

制造业车间作业计划与调度研究

董 鹏¹ 王铁雁² 江 佳³ 陈龙虎⁴ 欧海燕⁵

(1. 卡莱(梅州)橡胶制品有限公司计划部, 广东梅州 514759;
2. 香港大学工程学院, 香港; 3. 东风柳州汽车有限公司进出口部,
广西柳州 545005; 4. 解放军总参谋部第 60 研究所科研处,
江苏南京, 210016; 5. 广东商学院工商管理学院, 广东广州 510320)

摘 要: 车间作业计划是企业生产计划的最终环节, 对制造领域里的经营管理效率起着支撑作用。针对当前企业存在的诸多问题, 在系统分析了作业的特点以及对车间作业计划(PAC)编制的来源及过程的总结基础上, 科学地归纳在制造业领域的 PAC 与调度流程, 并给出了相应的评价标准和调控措施。

关键词: 车间作业计划; 车间调度; 评价指标; 制造业

中图分类号: F406.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-1894(2012)02-0063-12

车间作业计划(Production Activity Control, PAC)是依据主生产计划(MPS)而编制的具体执行工作方案, 它把车间的生产任务落实到每个人、每台设备上, 是车间组织生产的依据, 也是企业管理中最重要的部分。^[1] PAC 的实施贯穿于生产系统的各道工序, 受很多因素的制约。随着生产规模的扩大和复杂程度的提高, PAC

的实施与调度也出现了一些问题。本文运用车间作业调度方法, 针对当前 PAC 与调度中存在的问题进行研究, 为企业提供优化的生产作业排序和车间作业调度策略, 从实践与理论方面提升 PAC 及其调度水平, 以提高制造系统的运行效率, 增强企业的市场竞争力。

一、PAC 与车间调度的内涵与特点

PAC 系统是一个高度复杂的系统, 它有效地综合了机械、信息、网络等资源。制定 PAC 是为了使生产设备、物料、人员和信息四者匹配, 实现车间均衡、协调、持续生产。在 PAC 生

产执行过程中, 决策部门需要根据车间的生产能力及其他资源的使用等反馈情况不断地调整 PAC, 而调整计划贯穿于企业生产活动的全过程。因此, 要最大限度地发挥生产系统的柔性

收稿日期: 2011-11-14。

作者简介: 董鹏, 男, 卡莱(梅州)橡胶制品有限公司计划部 APS 研究员、车间调度主管, 研究方向: 生产计划与调度、供应链管理; 王铁雁, 女, 硕士, 香港大学工程学院工程师, 研究方向: 生产管理、工业工程与物流管理; 江佳, 女, 硕士, 东风柳州汽车有限公司进出口部研究员, 研究方向: 供应链管理、国际经济与贸易; 陈龙虎, 男, 博士, 解放军总参谋部第 60 研究所科研处研究员, 研究方向: 行为科学与系统工程; 欧海燕, 女, 博士, 广东商学院工商管理学院助理研究员, 研究方向: 企业管理。

潜力,满足市场需求。

(一) PAC 与车间调度的界定与内涵

PAC 的编制包括确定操作顺序、分配资源和制定期量标准等。PAC 与车间调度问题是一个典型的任务集,包括资源集、约束条件集、性能指标集。其中,资源集包括人员、设备、工具和材料等,而每台设备可以完成一种或多种作业,不同设备能完成的作业集可能相同也可能不同;约束条件集用以规定生产过程中需要的条件,如任务的优先级、每个作业要求完成的时间、资源的能力、生产工艺、质量标准等;性能指标集用以规定生产过程中需要优化的目标,如生产周期、在制品量、订单交货期、资源利用率和生产成本等。每一个任务都包含一组需要执行的作业序列(工序),而这些作业序列需要占用系统的机器、工具等资源,并且必须按照一定的工艺顺序执行。^[1,2]

调度的目标是为作业合理分配资源,为每一个加工对象合理安排具体的加工顺序、路径、时间、制造设备资源和操作等,使内部和外部约束条件被满足,其中,内部约束主要为企业的资源约束、能力约束和生产过程中的技术约束等;外部约束主要为订单规定的时间要求和品质要求等,同时使大部分生产性能指标得到优化。在有限产能、库存容量及资源的约束下,通过优

化配置生产资源来提高 PAC 的可实施性以及生产过程的可计划性、可控性。^[2,3]而车间作业调度与控制则是实现生产高效率、高灵活性和高可靠性的关键环节。

(二) 编制 PAC 的特点

在编制 PAC 过程中应考虑其如下特点:

(1) 实用性。以在制品加工进度为基础编制工序能力计划,使 PAC 紧跟生产现场,达到计划编制与生产节拍的和谐统一。PAC 计划期短、计划内容具体、计划单位小、可操作性强。

(2) 合理性。综合上级计划、在制品进展情况、工序周期、工序时差和剩余工作量等因素,通过合理的排程方法,达到满足交付和有效利用资源的目的。

(3) 计算机模拟与预见性。采用“模拟和预测”的方式,帮助计划员提前预测未来计划的执行情况,而且通过模拟可以导出最优工序排序方案、瓶颈和薄弱环节,找准切入点,分析模拟输出结果,从中选择出较满意的 PAC 方案,该方法可提高管理质量及效率。

(4) 平衡性。以零组件交付需求为依据,不断地平衡和处理任务与生产能力、计划与实际的关系和矛盾,特别是设备负荷的平衡和生产现场问题的有效处理,将进一步强化生产现场组织、协调与控制。

