

团体标准

T/CAMETA XXX—2024

智能工厂 智能物流配送与仓储

Smart factory -Intelligent logistics distribution and warehousing

2024-XXX 发布

2024-XXX 实施

中国机电一体化技术应用协会 发布

目 次

前 言	II
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 总体原则与框架	2
5.1 总体原则	2
5.2 总体框架	3
6 智能物流信息技术	3
6.1 概述	3
6.2 自动识别技术	4
6.3 定位跟踪技术	4
6.4 网络通信技术	5
7 智能仓储技术	6
7.1 概述	6
7.2 智能仓储硬件	6
8 智能搬运与配送技术	8
8.1 概述	8
8.2 智能物流设施	8
8.3 托盘载具与容器	9
8.4 物流配送任务调度	9
8.5 物流配送路径规划	10
9 物流系统仿真技术	10
9.1 概述	10
9.2 物流系统仿真的步骤	10
9.3 物流系统仿真的目的	10
9.4 物流系统仿真的输入数据	11
9.5 物流系统仿真的输出指标	11
10 物流系统集成技术	11
10.1 概述	12
10.2 集成内容	12
10.3 技术方法	12
10.4 集成要求	12
参考文献	13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规定起草。

本文件由中国机电一体化技术应用协会提出。

本文件由中国机电一体化技术应用协会归口。

本文件起草单位：

本文件起草人：

智能工厂 智能物流配送与仓储

1 范围

本标准提出了面向智能工厂的智能物流配送与仓储的总体框架,定义了五项工厂智能物流关键技术的基本要求,包括智能物流信息技术、智能仓储技术、智能搬运与配送技术、物流系统仿真技术、物流系统集成技术。

本标准适用于工厂智能物流系统设计阶段,为以自动化仓储设备、自动化搬运设备为代表的智能仓储与物流配送系统设计提供指导规范。

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 41255-2022 智能工厂 通用技术要求

GB/T 43436-2023 智能工厂 面向柔性制造的自动化系统通用要求

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

GB/T 43064.1-2023 智能工厂建设导则 第1部分物理工厂智能化系统

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。

[GB/T 41255-2022]

3.2

智能物流 intelligent logistics

智能物流是技术与物流融合的产物,具体表现为在物流系统中,利用集成智能化技术,使物流系统能模仿人的智能,具有思维、感知、学习推理判断和自行解决物流中某些问题的能力。

3.3

智能仓储 intelligent warehousing

智能仓储是物流过程的一个环节,智能仓储的应用,保证了货物仓库管理各个环节数据输入的速度和准确性,确保企业及时准确地掌握库存的真实数据,合理保持和控制企业库存。方便地对库存货物的批次、保质期等进行管理,更可以及时掌握所有库存货物当前所在位置,提高仓库管理的工作效率。

3.4

物流系统仿真 logistics system modeling and simulation

基于离散事件仿真原理,模拟实际物流系统,在计算机环境中建立物流系统仿真模型并运行多次仿真,模拟实际仓储与物流过程,对物流系统的性能进行定量分析,优化物流方案和设计参数。

4 缩略语

ERP	Enterprise Resource Planning	企业资源计划
AGV	Automated Guided Vehicle	自动导引小车
MES	Manufacturing Execution System	制造执行系统
MOM	Manufacturing Operation Management	制造运营管理
OPC	OLE for Process Control	用于过程控制的 OLE
PLC	Programmable Logic Controller	可编程逻辑控制器
RFID	Radio Frequency Identification	射频识别
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	数据采集与监视控制
WMS	Warehouse Management System	仓储管理系统
IOT	Internet of Things	物联网
WSN	Wireless Sensor Networks	无线传感器网络
UWB	Ultra Wideband	超宽带
WCS	Warehouse Control System	仓库控制系统
RCS	Robotic Control System	机器人调度系统
TMS	Transportation Management System	运输管理系统
OEE	Overall Equipment Effectiveness	设备综合效率
MTBF	Mean Time Between Failure	平均故障间隔时间
MTTR	Mean Time To Repair	平均故障维修时间
WIFI	Wireless Fidelity	无线网络
API	Application Program Interface	应用程序接口

5 总体原则与框架

5.1 总体原则

工厂智能物流是以工业互联网、大数据、云计算、5G移动无线网络、人工智能、机器人、智能物流技术等软硬件新技术为基础，为智能制造过程中的原材料、在制品或成品的包装、运输、装卸搬运、存储、流通加工、配送、信息处理等提供智能服务和智能决策的信息平台。工厂智能物流的设计与建设应遵循如下基本原则：

- 系统性原则：智能物流系统是一个复杂的整体，需要从系统性原则出发，全面考虑各个环节和要素之间的相互关系，实现物流、信息流、资金流等各方面的协同和优化。
- 先进性原则：智能物流系统的规划和设计应结合企业的实际情况，具有一定的前瞻性，采用先进的物流设施、设备和技术手段，以提高物流系统的效率和智能化水平。
- 经济性原则：智能物流系统的建设应充分考虑经济效益，合理配置和利用资源，避免浪费和重复建设，确保物流系统的投资和运营成本在可控范围内。
- 迭代升级原则：智能物流系统的规划和设计应考虑到未来技术的迭代升级，能够适应不断变化的市场需求和技术环境，保持物流系统的竞争力和生命力。
- 安全性原则：智能物流系统的设计和建设必须遵循安全性原则，确保物流设施、设备和信息

系统的安全可靠运行，防范各种安全风险和隐患。

- 柔性适应原则：智能物流系统需要具备柔性适应能力，能够适应工厂生产模式、产品种类、产能等的变化，满足不同生产场景下的物流需求。
- 数字化、可视化、透明化原则：智能物流系统应实现数字化、可视化、透明化的管理，能够实时采集、处理、分析和展示物流数据，提供决策支持和优化建议。
- 物流与生产一体化原则：智能物流系统需要与智能生产系统实现一体化融合，打破传统物流与生产相对独立的局面，实现物流和生产的高度协同和优化。

