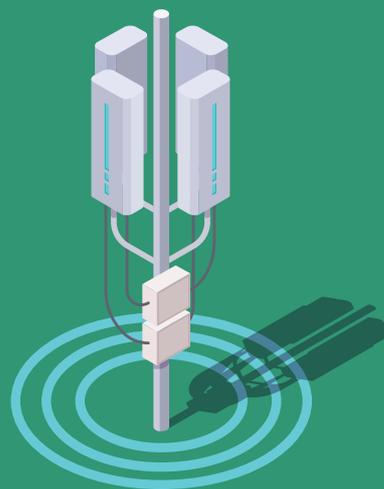


# 站点能源低碳目标网 白皮书



# 目录

# CONTENTS



## 01 天人合一，生态和谐，是人类文明的永恒追求 01

## 02 通信站点节能降碳发展现状 03

2.1 通信站点降碳现状	03
2.1.1 通信站点规模巨大，增长迅速	03
2.1.2 从能效看：传统建站方式建站复杂，能效低	04
2.1.3 从供电方式看：当前运营商绿电使用比例低	04
2.1.4 从运维管理看：不可视不可管造成能耗碳排难以优化	04
2.2 当前降碳评价体系	05
2.3 节能降碳发展趋势	05

## 03 低碳目标网理念 07

3.1 低碳目标网概念	07
3.2 低碳目标网价值要素	07
3.2.1 极简架构	07
3.2.2 极致体验	07
3.2.3 极低OPEX	08
3.3 目标网评价因子	08
3.3.1 NCle	08
3.3.2 SEE	09
3.3.3 OPEX	09
3.4 目标网的关键技术	10
3.4.1 先进电力电子技术	10
3.4.2 先进数字技术	11

## 04 华为站点能源低碳目标网 12

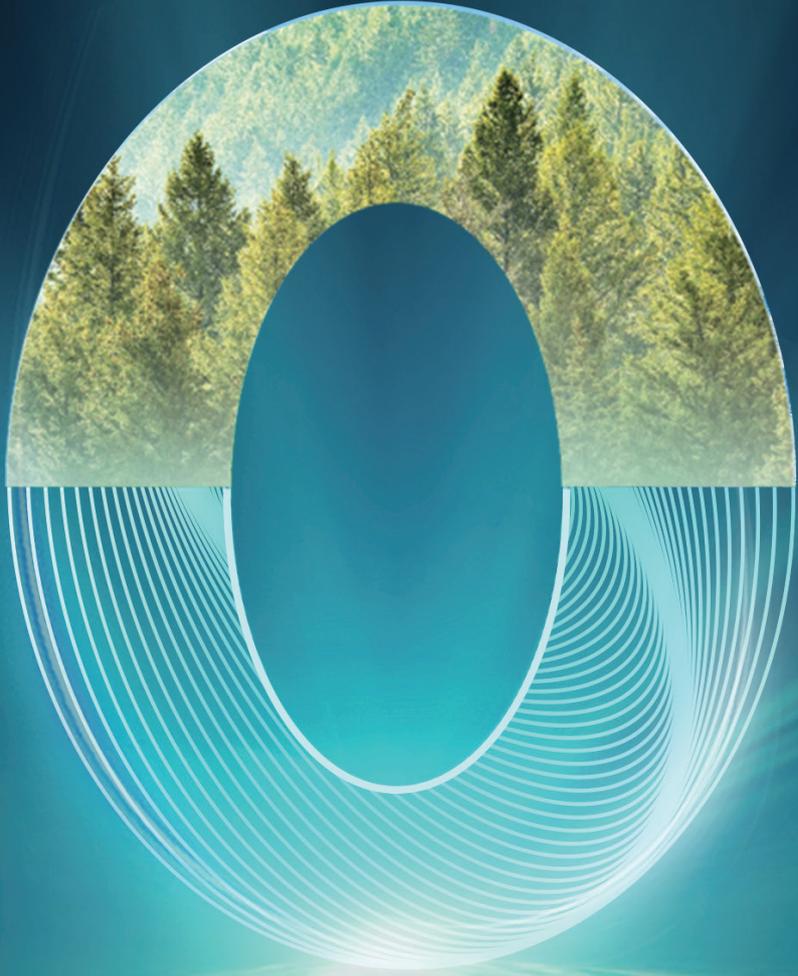
4.1 低碳目标网架构	12
4.2 低碳建网	13
4.2.1 极简站点：以柜替房，以刀替柜	13
4.2.2 极简机房：CO机房现代化改造，一柜替多柜，能效提升	15
4.3 低碳供电	16
4.3.1 站站叠光：绿电加持	16
4.3.2 智慧去油：去除油机，天下无油	19
4.4 低碳运行	21
4.4.1 全面锂电化：智能储能，锂代铅酸	21
4.4.2 全面智能化：数字化运维，运维升级	24
4.5 应用案例	27

## 05 未来十年愿景目标 28

## 06 缩略语 29

# 图表目录

图2-1：全球基站数量以及新增数量趋势图	03
图2-2：传统房站和柜站的能效	04
图2-3：当前太阳能发电比例仍然过低（以中国为例）	04
图2-4：传统站点状态不可知	05
图2-5：某运营商能源运维成本占比及人工下站维护占比	05
图2-6：SEE衡量指标	05
图3-1：朝向极简刀片站演进的极简架构体系	07
图3-2：自动驾驶的能源目标网	07
图3-3：OPEX的重要组成部分	08
图3-4：NCIe衡量指标	08
图3-5：不同层级的网络能效衡量	09
图3-6：目标网关键技术支持	10
图4-1：站点能源低碳目标网架构	12
图4-2：站点能源低碳目标网方案	12
图4-3：华为一站一柜方案	13
图4-4：华为一站一刀方案	14
图4-5：刀片应用场景	14
图4-6：华为室内超级柜方案	15
图4-7：华为站站叠光方案	16
图4-8：组件级快速关断及数字化管理	17
图4-9：华为光储协同方案	18
图4-10：华为智慧去油方案	19
图4-11：华为智能锂电方案架构	21
图4-12：华为智能锂电方案	22
图4-13：华为站点数字化运维	24
图4-14：Neteco功能架构	26



# 01 天人合一，生态和谐，是人类文明的永恒追求

## • 天人合一，人与自然和谐共生

“天人合一”是中国传统哲学思想，指的是“天地与我并生，万物与我为一”，倡导人是自然的一部分，人类要与自然和谐共生。

人生活在自然之中，发展在自然之中。天、地、万物，是世界的组成，人类作为生命生态中的一员，与其它物种一起构成了地球的生命体系。人类，是大自然的一部分。

人类发展离不开自然，从海洋到陆地，从高山到平原，从动物到植物，大自然提供了人类生存和发展所需要的一切条件。离开了自然，人类就会失去赖以生存的条件。人类发展，是要建立美好的家园；人类发展，要人与自然和谐共生。

## • 碳排放增加导致气温不断升高，对全球自然生态构成巨大威胁

2022年，全球诸多国家和地区经历了极端天气变化和地质灾害。热浪席卷欧洲、亚洲等很多国家，导致气温飙升，引发大火和干旱、水位下降电力供应不足、冰川加速融化、洪涝灾害频发。近年生态环境愈发脆弱，气候变化已成为一项全球性挑战。

研究发现，人类活动产生的二氧化碳（CO<sub>2</sub>）等温室气体是造成地球变暖的主要原因，进而引发极端天气变化，破坏生态平衡。从全球能源结构来看，石油、煤炭、天然气等传统化石能源为主占比超过80%。全球工业革命进程加速，导致能源需求剧增，碳排快速增长，据统计规模已从1950年的每年6Gt上升至当前37Gt。

为应对气候变化和全球气温上升，2015年在第21届联合国气候变化大会上，全球178个缔约方共同签署《巴黎协定》（The Paris Agreement），致力于将全球平均气温较前工业化时期上升幅度控制在2℃以内，并努力将温度上升幅度控制在1.5℃以内。各缔约方陆续推出碳中和目标，各行各业以此为纲领，理清自身碳足迹，制定相应的减碳计划和目标。



• 数字化是千行百业降碳的重要手段，通信是数字化的基石

在全球降碳的过程中，ICT基础设施作为千行百业的数字底座，正扮演着越来越重要的角色。数字技术主要通过网络化、数字化、智能化的技术手段来使能行业低碳化转型，同时提升政府监管和社会服务的现代化水平，促进形成绿色的生产生活方式，最终推动经济社会绿色发展。

根据统计，预计到2030年，ICT行业碳排放量预计为1.3Gt，占全球的2%，但是ICT技术每年将产生超过11万亿美元的经济效益。同时，通过应用ICT技术，可以使能千行百业减小20%碳排放量，数字化将以10倍杠杆效应使能千行百业低碳化。

• 通信是数字化碳排主要来源之一

全面数字化和智能化时代，在赋能千行百业提高效率、减少碳排放的同时，ICT运营商也将迎来自身网络流量和能耗的持续增长。按照推算，到2030年数字业务带来的流量是2020年的13倍，同时，碳排也将大幅增长。

