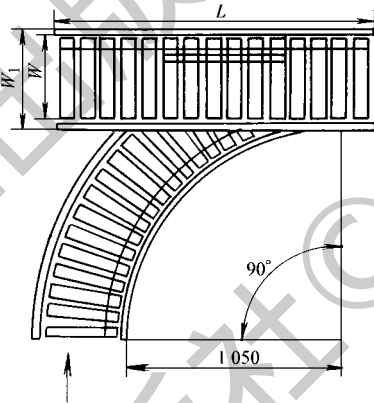


图 3-17 90°合流装置

(5) 分流叉路的极限速度。当物品的速度为 v 时，为使物体转向，所需向心力为 $\frac{mv^2}{R}$ ，而转向所需要的向心力是由货物与辊子间的摩擦力提供的，假设货物的质量有一半落在分流道上，货物与辊子间的摩擦因数为 μ ，就有 $\frac{G\mu}{2} = \frac{mv^2}{R}$ ，所以分流叉路的极限速度 $v_{\max} = \sqrt{\frac{G\mu R}{2m}} = \sqrt{\frac{g\mu R}{2}}$ 。如果令 $R=0.3\text{m}$ ， $\mu=0.5$ ，则 $v_{\max}=0.85\text{m/s}$ 。

3.1.3 传动方式

辊子输送机的传动方式有许多种，常见的有带传动、链传动和电动滚筒传动等。为保证货物在辊子上移动时的平稳性，应保证至少有 3~4 个辊子同时支承一件货物，即辊子的间距

应小于货物支承面长的 $1/4 \sim 1/3$ 。

(1) 带传动辊子输送机是用辊子床作为承载面，传动带作为驱动构件的输送机。在辊子底部布置一条传动带，传动带下面设有托辊，传动带可在驱动机构的带动下前后运动。当托辊顶起传动带时，传动带与辊子接触，并靠摩擦力带动辊子转动。当把托辊放下时，传动带脱离辊子，辊子就失去了驱动力。因此通过有选择地控制托辊的顶起和放下，即可使一部分辊子转动，而另一部分辊子不转，从而实现货物在辊道上的积存，起到缓冲的作用。

(2) 链传动辊子输送机是用辊子床作为承载面，成件货物直接放在辊道表面上，辊子由链条和链轮驱动的输送机，它适宜在环境恶劣的场合下工作，尤其适合输送重型或大件的货物。常用的链传动辊子输送机有两种传动方式（辊子对辊子型和连续链型）。

1) 辊子对辊子型链传动辊子输送机每个辊子轴上装有两个链轮，单条链环交错地沿输送机方向连接一对辊子。首先由电动机、减速器和链条传动装置驱动第一个辊子，然后再由第一个辊子通过单环链驱动第二个辊子，这样依次传递，使全部辊子成为驱动辊子（见图 3-18）。

2) 连续链型链传动辊子输送机是由一条连续的环链驱动的链传动辊子输送机，如图 3-19 所示。每个辊子轴上装有一个链轮，用一根链条通过张紧轮或压紧轮驱动所有的辊子。这种结构形式适合输送中等质量的载荷。

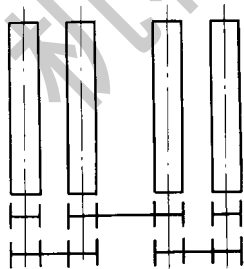


图 3-18 辊子对辊子型链传动
辊子输送机

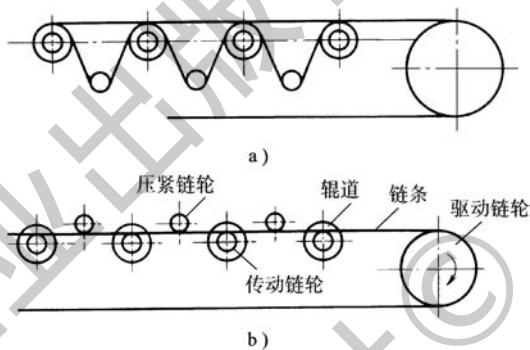


图 3-19 连续链型链传动辊子输送机
a) 张紧轮式 b) 压紧轮式

(3) 电动滚筒式辊子输送机。电动滚筒式辊子输送机的每一个辊子就是一个电动滚筒，每个电动滚筒内都配备有一套驱动系统，各自单独驱动。由于价格较贵，实际使用时，一般每隔几个无动力的辊子，才安装一个电动滚筒。该种输送机简捷、安全，更换维修方便，且容易实现货物的积存，一般用于频繁起动和制动的场合。



3.2 链式输送机

链式输送机在大规模生产的领域中正在扮演着越来越重要的角色，无论是支柱产业——汽车生产的发展，还是钢铁、轻工、家电、粮食等产业，都将会对链式输送机，特别是高性能的链式输送机有更大的需求。

3.2.1 链式输送机的种类

链式输送机类型很多，表 3-2 并没有列全链式输送机的全部类型，其中如悬挂输送机、

平顶输送机等提供的只是大的分类。尽管如此，从中仍可了解链式输送机的品种和类型等。

表 3-2 链式输送机的几种机型

种 类 输送机名称	适用货物状态			适用工 况				输送速度/ (m/min)
	粉 状	粒 状	块 状	件 装	水 平	垂 直	倾 斜	
刮板链式输送机	○	○	○		○		20°	10 ~ 30
刮板链式输送机	○	○	○		○		30°	10 ~ 30
拉受链式输送机		○			○		30°	5 ~ 15
V 形斗链式输送机	○	○	△		○	○		10 ~ 30
枢轴链式输送机	○	○	○		○	○		10 ~ 30
板条链式输送机				○	○		20°	10 ~ 30
悬挂链式输送机				○	○		45°	5 ~ 10
平顶链式输送机				×	○			5 ~ 10
链斗式提升机	○	○				○	60°以上	10 ~ 40
链托盘式提升机				○		○		20
链托架式提升机				○		○	70°以上	20

注：○——适用，△——可用，×——只用于瓶、罐灌装。

四类主要的链式输送机是：

1. 悬挂链式输送机

整个机组是架设在空中的，输送的物品借吊具与滑架在空间立体范围内运行（3.3 节将详细介绍）。

2. 承托链式输送机

整个机组架设在地面上，输送物品放置在输送链条上（大都提高附件链节与工装板），以操作者适应的高度运行，可以沿线体做多工位操作。

3. 刮板链式输送机

被输送的块状、粒状或粉末状物料放置在料槽内，通过输送链条刮送，有较高的自动化程度。

4. 链斗式提升机

在输送链条上配置众多的料斗、托盘或托架，主要用来在垂直方向提升物料。

3.2.2 链式输送机的发展与演变

自动化生产的需要推动了链式输送机的发展。

1. 直线输送与环状输送

通常承托式链式输送机，其输送构件为滚子链，链条是在立面（垂直平面）内构成封闭回流，从而构成了链条的承载边与空程边。对于链条的利用来讲，只有承载边链条起承载输送作用，空载边链条不输送物料，仅仅起到使链条连续循环的作用。承托式链式输送机的输送方式为直线输送式。悬挂式输送机的输送构件为模锻链。在由链条构成的封闭环路中，链条在环路全程中都可承载，无疑，悬挂式输送机充分利用了链条的承载输送能力。悬挂式输送机的输送方式为环状输送。对比这两种输送机所用的链条，滚子链相邻链节只能在一个平面内相互回转，模锻链则可以在相互垂直的两个平面内相互回转，说明直线输送与环状输送对链条的结构有不同的要求。

2. 悬挂输送与地面输送

悬挂输送由于具有充分利用作业空间的优越性而得到广泛的应用。但地面台车式链式输

送机，亦已为众多机械制造业用来输送重型物件。地面台车式链式输送机实际上是悬挂输送机原理的深化与发展，它将原来架空的牵引部分转入地下，将悬挂机构倒转成为地面轨道支承，将悬挂器具改为地面台车。地面台车式链式输送机同样可以设计成积放式输送机。

3. 简单输送与柔性（节拍）输送

简单输送是指按一定速度沿一定方向进行的连续的直线输送。柔性输送则是简单输送的提高与发展，它包括下列几种方式：

(1) 积放式输送。积放式输送是指物料在输送过程中能在输送机上做短暂停留的输送，因而能控制物料在输送线路上积聚或释放。积放式输送有单一线路上的积放式输送与由主输送线和分支输送线组成的复杂线路的积放式输送两种。

(2) 节拍式输送。在由链式输送机组成的生产自动线上，均会设置一定数量的工位，自动生产线上的物品（机器、零件、容器等），均要按相应的工艺流程做间隙式的移动，这就要求链式输送机进行节拍式输送。

(3) 精确定位式输送。一些装配线和有相互协调动作的自动生产线，被输送的机件大都放在工装板上，为保证工装板精确地到达预定的位置，要求链式输送机进行精确定位式输送。



3.3 悬挂输送机

悬挂输送机是一种三维空间闭环连续输送系统，适用于车间内部和车间之间成件物品的自动化输送。在现代工业中，如机械制造、汽车制造、轧钢、炼铝、轻工、家电、化工、橡胶、建材、邮电、核辐射和肉类加工等行业中，悬挂输送机已得到了相当广泛的应用。

3.3.1 悬挂输送机的分类

目前世界上生产的悬挂输送机多达上百种，我国生产的悬挂输送机也有几十种。根据输送物件的方法，悬挂输送机可分为牵引式悬挂输送机和推式悬挂输送机两大类。

1. 牵引式悬挂输送机

牵引式悬挂输送机为单层轨道，牵引构件直接与承载吊具相连并牵引其运行。最为常见的牵引式悬挂输送机有以下两种形式：

(1) 通用悬挂输送机。通用悬挂输送机（或称普通悬挂输送机）采用工字钢轨道，其牵引构件由冲压易拆链或模锻易拆链和滑架组成，承载吊具与牵引链上的滑架直接相连。该输送机结构如图 3-20 所示。

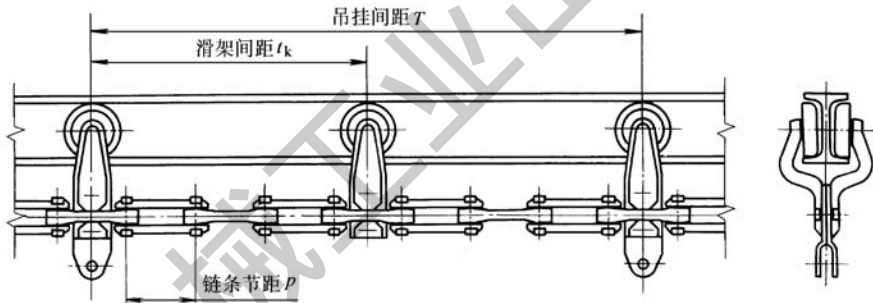


图 3-20 通用悬挂输送机结构

(2) 轻型悬挂输送机。轻型悬挂输送机(或称封闭轨悬挂输送机)采用封闭轨轨道,其牵引构件为双向均带有滚轮的双铰接链,承载吊具通过各种形式的吊杆与多铰接链连接。该输送机结构如图 3-21 所示。除以上两种牵引式悬挂输送机外,钢丝绳悬挂输送机(见图 3-22)由于结构简单、造价低廉,目前尚有厂家生产。

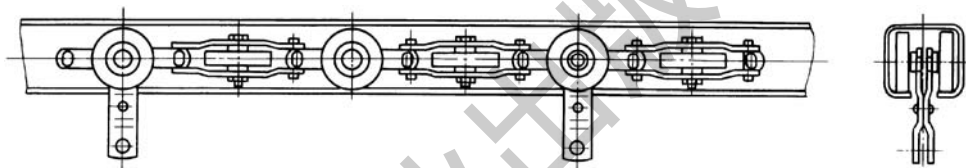


图 3-21 轻型悬挂输送机结构

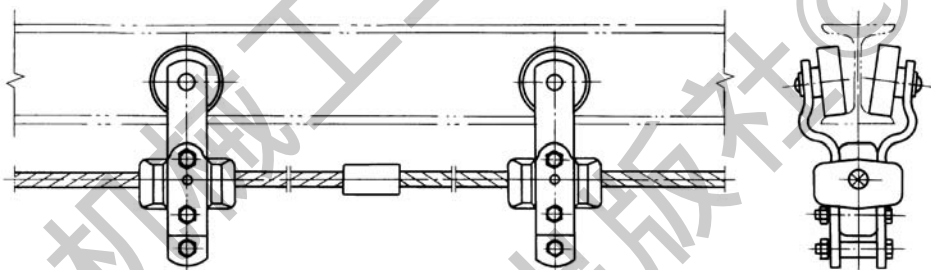


图 3-22 钢丝绳悬挂输送机结构

2. 推式悬挂输送机

推式悬挂输送机为双层轨道,上层牵引轨道上的牵引构件并不与下层承载轨道上携带承载吊具的承载小车相连,而是由牵引构件上的推杆或四轮推钩推动承载小车运行。

具有积放功能的推式悬挂输送机称为积放式悬挂输送机。积放式悬挂输送机采用工字钢和双槽钢轨道,其牵引构件由模锻易拆链、滑架和推杆组成,承载吊具与具有积放功能的承载小车铰接。该输送机结构如图 3-23 所示。

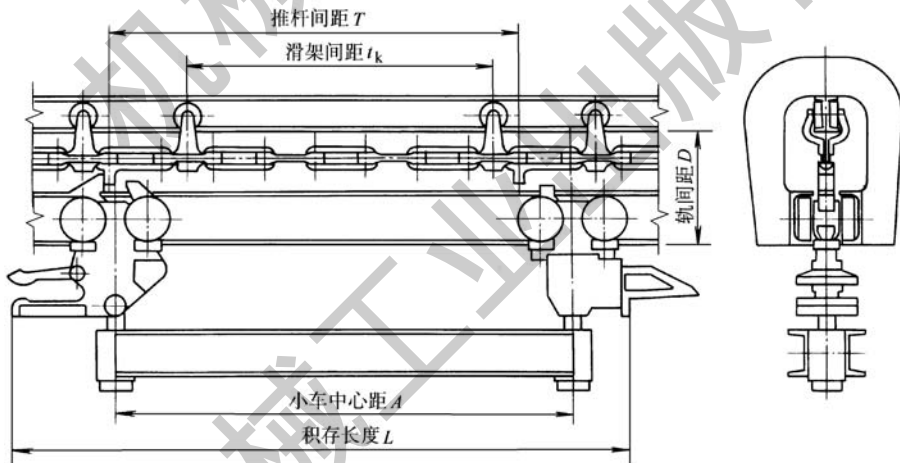


图 3-23 积放式悬挂输送机结构

积放式悬挂输送机具备以下显著优点：

(1) 承载小车可以在线路上的任何位置根据需要随时自动停止，并能按指令随时启动和投入运行，即承载小车可以随机地进行“积存”和“释放”。

(2) 当线路上有一辆小车停止时，后续来的小车将会依次自动停止，并逐一积存其后。

(3) 承载小车积存时为密集型停靠，大大缩短了输送线路的积存距离，提高了线路的有效利用率。

(4) 生产工位前均可设置小车储存段，使输送机系统生产具有弹性缓冲作用，并可预测生产中的问题，发现薄弱环节，自动地进行补偿和调整。

(5) 道岔传递采用科学的抬压轨方式或侧推方式，有效地避免了小车换轨时可能出现的侧向干涉和前后干涉。

(6) 承载小车运行速度快 ($0.3 \sim 18\text{m/min}$)，系统中运行的小车数量少，牵引力小，输送机动力消耗小。

(7) 采用先进的系统设计理论，没有主副线和主副推杆之分，可以很方便地实现区域性布线和快慢链传递。

(8) 电气控制采用抗工业干扰性强的 PLC 可编程序控制器，容量大、编程方便、控制可靠、寿命长、易扩展。

(9) 寄送系统采用磁编码或条形码，自动化程度高、带址数量大。

(10) 输送机系统不但可以连续输送，而且具有自动认址、自动寄送、转线、停止、定位、分拣、统计、积存、升降、装卸、推进、旋转等功能。

3.3.2 悬挂输送机的主要部件

1. 牵引链

牵引链是传递动力的重要构件。它要求组装后的节距误差小、易装拆和耐磨；具有良好的双向挠性，便于水平和垂直转向；应有多种技术规格供选择，以适应不同牵引力和不同使用场合的要求。

常用牵引链分为可拆链和双铰接链。前者用于通用悬挂输送机，后者用于封闭轨悬挂输送机。可拆链分模锻链和冲压链两种。由于模锻可拆链的制造精度和抗弯性能优于冲压链，故在复杂线路中常采用模锻链；反之，由于冲压链价格较便宜，故在复杂线路中常采用模锻链。双铰接链除了传递动力外，还能吊挂工件，并能在封闭轨内依赖走轮和导轮自动导向。

2. 小车

小车不仅要承受物件、吊具及牵引链条的重力，而且在垂直弯曲段处还要承受链条张力，并要保证链条按轨道的线路运行。

小车按承载能力及用途分为链支承小车、链负载小车及链重载小车三种（见图 3-24）。国内生产的小车均为无轮缘可分式结构，链支承小车不能吊挂物件。当两个链负载（或重载）小车之间的距离太大时，要在中间增设一个链支承小车，以改善物件在水平回转时的通过性。小车间距 T_c 一般不大于 $6 \sim 10$ 个链片节距。链负载小车用于直接吊挂物件，小车的间距由被输送的物件大小及在线路上的通过性来决定。当吊挂物件超过链负载小车单车允许的荷载时，应选用链重载小车。链重载小车通常是两个或四个合用，以承受物件的重力。但在两个重载小车之间要增加均衡梁。

在小车布置时，除考虑满足输送量外，还要考虑整个线路上荷载的均匀性，应把各类小车间隔开，轻、重物件间隔布置。

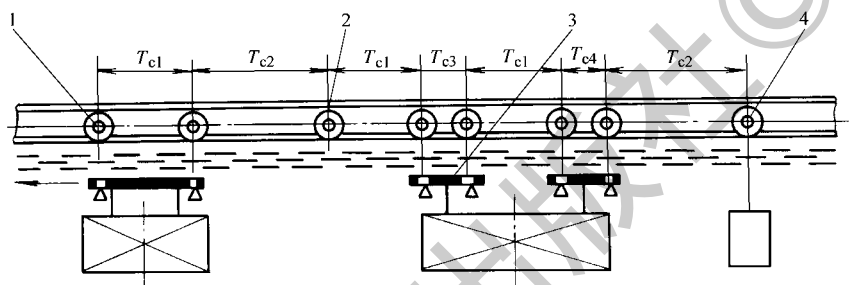


图 3-24 小车应用示例

1—链重载小车 2—链支承小车 3—均衡梁 4—链负载小车

小车的间距 T_c 必须是链条节距 p 的偶数倍, 即

$$T_c = ip$$

式中 i ——自然偶数 (2, 4, 6...);

p ——链条节距 (mm)。

3. 驱动装置

根据牵引链运动速度的特征, 一般驱动装置分恒速、无级变速和有级变速三种。无级变速常采用电磁调速电动机、直径可调的带轮或普通电动机加变频器来实现; 有级变速一般采用更换带轮的大小或多速电动机来实现。

按驱动装置的结构形式, 分为角驱动 (或称为链轮驱动) 及直线驱动 (或称为履带驱动) 两种 (见图 3-25a~e)。角驱动装置通常设置在水平 90° 转向处 (见图 3-25a); 个别情况

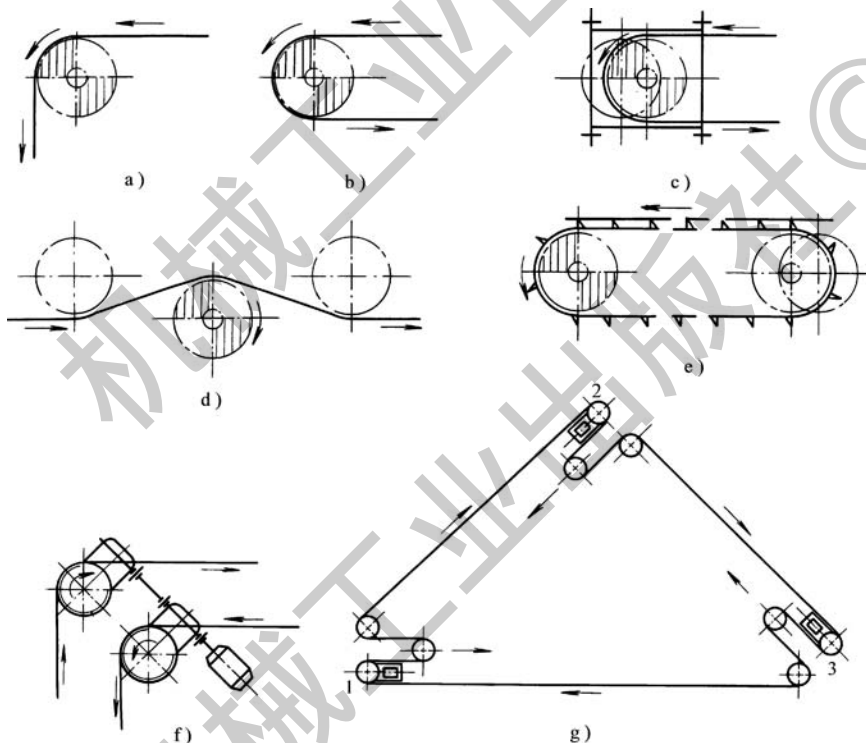


图 3-25 驱动装置分类

a) ~ d) 角驱动 e) 直线驱动 f)、g) 多机驱动

下,也可设置在水平 180° 转向处 (见图 3-25b、c)。直线驱动装置则设置在水平直线段处 (见图 3-25e)。对一条输送机,按其驱动装置的数量又可分为单机驱动 (见图 3-25a~e) 和多机驱动 (见图 3-25f、g)。

直线驱动与角驱动相比有下列优点:驱动链轮的直径小 (因此时的链轮大小不取决于被输送物件的通过性), 因此在同等的牵引力和速度时,其转矩值、传动比及各机构的尺寸都可减小,并且能安装在输送机的任一水平直线段上,提高了寿命,便于维修。其缺点是:结构比较复杂,由于要用辅助链轮和驱动链条而使造价稍高。

输送机链条的牵引力和张力的大小以及输送机工作的可靠性都取决于驱动装置在线路中布置的位置。若要得到最佳的牵引力和张力值,驱动装置一般应布置在线路上重载水平段的末端、重载段标高的最高段 (即张力最大处)。逐点进行张力计算时,不得出现负张力点,这对可拆链尤为重要。

4. 张紧装置

张紧装置的作用是保证链条有一定的张紧度,补偿链条因磨损、温度变化而引起的伸缩。对于线路长、线荷载大且升降频繁的输送机,在进行张力计算时,为了消除线路中的负张力,在特定点也可采用张紧装置。

张紧装置应设置在张力较小的线路上,一般设置在驱动装置绕出点的前方或在重载下坡段最低点 180° 水平转向处。一般情况在线路设计中,张紧装置与驱动装置配对使用,但在复杂线路中也有张紧装置数量多于驱动装置数量的情况,其中要有一个张紧装置用来消除线路中出现的负张力。

张紧装置按其张紧机构可分为螺杆式、弹簧—螺杆式、重锤式 (杠杆或滑轮组) 及气动—液压式。张紧行程一般为 $250 \sim 750\text{mm}$, 行程值的选择一般根据输送机工作的环境、温度等情况决定,工作环境温度变化大的场合应选大值。

5. 回转装置

在通用悬挂输送机中,回转装置是使输送链做水平转向的部件,分光轮回转装置和滚子组回转装置两种 (见图 3-26)。光轮回转装置结构简单,对链条的磨损小、阻力小,广泛使用在 $90^\circ \sim 180^\circ$ 转向的场合。但由于回转轮的直径有限,因此在需要大回转半径的场合则必须采用滚子组回转装置。另外,在小角度回转时,采用滚子组回转装置比较经济、紧凑。选择回转装置的大小时,应复核吊具和工件的通过性,且全线的回转装置规格应尽可能统一。

