

免费提供  
精品教学资料包  
服务热线: 400-615-1233  
www.xinsijiaocai.com

# 工业互联网 平台及应用



职业教育工业互联网技术专业系列教材

# 工业互联网 平台及应用

主编  
殷宝荣 季 鸣

工业互联网平台及应用

主编 殷宝荣 季 鸣

西北工业大学出版社

ISBN 978-7-5775-0245-8



定价: 49.90元

西北工业大学出版社

职业教育工业互联网技术专业系列教材

# 工业互联网 平台及应用

主编

殷宝荣 季 鸣

副主编

翟江坤 童 颖

西北工业大学出版社

西 安

**【内容简介】** 本书共 5 章,主要内容为认识工业互联网、工业网络通信、ECU 程序设置、工业数据采集与储存、工厂数字化。本书深入剖析工业互联网平台的边缘感知层、云端智脑层、应用服务层三级架构体系,覆盖设备物联、机理模型、数字孪生等多项技术模块;融入竞赛元素,教学赛合一,让学生真正做到做中学、学中做。

本书适用于高职院校、技师学院、中职院校智能制造、工业互联网等专业学生,制造业数字化转型工程师,以及工业互联网平台架构师和相关技术管理人员。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

工业互联网平台及应用 / 殷宝荣, 季鸣主编.

西安: 西北工业大学出版社, 2026. 1. -- ISBN 978 - 7 - 5775 - 0245 - 8

I. F403 - 39

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2026NB4116 号

GONGYE HULIANWANG PINGTAI JI YINGYONG

工业 互 联 网 平 台 及 应 用

殷宝荣 季鸣 主编

---

责任编辑: 李阿盟 刘 敏

装帧设计: 刘文东

责任校对: 杨 兰

出版发行: 西北工业大学出版社

通信地址: 西安市友谊西路 127 号

邮编: 710072

电 话: (029)88491757, 88493844

网 址: www.nwpup.com

印 刷 者: 河北龙大印务有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm

1/16

印 张: 13.5 插页 1

字 数: 323 千字

版 次: 2026 年 1 月第 1 版

2026 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5775 - 0245 - 8

定 价: 49.90 元

---

如有印装问题请与出版社联系调换

目前,工业互联网已全面融入 45 个国民经济大类,产业规模突破万亿元大关。不少大企业在完成自身数字化转型后,转型为平台服务商,带动中小企业开展智能化改造。当前工业互联网正经历从技术验证到规模应用的关键跃迁期,应用场景持续向研发设计、生产制造等核心环节渗透。但需清醒认识到,我国在工业机理模型沉淀、异构协议兼容、安全可信体系构建等基础性、战略性、系统性支撑能力方面仍存在明显薄弱环节。例如,工业控制领域自主能力有待提升,高端传感器、物联网芯片等技术不成熟,标准规范不健全,解决方案同质化现象比较突出。另外,个别传统行业仍未找到工业互联网落地路径,中小企业数字化转型进程相对落后。随着万物互联时代的到来,以往相对封闭的工业生产系统环境被打破,关键生产设备、仪器和系统存在被入侵、被控制和被破坏的风险,新型安全风险不容忽视。

推动工业互联网加快发展,必须加强关键核心技术攻关,围绕工业互联网发展的短板开展工程化攻关,提升平台创新发展能力;培育具备较强技术研发能力、市场开拓能力和服务支持能力的平台,推动平台互联互通和数据共享,形成发展合力;加快研究制定相应标准和规范,强化安全保障体系建设。面对工业互联网创新发展需求,我们亟须构建产教融合的复合型人才培养体系,通过传统工业技术与新一代信息技术的跨界整合,扩大支撑制造业智能化转型的高端人才储备。

党的二十大报告提出,要“加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合”。工业互联网是以数字化、网络化、智能化为特征的新型生产方式,是支撑工业智能化发展的关键基础设施,更是加快新型工业化进程的有力抓手。推动工业互联网加快发展,把建设制造强国同发展数字经济、产业信息化等有机结合,就一定能为中国式现代化构筑强大物质技术基础。

本书内容全面覆盖工业互联网数据采集的关键知识,包括数据采集的架构、数据类型、采集方式、工业设备与系统中的数据采集方法、工业互联网网络技术、云平台技术及算法模型,以及工业互联网数据采集项目的全流程交付实践。本书依据 1+X 工业互联网工程实施与运维职业技能等级标准和职业岗位调研,在教材内容和呈现形式等方面改革创新,体现中、高职课程衔接和职业教育信息化,有效结合项目教学、场景教学、岗位教学并推动其教学模式改革。



本书由学校与企业人员合作编写:由江苏省苏州技师学院殷宝荣、季鸣担任主编,由北京新大陆时代科技有限公司翟江坤、江苏省苏州技师学院童颖担任副主编。本书具体编写分工如下:殷宝荣、季鸣共同编写了第一、二、三、四章,童颖编写了第五章,翟江坤为本书的编写提供了相关工程案例。

由于编者能力有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者  
2025年10月

# CONTENTS

# 目录

## 第一章 认识工业互联网 1

- 1.1 工业互联网的发展与应用 ..... 1
- 1.2 工业互联网的系统架构 ..... 6
- 1.3 工业互联网的硬件组成 ..... 7
- 1.4 工业互联网的软件功能 ..... 16

## 第二章 工业网络通信 21

- 2.1 了解西门子 S7-200 SMART PLC 历史 ..... 21
- 2.2 西门子 PLC 输入输出接线方法 ..... 22
- 2.3 进制转换 ..... 24
- 2.4 西门子 S7-200 SMART 软件操作 ..... 25
- 2.5 基本编程思路 ..... 30
- 2.6 S7-200 SMART 基本指令 ..... 32
- 2.7 LoRa 组网设备 ..... 34
- 2.8 PLC 通信知识储备 ..... 36
- 2.9 可视化人机交互 ..... 41

- 2.10 PLC 通信参数设置(采集能耗工作站数据) ..... 50
- 2.11 PLC 通信参数设置(采集温湿度传感器数据) ..... 71
- 2.12 LoRa 自组网无线通信系统 ..... 77

## 第三章 ECU 程序设置 84

- 3.1 认识工业网关 ..... 84
- 3.2 数据类型 ..... 84
- 3.3 Advantech EdgeLink Studio 软件操作 ..... 85
- 3.4 Advantech EdgeLink Studio 协议服务配置 ..... 89
- 3.5 Advantech EdgeLink Studio 在线功能 ..... 103
- 3.6 ECU 程序设置温湿度和车间工作站数据采集 ... 107
- 3.7 ECU 程序设置能耗工作站和车间工作站数据采集 ..... 118

## 第四章 工业数据采集与储存 132

- 4.1 力控组态功能 ..... 132
- 4.2 力控组态工程创建 ..... 132



|      |         |     |
|------|---------|-----|
| 4.3  | 监控界面开发  | 133 |
| 4.4  | 工程编译与运行 | 146 |
| 4.5  | 云平台介绍   | 148 |
| 4.6  | 通信网络部署  | 151 |
| 4.7  | 云平台项目创建 | 154 |
| 4.8  | 云服务配置   | 158 |
| 4.9  | 云平台监控   | 160 |
| 4.10 | 数字化监控   | 164 |
| 4.11 | 云平台案例应用 | 174 |

|     |                |     |
|-----|----------------|-----|
| 5.2 | 平台部署           | 182 |
| 5.3 | 设备管理           | 184 |
| 5.4 | 规则链            | 188 |
| 5.5 | 部件             | 191 |
| 5.6 | 仪表板            | 197 |
| 5.7 | 温湿度监测仪表板<br>开发 | 201 |
| 5.8 | 工业互联网平台应用      | 206 |

## 第五章 工厂数字化 181

|     |      |     |
|-----|------|-----|
| 5.1 | 平台介绍 | 181 |
|-----|------|-----|

## 参考文献

212

# 第一章

## 认识工业互联网

### 1.1 工业互联网的发展与应用

当前,全社会对现代工业系统的发展有着迫切的需求。工业互联网作为工业制造与互联网深度融合的新工业生态,具有全要素连接、动态实时变结构、系统开放、柔性配置、安全可靠等特征。工业互联网将引发社会生产力的剧变。

#### 1.1.1 工业互联网进入新探索阶段

数字化与智能化浪潮正席卷全球,成为推动社会经济发展的核心引擎。在这一背景下,中共中央、国务院印发的《数字中国建设整体布局规划》为工业互联网的发展注入了强劲动力。作为国家竞争力的重要支柱,工业领域的数字化转型与智能化升级已然成为关键突破口。这一趋势不仅关乎产业升级,更是我国应对新时代挑战的必然选择。

回望人类发展历程,物质的匮乏曾长期制约社会进步。然而,工业革命彻底改变了这一局面——物质、能量与信息的创新组配,让社会生产力得到空前释放。时至今日,全球工业产能已远超人类实际需求,某些产品单家工厂的产量即可满足世界范围消费的情况屡见不鲜。这种生产过剩的新常态,将制造业竞争焦点转向了 TQCSE[短交期(Time)、高质量(Quality)、低成本(Cost)、优质服务(Service)和环境友好(Environment)]综合指标体系。值得注意的是,这些指标往往存在内在矛盾,而企业的核心竞争力恰恰体现在对数百个制造参数的动态优化能力上。要实现这一目标,柔性化和敏捷化生产已成为现代工业体系突破发展瓶颈的关键路径。

在这一转型过程中,信息的枢纽作用愈发凸显。与物质和能量不同,信息本质上是人类认知的产物。计算机技术的出现为信息处理带来了革命性变革——原本依存于人脑的知识,现在可以借助数字载体实现存储、加工与传递。从牛顿力学的问世开始,科学家们成功将物理世界转化为一个个可计算的数学模型,这不仅为计算机处理工业知识奠定了基础,更构建起物理世界与信息世界沟通的桥梁。正是这种深度连接,使数字信息技术成为解决 TQCSE 挑战的最有力的工具。

