

建筑现代化小丛书

中国建筑学会科学普及委员会主编



吴景枢 黄锡璆 编

联合厂房

中国建筑工业出版社



还 期 表
中国建筑学会科学普及委员会主编
建筑现代化小丛书

联 合 厂 房

吴景枢 黄锡璆 编

· 限国内发行 ·

中国建筑工业出版社

中国建筑学会科学普及委员会主编

建筑现代化小丛书

联合厂房

吴景枢 黄锡璆 编

· 限国内发行 ·

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 1³/₄ 字数: 39 千字

1980年12月

1980年12月第一次印刷

册 定价: 0.15元

15040·3952

编 者 的 话

提高整个中华民族的科学文化水平是我国实现社会主义现代化的可靠保证。向广大干部、工人、农民、科技人员和青少年普及科学技术知识是学会工作的一个不可忽视的重要方面。

建筑业各级党政干部迫切希望学习了解有关建筑业现代化的科学技术知识。为了满足他们这种学习业务知识的渴望，我们组织中国建筑学会的有关专业委员会和一些地方的建筑学会编写这一套《建筑现代化小丛书》，按专题分册陆续出版。

尽管这些专题小册子在付印之前，经过一定范围的试讲，反复修改、补充，在内容上仍不免有疏漏，甚至错误之处。希望读者发现有什么问题，或者有什么建议，能够告诉我们，以便改进和提高我们的工作。

这里，还需要说明，这一套小丛书除了强调介绍各该方面的基本知识和发展水平之外，还请作者尽可能地结合我国的实际，提出一些见解或建议。既然是作者个人的见解或建议，大家的看法就可能不一致。如果这些小册子能够引起大家讨论涉及到建筑现代化的一些问题，提出积极的建议，供有关部门参考，也就起到了抛砖引玉的作用。

中国建筑学会科学普及委员会

1979年9月

一、什么是“联合厂房”？

1. “联合厂房”是工业生产现代化的产物

所谓“联合厂房”，就是指把一座工厂里的几个车间甚至整个工厂联合起来布置成一座单独的工业厂房。这种厂房面积很大，往往从几万到十几万甚至几十万平方米。在美国、西欧和日本最近二十多年来这种联合厂房发展很快，特别在汽车、农机、工程机械、电器和轻纺工业中，随着生产规模日益扩大，生产工艺不断革新，厂房面积也愈来愈大，常常把一个工厂的绝大部分生产、装配、辅助等车间甚至仓库都包括在一座联合厂房里。这是因为把主要生产过程布置在一座厂房里，不仅可以保证生产的连续性和工艺的灵活性，而且有利于统一管理和节约人力，从而达到提高效率和降低成本的目的。所以说，这种联合厂房是工业生产现代化的产物。

2. “联合厂房”的发展过程和主要特点

把整个工厂布置在一个“联合厂房”里的概念最初是在二十世纪三十年代由美国底特律的阿·康恩 (Albert Khan) 设计公司所开创的，他们把工业建筑的设计经验总结为：

（“虽然有时在工厂中必需设置一些相互分开的厂房，但阿·康恩设计公司在工作实践中却总是尽可能把整个工厂布置在同一座厂房里。这是因为考虑到厂房重叠会使外墙数量

增加，使厂房之间的空地不能很好利用并使管理维修费用加大，而且外墙热损耗也加大；而更重要的是考虑到生产发展的灵活性问题。”)

“因为随着生产工艺的革新，生产组织的改进和生产规模的扩大，对厂房会不断提出调整和扩充的要求，只有联成一片的独立厂房才能适应这种对内部调整和向外部扩充灵活性的要求，而一个个彼此分散而又相互牵制的车间建筑群是难以适应这种灵活性的要求的。”

上述这种关于联合厂房的设计思想在长期实践中被证明是符合从30年代到60年代美国大工业发展的需要，因而促使大型灵活厂房在这一阶段不断发展。在世界其它地区，联合厂房的发展由于种种原因不象在美国那样快，并且内容和形式也不完全一样。联合厂房所以在美国发展最快，其原因之一是美国把设备折旧周期规定得很短，并且在设计方案一开始就估计到生产工艺及厂房使用有发生完全改变的可能性，因而只有采用联成一片的大型多跨厂房才能灵活地适应由此而引起的全厂各个不同工部对生产空间所提出的不断变化的要求。

