

电源深度报告之一：电力基础设施，筑牢“新基建”底盘

通信行业

1、电源系统作为数据中心、5G、新能源充电桩等新基建“底盘”，也将充分受益于新基建加速发展。

1) 数据中心层面，传统数据中心电源方案 UPS&HVDC 各有优势，HVDC 在超大型数据中心份额有望提升：大型数据中心将会是未来数据中心主流，传统数据中心 UPS 电源向大功率、模块化方向发展，备电加大电源市场需求。

HVDC 凭借冗余度较低、负载率高、低能耗高、运行成本更低等优势，HVDC 市场份额在超大型数据中心发展过程中有望提升，保守预计数据中心电源市场每年新增 100 亿左右。

2) 5G 基站能耗高、基站规模大，电源产品有望迎来“量价齐升”：5G 基站功耗相较 4G 提升两倍以上，同时 5G 站址密度远超 4G，电源产品单价有望“量价提升”，预计 5G 时期基站电源市场规模有望超过 450 亿。

2、投资建议

1) 在数据中心电源领域，HVDC 供电系统由于其建设和运营成本更低的特点在超大型数据中心中应用更为广泛。相关受益标的国内 HVDC 龙头中恒电气，以及国内 $\geq 20\text{KVA}$ UPS 市场龙头科华恒盛。

2) 在 5G 基建领域，基站侧电源改造方案包括直流拉远方案、智能锂电替换铅酸电池方案，相关受益标的包括中恒电气（直流拉远方案）、国轩高科、亿纬锂能（中国铁塔锂电池采购相关）。

传统通信电源厂商有望依靠自身客户及技术平台优势，在 5G 新基建扩大的市场容量中迎来新的增长机遇，相关受益标的包括新雷能（海外三星供货商及烽火、大唐供货商）等。

3、风险提示：全球疫情持续扩散带来订单不确定性影响及系统性风险；HVDC 在数据中心领域应用不及预期；5G 建设不及预期。

评级及分析师信息

行业评级：推荐

行业走势图



分析师：宋辉

邮箱：songhui@hx168.com.cn

SAC NO: S1120519080003

联系人：柳珏廷

邮箱：liujt@hx168.com.cn

正文目录

1. 传统数据中心电源方案 UPS&HVDC 各据山头，HVDC 更得互联网厂商青睐	4
1.1. 传统 UPS：超大型数据中心牵引电源备份增加，向大功率、模块化发展，电源整体价值量有望提升	5
1.1.1. 大型及超大型数据中心采用更为节能的 ECO 模式，电源备份冗余增加	6
1.1.2. 模块化数据中心建设，引导 UPS 产品大功率化、模块化	7
1.2. 互联网厂商率先推广市电+HVDC，迎接未来数据中心电源新模式	8
1.2.1. 模块化 UPS 弥补了传统 UPS 的技术缺陷，但在成本侧和并机条件上仍稍弱于 HVDC 系统	8
1.2.2. HVDC 系统对传统 UPS 电源的替代效应	9
1.2.3. 市电+ UPS/HVDC 模式优于传统集中供电系统；市电+HVDC 成为互联网企业争先应用的最新领域	14
1.3. 超大型数据中心 HVDC 更具优势，更低的运行成本能为其带来更大的成本压缩空间	16
1.3.1. 市电+ HVDC 优于市电+ UPS 模式，将成为未来发展的趋势	18
1.3.2. HVDC 市场化推广仍存在一定局限，渗透率提升空间较大	18
1.4. 数据中心电源市场 HVDC 市场复合增长率超过 30%	20
2. 5G 基站能耗高、基站规模大，基站电源有望迎来“量价齐升”	21
2.1. 基站侧：5G 基站能耗增加电源功耗加大，新增 HVDC、锂电池等方案为 5G 基站供电	22
2.1.1. 5G 基站功耗大幅增加，可靠性要求更高，单站电源模块价格有望提升	25
2.1.2. 5G 基站能源新解决方案：锂电逐渐成为趋势	27
2.2. 机房侧：HVDC 替代 UPS 效益增强，市电+HVDC/UPS 或将成为主流供电模式	30
2.2.1. 5G 机房能源解决方案	31
2.2.2. 市电+HVDC/UPS 未来将成为 5G 机房主流供电模式	32
2.3. 5G 通信电源市场整体市场有望超过 450 亿	33
3. 投资建议	33
3.1. 中恒电气——HVDC 电源平台技术优势显著，全栈式布局数据中心、5G、充电桩等“新基建”	33
3.2. 新雷能——传统通信电源龙头，军工&通信行业双改善	34
4. 风险提示	34

图表目录

图 1 UPS 典型方案与 ECO 方案	6
图 2 模块化数据中心演进流程	8
图 3 UPS 和 HVDC 可靠性分析	10
图 4 HVDC 应用系统数量发展情况（单位：个）	14
图 5 HVDC 应用系统容量发展情况（单位：个）	14
图 6 市电+AC UPS 典型方案	15
图 7 市电+AC UPS 典型方案	16
图 8 市电直供+HVDC、双路 HVDC 和 UPS 供电效率对比	17
图 9 国内 UPS 市场销量规模	19
图 10 国内 UPS 市场销售额规模	19
图 11 国内模块化 UPS 销量	19
图 12 全球模块化 UPS 销量	19
图 13 国内 UPS 市场	20

图 14	5G 移动通信架构图	22
图 15	基站内部设备布线安装示意图	23
图 16	5G 接入网	23
图 17	5G RAN 分级结构	24
图 18	C-RAN 架构推动电源技术变革	24
图 19	未来 5G 无线接入网将 D-RAN 和 CU 云化并存，协同组网	25
图 20	基站退服原因统计	27
图 21	站点叠光 ROI 分析	27
图 22	直流远程供电	29
图 23	网元功能软件与硬件分离	30
图 24	5G 网络架构	31
图 25	5G 核心网网元结构	31
表 1	数据中心等级划分	5
表 2	UPS 系统存在的技术架构问题	6
表 3	数据中心的 UPS 涉及配置的选取	7
表 4	不同类型 UPS 对数据中心需求的适配度表	8
表 5	HVDC 与传统 UPS 电源比较	9
表 6	HVDC 与传统 UPS 电源一次性投资比较	11
表 7	HVDC 与模块化 UPS 对比	12
表 8	2007 年以来 HVDC 技术标准规范制定	13
表 9	AC UPS 系统和市电+AC UPS 系统比较	15
表 10	8 年内两种供电架构浪费电费对比	18
表 11	8 年内两种供电架构浪费电费对比	18
表 12	后备电源市场主要厂家	20
表 13	不同模式能效对比	25
表 14	相关 5G 主设备厂商功耗	26
表 15	4G 时代与 5G 时代全网电费对比	26
表 16	4G 时代与 5G 时代全网电费对比	28
表 17	4G 时代与 5G 时代全网电费对比	32
表 18	通信电源市场基站侧预测	33

1. 传统数据中心电源方案 UPS&HVDC 各据山头，HVDC 更得互联网厂商青睐

数据中心对能源利用率（PUE）的要求越来越高，数据中心配电系统的更新需求增大。

随着云计算技术成熟，数据中心的规模也在不断扩大，达到万级甚至十万级服务器的水平，成为数据存储、处理的重要枢纽。

在 DC 管理不断细致化和智能化过程中，数据中心相对于普通机房对外界环境要求具有极高的严苛性（包括湿度、温度、磁场干扰等）。为使 DC 核心设备服务器等能够正常运行，需要大量基础设施的辅助，这也是目前 IDC 能耗巨大的原因之一。

2007 年，The Green Grid 提出了数据中心能源利用率（Power Usage Effectiveness, PUE）被用来作为衡量数据中心能耗的关键指标之一。

$PUE = \text{数据中心总功率峰值} / \text{IT 设备功率峰值}$

PUE 值越接近 1，即 IDC 总功率峰值越接近 IT 设备功率峰值，说明 DC 能耗越低。然而目前的大多数传统 IDC 的 PUE 值一般在 2.5-3 之间，与理想能耗值仍有很大差距。

在一个典型的数据中心的能耗分析中，IT 主设备、空调系统和供配电系统的耗电比例大致为 5:4:1。由此可以得出以下三点结论：

- （1）数据中心节能的关键在于 IT 主设备负载效率的提高与节能；
- （2）空调系统的节能是整个数据中心基础设施节能的重点对象；
- （3）供配电系统的节能也不容忽视。

根据数据中心能耗分布，可以将 PUE 分解为：

$PUE = (\text{IT 主设备} + \text{空调} + \text{供配电}) / \text{IT 设备} = 1 + CLF + PLF$

即 PUE 由 IT 主设备因子 1、制冷能耗因子 CLF 和供配电能耗因子 PLF 三部分构成。

当前数据中心集中使用大规模的服务器和小型机，稳定安全的电源系统是保证数据中心稳定运行的最基础的动力保证。因此只有根据计算中心服务器等设备用电特性和使用中面临的问题进行预先设计并选择最优方案，才能在数据中心运行中保证供电的高可靠性和高可用性。

传统数据中心配电系统主要由以下四部分构成：

（1）备用电源：IDC 一般设置双电网的供电系统，一条在市电正常情况下作为负载提供电源，另一路市电则用于备用电源，也可以用发电机组代替。最后备用电源在市电和发电机均出现故障时，为负载供电。

（2）电源转换设备：包括自动转换开关电器（ATS）、UPS 和静态转换开关（STS）三部分。ATS 能够实现从一路电源自动切换到另一路电源，保证一级负荷的稳定运行。如果交流供电发生故障，UPS 提供后备电源，将蓄电池通过 DC/AC 转换成交流电持续给负载供电。

（3）配电设备：主要包括交流输入配电、UPS 输入配电、UPS 输出配电、负载机架配电（列头柜）以及机架配电（PUD）等。

（4）谐波抑制与治理设备：由于系统存在整流环节，不可避免的带来谐波源，所以必须增加谐波抑制与治理设备来减少谐波对电网造成的污染。

根据 GB50174--2008《电子信息系统机房设计规范》，电子信息系统应划分为 A、B、C 三级。具体分级如下：

表 1 数据中心等级划分

序号	数据中心等级	不间断电源系统配置	空调配电	可用性	典型解决方案
1	A	2N 或 M(N+1) 冗余	双路电源（其中至少一路为应急电源），末端切换，采用放射式配电	99.99999%	双总线系统
2	B	N+X 冗余	双路电源，末端切换。采用放射式配电	99.999%	并机系统
3	C	N	采用放射式配电	99.99%	单机系统

资料来源：GB50174--2008《电子信息系统机房设计规范》，华西证券研究所

供电系统中的交直流相互转换，不仅是电能损耗的主要来源，同时也可能危及供电系统的稳定性与安全性。理想的数据中心供电系统即是电能直接以直流电的形式相互转换，忽略整流和逆变单元。

IDC 和数据机房作为数据业务专用机房，根据直交流转换的不同，目前的数据中心供电方式主要有以下三种模式：传统 UPS 供电系统、HVDC 供电系统和市电直供。

1.1. 传统 UPS：超大型数据中心牵引电源备份增加，向大功率、模块化发展，电源整体价值量有望提升

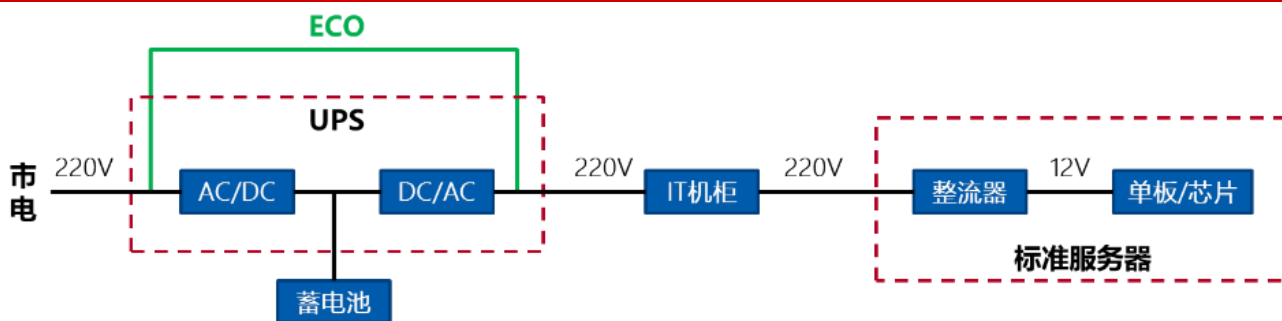
UPS (Uninterruptible Power Supply) 利用电池的化学能作为能量后备，当市电发生断电或异常等电网故障时，为用户设备提供不间断的（交流）电能的一种能量转换装置，被称之为不间断电源。目前数据中心应用最广的主流产品即在线双变换 UPS。

目前 UPS 从储能方式大致分为动态 UPS 和静态 UPS，动态 UPS 和静态 UPS 又可以细分为后备式，在线互动式，在线双变换式等；从技术上又分为工频机和高频机，高频机中又细分为塔式机和模块化。

