



创优系列·工程硕士



本书含  
二维码



本书含  
精美PPT

# 设施规划与设计

FACILITIES PLANNING AND DESIGN

张力波 庄长远 主 编



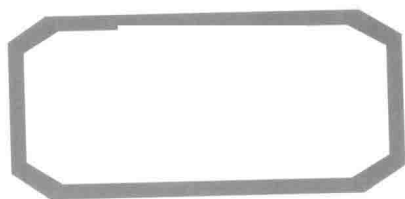
中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>



创优系列·工程硕士



# 设施规划与设计

FACILITIES PLANNING AND DESIGN



张力菠 庄长远 主 编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书主要是针对工程硕士既要掌握相关基本理论、方法、工具,又要结合一定的实际工程背景展开应用,以及要有一定创新的教育与培养要求而编写的。主要目的是帮助工程硕士完善、构建设施规划与设计的系统的知识体系,把握设施规划与设计的发展脉络、研究趋势及应用思路,掌握设施规划与设计研究与应用方面(如现代物流、设施选址、总平面与作业单位内部设备布置设计、流程优化、仓储搬运等)的基本理论、方法与工具,培养并提升应用前述相关理论、方法与工具科学地分析并解决实际工程问题的能力。

本书可作为高等学校工业工程、物流工程、管理工程等专业本科生、工程硕士研究生的教材或教学参考书,也对工程设计院专业人员和企业设施规划领域的实践人员也有很好的指导和参考价值。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

设施规划与设计/张力菠,庄长远主编. —北京:电子工业出版社,2016.3

(华信经管创优系列)

ISBN 978-7-121-28300-0

I. ①设… II. ①张… ②庄… III. ①工业生产设备—规划—高等学校—教材 IV. ①TB492

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 047630 号

策划编辑:王赫男

责任编辑:郝黎明

印 刷: 涿州市京南印刷厂  
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:17 字数:435.2 千字 插页:1

版 次:2016 年 3 月第 1 版

印 次:2016 年 3 月第 1 次印刷

定 价:38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn),盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线:(010)88258888。

# 前言

设施规划与设计是工业工程专业的一门核心课程,它是为培养工业工程专业类人才适应各类生产设施和服务设施的规划、设计和改善优化的需求而设置的。随着美国的“再工业化”战略、以德国为代表的“工业 4.0”战略以及我国“制造 2025”战略的推进,设施规划与设计将可能成为将来提高生产效率与服务效率的最重要与最活跃的领域之一。而我国当前正处于社会经济转型、产业结构调整升级的关键时期,经济发展已经进入新常态,要求企业改变发展模式,其中有相当一部就是从依靠扩大设施规模转变到依靠对现有设施进行改造或扩建,通过对生产系统与服务系统的整体规划、系统设计与优化,降低运营成本,提升生产效率。这为设施规划与设计的应用提供了广阔的空间,也加大了相关专业人才的需求,并对相关专业人才提出了更高的要求。

本书作为面向“十二五”高等院校应用型人才培养规划教材,编写立足于设施规划与设计的基本理论、方法和实践成果,结合诸多实际应用案例,力图从应用的视角,较为全面、系统地介绍设施选址、设施布置、物料搬运系统设计和仓储系统设计等内容。

本书共 7 章。第 1 章概述性介绍了设施规划与设计的基本概念、重要意义、发展历程、基本内容和过程;第 2 章比较详细地综述了设施选址与设施布置的研究方法及应用现状,并剖析了设施规划与设计所面临的新挑战;第 3~5 章是设施规划与设计的核心内容,介绍了设施选址方法、设施布置设计方法和物料搬运系统设计,不仅涉及制造行业生产系统的设施布置,也分析了服务系统设施规划;第 6 章介绍了库存管理、仓库运作管理、仓库系统设计、相关信息技术及其在仓储物流的应用;第 7 章为设施规划综合案例,以案例形式说明如何进行实际的设施布置设计。其中第 1、2、5、6、7 章节由张力菠编写;第 3、4 章由庄长远编写。

本书参考了大量国内外设施规划的相关著作、论文、报道等文献,引用和吸收了相关理论、思想、方法与实践经验的成果与精华,并结合了编者多年的教学实践及企业设施规划相关实践项目经验总结编写而成,在此对本书引用的所有文献的作者表示诚挚的感谢。本书的编写及顺利出版,得到了编者所在单位领导和老师以及电子工业出版社王赫男主任的大力支持与帮助,在此表示诚挚的感谢。徐云天、姜志平、邹文强、杨涛、夏浩、包玉倩和唐敏皎等研究生也参与了本书的一些编写工作,在此一并表示感谢。

