



**开放数据中心委员会**  
*Open Data Center Committee*

[编号 ODCC-2021-05015]

# **工业数据中心的场景需求 分析及技术应用白皮书**

开放数据中心委员会  
2021-09-15 发布

# 目 录

前 言.....	iii
版权说明.....	iv
工业数据中心的场景需求分析及技术应用白皮书 .....	1
1. 引言.....	1
2. 全球相关情况与趋势 .....	2
2.1. 美国.....	2
2.2. 欧洲.....	4
2.3. 日韩.....	5
3. 发展现状.....	6
3.1. 制造业数据中心 .....	6
3.2. 能源业数据中心 .....	8
3.3. 建筑行业数据中心 .....	9
3.4. 小结.....	10
4. 工业场景需求分析 .....	11
4.1. 企业转型.....	11
4.2. 参数自动优化 .....	12
4.3. 边缘计算.....	13
5. 重点技术分析.....	14

5.1. 高质控应用层设计 .....	14
5.2. 基于机器学习的 PUE 智能调优 .....	15
5.3. 边缘数据中心 .....	17
5.4. 以太无损网络 .....	20
5.5. 三站合一 .....	21
5.6. 公共服务平台 .....	23
6. 未来发展趋势 .....	26
6.1. 向工业大脑角色演进 .....	26
6.2. 云计算数据中心继续发挥重要作用 .....	27
6.3. 边缘数据中心将实现边云协同 .....	29
7. 发展建议 .....	30
7.1. 加强支撑服务，完善工业数据中心标准体系 .....	30
7.2. 推动融合应用，培育工业数据中心发展动能 .....	30
7.3. 打造应用示范，树立工业数据中心行业标杆 .....	30
7.4. 加大支持力度，繁荣工业数据中心研究生态 .....	31

# 前 言

为贯彻落实国家大数据发展战略，促进工业数字化转型，本白皮书聚焦先进制造业、能源业、建筑业等工业行业，通过梳理工业数据中心的现状及场景需求并进行研究分析，探索研究工业数据中心全技术架构体系与热点技术推广，凝练工业数据中心赋能我国重点工业行业升级改造的贡献成效，解析工业数据中心未来发展趋势，最终输出针对工业领域数据中心在推动工业互联网高质量发展的场景需求分析及技术应用白皮书。

后续将通过联动上下游企业，调研工业数据中心升级改造实际应用，协同推动工业互联网与数据中心在工业领域的深度融合，形成完整架构，助力工业数据中心产业高质量发展。

起草单位：中国信息通信研究院（云计算与大数据研究所），华为技术有限公司，中国电信北京研究院

起草者：郭亮，李洁，谢丽娜，许可欣，朱朝阳，申连腾，李凌，钱声攀，殷悦，孙黎阳，王峰，吕航，李佳聪，桂冠，杨洁，刘淼，王天伟，钟桂东，张鑫，王勇龙，赵丰华，柳翔，刘静，张震，丁敬萍，向波，郭静静，甘伟

## 版权说明

ODCC（开放数据中心委员会）发布的各项成果，受《著作权法》保护，编制单位共同享有著作权。

转载、摘编或利用其它方式使用 ODCC 成果中的文字或者观点的，应注明来源：“开放数据中心委员会”。

对于未经著作权人书面同意而实施的剽窃、复制、修改、销售、改编、汇编和翻译出版等侵权行为，ODCC 及有关单位将追究其法律责任，感谢各单位的配合与支持。



开放数据中心委员会  
Open Data Center Committee



# 工业数据中心的场景需求分析 及技术应用白皮书

## 1. 引言

当前，工业互联网等新技术的发展进入快速道，同时驱动数据中心加速技术创新和变革，数据中心已成为技术密集型新型基础设施。相对于技术敏感性较高、业务场景需求解决方案成熟的互联网、通信领域的数据中心来说，大多数工业数据中心在设计建设之初、部署运维之时，基础设施及 IT 设备的相关技术均处于起步阶段。

相对于互联网、通信、金融等领域的数据中心，我国工业企业的数据中心的配套基础设施老旧，物理设施用了十几年之久，很多机房设立在办公楼内，在 20 世纪 90 年代，工业企业的机房规模多为 200-300 平米，截止目前，我国工业数据中心规模大多为中小型，在供电架构、制冷方案等基础设施层面仍偏向于采用“UPS+市电”和传统风冷的技术模式。在工业数据中心建设与发展过程中，是多方基于数据中心多层架构综合作用的整体战。数据中心基础设施的传统设计理念制约其支撑 IT 系统的能力，必然限制上层应用的惠普与创新。

工业数据中心在基础设施的建设要求、运维方式等方面业界尚未形成统一。多年来，互联网数据中心已有多项国标、行标作为产业建设发展、技术创新的依据：2013 年，中国通信标准化协会发布 YDT 2542《电信互联网数据中心（IDC）总体技术要求》等四项行业标准，开创数据中心行业标准先河；2018 年，全国金融标准化技术委员会金融 IT 基础设施标准工作组成立，中国信通院牵头金融数据中心多项技术标准研究；2020 年，国家电网发布企业标准《高效能数据中心能耗管理技术导则》，该标准规定了对高效能数据中心的能耗采集要求、基础资源调度要求、能效监测及评估要求，将会用于对国网数据中心能耗的评估和管理。

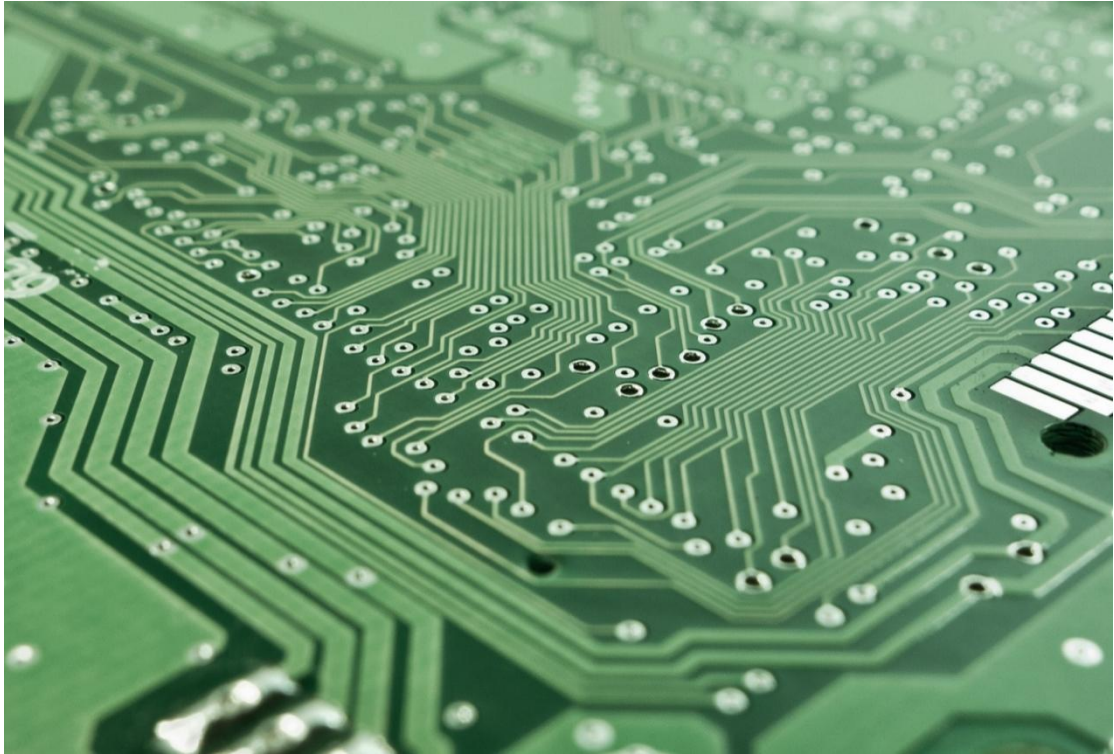


传统的工业数据中心在基础设施设计、建设等方面存在不足，技术方面处于起步阶段，技术标准在业界尚未形成统一。为适应经济社会发展的新形势新要求，推进工业企业高质量发展已成为建设制造强国的必由之路，找寻工业数据中心在工业互联网大发展下的突破点就显得尤为重要，本白皮书围绕工业领域先进制造业、能源、建筑三大代表行业的业务场景下的数据中心案例进行分析和研究。

