

第 1 章

工业互联网平台概述

1.1 工业互联网平台发展介绍

1.1.1 工业互联网平台的概念

工业互联网平台是什么？工业互联网产业联盟给出了这样的描述：“工业互联网平台是面向制造业数字化、网络化、智能化需求，构建基于海量数据采集、汇聚、分析的服务体系，支撑制造资源泛在连接、弹性供给、高效配置的工业云平台。”在整个工业互联网体系架构中，工业互联网平台通过对相似的业务逻辑场景及对象进行抽象，从而形成一套可迁移、可扩展且灵活的系统架构，为工业应用软件快速开发及上线提供有力支撑。具体地，工业互联网平台的本质是“数据+模型=服务”（见图 1-1）。其中，数据指来自工业系统中设备、业务、产品模型、生产过程及运行环境的海量数据；模型是技术、知识、经验和方法的数字化载体（机理模型、数据模型、业务模型等），也是各种知识沉淀、积累和复用的传播媒介，旨在完成物理世界隐性数据的显性化；服务是数据和模型的结合，基于模型对各种数据进行分析、挖掘、处理、展示，以满足协同研发设计、生产设备优化、企业运营决策、设备预测性维护、生产设备优化、产品质量检测和产品全生命周期管理等场景需求。

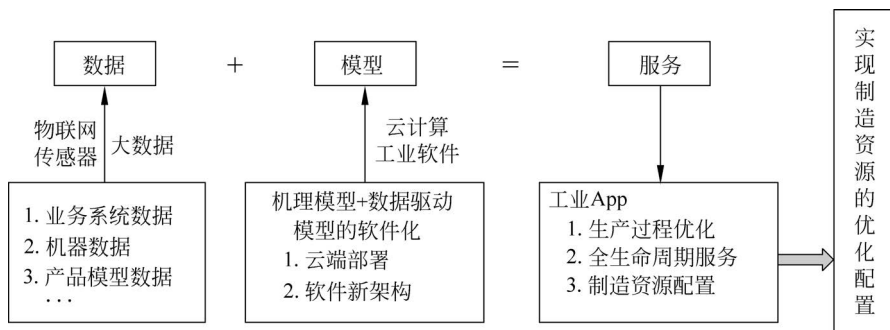
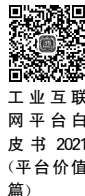


图 1-1 工业互联网平台的本质



通常,边缘、IaaS(infrastructure as a service,基础设施即服务)、工业 PaaS(platform as a service,平台即服务)和工业 App 是工业互联网平台的核心层级,而数据、模型和服务是关键要素。如同微软的 Windows、谷歌的安卓与苹果的 iOS 系统,我们可以将工业互联网平台视为一个工业操作系统。该系统向下负责各种软/硬件资源的接入、控制和管理,向上提供开发接口及存储、计算、工具、资源等。其中,边缘负责接入、控制和管理各种工业设备,实现数据的采集与处理;IaaS 是一个资源池,提供计算、存储、网络等资源;工业 PaaS 汇聚了工业机理和数据驱动的模式和微服务,并为工业 App 提供开发环境,工业 App 是面向不同行业、不同领域的业务应用,就像 Word、PowerPoint 一样。

工业互联网平台的不同层级、组件间相互协作,借助数据采集、汇聚、分析,实现目标问题的描述、诊断、预测和决策,实现“以信息流优化资源配置效率”。具体协作过程主要包括四个步骤:一是借助平台的采集能力收集工业数据;二是通过平台的海量数据存储、管理、建模和分析能力完成工业数据的分析挖掘,并将数据转化为信息;三是利用大数据技术完成行业机理模型沉淀和持续优化,将信息转化为知识;四是依托工业 App 调用行业机理模型对外开放的微服务,完成最终自动化、智能化的决策。基于上述四个步骤,工业互联网平台能够解决三大问题:一是基于平台的信息化应用规模化部署,解决“提质、降本、增效”的问题;二是基于平台的大数据深度优化能力,通过“模型+深度数据分析”模式,解决产品和服务增值的问题;三是基于平台协同能力的资源调配和模式创新,解决跨领域资源灵活配置和协同协作问题。