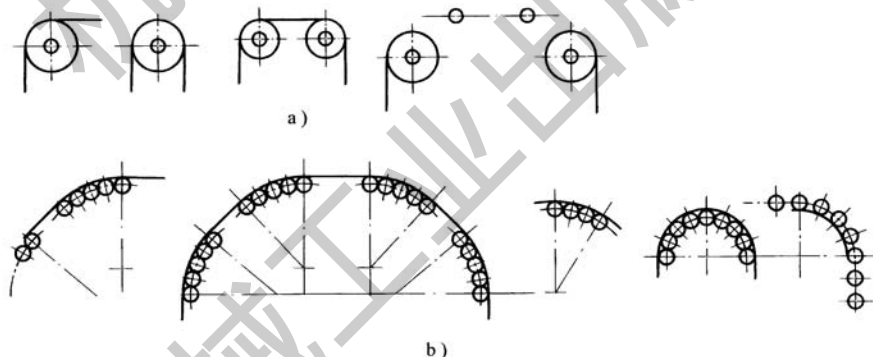


图 3-26 回转装置示例

a) 光轮回转装置 b) 滚子组回转装置

6. 轨道

轨道是牵引链的导向构件,也是工件的承载构件,它是一个封闭的空间回路。通用型输送机常采用工字钢轨道,封闭轨型输送机则采用异形封闭型钢轨道,材料为16Mn或普通碳素钢。

轨道由直轨、水平转向轨、上拱和下挠弯轨、伸缩接头等部分组成。

7. 安全装置

在上下坡段,为了防止因链条突然断裂而产生严重事故,应装设捕捉器,将速滑的小车挡住,并通过行程开关将电源切断。捕捉器的结构形式很多,其原理基本相同。上坡捕捉器一般为只允许单向运行的卡式结构;下坡捕捉器均采用惯性触发结构,只有在断链时,小车下滑的惯性力才大到足够使触发机构动作,在抓住下滑小车的同时切断电源。

当输送机架空通过人行道或生产区上方时,必须设置安全网。

8. 升降段

升降段用于承载小车在输送机线路上固定位置的垂直上升和下降。

(1) 升降段的分类。根据升降段的用途可以将其分为三大类(见图3-27)。

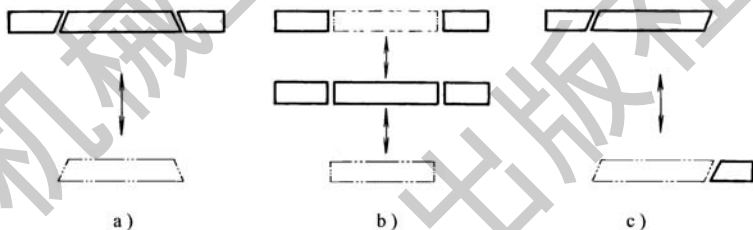


图 3-27 升降段的种类

a) 单层升降段 b) 双层升降段 c) 移载升降段

1) 单层升降段用于装卸工位或只有单向升降要求的操作工位。单层升降段应用最为广泛,通常所说的“升降段”主要是指单层升降段。

2) 双层升降段用于装卸工位或同时具备双向升降要求的特殊操作工位。双层升降段通常又称为“三位升降段”。

3) 移载升降段用于不同标高线路之间输送物件的垂直转移。

(2) 升降段的结构形式

1) 机械传动升降段。图3-28所示为一种常用的双柱式机械传动单层升降段,主要由立柱、升降支架、升降轨、提升链、驱动装置、传动轴、配重及限位装置等组成。升降行程 S 一般不超过15m,升降支架悬臂长度 A 一般不超过2.5m,双柱中心距 B 一般不超过4m。当输送物件尺寸较大时,应采用三柱式机械传动升降段;当输送物件较重时,可采用四柱开式机械传动升降段。

图3-29所示为一种新型的双柱式机械传动单层升降段,驱动装置由上置式改为下置式,增加了升降段整体结构的稳定性。

2) 气动升降段。气动升降段的最大可提升载荷为1500kg,气源压力为0.4~0.6MPa,气路通径为10~15mm,最大升降行程为2500mm。常用的空中悬吊式气动升降段主要由固定架、移动架、升降轨、提升气缸和气路控制单元等组成。

各种升降段均为非标部件,其结构参数在线路设计时确定。升降段现场安装时均应与厂房屋架相连接,以保证足够的刚度及稳定性。

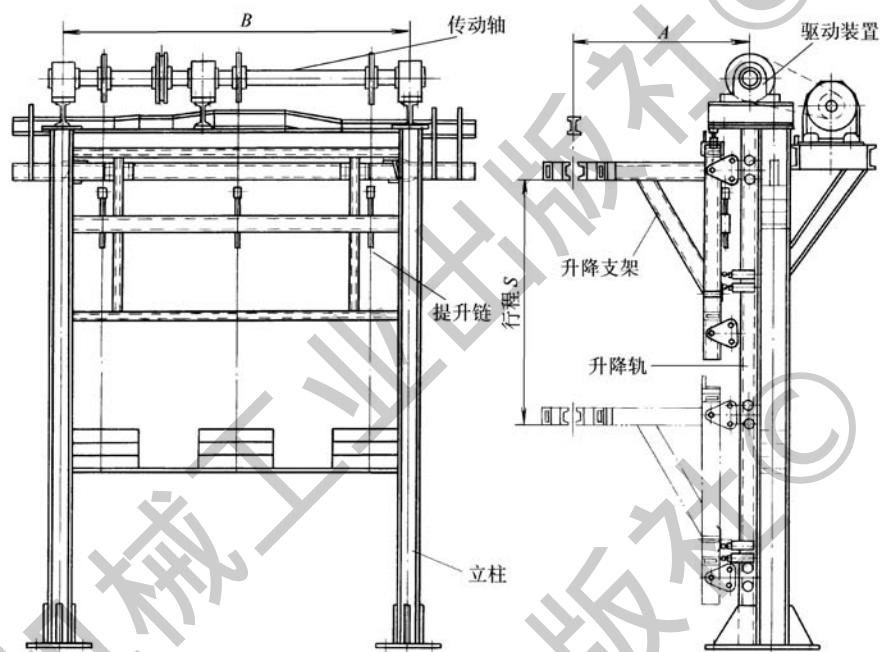


图 3-28 机械传动升降段 (一)

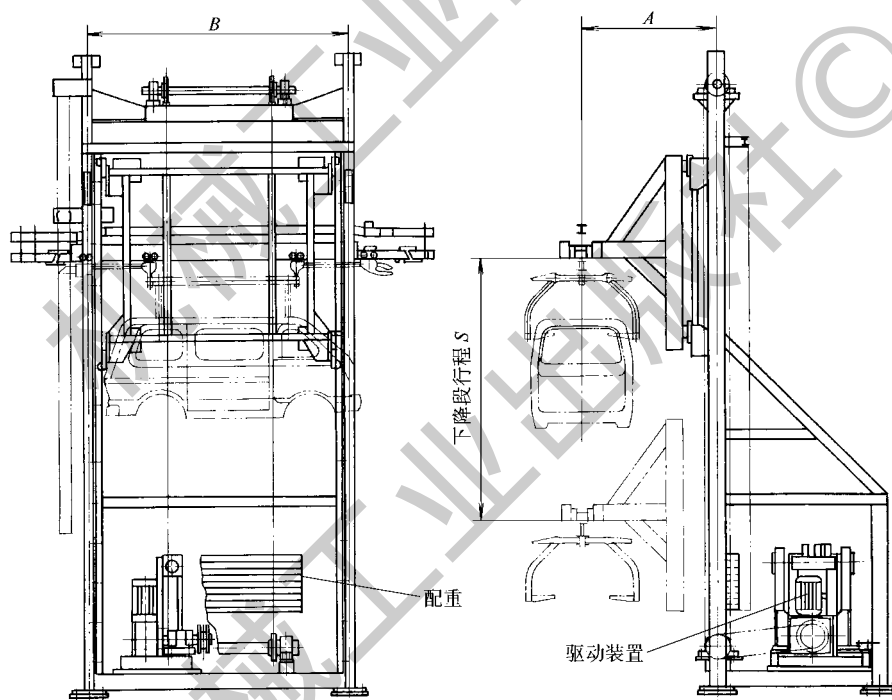


图 3-29 机械传动升降段 (二)

3.3.3 积放式悬挂输送机的积放功能

1. 承载小车的积存

通用积放式悬挂输送机牵引链运行时，牵引链推杆与前小车的升降爪啮合，推动承载小车沿承载轨道运行。

当某一辆承载小车运行到停止器处时，常闭式停止器的停止板将升降爪压下，使承载小车脱离与牵引链推杆的啮合而停止。当后面的第二辆承载小车到来时，其前小车上的前铲沿着前面承载小车的尾板斜面被逐渐抬起，并借助杠杆的作用迫使第二辆承载小车的升降爪落下，第二辆承载小车脱离与牵引链推杆的啮合而随之停止。就这样，后续来的承载小车便一辆接一辆地积存起来（见图 3-30）。

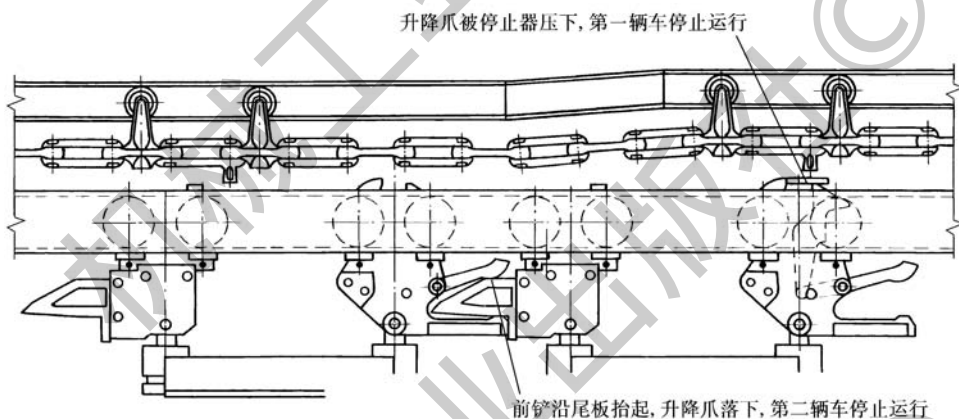


图 3-30 承载小车的积存

2. 承载小车的释放

当停止器按指令打开时，停止板缩回，前小车上的升降爪由于前铲的重力杠杆作用而抬起，牵引链推杆与升降爪啮合，将第一辆承载小车带走。由于前面的承载小车尾板离去，后面第二辆承载小车的前铲落下，升降爪抬起并与牵引链推杆啮合，第二辆承载小车随之被带走。就这样，处于积存状态的承载小车便一辆接一辆地被释放而重新进入运行状态（见图 3-31）。

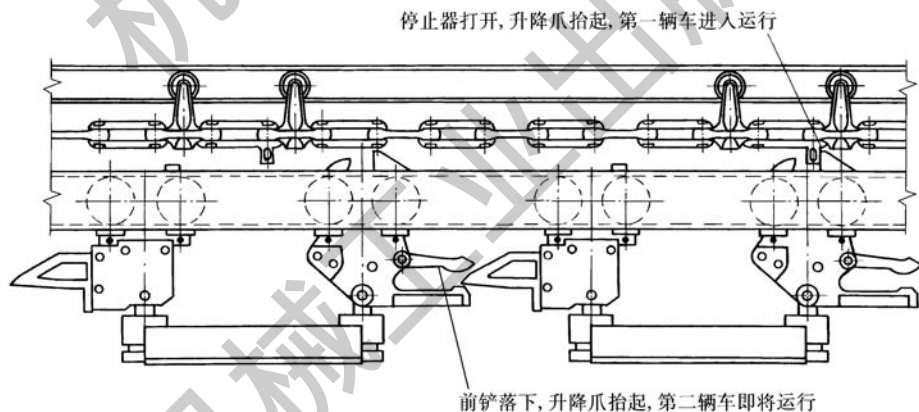


图 3-31 承载小车的释放

3. 承载小车的传递

通用积放式悬挂输送机牵引链之间承载小车的传递方法有以下三种形式：

(1) 后推压轨传递（见图 3-32）。在传递区内送车段的牵引轨道比正常牵引轨道相应降低了一个距离，称之为“压轨段”；接车段的牵引轨道比正常的牵引轨道相应抬高了一个距离，称之为“抬轨段”。

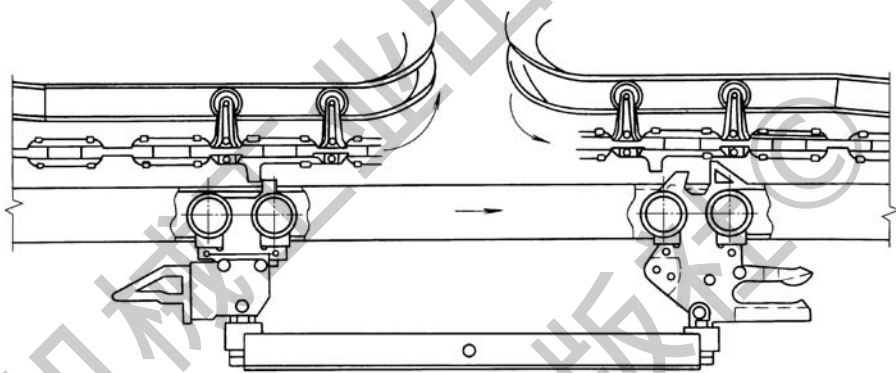


图 3-32 后推压轨传递

当送车段牵引链推杆在牵引链绕出处与前小车上的升降爪脱离啮合时，后小车上的后推爪已经处在压轨段的啮合区内，牵引链上后续而来的第二个推杆与后推爪啮合，推动后小车继续前进，使前小车越过两条牵引链之间的空档。

当送车段牵引链的第二个推杆与后小车上的后推爪再次脱离啮合时，前小车的升降爪已经处在接车段的啮合区内，这样接车段运行而来的牵引链推杆将会立即把承载小车带走，完成传递过程。

(2) 转辙器传递（见图 3-33）。转辙器由一个链轮和若干个桨臂组成，链轮布置在牵引链的绕出处，被送车段的牵引链所带动。随着链轮的转动，桨臂把承载小车推过两条牵引链之间的空档，完成传递过程。

采用转辙器传递时，传递区内无压轨段和抬轨段，因此承载小车可以在传递区内积存。

(3) 推车机传递（见图 3-34）。推车机有机械传动式推车机和气动推车机两种结构形式，二者功能相当（前者用于大行程），都是利用移动架上的推爪推动承载小车越过两牵引链之间的空档，完成传递过程。

转辙器传递和推车机传递用于有特殊工艺要求的场合。

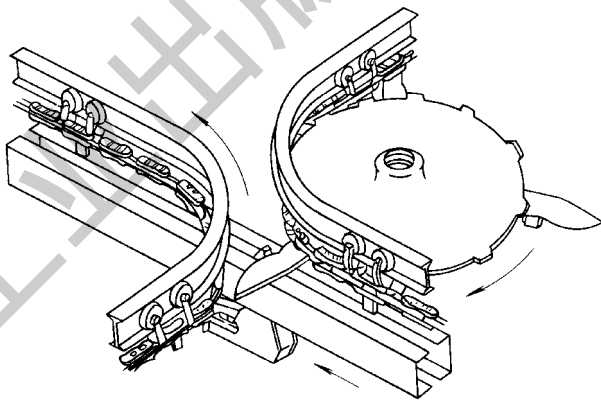


图 3-33 转辙器传递

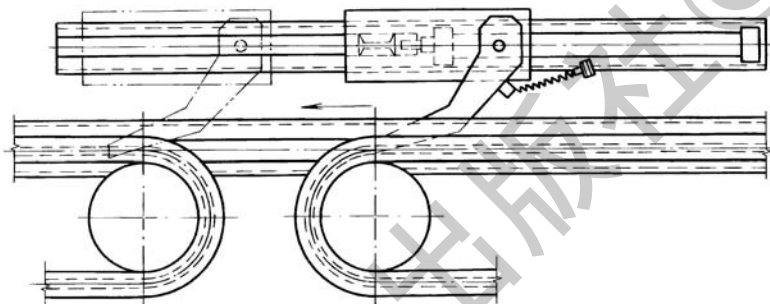


图 3-34 推车机传递

3.4 积放式悬挂输送机物流流量及生产率计算

3.4.1 帕克原理

停止器在输送机系统中像一个节流器，调节着线路中的车流，在总体上起着稳定物流的作用。也正是由于停止器的这种调节作用，在较长的储存区段，线路中移动着的承载小车就一组接一组地像波浪一样向前运行，形成积放小车一疏一密、一段走一段停的现象。积放式悬挂输送机线路中车流的这种现象称为“帕克现象”，运用这种观点来分析研究承载小车在输送机系统中运行规律的理论称为“帕克原理”。

为了清楚地说明帕克现象，我们来观察某一较长的积存区段停止器发车时车流的移动情况（见图 3-35）。

当图示停止器打开时，牵引链推杆推动第一辆承载小车进入运行，此后牵引链条每走过一个拾车距离（ $nT - L$ ）就推动一辆承载小车进入运行。当第一辆承载小车走完一个小车积放长度 L 时，第二辆承载小车刚好运行到停止器处并停止下来。此时共有 N 辆小车处于运行状态，且有

$$N = \frac{L}{nT - L}$$

式中 $(nT - L)$ ——拾车距离，即两台相邻车之间净空（mm）；

n ——使 nT 大于 L 的最小自然数；

T ——推杆间距（mm）；

L ——小车积放长度（mm）；

nT ——两台相邻车的中心距（或首首距）；

N ——一个积放波中处于运行状态的小车数。

就这样，一辆小车离去，后续来的承载小车一辆接一辆地进入运行状态，就像波浪一样迅速地向后传播；由于停止器打开后立即关闭，后续来的承载小车又一辆接一辆地停止下来，而运行着的承载小车数量 N 始终保持不变。

当停止器按生产节拍再次打开时，将会又有一个“波浪”向后传播，就这样，移动着的承载小车便一组接一组地按生产节拍向后传播着。宏观看来，承载小车的运行是一疏一密、一组走一组停，这就是所谓“帕克现象”。当积存线路较长时，承载小车的这种“蠕波”现象十分明显。

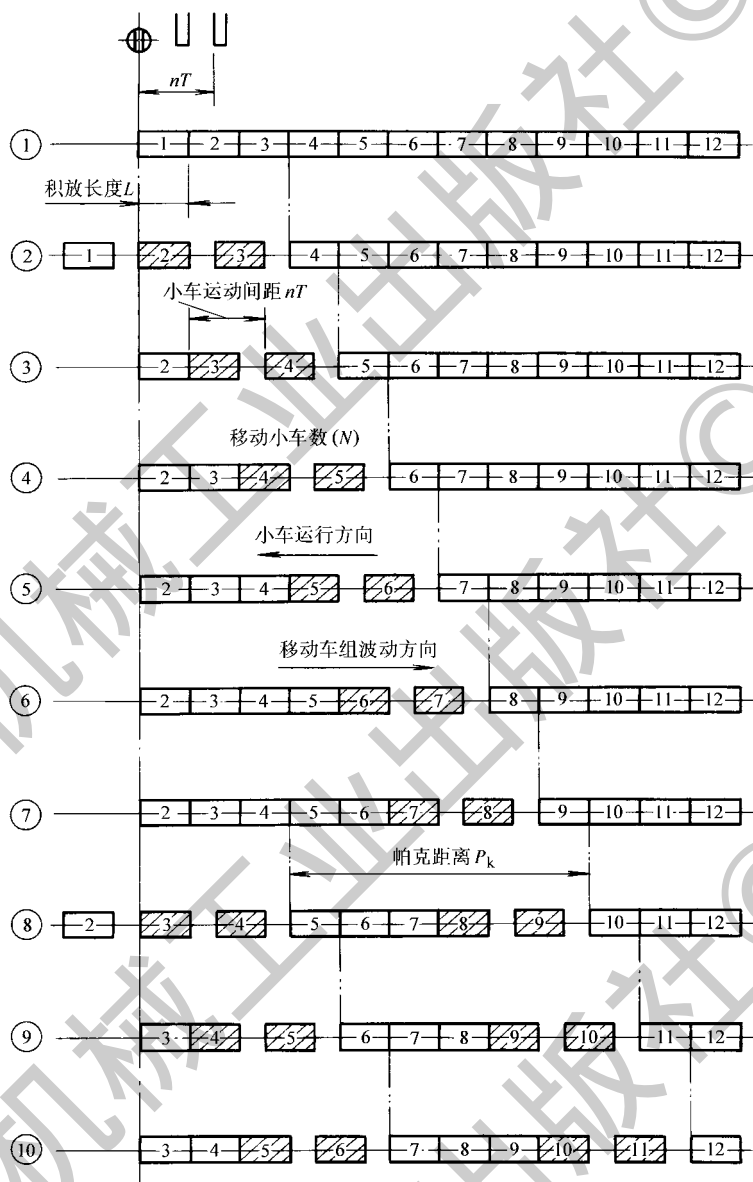


图 3-35 帕克原理

在一个生产节拍内，移动小车组向后传播的距离（蠕波的波长）称为“帕克距离”，并用字母 P_k 表示。如上所述，每当牵引链条走过一个拾车距离 $nT - L$ 时就有一辆小车投入运行，移动小车组向后传播的距离是一个小车积放长度 L ；当牵引链条走过一个生产节拍的距离 vM 时，移动小车组向后传播的距离为帕克距离 P_k 。因为牵引链条走过 P_k 距离的时间为 P_k/v ， M 相当于每台小车在一个生产节拍内的运行时间，所以 P_k/vM 为帕克距离内每组的移动小车数。根据比例关系则有

$$\frac{nT - L}{L} = \frac{vM}{P_k}$$

所以，积放式悬挂输送机系统中移动小车组之间的帕克距离（PUCKER）为

$$P_k = \frac{L}{nT - L} vM = NvM$$

$$N = \frac{L}{nT - L}$$

式中 N ——帕克距离内每组的移动小车数；

vM ——一个生产节拍内承载小车的折算平均运行距离，或简称为“平均车距”。

综上所述，帕克原理可以归纳为以下几点：

- (1) 积放式悬挂输送机系统中承载小车是成组运行的。
- (2) 每组运行中的承载小车数为一定值，且等于承载小车积放长度与拾车距离之比。
- (3) 各个移动小车组之间的距离为一定值，且等于移动小车组中的承载小车数与平均车距的乘积。

帕克原理是分析计算积放式悬挂输送机系统中承载小车动态积存的基本理论。

3.4.2 动态积存

由于停止器的调节作用，承载小车在积存区段内呈蠕动波浪式运行状态，所以积放式悬挂输送机系统中承载小车的积存为动态积存。

可以导出如下两条结论：

- (1) 在线路积存段长度给定的条件下，动态积存的小车数要比静态积存的小车数在每一个帕克距离内少一辆承载小车。即

$$\Delta K = K_1 - K_2 = \frac{P_k}{L} - \frac{P_k}{G_d L} = 1$$

式中 K_1 ——每一个帕克距离内静态积存的小车数；

K_2 ——每一个帕克距离内动态积存的小车数；

ΔK ——每一个帕克距离内静态和动态存车数之差。

- (2) 在积存小车数给定的条件下，动态积存所需要的线路积存段长度要比静态积存所需要的积存段长度在每一个帕克距离内多一个小车积放长度 L 。即

$$\Delta L = (L_d - L)K_2 = (G_d L - L) \frac{P_k}{G_d L} = L$$

式中 L ——每一辆小车的静态积存长度，即小车积放长度；

L_d ——每一辆小车的动态积存长度；

K_2 ——每一个帕克距离内动态积存小车数；

ΔL ——每一个帕克距离内动态积存和静态积存时线路积存段的长度差。

3.4.3 快慢链传递

1. 快慢链传递的作用

输送机系统各个不同的区域有着不同的工艺要求，有些区域需要承载小车快速运行 ($v_1 = 15 \sim 18 \text{ m/min}$)，有些区域需要承载小车慢速运行 ($v_2 = 0.8 \sim 2.5 \text{ m/min}$)。在这种需要承载小车快慢速运行的输送机系统中，不同运行速度的牵引链分区域布置，各条牵引链之间必然存在着快慢链传递问题。

较常见的快慢链传递系统中慢速链为强制性生产节拍，慢速链上的承载小车采用连续运

行方式。慢速链运行区域不设停止器，牵引链推杆远距离等间距布置，每一个牵引链推杆带动一辆承载小车。换言之，慢速链上承载小车的运动间距等于牵引链的推杆间距，带车的牵引链之间不设空余的推杆。

快慢链传递系统的快速链为柔性生产节拍，快速链区域设置停止器。快速链推杆以较小间距布置，承载小车根据 PLC 的指令以间歇方式运行。

2. 快慢链传递的过程

当承载小车按一定的生产节拍由快速链向慢速链传递时，由于快速链上带车的推杆之间设置有空余的推杆，快速链的送车段采用压轨后推传递方式，即可使承载小车顺利地跨越快慢链之间的传递空档。

