

Exploration and Research on Infrastructure Construction of ASEAN Cloud Data Centers

Jiaxin Meng

China United Network Communications Co., Ltd. Nanning Branch, Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract

The rapid development of the digital economy in ASEAN has created a huge demand for data center infrastructure. It is necessary to explore feasible solutions for the construction of data center infrastructure oriented towards ASEAN. Facing the diversified challenges of later maintenance of infrastructure, artificial intelligence-assisted maintenance and management ensure the reliability, security and efficiency of data circulation between China and ASEAN. Provide a reference for the large-scale and rapid construction of data centers in ASEAN.

Keywords

Oriented towards ASEAN Data center Infrastructure Framework challenge Development path

面向东盟云数据中心基础设施建设探讨及研究

蒙佳信

中国联合网络通信有限公司南宁市分公司, 中国·广西南宁 530000

摘要

东盟数字经济的飞速发展对数据中心基础设施产生巨大需求, 需探讨面向东盟的数据中心基础设施建设的可行性方案, 面临基础设施后期维护的多元化挑战, 人工智能辅助的维护及管理, 保障“中国—东盟”数据流通的可靠性、安全性和效率, 为东盟数据中心大规模快速建设提供参考。

关键词

面向东盟; 数据中心; 基础设施; 框架挑战; 发展路径

1 引言

随着全球数字经济的快速发展, 数据跨境流通成为推动经济增长, 2023年12月, 习近平主席在广西南宁考察中国—东盟信息港股份有限公司时指出, 要加快建设中国—东盟信息港, 推动数字互联互通, 打造数字丝绸之路。2024年11月, 中国指出《全球数据跨境流动四位一体合作倡议》, 倡导开放、包容、安全、合作的原则, 促进数据跨境高效、安全流动, 为全球数据跨境流动合作提供了指引和方向。因此, 结合地理位置, 广西南宁五象自由贸易区现在面向东盟的数据中心基础设施建设的需求、维护具有重要意义。

2 东盟数据中心基础设施建设需求分析

2.1 东盟数据中心基础设施制冷框架系统

1.1.1 制冷量需求: 基于IT负载和PUE反推总制冷量

【作者简介】蒙佳信(1978-), 男, 壮族, 中国广西南宁人, 本科, 工程师, 从事数据中心、通信枢纽楼、通信机房、干线机房、基站等基础设施建设和维护研究。

(如IT负载1000KW, PUE=1.3—制冷量=500KW)

1.1.2 冷负荷密度: 高密度机柜(大于15KW/柜)需特殊制冷方案(如液冷)。

1.1.3 冷却技术选型: a) 风冷, 适用于中小型机房或低密度场景(PUE较高)。b) 水冷, 大型数据中心首选(冷冻水系统+冷却塔、PUE更低)。c) 自然冷却, 利用室外低温空气(间接蒸发冷却适合干燥地区)。

1.1.4 气流组织: 冷/热通道封闭(强制要求)、下送风(架空地板≥600mm)或上送风。

2.2 东盟数据中心基础设施空间与承重分析

1.2.1 机房面积: a) 机架区, 单柜占地1.5—2平方米(含通道)。b) 支持区(配电、制冷、消防、监控)占30%—50%。c) 模块化设计, 是否需按模块分期建设(如每模块500柜)。

1.2.2 承重能力: a) 地板荷载≥10KN/m²(高密度区需≥16KN/m²)。b) 电池机房、油机机房需要特殊加固(≥20KN/m²)。

2.3 东盟数据中心基础设施网络与布线框架

1.3.1 外部连接, 接入其它运营商, 冗余光纤路由(不

同物理路径)。

1.3.2 内部布线, 光纤主干(OM4/OM5)+铜缆(Cat6A), 支持40G/100G网络。

1.3.3 列头柜至机柜采用预连接光缆, 减少现场熔接。

3 东盟数据中心基础设施解决方案

3.1 东盟数据中心基础设施引入市电需要解决方案

2.1.1 双路独立市电进线, 标准要求至少两路来自不同变电站, 不同路由引入电源, 确保一路故障时另一路能无缝切换使用。电压等级, 通常为10KV或35KV中压接入, 经变压器降压后使用。高压配电系统包含高压开关柜、环网柜、变压器等, 负责接收、分配、降压市电。