二、PAC 与车间调度存在的问题

PAC 处理问题的广域性、动态性和多约束性使 PAC 的编制容易产生各种问题。^[4]加之生产环境具有不可预测性、多变性、随机性、干扰性和经验性等问题的存在,PAC 的编制成为企业生产管理中的一个难点,许多问题至今尚未得到很好的解决,例如数据处理、加工排序、库存、批量与加工瓶颈等问题,这些问题都影响到 PAC 的适应性和效率。当前 PAC 与车间调度存在的主要问题如下:

1. 生产实际情况与 PAC 的相冲突 在客户要求订货批量愈来愈少、品种愈来愈多和

交货期愈来愈短的情况下,生产线负荷和能力的调控越来越复杂,不但耗费大量人力,还经常出现生产异常情况,使生产和交货脱节。另外,由于 PAC 的制定多考虑按时交货,少考虑生产线能力的限制,经常造成实际生产偏离计划。实际生产环境中存在着大量的随机事件,一方面由于产品的品种多,工序复杂,产品的工艺过程经常变更;另一方面又常常会面对紧急订单、订单变更及订单取消等异常情况,又很难预测订单在什么时候到来。虽然产品订单是生产制造部门的任务标的,但由于产品订单签约日期、

签约产品类型和数量具有不稳定性,如果将其直接作为生产制造部门的任务来源,则会造成生产制造部门生产的波动,破坏生产过程的均衡,一旦计划与实际的出入过大,将难以保证按时完成客户订单,影响企业的交货信用。企业要快速响应市场需求,必须及时发现 PAC 同实际的偏离,并不断改进,同时也需要 PAC 能适应客户需求和客观环境的不断变化。但如果一味追随变化,朝令夕改,势必造成生产上的混乱。因此,控制计划变动是保证计划可执行程度的重要内容。

2. 不同生产条件下,PAC 编程方式也不同

PAC 的编制者可以选择不同的优化目标,对不同的优化目标,又可以采用不同的排序方法,不同的排序规则编排同一作业计划时也将产生不同的排序结果;不同的目标影响调度的具体模式;在不同的制造资源、约束条件、生产规模、生产形式和管理方法下,车间调度问题的调度策略及其数学模型一般不同;不同企业因生产过程不同,其生产组织和管理也有所差异,计划员对现场掌控不同所得出的结果也将不同;即使同样的生产计划经验,同样的设备和人员,所安排的生产计划也略有差异;企业的生产类型和生产组织形式不同,采用的有关生产期限和生产数量的标准即期量标准也将不同;企业性质不同生产结果和方式也不尽相同;按照约束条件去安排,无论是拉式生产,还是推式或混合式生产,其生产方式不一样,计划的安排方式也不一样,不同的编制方式其结果往往差异很大;生产计划还与所处的环境有关系,如果企业周围有着良好的工业环境,距码头近,那计划的方式和生产方式也存在着差别;客户不同安排的结果又不一样;生熟手不同,产生的效率也不同。如果作业分配和排序安排不当,将出现人员或设备窝工,生产周期拉长,急件和缺件不断生产等繁琐复杂的问题,只按经验或随意安排作业,导致生产的全面被动乃至恶性循环。另外,PAC 编制存在两大问题:第一,在当月 PAC 尚未执行完毕时,过早地编制下个月的计划,结果造成当月生产实际完成量与计划量

的偏差及用户和市场需求情况的变化,造成计划与生产脱节;第二,在当月 PAC 全部执行完毕时再编制下一个月的 PAC,结果造成生产连续性缺乏必要数量的在制品储备和当月投料、当月加工、加月装配被动的局面。PAC 的制订应与企业当前的生产状况相适应,投料过早或过多,各加工中心的在制品数量增加,等待时间延长,导致生产周期增加,系统稳定性变差;投料过少或过晚,系统利用率低,造成产出降低、订单延误。

3. 影响 PAC 因素的多样性而导致其变动

影响 PAC 及其调度有各方面因素,识别这些影响和干扰具有一定的困难。车间制造环境的复杂性、生产加工任务和调度目标的多样性,系统加工任务的动态性,使得 PAC 和车间调度存在一定的复杂性和困难。由于大量不确定因素的存在,传统的 PAC 与控制模式存在作业计划与现场调度相脱节的问题,目前,PAC 的研究与制定大部分逐层进行,往往是上层计划的可行性到下层计划编制实现时才能验证。这样既加大了车间调度的难度,又使作业计划流于形式,生产控制目标难以实现。在 PAC 编制工作完成以后,付诸生产实施时,由于作业计划考虑的是静态情况,而实际生产过程是动态的,无论编制 PAC 时考虑多么周密,安排如何具体,也无法预见实际生产过程中的所有变化。PAC 将随着市场、加工时间、加工路线等生产影响因素和约束条件的变化而变化,在实施过程中也不是一成不变。在生产中,由于生产能力的变化,前一周期任务的延期完成、废品的产生都可能影响 PAC 的完成。另外,停机、停工、准备时间的变化,可用原材料的减少等也都是影响 PAC 完成的因素。尽管制定 PAC 时已经充分考虑了现有的生产能力,但由于其在实施过程中受到各种因素的影响造成事实情况与计划要求不符或偏离,这种差异主要表现为生产进度和生产数量的不一致;多品种产品的总需求量及其比例的预测与实际情况的差异;特定品种的需求预测和实际情况的差异;订货计划和实际需求情况的差异;计划产量(计划时间)和实

