

4

科学管理与系统工程

金允汶 编著

知 识 出 版 社

科学管理与系统工程

金允汶 编著

知 识 出 版 社

科学管理与系统工程

金允汶 编著

知识出版社出版发行

(北京阜成门北大街17号)

新华书店总店北京发行所经销 河北固安光辉印刷厂

开本787×1092 1/16 印张13.5 字数317千字

1989年7月第1版 1989年7月第1次印刷

印数: 1—550 册

ISBN 7-5015-0273-0/C·6

定价: 5.00元

前 言

随着科学技术的发展,人类的分工越来越细,知识学科日趋专门化。但是,从20世纪下半叶以来,却又出现了相反的发展趋势,各门学科互相渗透,各种专门知识进一步综合,从而许多新的交叉学科不断出现。不仅表现在自然科学技术领域涌现出许多边缘学科,而且更主要的是自然科学技术与人文科学交联起来,综合成新的交叉学科。新兴的管理科学就是其中之一例。近30年来,大型科学技术计划的出现,客观上要求促进新的管理技术的发展。不仅要求处理好各种复杂的学科和技术之间的关系,而且还必须考虑人的因素在计划中的作用。大量的人力、物力、财力卷入到这些项目中去,必须要有科学的方法把它们组织起来,才能充分发挥它们的效能。这也就是管理学80年来所经历的从科学管理到管理科学,从简单的单个对象到复杂的系统目标的发展历程。

客观的需要促使科学技术的发展。在管理学科中近几十年来雨后春笋般地出现了一系列新名词,例如科学管理、管理科学、运筹学、系统分析、工业工程、系统工程等等,名目繁多,不一而足。它们之间内容交叉,含义不尽相同,但目的却是一致的,即合理地、有效地对工业企业或计划项目实施管理,使得在最小的成本下、最短的时间内得到最大的性能收益。

这些时髦的名词到底确切的含义是什么?它们之间有什么区别和联系?这不是一句、两句话所能说得清楚的。管理科学作为一门新兴的、发展中的交叉学科,许多概念本身还处于发展、形成状态之中。许多研究人员都来自不同的工作岗位,有的是管理人员,有的是工程技术人员,也有不少来自纯数学和人文科学的研究人员。由于各自的“出身”和习惯的不同,对于同一个问题,他们采用不同的方法,从不同的角度,作不同侧重的解释,赋予不同的含意,提倡不同的解决办法。因此,存在着不同的学派。例如,定量学派主张用数学方法定量解决问题,而行为学派则强调从人类心理学方面解决问题。对于一个最初接触这方面知识的人来说,实有眼花缭乱、无所适从之感。这也正反映出尚处于发展中的新兴的交叉学科的特点。

本文力求从历史发展的角度,对管理科学这门学科的形成、内容及相互关系作一些概括的、全面的、普及性的介绍。因为所涉及的专业面很广,加上笔者水平有限,许多内容无法深入展开探讨。本文的目的也只是想在普及管理科学知识方面做一些工作,特别对于一些大家已较普遍认识了的问题方面(如计划评审技术等)不再多作详述。读者如需运用管理科学的知识来解决实际问题,还请另外阅读一些有关问题的专著,好在现在这方面的书籍出版得越来越多。笔者只希望本书能起到帮助读者去扣开管理科学之门的垫脚石作用。

还必须指出的是,管理科学是在资本主义社会中为榨取更多的劳动人民的血汗而发展起来的,但是由于它在较大程度上反映了事物的客观规律,使劳动组织、劳动操作、计划安排和组织管理等方面更体现了科学性。正如列宁对于泰罗所创始的科学管理的评价道,

“泰罗制一方面是资产阶级剥削的最巧妙的残酷手段，另一方面是一系列的最丰富的科学成就”（《列宁全集》人民出版社1961年版第27卷237页）。因此，我们在学习西方的管理科学时，必须有分析有批判地学，要排泄其糟粕、吸收其精华，结合我们的具体情况来学，绝不能盲目地机械搬用。这是请读者应予以注意的。

目 录

前 言

第一章 技术时代的变迁 (1)

第二章 工业工程和科学管理 (3)

第一节 工业工程和科学管理 的发展 (3)

第二节 工业工程的内容 (5)

一、生产系统的设计 (5)

(一) 方法工程 (5)

(二) 工厂的规划和设计 (15)

