

数据中心园区实现超高出柜率的设计研究

Design and Research on Ultra-high Utilization Rate in Data Center Parks

王峰, 丁斌, 李果(中国联通上海分公司, 上海 200082)
Wang Feng, Ding Bin, Li Guo(China Unicom Shanghai Branch, Shanghai 200082, China)

摘要:

我国东部地区在数字经济发展中普遍面临资源紧张的问题,数据中心作为其中最重要的基础设施,更需要从规划和设计阶段采取针对性措施,在有限的土地及建筑空间内最大化提升利用率。以某数据中心项目为例,对园区和建筑平面的集约化布局进行实证研究分析,提出在满足工艺要求和投资受控的基础上,适合数据中心园区在有限空间内最大化提升出柜率的措施,助力东部大数据产业园区的建设推广。

关键词:

数据中心;出柜率;亩产率;集约模块化布局
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2023.06.015
文章编号: 1007-3043(2023)06-0080-05
中图分类号: TU248.7
文献标识码: A
开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Abstract:

In the development of the digital economy, the eastern region of China is generally facing resource constraints. As the most important infrastructure, data centers need to take targeted measures from the planning and design stages to maximize utilization efficiency in limited land and building space. It takes a data center project as an example to conduct empirical research and analysis on the intensive layout of the park and building plan. It proposes measures that are suitable for data center parks to maximize the out of container rate in limited space, while meeting process requirements and investment control, to assist the construction and promotion of the eastern big data Industrial Park.

Keywords:

Data center; Outgoing rate; Yield per mu; Intensive modular layout

引用格式: 王峰, 丁斌, 李果. 数据中心园区实现超高出柜率的设计研究[J]. 邮电设计技术, 2023(6): 80-84.

0 前言

随着建设量的不断扩大,数据中心的土地、电、水、材料等资源消耗量及其在社会整体消耗量中所占比例逐年攀升,在东部数据中心的建设中,短时间内单靠增加外部资源(土地、开发指标等)的代价太大,且不符合“东数西算”总体思路。所以只有通过布局进行创新优化,提高利用率和出柜率,才是最有效的方式。

某数据中心是国家东数西算战略的重要节点,是满足未来数字化转型需求和金融政企、高科技企业数

据服务需求的国际化数据中心。总用地面积为 55 863 m² (83.8 亩),总建筑面积为 13.75 万 m²,规划机架数为 14 554 架,PUE 值为 1.25。该项目在设计阶段,结合国家东数西算政策总体要求,面对该地区土地资源紧张的问题,在工艺要求和投资受控的基础上,通过高指标牵引,土地资源最大化利用,集约模块化布局等方面的多措施并举,最终各项指标均在业界领先:超高亩产率(173 架/亩)、超高建筑利用率(81%)、超高出柜率[7.9 m²/架(8 kW)]。

1 高指标牵引

数据中心建设经过近 20 年的发展,已经成为一种独立的建筑类型,有着专属的设计规范、企业标准、认

收稿日期: 2023-05-05

证体系。建设思路也从刚起步阶段的“一切工艺优先”发展到目前更为科学的“在满足工艺要求的基础上,实现灵活适配、集约高效、安全可靠等更多目标”。为此,国标与企标也出台了很多相关标准,其中出柜率作为评价集约高效的最核心的指标也在不断更新。在规划和设计阶段,只有将持续优化和超越指标作为总体思路进行牵引,才能有效实现超高利用率和出柜率的目标。

1.1 出柜率

出柜率是指单机架所占建筑面积,单位是 $\text{m}^2/\text{架}$,是评价数据中心物理空间资源利用率的核心指标,相当于住宅建筑的得房率。具体计算公式为机房建筑面积(不含门卫、运维楼等公共建筑部分)/总机架数。因不同功率密度的机架所对应的设备配套物理空间不是等比例变化关系,所以标准制定中通常给出4 kW、6 kW、8 kW 3种指标,其他功率密度的机架按照插入法对应换算,或者按照单位功率密度(单kW)进行换算,以便在同一维度下进行判断与对比。

1.2 企业标准

本项目在规划设计阶段,正值《中国联通数据中心建设标准V2.0》实行,《中国联通数据中心建设标准V3.0》修订中,V2.0标准中对于出柜率的指标描述如下:“生产用房总面积按照每标准机架(4 kW)综合建筑面积估算,单机架综合建筑面积不宜大于 8 m^2 ”;V3.0标准征求意见稿中对于出柜率的指标要求为: $4 \text{ kW} \leq 7.0 \text{ m}^2/\text{架}$; $6 \text{ kW} \leq 8.5 \text{ m}^2/\text{架}$; $8 \text{ kW} \leq 10.0 \text{ m}^2/\text{架}$ 。

