



中华人民共和国国家标准

GB/T 23024—2024

制造业数字化仿真 分类

Digital simulation in manufacturing industry—Classification



2024-08-23发布

2024-12-01实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	1
4 分类原则	1
4.1 通用性	1
4.2 正交性	1
4.3 全面性	1
5 分类维度	2
5.1 概述	2
5.2 制造业数字化仿真应用维度	2
5.3 制造业数字化仿真系统维度	2
5.4 制造业数字化仿真方法维度	2
6 从制造业数字化仿真应用的维度分类	3
6.1 概述	3
6.2 从制造业生产类型子维度分类	3
6.3 从产品生命周期子维度分类	3
6.4 从制造系统范围子维度分类	4
7 从制造业数字化仿真系统的维度分类	5
7.1 概述	5
7.2 从制造业数字化仿真系统的运行模式子维度分类	5
7.3 从制造业数字化仿真系统架构子维度分类	5
8 从制造业数字化仿真方法的维度分类	6
8.1 概述	6
8.2 从制造业数字化仿真的学科原理子维度分类	6
8.3 从制造业数字化仿真的模型原理子维度分类	7
9 制造业数字化仿真分类与编码	8
9.1 编码方法	8
9.2 分类代码表	8
参考文献	10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国信息化和工业化融合管理标准化技术委员会(SAC/TC 573)归口。

本文件起草单位：北京航空航天大学、国家工业信息安全发展研究中心、北京仿真中心、北京临近空间飞行器系统工程研究所、安世亚太科技股份有限公司、成都飞机工业(集团)有限责任公司、重庆川仪调节阀有限公司、深圳市娜尔思时装有限公司、工业云制造(四川)创新中心有限公司、北京华如科技股份有限公司、卡奥斯工业智能研究院(青岛)有限公司、北京空间飞行器总体设计部、航天云网科技发展有限公司、浙江江山变压器股份有限公司、山东浪潮智能生产技术有限公司、浙江科力车辆控制系统有限公司、浙江欧迪恩传动科技股份有限公司、浙江毅力汽车空调有限公司、昆仑数智科技有限责任公司、捷匠网络科技(大连)有限公司、蒲惠智造科技股份有限公司、上海显章电气股份有限公司、高视科技(苏州)股份有限公司、上海科梁信息科技股份有限公司、宁波汉科医疗器械有限公司、三一重工股份有限公司、杭州鄂达精密机电科技有限公司、北京纳兰德科技股份有限公司、汉威广园(广州)机械设备有限公司、彩虹显示器件股份有限公司、中国电子工程设计院股份有限公司、威立机电(苏州)有限公司、海目星激光科技集团股份有限公司、广东美的厨房电器制造有限公司、福建省神悦铸造股份有限公司、来也科技(北京)有限公司、中核第七研究设计院有限公司、上海联泰科技股份有限公司、宇宏工艺(深圳)有限公司、深圳市今天国际软件技术有限公司、常州天正工业发展股份有限公司、浙江美科太阳能科技有限公司、江西冠英智能科技股份有限公司、武汉新威奇科技有限公司、中科云宇宙(北京)科技有限公司、金蝶软件(中国)有限公司、天津光电聚能专用通信设备有限公司、中创新航科技股份有限公司、武汉华工赛百数据系统有限公司、苏州华兴源创科技股份有限公司、浙江远算科技有限公司、上海轩田智能科技股份有限公司、唐山达意科技股份有限公司、上海流程智造科技创新研究院有限公司、北京京仪自动化装备技术股份有限公司、贵州电子信息职业技术学院。

本文件主要起草人：张霖、李君、文莎、王昆玉、唐毅强、施国强、铁鸣、田锋、蒋永兵、刘刚、吴庆业、黄志新、李涛、陈敏杰、宋志刚、盛国军、刘霞、柴旭东、姜振军、展波、陈录城、张利君、黄俊峰、黄慧凯、张健、景凯、徐顺怡、丁闫、孙继国、王克飞、郑旻、姜涌、李鸿彪、张建明、鄢永军、张少特、杨莉莉、陈磊、程星华、王忠林、蒋志东、夏国才、占菊凤、汪冠春、张星、于清晓、许富贤、夏必武、张肿吴、王艺澄、褚瑞、王奇锋、余俊、贺圣茗、王叶忠、苏锦秀、李森、郑翔、戴恒、陈文源、吴健明、陈远明、钟亮、贺仁龙、李轩、黄思齐。

