

# 成组技术的发展与应用

张怀亮 崔芮华 孟庆龙 河北工业大学 (300130)

薛汝新 许继电气股份有限公司 (461000)

## 1 成组技术的基本特征

成组技术(GROUP TECHNOLOGY)是一门生产技术科学,研究如何识别和发掘生产活动中有关事物的相似性,并充分利用这种相似性为生产服务。其基本方法是把相似的问题归类成组后,寻求这一组问题的最优解决方法,以取得所期望的经济效益。应用在机械加工制造方面,就是以零件结构和工艺相似性为基础,合理进行生产技术准备和产品制造加工的方法。它是从零件的特性中找共性,以成组化为手段,进行分类编码,扩大零件的加工批量。实行成批大量的生产方式,以提高多品种、中小批量生产的经济效益。

多年来,一个多品种、中小批量的企业,由于品种多、批量少,只好采用通用的加工设备和通用工装进行生产,生产效率低,经济效益差。对于新产品开发,从结构设计、绘图、编制工艺文件、设计和制造工装,到订购新设备、安排试制投产,至少要1~2年时间,甚至更多。这是多品种、中小批量生产企业的通病,其缺点概括起来有:(1)生产率低,经济效益差;(2)管理混乱;(3)生产准备周期长,因而特别不能适应产品更新和市场竞争的要求。正因如此,成组技术才应运而生。

目前,成组技术与计算机技术相结合,开辟了计算机辅助设计(CAD)、生产过程自动化和生产管理自动化相结合的新途径。

成组技术对于多品种小批量生产企业发展所起的巨大推动作用,在国际上已得到公认。有人提出:提高多品种、中小批量生产企业效率的途径是:数控机床+计算机+成组技术的生产模式。

成组技术的基本原理和特征是:

### 1.1 成组技术的理论基础——相似性原理

成组技术是建立在相似性原理的基础之上的一门生产技术科学。下面从两个方面问题来进行介绍。

#### 1) 零件的相似性

成组技术赖以生存和发展的基础是“相似性原理”。其实,相似性的概念在日常生活中常会遇到。百货公司不是按服装、布料、食品……划分柜台和班组吗?机械产品生产不是早已把零件分成轴类、盘套类、箱体类等几大类吗?所以这样划分是因为每类的特件有相似之处。

就低压电器开关来说,每种电器开关都有接触系统或电磁铁等,虽然各种电器的结构、尺寸、形状有所不同,但是它们在功能材料、加工工艺等方面则有不少相似之处,可谓大同小异。如果将相似程度较高的各种接触系统、电磁铁、底座等分别合成一个个零件组,一起投料,一起加工。利用电器零件上述各方面的相似性,导致工艺过程、所用设备和工装也相似这一点来组织加工和生产。这样一来,虽然每种电器产量不多、批量不大,但相似的各类零件合起来就有一定数量了。

收稿日期:1995—09—06

如果把相似程度较高的全部零件合并成一个个相似零件组,按相似零件组制订成组工艺、设计制造成组工装,生产时按零件组投料、加工,不就把多品种、中小批量生产转变成较大批量生产了吗?

现在可以这样来解释:成组技术就是将全部零件按相似性原理划分成相似零件组以扩大批量、进行加工的一种技术。

这只是成组技术的一个方面——成组加工。成组技术的初期正是指成组加工而言的。随着人们认识的不断深入和电子计算机的广泛采用,成组技术的内容也随之丰富。现在成组技术已贯穿于从产品设计、加工制造到经营管理的全过程,发展成为一项综合性新技术了。

## 2)相似性原理引伸——零件复杂性出现率分布

如上所述,零件相似固然可以组成相似零件组,如果有的工厂的产品没有相似的零件或者相似零件数量很少,又该如何处理呢?

抽象的说,客观事物既存在有差异的一面,即个性;但也存在着相近似的一面,即共性。各类机械零件既然是客观事物,也必然有其共性,相似性原理就是研究各种事物这种共性的。

下面的调查研究也证实了机械零件之间存在有共性。

德国阿亨机床与生产工程实验室在 H. Opitz 教授领导下,曾对零件的相似性作过考察分析。他们从机床、发动机、矿山机械、仪表、军械、纺织机械等 26 个不同产品的企业中选出 45000 种零件,对其复杂程度进行了统计分析,并绘制了零件复杂出现率分布图,如图 1 所示。

H. Opitz 教授按零件复杂程度将 45000 种零件分成 A、B、C 类:

A 类:复杂件(或特殊件)。属于此类的有床身、机架、主轴箱等,多是关键性零件。此类零件的特点是:(1)结构复杂;(2)单件价格高;(3)再用性低;(4)出现率低(占零件总数的 5%~10%)。