按照本项目单机柜功耗8 kW来进行统一换算,实行中的标准出柜率限值为 $16 \text{ m}^2/\text{架}$,修订中的出柜率限值为 $10 \text{ m}^2/\text{架}$,从中可以看出数据中心向高效集约发展的趋势。本项目考虑到某地区资源紧张的现状,需要在此发展趋势中更进一步,寻求更高的出柜率,以实现资源的最大化利用。

1.3 对标分析

除自身企业标准外,其他运营商与第三方互联网公司也有关于出柜率的相关标准。各方的标准仅为普适性要求,具体执行指标还需要再对相邻地域的落地实施项目进行分析。经调研,各企业标准中8 kW机架的出柜率标准均在 $10 \text{ m}^2/\text{架}$ 左右。

各方的标准仅为普适性要求,具体执行指标还需要再对相邻地域的落地实施项目进行分析。经调研,具体数据如下:

a) 某运营商数据中心1,机架数为3 000(6 kW),

出柜率为 $7.5 \text{ m}^2/\text{架}$ 。

b) 某运营商数据中心2,机架数为13 000(8 kW),出柜率为 $8.2 \text{ m}^2/\text{架}$ 。

c) 某第三方公司数据中心,机架数为5 000(6 kW),出柜率为 $8.7 \text{ m}^2/\text{架}$ 。

可见,东部地区近期所建数据中心出柜率都比较高。所以,本项目也需要在周边项目指标基础上进一步提高,持续优化。

1.4 创新指标

本项目所在地区土地资源紧张,开发指标宝贵,所以在设计中除需要提高建筑自身物理空间利用率之外,也需要最大化提升土地资源利用率,结合高指标牵引的设计思路,本项目引入业界新的评价指标——亩产率。亩产率=园区机柜产出总数/园区用地规模,单位是“架/亩”,可在一定程度上反映出土地的开发强度和资源利用率。

理论上,对于同样的规划条件,容积率越高,数据中心建筑面积越大,亩产率越高;运维办公建筑规模越大,亩产率越低;对于同样的容积率,数据中心单体出柜率越高,亩产率越高。

1.5 高指标制定

结合企标发展趋势、周边同类项目调研及对比分析以及创新指标的引入,本项目在规划设计阶段按照高指标牵引的设计思路,制定出在满足工艺要求和投资受控的基础上,出柜率(8 kW)达到 $8 \text{ m}^2/\text{架}$,亩产率达到170架/亩的目标。

2 土地资源最大化利用

本项目用地位于某地新片区,土地性质是M2工业用地,总用地面积为 $55\,863 \text{ m}^2$ (83.8亩)。所在地块为高端制造板块,交通便利,配套成熟。因土地资源紧缺,地块控规及其他要求也十分严格,具体如表1所示。

上述控规指标相对于一般工业用地,要求更加严格,其中绿地率、停车位、装配式的要求并不利于数据中心建筑的规划布置。在此客观条件下,要做到土地利用最大化,实现出柜率最大化,必须进行深入研究,采用一些创新性的技术措施。

2.1 因地制宜

本项目地块的特点是形状规整,近似正方形,仅东侧及东南角不太规则,且整体地势平整,无明显高差,西侧和南侧临城市道路。按照可行性研究报告的

表1 地块控规及其他要求

分类	内容	指标
控规指标	建筑限高/m	≤30
	容积率	1.2~2.0
	建筑密度/%	≥40
	绿地率/%	≥20
其他要求	绿色建筑	二星级
	停车位	按照当地规范要求
	海绵城市	年径流总量控制率60%,年径流污染控制率45%
	装配式	单体预制率不低于40%或装配率不低于60%

要求以及工艺对土建要求,需要建设1栋综合楼、1栋变电站、2栋数据中心、1栋门卫以及其他相关配套建筑、构筑物。

结合场地特点及功能需求,总体规划因地制宜,将综合楼布置在西北角,相对安静、独立;变电站布置在西南角,电缆进线便利;2栋数据中心集中布置在地块中部,相对安全;2栋油机平台、蓄冷罐、地埋油罐等设备构筑物集中布置在地块东侧,可充分利用东侧的不规则用地,且相对隐蔽独立,靠近数据中心(见图1)。