根据公开数据，ICT耗电量在2035年会占到社会发电量的5%，而其中通信站点的耗电量将占社会总发电量的3+%，意味着通信站点的碳排能够占到整个ICT的60%+。以中国为例，预计到2035年，数据中心和5G总用电量约是2020年的3倍，将占中国全社会用电量5~7%，即便在降碳节能技术的应用下，2035年数据中心的碳排放将比2020年最高增长103%，5G的碳排放将最高增长321%。

因此，ICT行业只有加大低碳可再生能源使用比例，提高能源使用效率，才能在总能耗随着流量增长而增长的情况下，实现行业自身的降碳乃至碳中和。

而这其中，通信站点降碳，则成为ICT行业节能降碳的主战场。



图2-1-1. 全球基站数量以及新增数量趋势图



# 02 通信站点节能降碳发展现状

## 2.1 通信站点降碳现状

### 2.1.1 通信站点规模巨大，增长迅速

5G时代，全球无线基站规模庞大且快速增长。随着各国5G建设以及行业场景加速落地，5G建设仍将快速增长。截至到2021年底，全球5G基站数量达到200万，预计到2026年将达到800万，相比2022年新增近400%。以中国为例，预计到2022年底，5G基站达到210.2万个，占基站总数的29.8%，相比2021年新增60万站；到2026年，5G基站数量将达到400万个，年均增长率约50%。

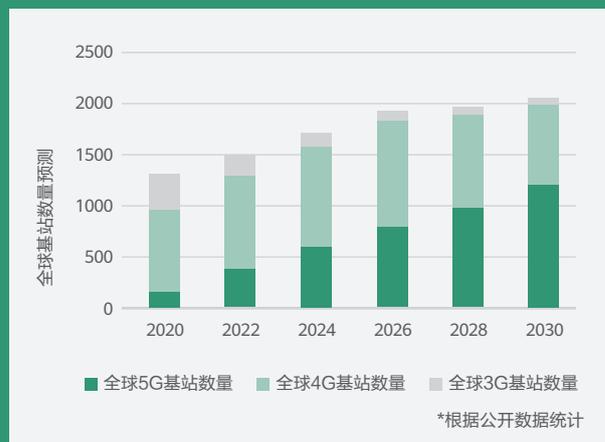


图2-1：全球基站数量以及新增数量趋势图

### 2.1.2 从能效看：传统建站方式建站复杂，能效低

5G时代，站点功耗大幅攀升。5G单站平均功耗达到4G站点的2~6倍，同时5G站点覆盖范围低，配套设施发热大，站点整体功耗巨大。

传统建站多采用房站或者叠加柜站方式，能效低、碳排放高：

#### 在站点能效方面：

传统房站的全站能效大约在55%~75%。首先传统电源密度和效率较低；其次房站空间较大，采用全屋制冷，造成制冷浪费；同时，房站建设与改造过程中，常面临改市电、改温控、租吊车等隐形成本，工程量大，耗时长。

传统柜站的全站能效大约在80%~85%。电源密度和效率低的同时，传统建设时多采用叠加设备的处理方式，容易造成站址不足、设备增加，给运维造成困难。

#### 在能耗比例方面：

传统房站的主要能耗集中在空调上面，大约占到全站能耗的55%~60%；电源以及其它大约占40%~45%，电源模块转换效率一般在90%左右。由于非工作能耗占比高，造成巨大的能耗浪费。

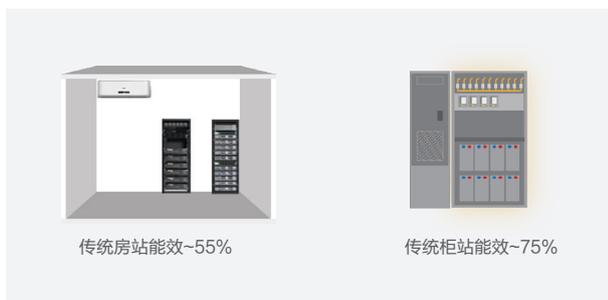


图2-2：传统房站和柜站的能效

### 2.1.3 从供电方式看：当前运营商绿电使用比例低

绿电清洁无碳排，使用绿电是节能降碳的重要途径，也是企业责任的体现。目前，在水能、潮汐、风能、太阳能等众多清洁能源中，太阳能由于其特性，是绿电中最重要的一种。

虽然太阳能已经在全球碳中和的驱动下，应用已经长足的发展。但是目前来看，运营商使用太阳能仍处于初始阶段，比例过低。以某较发达经济体的Top运营商站为例，在2021年，50%的站点的电力来自煤炭与天然气，35%来自水能、风能等，只有5%来自太阳能。这还是比较发达区域的，在其它区域比例更低。

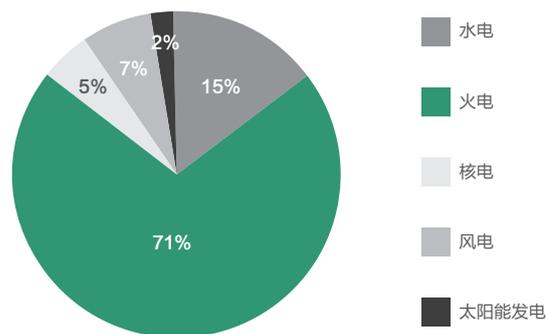


图2-3：当前太阳能发电比例仍然过低（以中国为例）

### 2.1.4 从运维管理看：不可视不可管造成能耗碳排难以优化

传统站点能源管理下，能效碳排不可视，难以优化。传统站点，大都为哑设备，数字化程度低，难以感知整站的信息。部分站点，动环监控可以做出简单的0-1感知，但仅为“是”与“否”，无法精准衡量。同时，数字化程度低，人工下站排查问题导致较高的人工成本。经过统计，某区域运营商，60%的站点无法智能管理，90%的站点没有错峰等节能措施，人工下站成本占运维费用的60%。



图2-4：传统站点状态不可知

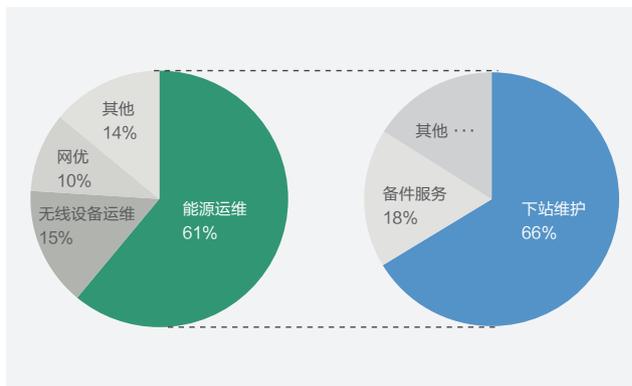


图2-5：某运营商能源运维成本占比及人工下站维护占比

## 2.2 降碳评价体系

关于站点节能降碳的衡量指标目前主要有站点能效SEE（Site Energy Efficiency）。SEE是站点设备能耗与全站能耗的比例，关注系统效率转换。

但是SEE只涉及能源效率，没有涉及碳排放的指标。当前的站点能源建设中，SEE已经应用，但是与碳排相关的参数是缺失的。

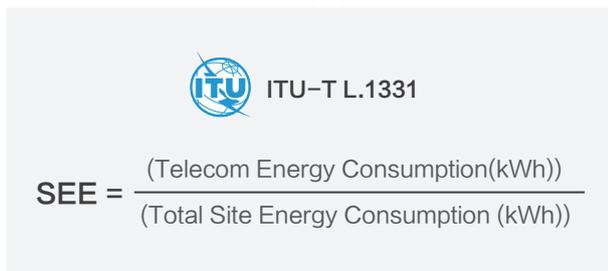


图2-6：SEE衡量指标

## 2.3 节能降碳发展趋势

V2X、XR等新的业务不断涌现；新型清洁能源将持续接入；通信站点并网做为电网调度的一部分；站点社会化进程持续演进。站点数量将剧增，功耗持续增长，电网协同、电网稳定、管理运维等复杂难题增加。在此发展趋势下，节能与降碳将面临更大挑战。因此，为解决当前难题并且面向未来，我们需构建新型能源网络。





# 03 低碳目标网理念

## 3.1 低碳目标网概念

传统站点能源建设复杂、能效低、管理性差，能量调度性差。为解决这些难题，构建一个极简、高效、绿色、智能的能源网络，华为提出“站点能源低碳目标网”。

它利用先进的电力电子技术、信息与通信技术以及人工智能技术，用Bit管理Watt，实现了站点建设的极简，站点运行的高效化，用电的绿电化，站点管理的智能化，最终能够实现能量按需流动，节约能耗，降低碳排，more Bits，less Watt。