二、生产系统的控制 (24)

(一) 预测技术 (24)

(二) 库存控制 (32)

(三) 生产控制 (40)

(四) 质量控制 (58)

(五) 成本控制 (67)

(六) 管理信息系统 (78)

三、价值工程 (81)

(一) 价值工程的简述 (81)

(二) 价值工程的组织和步骤 (82)

(三) 价值分析的方法 (82)

第三章 运筹学和管理科学 (87)

第一节 运筹学和管理科学的 由来 (87)

第二节 运筹学——管理科学 的数量分析法 (89)

一、线性规划 (89)

(一) 线性规划的标准形式 (89)

(二) 线性规划的解法 (90)

(三) 运输问题 (95)

(四) 分配问题 (103)

(五) 生产计划安排问题 (105)

(六) 工厂设备的安置定位问题 (107)

(七) 整数规划 (108)

(八) 程序安排问题 (111)

二、动态规划 (119)

(一) 动态规划问题的性质 (119)

(二) 动态规划的模式和算法 (120)

(三) 动态规划的应用举例 (122)

三、非线性规划 (127)

(一) 单变量函数的极值问题 (128)

(二) 多变量函数的无条件极值 问题 (132)

(三) 多变量函数的条件极值 问题 (137)

四、排队论 (141)

(一) 概论 (141)

(二) 单通道单台排队问题 (142)

(三) 单列多台服务系统的排队 问题 (145)

(四) 有限来源排队问题的基本 模式 (147)

五、图和网络 (148)

(一) 图和网络的基本概念 (148)

(二) 树 (149)

(三) 最短链(路)问题 (150)

(四) 对集和截集 (152)

六、决策论 (160)

(一) 概述 (160)

(二) 风险型决策问题 (161)

(三) 不确定性型决策问题 (163)

(四) 决策树分析 (165)

七、对策论 (169)

(一) 概述 (169)

(二) 有限零和两人对策 (169)

八、模型论与模拟 (175)

(一) 模型论 (175)

(二) 模拟 (177)

第四章 系统工程和系统管理 (183)

第一节 现代系统的历史发展·····	(183)
第二节 系统、系统分析和系统工程·····	(184)
一、什么是“系统”·····	(184)
(一) 系统的定义·····	(184)
(二) 系统的类型·····	(184)
(三) 系统的思想和方法·····	(186)
二、系统分析和系统工程·····	(186)
(一) 系统分析和系统工程的形成·····	(186)
(二) 系统分析的程序和方法·····	(187)
(三) 系统的概念和特点·····	(194)
第三节 系统管理和系统工程管理·····	(198)

一、系统管理·····	(196)
(一) 系统管理的形成·····	(196)
(二) 系统管理的特点·····	(199)
(三) 系统管理与系统工程管理 的异同·····	(201)
二、系统工程管理·····	(201)
(一) 系统发展过程的阶段·····	(201)
(二) 系统工程管理计划的内容·····	(204)
三、系统管理的组织结构·····	(205)
(一) 一般管理机构的形式和组织 原则·····	(205)
(二) 研究与发展的组织结构和计划 管理组织结构的形式·····	(207)
主要参考资料·····	(209)

第一章 技术时代的变迁

有人说，我们现在正在脱离一种文化和技术的时代而进入另一个时代，即离开以工业革命为先导的机械时代而进入社会技术革命的系统时代，这并不是没有一点道理的。

人类自古以来就一直在为提高生产力而努力，在生产中要解决生产什么、如何生产、何地生产和何时生产的问题。1776年，A. 史密斯首先提出以“劳动专门化”来提高生产率，他发现把制造针的10个工人分成四个工种，就可以把每人每天生产1000根针提高到4800根针，效率提高4倍。1800年，蒸汽机发明者瓦特的儿子们探索从组织上对工场进行改革。美国内战期间，由于对滑膛枪的需要量急剧增长，E. 惠特尼提出了制造可更换部件的概念——“标准化”问题，使机械大生产有了可能。本世纪初，H. 福特运用流水线来装配汽车，从而发展了大生产的概念。这些都是现代工业工程的先驱。1911年，F. W. 泰罗在对金属切削的研究中发现了人的动作和状态对提高生产率有关系，于是开始从事对动作的时间研究，确立了定时标准，使具体操作合理化，并成为控制劳动成本的基础。这就是现代工业工程学的开始。