际产量(实际时间)的差异;库存量的变动和产品中断发生的差异,此外还有因设备故障和出勤情况变化而造成的工作效率变动。因此,PAC 能否得到有效执行,不仅仅取决于该计划是否完善,还取决于对一些不可预见的突发事件的处理,如原材料供应变化、生产任务变化、工件加工质量达不到要求而被迫返工等。在制定 PAC 时,有可能面临着原料供应、产品需求量、产品价格等都是不确定的,无法提供计划所需材料(比如由于供方失约、原材料短缺等原因),不得不减少甚至停止生产。当出现下列情况时,PAC 也要进行调整与修改:市场对产品的需求发生变化;经营方针、目标发生变化;企业微观经济效益、宏观经济效益发生变化和其他宏观控制条件变化;季节性变化;人、财、物等资源供应条件发生变化;专业化、协作者关系及其组织形式发生变化。

4. 外部动态性和内部相对静态的矛盾

在实际车间调度中,不仅需要考虑管理人员、制造人员的技术水平,刀具、夹具、量具、检验用具、物料转序等因素,还需考虑产品的投产期、交货期、生产能力、加工顺序、制造设备和原材料的可用性、生产批量、加工工艺路径、成本限制等其他因素,以及生产作业调度和制造资源调度。尽管影响车间调度问题的因素很多,但有些约束条件必须满足,如交货期,生产能力等,而有些只需控制在一定的范围之内,即可把相互矛盾的目标做到相对平衡,如生产成本,这些约束在进行车间调度时可以作为确定性因素处理。实际车间调度问题的难度远超过经典车间调度中的排序问题,其中诸多因素影响调度决策,如市场、技术、人员、资金、经营管理、制造资源。企业生产的内部要素,即企业的生产资源和生产能力,相对来说是确定的、静态的。因此,外部动态性和内部相对静态性二者之间的不匹配和冲突干扰不可避免地成为单件订货型生产系统的固有特性,造成了生产系统的不平衡性,主要表现在两方面:某些时段订单多,任务量大,企业出现某些资源紧张,负荷率大甚至不堪重负,不得不通过频繁大量的加班或外协来完成生产任务;在另一些时

段,生产负荷与资源的这种关系可能倒置过来。因此,投产批量的设置必须在一个可控的范围内,既不能批量过小导致当前设备利用率过低,也不可以批量过大而导致在制品库存过大,影响到其下道工序的投产时间。在制订作业计划时如果没有考虑系统瓶颈,当出现异常情况,瓶颈发生漂移时,也没有相应的应对措施,就无法实现均衡生产。

5. PAC 和组织管理方式不当

生产组织管理方式不恰当容易引起生产线能力不平衡,设备维护不到位,因此造成各工段的工作进度不协调,出现等工现象或者堆满了物料等待加工。PAC 安排不合理,负荷分布不均衡,无法做到均衡生产,企业的 PAC 执行率低下。物料的生产和采购期量系统不够健全,物控跟催采购物料进厂状况,在核查时疏忽或责任没到位造成停工待料。而供应商来料不合格、技术资料延迟、采购计划错误、材料标准错误和合同评审程序失效所引致的 PAC 的时常变更,导致采购部与供应商无法跟上。生产需求的随机性导致生产需求变化和生​​产瓶颈无法预测时,人工生产排程困难,资源不能充分利用。此外,原材料短缺对 PAC 带来很大冲击,使企业不能正常安排生产,计划不能按时完成,有些企业为了保证信誉度,保证订单的交货期,不得不以高价购进原材料来维持正常的生产,从而造成经济损失。物料在系统中通过时间太长,设备利用率低,紧急订单得不到及时处理。备料导致无法跟进生产计划而促使计划变动,计划、生产及物料进度不能协调同步进行。物控工作失控造成生产物料不足或过多。销售计划淡旺季预测不准确,造成人员招聘的无计划,影响企业士气,还影响生产效率和资源的利用。客户天天催货,计划部频繁更改出货计划,生产部门时而待料,时而通宵加班等,造成客户抱怨、取消订单甚至索赔。这些由于生产计划的频繁变化所致使的生产现场和生产循环的混乱,严重影响客户满意度。生产经营紊乱引发质量失控造成经常性返工或返修,进而影响 PAC 的执行。面对频繁的计划变化,生产计划部的工作任务极

其艰巨复杂,很难保证计划与控制的质量,生产计划员苦不堪言,加上对实际生产控制缺乏理解,因此常出现所谓的“车间经验”的问题,即忽视目标与实际能力之间的相互关系,导致生产控制恶性循环。如果需要通过加急任务和特别行动才能将最重要的任务按时完成,企业往往采取的措施是进一步加长生产周期,这个循环将会变成一个恶性时间螺旋,它只有在远远高于实际所需的生产周期和更大的偏差水平上才能够稳定下来,从而造成更大的浪费与等待。

6. 调度业务考评办法不合理 以结果

为导向的经济责任制考核办法未体现调度考核职能,它主要考察该单位部门是否完成 PAC 的各项任务,而对实际生产过程中各项生产指令执行情况以及生产中出现的存在不报或延时报告现象没有进行考核,造成车间调度指令经常得不到落实或落实不及时,政令不畅通,影响生产顺利进行。同时,调度在日常检查工作中发现工艺过程中存在的问题很难及时纠正,下达的调度指令缺乏“震慑”力,调度室对调度员尚未建立考核办法和相应的考核机制来充分调动调度员工作积极性。