这一发展轨迹与经济学原理高度契合。亚当·斯密在《国富论》中深刻指出,交通连接催生的商贸交换是经济发展的动力源。延伸到数字时代,互联网的价值创造同样源于“连





接—交换—价值”的传导机制。那么,工业互联网的价值内核何在?这是理解其本质的首要问题。目前,无论是美国的工业互联网还是德国的工业 4.0 体系,都停留在框架构想阶段,缺乏具体的实践指引。虽然智能工厂被公认为工业互联网的重要载体,但行业仍亟需系统化的理论和方法体系来指导实践创新。这种理论空白恰恰为后续探索提供了广阔空间。

### 1.1.2 当前工业互联网存在的问题

互联网对社会的改变有目共睹,其价值主要在于其信息枢纽作用,这一作用使各种社会资源重新组配,促进其运转效率极大提高。

传统消费互联网本质上是人与网络的连接,网络主体是人;而工业互联网连接的对象是工业要素,如机器、软件(业务流程、模型算法)、产品、原料、工装及人等,网络主体主要是工业要素。由于网络的主体不同、遵循的规律不同,依赖的基础理论也不同,因此工业互联网与传统消费互联网在诸多方面存在较大差异。

第一,在模式层面,工业互联网企业的运营模式与传统互联网企业的运营模式有很大不同,无法照搬传统消费互联网的商业模式。对于传统消费互联网而言,用户(流量)是最宝贵的资产,也是价值点,其运营基本上是以提升流量来实现商业目的的。工业互联网连接的是工业要素,难以通过流量来变现。目前,平台厂商众多,传统企业平台积极性不高,云化的企业管理软件[如 ERP(企业资源计划)、MES(制造执行系统)等]应用范围并不大,企业界的顾虑很多,平台数据增长缓慢,平台企业基本处在亏损状态。

第二,在驱动力层面,传统消费互联网的动力来源为个人用户端拉动,而工业互联网主要依靠平台企业推动。如果互联网与工业系统的结合只是简单相加,那么互联网和工业系统就像油和水的关系,层次分明,互联网对工业要素资源的配置效能就无法发挥出来,更谈不上真正的工业互联网,也解决不了工业面临的问题。换句话讲,如果没有多大用处,企业自然没有接入工业互联网平台的动力。

第三,在接入层面,工业要素需要接入工业互联网平台,包括公有云平台或私有云平台。以解决物品稀缺问题而发展出来的传统工业系统是建立在刚性集成生产系统基础上的,也是封闭的、条块分割的、僵化的,难以适应在平台算法调度下的灵活定制、柔性配置和按需生产。传统的工业信息系统要向工业互联网模式下企业数字化、智能化转变,这就需要进行传统工业体系的“入网”技术研究。

我们借用美国国家标准与技术研究院(NIST)智能制造生态系统的三个维度,来说明工业系统在互联网加持下的嬗变。在商业维度上,互联网首先渗透并已经非常深入;在产品维度上,早已有面向产品全生命周期的互联网协同设计概念,但鲜见应用案例;在生产维度上,面向供应链的生产排程、可预测性制造等方面有一些互联网应用。然而,在这三个维度交叉点上的“制造金字塔”(见图 1-1-1),互联网并没有渗透进去。传统的工业体系是面向常规的、稳定的大批量制造,体系是 ISA-95[企业系统与控制系统集成国际标准,95 代表的是仪表、系统和自动化协会(ISA)的第 95 个标准项目],是金字塔式、递阶式管控,是自上而下地下达命令并执行。而互联网强调的是速度、弹性,能适应环境的快速变化,通过对所连接的

要素进行快速重组以体现效率。若要满足现代社会对工业的柔性化、敏捷化的迫切需求,就需要处理工业全要素的动态加入和动态退出。互联网的工业应用必然要深入到“制造金字塔”,才能实现更高的优化目标。

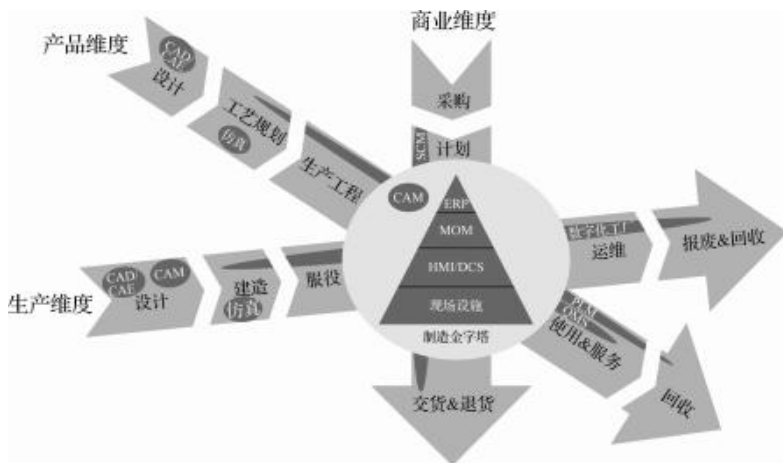


图 1-1-1 互联网需要深入“制造金字塔”

注:CAD:计算机辅助设计;CAE:计算机辅助工程;CAM:计算机辅助制造;SCM:供应链管理;ERP:企业资源计划;MOM:制造运行管理;DCS:分布式控制系统;PLM:产品生命周期管理;HMI:人机界面;QMS:质量管理体系

我们希望通过互联网推动新一轮工业革命,但现实的工业需求并未能因此而满足。在目前的工业体系内部,难以实现信息及算法调配下工业要素的灵活组配。从表面上看,这是应用问题,但归根结底是理论缺乏问题。换言之,就是原有的面向规模化生产的、封闭的工业体系理论不再适用了,而新的理论又没有建立起来。

### 1.1.3 未来工业互联网的深入应用

工业互联网需要满足当前社会对现代工业系统的需求,不仅要实现互联,还要对工业要素进行组配、优化,其根本点在于建立柔性化、敏捷化的生产体系。

目前,“工业互联网平台+工业系统”仍是刚性集成的生产互联系统,具有体系结构固化、工业要素紧密连接等特征,难以实现在互联网平台算法调度下的要素柔性配置、订单灵活定制、按需生产等需求。

工业互联网的深入应用需要将原有的“制造金字塔”体系各环节打散,在信息和算法的支持下,在较小的粒度上进行工业要素的重组、格式化等,并从一个企业内部延展到全供应链,重新配置工业全要素,如图 1-1-2 所示。工业互联网平台就如同一个隐形的管理者,它会持续收集数据和配置工业要素,集反馈、控制、优化于一体。平台对全供应链的运营管控过程进行“精打细算”,优化产品的设计、生产和服务过程,进行柔性化、敏捷化制造。

满足工业需求的工业互联网的深度应用会引发社会生产力剧变。未来工业互联网应当是全新的工业生态。未来工业互联网及接入的工业系统(简称“工业互联系统”)应当能处理工业要素的动态加入和动态退出,也能满足柔性化、敏捷化生产的需求。

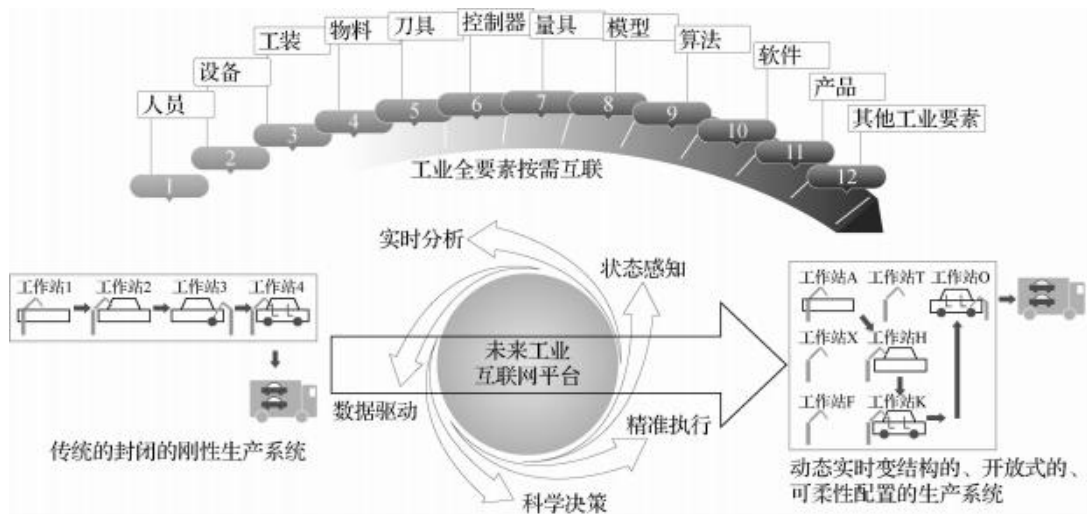


图 1-1-2 未来工业互联网平台

### 1.1.4 未来工业互联网的松耦合结构

全要素互联需要连接的对象量级巨大、系统复杂,未来工业互联网需要的是松耦合系统结构模型,只有松耦合结构才能适配全要素互联系统的复杂性。工业系统本质上是物质、能量、信息的融合体,在工业互联系统中,机械连接用以传递力,能量连接用以供给能量,信息连接用以传递信息。在以数据为中心的联邦式松耦合体系架构中,联邦式系统如同社交网络,采用“Link(纽带)”“群”“群成员”“QoS(Quality of Service,服务质量)”定义交互网 $G(V, E, W)$ , $G$ 就是一个有向加权网络,它可以清晰地刻画出一个动态松耦合系统。