快速链上停止器的发车节拍可以根据慢速链上的信号控制（检测推杆），也可根据慢速链的运行速度进行时间控制。

快速链向慢速链的传递过程如图 3-36 所示。

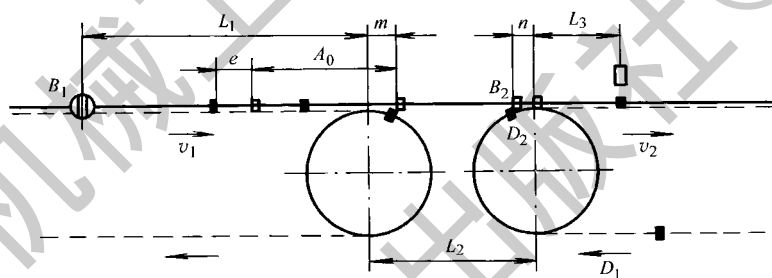


图 3-36 快慢链传递过程

当光电开关或电子接近开关检测到慢速链上带车的推杆通过时，发信号给 PLC 电控系统，根据 PLC 的指令，快速链上的停止器打开，承载小车的升降爪抬起，随机通过的牵引链推杆将承载小车带走（此时有可能损失一个推杆间距 T_1 ），进入快慢链传递区域。当牵引链推杆绕出快速链的水平回转段切点后，承载小车将停放在水平回转段的切点附近，但此时承载小车的后小车已进入到快速链的压轨区，后续来的牵引链推杆将推着后小车的后推爪继续运行（此时损失一个后续推杆到后推爪的距离 e ），顺利跨越快慢链之间的传递空档。当后续推杆绕出快速链的水平回转段的切点时，承载小车的组的前小车已进入到慢速链的接车抬轨区内，停止并等待慢速链推杆的到来。当慢速链推杆带着承载小车的组的前小车运行并通过光电开关检测点时，即进入第二个传递循环过程。

3. 快慢链传递过程的工作研究

采用工业工程的工作研究方法，对快慢链传递过程进行作业和动作分析（按双机联合作业），可得：

(1) 快速链

- 1) 发出指令，停止器打开。
- 2) 前推等待推杆（最大距离 T ）。
- 3) 前推快速运行（距离： $L_1 + m$ ）。
- 4) 后推等待推杆，等待距离为 e （ $e = nT - A$ ）。
- 5) 后推快速运行至小车脱离快速链（距离为 $L_2 - m - n$ ）。

(2) 慢速链

1) 传递接车等待慢速链推杆, 等待距离为 $T_2 - L_3 - n$ 。

2) 慢速运行开始, 快慢链传递完成。

4. 时间分析

快慢链传递过程时间 = 单机各动作时间之和 + 宽放时间。联合作业时, 需考虑时间匹配。

快速链各动作时间之和: $t_1 = (T + L_1 + m + e + L_2 - m - n + \Delta) / v_1$ (式中 Δ 为宽放距离)。

慢速链各动作时间之和: $t_2 = (T_2 - L_3 - n) / v_2$ 。

为了保证快慢链之间的可靠传递, 必须保证快速链上的停止器打开后, 前小车自图示 B_1 点到 B_2 点的运行时间小于慢速链推杆自图示 D_1 点到 D_2 点的运行时间。停止器的设置应满足如下条件

$$L_1 \leq \frac{v_1}{v_2} (T_2 - L_3 - n) - (T_1 + L_2 + e - n) - \Delta$$

式中 L_1 ——停止器的位置尺寸 (mm);

v_1 ——快速链的运行速度 (m/min);

v_2 ——慢速链的运行速度 (m/min);

T_1 ——快速链推杆间距 (mm);

T_2 ——慢速链推杆间距 (mm);

L_2 ——快慢链传递中心距 (mm);

L_3 ——光电检测点位置尺寸 (mm);

n ——慢速链推杆进入啮合的距离 (mm);

e ——快速链推杆到小车后推爪的距离 (mm);

Δ ——快慢链传递余量 (mm), $\Delta \approx 300 \sim 500 \text{mm}$ 。

当承载小车由慢速链向快速链传递时, 由于慢速链上是一个推杆带动一个承载小车, 带车的推杆之间没有空余的推杆, 所以, 当慢速链的牵引链推杆绕出水平回转段的切点后, 承载小车将停放在水平回转段切点附近, 后续来的带车的牵引链推杆也无法将前一辆承载小车送过传递空档, 此时必须借助于推车机或转辙器 (转辙器只用于快慢链传递系统中推车机不宜布置的场合)。

3.4.4 输送机系统生产率计算

积放式悬挂输送机系统中, 承载小车的流动在某一局部区域内或在某一段时间间隔内可能是不规则的, 但就总体而言, 它是按照固定的输送频率有规律地流动着的。任一输送机系统的输送能力都有一定的限度, 如果给定的生产率在输送机的输送能力限度 (输送频率) 内, 输送机系统就能满足生产率的要求。输送机系统生产率的计算是指整个输送机线路中输送频率受限制的那些点或区段输送能力的计算。

1. 分支道岔生产率计算

如图 3-37 所示的分支道岔的 B 点设置一个停止器, C 点和 D 点各设置一个

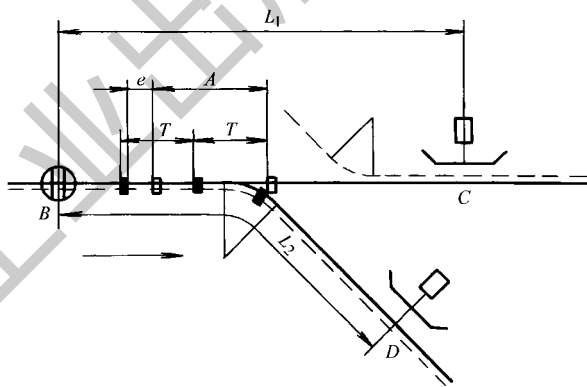


图 3-37 分支道岔生产率计算

清除开关。为保证道岔传递的可靠性，道岔上只允许一辆承载小车运行，从 B 点停止器发出的承载小车只有在通过 C 点或 D 点时， B 点停止器才可以再次发车。

(1) 承载小车从 B 点到 C 点时，牵引链有可能走过的最大距离应包括以下内容：

1) B 点停止器打开时，牵引链推杆可能刚好过去，需要再等待一个推杆才能带走承载小车，即牵引链的运行可能损失一个推杆间距 T 。

2) 承载小车从 B 点到 C 点，送车段牵引链有一次后推传递过程，更换推杆时牵引链的运行距离为 $e = nT - A$ （见图 3-37， n 为使 nT 大于 A 的最小自然数， A 为小车中心距）。

3) 传递后接车段牵引链又有可能损失一个推杆间距 T 。

4) 从 B 点到 C 点，承载小车走过的路程为 $L_1 + A$ （通常发号杆设置在后小车上）。

所以，承载小车从 B 点到 C 点时牵引链有可能走过的最大距离为

$$L_{1,\max} = T + (nT - A) + T + (L_1 + A) = L_1 + (n + 2)T$$

(2) 承载小车从 B 点到 D 点时牵引链有可能走过的最大距离应包括以下内容：

1) B 点停止器打开时，牵引链可能损失一个推杆间距 T 。

2) 从 B 点到 D 点承载小车走过的路程为 $L_2 + A$ 。

所以，承载小车从 B 点到 D 点时牵引链有可能走过的最大距离为

$$L_{2,\max} = L_2 + T + A$$

(3) 承载小车从 B 点到 C 点和从 B 点到 D 点的时间分别为

$$t_1 = \frac{L_{1,\max}}{v}$$

$$t_2 = \frac{L_{2,\max}}{v}$$

式中 v ——牵引链的运行速度（m/min）。

(4) 分支道岔满足生产率要求的关系式为

$$t_1 \frac{J_1}{J} + t_2 \frac{J_2}{J} \leq M$$

式中 J —— B 点的输送频率（件/min）；

J_1 —— C 点的输送频率（件/min）；

J_2 —— D 点的输送频率（件/min）；

M —— B 点的生产节拍（min）， $M = \frac{1}{J}$ 。

将 $M = \frac{1}{J}$ 和 t_1 、 t_2 值代入上式，可得分支道岔系统

生产率校核公式

$$L_{1,\min} J_1 + L_{2,\max} J_2 \leq v$$

2. 合流道岔生产率计算

如图 3-38 所示的合流道岔的 B 点和 C 点各设一个停止器， D 点设置一个清除开关。从 B 点停止器发出的承载小车只有在通过 D 点的清除开关时， C 点或 B 点的停止器才可以再次发车；同理，从 C 点停止器发出的承载小车也必须通过 D 点后， B 点或 C 点的停止器才可以再次发车。

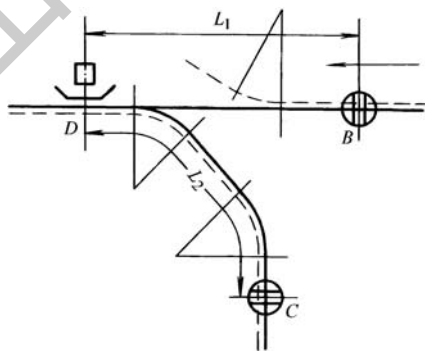


图 3-38 合流道岔生产率计算

不难导得:

(1) 承载小车从 B 点到 D 点时牵引链有可能运行的最大距离为

$$L_{1,\max} = L_1 + (n+2)T$$

(2) 承载小车从 C 点到 D 点时牵引链有可能运行的最大距离为

$$L_{2,\max} = L_2 + T + A$$

(3) 合流道岔系统生产率校核公式为

$$L_{1,\min}J_1 + L_{2,\max}J_2 \leq v$$

3. 升降段生产率计算

图 3-39 所示为一个装载工位升降段, 从升降段前面 B 点停止器发出的承载小车经过一次牵引链的后推传递到达 C 点停止器, 延时后升降轨下降, 下降到位, 进行装载, 装载完毕, 升降轨上升, 上升到位, C 点停止器打开, 承载小车离开升降段。当承载小车运行到 D 点的清除开关时, B 点停止器才能再次打开, 允许第二辆承载小车进入升降段。

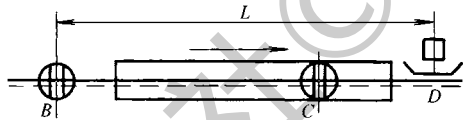


图 3-39 装载工位升降段

承载小车从 B 点到 D 点时, 牵引链有可能走过的最大距离应包括以下内容:

(1) B 点停止器打开时, 送车的牵引链有可能损失一个推杆间距 T 。

(2) 承载小车从 B 点到 C 点牵引链有一次后推传递过程, 更换推杆时牵引链的损失距离为 $nT - A$ (n 为使 $nT > A$ 的最小自然数, A 为小车中心距)。

(3) 传递后接车的牵引链又可能损失一个推杆间距 T 。

(4) C 点停止器打开时, 又可能损失一个推杆间距 T 。

(5) 从 B 点到 D 点时承载小车走过的路程为 $L + A$ 。

所以, 承载小车从 B 点到 D 点时牵引链可能走过的最大距离为

$$L_{\max} = T + (nT - A) + 2T + (L + A) = L + (n+3)T$$

满足生产率的条件为

$$L_{\max}/v + \Delta t + \sum t \leq M$$

或

$$L_{\max} + v(\Delta t + \sum t) \leq vJ$$

式中 v ——牵引链的运行速度 (m/min);

M ——生产节拍 (min), $M = \frac{1}{J}$;

J ——线路生产率 [件/(min)];

Δt ——升降轨下降前的延时时间 (min);

$\sum t$ ——升降轨升降及工位操作时间 (min)。

积放式悬挂输送机系统中还有很多限制输送频率的地方, 但生产率计算的方法大致相同。当达不到系统生产率要求时, 可以通过提高牵引链运行速度、合理安排停止器的位置和采用密集型推杆等方法来提高线路的输送频率。

3.4.5 输送机系统承载小车数量

输送机系统的承载小车数只要在满足生产率条件下的最少小车数和最多小车数之间, 就

能正常工作。但是满足这一条件的承载小车数范围很大，特别是在较低生产率的条件下，由于选取的承载小车数量不同，输送机系统的工作性能及生产调节能力将会存在着很大的差异。同时，不同的承载小车数对整个输送机系统的工程造价也有显著的影响。

积放式悬挂输送机系统中除了前述小车积存段外，还有很多不同的工艺操作段，如喷涂、烘干、冷却、装配等。在这些工艺操作区段内，运载物是按照一定的间距运行的，其承载小车数量等于工艺段长度与运载物的运动间距之比，而且工艺操作段内的承载小车数是固定的。

在选取输送机系统承载小车数量时，必须认真地详尽研究用户提供的信息资料，根据生产率要求、弹性储备系数、系统存储量、生产调节系数以及实际生产中空车和重车的比例变化等进行综合对比分析，以确定输送机系统最佳的承载小车数。



3.5 电动单轨车

3.5.1 概述

电动单轨车视频，请扫描二维码观看“3.5 空中单轨车”。

1. 国内外发展情况

电轨小车是一种外形类似于电动葫芦和积放式悬挂输送机、在功能上介于两者之间的一种新型的全自动物料储运系统。



3.5 空中单轨车

20 世纪 90 年代初，我国汽车行业开始引进国外先进技术，在汽车发动机输送、涂装线上都广泛应用了电轨小车，因其具有机动性、可靠性、安装简便性、技术先进性等特点，因此在国内得到了较快的发展。

电轨小车系统由电动自行车、轨道和滑线构成，较复杂的系统还可以有道岔或升降机。电动自行车在外形上类似于电动葫芦，但是它的运行和升降都是通过集电装置和安装在轨道上的滑线，完全由预先设定的自动控制系统操纵。轨道的形式多种多样，既有类似于电动葫芦轨道的特制工字钢，也有类似于积放式悬挂输送机轨道的双槽钢。近年来，国内也研制出专用的压制铝合金成形轨道，使结构更趋于轻巧。在生产线上方行驶的电轨小车如图 3-40 和图 3-41 所示。



图 3-40 在生产线上方行驶的电轨小车



图 3-41 生产线上的电轨小车

2. 功能特点

(1) 分散驱动。动力由集中驱动变为每个输送单元（小车）的分别驱动。

(2) 动作控制。控制系统可以对每个物料输送单元进行适时控制。运料小车可以根据需要在工位进行升降、行走、摇摆等各种动作。

(3) 立体输送。可以实现全空间位移、水平位移,也可以实现在不同高度的位移输送。

(4) 立体网络。物料线路由轨道、平移道岔、转盘、升降机组组合,可以形成一个物料输送的立体交叉网络。

(5) 也可地面安装,作为地面生产线的电动自行车使用。

(6) 积木式组装。自行车的轨道、道岔等功能系统是成熟部件,控制方法也是成熟方法,可以任意组合,减少了设计、加工、安装工作量,并且投产周期短。

(7) 多种控制方式。可采用集中控制、分散控制或集散控制方式,载物车按设定程序工作,设定工位地址停车、定点工作、固定寻址。适用于涂装线、装配线、电镀线。

(8) 随机物料供应系统工位要车随机提出申请,小车随机编写要车工位特征地址,直达到要车工位,供货后返回。载物车具有随机认址、随机写址功能,工位要车可以手动申请或总控室自动监控各工位物料库存情况,自动申请要车,并可与管理计算机联网。适用于烟草、内燃机部件、产品仓储输送线。

(9) 分拣系统载物车根据承载货物的不同种类携带特征地址码,地面设立读址站,确定小车的运送方向和地点。适用于邮电分拣线、内燃机检测线、质量检测线、纺织系统的输送线。

3.5.2 XDJ 电动小车

系统由轨道、前小车、后小车、荷载梁、驱动装置、小车电控箱、集电装置及滑触线等组成,XDJ I 型电动小车如图 3-42 所示。这种结构形式的电动小车的主要特点是利用了标准的积放输送机的部件,小车的支承轨道与 4in 和 6in 积放式悬挂输送机通用。该系统既具有积放机的自动控制特性,又具有电轨小车自行的优点,可实现集中控制,使系统具有岔道转换、积存和释放小车的功能,其主要性能参数如表 3-3 所示。

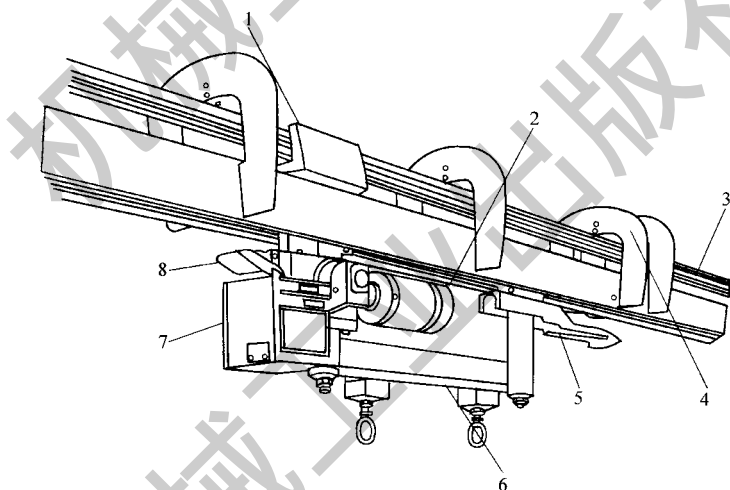


图 3-42 XDJ I 型电动小车

1—集电装置 2—驱动装置 3—滑触线 4—轨道 5—后小车 6—荷载梁 7—小车电控箱 8—前小车

表 3-3 XDJ I 型电动小车的主要性能参数

型 号			XDJ I 型				
轨 道	截面形状		[] 槽钢				
	直轨标准长度/mm		6 000				
	弯轨	半径 R /mm	600、600、1 200、1 500、2 000				
		角度/(°)	30、45、60、90、135、150、180				
	道岔	半径 R /mm	600				
		角度/(°)	45				
运行速度 /(m/min)	常用 v		10 ~ 30				
	最大 $v_{\max}$		60				
使用电源			380V 三相交流电或低压电动机、直流电动机、干电池等				
行走电动机功率/kW			0.2	0.3	0.37	0.4	0.5
环链 葫芦	起升质量/kg		125	250	500	1 000	2 000
	起升功率/kW		0.3	0.5	1.0	1.5	2.2
	起升速度/(m/min)		2、4、8	2、4、8	2、4、8	2、4、8	2、4
	起升高度/m		3、4、6	3、4、6、8	3、4、6、8	3、4、6、8	3、4

1. 行走小车

行走小车由前小车、后小车、驱动装置和荷载梁组成。前小车和驱动装置连接。动力通过离合器和链条传给行走轮。驱动装置的电动机功率为 0.2~0.5kW。电动机和减速器可以多样配置，具有两种速度及制动功能，容易实现低速、高速运行及准确的定位。前小车和后小车是支承荷载的部件，它们之间用荷载梁连接，根据系统需要可以有各种不同的结构形式和尺寸。前小车上装有前铲，与后小车上的尾板碰撞，可使小车积存。前小车在槽钢轨道的上下翼缘处均设有导向轮，因此小车运行平稳，转弯时稳定性好。在驱动装置的减速器输出轴与前小车的连接处装有离合器，在调试时或当出故障时可摘除离合器，电动机减速，减速器输出轴和前小车脱离，整个自行小车可用人力推走，不至于中途停滞。

2. 轨道

轨道形式类似于积放式悬挂输送机的三轨结构，承载轨由双槽钢组成，线路上可布置道岔。

3. 动力滑触线

动力滑触线安装在承载轨上方，相当于积放式悬挂输送机牵引链轨的位置。起、停工位的滑触线采用 7 芯线，如图 3-43 所示。其中 3 芯用于小车运行电动机供电，另外 3 芯则为环链升降葫芦电动机的电源，另 1 芯为控制电源线。起、停工位的滑触线与运行段滑触线之间断开。滑触线使用 380V 三相交流电。

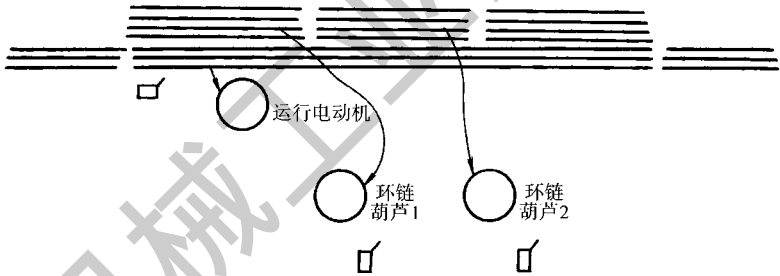


图 3-43 起、停工位的 7 芯滑触线

4. 集电装置

该装置安装于前小车上方,为浮动连接,由前小车带动它在滑触线上平稳运行。通过集电装置,从滑触线获得电控箱的动力电源和控制电源。

5. 小车电控箱

小车电控箱安装于小车荷载梁前方,箱内装有控制小车移动及环链葫芦升降的电控元件。根据系统的控制要求,电控箱可专门设计。

3.5.3 系统设计

1. 应用范围和选型

(1) 应用范围。电轨小车同时具有电动葫芦和积放式悬挂输送机的一些特点,然而,由于其独有的特点,应用范围与两者有所不同,一般适合于下述情况:

1) 电轨小车与电动葫芦的共同点是适合于点到点之间的运送;不同点是电轨小车能实现自动控制和集中控制,因而适合于高生产率的输送。

2) 电轨小车与积放式悬挂输送机的相同之处是:它们都是机电一体化的现代技术物流输送系统,集仓储、运输、装卸、工艺操作四大物流环节于一体的柔性生产系统;但电轨小车更适合于有频繁升降要求的工艺操作区域,并且有准确的停止和定位功能。积放式悬挂输送机只适于在水平轨道上运行,当要求在有高差的轨道上运行时,通常用升降机连接。

(2) 选型

1) 根据载质量选择。载质量包括物料(或工件)和吊具的质量之和。①载质量范围在100~1500kg之间,适于选择压制铝合金成形轨道。②载质量大于2000kg时,适于选择特制的工字钢轨道。

2) 根据使用要求选择。①当系统线路简单,小车数量少时,可选择不带升降机的系统。但如果线路长或复杂,小车数量较多时,则可选择带有升降机的系统。②当线路复杂,对道岔、线路积存和发送有较高要求时,或考虑与已有的积放式悬挂输送机具有相同的维修部件时,可考虑选择与积放式悬挂输送机相同的双槽钢轨道。

2. 线路布置

根据工艺流程、工作点位置、输送频率要求(或生产节拍要求)及各工位的动作要求和动作时间确定输送线路。线路一般有下列几种形式。

(1) 单程式线路(见图3-44)。适用于生产率不高的两点式输送。这种形式的线路上只允许同时有一台电轨小车往返工作。

(2) 循环式线路(见图3-45)。适用于生产率较高的两点式输送,在线路上可布置两台以上的电轨小车同时循环运行工作。

(3) 带有道岔的线路(见图3-46)。用于需将工件分类进行作业或储存的线路,以及通过道岔进入检修段。

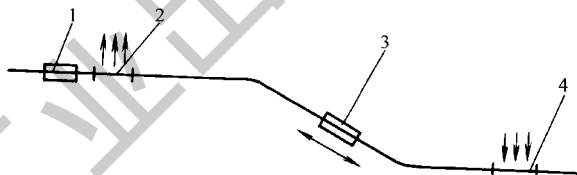


图 3-44 单程式线路

1—备用或检修工位 2—卸料工位 3—电轨小车 4—装料工位

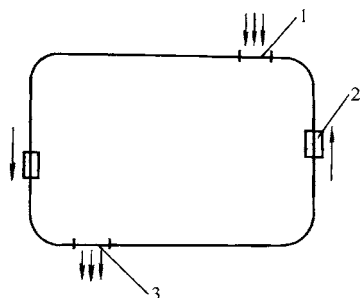


图 3-45 循环式线路

1—装料工位 2—电轨小车 3—卸料工位

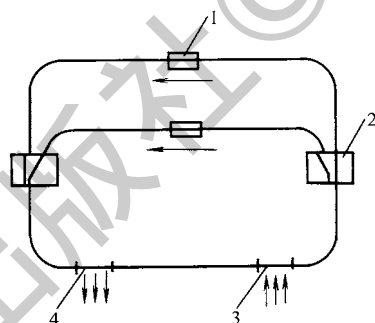


图 3-46 带有道岔的线路

1—电轨小车 2—道岔 3—装料工位 4—卸料工位

(4) 带有升降机的线路（见图 3-47）。当两个不同标高层的输送线路连成一个系统时，则可通过升降机连接。

3. 车组及其运行速度的确定

(1) 车组的确定。车组由一台主车和若干台副车组合而成。主车上带有前进驱动源和集电器，副车为从动小车，用于提高载物车的运载能力和构成积放长度。一般一个最简单的载物车组必须有一台主车和一台副车构成，主、副车通过均衡梁连接。