## 3.2 低碳目标网价值要素

### 3.2.1 极简架构

极简，产生极致的方便。随着基础科学的突破以及多学科的融合，站点能源正在由低能量密度、低能量效率、粗放设备走向高密高效智能，正在由复杂拼凑走向架构极简。

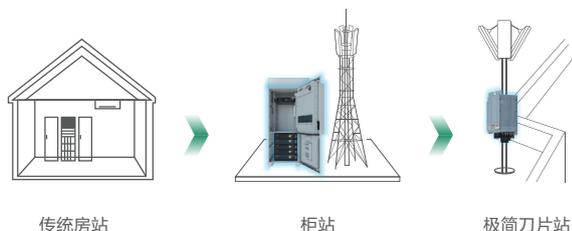


图3-1：朝向极简刀片站演进的极简架构体系

为应对5G时代网络演进、融合、运营，华为站点能源低碳目标网重构了站点形态极简了站点形态，使用以柜替房、以杆替柜与模块化设计，使用智能运维，降低了部署要求与运维要求，减少了站点能耗与碳排。随着5G的深入发展，华为站点能源低碳目标网将持续向极简架构方向演进。

### 3.2.2 极致体验

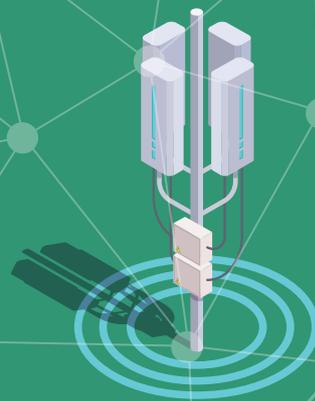
使用网络和维护网络的最终用户是人，人最注重体验，体验价值是站点能源网络价值的重要组成。站点能源正在由以前的孤节点形态走向可管可视，正在由低效人工运维走向远程智能运维，正在由站点资产单一功能走向资产融合调度。

华为站点能源低碳目标网运用先进的感知技术与人工智能技术，实现在实现站点“透明”的基础上，实现站点“自动驾驶”。站点能源低碳目标网通过接入感知，实现站点主动管理；通过先进的人工智能算法，实现站点自动故障预防，实现站点能效与碳排管理优化。

在站点数字化大潮的时代，华为站点能源低碳目标网给予用户极致体验。



图3-2：自动驾驶的能源目标网



### 3.2.3 极低OPEX

传统建设模式下，OPEX费用高：站点面积大，导致租金高；站点备电中油机的大量使用，导致油费高，维护成本高；哑设备导致人工下站频繁；站点能效低导致电费高。随着技术的进步、商业模式的改变，站点能源朝向极低OPEX方向演进。

华为站点能源低碳目标网通过极简架构降低站点租金，通过叠光、去油，降低能耗与碳排放；通过站点智能化降低运维难度，提高能源协同。站点能源，正在由以前的能耗高碳排高、人工运维走向绿电化、高效化、智能化。OPEX的降低，正在从全方面被关注与改进。

华为站点能源低碳目标网将持续致力于构建极低OPEX的站点能源网络。



图3-3：OPEX的重要组成部分

## 3.3 目标网评价因子

### 3.3.1 NCle

碳中和时代，“降碳”已经成为站点能源的重要目标，如何衡量降碳则是不可或缺的标准。传统的站点建设中，没有体现碳排放的参数指标，对碳排量难感知，对降碳难优化。

ITU在2022年10月提出新的标准：NCle(Network Carbon Intensity) 衡量指标。NCle定义了网络碳排强度，它由碳排因子以及网络能效两个参数组成，通过NCle能够清晰的知道当前网络的碳排情况，对降碳有更多的参考意义。



ITU-T L.1333

$$NCle = \frac{E_{total}}{Total\ Data\ traffic} * EF = \frac{(\sum E_j * EF_j)}{(\sum Data\ traffic_j)}$$

E total: Total Carbon Emission of network operation (kgCO<sub>2</sub>e)  
 EF: Emission Factor (kgCO<sub>2</sub>e/kWh)  
 Total Data traffic: TB

图3-4：NCle衡量指标

华为站点能源低碳目标网结合国际最新标准，在站点建设中采用NCle网络能效做为衡量因素，其中碳排因素EF则是与能源强相关的指数。通过运用先进的感知模型，实现全站碳排可视；通过先进的大数据分析，实现碳排分析，提供降碳优化。

华为站点能源低碳目标网，采用先进的站点碳排标准评价，助力实现碳中和。

### 3.3.2 SEE

能源效率的高低是衡量站点能耗的重要标准，也是现行的站点能源建设的重要衡量参数。

华为站点能源低碳目标网通过先进的底层技术，使用前沿的材料技术，构建先进的器件，从器件层级提高能效转换；通过先进的结构设计，构建先进的散热结构，从部件层级提高能效转换；通过先进智能温控技术，从设备层级实现散热效率的提升。

华为站点能源低碳目标网，全面提高站点SEE，践行节能降碳。

### 3.3.3 OPEX

OPEX是全站生命周期中重要的成本要素，包含站点租金、电费、油费、人工维护等部分，是站点能源评价的重要因素。

华为站点能源低碳目标网，将站点OPEX做为重要评价指标，致力于全面降低通信站点建设的OPEX。

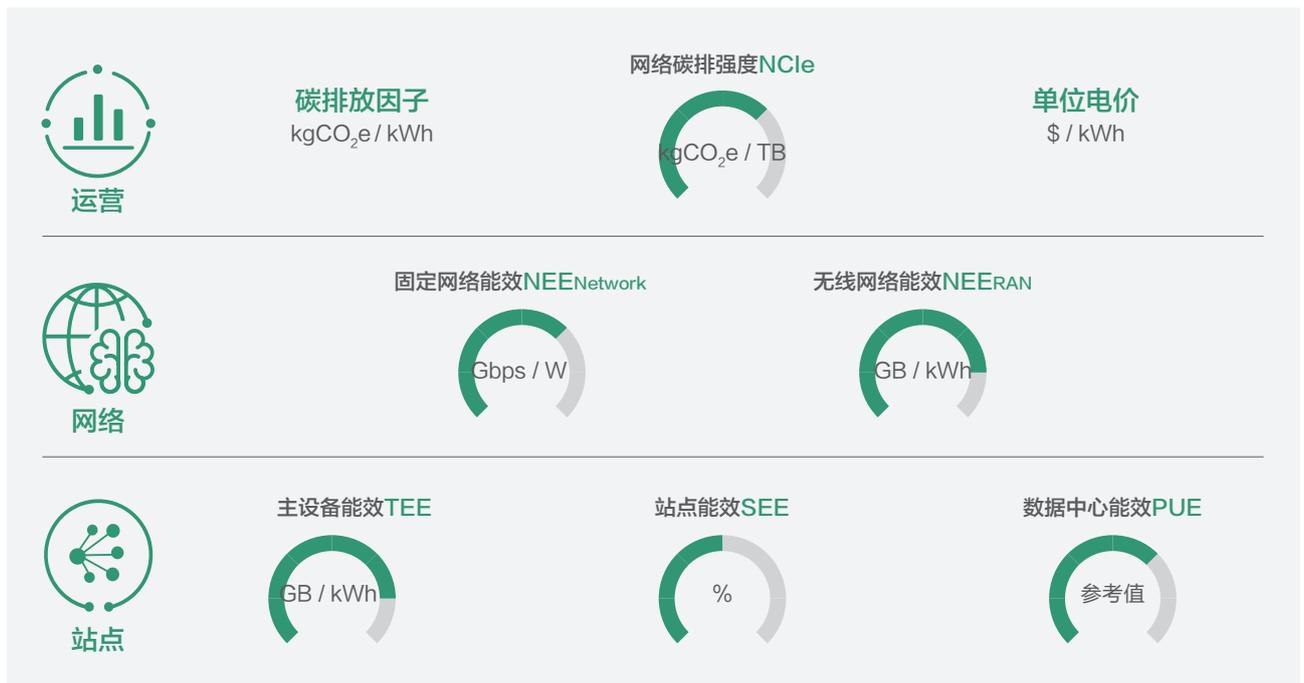
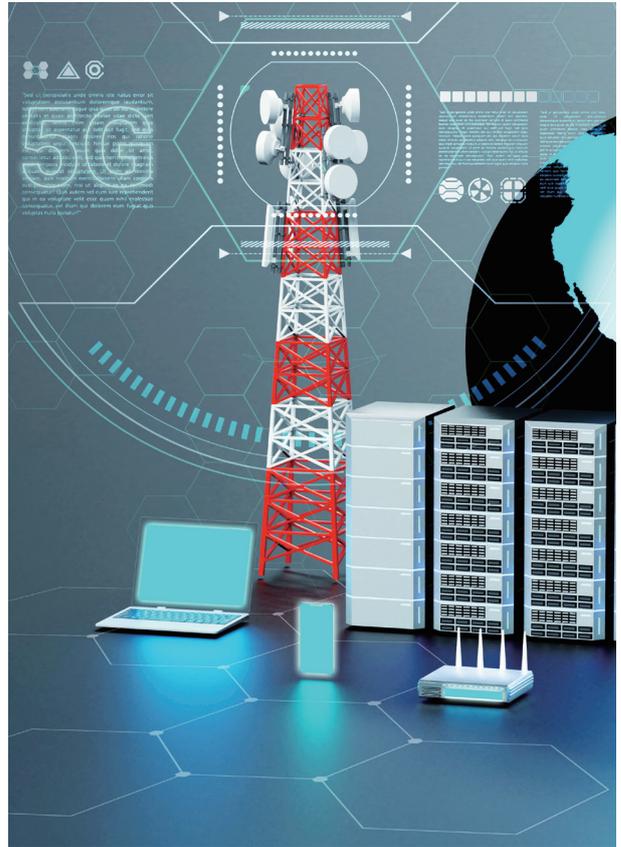


