

陕西高端装备与智能制造产业研究院有限公司

GYG-BZ-2019-02

代替：

---

# 生产制造执行系统与虚拟工厂 可视化集成标准

共 23 页

2019 – 05– 20 发布

## 目 次

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 缩略语.....	2
5 系统集成的关键技术.....	3
5.1 系统集成的综述.....	3
5.2 系统集成的原则.....	3
5.3 系统集成技术.....	4
5.4 系统集成模式.....	8
5.4.1 系统集成功能框架.....	8
5.4.2 系统集成模式介绍.....	9
5.4.3 系统集成模式选择.....	12
6 系统集成设计.....	12
6.1 系统集成内容.....	12
6.2 关键模块及应用.....	14
6.3 系统集成与接口设计.....	17
参考文献.....	18

## 签 署 栏

起草: \_\_\_\_\_

校对: \_\_\_\_\_

审核: \_\_\_\_\_

发布: \_\_\_\_\_

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本文件编写的依据高研院《成文信息控制程序》、《数据分析程序》、《设计开发程序》、《研发与服务控制程序》等管理手册。

本文件由陕西高端装备与智能制造产业研究院有限公司提出，技术研发部归口。

本文件起草单位： 陕西高端装备与智能制造产业研究院有限公司。

本文件起草部门： 技术研发部。

本文件主要起草人： 李鑫。

## 引 言

生产线制造活动十分复杂，而且在实际生产中往往对决策时间有较高的要求，因此考虑使用离散事件仿真技术设计实现模拟仿真调度。在调度规则的指引下，建立仿真模型并在制造系统的仿真模型尚试探性的模拟仿真整个加工过程，记录过程中各个对象的状态变化以及导致状态改变的时间，形成调度方案并统计性能事件。

制造执行系统与虚拟工厂可视化的集成，在结构化的综合布线系统与计算机网络技术的基础上，将生产过程各个分散的设备、功能和信息等集成到相互关联的、统一与协调的系统之中，使资源达到有效的交互与共享，从而实现集中、高效、便利的管理。通过系统之间的集成，能够充分的利用现有系统的功能，并能更好的解决不同系统之间的数据与资源的共享问题。

# 生产制造执行系统与虚拟仿真系统集成标准

## 1 范围

本标准定义了生产过程与虚拟仿真系统的功能架构以及接口技术，并规定了各组成系统之间的接口信息。

本标准适用于企业信息化系统建设阶段，主要为企业智能制造信息化系统的部署与实施提供框架性指导，确保系统数据的连通性，降低企业运营成本，

注：本标准主要针对制造企业的生产过程和虚拟仿真，对于数据采集监控系统、质量分析系统等信息化系统有借鉴意义。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 19892.1-2005 批控制 第1部分：模型和术语（IEC 61512-1：1997，IDT）

GB/T 25485-2010 工业自动化系统与集成 制造执行系统功能体系结构

GB/T 19659.1-2005 工业自动化系统与集成 开放系统应用集成框架 第1部分：通用的参考

描述（ISO15745-1:2003，IDT）

## 3 术语和定义

GB/T 19892.1-2005、GB/T 25485-2010 和 GB/T 19659.1-2005界定的以及下列术语和定义适用与本部分。

### 3.1 制造业 manufacture

对制造资源（物料、能源、设备、工具、资金、技术、信息和人力等），按照市场要求，通过制造过程，转化为可供人们使用和利用的工业品与生活消费品的行业

### 3.2 制造业信息化 manufacture information

制造企业信息化的简称。制造业信息化将信息技术、自动化技术、现代管理技术与制造技术相结合，可以改善制造企业的经营、管理、产品开发和生产等各个环节，提高生产效率、产品质量和企业的创新能力，降低消耗，带动产品设计方法和设计工具的创新、企业管理模式的创新、制造技术的创新以及企业间协作关系的创新，从而实现产品设计制造和企业管理的信息化、生产过程控制的智能化、制造装备的数控化以及咨询服务的网络化，全面提升我国制造业的竞争力。

### 3.3 应用集成 application integration

一种由分立的应用实现分立的功能，但在各应用之间存在通信和数据传递的状态。这种应用组合，具有增添、修改和删除各种处理功能等柔性而不引起对组合系统的破坏。

[GB/T18725—2008，定义3.19]

3.4 集成框架 integrationframework

为某给定应用域中的应用集成和生命周期信息共享提供一个通用环境模型的系统，它使应用

域内的各类应用进行信息集成、功能集成和过程集成。

3.5 信息交换集成模型 Information ExchangeIntegration Model ; IEIM

在支持应用过程的资源之间交换的应用信息的语义和语法描述。

[GB/T18725—2008, 定义3137]

3.6 数字化制造 digitized manufacturing

一种利用数字化定量表述、存储、处理和控制方法，支持产品生命周期和企业的全局优化的制造技术。它是在计算机网络技术与制造技术的不断融合、发展和广泛应用的基础上产生的技术。其内涵可以包括：

- a )CAD/CAM/CAE 为主体的技术；
- b )以 MRP-II、MIS、PDM为主体的制造信息支持系统；
- c )数字控制制造系统等

3.7 Web Service

Web Service是一个平台独立的，低耦合的，自包含的、基于可编程的web的应用程序，可使用开放的XML（标准通用标记语言下的一个子集）标准来描述、发布、发现、协调和配置这些应用程序，用于开发分布式的交互操作的应用程序。

3.8 制造执行系统 Manufacturing ExecutionSystems ; MES

生产活动管理系统，该系统能启动、指导、响应并向生产管理人员报告在线、实时生产活动的情况。

4 缩略语

CAD	Computer Aided Design	计算机辅助设计
CAM	Computer Aided Manufacturing	计算机辅助制造
CAE	Computer Aided Engineering	计算机辅助工程
MES	Manufacturing Execution System	制造执行系统
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	数据采集与监视控制
AGV	Automated Guided Vehicle	自动导引小车
WMS	Warehouse Management System	仓储管理系统
DAO	Data Access Object	数据库访问对象
XML	Extensible Markup Language	可扩展标记语言
RAID	Redundant Arrays of Independent Disks	磁盘阵列
EJB	Enterprise JavaBean	企业级服务组件
DCOM	Distributed Component Object Model	分布式组件对象模型
SOAP	Simple Object Access Protocol	简单对象访问协议
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol	超文本传输协议