本书以设施规划与设计的实践应用为主线，突出方法重点，强调深入浅出，尽量做到通俗易懂，选择最具代表性的分析案例供读者参考。

虽然经过反复修改校订，但限于水平及时间有限，本书仍难免存在一定的缺点和不足，热忱欢迎读者指正，不胜感谢。

编 者

## 反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

# 目 录

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 第1章 绪论..... 1                     |  |
| 1.1 设施规划与设计的概念/3                  |  |
| 1.1.1 设施的概念/3                     |  |
| 1.1.2 设施规划与设计的概念/4                |  |
| 1.2 设施规划与设计的起源及发展/5               |  |
| 1.3 设施规划与设计的基本内容/7                |  |
| 1.3.1 设施规划与设计的研究内容/7              |  |
| 1.3.2 设施规划与设计的基本要求/12             |  |
| 1.4 设施规划与设计的意义/13                 |  |
| 1.5 设施规划与设计的基本过程/16               |  |
| 1.5.1 基于传统工程设计过程的<br>设施规划过程/16    |  |
| 1.5.2 成功设施规划过程/17                 |  |
| 本章小结/19                           |  |
| 思考与练习题/20                         |  |
| 第2章 设施规划与设计研究综述 ..... 21          |  |
| 2.1 设施选址研究综述/21                   |  |
| 2.1.1 设施选址问题的分类/22                |  |
| 2.1.2 设施选址问题的定性方法/24              |  |
| 2.1.3 设施选址问题的定量方法/25              |  |
| 2.1.4 设施选址研究评述/26                 |  |
| 2.2 设施布置研究综述/30                   |  |
| 2.2.1 设施布置问题的分类/30                |  |
| 2.2.2 设施布置问题的数学<br>规划方法/33        |  |
| 2.2.3 设施布置问题的系统化<br>规划方法/37       |  |
| 2.2.4 设施布置问题的计算机<br>辅助规划/39       |  |
| 2.2.5 设施布置研究评述/46                 |  |
| 2.3 设施规划与设计所面临的挑战/49              |  |
| 2.3.1 供应链管理的影响/50                 |  |
| 2.3.2 精益生产的影响/51                  |  |
| 2.3.3 智能制造技术的影响/52                |  |
| 2.3.4 “工业4.0”战略的影响/53             |  |
| 本章小结/54                           |  |
| 思考与练习题/54                         |  |
| 第3章 设施选址 ..... 55                 |  |
| 3.1 概述/57                         |  |
| 3.2 设施选址的要求与基本原则/58               |  |
| 3.3 设施选址的程序/61                    |  |
| 3.4 设施选址的影响因素/65                  |  |
| 3.4.1 生产系统设施选址的影响<br>因素/66        |  |
| 3.4.2 服务系统设施选址的影响<br>因素/69        |  |
| 3.4.3 设施选址的成本因素与<br>非成本因素及其重要性/71 |  |
| 3.5 设施选址的评价方法/73                  |  |
| 3.5.1 设施选址的定性评价方法/73              |  |
| 3.5.2 设施选址的定量评价方法/75              |  |
| 3.5.3 设施选址的综合评价方法/81              |  |
| 本章小结/84                           |  |
| 案例分析/84                           |  |
| 思考与练习题/87                         |  |
| 第4章 设施布置设计 ..... 89               |  |
| 4.1 设施布置设计概述/91                   |  |
| 4.1.1 设施布置设计的要求/91                |  |