图3-5: 不同层级的网络能效衡量

### 3.4 目标网的关键技术

站点能源低碳目标网的构建与发展，离不开先进技术的支持。华为低碳目标网，融合电力电子技术与数字技术。通过运用先进的底层材料、器件、电池、热技术，传感、联接、云与AI技术，从能量流和信息流两个方面构筑先进的使能平台，助力建设绿色网络基础设施。



图3-6：目标网关键技术支撑

#### 3.4.1 先进电力电子技术

##### • 先进材料与器件技术

石墨烯、碳化硅、氮化镓等新型材料和新一代宽禁半导体器件的发展，使得高密高效、自然散热、能量双向流动的电源成为现实。

使用新型材料与器件的电源，利用器件的高频性，可以在更小的体积内实现功率密度倍增；利用其低导通电阻、低开关损耗特性，可实现系统效率提升，减少系统发热量，甚至支持风冷散热无缝切换至自然散热，极大降低由于发热带来的功率消耗。

先进的材料与器件带来站点能源技术的变革，重构产品的形态与性能。

##### • 先进电池技术

传统铅酸电池难管理、寿命差、占地多。随着材料的发

展，电池技术也在快速朝向锂离子电池、钠离子电池方向发展，现阶段，锂离子电池也取得了更为广泛的应用，代替了传统的铅酸电池。

同时，数字技术的发展，电池也在快速的数字化，融合先进的传感技术、高饱和磁材、高速采样技术，电池状态整在被精确感知；先进的联接技术，将电池数据及时、精准传送，将传统的孤节点电池纳入到网络中；而云、大数据、人工智能技术的发展，实现自动分析与统一调度，将站点能源的节点化完全网络化，自动化。

##### • 先进热管理技术

散热问题一直是站点能源能耗的重大困扰。随着技术的发展，涌现出越来越多的散热技术。如在材料方面使用低损耗的新一代器件，如在架构上使用重力虹吸热管温控、仿生根系散热等。在热管理的不断发展下，站点能源由空调散热、风冷散热逐步向自然散热方向发展。

### 3.4.2 先进数字技术

#### • 先进传感与联接技术

在传感与联接技术的发展下，站点感知取得巨大发展。

相比传统的站点状态不可视，运用先进的传感技术，可以清晰的获得全站状态如温湿、油机、市电等。同时，状态感知正在由传统的0-1有无感知走向智能感知、线性感知。传感技术的多样性发展，正在推动站点能源的全站感知。

利用先进的联接技术，可以实现更加方便的将信息传送给网管。站点设备的多样性导致接口类型的多样性，如以太网、干节点、无线等，因此保障传送的稳定与便捷，需要先进的联接技术支撑。联接技术的快速发展，实现信息自动传送，无线传送，使得偏远地区的站点管理更为便捷。

#### • 云与人工智能技术

传统部署成本高，人工运维难。在云计算、大数据以及人工智能技术的发展下，站点能源的部署与管理快速走向云化以及运维智能化。在部署方面，越来越多的运营商实现云上部署，本地服务器大量减少，系统的维护性也大幅度提高；在管理方面，大数据、人工智能的应用，实现了站点风险的提前预测、站点维护的远程化与自动化。基于此，构建站点的智能管理能力，是站点能源发展的重要趋势。



# 04 华为站点能源低碳目标网

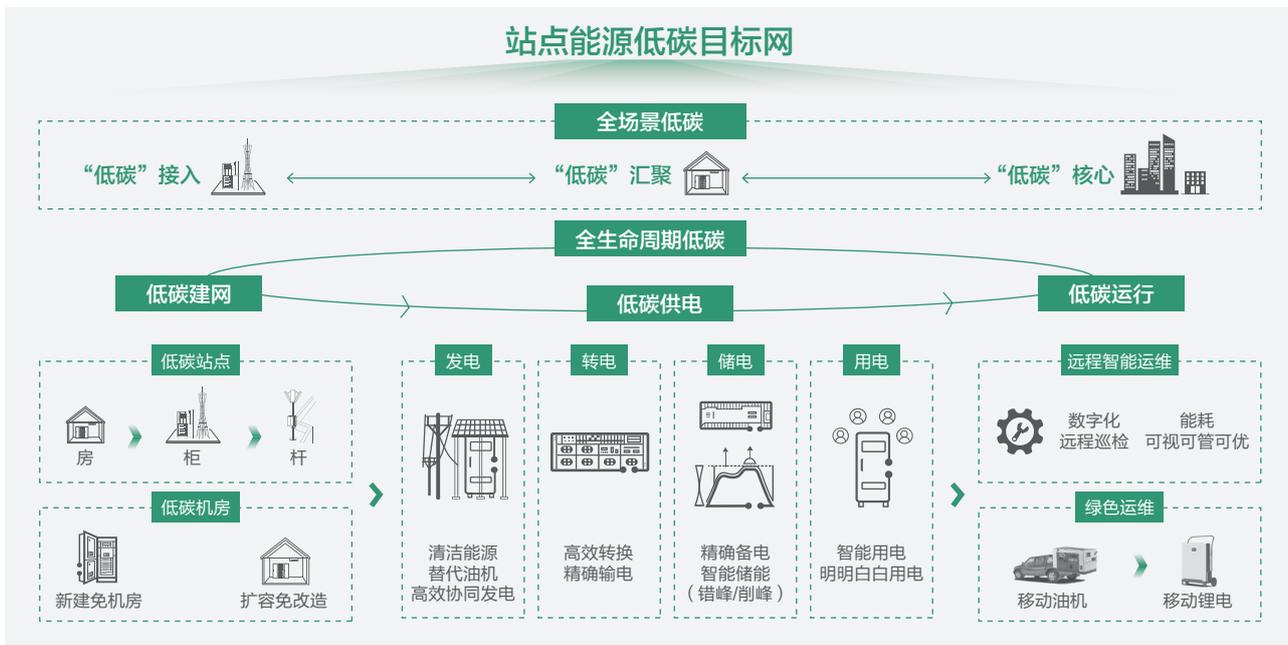


图4-1：站点能源低碳目标网架构

## 4.1 低碳目标网架构

华为站点能源低碳目标网，沿着能量的流向，助力全面建设低碳站点。通过先进的部件，实现站点数字化，进而实现低碳建设；通过功率智能化，引入绿电、高效转换、锂电化、智能配电，沿着发转储配用，实现低碳供电；通过统一

智能网管，实现管理智能化，低碳运行。

华为站点能源低碳目标网，全场景全生命周期低碳，实现加5G不加OPEX。从建设方面，改变站点形态，使用极简站点、极简机房、低碳建设、低碳供电、低碳运维三个方面，全面升级现有站点建设模式。



图4-2：站点能源低碳目标网方案

## 4.2 低碳建网

低碳建网是指从网络架构到设备做到极简，极简意味着高效，可以减少浪费，节能降碳。首先是架构极简，网络架构和基础供电架构减少中间冗余环节，如5G网络的C-RAN架构、一体化供电系统等。其次是极简建站，从传统的室内站到室外机柜站，再到可以挂杆的刀片站，大幅降低站点的占地、材料消耗、制冷能耗等。低碳建网在大幅降低碳排放的同时，还可以降低网络建设和运营成本。

### 4.2.1 极简站点：以柜替房，以刀替柜

当前通信站点，包含2/3/4G站点，5G站点或者塔商共享站点，叠加5G功耗翻倍，大量站点面临市电不足、电源和电池容量不足、温控不足、AAU电压不足等问题。同时，随

着设备和站点增加，网络的电费、租金、运维费用等能源相关的OPEX将会大幅增加。

传统采用土建机房、方舱或多柜拼凑方案，带来高昂的端到端成本，比如市电改造（\$5000，TTM>3个月@亚洲某国）、吊车租赁（\$1500/次@欧洲某国）、地基（\$500，TTM>2周@亚洲某国）、租金（\$7000/年@亚洲某国）、线缆更换（\$1806@全球）等。同时传统电源多柜多温控效率（SEE~80%），负载用电管理粗放，无法有效识别和优化用电较高的负载，带来较高的能耗和碳排放（典型一频4G+一频5G站点碳排放超过28吨/年）。而且，传统站点电源仅-48V供电，不支持面向多种业务的多制式供电能力。