工业要素之间采用发布/订阅模型进行数据交换,以发布/订阅关系定义各个工业要素间的连接,节点的动态加入和退出并不会影响网络中的其他节点。

松耦合计算模型应该是以概率和不确定性为数学基础(允许有小范围误差,保持有松动空间),主要采用逼近方法(如概率和神经网络),而不只是精确计算方法。

### 1.1.5 未来工业互联网松耦合系统的实现

当未来工业互联网应用深入到工业现场时,无论是“智能化工厂”,还是“灯塔工厂”、“未来工厂”或“黑灯工厂”等,其目标都必须是 TQCSE,要满足快速变化的市场需求,必然要发挥信息的枢纽性调度作用,使企业原来的刚性体系变得柔性而又敏捷。松耦合结构的实现需要解决以下两个方面的问题:一是工业互联网平台与工业体系适配问题,这一系列问题中既有科学问题,也有技术问题和工程问题;二是工业全要素接入后,整个工业互联系统的连接关系与结构关系的复杂性难题。以未来工业互联网松耦合结构理论为基础实现的工业互联网数据链中,联邦式系统如同工业要素的“社交网络”,有以下特征:第一,定义“Link”“群”“群成员”“QoS”及交互网等概念;第二,用数据发布/订阅关系定义工业要素的连接关系;第三,建立加权有向连接矩阵、全局数据空间,适配封装工业要素,设置各“联邦成员”的 QoS 属性。工业互联网数据链支持工业要素松耦合配置“组网”,支持“联邦成员”灵活建群、数据发



布/订阅、QoS 管理、柔性配置、数据交换过程监控,实现工业互联要素以数据为中心的即时交换(可以达到毫秒级),满足工业现场的需求。工业互联数据链应用使参与互联的应用系统(即服务)和设备从强连接、紧耦合转变为弱连接、松耦合,实现松耦合数据交换及要素互联。

在工业互联网应用推进中,需要平台和现场并重,在平台侧需要解决共性问题,如资源调度算法、数据链平台、综合管理等;在现场侧需要做好数据采集与交换,解决工业现场特有的问题等。只有平台与现场功能合理匹配,工业互联网应用才能实现好的效果。

### 1.1.6 未来工业互联网的一种可靠性设计方法

构建满足未来工业互联网所要求的动态实时变结构系统,解决工业全要素按需互联和要素数据可靠交换问题,是工业互联网深度应用需要解决的关键问题。

我们把复杂网络系统的理论用于工业互联网,以解决可靠性问题。对系统网络中数据交换的均衡性、关键点(脆弱性)进行计算、评估、优化,才能设计出性能更优、更可靠的工业互联网系统。其要点如下:第一,采用复杂网络系统理论方法,分析工业互联松耦合系统结构;第二,用强度(strength)来度量网络中成员的重要性;第三,用耦合性(coupling)来度量网络中成员与成员的依赖程度;第四,将上述两个概念结合,用复合中心性表示,也可称为强度-信息熵中心性(strength-entropy centrality, SEC)。

松耦合结构有别于传统金字塔式的集中控制系统,是去中心化的。对于工业互联系统而言,在数据可靠交互的前提下,需要降低成员的复合中心性。根据需要,系统可重新分配发布/订阅关系,动态地对系统重新配置,以保障工业互联系统稳定运行。

### 1.1.7 工业互联网在智能工厂中的应用

智能工厂作为智能制造概念全方位应用的具象化体现,是工业互联网深入应用的落点,也是未来的工厂模式。智能工厂的核心是企业大脑,一种融合算法、软件、设备的信息物理系统(Cyber Physical Systems, CPS)。虽然理想的智能工厂在现阶段难以完整展现,但可以进行总体规划,分步骤实施:第一步,进行工厂设施的计算机化,使工厂物理世界的特征、规律数据化,在信息世界进行计算、存储;第二步,对机器、软件、产品、原料、工装、人等要素全连接,实现连通性;第三步,实现数字孪生,在物理空间可能是“黑灯工厂”,但在虚拟空间可实现数据可见、可操作以及企业运营透明化;第四步,构建企业大脑,也包括各业务领域小脑(营销小脑、财务小脑、能耗管理小脑、规划调度小脑等),实现预测性制造;第五步,进入高级阶段,构建应对市场变化的自适应性制造工厂,以达到优化各工业要素组配、优化社会生产,以及优化服务过程的目的。

这里列举两个典型案例进行说明。

一是某大型民营厨电设备公司为应对激烈的市场竞争,进行工厂大脑、数字神经系统、“黑灯工厂”、数字孪生系统建设,达到智能工厂的中级阶段。企业的各方面指标获得很大优化,其运营成本降低 45.9%,产品研制周期缩短 42.6%,能源利用率提高 12.3%,企业营收增长为原来的 5.6 倍,经济利润提升为原来的 11.4 倍。

二是某军工院所为解决装配线经常换型号、效率低下等问题,构建数字孪生装配生产





线,从要素连接到数据交换再到双机器人路径协同规划实现虚实联动仿真等,大大提高了车间运作效率。

### 1.1.8 对未来工业互联网的展望

随着未来工业互联网的深入应用,企业各个方面的指标将持续优化:优化生产资源大跨度配置(远程异地设计协同、制造协同、资源共享);优化产品全生命周期管理(远程运维、预测性维护、回收与再利用);优化供应链管理、经营决策、销售策略、财务管理等(经营过程);优化工艺过程、人员配置、生产流程、在线质量监测、物料供给、能耗配置、环境效能等(制造过程)。

在研究方面,未来工业互联网需要进一步研究的方向包括对未来工业互联网松耦合体系架构理论的深入研究、对动态实时变结构系统评估方法的研究、对虚实空间系统行为及全要素状态对齐技术的研究、对未来工业互联网系统实现平台的研究等。

工业互联网技术应用平台(见图 1-1-3)从实际行业应用出发,着力研究工业互联网产业,尤其是战略性新兴产业下岗位要求的技术技能,可以完全支持行业赛选拔赛、行业赛总决赛、工业互联网省赛等赛项,填补了相关专业的教学空白。



图 1-1-3 工业互联网技术应用平台

## 1.2 工业互联网的系统架构

工业互联网技术应用平台通过各类工业互联网设备,搭建各种工业互联网技术应用场景,通过设备层与采集层的工业数据采集,经过网络层数据传输,实现应用层的数据展

示及数据处理。工业互联网的系统架构如图 1-2-1 所示。

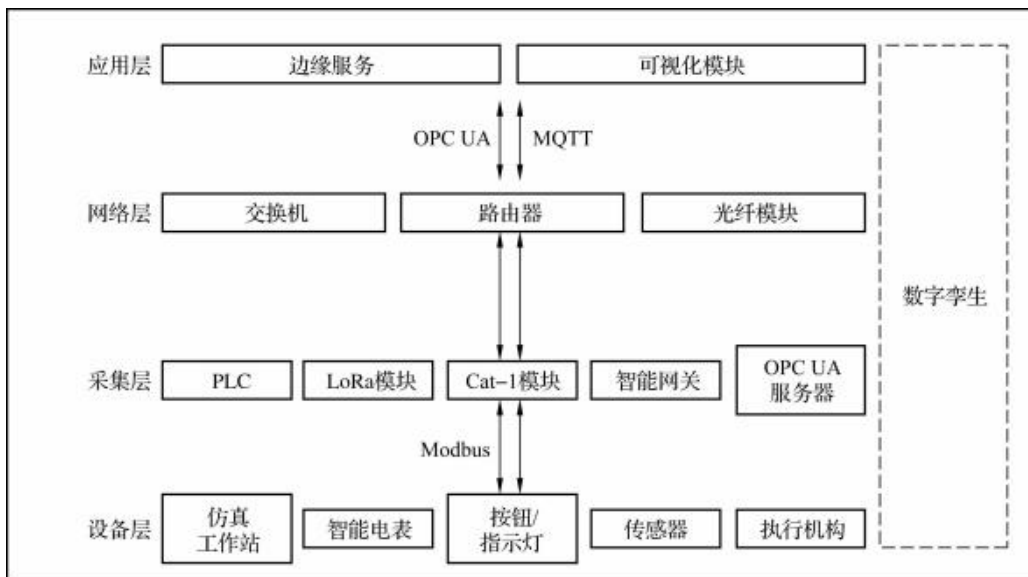


图 1-2-1 工业互联网的系统架构

注:OPC UA:用于过程控制的对象链接与嵌入统一架构;MQTT:消息队列遥测传输;PLC:可编程逻辑控制器;LoRa:远距离无线通信模块;Cat-1:基于蜂窝网络的一种通信模块;Modbus:一种串行通信协议

数据采集是基础,其本质是利用泛在感知技术对多源设备、异构系统、运营环境、人等要素信息进行实时高效采集和云端汇聚。同时,通过协议转换和边缘计算,一部分数据在边缘侧被分析、处理并将结果直接返回到机器设备,指导设备运行;另一部分数据传到云端被综合分析,进一步优化形成决策。数据采集通过实现制造全流程隐性数据的显性化,为制造资源的优化提供了海量数据源,是实时分析、科学决策的起点,也是建设工业互联网平台的基础。

采集层对设备层产生的工业数据进行采集,并对不同来源的工业数据进行协议解析和边缘处理。它兼容 OPC UA、Modbus 等各类工业通信协议,把采集数据进行格式转换和统一,再通过光纤、以太网等链路,将相关数据以有线或无线方式[如 5G(第五代移动通信技术)、NB-IoT(窄带蜂窝物联网)等]远程传输到工业互联网平台。

应用层是工业互联网平台的最上层,主要负责智能决策和应用开发。这一层次可以根据不同的需求进行定制开发。例如,生产调度系统可以实现对生产进程的优化和调整,设备健康监测系统可以实时监测设备的健康状况,提前预警故障;供应链管理系统可以实现对原材料和成品的追踪和管理等。