|       |                     |       |                      |
|-------|---------------------|-------|----------------------|
| 4.1.2 | 设施布置设计的原则/92        | 5.3.1 | 物料的分类/146            |
| 4.2   | 生产系统布置设计模式/93       | 5.3.2 | 物料搬运活性分析/147         |
| 4.2.1 | 工艺原则布置/93           | 5.4   | 系统搬运分析的移动分析/149      |
| 4.2.2 | 产品原则布置/95           | 5.4.1 | 布置分析/149             |
| 4.2.3 | 混合布置/96             | 5.4.2 | 移动分析/149             |
| 4.2.4 | 固定工位布置/97           | 5.4.3 | 移动分析的图表化/152         |
| 4.3   | 服务系统布置设计模式/100      | 5.5   | 系统搬运分析的方法分析/154      |
| 4.3.1 | 零售业设施布置/101         | 5.5.1 | 搬运路线的选择/155          |
| 4.3.2 | 医院设施布置/103          | 5.5.2 | 搬运设备的选择/156          |
| 4.3.3 | 银行设施布置/104          | 5.5.3 | 搬运单元的选择/173          |
| 4.3.4 | 餐饮业设施布置/105         | 5.6   | 系统搬运分析搬运方案的确定/174    |
| 4.3.5 | 办公室设施布置/106         | 5.6.1 | 初步搬运方案的确定/174        |
| 4.4   | 系统布置设计/108          | 5.6.2 | 方案的修正和限制/177         |
| 4.4.1 | 系统布置设计阶段结构及程序模式/108 | 5.6.3 | 修正方案各项需求的计算/178      |
| 4.4.2 | 基本要素分析/109          | 5.7   | 系统搬运分析搬运方案的评价及完善/178 |
| 4.4.3 | 物流分析/113            | 5.7.1 | 方案的评价/178            |
| 4.4.4 | 非物流分析/119           | 5.7.2 | 详细搬运方案的设计/180        |
| 4.4.5 | 综合相互关系分析/121        | 5.8   | 本章小结/181             |
| 4.4.6 | 位置相互关系分析/123        |       | 案例分析/181             |
| 4.4.7 | 面积相互关系分析/125        |       | 思考与练习题/183           |
| 4.4.8 | 布置设计修正/125          | 第6章   | 仓库规划设计与管理 ..... 185  |
| 4.4.9 | 评价与选择/126           | 6.1   | 概述/188               |
|       | 本章小结/128            | 6.2   | 库存管理/189             |
|       | 案例分析/128            | 6.2.1 | 库存的基本概念/189          |
|       | 思考与练习题/131          | 6.2.2 | 库存的分类管理——ABC与CVA/191 |
| 第5章   | 物料搬运系统设计 ..... 133  | 6.2.3 | 库存管理的基本模式/192        |
| 5.1   | 物料搬运系统概述/135        | 6.2.4 | 确定型库存管理/194          |
| 5.1.1 | 物料搬运系统的基本概念/135     | 6.2.5 | 随机型库存管理/196          |
| 5.1.2 | 物料搬运的特点/137         | 6.3   | 仓库系统基本作业管理/198       |
| 5.1.3 | 物料搬运的意义/138         | 6.3.1 | 仓库的分类/198            |
| 5.1.4 | 物料搬运系统设计的原则/139     | 6.3.2 | 仓库的功用/199            |
| 5.2   | 物料搬运系统分析方法/139      | 6.3.3 | 仓库作业管理/201           |
| 5.2.1 | 物料搬运方程式/140         | 6.4   | 仓库系统设计/203           |
| 5.2.2 | 系统搬运分析法/141         | 6.4.1 | 仓库选址/203             |
| 5.2.3 | 系统搬运分析和系统布置设计/145   | 6.4.2 | 仓库布置设计/207           |
| 5.3   | 系统搬运分析的物料分析/146     | 6.4.3 | 仓储设备选择/213           |

|                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| 6.4.4 自动化立体仓库系统/222        | 7.2.4 作业单位划分/249             |
| 6.5 仓库规划与管理的相关信息<br>技术/227 | 7.3 车间布置设计/250               |
| 6.5.1 物联网/227              | 7.3.1 物流分析/250               |
| 6.5.2 条码技术/229             | 7.3.2 车间布置图/254              |
| 6.5.3 RFID 技术/235          | 7.4 厂区总平面布置设计/255            |
| 6.5.4 GPS/239              | 7.4.1 厂区产品工艺过程分析/255         |
| 6.5.5 GIS/241              | 7.4.2 厂区物流分析/256             |
| 本章小结/242                   | 7.4.3 厂区非物流分析/257            |
| 案例分析/242                   | 7.4.4 厂区作业单位综合相互关系<br>分析/258 |
| 思考与练习题/245                 | 7.4.5 厂区作业单位位置相关<br>分析/258   |
| 第7章 某公司设施布置设计案例 ..... 247  | 7.4.6 厂区作业单位面积相互<br>关系分析/259 |
| 7.1 案例背景/247               | 7.4.7 厂区总平面布置方案/259          |
| 7.2 基本要素分析/248             |                              |
| 7.2.1 生产模式及特征/248          | 参考文献 ..... 261               |
| 7.2.2 主要产品/248             |                              |
| 7.2.3 主要设备/249             |                              |