引 言

随着大数据、云计算、人工智能等数字技术与制造业持续深度融合，制造业数字化转型步伐加速。充分发挥数字技术对制造业全要素生产率的赋能作用，是当前制造业高质量发展的普遍共识和共同选择。数字化仿真是推进制造业数字化转型的重要解决方案，在一定程度上反映了制造业数字化转型的水平和程度。提高数字化仿真应用能力，对于制造企业降低开发成本、提升自主创新能力、抢占市场竞争优势，打造资源节约型、环境友好型、持续创新型企业具有重要的作用。

当前，数字化仿真已在众多制造领域产品研发设计中得到大量应用，并扩展到生产制造、试验验证、运行维护等全生命周期中，成为制造活动中必不可少的方法工具。然而，大多数制造企业，对数字化仿真的认识和运用不够深入和系统，阻碍了数字化仿真效能的充分发挥。总体来看，我国制造业数字化仿真的应用水平尚处于起步阶段。在此背景下，亟须研制形成可系统、科学、有效的规范和指导制造企业开展数字化仿真应用的标准，以适应数字化转型需求。

本文件从多个维度对制造业正在使用和最新涌现的数字化仿真进行了分类梳理和系统阐述，为制造业开展数字化仿真应用提供科学依据和指引，有利于加快数字化仿真在制造业的普及推广和深度应用，促进制造业数字化转型升级和高质量发展。

制造业数字化仿真 分类

1 范围

本文件给出了制造业数字化仿真的分类原则、分类维度和具体分类，规定了制造业数字化仿真的编码方法以及分类代码表。

本文件适用于制造业数字化仿真应用。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

制造业数字化仿真 digital simulation in manufacturing industry

针对制造业全生命周期各个环节，利用数字化模型复现实际系统中发生的某些本质过程，并通过对模型的试验来研究、分析、改进实际存在或尚处于设计阶段的系统的一系列活动。

注：以下简称仿真。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CAD: 计算机辅助设计(Computer Aided Design)

CAE: 计算机辅助工程(Computer Aided Engineering)