UPS 作为应用最为成熟的不间断电源产品在各行各业应用广泛，尤其是通信、互联网、电力、军事等对于供电要求比较严格的行业。

UPS 主要分为三大部分：整流模块、逆变模块和蓄电池。当电网给系统输电时，经过整流模块整流后，将 AC 转化为 DC，DC 经逆变模块逆变成 AC 供给给各个负载，并给蓄电池充电，而大多负载又通过内部适配器将 AC 再次转化为 DC 使用。若电网故障无法给系统输电时，蓄电池中储存的电能立刻就会大幅度输出，经过逆变器输送给各个负载。

图 1 UPS 典型方案与 ECO 方案



资料来源：李晶晶，C114 中国通信网，华西证券研究所

AC UPS+后备电池方案由于高成熟度在世界范围内广泛应用。但是随着数据中心建设规模越来越大，用户对数据中心能耗和可用性要求逐渐提高，该方案固有的低效率和可用性差等缺点逐渐暴露。

UPS 技术架构存在的缺陷：

表 2 UPS 系统存在的技术架构问题

系统缺陷	附注
a、N+1 UPS 系统上下游仍存在单故障点，无法克服单点故障率高	UPS 供电时，IT 设备内部的电容器每秒钟发生 100 次的充放电过程，充放电过程中电流通过电容器产生热量，热量加速电容器的老化，无法克服单点故障率高。
b、增加逆变器设备，使系统效率降低，能耗增加	
c、UPS 受到的干扰多	当 UPS 处于旁路运行时，市电电源的高频开关操作电压、瞬态过电压变化、雷电过电压和谐波等都可能直接干扰通信设备。即是 UPS 正常运行，由于逆变器输出交流电，接到下一级高频开关整流器等电源设备而产生的谐波也有可能干扰数据中心设备。如果干扰过大或频繁发生，轻者导致互联网传输速率下降，网络服务器的数据“丢包率”增大等隐患，从而导致互联网设备被迫进入“降额”使用状态，严重时还会导致网络瘫痪。
d、三次谐波的火灾隐患	三次谐波在中性线中不会抵消而产生过载发热，甚至发生火灾，也会经常发生断路器跳闸或熔断器熔断现象。
e、供电系统复杂性	为了达到高可靠性要求，UPS 供电模式必须采用 UPS 冗余供电系统、双总线输出的配线方式，有时还需要在三相交流馈电线的中性线中加装隔离变压器设备，增加供电系统复杂性。
f、负载端的短路瞬变电流影响	负载端线路发生短路事故时，直流回路由于有蓄电池并联工作，蓄电池能吸收短路瞬变电流，或者利用电缆配电系统使邻近馈电线路不受影响。但在交流 UPS 系统中，负载接到逆变器上，临近馈电线路会受到瞬变电压影响。

资料来源：邮电设计技术，朱雄世，华西证券研究所整理

1.1.1. 大型及超大型数据中心采用更为节能的 ECO 模式，电源备份冗余增加

由于 UPS 结构复杂，因此自身容易发生故障，因此在实际应用中，依靠设备冗余能够提高供电可靠性，普遍采用 N+1（冗余并联 UPS）或 2N（双系统 UPS）的供电架

构。除此之外，UPS 系统设计配置方案还包括无冗余、串联冗余、分布式冗余等，其相关使用信息如下表：

表 3 数据中心的 UPS 涉及配置的选取

配置	过往使用	使用原因
无冗余 (N)	小型公司 具有多个本地办公地点的公司 具有地理冗余数据中心的公司	减少投资成本和能源成本 支持关键性较低的应用 简单配置和安装 允许停机维护
串联冗余	中小型公司 IT 容量通常小于 500kW 的数据中心	与“1N”相比具有较好的容错性 允许使用不同型号的 UPS 允许未来增加负载
并联冗余 (N+1)	有数据中心的大中小型公司，其 IT 容量通常小于 500kW	与“1N”相比具有较好的容错性 允许未来增加负载
分布式备用冗余	有数据中心的大型公司，其 IT 容量通常大于 1MW	允许使用不同型号的 UPS 允许添加更多容量 与 2N 相比更加经济
带 STS 的分布式冗余	有数据中心的大型公司，其 IT 容量通常远大于 1MW	并行维护的能力 与 2N 相比更加经济
无 STS 的分布式冗余 (如：三重冗余)	大型外包服务提供商	与 2N 相比更加经济 通过带有 STS 的设计可以节约成本
双系统冗余 (2N, 2N+1)	大型 MW 级数据中心	在 A 侧和 B 侧之间完全冗余 更容易保持 UPS 系统平衡负载

资料来源：施耐德电气数据中心研究中心，华西证券研究所整理

实际应用 N+1 或 2N 系统配置，因冗余度较高而造成实际负载率较低，直接导致实际系统效率仅约 200kW，能效过低。另外，UPS 由于自身原理特性，系统架构复杂，内部器件繁多，导致可靠性差（尤其是输出端静态开关切换时容易产生瞬断），维护难度大，实际可用性较低。

但 UPS 的双变换拓扑的稳压、滤波功能使得传统 UPS 能够保证引入储能系统并提供稳定输出，因此其抗干扰能力在交通、通信等行业及其他具备恶劣使用环境（矿场、车间）一直广泛应用。

虽然传统 UPS 系统配合双路市电引入及后端双路供电服务器设备能够达到符合要求的可靠性，但是同时也带来投资的增长。对于目前规模体量不断增加的数据中心来说，其系统架构越来越复杂，成本越来越高并不适用其长期发展。

因此随着电网环境不断转好，且服务器成本下降，同时包括数据中心采用 ECO 模式（经济模式）供电应用越来越广泛：

ECO 模式即 UPS 通过旁路来进行供电，在停电或者电网波动超过设定上线时自动切换到双变换模式。

在数据中心供电系统中，如今数据中心大多选在一线城市或周边，其电网环境普遍较好，同时服务器不仅价格低廉且电源抗干扰能力不断增强（自带 PFC 校正功能），因此在欧洲等电网环境较好的地区 ECO 模式应用不断增加。

1.1.2. 模块化数据中心建设，引导 UPS 产品大功率化、模块化

随着云计算、虚拟化等技术成熟以及集中化、高密化服务器的发展，数据中心需要更加可靠、高效并能够整体快速部署的建设方案，模块化数据中心就应需而生，并逐渐成为目前广受市场认可的新模式。

而在数据中心初期建设过程中，就必须要考虑未来扩容增量的需求，因此统一标准化的模块化设计能够为未来规划设计带来便利，同时其整理快速部署也能大大缩减建设周期，尤其有利于大规模数据中心的分阶段投产以及后期的统一维护等。

模块化数据中心简单来说是指供配电和空调系统能够标准化并整体快速部署组成数据中心并开始运行的系统，即可以是一个机房，一层楼或者是一整栋建筑作为一个模块。

但实际应用中，模块化数据中心并不只是简单的模块化 UPS 和列间空调的简单组合，还应该考虑灵活匹配不同行业需求，根据数据中心规模大小、场景、应用等作出差异化部署。其能够灵活运营于中小型数据中心部署，同时在数据中心超大型规模导向下，其产品化、标准化的模式也能有效解决超大型数据中心“高可靠、高效节能和整体快速部署”的需求。

不过从技术演进角度来说，模块化数据中心源自于模块化 UPS 的出现，模块化 UPS 的可拓展性、高能效性等方面补足了对比 HVDC 模块的缺陷。而模块化数据中心在模块化 UPS 基础之上进一步集成制冷系统、电力分配系统以及机柜系统，同时模块化设计能够帮助数据中心分期投资，减少一次到位的资本支出负担以及缩短大规模数据中心建设初期低负载的运行时间，最终达到节约成本，提高能效的目的。

图 2 模块化数据中心演进流程



资料来源：CAICT，华西证券研究所整理

1.2. 互联网厂商率先推广市电+HVDC，迎接未来数据中心电源新模式

1.2.1. 模块化 UPS 弥补了传统 UPS 的技术缺陷，但在成本侧和并机条件上仍稍弱于 HVDC 系统

前文中就体积模块化 UPS，弥补了传统 UPS 在弹性扩展、匹配性、高可用性、高密度、高效率等多方面的不足，产品性能与 HVDC 模块差异不大。

表 4 不同类型 UPS 对数据中心需求的适配度表

	工频 UPS	高频 UPS	模块化 UPS
弹性扩展	难以按需扩容	难以按需扩容	按需扩容
可用性	可用性低，一旦故障运维人员无法处理，需要原厂维护，故障恢复时间长	可用性低，一旦故障运维人员无法处理，需要原厂维护，故障恢复时间长	可用性高，N+X 冗余实现更高可靠性；运维人员更换故障模块即可消除故障
效率	低，低负载率及谐波治理措施导致运行效率远低于宣传	较高，运行效率一般典型值 90%-94%	高，一般均采用低载高效设计，典型值 95%。模块 N+X 冗

功率密度	效率，运行效率一般在 85%左右	余配置时运行效率可达 96%
	低，内置变压器用于升压和产生中线，功率密度难以提升	较高，变压器取消之后效率有一定提升
智能化程度	取决于设计，但工频 UPS 主要厂商大多已停止研发，智能化程度相对较低	取决于设计。一般为各厂商高端产品，智能化程度较高
匹配程度	不匹配	匹配

资料来源：电子变压器咨询网，华西证券研究所整理

但是 HVDC 系统的直流模块并机只涉及模块均流，只需调压即可，而 UPS 模块在实际运用中，并机需要幅度、频率和相位一致才能可靠并机，因此 HVDC 模块能够更为安全的去热插拔增加或者更换故障模块。

1.2.2. HVDC 系统对传统 UPS 电源的替代效应

相对传统 UPS 而言，HVDC 系统结构大大简化，同时在低故障率、在线扩容、系统复杂度、可维护性上都具有一定优势。

表 5 HVDC 与传统 UPS 电源比较

项目	HVDC (240V)	UPS (220V/360V)
输出波形	直线	正弦波或方波
输出参数	高	低
输出电压	240V	220V/380V
系统结构	模块化程度高	模块化程度低
控制	可自主控制输出	对控制模块依赖性高
蓄电池供电	直接	经逆变器
并机条件	极性、电压相同	极性、电压、相位、频率相同
并机复杂程度	可在直流侧简单并接	不可简单并接
单点故障	少	多
在线扩容	可行性大	可行性小
可维护性	较高	较低
占地面积	小	大

资料来源：电力信息与通信技术，华西证券研究所整理

其架构优势具体表现为：

- a、拓扑简单：蓄电池连在输出母线上，可靠性高；
- b、维护便捷，割接改造更为方便：插拔式设计，可在线扩容、不掉电割接；

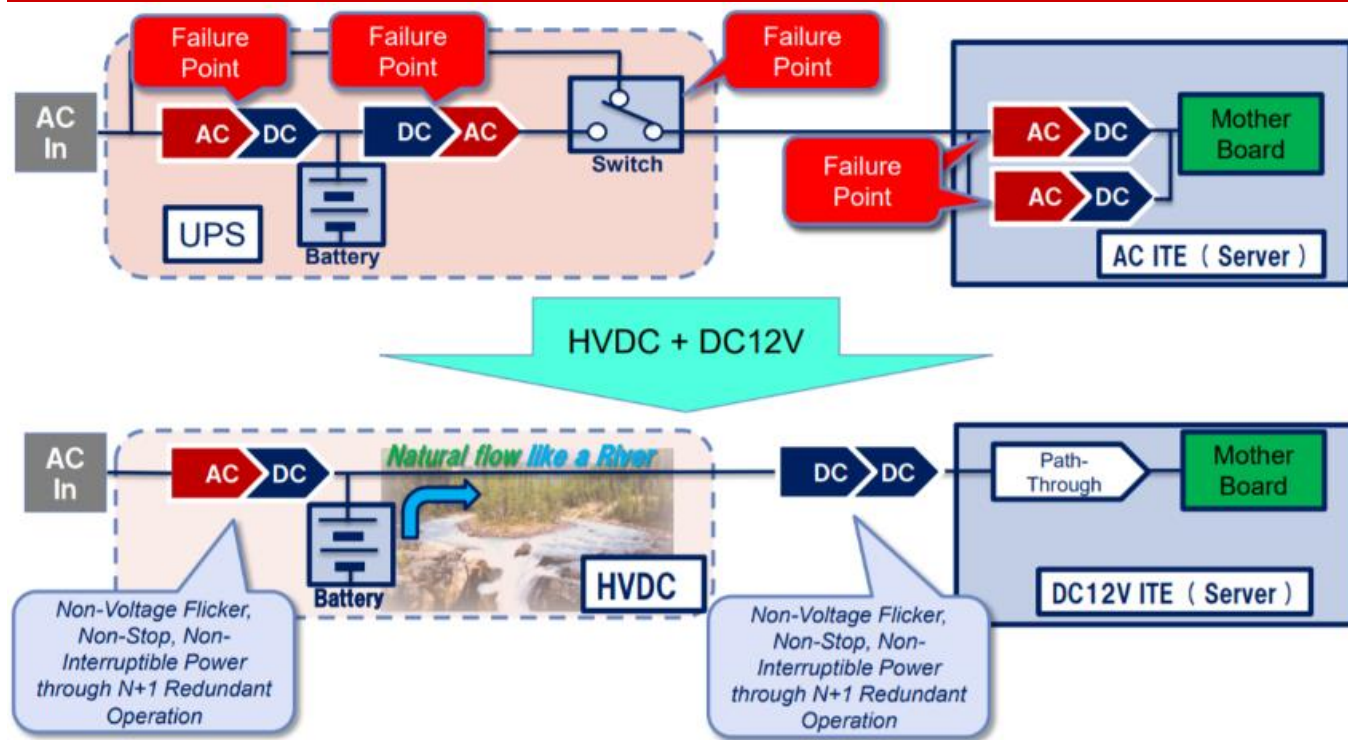
对于采用 UPS 供电的设备来说，除非其采用双电源（或四电源、六电源），或专门配置有 STS 设备，否则通常只能采用停电方式割接。对于重要系统来说，这是难以忍受的，更为麻烦的是，一些没有厂家支撑的老型设备，很有可能出现停机不能重启的现象。