因此,工业互联网平台的建设,是通过构建状态感知—实时分析—科学决策—精准执行的智能运行闭环,以满足智能化生产、网络化协同、个性化定制、服务化延伸等场景需求,解决制造业数字化、网络化和智能化面临的问题,从而实现工业资源的精准高效配置,达到优化生产流程、提升管理和决策效率、提高产品和服务质量、降低经营成本和创新商业模式的目的。工业互联网平台的价值主要体现在通过工业全要素、全价值链和全产业链的连接、解耦和重构,实现工业企业生产过程优化、管理决策优化、资源配置优化、产品服务优化;基于海量数据采集、资源智能管理、知识和经验的积累和传承、应用和服务的开放创新支持制造企业转型升级,助力企业实现制造生产和管理的智能化,推动企业实现制造模式和商业模式创新。

1.1.2 工业互联网平台发展现状

基于工业互联网平台的理念及工业生产需求,国际上陆续推出了各式各样的工业互联网平台产品。2013 年,通用电气(GE)公司率先推出了 Predix 公有云平台,随后其他公司也纷纷加入。2015 年之后,跨国企业对平台的布局明显加快,其中最具代表性的除了 GE 的 Predix 外,还有 PTC 的 ThingWorx、西门子的 MindSphere、SAP 的 Leonardo 和瑞士 ABB 的 Ability 等。在国家相关政策的推

动下,国内企业 2015 年之后也开始积极布局。例如,航天云网、三一重工、海尔、富士康等制造业大厂依托自身的制造能力和规模优势,推出工业平台服务,实现由企业内应用向企业外服务的拓展;用友、沈阳机床、徐工集团等企业则基于自身在自动化系统、工业软件与制造装备领域的积累,进一步向平台延伸,尝试构建新型工业智能化解决方案。总体来说,目前我国工业互联网平台建设整体与国际同步,通信技术企业、制造企业、装备与自动化企业等不同的建设主体,基于在各领域的技术沉淀与经验积累,积极打造各具特色的工业互联网平台。

当前国内外工业互联网平台发展速度迅猛,总体发展水平持续提高。美国工业知识经验软件化、平台化能力处于全球领先地位,通过强化基于平台的网络、数据、软件、系统集成应用,推动制造与服务的松耦合,催生网络化、平台化、虚拟化等制造业新形态,孕育了以 GE Predix 为代表的工业互联网平台。德国工业积淀深厚,以制造业主导互联网为主流发展路径,主张利用互联网推进技术、工艺、流程、设备的效能优化,促进价值链体系重构和持续提升,西门子 Mind Sphere 工业互联网平台是其中的典型代表。我国的工业互联网平台发展路径则孕育了众多商业模式创新,具有多元化的特色。国内工业互联网平台目前仍处于初步发展阶段,供给方仍然以规模性的大企业为主,不同企业因优势不同,所采用的平台发展路径也各不相同。同时,随着平台逐步进入运营阶段,平台服务的本质虽未改变,但平台能力向两方面延伸:一方面是平台服务的边界、广度不断拓展;另一方面是在平台能力丰富的同时,平台工具也走向简化。

国内工业互联网平台形成了以航天云网为代表的协同制造平台、以树根互联为代表的产品全生命周期管理服务平台等多类典型平台。国内外工业互联网平台发展状况对比见表 1-1。

表 1-1 国内外工业互联网平台发展状况对比

层级	边缘层	IaaS 层	PaaS 层	SaaS 层
国外状况	设备数字化、网络化水平高,产品全球布局,数据源广,数据采集、协议解析能力强	拥有亚马逊、微软、SAP 等主流 IaaS 服务商	工业积淀深厚,主导通用 PaaS 架构,微服务组件丰富	拥有西门子、Oracle 等工业软件巨头,开发者社区规模成熟
国内状况	设备数字化率低、联网率低,基础弱,数据采集能力不足	先进互联网企业 IaaS 技术强悍	工业水平不高,工业 PaaS 发展慢,微服务组件不足	工业 App 数量少,开发者社区规模小
对比研究	国内需提高设备联网率、数据协议解析水平	国内 IaaS 发展水平居于世界前列	国内需积累工业知识和技术,形成更多的微服务组件和开发工具	国内需提升工业 App 开发能力,同时大力建设开发者社区