根据运载物的纵向长度要求，车组可由一台主车和若干台副车组成，其组合方式均为拖曳式。

(2) 载物车运行速度的确定。国产载物车运行速度为 10 ~ 30m/min，有特殊要求时，最高可达 60m/min，最低为 5m/min。速度的选择通常根据生产节拍、输送行程长短、工位多少、空程路径和工作时间确定，其原则如下：

- 1) 无过高节拍要求、行程少、工位较多时，采用单速，为常规速度。
- 2) 有较高节拍要求、空程（指无工位路径）长时，可采用双速或高速。
- 3) 要求较高重复定位精度时，可采用双速或低速。
- 4) 悬吊物运行惯性较大，且吊具设计无防摆措施时，不宜采用高速。

车速可按下式计算

$$v = \frac{l_1 + l_2}{M - \sum_{i=1}^n T_i}$$

式中 l_1 ——载物车工作运行长度（m）；

l_2 ——空程返回路径长度（m）；

M ——生产节拍（min）；

$\sum_{i=1}^n T_i$ ——各工位工作时间和途经道岔工作时间的总和（min）。

所选择车速应符合上述原则并大于计算值。确定的车速如不能满足计算值时，则应采取

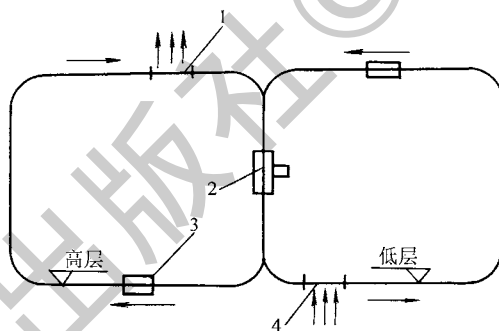


图 3-47 带有升降机的线路

1—卸料工位 2—升降机
3—电轨小车 4—装料工位

多台小车运送。

(3) 在线小车数量的计算。

在线小车数量可按下式计算

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n T_i + l/v}{M} + (1 \sim 2)$$

式中 l ——路径全长 (m);

v ——车速 (m/min);

M ——生产节拍 (min);

$\sum_{i=1}^n T_i$ ——工作时间总和 (min)。

4. 电控系统设计

电控系统可以是简单的,也可以是复杂的;可以用小车随行电控箱,也可以用中央控制室或者上述两者的结合;可以用继电器、可编程序控制器、微型计算机或者主计算机,也可以在同一控制系统中采用上述结构的联合体。各种控制都各有其特点。

(1) 继电器控制。其特点是维护简单,操作方便,造价低。

(2) 可编程序控制器控制。其特点是维护较简单,结构紧凑,可实现全自动控制,安全可靠。

(3) 微型计算机(单板机)控制。其特点是使用维护较复杂,可实现全自动控制。

根据生产率的高低和用户的要求,电控系统可进行专门设计。总的原则是:如果系统中电动小车的数量少,则尽可能使用小车随行电控箱控制;如果系统中有许多小车,则应把小车随行电控箱的控制信息减到最小程度,并且尽量把系统集中到中央控制室中进行集中控制。

电控设计主要包括以下几部分:

(1) 驱动电动机部分。驱动电动机部分主要是指小车运行电动机和升降用提升电动机。

1) 小车运行电动机。小车运行电动机通常使用双速、双绕组、三相 380V 笼型电动机。采用三相是一种获得多速和反转的简单办法,380V 电压可省去笨重的变压器,电动机通过集电装置从闭式滑触线上获得电源。根据需要也可使用低压(安全电压 42V)三相电动机,这样可使用开式滑触线的集电装置。如果需要无级变速,还可以使用直流电动机,采用蓄电池供电。

2) 升降用提升电动机。当系统中的电轨小车数量很少时,荷载的升降可在所有的小车上加一个电动环链葫芦来实现;反之,如果系统中小车数量较多而要求升降点少时,在每个电轨小车上加一个环链葫芦是不经济的,此时在系统中应设置升降机,因为升降机仅需要一台电动机。

电动环链葫芦和升降机的驱动电动机均采用 380V 三相供电,因为它只是在局部使用,对安全影响较小,故无须做降压处理。

(2) 控制系统。控制系统主要用于电轨小车的停止、积存和荷载物的升降以及道岔的通过。

1) 小车的排列成行与积存。①行车开关控制:类似于积放式悬挂输送机系统中的行列控制。在小车后部安装一个尾板,前部安装一个前铲,包括一个电动开关执行元件。当小车和前一个已经停止的小车接触时,前铲被尾板抬起,使开关断开,小车停止运动。小车的停止状态一直保持到前小车移动,使前铲落回到原来的位置。这种方法通常用在小车中速(速度小于 45m/min)行驶时。②区域中断技术:利用一个“运行—停止”轨道来连接分段轨道,以阻止小车之间的任何接触,输电轨道被分段以使小车在自动控制下被停止运行。分段轨道

可作为工作站用来自动停车,或用来控制小车在分流和合流道岔处的运行。这种区域中断技术用于高速运行线路。

2) 小车的定点停止和定位。①机械方式控制:通过停止器操纵前小车积存杠杆断开电动开关而使小车停止。②自动电控定位:当需要在设定地点准确停止时,通过电控系统使小车被分段慢速运行或反向运转,以达到准确停止。小车的逆转性能是电轨小车的特性之一。③通过道岔时的控制方法,与积放式悬挂输送机的控制原理相同,可通过信号,也可采用区域中断技术控制分流点和合流点穿过道岔。④荷载物在工作点升降的控制,可以在小车到位自动停止时与其联锁,实现自动升降,也可以由地面人工控制。

3.5.4 小车的非接触供电

电动小车采用动力滑触线和集电装置供电方式易产生电刷磨损等故障。近来,非接触供电方式开始运用于电动轨道小车。

非接触供电系统是一种通过非机械接触的方式进行电力和信号输送的技术,主要应用于电动单轨系统(Electric Monorail System, EMS)、自动引导车(Automated Guided Vehicle, AGV)和起重机中。非接触供电(Contactless Power Supply, CPS)系统支持在不接触的情况下给移动设备供电。从一根固定的(初级)导线通过电磁感应,把电源输送到移动设备中。CPS系统有个独特的特点是:数据也能通过这根初级线圈进行传输。非接触供电系统包括电能发送单元和电能接收单元两部分。电动轨道小车的非接触供电系统由终端、非接触供电线、电磁感应受电器、连接件、吊夹、固定电压电源等组成,如图3-48所示。

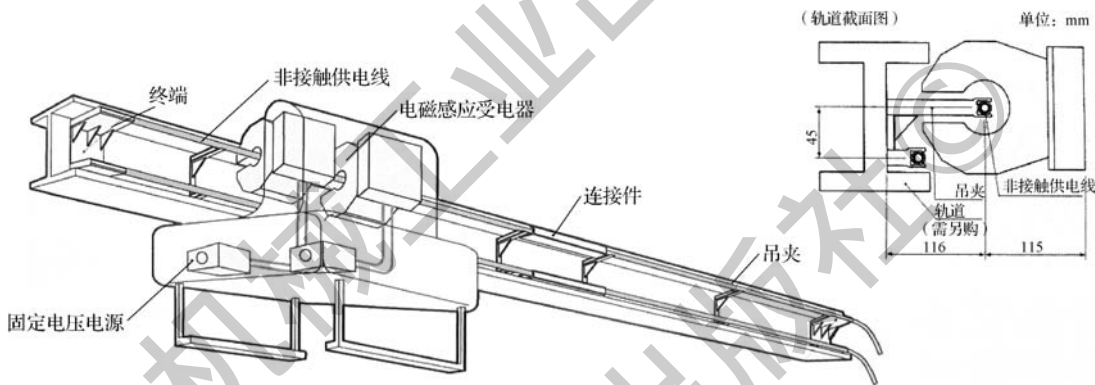


图 3-48 电动轨道小车的非接触供电系统组成



3.6 物流工位器具

工位器具是在生产线工位上使用的各种辅助物流器具的总称,本节只介绍用于物流功能的几类常用工位器具。

3.6.1 物流工位器具的作用

物流工位器具用于帮助操作人员实现生产线工位上或各工位间物料、在制品的暂存、转

运和移送,在优质、高效、便利地实现暂存、分拣、移送等物流功能的同时,还可对物料和在制品起到部分防护与计数作用。物流工位器具和物流集装单元化设备、物料周转容器(尺寸和容器种类)、线旁货架等的功能作用有相似之处,但是后者属于物流通用设备,只有物流活动的功能;而物流工位器具是为某生产线或为某工位,甚至为某种零部件特定制备的。物流工位器具除了有物流活动的功能外,还具备对特定生产工艺起辅助服务的作用。

物流工位器具在JIT生产、看板管理和供应链物流中具有重要作用。物流工位器具可以提高空间有效利用率;保护零部件在物流作业过程中的品质;满足零库存和一个流的物流作业原则;满足物流管理定制定位的要求;满足物流信息的识别及传递功能。物流工位器具使生产线的物流管理从对成千上万种物料的管理转为对符合一定规范的、种类有限的物流单元的管理。物流工位器具除了具备“容器”的功能(盛放、包装、保管搬运物料、保护物料品质、计量)外,还必须具有物流信息载体的功能,以提高物流作业效率和正确率。

3.6.2 工位货架

工位货架是流水线中必不可少的设备,在生产物流中承担某个工位的半成品保管、配件物料或工具刀具的存放,有时也能起到将半成品转送到下一个工位的作用。因工位货架主要用来临时存放物件且受生产现场的限制,一般容积较小。下面分别按物料类货架和工具刀具类货架进行介绍。

1. 物料类货架

按照不同的使用要求,对物料类工位货架进行以下分类:

(1) 按工位货架的适用性可分为通用货架和专用货架。通用工位货架包括一般的料笼、层式货架及周转胶箱等,分别如图3-49~图3-51所示。通用工位货架按可移动性又可分为固定式工位货架(见图3-51)和移动式工位货架(见图3-49、图3-50)。专用工位货架适合某些对物件存放有特定要求的场合,如图3-52所示的是汽车生产线上使用的一种专用工位货架。



图 3-49 料笼



图 3-50 层式货架



图 3-51 周转胶箱

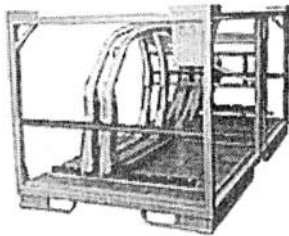


图 3-52 专用工位货架

(2) 按工位货架的结构可分为整体式工位货架和组合式工位货架。整体式工位货架如图 3-53 所示。组合式工位货架又称装配式工位货架, 可根据实际需要进行组装和拆卸, 以适应所存放的物件和占用的空间, 如图 3-54 所示。



图 3-53 整体式货架



图 3-54 组合式货架

(3) 物料整理架可用于生产现场的工具、零配件以及各种物品物料的分类存放和合理搬运, 以达到充分利用空间和实现高效的物流管理水平的目的。图 3-55 所示为两种常用的物料整理架。



图 3-55 物料整理架

(4) 工作台。图 3-56 所示为一种普通的工作台。在普通的工作台上加装工具架后可以使操作更为方便, 如图 3-57 所示。



图 3-56 普通的工作台



图 3-57 加装工具架后的工作台

2. 工具刀具类货架

工具刀具类货架包括在工位上常用到的工具柜、刀具储运设备。

(1) 工具柜适用于工具、零部件在生产现场中的定置管理, 使物品存取工作真正做到准

时、准确、高效、低耗，如图 3-58 所示。

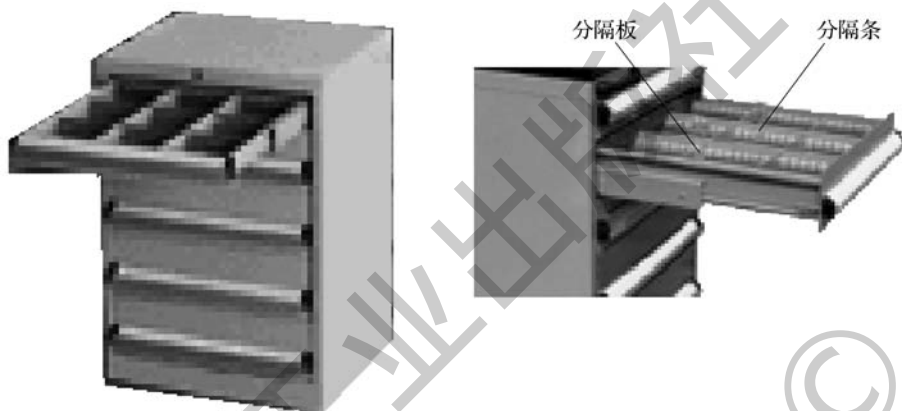


图 3-58 工具柜

(2) 刀具储运设备是为了方便各种刀具的存放和运送。它又可细分为刀具座 (见图 3-59)、刀具车 (见图 3-60)、刀具架 (见图 3-61) 和刀具柜 (见图 3-62)。

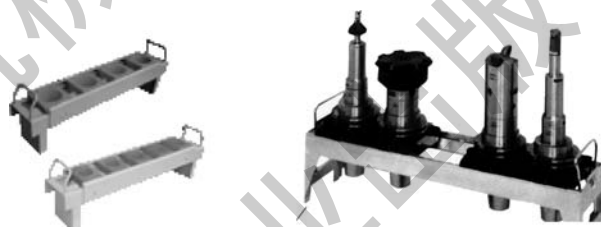


图 3-59 刀具座

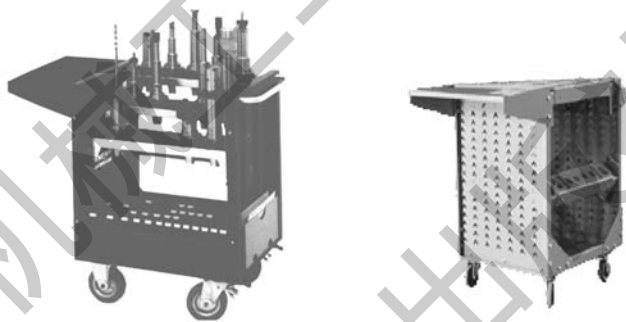


图 3-60 刀具车



图 3-61 刀具架



图 3-62 刀具柜



3.6.3 工位升降台和工位旋转台

工位升降台、旋转台主要是用于生产时将物件调整到适当的高度或旋转到适当的位置以便于操作人员进行相应的操作，降低操作的劳动强度。图3-66很好地说明了工位升降台在生产中的功能。工位升降台、旋转台因用在生产线上，其具体的安装和使用因要求不同而不同，其扬程均在较小的范围内。按不同的方法可以有不同的分类。

1. 工位升降台

(1) 按可移动性分为固定式工位升降台（见图3-63）和移动式工位升降台（见图3-64）。



图 3-63 固定式工位升降台



图 3-64 移动式工位升降台

(2) 按升程的可控性可分为固定升程式升降平台（见图3-65）和自调式升降平台（见图3-66）。



图 3-65 固定升程式升降平台



图 3-66 自调式升降平台

2. 工位旋转台

图3-67所示为两种工位旋转台。其上面的圆形台面可以在一定的角度范围内自由旋转。



图 3-67 工位旋转台

在工位操作时,旋转台先将上个工位输送来的物件升降到一定的高度,然后再旋转到合适的方向以方便工人操作。

3.6.4 工位装夹具

物件在生产线上流动时,需要根据不同的条件进行装夹。图3-68所示为流水线上承载着物件的托板。图3-69所示为一种汽车厂焊装线的分总成夹具,采用气动夹紧锥销定位。

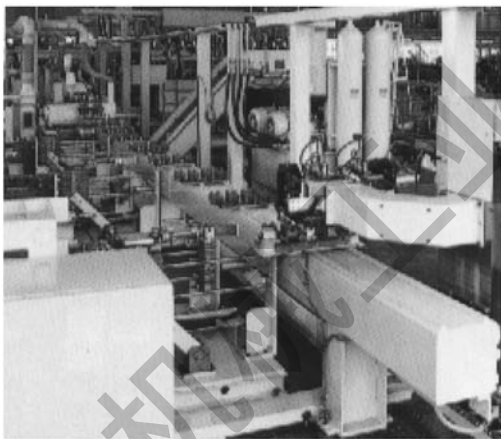


图3-68 流水线上的托板



图3-69 汽车厂焊装线的分总成夹具



思考与练习题

1. 辊子输送机的特点有哪些?
2. 辊子输送机有哪几种常用的传动方式?
3. 简述链式输送机的主要组成部分。
4. 简述悬挂输送机的分类及其特点。
5. 简述帕克原理。
6. 输送机系统的生产率计算原则有哪些?
7. 输送机系统最多和最少的小车数的计算原则有哪些?
8. 电轨小车的功能特点有哪些?
9. 电轨小车系统的线路有几种布置形式?
10. 在电轨小车系统设计时怎样确定车组及其运行速度? 怎样计算在线小车的数量?
11. 假设在图3-37(积放式悬挂输送机的分支道岔系统)中,推杆间距 $T=400\text{mm}$,小车中心距为 900mm ,链速均为 200mm/s , BC 间长度为 6m , BD 间长度为 5.9m 。求:
 - 1) 从停止器打开到小车通过 C 点,所需的最大时间和最小时间各为多少?
 - 2) 从停止器打开到小车通过 D 点,所需的最大时间和最小时间各为多少?
 - 3) 若 BD 线路的小车输送数量是 BC 线路的小车输送数量的2倍,求停止器 B 处输送生产节拍的时间范围。

第4章 工厂物流分析



工厂物流分析包括的内容有：物流量分析、物流关系分析、物流路径分析、搬运方法分析等。前两项分析是基本条件，是后两项分析的基础。后两项分析是物流分析的具体应用，既与前两项分析有关，又与设施规划或工厂布局设计相关。通常，先粗略制定一个工厂布局的初步方案，然后做工厂物流分析，根据物流分析的结果，再进行工厂布局的正式设计。期间，往往需要反复进行多次才能得出较佳的布局和搬运方案。



4.1 工厂物流分析的基本概念

一般情况下，物流状况的优劣是布置方案优劣最重要的评定指标。为此，系统布置设计首先从物流分析入手进行布置。特别是选择不同的物流系统、不同的道路布置方案，会产生不同的平面布置方案。各种不同的布置方案各有其优缺点，显然人们希望得到一个物流最合理的生产系统。

4.1.1 当量物流量

1. 当量物流量的意义

物流量是指一定时间内通过两物流点间的物料数量。在一个给定的物流系统中，物料从几何形状到物化状态都有很大差别，其可运性或搬运的难易程度相差很大，简单地用质量作为物流量计算单位并不合理。因此，在系统分析、规划、设计过程中，必须找出一个标准，把系统中所有的物料通过修正、折算为一个统一量，即当量物流量，才能进行比较、分析和运算。

当量物流量是指物流运动过程中一定时间内按规定标准修正、折算的搬运和运输量。例如，一台载重量为10t的汽车，当其运输10t锻件时，10t锻件的当量质量为10t；而其运输2t组合件时，则2t组合件的当量质量为10t。在实际系统中，所提及的物流量均指当量物流量。当量物流量的计算公式为

$$f = qn \quad (4-1)$$

式中 f ——当量物流量，当量吨/年、当量吨/月、当量千克/h……；

q ——一个搬运单元的当量质量，当量吨、当量千克……；

n ——单位时间内流经某一区域或路径的单元数，单元数/年（月……）。

目前，当量物流量的计算尚无统一标准，一般根据现场情况和经验确定。例如，一个火

车车皮的载重量为 60t, 装载 12 个汽车驾驶室总成, 则每个驾驶室的当量物流量为 5 当量吨。再如, 企业中一个标准料箱载重量是 2t, 装载了 100 个中间轴, 则每个中间轴的当量物流量为 20 当量千克。

2. 玛格数 (Magnitude)

玛格数起源于美国, 是一种不十分成熟的当量物流量计算方法, 是为度量各种不同物料可运性而设计的一种当量物流量的度量单位, 可以衡量物料搬运难易的特征。

玛格数的概念有其局限性。玛格数对各种不同的物理、化学状态的物料和搬运方法不能十分准确地描述和度量, 因而是一种近似描述物流量的标准值。在一些特性相差不大的物料搬运中, 玛格数比较适用。物流系统越大、越复杂, 玛格数的使用精度越低。

(1) 玛格数的定义。一个玛格的物料具有如下特征:

- 1) 可以方便地拿在一只手中。
- 2) 相当密实。
- 3) 结构紧凑, 具有可堆垛性。
- 4) 不易受损。
- 5) 相当清洁、坚固和稳定。

通俗地讲, 一块经过粗加工的 10in^3 (或稍大于 $2\text{in} \times 2\text{in} \times 2\text{in}$) ^① 大小的木块, 约有两包香烟大小, 叫作一个玛格。应用玛格数时, 需将系统中的所有物料换算成为相应的玛格数。

(2) 玛格数的计算方法。首先, 按照物料几何尺寸的大小计算出基本值:

1) 计算物料的体积。度量体积时, 采用外部轮廓尺寸, 不要减去内部空穴或不规则的轮廓。

2) 查阅图 4-1, 得到玛格数基本值 A 。如图 4-1 反映了部分体积与玛格数基本值的对应关系。曲线反映了体积大小与基本值的关系。物料体积越大, 运输单位体积越容易, 玛格曲线变化越缓。

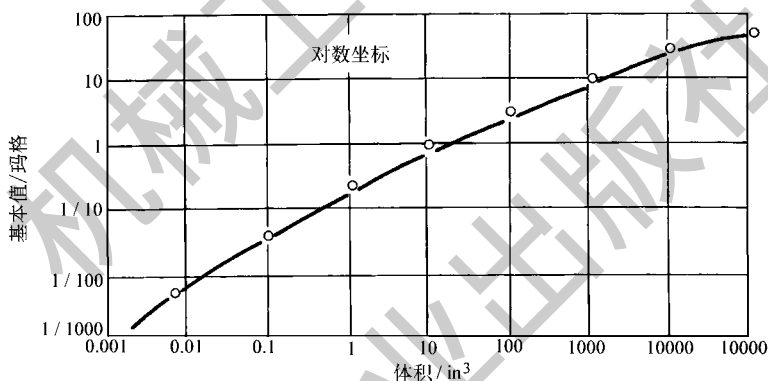


图 4-1 玛格曲线

3) 根据表 4-1, 确定修正参数。

^① $1\text{in} = 2.54\text{cm}$ 。

表 4-1 修正因素和修正数值

数值	修正因素			
	松密程度或密度 (B)	形 状 (C)	损伤危险性 (D)	状 态 (E)
3		十分扁平并且可以叠置或可以套叠 (平板纸或金属板材)		
2	非常轻或空的大体积物品	易于叠置或套叠的 (纸、簿、汤碗)	不易受任何损坏 (废铁屑)	
1	较轻和较大的	较易叠置或略可套叠 (书、茶杯)	实际上不易受损坏或受损极小 (坚实的铸件)	
0	比较密实的 (干燥的木块)	基本上是方形, 并具有一些可叠置性质 (木块)	略易受损坏 (加工成一定尺寸的木材料)	清洁、牢固、稳定的 (木块)
1	相当重和密实的 (空心铸件)	长的、圆的或有些不规则形状的	易受挤压、破裂、擦伤等损坏	有油的、脆弱的、不稳定的或难于搬运的
2	比较重及密实的 (实心铸件、锻件)	很长、球状或形状不规则的 (桌上的电话机)	很容易受一些损坏或容易受许多损坏 (电视)	表面有油脂、热的、很脆弱或滑溜的、很难于搬运的
3	非常重和密实的 (模块、实心铝)	特别长的、弯曲的或形状为高度不规则的 (长钢梁)	极易受到一些损坏或易受非常多的损坏 (水晶玻璃、高脚器皿)	(发黏的胶面)
4		特别长及弯曲的或形状格外不规则的 (弯管、木块、手杖)	极易受到非常多的损坏 (瓶装酸类、炸药)	(熔化的钢)