# 第1章 绪论

## 导入案例

### 案例一：佛吉亚公司如何布局在中国的生产工厂？

（案例来源：第一财经日报，2013年4月23日，有改动。）

法国佛吉亚集团公司是全球领先的汽车零部件制造商，主要致力于汽车座椅系统、排放控制技术系统、内饰系统和外饰系统四大核心汽车零部件业务。佛吉亚于20世纪90年代进入中国，随着汽车整车市场的不断发展，佛吉亚在中国的业务规模持续快速成长。从最初的一两家生产工厂发展到2006年的14家，拥有3000员工、近3亿欧元的销售额；到2011年年底，佛吉亚在中国已拥有4个研发中心、31家生产工厂、7000名员工和12亿欧元的销售额；到2013年，佛吉亚在中国的业务进一步增长，在中国北部、西部、南部、中部、东部的21个城市总共布局了35个工厂、4个研发中心，分布在上海、长春、武汉、无锡、重庆、广州等地，拥有10000名员工和19亿欧元的销售额。根据公司的战略规划，到2016年，佛吉亚在中国的生产工厂数量将增加到55家，销售收入将达到33亿欧元，对全球销售收入的贡献提升到15%左右。为了实现公司在中国的发展战略目标，佛吉亚将要在未来3年内，完成20家生产工厂在中国的布局。在正式投产之前，至少要完成以下两项工作。

第一，就是给这20家生产工厂分别寻找一个能满足公司高效运营及业务发展的地理位置与具体地点。这是一项直接关系到公司发展战略的重要工作，对于公司来讲是一项非常重要的战略决策，公司必须进行全面而科学的论证：这20家工厂开设在华东还是西部，在苏南还是苏北，靠近火车站还是码头等，需要考虑很多综合且复杂的因素。

第二，在选定的地点上进行生产工厂的建设与内部的布局。以佛吉亚生产汽车座椅滑轨套件的工厂为例，其生产厂房需要布置冲压、清洗、激光焊接、预装、喷涂、总装及包装等生产线。各生产线/工序的布置有着基本的要求：必须使其产能尽量平衡，以满足总体生产的连续性和均衡性；具有一定的生产线重组和产能扩展的基本功

能,能满足未来一定比例的增长需求;满足产品加工工艺流程的顺流进行,尽量不出现逆向回流;激光焊接线与预装线需要并行布置,以满足不同类型产品的生产;除生产线的生产加工区域外,还需要为各生产线设置基本的模具摆放、在制品堆放、检查、通道及其他要求的区域;满足不同生产线的基本需求、平面面积及总厂房的面积约束等。

## 案例二:广州第二机场将落户哪里?

(案例来源:南方都市报,2014年9月28日;南方日报,2014年10月21日.)

2014年9月25日,广州市交委《关于强化重大交通基础设施建设举措的报告》经市人大审议通过,将启动广州第二机场的建设规划,首要是为第二机场选址一个合适的地址。据分析,目前广州北有新白云机场,南部将建设商务机场(位于南沙大岗,项目已于2014年12月获国务院批准),西部已没有足够空间,所以,东部有可能是最好的选择,这也是目前可能选择增城的主要原因。具体来看,增城的北部是山区,南部平原大多已开发,中部是丘陵,因此所谓的“东南边的石滩、三江一带”是较好选择。但也有其他选择思路,就是不在广州建广州第二机场,而是考虑建在珠三角区域其他城市,如佛山或其他城市。这样可以建成类似大洛杉矶地区(有20多个机场,5个国际机场)的一个大区域,拥有至少6个国际机场,可以通过高速公路和轨道交通网辐射整个珠三角地区乃至大珠三角地区。由此看来,广州第二机场的可选位置,肯定不止一个,如何避免一些机场规划建设火热但建成后运营凄凉的选址和投资决策失误,有必要对各种可选位置方案进行严格充分的科学论证。

## 1.1 设施规划与设计的概念

“导

入案例”中的广州第二机场与佛吉亚公司在中国未来的 20 个生产工厂到底建在何处, 机场内部及工厂内部又如何布局才能满足要求, 事关一个区域、企业长远的发展战略, 故需要严格的论证。虽然, 佛吉亚新设生产工厂属于制造业领域, 新建广州第二机场属于服务业领域, 但从本质上看, 以上这两个实际案例反映的是一个问題, 那就是设施规划与设计的问题。

### 1.1.1 设施的概念

所谓“设施”, 从广义来讲, 一般指为某种需要而建立的机构、组织、建筑等。美国生产与库存控制学会(American Production and Inventory Control Society, Inc., APICS)给出的定义是“设施是物理工厂、配送中心、服务中心和其他设备”, 这主要是基于工业工程专业狭义范畴的定义, 也是本书的主要关注所在。进一步可将设施归纳为生产系统和服务系统正常运行所需要的有形资产, 对应的英文多用“facility”表达。这里的生产系统, 一般指营利性的生产制造企业; 服务系统原则上包含了营利性和非营利性两类, 前者如饭店、零售、银行、物流、会计师事务所等, 后者如政府各种职能机关、文体、医疗、卫生、公办教育等公共服务。生产系统和服务系统所需要的设施主要取决于企业或单位所在的地理环境、生产产品或提供服务的种类、业务规模、客户需求等因素, 也跟企业或单位的发展战略、企业文化、管理水平、员工素质、相关流程及制度等密切相关。作为企业的有形资产, 设施有很多类型, 不同行业、类型的企业往往具有不同类型的设施。设施可以按照多种不同的角度进行分类。