WSDL	Web Services Description Language	网络服务描述语言
JDBC	Java Database Connectivity	Java 数据库连接
ODBC	Open Database Connectivity	开放数据库连接
OLE	Object Linking and Embedding	对象连接与嵌入

## 5 系统集成的关键技术

### 5.1 系统集成的综述

所谓生产过程与虚拟仿真系统集成,就是指在结构化的综合布线系统与计算机网络技术的基础上,将生产过程各个分散的设备、功能和信息等集成到相互关联的、统一与协调的系统之中,使资源达到有效的交互与共享,从而实现集中、高效、便利的管理。通过系统之间的集成,能够充分的利用现有系统的功能,并能更好的解决不同系统之间的数据与资源的共享问题。

系统的应用集成可以使用功能集成、网络集成、软件界面集成等多种进行系统集成的技术。通过这些技术的应用,可以有效的实现数据的集成、功能的集成以及软件界面的集成,也很好的解决了不同的系统之间的互连和互操作性问题,从而达到集成的目的。

### 5.2 系统集成的原则

为了保证集成后的信息系统能够满足用户的各种需求以及系统开发本身的需要,信息系统集成采用的相关技术和设计一般要遵循以下原则。

#### (1) 先进性原则

先进性原则就是前瞻性。系统的先进性是在技术先进性基础上的,只有采用先进的技术才会有比较强的发展生命力,从而能够更好的确保系统具有长期的使用寿命和技术上的优势。对于一个企业来说,需要花费很多的财力、物力和人力来完成一套信息系统的开发,如果是用不了几年就过时了,是对资源的严重浪费。因此,为了使新的系统能适应较长时期内业务、技术的发展变化和系统使用的持久性,要使用足够先进的技术来进行系统的开发。如可以采用先进的计算机技术来提高系统的可靠性,如容错容灾、双机热备、双机互备、RAID等技术;可以采用先进与成熟的网络技术来满足系统未来性能的需求,如光交换、无线接入、统一网管等技术。

#### (2) 实用性原则

实用性原则就是集成的系统要能够在最大程度上满足实际工作的需要,它是系统建设过程中的一个重要准则。系统集成过程中不能片面要求某一方面性能达到最优,而是尽可能的实现整体上的最优。尤其要避免一些错误的认识,例如认为技术越先进、性能越强、价格越便宜等。因为这样会带来新的问题,如技术太先进将会造成成本很高;性能越强大将会导致资源的巨大浪费;价格越便宜将会使系统过快淘汰。



因此，为了使系统更加实用，可以采取一些措施来保证这一原则。如在系统设计阶段要充分了解用户的各方面需求、所处的业务层次以及各管理环节中数据的处理方式，以客户的需求作为主要因素；在技术方案上可以使用先总体设计，再分布进行实施的方式；用户界面和接口的设计要充分考虑视觉、触觉等人体特征，足够人性化，界面设计要整洁美观，操作要简单方便等。

### （3）可维护与可扩充性原则

系统开发完成后，就进入了系统的维护阶段，同时，可以根据需要对系统进行扩展来满足新的需求。这一阶段是一种软件的使用周期中最长的阶段，因此，必须保证所开发的系统能够很方便的进行扩充和维护，它也是系统性能的一个重要指标。为了实现这一目的，在系统集成过程中可以采用参数化的方式来配置所需的软件、硬件以及其它的相关参数的功能。并且软件在选用模块化的结构时，一定要拥有非常好的移植性与维护性，还要很好的设计数据的结构等。

### （4）可靠性原则

系统的可靠性也就是系统要具有抵抗系统故障的能力，从而减少或消除故障带来的损失。系统投入运行以后，由于设计的缺陷、操作异常以及停电等因素的影响，不可避免的会产生故障。系统的故障有可能给用户带来很大的损失，所以在系统的开发与设计中，必须保证具有较高的可靠性。比较常用的保证系统可靠性的方式有冗余、备份、容错以及故障管理等技术。如采用双机热备份的硬件配置方案，可以在出现故障时及时进行恢复；采用容灾数据备份与恢复、故障处理等方式来消除故障影响。

### （5）安全性原则

信息系统是对企业的数据进行管理的，这些数据是一个企业的机密文件，是绝对不能随意泄露的，否则将会带来重大的损失。因此，系统的安全性是非常重要的，必须在设计阶段予以充分的考虑，并采用有效措施才提高安全性。可以采用安全级别高的产品，如采用专用的操作系统，数据库选用Sybase、informix、oracle等；采用有效的安全防范技术，如加密技术、防火墙技术等；尽可能使用具有自主知识产权的软硬件产品。

### （6）经济性原则

成本过高的预算将会严重阻碍系统集成工作的顺利进行。由于企业的资源是有限的，若在系统集成的过程中投入过高，必然会影响企业的正常运行，对企业来说，这是不合算的。因此，系统的集成要在能够实现客户需求的前提条件下，应该尽量的减少成本的支出。

## 5.3 系统集成技术

### 5.3.1 Web Service 技术

#### 1. Web Service概述

按照W3C的定义,Web Service是一个软件系统,用来实现网络间不同机器的互动操作。网络服务一般是由很多的API所构成的,它们可以通过网络的方式,如internet的远程服务器端,来完成用户发出的服务请求。Web Service提出了一种分布式计算模式,这种模式是面向服务的。由于Web Service技术所使用的协议非常简单和灵活,远程服务所访问的数据表示和语义定义均采用的是xml格式,并且消息的格式又采用最为常见的http消息格式绑定的形式。这样有效的解决了客户和服务之间的系统异构与服务所提供的语言的不同。

为了实现跨平台的互操作功能,web服务是建立在xml技术基础上的,不仅独立于系统开发平台,而且独立于软件提供商的标准,是建立可互操作与分布式应用程序的新平台。web服务是一种部署在web上的对象/组件,作为系统的核心,它具有以下几个特征。

(1) 封装性能好:对于用户来说,它只能看到该对象所提供的服务列表。这是因为web服务就是一种对象,并且它是部署在web上,于是自然就拥有了对象的很好的封装性。

(2) 耦合松散性:对于耦合松散性,就是当有些web服务的实现有所变化时,用户将感受不到这一变化,换句话说,只要web服务的使用界面不发生变化,对web服务所做的改变,甚至是把web服务的实现平台从.NET平台更换到J2EE平台或是与此相反的迁移过程,用户可能感受不到这些变动。它的这一特征是来源于组件/对象技术。为了实现在网络环境下的松散耦合,则需要与此相对应的交换协议,SOAP/XML就是当今来说非常适合的消息交换协议。