4) 计算玛格数。根据下式计算, 得到玛格数 M

$$M = A + A(B + C + D + E + F) \tag{4-2}$$

式中 A ——基本值;

B ——密度;

C ——形状;

D ——损伤危险程度;

E ——状态 (化学状态、物理状态);

F ——价值因素, 如不考虑则 $F=0$ 。

4.1.2 物料搬运活性系数

物料活性系数是一种度量物料搬运难易程度的指标, 是物流分析的又一重要参数。

物料平时存放的状态各式各样, 可以散放在地上, 也可以装箱放在地上, 或放在托盘上等。由于存放的状态不同, 物料的搬运难易程度也不一样。人们把物料的存放状态对搬运作业的方便 (难易) 程度称为搬运活性。装卸次数少、工时少的货物搬运活性高。从经济上看, 搬运活性高的搬运方法是一种好方法。

搬运活性系数用于表示各种状态下物品的搬运活性。搬运活性系数的组成如下: 最基本的活性是水平最低的散放状态的活性, 规定其系数为零。对此状态每增加一次必要的操作, 其物品的搬运活性系数加上 1。活性水平最高的状态活性系数为 4。散放在地的物品要运走,

需要经过集中、搬起、升起、运走四次作业，需要进行的作业次数最多最不方便，即活性水平最低；而集装在箱中的物品，只要进行后三次作业就可以运走，物料搬运作业较为方便，活性水平高一等级；装载于正在运行的车上的物品，因为它已经在运送的过程中，不需要再进行其他作业就可以运走，活性水平最高，活性指数定为4。活性指数确定的原则如表4-2所示。

表4-2 活性指数确定的原则

物品状态	作业说明	作业种类				还需要的 作业数目	已不需要的 作业数目	搬运活 性指数
		集中	搬起	升起	运走			
散放在地上	集中、搬起、升起、运走	要	要	要	要	4	0	0
集装箱中	搬起、升起、运走（已集中）	否	要	要	要	3	1	1
托盘上	升起、运走（已搬起）	否	否	要	要	2	2	2
车中	运走（不用升起）	否	否	否	要	1	3	3
运动着的输送机	不要（保持运动）	否	否	否	否	0	4	4
运动着的物品	不要（保持运动）	否	否	否	否	0	4	4

4.1.3 物料搬运的单元化与标准化

实现单元化和标准化对物料搬运的意义非常重大。一方面，物料实行单元化后，改变了物料散放状态，提高了搬运活性指数，易于搬运；同时也改变了堆放条件，能更好地利用仓库面积和空间。另一方面，实现标准化，能合理、充分地利用搬运设备、设施，提高生产率和经济效益。

1. 单元化

单元化是将不同状态和大小的物品，集装成一个搬运单元，便于搬运作业，故也叫作集装单元化。集装单元可以是托盘、箱、袋、筒等，其中以托盘应用最为广泛。物品的搬运单元化，可以缩短搬运时间、保持搬运的灵活性和作业的连贯性，也是搬运机械化的前提。具有一定规格尺寸的货物单元，便于搬运机械的操作，减轻人力装卸，从而提高生产作业率。另外，集装单元可以防止物品散失，易于清点和增加货物堆码层数，更好地利用仓库空间。

2. 标准化

标准化是指物品包装与集装单元的尺寸（如托盘的尺寸、包箱的尺寸等），要符合一定的标准模数，仓库货架、运输车辆、搬运机械也要根据标准模数决定其主要性能参数。这有利于物流系统中各个环节的协调配合，在易地中转等作业时不用换装，提高通用性，减少搬运作业时间，减轻物品的散失、损坏，从而节约费用。

（1）物流基础模数。物流基础模数尺寸是标准化的基础，它的作用和建筑模数尺寸的作用大体相同，其考虑的基点主要是简单化。基础模数尺寸一旦确定，设备的制造，设施的建设，物流系统中各个环节的配合协调，物流系统与其他系统的配合，就有了依据。目前国际标准化组织（ISO）中央秘书处及欧洲各国已基本认定600mm×400mm为基础模数尺寸，我国目前尚在研究。

由于物流标准化比其他标准化系统建立较晚，因此，确定基础模数尺寸主要考虑对物流系统影响最大而又最难改变的输送设备，采用“逆推法”，即由输送设备的尺寸来推算最佳的基础模数。同时也考虑到现在已通行的包装模数和已使用的集装设备，以及人体可能操作

的最大尺寸等因素而定。

(2) 物流模数。物流模数即集装单元基础模数尺寸(即最小的集装尺寸)。

集装单元基础模数尺寸,可以从 600mm × 400mm 按倍数系列推导出来,也可以在满足 600mm × 400mm 的基础模数的前提下,从货车或大型集装箱的分割系列推导出来。物流模数尺寸以 1 200mm × 1 000mm 为主,也允许 1 200mm × 800mm 及 1 100mm × 1 100mm 等规格。

物流基础模数尺寸与集装单元基础模数尺寸的配合关系(以集装单元基础模数尺寸 1 200mm × 1 000mm 为例)如图 4-2 所示。

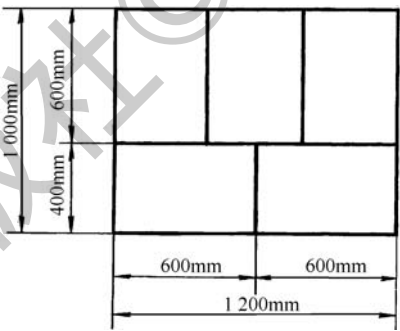


图 4-2 物流基础模数尺寸与集装单元基础模数尺寸的配合关系

4.2 工厂物流分析的技术工具

工厂物流分析的技术工具有物流路径图、物流流程图、操作表、从一至表等。物流分析中使用的图表许多与工厂布局分析中相同,但却用于不同的目的。

4.2.1 物流图

1. 物流路径图

我们用圆圈来表示设备装置,而圆圈间的连线则用来表示流程(见图 4-3 和图 4-4),相邻圆圈间的连线是从一个圆圈的中心指向另一个圆圈的中心,如果我们要跳过某一个环节,就将线画在圆圈的上方,如果流程是回运的,就叫作“回流”(向 R 方向流),流程线则在圆圈下方。

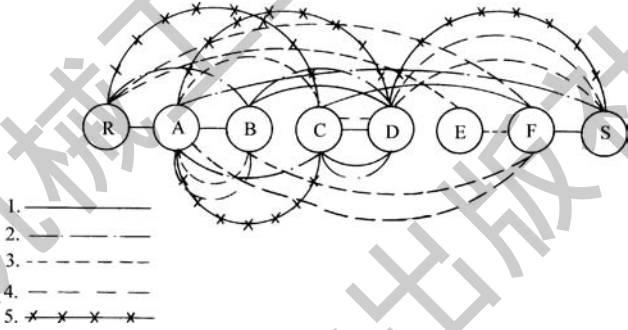


图 4-3 物流路径图 (一)

物流路径图指出由某些因素引起的问题,如交叉交通、回运和途经距离。

(1) 交叉交通。交叉交通是指物流路径是交叉的。交叉交通是不符合需要的,并且一个更好的布局应该尽可能没有交叉路径。出于对堵塞和安全因素考虑,在任何地方交叉交通都是个问题。对设备、服务区和各部门的合理布置能

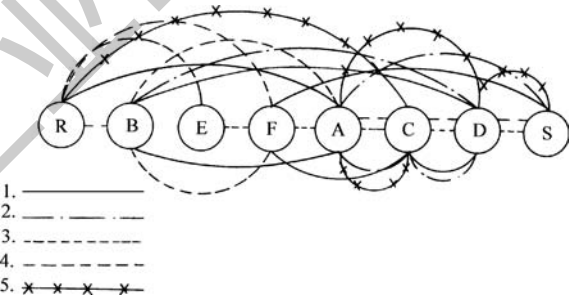


图 4-4 物流路径图 (二)

消除大多数的交叉交通。

(2) 回运。回运是指物料回运到工厂。物料通常应由进口运往工厂尽头的出口。如果物料运向进口方向,这种情况即是回运。与正确的物流流程相比,回运耗费三倍的时间。例如,有5个部门的流程如图4-5所示。

把物料从部门4运到部门3即是回运。如果重新布置这个工厂并且改变环绕的部门3和部门4,得到直线的流程如图4-6所示。

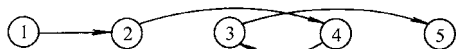


图 4-5 5个部门包含回运的流程

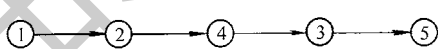


图 4-6 5个部门不包含回运的流程

这样的安排没有回运,效率极高,将途经较少的距离。在这个例子中,重新布置前要途经6个块(1个块指的是相邻两个部门之间的一个步骤)。在直线流程中,仅途经4个块——生产效率得到33%的增加。

(3) 途经距离。距离消耗运输成本。途经距离越短,消耗成本越少。物流路径图印制在布局图上,而且布局图能很容易地标定比例,这样,途经距离就能被计算出来。通过重新布置机器和部门,可以尽可能地减少途经距离。

由于物流路径图是在工厂布局图上制作的,因此不用什么标准的形式,几乎没有什么规矩约束设计者。目的是显示通过每一部分所有的途经距离,并找出减少总体距离的方法。

物流路径图是从货运安排信息表、装配线平衡和蓝图上发展而来。货运安排信息表详细指定产品每个部件的生产顺序。这些步骤的顺序安排既要使每部分符合实际,又要有一定的灵活性。一个步骤可能要在另一步骤之前或之后,这要视情况而定。各步骤的顺序应修改到符合布局图,这仅需做出书面的修改。但如果操作顺序无法修改,并且物流路径图有回运,这就需要移动设备。我们的目的是“尽可能以最经济、最高效的方式生产优质的产品”。

2. 物流流程图

物流流程图(见图4-7)显示从收货、储藏、各部件生产、预装配、总装、打包到仓库及运输每个环节所经的路线。这些路线可画在工厂的布局图上。

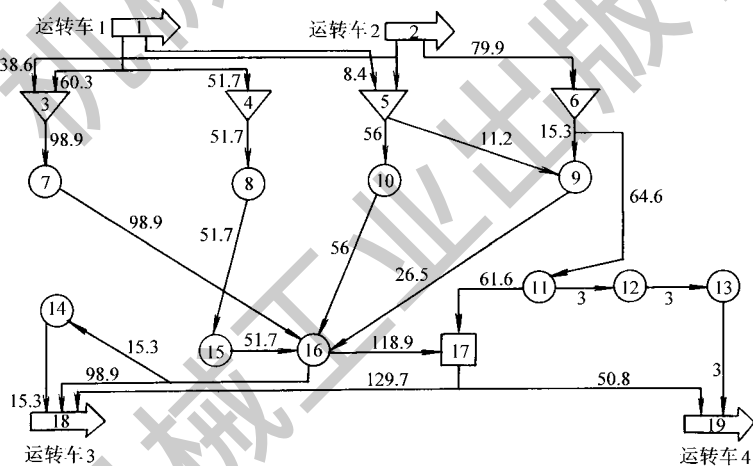
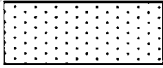
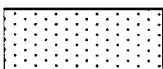
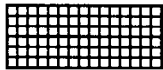


图 4-7 某车间物流流程图

制作步骤如下：

步骤一：物流流程图可从已制好或计划中有标度的平面布局图开始。平面布局图上各设施、设备、储存地、固定运输设备等要用工业工程（IE）标准符号（国际通用标准）标明，并且进行阿拉伯数字编码。常用的 IE 符号如表 4-3 所示。

表 4-3 常用 IE 符号

工艺过程图表符号及作用	说明作业单位区域的扩充符号	颜色区别	黑白图纹
操作/加工 	成形或处理加工区 	绿	
	装配、部件装配拆卸 	红	
运输/搬运 	与运输有关的作业单位/区域 	橘黄	
储存 	储存作业单位/区域 	橘黄	
停滞/等待 	停放或暂存或区域 	橘黄	
检验/检查 	检验、测试、检查区域 	蓝	
	服务及辅助作业单位/区域 	蓝	
	办公室或规划面积、建筑特区 	棕（灰）	

系统内每一与物流作业有关的活动都用上述符号表达，经过标定并编码成平面图。

步骤二：得到经过 IE 符号表达并编码的平面布局图后，根据物料分类和当量物流量，任意一条物流路径均可用编码表示其物流流程路线。如果将表 4-3 中的各条物流流程绘制在一张图上，则该图即为所研究系统的物流流程图，如图 4-7 所示。该图的画法不受平面图限制，任意物流的起点和终点间的物流量大小取决于两点间的权数，即通过两点间所有物流量（当量物流量）之和。根据货运表，生产每个部件的每一步都被规划并且和生产线联系，用颜色代码或其他方法来分辨各部分。

步骤三：物流流程图的画法也可不受平面布局图限制，没有工厂布局图时某拖拉机厂物流流程图的画法如图 4-8 所示。

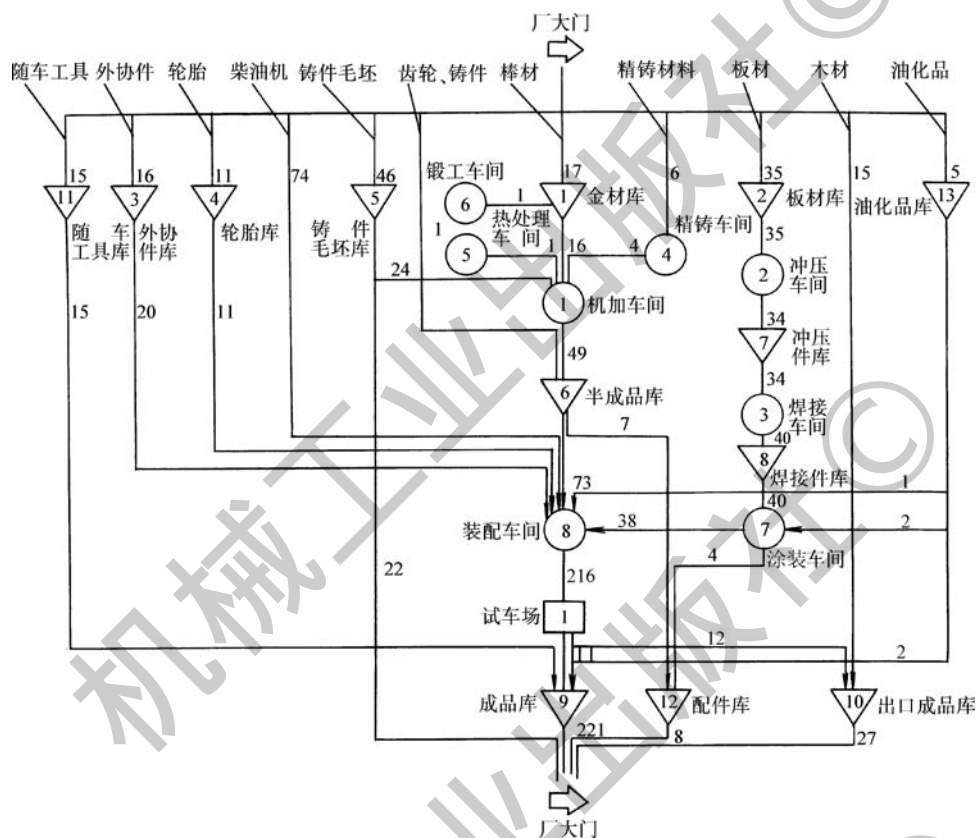


图 4-8 某拖拉机厂物流流程图
流动线上的数字为物流量（100 当量吨/单位）

在装配线上，所有的物流线路汇合在一起，以一个整体传向打包、仓库、装运点。对于工厂布局图来说，一个思考成熟、考虑周全的物流流程图就是最好的技术资料。而一个周全的工厂布局图又是物流流程图开发的蓝图。

3. 操作表

(1) 操作表的内容。操作表（见图 4-9 和图 4-10）上每个圆圈表示生产、部件装配、总装和打包，直到结束生产的每个必需的操作。在这张表上，每个生产操作、每个工种和每个部分都包括在内。

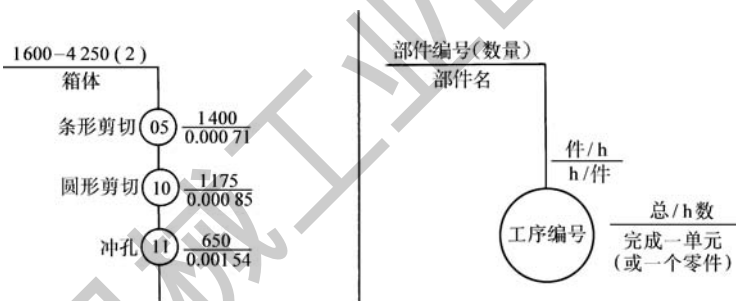


图 4-9 操作表

操作表的顶部在一条水平线上（见图4-9）。部件的数目将决定操作表的大小和复杂程度。

在原材料线下面，用一条垂直线来连接这些圆圈（从原材料生产到部件完成的步骤）。图4-9显示出这些点。当生产每个部件的步骤规划好以后，这些部件在装配线集合到一起。通常，开始装配的第一个部件在该图的最右侧显示出来，在其左边显示第二个部件，因此，装配流程的先后顺序是自右向左的（见图4-10）。有些部件不需要生产步骤，这些部件称为外购件。外购件在它们被用到的操作步骤上方被介绍（见图4-10下方——包装用纸箱）。在包装操作中，我们把六件产品放入一个纸箱中，并用绑带扎好。

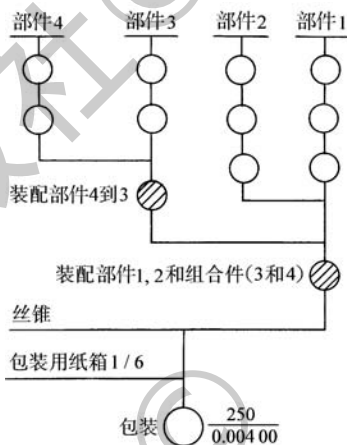


图4-10 操作表实例

操作表在一页纸上显示了很多信息。原材料、外购件、生产顺序、装配顺序、设备需求、时间标准，甚至还有工厂布局图的一角、劳动力成本和工厂一览表，都能从操作表上得到。

(2) 操作表的制作步骤。

步骤一：确认需要制造和采购的部件。

步骤二：确定生产每个部件所必需的操作以及它们的顺序。

步骤三：确定外购件和需加工部件的装配顺序。

步骤四：找出基本部件。这是装配过程开始的第一步。把这部分放在操作表右端的横线上。在横线右端延伸下来的竖线上，为每一步操作设置一个圆圈。以第一个操作开始，列出所有操作直到最后一步。

步骤五：在第一个部件的左边放置第二个部件，在第二个部件左边放置第三个部件，直到所有需制造的部件以相反的装配顺序在操作表顶部列出。所有的生产步骤都列在这些部件的下面，每个圆圈代表一步操作。

步骤六：在相关部件的最后一步操作之间画一条横线，这条线正好在最后一步生产操作之下、第一步装配操作之上，表示把多少个部件集中在一起。

步骤七：在装配操作圆圈的横线上介绍所有的外购件。

步骤八：把时间标准、操作数目和操作说明相邻地填入圆圈内（如前所述）。

步骤九：总计所有单元的小时数，并把这些小时数填入位于底部的最终装配或包装过程的下方。

4.2.2 从一至表

当研究的产品、零件或物料品种数量非常多时，用从一至表研究物流状态就非常方便了。

从一至表是一张方格图，从一至表的左边为“从”（From）边，用作业单位表示，从上到下按生产顺序排列；上边为“至”（To）边，也用作业单位表示，从左到右按生产顺序排列。行、列相交的方格中记录从起始作业单位到终止作业单位各种物料搬运量的总和，有时也可同时注明物料种类代号。当物料沿着作业单位排列顺序正向移动时，即没有倒流物流现象，从一至表中只有上三角方阵有数据，这是一种理想状态。当存在物流倒流现象时，倒流物流量出现在从一至表中的下三角方阵中，如图4-11所示。



	至								
从	Z	B	C	D	E	F	G	X	和
Z		1	18	7.5		1	30		57.5
B			1	1+30	7.5			18	57.5
C		1			1+18				20
D		18+7.5			30+1		1		57.5
E				18+1				30+1+7.5	57.5
F							1		1
G		30	1					1	32
X									
总计									283

图 4-11 从一至表

4.2.3 多种产品工艺过程表

为了表示所有产品的生产过程，就需要为每一种产品绘制一份工艺过程图，但是当产品较多时，各自独立的工艺过程图难以用来研究各种产品生产过程之间的相关部分，这时就需要把工艺过程图汇总成多种产品工艺过程表，如表 4-4 所示。

表 4-4 多种产品工艺过程表

工序号	工 序	轴	凸 轮	法 兰 盘	弹 簧 套
1	锯床	①	①	①	①
2	钻床	②			②
3	车床	③	②	③	③
4	卧铣			④	④
5	立铣	④	③		
6	热处理	⑤	④		
7	外圆磨		⑥		⑤
8	内圆磨	⑥	⑤		⑥
9	检验		⑦	⑤	⑦

4.2.4 相关图

相关图又称相关分析图、相关表、相互关系表（见图4-12）。它将系统中所有物流部门与

非物流部门均绘制在一张表达相互关系的图上,以便分析与设计。相关图中的英文字母表示两部门间的密切关系,称之为密切度,密切度一般分为5个等级。最重要的密切度为A (Apparently Important),从高到低依次为E (Especially Important)、I (Important)、O (Ordinary Important)、U (Unimportant)。有时会多加1个等级X,表示不希望两部门相互靠近。

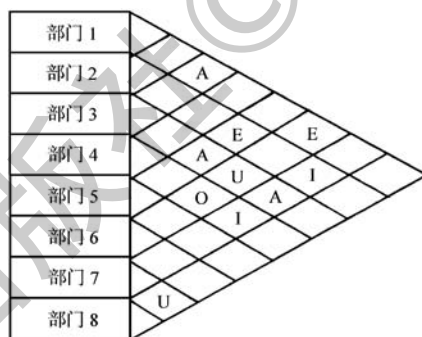


图 4-12 相关分析图

4.3 物料搬运系统分析

物料搬运包括物料、产品、元件或物品的移动、运输或重新安放。通常需要设备、容器和一个包括人员组成的搬运系统。所以物料搬运的基本要素是物料、移动及方法。物料搬运系统分析 (System Handling Analysis, SHA) 也是一个系统化、条理化、合乎逻辑顺序、对任何物料搬运项目都适用的方法。这是和系统布置设计 (SLP) 相似的系统分析和设计方法。

4.3.1 物料搬运系统的分析过程

SHA 方法分析过程可参考图 4-13。分析过程分为四个阶段,即外部衔接,确定位置;总

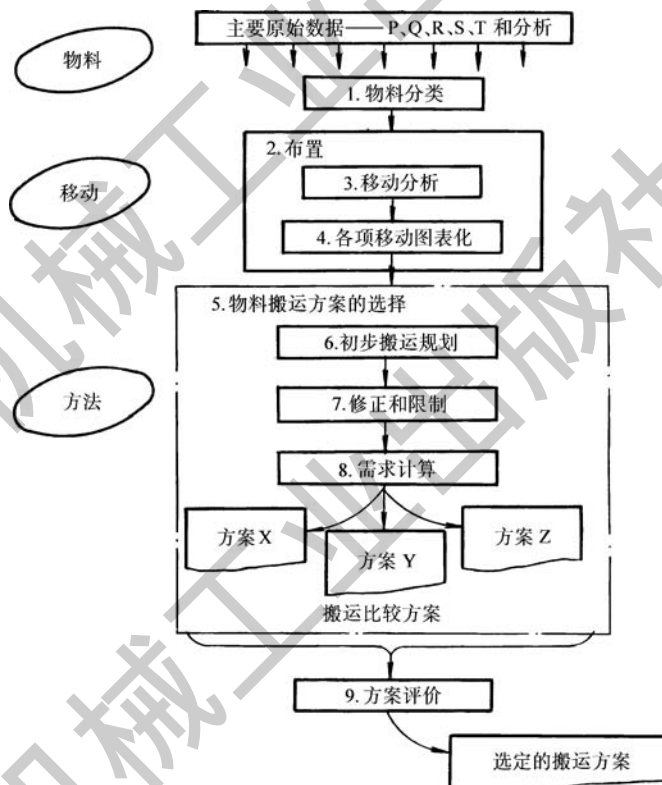


图 4-13 SHA 流程示意图



体搬运方案与总体区划设计；详细搬运方案与详细布置设计；实施、施工安装和生产运行。每个阶段的工作内容如下：

第一阶段：外部衔接，确定位置。搞清对象系统（工厂）物料的输入、输出方式及频率等，使内外衔接能够互相协调，以利于确定设施的具体布置地点。这里设施可以是设备作业单位、活动区域等。