1.1.3 国内外主要工业互联网平台

工业互联网平台作为工业互联网的核心要素和关键组成,已成为全球工业领军企业抢占数据源头、主导行业发展的重要布局领域。GE、西门子、ABB 等国际工业巨头相继推出 Predix、MindSphere、ABB Ability 等工业互联网平台,国外的主要工业互联网平台见表 1-2。在我国,航天云网、树根、华为等国内企业也推出了 INDICS 平台、根云平台、Fusion Plant 平台,为制造业绿色化、服务化、高端化、智能化转型升级提供了重要支撑,具体见表 1-3。

表 1-2 国外工业互联网平台

序 号	公 司 名 称	平 台 名 称
1	GE	Predix 平台
2	PTC	ThingWorx 平台
3	ABB	ABB Ability 平台
4	施耐德电气	EcoStruxure 平台
5	西门子	MindSphere 平台
6	微软	Microsoft Azure 平台
7	谷歌	Android Things
8	亚马逊	AWS IoT 平台
9	思科	Jasper 平台
10	IBM	IBM Watson IoT 平台
11	霍尼韦尔	Movilizer 平台
12	博世	Bosh IoT Suite 2.0 平台
13	SAP	Leonardo 平台
14	爱立信	DCP 平台
15	威瑞森电信	Verizon ThingSpace IoT 平台
16	沃达丰	GDSP 平台
17	Oracle	Oracle IoT Cloud Service 平台

表 1-3 国内工业互联网平台

序 号	公 司 名 称	平 台 名 称
1	航天云网	INDICS 平台
2	树根互联技术有限公司	根云平台
3	华为	Fusion Plant 平台
4	中国电信集团公司	CPS 平台
5	海尔集团	COSMOPlat 平台
6	和利时	HiaCloud 平台
7	索为	SYSWARE 平台
8	东方国信	BIOP 平台

续表

序 号	公 司 名 称	平 台 名 称
9	中国船舶工业系统工程研究院	船舶工业智能运营平台
	中船黄埔文冲船舶有限公司	
	北京中船信息科技有限公司	
10	寄云科技	NeuSeer 平台
11	普奥云	ProudThink 平台
12	中国移动	OneNET 平台
13	石化盈科	ProMACE 平台
14	浪潮集团	浪潮工业互联网平台
15	阿里云	阿里云 ET 工业大脑平台
16	宝信公司	宝信工业互联网平台
17	智能云科	iSESOL 平台
18	美云智数	MeiCloud 平台
19	富士康科技集团	BEACON 平台

按领域划分,工业互联网平台可以细分为通信领域、互联网领域、软件系统服务领域和垂直领域。通信领域包括以移动、联通、电信、华为、新华三为代表的电信运营商和电信设备商;互联网领域包括阿里、腾讯、百度、小米等;软件系统服务领域包括IBM、微软、PTC等;垂直领域主要分为两部分,包括以三一重工、GE、西门子等为代表的工业类企业和以基本立子、普奥云、机智云、涂鸦智能、寄云等为代表的创业企业。

1.2 工业互联网平台体系架构

1.2.1 工业互联网平台功能架构

工业互联网产业联盟发布了联盟标准《工业互联网平台 通用要求》(AII/001—2017),该标准从功能视角出发,定义了工业互联网平台应提供的功能、性能、安全等基本通用性要求。

从功能实现上,工业互联网平台应面向制造业数字化、网络化、智能化需求,构建基于海量数据采集、汇聚、分析的服务体系,支撑制造资源泛在连接、弹性供给、高效配置的工业云平台,包括边缘连接层、云基础设施层、平台基础能力层、基础应用能力和保障支撑体系。工业互联网平台是工业云平台的延伸发展,本质是在传统云平台的基础上叠加工业互联网、大数据、人工智能等新兴技术,构建更精准、实时、高效的数据采集体系,建设包括存储、集成、访问、分析、管理功能的使能平台,实现工业技术、经验、知识的模型化、软件化、复用化,以工业 App 的形式为制造企业提供各类创新应用,最终形成资源富集、多方参与、合作共赢、协同演进的制造业生态。