## 2. 全球相关情况与趋势

### 2.1. 美国

美国依托工业互联网聚焦工业，注重平台优势。美国将工业互联网聚焦在工业领域的应用，主要由跨国龙头企业和产业组织推进，致力于发展基于平台的制造业新模式、新产业、新生态。跟踪国际动态，研究国外的先进经验，可为我国进行工业数据中心赋能实践提供借鉴意义。



美国始终积极聚合全球力量协同推进发展。美国 GE、IBM、Intel 等龙头企业牵头建立的国际工业互联网联盟（IIC），已成为全球最重要的工业互联网产业推广组织之一。巨头企业展示出强大的平台构建能力。GE 整合石油化工、能源风电、航空等领域的先进解决方案资源；微软将工业领域作为 Azure 云平台拓展的重要新领域；IBM Bluemix、思科的 Jasper 和 PTC Thing\_x0002\_worx 等平台，也不断向工业领域拓展，为工业互联网提供通用的连接、计算、存储能力。

战略性在前沿技术领域开展前瞻性布局。新技术方面，无线网络技术在工业领域的应用不断深化，霍尼韦尔等均推出了基于无线技术的整机设备和成套系统，无线网络应用范围正从信息采集、网络监控和预警等非实时控制向工业实时控制领域渗透。

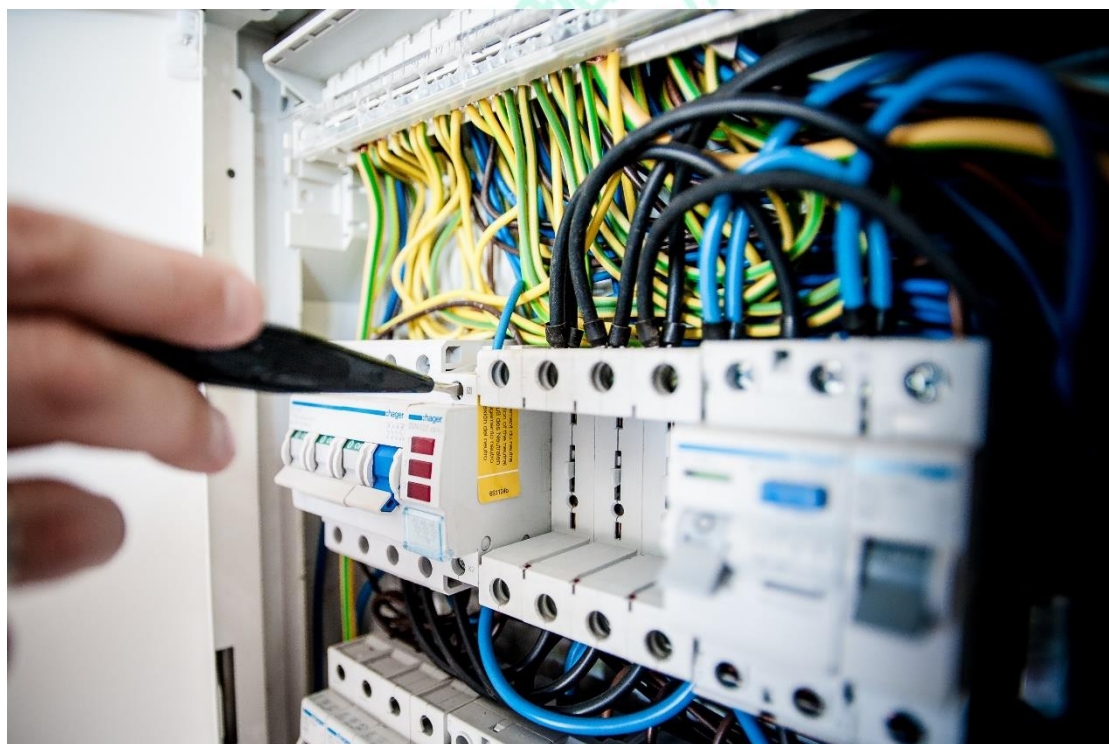
据市场研究机构 IOT ANALYTICS 近日发布的《物联网创业企业报告 2019》显示，2019 年度全球排名前 10 位的物联网公司 7 家来自美国，美国在推动制造业网络化、智能化升级方面具有天然优势。GE、波音、洛克希德马丁等广大制造企业积极推动工业互联网技术创新和应用部署，数字化制造仍然是美国先进制造战略的重点领域。



## 2.2. 欧洲

以德国、瑞士、法国为代表的欧洲国家，在制造业自动化领先的基础上，不断强化信息技术应用，加快数字化工业布局，进一步彰显高端融合优势，在全球工业互联网产业体系中的影响力不断扩大。西门子将工业互联网作为数字化转型的关键杠杆，在《愿景 2020+》中明确将数字化工业作为未来三大业务方向之一，并联合库卡、费斯托、艾森曼集团等 18 家合作伙伴共同创建“MindSphere World”，全力打造 MindSphere 平台的生态系统。

瑞士 ABB 与 IBM 合作提升 ABB Ability 平台的计算和分析能力，目前该平台已汇集了 210 多个数字化解决方案；法国施耐德通过构建开放性、交互性、全面覆盖工厂及机器设备的工业互联网平台——EcoStruxure 平台，重新定义工业领域卓越运营的新标准，实现简化运营和提质增效，目前该平台已部署在全球超过 48 万个安装现场，得到 20000 多名开发者和系统集成商的支持。



同时，欧洲企业加强工业 4.0 与工业互联网协同推进，在架构、安全、测试床等方面开展务实合作。

### 2.3. 日韩

日本积极推进自动化和生产制造的先进能力与工业互联网融合发展,加速部署工业互联网产业,在平台研发与应用探索方面取得显著成效。日立、东芝分别构建 Lumada、SPINEX 平台,在优化自身价值链、降低运营成本的同时也为客户创造新价值。三菱、日立、富士等借助与 IIC 的深度合作积极输出实践与方案。

日本电气、三菱、欧姆龙等企业在推进工业互联网过程中联合成立 Edgexcross 联盟,通过边缘计算的开源试图解决工厂设备接入、数据互通和边缘智能部署等问题,实现“工业互联网+工厂自动化”的发展。



韩国将机器人、人工智能、自动驾驶和 3D 打印确立为智能制造产业发展的主攻方向。韩国三大运营商 SK 电讯、KT 和 LG U+同时推出面向汽车制造、机械制造企业的 5G 服务,旨在通过启动智能工厂服务加速布局工业互联网应用,提高制造业业务效率和竞争力。三星和 AT&T 合作在德克萨斯州奥斯汀创建了美国首个以制造业为主的 5G“创新区”,测试平台的目标是提供对 5G 如何影响制造的真实世界的理解,并提供对智能工厂未来的洞察。2019 年 2 月,三星、思科和 Orange 在巴塞罗那的 MWC19 上推出了无人机和工业机器人两款工业 5G