## 1.3 工业互联网的硬件组成

### 1.3.1 工作站

工作站在工业现场被频繁使用,且常作为某个生产线或者某个生产区域的集中数据存



储区。工业互联网技术应用平台共有 4 个数据采集工作站(见图 1-3-1),分别对应物流管理、能耗监测、生产管理和仓储管理等实际工业应用场景。

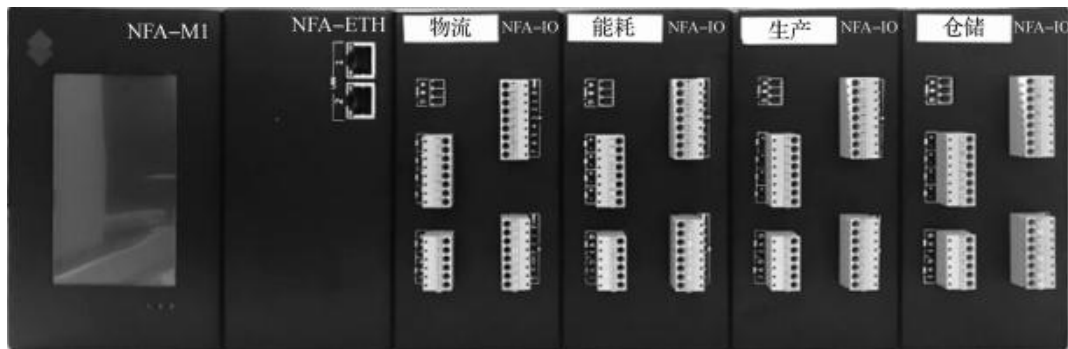


图 1-3-1 工作站

工作站(见图 1-3-2)作为数据采集与处理中心,对整个工作中心的数据进行统一性缓存以及处理。一般采用封装的方式将工作站作为采集终端处理节点。



图 1-3-2 工作站外观

工作站使用 24 V DC(直流电)电源进行模块供电。工作站端口引脚(见图 1-3-3)包括 2 路 RS-485 通信端口,4 个 AD(交流电)模拟量输入端口,2 个 DA 模拟量输出端口,7 个 DI 输入端口,5 个 DO 输出端口。

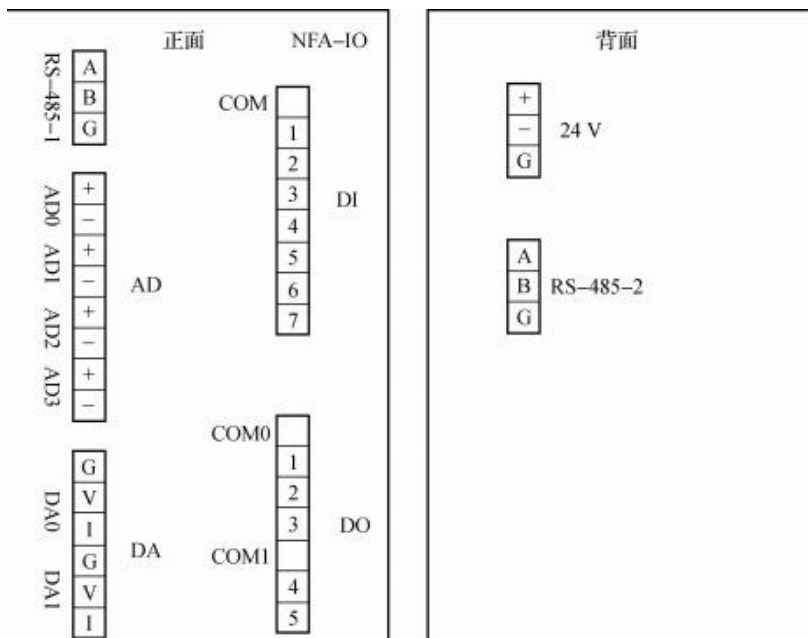


图 1-3-3 工作站端口引脚

### 1. 物流工作站

AGV(自动导引车)是智能化物流仓库中必不可少的工具,它以自动充电的蓄电池为动力来源,可以在不需要驾驶员的情况下将货物安全地送达指定地点。它以不固定占用地面面积、自动化程度高、应用灵活、安全可靠、无人操作、维修方便等优点迅速成为自动化仓库中不可或缺的一部分。AGV 调度流程如图 1-3-4 所示,AGV 的大脑是控制管理系统,它是由图形监控系统、无线电通信系统、激光引导系统、反射板导航系统、信息采集系统、自动充电系统组成的。控制中心将工作任务通过无线设备发布出来,离任务点最近的 AGV 根据接收到的信息按照控制中心预先设定好的路径到达规定地点完成相关作业。在行驶过程中,AGV 的激光头对周围反射板进行扫描和计算来导航并修正行驶线路,保证行驶路径精确。同时通过计算机系统汇报自己的行驶位置和作业完成进度,并在图像监控系统中反映出来。如果 AGV 在行驶过程中出现交通堵塞的情况,控制管理系统会自动进行交通疏散和管理。当 AGV 电量不足,无法正常工作,会发出充电请示信号,控制中心接收到信号后,发出充电指令,AGV 便自动行驶到充电站进行充电。充电结束时,信号采集系统会采集充电结束信号并反馈给控制中心,然后控制中心下达结束充电的指令,AGV 完成充电任务。

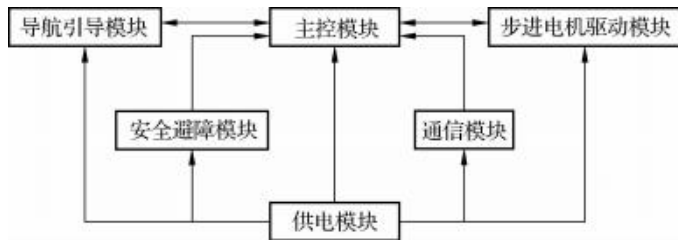


图 1-3-4 AGV 调度流程图



物流工作站使用封装方式将 AGV 小车控制系统进行封装处理,预留 RS-485 通信接线端口,详细端口参数见表 1-3-1,其中 RS-485-1 为物流工作站 Modbus 通信连接口。

表 1-3-1 物流工作站通信参数

| 物流工作站通信口 | 内部端口连接     | 详情  |
|----------|------------|---|
| RS-485-1 | AGV 小车控制系统 | 波特率:9 600 b/s;数据位:8 位;停止位:1;奇偶校验:无;从站地址:1 |
| RS-485-2 | NewFA 网络模块 | /   |

## 2. 能耗工作站

现代企业在提高生产设备自动化的同时,都会进一步加强厂企管理的高效性和精细化程度。企业生产必不可少的用电系统,可通过采用合理的配电方案,优化用电管理,来达到高效节能,降低企业运营成本,实现精细化管理之目的。更复杂而全面的能耗监控则是为耗电量、耗水量、耗气量(天然气量或者煤气量)、集中供热耗热量、集中供冷耗冷量与其他能源应用量的控制与测量建设的监控系统。能耗工作站对厂区现场生产设备用电信息的管理及照明系统的智能化控制,采用集中管理、分散控制的计算机控制系统,实现设备用电、用水、用气信息的远程采集、统计、管理及优化;根据车间厂房亮度及班次安排表,智能控制相应区间照明灯的通断,以提高生产效率,节省人力,节约用电成本。这使管理人员在办公室就能了解到整个厂区的用电信息及照明控制情况,提高了信息管理的实时性和高效性,从而实现整个厂区电能信息的智能化和精细化管理。能耗工作站使用控制器内部逻辑程序产生工业能耗信息,并将模拟得到的采集信息存储在相应的工作站内部寄存器。通过 RS-485 通信方式实现能耗采集数据与上位机系统数据的关联。

能耗工作站使用封装方式将能耗监测系统进行封装处理,预留 RS-485 通信接线端口,详细端口参数见表 1-3-2。其中 RS-485-1 为能耗工作站 Modbus 通信连接口。

表 1-3-2 RS-485 通信参数

| 能耗工作站通信口 | 内部端口连接     | 详情  |
|----------|------------|---|
| RS-485-1 | 能耗监测系统     | 波特率:9 600 b/s;数据位:8 位;停止位:1;奇偶校验:无;从站地址:1 |
| RS-485-2 | NewFA 网络模块 | /   |

## 3. 生产工作站

智能车间管理系统是一套多种软硬件结合,基于对企业的人、机、料、法、环等制造要素全面精细化感知,并采用大规模、多种物联网感知技术手段,支持生产管理科学决策的新一代智能化制造过程管理系统。

(1)线体设备监控。线体设备运行状态的好坏直接影响着产品的合格率,设备运行良好是保障生产合格率的一个关键因素,因此,对生产线的监控就是车间管理的主要部分。生产线所有设备的状态与实时数据经采集器采集并自动上传服务器,监控人员只需上网即可监控生产线设备的运行状态、生产数量、生产效率,并通过网络或是短信对设备进行参数设置,不用亲临生产现场即可指导或操作生产过程。当生产线设备发生故障或产品合格率达不到



预定标准时,设备监控系统会自动报警,并上传故障信息,方便工作人员及时查找故障原因并尽快给出相应的处理对策。

(2)产品质量控制。生产一件产品,其开发设计、生产制造到销售的整个过程都应做到规范化、科学化、制度化;质量控制点的科学合理设置,不仅能提高生产效率,降低不合格率,同时也能降低经营成本,提高企业管理效率。每一个产品都有自己唯一的 ID(身份标识)号,通过 ID 号可以查出生产日期、生产时间、生产线号、产品版本、测试项目等。系统为每一个重要的环节都设置质量控制点,检测通过的产品进入下一个环节的生产,未通过检测的被剔除出生产线进入后续处理环节,通过 ID 号查询出错环节,有目的地对产品进行维修。ID 号随产品出厂,永久记录产品信息,产品质量可追溯。

