

SJ

中华人民共和国电子行业标准

SJ/T XXXXX—XXXX

智能制造 电子信息行业应用  
光纤及预制棒智能工厂设计要求

Intelligent manufacturing—Applications in the electronic information industry—  
Design requirements for optical fibre and fibre preform smart factory

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布



## 目 次

前 言 .....	II
引 言 .....	错误! 未定义书签。
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	1
5 基本原则 .....	2
5.1 工艺至上 .....	2
5.2 合理布局 .....	2
5.3 顶层规划 .....	2
5.4 资源共享 .....	2
5.5 虚实结合 .....	2
6 参考架构 .....	2
6.1 概述 .....	2
6.2 互联互通层 .....	2
6.3 模型层 .....	3
6.4 应用层 .....	3
7 信息模型库 .....	3
7.1 框架 .....	3
7.2 对象模型库 .....	4
7.3 规则模型库 .....	5
7.4 信息模型关系 .....	6
8 业务功能 .....	7
8.1 产品设计仿真 .....	7
8.2 工艺流程规划 .....	7
8.3 生产测试模拟 .....	7
参 考 文 献 .....	8

## 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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出并归口。

本标准起草单位：

本文件主要起草人：

# 智能制造 电子信息行业应用 光纤及预制棒智能工厂设计要求

## 1 范围

本文件规定了光纤及预制棒虚拟工厂设计的基本原则、参考架构、信息模型库和业务功能。  
本文件适用于光纤及预制棒智能工厂建设过程中虚拟工厂的研发和设计。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 37393—2019 数字化车间 通用技术要求  
GB/T 38129—2019 智能工厂 安全控制要求  
GB/T 40648—2021 智能制造 虚拟工厂参考架构  
GB/T 40654—2021 智能制造 虚拟工厂信息模型

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 智能工厂 smart factory

在数字化工厂的基础上，利用物联网技术和监控技术加强信息管理和服务，提高生产过程可控性、减少生产线人工干预，以及合理计划排程，同时集智能手段和智能系统等新兴技术于一体，构建高效、节能、绿色、环保、舒适的人性化工厂。

[来源：GB/T 38129—2019，定义3.1.1]

### 3.2

#### 虚拟工厂 virtual factory

将实体工厂映射过来，具备仿真、管理和控制实体工厂关键要素功能的模型化平台。

[来源：GB/T 40648—2021，定义3.1]

### 3.3

#### 物理工厂 physical factory

由生产设备、公用基础设施和信息基础设施等组成的，用于光纤及预制棒研发设计生产制造的实体工厂。

注：公用基础设施是物理工厂内建筑、结构、给排水、暖通、电气等设施。

### 3.4

#### 数字化车间 digital factory(digital workshop)

以生产对象所要求的工艺和设备为基础，以信息技术、自动化、测控技术等为手段，用数据连接车间不同单元，对生产运行过程进行规划、管理、诊断和优化的实施单元。

[GB/T 37393—2019，定义3.3]

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

MCVD: 改进的管内化学气相沉积法 (Modified Chemical Vapour Deposition)

OVD: 管外汽相沉积法 (Outside Chemical Vapour Deposition)

PCVD: 等离子体管内化学气相沉积法 (Plasma activated Chemical Vapour Deposition)

VAD: 气相轴向沉积法 (Vapour phase Axial Deposition)

## 5 基本原则

### 5.1 工艺至上

在选定OVD、VAD、MCVD、PCVD等一种或多种工艺路线的前提下，开展光纤及预制棒虚拟工厂的设计和建设工作。

### 5.2 合理布局

综合考虑光纤预制棒、光纤和光缆的生产现状及预期规模，做好生产布局的统筹规划。

### 5.3 顶层规划

按照光纤及预制棒智能工厂、数字化车间的两级分布总体架构，进行科学规划和设计，构建人、机、料、法、环、测的一体化管控，实现价值链的集成和协同。

### 5.4 资源共享

对于生产过程中相近的工艺、流程和产品，通过数据整合和资源共享，构建具有适应性、资源效率的绿色工厂。

### 5.5 虚实结合

按照光纤及预制棒生产工艺特点，以适当的速率和精度，建立光纤及预制棒工厂的物理状态和虚拟状态之间的同步数据连接，并基于数据和模型来驱动虚实要素间的实时交互和运行优化，从而实现物理工厂与虚拟工厂的有机结合。