应用，加快 5G 在工业互联领域的应用部署。

### 3. 发展现状

通过对典型工业企业数据中心基础设施及 IT 设备现状与需求的梳理，发现电力电网企业数据中心因设备的低利用率导致高 PUE<sup>1</sup>产生的问题比较显著；轨道制造业更为关注数据传输速度，对于数据中心设备的实时监控需求程度较高；建筑工程企业作为工业企业较为特殊的一环，同其它工业技术企业相较而言，智能化水平较低，数据中心节能技术应用程度低。



图 1 工业数据中心现状及需求 - 典型企业

同时，调研结果显示，我国典型工业企业数据中心对制冷、绿色、技术创新等数据中心的部署情况还处于初级阶段。

#### 3.1. 制造业数据中心

当前，制造业数字化转型逐步加快，日益增长的数据应用对数据中心需求提高。随着信息通信技术的发展及其与传统产业的融合加深，越来越多制造业企业

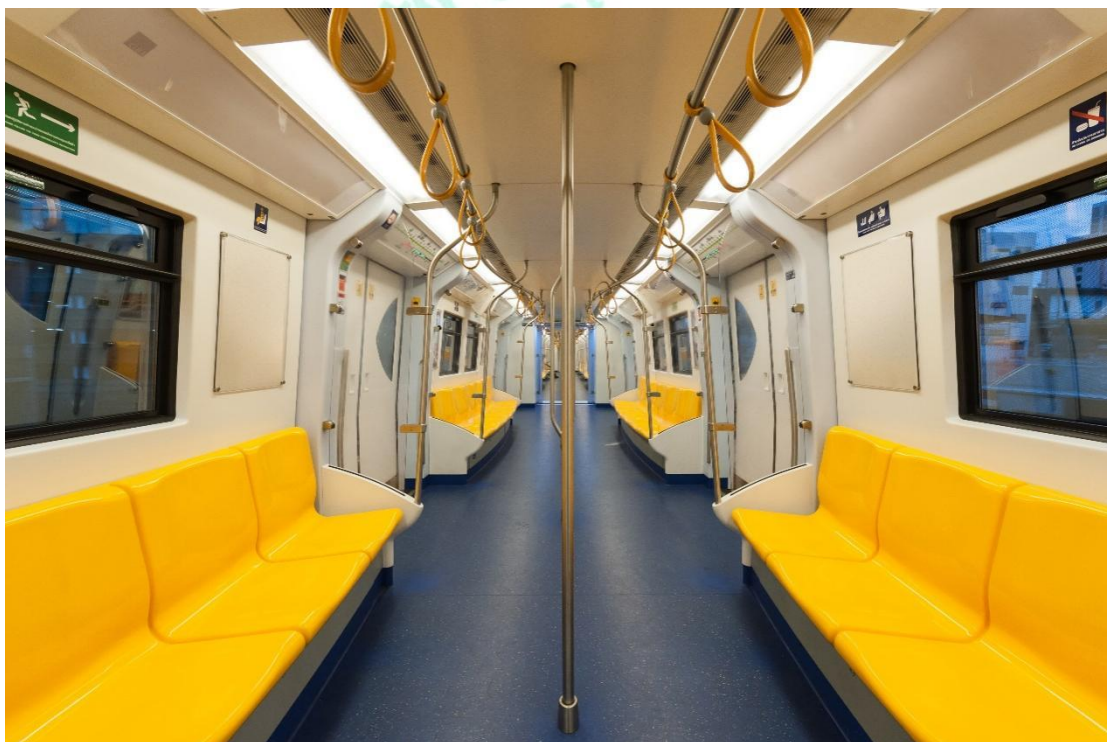
<sup>1</sup> PUE=Pa11/PIT，其中 Pa11 指的是一个数据中心的全年总体累计电能消耗，单位为 kWh；PIT 为整个数据中心的 IT 设备全年累计电能消耗，单位同样为 kWh。因此，PUE 为一个没有单位的参数，且最小值为 1。该指标最早于 2007 年由绿色网络组织(The Green Grid, TGG)提出，用来评价数据中心能源利用效率，并得到广泛使用。



的数字化转型加快、数据应用日趋丰富、数据量呈几何倍增长，由此带来的数据分析、数据管理、数据存储等业务需求逐渐提高。此外，随着工业物联网在制造业的广泛应用，制造业企业需操控管理庞大的联网设备群，所面临的数据不仅数量快速增长，形式也复杂多样。

除了传统的结构化文本数据，还包括越来越多的图像、视频、声音等非结构性数据，这些数据蜂拥而来，快速高效地存储、管理、应用这些数据的诉求，使得制造业企业对数据中心的需求越来越高。

受疫情限制，在使用工人和采用传统生产、管理手段比较多的制造企业中，由于工人不能如期复工，生产经营受到极大影响。传统制造企业在生产、运维及安全等方面存在设备互联互通难、数据采集难、无法实时控制、智能性低、安全可靠有风险等问题。传统的工业质检方法简单，无法自适应，泛用性低，并且人工成本高。AI 处理的时延较高，安全上存在误报、漏报、瞒报等现象严重。在空间维度上也无法做到监管的面面俱到，在时间维度上更是滞后，对于灾情与风险的处置往往由于数据滞后导致不准确、不及时。





### 【制造业数据中心项目应用案例-威奥智能制造大数据中心】

**项目介绍：**通过私有云虚拟化技术，实现了计算资源池、存储资源池、网络资源池，在运维、灾备建设、故障切换上有质的飞跃，实现业务的连续性。在硬件设备不增加或者少量增加的情况下，实现了业务需求的增长。减少了能耗、空间，实现资源最大化利用，效果良好。

**工业数据中心助力传统工业升级：**在资源池内搭建虚拟服务器变的简单，硬件资源进行初期设计即可使用，实现业务系统快速搭建，加快业务上线周期；现有数据中心，服务器升级变得简单，可以随时按需分配资源。保证了业务系统的服务质量，缩短了升级时间；现有数据中心，在有新的业务需求时，只需使用资源池里面多余的资源构建新的业务系统即可，增加了资源利用率，节省了硬件成本，也节省了机房空间、电力等成本。

## 3.2. 能源业数据中心

能源行业数据中心主要用于行业的数据承载，包括生产线的管理和企业 OA 的承载等方面。调研发现，中国石油集团某研究院的数据中心在配电、制冷、UPS 谐波、承重等方面均存在问题，制约数据中心应用发展。

- **配电：**设计时认为用电量不是很大，所以 2003 年数据中心搬迁时，就只有一台 1000 千伏安变压器和一台 800 千伏安的变压器。
- **制冷：**采用空调制冷，会产生漏水问题；数据中心离石油集团家属区非常近，因空调室外机的噪音问题，经常产生扰民现象。
- **UPS 谐波：**UPS 的谐波源导致出现电脑发热比较快、变压器噪音大、电容的补偿装置出现问题，电子器件烧毁等问题。
- **承重：**2003 年机房搬迁之后，设计的负荷是 650 公斤，高密度发展导致一个 800 平米的机房，放置了 130 多个机柜，局部负载过重，浇筑层出现裂纹。