(3) 协议的规范性:它的这个特征是来自于对象的,然而它的界面要比对象更能够方便的让机器理解和拥有更好的规范性。首先,Web服务要采用非常标准化的描述语言例如WSDL语言,来进行描述对象界面的所有功能;然后,要可以找到那些由标准描述语言所描述好的服务界面,也就是说要把那些服务界面的描述文档存储在注册库里面的。再次,为了满足松散耦合所需要环境的安全性,可以采用诸如数据完整性验证比如签名机制、授权机制以及消息源头验证等非常规范的方法来进行传输、描述和交换;最后,对管理协议也要采用同样的机制,以达到使各个层次的处理都具有可管理性。

(4) 集成能力高:因为Web服务都是采用的便于理解、复杂度低的标准Web协议来当作协同描述规范与组件界面描述,这样就使的各种各样软件开发平台之间的区别被彻底屏蔽,不管是EJB技术、还是CORBA规范、又是DCOM技术它们都能根据这一种标准的协议来完成互操作,从而实现了在现有条件之下可集成性能最高。

(5) 高度开放性:Web服务具有跨平台性和跨语言性,能够很好的与其他Web服务进行共享和交互。

设备层是远程运维服务数据产生的源头,绝大多数与设备运维相关的业务数据均产生于此。在此层需要采集人员、设备、工艺、故障、能源、物料、环境等多样化的数据,同时接收现场控制层传递的数据。

## 2. Web Service的原理

一个完整的Web Service包括三种不同的逻辑组件：Web Service注册中心（UDDI Registry）、服务请求者（Web Service Client Endpoint）和服务提供者（Web Service Server Endpoint）其中服务提供者对服务进行描述，并进行注册以使服务可以被使用。服务注册中心相当于中间人的身份，作为服务提供者与服务请求者之间的媒介为它们进行服务。服务的请求者通过注册中心对所需的服务进行查询，然后向服务提供者请求调用所需的服务，从而获得需要的服务功能。其具体的体系模型如图1所示。

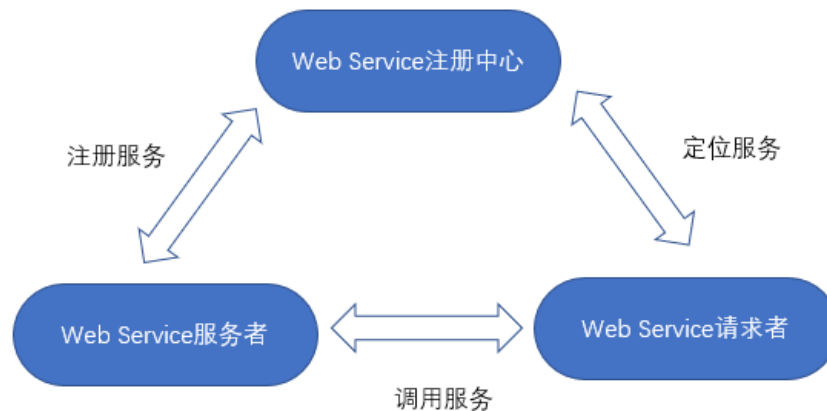


图1 Web Service体系模型

这些组件一起作用于Web服务软件模块及对其进行描述。Web服务的体系架构的成员有三个

(1) 服务的请求者 (Service request)：服务的请求者也就是需要使用服务功能的用户，它可以向Web服务注册中心发出查找所需要的服务的请求来进行服务的定位。并且向服务提供者发送获取相应的服务的请求。

(2) 服务的提供者 (Service request)：服务提供者也就是服务供应商，它们通常在注册中心发布自己所提供的服务，并且对需要使用这些服务所发出的请求予以响应，并为其提供相应的服务。

(3) 服务注册中心 (Service Register)：所谓服务注册中心就是把服务的请求者与相应的服务提供者绑定在一起，从而实现服务的提供。服务注册中心主要能对服务提供者的服务进行发布，并且提供对这些服务的查询与检索。

Web服务的三种组件之间有服务注册、服务定位和服务调用三种操作。

(1) 发布 (publish)：服务的提供者把自己所能提供的服务在注册中心进行注册。该操作对服务进行一定的描述与注册。在发布的过程中，服务的提供者可以增加Web service，也可以删除Webservice。

(2) 查询 (find)：也就是服务的请求者通过向注册中心提出对所需服务的查询请求，从而找到合适的服务。Webservice注册中心通过使用规范的接口的形式来接收服务请求者

所发出的查询请求。一般使用的方式是，服务的请求者按照一般的行业分类标准来进行浏览，或者使用关键字来进行检索并渐渐的缩小查找的范围，最终找到合适的服务而停止。

(3) 绑定 (bind)：服务的具体实现：分析从Webservice注册中心得来的调用该服务的详细的绑定信息，这些信息主要有具体访问路径、返回值、所需要的参数、网络协议以及安全等级等内容。按照得到的详细信息，服务的请求者就能够通过编程的方式来完成对所需服务的调用。

Webservice的组成：

(1) 服务：Webservice是一个用服务描述语言进行描述的接口，服务描述的达成也就是这个服务。服务的实质就是软件功能模块，它可以配置在服务的供应者所提供的相应平台之上，通过Web的方式可以进行访问。服务的目的就是与服务的请求者就行交互，也可以让服务的请求者进行调用而实现相关的功能。

(2) 服务描述：服务描述的内容包括服务的相关接口与具体的实现部分。具体的内容有服务的数据形式、绑定信息以及相关操作。此外，还有那些为了使服务的请求者更加容易查询与使用的分类。服务描述通常是用来发布给注册中心或者服务的请求者的，来更好的实现服务。

### 3. Webservice的关键技术

通俗地讲，Webservice=SOAP+HTTP+WSDL。其中，SOAP（即简单对象访问协议）技术是Webservice的主体部分，SOPA也就是一种比较简单的、轻量级的网络传输协议，它采用的是XML编码技术来实现信息交换集成模型。WSDL（即Web服务描述语言）是一种基于XML技术的语言，用来定义和描述Web服务。这种语言以http的方式对人们进行发布，以此来通知用户端程序针对某个Web服务的URL信息，参数或者返回的结果等。

Webservice采用的关键技术主要有XSD / XML Schema、SOAP协议、UDDI和Http等。它是采用XSD / XML来描述数据结构和类型，采用SOAP来表示信息传输协议，采用WSDL进行内容描述，采用UDDI的方式来进行表述、发现与集成Webservice。