华为一站一柜解决方案，单柜支持2/3/4/5G或共享站点部署，一柜替传统多柜，通过极简部署和智能用电，节省站点端到端投资。



图4-3: 华为一站一柜方案

· 其主要特征如下:

■ 高密:

高密eMIMO电源24kW@3U/36kW@5U, 功率密度两倍于友商(24kW@7U)。智能锂电(下称云锂或者CloudLi)容量150Ah@3U, 能量密度两倍于铅酸(150Ah@8U), 实现相同空间、原位替换、容量翻番。

■ 高效:

高效器件、高效锂电、高效温控实现站点级最高效率90%, 单站每年节省10%能耗, 减少3124kg碳排放。

■ eMIMO:

多制式能源输入和输出, 一套电源替换传统多套电源系统, 适用于各种市电类型、各种供电场景。

■ 全模块化:

温控、整流、备电、交流输入、直流输出、多制式输出全模块化设计, 实现业务平滑演进。

■ 全链路智能:

发/转/储/配/用全链路智能, 智能削峰、智能升压等智能特性实现极简部署省CAPEX, 智能错峰、能源切片等智能特性实现智能用电省OPEX。

■ 智能用电管理:

通过集成分流器、接触器、空开等功能的智能空开, 实现软件定义空开, 灵活配电; 单路负载精准计量, 明明白白用电; 能源切片, 按需备电, 节省电池配置。

为了适配无线基站向极简刀片形态演进, 华为加大研发力度, 在一站一柜基础上推出极致能效, 绿色极简的一站一刀, 其采用业内独有全自然散热大功率刀片设计, 具备零占地, 零租金; 零维护, 低能源损耗, 1小时快部署的独特优势, 可广泛应用在宏站、小站和共享站点场景, 和传统柜站方案对比, 刀片建站TCO降低30%。

华为一站一刀解决方案基于多项技术创新领先业界2代, 当前行业水平普遍的是一扇一刀, 华为在2020已发布6kw刀片, 实现一频一刀; 2021年华为持续突破创新, 将推出业界最大功率的12kw刀片, 能力全面对齐柜站, 实现业界唯一的2/3/4/5G全频段的一站一刀。

华为刀片电源多项创新加持, 如蝴蝶设计、仿生根系齿散热技术, 散热能力提升25%, 体积和重量减少~40%; 同时支持高效智能用电、杆级叠光、智能测量、削峰错峰、能源切片等, 推动刀片迈向全面智能化。在可靠性方面, 华为秉持精品理念, 提供IP65高防护等级和N+1冗余化设计, 可故障不下电维护。

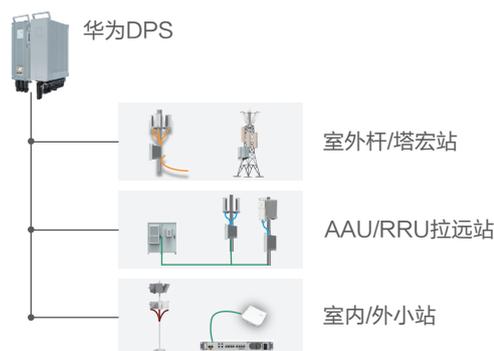


图4-5: 刀片应用场景



图4-4: 华为一站一刀方案

### 4.2.2 极简机房：CO机房现代化改造，一柜替多柜，能效提升

随着5G的场景化应用越来越多，万物互联、高清视频带来无线接入网、家庭宽带、企业专线大幅提速，带宽急速提升；同时，伴随着核心网云化、边缘计算和CDN的部署/下沉，传统CT网络将全面走向ICT融合。上述两大趋势将带来通信机房主设备的升级换代，并新增IT设备，导致机房主设备功耗大幅提升，以及交、直流融合供电需求，将给传统机房能源设施带来巨大挑战。

#### 传统机房扩容的存在以下问题：

**温控能力不足，存在局部热点。**机房出现局部热点，无法满足新增设备散热需求，扩容需新增温控，新增多套空调，投资高、周期长。同时传统房级空调大面积制冷，制冷效率低，耗能高。

**能效低，传统机房能效 SEE<50%，能耗浪费大。**传统大面积制冷方式，效率低，空调耗能高；老旧电源电池效率低；能耗不可视，优化无从下手。

**机房空间不足，改造难度大，工期长。**业务扩容需改造：电源、电池、空调、机柜，占地面积大，工期长、成本高。

**供电能力不足，改造难。**存量电源电池改造困难，业务扩容需增加交流、直流多套供电系统。

华为绿色机房电源解决方案，采用独特”温供备一体化”设计，融合eMIMO电源+CloudLi+模块化温控，统一集成在一柜内，单柜解决机房温控、供电需求。实现机房5G和固网新业务极简绿色部署。

#### 其主要特征如下：

##### ■ 免改温控：

温/供/备高密一体，集成柜内空调，封闭精准温控，高效散热，解决局部热点问题，免改机房温控。采用柜内封闭式高效制冷，空调就近部署，可以直吹设备，相比房级散热，极大提高了制冷效率。柜内直流空调单个容量5kw，最大可以叠加两个，制冷能力可实现单柜10kw。

##### ■ 免增机房：

柜内集成eMIMO电源、CloudLi、模块化温控，极致高密，1柜替3柜，免新增机房。

##### ■ 免改线缆：

统一平台电源，交直流一体化供电，1套替多套；57V升压，线缆通流量增加30%，免线缆工程改造。

##### ■ 高效节能：

采用精准温控、智能联动、可调温控组件散热设计，助力实现智慧低碳机房，高效节能。故障不下电维护。

华为绿色机房电源解决方案，自问世以来，取得广泛应用和认可，并在2020年荣2020Interop东京展金奖。



图4-6： 华为室内超级柜方案



### 4.3 低碳供电

#### 4.3.1 站站叠光：绿电加持

在分散的站点部署分布式离网直流光伏系统，其收益常受制于站点条件如周边遮挡物，可部署面积，朝向，组件公差带来的发电损失；无法与储能和油机等设备协同导致最终消纳绿电效率受限；以及多点运维难以定位具体问题，哑设备不可视；因光伏输出电压过高导致铅酸损坏或长组串断开或火灾因高压无法及时救援等安全设计问题。

为解决以上问题，提升最终光伏消纳比和进一步降低OPEX支出，华为站点能源低碳目标网结合组件级电力电子技术Module Level Power Electronics (MPLE)创新，电力载波通信技术创新，电力电子控制芯片技术积累与自适应自

寻优算法控制技术创新，提出第二代站点叠光解决方案iSolar2.0。iSolar2.0方案中的智能iPV光伏组件可实现组件发电信息与告警状态实时上传至NetEco管理平台，实现发电可视，故障可知。配合一体化设计的“四合一”光伏控制器，继续延续极简刀片的设计风格，大功率，小体积，高效率，全场景易部署。再配合华为CloudLi循环型锂电可实现光储协同，提升单站绿电消纳比。在峰谷电价场景下可实现光伏优先消纳的同时，进一步降低网络OPEX，助力网络能源转型，实现more bits less watts。

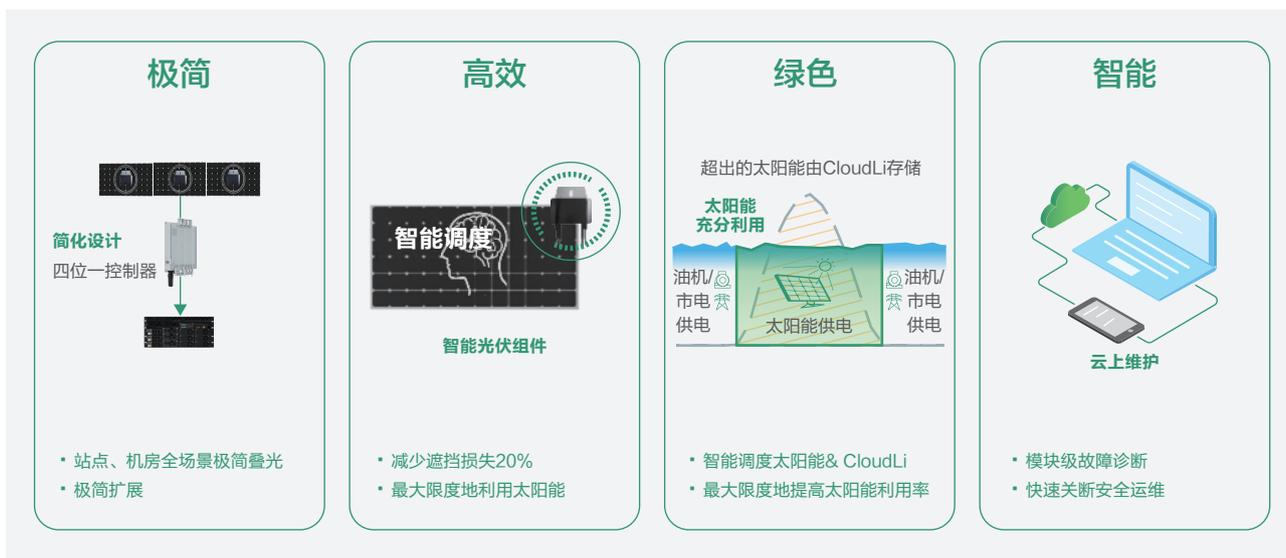


图4-7：华为站站叠光方案

**· 从组串级优化不可视演进至组件级寻优安全可视:**

传统站点叠光方案，采用组串式优化方式，无法对组件受遮挡，安装方位角差异，所带来的损失提供更好的优化效果；故障组件定位需专业设备巡检，问题定位难；高压组串无关断功能，无法满足行业安全标准。由此导致的发电效率低下，运维支出较高，安全设计问题将严重影响项目最终受益。