5.2 总体框架

智能物流配送与仓储技术总体框架如图1，包括智能物流信息技术、智能仓储技术、智能搬运与配送技术、物流系统仿真技术、系统集成技术五部分内容。

- 智能物流信息技术：智能物流信息技术用于实现工厂物流信息的自动化采集、传输、处理和应用。自动识别技术、定位跟踪技术、网络通信技术是工厂智能物流信息技术的核心组成部分，它们共同作用于工厂物流的各个环节，提高了物流的自动化、智能化水平，为工厂的高效运作和持续发展提供了有力保障。
- 智能仓储技术：工厂智能仓储技术是现代工业物流领域中的重要组成部分，通过运用一系列先进的技术和智能硬件，实现对仓库作业的高效、精准管理，提升仓储效率，降低库存成本。主要包含仓储智能硬件、仓储布局规划技术、仓储作业管理技术、库存控制管理技术。
- 智能搬运与配送技术：工厂智能搬运与配送技术是智能物流领域中的关键技术之一，旨在通过自动化、智能化手段提高物品在工厂内的搬运和配送效率。主要包含智能物流设施、物流载具与容器、物流任务调度技术、物流路径规划技术。
- 物流系统仿真技术：物流系统仿真技术借助计算机仿真技术对现实物流系统进行系统建模与求解算法分析，在物流系统的规划、设计、运营和优化中发挥着重要作用，是提高物流系统效率和降低成本的有效工具。主要包括仿真目标定义、仿真建模要求、仿真分析要求、仿真优化要求。
- 物流系统集成技术：通过统一的数据标准和规范，将各类系统有机结合起来，形成一个高效、协同、智能的物流系统整体，实现业务和流程的自动化和智能化。

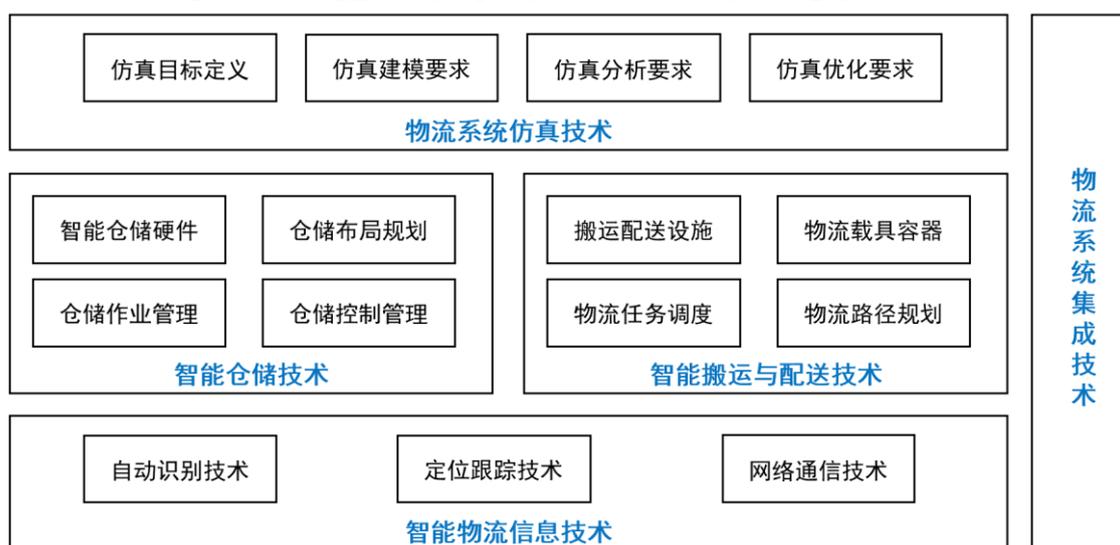


图1 智能物流配送与仓储技术的总体框架图

6 智能物流信息技术

6.1 概述

智能物流信息技术是支撑现代工厂物流系统高效、智能运作的关键技术集合，主要包括自动识别技术、定位跟踪技术、网络通信技术。

6.2 自动识别技术

6.2.1 概述

自动识别技术是智能物流中的关键技术之一，它利用条形码、二维码、RFID（无线射频识别）等技术手段，实现对物品信息的快速、准确识别。在工厂环境中，自动识别技术被广泛应用于原材料入库、产品出库、生产过程跟踪等环节，提高了物流作业的效率 and 准确性。

6.2.2 条形码技术要求

- 快速读取：条形码应能被快速准确地读取，以确保高效的物流处理。
- 耐用性：条形码需要具有一定的耐用性，能在不同的环境条件下（如湿度、温度、磨损等）保持可读性。
- 标准化：条形码应遵循国际通用的编码标准，以便于不同系统间的兼容和信息交换。

6.2.3 二维码技术要求

- 高容量：二维码应能存储大量信息，包括文本、数字、链接等，以满足复杂的数据需求。
- 错误纠正能力：二维码应具备错误检测和纠正功能，即使在部分损坏的情况下也能被正确读取。
- 易于生成和打印：二维码的生成应简单易行，且打印出的二维码应清晰可读。

6.2.4 RFID 识别技术要求

- 远距离读取：RFID 标签应能被远距离读取，减少人工扫描的需要，提高识别效率。
- 多标签识别：应能同时识别多个 RFID 标签，以处理大批量物品。
- 数据安全性：RFID 系统应提供数据加密和认证功能，确保信息的安全性和隐私保护。
- 环境适应性：RFID 标签应能在各种环境条件下工作，包括金属表面、液体环境等。

6.2.5 机器视觉识别技术要求

- 高精度识别：机器视觉系统应具备高精度的图像识别和处理能力，以准确识别目标物体。
- 实时性：系统应能实时处理图像数据，提供即时的识别结果。
- 灵活性：机器视觉系统应能适应不同的光照条件和物体形状变化，保持稳定的识别性能。
- 集成性：机器视觉技术应易于与其他物流系统集成，实现信息的共享和协同工作。

6.3 定位跟踪技术

6.3.1 概述

定位跟踪技术实现对物品在工厂内的实时定位和跟踪，从而帮助工厂管理人员准确掌握物品的位置和状态，优化物流路径和作业计划，提高物流运作的效率和灵活性。

6.3.2 RFID 定位技术要求

- 高精度定位：具备高精度的定位能力，能够准确识别并定位物品在工厂内的具体位置。
- 快速读取与响应：RFID 标签应能被快速读取，且系统应具备迅速响应的能力。RFID 系统需要能够在短时间内处理大量标签的读取请求。
- 抗干扰与可靠：在复杂的工厂环境中，RFID 系统应具备强大的抗干扰能力，以确保在各种干扰因素下仍能稳定工作。此外，系统还应具备高可靠性，确保长时间连续运行时不会出现故障或性能下降。
- 数据安全：提供数据加密和认证功能，以确保传输和存储的数据的安全性。
- 集成性与可扩展性：RFID 系统应易于与其他物流系统集成，如仓储管理系统、生产执行系统等。同时，系统应具备可扩展性，能够适应工厂规模的变化和业务需求的增长。