## 5.3.2 数据库技术

### 1. 数据库系统

数据库就是长期存放在计算机内的有组织的可共享的数据集合，并且可以被多用户所共享。数据库系统作为计算机系统的重要组成部分，它的核心就是数据库管理系统，数据库管理系统是对数据进行管理的大型软件系统。

随着数据库技术的快速发展，目前市场上出现了很多种数据库产品，主要分为以下几类：对象型数据库系统、关系型数据库以及对象-关系型数据库等。其中，使用最多、运用最普遍的是关系型数据库系统，也是技术非常成熟的数据库产品之一。许多的企业管理系统都是使用关系型数据库来进行数据存储的，大大提高了数据的独立性和共享性。

目前，关系型数据库是市场上数据库管理系统的主要产品，运用非常普遍。而面向对象的数据库具有易开发和易维护的特点，但是还没有比较成熟和高性价比的产品。国内外的关系型数据库管理系统有Informix、Sybase、MySQL、SQL Server、Oracle和Ingress等其中，SQL server可以通过Web技术可以实现对数据轻松安全的访问，拥有很强的、灵活的、在Web基础上的和安全的的应用程序管理等。并且，由于其具有易操作性、界面友好、成本低廉等优点，在用户中非常受欢迎。

## 2. 几种常用的数据库接口技术

在系统开发中，应用程序并不是直接与数据库相连的，而是通过一定的中间件来实现的。数据库中间件在所有的中间件中是使用最普遍，技术最为成熟的一种。数据库接口技术也就是中间件技术的一种，对于SQL Server数据库来说，其比较常用的数据库接口技术有ODBC技术、DAO技术、OLE DB技术和JDBC技术等。

ODBC就是开放性数据库互联，它提供了一组标准应用程序API接口，用来访问数据库。ODBC技术作为在数据库基础上的中间件标准，是1992年微软和Digital、Sybase共同制定的，它能够很好地实现应用程序与数据库的通讯，并提供了一组存取数据库的标准应用接口，使应用程序能够统一地访问异构数据库，改变数据库厂家驱动程序接口互不相同的局面。由于目前几乎所有的关系数据库都具有ODEC驱动程序，因此就使用API接口可以访问这些数据库。其优点是稳定并执行良好，但是仅支持关系数据库以及传统的数据库类型，不支持非传统的数据文件。

DAO也就是数据访问对象，它主要采用Microsoft Jet数据库引擎对数据库进行访问，也提供相应的API接口。它主要是用来访问Access数据库的，且DAO是严格按照Access建模的，因此，DAO是连接Access数据库最好的方式。虽然也可以实现与关系数据库的连接，但是执行速度缓慢。

OLE DB就是对象连接与嵌入数据库，能够很好的解决与非传统数据源的连接。OLE DB是微软公司新开发的访问数据库的技术，它是基于COM接口技术，并能够让应用程序通过这一技术来访问存取各种各样的数据源。OLE DB具有ODBC的功能，并可以对SQL、非SQL和非结构化数据源提供一致的访问。但是由于OLE DB技术太低层化，使用起来十分复杂，因此没有广泛使用。

JDBC是JAVA语言与数据库的接口规范。不仅具有ODBC的特点，还具有很好的跨平台性和语言无关性，十分的适合于Internet上异构环境的数据库应用。通过采用JDBC技术，可以进行一次编程实现对几乎所有数据库的访问，不用像其它语言那样，要为不同的数据库多次编写接口。

## 5.4 系统集成模式

### 5.4.1 系统集成功能框架

系统集成框架如图 2 所示，整个数据驱动的生产制造执行系统与仿真系统分为两个子系统，生产过程虚拟仿真是在实际生产前，在计算机虚拟环境下进行三维仿真验证，对数字化制造厂房布局、物流方案进行仿真优化。通过建立数字化制造车间三维布局仿真模型，对数字化制造工艺布局方案进行实时交互式可视化设计与仿真；通过建立数字化制造三维物流仿真模型，模拟加工设备、物料缓存区、物流设备等的运作状态，分析与发现物料阻塞、节拍不平衡、设备等待等问题；通过建立数字化制造参数化的物流仿真模型，实现持续改善与优化；同时采用指标分析与优化技术，实现对制造工艺规划的综合评估与优化。

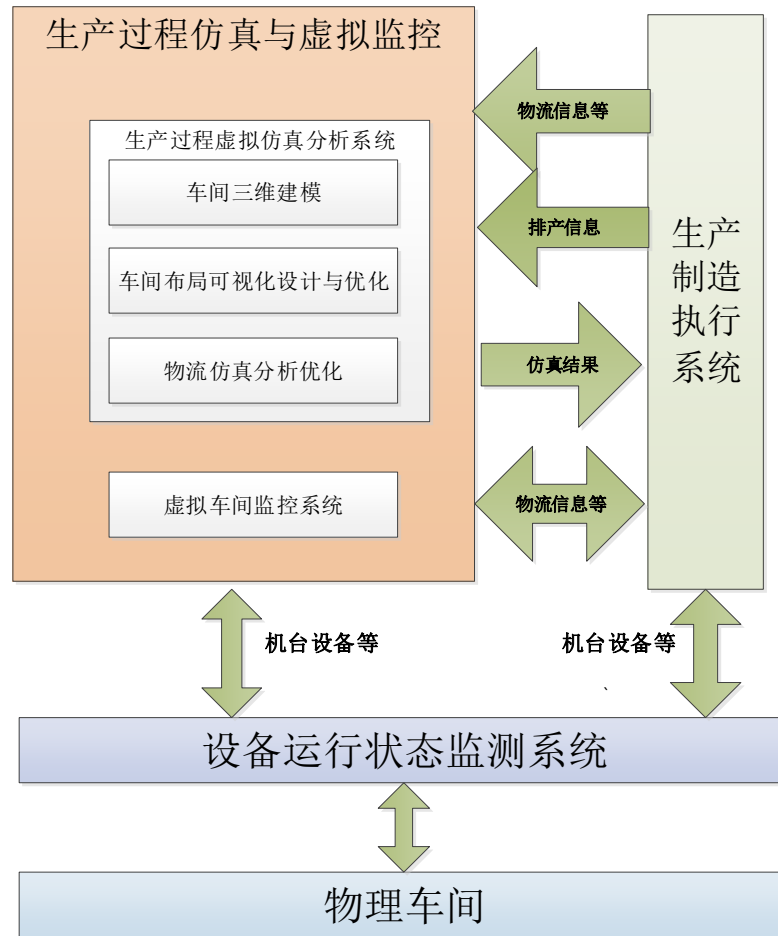


图 2 系统集成框架

#### 5.4.2 系统集成模式介绍

系统的集成可以分为三个层次：即直接集成、封装集成和接口集成，其中，接口集成这种模式又可分为工具式、间接式和直通式（双向）等三种接口集成模式。

##### 1. 直接集成模式

直接集成模式就是两个系统直接对各自的数据库进行操作，并交换数据，要实现这种集成模式最好将各系统的数据存放在一个系统的数据库中，实现两个系统的数据库的真正共享。直接集成的方法非常适合于为企业开发一整套的信息管理系统，它能够大大提高各系