直流电源只要做到输出电压和极性相同即可连接到一起，从而实现不停电割接。

c、受到干扰少，可靠度更高：UPS 在断电时蓄电池需要通过逆变电路进行输出，而 HVDC 蓄电池与输出共母排，理论上备电系统更加简单可靠。但同时电池长期热备份同样对其使用寿命造成影响，因此 HVDC 对电池管理要求更高；

高压直流供电技术引入的主要目的就在于提升系统的可靠性。UPS 系统本身仅并联主机具有冗余备份，整机系统组件之间更多是串联关系，总体可靠性低于单个组件的可靠性。直流系统，系统的并联整流模块、蓄电池组均构成了冗余关系，总体可靠性高于单个组件的可靠性。理论计算和运行实践都表明，直流系统的可靠性要远远高于 UPS 系统。

图 3 UPS 和 HVDC 可靠性分析



资料来源：NTT Data，华西证券研究所整理

d、低冗余度和模块休眠功能提高实际运行效率：虽然 HVDC 和 UPS 的单机设备在一定负载率下效率相差无几，但 HVDC 系统整流模块采用小容量 N+1 冗余，冗余度较低，且具备模块休眠功能，使得其在实际应用中整流模块能够运行在 50%-80% 的高负载率区间中，大幅提高实际运行效率，较传统 UPS 实际效率高出 10%-15%。

目前大量使用的 UPS 主机均为在线双变换型，在负载率大于 50% 时，其转换效率与开关电源相近。为了保证 UPS 系统的可靠性，UPS 主机均采用 n+1 方式运行，UPS 单机的设计最大稳定运行负载率仅为 35~53%。而受后端设备虚提功耗和业务发展的影响，很多 UPS 系统通常在寿命中后期才能达到设计负载率，甚至根本不能达到设计负载率，UPS 主机长期运行在很低的负载率，其转换效率通常为 70%，甚至更低。对于直流电源系统而言，因其采用模块化结构，可根据输出负载的大小，可灵活控制

模块的开机运行数量，使整流器模块的负载率始终保持在较高的水平，从而使系统的转换效率保持在较高的水平。

e、带载能力大大提高

UPS 系统带载能力受两个因素的制约，一是负载的功率因数，二是负载的电流峰值系数，通常 UPS 主机的设计波峰因数为 3，如果负载的电流峰值系数大于 3，则 UPS 主机将降容使用。

对于直流系统而言，不存在功率因数的问题；因其并联了大容量蓄电池组，加之整流器模块有大量的富余（充电和备用），其带大电流峰值的负荷能力很强，不需专门增加安全余量。

但在实际应用过程中，HVDC 普遍还被商家宣传效率高，节能环保，虽然 HVDC 系统效率比工频 UPS 高，但与目前模块化 UPS 并没有明显差别（模块化 UPS 在下文再详细描述）；

此外在模块化方面，HVDC 模块支持热插拔，相比传统塔式 UPS 在扩容和维护上都有很大优势，但与模块化 UPS 差别不大。

小结：HVDC 系统以其在系统效率、可靠性、可维护性及建设成本等方面的突出优势大获互联网厂商青睐。虽然传统 UPS 行业也衍生出了高频 UPS 等技术分支，部分解决了传统 UPS 负载率低、分期建设难、可扩展性差等问题，但由于多模块的交流并机复杂性、单点并机板、异常转旁路、电池挂在逆变器前逆变损坏等风险都无法和 HVDC 技术媲美。此外目前模块化 UPS 在产品端与 HVDC 产品也差别不大，但由 HVDC 构成的供电系统及其后端服务器的变化才是 HVDC 真正的价值体现。

A、成本端：大大压缩前期投资和后期维护成本

（1）高压直流电源投资成本低

HVDC 系统比传统 UPS 系统节省至少 40% 的投资，且占用更少机房面积，而对于数据中心来说更小的占地面积也意味着更低的成本。以 2N UPS 和 240V HVDC 为例，目前数据中心应用最为广泛的容量等级约为 400KVA、UPS 输出功率因数典型值为 0.8-0.9，折算成 360KW，相当于同样功率的单套 1200A 的高压直流系统。

表 6 HVDC 与传统 UPS 电源一次性投资比较

设备类型	400KVA 2N UPS	1200A 直流 240V HVDC
单套电源系统设备配置	1 主输入+2 柜整流逆变+1 主机输出	1 交流输入+2 整流+1 直流输出
1. 变压器低压输出柜	800A 柜 2 台，每台 2 框架断路器	800A 柜 0.5 台 1 框架，5*250A 柜 1 台
造价及占地面积	15*2=30 万（双框架） 占地面积：2 配电柜	8+5=13 万（但框架） 占地面积 1.5 配电柜
2. 不间断电源系统	2 套 400KVA UPS 主机	1 套 240V HVDC 主机
造价及占地面积	24*2=48 万 占地面积：8 个配电柜	22*1=22 万元 占地面积：4 个机柜
3 不间断电源输出配电柜	2 套 UPS 主输出+2 套之路配电	0
造价及占地面积	(8+5)*2=26 万 占地面积：4 个配电柜	0
4. 末端配电柜数量	5 套交流	10 套交直流
末端配电投资	10*5=50 万 占地面积：2.5 个配电柜	10*5+5*5=75 万 占地面积：5 个配电柜
5. 线缆数量	多输出配电及维修旁路线缆等	单项直流线缆比三相交流线缆稍贵

占地面积（不含电池室且交 直流分开）	16.5 面柜	10.5 面柜
一次性投资成本	154 万（不含配套滤波）	110 万

资料来源：腾讯数据中心，华西证券研究所

（2）电源维护成本低

在维修成本方面，高压直流供电采用的整流模块化结构，现场替换非常方便，而且由于直流供电系统的可靠性远高于交流 UPS 系统，故维修概率也大大减小。

B、技术端：HVDC 系统与当前的模块化 UPS 产品差异并不大

模块化 UPS 弥补了传统 UPS 在弹性扩展、匹配性、高可用性、高密度、高效率等多方面的不足，产品性能与 HVDC 模块差异不大，但成本略高于 HVDC，安全性高于 HVDC。

表 7 HVDC 与模块化 UPS 对比

	模块化 UPS	HVDC
安全性	较高	较低
实际系统效率	95%-96%	96%以上
节能效果	节约 30%	节约 25%以上
架构复杂程度	简单	简单
可靠性	高	高
维护难度	低	低
维护费用	低	低
可扩展性	高	高
占地面积	节约 40%	节约 40%
一次性投资成本	较高	节约 30%-40%

资料来源：华西证券研究所

C、政策端：通信行业及国家技术标准逐渐完善

近几年来，随着国家队节能减排以及绿色数据中心技术的愈加重视，中国通信行业及国家相关 HVDC 标准相继发布，不断引导和支持 HVDC 推广工作。

2012 年，为贯彻落实节能减排，加快节能技术推广普及，发改委公布的《国家重点节能技术推广目录（第五批）》中就有“通信用 240V 高压直流供电系统技术”，是信息通信行业的唯二项目之一。

2014 年，国家发改委将此相关技术纳入《国家重点节能低碳技术推广目录》（2014 年版）。

2015 年，工信部、国家机关事务管理局及能源局为开展绿色数据中心试点工作，共同研究制定《国家绿色数据中心试点工作方案》，其中特别强调“数据中心关键设备生产企业要加强生态设计，提高设备能源使用效率，控制有毒有害物质使用，采用易于拆解和回收处理的设计。试点单位要加强绿色智能服务器、能源管理信息化系统、热场管理、余热利用、自然冷源、水循环利用、分布式供能、直流供电等技术和产品应用”。

2016 年，工信部组织开展绿色数据中心先进适用技术筛选工作，其中通信用 240V/336V 直流供电技术位列供配电类技术首位。

表 8 2007 年以来 HVDC 技术标准规范制定

通信行业标准	
已发布:	
YD/T 2378—2011	通信用 240V 直流供电系统
YD/T 2555—2013	通信用 240V 直流供电系统配电设备
YD/T 2556—2013	通信用 240V 直流供电系统维护技术要求
YD/T 2656—2013	基于 240V/336V 直流供电的通信设备电源输入接口技术要求与试验方法
YD/T 3088—2016	通信用 336V 整流器
YD/T 3089—2016	通信用 336V 直流供电系统
YD/T 3091—2016	通信用 240V/336V 直流供电系统运行后评估要求与方法
YD 5210—2014	240V 直流供电系统工程技术规范
编制中:	
通信用 240V/336V 直流配电单元 (报批中)	
通信用 240V/336V 输入直流-直流电源模块 (报批中)	
通信用 240V 直流供电系统使用技术要求 (报批中)	
通信 240V/336V 供电系统用直流断路器 (报批中)	
国家标准	
已发布:	
GB 51215—2017	通信高压直流电源设备工程设计规范
编制中:	
通信用 240V/336V 直流供电系统技术要求和试验方法 (报批中)	
通信高压直流电源设备工程验收规范 (编制中)	
国际标准化组织	
IEC IEC 62040-5-3-2016	Uninterruptible power systems (UPS) Part 5-3 DC output UPS-Performance and test requirements
ITU ITU-T L. 1200-201205	Direct current power feeding interface up to 400 V at the input to telecommunication and ICT equipment
ITU-T L. 1201-2001403	Architecture of power feeding systems of up to 400 VDC
ITU-T L. 1300-201111	Best practices for green data centres

资料来源：华西证券研究所

信通院与开放数据中心委员会 2018 年发布的《数据中心白皮书》中指出，“随着产业规模快速增长，数据中心建设成本和能耗激增，可靠性高、成本低的高压直流 (HVDC)，成为数据中心供电系统的新选择，采用“HVDC+市电直供”相结合的模式，供电效率可提升到 94%-95%，若采用 HVDC 离线模式，其供电效率可提升至 97%以上，目前 HVDC 已在 BAT 等大型互联网公司得到了广泛应用。”

近年来，互联网公司探索 48V、12V 供电模式，如谷歌、Facebook 的 48V 整机柜供电架构、百度的 12V 分布式锂电池系统等，进一步提高供电效率，并实现模块化部署，热插拔维护。

“总体来看，供电系统逐渐由交流/集中式向直流/分布式转变，提高效率，降低成本，简化运维。”

D、应用情况：运营商和 BAT 等互联网厂商大力推广 HVDC 应用

HVDC 作为一项已经成熟的技术，在国内外应用却并没有铺开。直到近些年随着数据机房规模不断扩大，对能耗指标的不断提高才促使互联网厂商等开始重视高压直流的应用，2007 年江苏电信就最早在国内尝试。随后通信网络和数据中心就开始广泛应用 240V 的 HVDC 技术。前期，主要由三大运营商主导（主要是中国电信）HVDC 推广应用，随后 BAT 等互联网企业在云数据中心建设中也纷纷开始尝试相较于 UPS 更加节能减排且高效的 HVDC 技术应用当中。

目前，高压直流的主流方案为国内的 240V、336V 和国外的 380V 等形式。由于大部分标准交流输入设备可直接采用 240V 直流供电，因此国内主流运营商正逐步扩大面积推广 240V HVDC 系统，但 336V、380V 等电压等级的 HVDC 需要定制的服务电源，其推广难度相对较大，且配套配电系统仍未成熟，因此应用范围较少。