上面所列举的提高生产率方面的技术发展，反映了以工业革命为先导的“机械时代”有以下两个特点：

1. 简化主义：

即每样东西都可通过简化、分解，进行分析以求解释，从而得到理解。通过不断地积累、综合，提高认识。例如，科学就是在100多年前从哲学中分化出来的，先有物理学和化学，生物学来源于化学，心理学又来自生物学，社会科学又起源于心理学。这种分化从本世纪初开始剧烈地进行，至今已可列出各种学科至少150种以上。

2. 机械主义：

即对事物之间的因果关系往往不考虑环境的影响，是在理想情况下，以“闭环系统”来考虑问题的。

直到本世纪40年代左右，随着科学技术的进展，下列工业革命后的三大技术发展到了一定的高度，从而标志着“机械时代”的结束，“系统时代”的新时期开始了。

1. 通讯技术的发展：

随着19世纪上半叶出现的电报，1876年贝尔发明了电话，1895年马可尼发明了无线电，到本世纪三四十年代又出现了电视。这些通讯工具的出现，为信息传递提供了方便。

2. 观察记录用的测试仪器的的发展：

从机械式的温度计、速度表、伏特表、计程仪等的出现，到1937年发明的雷达、声纳等电子技术，为数据信息提供了必不可少的测量手段。

3. 电子计算机的发展：

起源于40年代的电子计算机，是逻辑地处理信息的必要工具。

这三种技术的结合，把对信息的观察、传递和处理结合在一起，这就出现了自动化。自动化技术的发展和运用，又要求把识别、观察、记录、数据处理和交流等功能纳入内在的决策、控制的精神过程之中，这就出现了一系列交叉学科，如信息论、控制论、系统工程、运筹学和管理、行为科学等，从而为工业革命后的社会技术革命提供了软件。

“系统时代”的思想特征是：

1. 膨胀主义：

即所有事物是更大的事物中的一部分。并不否认事物是由其部分所组成的，但更强调其本身也是一个部分。也就是从另一角度来看问题，更注意与有关部分组成一个整体。这就是一种合成模式的思想，以及一种系统的方法。根据这种思想和方法，系统的性能严格地依赖于各部件间的配合工作情况，而不取决于各单个部件之性能好坏。要知道各个部分的功能之和并不等于总的功能。

2. 目的主义：

在解释自然现象时要考虑作用、目标、用途、选择、自由意识等，即用人的意识来支配。人们关心的不再是纯机械系统，而是关心有目的的系统。因此，特别重视组织的作用，要按不同的功能来划分集团。客观上有三种目的系统：

自控制系统——增大其本身功能效率；

人类系统——提高服务效率；

环境系统——提高其一个组成部分系统的功能效率。

为此，对于技术管理来说，要综合运用自然科学和社会科学各学科的成就，科学地将其结合起来求取效果。这就是为什么从不同使用角度（如工程或商业管理）发展起来的这些学科和具体方法互相渗透、互相交叉之原因。除了以不同场合、不同用途来区分外，有时很难在这些学科之间划清明确的界线。

管理学科是应科学技术的需要而发展起来的。在了解了“机械时代”和“系统时代”各自的思想特征之后，就不难理解随着技术时代的变迁，管理学的发展经历了从科学管理到管理科学和系统工程的演变过程。

第二章 工业工程和科学管理

第一节 工业工程和科学管理的发展

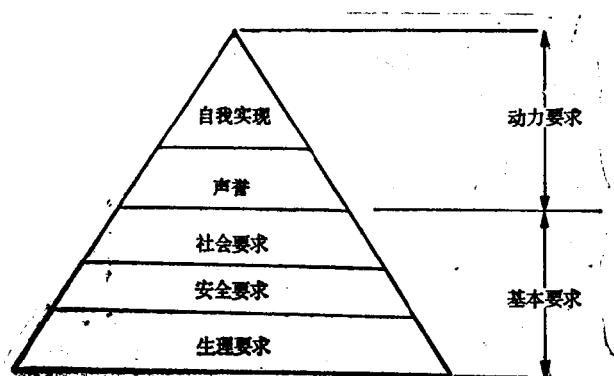
所谓管理，系指导人类活动的艺术和科学。它在人类历史上很早就形成了。早在古埃及，人们就开始认识到需要计划、组织和控制人类的活动。简而言之，计划、组织和控制就构成了管理工作的内容。管理学历来不是一门精确的科学，管理工作本身也是一门艺术，因为它需要管理人员的特殊技能。但是，随着科学技术的进一步发展，人们越来越感觉到需要掌握数量化的概念，应用数量的方法来帮助管理。这就逐渐形成了科学管理。