统之间的数据交换与共享效率，减少了数据的冗余，但是这种方式却不适用于对企业现有的来自不同厂商的软件之间的集成，因此，这种集成方法的运用范围是具有局限性的。

### 2. 封装调用集成模式

封装就是指对象的属性和操作方法同时封装在定义对象中，用操作集来描述可见的模块外部接口，从而保证了对象的界面独立于对象的内部表达，接口作用于对象的操作集上是对象唯一可见的部分。这样用户不需要知道对象的内部构成就可以采用调用的方法来完成对对象的操作，进行封装后就可以对接口的调用来实现集成。这种方式实现比较简单。比较常用的方式有：ODBC / JDBC调用方法：

如图3中为以API接口为基础的调用方式等。

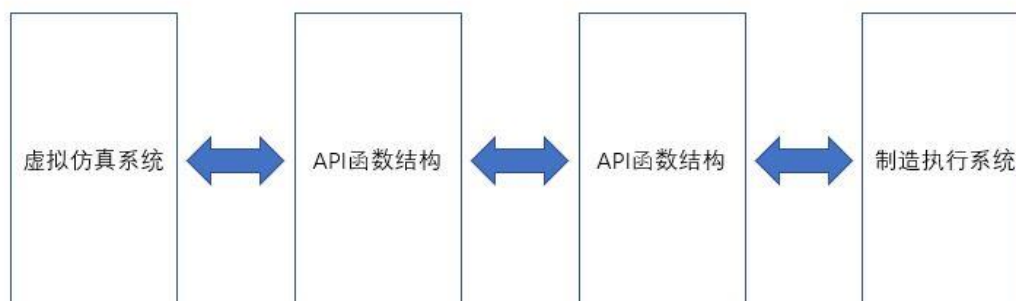


图 3 以 API 为基础的封装调用集成模板

### 3. 工具式接口集成模式

工具式集成模式也就是通过内部函数的调用来进行集成的模式，生产过程执行系统和仿真系统通过各自合适的数据接口，以工具（API函数）的形式来访问对方数据库，从而实现信息的交换。在生产过程执行系统的生产计划管理的人机界面上，根据销售订单编制好厂计划。而车间仿真系统则通过所开发的访问生产执行系统数据的应用程序，读取系统制定好的生产计划，同时以生产日报的形式向仿真系统传递数据。

### 4. 间接式集成模式

间接式集成模式就是通过中间件的方式来实现不同系统之间的集成。其中，中间件的类型主要有：中间文件、中间数据库、XML数据流以及消息中间件等几种形式。

(1) 通过中间文件来实现系统之间的集成。就是把生产执行系统系统所需要的其他系统的数据，以适合的统一格式文件的方式存放在中间文件库中，然后通过对中间文件库的访问来实现系统之间的集成、如图所示。

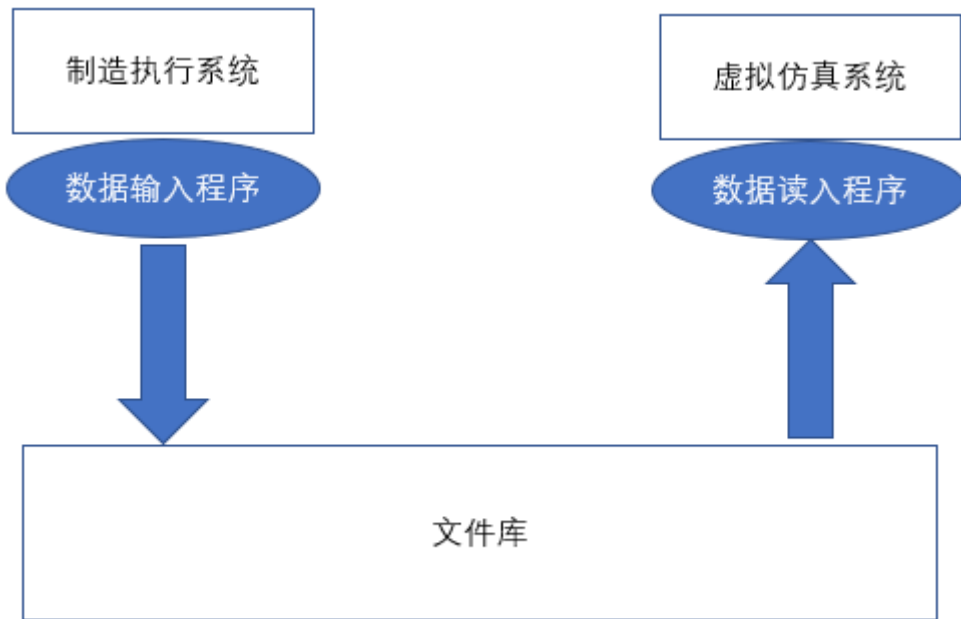


图 4 以 API 通过中间文件进行集成

(2)通过中间数据库的集成。以数据库作为中间件的方式与中间文件的方式类似，所不同之处在于把系统需要进行交换的数据统一存储在中间数据库中，然后通过对中间数据库中数据的提取来实现不同系统的数据共享。这种集成方式便于数据的管理，具有较高的安全性，实现的关键就是多数据库集成技术，非常适用于一整套的多个系统的开发与实施。

(3)通过XML文件的集成。XML即可扩展标记语言。它可以用来描述文档的结构和意义，并且能够很好的实现在不同的应用间交换数据。因此，生产制造执行系统与虚拟仿真系统的集成过程中，可以采用XML数据流的形式来进行集成，从而实现不同系统的数据库中数据的交换。如图5所示。当使用XML文件进行集成时，可以把它当成一个文件集来实现数据的交换与传输，也可以把它看成数据源来进行访问从而具有中间数据库的作用，这也是XML技术得到大规模应用的基础。