同时，目前主流 HVDC 都是基于通信电源进行开发（即采用 48V 输出），所以 HVDC 供电架构在数据中心和通信机房或基站电源应用中存在很大的共通之处。

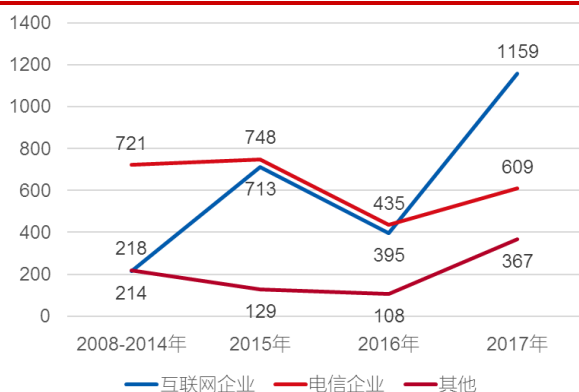
近年来运营商和 BAT 等互联网企业不断推动 HVDC 应用，在通信电源侧的推广是基于其易维护、易扩容的特性导向下造成的，而互联网企业则是基于对 HVDC 较低成本及系统简单性的考量而选择 HVDC 进行推广。

通信用 HVDC 大量应用于互联网和运营商数据中心中，互联网企业后来居上。据不完全统计，截止 2017 年 11 月，国内通信用 HVDC 实际应用量已达到 5810 个，累计总供电容量达到 5379800A。无论是数量还是容量上互联网企业和运营商共占去 85% 以上的份额。

HVDC 技术应用前期由三大运营商（主要中国电信）引导，后期互联网企业成本需求带动技术广泛应用：通过纵向对比，2007-2014 年之前，HVDC 应用系统主要以电信运营商为主，在通信网络应用的系统数占大头。但是受制于供电需求和技术发展水平限制，系统容量都不大。但近几年随着云计算逐步成熟，尤其是互联网企业（BAT 等）开始大力建设大型 IDC、云数据中心等，HVDC 需求量突飞猛进，HVDC 应用也后来居上。

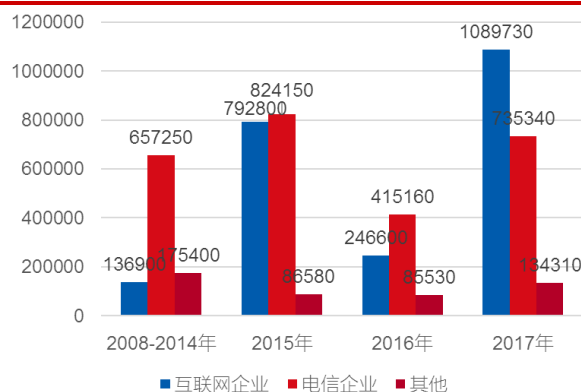
2017 年，互联网企业的 HVDC 应用系统无论从数量还是容量均超过电信企业。

图 4 HVDC 应用系统数量发展情况（单位：个）



资料来源：电信技术，华西证券研究所

图 5 HVDC 应用系统容量发展情况（单位：个）



资料来源：电信技术，华西证券研究所

1.2.3. 市电+ UPS/HVDC 模式优于传统集中供电系统；市电+HVDC 成为互联网企业争先应用的最新领域

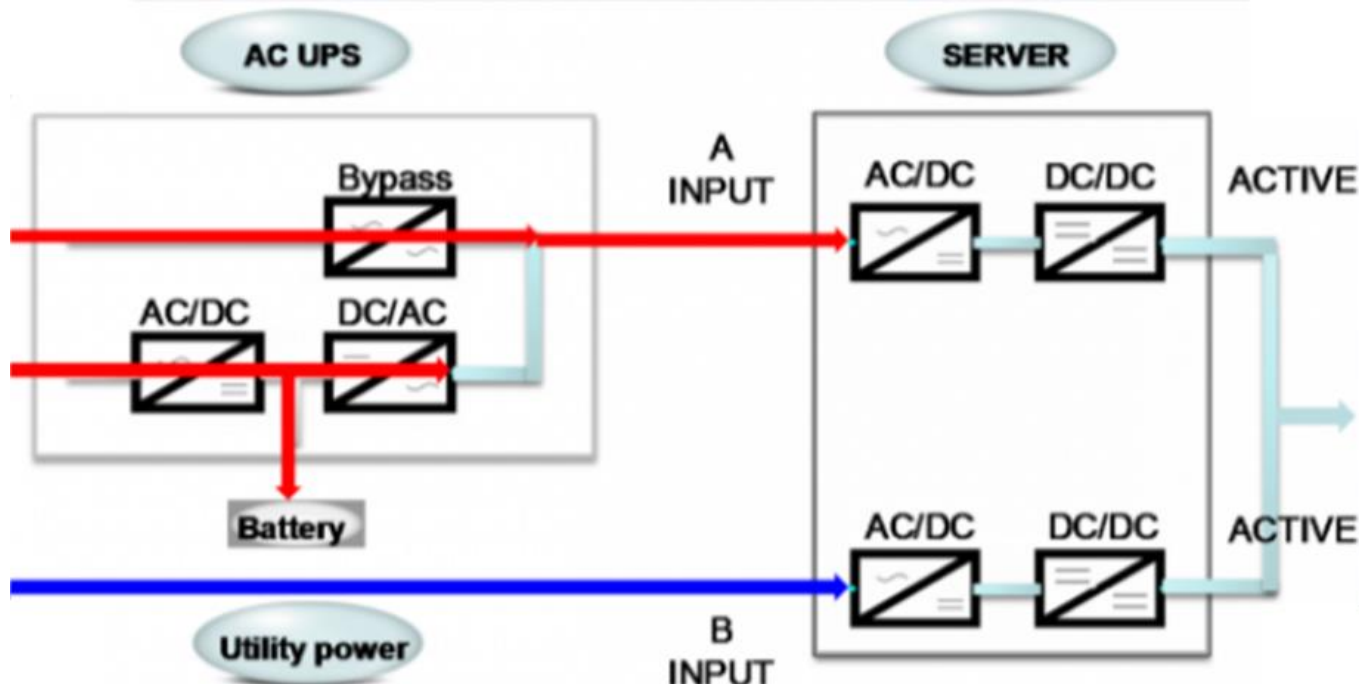
前文提到 UPS 的 ECO 模式，即是市电+UPS 模式的应用之一。在数据中心供电系统中，传统 UPS 系统依靠前端双路引入市电来提高供电可靠性，但同时也带来投资的

增长。对于目前规模体量不断增加的数据中心来说，其系统架构越来越复杂，成本越来越高并不适用其长期发展。

同时随着虚拟化等技术普及，比如两地三中心、同城双活等备灾方案也大幅提升互联网数据中心业务的连贯性，单个数据中心的 IT 设备本身对于供电可靠性的要求也有所降低。因此，依靠引入一路市电直供+UPS/HVDC 的模式应用更受互联网厂商青睐。

(1) **市电+AC UPS 方案**：该方案国内最初应用来自于百度在 2009 年自建机房，在保证较高可用性基础上，建设投资缩减近半，运行效率提升 5%以上。

图 6 市电+AC UPS 典型方案



资料来源：朱永忠，中国 IDC 圈，华西证券研究所整理

高可用性：近年来国内供电质量稳步提升，电力公司可承诺供电可用性可达到 99.9%，1 路市电+1 路 AC UPS 配置的系统可用性可达到 7-8 个 9 的可用性，与传统 2N 配置的 AC UPS 相比差不多，可满足 T4 级供电可用性要求，高于传统 N+1 配置的 AC UPS 系统可用性（5 个 9）。