关于这样一种联合厂房的设计要则，阿·康恩在四十年前曾经提出以下一些论点，这些论点经过多年实践的考验可以说是行之有效的。

按照这种论点，工业厂房是为生产服务的，并应使其中所安装的设备能够高效率地进行工作。为了达到这个目的，设计应着眼于功能并以以下各项要求作为指导原则。

(1) 流水线生产 按照连续操作顺序布置各生产工部以保证有一个简便的生产流程，并将运输和物料搬运减少到最低限度。在平面布置中不应使生产线路有任何反复和交叉

而造成拥塞现象。

(2) 灵活性 厂房的平面布置应有足够的灵活性，能按照生产工艺的变化或生产机构和生产规模的扩大进行调整。

(3) 扩大柱网 厂房内部柱距应在经济所许可的范围内尽可能放大，以便于布置设备和有利运输。

(4) 室高及地面的适应性 室高须满足生产需要，地面须足以承受各种可能变化的荷载。

(5) 服务性设施布置恰当 楼梯、电梯、存衣、盥洗、厕所的布置应既便于使用又不干扰生产流程。

(6) 采光良好 有充分的天然和人工照明，光线分布均匀，照度足以满足生产需要且不产生眩光。

(7) 通风流畅 室内通风不仅满足人员需要，并能适应厂房特殊设备及生产过程要求。

(8) 降低一次投资和维护费用 通过精心设计和有效地使用材料而节约投资，并把造价和经常维护费用降低到最低限度。

(9) 考虑施工条件 施工图纸要完整精确，经济估算要准确可靠，考虑施工条件，力求切合实际，以保证良好的设计意图能够真正实现。

美国的大型联合厂房在30年代多采用顶部采光以保证大面积生产区域有足够的空间和充足的光线。进入40年代以后，有人对采用天然采光的必要性提出了疑问，并开始出现全部采用空气调节和人工照明的密闭厂房，这一新情况反映了在建筑技术方面的一个重大发展，但是它对人的心理效应到底如何？却引起了争论。

在第二次世界大战期间，灯火管制促使美国的无窗厂房

进一步兴旺起来。经过多年的实践，这种全部依靠人工气候和人工照明的厂房已日益显示出其优越性，成为今天美国工业建筑中的主要型式。

美国联合厂房的特征是：一元化（全厂合一）；大型化（常在10万平方米以上）；人控化（人工气候及照明）。西欧各国，日本及苏联也有不少规模很大的联合厂房，但是除少数外，大多仍采用混合（人工与天然相结合）通风和照明。

联合厂房的主要特点和优点就是它的灵活性和对生产工艺及产品本身变化的适应能力。今天在一些工业发达的国家的普遍观点是“工业是在不断地发展变化之中，一个停止了变化发展的工业就是一个濒于死亡的工业。”当今几乎每年都不断有新方法、新工艺和新材料出现的时候，这种论点就更显得有说服力。因此在这样不断发展变化的工艺条件下所设计的厂房，就应该能够在对厂房结构不作多大改动的条件下及时地适应这种发展变化。当然，对于不同的行业，这一要求的迫切性也不尽相同。对于那些正在向自动化过渡的、迅速发展着的工业部门来说，一个企业的发展前途取决于该工厂厂房平面布置和工艺流程的先进性，因此灵活性就是最重要的问题。具体来说，这就要求厂房有宽敞的室内空间，并把柱子减少到最少限度，有足以容纳大型设备的室高，有良好的照明、通风、采暖以及充分而便于调整的服务性设施等。这些也就是联合厂房发展到今天的新特点。

3. “联合厂房”与“紧凑厂房”

如上所述，“联合厂房”一般指包括一套完整生产流程

的大型厂房，但是在某些国家里，例如苏联和东欧各国，近年来还积极兴建一些中型联合厂房，叫做“紧凑厂房”。这种紧凑厂房主要适用于中小企业，其特点按照东德工程与土木建筑科学院卡尔·史密特工程师的论点，大体可以概括为：

一座紧凑厂房中应该包括从加工到装配的全部生产流程。对于小型企业来说，只要生产性质并行不悖，即可将几所工厂包括在同一座厂房里，并共同使用室内运输、维修及服务性设施。这种紧凑厂房须能符合统一模数和构件标准化的要求，总的说来，设计应该做到技术先进，造价经济。其面积不宜太大，以25,000到50,000平方米最为合适。

苏联在60年代于莫斯科的克鲁科夫卫星城工业区建设中大量兴建了紧凑厂房，据说由于把一座硝酸染料工厂建成为紧凑型的联合厂房，取得了如下的经济效果（与分散式旧厂房相对比）：