从安全实现上,工业互联网平台应在设计、建设、验收、运营等环节保持平台建

设与平台安全可信可控并行。

从性能实现上,工业互联网平台应达到实例高可用性、数据高可靠性、高数据持久性、高服务可用性。同时,平台应具备自动宕机迁移、自动快照备份、服务的数据本地副本、跨机房或异地备份、CPU、内存、带宽等关键资源随时升级,升级配置数据不丢失,业务暂停时间可控,按照用户需求更改虚拟主机及服务模块配置等能力要求。

结合行业制定的技术标准和相关规范,工业互联网产业联盟在《工业互联网平台白皮书(2017)》中提出了多层级的工业互联网平台功能架构,如图 1-2 所示,包括边缘层、IaaS 层、平台层、应用层,以及贯穿各层级的安全防护。

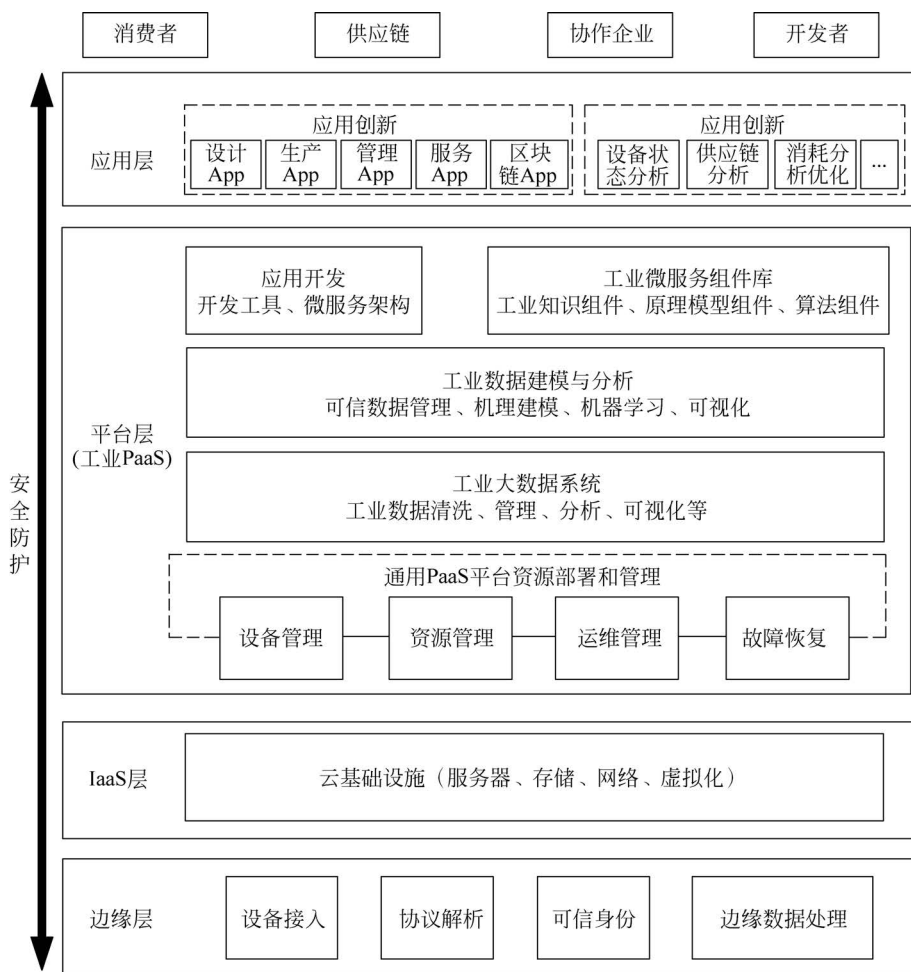


图 1-2 工业互联网平台功能架构

第一层是边缘层,通过大范围、深层次的数据采集,以及异构数据的协议转换与边缘处理,构建工业互联网平台的数据基础。边缘层的功能包括:一是通过各

类通信手段接入不同设备、系统和产品,采集海量数据;二是依托协议转换技术实现多源异构数据的归一化和边缘集成;三是利用边缘计算设备实现底层数据的汇聚处理,将核心数据上传到云端。