应用过程中，市电闪断或波形变动对服务器断电没有直接影响，市电供电也未给服务器电源模块运行带来明显故障率上升。

建设成本更低：与 2N AC UPS 系统比，建设投资缩减近半；与传统 N+1 AC UPS 系统比，投资略低。

运行效率更高：实际末端配电系统效率可达 97%，较 2N AC UPS 系统高出约 10%，较 N+1 AC UPS 高出约 5%。

表 9 AC UPS 系统和市电+AC UPS 系统比较

供电模式	市电+ UPS	2N UPS	N+1 UPS
可用性	99.99999%	相似	较低
建设成本	-	约多 40%	略高

运行效率

95%

≈85%

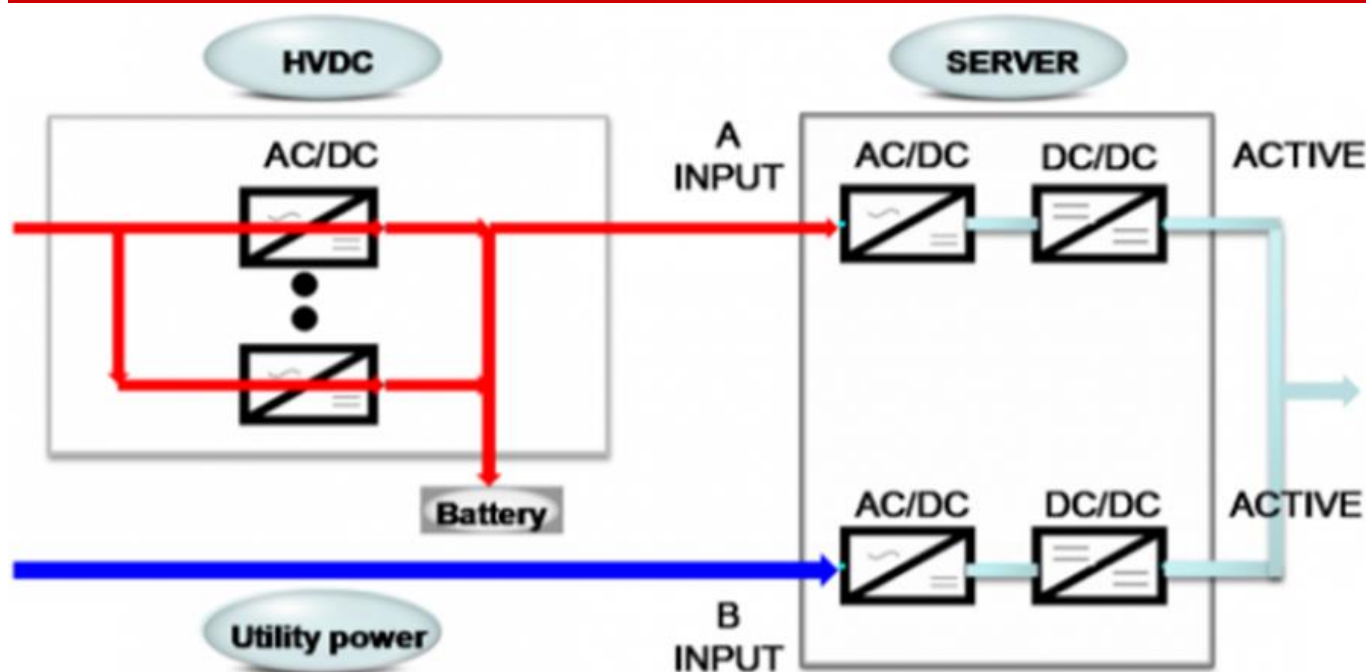
≈90%

资料来源：华西证券研究所整理

因此，综合考量可用性、建设成本及运行效率，无论是双系统 2N 式还是并联冗余 N+1 式 UPS 供电系统，都无法优于市电+AC UPS 供电模式。

(2) 市电+HVDC 方案：随着 HVDC 技术逐步成熟，在试点+AC UPS 应用基础上，部分国内企业开始逐步尝试市电+HVDC 供电方案。

图 7 市电+AC UPS 典型方案



资料来源：朱永忠，中国 IDC 圈，华西证券研究所整理

由于 HVDC 自身可用性高于 AC UPS 系统，因此市电+HVDC 系统可用性可达 8-9 个 9，强于市电+AC UPS 系统，且投资较低，运行效率高。

综上所述，市电+HVDC 模式无论在系统实用性、可靠性、成本端都领先于其他几类供电方案。

1.3. 超大型数据中心 HVDC 更具优势，更低的运行成本能为其带来更大的成本压缩空间

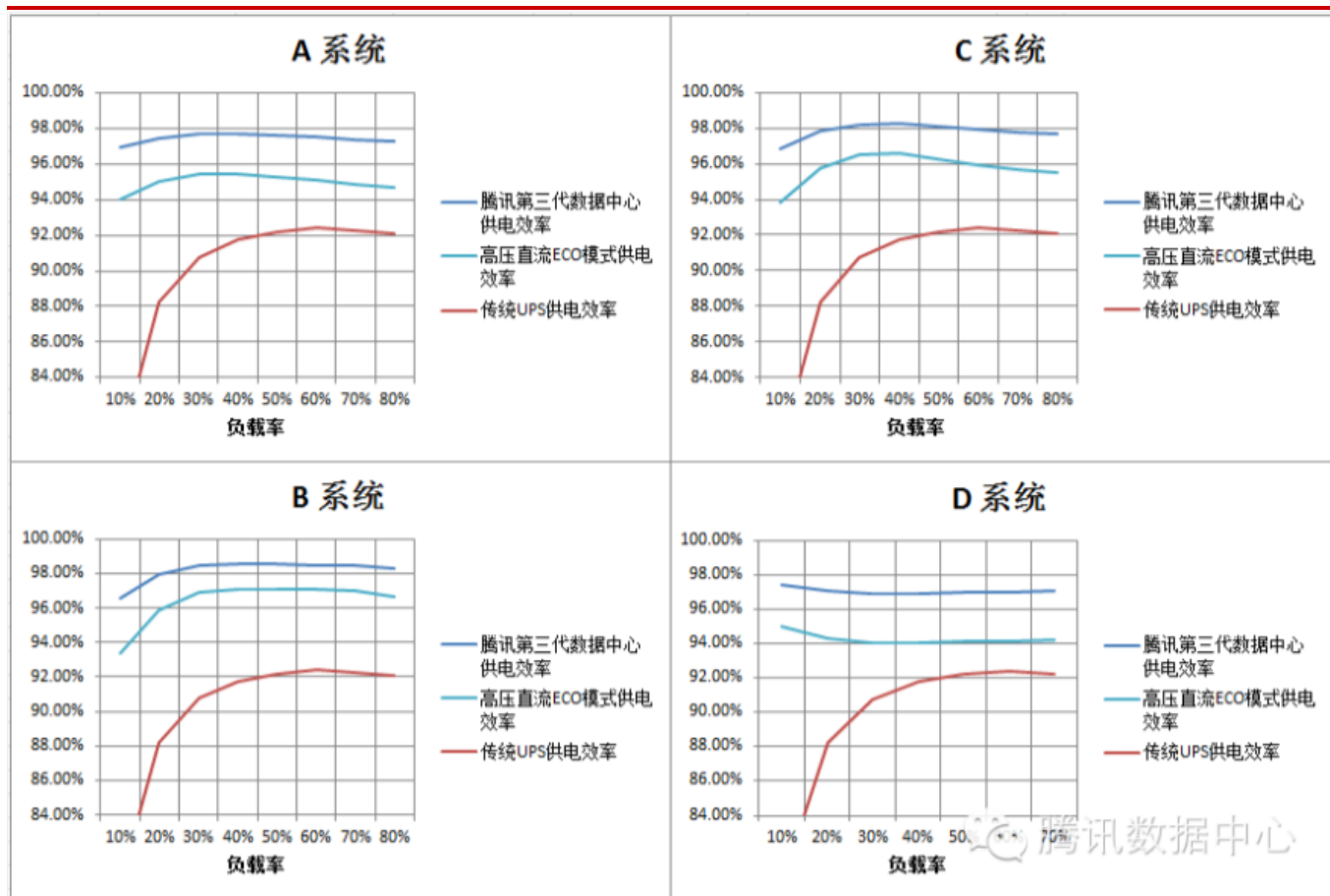
前文中分析了在数据中心建设中各项配点方案的指标。其中，最核心的两项指标——运行成本和建设成本中，尤其是实际系统效率（对超大型数据中心运行成本影响较大）对互联网厂商的决策影响因素最大，也能为其带来更大的成本压缩空间。

因此市电+UPS 和市电+HVDC 更具有优势，其中市电 HVDC 显而易见更受大型互联网厂商的青睐。

百度将市电+HVDC 离线模式做到供电效率 99.5%: 在 2010 年率先使用市电+UPS 供电方案, 其效率达到 95%。而在最新的阳泉数据中心则采用了市电+UPS、市电+UPS ECO (节能休眠模式)、市电+HVDC 在线和市电+HVDC 离线模式, 其中市电+HVDC 离线是世界首例采用该种供电架构, 其供电效率由原来的 2N UPS 的 90%一月提升至 99.5%。(所谓离线, 是指正常情况下市电直供 IT 设备, HVDC 仅作为蓄电池提供浮充, 市电中断, 转由蓄电池供电, 该架构下, 正常市电直供不经过 HVDC 转换, 因此节能效果显著)。

腾讯第三代供电系统“市电直供+240V HVDC ECO”供电效率高达近 98%: 天津数据中心二期采用腾讯的第三代供电系统, 即“市电直供+HVDC”双路供电架构, 并运行相关测试发现, 相比传统 UPS 系统和双路 HVDC 系统, 市电直供+HVDC 模式在各个负载率下供电效率均在 97%以上, 且在不同负载率时, 供电效率波动较小。其中部分系统负载率在 20%以上时, 供电效率稳定在 98%以上。此外在节能性和故障率上腾讯第三代供电系统均优于其他系统。

图 8 市电直供+HVDC、双路 HVDC 和 UPS 供电效率对比



资料来源: 腾讯数据中心, 华西证券研究所整理

阿里巴巴太阳能+240V 直流+柴油发电互备冗余: 阿里巴巴张北数据中心同样采用市电直供+HVDC 供电模式, 而最新的千岛湖数据中心采用光伏太阳能+240V 直流+柴油发电机互备冗余架构, 太阳能作为一种补充, 综合供电效率达 97%以上, 供电可靠性接近 Tier4 最高级别。

未来的张北机房二期工程也正积极探索太阳能、风能在 IDC 供电系统中的补充应用, 包括千岛湖数据中心利用水力二次发电等, 不断往绿色节能数据中心方向创新。

1.3.1. 市电+ HVDC 优于市电+ UPS 模式，将成为未来发展的趋势

以 400KVA 数据中心为例，对于 360KW 的系统，这里按 320KW 的实际负载来估算，分别比较市电+UPS 和市电+ HVDC 在 8 年生命周期内的总电费差异。系统的效率往往随着负载率的提升而增加，如果 UPS 系统长期处于轻载状态，那么运行的实测效率并没有达到宣称的最高效率点。对于 UPS 架构，每套 UPS 的负载率往往只有 30%-40%之间，实际的运行效率只有 90%左右；市电+模块化 UPS 系统，而市电直供支路基本是 100%供电效率，所以整个系统效率大约为 95%；市电+HVDC 系统，由于有电池直接挂接母线，那么高压直流系统是允许节能休眠的，监控会自动开启需要工作的电源模块数量，并使电源系统在任何负载情况下都可以工作在最高效率点附近，即高压直流可以在全负载范围内都达到 96%以上效率，而市电直供支路基本是 100%供电效率，因此市电+HVDC 综合供电效率为 98%。

表 10 8 年内两种供电架构浪费电费对比

设备类型	市电+ACUPS 400KVA 系统	市电+HVDC 400KVA 系统
电源设备效率	95%（负载率 40%左右）	98%（全负载范围）
电源每年浪费电费	$320KW \times 24 \times 365 \times 5\% \times 0.65 = 9.11$ 万元	$320KW \times 24 \times 365 \times 2\% \times 0.65 = 3.65$ 万元
8 年总浪费电费合计	72.8 万元	29.15 万元

资料来源：腾讯数据中心，华西证券研究所整理

因此，市电+HVDC 系统在机房运营的 8 年生命周期内，相比模块化 UPS 和市电+模块化 UPS 分别节省运营电费 43.65 万和 14.65 万元。

如果对于 10 万台服务器的一个大型数据中心，按 60 个供电系统计算相比模块化 UPS 及市电+模块化 UPS 仅仅是采用了“市电+240V HVDC”技术在 8 年时间内就可以节省电费高达 2619 万元，非常可观，该技术很值得在业界推广使用。

表 11 8 年内两种供电架构浪费电费对比

	AC UPS	市电+AC UPS	HVDC	市电+HVDC
实际系统效率	80%-90%	97%	96%	98%
节能效果	中下	较显著	中等	显著
架构复杂程度	复杂	复杂	简单	简单
可靠性	中等	较高	高	最高
维护难度	高	较高	低	较低
维护费用	高	较高	低	最低
建设成本	高	中	低	最低
可扩展性	低	低	高	高

资料来源：腾讯数据中心，华西证券研究所整理

1.3.2. HVDC 市场化推广仍存在一定局限，渗透率提升空间较大

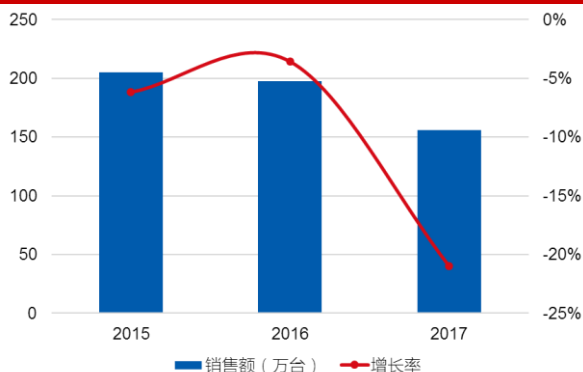
A、HVDC 仍未放量，UPS 依旧是市场主流

(1) UPS 销量下滑，但基数巨大；模块化 UPS 占比不断提升。

目前，虽然 UPS 整体市场销量连续下滑，但超大数据中心对大功率 UPS 产品需求不断提高，整体销售额仍保持大幅上升趋势。

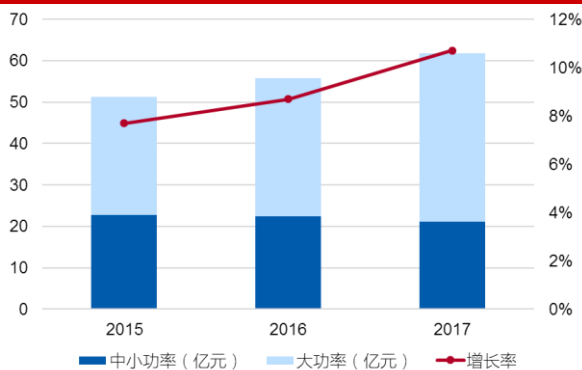
国内 UPS 市场呈现量减价升的趋势，主要是由于大功率 UPS 占比增加。根据赛迪咨询统计，2017 年中国 UPS 整体市场销售额约为 62 亿元，与 2016 年相比同比增长 10.7%，其中大功率 UPS（20KVA 以上）销售额大幅增长，占整体市场的 65.7%。从销量来看，2017 年中国 UPS 整体市场销量为 155.9 万台，同比下降 21.0%。受原材料成本上涨和 UPS 功率段结构影响，市场平均价格大幅度增长。

图 9 国内 UPS 市场销量规模



资料来源：赛迪咨询，华西证券研究所

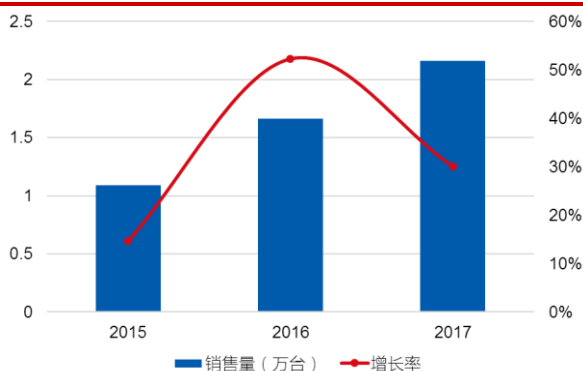
图 10 国内 UPS 市场销售额规模



资料来源：赛迪咨询，华西证券研究所

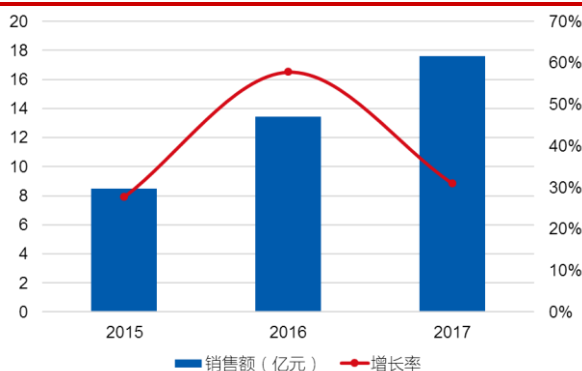
模块化 UPS 销售额销量均稳定增长：根据赛迪顾问统计，2017 年中国模块化 UPS 市场销售额为 17.59 亿元，相比 2016 年同比增长 31.0%，份额达到整体 UPS 市场的 28.5%，占比进一步增加，虽然增长率较上一年有所回落，但仍远高于整体市场的增长速度。

图 11 国内模块化 UPS 销量



资料来源：赛迪咨询，华西证券研究所

图 12 全球模块化 UPS 销量



资料来源：赛迪咨询，华西证券研究所

(2) HVDC 系统应用数量大幅增长，但占比依旧很小。

目前 HVDC 模块的市占率，根据市场调研约占总体备电电源的 10%。据不完全统计，截止 2017 年 11 月，国内通信用 HVDC 实际应用量为 5816 个，累计总供电容量达到 5376750A，应用量复合增长率达 71.5%，虽然增速很快，但基数较小，短时间内依旧难以替代 UPS（电信技术数据）。