## 6 参考架构

### 6.1 概述

模型层和应用层是虚拟工厂的核心，其通过互联互通层与物理工厂的人、机、料、法、环、测等生产要素进行实时的信息交互，并根据生产要素的实时状态进行自我动态更新。

虚拟工厂参考架构如图1所示。

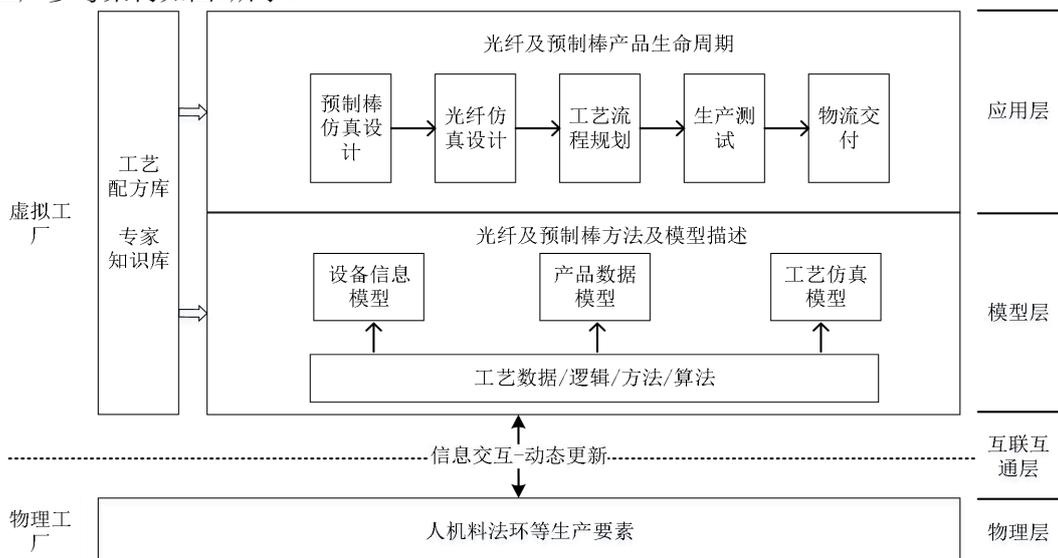


图1 参考架构

### 6.2 互联互通层

作为光纤及预制棒物理工厂和虚拟工厂的交互渠道,互联互通层主要由数据采集、通信协议、交互接口和实时信息交互等功能实体组成,通过对生产要素的实时数据采集和动态更新,满足虚拟工厂的建设和运营需求。

### 6.3 模型层

模型层是根据光纤及预制棒物理工厂实际情况建立的多个虚拟工厂信息模型的组合,这些模型包括设备信息模型、产品数据模型、工艺仿真模型、测试验证模型等。每个信息模型:

- a) 包括模型定义及描述、模型关系两个部分:
  - 1) 在模型定义及描述中,对虚拟工厂的关键要素信息模型的分类及内容给出了规定,包括虚拟工厂各组成要素的静态信息和动态信息的信息模型库;
  - 2) 在模型关系中,对不同信息模型间的关系给出了通用性要求,并通过建立多层次不同模型关系组合并形成模型组合库的方式,实现了虚拟工厂的功能;
- b) 虚拟工厂信息模型的相关内容应符合 GB/T 40654—2021 中的规定。

### 6.4 应用层

参照光纤及预制棒产品生命周期在光纤及预制棒智能工厂运行和维护阶段过程中的主要功能,应用层可依次划分为专家知识库、工艺配方库、预制棒设计仿真、光纤仿真设计、光纤及预制棒工艺流程规划、智能生产测试、智能管理运营等阶段。