二维码 1.1

1) 按设施资产的所有权, 设施可分为公共设施 and 自有设施。公共设施主要是指由政府机关或集体提供的社会/社区公共服务设施, 如文体中心、公共图书馆、社区游乐场等; 自有设施一般是指企业自身建造的设施, 如自建厂房、自购设备、工装工具等。

2) 按设施实物的形态, 设施可分为实体建筑、机器设备、工艺装备、物品物料等。其中实体建筑是企业最外层的设施, 如厂房、车间、仓库、办公大楼、食堂等; 机器设备是企业生产经营所需要的生产设备、检测设备、搬运设备、储存设备及其他辅助设备; 工艺装备一般指刀具、夹具、量具及各种工具等; 物品物料一般包括原材料、零部件、在制品、半成品、产成品及包装材料等。

3) 按设施的可运动状态, 设施可分为静态设施和动态设施。静态设施主要指受到自身体积、重量或其他方面的限制, 而不能轻易搬动和运输的一些设施, 如厂房、大型生产设备、因为精度要求而不能随意搬动迁移的设备; 动态设施一般指可以移动和搬运的设备, 如各种可移动设备(如搬运车辆、自动导向小车、堆垛机等)、一般的辅助设备、几乎所有的生产性物料和产品等。

4) 按企业或单位组织所属大的行业类型, 设施可分为制造业设施和服务业设施。一般

制造业企业的设施包括厂房、车间、仓库、物料、机器设备、工装等。即便同是制造业企业,其设施也有所不同,如机械加工行业企业的设施设备一般包括车床、铣床、磨床等机械加工设备,而化工行业企业则主要包括各种发酵池、反应釜、管道、阀门等。服务业更是如此,其设施因为行业不同而种类繁多、大相径庭,如学校主要包括教室、实验室、图书馆、教学用设备等;饭店主要包括座椅、餐具、炊具、吧台等;银行主要包括服务台、计算机、ATM、取号机等;超市主要包括各种货架、货物、收银台、搬运设备等。

值得注意的是,设施的类型虽然很多,但在设施规划与设计中,尤其是设施布置中所指的设施,并不一定仅仅就是指某种具体的设备或其他实体物品,而有可能是包括了多种设备、工装、货架、一定的平面或空间(如通道、水平垂直方向上的距离等)等多种组成要素的设施,即所谓的工作地或作业单位(Activity),在设施规划中有时是将这样的作业单位按一个设施来进行规划布置的,而实际上它包含了很多具体的其他设施。

### 1.1.2 设施规划与设计的概念

设施是为了完成生产系统或服务系统的特定目标,按一定的相对位置关系和布局状态而集中到一起的。这个特定的目标主要是指生产系统和服务系统能够提供或生产出特定的产品或服务,并满足时间、质量、成本、服务、柔性和环保(T、Q、C、S、F、E)等方面的基本要求,赢得市场竞争,而设施是完成这个目标的主要载体。因此,为了实现企业或单位的日常运营及发展战略目标,必须综合考虑企业内外部的各种因素与条件,使其所有设施能得到科学合理的规划、选择、设计、布局及管理。首先,设施必须建立在合理的地理位置上,然后生产系统和服务系统所需的人、设备、料等与设施有机地组合布局在一起。这属于设施规划与设计(Facilities Planning and Design)的范畴。

设施规划与设计,也简称为设施规划,属于工业工程专业领域的一个重要职能及专门学科。关于设施规划与设计并没有一个完全统一的概念,许多学者根据自己的理解和研究给出了多种表述。



二维码 1.2

汉斯·克特纳(Hans Kettner)等在其合著的《工厂系统设计手册》中给出的定义是“工厂设计的任务是在考虑众多总体条件和边界条件的情况下,为工厂创造出实现企业目标、社会功能和国民经济功能所需要的先决条件。即工厂设计要保证生产工艺流程既正确又经济,工厂人员能在良好的工作条件下进行工作”。

理查德·缪瑟(Richard Muther)和海尔斯·李(Hales Lee)在其著作《系统化工业设施规划》中给出的定义是“工业设施规划就是设计或确定怎样具体把一个工厂建造出来,使之运行或生产”。还给出了工业设施规划人员的职责:“为一个工业公司有效实现其产品的设计、制造、分发,提供所必需的工厂面积、建筑物、机器和设备等”。