4 分类原则

4.1 通用性

制造业数字化仿真分类需考虑制造业的共性特征，保证分类对于制造业全行业各细分领域的数字化仿真具有通用性。

4.2 正交性

制造业数字化仿真从多个不同维度进行分类，同一维度下分为多个类别，不同的维度之间，同一维度的不同类之间保证不重复、不交叉，彼此正交。

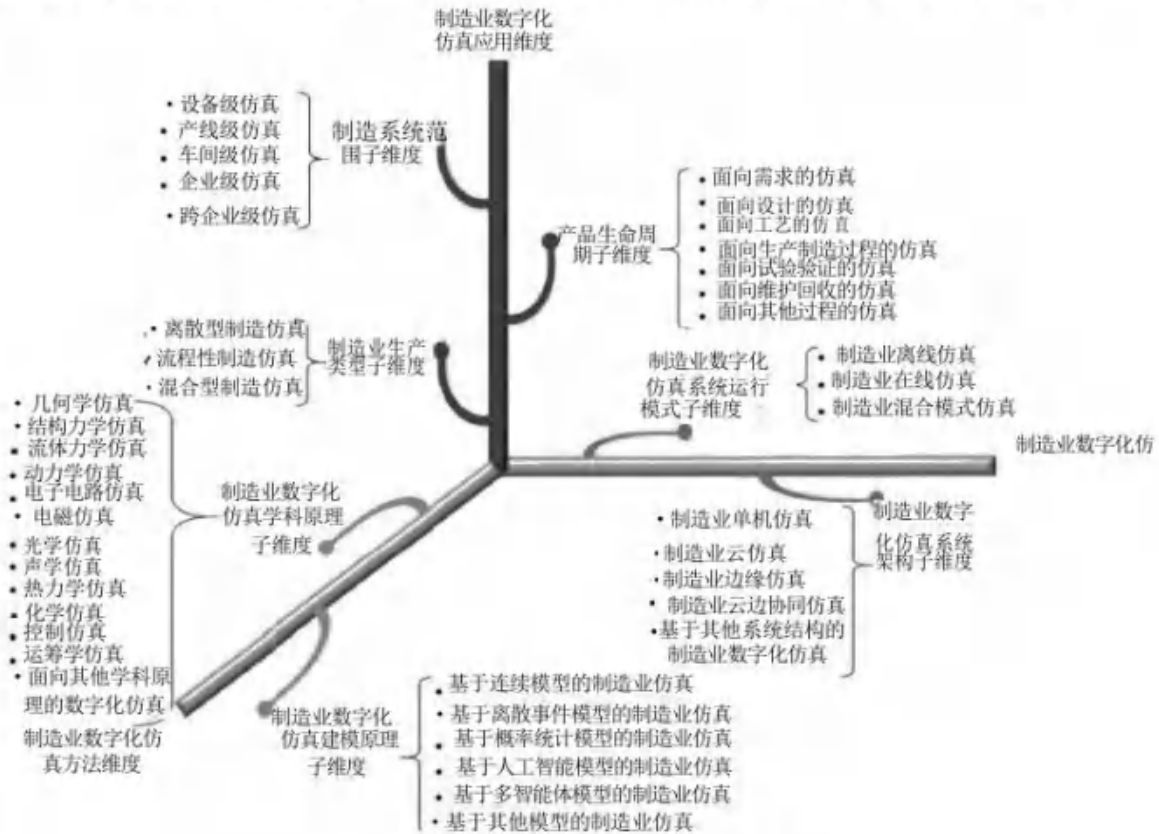
4.3 全面性

制造业数字化仿真分类需包含制造业中正在使用和最新涌现的各类数字化仿真，保证覆盖的全面性。

5 分类维度

5.1 概述

按照分类原则，以制造业数字化仿真应用为牵引、仿真系统为支撑、仿真方法为依据，从制造业数字化仿真应用、制造业数字化仿真系统和制造业数字化仿真方法三个彼此关联、互相正交的维度对制造业数字化仿真进行分类，并在此基础上进行进一步细分子维度。制造业数字化仿真分类维度见图1。



5.2 制造业数字化仿真应用维度

制造业数字化仿真应用维度从制造业对数字化仿真应用的场景出发，按照制造业生产类型、产品生命周期、制造系统范围等子维度对制造业数字化仿真进行分类，体现开展数字化仿真的内在牵引和本质驱动。

5.3 制造业数字化仿真系统维度

制造业数字化仿真系统维度从制造业数字化仿真支撑系统的特点出发，按照制造业数字化仿真系统运行模式、系统架构等子维度对制造业数字化仿真进行分类，为制造业数字化仿真系统的建立提供依据，是开展数字化仿真的重要基础和支撑。

5.4 制造业数字化仿真方法维度

制造业数字化仿真方法维度从制造业数字化仿真运用的方法原理出发，按照制造业数字化仿真学

科原理、仿真模型原理等子维度对制造业数字化仿真进行分类，为开展制造业数字化仿真提供针对性的方法模型参考，是开展数字化仿真的方法依据。

6 从制造业数字化仿真应用的维度分类

6.1 概述

根据数字化仿真在制造行业中应用的具体场景、具体制造环节，按照制造业生产类型、产品生命周期和制造系统范围三个子维度对制造业数字化仿真进行细分。

6.2 从制造业生产类型子维度分类

6.2.1 离散型制造仿真

在离散型制造工业场景下，针对离散制造全生命周期过程所进行的一类仿真活动。离散型制造仿真通常具备以下特点：

- a) 考虑离散型制造行业产品的多体动力学、多学科、多粒度、多尺度等特性，对产品设计参数、多学科性能以及产品生命周期其他阶段进行数字化仿真分析和优化；
- b) 针对离散型制造行业生产过程不连续、变化多，生产计划受动态订单影响大的问题，采用离散事件系统仿真方法对其生产过程、生产调度过程进行仿真。