第二层是 IaaS 层,工业互联网平台包括 IaaS 基础设施,以及涵盖整个工业系统的安全管理体系,这些构成了工业互联网平台的基础支撑和重要保障。

第三层是平台层,基于通用 PaaS 叠加大数据处理、工业数据分析、工业微服务等创新功能,构建可扩展的开放式云操作系统。平台层的功能包括:一是提供工业数据管理能力,将数据科学与工业机理结合,帮助制造企业构建工业数据分析能力,实现数据价值挖掘;二是把技术、知识、经验等资源固化为可移植、可复用的工业微服务组件库,供开发者调用;三是构建应用开发环境,借助微服务组件和工业应用开发工具,帮助用户快速构建定制化的工业 App。

第四层是应用层,形成了满足不同行业、不同场景的工业 SaaS 和工业 App,从而实现工业互联网平台的最终价值。应用层的功能包括:一是提供了设计、生产、管理、服务等一系列创新性业务应用;二是构建了良好的工业 App 创新环境,使开发者基于平台数据及微服务功能实现应用创新。

基于上述完整的功能体系架构,工业互联网平台的特征主要包括泛在连接、云化服务、知识积累、应用创新四个方面。其中,泛在连接具备对设备、软件、人员等各类生产要素数据的全面采集能力。云化服务实现基于云计算架构的海量数据存储、管理和计算。知识积累能够提供基于工业知识机理的数据分析能力,并实现知识的固化、积累和复用。应用创新能够调用平台功能及资源,提供开放的工业 App 开发环境,实现工业 App 的创新应用。

1.2.2 工业互联网平台的技术架构

工业互联网平台的建设过程中需要解决一系列技术难题:多种异构工业设备网络的连接、多源数据的深度融合、海量数据的存储与治理、相关数据的建模与分析、工业应用的创新与集成,以及工业知识的积累与迭代等。结合工业互联网平台体系功能架构和应用需求,可以将平台技术划分为基础技术、使能技术和信息安全技术三部分,其总体架构如图 1-3 所示。

1. 基础技术

工业互联网平台的基础技术涉及大规模、深度的数据采集,异构设备的连接,异构数据的协议转换与边缘处理等。数据是平台的基础,工业互联网平台的数据源既有来自企业系统内部的数据,也有来自企业系统外部的数据。当前工业互联网平台建设中的数据采集与传输可能面临以下挑战:传感器的部署不到位、设备智能化水平不高、终端采集的数据少、数据深度不足或数据精度较低等。倘若这些问题无法得到解决,恐难以满足平台的实时分析、智能决策与优化等服务需求。