2.1.2 后备电源柴油发电机组, 当市电中断时, 自动启动并提供电力, 直至市电恢复或燃油耗尽为止。配置多台机组, N+1或N+X冗余, 确保单台故障或维护时仍有足够容量, 储油量充足, 通常设计支持满载运行12—72小时(甚至更长), 需考虑燃油供应协议。自动转换开关, 在市电和发电机电源之间进行快速、可靠的切换(通常在10秒内完成)。

2.1.3 不间断电源系统提供纯净电源, 消除市电波动、中断对IT设备的影响, 为发电机启动争取时间。现在基本上采用模块化UPS, 由多个功率模块组, 支持热插拔, 易于扩容, 提高可用性和维护性。冗余配置, 2N(双总线, 完全独立的两套系统)、N+1(系统内多一台冗余模块)是常见框架, 追求极高可用性的场景采用N+1。UPS的能量来源是蓄电池组, 通常为阀控式铅酸蓄电池, 提供15—60分钟(或按需设计)的备用时间, 直至发电机稳定供电。锂电池因能量密度高、寿命长、空间占用小等优势应用日益广泛。

2.1.4 配电系统框架: 将经过UPS处理的洁净电力, 安全、高效地接收来自UPS的输出主配电柜, 再到列头柜(位于服务器机柜列的两端, 接收主配电柜电力, 再分配组本列的各个机柜PDU。是精细化管理的关键节点), 最后到机柜内PDU(安装在服务器机柜内, 提供多个电源插座给IT设备), PDU分为基本型和智能型, 基本型PDU仅提供电源分配, 而智能型PDU提供远程监控(电流、电压、功率、能耗)、远程开关控制(每个插座)、环境监测等功能, 分配到每一台机柜、每一台IT设备。

2.1.5 关键设备

a) 静态转换开关: 在两条独立的UPS输出总线之间进行毫秒级切换, 确保单路故障时IT设备不断电(用于2N框架下游)。

b) 自动转换开关: 用于不同电源源之间的切换(如主用UPS和备用UPS或维护旁路)。

2.1.6 机架级供电, IT设备通常配置双电源模块, 分别接入来自不同PDU(最终来自不同UPS系统或总线)的电源, 实现设备级的冗余。

3.2 东盟数据中心基础设施制冷需要解决方案

2.2.1 IT设备的用电功率最后都是转化成热量, 我们空

调常说的匹, 1匹制冷量是2.5KW。根据公司: 环境冷负荷 $Q2 = (0.12 - 0.18KW) / m^2 \times \text{机房面积}$ (视地域情况取值不同, 一般南方区域取0.18, 中部区域取0.15, 北方区域取0.12), 例如: 在广西南宁东盟数据中心机房面积约为1000m², $Q2 = 0.18KW/m^2 \times 1000m^2 = 180KW$ 。

2.2.2 为了应对日益增长的算力需求和高密度设备散热挑战, 数据中心制冷技术不断演进, 出现多种关键解决方案和趋势。现在三大运营商在广西南宁新建机房都采用液冷技术, 封闭冷/热通道, 隔离冷热气, 减少混风(PUE可降低0.1—0.3)。

2.2.3 行级/机柜级制冷, 将空调紧贴机柜部署, 缩短冷气路径(适用于高密度机柜>10KW/柜)。

2.2.4 看机房的场景, 设备数量, 推荐相应的制冷方案, 中小机房(<500kW)热通道封闭+变频精密空调 PUE 1.3-1.5, 大型云数据中心间接蒸发冷却+液冷混合框架 PUE 1.1-1.3, 超算/AI集群全浸没式液冷+余热回收 PUE < 1.1, WUE≈0。