C 类:简单件(即标准件)。属于此类的有各种轴、齿轮、法兰、盖板等零件。其特点是:(1)结构简单;(2)单件价格低;(3)再用性高;(4)出现率低(占零件总数的 5%~20%)。

B 类:相似件。属于此类的有各种轴、齿轮、法兰、盖板等零件。其特点是:(1)复杂程度、再用性和单件价值均介于 A、C 类之间;(2)出现率很高(约占零件种类的 70%),是一大批彼此相似的相似件。

从上述分析可以看出,相似件占的比例很大。B 类零件既是产生成组技术的基础,也是实施成组技术的主要对象。对 A 类和 C 类零件也要有分析,不能一概而论,A 类中具有较高相似性的零件和 C 类中难以买到的标准件也可作为成组技术的实施对象。

## 1.2 零件种类与其数量的相关性

零件之间不仅具有相似性,零件种类与其数量之间还具有相关性。德国和捷克斯洛伐克均曾对本国生产的机床零件的出现率作过统计(包括车床、磨床、镗床等不同机床的零件),并列出了不同类型(指回转体和非回转体两大类)、不同特征的各类零件出现率(即相对数量)统计表,如表 1 所示。

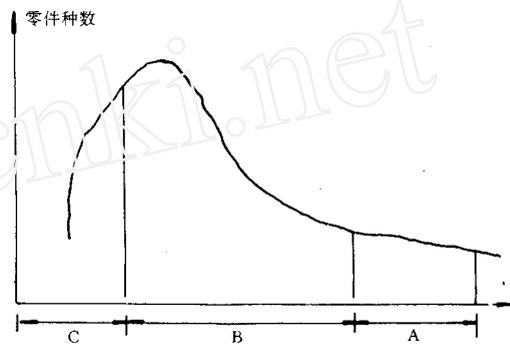


图 1 零件复杂性出现率分布图

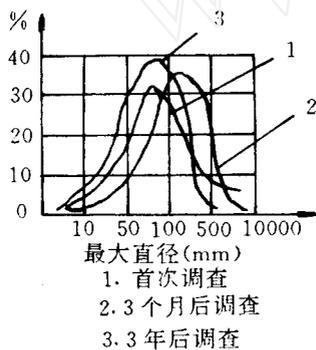
表 1 各类零件出现率统计表

类 型	类 别	特 征	出现率(%)	
			捷克	德国
回 转 体	1	无 孔	13.1	11.5
	2	盲 孔	5.6	4.6
	3	通 孔	26.2	24.2
	4	有齿型(无孔和盲孔)	1.7	1.9
	5	有出型带通孔	8.7	8.5
非 回 转 体	6	平面不规则	13.4	19.2
	7	箱体形	5.6	6.5
	8	其它(多为不需加工)	25.8	23.6

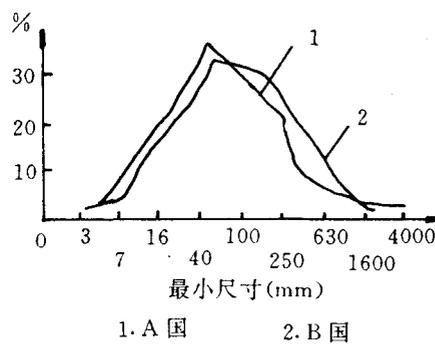
从表 1 可以看出,出现率最多的零件(26.2%和 24.2%)是带有通孔的回转体(第 3 类零件)。其余依次为第 8、6、1、5、7、2、4 类零件。这一统计结果清楚地表明,每类零件(1~8 类)在同类产品(机床类)所占数量多少是有规律的。零件种类与其数量之间的这种内在规律,可称之为零件种类与其数量的相关性,这个相关性和成组技术之间是有联系的。

### 1.3 零件尺寸的相对稳定性

图 2 是对同一机床厂的回转体零件最大直径尺寸的变化所作的统计分析图(德国阿亨工业大学绘制),统计取样的时间前后共 3 处多。统计结果发现:尽管在 3 年多时间内,该厂的产品品种和规格有所变化,但回转体零件最大直径的变化却很小,具有一定的稳定性。



(a) 某厂 3 年多回转体零件最大直径尺寸分布



(b) 某两国同类零件的最小尺寸分布

图 2 零件尺寸的相对稳定性示例

零件尺寸(直径、长度等)变化不大。加工这些零件的机床规格和工装也就自然具有相应的稳定性,这就为我们选择机床设备或设计规范适宜的成组机床、成组工装提供了依据和可能。