目前,突破数据采集和传输技术瓶颈的主要方式包括两种:第一种方式是通

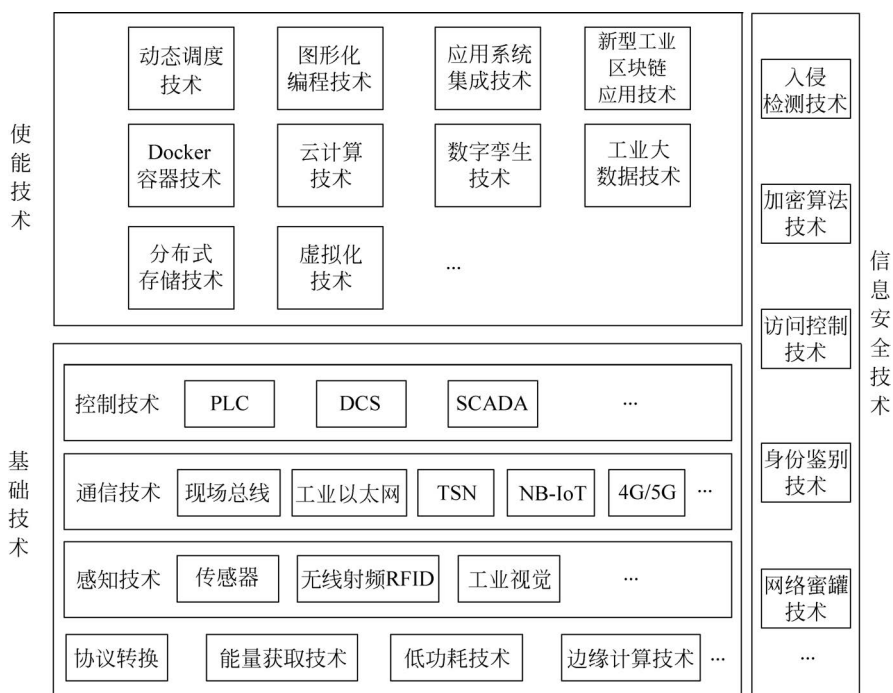


图 1-3 工业互联网平台技术架构

过协议兼容、协议转换实现多源异构数据的采集、传输与交互。该方法的重点在于构建一套能够兼容并转换多种协议的技术产品体系,实现多种现场总线协议、工业以太网协议、无线协议的互联互通。第二种方式则是通过边缘计算等技术在设备终端处进行数据预处理,大幅提高数据采集和传输的效率,降低网络接入、存储和计算的成木,提高现场反馈和控制的实时性。

传感器是获取数据的重要器件,是工业互联网的关键感官,是实现测试与自动控制的重要器件。智能系统的“智能”需要数据作为支撑,而传感器负责对原始数据进行采集和转换,没有数据的智能系统是无本之木,无法实现可靠的智能测试和控制。在工业互联网背景下,传感器技术向着智能传感器、多传感器集成和融合、低功耗和无源化、网络化等方向发展。工业互联网平台中负责数据采集的传感器种类繁多,使用的协议丰富多样,数据联网的协议兼容问题越来越突出,已经成为工业互联网平台顺利运行的掣肘之一。解决协议转换是通过构建一个脱离于具体硬件设备的接口通信服务平台,依据其开放的实时数据库,简化系统异构协议转换和设备联网的过程,异构协议可以转换为标准的协议与其他的设备或者系统联网,实现不同协议设备之间的通信。

边缘计算技术基于高性能计算芯片、实时操作系统、边缘分析算法等技术,利用以智能网关为代表的新型边缘计算设备,在靠近设备或数据源头的网络边缘侧进行数据预处理、存储及智能分析应用,提取海量数据中的关键特征,将处理过的

数据传输到云端,实现智能传感器和设备数据的汇聚处理,以及边缘分析结果向云端平台的间接集成。边缘计算担任着物理世界和数字世界之间连接桥梁的角色,在网络边缘侧就近提供边缘智能服务,使实时业务、应用智能、安全与隐私保护等方面的需求得以满足。在工业互联网平台中,边缘计算在 IT 和 OT 系统的融合方面发挥着重要的作用。

2. 使能技术

工业互联网平台把平台上的所有资源作为一种服务,通过网络对外提供,包括 IT 基础设施、数字化模型、工业操作系统、开发组件和工具资源等,并根据用户适时调度资源,确保资源使用的安全与隔离,为客户提供云计算服务。因此,平台需要实现海量数据的分布式存储、对“大数据”的分布式计算和数据管理、平台资源的统一管理和动态调度,进而对工业数据进行建模和分析,为工业 App 提供了必要的接口、存储计算、开发组件和工具资源等环境支持。

虚拟化技术为云计算服务提供基础架构层面的支撑,是云计算最重要的核心技术之一。从技术上讲,虚拟化是一种在软件中仿真计算机硬件,以虚拟资源为用户提供服务的计算形式,不仅能够提高计算机资源的利用率,还能够提高服务质量。它把应用系统中的硬件动态化地连接起来,不再受物理空间的限制,实现了统一集中管理和物理资源使用。通过虚拟化技术能够使软件应用和底层硬件相隔离,包括两种形式:一种是将单个资源划分成多个虚拟资源的裂分模式;另一种是将多个资源整合成一个虚拟资源的聚合模式。虚拟化技术通过虚拟机监视器程序在一台硬件设备上虚拟出多个具有独立操作系统的虚拟机。

