

基于 PSLX 的统一调度数据模型

Unified Data Model for Scheduling Based on PSLX

北京航空航天大学机械工程及自动化学院 寇益 杨建军

[摘要] 对计划调度数据模型的发展状况进行了综合介绍,重点阐述了 PSLX 协会发布的 APS 规范的整体架构、数据模型的层次结构和模型的开发方法,指出统一调度数据模型在系统集成中的应用前景和发展方向。

关键词: 调度 计划 模型 规范

[ABSTRACT] The development of planning and scheduling model is introduced comprehensively. And the integrated structure of APS specification, level structure of data model and methodology of model establishment are emphasized. The application prospects and direction of unified data model for scheduling in system integrations are pointed out.

Keywords: Scheduling Planning Model Specifications

车间的生产计划与调度一直以来都是对企业生产运作进行优化的关键部分,相关研究也在不断持续发展。规范化的计划调度数据模型是系统进行优化控制以及与其他系统进行集成的基础,但目前各企业及应用软件开发商都没有一个标准及规范可以遵循,导致计划调度优化软件与其他制造系统的集成接口无法统一,给系统集成带来困难。日本 PSLX (Planning and Scheduling Language on XML Specification) 协会对高级计划与排程(Advanced Planning and Scheduling, APS)的接口及数据模型进行了规范,并发表了相关的模型文档,该规范致力于服务那些需要通过清晰定义其商业过程和开发新的信息系统来贯彻 APS 的制造企业,PSLX 规范的应用使得软件应用上的协同工作能力得到了显著的提高。本课题对计划调度数据模型进行了综述,重点介绍了 PSLX 规范的整体架构,模型开发方法,并阐述了如何应用 PSLX 使计划调度系统与制造执行系统协同工作。

1 计划调度数据模型的发展

对计划调度的研究集中于 2 个方面:一方面是对计

划调度算法的研究,即通过各种优化方法对车间生产安排做出最佳的计划;另一方面则是对计划调度数据模型的研究,数据模型位于系统逻辑功能层与数据通信层之间,是系统进行数据交互的基础。近年来,数字化制造的迅猛发展使制造业和软件制造商对于制造系统集成的需求日益强烈,国内外各研究机构对计划调度数据模型的研究也愈加深入。

从 20 世纪 60 年代起,制造业逐步开始采用制造资源计划软件进行库存、采购和财务的管理。到了 90 年代,企业资源计划(Enterprise Resource Planning, ERP)的广泛实践,使企业的计划调度更加依赖于信息技术。但是,ERP 的计划管理模型仍然是采用主生产计划(Master Production Schedule, MPS)和物料需求计划(Material Requirement Planning, MRP)计算来管理物料需求的,由于缺乏与车间管理层的信息交流,ERP 的计划模块存在着计划缺乏柔性 and 无限能力计划等不足。美国管理界 20 世纪 90 年代提出的制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)是处于计划层和车间层操作控制系统之间的执行层,通过信息传递对从订单下达到产品完成的整个生产过程进行优化管理^[1]。MES 的出现与应用,为 ERP 系统提供了生产数据的获取与分析功能,在车间生产和企业管理之间架设了桥梁。随着供应链管理(Supply Chain Management, SCM)实践的深入,计划控制系统也由 ERP 环境发展到供应链环境,APS 逐渐占据了计划调度功能的核心位置。APS 是一种在资源约束前提下的优化技术,既可用于单个企业内部短期的计划与排产,又可用于在已知条件下的长期预测和在企业间进行计划,成为改进和优化企业供应链管理的有力工具,是支持 SCM 进行供应链各个环节之间计划和协同的最主要的手段^[2]。

APS 与 ERP、MES 及 SCM 之间不是相互孤立和彼此替代的关系,而是相互联系、彼此促进的关系。APS 软件的运行还要依赖 ERP 系统提供的大量静态数据和动态数据,依赖 MES 与制造层交互,依赖 SCM 与供应商及客户交互,因此企业整体解决方案中只有各系统结

合起来使用才能发挥集成的协同效应。

APS 发展得越快,对系统集成的要求就越高。因此迫切需要对 APS 数据模型进行规范化,在未来集成的实施中,规范化的数据模型能够使不同软件厂商的产品快速应用到企业的信息环境中去,能够极大缩短实施的过程。PSLX 协会针对 APS 规范发布了参考模型,由于该规范充分考虑了 APS 与供应链的关系,因此有望成为企业开发 APS 数据模型的参照。