第二阶段：总体搬运方案与总体区划设计。制定布置区域的基本物流模式、作业单位、部门或区域的相互关系及外形，制定区域间物料搬运方案，确定移动系统、设备型号、运输单元或容器。

第三阶段：详细搬运方案与详细布置设计。确定每台机器、设备、通道、仓库或服务设计的位置；确定各工作地点之间的移动系统、设备和容器，以及对每项移动的分析，完成详细的物料搬运系统设计。

第四阶段：实施、施工安装和生产运行。

第一和第四阶段不属于物料搬运分析设计人员的任务，所以 SHA 主要完成第二、第三两个阶段的工作。SHA 的原始数据仍是 P、Q、R、S、T。P（Products）是指产品；Q（Quantity）是指产量；R（Routing）是指工艺过程，包括工艺路线、生产流程、各工件的加工路线以及形成的物流路线；S（Service）是指辅助服务部门；T（Timing）是指时间安排等。整个分析设计工作从物料分类开始（图中框 1），包括物料的物理特性、数量、时间安排及特殊管理要求等。此后开始移动分析和移动图表制作（框 3、框 4），确定各种物料在移动路线上从起点到终点的移动强度及性质，在分析的基础上做出距离—物流量图。以后再选择物料搬运方法，就是将移动系统、搬运设备、运输单元或容器进行综合、汇总形成初步搬运规划（框 6）。由于不同的设计人员对物料搬运方法理解会有所不同，因此要经过讨论对全部有关的修正因素和限制条件进行调整，修改初步搬运规划（框 7），通过计算（框 8）得出需要的搬运设备及数量，就可得出几个合理可行的初步方案，经过评审（框 9），得到最终选定的物料搬运方案。

4.3.2 物料和移动分析

1. 外部衔接分析

外部衔接是指对已确定系统边界的物料系统，研究物料输入与输出系统的情况。包括物料输入输出工厂系统的方式（运输车辆、装载容器、路线入口等）、频率以及输入输出系统的条件（如时间、道路以及工厂周围环境）等的统计资料，必要时应以统计图表表达。

2. 输入搬运系统设计要素 P、Q、R、S、T

此步骤是系统调研、资料与数据搜集工作。各要素的说明如表 4-5 所示。

表 4-5 物料搬运系统设计五要素

设计要素	影响特征
P 产品（物料、零件、物品）	产品和物料的可运性取决于物品的特性和所用容器的特性。而且每个工厂都有其经常搬运的某些物品
Q 数量（产量，用量）	数量有两种意义：①单位时间的数量（物流量）；②单独一次的数量（最大负荷量）。不管按哪种意义，只要搬运的数量越大，搬运所需的单位费用就越低
R 路线（起点至终点）	每次搬运都包括一项固定的终端（即取、放点）费用和一项可变的行程费用。注意路线的具体条件，并注意条件变化（室内或室外搬运）及方向变化所引起的费用变化

(续)

设计要素	影响特征
S 辅助服务 (周围环境)	传送过程、维修人员、发货、文书等均属服务性质; 搬运系统和搬运设备都有赖于这些服务。工厂布置、建筑物特性以及储存设施, 都属于周围环境; 搬运系统及设备都必须在此环境中运行
T 时间 (时间性、规律性、紧迫性、持续性)	一项重要的时间因素 (即时间性) 是: 物料搬运必须按其执行的规律; 另一重要因素是时间的持续长度——这项工作需持续多长时间, 紧迫性和规律性也会影响搬运费用

3. 当量物流量计算及物料分类

对于搜集到的资料、数据, 必须进行适当的分析与处理才能使用。系统中的物料很多, 并且千差万别, 需要根据其重要性 (价值和数量) 进行分类, 一般采用 A、B、C 分类。

分类步骤如下: ①物料的当量物流量计算。②绘制 $P-Q$ 图。其中 P 代表物料种类, Q 代表物流量 (当量物流量)。根据每一种物料 P_i ($i=1, 2, \dots, n$) 及其对应点 Q_i , 即可画出由直方图表示的 $P-Q$ 图 (见图 4-14)。

4. 物流流程分析

物流流程分析包括对物流路径图、物流流程图、相关分析图的分析。

5. 搬运活动一览表

为了把所收集的资料进行汇总, 达到全面了解情况的目的, 编制搬运活动一览表是一种实用的方法。搬运活动一览表如表 4-6 所示。

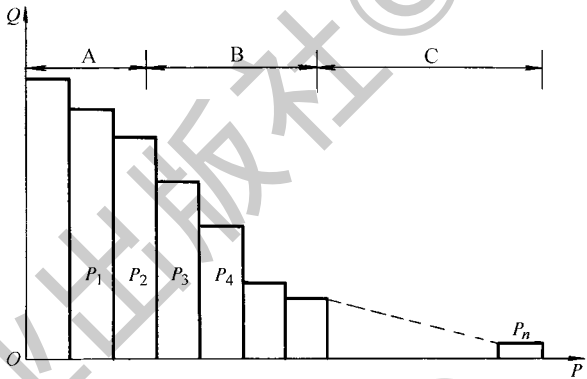


图 4-14 $P-Q$ 图

表 4-6 搬运活动一览表

物料类别		移动		物料		工作量		公司		厂名		项目		制表人		日期		参加人		第一页共一页	
线路		距离		具体		单位		3		4a		4b		5		6		7		8	
从一至双向运输		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2	
1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3	
22		22		22		22		22		22		22		22		22		22		22	
23		23		23		23		23		23		23		23		23		23		23	
24		24		24		24		24		24		24		24		24		24		24	
25		25		25		25		25		25		25		25		25		25		25	
每类物料合计		每类物料合计		每类物料合计		每类物料合计		每类物料合计		每类物料合计		每类物料合计		每类物料合计		每类物料合计		每类物料合计		每类物料合计	
代号		代号		代号		代号		代号		代号		代号		代号		代号		代号		代号	
线路的具体情况		线路的具体情况		线路的具体情况		线路的具体情况		线路的具体情况		线路的具体情况		线路的具体情况		线路的具体情况		线路的具体情况		线路的具体情况		线路的具体情况	
物流条件、状况或其他说明事项		物流条件、状况或其他说明事项		物流条件、状况或其他说明事项		物流条件、状况或其他说明事项		物流条件、状况或其他说明事项		物流条件、状况或其他说明事项		物流条件、状况或其他说明事项		物流条件、状况或其他说明事项		物流条件、状况或其他说明事项		物流条件、状况或其他说明事项		物流条件、状况或其他说明事项	

在表4-6中,需要对每条路线、每类物料和每项移动的相对重要性进行标定。一般是用五个英文元音字母来划分等级,即A、E、I、O、U。

搬运活动一览表是SHA方法中的一项主要文件,因为它把各项搬运活动的所有主要情况都记录在一张表上。简要地说,搬运活动一览表包含下列资料:

- (1) 列出所有路线,并排出每条路线的方向、距离和具体情况。
- (2) 列出所有的物料类别。
- (3) 列出各项移动(每类物料在每条路线上的移动),包括:物流量(每小时若干吨、每周若干件等);运输工作量(每周若干吨·英里、每天若干磅、每天若干英尺等);搬运活动的具体状况(编号说明);各项搬运活动相对重要性等级(用元音字母或颜色标定,或两者都用)。
- (4) 列出每条路线,包括:总的物流量及每类物料的物流量;总的运输工作量及每类物料的运输工作量;每条路线的相对重要性等级(用元音字母或颜色标定,或两者都用)。
- (5) 列出每类物料,包括:总的物流量及每条路线上的物流量;总的运输工作量及每条路线上的运输工作量;各类物料相对重要性的等级(用颜色或元音字母标定,或两者都用)。
- (6) 在整个搬运分析中,总的物流量和总的运输工作量填在右下角。
- (7) 其他资料,如每项搬运中的具体件数。

4.3.3 距离与物流指示图

做了各项移动的分析,并取得了具体的区域布置图后,就要把这两部分综合起来,用图表来表示实际作业的情况。一张清晰的图表比各种各样的文字说明更容易表达清楚。物流图表示有几种不同的方法。

1. 在布置图上绘制的物流图

在布置图上绘制的物流图是画在实际的布置图上的,图上标出了准确的位置,所以能够表明每条路线的距离、物流量和物流方向。它可作为选择搬运方法的依据,如图4-15所示。

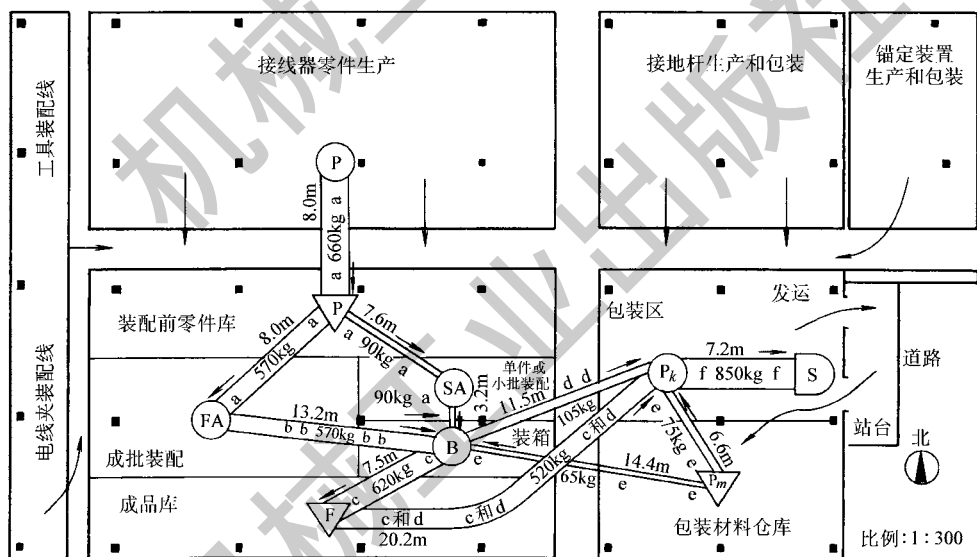


图4-15 在布置图上绘制的物流图

虽然流向线可按物料移动的实际路线来画,但一般仍画成直线。除非有特别的说明,距离总是按水平上的直线距离计算。当采用直角距离、垂直距离(如楼层之间)或合成的当量距离时,分析人员应该有文字说明。

2. 坐标指示图

坐标指示图就是距离与物流量指示图。图上的横坐标表示距离,纵坐标表示物流量。每一项搬运活动按其距离和物流量用一个具体的点标明在坐标图上。

制图时,可以绘制单独的搬运活动(即每条路线上的每类物料),也可绘制每条路线上所有各类物料总的搬运活动,或者把这两者画在同一张图表上。图4-16为坐标指示图。

在布置图上绘制的物流图和距离与物流量指示图往往要同时使用。但是对于比较简单的问题,采用物流图就够了。当设计项目的面积较大、各种问题的费用较高时,就需要使用距离与物流量指示图,因为在这种情况下,物流图上的数据会显得太零乱,不易看清楚。

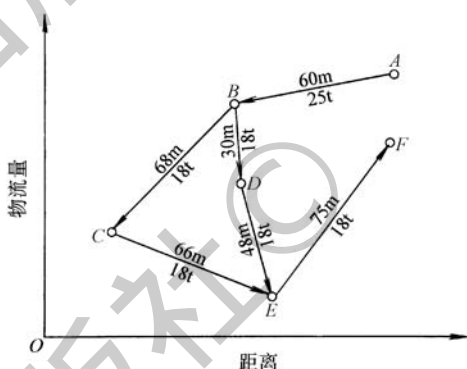


图4-16 坐标指示图

3. 物流—距离表

在布置方案图上确定各作业单位之间的物料搬运路线,同时测出各条路线的距离,编制成物流—距离表,如表4-7所示。表中每一框格中同时注出物料搬运发送作业单位(从)至物料搬运接收作业单位(至)的物料搬运量(物流强度) f_{ij} 及物料搬运路线长度(距离) d_{ij} ,其中*i*表示从作业单位序号,*j*表示至作业单位序号。空格表示两作业单位之间无明显物流。

表4-7 物流—距离表

作业单位至 <i>j</i>	1	2	...	<i>n</i>
作业单位从 <i>i</i>				
1	f_{11}/d_{11}	f_{12}/d_{12}	...	f_{1n}/d_{1n}
2	f_{21}/d_{21}	f_{22}/d_{22}	...	f_{2n}/d_{2n}
⋮	⋮	⋮		⋮
<i>n</i>	f_{n1}/d_{n1}	f_{n2}/d_{n2}	...	f_{nn}/d_{nn}

4. $F-D$ 图(即物流—距离图)

当忽略不同物料、不同路线上的物料搬运成本的差异时,各条路线上物料搬运用费与 $f_{ij} d_{ij}$ 成正比,则可以将总的物料搬运用费 C 记为

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} d_{ij} \quad (4-3)$$

假设不同作业单位之间的物料搬运量相互独立。为了使总的搬运用费 C 最小,则当 f_{ij} 大时, d_{ij} 应尽可能小,当 f_{ij} 小时, d_{ij} 可以大一些,即 f_{ij} 与 d_{ij} 应遵循反比规律。这就是说, f_{ij} 大的作业单位之间应该靠近布置,且道路短捷; f_{ij} 小的作业单位之间可以远离,道路可以长一些。这显然符合 SLP 的基本思想,从而有

$$f \propto \frac{1}{d}$$

写成等式形式

$$f = \frac{D}{d^n}$$

其中, D 、 n 为常数, 且应有 $n > 0$ 。

式 (4-5) 说明, 一个好的布置方案的各作业单位之间的物料搬运量与搬运路程成双曲形曲线函数关系, 如图 4-17 所示。为了评价布置方案的优劣, 可以应用曲线回归理论求出式 (4-5) 中的常数 D 和 n 。

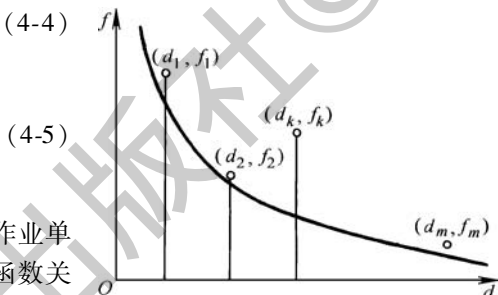


图 4-17 $F-D$ 的双曲形曲线

由于图 4-17 反映了布置方案的物料搬运路程与搬运量之间的总体趋势, 因此, 称式 (4-5) 为布置方案的物流—距离基准曲线。

根据分析的需要, 按照确定的物流量和距离, 可将物流—距离图划分为若干部分, 如在图 4-18 中划分为 I、II、III、IV 四个部分。划分的目的是发现不合理的物流。从图 4-18 中可以看出, II 部分的物流不合理, 因为物流量大且距离远。

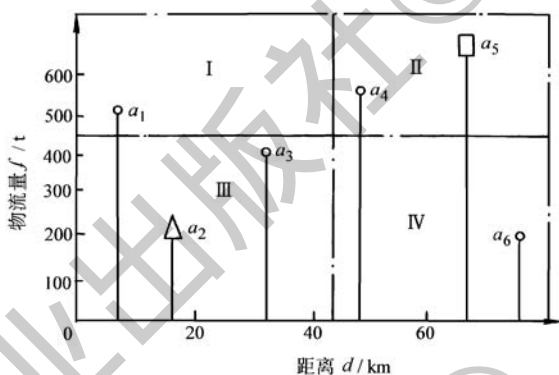


图 4-18 某车间 $F-D$ 图

$F-D$ 图可作为平面布置调整的根据。经过调整, 当第 II 部分无流量时, 该方案才为可行方案。无法调整的情况例外。

讨论:

(1) 同一布置方案中, 如果作业单位之间存在 d_{ij} 大、 f_{ij} 也大的情况, 如图 4-19 中 A, 说明作业单位 i 与 j 布置位置不恰当, 应靠近布置, 且路线应短捷。

(2) 同一方案中, 如果作业单位之间存在 d_{ij} 小且 f_{ij} 也小的情况, 如图 4-19 中 B, 说明作业单位 i 与 j 之间的相对位置可以远离, 道路可以长一些。

(3) 不同布置方案之间的物流—距离基准曲线之间存在下列数种情况, 如图 4-20a、图 4-20b 所示。图 4-20a 中方案 1 的基准曲线 I_1 在方案 2 的基准曲线 I_2 之下, 说明方案 1 的物流状况更好; 图 4-20b 中 I_1 与 I_2 相交, 对于 I_1 来说, d 大时 f 也较大, 一般来说方案 2 更好一些。

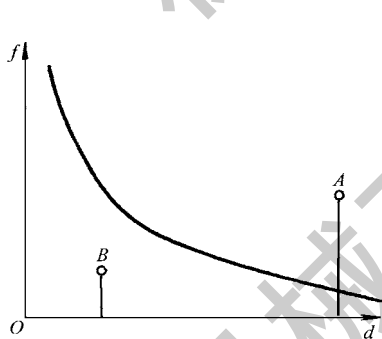


图 4-19 物流—距离关系 (一)

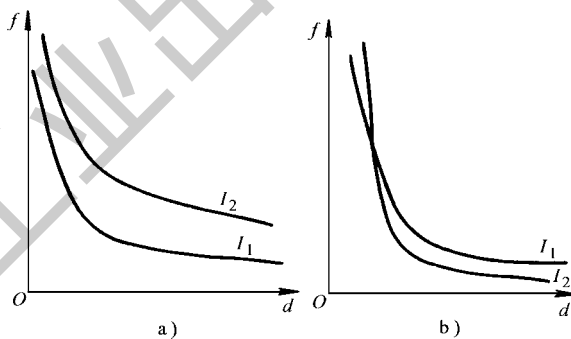


图 4-20 物流—距离关系 (二)

根据上述分析,清楚地反映出布置方案物流状况的优劣,并为进一步修正布置方案提供了依据。

4.3.4 物料搬运方法的选择

从 SHA 模式可以看出,到搬运方法选择这一步骤之前,我们已搜集分析了所需要的资料,为了表达清楚,还进行了图表化。

1. 搬运路线系统

从地理和物理两方面观点来看,所谓物料搬运系统,就是把各项物料移动结合在一起的方式。物料搬运路线系统一般分为以下几种类别:

(1) 直接型路线系统。各种物料能从起点移动到终点的称为直接型路线系统。

(2) 间接型路线系统。把几个搬运活动组合在一起,在相同的路线上用同样的设备,把物料从一个区域移到其他区域。又可分为渠道型和中心型两种方式。

要根据各种搬运路线系统的特点,来选择物料搬运路线系统。

对于直接型物料搬运路线系统来说,各种物料从起点到终点经过的路线最短。当物流量大、距离短或距离中等时,一般采用这种形式是最经济的。尤其当物料有一定的特殊性而时间又较紧迫时更为有利。

所谓渠道型物料搬运路线系统,是指一些物料在预定路线上移动,同来自不同地点的其他物料一起运到同一个终点。当物流量为中等或少量,而距离为中等或较长时,采用这种形式是经济的。尤其当布置是不规则的分散时更为有利。

所谓中心型物料搬运路线系统,是指各种物料从起点移动到一个中心分拣处或分发地区,然后再运往终点。物流量小而距离中等或较远时,这种形式是非常经济的。尤其当厂区外形基本上是方整的且管理水平较高时更为有利。

一般可根据距离与物流量指示图来选择其路线形式:①直接型用于距离短而物流量大的情况;②间接型用于距离长而物流量小的情况。

根据物料搬运的观点,若物流量大而距离又长,则说明这样的布置不合理。如果有许多点标在这样的区域里,那么主要问题是改善布置而不是搬运问题。当然,工序和搬运是有联系的。如物料需要接近空气(铸件冷却)时,那么,冷却作业和搬运是结合在一起的,这时若出现一个长距离移动的大流量物料也是合理的。

2. 物料搬运设备

SHA 对物料搬运设备的分类采用了一个与众不同的方法,就是根据费用进行分类。具体来说,就是把物料搬运设备分成四类:①简单的搬运设备:用于距离短、物流量小的场合。②简单的运输设备:用于距离长、物流量小的场合。③复杂的物流设备:用于距离短、物流量大的场合。④复杂的运输设备:用于距离长、物流量大的场合。可根据距离与物流量指示图,选择不同类型的搬运设备。

3. 运输单元

运输单元这个词是指物料搬运时的状态,就是搬运物料的单位。一般说来,散装搬运是最简单和最便宜的移动物料的方法。当然,物料在散装搬运中必须不被破坏,不受损失,或不对周围环境产生任何危险。散装搬运通常要求物料数量很大。

除了散装和单件搬运外,大部分的搬运活动要使用容器或托架。单件物品可以合并、聚集或分批地用桶、纸盒、箱子、板条箱等组成运输单元。用托盘和托架、袋、包裹、箱子或

板条箱叠装以及将物品绑扎都是单元化搬运的形式。

标准化的集装单元,其尺寸、外形和设计都彼此一致,这就能节省在每个搬运终端(即起点和终点)的费用。而且标准化还能简化物料分类,从而减少搬运设备的数量及种类。

4. 搬运方法

所谓搬运方法,实际上就是以一定形式的搬运设备,与一定形式的运输单元相结合,进行一定模式的搬运活动,以形成一定搬运路线的系统。

一个工厂或仓库的每项搬运活动都可以采用各种方法进行。综合各种作业所制定的各种搬运方法的组合,就形成物料搬运方案。

4.3.5 初步的搬运方案

在对物料进行了分类、对布置方案中的各项搬运活动进行了分析和图表化,并对 SHA 中所用的各种搬运方法熟悉之后,就可以初步确定具体的搬运方案。然后,对这些初步方案进行修改并计算各项需求量,把各项初步确定的搬运方法编成几个搬运方案,并设这些搬运方案为“方案 X”“方案 Y”“方案 Z”等。

前面已经讲过,我们把一定的搬运系统、搬运设备和运输单元叫作“方法”。任何一个方法都是使某种物料在某一路线上移动。几条路线或几种物料可以采用同一种搬运方法,也可以采用不同的方法。不管是哪种情况,一个搬运方案都是几种搬运方法的组合。

在 SHA 中,把制定物料搬运方法叫作“系统方案汇总”,即确定系统(指搬运的路线系统)、确定设备(装卸或运输设备)及确定运输单元(单件、单元运输件、容器、托架以及附件等)。

1. SHA 方法用的图例符号

在 SHA 中,除了各个区域、物料和物流量用的符号外,还有一些字母符号用于搬运路线系统、搬运设备和运输单元。

路线系统的代号包括直接系统和间接系统:D——直接型路线系统;K——渠道型路线系统;G——中心型路线系统。

用图 4-21 所示的符号或图例来表示设备和运输单元。值得注意的是,这些图例都要求形象化,能不言自明,并且很像实际设备。图例中的通用部件(如动力部分、吊钩、车轮等)也是标准化了的。图例只表示设备的总的类型,必要时还可以加注其他字母或号码来说明。

利用这些设备和运输单元的符号,连同代表路线形式的三个字母,就可以用简明的“符号语言”来表达每种搬运方法。

2. 在普通工作表格上表示搬运方法

编制搬运方案的方法之一是填写工作表格,列出每条路线上每种(或每类)物料的路线系统、搬运设备和运输单元。如果物料品种是单一的或只有很少几种,而且在各条路线上是顺次流通而无折返的,那么这种表格就很实用。