#### 【能源业数据中心项目应用案例-中国石化润滑油边缘数据中心】

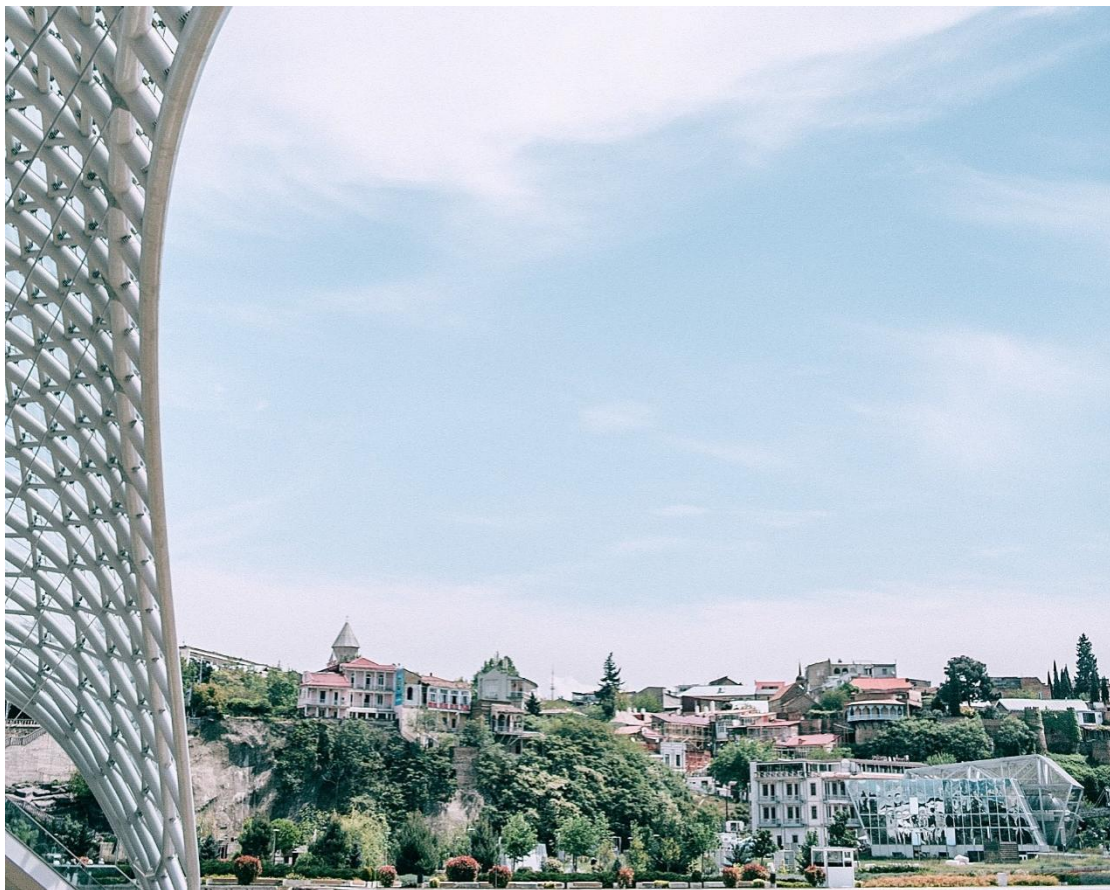
项目介绍：该 IDC 共 2 个机架，6 台服务器，规模相对较小。在助力传统工业升级方面，具有一定的收益：应用计算机指令控制设备运行，精准度得到极大提升；集成统一的生产营运平台，满足工厂的信息需求，满足个性化、柔性化、多批次智能制造标准。

### 3.3. 建筑行业数据中心

建筑行业数据中心有部分部署在工地现场，支撑工程的实际开展，对于项目的进度和质量的把控具有重要意义。

根据前期调研发现，某工程企业数据中心的 BA 楼宇控制系统使用的某公司的控制器，控制该楼的空调系统、给排水系统及冷热源系统。并且对各个会议室的风机盘管进行监控，将数据记录到控制室的监控电脑中，对其进行统一的控制。

共有控制点 2000 余个，分为 3 条总线来控制，已尽量将控制点分散，但传统的楼宇自动化系统无法做到智能化调优，即根据以往积累的大量历史数据进行整合、分析、预测，将故障的影响减到最轻。



### 3.4. 小结

根据对三大工业领域数据中心调研情况，工业数据中心对技术提出了迫切需求。相对于智能制造全球领军者的美德等国家而言，我国大多数制造企业处于数字化转型初期阶段，助力一批企业尤其是中小型企业上云，获得 SaaS、PaaS 等服务，高效、高可靠、极速响应的无损数据中心是云化、数字化转型趋势下制造业最为迫切的诉求。

能源行业数据中心普遍存在空间利用率低、机械制冷和风冷效率低、传统服务器冗余部件多等导致 PUE 高等现象；设备存在利用率低、L1/L2 层设备无法协调联动、L3 层业务应用无法联动控制设备功耗等问题，需要进行能耗调优。

大多建筑工程企业的建筑信息模型、参数化智能模型还处于空白领域，无法建设面向行业的平台。亟需高效能数据中心支撑其整体信息化水平，运用人工智能等技术手段达成数据中心参数自动调优。



## 4. 工业场景需求分析

### 4.1. 企业转型

以中小型制造企业为例，其对工业大数据集中管控、处理、分析及利用存在需求，集中诉求体现在构建在线感知、实时分析、智能决策、精准执行的能力，支撑企业从生产型制造向服务型制造转型。青岛威奥轨道股份有限公司在生产线数据应用、潮汐制造、供应链分析优化等场景，青岛元启工业技术有限公司在电镀车间信息化改造、机加工车间信息化平台等场景，华友新能源科技有限公司在市场精准营销、精细化生产运营管理等场景均存在需求，以期挣脱生产型制造的桎梏。

工业企业数据中心多采用传统技术建设，无法满足大量的结构化数据、非结构化数据、地理信息数据和海量的实时数据的不断增长的全存储需求，导致 IT 设备层建设成本高、扩展性不强、计算处理及分析挖掘能力有限。



数据中心的绿色化发展可以体现在技术水平上，以建筑行业数据中心为例，其采用的传统楼宇控制系统已无法满足智能化和节能化的数据中心建设要求，从



而导致各种设备及基础设施的耗电量过高，需要综合数据中心基础设施层及 IT 层进行整体架构设计，提升工业数据中心信息化、智能化水平。

## 4.2. 参数自动优化

自 2013 年起，经中国信通院（云大所）测试的众多数据中心 PUE 结果显示，参测数据中心 PUE 已经由 1.4~1.5 区间降低到 1.2~1.3 区间，最佳 PUE 在不断创新低<sup>2</sup>。其中表现良好的大部分为互联网和通信行业大型数据中心。经专家访谈发现，工业数据中心能源效率普遍偏低，造成能源浪费。于企业而言，数据中心电费已成为很大一笔开支，大幅侵蚀企业的经营利润。工业领域数据中心存在着较大的节能空间，迫切需要利用机器学习算法进行能耗调优。



基于机器学习算法可通过强化学习算法优化 PUE、通过监督学习算法进行运维参数优化、通过无监督学习算法提高数据中心可靠性。谷歌 DeepMind 通过机器学习算法进行能耗调优已有实践，使用其机器学习系统，自动管理其数据中心的冷却架构，并持续分析 21 个变量，如空气温度、功率负载和内部气压等。