模型层中的层级组合、关联组合、对等组合等多层级模型关系,可以实现对设备信息模型、产品数据模型、工艺仿真模型的组合。

通过信息模型的各种组合,应用层可提供不同的虚拟工厂业务功能。

## 7 信息模型库

### 7.1 框架

虚拟工厂的信息模型库,是以实现虚拟工厂业务功能为目标,按照信息模型建立方法及模型属性信息的相关要求而建立。

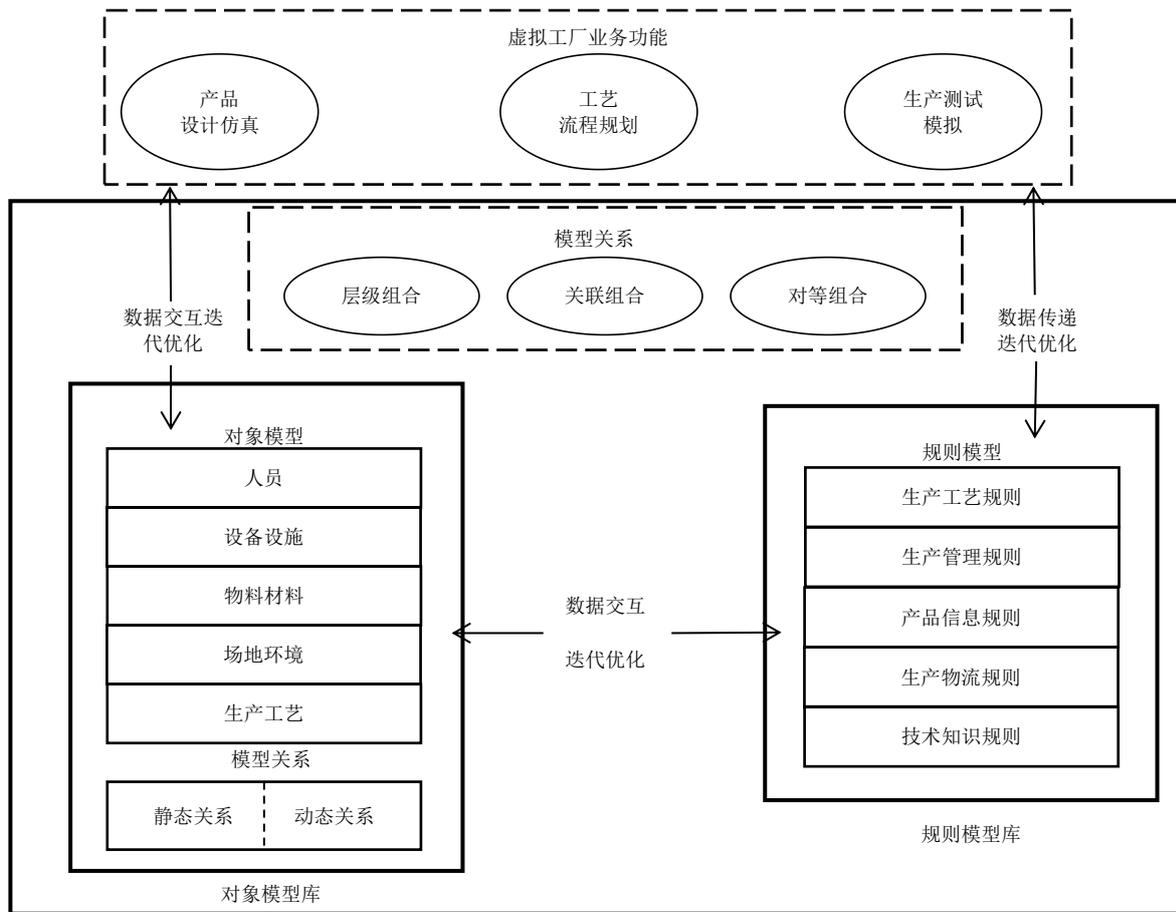


图2 虚拟工厂的信息模型库框架

信息模型库包括以人员、设备设施、物料材料、场地环境、生产工艺等对象模型信息和模型关系信息为主要内容的对象模型库，以及以生产工艺、生产管理、产品信息、生产物流、技术知识等规则为主要内容的规则模型库。虚拟工厂的信息模型库框架见图2。

## 7.2 对象模型库

### 7.2.1 对象模型

对象模型的属性信息分为静态信息和动态信息，其中，静态信息包括身份信息、计划信息和静态关系信息，动态信息包括状态信息、位置信息、过程信息及动态关系信息。

对象模型包含人员模型、设备设施模型、物料材料模型、场地环境模型和生产工艺模型。

- a) 人员模型：拉丝主操手、辅操手、沉积操作员、烧结操作员、延伸操作员、设备维护员、工艺工程师、焊接工等人员的身份、职能、技能、位置和状态等属性信息的数字化描述。
- b) 设备设施模型：光纤拉丝塔、筛选机、PK 检测仪器、光纤涂层集中供料站、氩气处理站、沉积设备、烧结设备、熔缩设备、玻璃车床、拉锥设备、尾气处理塔、硅锆料站、气站、空压站、动力站、纯水站、工艺冷却水站、预制棒自动仓储及输送线、光纤成品立库等设备设施的技术规格、身份、位置、资产、状态和维护等属性信息的数字化描述。
- c) 物料材料模型：四氯化硅、四氯化锆、有机硅、石英套管、光纤涂层树脂、惰性气体（氩气、氦气、氮气等）、危险气体（氢气、氯气、氖气等）、光纤金属大盘、塑料小盘等物料材料的技术规格、标识、位置、资产和状态维护等属性信息的数字化描述。
- d) 场地环境模型：光纤拉丝高跨区、筛选及检测洁净区、氩气处理防爆区、沉积及烧结生产区、预制棒后道处理区、硅锆原料区、气站、公用设施区、尾气处理区、仓库发货区、现场办公