现在大家公认的“科学管理”创始人是F. W. 泰罗。1881年，他在美国米德瓦钢铁公司开始分解工人操作动作的定时研究，定出各分解动作的标准时间（即动作测定），提出操作合理化的改进办法（工序设计或方法研究）。1903年，他又倡导在组织上采取功能结构，把生产活动分解出“工具”、“速度”、“检验”、“维修”等功能，并设立计划科室负责工作次序的安排、日常计划的制定、时间成本的计算等等，改变了过去由工头直接负责这一切工作的做法。他还建议对机械工程师进行生产管理的训练，在大学机械工程系中开设这些工业工程课程，1911年并开始举办科学管理讨论会。因此，一般认为，科学管理或工业工程开始形成于1911年。

泰罗在研究中组织了一个班子，收罗了各方面的人才。在他的影响下，他这个班子中的不少助手，也作出了各自的出色贡献。如F. B. 吉尔布雷思夫妇后来发展了泰罗的思想，在研究分析人类活动的基本动作的基础上，把动作分解为搜索、找到、过渡、预先定位、抓住等标准动作。作为一个建筑公司的老板，吉尔布雷思把工人砌砖的7个动作减少到5个（增加小工来辅助砌砖技工），从而使工人的劳动效率提高三倍。另一名助手，数学家C. 巴思，发现了在金属切削中快速计算进刀量与转速关系的办法——巴思滑尺，他还对工人劳动中的疲劳问题进行了研究。H. L. 甘特则发明了工作时间进度表和劳动奖励制度。所有这些人的创造性工作逐步发展到用图象和数学公式来表达泰罗倡导的科学管理思想。这些人被人称作为“后期传统主义者”或“早期现代主义者”，他们都是在作过渡的工作，在他们的努力下形成了早期的工业工程学科，开始了在管理工作中引入定量计算和鉴定的概念。1930年以后，应用概率、取样等统计学的理论，发展了“储存控制”、“质量控制”、“工程经济学”等理论，以后又发展了“工厂布局”、数字计算机模拟等技术，排队论也广泛地应用到这一领域，运筹学也就成了工业工程的一个不可分离的工具。到1949年，工业工程这门学科正式被人们承认了。

所谓工业工程系统，从本质上说就是人机系统。人机系统的设计要求最佳综合“人”和“机”的因素。因此人类工程学也就成了工业工程中的一个组成部分。由此说明工业工程是一门科学技术与人文科学相结合的学问。

与此同时,定性的科学管理也有了很大的发展。法国人 H. 费尧着重研究企业的组织形式,从上层建筑方面来设法提高管理人员的工作效率,从而创立了一些新概念。艾密逊围绕着效率问题提出了 12 条原则,即要注意怎样干活,研究如何使工人工作更有效,不仅要作操作安排得合理,劳动报酬也得合理。在美国哈佛大学教书的德国心理学家 明 司 特 伯 格,把心理学与泰罗的方法结合起来,发明了对职工的测验方法。他还研究工人在达到最大工作效率时的心理状态和要求,研究了工作单调、疲劳和注意力等因素对工作的影响。他还发现同群人间的关系,形成人群动态学,即研究工作中人与人间关系的问题,由此把心理学和社会学结合在一起,成为社会心理学,或称工业心理学,也有称为社会动态学。这样,在管理学中就形成了行为学派。行为学派还认为报酬不是影响工作好坏的唯一因素,奖励制度不能代替管理,但好的管理应当包括合适的奖励制度。例如,马斯洛曾提出人类需求的等级理论:



人类需求的等级理论

若要鼓励一个人更好的工作,既要满足其基本的安全、生理要求外,还应满足其进一步的动力的要求。

总之,现代科学管理的理论是应资本主义生产发展的需要而发展起来的。它的目的就是研究如何使管理人员的管理更有效,从而能更好地掠夺和运用工人的剩余劳动价值,以便创造更多的财富。但是,从方法上来说,它是力求反映事物发展的客观规律,因而具有科学性。就如工业工程来说,它就是指有关包括人员、器材和设备在内的整个系统的设计、改进和建设的工作。它需要运用数学、物理和社会科学的专门化知识和技巧,与工程分析、设计原理和方法结合起来,以说明、估计和评定这个系统所能取得的结果。因此,虽然名曰“工业工程”,实际上其方法各行各业都能应用。要说明的是,在 1950 年以前工业工程几乎都用于机械加工制造阶段,实际上就与管理学中的“生产管理”大体相当。不过“生产管理”着重在生产环境中如何指导人的活动;而工业工程则侧重于如何分析和设计一个生产系统,设计分析有效运行的控制过程。如今,工业工程的方法已以不同的名称运用到运输、分配、军事后勤、武器系统分析、财经、公共卫生和服务行业等领域中去,这就与运筹学、系统工程等管理科学互相交叉在一起,无法划清明确的界限。其实这也并不奇怪,因为无论是运筹学、系统工程和管理科学,都是从早期的科学管理和工业工程基础上发展起来的,思想和方法同出一源,不过在侧重点和应用范围有所不同而已。

第二节 工业工程的内容

从上述工业工程的历史发展过程中可以看出,传统的工业工程主要包含两方面的内容:一是分析设计一个生产系统,二是分析设计生产控制过程,使生产系统能有效地运行。诚然,如今工业工程的应用已超出了生产制造的范围,与管理学、统计学、计算机科学、运筹学、管理科学、系统工程、人类工程学等紧密联系在一起,广泛应用于各行各业。因而其内容已大大超出了传统工业工程的范围。在这一章内仅就传统的工业工程的主要内容作一简要介绍,至于新的发展因与运筹学、管理科学雷同,从下一章中可以得到说明。

一、生产系统的设计

生产系统的设计,是通过对某项特定生产的分析和方法研究,对工序、流程、工作台及操作动作进行设计,并根据各工种、设备的关系来研究车间的布局和材料的流动情况。

(一) 方法工程

方法工程是分析和研究工人在工作场所的活动,研究如何完成工作任务,用多少时间去完成工作任务。

按照问题性质的不同,又可分为方法研究和工作时间测量两个部分。

1. 方法研究

指对工作台及其位置的详细设计并对有关的相互关系进行研究。习惯上一直采用作图法,半个世纪以来变化很小,至今仍在使用的。

(1) 工序图:用以显示各零部件和整个产品的加工、装配的程序及其相互关系,如图2-1。

(2) 流程图:用来更详细地考虑各部件及整个产品的相互关系。在流程中表示出一个工件的加工操作、运输、检验、等待和储存等情况,如图2-2。

(3) 工作台工作范围图:表示工作台的正常工作范围和最大工作范围。使用人类工程学的原理,在人机系统中考虑到人在体力和精神方面的能力限制,来进行工作台最佳工作的设计,制定动作时间最少的最佳程序,见图2-3。

(4) 动作单:按照动作经济学原理来安排工作位置及动作的程序。图2-4为动作单的实例,在动作单上用文字和图象说明了动作的程序及位置的设计。

动作经济学的原理为:

- ① 双手应同时开始并完成其动作。
- ② 除了休息时外,双手不应同时空闲。
- ③ 双臂应该同时在对称的相反方向动作。
- ④ 手和身体的运动应限制到能满意地完成任务的最低程度。
- ⑤ 在可能情况下尽量利用动量来帮助工人。如果动量要用体力来克服,则应减少到最小。
- ⑥ 手的连续、平稳动作适用于直线运动,包括突然、猛烈地变换方向。
- ⑦ 轨迹运动比受限制的或“受控制”的运动更快、更容易、更精确。