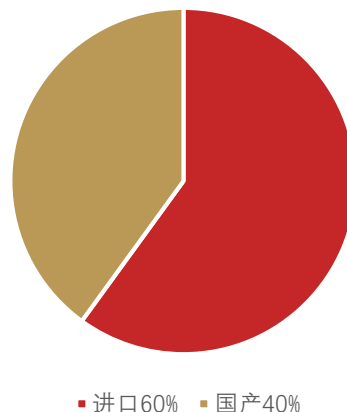
B、HVDC 产业成熟度不如 UPS，UPS 依旧有广阔发展空间

虽然 HVDC 相比 UPS 具有一定优势，但是现在很多配套机房设施还是交流的，无法使用直流。

目前国内拥有 HVDC 产品的主要厂家有华为、中恒电气、动力源，海外厂家包括维谛技术（原艾默生）、ABB、伊顿等，虽然技术成熟但是发展时间较短，产业成熟度依旧不如 UPS 系统，众多传统 UPS 厂商近些年都开始针对 HVDC 进行研发并发布产品，例如华为最新模块化 UPS 电源其性能如系统效率与中恒电气 HVDC 系统相同，而抗干扰性及机架容量及智能化程度等强于中恒电气 HVDC 系统，HVDC 依旧难以替代 UPS。

此外，国内 UPS 市场并未饱和，目前国产 UPS 在国内市场份额只有 40% 左右，依旧有广阔的发展空间，且技术成熟度可以继续提高，深圳艾普诺高管认为，发展好 UPS 产品，是完善国内电源必走的路。

图 13 国内 UPS 市场



资料来源：中国 IDC 圈，华西证券研究所整理

HVDC 危险性要高于 UPS 系统。对于相同功率的 HVDC 和 UPS 系统，虽然高压直流电压与交流电压的峰值相比并不高，但是由于交流电压过零的存在，UPS 的危险性远远低于高压直流。

1.4. 数据中心电源市场 HVDC 市场复合增长率超过 30%

根据测算，目前每年全国后备电源市场约在 65 亿元，其中 UPS 占据大部分市场，HVDC 占比约 10%。目前大功率 UPS 由过去的由海外厂商主导逐渐演变成国内外品牌混战，华为、科华、英威腾等纷纷进入大功率 UPS 市场，而国内模块化 UPS 更是被华为占据近 1/3 的市场。

表 12 后备电源市场主要厂家

电源厂商				一体化解决商
UPS 厂商		HVDC 厂商		
动力源	600405. SH	中恒电气	002364. SZ	华为
科华恒盛	002335. SZ	动力源	600405. SH	ABB
易事特	300376. SZ	奥特迅	002227. SZ	施耐德电气
科士达	002518. SZ	维谛技术（原艾默生）		
英威腾	002334. SZ	中达电通（台达集团）		

中航太克	839957.00	伊顿
先控电气	833426.00	丰日
华为		
伊顿		
维谛技术		
施耐德电气		
中达电通（台达集团）		

资料来源：华西证券研究所整理

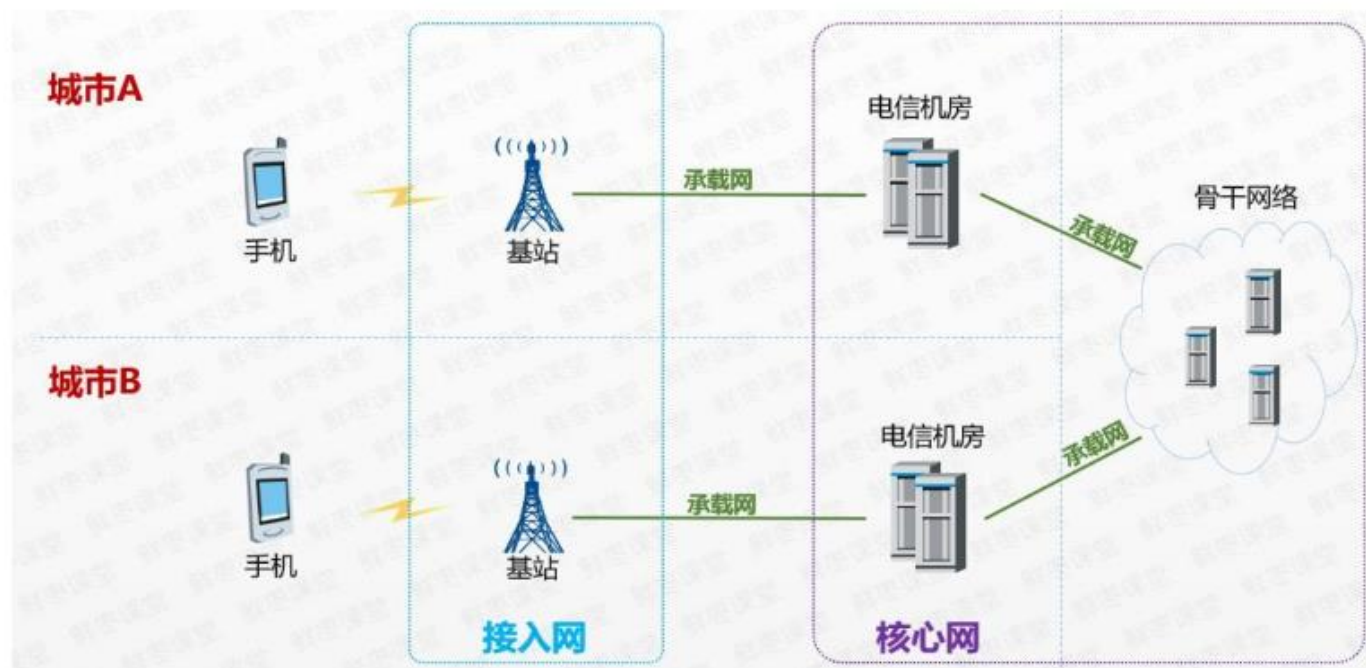
从机架数量上预测：根据工信部发布的《数据中心白皮书（2018 年）》，我国 2017 年底在用数据中心机架数为 166 万架，规划在建数据中心规模 107 万架。

按照单体机架配置 HVDC 电源均价 7000 元-8000 元，预计现有数据中心机架替换空间 90%，预计 HVDC 替代市场 132.8 亿元。按照数据中心行业增速判断，未来 HVDC 的年化增长率将超过 30%以上。

2. 5G 基站能耗高、基站规模大，基站电源有望迎来“量价齐升”

5G 网络的架构是无线侧接入网+承载网+核心网，无线侧接入网就是 RAN，基站就属于无线接入网；核心网分为机房和骨干网；承载网为各部分之间的信号传输网络。

图 14 5G 移动通信架构图



资料来源：鲜枣课堂，华西证券研究所整理

通信电源同作为基站最基础的供能设施，是保证基站在室内/外，尤其是恶劣天气、环境下正常运行的基础设施。伴随基站总数增长，国内通信电源市场也不断扩大。根据中国产业研究院数据，国内通信电源市场从2012年的65.5亿元增加到2017年的120亿元规模。

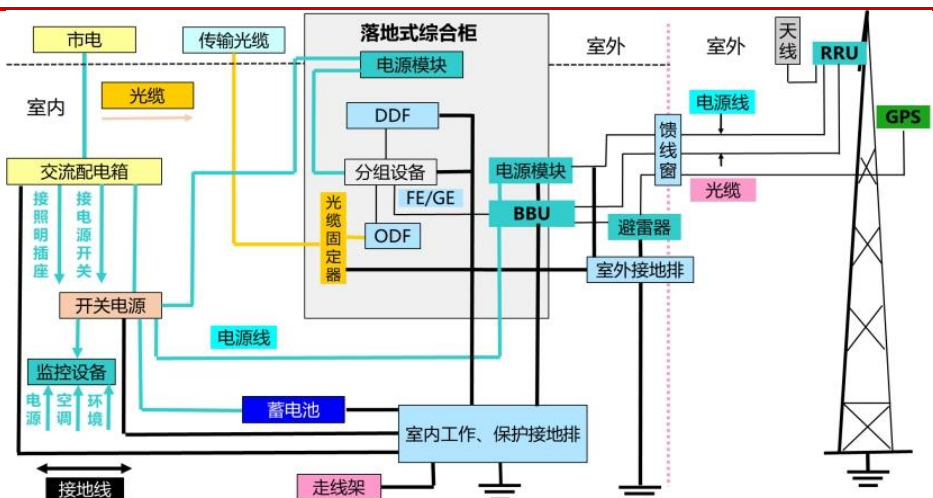
为满足未来5G容量和覆盖需求，全球站点数量将急剧增加。随着5G建设周期开启，5G组网对于供电功率密度、供电效率及损耗率等提出更高的要求，带来技术变革。

2.1. 基站侧：5G 基站能耗增加电源功耗加大，新增 HVDC、锂电池等方案为 5G 基站供电

通常情况下，基站侧供电系统由一路380V交流市电引入，通过交流配电箱、开关电源转换为-48V直流后连入基站设备，基站设备再通过馈线/光纤连接到铁塔上的天线。

市电运行正常时，由市电作为主用交流电源为基站供电；当市电故障时，将运送移动油机至故障基站，为站内设备供电，在油机尚未启动前，由蓄电池组供电。

图 15 基站内部设备布线安装示意图

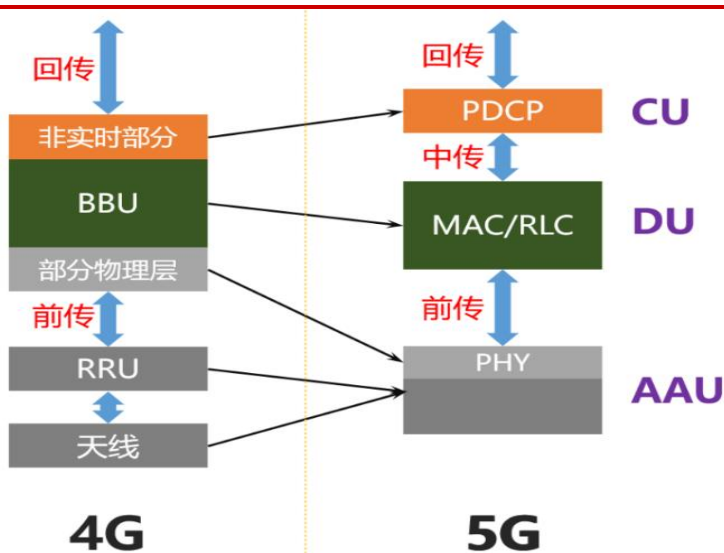


资料来源：华西证券研究所整理

根据 IMT-2020 (5G) 推进组发布的 5G 承载需求白皮书，未来 5G 接入网云化将推动 CU、DU、AAU 分离的大规模 CRAN 部署。

原 BBU 非实时部分将分割出来，重新定义为 CU，负责处理非实时协议和服务，BBU 的部分物理层处理功能和原 RRU 合并为 AAU，BBU 剩余功能重新定义为 DU，负责处理物理层协议和实时服务。

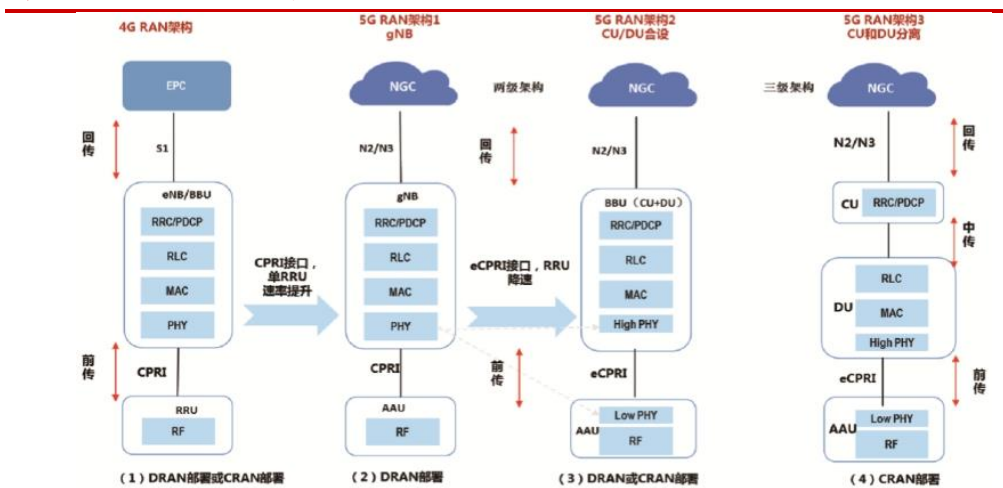
图 16 5G 接入网



资料来源：华西证券研究所整理

之所以要将 BBU 功能拆分的根本原因，就是为了满足 5G 不同场景的需要。所以，把网络拆开、细化，就是为了更灵活地应对场景需求。这样可以优化网络资源分配，实现最大成本效率，满足多元化要求，所以，才有了 DU 和 CU 这样的新架构。