(3)生产工作站使用封装方式将智能车间管理系统进行封装处理,预留 RS-485 通信接线端口,详细端口参数见表 1-3-3,其中 RS-485-1 为生产工作站 Modbus 通信连接口。

表 1-3-3 生产工作站通信参数

| 生产工作站通信口 | 内部端口连接     | 详情  |
|----------|------------|---|
| RS-485-1 | 智能车间管理系统   | 波特率:9 600 b/s;数据位:8 位;停止位:1;奇偶校验:无;从站地址:1 |
| RS-485-2 | NewFA 网络模块 | /   |

#### 4. 仓储工作站

智能仓储是运用软件技术、互联网技术、自动分拣技术、光导技术、射频识别(Radio Frequency Identification,RFID)、声控技术等先进的科技手段和设备,对物品的进出库、存储、分拣、包装、配送及其信息进行有效的计划、执行和控制的物流活动。智能仓储系统主要包括识别系统、搬运系统、储存系统、分拣系统以及管理系统,预留 RS-485 通信接线端口,详细端口参数见表 1-3-4。

表 1-3-4 仓储工作站通信参数

| 仓储工作站通信口 | 内部端口连接     | 详情  |
|----------|------------|---|
| RS-485-1 | 智能仓储管理系统   | 波特率:9 600 b/s;数据位:8 位;停止位:1;奇偶校验:无;从站地址:1 |
| RS-485-2 | NewFA 网络模块 | /   |

(1)入库:当货物通过进货口传送带进入仓库时,托盘货物信息会被进货口读写器写入托盘,计算机仓储管理信息系统运算出货位,网络系统将存货指令发到叉车车载系统,叉车按照系统要求将货物存放到相应货位。

(2)出库:叉车接到出货指令,到指定货位取托盘货物。叉车读写器再次确认托盘货物准确性,然后将托盘货物送至出货传送带,出货口传送带读写器读取托盘标签信息,校验无误后出货。

(3)库存盘点:仓库内读写器实时读取在库货物标签信息,核对实时盘点数据与数据库中统计的仓储信息是否一致。

(4)货物区域定位:转移仓库内读写器实时读取货物标签信息,控制中心根据读写器反





馈的标签判断各个货物的存放区域,统计仓库使用情况,并据此安排新入库货物存放位置。

### 1.3.2 智能仪表

工业互联网技术应用平台智能仪表(见表 1-3-5)采集数据。其中智能电表采集电压、电流、频率等电能数据,温湿度传感器采集温度、湿度等环境数据。

表 1-3-5 智能仪表器件

| 序号 | 设备     | 图片  |
|----|--------|---|
| 1  | 智能电表   |   |
| 2  | 温湿度传感器 |  |

### 1.3.3 网络模块

工业互联网技术应用平台网络模块(见表 1-3-6)用来搭建三层网络架构。其中,无线路由器作为核心层设备,光纤收发器作为汇聚层设备,八口交换机作为接入层设备。搭建网络后,实现应用层与现场设备层的网络连接、数据传输。

表 1-3-6 网络模块器件

| 序号 | 设备    | 图片   |
|----|-------|--|
| 1  | 无线路由器 |  |



续表

| 序号 | 设备    | 图片   |
|----|-------|--|
| 2  | 光纤收发器 |  |
| 3  | 八口交换机 |  |

### 1.3.4 网关模块

工业互联网技术应用平台网关模块(见表 1-3-7)用来搭建基于 Modbus 总线的通信网络。其中智能网关采集物流工作站、智能电表、生产工作站、仓储工作站数据,再通过以太网接口实现基于 Modbus TCP 的数据传输;OPC UA 服务器具有数据存储和管理、数据访问和共享、安全性和权限管理、监控和诊断等功能。搭建网络后,实现应用层与现场设备层的网络连接和数据传输。

表 1-3-7 网关模块器件

| 序号 | 设备         | 图片   |
|----|------------|--|
| 1  | 智能网关       |  |
| 2  | OPC UA 服务器 |  |






### 1.3.5 Cat-1 模块

工业互联网技术应用平台 Cat-1 模块(见表 1-3-8)用来搭建基于 Cat-1 的无线通信网络。Cat-1 模块采集温湿度传感器数据,再通过 4G(第四代移动通信技术)网络实现基于 Cat-1 网络的数据传输。搭建网络后,实现应用层与现场设备层的网络连接和数据传输。

表 1-3-8 Cat-1 模块器件

| 设 备       | 图 片  |
|-----------|--|
| Cat-1 DTU |  |

### 1.3.6 LoRa 模块

工业互联网技术应用平台 LoRa 模块(见表 1-3-9)用来搭建基于 LoRa 的无线通信网络。其中 PLC 采集能耗工作站数据,再通过 LoRa 终端、LoRa 网关实现基于 LoRa 网络的数据传输。搭建网络后,实现应用层与现场设备层的网络连接、数据传输。

表 1-3-9 LoRa 模块器件

| 序 号 | 设 备     | 图 片  |
|-----|---------|--|
| 1   | LoRa 终端 |  |
| 2   | LoRa 网关 |  |



续表

| 序 号 | 设 备 | 图 片  |
|-----|-----|--|
| 3   | PLC |  |

### 1.3.7 工业控制模块

工业互联网技术应用平台工业控制模块(见表 1-3-10)用来实现具体场景下的工业控制。其中人机界面提供可视化操作,与 PLC 进行数据交互,按钮、指示灯提供输入输出信号。通过 PLC 程序开发,实现具体的工业控制,如控制中间继电器、风扇、电磁阀、电动推杆等执行机构。

表 1-3-10 工业控制模块器件

| 序 号 | 设 备   | 图 片  |
|-----|-------|--|
| 1   | 人机界面  |  |
| 2   | 中间继电器 |  |
| 3   | 风扇    |  |





续表

| 序号 | 设备   | 图片  |
|----|------|---|
| 4  | 电磁阀  |   |
| 5  | 电动推杆 |   |
| 6  | 按钮   |  |
| 7  | 指示灯  |  |

## 1.4 工业互联网的软件功能

### 1.4.1 研华 Advantech EdgeLink Studio

Advantech EdgeLink Studio 可对单个或多个智能网关进行集成平台化管理。Advantech EdgeLink Studio 可具体实现的功能如下。

(1)以离线的方式进行工程及设备信息配置,以 IP(网络互连协议)地址为单元识别,可批次下载到设备中。



(2)建立 I/O(输入/输出)点和本地点,支持 Modbus 及 DNP 3.0 服务器方式实现 Tag 点与地址映射。

(3)针对板 I/O 和扩展 I/O,可设定每个通道的输入或输出范围,支持 AI(人工智能)校准。

(4)通过该 Studio 完成以太网、Wi-Fi、3G(第三代移动通信技术)、GPRS(通用分组无线服务技术)信息设定操作。

(5)提供 Modbus RTU、Modbus TCP、WASCADA、IEC-104 及 DNP 3.0 服务器。

(6)支持远程串口及网口通信状态监测。

### 1.4.2 西门子 SMART PLC 编程软件

西门子 SMART PLC 编程软件是专门为中国开发的,采用单独的软件编程,此款软件是在 STEP 7 - Micro/WIN 基础上升级而来的,不需要授权,可以直接安装,界面友好,采用下拉式菜单,方便操作,指令和 S7-200 的软件兼容,同时此软件支持窗口浮动,支持多屏幕显示,全面支持梯形图、语句表与功能图方式编程。其主要功能如下:

- (1)设计程序结构,实现功能块应用;
- (2)启动和操作程序及功能块;
- (3)建立和编辑项目;
- (4)定义符号;
- (5)创建逻辑块、数据块,分配数据块参数;
- (6)创建库;
- (7)创建 STL 源文件;
- (8)显示引用数据;
- (9)完成组态消息应用;
- (10)控制和监视变量;
- (11)下载和上传程序;
- (12)用变量表、程序状态、模拟程序测试;
- (13)打印和归档等。

### 1.4.3 力控组态软件

力控组态软件是指数据采集与过程控制的专用软件,也是指在自动控制系统监控层一级的软件平台和开发环境。这些软件实际上也是一种通过灵活的组态方式,为用户提供快速构建工业自动控制系统监控功能的、通用层次的软件工具。组态软件广泛应用于机械、汽车、石油、化工、造纸、水处理以及过程控制等诸多领域。具体内容包括软件安装、工程管理、系统开发及运行、I/O 设备管理、数据库管理、动画与脚本设计、图表制作、应用案例等。其主要功能如下:

(1)可以读写不同类型的 PLC、仪表、智能模块和板卡,采集工业现场的各种信号,从而对工业现场进行监视和控制。





(2)可以以图形和动画等直观形象的方式呈现工业现场信息,以方便对控制流程的监视,也可以直接对控制系统发出指令、设置参数以干预工业现场的控制流程。

(3)可以将控制系统中的紧急工况通过软件界面、电子邮件、手机短信、即时消息软件、声音和计算机自动语音等多种手段及时通知给相关人员,使之及时掌控自动化系统的运行状况。

(4)可以对工业现场的数据进行逻辑运算和数字运算等处理,并将结果返回给控制系统。

(5)可以对从控制系统得到的以及自身产生的数据进行记录和存储。在系统发生事故或故障的时候,利用记录的运行工况数据和历史数据,可以对系统故障原因进行分析定位、责任追查等。对数据进行质量统计分析可以提高自动化系统的运行效率,提升产品质量。