6.2.2 流程型制造仿真

在流程型制造工业场景下，针对流程制造全生命周期过程所进行的一类仿真活动。流程型制造仿真通常具备以下特点：

- a) 考虑流程制造行业产品物料的化学物理特性及加工设备的反应条件，通常包含稳态过程仿真和动态过程仿真，以分析、优化工艺流程；
- b) 针对流程型制造行业生产过程连续、稳定的特点，采用连续系统仿真方法对其生产过程、生产调度过程进行仿真。

6.2.3 混合型制造仿真

在同时包含流程型制造过程和离散型制造过程的混合型制造工业场景下，针对混合制造全生命周期过程所进行的一类仿真活动。混合制造业仿真通常同时采用离散制造业仿真方法和流程制造业仿真方法。

6.3 从产品生命周期子维度分类

6.3.1 面向需求的仿真

为指导产品研发、生产、维护，在产品具体设计阶段之前，围绕客户对产品产生的各项具体需求所进行的一类仿真活动，以模拟用户需求、分析需求科学性，如用户需求仿真、产品性能需求仿真。

6.3.2 面向设计的仿真

在产品具体设计阶段(包含对产品的概念设计、架构设计、分系统详细设计等)，为论证、优化设计方案，使用细分领域各类CAD、CAE等软件生成产品仿真模型，对所设计产品的性能进行仿真的活动，如产品物理特性仿真、产品功能特性仿真、产品协同设计过程仿真等。

6.3.3 面向工艺的仿真

为预先验证加工工艺的可行性，发现并解决加工工艺问题，保证投产成功率，使用对应的计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工艺过程设计(CAPP) 等软件，对产品加工工艺进行预先验证的一类仿真活动，如产品机加工工艺(切削，焊接，涂装等)仿真、过程工业工艺流程仿真、化工流程模拟等。

6.3.4 面向生产制造过程的仿真

为协调匹配各类生产资源、提高生产效率、快速响应生产任务、降低投产错误成本，对产品实际生产制造过程、装配过程等进行的一类仿真活动，如产线布局仿真、生产排程仿真、装配仿真、生产设备仿真、人员调度仿真、物流仓储仿真、过程控制仿真。

6.3.5 面向试验验证的仿真

为降低测试投入、保障测试过程安全、提高测试质量，针对产品制造过程中的试验、测试、质量检验等环节所进行的一类仿真活动，如基于虚拟仪器的虚拟测试仿真、基于软件仿真的虚拟测试、基于虚拟现实的虚拟测试、基于孪生体模型的虚拟试验。

6.3.6 面向维护回收的仿真

为产品或设备使用企业及时发现和处理故障，提高产品使用寿命，降低产品损失，并重复利用可用资源，减少环境污染，围绕产品或者设备的健康状态检测、安全检验、预测性维护以及回收利用、退役退出等所进行的一类仿真活动，如维护方案仿真、维护过程仿真、产品寿命预测、回收设备仿真、拆卸过程仿真、回收效益仿真等。

6.3.7 面向其他过程的仿真

除上述过程外，面向产品生命周期中其他过程开展的仿真活动。

6.4 从制造系统范围子维度分类

6.4.1 设备级仿真

为降低设备损坏和故障率，提高设备使用效率，针对单一生产设备，模拟设备真实运作情形所进行的一类仿真活动。设备仿真常用于设备参数预调试、操作培训、预测性维护等，如设备功能特性仿真、设备运行过程仿真、设备操作仿真等。

6.4.2 产线级仿真

针对包括多个仿真实体(设备、人员等)的完整生产线，模拟生产线运作过程，对生产线设计、规划、控制、监控等进行优化分析的一类仿真活动，如生产线设计方案仿真、生产线运行过程仿真、生产线设备利用率分析、生产线物料配送仿真等。