2 PSLX 规范与 APS

由 PSLX 协会提出的 APS 概念改进了很多传统概念来满足先进制造业的需求,它不仅仅是 ERP 计划系统中的一部分,更能在一个企业中作为一个完整的计划调度系统。PSLX 提出的 APS 具有以下优势。

(1) 以抽象数据模型为基础进行数据中心管理。APS 拥有完全独立于系统执行视图的抽象数据模型,因此企业数据在整个 IT 系统生命周期中都受到保护。

(2) 具有适应真实商业变动的可扩展系统。APS 柔性的系统结构可以轻松设计和修改基于实际商业变化的企业范围决策系统。

(3) 设计与制造部门密切联系。通过制造和工程部门的协作,APS 能够操作 BOM (物料清单) 和产品工艺路线之类的技术数据,意味着计划调度系统需要为新产品解决创建和修改主要数据的复杂问题。

(4) 实时性能分析与 KPI (关键性能指标) 支持。APS 能从每个工作中心的性能数据中搜集成本信息,并能立即计算和转换为 KPI 中的某一参数。

(5) 可靠准确的企业协作调度。所有的企业活动都能参与 MPS (主生产计划) 的编制,为了实际实施的可行,对每个车间的详细调度都会被纳入 MPS。

(6) 通过详细调度使制造与供应链保持同步。APS 通过调度信息的共享来告知供应商哪些信息会影响自己的计划变更,从而为与供应商协作提供详细调度的框架。

(7) 通过系统可视化故障检测进行自治性自动化支持。自治性自动控制意味着人的因素要通过可视化的信息流参与进系统,APS 中的决策过程和逻辑也是为适应系统的改变而不断变化的。

(8) 制造厂商在系统设计和开发中可以处于高度主动的地位,由于信息系统实施的技术愈来愈复杂,那些系统参与者无法参与进来的工程总是由于系统最终结果和使用者当初需求的差距而宣告失败。APS 拥有一个即使是非 IT 专家也可以轻松理解的系统体系架构,实施 APS 的指导方针会使制造企业中的个体能全力集

中于他们自己的商业过程。

传统的制造业信息系统中,业务活动的目标决策被分为 3 层,分别为企业管理者、生产管理者和车间管理者,如图 1 所示。

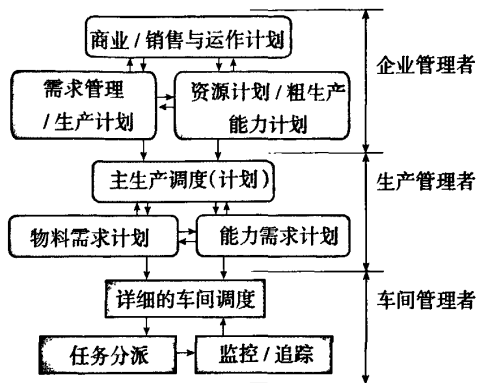


图 1 传统制造业的信息系统 [3]

Fig.1 Information system of traditional manufacturing enterprise

传统决策模块的框架有 3 个严重的问题:

(1) 生产调度的制定过程中,车间管理者和生产管理者之间的信息流是单向的,生产管理者不能完全知晓车间实际状况的细节;

(2) 在企业管理者和生产管理者决策中,以产品-物料为中心的视图对应的模块和以资源-能力为中心的视图对应的模块是分离的,这样会导致系统的有效性和不可行性;

(3) 决策模块没有和车间工程、生产策划以及财政或成本结算等功能产生清晰的协作关系。

针对以上问题,PSLX 提出了一个基于 APS 概念的框架,如图 2 所示。

从图中可以看出,第一,主生产计划和调度同时包括计划和调度 2 个方面,2 种决策过程要同时进行连续时间和时间点的决策,这是 PSLX 模式将计划与调度集成的重要特征。第二,图 1 中传统制造业的需求管理/生产计划与资源计划/粗生产能力计划在 APS 系统中被整合为需求管理/生产计划。物料需求计划和能力需求计划在 APS 系统中被整合为物料/能力需求计划。PSLX 定义的本体及 APS 域模型清晰描述了产品或物料概念和资源概念之间的关系。第三,APS 通过财务计划和结算活动的决策以及产品和工艺设计活动上的决策来支持各级之间的协作。