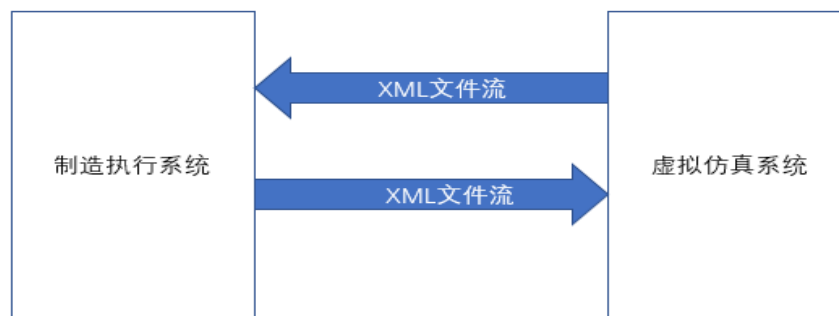


图 5 通过 XML 文件集成

### 5. 直通式接口集成模式

由于需要集成的生产制造执行系统和虚拟仿真系统的底层数据都是存储在各自的数据库之中，与产品和计划有关的数据也是存在数据库中的对应的表单。所谓的直通式接口的集成模式就是以直接交换的形式，使用接口转换器来进行生产制造执行系统和虚拟仿真系统的数据信息传递，这种集成方式可以实现数据的双向传递，设计部门和各车间的制造部门的人员既可以在自己的系统里完成管理功能，并统一数据格式，通过设置 Web Service 服务和 Web Service 客户端，有效的实现了两个系统中数据的共享与交互。

#### 5.4.3 系统集成模式选择

从性价比来看，采用直通式接口集成是最好的，工具式接口集成次之，然后是间接式集成和封装集成。从实施难度来看，工具式接口集成难度最高，直通式接口集成次之，然后是间接式集成和封装集成模式。从使用范围来看，工具式集成和直通式集成的适用范围最广，间接式集成次之并且适合用于统一厂商的软件产品，封装集成范围最小。从可维护性来看，封装集成和间接式集成基本不允许对相关的 BOM 的单独修改，当系统需要升级活更换时，集成也不再适用。而直通式集成和工具式集成能够很好满足修改的需要。因此，从各方面综合考虑，采用直通式接口集成模式相对其他方式是更好的，可以很好的实现车间管理系统之间的集成。

## 6 系统集成设计

### 6.1 系统集成内容

要实现生产制造执行系统与虚拟仿真系统的集成，则要弄清楚需要集成的内容。两个系统集成的目的就是使各车间管理系统能够自动的接受来虚拟仿真系统模拟生产的数据，从

而优化产线提升产线运行效率。并且现场生产数据中的数据信息随着工艺的优化和设备效率的提升而发生改变时，虚拟仿真系统收到的数据也能随着进行更新。

虚拟仿真轻量化模型通过将CAD模型的几何信息、参数信息、产品制造信息、装配信息、零部件属性信息等进行提取，用压缩算法对非结构化的几何信息进行处理，同时对结构化的标注信息、属性信息、装配信息等进行简化提取，得到体积小、效率高、方便展示的轻量化模型。通过使用轻量化模型代替原始的三维模型统一了异构的CAD模型，有效地降低了数据量，提高了系统的响应速度。同时轻量化模型的浏览对硬件要求不高，在车间通过较低配置的终端便可以方便的对轻量化的模型进行查看，有效的降低了企业的成本负担。

基于生产制造执行系统与虚拟仿真系统集成，可以更好的发挥各自系统自身的作用，利用生产制造执行系统对生产任务的规划可以准确的将工艺资源发布到相关设备上。同时通过车间虚拟仿真可视化终端可以实时跟踪生产任务的完成情况，并对生产过程进行控制以及纠正，增强生产制造执行系统对生产的控制能力。

基于生产制造执行系统的虚拟仿真可视化技术不仅仅是产品的3D模型的展示，更重要的是将产品生产过程中涉及到的全部数据信息完整的与生产控制过程进行结合，从而严格控制生产过程的运行。其中主要包含以下三个主要内容：基于生产制造执行系统生成的生产任务规划可以完成车间生产任务、工艺资源的发布以及生产任务完成情况的实时跟踪等。

1) 基于MES生产任务的自动发布。系统可以将MES规划好的具体的生产任务下达的具体的工位或员工，替代原有的车间任务发布模式，提高车间管理的智能化，简化管理流程。

2) 基于MES生产工艺的自动发布。通过系统终端，可以将与生产任务对应的工艺资源下放到对应的员工或设备上。通过这种模型来替代原有的纸质工艺卡片或图纸的下放方式，减轻车间对工艺资源的管理负担，解决了由于设计更改带来的数据不一致问题。

虚拟仿真系统指导的生产工艺并不仅包括经过轻量化处理的3D模型的展示，还包括数字化三维工艺卡片，工艺仿真视频，以及物料清单等文件（如图6所示）。

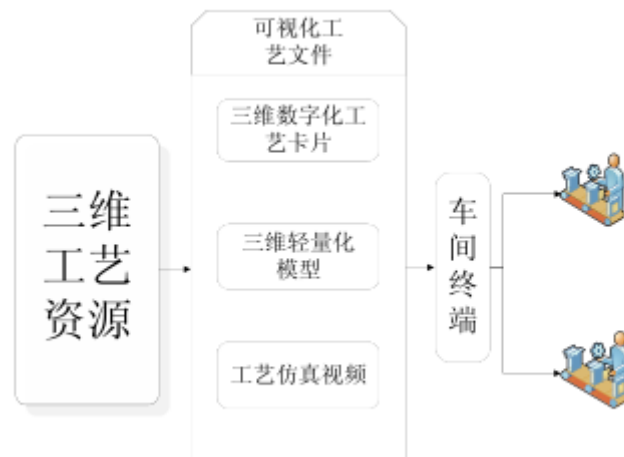


图 6 车间工艺指导内容

3) 基于 MES 生产任务的跟踪。系统需要对工位完成任务的情况进行实时跟踪，并通过终端的反馈记录维护任务完成进度；同时对已完成的任务进行归档，为 MES 系统进行质量回溯，生产分析统计提供依据。