6.4.3 车间级仿真

针对包含多条生产线的完整生产车间，模拟整个车间的运作过程，对车间状态监控、产线布局、优化控制、产能预测等进行分析的一类仿真活动，如车间布局仿真、任务调度仿真、生产流程仿真、资源管理仿真等。

6.4.4 企业级仿真

针对集成企业各个部门信息的完整制造企业，从多个维度、多个视角模拟企业运作状态，对企业业

务、财务、人力、技术战略等进行分析优化的一类仿真活动，如企业规划仿真、企业管理仿真、企业运营过程仿真、企业组织模式或架构仿真、企业资源调度仿真等。

6.4.5 跨企业级仿真

为支持管理者分析和制定企业战略计划，针对由多个企业组成的制造体系，分析整个跨企业的制造体系表现出来的行为特性，模拟企业之间的协同运作所进行的一类仿真活动，如企业联盟仿真、产业链仿真、供应链仿真等。

7 从制造业数字化仿真系统的维度分类

7.1 概述

根据数字化仿真系统的特点，按照制造业数字化仿真系统运行模式和仿真系统架构两个子维度对制造业数字化仿真进行细分。

7.2 从制造业数字化仿真系统的运行模式子维度分类

7.2.1 制造业离线仿真

仿真模型以及仿真分析过程与被仿真的物理对象之间不进行实时数据交互的一类仿真活动。离线仿真模型的结构或参数不随实际系统的变化而实时演变。利用CAD、CAE等各类工程分析软件开展的仿真通常都是离线仿真。

7.2.2 制造业在线仿真

仿真模型基于实时采集的实际物理对象信息，与实际对象之间进行实时数据交互的一类仿真活动。在线仿真模型的结构或参数随实际系统变化而实时演变，如嵌入式仿真、数字孪生仿真等。

7.2.3 制造业混合模式仿真

混合模式仿真系统中同时包含离线仿真部分与在线仿真部分。

7.3 从制造业数字化仿真系统架构子维度分类

7.3.1 制造业单机仿真

将数字化仿真软件部署在本地单计算机架构上，通过集中式计算运行开展的一类仿真活动，适用于单平台开展的仿真任务，如各细分领域中基于CAE单机软件开展的仿真。

7.3.2 制造业云仿真

仿真系统进行服务化封装并且部署在云端，通过互联网，供用户按需使用的一类仿真活动。云仿真的主要特点在于融合云计算、物联网、人工智能等信息技术，将仿真资源和能力整合化、服务化、共享化。