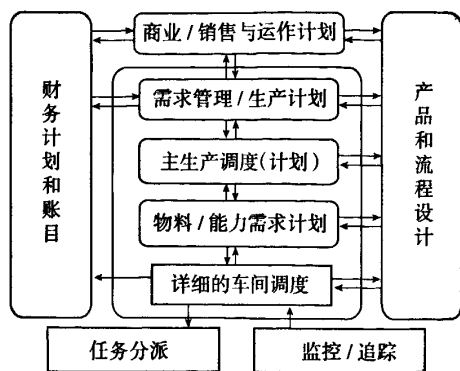


图2 APS系统组件和结构^[3]
Fig.2 APS components and structure

3 PSLX 系统框架及开发模式

PSLX 规范的主要目的是为企业可以提供可以参考的计划调度模型,在此基础上,各种业务组件能够协作交流,极大地提高软件的协同能力。

3.1 数据模型的层次

由 PSLX 协会提出的信息系统结构同时突出了 Client/Sever 结构和分布式自治系统的优势,每个自治系统都有其相关的子系统,它们之间要协同工作,就需要在不同的数据模式间建立通信。图 3 为 APS 信息系统架构中必要的数据模型的层次。

在数据模型的顶层,定义了行业领域内通用的 PSLX 本体。本体是所有语义定义、原理以及关系描述的基础,PSLX 本体能为不同产业中不同语境下的数据原理解释提供一个基本的语义结构,基于本体存在的数据才能作为信息有效地应用于系统之中。本体的定义保证了下层抽象数据模型的一致性。

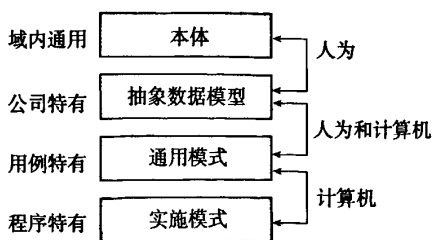


图3 数据模型的层次
Fig.3 Data model levels

抽象数据模型定义了业务过程的要素,包括要素的输入、输出、资源和控制等。抽象数据模型是描述独立于计算机系统个别实施的特殊企业业务过程的数据基础。

实施中需要的数据模式不会直接由抽象数据模型来创建,因为抽象数据模型包含了使用本体论进行主观定义,所以在抽象数据模型和实施模式之间还需要定义一个通用的数据模式,该模式被定义成一个能将不同应用上不同实施模式集成起来的数据模型。

3.2 PSLX 本体

PSLX 本体是一个理解计划和调度信息的基础,一个本体的含义可以由它的结构和与本体相似的实体表示出来。以本体命名的条件是一个简单的标签,用来在语义结构中识别本体。在 PSLX 规范中,一个本体可以用 UML 的类图来表示。任何关于计划调度的信息都应该用 PSLX 本体来定义,这样可以在不同的部分对信息达成共识。

PSLX 从 9 个方面定义了 27 个本体。分别为:

- (1) 工程方面:功能(Function)、能力(Capability)、项(Item)和事件(Event);
- (2) 调度方面:操作(Operation)、任务(Task)、批次(Lot)和活动(Action);
- (3) 时间点方面:能力(Capacity)、库存(Inventory)和变更(Change);
- (4) 物理方面:资源(Resource);
- (5) 订单方面:工作订单(Work Order)、批次订单(Lot order)和任务订单(Task order);
- (6) 计划方面:生产计划(Production Plan)、能力计划(Capacity Plan)和库存计划(Inventory Plan);
- (7) 参与者方面:生产商(Maker)、供应商(Supplier)和客户(Customer);
- (8) 时间方面:时间点(Time Point)、时间段(Time period)和时间跨度(Time Span);
- (9) 空间方面:位置(Position)、区域(Region)和距离(Distance)。

这些本体相互之间互相有联系,PSLX 规范用类图定义了本体之间的联系。

3.3 APS 域模型

本体虽然是可以共享的通用定义,但本体非常抽象,用户需要花很多时间才能正确理解本体所描述的含义。因此需要有更通用、更详细的词汇来说明计划调度信息。APS 域模型是抽象数据模型的通用参考模型,它解决了各种实际业务活动中知识表述的正确性。通过

使用 APS 域模型,每个企业都可以根据其独特的业务模式,定义出特定的抽象数据模型。

APS 域模型用 UML 类图表示。模型中的所有分类都与 PSLX 本体有联系。APS 域模型中类的定义为:

- (1) 对应于本体的类;
- (2) 第(1)种情况的子类;
- (3) 第(1)种类的集合;
- (4) 与(1)、(2)、(3)的类有直接关系的类。

APS 域模型里的类和抽象数据模型一样,没有属性和方法。

3.4 业务模型

PSLX 中的业务活动是制造业中也必要的业务单元,用来处理所有的与计划调度相关的决策信息。每个业务至少都有一个“用例”,即业务活动中为了达到确定目标的一系列行为。当不同业务中的用例需要交互时,这些交互就称为“协作”。