6.3.3 WSN 技术要求

- 数据安全：提供数据加密和认证功能，以确保传输和存储的数据的安全性。
- 自组织能力：无线传感器网络应能够自主形成网络拓扑，具备自组织和自修复能力，以确保网络的稳定性和可靠性。
- 实时性：WSN 应能实时监测和传输数据，为物流跟踪提供即时的信息支持。
- 能耗管理：考虑到传感器的电源限制，WSN 应具备有效的能耗管理机制，以延长网络寿命。

6.3.4 UWB 技术要求

- 高精度定位：UWB 技术应能实现厘米级的定位精度，确保对物品位置的精确把握。
- 多路径抑制：在复杂的工厂环境中，UWB 应具备多路径抑制能力，以减少信号干扰，提高定位准确性。
- 大容量支持：UWB 系统应能支持大量设备的同时定位，满足工厂大规模物流跟踪的需求。

6.3.5 GPS 技术要求

- 高精度定位：应能够提供高精度的定位信息，以便准确追踪物品在工厂内的位置。在工厂环境中，精确的位置信息对于优化物流路径和作业计划至关重要。
- 室内定位支持：除了室外定位，GPS 技术还应具备一定程度的室内定位能力。虽然 GPS 在室内的定位精度可能不如室外，但仍然需要确保能够提供较为准确的位置信息，以满足工厂内部物品的定位需求。
- 数据实时性：应能够提供实时的定位数据，确保工厂管理人员能够及时获取物品的位置信息。这对于调度和决策过程至关重要，特别是在处理突发事件或紧急情况时。
- 可靠性和稳定性：需要具备良好的可靠性和稳定性，以确保在各种环境条件下都能正常运行。工厂内部可能存在各种干扰因素，如建筑物阻挡、信号遮蔽等，因此 GPS 系统需要能够应对这些挑战，保持稳定的运行状态。
- 能耗管理：考虑到 GPS 设备通常需要电池供电，因此需要有效的能耗管理机制来延长电池寿命。在工厂环境中，GPS 设备可能需要长时间连续运行，因此能耗管理尤为重要，以确保系统的持续稳定运行。

6.3.6 机器视觉技术要求

- 多种工作环境适应性：应能够适应不同的工厂环境，包括光照条件的变化、物体表面的反射性等因素，确保在各种复杂环境下均能正常工作。
- 实时图像处理：应具备实时图像处理的能力，能够迅速分析物品位置和状态的变化，为实时定位和跟踪提供支持。
- 高精度识别：系统应具备高精度的物体识别和定位能力，能够准确识别工厂内的各种物品并确定其位置，提高物流作业的精度和效率。
- 灵活可调参数：机器视觉系统应具备灵活可调的参数设置，以适应不同物体大小、形状和光照条件的变化，提高识别的准确性和稳定性。

6.4 网络通信技术

6.4.1 工控网技术要求

- 实时性与稳定性：工控网应确保即时通信与数据传输，支持物流信息的快速处理。
- 网络安全：应具备严密的安全机制，如数据加密和漏洞修补，以保护物流信息安全。
- 灵活性与扩展性：应能灵活配置与扩展，以适应工厂生产环境的变化和扩展需求。
- 高带宽与低延迟：应足够带宽和低延迟通信，满足工厂物流系统的数据传输需求。

6.4.2 以太网技术要求

- 高速传输：应提供高速、稳定的数据传输能力，满足物流系统大容量数据实时传输需求。
- 可靠性与稳定性：应保证长时间稳定运行，防止网络故障导致生产中断或数据丢失。
- 灵活性与扩展性：可根据需求快速调整与扩展，适应物流系统的变化和增长。

—— 安全性：应提供安全的数据传输机制，确保物流信息的安全传输与保护。

6.4.3 Wifi 技术要求

- 覆盖范围：应广泛覆盖工厂内各区域，确保设备和传感器的全面连接与通信。
- 高速传输：应提供高速、稳定的数据传输速度，满足物流系统的实时监控与数据传输需求。
- 稳定性与可靠性：应保持稳定的网络连接，确保物流设备和传感器的稳定通信。
- 安全性：应提供安全的数据传输机制，防止未经授权的访问和攻击，保护物流信息安全。

6.4.4 移动通信网络 5G 技术要求

- 超高速传输：应提供超高速的数据传输速度，支持大规模数据的快速传输与处理。
- 低延迟：应确保数据传输的延迟极低，以支持实时物流信息的传输和处理。
- 大容量支持：应能够支持大规模设备的连接与数据传输，满足工厂物流系统对大容量数据的需求。
- 网络可靠性：应保障网络的高可靠性，确保工厂物流系统的稳定运行与数据传输的可靠性。

6.4.5 ZigBee 技术要求

- 低功耗：应具备低功耗特性，延长传感器和设备的电池寿命，降低能源消耗。
- 短距离传输：应适用于短距离通信，支持工厂内设备和传感器之间的近距离通信。
- 自组织网络：应能够自动组建网络拓扑，灵活适应工厂环境的变化和扩展。
- 低成本：应具备低成本的特点，适合大规模部署在工厂物流系统中。

6.4.6 NB-IOT 技术要求

- 低功耗宽带：应提供低功耗宽带连接，支持物流设备和传感器长时间在线工作。
- 广覆盖：应具备广泛的覆盖范围，适用于工厂内各个区域的物流系统。
- 高可靠性：应保障数据传输的高可靠性，确保物流信息的准确传输与处理。
- 安全性：应提供安全的数据传输机制，保护物流信息的安全和隐私。

6.4.7 Lora 技术要求

- 远距离传输：应支持远距离数据传输，适用于工厂内设备和传感器之间的长距离通信。
- 低功耗：应具备低功耗特性，延长设备电池寿命，降低能源消耗。
- 大容量连接：应支持大规模设备的连接，满足工厂物流系统对大量设备的需求。
- 抗干扰能力：应具备抗干扰能力，保障数据传输的稳定性和可靠性。