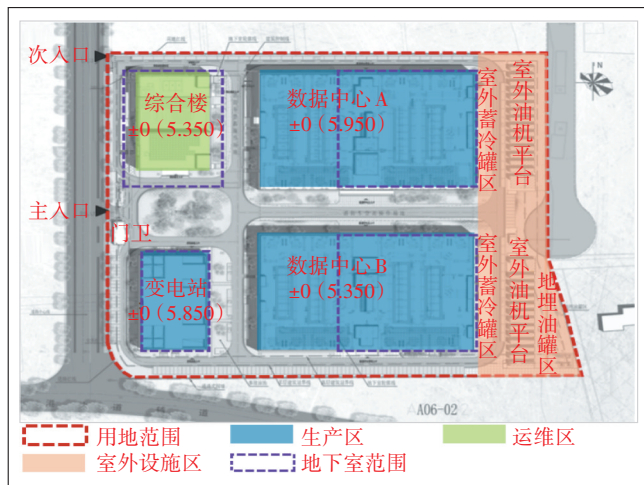


图1 总体功能布局

2.2 控规指标极限利用

本项目受限于区域总体规划,对建筑高度和容积率都有一定限制,对绿地率和停车位也提出了很高的要求,在此基础上,需要对各项指标进行分析,才能在合理合规的基础上实现极限利用。

a) 容积率:控规要求1.2~2.0,按照满容设计,地上建筑面积最高可达111 726 m²。

b) 建筑限高(室外地坪至女儿墙):控规要求小于等于30 m,按照极限设计,并保留施工误差的区间,取

定29.9 m,最大化增加建筑楼层。

c) 绿地率:控规要求≥20%,其中集中绿地不小于5%(集中绿地是指整块面积≥400 m²的绿地)。按照下限20%设计,尽量多预留用地投入生产。

d) 停车位:按《建筑工程交通设计及停车库(场)设置标准》(DG/TJ08-7-2021)的要求进行设置。机动车位配比标准为:研发办公1个/100 m²,生产厂房0.3个/100 m²,经计算,本项目需要约400个停车位。数据中心园区是少人值守的园区,并不需要这么多车位,且会占用过多生产空间,因为此条件为强制性要求,在保证数量下限的基础上,尽量采用小车位和地下车位,少占用宝贵的土地资源。

e) 建筑密度:控规要求≥40%,虽然不设上限,但因为还有绿地率、停车位、建筑间距、运输道路的相关用地需要预留,所以理论上的最大值约为50%(绿地占20%,构筑物约占10%,停车位按照一半地上设置约占5%,道路及设备转运场地约占15%)。

综上所述,满足各项要求的极限指标为:容积率为2.0;建筑高度为30 m;绿地率为20%;停车位为400辆;建筑密度为50%。

2.3 地下空间充分利用

通过对极限指标的分析,容积率对应的地上建筑面积存在上限,建筑限高的限制导致建筑层数也受限制,停车位过多导致地上土地资源更加紧张。所以要想实现上述极限指标,需要对地下空间进行合理开发和利用,减少地上资源的压力。

数据中心建筑对于防水、防潮、防火、防尘、防静电均有特殊要求,所以地下空间不能过多使用,仅能将对防水无特殊要求的功能房间放置在地下,比如汽车库、水泵房、冷冻站等。结合工艺总体要求,本项目综合楼设置2层地下室,用于放置地下车库;变电站设置1层地下室,用于电缆布线;2栋数据中心设置局部地下室,用于放置冷冻站、水泵房、消防水池、雨水回收池等功能房间,将能放在地下的房间尽量放在地下。最终地下建筑面积为23 750 m²,地下开发强度为0.43。在投资受控的基础上,最大化释放地上空间。

3 建筑空间最大化利用

本项目核心生产用房为数据中心,数据中心是“为集中放置的电子信息技术提供运行环境的建筑场所”,具有工艺性强、精密设备多、设计要求复杂的特点。

按照国标和企标相关要求,数据中心功能主要分为主机房(服务器机房,又名IT机房)、支持区(电力电池室、空调机房、变配电室、柴发区等)、辅助区(设备备件室、监控室、维护值班室、客户运维办公等)三大部分。

提升建筑利用率的核心就是提升主机房的物理空间占比,减少支持区和辅助区的物理空间占比。为此,需要深度结合工艺架构,在此基础上采取有效措施,从细节入手,精细化、极致化设计,才能实现利用率最大化。

3.1 楼层合理分布及竖向设计

数据中心建筑按照地下1层、地上5层进行竖向设计,地下1层以冷冻站、水泵房等为主要功能;地上1~5层均为核心标准楼层,以主机房、电力电池室、空调设备区等为主要功能,按照规范及工艺要求,建筑高度为29.9 m(室外设计地面至大屋面女儿墙),实现了极限指标。各楼层层高如下。