华为新一代iPV2.0智能光伏组件，结合组件级电力电子MPLE技术创新，实现光伏组串从组串级优化演进到组件级优化，实现灵活部署，可按站点面积灵活配置组件数量；优化不同方位角，受遮挡组件输出，实现全场景高效；并且结合领先的电力载波PLC通信技术，让每块组件的发电信息可通过NetEco管理平台获取，发电可视，故障可知；配合优化器，长组串iPV组件在遇到线缆断开，组件故障情况下可实现快速安全关断，实现10秒内降至30Vdc以内，满足相关安全标准。

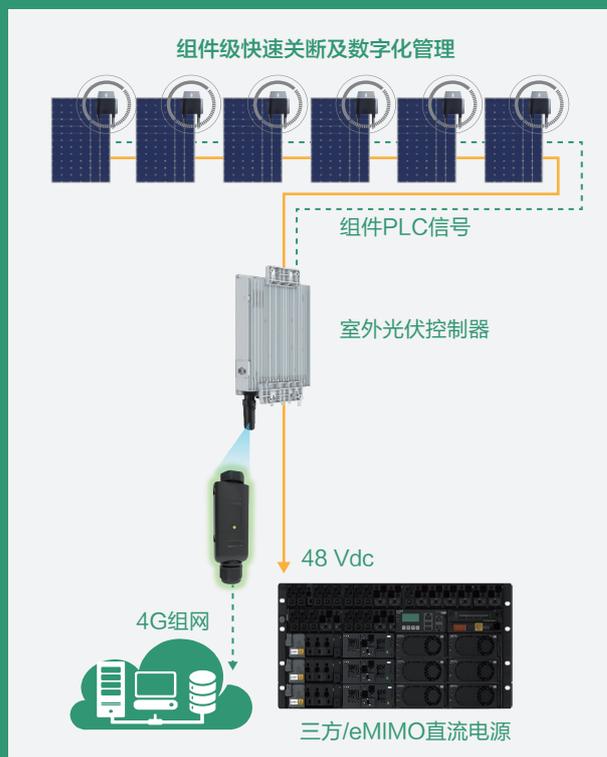


图4-8：组件级快速关断及数字化管理

**· 从多点组串接入演进至组串式四合一极简架构:**

传统解决方案组网架构较为复杂，通常需要通过安装四个节点才能完成安装，组件输出后需要接入汇流盒后，接入光伏整流模块，再接入至直流配电模块，最后与特定控制单位组网。传统方案架构复杂，耗时高，节点多，运维难，组网方式受限，难以适应全场景叠光。

华为新一代“四合一”光伏控制器，集合光伏汇流盒，光伏模块，光伏配电模块与控制单元，简化接入节点。同时华为光伏控制器还支持多种组网模式，应对不同站点场景需

求，可提供IP,4G和带内组网模式，实现极简建站，灵活组网。IP65防护等级与20年使用寿命设计，使得华为控制器可更长时间的为站点提供清洁和稳定的电力供应。

**· 从分立部件到协同光储系统:**

传统站点叠光方案，在光伏超配的情况下，难以根据季节的变化调节储能系统充放电设定，导致有条件多部署组件的站点超发浪费，最终网络绿电消纳比例提升受限。在有峰谷电价的地区，由于缺乏协同，光伏与锂电仍是分立部件，未能实现节能效益最大化。

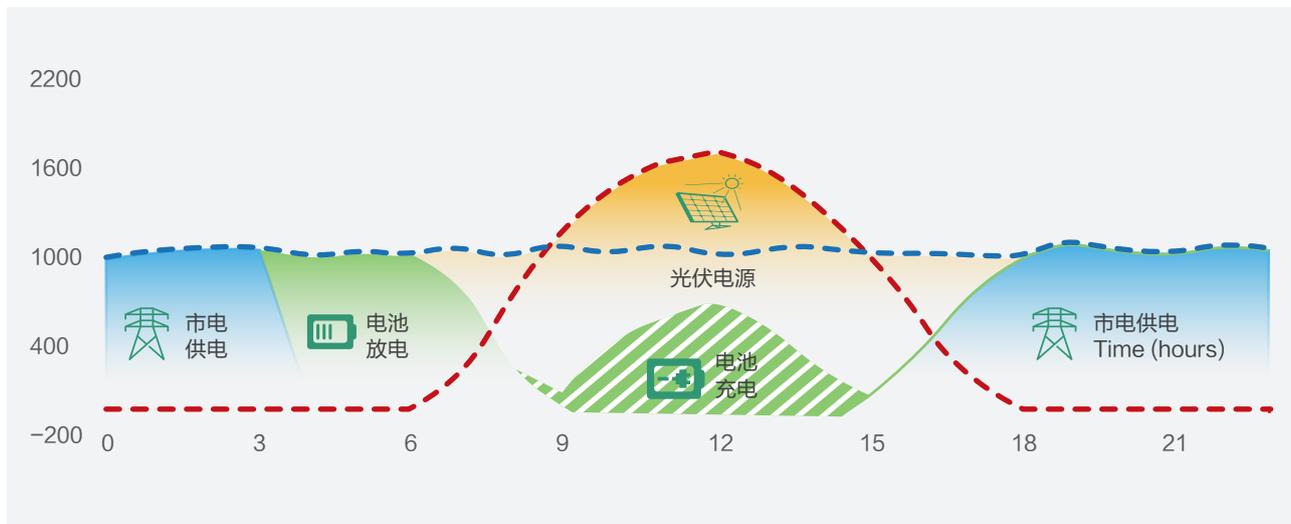


图4-9：华为光储协同方案

华为光伏控制器搭配循环型CloudLi，可实现光储协同，应对光伏超配，光伏错峰场景，可实现光伏优先消纳，结合错峰收益实现站点节能效益最大化。通过智能网管NetEco，可使能光储协同算法，光伏控制器将自动统计历史发电数据，并预测次日光伏超发电量，再由算法根据每日预测数据调整CloudLi充放电深度与时间，实现站点光伏100%消纳，提升网络绿电消纳比。在峰谷电价区域，光储寻优算法会在

确保光伏优先被消纳前提下，根据峰谷电价差和参与循环CloudLi容量情况，调节锂电充放电时间，实现站点低碳用电的同时，进一步通过错峰降低站点OPEX支出，整站低碳，更省OPEX。同时，光伏控制器将根据母排电压自适应调整输出，确保储能能在浮充阶段不会因光伏输出电压过高而降低循环寿命，整站更可靠。



### 4.3.2 智慧去油：去除油机，天下无油

全球大多数地方已经实现电力和通信的普遍覆盖，但是仍然有7.89亿人口没有电力供应，在亚洲、非洲、中东等区域因为市电不稳及无市电，不得不使用油机供电，预估有50+万通信站使用油机。油机给通信站点带来高的能源OPEX，大幅侵蚀运营商的利润水平。在非洲部分地区燃油高达1美金/升，基站24小时工作带来高昂燃油费用，此外油机需要高频度的维护，也带来高昂的管理及维护成本。另外电池/燃油均属于易被盗资产，全球平均被盗率10%，也会给

运营商带来损失。因为站点电池被盗或者油机维护不及时带来的宕站占到总宕站的80%以上。同时油机工作带来震动及噪音严重扰民，碳排放大，造成环境污染，与全球的节能减排倡议不符合。随着网络演进功耗增加，业界对“0”油机的需求越来越急迫。

华为从2008年开始第一代混电产品的开发，到2018年推出第五代智慧去油产品，帮助运营商实现省油去油。华为站点能源低碳目标网智慧去油方案主要分为3个场景：



图4-10：华为智慧去油方案



### ■ 先进电混

在市电不稳场景，通过云锂的超级快充功能，1小时可充满，另外通过AI技术预测停电模型，延长电池寿命。通过Grid-MPPT技术追踪电网最大输出功率，在市电不稳场景中最大利用市电，在偶尔超长停电时使用移动锂电进行应急保障。实现站点“0”油机的同时保障站点SLA，ROI<2年。

### ■ 先进油混

在无市电区域传统方式油机工作24小时，先进油混方案通过油机+云锂循环工作减少油机运行时间75%；通过CloudLi充电增加油机的带载率，通过AI技术控制使油机保持恒定80%带载率，实现度电油耗减少50%，ROI<1.5年。