7 智能仓储技术

7.1 概述

智能仓储是指利用先进的信息技术以及独特的机械设备和系统，对仓储和物流过程进行智能化管理和优化的一种模式。

7.2 智能仓储硬件

7.2.1 概述

智能仓储硬件是指通过计算机技术和物联网技术，将各类传感器和控制设备集成到仓库内，实现对物流运作过程的实时监控和智能控制的一系列设备。

7.2.2 主要内容

- 传感器：传感器是智能仓储系统的核心组成部分，用于监测仓库内部的各种环境参数和货物状态。常见的传感器包括温湿度传感器、光线传感器、压力传感器、运动传感器等。这些传感器可以实时采集仓库内部的温度、湿度、光照强度、货物存放位置、货物运动状态等信息。
- 摄像头和监控系统：摄像头和监控系统用于实现对仓库内部的实时监控和安全管理。通过摄

摄像头可以对仓库内部的货物、设备和人员进行实时监测和录像，确保仓库内部的安全和秩序。

- 自动化设备：自动化设备包括自动取货机器人、自动堆垛机、自动导航小车等，用于实现仓库内部的货物搬运和堆垛。这些自动化设备可以通过物联网技术和传感器实现智能化的控制和调度，提高货物搬运效率和准确性。
- 智能货架和储物系统：智能货架和储物系统可以根据货物的特性和需求进行智能管理和调度。例如，可以通过智能货架系统实现对货物的分类存放和自动取货，提高仓库内部空间利用率和货物存取效率。
- 无线网络设备：为了实现各种设备之间的通信和数据传输，智能仓储系统通常需要部署无线网络设备，如 Wi-Fi 路由器、蓝牙设备等，以实现设备之间的联网和数据交换。
- 云服务器和数据存储设备：为了实现仓库数据的集中管理和实时分析，智能仓储系统通常需要部署云服务器和数据存储设备，用于存储和处理从各种传感器和设备采集的大量数据。

7.2.3 智能硬件要求

- 感知与交互能力：需要具备感知和交互能力，以便与环境和其他设备进行交互。
- 高效稳定的性能：需要具备高效稳定的性能，包括优秀的硬件配置和软件优化。
- 自我学习与进化：应该具备自我学习和进化的能力，能够从使用经验中不断学习，优化自身的性能和行为。
- 智能运维：应实时监控硬件的运行状态，当设备出现异常或故障时，系统应能够预警与保护，对运行数据进行自动收集和分析，支持远程诊断和维护升级功能。

7.3 仓储布局规划技术

智能物流的仓储布局规划技术旨在通过合理的空间利用和流程设计，实现仓库内部物流的高效、智能化管理。

- 数据分析和预测：使用大数据分析技术，对历史数据进行分析，预测未来的货物流动量和需求变化。有助于确定合理的仓库布局和容量规划。
- 仿真布局优化技术：使用仿真软件模拟不同的仓储布局方案，评估每种方案的效率、容量利用率和成本效益，从而选择最优的布局方案。
- 区域划分与分区策略：将仓库内部划分为不同的区域和分区，根据货物的属性、流量、存储需求等因素进行合理划分。
- ABC 分析技术：使用 ABC 分析方法对货物进行分类和优先级排序，根据货物的重要性和价值，确定合理的存储位置和存储策略。
- 安全库存模型：基于需求波动、服务水平和供应链可靠性等因素，计算并设定安全库存量，应对突发事件和不确定性因素，确保库存的稳定供应。
- 密度分析与优化技术：通过密度分析方法，评估仓库内部空间的利用率和货物堆放密度，以确定最优的货物堆放方式和存储结构。
- 人流和物流优化：除了考虑货物流动的优化外，还需考虑人员流动的优化。通过合理规划人员作业区域、通道布置和设备位置，减少人员和设备之间的冲突和碰撞，提高作业效率和安全性。
- 安全与灾害预防技术：在布局规划中考虑安全性和灾害预防措施，如防火、防水、防盗等。合理安排紧急出口和安全设备，保障仓库内部人员和货物的安全。

7.4 仓储管理技术

仓储管理技术WMS用于管理仓库内部作业流程和库存，可以帮助仓库实现货物的收货、存储、拣选、装运等作业过程的自动化和优化，应包括如下功能：

- 库存管理：可以实时跟踪和管理仓库内部的货物库存，包括货物的入库、出库、转移、盘点等操作，以确保库存数据的准确性和及时性。
- 订单管理：包括订单接收、分配、处理和完成等流程，可以根据订单需求自动分配库存和作业任务，优化订单处理流程，提高订单处理效率。

- 拣选和装运：包括拣货任务的分配和执行、拣货路径的优化、装箱和打包流程的管理等。可以提高拣货准确率和装运效率，降低作业成本。
- 货位管理：对仓库内部的货位进行管理和优化，包括货位规划、货物存放规则的设置、货位利用率的监控等，以提高仓库空间利用率和货物存储效率。
- 作业调度与执行：自动调度和执行仓库内部的作业任务，包括货物移动、拣选、装运等作业任务的分配和执行，以实现作业流程的自动化和优化。
- 齐套管理功能，可以根据产品组成结构和订单需求，自动计算出所需零部件和材料的齐套需求，并提供相应的齐套作业功能。齐套管理功能应该与库存管理、订单管理和作业调度等功能紧密集成，以确保齐套作业的准确性和及时性。
- 供应链协同：能够与供应商和客户的系统进行数据交换和共享，实现供应链上下游的信息流和物流的协同管理。通过与供应商和客户系统的接口，实现订单信息、库存信息和运输信息的实时交换，以实现供应链作业的协同和优化。
- 生产计划同步：与企业的生产计划系统（如 ERP 系统）进行集成，实现生产计划与仓库作业的不同步和协同。

7.5 仓储控制技术

仓储控制技术 WCS 用于控制和管理仓库内部作业流程和设备，负责与仓库内部的自动化设备（如输送机、拣选机器人、堆垛机等）和人工操作员进行通信和协调，以确保仓库内部作业的高效、顺畅和安全，应包含如下功能：

- 设备控制和调度：控制和调度仓库内部的自动化设备，如输送机、拣选机器人、堆垛机等，以实现货物的运输、拣选和存储。
- 设备控制器的通信：向设备发送指令和控制信号，控制设备的启停、速度、方向等操作，以实现作业流程的自动化和优化。
- 任务管理和分配：根据作业需求和设备状态，动态调度作业任务的执行顺序和路径，以实现作业流程的最优化和高效执行。
- 作业监控与跟踪：实时监控仓库内部作业流程和设备状态，通过传感器和设备接口实时采集数据，对仓库内部作业流程进行实时跟踪和监控，以保障作业的顺利进行和及时完成。
- 异常处理和预警：监测仓库内部的异常情况，并及时发出预警和报警信息。当出现设备故障、作业延迟或其他异常情况时，WCS 系统应该能够自动识别并采取相应的应对措施，以最小化对仓库作业流程的影响。
- 集成通信和接口：支持多种通信协议。支持设备控制器、WMS 系统、ERP 系统等的接口，实现作业任务的传递和数据的共享，以确保仓库内部作业流程的协同和一致性。