另外虚拟仿真系统还可以作为 MES 系统在车间的一个延伸，并通过终端监测现场设备的运行态信息，完善 MES 对车间生产动态的追踪监控。

基于 MES 的虚拟仿真系统可以完成生产任务、三维轻量化工艺资源的自动化发布，从而快速、准确的指导生产，改变了传统生产任务以及工艺资源的下放模式，简化了车间管理流程，提高了车间对新产品新工艺反应的敏捷性。

## 6.2 关键模块及应用

### 6.2.1 面向生产过程仿真与优化

#### (1) 制造工厂虚拟物理建模

通过车间制造工厂虚拟物理建模，运用三维虚拟仿真平台，采用轻量化、多细节层次 (Levels of Detail, 简称“LOD”) 等技术以保证大规模场景的流畅显示，设计设备仿真交互属性及数据驱动算法，建设智能虚拟工厂，为工厂规划虚拟仿真和生产实时虚拟监控提供可视化平台。

虚拟仿真系统满足装备制造工厂可视化需求，支持虚拟模型的实时/后台数据驱动，对工厂实景、产线布局、生产装备、物流装备、工件、物料、工装夹具等进行绿色化制造数字化建模并渲染，支持主流三维模型 (obj、max、vrml、fbx、step 等) 导入，模型应进行适应性轻量化和分级设计。

虚拟模型数据驱动：采用 XML 格式进行数据交换，构建制造虚拟数字化工厂模型库和动画库，定义模型/动画的属性及运动部件与模型之间的映射关系，建立动作指令库定义动作

指令与模型之间的映射关系,利用数据交换插件完成实时数据与三维虚拟仿真系统的数据映射。

(2) 化生产过程仿真与优化

A. 生产过程仿真

首先建立工艺参数、物流参数、制造资源布局等的数据库逻辑模型,并通过数据库系统进行存储,其包含生产计划、资源模型、工艺参数、工艺逻辑、物流参数、仿真结果等内容:

生产计划: 拟定目标产能,确定整个装配车间的生产节拍;

工艺逻辑: 主要实现不同工序间的串、并行作业方式调整;

资源模型: 管理制造资源信息,并可进行位姿参数化调整;

物流参数: 调整物流辅助设备运行速度等;

工艺参数: 进行加工时间、人员数量等调整;

仿真结果: 直观显示仿真结果,为下一步布局调整提供数据支持。

数据库逻辑模型如图 7 所示。

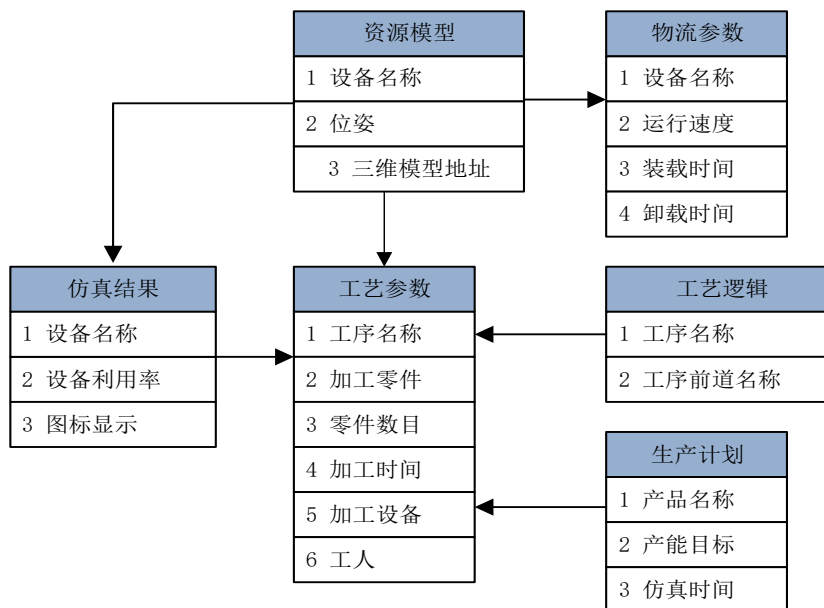


图 7 数据库逻辑

其次采用 XML 规范建立工艺参数数据接口,实现与三维工艺设计平台、MES 系统以及物料管理系统的数据交换;利用 XML 转换成不同格式目标文件的能力,实现数据驱动下制造三维物流仿真模型的自动生成。具体流程如图 8 所示:其中,双向箭头方向表示数据的存储与索引,虚线箭头表示从模型参数化配置界面到仿真工具环境下自动生成模型的流程。可以通过 XML 格式接口,将相关数据自动录入到参数化配置界面中;借助 XML 解析器生成 BCL (Batch Control Language)和 SCL (Simulation Control Language)文件,仿真工具可以执行上述文

件，从而快速自动生成三维仿真模型。

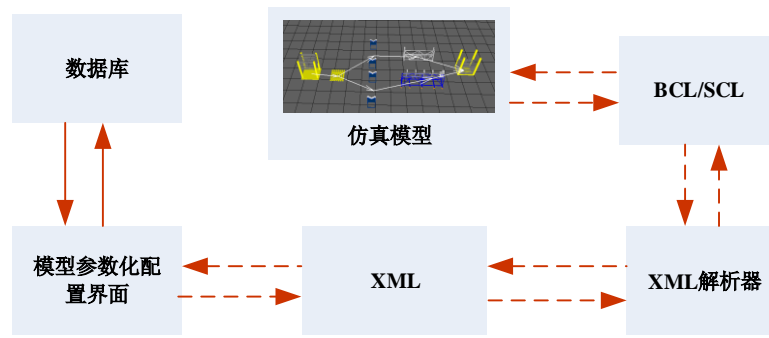


图 8 仿真模型参数描述与逻辑建模

然后建立制造三维物流仿真模型，模拟加工设备、WMS 物料缓存区、AGV 小车物流设备等的运作状态，分析与发现物料阻塞、节拍不平衡、设备等待等问题，利用工艺参数数据接口，建立参数化的物流仿真模型，实现仿真模型的快速构建。

B. 生产过程优化

将传统的优化算法和仿真模型相结合，利用优化算法和仿真模型各自的优点，在优化算法中先产生一组解，再将这组解在仿真模型上进行一定时间的仿真得到该组解的特性指标。然后，将该组解作为下一次优化算法的初始解再次进行优化，以得到更优解，以此反复多次，可求得最优解。因此，首先在制造三维环境下建立物流仿真模型；然后利用该仿真模型结合遗传算法等优化方法，优化制造生产线缓冲区数量的配置，从而提高生产过程的平衡率。