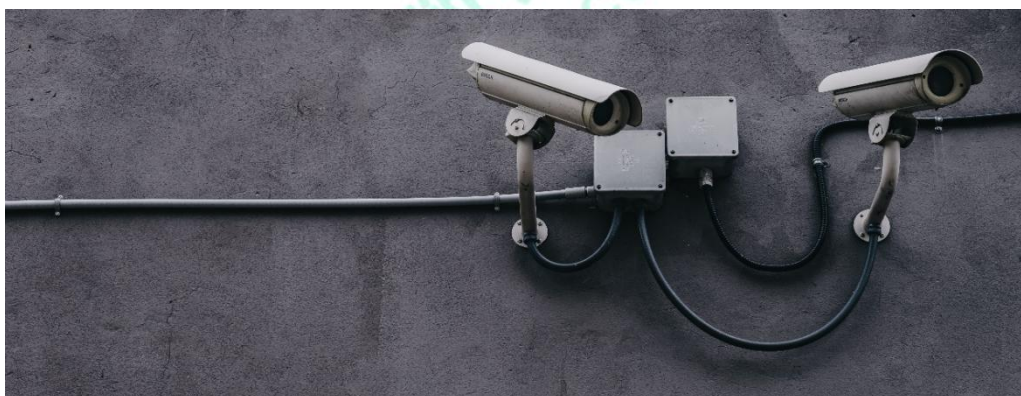
2 《数据中心白皮书（2020）》，中国信息通信研究院&开放数据中心委员会，2020

2018 年，实现冷却系统所需能耗减少 40%，实现 PUE 值 1.06。

### 4.3. 边缘计算

制造业的信息化发展和工业互联网建设较依赖边缘数据中心提供边缘计算服务。随着制造业务应用对低时延、高可靠的要求不断提高，只有将计算能力下沉匹配物联网中海量终端节点对于处理能力的要求，才能更好的在万物互联中实现智能化。边缘数据中心靠近应用侧且拥有远高于设备级的计算能力，可更好地实现数据的实时计算。

当前，由于 5G 所带来的低时延工业互联网场景还未完全明朗化，边缘数据中心的规模还并不高，其内部形态、网络架构、定制化设备等还需要经过一段探索历程。但未来，无论是制造业的信息化发展还是我国推行的工业互联网建设，均需要大量的边缘数据中心负责实时、短周期数据的分析，以更好地支撑本地业务及时处理执行，边缘数据中心是大势所趋。



随着工业互联网的迅猛发展，边缘终端设备的数量迅速增加，同时边缘终端设备所产生的数据量已达到 ZB 级别。集中式数据处理已经不能满足边缘终端设备所产生的数据需求。数据中心的集中式处理时代已逐渐转入以万物互联为核心的边缘计算时代。

在最靠近物理设备的工业现场，利用有限的硬件资源，完成设备层数据采集、协议转换、数据上传、数据存储、数据分析等操作，并与部署在边侧的系统配合。依托边缘计算，工厂外部可实现生产企业与智能产品、用户、协作企业等工业全

环节的广泛互联；工厂内部可实现工厂内生产装备、信息采集设备、生产关系系统和人等生产要素的广泛互联。

## 5. 重点技术分析

基于工业数据中心各层基础架构，基础设施层、IT 层、应用层均有其痛点所在。在建设部署高密度数据中心、云计算数据中心时，需要针对暖通制冷系统、供电系统、监控系统、消防及照明系统探索高效制冷、供电集群技术；在智慧工厂、智慧车间、智能生产线等工业场景下，需要探索先进网络技术、边缘计算技术；而在远程运维、运行数据、故障分析场景下，需要联合探索智能调优技术。

工业数据中心采用技术可赋能重点工业场景，聚焦生产、聚焦绿色、聚焦转型。对于离散制造业而言，以智能车间、智能监控系统、智能供应系统、智能平台为重点业务场景；能源业来说，更加注重低碳清洁及安全高效；建筑领域较为关注数字化转型。

### 5.1. 高质控应用层设计

传统的数据中心因缺乏统一的信息资源规划及海量数据管理整合能力，无法满足智能化需求。故工业数据中心应按高质控需求进行应用层设计，基于高质控需求进行应用层架构设计，可实现：

#### ➤ 数据集中管控

为产品全生命周期数据提供集中存储，提供大数据统一管理平台，包括但不限于数据质量管理、存储管理、大数据计算管理、算法管理。

#### ➤ 支持多源数据整合

提供各类源数据向数据中心的抽取、传输、转换和加载，支持对海量及动态变化的物联网数据集成，支持对各类文档、视频、模型、图纸等非结构化数据的集成。

## ➤ 数据挖掘分析

基于大数据技术对工程制造、企业管理等方面的数据进行分析、挖掘。通过运营辅助决策、预算评估、风险预警等应用，为决策层提供科学的决策支撑；通过生产可视化、运营可视化、生产协同、采购协同等应用，为管理层提供生产运营过程的透明化管理；通过设备故障智能诊断、工艺参数优化、产品质量分析等应用，帮助执行层解决业务关键问题。

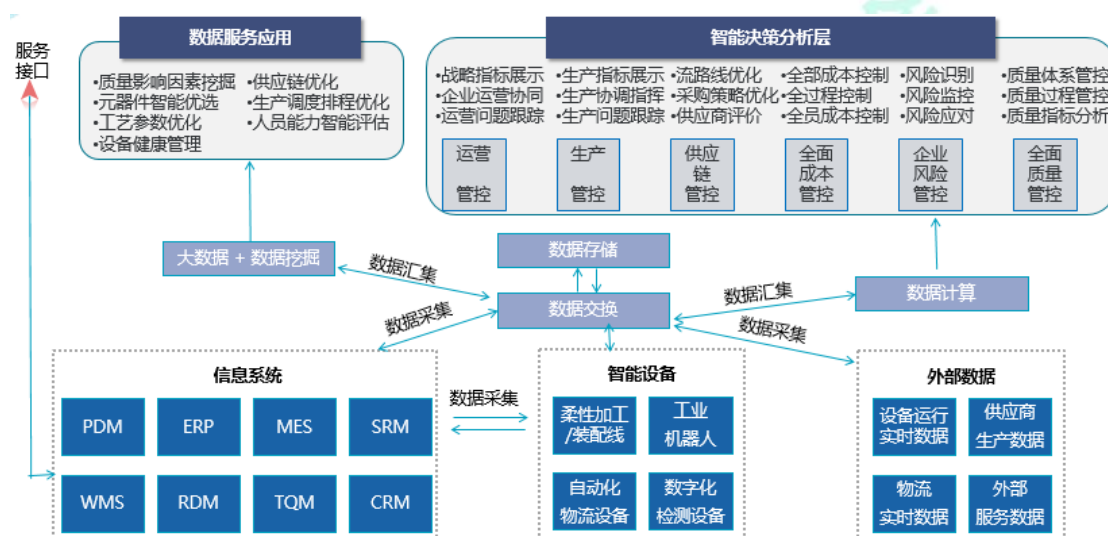


图 2 先进制造业数据中心上层应用设计架构图

先进制造业不断溢出更多场景，以智慧工厂为例，高端数控机床、工业机器人、3D 打印等工业场景均需要工业数据中心以软件资源整合调度为切入点探索智慧工厂内部数据处理、采集、存储、交互的高质高效解决方案。以先进制造业为例的工业数据中心上层应用设计架构如下图所示。

## 5.2. 基于机器学习的 PUE 智能调优

在工业企业数字化转型的过程中，数据中心全方位优化部署成为了迫切需求。衡量数据中心性能的标准即为可定义、可量化的一系列数据中心关键参数。对基础设施层及服务器层等核心参数的具体优化方法，可以形成数据中心参数自动优化的设计路径，助力传统工业企业数字化转型。工业领域数据中心可借鉴业界开展的基于机器学习的数据中心参数自动优化关键技术研究，提升数据中心整体智能化水平，助力企业提质增效。



### ➤ 运维参数优化：监督学习算法

运维人员在历史数据中标记出异常，通过不同类型的检测器提取出异常特征，将异常检测问题转化为机器学习中监督式的分类问题，分析算法中参数的分布规律，进行不同参数下学习效果的评估，将此规律应用于机器学习的模型训练，达到自动选择合适参数的目的。