7.3.3 制造业边缘仿真

将仿真资源和能力部署或配置在边缘网关等高生产设备较近的一侧，以满足生产执行过程中高实时性需求的一类仿真活动。边缘仿真能力受限，往往只能满足简单的仿真任务。

7.3.4 制造业云边协同仿真

为同时满足工业生产过程中对仿真能力和高实时性的需求，将云仿真和边缘(沿)仿真进行融合，利

用相应的调度与控制算法，协同使用云端和边缘端的资源进行的一类仿真活动。云边协同仿真可对生产过程的管理、调度和优化提供全方位支持。

7.3.5 基于其他系统架构的制造业数字化仿真

除上述外，在制造业应用场景下，基于其他系统架构的数字化仿真。

8 从制造业数字化仿真方法的维度分类

8.1 概述

根据生产制造活动所依据的原理以及数字化仿真模型所蕴含的原理，按照制造业数字化仿真学科原理和模型原理两个子维度对制造业数字化仿真进行进一步细分。

8.2 从制造业数字化仿真的学科原理子维度分类

8.2.1 几何学仿真

针对制造产品的三维外形，利用相关计算机软件，分析产品的几何尺寸、空间物理协调关系等所进行的仿真活动。

8.2.2 结构力学仿真

针对制造产品所依据的结构力学原理，利用相关计算机软件，分析产品内部结构特性所进行的仿真活动。

8.2.3 流体力学仿真

针对制造产品所依据的流体力学原理，利用相关计算机软件，分析流体(包含气体、液体、等离子体等)现象及其相关力学行为所进行的仿真活动。

8.2.4 动力学仿真

针对制造过程各环节所依据的动力学原理，利用相关计算机软件，分析产品或者设备的动力特性所进行的仿真活动。

8.2.5 电子电路仿真

针对制造产品所依据的电子电路原理、电磁原理，利用相关计算机软件，分析集成电路、各类电子产品真实行为特性以及产品电学特性、磁学特性以及电磁交互特性等进行的仿真活动。

8.2.6 电磁仿真

针对制造产品所依据的电磁原理，利用相关计算机软件，分析产品相关的电磁效应所进行的仿真活动。

8.2.7 光学仿真

针对制造产品所依据的光学原理，利用相关计算机软件，分析产品光学特性所进行的仿真活动。

8.2.8 声学仿真

针对制造产品所依据的声学原理，利用相关计算机软件，分析产品相关的声学特性所进行的仿真活动。

8.2.9 热力学仿真

针对制造产品所依据的热学原理，利用相关计算机软件，分析产品在热状态下所产生的性质和行为变化规律所进行的仿真活动。

8.2.10 化学仿真

针对制造产品所依据的化学原理，利用相关计算机软件，分析产品本身的化学机理或者产品在不同场景下的化学特性演变等所进行的仿真活动。

8.2.11 控制仿真

针对制造活动中所依据的控制论原理，利用相关计算机软件，分析制造过程中开环、闭环等各类控制系统的稳定性、鲁棒性、准确性、快速性等各类性能所进行的仿真活动。

8.2.12 运筹学仿真

针对制造活动各环节的运筹规划和管理，利用相关计算机软件，改善或优化现有制造过程整体或某几个环节的性能、成本、利润等所进行的仿真活动。

8.2.13 面向其他学科原理的数字化仿真

除上述学科领域外，针对其他应用场景，运用其他学科原理所进行的数字化仿真活动。

8.3 从制造业数字化仿真的模型原理子维度分类

8.3.1 基于连续模型的制造业仿真

基于制造产品的物理、化学机理，将所研究的问题描述成解析方程(组)求解问题，结合相应的数值计算方法在计算机上进行的一类仿真活动，如流体力学仿真、有限元仿真、工业流程仿真等。

8.3.2 基于离散事件模型的制造业仿真

将离散事件系统描述为一组操作序列，系统状态受相应事件影响并随时间离散变换，而不依赖于解析方程的一类仿真活动，如离散制造系统生产调度仿真，随订单、机器状态而动态变更，引发整个生产计划离散变更。

8.3.3 基于概率统计模型的制造业仿真

针对产品制造、使用、维护过程中可能出现的不确定性问题或风险，根据随机过程原理，利用概率统计方法描述不确定性过程或系统，并利用计算机模拟该类系统行为特性的一类仿真活动，如利用马尔科夫链蒙特卡洛方法模拟生产过程中各类故障发生的概率分布等。

8.3.4 基于人工智能模型的制造业仿真

基于制造过程中产生的各类大数据，针对研发设计、生产制造、运行维护的优化、预测、决策等问题，使用机器学习、深度学习、强化学习等人工智能技术构建并训练相应的人工智能模型，并运用模型开展仿真试验的一类仿真活动，如通过采集大量的工件运行时序数据，训练神经网络模型，用于预测工件剩余寿命等。

8.3.5 基于多智能体模型的制造业仿真

针对制造全生命周期过程中的调度、优化问题，将实际系统描述为多个具有自主性、自治性、交互性

的智能体单元构成的多智能体系统模型，模拟分析实际系统中各实体的行为特点，以优化、控制实际系统的一类仿真活动，如将多个制造单元模块描述为多智能体模型，进行生产线调度仿真等。