### ■ 先进光混

在无市电及偏远区域，太阳能作为主要能源，减少油机的使用，油机仅作为备份，实现光能+电池储能+油机备用，实现站点省油节油，最高实现“0油机，0维护”。方案ROI~4年。

智慧去油方案可以利旧现网电源和电池，免去现网电源割接带来的业务中断，减少工程50%，减少现网设备残值的浪费，降低改造ROI。

华为智慧去油方案在中东、亚、非洲广泛应用，帮助中东某客户完成了2000+站的能源改造，实现了站点“0”油机，OPEX节省高达69%，PAV提升2%，站点收入增加，综合收益达到9千美金/年,ROI<1.5年；新建站点100%使用华为云锂代替铅酸电池，全网备电锂电化，使用NetEco建立能效数字化管理平台，网络KPI远程可视，风险提前预测，减少下站30%。在非洲市电不稳定区域，华为智慧去油方案帮助客户实现单日12小时停电油机“0”运行，极低ROI约1.2年。在某无市电的运营商，由双油机改为单油机；降低油耗50%，月度节省OPEX \$661/月，提升站点可用度7%，增收1079USD/月, ROI 1.2年。

除了OPEX节省，站点能源低碳目标网智慧去油方案还帮助塔商实现能源从省钱到赚钱的转变。在市电不稳&无市电区域，通信站可以向站点周边居民楼，办公楼，小商场，企业供能，通过以电换租，电随网进，站点共享等新商业模式，实现站点收益最大化。



## 4.4 低碳运行

### 4.4.1 全面锂电化：智能储能，锂代铅酸

站点演进过程中，站点备电必然需同时演进，满足站点新功耗的备电需求及功能需求。传统站点备电通常采用铅酸电池或普通锂电池。这些电池是哑设备，难以与电源或上层管理系统通信，因此状态不可视、依赖人工上站运维效率低；同时电池也仅是单一备电功能，价值浪费；比如现网扩容时，新旧电池不能混搭，需要完全使用新替旧，浪费现有电池剩余价值；配置粗放，投资浪费；可靠性也低。

针对站点备电演进所遇到的问题，华为推出第五代云锂解决方案CloudLi。CloudLi是华为充分发挥自身跨领域的技术优势，融合电力电子、IoT、云技术的第五代智能锂电储能系统。站点能源低碳目标网CloudLi解决方案中，智能锂电既可以与华为电源通信，也可以通过IoT网关与NetEco管理系统通信，实现全场景下储能云管理，储能参数、状态可视。智能锂电通过IoT与NetEco智能协同，在任何电源场景下实现站点储能价值最大化、投资精细化、运维高效化、安全可视化：

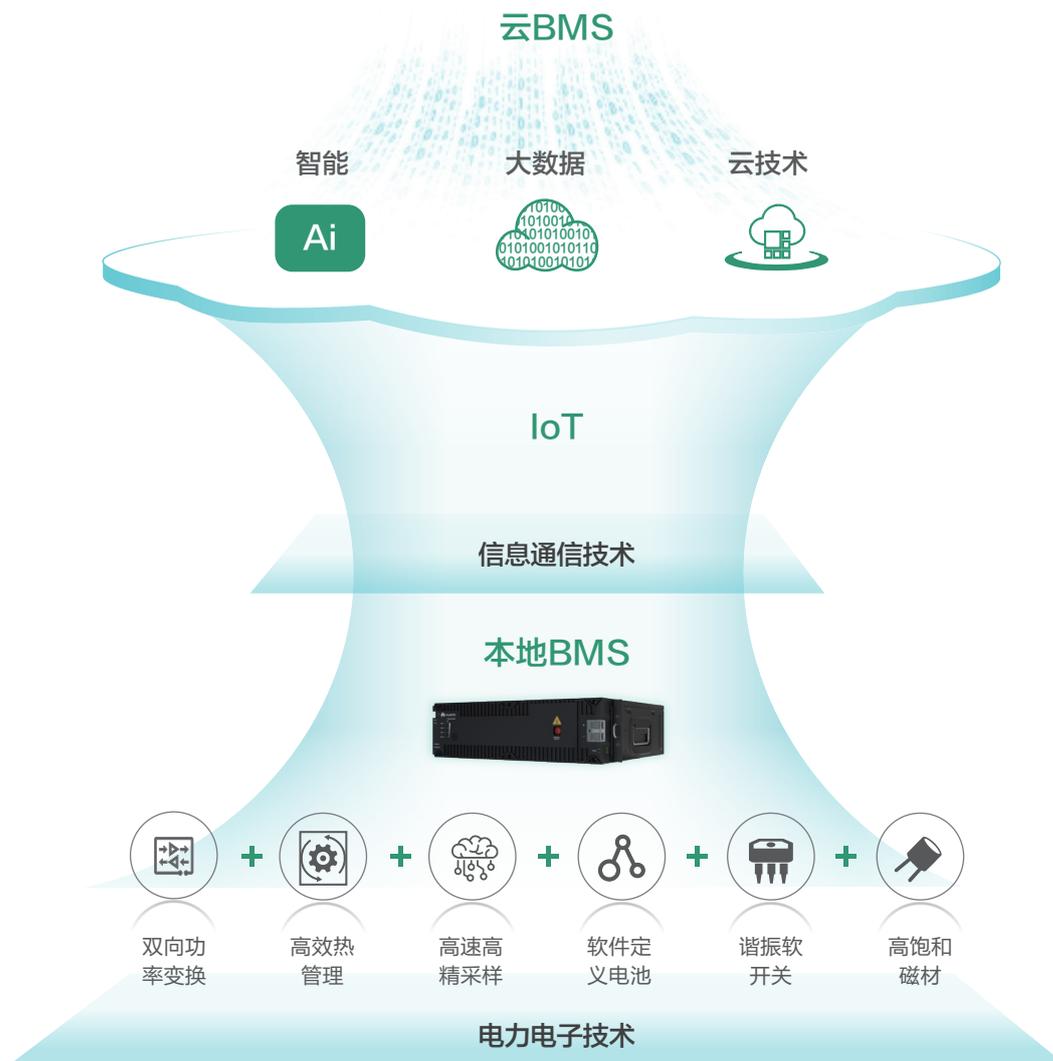


图4-11：华为智能锂电方案架构

· 从人工运维到极简云维：

传统铅酸电池是哑设备，电池的使用状态、老化程度、剩余备电时间等等均无法得知，只能依靠人工上站定期检测简单的电压、电流、SOC等状况，因此人工运维效率很低。例如，人工上站进行电池测试时，人员需上站、等待、记录、绘制曲线、分析等，需要花费非常多的时间、精力及费用。普通锂电虽然有简单的BMS管理，可以检测电池的SOC、电压、电流等信息，但普遍无法与管理系统对接，无法可视化管理，仍需人工上站检测。5G时代，站点数量增多，管理更加复杂。海量站点无法可视化，依靠人工运维OPEX将会更高、难以及时运维。因此，传统的人工运维方式已难以为继。

CloudLi智能锂电储能模块可通过IoT网关向NetEco上传锂电相关的数据如电压、电流、SOC、SOH、位置、被盗统计等，无需依赖任何电源组网传输即可实现全场景锂电储能云联接。所有锂电数据可在NetEco可视化，NetEco可智能分析锂电上传的各类数据，提供合理建议与及时预警。用户可通过NetEco远程设置电池参数、功能、逻辑等，还可通过NetEco一键远程测试，免去人工上站测试的繁杂过程，极大减少无效上站，帮助客户节省运维成本、提升运维效率、提高备电可靠性。



图4-12：华为智能锂电方案

· 从单一备电到智能综合储能：

传统铅酸电池或普通锂电池仅作为备电使用，在市电好的场景长期浮充，成为沉默资产，价值浪费；5G时代通信站点对电池的需求已不单纯是简单的备电功能，万物互联的5G时代要求站点也实现数字化，储能实现数字化的同时，具备更多的功能、释放更多的价值。

智能锂电与NetEco站网云协同，全场景实现智能特性，极简演进、激活沉默资产：

■ 云升压：

智能锂电与云协同实现云升压，帮助客户在拉远站点场景免换粗线、电池100%放电，提升站点储能供电距离；

■ 云混搭：

智能锂电与云协同实现免电池合路器云混搭，帮助客户在站点扩容时利旧现网电池，免投资浪费，分步投资；

■ 云削峰：

当智能锂电与华为电源、云智能协同，帮助客户在站点功耗峰值变大而市电容量不足时，免去市电改造繁杂过程及改造费用，同时快速部署，将TTM从6个月缩短至1天；

■ 云错峰：

智能锂与云协同实现云错峰。在有峰谷电价的场景，智能锂电可在低电价时充电、高电价时放电，帮助客户节省电费，降低OPEX；

■ 云防盗：

智能锂电与云协同实现license智能软件锁防盗、智能位移防盗、GPS，降低被盗率，提升站点储能安全；

· 从粗放配置到精准备电、精准补电，高效投资：

传统配置多是根据典型站点模型统一配置，投资不精准。站点配置的电池容量跟实际需求的电池容量存在偏差，或冗余浪费，或容量不足。尤其在市电质量发生变化时，站点所需的电池容量偏差更大。同时，站点配置的电池容量与实际所需容量是否匹配也无法得知，难以及时补充或减少，投资浪费的同时影响站点可靠性。