### ➤ 可靠性提升：无监督学习算法

对大型服务器集群内部的故障进行根因故障分析，以此提高数据中心的可靠性参数。基于人工智能的运维，以告警事件、业务日志、网络及业务拓扑等为管理对象，通过算法智能降噪、算法智能聚类的管理过程，依托无监督方式的机器学习算法技术来实现智能事件关系整合。在海量的故障事件中高速、精准定位问题，解析原因，提高解决问题的速度。

工业数据中心参数模型如下所示。



图 3 工业数据中心参数模型

工业数据中心参数智能调优流程需要分步进行，首先对工业数据中心的海量数据进行采集和治理，采集是指在工业数据中心采集多种参数，实时收集该数据中心连续多月的运行数据；治理是指数据经过脱敏、归一、降噪、去重等治理形成高质量的训练数据集。采集治理后再根据数据分布及模型复杂度进行算法模型选择及调优，分为以下三步：

### ➤ 模型训练

对治理后的数据进行特征工程，并评估多种机器学习模型对能耗预测的拟合精度后确定算法，生成数据中心 PUE 预测模型。

### ➤ 策略推理

利用遗传算法，寻找出最符合当前工业数据中心 IT 负载、室外环境，并且符合业务保障的控制参数组合。

### ➤ 模型迁移

在气候条件、制冷架构基本相同的工业数据中心，利用迁移学习，实现节能效果的轻松复制。

基于机器学习的工业数据中心 PUE 参数智能调优可最终实现在给定的天气条件、IT 负载、业务 SLA 等输入的情况下，通过深度神经网络模型进行能耗拟合及预测，并结合寻优算法，推理出最优 PUE 下的对应的系统控制参数，实现数据中心能效自动化调优。

## 5.3. 边缘数据中心

时延要求驱动数据中心靠近用户建设边缘数据中心，负责实时、短周期数据的分析，支撑本地业务及时处理执行，减少网络流量以及降低往返时延，具备实时性、隐私性、能耗低等特点。边缘计算是在靠近物或数据源头的网络边缘侧，融合网络、计算、存储、应用核心能力的分布式开放平台（架构），其可以就近提供计算服务，满足应用对于计算能力的需求。边缘数据中心靠近应用侧且拥有远高于设备级的计算能力，可更好地实现数据的实时计算。此外，边缘数据中心在云与端之间的协作方面具有重要的作用，是工业互联网需要重点攻关的技术之一。



端边结合指在靠近物或数据源头的网络边缘侧，通过利用有限的硬件资源，实现控制、分析操作在本地设备上，而无需交由云端处理的一种方式。这种方式将大大提升处理效率，减轻云端的负荷。由于更加靠近末端设备，还可以为末端设备提供更快的响应，将需求在边缘侧进行解决。工业互联网主要是将生产设备、人和产品的数据采集到云端计算平台，再利用软件系统和机器学习技术进行分析和预测。

通过端侧设备计算能力对比发现，边缘计算的优势体现在三大方面，可提升算力，解决端侧设备神经网络计算问题；可使功耗逐渐降低，相比于机架式服务器，功耗低至 5W 至 15W，减少设备发热与耗电量；可减小体积，芯片体积缩小到  $7\text{ cm}^3$  至  $30\text{ cm}^3$ ，推动芯片体积更小化趋势发展。

边缘计算云平台可实现对设备及数据的管理、对工业制造型企业涉及的业务通过可视化方式进行链式编排、场景化编排，达成工厂内部各要素泛在智联。边缘计算云平台具备分布式、虚拟化、微服务的特性，可实现以下三大功能：

#### ➤ 平台基础设施自我管理

平台虚拟化的方式实现一套代码，多处部署良好扩展方式，通过良好的自我

管理实现平台的安全、可靠与一致。

➤ 支持数据的全生命周期管理

通过边缘平台实现从数据产生到销毁的全过程管理,包括数据的采集、处理、分析、转发、存储以及定位。

➤ 按需加载及灵活使用

配合神经网络计算芯片提供多样化、智能化的边缘应用,结合虚拟化与微服务架构,实现应用的个性化按需加载。



图 4 边缘计算云平台架构

调研追踪发现,某产业园智能工厂自应用端边一体化系统架构以来,实现工厂智能化生产及运营管理。自落地实施以来,大大提高自动化管理能力,提高工厂运营效率,资源利用率提升约 62.4%,产能提升 9.8%,产品下线一次合格率提升 0.8%,平均库龄减少一个月。同时自动化设备能够保障 24 小时稳定生产,节



省人员投入成本，人员伤害等生产事故的发生概率降低，保障安全生产，成效显著。

#### 5.4. 以太无损网络

网络是数据中心内和数据中心间跑数据的高速通道，为了使大规模云服务能满足实时交互的延迟要求，应用和存储必须分而治之。目前，数据中心中有非常多的数据需要处理，而数据的真正价值在于能否快速地被提炼出对我们有用的信息和行动<sup>3</sup>。如图所示，高性能分布式并行计算，本质上是网络性能要向内存访问看齐。

有损网络下，数据拷贝会引入延迟抖动、拥塞丢包等性能损失，造成处理器空闲等待数据，并拖累整体并行计算性能，导致无法通过简单增加处理器数量来提升总体计算性能。分布式系统里的并行性取决于同步信息和参数分布，信息传递时，由于 Incast 和混乱流，网络流量模型会先天性地引起拥塞，如果不加以管控，拥塞就会导致网络的全面损失：丢包损失、延迟损失和吞吐损失。未来成功的数据中心必须要消除这种损失。