PSLX 规范从供应链和工程链 2 个方面考虑为业务模型定义了相关的功能元素,如图 4、5 所示。

为了构造 APS 系统,PSLX 定义了用于实现决策功能的 APS 代理(Agent)以及用来承载被动数据集合的域对象(Domain Object),针对每一个代理,规范都给出了代理与域对象或其他代理之间的协作形式。

图 6 显示了 PSLX 规范中 APS 与外界交互信息的范围。

PSLX 规范以用例的形式,定义了提供给用户、供应商、设计和制造的功能,并详细定义了 APS 与外界交互信息的接口。

3.5 实施模型

APS 域模型解决各种实际业务活动中的知识表述的正确性,而计算机系统中的数据模型则需要有针对性特定应用的观点。

总的来说,每一个信息系统都有其独自的实施模型,以其自身的应用系统来表示业务数据。为了实现数据的交互,需要另一种数据模型来共享特定应用计划中的通用格式。这种通用计划表示了 APS 域模型中的信息。PSLX 定义了 2 种实施模型: PSLX-RDB 通用模型和 PSLX-XML 通用模型。

PSLX-RDB 通用模型对于储存式数据交互的业务交易是一种共享的通用模型。在这种方式中,数据全部储存到数据库里,发送和接收数据都是通过数据库进行的。PSLX-RDB 模型对应一种特殊的 RDB 视图,这种视图由 SQL 语言生成。模型中类之间的关系的定义有赖于 APS 域模型。

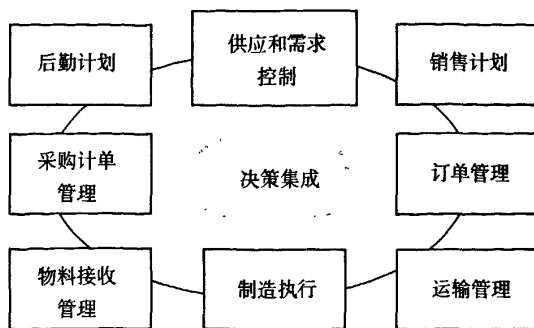


图 4 从供应链角度定义的制造业功能元素^[4]

Fig.4 Function factor definition of manufacturing industry viewing from supply chain

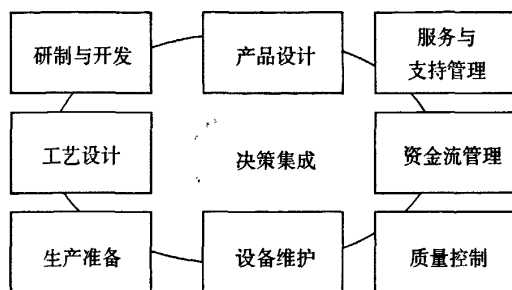


图 5 从工程链角度定义的制造业功能元素^[4]

Fig.5 Function factor definition of manufacturing industry viewing from engineering chain

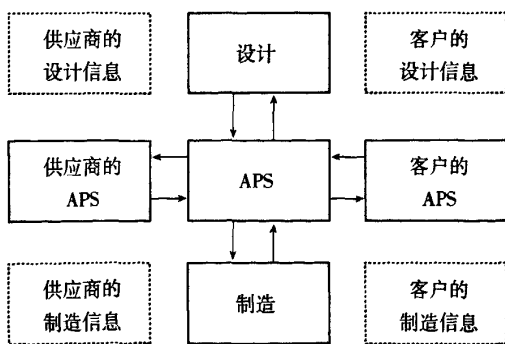


图 6 APS 的范围^[5]

Fig.6 Domain of APS

PSLA-XML 通用模型是指在不同的商业活动、不同的应用软件间通过消息式交互进行数据交换,这种数据交互方式越来越多地应用于不同的计算机环境之间的

交互。例如互联网上的 Web-services 技术,实现了 Web 应用服务器和用户的数据交换。在这种方式下,消息中的每个数据仅仅是为了交换而产生和消亡的,一个消息就是为了一个目的、一个业务交易而产生。在 PSLX-XML 通用模型中,PSLX 对于这种数据交换方式定义了标准规范^[6]。

4 PSLX 应用

PSLX 规范为使用者提供了基于计划调度信息的共同规则,规范中定义的大量关于协同工作的技术使得不同应用软件间容易建立互用性,易于实现系统的扩展与集成,提供插件的软件环境。