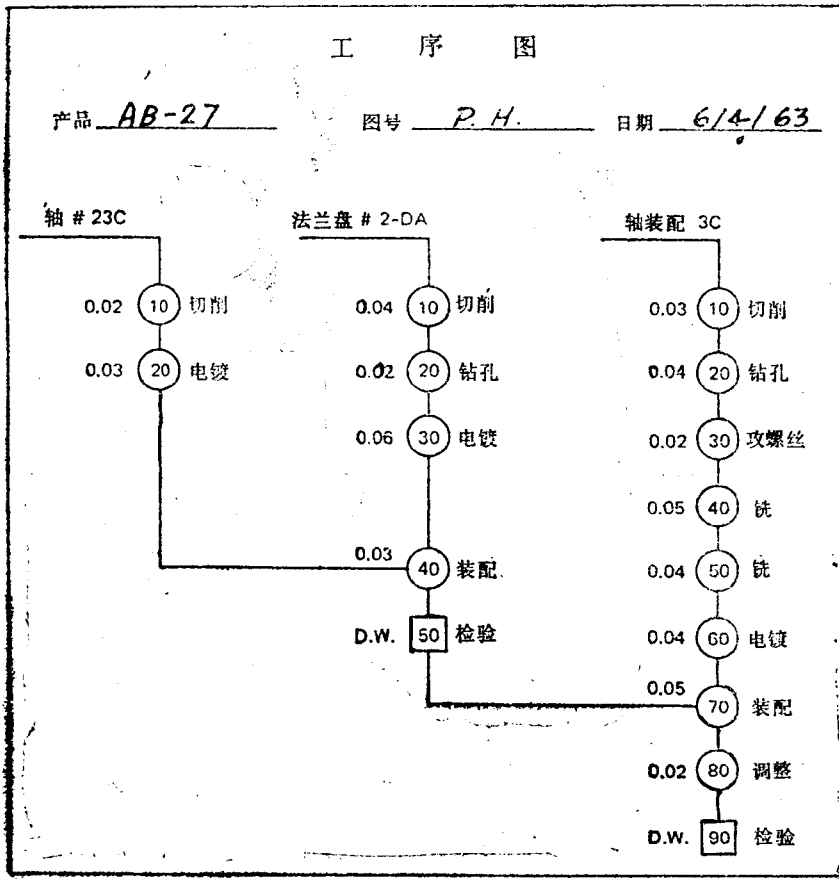


图 2-1 典型的工序图

- ⑧ 在可能情况下尽量使操作动作安排得更舒适、更符合自然节奏。
- ⑨ 眼睛注视物应尽量少，且尽可能接近。
- ⑩ 应指定固定的放置所有工具和材料的地方。
- ⑪ 工具、材料、操作开关应尽量接近使用地点。
- ⑫ 应采用重力加料箱和容器把材料输送到靠近使用点的地方。
- ⑬ 在可能的情况下应尽量采用“坠落传送”。
- ⑭ 材料和工具的位置应允许作最佳的连续运动。
- ⑮ 应该有合适的能见度规定。良好的照明是满足视觉需要的首要条件。
- ⑯ 工作台及座椅的高度应按尽可能方便变换坐、立姿势来安排。
- ⑰ 座椅的类型和高度应使每个工人能有良好的姿势。
- ⑱ 双手应从可以更好地使用安装架、工夹具和脚操作装置的工作中解放出来。
- ⑲ 在可能的情况下尽量把 2 种或 2 种以上的工具组合起来。
- ⑳ 在可能的情况下应尽量使工具和材料预先定位。
- ㉑ 在每个手指作专门动作的情况下，如打字，工作量应按手指间内在力量来分配。
- ㉒ 手柄、横杆和手轮应位于使操作者操作时改变身体部位最小并最得力的位置上。

流程图

1#2页

部件名称 小零件
 工序说明 加工机座、装配、抛光
 部门 加工车间、装配、抛光
 工厂 ××公司
 记录人 ×× 日期

总计	
	次数
○ 操作	
○ 运输	
□ 检验	
□ 等待	
▽ 贮存	
工序总数	
运输距离	

步骤	操 作 运 输 检 验 等 待 存 贮	方 法 说 明				
1	○◇□▽	存放在取料处				
2	○◇□▽	传送至机床2	手推车	6'		
3	○◇□▽	在机床2处				
4	○◇□▽	送上机床2	手	4'		
5	○◇□▽	车外圆				
6	○◇□▽	放上工作台	手	4'		
7	○◇□▽	在工作台上				
8	○◇□▽	传送到机床3	手	4'		
9	○◇□▽	钻孔				
10	○◇□▽	放上工作台	手	4'		
11	○◇□▽	在工作台上				
12	○◇□▽	送上机床4	手	3'		
13	○◇□▽	钻孔				
14	○◇□▽	放上垫木	手	4'		
15	○◇□▽	在垫木上				
16	○◇□▽	送往装配车间	手推车	10'		
17	○◇□▽	在装配线前端				
18	○◇□▽	送在装配位置	手	5'		
19	○◇□▽	装配				
20	○◇□▽	送往检验位置	手	3'		
21	○◇□▽	检验				
22	○◇□▽	送往装配线后端垫木上	手	8'		