- a) 地下1层为7.2 m,其中冷冻站局部下沉0.3 m,冷冻站层高达7.5 m,主要净高约为6.2 m。
- b) 室内外高差0.9 m,满足且高于防洪防涝要求。
- c) 1~5层层高为5.4 m,净高约为4.4 m,楼层高度满足机柜和走线架高度的净空要求。
- d) 大屋面女儿墙高度为2 m,满足遮挡屋面临边设备、管井、泛水收头等要求。

3.2 超大平面

在本项目方案设计初期,总体布局为4栋数据中心,每个单体平面轮廓为常规的60 m×80 m(宽×长)的矩形平面,每层面积约为4 800 m²,标准机房层机架数量为640架,平面布局紧凑规整,建筑利用率约为75%。但是这种平面布局存在2个问题,一是受限于整体空间无法尝试多种平面组合,二是满足消防疏散和日常使用的配套用房无法减少,所以在此基础上如要大幅提升利用率和出柜率,唯有打破常规,推陈出新。

数据中心建筑性质为工业建筑,防火分区、疏散距离相比民用建筑更大更长,设计中充分结合此特点,突破性地采用超大平面的布局方式,把楼梯间、疏散走道、消防设施、配套用房的服务半径用到极致。

为此,本项目将4个数据中心两两合并,组合成超大平面轮廓,形成80 m×120 m(宽×长)的矩形平面,单层建筑面积达到了9 600 m²,大开间的布局可以尝试多种设备房间组合,可以节省一条运维走道,并将消

防疏散和必要配套房间服务半径极致应用。

3.3 集约模块化布局

数据中心生产用房主要由主机房、电力室、电池室、空调设备间组成,工艺强调电、冷、机柜的最佳匹配,即每个机房机架总功耗所对应变压器的供电量和空调系统的制冷量能够得到最大化利用。因此数据中心设计通常采用模块化布局形式,按照变压器和UPS容量推导机架总功耗、机架数量、空调设备配置,从而形成一个标准的机房模块;模块之间进行组合形成一个机房单元;机房单元再增加交通体和配套用房就形成了完整的建筑平面。如果单纯按照正向思维,层层推导,工艺要求可以满足,但物理空间作为推导的最后一步,往往存在局部不合理或者浪费的情况。本项目为取得物理空间的最大化利用,需要双向推导,形成电、冷、机柜、物理空间4个要素的最佳匹配。

超大平面为双向推导、4要素最佳匹配提供了有利条件,在模块组合中的灵活性更强。在深化设计中采取了如下措施以实现集约化的模块布局。

a) 从整体布局出发,因超大平面疏散距离非常极限,总体布局中把对疏散要求较低的主机房布置在两边(设置极早期烟雾报警系统,主机房疏散距离可增加50%),把对疏散要求较高的电力电池室布置在中间。同时电力用房到两侧主机房的电缆路由也最短,工艺性能最佳。

b) 进行机房模块推导,形成一个标准模块,按照变压器和UPS容量配置,1个电力电池室对应2个主机房。

c) 在模块组合时充分考虑物理空间集约利用,对楼梯、电梯、走道、电气间等用房进行优化,同时对模块组合进行适当灵活调整。如图2所示,2个标准模块中的电力电池室整体右移,左侧可挤出相对完整的空间放置配套用房;中间形成一个集中配套用房区,功能相对独立,可通过在防火分区交界处设置门禁形成完全独立的2个生产区;也可通过在走道位置设置门禁,将机房区与配套区隔离,更有助于运维管理和安全管理。