詹姆斯·汤普金斯(James Tompkins)等人在其著作《设施规划》中给出的定义是“设施规划就是确定作业单位有形的固定资产如何最好地支持该作业单位要达到的目标。制造企业的设施规划即确定制造设施如何最好地支持其生产;机场的设施规划主要是机场设施如何最好地支持旅客和飞机等直接相关的作业活动;医院的设施规划则是要确定医院的设施如何支持为病人提供最好的医疗服务等”。作者随后分析了设施规划与设施选址的关系,

认为设施规划可以分为设施选址与设施设计,前者更多考虑宏观的问题,主要是确定如何为满足设施目标提供支持;后者更多考虑微观的因素,主要是确定设计要素如何满足设施的目标。

关于设施规划与设计的定义还有很多,如美国的詹姆斯·M. 安普尔(James M. Apple),国内的《中国大百科全书》、董海、方庆琯、胡正华、戢守峰、李从东、马汉武、杨育、周宏明等学者也给出了一些对设施规划与设计的定义或对其含义的理解,限于篇幅不一一列出。从总体上看,早期的定义主要关注于设施布置方面,更多的又是制造业企业与物流中心的设施布置,而设施选址与服务业设施布置的关注则相对较少。随着社会、经济、技术及管理思想方法的不断发展变化,设施规划与设计的概念范畴也在不断变化。① 服务业在国民经济中的贡献比例越来越大,欧美国家地位服务业 GDP 占比一般都达到 70% 以上,我国服务业 GDP 占比目前也达到 45% 左右,因此服务业企业的设施布置及运营管理等也得到越来越多的关注。② 人们对国家、政府层面提供的各种社会公共服务(如文化体育中心、消防、公共教育、图书馆、医疗卫生等)水平的要求也越来越高,而公共服务的设施布置及其管理等方面跟服务水平密切相关,故公共服务系统的设施规划与设计也日益受到重视。③ 社会、经济快速发展的直接表现就是包括生产制造、服务及公共服务在内的几乎所有领域及行业规模的扩大,必然伴随着企业、厂房、物流中心、水坝、电站、游乐中心、超市、机场、银行等的新建,这必然涉及一个企业、组织、地区甚至国家的某方面战略发展的重要的设施选址问题。正如詹姆斯·汤普金斯的观点,设施选址主要考虑设施规划与设计的偏宏观层面的问题,确定如何为满足设施目标提供支持。④ 随着系统工程、工业工程、运筹学、统计学、流程优化与管理、精益生产、信息技术等多种思想、理论、方法及技术的发展与完善,设施规划与设计逐渐从关注零散、局部过渡到系统、整体的规划与设计视角,从简单的凭经验和直觉过渡到以科学的分析与优化理论为指导,从简单的定性分析过渡到定性定量相结合的综合分析。

综上,基于工业工程专业领域视角,现代意义上的设施规划与设计的概念范畴主要包括以下要素:① 设施规划与设计的对象主要包括生产制造系统、营利性服务系统和非营利性的公共服务系统;② 设施规划与设计主要包括设施选址与设施设计,即对生产系统和服务系统设施的选址决策与系统内部设施布置设计决策;③ 设施规划与设计主要对生产系统与服务系统在新建、新设、搬迁、改建或扩建时,进行的一种系统性的规划与设计,往往要借助于多种定性定量分析与优化方法及计算机辅助技术等多种手段;④ 设施规划与设计的主要目标是要实现生产系统与服务系统的选址及内部各种设施资源的最优化配置与布局,为整个系统的高效运营和发展战略提供最好的支持。

## 1.2 设施规划与设计的起源及发展

设施规划与设计最早可以追溯到 18 世纪末制造业企业的工厂设计(Plant Design)。18 世纪后半叶,现代意义上的工业蒸汽机的出现及应用,为人类工业生产提供了人力和兽力难以企及的动力,掀起了工业革命浪潮,极大地促进了机械制造的发展,进一步确立了

工厂制度,使工厂逐渐取代了持续了成百上千年的小手工作坊,人类由此进入工业生产时代。工业生产最主要的载体就是与手工作坊存在本质区别的工厂,工厂直接关系到工业产品的出产,因此怎样设计这些工厂在当时开始受到关注。