图 2-2 典型的流程图

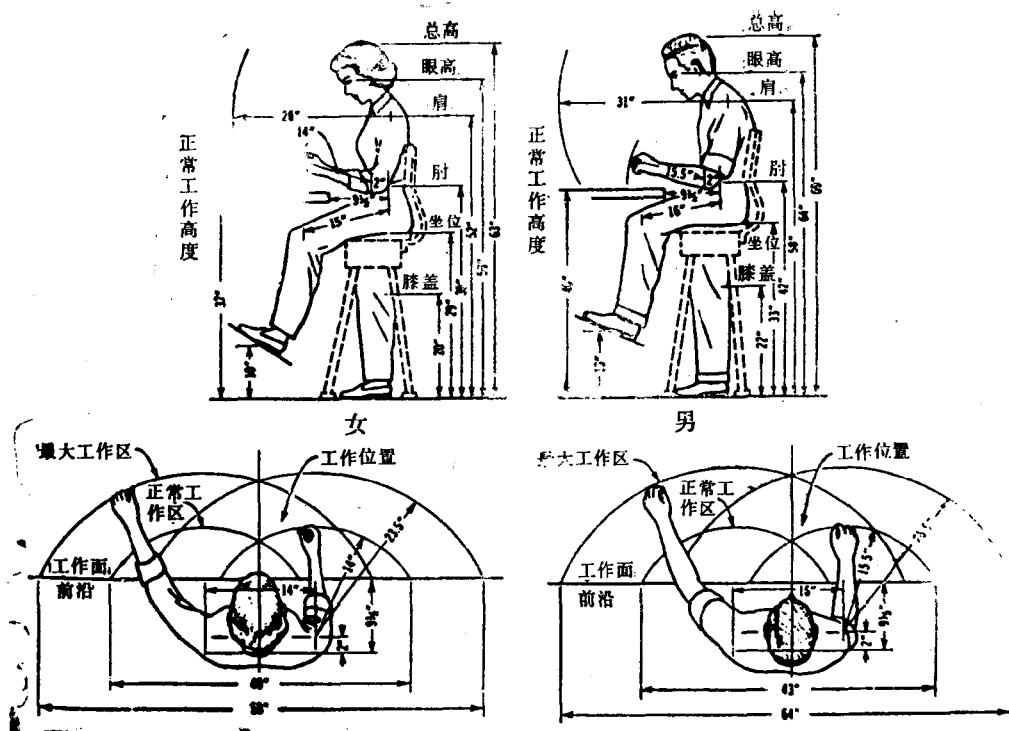


图 2-3 正常和最大工作区的尺寸

(5) 多活动图：多活动图有两种：一为人机关系图，一为班组工作过程图。

人机关系图用于处理一人管理多台机器的问题，通过图解可排出一人操作多台机器的程序，使劳动效率最高，见图 2-5。

班组工作过程图是用来安排一组人的配合工作。通过图解使产品在一个班组中生产的时间最小，例如图 2-6。

2. 工作时间测定

指确定一项工作的标准工作时间的过程。标准工作时间的确定可以通过停表时间研究，分解动作研究，或从预定时间制来选取，也可运用统计学理论对工作取样分析来确定。

(1) 停表时间研究：即用停表来测定各分解动作的时间，考虑个人的速度系数后，得到工作的基本时间。考虑到工作延误等偶然因素，即得到正常工作时间，再加上等待等偶然延误及其他有关的允许宽限，即得工作的标准时间。

计算公式：

$$ST = NT + A$$

$$NT = \sum_{i=1}^n (RF_i \times \bar{T}_i) \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

其中：ST为标准时间

NT为正常工作时间

A为允许宽限

× × 公 司			
操 作 单			
操作说明	手 柄 的 粘 接		操作号 <u>125</u>
制图人 <u>P. H.</u>	部门 <u>4-12</u>	日期 <u>4/7/66</u>	第 <u>1</u> 页 共 <u>1</u> 页

部 件	供 应 品	工 具
<u>#2256</u>	<u>#23-C</u> 环氧树脂	<u>#12B</u> 夹钳
<u>#2257</u>	_____	<u>#127</u> 布料机
<u>#1858</u>	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