综上,本项目数据中心标准层平面电力电池室居中,8个主机房依次布置在两侧,配套用房相对集约独立,呈现出一个“蝶”形架构(见图3),建筑利用率提升至81%。

3.4 大柱网

超大平面和集约模块化布局提升了建筑利用率,

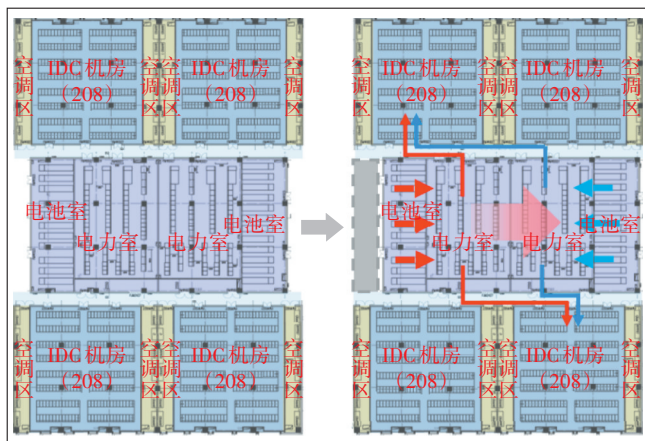


图2 模块集约优化组合示意

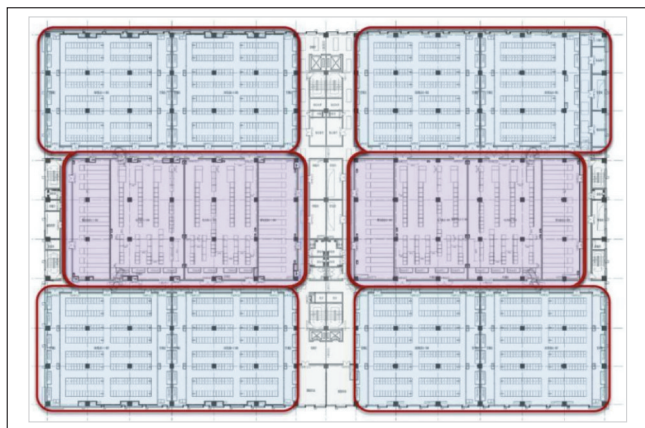


图3 蝶形平面示意

但在每个设备房间内部,还需充分考虑结构对设备影响的问题,从细节入手,做到每个房间的最大化利用。

按照理想情况,主机房房间内无柱是对设备排布的最有利条件,但按照控规要求,必须采用预制装配式结构体系,受预制构件的搬运与安装限制,无法采用超大柱网形成无柱空间。所以本项目采用局部大柱网形式,大部分柱跨在9~10 m,尽量减少房间内柱子数量,并结合设备间距模数,保证柱子对机架布置的影响降至最低。最终形成每个标准机房面积600 m² (包含两侧空调设备间)内部柱子不超过4根,柱子影响到的设备数量仅为8架,每个机房可布置机架数量为208架。

3.5 平面各项指标

通过以上措施,本项目建筑平面的外轮廓尺寸为:80.18 m×119.94 m,主要柱网为9.0 m×8.1(10.60) m,标准层面积约为9 600 m²,每层为2个防火分区,每个防火分区布置4部封闭楼梯间,平面中设置2部客梯和2部3.0 t货梯。电力机房占比为26%,主机房占

比为55%,配套设备用房占比为11%,交通体占比为8%,总体建筑利用率高达81%,标准层共有4个机房模块、8个主机房和1 604架机架。

4 总体优化提升成果

通过充分调研与分析,综合以上各项优化措施,最终形成以下成果。

a) 总体指标。本项目机房总建筑面积约为114 500 m²,总机架数为14 544架,单机架功耗为8 kW。

b) 土地资源最大化利用。容积率为1.992;建筑密度为48.43%;绿地率为21.02%;建筑高度为29.9 m;地下空间开发强度为0.43,均为控规和投资限制下的极限指标。

c) 建筑空间最大化利用。超大单体建筑为54 581 m²;超大单层平面为9 600 m²;建筑利用率为81%。

d) 算力资源最大供给。亩产率为173架/亩;出柜率为7.9 m²/架(8 kW)。

5 结束语

本文以某运营商某数据中心为例对东部地区数据中心如何实现超高出柜率进行了研究。以高指标牵引、土地资源最大化利用、建筑空间最大化利用为优化思路,在工艺要求和投资受控的基础上,在有限的物理空间内最大化提升了算力供给。后续将结合技术的发展演进,继续跟踪研究“东数西算”政策下不同大数据产业园区的成功经验,在此基础上推广建设,助力数据中心基础设施的高效发展建设。

参考文献:

- [1] 住房和城乡建设部. 数据中心设计规范:GB50174-2017[S]. 北京:中国计划出版社,2017.
- [2] 住房和城乡建设部. 建筑设计防火规范:GB50016-2014(2018年版)[S]. 北京:中国计划出版社,2018.
- [3] 中国电信集团. 中国电信数据中心建设标准2020版[S]. 北京:中国电信,2020.
- [4] 国家发改委官网. “东数西算”工程系列解读之一 | “东数西算”工程 助力我国全面推进算力基础设施化[EB/OL]. [2023-04-21]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/jd/jd/202203/t20220317_1319467_ext.html.

作者简介:

王峰,工程师,硕士,主要从事数据中心规划与建设管理相关工作;丁斌,助理工程师,学士,主要从事数据中心规划与建设管理相关工作;李果,高级工程师,学士,主要从事数据中心规划与建设管理相关工作。