根据上述分析,机械零件客观存在的三个特性(或称规律性)说明:在各种机械产品中,各

类零件(A、B、C三类)都有大致固定的出现率范围;而带有各自特征的每类零件(如带通孔的回转件等),其平均出现率又有一定规律;零件尺寸也相对稳定。同种零件(如各种轴)之间在形状(复杂程度)、结构(特征)和尺寸等方面的这种相似性,必然导致其工艺方法的相似。这就为我们将零件划分成一个个相似零件组,并对之进行成组加工等多方面推行成组技术提供了客观基础。

同时,我们体会到零件相似性具有两层意思:第一层是从机电产品总体上讲,不同类型机电产品(机床、电机、农机……)的零件中存在着大量的(占70%左右)、彼此相似的相似件;第二层是对同类机电产品其同类零件(如各种电器的铁心件等)之间在形状、结构、尺寸等方面具有相似性。

## 2 成组技术的发展概况

成组技术是最近几年发展起来的新技术,采用成组技术能使工厂获益很大。表2介绍国外采用成组技术后的技术经济效益。

表2 采用成组技术后的技术经济效益

序号	获益项目	均变率(%)
1	劳动生产率提高	32
2	单件成本可降低	40
3	废品率降低	40~50
4	新零件设计数减少	52
5	由于标准化可使图样总数减少	10
6	生产准备时间减少	69
7	工艺编制时间可减少	20~40
8	生产周期减少	40~70
9	设备利用率提高	30
10	企业管理时间可减少	60
11	生产面积可减少	20
12	在制品减少	62
13	制造费用可节约	60
14	流动资金减少	80

从表2中看到,尤其是在提高生产率和降低生产成本这两条,效果显著。虽然在最近30余年成组技术才得到推广应用,但早在本世纪30年代,前苏联的工艺工作者就开始了探讨工艺过程典型的可能性。第二次世界大战期间,前苏联、德国、瑞典等国,都对工艺过程典型化进行过试验研究,并逐渐发展成为成组工艺。到50年代中期由前苏联的米特洛范诺夫(МИТРОФАНОВ)首先以成组工艺的形式提出来,并在实践中取得了较大的成就。从50年代末,西欧和东欧逐步吸收引进成组技术。到了60年代和70年代初,上述各国得到了广泛的应

用,理论和实践均已比较完善和成熟。应用范围也从机械加工扩展到冲压、铸、锻和装配等工艺。

日本和美国引入成组技术的时间较晚,分别于 60 年代后期和 70 年代初才逐步接受和应用成组技术。各国推广应用成组技术情况大致是:

前苏联和东欧各国实施成组技术的特点是国家设专门机构统一负责,自上而上地推行成组技术,对实施成组技术遇到的理论和实践问题,统一研究和处理。但是,从 90 年代以后,由于政治和经济体制的变化,推行成组技术的体制亦受到某种冲击。

上述各国在重型机器、汽车、机床、仪器、无线电等行业,广泛采用了成组技术,普及程度很高。目前,他们正要成组技术与数控技术、柔性制造系统结合起来,以实现中小批生产的高度自动化。

西欧各国,如德国、英国、瑞士、荷兰等国家成组技术引进较早,并且都取得了较大成绩。西欧国家实施成组技术是以高等学校为主进行研究,然后在企业推广应用。

由德国阿亨大学 Opitz 教授研究开发的 Opitz 分类编码系统及其“零件统计学”对后来世界各国编码系统的制订,以及用计算机进行分类成组,提供了极有价值的经验。目前,德国已将成组技术与计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工艺规程设计(CAPP)结合起来,实现柔性自动化。该国还在把成组技术从适用于中小批量生产推广应用到大批量生产的自动线中去。

日本的成组技术起步较晚,1967 年由国家的机械技术研究所和产业界机械振兴学会,联合成立了成组技术研究会后,成组技术才得到了迅速发展。他们先后制订了 KC-1(5 位)、KC-2(9 位)、(KK-1)(3 位)、KK-2(13 位)、KK-3(21 位)等分类编码系统。此外,一些大企业,也建立了自己的分类编码系统。目前,日本的成组技术应用已取得了显著成效,正在大力普及以成组技术为基础的 CAPP 系统和柔性制造系统(FMS),并且在近几年已创建了两个以成组技术为基础的无人自动化工厂。

美国比日本在成组技术方面起步更晚,在前苏联和欧洲大力推行成组技术的 60 年代,美国则主张以数控和电子计算机技术来解决多品种、中小批量生产存在的问题,虽然也取得了一些成绩,但耗费大,并且不能解决缩短新产品设计周期、缩短生产准备周期和满足新产品更新换代频繁的要求。为此,美国航天工业协会从 1972 年开始,并进而在全国普遍重视和推广成组技术。