另一种方法是直接在以前编制的流程图上记载建议采用的搬运方法。

第三种方法是把每项建议的方法标注在以前编制的物流图(或其复制件)上,一般说来,这种做法看起来更易使人理解。

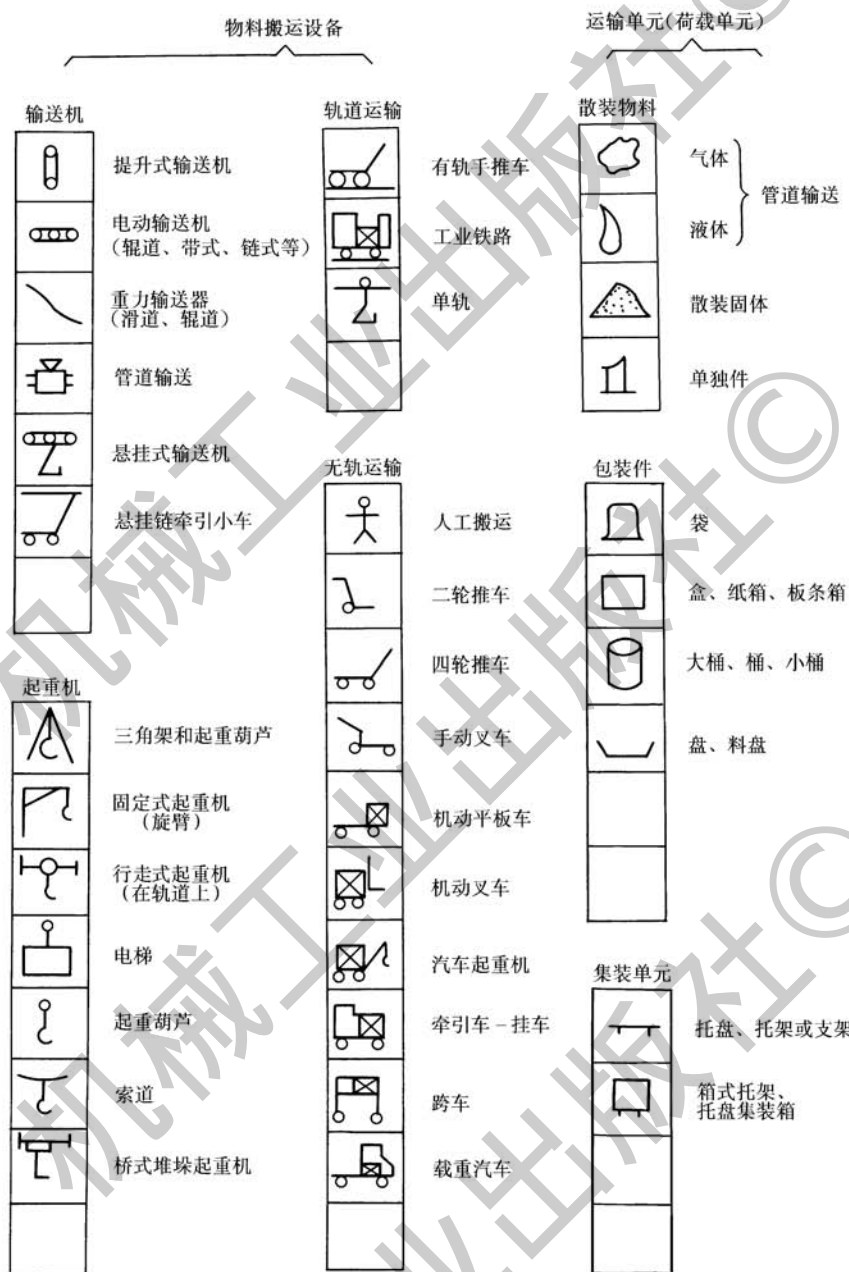


图 4-21 物料搬运符号

3. 在汇总表上表示搬运方法

编制汇总表同编制搬运活动一览表一样，就是每条路线填一横行，每类物料占一竖栏。在搬运活动一览表上记载的是每类物料在每条路线上移动的“工作量”。而填汇总表只是用“搬运方法”来取代“工作量”，适用于项目的路线和物料类别较多的场合。表 4-8 表明了这种汇总表的用法。

表 4-8 搬运系统方案汇总表

物料
移动

方案

公司 _____

厂名 _____

项目 _____

方案号 _____

制表人 _____

参加人 _____

日期 _____

第 _____ 页 共 _____ 页

物料类别	类别号	类别号	类别号	类别号	类别号	类别号
路线	说明	说明	说明	说明	说明	说明
☐ 从一至 ☐ 双向	代用S E T	代用S E T	代用S E T	代用S E T	代用S E T	代用S E T
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
25						
搬运方法的 代用方案或 第二方案						

系统方案汇总表用法说明

本表用于填写一个或多个物料搬运规划

① 填写本表表头各项

② 填写物料或产品类别号并加以说明, 每类填写一大栏

③ 列出现在(或将来)物料移动的各条路线(单向或双向), 每条填一行, 填明起迄点

④ 填写每条路线上每类物料的搬运方法, 在相应小栏内填明路线系统的形式(S 栏)、搬运设备(E 栏)和运输单元(T 栏), 如有代用的第二方案, 则在下方格内标明字母。在“代用”和“S”上面的横格内填写物流量、运输工作量等级或计算数据(究竟填什么, 在表头内注明)

⑤ 填写搬运方法的代用方案或第二方案

⑥ 记载其他有关资料以进一步解释表内资料数据

备注 _____

采用前面规定的代号和符号, 把每项移动(一种物料在一条路线上的移动)建议的路线系统、设备和运输单元填写在汇总表中相应的格内。汇总表上还有一些其他的空格, 供填写其他资料数据之用, 如其他搬运方案、时间计算和设备利用情况等。

从一张汇总表上, 可以全面了解所有物料搬运的情况, 还可以汇总各种搬运方法, 可以整合各条路线和各类物料的同类路线的设备及运输单元。这样, 就能把全部搬运规划记在一张表上(或粘在一起的几页表上), 并把它连同修改布置的建议, 提交审批。

4.3.6 修改和各项需求的计算

1. 考虑实际的限制条件进行修改

当有了几个初步方案后按照严谨的物料搬运观点来判断这些方案是否切实可行时, 必须考虑实际的限制条件并进行一些修改。

物料搬运也就是物料位置的移动, 从广义上讲是一项必要的工作, 但在成形、加工、装配或拆卸、储存、检验和包装等整个生产过程中它只是其中的一部分, 甚至是属于第二位的。具体的搬运活动仅仅是整个工商企业设施规划和大的经营问题中的一个部分。但是, 为了有效地进行生产和分配, 必须有物料搬运, 有许多因素会影响正确地选择搬运方法。各物料搬运方案中经常涉及的一些修改和限制的内容有:

- (1) 在前面各阶段中已确定的同外部衔接的搬运方法。
- (2) 既满足目前生产需要, 又能适应远期的发展和(或)变化。
- (3) 与生产流程或流程设备保持一致。
- (4) 可以利用现有公用设施和辅助设施保证搬运计划的实现。

(5) 布置或建议的初步布置方案, 以及它们的面积、空间的限制条件(数量、种类和外廓形状)。

(6) 建筑物及其结构的特征。

(7) 库存制度以及存放物料的方法和设备。

(8) 投资的限制。

(9) 设计进度和允许的期限。

(10) 原有搬运设备和容器的数量、适用程度及其价值。

(11) 影响工人安全的搬运方法。

2. 各项需求的计算

对几个初步搬运方案进行修改以后, 就开始逐一说明和计算那些被认为是最有现实意义的方案。一般要提出2~5个方案进行比较。对每一个方案需做如下说明:

(1) 说明每条路线上每种物料的搬运方法。

(2) 说明搬运方法以外的其他必要的变动, 如更改布置、作业计划、生产流程、建筑物、公用设施、道路等。

(3) 计算搬运设备和人员的需要量。

(4) 计算投资数和预期的经营费用。

4.3.7 方案的评价

方案的分析评价常采用以下几种方法: ①费用或财务比较法; ②优缺点比较法; ③因素加权分析法。

1. 费用比较或财务比较

费用是经营管理决策的主要依据。因此, 每个搬运方案必须从费用的观点来评价。即对每个方案, 都要明确其投资和经营费用。

(1) 需要的投资。投资是指方案中用于购置和安装的全部费用。这包括基本建设费用(物料搬运设备、辅助设备及改造建筑物的费用等)、其他费用(运输费、生产准备费及试车费等)以及流动资金的增加部分(原料储备、产品储存、在制品储存等)。

(2) 经营费用

1) 固定费用。包括: ①资金费用(投资的利息、折旧费); ②其他固定费用(管理费、保险费、场地租用费等)。

2) 可变费用。包括: ①设备方面的可变费用(电力、维修、配件等); ②工资(直接工资、附加工资等)。

通常需要分别计算出各个方案的投资和经营费用, 然后进行分析和比较, 从中确定一个最优的方案。

2. 优缺点比较法

优缺点比较法是直接把各个方案的优点和缺点列在一张表上, 对各方案的优缺点进行分析和比较, 从而得到最后方案。

优缺点分析时所要考虑的因素除了可计算的费用因素外, 还包括以下内容:

(1) 与生产流程的关系及为其服务的能力。

(2) 产品、产量和交货时间每天都不一样时, 搬运方法的通用性和适应性。

(3) 灵活性(已确定的搬运方法是否易于变动或重新安排)。

- (4) 搬运方法是否便于今后发展。
- (5) 布置和建筑物扩充的灵活性是否受搬运方法的限制。
- (6) 面积和空间的利用。
- (7) 安全和建筑物管理。
- (8) 工人是否对工作条件感到满意。
- (9) 是否便于管理和控制。
- (10) 可能发生故障的频繁性及其严重性。
- (11) 是否便于维护并能很快地修复。
- (12) 施工期间对生产造成的中断、破坏和混乱程度。
- (13) 对产品质量和物料有无损伤可能。
- (14) 能否适应生产节拍的要求。
- (15) 对生产流程时间的影响。
- (16) 人事问题——可否招聘到熟练工人、能否培训、多余人员的安排、工种的变动、工龄合同或工作习惯。
- (17) 能否得到所需要的设备。
- (18) 同搬运计划、库存管理和文书报表工作是否联系密切。
- (19) 自然条件的影响——土地、气候、日照、气温。
- (20) 与物料搬运管理部门的一致性。
- (21) 由于生产中的同步要求或高峰负荷可能造成的停顿。
- (22) 对辅助部门的要求。
- (23) 仓库设施是否协调。
- (24) 同外部运输是否适应。
- (25) 施工、培训和调试所需的时间。
- (26) 资金或投资是否落实。
- (27) 对社会的价值或促进作用。

3. 因素加权分析法

多方案比较时，一般说因素加权分析法是评价各种无形因素的最好方法。其程序主要有以下几个步骤：

- (1) 列出搬运方案需要考虑或包含的因素（或目的）。
- (2) 把最重要一个因素的加权值定为 10，再按相对重要性规定其余各因素的加权值。
- (3) 标出各比较方案的名称，每一方案占一栏。
- (4) 对所有方案的每个因素进行打分。
- (5) 计算各方案加权值，并比较各方案的总分。

总之，正确选定搬运方案可以根据费用对比和对无形因素的评价而定，建议应同时考虑这两方面的问题。

4.3.8 详细搬运方案的设计

总体搬运方案设计确定了整个工厂的总的搬运路线系统、搬运设备、运输单元，搬运方案详细设计是在此基础上制定一个车间内部从工作地到工作地，或从具体取货点到具体卸货点之间的搬运方法。详细搬运方案必须与总体搬运方案协调一致。

实际上，SHA 在方案初步设计阶段和方案详细设计阶段用的是同样的模式，只是在实际运用中，两个阶段的设计区域范围不同，详细程度不同。详细设计阶段需要大量的资料、更具体的指标和更多的实际条件。

1. 物料的分类

在方案详细设计中，首先要核对每个区域是否还有遗漏的物料类别。某些物料只是在某个区域才有，或是进入某个区域以后它的分类才有所变化。而且经常要把已分好的物料类别再分成若干小类，甚至还要增加一些新的物料类别。

2. 布置

在这一阶段，要在布置上标出每一台机器和设备、工作通道和主要通道以及车间或部门的特征等。

3. 移动分析

由于这个阶段遇到的问题通常只是少数几种物料和比较具体的移动，因此可用物料流程图和从一至表表示。

其余部分的方法也都与方案初步设计阶段相同，只是更具体，更详细，这里不再单独叙述。

4.4 物料搬运（方案）系统评估的量化分析方法

4.4.1 量化分析与5W1H方法

- 物料搬运系统的规划评价是一项比较复杂的工作。规划评价时，应回答如下五个问题：
- (1) 为什么要被运输或储存（Why）？
 - (2) 是什么货物？有多少要被运输或储存（What kind, How much）？
 - (3) 从何处运来？运到何处（From, To）？
 - (4) 用什么设备运输？怎样运输（With, How）？
 - (5) 什么时候被运输或被储存？运输或储存的时间有多长（When, How long）？

规划的评价有很多方法。在此，仅介绍量化分析方法。这种方法是对规划初期提出的几种方案进行量化评分，然后再进行评价。以下通过一个仓储机械化物料搬运系统实例来说明该方法的分析过程。

4.4.2 量化评价实例

该实例是要在图 4-22 所示的仓库设计的四个设备配置方案（见表 4-9）中选出最优，系统配置方案中有关设备的经济技术参数如表 4-10 所示。该方案是要解决从仓储区到出库月台和从出库月台回到托盘堆存区的货物运输问题。

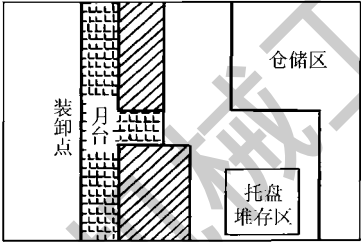


图 4-22 仓库

表 4-9 设备配置方案

方 案	运 输 工 具	备 注
A ₁	平衡重叉车	见表 4-10
A ₂	牵引车（长度为两个托盘）	见表 4-10
A ₃	自动导引车	见表 4-10
A ₄	自行车悬挂式输送机	见表 4-10

表 4-10 系统配置方案中有关设备的经济技术参数

分类序号	子项序号	量 化 项 目	单 位	方 案 号			
				A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
I	1	设备长度	mm	3 260	9 760	3 120	1 750
	2	设备宽度	mm	1 700	1 050	1 050	1 075
	3	设备高度	mm	2 575	1 400	1 200	2 150
	4	设备质量	kg	4 100	10 700	2 500	1 700
II	5	输送货物单元类型		托盘货和包装货			所有
	6	起升高度	mm	3 400			
	7	堆垛能力	mm	2 300	1 100	1 100	1 100
	8	爬坡能力	(%)	31	6	5	15
	9	转弯半径	mm	2 800	2 500	2 500	1 500
III	10	设备数量	台	20	13 + 2	60	80 + 2
IV	11	小时运行总费用	元	1 800	1 545	3 600	780
	12	人员数量	人	2	2	0	1
	13	带载运行时间/总运行时间	(%)	0.65	0.55	0.7	0.83
	14	不要其他工具辅助			不可能		可能

该仓库从仓储区到月台的过道为一斜坡,坡度为3%。分析前要列出系统的运输距离矩阵和运量矩阵。在以上四个方案中,方案2和方案4有必要配备一台叉车进行空托盘的堆码工作。

1. 权重系数

首先对方案按设备尺寸、工作参数、数量、投资四大项定义出相应的权重系数 G_j ,再确定大项中各个子项的权重因子 G_k ,计算各子项的权重系数 $G_i = G_j G_k$,得到表4-11。

表 4-11 权重系数表

分 类 号	子项序号	量 化 项 目	G_j	G_k	$G_i = G_j G_k$
I		运输工具的尺寸	0.2		
	1	长度		0.3	0.06
	2	宽度		0.4	0.08
	3	高度		0.1	0.02
	4	设备质量		0.2	0.04
II		设备性能参数	0.3		
	5	对货物类型的适应能力		0.3	0.09
	6	起升高度		0.1	0.03
	7	堆垛能力		0.3	0.09
	8	爬坡能力		0.1	0.03
III		必要的运输工具	0.1		
	10	运输工具数量		1	
IV		投资	0.4		
	11	小时运行总费用		0.3	0.12
	12	所需人员数		0.2	0.08
	13	带载运行时间/总运行时间		0.3	0.12
	14	不要其他工具辅助		0.2	0.08

2. 量化

根据图 4-23、图 4-24 所给出的经验曲线对表 4-10 中四个方案的 14 个子项进行量化, 得到表 4-12。

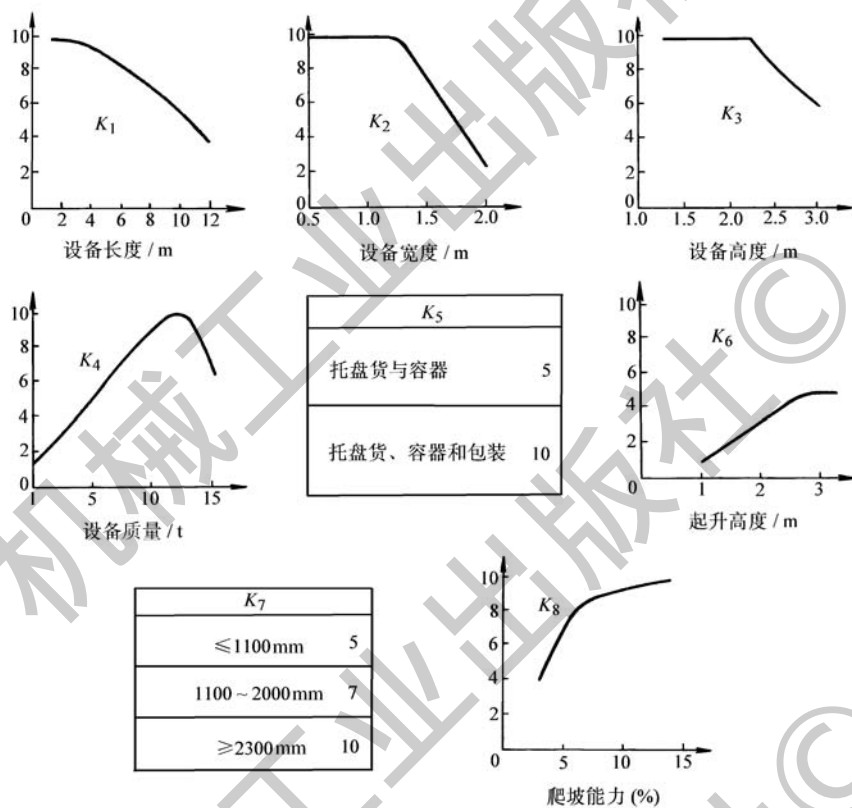


图 4-23 设备性能评分经验曲线 (一)

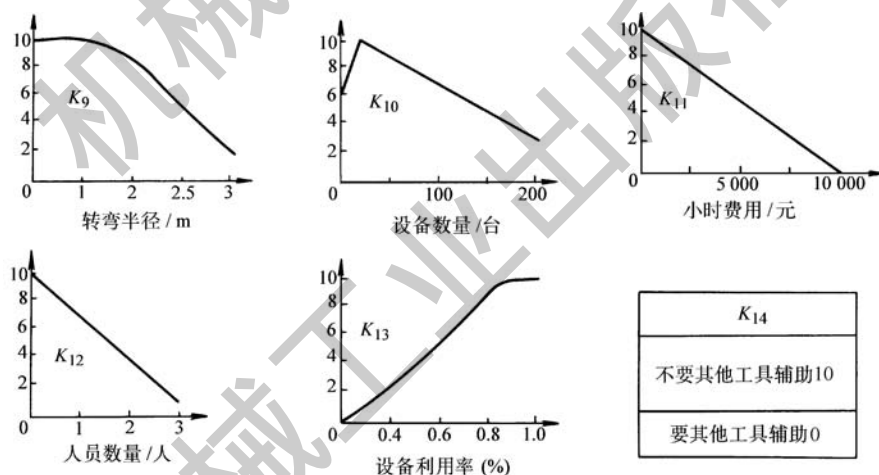


图 4-24 设备性能评分经验曲线 (二)

表 4-12 方案子量化

量 化 项 目				方 案			
序号及目录		单 位	适应范围	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
1	设备长度	mm	12 000	9.6	6	9.8	9.9
2	设备宽度	mm	1 800	6	10	10	10
3	设备高度	mm	3 000	8	10	10	10
4	设备质量	kg	15 000	4.2	10	3.9	1.7
5	输送货物单元类型			10	10	5	5
6	起升高度	mm	3 500	5	0	0	0
7	堆垛能力	mm		10	5	5	5
8	爬坡能力	(%)		10	8	4	10
9	转弯半径	mm	3 000	3.4	5.5	8	9
10	设备数量	台		10	10	8	7
11	小时运行总费用	元		8	9	6	10
12	人员数量	人		4	4	10	7
13	带载运行时间/总运行时间	(%)	50 ~ 100	6.4	4.8	6.9	9.6
14	不要其他辅助工具			0	0	0	10

3. 加权量化评分

按方案,分别对各子项加权评分,得加权评分综合表4-13。

表 4-13 加权评分综合表

项目	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄	ΣK _i
A ₁	0.58	0.48	0.16	0.17	0.9	0.15	0.9	0.3	0.2	1.0	0.96	0.32	0.77	0.0	6.89
A ₂	0.36	0.8	0.2	0.4	0.9	0.0	0.45	0.24	0.33	1.0	1.08	0.32	0.58	0.0	6.66
A ₃	0.58	0.8	0.2	0.16	0.45	0.0	0.45	0.12	0.48	0.8	0.72	0.8	0.83	0.0	6.39
A ₄	0.59	0.8	0.2	0.07	0.45	0.0	0.45	0.3	0.54	0.7	1.2	0.56	1.15	0.8	7.81

由表4-13可见,方案4所得(自行式悬挂式输送机方案)的综合加权评分(ΣK)最高,所以应选用此方案。

4.5 惊天液压锤公司生产物料搬运系统规划分析

4.5.1 惊天液压锤生产概况

惊天液压锤公司年产液压锤1 200台,每天的产能为4台。本规划即按4台液压锤的日产量来计算物流量,单位是kg/天。一台液压锤主要由一个氮气室、四根螺栓、一只缸体、一个钎杆座、一个钎杆以及两块侧板所组成,这些零部件的相关参数如表4-14所示。

表 4-14 零部件的相关参数

产 品 名 称	尺寸/cm			质量/kg	形 状
	长	宽	高		
氮气室	25	25	20	50	长方体
螺栓				1	圆柱体
缸体	25	25	50	250	长方体
钎杆座	25	25	75	200	圆柱体
钎杆	1 200	直径: 135		100	圆柱体
侧板				150	板形

4.5.2 物流分析与布局改善

本例采用从一至表和 $F-D$ 图来做物流分析，并以物流分析的结果来做布局改善。液压锤公司厂区现时的整体布局如图 4-25 所示。金加工车间是综合车间的一部分，其现时的整体布局如图 4-26 所示。

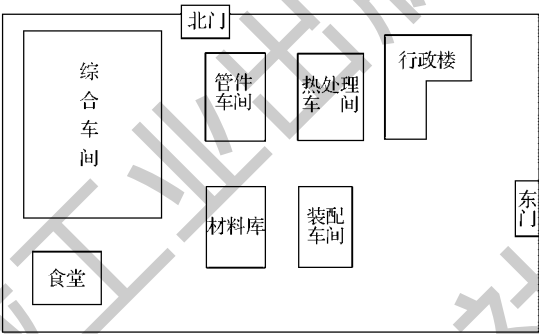


图 4-25 厂区现时的整体布局

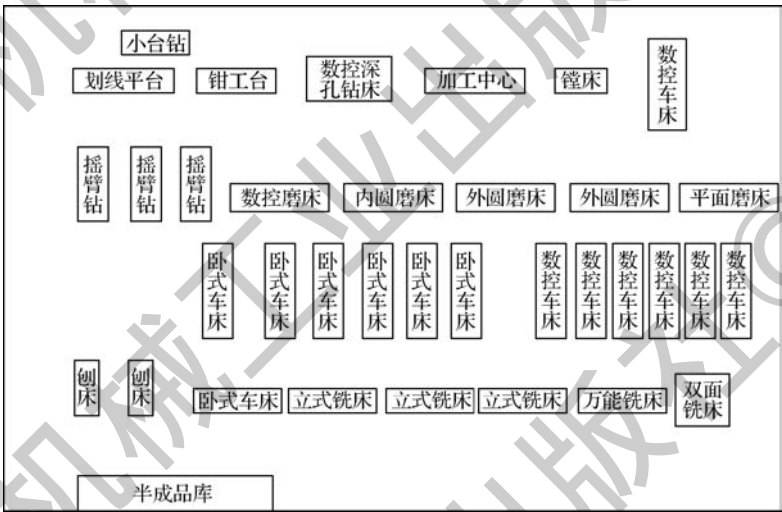


图 4-26 金加工车间现时的整体布局

将金加工车间按设备功能划分作业单位，其中立式铣床加工和数控车床加工按加工工艺的不同各自又被分为两组。金加工车间共被分为 17 个作业单位，按机床或功能命名如下（简称是为了与表 4-21 的相关项对应）：材料库（简称“材”）、划线平台（简称“划”）、立式铣床（2）（简称“铣 2”）、车床（1）（简称“车 1”）、钻床（简称“钻”）、钻床（1）（简称“钻 1”）、热处理车间（简称“热”）、磨床（简称“磨”）、双面铣床（简称“双铣”）、数控车床（1）（简称“数 1”）、加工中心（简称“加”）、数控深孔钻床（简称“数钻”）、数控车床（2）（简称“数 2”）、立式铣床（1）（简称“铣 1”）、半成品库（简称“半”）、刨床（简称“刨”）、镗床（简称“镗”）。依据液压锤生产现场的数据，经过分析和计算后得到液压锤生产系统的物流从一至表如表 4-15 所示。