区、集中监控区等场地环境的基本参数、功能、布局、位置、状态和维护等属性信息的数字化描述。

- e) 工艺模型：OVD、VAD、MCVD、PCVD 等工艺路线的基本参数、知识原理、工艺要求等属性信息的数字化描述。

## 7.2.2 模型关系

模型关系信息用来描述对象模型之间的静态关系和动态关系，包括以下内容：

- a) 静态关系信息：用于反应对象模型间不随时间发生变化的稳定关系，如模型间固有的关系信息；  
b) 动态关系信息：用于反映对象模型间随时间发生变化的动态关系，如生产过程中物料材料模型与设备设施模型间交互的物料消耗等关系信息。

## 7.3 规则模型库

### 7.3.1 生产工艺规则

生产工艺规则包含工艺基础信息、工艺清单、工艺路线、工艺要求、工艺参数、生产节拍、标准作业等规则信息及其相关逻辑规则，示例见表1。

表1 生产工艺规则信息示例

序号	属性名称	值
1	工艺基础信息	光纤拉丝
2	工艺清单	1拉丝；2大盘检测；3筛选；4小盘检测；5氩气处理
3	工艺路线	在线棒拉丝
4	工艺要求	裸纤直径(125±0.7) μm，涂覆直径(243±7) μm
5	工艺参数	张力1.2 N，固化7盏高功率开启，排烟500 Pa，拉丝功率48 kw
6	生产节拍	2800 m/min
7	标准作业	G.652D光纤拉丝SOP

### 7.3.2 生产管理规则

生产管理规则包含订单名称、排产规划、生产班组、产线产能、生产进度、生产排程、产线效率等规则信息及其相关逻辑规则，示例见表2。

表2 生产管理规则信息示例

序号	属性名称	值
1	订单名称	中国移动G.652D光纤
2	排产规划	五期60#-70#拉丝线
3	生产班组	A、B、C班组
4	产线产能	单线，10万公里/月
5	生产进度	32%
6	生产排程	2024年1月27日~2024年2月9日
7	产线效率	92%

### 7.3.3 产品信息规则

产品信息规则包含产品名称、物料清单、产品生产规则、资源清单等规则信息，示例见表3。

表3 产品信息规则信息示例

序号	属性名称	值
1	产品名称	G.652D光纤
2	物料清单	预制棒(全合成)、丙烯酸树脂(内涂PHICHEM KG-190-6E、外涂PHICHEM KG290-16)、模具(进口高速 Z188#)等
3	产品生产规则	G.652D光纤制造工艺
4	资源清单	冷却水流量(12 m <sup>3</sup> /h)、氩气流量(45 L/min)

		氮气流量 (110 L/min)、二氧化碳流量(3L/min)、 压缩空气流量(2 m <sup>3</sup> /h)、电力 (95 kw/h/单线) 等
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------

