机房模块视角下数据中心平面规划研究

王　迪

中国中元国际工程有限公司　北京　100089

摘　要：模块化数据中心以其灵活扩展、快速部署和高效运维等优势，成为数据中心建设的主流模式。本文从机房模块视角出发，系统分析了数据中心平面规划的功能需求与设计原则，探讨了模块划分方法、模块规模确定及模块组合方式，从主机房、电力模块、制冷模块及辅助区域等方面阐述了各功能模块的平面布局要点。模块化平面规划应遵循功能分区明确、流线组织合理、扩展灵活及运维便捷的原则，通过标准化模块设计和科学组合，实现数据中心资源的高效利用与弹性扩展。本文可为模块化数据中心的平面规划设计提供方法参考。

关键词：数据中心；机房模块；平面规划；模块化设计；功能分区

引言：随着云计算、大数据和人工智能技术快速发展，数据中心建设规模持续扩大，传统整体式建设模式因周期长、扩展不灵活、初期投资大等缺点，难以适应市场快速变化的需求。模块化数据中心通过将机房划分为若干标准化功能模块，实现按需建设、弹性扩展和快速部署，成为当前建设的重要方向。平面规划作为设计的首要环节，直接影响空间利用效率、系统可靠性和运维便捷性。从机房模块视角系统研究平面规划方法，对提高数据中心建设质量具有重要现实意义。本文旨在探讨模块化数据中心的平面规划原则、模块划分方法及布局要点。

1 模块化数据中心概述

1.1 模块化数据中心的基本概念

模块化数据中心是指将数据中心的机房、电力、制冷、消防等系统按功能划分为若干标准化模块，各模块具有独立的功能和接口，可根据需求灵活组合和扩展的数据中心建设模式。其核心思想是“标准化设计、工厂化预制、装配化施工、智能化运维”，通过模块的标准化和接口的统一化，实现数据中心的快速部署和弹性扩展。模块化数据中心可分为建筑模块化、机房模块化和设备模块化三个层次，本文主要从机房模块视角探讨平面规划问题。

1.2 模块化数据中心的优势

模块化数据中心具有以下优势：快速部署，模块在工厂预制完成后现场组装，大幅缩短建设周期；弹性扩展，可根据业务发展需求分批建设模块，避免初期投资过大和资源闲置；标准化程度高，模块设计标准化，接口统一，便于批量生产和质量控制；运维便捷，各模块功能独立，故障隔离性好，便于分区运维和快速维修；能效优化，模块化设计便于采用封闭冷通道、行级空调等高效制冷方式，提高能源利用效率[1]。

1.3 模块化数据中心的类型

根据模块化程度和组合方式，模块化数据中心可分为以下类型：集装箱式数据中心，以集装箱为载体，集成机房、电力、制冷等系统，适用于快速部署和边缘计算场景；微模块数据中心，以机柜排为单位，集成配电、制冷、监控等子系统，形成独立运行的微模块，适用于中小型数据中心；模块化机房，将主机房、电力室、制冷机房等划分为独立模块，通过统一规划实现组合，适用于大型数据中心。

2 数据中心平面规划的功能需求与设计原则

2.1 功能需求分析

数据中心平面规划应满足以下功能需求：设备布置需求，合理布置服务器机柜、UPS、配电柜、精密空调等设备，保证设备运行环境和操作空间；气流组织需求，合理组织冷热气流，避免冷热气流混合，提高制冷效率；运维管理需求，设置运维通道、监控中心、备品备件库等辅助用房，满足日常运维需求；扩展需求，预留扩展空间和接口，便于后期模块增容和系统扩展；安全需求，满足防火、防水、防盗、防雷等安全要求，设置安全出口和疏散通道。

2.2 平面规划的设计原则

数据中心平面规划应遵循以下原则：功能分区明确，将主机房、电力模块、制冷模块、辅助区域等按功能分区布置，避免功能交叉和相互干扰；流线组织合

理，合理组织人员流线、设备流线和气流流线，避免交叉和迂回；扩展灵活，模块划分应便于后期扩展，预留扩展空间和接口，避免扩展时影响正常运行；运维便捷，设备布置应便于操作和维护，运维通道宽度应满足要求；经济合理，在满足功能要求的前提下，提高空间利用效率，降低建设和运营成本[2]。