三、PAC 的编制流程、方法与调度原则

(一) PAC 的来源及编制流程

编制 PAC 要解决两方面的问题:一方面保证交货期;另一方面保证企业在生产车间相互衔接。它反映两个主要的变量关系:期与量。期,即计划的时间变量;量,即生产计划的数量。一个典型的制造车间生产活动主要工作流程是:

(1)生产订单由销售订单分解及综合重组而得,它是销售订单与生产之间的中介。计划人员根据原料供应情况、车间设备状况对某一段时间内(如一周、3天等)到达的所有客户订单进行分析,如产品类型、数量、客户重要程度等因素,采用一定的算法,将多个合同进行归并,并根据交货期、设备能力和生产工艺等限制性要求进行最佳组合,使前后工序紧密衔接,减少等待时间。根据交期与资源,对订单进行评估,当出现生产不能满足订单要求时,生产部门需要和销售部门进行信息交流和沟通,最后得出生产订单,即主生产计划(MPS)。

(2)PAC 依据 MPS 完工时间,物料需求计划中各零件计划到位时间以及产品的加工次序进行任务分解,然后根据一定的规则,确定各子任务的加工设备,而任务单的开工时间则根据订单下达日期、任务单计划入库日期、相关的工艺信息、生产技术准备工作以及各加工单元的当前加工计划来统一决定,实现 PAC 有赖于各

项工作的落实。在编制出理论计划以后,就形成了各加工单元的负荷。

(3)平衡各加工设备的加工能力与工作负荷,制订派工计划和相关物料准备计划。初步确定若干种可行方案,在计算出各方案的总成本后择优选择,确定加班、转包等生产能力。同时,根据物料、工装等条件及各加工单元的反馈信息,制订出正式可行的作业计划,分配到各工段或班组中,充分利用瓶颈环节生产能力,准时提供零部件,同时尽量使设备负荷均衡并使在制品库存尽量减少,保证生产中心按期完工。车间计划、车间作业、车间调度根据车间生产能力和资源状况信息,为计划资源作优化调度。当生产作业的加工对象不止一种时,为了加快生产进度、缩短加工时间,需要合理地安排生产作业顺序。

(二) PAC 日程计划的制定要求

如何对计划进行生产预先设定时间、顺序、不同产品和批量衔接等,是日程计划要明确的事项。企业的生产活动是一个涉及面广而复杂的体系,要使该体系顺畅运作,计划部门需要与销售、研发、生技和资材等相关职能部门合作,经过系统的生产日程计划和安排,为各部门的生产提供依据,确保全面、有序且高效地运作。

(1)生产流程的衔接。同一件产品在生产

流程的时间安排上需要衔接,以保障半成品的顺畅流动,部门与部门之间需保留 1/3 或半天的缓冲量,避免出现衔接不上或堆积太多等问题。任何 PAC 总是在某个时间点上开始执行并跨越某个时段,它总是在前一个计划的基础上(初态)进行调整和修订,故计划问题实际上是再计划,它必须能够适应和兼容生产系统的初态,它还应该为下一个计划留有余地,这就要求计划具有继承性、可扩展性和兼容性。

(2)操作顺序的安排。在实际生产环境中,操作顺序十分复杂甚至是动态变化的,因不同的设备有不同的加工时间、加工特性(如新设备与旧设备、通用设备与专用设备),所以加工操作顺序依赖于设备的选择。一个好的作业计划的各种加工操作顺序有高度的弹性。

(3)作业分配的确定。依据作业日程计划,将作业分配到每个作业者和设备中,同时指派有关部门或人员准备作业。作业分配一般以指令单形式发放,操作员要与所分配的工作相适应,头道工序需要由判断能力强、稳定性好的人员操作,难度系数高的工序应分配给技能熟练的工作操作者,与主流结合的工序要安排注意力集中且判断能力强的人员操作,此外,人际关系不和谐的作业人员应尽可能分开工作,缺勤率高的员工应安排做辅助性工作。

(4)短缺和富裕的生产能力调整。由于生产的一次性、经验性及生产系统中诸多意外扰动事件,企业不可能将所接订单任务和剩余生产能力匹配到十分精确的程度,加上客户不愿妥协于企业生产系统的现状而改变交货期,那么,在订单确定的交货期条件下,计划期内的所需设备的生产负荷率不可能恰好等于 100%。对负荷率超过 100% 的设备,可以通过对某些零件进行适当、可行的工艺更改或组织外协来转移部分生产负荷,还可通过组织加班来提高设备的剩余生产能力,从而达到降低设备负荷率的目的;对于所有设备负荷率均较低的情况,可以通过将计划的终止期适当提前和降低计划期内的剩余生产能力等途径,达到提高设备的负荷率的目的。

(三) PAC 的编制方法与柔性调度原则

PAC 的编制应根据不同生产类型采用不同的编制方法,企业应建立合理的作业计划,实现均衡生产,完成生产任务,进而实现企业的绩效指标有重要作用。PAC 中的排产方法主要有正排法、倒排法、平行排产法以及偏置法和覆盖法等。另外,企业还可根据实际生产情况,采用固定周期计划法和投产计划法相结合的方法编制 PAC,既可以保证企业生产的连续性和稳定性,又能兼顾计划制定的灵活性。^[5]多品种中小批量生产企业的 PAC 管理受许多方面复杂因素的影响,要编制出满意的 PAC,不仅要求及时、准确、完整地收集大量的内外部信息,采用先进的计划方法,还需要结合 PAC 管理决策人员与专家的知识。