8 智能搬运与配送技术

8.1 概述

智能搬运与配送技术是指利用先进的自动化设备和智能算法来实现物流搬运和配送过程的自动化和智能化，提高物流操作的效率和准确性，降低人力成本，同时还能够提升物流系统的灵活性和可靠性。

8.2 智能物流设施

- AGV：应具备自主导航能力，能够根据预先设定的路径或实时环境信息进行自主导航，实现准确的定位和路径规划。应具备高精度的定位功能，以确保在繁忙的工厂环境中准确到达目的地，避免碰撞和误差。应具备智能避障功能，能够及时识别并规避障碍物，确保在运输过程中的安全性和可靠性。应能够实现与中央控制系统的实时通信和监控，以便管理人员实时监控运输任务的执行情况并进行调度管理。
- 复合移动机器人：应具备良好的运动性能，包括高速度、高精度和高稳定性。它们应能够精确执行各种动作，包括前进、后退、转弯、升降等，以满足不同应用场景的需求；应具备自主导航和定位能力。需要具备足够的负载能力，能够搬运和承载不同重量和尺寸的物体。应

配备适合的抓取装置，如机械臂、夹具等，以实现物体的精确抓取和放置。应能够与其他机器人、设备或人员进行协作和通信。应符合相关的安全标准和规范，应具备故障检测和诊断能力。

- 智能叉车：应具备高度的自动化和智能化能力，能够自主识别货物、规划路径，并实现精准搬运。需要具备精确定位和导航能力。需要具备足够的负载能力，能够承载不同重量和尺寸的货物，同时需要具备稳定性。应配备多种安全装置，以防止在搬运过程中发生意外。
- 码垛机：应具备精准的定位和堆叠功能，能够根据指定的坐标和高度要求将货物准确地堆叠起来。应具备高效的运作能力，能够在短时间内完成大量货物的码垛任务，提高作业效率。应具备灵活适应不同尺寸、重量和形状的货物的能力，以应对不同生产线上的码垛需求。应配备完善的安全保障措施，如防护罩、安全传感器等，确保在操作过程中不会造成人员伤害或设备损坏。
- 空中输送带：应具备高效的货物运输能力，能够快速、稳定地将货物从一个位置输送到另一个位置；应具备精准的控制和定位功能，能够实现货物的精确定位和稳定输送，避免过程中的偏移和挤压。应能够承载各种重量和体积的货物，以满足不同生产线的输送需求。设计应考虑到节能环保因素，采用高效节能的传动装置和材料，减少能源消耗和环境污染。
- 提升机：应具备高效的货物提升能力，能够快速、稳定地将货物从低处提升到高处或相反。应具备精准的定位和控制功能，能够实现货物的精确定位和稳定提升，避免过程中的偏移和滑动。设计应考虑到安全稳定因素，采用可靠的结构和安全措施，确保在提升过程中不会发生意外事故或货物损坏。应具备多功能适应性，能够适应不同尺寸、重量和形状的货物提升需求，满足生产线的多样化要求。
- 穿梭车：应具备高速运行能力，能够快速地在仓库内部移动货物，提高货物处理效率。应具备稳定的载荷承载能力，能够承载各种重量和体积的货物，并确保稳定运输和堆放。

8.3 托盘载具与容器

- 尺寸容量：尺寸应符合国际标准，以便在物流运输中实现互换和集装化，确保在各种运输工具和存储设施中的兼容性。存储设计应具备一定柔性，兼容多类产品柔性存放。
- 承载能力：承载能力应能满足所需的最大负荷，并确保在搬运和堆垛过程中不会变形或损坏。承载能力需根据具体应用场景和货物特性来确定，以确保托盘的安全性和稳定性。
- 结构要求：应具有坚固的结构，以支撑货物的重量并保持稳定性。支撑系统应被设计为能够有效分散负荷，并最大程度地减小应力集中。边缘和角部应进行加强处理，以提高其抗冲击和抗压性能。
- 表面处理：表面应平整、无凹凸和尖锐的边缘，以免造成货物损坏或工人受伤。此外表面应进行防滑处理，以提供稳定的摩擦力，防止货物在运输过程中滑动或倾斜。
- 材质选择：常见的托盘材质包括木质、塑料和金属等。选择材质时需要考虑其耐用性、防潮性、承重能力以及成本等因素。
- 标识与追溯：容器上应标明货物名称、数量、生产日期、保质期等信息，以便于管理和追溯。同时，容器还应具备唯一标识码，以便于在物流系统中进行跟踪和监控。

8.4 物流配送任务调度

- 实时监测与数据采集：系统应具备实时监测物流状态和采集数据的能力，包括物料位置、运输速度、作业状态等信息，以便及时调度和优化任务执行。
- 智能调度算法：应采用智能调度算法，结合实时监测数据和预设的优化目标，实现任务的动态调度和优化，确保任务的高效执行和资源的最优利用。
- 优先级管理：应根据任务的紧急程度、重要性以及资源的可用性等因素，进行任务的优先级管理，保障关键任务的及时完成，并有效分配资源。
- 资源分配与平衡：系统应具备资源分配与平衡的能力，根据任务需求和资源状况，合理分配运输工具、人力等资源，避免资源闲置和过度使用现象。
- 异常处理与反馈机制：应建立异常处理与反馈机制，能够及时识别和处理各类异常情况，如设备故障、物料丢失等，确保任务的顺利进行和作业安全。

- 实时通信与协同工作：应实现物流配送任务调度系统与各个作业单元、运输工具之间的实时通信和协同工作，确保任务的协调执行和信息的及时共享。
- 数据分析与预测能力：应利用数据分析技术，对历史任务数据进行分析 and 挖掘，预测未来任务的需求和趋势，为决策提供科学依据和参考。
- 灵活性与可扩展性：系统应具备一定的灵活性和可扩展性，能够适应不同工厂布局和作业需求的变化，保证系统的持续稳定运行和技术更新升级。