### 1.4.4 人机界面编程软件

人机界面在工业自动化行业中也称用户界面或使用界面,是系统与用户进行交互和信息交换的媒介,它实现信息的内部形式与人类可以接受形式之间的转换。人机信息交流的领域都存在人机界面。本平台使用的人机界面在中国的市场份额已经领先国际同行,位居前列,同时引领中国人机界面技术向嵌入式与开放式的方向发展。该人机界面集成有 PROFIBUS、CANopen、以太网等多种现场总线技术,可实现高可靠性、高速度的通信传输。

(1)用户界面:包含菜单、工具、软件窗口;

(2)基本设计方法:包含绘图、文字、键盘、编码、语言、时钟、开机画面、串口交换、设备更换、索引、蜂鸣器、屏幕保护、密码设置、数据加密、动画、群组、查找/替换等。

### 1.4.5 UaExpert

UaExpert 是 Unified Automation 提供的一个功能齐全的 OPC UA 客户端,支持 OPC UA 功能的通用测试,可用于 Windows 和 Linux 操作系统。其主要功能如下:

(1)OPC UA 数据访问视图;

(2)OPC UA 报警和条件视图;

(3)OPC UA 历史趋势视图;

(4)信息模型插件;

(5)OPC UA 性能插件。

### 1.4.6 MySQL

MySQL 是一种关系型数据库管理系统,关系型数据库将数据保存在不同的表中,而不是将所有数据放在一个大仓库内,这样就提升了速度并提高了灵活性。MySQL 所使用的 SQL 语言是用于访问数据库的最常用的标准化语言。MySQL 软件采用了双授权政策,分为社区版和商业版,由于其具有体积小、速度快、总体拥有成本低,尤其是开放源代码这一特点,一般中小型网站的开发都选择 MySQL 作为网站数据库。

(1)MySQL 使用 C 和 C++ 编写,并使用了多种编译器进行测试,保证了源代码的可移植性;



- (2) 支持 AIX、FreeBSD、HP - UX、Linux、Mac OS、NovellNetware、OpenBSD、OS/2Wrap、Solaris、Windows 等多种操作系统；
- (3) 为多种编程语言提供了应用程序接口(Application Program Interface, API), 这些编程语言包括 C、C++、Python、Java、Perl、PHP、Eiffel、Ruby、. NET 和 Tcl 等；
- (4) 支持多线程, 充分利用 CPU(中央处理器)资源；
- (5) 优化的 SQL 查询算法, 能有效提高查询速度；
- (6) 既能作为一个单独的应用程序应用在客户端服务器网络环境中, 也能作为一个库而嵌入其他的软件中；
- (7) 提供多语言支持, 常见的编码如中文的 GB2312, 日文的 Shift\_JIS 等都可以用作数据表名和数据列名；
- (8) 提供 TCP(传输控制协议)/IP(互联网协议)、ODBC(开放数据库互连)和 JDBC(Java 数据库互连)等多种数据库连接途径；
- (9) 提供用于管理、检查、优化数据库操作的管理工具；
- (10) 支持大型的数据库, 可以处理拥有上千万条记录的大型数据库；
- (11) 支持多种存储引擎。

#### 1.4.7 Redis

Redis 是一个不折不扣的内存数据库, 其所有数据均驻留在内存中运行, 这能大大提高数据量 Web 的访问速度。该数据库可通过 RDB 方式或 AOF 方式支持数据的持久化, 使得 Redis 在重启之后仍能保证数据不丢失。Redis 提供了大量的数据结构, 如 string、list、set、hashset、sorted set 等, 提高了用户的操作便捷性。由于在实现相同效果的同时封装了一层实用功能, 所以 Redis 优于 mc。

#### 1.4.8 MongoDB

一个内存数据库的数据都是放在内存里面的。对数据的操作大部分都在内存中, 但 MongoDB 并不是单纯的内存数据库。MongoDB 是由 C++ 语言编写的, 是一个基于分布式文件存储的开源数据库系统。在高负载的情况下, 添加更多的节点可以保证服务器性能。MongoDB 旨在为 WEB 应用提供可扩展的高性能数据存储解决方案。MongoDB 将数据存储为一个文档, 数据结构由键值(key⇒value)对组成。MongoDB 文档类似于 JSON 对象。字段值可以包含其他文档、数组及文档数组。其特点如下:

- (1) 对于开发者来说, 如果是因为业务需求或者是项目初始阶段, 而导致数据的具体格式无法明确定义的话, 相比传统的关系型数据库, MongoDB 非常容易被扩展, 这也为写代码带来了极大的方便。
- (2) 不过 MongoDB 对数据之间事务关系的支持比较弱, 如果在业务这一方面要求比较高的话, MongoDB 并不适合此类型的应用。
- (3) 非关系型数据库(NoSQL), 属于文档型数据库。文档型数据库可以存放 xml、json、bson 类型的数据。这些数据具备自述性(self-describing), 呈现分层的树状数据结构。





(4)存储方式:虚拟内存+持久化。

### 1.4.9 Java 开发工具

Eclipse 平台是一个开放的、可扩展的、基于 Java 的集成开发环境,它可用于创建、集成和部署各类开发工具。Eclipse 平台包含大量内置功能,为集成软件开发工具的开发、构造和运行提供基础模块,提供了一整套的公共服务集,并为项目开发人员构建应用软件和组件所需的框架、基础结构和交互式工作台。

## 第二章 工业网络通信

### 2.1 了解西门子 S7-200 SMART PLC 历史

西门子 S7-200 SMART PLC(见图 2-1-1)是一款性价比较高的 PLC 产品,它性能优异,扩展性能好,通信功能强,西门子触摸屏 SMART 系列和西门子变频器 SINAMICS 系列的结合,可以为用户提供小型自动化控制系统解决方案。

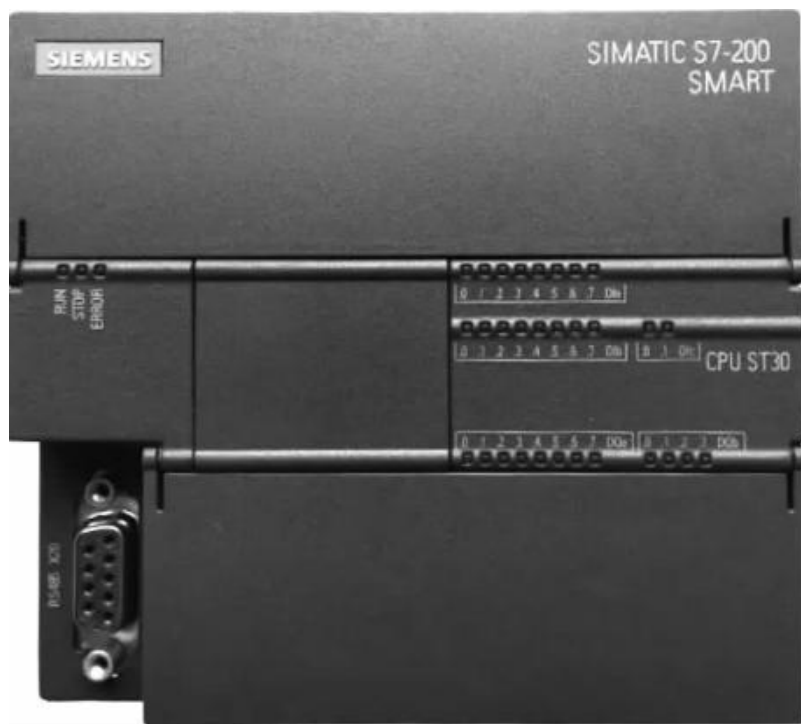


图 2-1-1 西门子 S7-200 SMART PLC 外观图

西门子 S7-200 SMART PLC 具有以下优点。

(1)CPU 种类丰富。西门子 S7-200 SMART PLC 的 CPU 有多种类型,既有集成多个输入输出控制点的 CPU,也有独立的 CPU。用户可以根据实际项目需求进行配置,如针对不同项目的特点,可以选择标准型或经济型的 CPU,以节省成本。



(2)扩展性强。西门子 S7-200 SMART PLC 采用新型的信号板设计,在用户需要扩展通信端口、数字量模块、模拟量模块时,不需要占用大量的空间,能更加合理地利用现有的配置,在此基础上进行扩展,可以提高模块的利用率,节约成本。

(3)通信功能强。西门子 S7-200 SMART PLC 的 CPU 本身集成有以太网接口,为用户提供强大的通信保障,用户无须配置多余的扩展模块,就能实现程序的下载、监视,以及 PLC 与设备的通信。

(4)运动功能强。西门子 S7-200 SMART PLC 的 CPU 本身集成有 3 路高速脉冲输出,频率为 100 kHz,支持多种输出方式和运动模式。用户可以使用向导进行配置,从而简单方便地实现运动控制功能。

(5)运行速度快。西门子 S7-200 SMART PLC 的芯片运行速度快,程序执行时间短,对于复杂的工艺控制过程和控制逻辑可以快速运算;同时集成的 SD 卡(安全数码卡)可以为用户提供快速的程序更新服务,这样提高了工作效率。

(6)编程简单。西门子 S7-200 SMART PLC 的编程软件在 S7-200 编程软件的基础上做了改进,用户可以方便地通过软件中的菜单功能、程序指令、程序向导等进行程序逻辑设计。同时软件中提供了强大的中文帮助,可以为用户答疑解惑,能较大幅度缩短程序设计时间。

## 2.2 西门子 PLC 输入输出接线方法

### 2.2.1 串口通信扩展板

SB CM01+是为西门子 S7-200 SMART PLC 开发的隔离型 RS-485/232 接口板,它采用当今先进的磁隔离器件隔离 RS-485 和 RS-232 信号,并设计有防雷击浪涌保护电路和热敏电阻(PTC)过流保护电路,能避免各 RS-485/232 节点由于地电位不同而造成的地线环路干扰和烧口问题,在提高通信的可靠性和稳定性(特别是与变频器通信时)以及延长通信距离方面,RS-485/232 接口板是一个很好的选择。隔离型 SB CM01+接口板(见图 2-2-1)与西门子的非隔离接口板 SB CM01 完全兼容,可直接替换,其内置终端电阻和偏置电阻使得接线更为简单方便。