图 17 5G RAN 分级结构

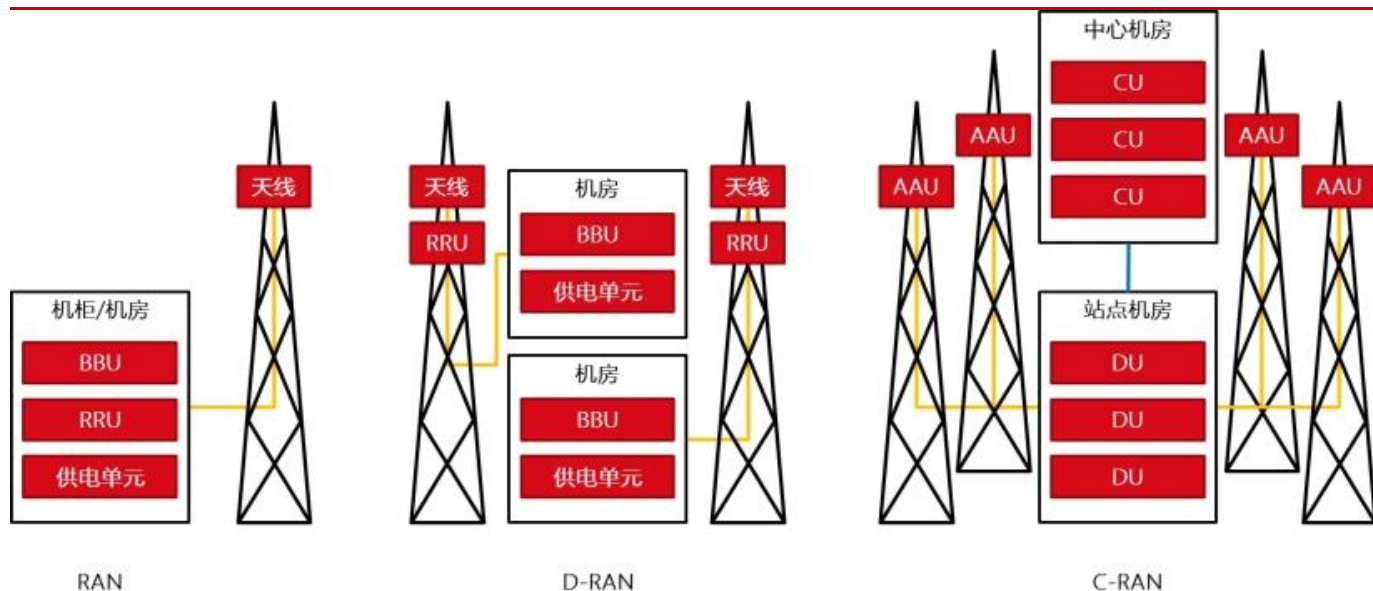


资料来源：华西证券研究所整理

4G RAN 采用 D-RAN，拉远 RRU 靠近天线，不仅使得网络规划更加灵活，而且能够大大缩短馈线长度，减少信号损耗且降低馈线成本。

在 D-RAN 的架构下，运营商仍然要承担非常巨大的成本。因为为了摆放 BBU 和相关的配套设备（电源、空调等），运营商还是需要租赁和建设很多的室内机房或方舱。所以为了节约成本，5G 采用 C-RAN 架构将 BBU 分离并集中化，进一步减少基站机房数量以及配套设备带来的损耗。且拉远之后 AAU 配天线，可以安装在离用户更近距离的位置，这样可以降低发射功率。低的发射功率意味着用户终端电池寿命的延长和无线接入网络功耗的降低。

图 18 C-RAN 架构推动电源技术变革



资料来源：华西证券研究所整理

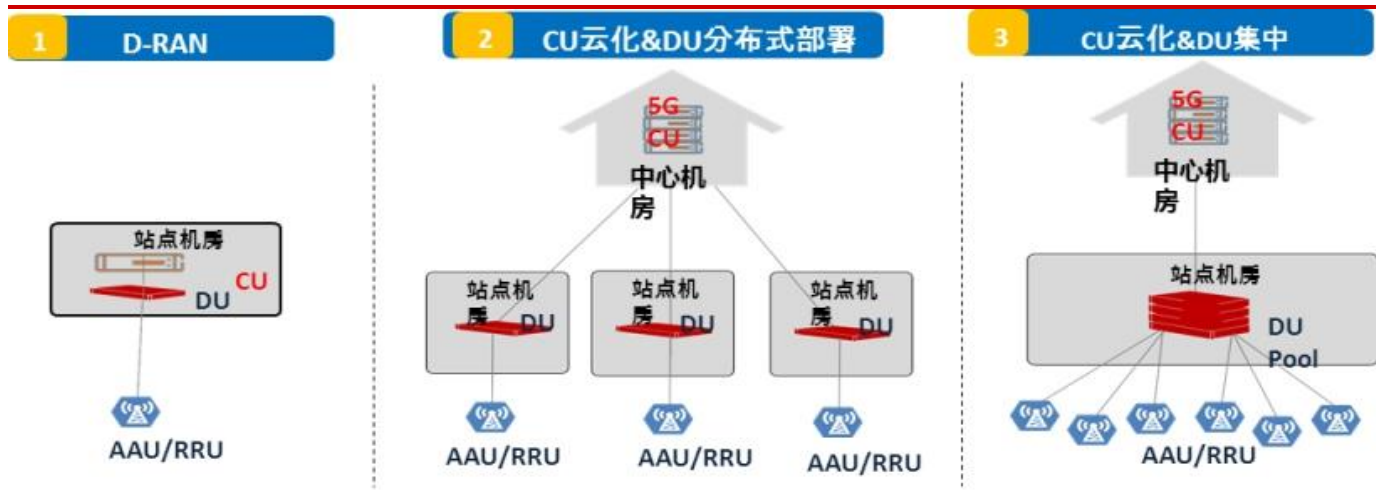
为满足 5G 的低时延、广覆盖等高度碎片化应用场景需求，核心网部分业务“下沉”无线接入网。依据 5G 标准，CU、DU、AAU 可以采取分离或集中方式，随着 C-RAN 的部署，未来 5G 无线接入网将会是 D-RAN 和 CU 云化并存的趋势。

第一种与传统 4G 宏站一致，CU、DU 共硬件部署构成 BBU；

第二种 DU 部署在站点机房，CU 集中部署；

第三种 DU 在站点机房集中部署，CU 更高层级集中。

图 19 未来 5G 无线接入网将 D-RAN 和 CU 云化并存，协同组网



资料来源：华西证券研究所整理

在 5G RAN 分级架构下，CU 集中在中心机房，利用 NFV 技术能够对其虚拟化，大大节约成本。而下层 DU 呈现集中化趋势，基站侧的站点机房构成类小数据中心模式，其整体制冷和供电系统的规划均可参照数据中心建设。从 5G 的技术特点与发展趋势来看，5G 的频谱资源需求宽，需要用到 6GHz 以上的频率，同时基站站距变短，5G 网络基站的数量将远远大于 4G 网络。5G 设备能耗增多，5G 站点电源面临新的挑战。随着三家运营商 5G 新频段的引入，供电服务需求增加，5G 设备由 4G 的 4T4R 发展到 3DMIMO，容量是原来的 33 倍，用电功耗将是原来的功耗 1.2 倍左右。

表 13 不同模式能效对比

4G/5G 能效对比	4G		5G	
	2T2R	4T4R	32T32R	64T64R
能耗 (Watt)	400	685	500	810
容量 (Mbps)	150	300	5000	10000
能效 (GB/kWh)	165	192	4395	5425

资料来源：华西证券研究所整理

2.1.1.5G 基站功耗大幅增加，可靠性要求更高，单站电源模块价格有望提升

5G 站点要求更高的可靠性，备电成为必需。5G 网络主要应用于移动支付、智慧城市、虚拟社会、VR/AR、无人驾驶、人工智能以及 4K 等“万物互联”业务，断网影响难以承受，通信保障压力空前。因此，可靠的基站后备电源是基站建设中必须要考虑的事项。

对于基站 BBU 和 AAU 设备的功耗，目前不同厂商设备的差异性较大。以现有 64T64R S111 宏站设备为例，单基站的功耗约为 3~4kW，作为对比，4G 的单系统功耗仅为 1300W，5G 是 4G 的 3-4 倍（注：后期随着技术的进步，设备型号的变化，基站功耗也将发生变化，因此下表中的数据仅作为功耗分析时的参考），这将是 5G 网络供电系统建设和运营面临两个难点。

表 14 相关 5G 主设备厂商功耗

类型	BBU/AAU 功耗			
	厂商 1	厂商 2	厂商 3	厂商 4
BBU	200W	230W	160W	470W
AAU (64T64R)	810W	1120W	1050W (最大) / 800W (典型)	1050W (最大) / 800W (典型)
基站 (1BBU+3RRU)	2630W	3590W (典型)	3310W (最大) / 2560W (典型)	3620W (最大) / 3050W (典型)

资料来源：华西证券研究所整理

如果未来 5G 覆盖要到目前 4G 网相同的覆盖效果，5G 的基站数量将要达到 4G 基站的 1.5 倍左右，每年三大电信运营商电费开支将达到 1100 亿元以上（4G 时期为 350 亿左右）。

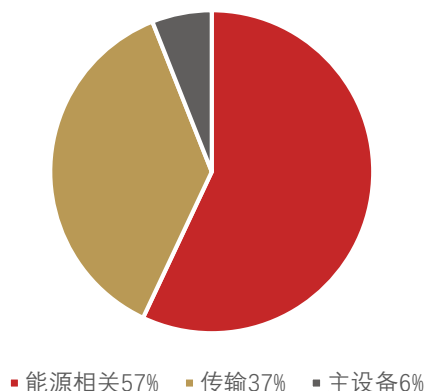
表 15 4G 时代与 5G 时代全网电费对比

类型	4G 与 5G 基站电费对比	
	4G	5G
单基站功耗	1300	3000
电价	0.65 元	0.65 元
单基站年度电费	0.8 万元	2 万元
基站规模（前期共站址）	440 万站	440 万站
基站规模（后期全覆盖）	440 万站	660 万站
共站址电费	350 亿元	750 亿元
5G 全覆盖电费	350 亿元	1122 亿元

资料来源：华西证券研究所整理

机房空间、散热、供电和备电能力受限，改造压力大。经过测试，一个系统 5G 基站功耗 3KW 以上，因为 5G 设备是集中放置，电源被要求能够容纳 50 个 BBU，所以一个基站功耗 100KW 以上，且依照移动公司备电 7 小时的要求，需配置容量高于 700kAh 的蓄电池。一个 BBU 机柜占地 5 平米左右，蓄电池组占地面积维持在 24 平米左右。现有大部分机房的的空间、供电和散热能力均严重不足，需进行机房改造，改造成本高昂。同时，由于 BBU 堆叠放置备电要求较高，铅酸电池体积大、质量重，机房承重严重受限。

图 20 基站退服原因统计

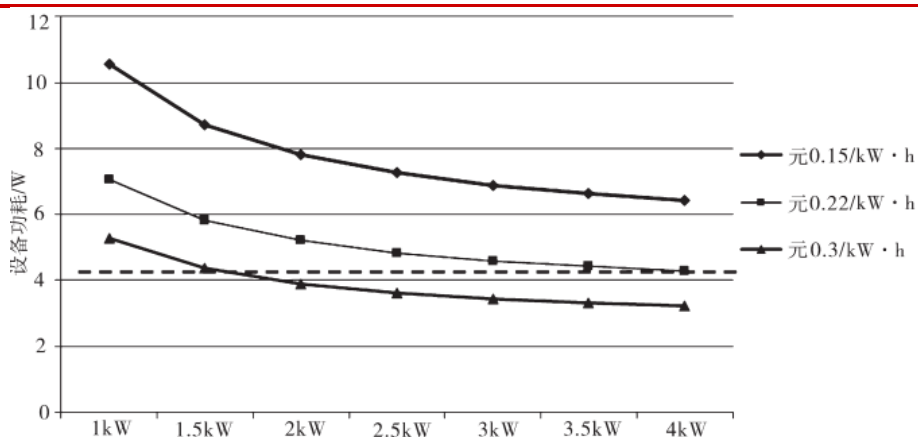


资料来源：中国期刊网，华西证券研究所

2.1.2. 5G 基站能源新解决方案：锂电逐渐成为趋势

针对能源不足的问题有几种解决方案，如使用站点叠光技术。站点叠光是在传统太阳能供电系统的基础上，利用新型智能开关电源系统，实现供电统一监控，智能调度太阳能、市电和蓄电池的使用，实现太阳能优先供电。在正常情况下，通过使用太阳能，降低市电输入，节约电费支出；而在断电时，优先使用太阳能，蓄电池作为备用，有效降低蓄电池损耗，并在一定程度上减少应急上站发电次数，降低成本。从前期的试点情况来看，经叠光改造后，虽然系统建造成本需花费 2 万元左右，但后期用电电费及油机发电投资每年可节省 3.76 万元，效益可观。实际应用中，站点电源叠光主要需解决三大问题——如何进一步降低部署成本、太阳能发电更加高效以及怎样统一管理界面。当前，叠光技术已经发展得比较成熟，站点叠光能够带来切实持续的效益。