3 机房模块划分与组合

3.1 模块划分方法

机房模块划分是模块化平面规划的核心内容。模块划分应遵循以下方法：按功能划分，将数据中心划分为主机房模块、电力模块、制冷模块、辅助模块等，各模块功能独立，接口清晰；按规模划分，根据机柜数量或IT负荷，将主机房划分为若干标准模块，每个模块规模适中，便于独立运行和管理；按等级划分，根据数据中心等级要求，将不同等级区域划分为不同模块，满足差异化需求；按扩展顺序划分，根据建设时序，将模块划分为初期建设模块和预留扩展模块，便于分期实施。

3.2 模块规模确定

模块规模应根据机柜数量、单机柜功率、制冷方式及建筑条件综合确定。微模块规模通常为20～40个机柜，模块化机房规模可为100～200个机柜。模块规模确定应考虑以下因素：制冷能力，模块规模应与制冷系统能力匹配，保证气流组织和制冷效果；电力容量，模块规模应与电力模块容量匹配，避免电力供应不足或浪费；建筑跨度，模块规模应与建筑柱网和跨度协调，提高空间利用效率；运维效率，模块规模应便于运维人员管理，避免规模过大导致运维困难。

3.3 模块组合方式

模块组合方式直接影响数据中心的平面布局和运行效率。常用组合方式包括：并列式，各模块沿走廊并列布置，适用于矩形建筑平面，流线清晰，扩展方便；围合式，各模块围绕核心筒或中庭布置，适用于方形建筑平面，空间利用率高；集中式，主机房模块集中布置，电力、制冷模块集中设置，适用于大型数据中心，便于集中管理；分散式，各模块分散布置，适用于既有建筑改造项目，灵活性高但流线较长[3]。

4 各功能模块平面布局要点

4.1 主机房模块布局

主机房模块是数据中心的核心区域，其布局应满足以下要点：机柜应采用面对面、背对背排列方式，形成冷通道和热通道，冷通道封闭，提高制冷效率，封闭冷通道可使制冷效率提升约20%～30%；冷通道宽度通常为1.2～1.8m，热通道宽度通常为0.9～1.2m，运维通道宽度不应小于1.2m，主通道宽度不宜小于1.5m；模块长度应根据机柜数量和通道宽度确定，通常每排布置10～20个机柜，模块宽度应根据机柜排数和建筑跨度确定，一般不超过12m；防静电地板高度应根据线缆敷设和送风需求确定，通常为400～600mm，高功率密度机房可取600mm以上；模块端部应预留扩展空间，一般预留2～4个机柜位置，便于后期增加机柜。机柜排列还应避开建筑柱网，柱面与机柜间应留有不小于100mm的间隙。

4.2 电力模块布局

电力模块是数据中心的动力来源，其布局应满足以下要点：UPS室应靠近主机房布置，减少线路损耗，一般距主机房不超过50m，UPS柜排列应便于操作和维护，通道宽度不应小于1.2m，柜后维护通道不宜小于0.8m；配电室应靠近UPS室布置，配电柜排列应整齐，操作面通道宽度不应小于1.5m，柜后通道不宜小于1.0m；电池室应独立设置，靠近UPS室，设置防爆型电气设备和独立排风系统，排风换气次数不应少于12次/h，电池柜排列应便于检测和维护，柜间通道不宜小于1.0m；变压器室应设置在建筑物底层或地下室，靠近高压进线侧，满足防火和通风要求，变压器容量应根据IT负荷和冗余要求确定，通常按N+1或2N配置。

4.3 制冷模块布局

制冷模块是数据中心的散热保障，其布局应满足以下要点：冷冻机房应靠近主机房布置，减少冷冻水管道长度，一般距主机房不超过100m，冷水机组排列应便于操作和维护，机组间通道不应小于1.2m；精密空调应靠近主机房布置，采用行级空调时，空调应嵌入机柜排中，单台制冷量通常为20～60kW，采用房间级空调时，空调应布置在主机房两侧，送风距离不宜超过15m；冷却塔应设置在屋面或室外，远离居民区，避免噪声和漂水影响，布置应保证通风良好，冷却塔间距不宜小于其高度的1.5倍；水泵房应靠近冷冻机房布置，水泵排列应便于操作和维护，设置备用泵，备用率不应低于50%。