	分散式旧厂房	紧凑厂房
厂区占地面积	8.9公顷	5.8公顷
总建筑面积(展开)	90,900米 ²	67,100米 ²
外墙总面积	54,500米 ²	21,400米 ²

而从克鲁科夫的工业区来看，节约成绩(新旧对比)为：

	旧分散方案	新紧凑方案
公用动力管线	100%	72%
铁路，道路	100%	74%
土方工程	100%	70%

由此可见，采用紧凑厂房或中型联合厂房以代替旧式分散的中小厂房，在节约用地、缩短道路和管线等方面效果十分明显，由于建筑面积减少而节约的土建投资自然也很显著。当然这一切都必须以生产组织的改进和工艺流程的革新

为前提，否则硬把旧的一套生产系统原封不动地塞到面积大为压缩的新厂房里只会导致适得其反的效果。

紧凑厂房的另一个特点是由于面积较小，厂区占地不大，如果建筑处理恰当，可以布置在城市里或市郊的工业区里。当然这首先要要求厂房生产性质须符合城市有关卫生和防噪声等条例规定，并须服从城市规划的统一布署。

二、联合厂房的设计与实践

1. 设计依据和指导思想

国外的专家们认为，工厂设计平面布置的基础是它的生产流程，即设计应该保证从原料进厂到成品出厂的整个生产过程有一个均匀而连续的流水线。因此从设计伊始就应该对全部生产程序有一个充分和完整的概念。其中生产过程中的物料搬运是一个关键性问题。这个问题不仅影响到生产设备，而且对工业厂房的体型、面积和构造节点都有很大影响。由于这些问题关系到各个工种，因此在设计开始之前就必需充分考虑工艺工程师，物料搬运专家，公用设备工程师及其它许多方面技术人员的意见。

在国外，劳动力价格的增长意味着必须不仅在生产过程中而且在厂内运输过程中减少使用人力。随着人力因素迅速为效率更高的机械工具所代替，工厂设计就必须与这种新型的生产流程相适应。将来的发展趋势肯定是采用更多的自动化生产线，即从原材料进厂到产品出厂的整个生产程序，全

部由机器自动进行，只需少数人员照料和控制。这种未来的新型工厂只能是联成一片的大厂房，全部采用人工照明和空气调节，动力管线由顶部设备层中通下来，生产自动进行，少数监护人员在厂中巡视。这样的厂房建筑就必须能够保护厂内贵重的自动化设备不受损害并使生产在预定的气候条件下顺利进行，因此它在功能和效率上应该与其中所安装的生产设备同样地先进。

现在当体型简单的方盒子型联合厂房正在逐步普及到许多工业中的时候，数量大为缩减了的工人福利受到了更大的重视，工人休息室、生活室、办公室、实验室的设计标准越来越高。这是由于现在已经明确了这一事实：即优良的工作环境包括高质量的平面布置、照明、采暖、通风、噪声处理、色彩和室内装饰等对于提高工效、增加产量和改善相互关系是有很重要的作用的。

最后，这种类型的厂房在设计中必须考虑到能够灵活地适应其中工艺设备、生产过程甚至产品类型本身发生彻底改变的可能性而不需要进行多大的改建，这种适应能力如何，就是衡量该厂房经济效能如何的标准。在厂房设计中需要考虑的一些重要因素还有：

(1) 厂区位置、大小、形状、物理特征和能源条件等对工厂的平面、体型、规模都有重要影响。

(2) 生产的特殊危险性和污染性对厂房内部设施和防护处理，甚至对于是否宜采用联合厂房将起决定作用。

(3) 对要求使用寿命长和寿命短的厂房以及对生产工艺变化快和生产工艺比较稳定的工厂应该区别对待。

(4) 生产要求是确定厂房平面、跨度、荷载、室高、公用设施、运输设备和外围结构的主要因素。

(5) 选用何种建筑材料和施工技术对厂房使用中经常性的维修费用有重要影响。

2. 厂区及厂房平面布置

平面布置是工厂设计的决定性环节，而经济性则是平面布置的决定性因素，对于联合厂房来说更是如此。

今天在国外所有工业生产中，工人所占比例日益减少，而间接成本与直接成本（工资、原料）的比值日益增加。因此工厂平面布置的效率问题就显得愈为重要。过去设计者主要考虑的是实际生产或直接操作的费用，而现在则对厂房内部的物料搬运、人员流动、维护修理和其它一切间接费用都必须同样加以注意。而对这些间接费用，工厂的平面布置是有很大影响的。