图 2-2-1 RS-485/232 接口板



使用 SB CM01+ 之前需用网线连接 S7 - 200 SMART PLC 和计算机, 在 STEP 7 - Micro/WIN SMART 软件中组态信号接口板 SB CM01+ 的接口类型、地址和波特率等参数 (见表 2 - 2 - 1)。当组态 SB CM01+ 为 RS - 232 接口时, 终端电阻设置开关无效。当组态 SB CM01+ 为 RS - 485 接口时, 开关拨到“off”则无终端电阻和偏置电阻, 开关拨到“on”则内部接入 220  $\Omega$  终端电阻和两个 390  $\Omega$  偏置电阻。

表 2 - 2 - 1 SB CM01+ 端口描述

| 产品外形  | 端子编号 | 信号名  | 信号说明                                |
|---|------|------|-------------------------------------|
|  | 1    | 屏蔽地  | 机壳接地                                |
|   | 2    | Tx/B | RS - 232 - Tx(发送)/RS - 485 - B(信号正) |
|   | 3    | RTS  | 请求发送(TTL 电平)                        |
|   | 4    | M    | 信号地                                 |
|   | 5    | Rx/A | RS - 232 - Rx(接收)/RS - 485 - A(信号负) |
|   | 6    | 5 V  | +5 V, 100 $\Omega$ 串联电阻             |

### 2.2.2 PLC 输入接线图

PLC 输入接线图如图 2 - 2 - 2 所示。

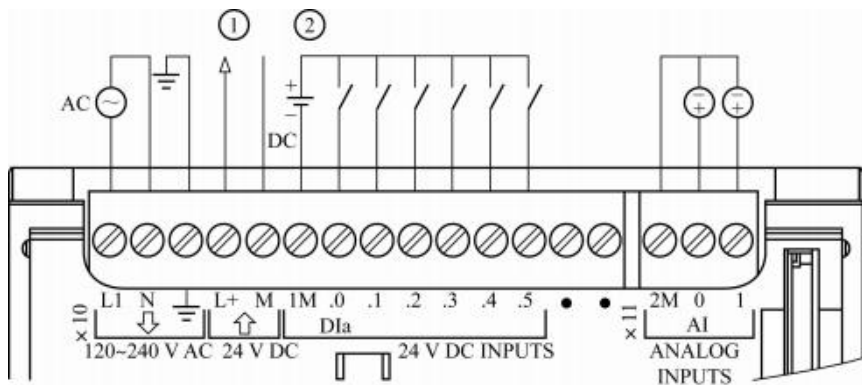


图 2 - 2 - 2 PLC 输入接线图

NPN 接线口诀: 棕正, 蓝负, 黑信号, 1M 接正。

PNP 接线口诀: 棕正, 蓝负, 黑信号, 1M 接负。

### 2.2.3 PLC 输出接线图

PLC 输出接线图如图 2 - 2 - 3 所示。

九针口描述见表 2 - 2 - 2。



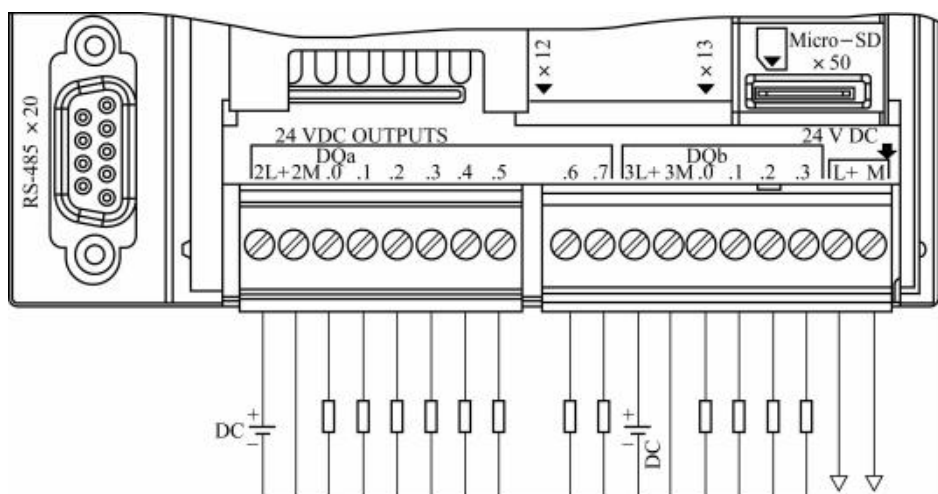


图 2-2-3 PLC 输出接线图

表 2-2-2 九针口描述

| 连接器 | 引脚标号 | 信号          | 引脚定义             |
|-----|------|-------------|------------------|
|     | 1    | 屏蔽          | 机壳接地             |
|     | 2    | 24 V 返回     | 逻辑公共端            |
|     | 3    | RS-485 信号 B | RS-485 信号 B      |
|     | 4    | 发送请求        | RTS(TTL)         |
|     | 5    | 5 V 返回      | 逻辑公共端            |
|     | 6    | +5 V        | +5 V, 100 Ω 串联电阻 |
|     | 7    | +24 V       | +24 V            |
|     | 8    | RS-485 信号 A | RS-485 信号 A      |
|     | 9    | 不适用         | 10 位协议选择(输入)     |
|     | 外壳   | 屏蔽          | 机壳接地             |

输出点接线汇总:继电器类型的接交流、直流负载都可以,电源不分正负极,但是,一般要求 L 接正极或者火线,同一组的负载电源要求一致,不同组之间的负载电源可以不一致。晶体管类型的只能接直流负载的正负极。

## 2.3 进制转换

### 2.3.1 十进制数转换为二进制数

(1)十进制数转换为二进制数的转换原理:除以 2,反向取余数,直到商为 0 终止。

(2)具体做法:将某个十进制数除以 2 得到的整数部分保留,作为第二次除以 2 时的被除数,得到的余数依次记下,重复上述步骤,直到整数部分为 0 就结束,将所有得到的余数最终逆序输出,则为该十进制数对应的二进制数。



例如:9(十进制)→1001(二进制)。

### 2.3.2 二进制数转换为十进制数

二进制数转换为十进制数要从右到左用二进制数的每个数去乘以2的相应次方(次方从0开始),再将其每个数进行相加。

例如:(1101)<sub>2</sub>转换为十进制数。

$$1 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^3 = 1 + 4 + 8 = 13$$

## 2.4 西门子 S7-200 SMART 软件操作

### 2.4.1 窗口指南

STEP 7 - Micro/WIN SMART 是 S7-200 SMART 控制器的组态、编程和操作软件,一次可将 STEP 7 - Micro/WIN SMART 的一个实例连接至一个 S7-200 SMART CPU。STEP 7 - Micro/WIN SMART 用户界面提供多个窗口(见图 2-4-1),可用来排列、编程和监控。请注意,每个窗口均可按用户选择的方式停放或浮动以及排列在屏幕上,可单独显示每个窗口,也可合并多个窗口以从单独选项卡访问各窗口。

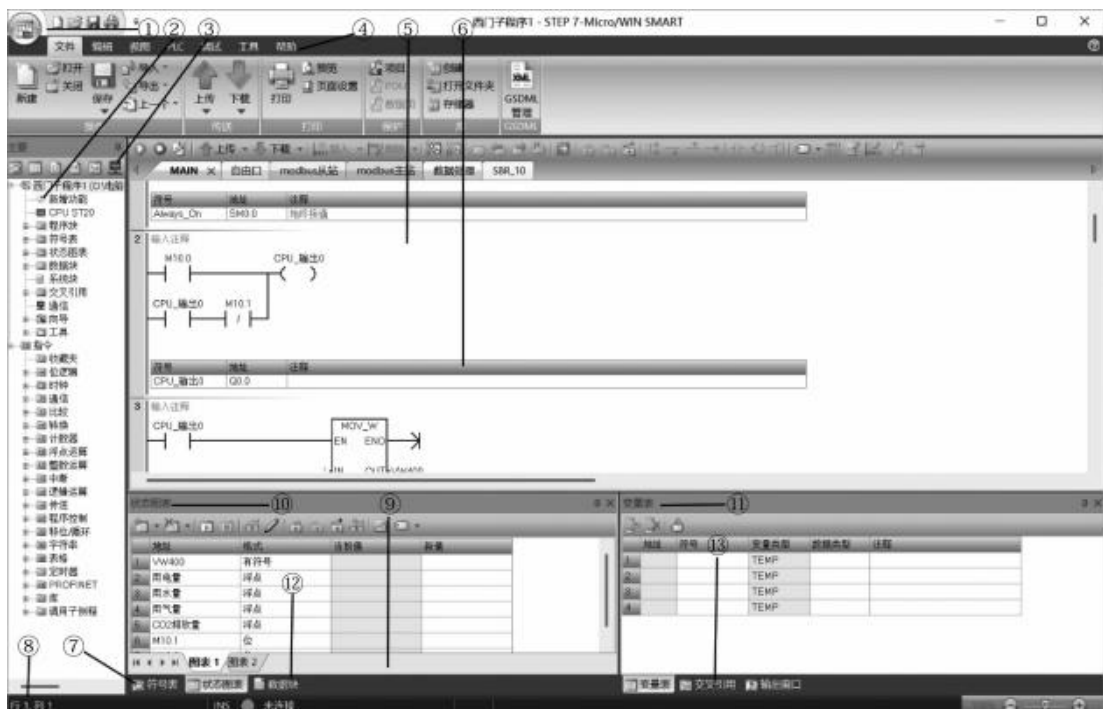


图 2-4-1 菜单功能区

- ①—快速访问工具栏;②—项目树;③—导航栏;④—菜单;⑤—程序编辑器;⑥—符号信息表;⑦—符号表;  
⑧—状态栏;⑨—输出窗口;⑩—状态图表;⑪—变量表;⑫—数据块;⑬—交叉引用