3 《ODCC-2018-05007 无损网络技术与应用白皮书》

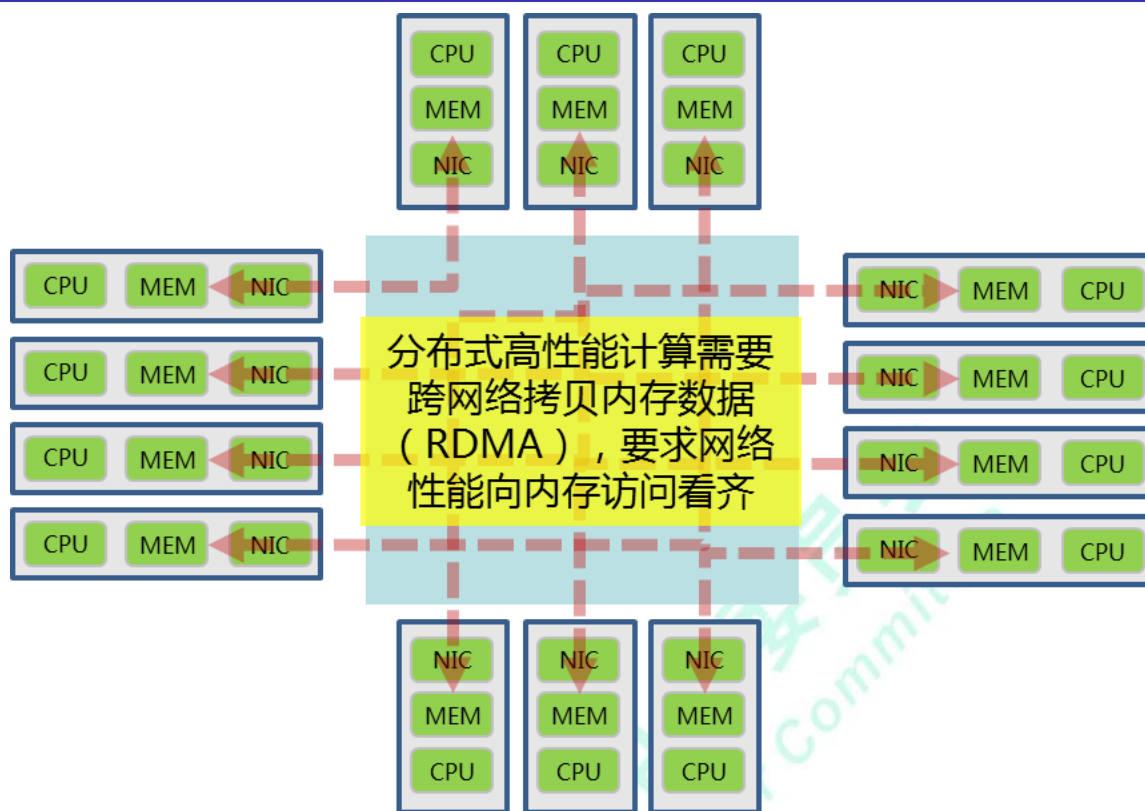


图 5 高性能分布式并行计算

与此同时，高性能传输技术的产生，40G/100G/400G 以太网和 RDMA 等高性能的商业网络技术的快速发展，可以很好的替代原先昂贵的专属存储网络。如何利用网络将计算资源和存储资源结合起来，并进行统一的管理和协同操作，这时提供具有低时延和高带宽的互连网络，对于提升资源利用效率和满足应用程序的性能需求具有重要的实际意义。同时，随着无限带宽技术、40G/100G/400G 以太网以及第六代光纤通道技术的成熟，高速的网络传输将远端存储和本地存储的差距拉得越来越近。这样，利用高性能的互连网络，可以将物理上分布式部署的存储资源整合在一起，并进行统一管理调度。

### 5.5. 三站合一

国网公司 2019 年 1 月印发《关于新时代改革“再出发”加快建设世界一流能源互联网企业的意见》（国家电网办[2019]1 号），将“培育壮大发展新动能，创新能源互联网业态”列为年度重点工作，并要求“研究探索利用变电站资源建设运营充换电（储能）站和数据中心站的新模式”，即开展变电站“一站多能”工作。

变电站功能拓展，旨在利用电网基础设施和独特的数据资源优势，大力培育先进业务，打造能源互联网生态圈，在新的更高层次形成核心竞争力。通过深入挖掘变电站站址资源价值，发挥变电站布点和网络优势，将传统变电节点转变为具备源、网、荷、储等特征的能量双向有序流动的能源枢纽，以及为泛在电力物联网云物互联、物物协同提供基础设施的数据枢纽，对国网公司来说实现营、配、调、规各专业横向贯通，打造业务枢纽。实现“能源流”、“数据流”、“业务流”的三流合一，最终为社会提供包括充换电服务、云计算、通讯、综合能源服务等在内的综合服务体系。



“三站合一”建设具有多方面的价值，对国网公司来说可以支撑电网数字化建设、与电网进行灵活互动，对外可提供综合多类型服务、实现多元价值整合与再提升等，可以促进国网公司内外部合作，构建完整产业生态，拓展运营商、互联网、政府、中小企业等4类合作伙伴，从而提升公司经济效益。

1) “三站合一”建设可利用数据中心站强化内外部数据贯通，推动能源生态数据共享机制的构建，实现电力数据和经济、气象、政务等数据的融合应用，进而打造贯穿发输变配用等各个环节，涵盖政府、终端客户、产业链上下游的智慧能源综合服务平台，向社会和用户提供多元价值服务；数据中心站内富余的数据



服务器资源可通过转租、转包等形式，获取租金收益。

2) “三站合一”系统可通过储能站的虚拟同步机技术，参与电网的调峰、调压、调频，为电网提供多种辅助服务，为电网提供坚强有效的支撑；在大规模风电场或光伏电站附近建设“三站合一”，充分利用风、光发出的清洁电力对数据中心站进行供电，可有效促进清洁能源发电就地消纳，降低可再生能源发电的外送压力，缓解输电廊道堵塞问题；此外，还可通过储能站的控制实现跟踪新能源发电计划出力获取一定收益；同时，可与电网灵活互动，通过低储高放峰谷套利、积极参与需求响应等方式获取收益。

3) “三站合一”系统可通过建设电动汽车充换电站，结合数据中心站提供的信息支撑与服务，打造智慧车联网平台，使系统在为用户提供电动汽车充换电服务的同时，还可提供智能导航、充换电预约等增效服务。

## 5.6. 公共服务平台

公共服务平台为互联网工业应用提供数据接入服务、云基础设施服务和数据服务，采用一整套的软硬件系统来支撑工业信息化的应用系统建设，平台由数据采集系统与云服务平台两部分构成。

数据采集系统提供工业设备数据的采集与边缘数据计算功能，其中的边缘智能网关设备以高性能处理器架构为核心，针对设备的动静态数据，支持多种工业总线的南向接入能力、多种协议的适配及转换能力、多形态网络北向传输能力。边缘智能网关与平台建立数据链路的基础上，形成云边协同处理机制与解决方案。

云服务平台提供工业应用的基础设施服务和弹性数据存储服务。云服务平台基于标准硬件设备搭建物理资源池，通过云管理软件提供服务，包括物联管理和大数据分析处理的服务能力。

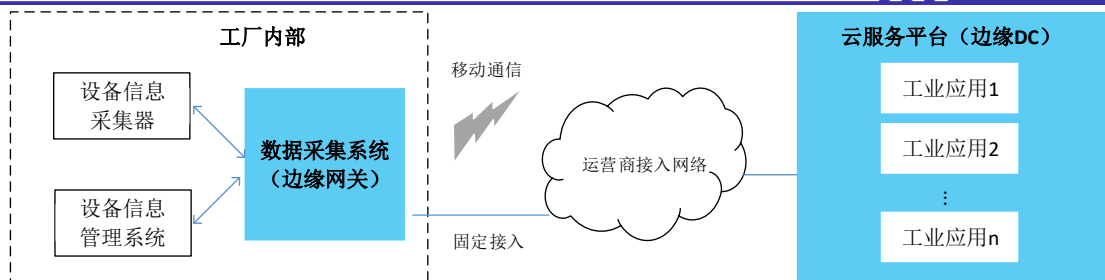


图 6 公共服务平台构成

公共服务平台提供多类型的海量设备的接入与管理能力，围绕设备的全生命周期的关键指标数据进行智慧化的呈现，构建与设备类型无关的通用型的数据中心资源池，资源池中的数据来源包括设备接入、设备通信、数据分类存储三大流程。

#### ➤ 设备接入

为保证设备连接的安全性，采用设备二次校验及 Token 缓存验证机制，设备接入的过程中时，填写或者自动生成设备登录公共服务平台的 Node ID（一般为 MAC 地址），平台将生成该设备的唯一编号 Device ID 和登录校验码，设备接入过程基于 Node ID 和登录校验码进行验证，验证通过后返回 Device ID 和登录密钥完成设备接入流程。

#### ➤ 设备通信

设备采用 MQTT 协议，携带认证信息进行数据发送流程，公共服务平台鉴权成功即可将设备的数据转发到相应设备的主题中，完成设备的原始数据的采集与传输，该数据流也是公共服务平台数据中心最主要的数据来源。

#### ➤ 数据分类存储

为确保数据处理的性能，对上报的数据基于标签进行处理，实现不同类型的数据进行分类存储的功能，大大提升数据中心的处理性能。



### 【数据中心项目应用案例-

#### 铁路信号设备故障预测与健康评估数据中心】

**项目介绍：**通过建立铁路信号设备的数据中心，彻底解决原有烟囱式架构监测系统的“数据孤岛”问题，实现全线路感知设备的全生命周期管理，构建信号设备健康评估模型，达成“可管”、“可视”、“可控”、“可预测”的目标，为智慧感知群建设奠定基础 and 决策基础，为信号设备的基础设施运维提供新方法、新模式、新标准。