表 4-15 物流从一至表

至	1. 材料库	2. 划线平台	3. 立式铣床 (2)	4. 车床 (1)	5. 钻床	6. 热处理车间	7. 磨床	8. 双面铣床	9. 数控车床 (1)	10. 加工中心	11. 数控深孔钻床	12. 数控车床 (2)	13. 立式铣床 (1)	14. 半成品库	15. 刨床	16. 镗床
从	1. 材料库	320/ 70m				1 720/ 55m		1 200/ 76m								
2. 划线平台			2 060/ 48m		2 040/ 12m						1 000/ 12m					
3. 立式铣床 (2)		1 120/ 48m		1 520/ 12m												620/ 70m
4. 车床 (1)		1 400/ 36m					1 000/ 12m									
5. 钻床		620/ 12m		880/ 24m												
6. 热处理车间			1 200/ 140m	220/ 136m			1 800/ 124m					520/ 130m				
7. 磨床	2 416/ 52m					800/ 116m										
8. 双面铣床									1 200/ 32m							
9. 数控车床 (1)										1 120/ 24m						
10. 加工中心		1 120/ 20m														
11. 数控深孔钻床					1 000/ 112m											
12. 数控车床 (2)													420/ 16m			
13. 立式铣床 (1)							420/ 28m									
14. 半成品库												32/ 55m			800/ 20m	
15. 刨床		640/ 30m														
16. 镗床	600/ 64m															

由表 4-15 很容易做出 $F-D$ 图，如图 4-27 所示。

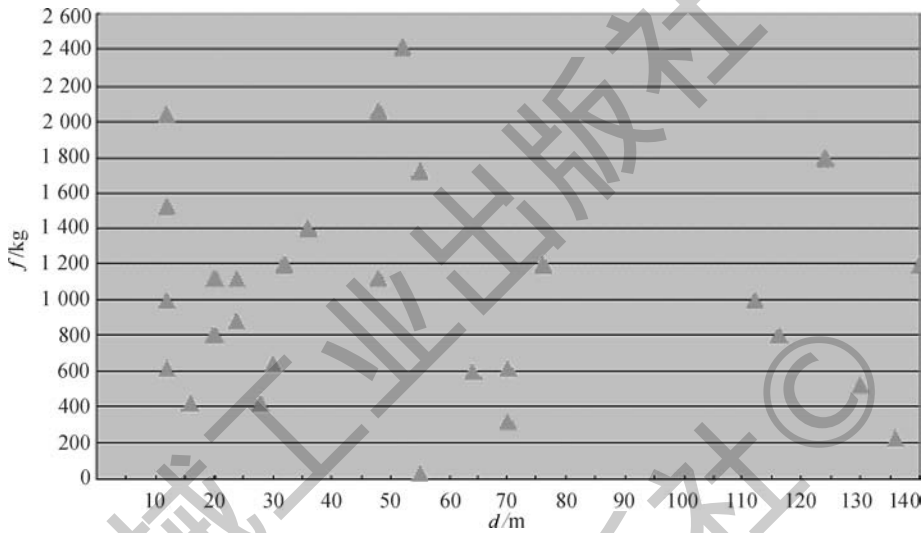


图 4-27 现时的物流 $F-D$ 图

可以把 $F-D$ 图分成四个区域，物流量大距离小的为第一区域，物流量大而且距离也大的为第二区域，物流量小距离也小的为第三区域，物流量小距离大的为第四区域。从图 4-27 中可以看出有 2 对（或 3 对）作业单位之间存在距离大物流量也大的情况，这些情况属于第二区域，属于不合理部分，这就需要对金加工车间的物流进行改善，将它们调整到其他区域。在这里，每对作业单位之间的物流量是不变的，所以只有改变加工机器的布置。在满足工艺要求的前提下，根据物流量大小合理地调整机器的布局，就可以得到新的金加工车间的布局，使这 2 对（或 3 对）作业单位之间的物料搬运距离缩小。改善后的金加工车间的布局图则如图 4-28 所示。

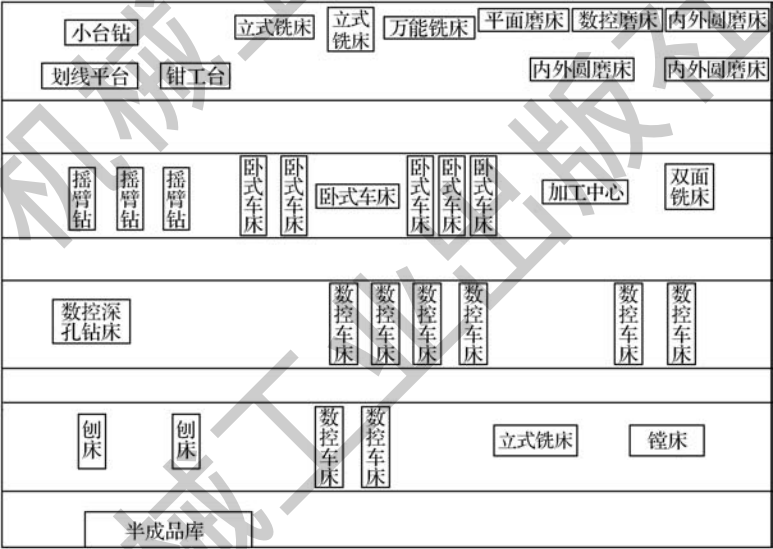


图 4-28 改善后的金加工车间布局

物料在金加工车间加工过程中还需要经过热处理,然而原布置中的热处理车间距综合车间较远,这样就增加了搬运的成本。因此,要改动热处理车间的位置,把管件车间与热处理车间的位置对调,改善工厂的布局。

4.5.3 惊天液压锤公司物料搬运系统方案设计

1. 移动分析

(1) 编制主要零件加工流程图表。根据工艺要求,编制氮气室、钎杆座和缸体加工流程图表,如表 4-16、表 4-17 和表 4-18 所示。

表 4-16 氮气室加工流程图表

每次作业的类别及数量	作业符号	作业说明	荷载的质量/kg	距离/m	备注
1. 外协半成品	▽	叠放在地面上			
2. 外协半成品/4	1→	运至划线平台	320	70	
3. 外协半成品/1	①	按尺寸划线			
4. 外协半成品/4	2→	运至铣床	320	6	
5. 在制品/1	②	铣基准面			
6. 在制品/1	3→	运至车床	320	12	
7. 在制品/1	③	半精车加工			
8. 在制品/1	4→	运至划线平台	280	16	
9. 在制品/1	④	划线			
10. 在制品/1	5→	运至钻床	280	12	
11. 在制品/1	⑤	按尺寸进行钻加工			
12. 在制品/1	6→	运至热处理车间	220	70	

(续)

每次作业的类型及数量	作业符号	作业说明	荷载的质量/kg	距离/m	备注
13. 在制品/4	⑥	热处理加工			
14. 在制品/1	⑦→	运至车床	220	86	
15. 在制品/1	⑦	精车加工			
16. 在制品/1	⑧→	运至磨床	200	20	
17. 在制品/1	⑧	磨加工			
18. 成品/4	⑨→	运至材料库	200	40	
19. 成品/4	⑨▽	放至指定区域			

表 4-17 杆座加工流程图表

每次作业的类型及数量	作业符号	作业说明	荷载的质量/kg	距离/m	备注
1. 锻件	①▽	叠放在地面上			
2. 锻件/2	①→	运至热处理车间	1 200	40	
3. 在制品/1	①	热处理加工			
4. 在制品/2	②→	运至铣床	1 200	75	
5. 在制品/1	②	铣基准面			
6. 在制品/4	③→	运至车床	1 200	12	
7. 在制品/1	③	粗车加工			
8. 在制品/1	④→	运至划线平台	1 120	16	
9. 在制品/1	④	划线			
10. 在制品/1	⑤→	运至铣床	1 120	6	
11. 在制品/1	⑤	按尺寸进行铣加工			

(续)

每次作业的类别及数量	作业符号	作业说明	荷载的质量/kg	距离/m	备注
12. 在制品/1		运至划线平台	1 120	6	
13. 在制品/1		划线			
14. 在制品/1		运至钻床	880	10	
15. 在制品/1		钻加工			
16. 在制品/1		运至车床	880	20	
17. 在制品/1		半精车加工			
18. 在制品/1		运至磨床	800	20	
19. 在制品/1		磨加工			
20. 在制品/2		运至热处理车间	800	60	
21. 在制品/4		热处理加工			
22. 在制品/2		运至磨床	800	60	
23. 在制品/1		磨加工			
24. 成品/2		运至材料库	800	40	
25. 成品/2		放至指定区域			

表 4-18 缸体加工流程图表

每次作业的类别及数量	作业符号	作业说明	荷载的质量/kg	距离/m	备注
1. 毛坯		叠放在地面上			
2. 毛坯/2		运至双面铣床	1 200	52	

(续)

每次作业的类别及数量	作业符号	作业说明	荷载的质量/kg	距离/m	备注
3. 毛坯/1	①	铣基准面			
4. 在制品/1	②➡	运至数控车床	1 200	10	
5. 在制品/1	②	数控车床加工			
6. 在制品/1	③➡	运至加工中心	1 120	6	
7. 在制品/1	③	加工			
8. 在制品/1	④➡	运至划线平台	1 120	24	
9. 在制品/1	④	划线			
10. 在制品/1	⑤➡	运至钻床	1 000	24	
11. 在制品/1	⑤	深钻孔加工			
12. 在制品/1	⑥➡	运至热处理车间	1 000	82	
13. 在制品/4	⑥	热处理加工			
14. 在制品/2	⑦➡	运至磨床	1 000	60	
15. 在制品/1	⑦	磨加工			
16. 成品/2	⑧➡	运至材料库	1 000	40	
17. 成品/2	②/▽	放至指定区域			

(2) 编制搬运活动一览表。为了把收集的资料进行汇总,达到全面了解情况的目的,需要编制搬运活动一览表。在搬运活动一览表中,需要对每条路线、每类物料和每项移动的相对重要性进行标定。一般是用五个英文字母来划分等级,即 A、E、I、O、U。搬运活动一览表是 SHA 方法中的一项主要文件,因为它把各项搬运活动的所有主要情况都记录在一张表上。依据零件加工流程图表和新的布置方案图,确定各作业单位之间的物料搬运路线,同时,测出各条路线的距离,编制成搬运活动一览表,如表 4-19 所示。

2. 布局改善后的物流分析

(1) 布局改善后的物流从一至表。根据搬运活动一览表可以画出布局改善后的物流从一至表,如表 4-20 所示。

表 4-19 搬运活动一览表

搬运活动一览表				公司		惊天液压锤公司												
				物流量 单位		kg/天												
路线	距离 /m	具体 情况	氮气室		缸体		钎杆座		钎杆		侧板		螺栓		物流量 排序	路线合计		
			物流量 件	等级 工作量	物流量 件	等级 工作量	物流量 件	等级 工作量	物流量 件	等级 工作量	物流量 件	等级 工作量	物流量 件	等级 工作量		物流量 /(kg· m)/天]	运输工作 量/[(kg· m)/天]	等级
材料库到划线 平台	70	3	320	22 400											27	320	22 400	O
划线平台到立式 铣床 (2)	6	1	320	1 920			1 120				620				2	2 060	12 360	A
立式铣床 (2) 到车床 (1)	12	1	320	3 840			1 200								6	1 520	18 240	E
车床 (1) 到划 线平台	16	1	280	4 480			1 120								7	1 400	22 400	E
划线平台到钻床 (1)	12	1	280	3 360			1 120				640				3	2 040	24 480	A
钻床 (1) 到热 处理车间	70	3	220	15 400											28	220	15 400	O
热处理车间到车 床 (1)	86	3	220	18 920											29	220	18 920	O
车 床 (1) 到 磨床	20	1	200	4 000			800								14	1 000	20 000	I
磨床到材料库	40	3	200	8 000	1 000	40 000	800	16 000						16	1	2 416	96 640	A
材料库到双面 铣床	52	3			1 200										8	1 200	62 400	I
双面铣床到数控 车床 (1)	10	1			1 200										8	1 200	12 000	I

数控车床 (1)	6	1			1 120											11	1 120	6 720	1
到加工中心																			
加工中心到划线平台	24	1			1 120											11	1 120	26 880	1
划线平台到数控深孔钻床	24	1			1 000											14	1 000	24 000	1
数控深孔钻床到热处理车间	82	3			1 000											14	1 000	82 000	1
热处理车间到磨床	60	3			1 000		800									4	1 800	108 000	E
材料库到热处理车间	40	3					1 200	520								5	1 720	68 800	E
热处理车间到立式铣床 (2)	75	3					1 200									8	1 200	90 000	1
立式铣床 (2) 到划线平台	6	1					1 120									11	1 120	6 720	1
钻床 (1) 到车床 (1)	10	1					880									17	880	8 800	0
磨床到热处理车间	70	3					800									18	800	56 000	0
热处理车间到数控车床 (2)	106	3						520								24	520	55 120	0

(续)

搬运活动一览表			公司		惊天液压锤公司														
			物流量 单位		kg/天														
路线	距离 /m	具体情况	氮气室 物流量 物流条 件	等级 工作量	缸体 物流量 物流条 件	等级 工作量	钎杆座 物流量 物流条 件	等级 工作量	钎杆 物流量 物流条 件	等级 工作量	侧板 物流量 物流条 件	等级 工作量	螺栓 物流量 物流条 件	等级 工作量	物流量 排序	物流量 /(kg/天)	运输工作 量/[(kg· m)/天]	路线合计 等级	
数控车床（2） 到立式铣床（1）	15	1							400				20		25	420	6 300	0	
														300					
立式铣床（1） 到磨床	34	1							400				20		25	420	14 280	0	
														680					
半成品棒到刨床	20	1									800				18	800	16 000	1	
刨床到划线平台	30	1									640				20	640	19 200	0	
钻床（1）到划 线平台	12	1									620				21	620	7 440	0	
立式铣床（2） 到磨床	60	1									620				21	620	37 200	0	
磨床到材料库	80	3									600				23	600	48 000	0	
半成品库到数控 车床（2）	45	1											32		30	32	1 440	0	
每类物料合计	物流量	2 360			8 640		12 160		2 240		4 540		88						
	运输工作量					361 200		366 000		111 520		10 934		3 060					
	标定等级	1		E			A		I		E		0						
代 号	线路的具体情况																		
1	室内较宽通道，两边可堆放																		
2	室内较窄通道，不可堆放																		
3	室外道路良好，交通不拥挤																		
4	室外道路交通拥挤																		

表 4-20 物流从一至表 (改善后)

从	至	1. 材料库	2. 划线平台	3. 立式铣床 (2)	4. 车床 (1)	5. 钻床	6. 热处理车间	7. 磨床	8. 双面铣床	9. 数控车床 (1)	10. 加工中心	11. 数控深孔钻床	12. 数控车床 (2)	13. 立式铣床 (1)	14. 半成品库	15. 刨床	16. 镗床
1. 材料库			320/ 70m				1 720/ 40m		1 200/ 52m								
2. 划线平台				2 060/ 6m		2 040/ 12m						1 000/ 24m					
3. 立式铣床 (2)			1 120/ 6m		1 520/ 12m												620/ 60m
4. 车床 (1)			1 400/ 16m					1 000/ 20m									
5. 钻床			620/ 12m		880/ 10m												
6. 热处理车间				1 200/ 75m	220/ 86m			1 800/ 60m					520/ 106m				
7. 磨床		2 416/ 40m					800/ 70m										
8. 双面铣床									1 200/ 10m								
9. 数控车床 (1)										1 120/ 6m							
10. 加工中心			1 120/ 24m														
11. 数控深孔钻床						1 000/ 82m								420/ 15m			
12. 数控车床 (2)																	
13. 立式铣床 (1)								420/ 34m									
14. 半成品库													32/ 45m			800/ 20m	
15. 刨床			640/ 30m														
16. 镗床		600/ 80m															



(2) $F-D$ 图。改进布局后的 $F-D$ 图如图 4-29 所示。

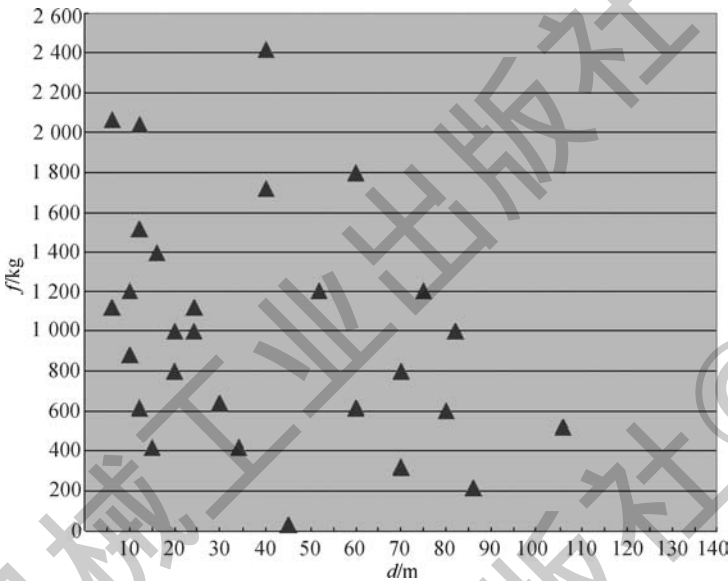


图 4-29 改进布局后的 $F-D$ 图

从图 4-29 可以看出没有出现物流量大且距离大的物流路线，这就说明工厂的布局改善是可行的。此后，就可以确定初步的搬运方案。

3. 搬运系统方案设计

(1) 搬运系统方案汇总表。从 SHA 模式可以看出，在 SHA 中，把制定物料搬运方法叫作“系统方案汇总”，即确定系统（指搬运的路线系统）、确定设备（装卸或运输设备）及确定运输单元（单件、单元运输件、容器、托架以及附件等）。到搬运方法选择这一步骤之前，我们已搜集分析了所需要的资料并进行了图表化。下面就根据上面的搬运活动一览表，结合物流设施的应用来确定搬运路线，确定设备及确定运输单元，并将“系统方案汇总”的这些路线、设备、单元用规定的符号填入搬运系统方案汇总表。在实际工作中，可以同时制定出几种不同的方案，以便评价比较。本例的设计中，制定了三种不同的方案，由于篇幅有限，下面只列出 A 方案的搬运系统方案汇总表，如表 4-21 所示。作为练习，读者可自行列出其他方案的搬运系统方案汇总表。

表 4-21 搬运系统 A 方案汇总表

系统方案汇总表		公司		惊天液压锤公司																														
路线	说明	氮气室			说明			缸体			说明			缸杆座			说明			缸杆			说明			侧板			说明			螺栓		
	代用S	E	T	代用S	E	T	代用S	E	T	代用S	E	T	代用S	E	T	代用S	E	T	代用S	E	T	代用S	E	T	代用S	E	T	代用S	E	T				
材-划																																		
划-划2																																		
划2-车1																																		
车1-划																																		
划-划1																																		

(续)

系统方案汇总表				公司		惊天液压锤公司																		
路线	说明	氮气室			说明	缸体			说明	钎杆座			说明	钎杆			说明	侧板			说明	螺栓		
	代用S	E	T		代用S	E	T		代用S	E	T		代用S	E	T		代用S	E	T		代用S	E	T	
①钻1—①热	a K																							
①热—①车1	a K																							
①车1—①磨																								
①磨—①材	c D				c D				c D				c D							c D				
①材—①双铣					c D																			
①双铣—①数1																								
①数1—①加																								
①加—①划																								
①划—①数钻																								
①数钻—①热					c D																			
①热—①磨					c D				c D															
①材—①热													c D											
①热—①铣2																								
①铣2—①划																								
①钻1—①车1																								
①磨—①热									a K															
①热—①数2													a K											
①数2—①铣1																								
①铣1—①磨													a K											
①半—①刨																								
①刨—①划																								
①钻1—①划																								
①铣2—①镗																								
①镗—①材																	a K							
①半—①数2																								
搬运方法的 代用方案或 第二方案	a K				c D																			
	b D																							

(2) 各项需求的计算。对三个初步搬运方案进行修改后,就要说明和计算每一个方案的各项需求。对各项需求,应分方案填写搬运系统方案需求一览表。表 4-22 是搬运系统方案 A 的需求一览表。

表 4-22 搬运系统方案 A 的需求一览表

方案名称: (A) 手动叉车、机动叉车、机动平板车、二轮推车							
搬运方法	搬运物件	设备和搬运器具			人 员		h. 总经费 /(元/年)
a. 按每种方法分别列出	b. 路线和物料类别	c. 设备 需求量	d. 投资 /元	e. 经营费 /元	f. 需求数	g. 费用/ (元/年)	
渠道型系统	材——划 氮气室	机动平板车 1	10 000	8 000	1	15 000	60 000
机动平板车	钻 1——热 氮气室	机动平板车 共用					
	热——车 1 氮气室	机动平板车 共用					
	磨——热 钎杆座	机动平板车 共用					
	热——数 2 钎杆	机动平板车 1	10 000	8 000	1	15 000	
	铣——磨 钎杆	机动平板车 共用					
	镗——材 侧板	机动平板车 共用					
	半——数 2 螺栓	机动平板车 共用					
直接型系统		机动叉车	40 000	18 000	2	40 000	130 000
机动叉车和 手动叉车	所有其他在材料库、金加工车间、热处理车间的搬运活动	2					
		手动叉车	6 000	900			
		3					
		二轮推车	1 200	600		20 000	
其他		2					5 000
		手动叉车	2 000	600			
		1					

4. 方案的评价

按照程序模式，得出了三个可供比较的搬运方案。根据 SHA 可知，从几个合理可行的方案中选出最佳方案，即对方案进行评价，是程序模式中的一个决定性的步骤。

现选择因素加权分析法来对上述三个方案及现有方案进行评价，做出的评价表如表 4-23 所示。

表 4-23 方案评价表

方案评价表						
各方案简要说明	A. 方案一		B. 方案二		意见	
	C. 方案三		D. 现有方案			
考虑的因素	加权值	评价等级和加权等级				
		A	B	C	D	
1. 对生产流程的服务能力	10	A/40	E/30	I/20	I/20	
2. 投资及运行费用	6	A/24	A/24	I/12	A/24	
3. 设备可靠性	5	E/15	I/10	A/20	E/15	
4. 对物料损伤的可能性	3	E/9	E/9	A/12	A/12	
5. 是否便于今后扩展	2	E/6	E/6	E/6	A/8	
6. 气候条件影响（下雪、下雨）	3	I/6	I/6	I/6	I/6	
7. 维修和管理问题	4	I/8	O/4	I/8	I/8	
总 分		108	89	84	93	

由表4-23可以看出,方案A的总分值大于方案D,而方案D的大于方案B的,方案B的大于方案C的,因此方案A为较好方案。



思考与练习题

1. 列出本章第4.5节搬运系统方案B的需求一览表。
2. 搬运系统设计要素P、Q、R、S、T各自的含义是什么?
3. 搬运系统方案设计中如何体现单元荷载原则?
4. 工厂物流分析的技术工具有哪些?
5. 工艺过程图和多种产品工艺过程表在功能上有哪些异同?各有何特点?
6. 当量物流量的意义是什么?
7. 物流搬运系统的分析过程分哪些阶段?
8. 根据图4-7的某车间物流流程图,试画出对应的从一至表。
9. 布置方案 I_1 和方案 I_2 物流—距离曲线如图4-30所示,试分析布置方案的优劣。

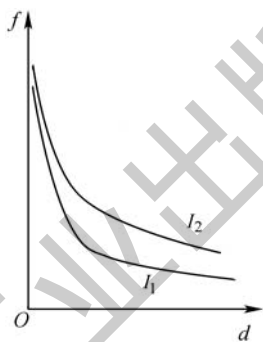


图4-30 思考与练习题9图