6.2.2 车间建模与数据驱动的虚拟监控

构建监控系统平台包括“实时状态监测与可视化”、“数据保存与管理”、“历史数据查询”与“生产线效能分析”四大功能。采用实时数据的驱动机制，在三维仿真平台中驱动工件、产线、物料运输工具等的模拟运动，对绿色制造生产线运行状态进行监控，可视化物流转运过程、设备运行状态、在制品流转状态；同时采用三维/二维集成的监控界面，可视化生产过程中的生产计划完工状态、设备故障、预警信息等。

虚拟车间监控系统架构如图 9 所示，构建车间制造资源模型库和动画库，模型采用轻量化技术以保证大规模场景的实时渲染，满足实时交互的需求。MES 系统根据生产实时推送各工序加工、物流指令，同时通过设备运行状态监控系统（SCADA）获取现场采集装置如各类传感器、智能装备/终端反馈信息，形成实时信息流。系统定义模型/动画的属性及运动部件与模型之间的映射关系；定义 MES 和设备运行状态监控系统(SCADA)采集的制造实时生产状态信息与模型之间的映射关系，通过数据接口完成制造实时现场数据与虚拟监控系统的数据映射，显示车间/加工装备/工件/物料的实时/历史统计数据及能源监控等信息，实现制造车间的三维可视化监控。

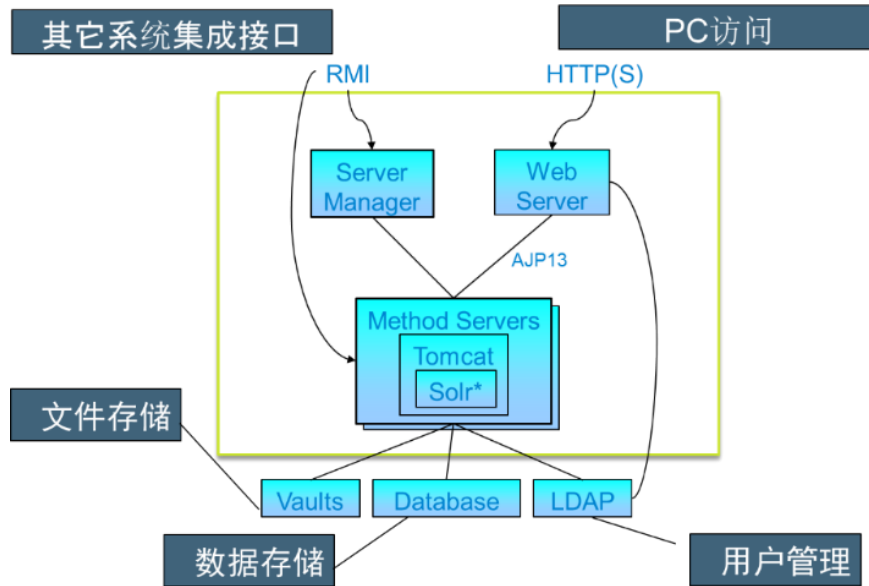


图 9 绿色虚拟监控系统架构

### 6.3 系统集成与接口设计

系统与三维工艺设计系统集成如图 10 所示，获取产品工艺路线等工艺信息，提供虚拟工厂仿真设计过程及结果数据的接口，供三维工艺设计系统读取，进行三维工艺闭环优化；与 MES 集成，获取产品生产计划、排产及物流信息等，并提供接口，供 MES 读取生产计划的仿真结果信息，为生产计划优化调整提供支持，信息可在 MES 电子看板上进行可视化展示；与设备运行状态监测系统集成，获取设备和产线的实时状态信息等。

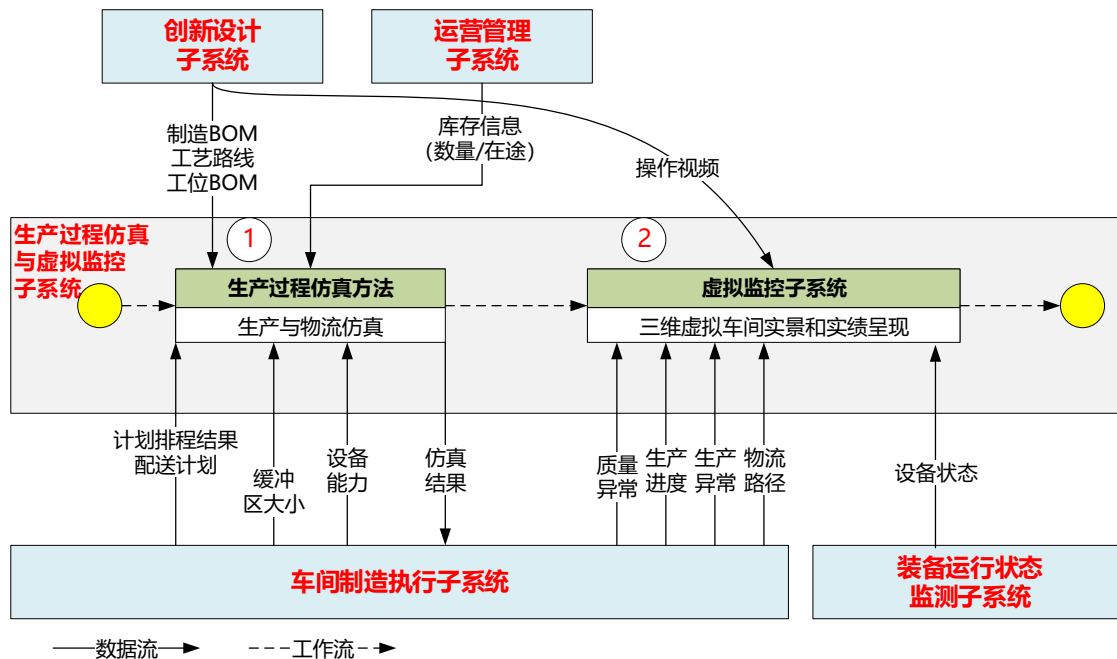


图 10 生产过程仿真与虚拟监控系统数据集成

### 参 考 文 献

- [1] 国家智能制造标准体系建设指南（2015年版）
  - [2] GB/T 18725-2008 制造业信息化 技术术语
  - [3] GB/T 20720.1-2006 企业控制系统集成 第1部分：模型和术语
-