**需求场景：**针对铁路关键信号设备，提升现有维修维护的效率，提升信号设备的精细化管理水平，实现信号设备由“计划修”到“状态修”的转变

#### 工业数据中心技术体系：

- 1) 基于植入设备内部的数据采集程序采集多种类型的设备关键指标数据，实现信号设备的原始数据层的采集
- 2) 边缘侧部署边缘智能网关，包含边缘处理、智能接入、泛在连接、协议转换能力，提供少量数据存储与超强边缘计算能力
- 3) 采用物联网、大数据、专家规则等技术，基于集中化的信号设备数据中心，建设连接管理平台、设备管理平台、业务使能平台、业务分析平台



- 4) 针对数据中心的原始数据进行加工处理，基于业务使能平台与业务分析平台提供的数据分析能力，实现铁路信号设备的预警机制、统计分析、趋势分析、健康评估功能。

## 6. 未来发展趋势

### 6.1. 向工业大脑角色演进

随着数据中心技术的不断深化及演进，信息化将渗透至中小型企业数据中心中台。并通过构建技术中台，实现数字化转型，实现降低供应链成本，企业客户方效率增幅明显等诉求。

大型国企数据中心体现新基建科技内涵，以传统国企中国石油为代表的工业企业在数据中心技术领域运用相对成熟，从地质建模选型、输配管网、运输供应链到末端分配，业务链全生命周期参与数字化转型，为能源类央企提供基础设施协同 IT 设备驱动工业数据中心高效能发展的全链路指导路径。

国家队形成龙头标杆。以国家电网为代表的工业企业积极探索高效能数据中心在本企业的发展与实践，目前已取得成效：数据资源效率有所提高；形成电力业务全链路数据管理；研发数据中心技术与装备等课题。



工业数据中心将向工业大脑角色演进。工业企业海量业务需要高性能计算资源、高效能存储资源、高速率无损网络资源带动工业数据中心完成由信息基础设施向工业大脑角色转型之路。实现弹性供给、及时交付；实现数据采集、数据分析挖掘、数据预测；最终拓宽市场，完善工业相关产业自身格局。

## 6.2. 云计算数据中心继续发挥重要作用

由于集约化、绿色的建设与发展，互联网企业重点在大型数据中心方面发力，形成了丰富的建设和运维经验。对于工业互联网来说，这也是未来，各类工业互联网平台部署的重要基础设施，云计算数据中心将会继续发挥重要作用。



2020年7月，国家电网公司下发了《国家电网互联〔2020〕422号 国家电网有限公司关于省级能源大数据中心建设运营的指导意见》，深入贯彻公司新型数字基础设施建设部署，按照“政府指导、电网主建、多方参与、共享成果”的建设模式，因地制宜构建省级能源大数据中心。目前，国家电网公司目前已有16家省（市）公司开展省级能源大数据中心建设。

国家电网充分整合使用高效能云计算数据中心资源，联合各省市多站融合数据中心站，把握绿色化、智能化、模块化、定制化、“集中+分布式”等趋势，遵循数据中心节能规范，注重能效水平，提升可再生清洁能源利用，建设“集约高效、经济适用、智能绿色、安全可靠”的能源数据中心基础设施，更好的支撑上层业务。

云计算数据中心与传统数据中心相比，从架构上看，由硬件设施、云平台、云应用三层架构组成，解决数据采集、传输、管理、价值创造问题；从技术上看，广泛应用大数据、云计算、物联网、人工智能等技术；从作用上看，云计算数据中心为企业的生产运营、经营管理、综合服务、新业务新模式发展提供有力支撑。



### 6.3. 边缘数据中心将实现边云协同

未来边缘数据中心与云数据中心协同发展，边缘计算将在靠近物或数据源头的网络边缘侧，构建融合网络、计算、存储、应用核心能力的分布式开放体系，就近提供智能化服务。

离散制造的产品往往由多个零件经过一系列并不连续的工序的加工最终装配而成，先进制造业大多数都属于离散制造型企业。以离散制造业多个重点领域存在敏捷联接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护的关键需求来看，边缘计算为离散制造业的数字化、网络化、智能化转型提供了强大助力，未来在汽车生产制造、电子制造、工程机械、船舶制造、定制家具的赋能作用将更加显著。

针对信息安全、数据不出网等要求，边缘节点需要完成数据安全预处理，边缘-云数据中心协同才能开展完整的智能模型训练，以上操作配合计算机视觉、自然语言处理等智能算法模型库和强化学习、离线分析、迁移学习等工具组建，形成完整的边缘智能功能栈。



边缘智能、异构计算、互联互通技术、微服务、计算迁移等技术将成为工业

数据中心未来的技术发展方向。

## 7. 发展建议

工业数据中心是技术密集型产业，也是工业互联网和数据中心等新基建政策相结合的重要场景。推进基础设施层的保障，需要夯实其技术基础以保障底层关键技术，从而应对工业场景溢出的新需求，紧密围绕提升质量的总体要求采取措施。

### 7.1. 加强支撑服务，完善工业数据中心标准体系

强化工业数据中心技术标准体系建设，充分发挥标准对产业发展的引领作用：结合产业发展趋势，推动行业协会、行业平台、相关工业企业完善工业数据中心标准体系，研究制定工业数据中心相关标准；推动国家标准、行业标准的制定与实施，规范行业发展；利用团体标准的灵活性，鼓励工业企业将前沿创新技术纳入团体标准，带动提升产业竞争力；鼓励工业企业加强国际技术交流与标准合作，推广国内先进技术与经验，增强国际话语权。

### 7.2. 推动融合应用，培育工业数据中心发展动能

积极推动工业数据中心与 5G、人工智能等新技术领域的拓展融合，借助 ODCC 等行业平台，构建不同领域的融合创新体制机制，加强创新基础设施建设，鼓励相关工业企业合作创新，鼓励工业企业共同研究低时延、大带宽、高可靠业务场景新技术创新应用需求。

### 7.3. 打造应用示范，树立工业数据中心行业标杆

积极组织基础电信运营商、工业企业在有条件的区域部署 5G 网络及工业数据中心，开展“5G+工业数据中心”应用示范。持续组织做好国家新型工业化产业示范基地（数据中心）的创建工作，充分发挥示范基地的引领带动作用。

#### 7.4. 加大支持力度，繁荣工业数据中心研究生态

通过设置工业数据中心技术研究课题，实施服务器、网络、存储等基础性领域与技术研究；加大端边结合等关键核心技术攻关力度；推进模块化、定制化高效能服务器、智能化运维监控等新技术创新应用；建设创新体制机制，加强创新基础设施建设，充分激发工业企业创新活力与潜力。

### 8. 致谢

感谢中国电力科学研究院有限公司、南京邮电大学、佳讯飞鸿智能科技研究院、青岛艾孚科技有限公司、青岛威奥轨道股份有限公司、华友新能源科技（衢州）有限公司、中国石化润滑油北京有限责任公司等相关非会员单位专家的贡献。



开放数据中心联盟  
Open Data Center Consortium





ODCC服务号



ODCC订阅号

[www.ODCC.org.cn](http://www.ODCC.org.cn)

开放数据中心委员会（秘书处）

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

电话：010-62300095

邮箱：[ODCC@odcc.org.cn](mailto:ODCC@odcc.org.cn)