但直到 19 世纪末 20 世纪初,伴随着工业工程思想方法的产生与发展,科学的工厂设计才得以起步。以被誉为“科学管理之父”和“工业工程之父”的弗雷德里克·温斯洛·泰勒(Frederick Winslow Taylor)为代表的工程师和学者开始关心和研究制造工厂的设计与管理问题,主要包括:①“人”的活动的研究分析与管理,即动作分析、时间研究与作业测定等所谓的操作法工程(Methods Engineering);②“机”的研究分析与管理,主要是机器设备、工装工具、加工和摆放现场、各种通道等的合理配置与布置,即工厂布置(Plant Layout);③“物”的分析与管理,主要是从原材料到产成品的整个厂内物流过程中,物料的管理与控制,即当时所谓的物料搬运(Material Handling)。这 3 项内容都属工业工程的专业范畴,当时也被统称为“工厂设计”。但严格来讲,操作法工程属于基础工业工程的内容,工厂设计更多的是关注工厂布置和物料搬运问题,其最终目标是实现人、机、物的合理结合与高效运行。所以,从起源看,设施规划与设计是工业工程中的一个重要分支内容。



二维码 1.3

第二次世界大战(以下简称二战)后一直到 20 世纪 80 年代,人类社会进入相对和平稳定的发展时期,工业生产能力(制造的工艺、技术、能力、生产效率等)与规模得到极大提升,服务业也蓬勃发展,在国民经济中的比例越来越大。这使得工厂的规模变得更大也更复杂,自然也加大了工厂设计的复杂程度和难度。值得庆幸的是,在系统工程、运筹学、工业工程、生产管理等理论、方法与技术取得极大进展并逐渐成熟的同时,工厂设计也逐渐发展和完善了自己的理论与方法,与工业工程的结合更加紧密,出现了系统化、定量优化及综合的分析思路与方法,并进一步开始系统考虑与工厂设计相关的所有要素(如资金、能源、信息、技术等各种资源,以及政策、社会环境、自然环境等约束条件),同时也将自身的应用范围扩展到零售、医院、机场、公园等非工业行业领域。其中最具代表性的是缪瑟提出的系统布置设计(Systematic Layout Planning, SLP)。很明显,此阶段的规划与布置的内容已不再仅仅局限于工厂布置和物料搬运方面,而是已逐渐被扩展至生产系统及服务系统的整体规划,“工厂设计”的称谓已不能完整概括规划布置的内涵。于是,学者提出了“设施规划”或“设施规划与设计”,取代“工厂设计”并逐渐发展成为工业工程领域中的一个专门学科。

20 世纪 80 到 90 年代以来,供应链管理、现代物流管理、战略管理、精益生产、业务流程再造及计算机技术等的发展及应用,促进了设施规划与设计的进一步发展:① 设施规划与设计时所考虑的因素从单个企业内部扩展到供应链上下游乃至整个供应链;② 系统布置设计等系统化的设施规划与设计方法的应用越来越广泛;③ 一些学者开始尝试多种方法的结合,定性与定量综合分析,使其更加符合实际情况;④ 逐渐将系统化的设施布置方法(如系统布置设计)、优化模型、算法和计算机技术融合在一起,形成所谓的计算机辅助设施规划(Computer Aided Facility Layout Planning, CAFLP),使得一些大规模设施规划问题的定量优化成为可能,或进一步将设计数据、设计模型、优化算法及人工智能方法(如专家系统)

集成的综合决策环境方法,构建设施规划的数据库,通过对优化运算及计算机软件平台进行效率更高的设施规划人机交互式决策支持;⑤将设施规划与设计提升至战略高度,出现战略设施规划(Strategic Facilities Planning, SFP),主要是根据公司某个时期的战略规划,充分考虑设施规划中影响战略目标的因素,结合精益生产、流程优化等来进行设施规划,使企业的生产、供应、物流、销售等战略目标能得到有效支持。

事实上,设施选址也经历了类似工厂设计的发展过程。一般认为,科学的设施选址及研究始于1909年德国经济学家阿尔弗雷德·韦伯(Alfred Weber)关于仓库选址的研究(希望能找到一个区位,使单个仓库到不同客户间的总距离最短)。在此后的100多年里,设施选址经历了20世纪初到60年代的零散研究、20世纪60年代至80年代的系统研究,以及80年代后的不确定性和竞争选址问题研究等阶段,设施选址方法逐渐成熟,同时设施选址问题也越来越复杂。设施选址问题有很多类型,如立体选址、平面选址、线选址和点选址,单一设施选址和复合(或综合)设施选址,连续选址和离散选址等。因为不同设施选址问题的规模及复杂程度不同,所以设施选址的方法与模型也不同,有的用简单的经验定性分析方法即可解决,有的则适合应用优化算法模型来定量分析,更多的则需要定性定量相结合的方法。