8.5 物流配送路径规划

- 静态路径规划算法：应采用先进的静态路径规划算法，根据工厂内部布局、物料存放位置和作业流程等因素，规划出最优的物流配送路径，以最小化行程时间和能源消耗。
- 动态路径规划：针对工厂内部可能出现的实时变化，如设备故障、交通拥堵等情况，应具备动态路径规划能力，及时调整配送路线，确保任务的及时完成和作业流畅。
- 单元间物流量统计分析：通过对不同作业单元间的物流量进行统计分析，可以实时监测物料的流动情况和瓶颈点，为调度决策提供数据支持，优化物流配送路径。
- 流量平衡策略：结合单元间物流量统计分析结果，制定流量平衡策略，合理调配物流资源，避免因某一区域物流过载而导致整体作业效率下降。
- 实时监控与反馈机制：应建立实时监控系统，对物流配送任务进行实时监控和反馈，及时发现并处理异常情况，确保作业的连续性和稳定性。
- 智能决策支持系统：配备智能决策支持系统，应能够根据实时数据和预设的优化目标，自动进行任务调度和路径规划，提高调度决策的准确性和效率。

9 物流系统仿真技术

9.1 概述

系统仿真技术在工厂物流系统中的应用非常普遍，例如物流系统设施规划与设计、供应链优化、仓储管理、物料运输调度、物流成本估算等，通过仿真技术，模拟实际物流系统的运行状况，可以对物流系统进行全面分析和优化，指导实际物流系统的规划设计与运作管理。

9.2 物流系统仿真的步骤

- 问题定义：明确需要仿真的物流系统范围和目标，定义系统中存在的问题，确定仿真的主要关注点。
- 建立系统模型：根据问题定义，设计合理的仿真模型。这包括对系统的组成、主要流程和规则等主要特征进行描述，设定模型的有关参数。
- 数据收集：收集与模型相关的数据，确保模型的准确性。这些数据可能包括订单量、运输时间、仓储成本等，用于描述物流系统的实际运作情况。
- 确定物流仿真软件：选择适合物流系统特点的仿真软件，软件基于离散事件动态系统仿真理论，需具备丰富的物流模型库。
- 建立仿真模型：在系统模型的基础上构建可进行计算机运行的模型，即将系统模型规范化和数字化的过程。
- 模拟运行：使用相应的仿真软件运行仿真模型，获取模拟结果。通过模拟运行，可以观察物流系统在设定条件下的运作情况。
- 仿真结果分析：采用统计学方法，对仿真结果的可信度和精度进行分析。通过多次仿真结果的比较和分析，对系统方案进行评价，找出问题并提出改进方案。
- 仿真结果输出：记录并统计仿真结果，以报告或图表的形式展示，供决策者参考。
- 系统方案比较：如果有多个备选方案，可以通过仿真技术对各个方案进行模拟和比较，以选择最优方案。

9.3 物流系统仿真的目的

- 物流资源设计优化：分析物流系统中的资源利用情况，如仓库空间、运输工具、人力资源等，找出资源分配不合理或浪费的环节，从而提出优化方案，提高资源利用效率。
- 仓储设施布局设计优化：根据多个备选布局方案，通过仿真技术来模拟这些方案在实际运作中的效果。通过比较不同方案下的效率、成本、空间利用率等指标，可以选择出最优的布局方案。
- 装载策略设计优化：模拟不同装载方案下的货物摆放和运输过程，对比不同方案下的空间利用率、稳定性以及装卸效率等指标，企业可以选择出最优的装载方案。
- 运输调度策略设计优化：过模拟不同配送路径和方案，仿真技术可以评估各种方案下的配送效率、成本以及服务质量。企业可以根据仿真结果调整配送策略，如优化配送路线、合理安排配送时间、提高车辆利用率等，以实现更高效、更经济的配送服务。
- 业务流程设计优化：物流系统往往包含多个环节和流程，如订单处理、库存管理、运输配送等。仿真可以帮助发现这些流程中的瓶颈和问题，提出改进意见，优化流程设计，提高物流系统的整体效率。

9.4 物流系统仿真的输入数据

- 仓库布局与设施数据：仓库平面图，包括货架、通道、装卸区等布局信息，货架类型、尺寸及容量，仓库内搬运设备（如叉车、堆垛机等）的类型、数量及性能参数。
- 库存数据：库存物品的种类、数量及存储位置，库存周转率、安全库存量及补货策略，库存物品的物理属性（如尺寸、重量、易损性等）。
- 仓储作业流程数据：入库、出库、移库等作业流程的具体步骤和时间，拣选、包装、码垛等作业的操作规范及效率，仓储作业人员的数量、技能水平及工作时间安排。
- 订单数据：订单的数量、种类及分布，订单的到达时间间隔及波动性，订单的优先级及紧急程度。
- 运输数据：运输工具的类型、数量及性能参数（如载重、速度、油耗、电耗等），运输路线的选择及策略，运输成本与时间。
- 配送数据：配送点的数量、位置及需求，配送车辆的调度及路径规划，配送时间窗及目标满意度要求。
- 容器数据：容器的数量、种类、容量与位置，容器的流转逻辑规则。

9.5 物流系统仿真的输出指标

- 吞吐量：衡量物流系统在单位时间内处理货物的能力，是评估系统效率的重要指标。通过仿真，可以得到系统在不同条件下的吞吐量数据，从而找出影响吞吐量的关键因素。
- 库存水平：反映物流系统中货物的存储情况，包括库存量、库存周转率等。仿真可以模拟不同库存策略下的库存水平变化，帮助确定最佳的库存管理方法。
- 运输时间和成本：运输是物流系统的核心环节之一，仿真可以输出不同运输方案下的运输时间和成本数据。这些数据有助于优化运输路线、选择合适的运输工具，降低运输成本。
- 订单处理时间：衡量从订单生成到订单完成所需的时间，反映了物流系统的响应速度和订单处理能力。通过仿真，可以找出影响订单处理时间的瓶颈环节，提出改进措施。
- 资源利用率：包括设备利用率、人员利用率等，反映了物流系统中资源的配置和使用情况。仿真可以输出不同资源配置方案下的利用率数据，为资源优化提供决策依据。
- 系统稳定性：评估物流系统在面临各种扰动（如设备故障、订单波动等）时的稳定性和恢复能力。通过仿真，可以测试系统的鲁棒性，提出增强系统稳定性的措施。
- 成本效益分析：综合考虑物流系统的各项成本（如运输成本、库存成本、运营成本等）和效益（如客户满意度、市场份额等），进行成本效益分析。仿真可以输出不同方案下的成本效益数据，为决策者提供经济合理的优化方案。