### 7.3.4 生产物流规则

生产物流规则包含物料需求、物流路径、输送方式、配送节拍、在制品转运方式、入库、出库等相关规则。

### 7.3.5 技术知识规则

技术知识规则包含工艺原理、操作经验、仿真模型、软件算法等相关规则。

## 7.4 信息模型关系

### 7.4.1 概述

不同的信息模型组件可根据需要进行组合，以形成系统、产线等的集成，组合方式包括层级组合、关联组合、对等组合三种。

### 7.4.2 层级组合

层级组合用以描述不同系统层级的信息模型之间存在的层级关系。在层级组合关系的描述下,可将具有从属关系的不同信息模型结合,作为整体进行功能实现。

光纤生产系统、拉丝工序、拉丝塔、涂层固化设备等信息模型的层级关系示例如图3所示。

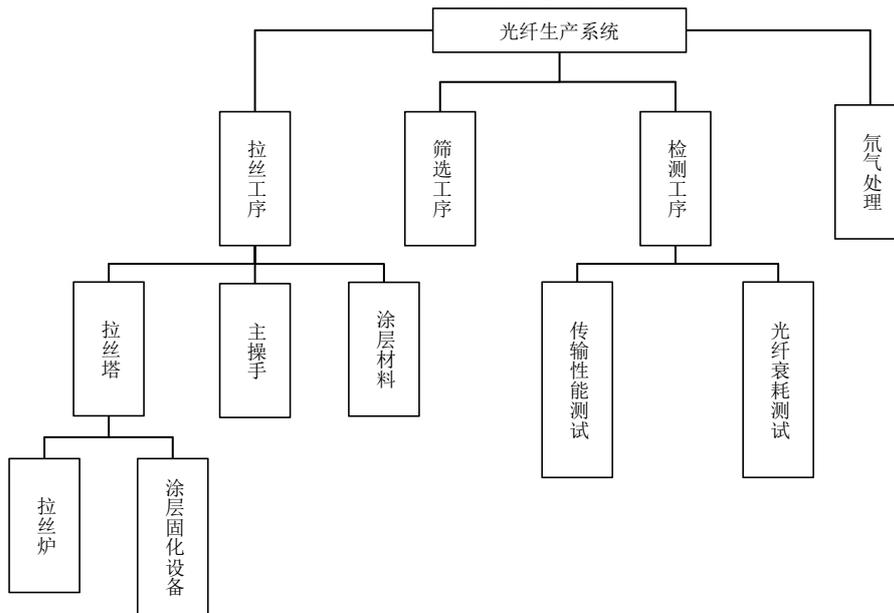


图3 光纤生产系统信息模型的层级关系示例

### 7.4.3 关联组合

关联组合用以描述不同信息模型之间存在的相互关联关系。在关联组合关系的描述下,可将非从属但相互耦合的信息模型建立关系,作为整体进行功能实现。

沉积设备、烧结设备、熔缩设备、拉锥设备等信息模型的关联关系示例如图4所示。

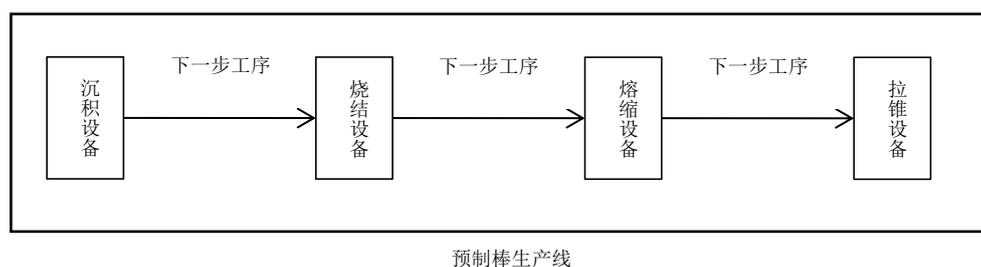


图4 预制棒生产线信息模型的关联关系示例

#### 7.4.4 对等组合

对等组合用以描述不同信息模型之间存在的非耦合关系。在对等关系的描述下,可将独立的非耦合信息模型之间建立关系,作为整体进行功能实现,如VAD、OVD、MCVD、PCVD四个工艺路线模型之间的关系。

### 8 业务功能

#### 8.1 产品设计仿真

基于预制棒产品的不同工艺路线(OVD、VAD、PCVD、MCVD等)和光纤产品的不同产品参数(单模光纤、多模光纤、特种光纤等),建立相应产品的虚拟模型(三维模型和不同产品、不同部件之间的关联模型等),并将其在虚拟工厂运行环境中进行模拟生产验证,以测试产品设计的合理性、可靠性,提升产品的研发效率。

#### 8.2 工艺流程规划

基于光纤及预制棒工艺知识库、专家配方库、设备布局信息、仓储情况等基础信息,完成光纤及预制棒产品工艺流程规划,并将包括工艺信息的产品虚拟模型在虚拟工厂的生产规划中进行流程模拟,测试产品工艺规划和流程规划的合理性、可靠性,提升工艺流程规划效率。

#### 8.3 生产测试模拟

基于光纤及预制棒生产设备及测试测量设备的实际布局、设备运行状态等基础信息,建立工艺信息和生产信息的产品虚拟模型,对产品的生产环节进行模拟测试,验证产品设计、工艺规划及生产流程的合理性和可靠性,提升产品生产效率。

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 19000-2015 质量管理体系 基础和术语
  - [2] GB/T 20720.3-2010 企业控制系统集成 第3部分：制造运行管理的活动模型
  - [3] GB/T 24734-2009 技术产品文件数字化产品定义数据通则
  - [4] GB/T 26327-2010 企业信息化系统集成实施指南
  - [5] GB/T 26335-2010 企业信息化集成系统规范
  - [6] GB/Z 32235-2015 工业过程测量、控制和自动化生产设施表示用参考模型（数字工厂）
  - [7] GB/T 37393-2019 数字化车间 通用技术要求
  - [8] GB/T 40648-2021 智能制造 虚拟工厂参考架构
-