由于美国技术力量强,虽然起步晚,而发展迅速。1977 年美国宾西法尼亚大学调查的 133 家公司中,有 50 家已经采用了成组技术,占被调查总数的 44.2%。美国不少高等和学术团体在成组技术的推广应用上,起到了积极作用,取得了可观成绩,如 MIT 已研制出用电视摄像机和电子计算机结合的光学识别方法,对产品图样自动分类和确定代号的新技术。

我国 60 年代初引入并研究成组技术,在纺织机械、飞机、机床及工程机械等行业得到推广应用。第一机械工业部在 1963~1972 年的《机械加工工艺及其设备十年科学技术发展纲要》中,就明确了要在多品种、中小批量生产厂试行成组技术,并规定了分阶段的实施目标。后因政治原因中断了成组技术的推广应用。从 1979 年开始,我国的成组技术已重新得以开展,先后召开了机床工业系统推行成组技术的交流会和该行业零件编码法则审定会,并制订了机床零件分类编码系统草案(即 JCBM-1 系统。该系统于 1982 年 10 月正式定稿)。1980 年先后成立了成组技术情报网和中国成组技术研究会。1981 年召开了第一届全国成组技术学术交流会,1984 年 4 月在北京召开了“机械成组技术分类编码系统”审定会,决定建立统一的机械工业零

件分类编码法则,即 JLBM-1 系统。该系统于 1985 年由原机械工业部批准,作为指导性文件试行。以后又召开了多次学术交流会,成组技术试点经验交流会。在我国机床、纺织机械、兵器工业等系统迅速得到了推广应用。

从 1986 年以后,我国成组技术的应用向更深的方向和向新成组技术概念方向发展。所谓“新成组技术概念”是近几年由美国哈姆(Ham)教授提出来的。其含义是成组技术的应用与计算机应用必须紧密结合起来,并贯穿于 CAD、CAPP、CAM 和 MPP(物料需要量计划)等各个生产环节中,使之获得最优化和集成化。这种结合称之为成组生产工程,它是现代制造技术如 CNC、FMS、IMS 等的必要基础。我国在将成组技术与计算机的结合方面取得了一些进展。如我国唐山轻工机械成组技术研究所,就在成组技术与 CAD 的结合上取得了可喜成绩,处于国内领先水平。

在 1987 年和 1988 年分别召开了成组技术学术报告和 CAPP 学术经验交流会。在会上介绍了国外“新成组技术概念”的研究动向和发展水平,交流了我国 CAPP 的最新研究成果。

目前我国的成组技术由初期的概念化、定性化、手工化向理论化、量化、计算机化转变,从学习外国的有关理论,发展到解决我国生产实际问题为主的应用和探讨。同时,我国的成组技术的研究已经从研究院所、高等学校、试点厂家逐渐推广到越来越多的企业。据不完全统计,90 年代初全国已有 100 多个企业实施成组技术。可以预见,随着科学技术的发展和人们认识的提高,将会有更多的单位和企业研究和应用成组技术。

目前,我国电器行业成组技术的研究,尚处于启蒙和试点阶段。电器行业的企业大多数属于多品种、中小批量的生产企业,仅以上海为例,其电器公司生产的产品有 8000 多个系列,4000 多个品种,30000 多个规格,是一个生产电器产品量大面广的专业化公司,产品的年总销售额 7.6 亿元,假如按产品系列来分解,则平均每个系列仅含 95 万元销售额;若按产品品种来分解,每个产品品种仅含 19 万元销售额;若按产品规格,则平均仅含 25 万元销售额。上述分析是按简单的算术平均法来分解,尚不能说明具体产品品种批量的生产情况。在全公司,到 1992 年尚找不到一个工厂企业年产 100 万件以上的产品系列,因此我国电器行业应当积极开展成组技术的研究。

从 90 年代以来,我国有些院校、研究所和工厂企业开始重视成组技术和 CAPP 的研究,如河北工业大学电器教研室、许昌继电器研究所、上海电器公司、许继公司、上海电器成套厂、保定继电器厂等单位,都作了不少工作,取得一定的效益,在河北工业大学主编的教材和专著中作了专门论述。

实施成组技术的基础性工作就是零件分类编码系统,划分相似零件组。零件的编码就是将零件以其代号,即用一组数字、字母或符号(总称字符)描述。这组字符不能凭空组合,而是要按一定的规则,指导以字符代零件的这套法则,就称为零件分类编码系统。现在介绍几种国内外较有特点的零件分类编码系统(见表 3)供参考。

表 3 典型零件分类编码系统

国 别	名 称	码 位 数	适 用 范 围
苏 联	米特诺凡诺夫(MNTPPOΦAHOB)	45 位(回转件)	机加工件
		80 位(非回转件)	
	古列维齐(RY BBNY)	9 位	锻 件