在敏捷化、全球制造的新形势下,车间调度研究面临着许多新问题,迫切需要科学的调度方法和调度机制来解决。虽然企业最终采取的排序方式取决于决策部门的排序目标,但完成这些目标,还取决于设备、工艺以及人员的柔性,而获得这种柔性,与作业方法改善、设施规划、缩短作业交货期、制造单元技术和群组技术等相关。因此,柔性车间调度需要注意以下原则:

(1)创建时间原则,即按订单创建时间来排序,其优点是操作简单,缺点在于忽视了数量不同所需的加工时间也不同,同时还忽视了生产的均衡性;

(2)处理时间原则,即优先处理加工时间最短的订单,优点是能有效降低订单的平均等待时间,缺点是忽略了交货时间和设备的利用率;

(3)交货期原则,根据订单的截止期限来排序,即优先执行到期时间最早的订单,此原则表面看可以尽可能地满足交货期限,但实质上忽视了产品之间加工难易程度及所需加工时间;

(4)剩余时间原则,即优先选择剩余处理时间最短的订单来执行,该原则虽提高了系统的整体性能,但可能导致单个订单的执行被延误。

由此,我们可以得出 PAC 工序的柔性调度

规则(见表1)为:

表1 调度优化规则

调度优化规则	具体规则
生产优先规则	指令优先 加工时间最短 加工时间最长 加工路径顺序优先
资源优先规则	最短准备时间 利用资源最少 资源负荷均匀 最低资源运行成本 最高资源效率
作业优先规则	先订购先生产 先订购后生产 最短加工路径优先 剩余工序最多优先 剩余工序最少优先

由表1调度优化规则,综合某几个调度指标加以平衡,现优化归纳如下:

- (1) 剩余能力最大的瓶颈设备先安排;
- (2) 当瓶颈设备正在加工的负荷量相同时,交货期早的工件优先安排;
- (3) 当瓶颈设备正在加工的负荷量、工件交货期均相同时,优先安排剩余加工时间最长的工件;
- (4) 当瓶颈设备正在加工的负荷量、工件交货期、工件剩余加工时间均相同时,优先安排剩余工序数最多的工件;
- (5) 当瓶颈设备正在加工的负荷量、工件交货期、工件剩余加工时间和工件剩余工序数均相同时,优先安排瓶颈工件;
- (6) 将等待加工的 n 个工件,按交货期从小到大排列;交货期相同的工件,按工件剩余加工时间从大到小排列;剩余加工时间相同的工件,按工件剩余工序数从多到少排列;剩余工序数相同的工件,按将要安排的工序的加工时间从大到小的次序排列。^[6,7]

四、PAC 的评价指标

制造业是一个微观的经济系统,除了以宏观经济系统作为自己的依存环境,还需在产、供、销、储、运等方面搞好内部与外部的协调和配合,才能保证企业的生存和发展,获得良好的经济效益和社会效益,因此,必须用科学的决策手段来制定科学的 PAC 以保证企业未来的生产经营活动正常、均衡、连续地进行生产。由于生产过程与生产环境的动态性、生产领域知识的多样性和车间调度影响因素的复杂性,计划人员必须将制造人员、制造资源、约束条件、数学方法、信息技术、生产规模和车间调度方法综合考虑,对车间调度结果进行定量分析与评价,然后根据定量评价结果反过来指导车间调度。

PAC 评价的目的是为了判断计划的优劣。但在评价过程中由于评价指标不唯一将带来一

系列问题,这些问题可以通过建立“计划围着合同转,生产围着计划转”的体系,以及计划调度对车间领导负责,车间调度对计划调度负责,班组长对车间调度负责,工人对班组长负责的生产控制体系,使各种关系明确,从而为 PAC 评价的执行提供有力保障。

PAC 和车间调度性能目标大致可以归结为3类:(1)最大能力指标:包括最大生产率、最短生产周期等;(2)生产成本指标:包括最大利润、最小化运行费用、最小投资、库存最小、最大收益等;(3)客户满意度指标:包括最短延迟时间,最小提前或者最小拖后时间等。快速准时的交货要求已影响了这些目标的权重,更加强调交货期、产销率和低库存。PAC 指标体系如表2:

表 2 PAC 指标体系

范 围 性 质	生产指标	劳动指标	物资指标	成本指标	财务指标
数量指标	产品品种数;产 品产量;商品产 值;总产值;净 产值	职工总数;生 产人数;技术人 员数;管理人 员数;工资总额	物资需求量;物 资储备量;物资 供应量	生产费用总额; 企业管理费;车 间经费;产品总 成本	流动资金总额;财 务收支总额;利润 总额
质量指标	成品合格率;成 品等级品率;废 品率;设备利用 率;履约率	职工平均工资; 劳动生产率;工 时利用率;出勤 率;定额完成率	单位产品物资消 耗定额;材料利用 率;废品回收率	单位产品成本; 可比产品成本降 低率	百元产值流动资 金额;流动资金周 转速度;资金利用 率