10 物流系统集成技术

10.1 概述

物流系统集成技术是指将自动识别系统、自动点位系统、WMS（仓库管理系统）、WCS（仓库控制系统）、RCS（机器人控制系统）、TMS（运输管理系统）、供应链管理系统以及MES（制造执行系统）等各个组成部分有机结合起来，形成一个高效、协同、智能的物流系统整体。

10.2 集成内容

- 数据集成：通过统一的数据标准和接口规范，实现不同系统之间的数据共享和交换。这有助于消除信息孤岛，提高数据的准确性和一致性。
- 流程集成：将各个物流环节的流程进行整合和优化，实现流程的自动化和智能化。通过流程集成，可以减少人工干预，提高物流效率。
- 系统集成：将不同的物流系统（如 WMS、WCS、RCS 等）进行集成，实现系统的互联互通和协同工作。这有助于提升物流系统的整体性能和稳定性。

10.3 技术方法

- 采用 API（应用程序接口）技术，实现各系统之间的数据共享和交换。
- 利用中间件技术，构建统一的数据交换平台，实现不同系统之间的信息互通。
- 采用云计算和大数据技术，构建统一的物流数据中心，实现数据的集中存储、处理和分析。
- 利用物联网技术，实现物流设备的智能化和远程监控，提高物流过程的透明度和可控性。

10.4 集成要求

- 数据标准化与接口统一：为确保不同系统之间的顺畅通信和数据交换，需制定统一的数据标准和接口规范。这包括数据格式、传输协议、接口定义等方面的标准化，以便各系统能够准确、高效地共享和交换信息。
- 实时性与准确性：需要实时收集、处理和分析数据，以支持物流过程中的决策和优化。因此，各系统之间的集成需保证数据的实时性和准确性，避免因数据传输延迟或错误导致的决策失误。
- 灵活性与可扩展性：物流业务通常具有复杂多变的特点，智慧物流系统需要具备高度的灵活性和可扩展性，以适应不同业务场景和需求的变化。这要求系统集成能够支持模块的快速添加、删除和调整，以满足业务发展的需求。
- 安全性与可靠性：物流数据涉及商业秘密和客户隐私，因此系统集成必须保证数据的安全性。同时，系统还需要具备高可靠性，确保在出现故障或异常情况时能够迅速恢复正常运行，避免对物流业务造成重大影响。
- 智能化与自动化：智慧物流系统的核心目标是实现物流过程的智能化和自动化。因此，系统集成技术需要支持各种智能算法和自动化设备的集成，如自动识别技术、机器人技术、优化算法等，以提高物流效率和降低运营成本。

参考文献

- 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
- GB/T 18757-2008 工业自动化系统 企业参考体系结构与方法论的需求
- 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
- GB/T 41255-2022 智能工厂 通用技术要求
- GB/T 43436-2023 智能工厂 面向柔性制造的自动化系统通用要求
- GB/T 43064.1-2023 智能工厂建设导则 第1部分物理工厂智能化系统

《智能工厂 智能物流配送与仓储》

编制说明

一 工作简况

（一） 任务来源

智能物流能大幅提升物流运作的效率，减少因物流问题导致的生产供应中断风险，对于保障工厂生产平稳运行具有重要意义。近年来，国家各类政策举措密集出台，支持引导物流业智能化发展。《“十四五”数字经济发展规划》提出，大力发展智慧物流，加快对传统物流设施的数字化改造升级，建设跨行业、跨区域的物流信息服务平台，建设智能仓储体系等。《“十四五”现代物流发展规划》也提出，推进物流智慧化改造，分类推动物流基础设施改造升级，加快物联网相关设施建设，发展智慧物流枢纽、智慧物流园区、智慧仓储物流基地、智慧港口、数字仓库等新型物流基础设施等。工厂智能物流是指将先进的信息技术、自动化技术等应用于工厂的物流环节，以实现物流运作的智能化和高效化，推进智能物流仓储与配送的建设是制造企业走向升级转型的重点任务。

智能物流配送与仓储的生命周期始于智能物流配送与仓储设计，智能物流的建设对于智能工厂具有重要意义，在《国家智能制造标准体系建设指南》中，定义了工厂智能物流作为智能工厂建设的标准之一，并将定义了工厂智能物流包括“智能仓储”和“智能配送”两部分。因此，参考和借鉴国内外的相关标准和规范，编制智能物流配送与仓储设计规范，明确定义智能物流配送与仓储设计内容和设计要求，为企业规划设计智能物流配送与仓储提供指导，意义重大，任务迫切。目前，《GB/T 41255-2022 智能工厂 通用技术要求》、《GB/T 43064.1-2023 智能工厂建设导则 第1部分物理工厂智能化系统》等国家标准已经发布，为工厂智能物流设计标准的制定奠定了坚实基础，经调研，未发现已发布的智能物流配送与仓储设计标准，因此本标准不和已有标准冲突。

（二） 国内关于智能物流配送与仓储设计标准的制定情况及最新要求

2022年发布的国家标准《GB/T 41255-2022 智能工厂 通用技术要求》，主要内容包括了智能设计、智能生产、智能管理、智能物流、集成优化等智能工厂关键技术，该文件适用于工厂智能物流的运营及管理阶段，智能物流信息技术、智能仓储技术、智能搬运与配送技术、物流系统仿真技术、物流系统集成技术等与智能物流配送与仓储设计其他密切相关的内容不在文件范围内。

2023年发布的国家标准《GB/T 43064.1-2023 智能工厂建设导则 第1部分

物理工厂智能化系统》规定了智能包装系统、智能物流仓储管理系统和识别与传感系统的要求，该文件不包含智能物流信息技术、智能搬运与配送技术、物流系统仿真技术、物流系统集成技术的要求，特别是仓储布局设计、通信设计、系统集成等智能物流的核心设计内容。

随着制造企业数字化转型和智能制造应用的深入，一大批具备较高数字化和智能化水平的现代化物流设施正在建设或准备建设，智能物流是信息-物理的深度融合，其主要构成包括物理物流和信息物流两部分。在智能物流建设前期（即智能物流配送与仓储规划与设计阶段），规划设计工程师需要明确智能物流的设计目标和总体设计框架，以及各模块的设计任务和要求，目前这方面的研究内容和智能物流设计要求比较混乱，因此亟需通过标准进行规定和指导。