4.4 辅助区域布局

辅助区域是数据中心运行的重要支撑，其布局应满足以下要点：监控中心应设置在数据中心入口处，便于监控人员进出和管理，设置大屏显示系统和操作台，面积通常为30～60m²，应能容纳2～4个操作席位；备品备件库应靠近主机房布置，便于快速取用，设置货架和标识系统，面积应根据运维需求确定，通常为20～

50m²；运维办公室应设置在数据中心内部，便于运维人员日常办公和应急响应，面积通常为 20～40m²，应配备办公桌椅、通信设备和应急照明；消防气瓶间应靠近主机房布置，满足防火和通风要求，气瓶排列应便于检查和更换，气瓶间温度不应超过 40℃，应设置独立的机械排风系统[4]。

5 平面规划中的流线组织

5.1 人员流线组织

人员流线组织应遵循以下原则：分区管理，将数据中心划分为不同安全等级区域，人员流线应经过授权方可进入相应区域，不同区域设置门禁系统，实现分级管控；路径短捷，人员流线应短捷顺畅，避免迂回和交叉，运维人员从入口到主机房的路径应便捷，减少无效行走时间；疏散安全，疏散流线应独立设置，确保火灾等紧急情况下人员安全撤离，疏散通道应保持畅通，不得堆放杂物。人员流线组织还应考虑日常运维、参观接待和应急响应等不同场景的需求，设置相应的通行路径和管理措施。运维人员通道与参观通道宜分开设置，避免参观活动干扰正常运维工作，应急情况下应能快速切换为疏散通道。

5.2 设备流线组织

设备流线组织应遵循以下原则：运输便捷，设备运输流线应便捷，运输通道宽度和高度应满足设备搬运要求，大型机柜和 UPS 设备运输通道宽度不宜小于 1.5m，高度不宜低于 2.5m；路径独立，设备流线宜与人员流线分开，避免相互干扰，大型设备运输应设置专用通道，通道地面应平整且承载能力满足要求；安装便利，设备流线应便于设备安装和后期更换，预留吊装孔和运输通道，吊装孔位置应靠近设备安装区域。设备流线组织还应考虑设备进场时序和安装顺序，避免设备运输与土建施工交叉干扰。对于分期建设的模块，应预留后期设备运输路径，确保扩展施工不影响已运行区域。

5.3 气流流线组织

气流流线组织应遵循以下原则：冷热分离，冷通道和热通道应严格分离，避免冷热气流混合，采用封闭冷通道或封闭热通道方式，封闭通道两端应设置防火门；路径短捷，气流路径应短捷，减少送风阻力和冷量损失，空调末端应靠近机柜布置，缩短送风距离；均匀送风，地板下送风应保证静压箱内压力均匀，送风口布置应合理，避免局部过热，送风口开孔率应根据风量计算确定。气流流线组织还应考虑机柜功率密度分布，高功率区域应适当增加送风量[5]。对于采用行级空调的模块，应合理组织水平送风气流，避免气流短路和热点产生，回风路径应畅通无阻。

结束语

模块化数据中心是数据中心建设的重要方向，平面规划作为设计首要环节，直接影响建设质量与运行效率。本文从机房模块视角出发，分析了模块化数据中心的基本概念与优势，探讨了平面规划的功能需求与设计原则，从模块划分、规模确定及组合方式等方面阐述了规划方法，从主机房、电力、制冷及辅助区域等方面梳理了布局要点，并分析了人员、设备及气流流线的组织原则。模块化平面规划应坚持功能分区明确、流线组织合理、扩展灵活及运维便捷的原则，通过标准化模块设计和科学组合，实现资源高效利用与弹性扩展。未来，随着模块化程度提高和智能化技术深入应用，数据中心平面规划将朝标准化、装配化、智能化方向持续发展。

参考文献

[1] 牟娜莎. 数据中心主机房平面设计研究 [J]. 城市建筑,2024,21(22):149-152.

[2] 王汉青, 蔡攸婵. 某模块化数据中心机房热工环境的模拟研究 [J]. 建筑热能通风空调,2021,40(6):76-79,46.

[3] 徐友恒. 数据中心一体化智能运维管理平台建设研究 [J]. 中国管理信息化,2021(18):105-106.

[4] 张荣峰, 刘磊. 基于一体化管理的数据中心运维系统设计与实现 [J]. 鞍山师范学院学报,2024,26(6):83-86.

[5] 杨鹏, 孙瑞. 数据中心规划设计实践——以远洋数据中心规划方案设计为例 [J]. 建筑技艺,2025(z2):199-201.