五、PAC 的异常处理与调控

(一) 生产过程中的异常处理

在实际生产中很多影响 PAC 正常执行的不确定性事件(如表 3 所示)将使确定的调度方案不能正常执行,此时企业需要重新安排调度。在修改 PAC 时,应着重考虑以下因素:是否影响用户的服务水平,成本是否增加,PAC 的可信度是否严重下降,企业环境和市场变化是否频繁、迅速。车间调度要及时了解这些影响因素,组织有关部门和人员降低这些不平衡因素的影响,保证 PAC 安全运行和按要求完成。

(二) PAC 实施的进度控制

车间的生产管理主要集中在计划与控制两个方面。生产控制是对生产的数量和进度的控制,主要包括车间调度、生产作业核算和在制品管理等内容。作业控制的内容很多,可以归纳成:进度控制、在制品控制和能力负荷控制。^[8]进度控制和在制品控制主要靠计划手段实现,能力负荷控制主要靠调度手段实现。生产控制的步骤主要包括确立标准、衡量绩效和纠正偏差 3 个阶段。生产计划调度与控制的目标是通过制造过程中物料的合理计划、调度与控制,缩短产品的制造周期,减少在制品,提高生产率,其工作要求具有计划性、统一性、预见性和

及时性等特点。生产进度控制的主要内容包括投入进度控制,出产进度控制和工序进度控制,其中,出产进度控制有利于出产进度的顺利进行,追踪投入进度和工序进度,及时掌握出产信息;工序进度控制可以保证生产连续性,适合周期长,工序多的产品。从均衡生产角度出发的基于产出速度的生产思想,可应用于制订作业计划(即投料顺序安排)、进行车间调度及应对不确定因素等方面;从动态思想角度考虑作业计划,解决静态计划与动态调度间的矛盾。目前企业常采用的生产进度控制措施主要有:

(1)保持足够库存量。这种措施简单、有效,但占用大量资金、造成库存损耗,还会掩盖管理中存在的问题。

(2)异常原因分析、追查。针对要项提出对策、改善重点,设定异常表单,召开异常管理会议检讨异常现象,并通过部门协调方式获得较圆满的处理对策并确保实效;定期分析生产异常所费成本并探讨潜在原因,研讨出永久性处理对策并通知相关部门及人员执行。异常处理的挑战是如何适应持续不断的变化,否则容易出现参数设置不当,造成资源利用不合理,优先级没有得到有效控制,生产工艺不够合理,无效作业过多,提前期过长等问题。要解决实际生产中因各种影响因素导致订单延期的问

表 3 生产过程中的一些基本不确定性事件、产生直接影响及所采取措施

对象	不确定性事件	产生直接影响	采取措施
工件或订单变化	1. 工件随时到达; 2. 工件加工事件不确定; 3. 交货期变化; 4. 加工时间不稳定; 5. 动态优先级; 6. 订单变化和随机达到。	1. 影响 PAC 的可行性和有效性; 2. 不能按期交货。	1. 将生产任务插入还空闲的生产制造设备资源上; 2. 要求制造人员加班; 3. 根据订单的优先级(从低到高)停止某个或多个生产任务的加工; 4. 将超出生产能力的生产任务进行外协加工; 5. 在计划中预先留有余地; 6. 保存一定数量的在制品库存、原料和成品。
制造设备资源	1. 机器设备故障; 2. 生产能力冲突; 3. 负载有限; 4. 设备启用; 5. 设备参数设置不当; 6. 物料供应不及时或前工序能力不足造成待料。		1. 在该故障制造设备资源上加工的生产任务暂停,由技术维修人员或生产厂家抢修制造设备(特别是瓶颈设备); 2. 将生产任务转移到同类型的空闲制造设备,产品在加工过程中可以用多种加工工艺进行某道工序的加工; 3. 购买新制造设备或进行制造设备资源冗余; 4. 在进行生产任务调度排序时考虑制造资源故障的影响; 5. 加强设备维修保养计划,减少设备停修时间; 6. 将受影响的生产任务进行临时外协加工; 7. 采用标准化作业,固定化工位器具。
工序/工艺	1. 工序延误; 2. 质量问题; 3. 生产加工时间不稳定; 4. 工艺变动; 5. 任务作业时间偏差过大; 6. 加工路线的动态性。		1. 安排短周期的生产进度,减少在制品占用量,加速生产流程; 2. 运用控制手段,使延迟恢复正常; 3. 改变作业先后顺序,把交货余地较大的作业错后安排; 4. 向其他车间(包括辅助生产车间)求援; 5. 返修加工不合格产品,或改判。加强质量控制(检查上道工序),减少废次品; 6. 改进操作方法,提高生产效率; 7. 改变加工任务和参数。
外协	1. 外协供应商不能准时交货; 2. 外协质量出现问题。		1. 空运; 2. 快递。
其他	1. 操作人员的失误/离岗、人员素质及数量、员工缺勤(生病、请假、辞职); 2. 原材料采购不能按期到达或存在着质量问题; 3. 型号切换造成生产停顿。		1. 请临时工替代; 2. 配备后备人员; 3. 加强原材料、零部件验收; 4. 设定异常水准以判断是否需及时反映; 5. 运用目视管理(如 SQCD 看板)以尽速获得异常情形。

题,生产部门可以采取工序重叠或缩小工序间隔时间的方法,其中工序重叠(并行加工)不是等到在一个设备上加工的所有零件都已经完成以后再将它们运到下一台设备进行后续的加

工,而是在部分零件的加工以后就将它们运送到下一台设备(有时事先还需要进行检验),并在那里立即开始下一道工序的加工,但采用工序重叠的方法将会增加额外的运输费用,并需