在此背景下，华中科技大学结合自身在智能工厂设计方面所积累的丰富经验，作为主编单位承担了《智能工厂 智能物流配送与仓储》的标准编制工作。

（三） 标准编制的目的、意义

编制该标准的主要目的在于为智能物流配送与仓储设计提供规范指导，即明确定义智能物流配送与仓储的设计目标，归纳必需开展的设计任务，并给出总体设计框架。智能物流配送与仓储总体设计框架包括物理物流设计和信息物流设计两部分内容。其中物理物流设计的目标是确定科学的物流仓储布局，首先要开展智能装备及基础设施设计，并借助物流系统建模仿真软件，来验证物流仓储布局方案的合理性，并进行优化。信息物流设计的目标是提出智能物流配送与仓储信息系统架构的设计方案，支持未来物流运行时信息与物理系统的深度融合，以及数据驱动的智能决策。包括智能物流信息技术、物流系统集成技术两部分。

编制本标准的意义非常重大，原因在于：1）智能物流配送与仓储设计亟需标准指导；2）国家智能制造标准体系建设指南明确了智能物流配送与仓储设计标准的重要性；3）目前缺乏智能工厂智能物流配送与仓储设计标准。

（四） 标准特点

1. 本标准完全遵循了《国家智能制造标准体系建设指南》的总体要求。在该指南的智能物流配送与仓储标准部分，定义了“智能物流配送与仓储设计”、“智能物流配送与仓储交付”、“智能设计”、“智能生产”、“智能管理”、“工厂智能物流”、“集成优化”共7大主题，本标准就是其中第一项主题的任务，目前针对工厂智能物流设计的目标、任务和功能要求，尚无相关标准出台；

2.本标准在《GB/T 41255-2022 智能工厂 通用技术要求》国家标准指导下进行智能工厂设计目标和任务分解。该国标给出了智能物流定义，即“智能物流是智能工厂中重要组成部分,其关键要素主要包括智能制造环境下厂内物流的智能仓储和智能配送。”本标准内容依据上述智能物流的关键要素：智能仓储和智能配送。对智能物流设计阶段的目标和任务进行了分解，并规定智能物流信息技术、智能仓储技术、智能搬运与配送技术、物流系统仿真技术、物流系统集成技术的基本要求。

3. 本标准在《GB/T 43064.1-2023 智能工厂建设导则 第1部分物理工厂智能化系统》国家标准指导下进行物理工厂和信息工厂的设计规范定义。该国标给出了智能物流仓储管理系统架构，不包含对智能物流设计的要求描述，本标准参考国标内容，并加入了智能物流仓储与配送设计要求，包括工厂布局设计、通信设计、系统集成等内容，使得智能物流设计的内容更为完善。

(四) 主要工作过程

1. 编制准备阶段

主编单位接到编制任务后，组织专业技术人员成立编制组，开展大量的资料收集和前期调研工作，编写完成标准大纲、标准初稿等。

2. 征求意见阶段

正在进行

3. 送审阶段

未进行

4. 报批阶段

未进行

二 标准编制原则

(一) 科学性原则：本标准编制是在科学理论和实践经验基础上，确保技术要求和规范具有科学性和可行性，能够有效指导实际施工过程。

(二) 统一性原则：本标准编制统一了各方的要求和标准，确保项目参建单位在智能物流配送与仓储设计过程中能够按照该标准进行操作。

(三) 公正性原则：本标准编制过程公正、公平、透明，确保标准的制定过程中各方利益的平衡，不偏袒任何一方，保证标准的客观性和公信力。

(四)可操作性原则：本标准编制时充分考虑了可操作性，确保项目参建单位能够对照标准的要求进行智能物流配送与仓储设计，避免标准过于理论化或难以实施的情况。

(五)合规性原则：本标准编制符合国家法律法规和相关行业的规范和标准，确保标准的合法性和合规性，遵循国家政策和法律要求。

三 标准主要内容

1. 范围：介绍智能物流配送与仓储的制定背景、目的和适用范围等；
2. 规范性引用文件：本标准编制时引用的标准规范等文件；
3. 术语与定义：对本标准中所涉及的名词术语进行定义；
4. 缩略语：对本标准中的缩略语进行解释；
5. 智能物流配送与仓储总则：定义智能物流配送与仓储的设计目标、设计任务和设计框架；
6. 智能物流信息技术：智能物流信息技术是支撑现代工厂物流系统高效、智能运作的关键技术集合，在这里规定了自动识别技术、定位跟踪技术、网络通信技术的基本类型和要求；
7. 智能仓储技术：明确了智能仓储技术的目标，在这里规定了智能仓储硬件、仓储布局规划技术、仓储管理技术、仓储控制技术的基本类型和要求；
8. 智能搬运与配送技术：明确了智能搬运与配送技术的目标，对智能物流设施、托盘载具与容器、物流配送任务调度、物流配送路径规划进行了定义；
9. 物流系统仿真技术：定义了物流系统建模仿真的步骤，明确了物流建模仿真的目标、输入数据和输出指标；
10. 物流系统集成技术：明确了物流系统的集成内容和技术方法，规定了物流系统集成的要求。

四 预期经济效果

智能物流配送与仓储设计标准的实施，预期将带来显著的经济效果。一方面，通过规范定义智能物流配送与仓储设计要求，可以为制造企业的智能物流配送与仓储设计与建设提供全面的指导建议，避免企业只见树木不见森林，忽视关键建

设内容或者过分强调部分内容，造成不合理的资金投入。另一方面，本标准针对物理物流和信息物流的设计都给出了明确要求，可以促进相关硬件提供商和工业软件提供商更有针对性地优化自身产品，以满足智能物流配送与仓储的建设要求，从而推动我国智能物流配送与仓储配套产业的发展。

五 采用国际标准和国外先进标准情况

在编制智能物流配送与仓储设计标准过程中，我们充分借鉴了国际标准和国外先进标准，结合国内实际情况进行了深入研究与修订。通过与国际接轨，确保我国智能物流配送与仓储设计标准达到国际先进水平，为产业发展提供有力支撑。

六 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

在编制智能物流配送与仓储设计标准过程中，我们严格遵循了相关的现行法律、法规和强制性国家标准，确保标准的合规性和权威性。同时，我们也充分考虑了智能物流配送与仓储相关技术的发展趋势和应用需求。

七 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在起草过程中未出现重大分歧意见。

八 标准性质的说明

建议本标准为推荐性标准。

九 贯彻标准的要求和措施建议

本标准经征求各相关方意见，已形成共识，标准实施之日起，各相关方将遵照执行。

十 废止现行有关标准的建议

无。