系统集成过程如下:

首先,检查所有在 PSLX 规范中定义的业务活动,以确定目标软件是否覆盖了相关的功能。如果软件包括了 PSLX 业务活动模型中的区域,则需要按照 PSLX 规范对这些区域进行划分,从而使软件的定义更加清晰。

其次,在软件的目标域详细阐述业务活动已有的用例。如果有特殊要求,需要用相同的格式来描述一个新用例。这个新用例将提交登记作为一个 PSLX 的通用用例。

然后,通过 PSLX 规范描述业务协作。最后,描述系统对其他业务活动的接口。

基于 PSLX 规范,可以建立供应链范围内各种信息化管理系统和制造系统管理及优化软件之间的数据交换总线,同时也可以在企业内部建立协同工作平台。图 7 所示为应用 PSLX 规范建立统一调度数据模型的协同模式。不同的调度优化软件通过 PSLX 接口成为制造执行系统的调度优化插件,使制造系统的调度控制更实时。同时系统更具有开放性,除了与优化调度组件交互外,统一调度模型也是系统与其他制造系统交互的基础,更易于帮助企业建立分布式的数字化制造环境。

5 结束语

PSLX 协会发布的 APS 规范从 APS 系统的整体设计到具体的数据结构都给予了详细阐述。基于本体的抽象数据模型定义避免了对模型含义理解的分歧;APS 代理及域对象定义了系统与外部交互的信息、接口及内部数据结构和协作关系;基于 XML 的消息交互方式使得不同来源的数据都可以根据通用的语法规则来处理,提高了对分布式处理环境的支持能力。

目前 PSLX 规范还不是业界标准,但已有多家企业加入 PSLX 协会,并从应用该规范中获得了收益。计划调度模型是每个制造业的生产决策核心,因此统一计划调度模型具有非常广泛的应用前景。

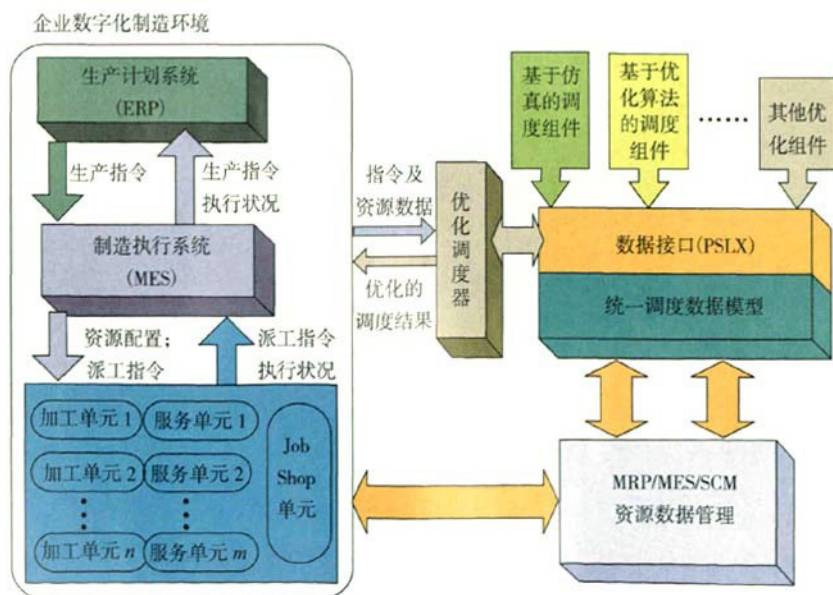


图 7 应用 PSLX 进行协同调度
Fig.7 Cooperation scheduling with PSLX

参考文献

- [1] 李建华. 制造执行系统 MES 现状及发展趋势探讨. 自动化博览, 2005 (3): 80-82.
- [2] 陈绍文. SCM、APS 和 ERP. 计算机辅助设计与制造, 2001 (3): 13-17.
- [3] PSLX White Paper Advanced Planning and Scheduling(APS) Conceptual Definition and Implementation, [2005-01], PSLX Consortium, <http://www.pslx.org>.
- [4] Grand Design for Manufacturing Enterprises, [2005-01], PSLX Consortium, <http://www.pslx.org>.
- [5] APS Agent Model, [2005-01], PSLX Consortium, <http://www.pslx.org>.
- [6] XML Standard Specification, [2005-01], PSLX Consortium, <http://www.pslx.org>.

(责编 王虎)