容器是轻量化的虚拟化技术。在这种方法中,软件被认为是虚拟化的容器,所有容器化的应用程序共享同一个操作系统的内核,因此,容器与传统虚拟化相比,具有更低的资源使用粒度,一台设备上可以允许运行超百个容器服务,大大提升了服务器硬件资源的利用率。容器的代表性产品 Docker 的出现是一个标志性的节点。Docker 首次提出了 Build→Ship→Run 的概念,使用镜像方式将应用程序和它所依赖的操作系统类库及运行时环境整体打包,统一交付,消除了传统应用对操作系统、应用服务器不同厂商及版本,甚至对于环境变量、基础函数库 API 调用的深度依赖。因此,容器可以在 Windows、Linux 等主流操作系统上运行,而与底层所使用的平台无关,本质上是一种操作系统级别的虚拟化。应用架构一旦转换为容器并且迁移部署之后,就可以在任何云平台之间无缝迁移。所以,使用容器能够利用镜像快速部署运行服务,实现业务的快速交付,缩短业务的上线周期,极大地方便运维人员的上线部署工作。

1.2.3 工业互联网平台标准

工业互联网平台是工业互联网的核心,工业互联网平台标准体系可参考工业互联网标准体系,如图 1-4 所示,包括基础共性、总体、应用三大类标准。



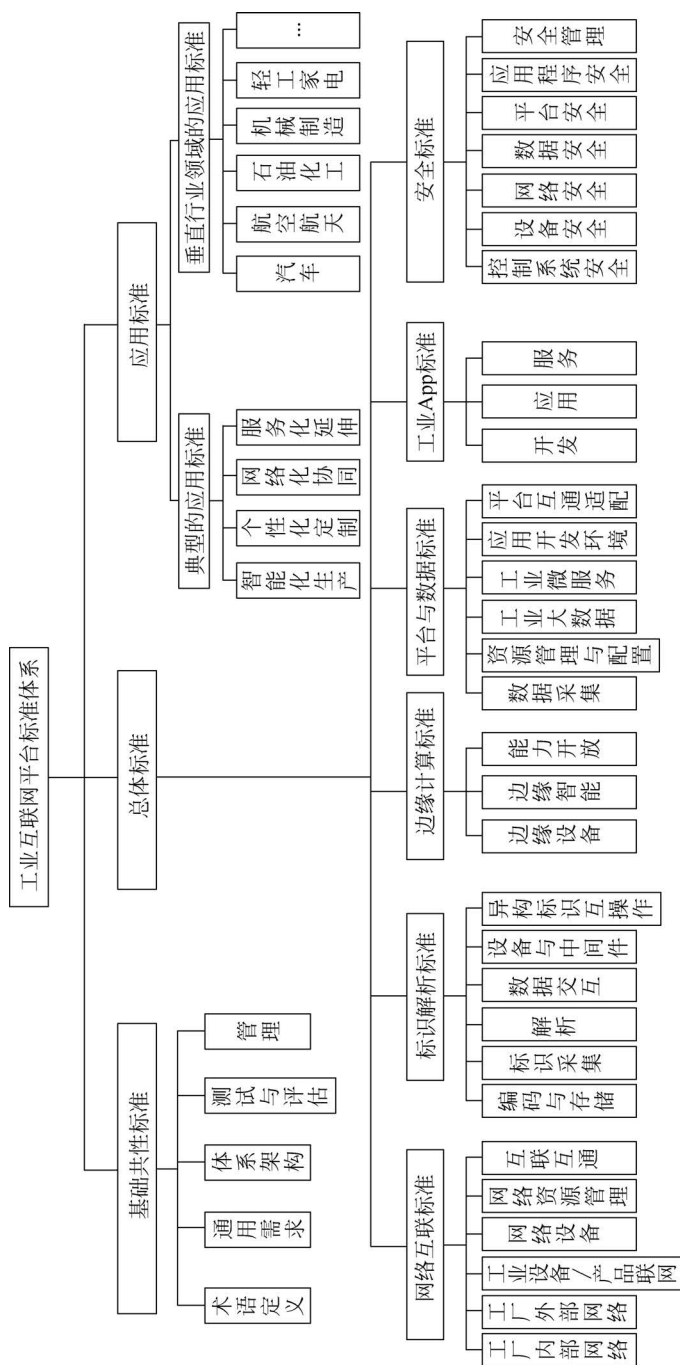


图 1-4 工业互联网平台标准体系