2.2.5 制冷设备全生命周期, 成本核算, 对比初期投资与10年TCO进行对比, 分阶段投资、改造, 优先封闭气流通道组织, 逐步引入液冷模块控制温湿度。

3.3 东盟数据中心基础设施空间与承重解决方案

2.3.1 东盟数据中心基础设施空间要求主要包括几个关键:

a) 整体建筑面积, 选址依据, 基于当前业务需求、未来增长预测(通常考虑5-10年甚至更长)、设备密度、冷却效率等因素确定。

b) 服务器/机柜区(White Space): 容纳IT设备的核心区域, 占总面积的比例最大(通常50-70%或更高), 机柜数量与尺寸, 确定标准机柜尺寸(常用: 600mm宽 x 1200mm深 x 2000/2200/2400/2600/3000mm高), 根据IT设备规划(服务器、存储、网络设备数量、类型、尺寸)计算所需机柜总数, 并预留20-30%甚至更多的扩展空间。

c) 支持区(基础设施配套), 电力室(Electrical Room): UPS系统、配电柜(PDU, RPP)、备用发电机、ATS、电池室(如果电池与UPS分开)等。通常占总面积10-20%。

制冷室(Mechanical Room): 冷水机组、冷冻水泵、冷却塔(如果风冷则为冷凝器)、蓄冷罐(如有)、精密空调室内机(如果采用集中式系统)等。通常占总面积10-20%。

网络接入/配线间(MDF/IDF): 主配线架、核心交换机、运营商接入点等。位置要靠近服务器区, 并考虑冗余路径。

监控/操作中心(NOC/SOC): 数据中心运行监控、安全管理。

存储间: 备品备件、工具、耗材等, 现场运维人员办公和会议, 休息室, 卫生间等基本配套设施。

2.3.2 东盟数据中心基础设施承重方案分析: 承重是数据中心安全性的基石。必须确保建筑结构能承受所有设备、设施、人员以及潜在动态载荷(如地震)的重量。承重方案

需要建筑结构工程师根据设备参数进行精确计算和设计。关键区域与要求,整体建筑结构,楼板荷载(Live Load),整个数据中心区域(尤其是设备区)的设计活荷载必须远高于普通办公楼。

2.3.3 服务器/机柜区(White Space): $\geq 1000 \text{ kg/m}^2$ (10.5 kN/m^2) 是常见起点。对于高密度区域或特定设备,可能要求 $\geq 1500 \text{ kg/m}^2$ (15 kN/m^2) 甚至更高(如 2000 kg/m^2)。

2.3.4 电力室(UPS/电池室): 大型UPS和电池组非常重。设计荷载通常 $\geq 1500 \text{ kg/m}^2$ (15 kN/m^2) 至 $\geq 3000 \text{ kg/m}^2$ (30 kN/m^2) 或更高,具体取决于设备型号和布置。电池室尤其需要重点评估,铅酸电池密度极高。

2.3.5 制冷室: 冷水机组、蓄冷罐等设备也很重。荷载要求通常 $\geq 1000 \text{ kg/m}^2$ (10.5 kN/m^2) 至 $\geq 2000 \text{ kg/m}^2$ (20 kN/m^2)。

2.3.6 走道/公共区域: 可稍低,但通常也 $\geq 500 \text{ kg/m}^2$ (5 kN/m^2), 结构梁柱承载力: 楼板荷载最终传递到梁柱和基础上。结构工程师需要根据设备布局(特别是集中重载设备如UPS、冷水机组、蓄冷罐的位置)设计足够强度的梁柱。

2.3.7 抗震要求: 数据中心是关键设施,抗震设防烈度通常要求高于当地普通建筑标准。设备(尤其是机柜、UPS、电池架)需要有抗震加固措施,机柜底座/活动地板,其集中荷载和均布荷载能力必须满足要求。

2.3.8 单个脚座(特别是机柜脚轮正下方)能承受的最大重量(例如 $\geq 1000 \text{ kg}$ /脚座)。整个地板区域能承受的平均重量(例如 $\geq 1000 \text{ kg/m}^2$), 设备在移动时对地板的冲击荷载。

2.3.9 荷载计算: 计算各区域的均布荷载(设备总重/占地面积), 计算关键设备安装点的集中荷载(设备重量/支撑点数量), 考虑动态荷载(设备运行振动、人员走动、设备搬运), 考虑安全系数(通常取1.5或更高)。