二维码 1.4

## 1.3 设施规划与设计的基本内容

### 1.3.1 设施规划与设计的研究内容

#### 1. 设施规划与设计的时机

根据现代设施规划与设计的定义,其研究的基本对象主要是生产系统和服务系统。当生产系统或服务系统基于战略规划或某些目标和问题导向而需要新建、新设、搬迁、扩建、改建时,就需要进行设施规划与设计。具体来看,新建、新设、搬迁时,首先是解决设施选址的问题,然后是设施内部布置与设计的问题;扩建和改建大多是在原有设施基础上进行的,所以一般不涉及新的设施选址问题,主要是改建、扩建多大规模和内部设施布置与设计的问题。哪些情况会促使企业进行设施规划与设计呢?一般有以下几种情况。

1)刚开始创业的企业需要新建、新设或新选设施。新办的制造业企业一般需要新建基本的厂房、车间、办公室、研发中心等,即便通过OEM(Original Equipment Manufacturer,代工生产)外包生产及物流业务的企业,至少也要新选租借办公场所、研发中心等;新办的服务业企业一般至少也需要选择提供服务的场所,再进行布置装修等。

2)当市场规模快速发展,使得产品或服务的需求已大幅度超出现有系统的生产能力或服务能力时,企业一般可能会考虑通过新建或新设来扩大产能。例如,“导入案例”中的佛吉亚集团公司要在未来3年新建20家工厂、广州要新建第二机场等,主要原因就是业务规模的增长。



二维码 1.5

3) 产品或服务的种类或出产量发生较大变化时,如研发的新产品进入量产后,产品产量需要大幅度提升时,往往需要新的生产线/服务线或新的设备,至少需要对原有生产线/服务线进行重新调整布置,以达到生产系统/服务系统的新的供需平衡。

4) 因为环境污染不达标、提升产能、提升生产效率、减少人工、推行某种先进生产管理模式等原因而引入新技术、新工艺或先进设备时,往往需要对原先的工艺流程、生产线布局、作业单位及物流路径等进行调整改进,甚至重新布置,也有可能搬迁。

5) 基于工业工程、精益生产等的持续改善指导思想,会不断去发现和分析生产系统/服务系统的不平衡、不流畅等瓶颈环节,也可能会以阶段性的项目形式对系统的相关环节进行调整或重新布置,如进行工序合并分散、工作地重新规划设计、生产线平衡、仓库重新布置、物流路线重新规划等,以消除各种浪费。总体上看,这种情况下改进调整的范围与幅度相对前面几种要小一些。

6) 其他一些系统内外部的约束条件迫使系统进行调整。例如,相关政策、当地城市规划布局、与当地居民的关系、与供应商的合作、客户的要求、生产安全因素等,使得企业不得不对生产/服务系统做出适当调整。例如,生产过程或产品达不到质量安全监察、环境保护政策的基本要求,企业要么改造系统以达到质量、排放要求,要么关停相关产线,也有一些企业将不达标的部分工艺/生产线等转包出去,这些都将改变相关的设施布局,甚至迫使企业做出搬迁重新选址的决策。

综上,社会、经济、政策、技术、环境等不断发展,企业所面临的市场需求、政策环境、自然环境等也在不断变化,使得企业不得不进行适时的调整,所以,生产系统和服务系统也总是处于不断发展变化的状态。从总体和长远看,设施规划与设计已成为社会组织的一种持续性的管理活动,只有通过设施持续不断地评价→规划→再评价→再规划等循环改善,才可能更好地适应外部环境的变化,实现长远可持续发展。

## 2. 研究范围与内容

现代设施规划与设计的内涵范畴非常广泛,而且因所涉及行业领域多种多样,所涉及的专业学科也越来越多,包括机械、电子电气、化工、食品、建筑、服务科学等,故不同领域的设施规划不尽相同。为此,基于工业工程通过对生产/服务系统进行系统规划与优化设计来提升效率和效益的角度,本书主要介绍设施规划与设计通用的基本思想、研究内容、研究方法及程序步骤等。不同行业领域需要结合自身特征与条件来展开设施规划与设计。

设施规划与设计的研究范围主要集中于设施选址与设施设计。设施选址主要考虑企业偏战略宏观的问题,因为一旦确定选址方案并开始进行后续工作以后,想要再更改选址将付出高昂的代价,甚至可能拖垮企业。设施选址确定后,设施设计工作将在确定的地址上展开,主要工作包括设施结构系统设计(如建筑结构系统设计、水电气暖等公用工程系统设计、通信网络系统设计等)、设施布置设计、物料搬运系统设计、仓库系统规划设计等(图1-1)。这些研究内容基本涵盖了生产系统与服务系统设施规划与设计的基本内容,涉及具体行业及企业时可在此基础上删减或扩展。