CloudLi智能锂电通过IoT与NetEco实现云锂协同，主动上报电池动态数据，云端智能分析全网站点储能容量与站点功耗匹配度，提供精准信息帮助用户实现全网储能配置容量匹配可视化，帮助客户实现高效资源调配，精准备电、精准补电、投资无浪费；

· 从被动安全到主动安全：

铅酸电池与普通锂电的使用状态不可视，备电不足或发生故障时无法及时预警，因此无法及时运维，难以保障备电可靠性。

CloudLi从电芯、pack、智能BMS管理、全场景极限验证实现储能端到端安全设计，辅以云BMS进行全网储能安全管理、智能内短路预判等智能管理功能，实现安全可视化、管理智能化，使站点储能使用安全、业务安全、资产安全。



### 4.4.2 全面智能化：数字化运维，运维升级

传统站点面临能耗碳排不可视、人工下站成本高、被动难感知的难题。华为站点能源低碳目标网通过数字化、网络化手段，将数以万计孤立站点和机房连接成网，实现全网可

视化管理。使用华为独有数字技术、AI加持实现能源智能化，通过高效协同、能效管理实现能源低碳化，最终实现能源网络自动驾驶。



图4-13：华为站点数字化运维

华为站点能源低碳目标网主要给客户带来三大价值：绿色低碳、智能运维、供电智能。绿色低碳管理支持站点碳排可视可优，实现从传统能效不可视不可管到能效自动寻优；智能运维管理支持远程控制、远程测试、故障预警，实现从传统的人工下站到免下站自动运维，减少下站；供电智能管理实现从传统的故障被动响应到风险自动预防，提前预防风险、减少宕站。

• 绿色低碳

传统管理方案能效碳排不可视、无能效分析，能耗浪费严重，设备之间没有协同，系统效率低。华为站点能源低碳目标网：

通过全网碳排可视可管、节能KPI可视、智能诊断，实现识别低效站点及设备，让减碳有迹可循。

通过2G/4G/5G负载支路能耗可视，精细化洞察支撑节能减排。

通过智能温控通过空调智能管理，避免空调低温运行，节省电费。

智能错峰功能通过管理系统与电源协同，谷值电价电池充电储存电能，峰值电价电池放电节省电费。在中国，成功帮助客户节省17.1%电费。

在光照好的地区，光伏部署足够的情况下，往往产生光伏发电量浪费的问题，通过光储自寻优，将光伏多发的电量存储到电池，实现光伏、市电、储能智能调度。

• 智能运维

传统运维过度依赖人工下站，以某运营商为例，有46%无效下站：如下站电池测试、下站故障定位、下站开启油机等。

华为智能站点通过远程自动运维减少人工下站，如远程电池测试替代人工下站电池测试，在网管设置参数即可在办公室进行电池测试，免下站。比如在某运营商，从人工测试6个月到1天1网，无下站、无成本、无时延。

此外，通过远程故障定位、远程油机开启等特性也可代替人工下站，提升运维效率。

• 供电智能

传统管理方案，宕站后被动响应，事前风险无感知，事中无应急措施，事后故障恢复慢，可靠性低。

• 针对传统方案的局限性，华为智能运维：

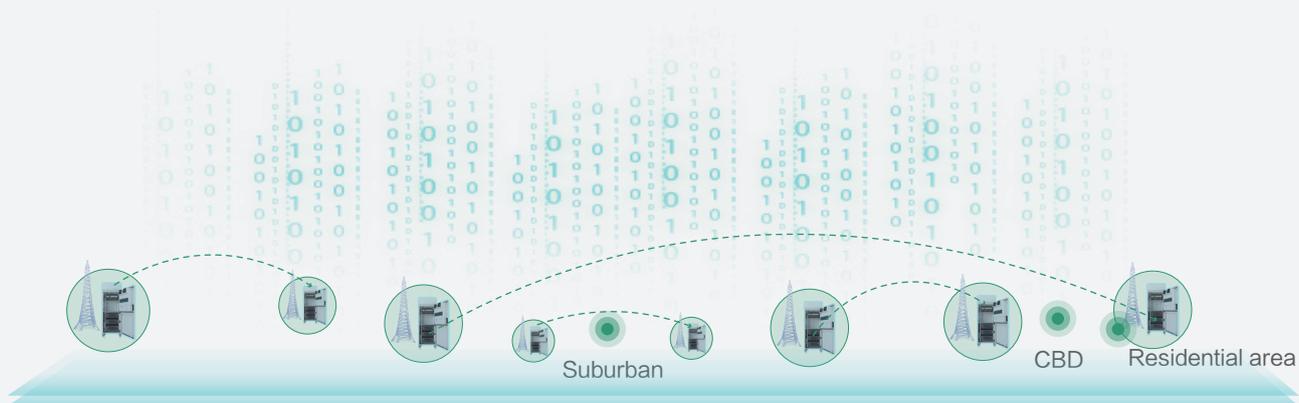
通过自动预防、前瞻管理提升可靠性，事前通过应急风险预测识别风险，从而预防宕站。比如风险站预测功能可以提前识别到宕站风险是油机故障，运维人员获取提示后及时修复故障，可避免宕站。事中，通过备电切片实现差异化备电，延长重要负载备电时间，减少宕站。比如在部分站点，5G初期用户少备电1h，2/3/4G负载备电3h，市电中断时重要负载备电更可靠。事后，通过远程根因分析快速定位故障，快速恢复宕站。华为智能运维可一键分析出宕站原因，针对根因快速恢复宕站。

华为数字运维已经广泛应用于300多个客户。在亚洲，帮助某客户减少30%宕站时间，针对风险精准改造节省35%投资，远程根因分析将故障恢复时间从1.8h缩短到0.9h。





图4-14：Neteco功能架构



## 4.5 应用案例

华为站点能源低碳目标网方案已经广泛部署世界一百多个国家和地区，帮助客户建设绿色低碳网络。

截止到2022年9月：

华为一站一柜，累计全球规模发货 **60** 万+站；

一站一刀已在全球部署超过 **200** 万片；

叠光与去油方案，累计规模发货 **10** 万站，装机 **600** MW；

智能锂电累计发货 **10** Gwh，全场景匹配多样化应用；

智能运维帮助全球超过 **300** 家客户实现数字化运维。

华为站点能源低碳目标网，累计为客户

节约用电 **9260214897** 度，

实现降碳 **4398613** 吨，

相当于植树 **6009034** 棵。

华为站点能源低碳目标网，致力于为客户创造更多价值。



# 05 未来十年愿景目标

展望未来十年，5G仍将处于快速建设期，6G将进入部署期，沉浸式XR、车联网、元宇宙等业务将大量涌现，将带来站能耗碳排的进一步增长。

我们期望在站点能源低碳目标网的带动下，在下一个十年：

通信站点能效能够普遍提高到95%以上；

站点碳排放能够降低80%；

通信站点的绿电使用率能够提高到80%；

站点备电能够完全去除油机，真正实现“天下无油”；

站点空调能够大范围减少；

自学习、自调度、自修复的网管技术能够实现真正的无人运维、自动驾驶；

等等。

未来，通过持续引入更多的绿色设计理念以及先进的技术，在保障服务与体验的同时，降低站点能耗，挖掘站点更多价值，为人类可持续发展贡献力量，是华为站点能源低碳目标网的追求的目标。

# 06 缩略语

序号	缩略语	中文名称	英文名称
1	CAPEX	资本性支出	Capital Expenditure
2	OPEX	管理支出	Operating Expense
3	TCO	总拥有成本	Total Cost of Ownership
4	TTM	上市时间	Time to Market
5	ROI	投资回报率	Return On Investment
6	SEE	站点能源效率	Site Energy Efficiency
7	NCIe	网络碳排强度	Network Carbon Intensity energy
8	PUE	电能利用效率	Power Usage Effectiveness
9	VPP	虚拟发电厂	Virtual Power Plant
10	EF	排放因子	Emission Factor
11	SOH	健康度状态	State of Healte
12	SOC	剩余容量	State of Charge
13	IGBT	绝缘栅双极型晶体管	Insulated Gate Bipolar Transistor
14	PLC	电力线通信	Power Line Communication
15	MIMO	多输入输出	Multiple Input Multiple Output

## 华为数字能源技术有限公司

地址：深圳市福田区香蜜湖街道华为数字能源安托山基地

邮编：518084

网址：<https://digitalpower.huawei.com>

客户服务邮箱：[support@huawei.com](mailto:support@huawei.com)

客户服务电话：4008302118

版权所有 © 华为数字能源技术有限公司2022。保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

### 商标声明

 和其它华为商标均为华为技术有限公司的商标。

本文档提及的其它所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

### 注意

您购买的产品、服务或特性等应受华为公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，华为公司对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。