要有关部门加强生产监控。由于车间调度与管理工作实现了计算机管理,通过对生产过程进行合理的组织,可减少成品、半成品存量,降低浪费。同时,大量的统计工作和信息传递工作由计算机完成,可节省部分管理费用,提高了管理的科学性与有效性。当生产进度落后时,能及时主动地与有关部门商量对策,协商解决办法,并采取行动加以补救。生产过程错综复杂,要使 PAC 得到贯彻执行,达到预期目的,还需要生产管理人员不断进行综合平衡和调整。

(3)加强工序管理,制定预防性维修计划(PM)。企业应对生产中容易出现非正常停工、影响正常生产秩序的那些环节制定预防性措施,包括生产流程中工艺路线长、工序复杂的零部件;加工精度高、难度大和废品率高的工序;故障发生频繁或负荷率特别高的设备等,一方面通过建立严格的 PM 制度,做好设备维护保养。在企业生产实践过程中,需要对生产流程中的某些关键环节制定预防措施,把可能发生的问题在产生之前解决。将关键设备的计划与基于设备状态的 PM 进行同步与协调,在制定 PAC 的同时考虑设备的预防性维护,达到整体设备效能(OEE)最高的目标。关键工序的监控目的在于创造良好的工作条件,排除干扰因素,保证生产进度严格按照计划进度进行,非关键工序的监控旨在控制作业开始时间和完成时间,避免因非关键工序的延期影响关键工序的作业。另一方面提高抢修技术,缩短抢修时间,通过加班赶工来弥补因各种原因造成的损失,保证 PAC 如期完成。对车间内设备位置进行研究分析,使其与所生产的产品规格相对应,减少物料流动的时间和距离,认真进行工序研究,实现各工序间生产能力的相对平衡。另外,加强工艺技术管理,加强事前预防和事中控制,随时纠正、消除不规范操作和工艺缺陷,减少因处理工艺问题造成的时间浪费。

(4)采用技术措施。压缩关键路线工序作业时间,节约成本,如改进工艺方案、合理划分工序组成和改进工艺装备等。在网络计划的优化方面,着重从时间优化和成本优化上下功夫。

一方面在人力、材料、设备和资金等资源有保障的前提下,寻求最短生产周期,改变衔接关系,组织平行交叉作业,优先保证关键活动上的人力物力;另一方面找出时间费用较少的方案,达到节约时间,降低成本的目的。企业在调整工序仍未达到客户的交货期要求时,需要与客户协商延长交期,然后采取组织措施,在工艺流程允许的条件下,对关键路线上的各关键工作组织平行作业或交叉作业,合理调配工作人员,利用时差,从非关键路线上,抽调部分人力集中于关键路线。实践证明,抓住关键环节对建立班组生产秩序和加快生产进度有重要作用。

(5)PAC 控制方法。生产进度控制的方法主要有平衡线法,图表控制法和准时制控制法等,这些方法具有不同的特点和适用对象。但在制订作业计划时以上方法均没有考虑系统瓶颈,当出现瓶颈发生漂移等异常情况时,没有相应的应对措施,因此无法真正意义上实现均衡生产。在车间作业控制系统中,需要依靠计算机的快速计算能力,采用一些优化规则来编排合理有效的 PAC,作为生产技术准备、任务及作业安排工作依据,使制造企业的各环节有条不紊围绕其运转。在不增加设备的情况下,通过快速换模(SMED),发挥柔性生产系统的作用,对所有设备能生产的产品规格做好规划,及时调整,更换工装,发挥现有设备的能力,减少生产准备时间以缩短生产周期。

(6)偏差控制。在实际生产过程中还需对生产偏差进行管控,当实际完成情况与计划偏差较大时,应及时采取有效的纠正措施,使生产过程处于受控状态,保证作业计划目标的顺利实现。要解决 PAC 的实施过程中,由于某些不确定事件破坏 PAC 中原有平衡的问题,则需对 PAC 进行全过程控制,监督检查取得实际生产进度与计划偏离的信息,利用偏离的信息进行分析,采取纠正偏差的行动,及时调整、校正生产进度。具体来说,将实时监控的数据与计划数据进行对比,评价执行的偏差,确定是否对 PAC 进行滚动。具体方法是:设某一天实际加工的工序总数为 nR (nR 由对监控数据的统计

得到),其中与计划吻合的工序数量为 nS ,则执行的吻合率可表示为:^[9]

$$\omega = \frac{nS}{nR} \times 100\% \quad (1)$$

执行的偏差率表示为:

$$\sigma = \left(1 - \frac{nS}{nR}\right) \times 100\% \quad (2)$$

设定一个偏差率门槛值,记为 $[\sigma]$,当 $\sigma > [\sigma]$,对PAC进行滚动,否则仍然维持原来的计划。充分利用监控数据,根据执行的偏差率定量地决定是否进行作业计划的滚动,相应地确定日程作业计划的时间长度。由此可见,PAC具有动态性,^[10,11]主要表现在两个方面:

六、结 语

本文针对当前制造业PAC与调度存在的问题,笔者主要做了以下工作:第一,为企业提供了良好的生产作业制定思路,使企业制定出合适的PAC。第二,提供了准确、及时的车间作业调度策略,确保企业生产系统的高效运行。第三,应用了先进合理的车间作业调度方法,合理配置各种资源,通过优化作业安排与调度方法的结合,提高制造系统的运行效率,满足客户的要求,增强企业在市场上的竞争力等。由此观之,因为未来车间管理将更多地涉及管理与科学技术和工程问题的综合处置与协调等方面,因此,加强PAC优化车间管理可以使企业利用有限的资源和生产能力,灵活地运用各优化方法,从而更合理地安排生产,以取得企业效益的最大化。

参考文献:

- [1] 周红安,田锡天,贾晓亮等.基于TOC的作业计划方法研究[J].机械制造,2011,(05).
- [2] XIONG, Hegen, LI, Jianjun, XIAO, Xiangzhi. Research on Applying Optimized Production Technology to Job—Shop Scheduling in Die and Mould Corporations [J]. China Mechanical Engineering, 2002, 13(11).