STEP 7 - Micro/WIN SMART 显示每个菜单的菜单功能区。可通过右键单击菜单功能区并选择“最小化功能区”(Minimize the Ribbon)的方式最小化菜单功能区,以节省空间。

要移动窗口,请单击窗口框架,然后开始拖动。移动时,会看到定位器符号(见图 2-4-2),它可以将窗口停靠在当前窗口的左侧、右侧、顶部或底部;还可以在 STEP 7 - Micro/WIN SMART 用户界面内使用左、右、上、下定位器符号,将窗口停放在 STEP 7 - Micro/WIN SMART 四个区域中的一个区域内。通过定位器符号移动窗口时,STEP 7 - Micro/WIN SMART 会以阴影指示将其拖放到该位置时该窗口的位置;也可将窗口单独拖放到任意浮动位置。

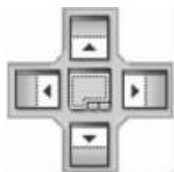


图 2-4-2 定位器符号

要以单个窗口的选项卡形式显示多个窗口,应将窗口拖动到另一窗口之上,然后 STEP 7 - Micro/WIN SMART 合并这两个窗口,每个窗口各对应一个选项卡(见图 2-4-3)。其可以显示以下窗口组合的选项卡。

- (1)符号表;
- (2)状态图表;
- (3)交叉引用;
- (4)数据块。



图 2-4-3 窗口组合的选项卡

## 2.4.2 导航栏

导航栏(见图 2-4-4)显示在项目树的上方,可快速访问项目树上的对象。单击一个导航栏按钮相当于展开项目树并单击同一选择内容。

各导航栏按钮均显示一条定义其功能的工具提示。



图 2-4-4 功能的工具提示

1—符号表; 2—状态图; 3—数据块; 4—系统块; 5—交叉应用; 6—通信



### 2.4.3 快速访问工具栏

快速访问工具栏显示在菜单选项卡正上方,如图 2-4-5 所示。



图 2-4-5 快速访问工具栏

单击快速访问按钮“文件”可简单快速地访问“文件”(File) 菜单的大部分功能,并可访问最近打开的文档,如图 2-4-6 所示。



图 2-4-6 “文件”菜单

快速访问工具栏上的其他按钮对应文件功能“新建”(New)、“打开”(Open)、“保存”(Save)和“打印”(Print)。

### 2.4.4 自定义快速访问工具栏

用户还可以根据需要,自定义快速访问工具栏与菜单功能区的外观和位置(见图 2-4-7),以及添加其他命令。若要进行自定义,请单击快速访问工具栏上的箭头,或右键单击菜单功能区,并选择“自定义快速访问工具栏”(Customize Quick Access Toolbar)。



图 2-4-7 自定义快速访问工具栏





- (1)选择是否启用默认快速访问功能；
- (2)添加更多命令；
- (3)将快速访问工具栏显示在菜单功能区下方；
- (4)最小化功能区(以后单击任何菜单都会显示菜单功能区)。

在自定义列表中单击“更多命令”(More commands),可将其他命令添加到快速访问工具栏。

### 2.4.5 自定义对话框

- (1)选择要从中选择命令的菜单；
- (2)使用“添加”(Add)按钮将菜单中的命令添加到快速访问工具栏；
- (3)使用“删除”(Remove)按钮移除命令；
- (4)如果要更改快速访问工具栏的位置,可选择“在功能区下方显示快速访问工具栏”(见图 2-4-8)；
- (5)如果要更改键盘快捷键以不同于默认键盘快捷键,则可自定义快捷键。



图 2-4-8 自定义对话框

### 2.4.6 工具栏常用功能

工具栏及其按钮的可用性:STEP 7 - Micro/WIN SMART 会在用户可以使用工具栏和按钮时启用它们。例如,在打开 LAD 程序编辑器时,LAD 工具栏处于活动状态。在 LAD 程序编辑器中选择要编辑的程序段时,针对触点、线圈、接线和指令的 LAD 按钮均处于活动状态。禁用的工具栏按钮灰显。

工具栏帮助:将鼠标指针悬停在工具栏按钮上可查看按钮名称。要了解有关工具栏按钮功能的详细信息,可将鼠标指针悬停在按钮上,然后按 F1 键。还可自定义快速访问工具栏,如果将按钮添加到此工具栏,也可将鼠标指针悬停在添加的按钮上或按 F1 键访问帮助。

#### 1. PLC 工具栏

程序编辑器窗口中的 PLC 工具栏(见图 2-4-9)提供 PLC 菜单中的可用功能子集。

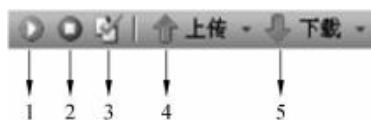


图 2-4-9 PLC 工具栏

- 1—将 PLC 设置为 RUN 模式；2—将 PLC 设置为 STOP 模式；3—编译；  
4—将项目从 PLC 上传到 STEP 7 - Micro/WIN SMART；  
5—从 STEP 7 - Micro/WIN SMART 下载到 PLC

## 2. 调试工具栏

程序编辑器窗口中的调试(Debug)工具栏(见图 2-4-10)提供“调试”菜单中的可用功能子集。

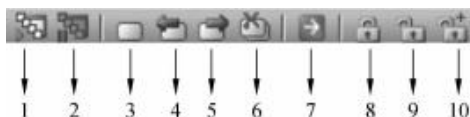


图 2-4-10 调试工具栏

- 1—启动程序监视；2—暂停程序状态开/关；3—切换书签:设置或移除书签；4—下一个书签  
(滚动程序至下一个书签)；5—前一个书签(滚动程序至前一个书签)；  
6—清除所有书签；7—转到；8—强制 PLC 数据；  
9—取消强制 PLC 数据；10—取消全部强制

## 3. 公用工具栏

公用(Common)工具栏(见图 2-4-11)提供由所有程序编辑器公用的编辑功能。

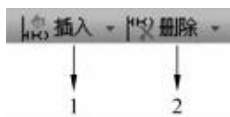


图 2-4-11 公用工具栏

- 1—插入程序段或其他对象；2—删除程序段或其他对象

## 4. 视图工具栏

视图(View)工具栏(见图 2-4-12)提供用于选择程序编辑器显示内容的“视图”菜单功能子集。



图 2-4-12 视图工具栏

- 1—显示符号和/或地址；2—显示/隐藏每个程序段的符号信息表；3—POU 注释；  
4—程序段注释；5—POU 密码保护；6—POU 属性





### 5. LAD 工具栏

LAD 工具栏(见图 2-4-13)提供了实用的操作工具,能够随着程序编辑器的编程语言切换而变化。在用户悬停鼠标于某个工具上时,会弹出提示框详细说明工具的功能。

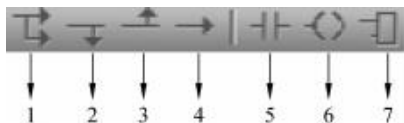


图 2-4-13 LAD 工具栏

1—插入分支; 2—下插线; 3—上插线; 4—右插线; 5—插入触点; 6—插入线圈; 7—插入框

### 6. 状态图工具栏

状态图(Statuschart)工具栏(见图 2-4-14)在打开状态图时处于可见状态。该工具栏提供用于处理状态图的常用“调试”菜单功能。

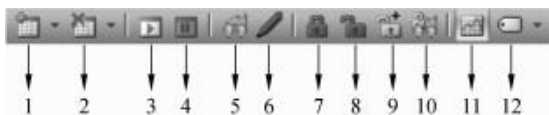


图 2-4-14 状态图工具栏

1—插入对象; 2—删除对象; 3—状态图; 4—暂停状态图; 5—状态图表单次读取; 6—状态图表写入; 7—强制; 8—取消强制; 9—取消全部强制; 10—状态图表读取所有强制值; 11—切换状态图和趋势视图; 12—显示符号和/或地址

## 2.5 基本编程思路

### 2.5.1 西门子 S7-200 SMART PLC 的接线图

正反转电路的外部接线图如图 2-5-1 所示,按下 SB2 的时候,KM1 接触器吸合;按下 SB3 的时候,KM2 接触器吸合。

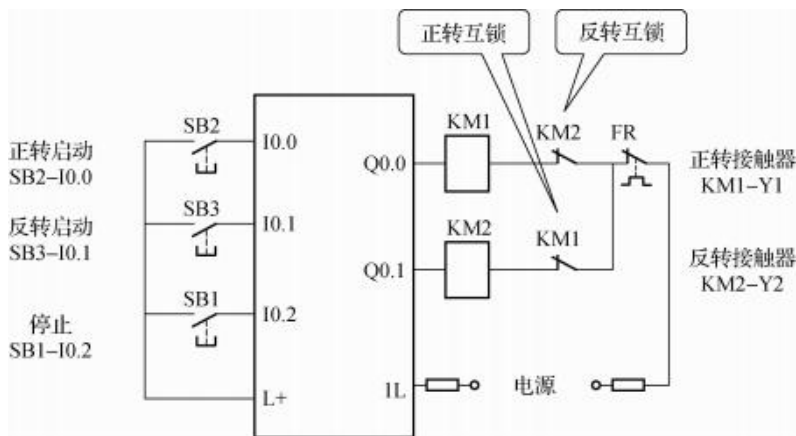


图 2-5-1 正反转电路的外部接线图