操 作	
工 序	说 明
1	把 #2257 放于夹钳中
2	把 #2256 对准 #2257
3	把环氧树脂按条件 No. 116-2 涂于 #2257 和 #2256 上
4	干 10 分钟
5	把 #1858 拧旋至 1/4 深
6	从夹钳中拿下装配件并放置好

图 2-4 动作单示例

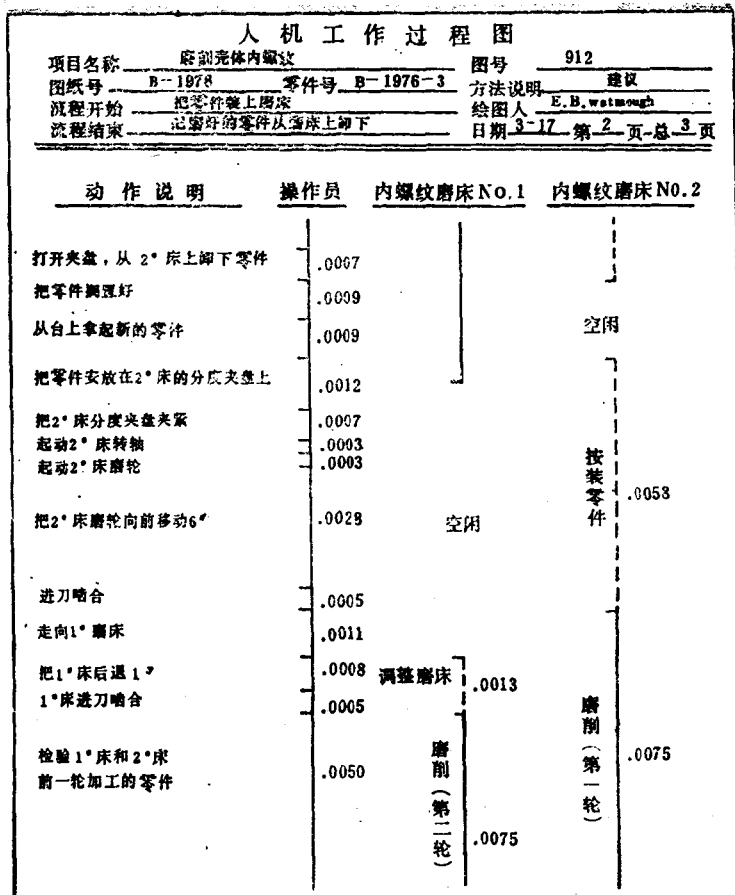


图 2-5 人机关系图

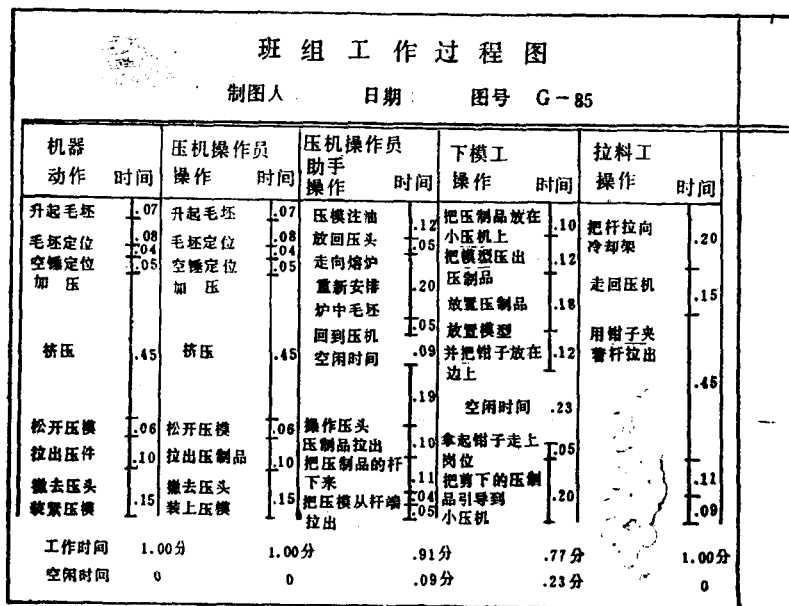


图 2-6 班组工作过程图