8.3.6 基于其他模型的制造业仿真

除上述模型外，基于其他模型所进行的仿真活动。

9 制造业数字化仿真分类与编码

9.1 编码方法

制造业数字化仿真分类采用层次代码结构，由7位数字代码表示。其中，编码的前两位为分类的一级维度，如01代表制造业数字化仿真应用维度，编码的中间两位为二级维度，如0101代表制造业数字化仿真应用一级维度下的制造业生产类型二级维度，编码的后三位为三级维度，如0101001代表制造业生产类型二级维度下的离散型制造仿真类别。制造业数字化仿真的分类代码结构见图2。

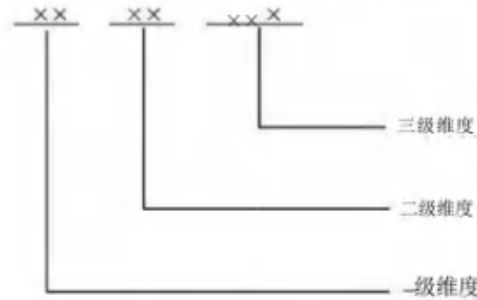


图 2 制造业数字化仿真的分类代码结构

9.2 分类代码表

制造业数字化仿真分类代码见表1。

表 1 制造业数字化仿真分类代码

代码	一级维度	代码	二级维度	代码	三级维度
01	制造业数字化仿真应用	01	制造业生产类型	001	离散型制造仿真
				002	流程型制造仿真
				003	混合型制造仿真
		02	产品生命周期	001	面向需求的仿真
				002	面向设计的仿真
				003	面向工艺的仿真
				004	面向生产制造过程的仿真
				005	面向试验验证的仿真
				006	面向维护回收的仿真
				007	面向其他过程的仿真

表 1 制造业数字化仿真分类代码(续)

代码	一级维度	代码	二级维度	代码	三级维度				
01	制造业数字化仿真应用	03	制造系统范围	001	设备级仿真				
				002	产线级仿真				
				003	车间级仿真				
				004	企业级仿真				
				005	跨企业级仿真				
02	制造业数字化仿真系统	01	制造业数字化仿真系统的运行模式	001	制造业离线仿真				
				002	制造业在线仿真				
				003	制造业混合模式仿真				
		02	制造业数字化仿真系统的架构	001	制造业单机仿真				
				002	制造业云仿真				
				003	制造业边缘仿真				
				004	制造业云边协同仿真				
				005	基于其他系统架构的制造业数字化仿真				
				03	制造业数字化仿真方法	01	制造业数字化仿真的学科原理	001	几何学仿真
								002	结构力学仿真
003	流体力学仿真								
004	动力学仿真								
005	电子电路仿真								
006	电磁仿真								
007	光学仿真								
008	声学仿真								
009	热力学仿真								
010	化学仿真								
011	控制仿真								
012	运筹学仿真								
013	面向其他学科原理的数字化仿真								
02	制造业数字化仿真的模型原理	001	基于连续模型的制造业仿真						
		002	基于离散事件模型的制造业仿真						
		003	基于概率统计模型的制造业仿真						
		004	基于人工智能模型的制造业仿真						
		005	基于多智能体模型的制造业仿真						
		006	基于其他模型的制造业仿真						

参 考 文 献

- [1]GB/T 32297-2015 航天控制系统仿真要求
- [2]GB/T 36457-2018 复杂产品虚拟样机建模方法
- [3]GB/T 38554-2020 云制造仿真服务通用要求
- [4]GB/T 39334.1-2020 机械产品制造过程数字化仿真第1部分：通用要求
- [5]GB/T 39334.2-2020 机械产品制造过程数字化仿真第2部分：生产线规划和布局仿真要求
- [6]GB/T 39334.3-2020 机械产品制造过程数字化仿真第3部分：装配车间物流仿真要求
- [7]GB/T 39334.4-2020 机械产品制造过程数字化仿真第4部分：数控加工过程仿真要求
- [8]GB/T 39334.5—2020 机械产品制造过程数字化仿真第5部分：典型工艺仿真要求
- [9]SH/T 3187-2017 石油化工数字化工厂数字总图技术规范
-