一方面由于车间生产过程中出现的如订单改变和下达时间、机床故障等各种扰动和变数,使PAC必须随之实时地滚动才能保证计划的准确性和可行性;另一方面PAC的制定受产品工艺方案的制约,只有充分考虑产品的多工艺方案,才可能保证制定柔性的PAC。当需求变动时,要分析变动计划的限制条件和难易程度,确认订单和下达订单系统都不能自动修改,保持计划的稳定性。修订计划应该严肃认真,并且按照程序进行,只有生产计划系统才有权利对计划进行修订,未接到正式修订的计划之前,各车间部门无权改变原计划。

- [3] ZHOU, Ling. Study on Dispatching and Control Technology in Workshop Operating [J]. New Technology & New Process, 2002, (11).

- [4] 徐蕾,姚金辉,赵嵩正等.非标设备制造企业生产管理系统研究[J].现代制造工程,2011,(10).

- [5] 饶运清,计春阳.车间作业计划中面向无限能力的排产方法[J].机械设计与制造工程,2002,(3).

- [6] 杜三妹,曾盛绰,陈斌等.基于车间负荷平衡的生产调度系统的研究与设计[J].信息系统工程,2009,(11).

- [7] 董鹏,于昌利,董银红等.全球化背景下的制造业生产调度体系探讨[J].计算机与信息技术,2011,(10).

- [8] 牛群,顾幸生.基于启发式规则的新型进化算法在流水车间调度中的应用[J].华东理工大学学报,2006,12(6).

- [9] 熊禾根,李建军,孔建益等.单件生产系统中动态车间作业计划与监控系统的集成研究[J].中国制造业信息化,2006,(1).

- [10] SEETHALER, R J. YELLOWLEY, I. Process Control and Dynamic Process Planning [J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2009, 40.

- [11] LEE, Janghee. Artificial Intelligence—Based Sampling Planning System for Dynamic Manufacturing Process [J]. Expert Systems with Applications, 2002, 22(2).

会议通知与征稿启事

进入 21 世纪以来,世界经济呈现不可逆转的全球化趋势,中国经济在全球经济发展中的地位和作用不断提升,华人企业在改善世界经济结构和提升全球经济发展质量的过程中发挥越来越重要的作用。如何制定和实施企业国际化战略,积极参与经济全球化进程,是海内外华人企业面临的重要课题和必须面对的挑战。为此,上海市国际贸易学会和上海对外贸易学院国际经贸研究所、《国际商务研究》杂志社联合加拿大麦克文大学亚太管理研究院(Institute of Asia Pacific Studies of Grant MacEwan University)和《亚太与全球化评论》(Asia Pacific and Globalization Review)杂志社于 2012 年 6 月 26 ~ 27 日在上海对外贸易学院共同举办“华人企业走向全球化——对外贸易、直接投资与国际化”国际研讨会,邀请海内外学者就相关议题进行学术研讨。

研讨会的主要议题包括但不限于下列内容:(1)华人企业对外贸易的主要模式、战略与经验;(2)华人企业在全产业链中的地位与提升;(3)华人企业对外直接投资与海外并购;(4)华人跨国公司成长的理论、战略、模式及特征;(5)成功华人企业发展的实证与案例研究;(6)华人企业走向全球化的国际环境研究;(7)华人企业走向全球化的政府扶持机制研究;(8)华人企业走向全球化的营销管理研究;(9)华人企业投资国际化的法律风险与控制;(10)与研讨会主题相关的其他论题。

我们热诚欢迎海内外学者向会议投稿,在

2012 年 5 月 25 日前将中文或英文会议论文发送到会议邮箱:shiftjournal@163.com。

参会论文包括作者信息页和不署名的正文页。我们将对收到的论文进行认真审核和筛选,选择优秀的会议论文分别在《国际商务研究》和《亚太与全球化评论》(Asia Pacific and Globalization Review)上刊发。会议论文应是作者的原创作品,没有知识产权争议。论文是否被会议录用的通知及参加会议的作者邀请函将在 2012 年 6 月 5 日前发出。

无论是否提交论文,均可以报名参加研讨会,研讨会报名截止日期:2012 年 6 月 15 日。参加探讨会的学者应交纳报名费 500 元人民币;会务组可以协助安排食宿,但费用由参会者承担。

关于参加本次研讨会的具体报名办法、申请表格及其他事项信息,可以通过电子邮件索取。

研讨会邮箱:shiftjournal@163.com。

联系人:金孝柏、William Wei。

研讨会信息发布网站:<http://www1.shift.edu.cn/trade/>。

上海市国际贸易学会
上海对外贸易学院国际经贸研究所
加拿大麦克文大学亚太管理研究院
《国际商务研究》杂志社
《亚太与全球化评论》杂志社