在进行平面布置时主要应该考虑以下四个方面：

(1) 生产过程 包括工艺流程，设备布置，物料搬运，人员流动及管线系统。

(2) 厂区规划。

(3) 生产管理 包括检查、安全、质量管理。

(4) 扩充潜力。

以上四个方面是相辅相成的，必须在整个设计过程中同时兼顾。下面择要介绍一下。

在大多数情况下，工厂平面的型式取决于工艺流程。因此在设计开始前必须通过图面比较，对方案进行认真研究，并考虑到可能发生的变化情况，而一旦整个工艺流程在图纸上布置出来，厂房平面区划和各个工部的相对关系和位置也就肯定下来。

当平面方案初步肯定后，厂房轮廓尺寸便开始明确，此时必须掌握以下一些基础资料才能进行设计。

(1) 每一生产流程，操作程序的详细说明。

(2) 所需工艺设备的规格说明。

(3) 每一操作程序的时耗及所需人力。

(4) 预定生产率及总产量。

根据上述基础资料即可计算出厂房所有工艺设备、机器型号与数量。

下一步就是确定生产组织的具体形式。这里的关键问题是生产过程中的物料搬运，总的要求是提高效率，为此就必须做到：

(1) 对空间、设备、机械和人力的最高限度的利用。

(2) 将工人所必需行走的路程和物料搬运的必需距离缩短到最低限度。

(3) 使生产流程达到均匀流畅并将其所需中间劳动量压缩到最低限度。

为了使厂房的平面布置达到最高效率，必须对工艺分析的最新方法，最现代化的物料搬运设备的潜力以及实际生产过程自动化的可能性有一个彻底的了解，并将这些知识实际应用于解决上述问题。

例如在进行一座重型机械单件小批生产厂房的平面布置时，由于这种重型工件的搬运费用很高，因此在规划方案阶段应该先排出一个表明厂房内部各主要工段之间工件运输次数的矩阵，即一个表明纵横各向生产运输关系的立体方程。这样就可以求得一个将各主要工段之间的运输距离缩短到最低限度的平面布置方案。此外，根据统计数学可以证明，在这样的重型厂房中，由于对吊车的使用没有固定规律，吊车

的设计使用率就不应超过60%。一旦吊车使用率超过60%，则地面操作工人因等候吊车而停工待料的时间就会过长，从而变得很不经济。对这类厂房的生产工艺的分析研究还表明，在对重型工件进行机械加工时，最好是围绕同一个加工位置布置一套相对较昂贵的多用途工作母机，而不是把工件从一个加工位置再搬到另一个加工位置上去。

由于自动化和数控技术的发展，有许多过去需要特殊工段加工的专门工艺过程被并入自动线里，结果减少了操作程序和加工成本。同样在机械加工车间，诸如热处理、焊接、甚至电镀工艺现在都已经包括在同一条加工线内，因此平面布置也必须打破老框框。

只要生产批量许可，按照流水线体系布置厂房平面，显然是可以达到最高效率的。因为这样做，空间和设备利用率最高，物料搬运距离最短，而生产流程中劳动量也最小。但必须记住，一个成功的流水线体系要求有一个不变的并且尽可能每个工位工时相等的循环作业时间。这就必须有一个严格的组织管理和检查制度，否则就会造成严重损失。特别是在连续作业的总装配线，每一个装配工序都必须在一定的时限内完成，如果某一部件质量或尺寸精度稍有问题，就会造成全线受阻的严重事故。

在厂房平面布置中对空间利用的经济因素应该认真考虑。按照英国统计资料，一座普通工业厂房包括照明、采暖、维修、房租、税款等每年的经常维持费用为每平方英尺9先令，这一点在设计中必须加以考虑，以使厂房的每平方英尺面积都能把钱挣回来。厂房平面布置效率的高低对工厂的经济收入影响很大，据英国资料表明，一些代表性的工业厂房在一班制条件下每平方英尺面积的经济收益数字如下

(这些工厂管理水平中等, 生产正常), 在此列出以供参考:

厂 房 类 别	每 年 经 济 收 益
轻工机械(成批生产)	20镑/平方英尺
机 床	10镑/平方英尺
柴油机(成批生产)	15镑/平方英尺
电子设备(成批生产)	25镑/平方英尺