3.4 东盟数据中心基础设施网络与布线解决方案

2.4.1 网络高可用性, 冗余路径设计(双上联、环网框架), 多级冗余(核心交换机堆叠、电源双路), 模块化框架(按需扩容), 预留40%以上线槽/机柜空间, 短链路优化(设备间距离 ≤ 100 米), 网络拓扑, 智能管理, 端到端可视化监控(DCIM系统)。

2.4.2 数据中心基础设施布线系统, 分层框架(TIA-942标准), 层级功能典型介质主干布线连接MDA/IDA/EDA单模光纤(OS2)、OM4多模光纤水平布线机柜内设备互联Cat6A/7铜缆、OM3/4多模光纤设备区布线服务器/存储/交换机互联DAC高速线缆、AOC光缆。

2.4.3 光纤主干: 单模光纤(支持40km/100G+), 柜内OM4多模光纤(100G@150m), 弯曲半径 $\geq 10 \times$ 线缆直径(防信号衰减)。

2.4.4 铜缆Cat6A(10Gbps@100m)或Cat8(40Gbps@30m), 预端接系统, 即插即用MPO/MTP光缆组件(减少90%部署时间)。

2.4.5 布线管理规范, 机柜内垂直理线架+水平理线器, 光纤/铜缆分通道走线(避免电磁干扰)。

2.4.6 布线标签系统: TIA-606-B标准(唯一标识每条链路), 冷热通道隔离:

线槽置于冷通道上方(减少气流阻塞)。

3.5 东盟数据中心基础设施安全与消防解决方案

2.5.1 东盟数据中心基础设施安全访问控制, 生物识别+智能卡: 双因子认证(指纹/虹膜+IC卡), 按安全等级划分区域(公共区/主机房/UPS区), 设置气闸门和防尾随系统, 日志审计: 全门禁记录留存 ≥ 180 天, 联动视频监控。

2.5.2 周界防护, 电子围栏: 脉冲电压式围栏(6kV, 威慑+报警), 视频智能分析: 周界入侵行为自动跟踪报警, 防爆设计: 外墙抗爆等级 $\geq 1 \text{ MPa}$ (针对高危区域)。

2.5.3 设备防护, 机柜级安全: 智能锁具管理, 柜内震动感应报警, 线缆防护: 封闭桥架+光纤振动监测(防割断)。

2.5.4 数据中心基础设施消防智能消防系统(分层防护), 早期探测层, 吸气式烟雾探测(VESDA): 采样管网覆盖机柜顶部/底部, 灵敏度0.005% obs/m, 分区多级报警(预警/行动/火警1级/火警2级), 电缆测温光纤: DTS分布式测温($\pm 1^\circ\text{C}$ 精度)。

2.5.5 灭火执行层, 灭火剂类型适用场景核心优势局限全氟己酮电气柜/电池室无腐蚀性, ODP=0成本较高IG-541主机房无毒, 灭火浓度 $\leq 43\%$ 钢瓶数量多高压细水雾配电室/走廊降温快, 环保需防水保护气溶胶小型封闭空间安装简便残留物清理, 联动控制, 30秒延迟启动(确认火情+人员撤离), 灭火前自动关闭新风/切断非消防电源。

4 结论

本文针对广西南宁五象自由贸易区东盟数据中心基础设施建设方案通过系统性、前瞻性的设计、建设分析, 构建了一个高可靠、高效率、绿色智能、灵活可扩展且成本可控的现代化数据中心基础平台。它不仅能够有力支撑当前业务的高速发展, 更具备面向未来的适应能力, 是企业数字化转型和智能化升级的坚实基础, 为其核心业务提供稳定、安全、可持续的算力保障, 并最终转化为显著的商业价值和竞争优势。

参考文献

- [1] GB 50174-2017《数据中心设计规范》中国数据中心建设核心强制性标准, 涵盖选址、建筑结构、电气、空调、网络、安全等全系统设计要求。
- [2] 中国信息通信研究院, 北京人形机器人创新中心有限公司. 具身智能发展报告(2024年)[R/OL]. [2025-05-04]. <http://221.179.172.81/images/20240827/19241724745944786.pdf>.
- [3] GB/T 32910.1~4-2016《数据中心 资源利用》系列标准聚焦能效(PUE)、水资源利用(WUE)等绿色指标。