注: 每一英镑等于10先令。

按上表可见, 一座普通英国厂房的经济收益(已扣除生产成本)为其厂房的经常维持费用的10倍到25倍。

在工艺路线确定后, 还要对人员流动问题仔细考虑, 因为厂房内外人员流动路线是否便捷, 不仅影响到工人的积极性, 还直接影响到生产时间和效率。因此厕所、盥洗设备应予分散布置, 以便就近使用。而辅助部门也应靠近工作地点, 因为按照英国工资水平, 一个熟练工人走90公尺路的时间就等于2便士(0.02镑), 一年累计相当可观。

关于人流问题, 最突出的是食堂的布置问题。将食堂分散设置于尽可能靠近工作区处是解决人流集中问题的一个可取的方法。集中加工、分散供应也是一种方式。

从厂房平面布置来说, 管线系统包括照明、采暖、通风除非有特殊要求者外一般均不构成多大问题。对有特殊要求或特殊危险的工部必须单独处理, 并与其它部分相隔离。此外一般公用管线多布置在屋架空间处, 在美国, 通风机房和变电所也往往设在厂房屋顶上。50年代以来, 在欧洲的一些工厂往往采用半地下室或底层布置管道而将生产工部布置在上层, 形成一层半或双层结构厂房。这种结构形式对管网布

置、维修及调整均比较方便，缺点是楼板荷重不能太大，只宜用于轻型工业厂房。总之，在管网布置中，首先应考虑的是灵活性问题，要使其能充分适应生产工艺发展变化的可能性。

在国外，厂区规划问题对于联合厂房来说，主要是一个运输路线和环境保护问题，正是在这两点上应该把厂内外规划结合起来考虑，所以它也是平面布置中必须考虑的因素。今天在许多国家，对环境保护包括污水、烟尘、噪声均有严格规定，违者受法律制裁。许多工厂原来未作考虑的不得不增加投资，添置处理设备十分被动。现在必须在设计中即把污染处理考虑进去以争取主动。特别是噪声，厂房内外均不得超出规定，这对于联合厂房来说如何处理是一个重要课题，下面还要谈起。

在生产管理方面，国外目前越来越倾向于采用遥控装置如闭路电视等来代替巡回检查员的工作。电视设备可以同时对整个生产线的各个环节进行监视，使用效果十分成功，在经济上也很合算。例如在英国买一台电视摄影机，连同遥控自动对焦仪、荧光屏、400英尺长的电缆及电子装置等只要250镑左右。这些设置的布置也需在平面布置中预先考虑。

在质量检验方面，对于连续生产线也往往采用仪表进行自动检验，对于批量生产则采取由专门检验工段负责质量检验的方式。

最后也是最重要的一个问题是平面布置的灵活性和扩充潜力的问题。有些生产工艺变化较慢，而另一些很短期间就可能发生变化，甚至产品本身均可能改变。因此厂房平面布置必须考虑到生产线调整，设备移动，运输线路改变的可能性，从长期经济效果来看这样作也是合算的。

关于扩充问题，最合理的方式是按现有生产规模设计厂房，并适当保留一定比例的扩充用地。设计平时应该预先规划一下最终扩充的大致规模作为工厂的远景发展的基础，这样可以避免以后可能发生的投资上的浪费。根据近来总结的经验，当预计扩充规模为100%时，厂区用地应为现有厂房设施占地的三倍；这样当厂房建筑面积增加一倍时，还可以有1/3的场地供停车、道路等使用。这一预留比例可以认为是符合扩充潜力、合乎逻辑的解决方案。

3. 结 构 与 材 料

在结构选型中主要考虑的因素，一是经济性，二是灵活性，三是安全性；三者又是相互结合的。当前国外联合厂房采用较多的是钢结构及钢筋混凝土结构。钢结构在美国、日本使用最普遍，钢筋混凝土则在欧洲及苏联用得多一些。一般说来，钢结构具有较大的灵活性、施工便捷、对生产工艺变化有更好的适应性，但耐火性差，在有火灾危险时需加防护（如包混凝土等）。混凝土结构耐火性好、采用预制装配时施工也很快，且不需象钢结构那样定期刷漆保养，但其缺点是灵活性差，当工艺要求有较大变化时（如生产线路，吊车荷载等）较难适应。近二十年来铝合金结构发展很快，除大量采用于外围结构外，亦有助于部分承重结构者，主要取其轻质、耐蚀、美观、不需油漆并易于加工成各种形状，但其强度低，只适用于轻型结构。

大跨度联合厂房屋面结构主要仍为钢结构，并且多数用焊接空间桁架。但近年来由于材料工业的迅速发展，出现了比普通碳素钢强度高50%以上的高强度结构钢材，因而在钢