图 21 站点叠光 ROI 分析



资料来源：中国知网，华西证券研究所

将系统电压升高。当前，常用直流供电系统电压为-48V，可将直流系统电压升至 57V 输出，支持 5G 大功率模块，降低线缆成本。同时，在系统电压升高后，相同

的负载功耗情况下，电力电缆中通过的电流减小，从而减小所需电力电缆的截面积，实现降低线缆采购成本的目的。升压操作只需设定直流供电系统的电压值即可，无需新增供电设备，也不必增加任何额外成本，不影响用电设备的正常工作。

表 16 4G 时代与 5G 时代全网电费对比

	48V 不升压		升压 57V		升压 72V		高压直流
	8.2mm	16mm	8.2mm	16mm	8.2mm	16mm	3.3mm
800W	76	140	150	/	240	/	2822
1200W	51	92	100	180	160	/	1881
1400W	/	79	85	155	135	245	1612
1600W	/	70	73	134	118	210	1411

资料来源：中国知网，华西证券研究所

更换更优越的电池。铁锂电池在循环放电次数、能量体积比与工作温度范围方面均优于铅酸蓄电池。在体积相同情况下，铁锂电池的备电能力是铅酸电池的两倍，可有效解决机房承重不足的问题。由于铁锂电池的采购价格较高，一定程度上限制了铁锂电池的大范围推广使用。铁锂电池在通信基站使用的常见模式如下：

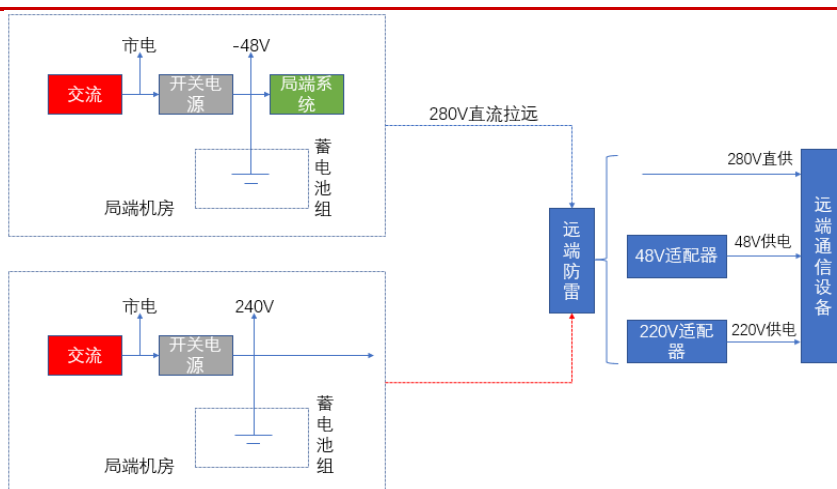
(1) 铁锂电池单独备电。在部分机房楼板承重能力或机房空间受限的基站，如租用民房等楼板荷载能力较低机房情况下，可使用铁锂电池代替铅酸蓄电池。凭借铁锂电池的高能量、小体积特性，降低对安装空间与机房楼板承重的要求。同时，由于铁锂电池的工作温度范围较宽，可将机房内空调的设置温度升高，降低空调运行能耗，实现节能减排的目的。

(2) 铅酸铁锂电混搭。一般情况下，不同厂家、不同时期、不同容量乃至不同型号的蓄电池不能混用。可通过电池合路器，实现铅酸蓄电池与铁锂电池的混搭使用，提高基站备电能力，实现对基站蓄电池资源的优化，降低通信网络的建设和运营维护成本。

(3) 梯次电池应用。梯次电池理论上是对原来应用于电动汽车，容量衰减至初始容量 80%的“退役”动力锂电池实施二次使用。在三类市电环境温度无法保证的高温场景以及四类市电场景作为备电使用时，传统铅酸电池寿命会大幅下降，而梯次利用动力锂电池循环寿命长、耐高温性能好的优点能够在上述场景中实现经济性应用。

使用直流远程供电。直流远程供电系统由局端设备、远端设备和光电混合缆三部分组成。它可以将机房内稳 0 定的-48V 电源隔离升压到 DC250~DC410V，并通过光电混合缆或电力电缆以最大效率远距离输送至远端设备，远端设备进而将直流高压转换成 DC48V、DC280V 或 AC220V 电压为负载（RRU）、微基站以及室外综合接入机柜等设备提供 24 小时稳定的、在恶劣条件下免维护的供电，此种方式可以使用 UPS 或者 HVDC。

图 22 直流远程供电



资料来源：中国期刊网，华西证券研究所

华通远航及宇能电力提供站点叠光解决方案：华通远航公司 2017 年就为尼泊尔通信基站提供了太阳能供电解决方案，为急需用电的地区提供了有效的电源备用方式，大大提高了可靠性。宇能电力已在浙江建成 500 个宏基站，江苏拥有 17 个宏基站试点，计划将在 2019 年建设 2000 个，至 2022 年累计建设 6.2 万个风光储 5G 基站。该装置一套 2~3 万元，每年可发电近 2.4 万度，以 1 度电 0.65 元计算节约电费超 1.5 万元；以设计寿命 25 年计算，可发电近 60 万度，节约电费近 40 万元。

汉维通信、宇球通信等公司提供铁锂电池解决方案：汉维通信研发出了循环寿命、质量能量密度、体积能量密度更优越的磷酸铁锂电池，减少了占地空间，并且抗腐蚀并具备加热降温系统，可在恶劣环境下使用；宇球公司也研制出功率因数达 0.99 的三元锂电池，使 5G 基站供电更加可靠。

中恒电气提供直流远程供电解决方案：中恒电气为建设中的杭州奥体中心大型室分基站，以及杭州火车东站的准 5G（或 4G+）基站，提供了 HVDC 拉远供电解决方案与试点。中恒电气系统体积小重量轻、户内户外环境均可适应，可灵活选择抱杆，壁挂，嵌入等安装方式，适应快速布站，可帮助客户实现网络简单部署、全网节能、高效运维的要求，最大限度节省客户部署及运维开支。

HVDC 未来将与 UPS 共存为 5G 基站供电：

传统通信电源大多使用 48V 直流供电，安全可靠，技术成熟，但是之前功率密度小，现在 5G 基站结构采用集中拉远模式，要求功率密度大，传输距离远，而传统供电方式电压较低，电流较大，能耗较大，并不适合 5G 基站。需要提高电压，所以未来将会是 UPS 和 HVDC 为 5G 基站供电。

相比模块化 UPS，HVDC 依旧有一定优势。经研究发现所有的 IT 负载都是交直流通用的，因此 HVDC 完全可以替代模块化 UPS。目前模块化 UPS 投资成本较高，相同功率下要高于传统 UPS，而 HVDC 系统相同功率要节约 30%-40% 投资成本。现在模块化 UPS 技术成熟，革新之后基本无能效方面的突破，但是 HVDC 依旧有发展空间在系统效率方面可以继续做出突破。

HVDC 产业链成熟度不高，短期内依旧难以替代模块化 UPS。虽然在 20 世纪 20 年代就开始对高压直流技术进行研究，并且在 1954 年建成第一条高压直流输电线路，但是直至 20 世纪 90 年代 HVDC 电源才被人提出，虽然在系统效率上全面超越主流 UPS，但是起步较晚，技术及产业链依旧不成熟。众多传统 UPS 厂商近些年都开始针对 HVDC 进行研发并发布产品，例如华为最新模块化 UPS 电源其性能如系统效率与中恒电气 HVDC 系统相同，而抗干扰性、机架容量及智能化程度等强于中恒电气 HVDC 系统，在安全性方面 HVDC 弱于 UPS，且机房的很多配套设施依旧是交流的，无法使

用直流。2015-2017 年 HVDC 销量复合增长率为 11%而模块化 UPS 销量复合增长率为 26%，模块化增长率远超 HVDC 增长率，且模块化 UPS 基数超过 HVDC，HVDC 短时间内依旧难以替代模块化 UPS。

不过随着技术的发展，HVDC 系统将会继续在系统效率、抗干扰性、机架容量及智能化等方面逐渐做出突破，未来将会逐步赶上模块化 UPS。

未来 5G 海量数据、高功耗、高密组网等带来接入侧 DU 的集中化、AAR、Massive MIMO 等新技术或架构应用，也拉动基础电源与配套设施的变革升级。传统的-48V 供电功率小，传输距离较短，由于 5GRAN 结构采用集中拉远模式，传统的供电方式并不适合，所以未来主流供电模式将是模块化 UPS 和 HVDC 共存。且解决能源问题方法较多样，如在合适的区域如郊区可以采用站点叠光技术，并可更换更优越的电池节省空间。

2.2. 机房侧：HVDC 替代 UPS 效益增强，市电+HVDC/UPS 或将成为主流供电模式

从 4G 时代设备商就开始直接使用了 HP、IBM 等 IT 厂家的通用服务器，并使用 NFV 技术将网元虚拟化，自此开启了虚拟化时代。设备商基于 openstack 这样的开源平台开发自己的虚拟化平台，把核心网的网元放在这个平台上。也就是说，并不是只有 5G 才能用虚拟化平台。设备商先用虚拟化平台部署 4G 核心网，即在为后面部署 5G 核心网做准备，提前实验。

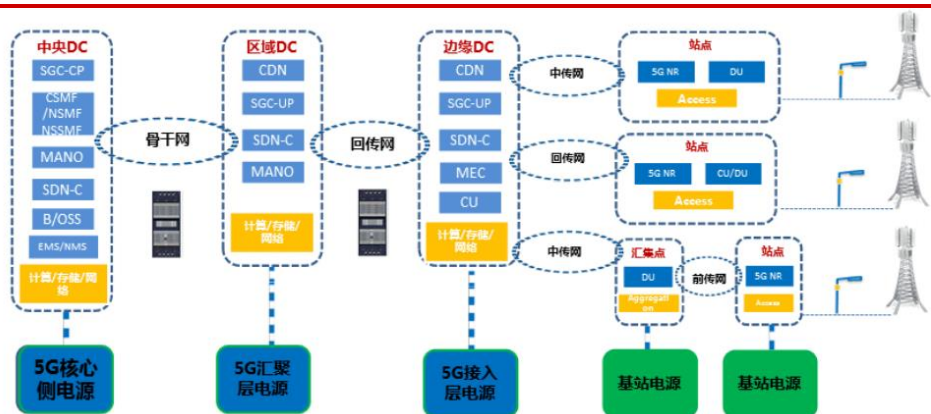
图 23 网元功能软件与硬件分离



资料来源：华西证券研究所

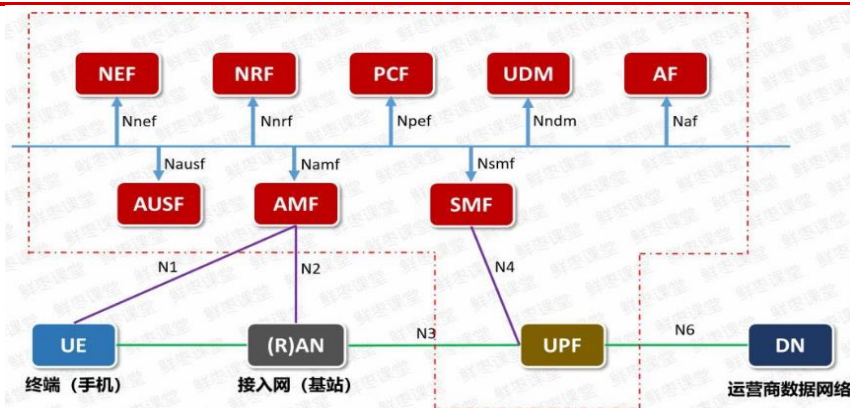
5G 核心网采用的是 SBA (Service Based Architecture) 即基于服务器的架构，把原来具有多个功能的整体分拆成具有独立功能的个体，每个个体实现自己的功能。这样的变化有个明显的外部表现，就是网元大量增加。

图 24 5G 网络架构



资料来源：中国电信，华西证券研究所

图 25 5G 核心网网元结构



资料来源：鲜枣课堂，华西证券研究所

这些网元看上去很多，实际上，硬件都是在虚拟化平台里面虚拟出来的。这样一来，非常容易扩容、缩容，也非常容易升级、割接，相互之间不会造成太大影响，总之，5G 核心网就是模块化、软件化。

2.2.1. 5G 机房能源解决方案

5G 核心网的模块化、软件化使得 5G 机房越来越像数据中心，而 NFV 技术本质是应用所有技术的云计算模式。

5G 核心网网络架构对能源提出了更高的要求，2018 年 1 月 9 日华为在意大利都灵的全球 ICT 能效峰会上发布业界首个全系列 5G Power 解决方案。根据华为在全球的调研数据，超过 70% 的站点将面临电源、电池、配电容量不足的挑战，超过 30% 的站点需要进行市电改造，运营商面临极高的 CAPEX 压力。

华为的 5G Power 解决方案采用“一站一柜”、“一频一刀片”的建设模式，在方案架构上充分考虑温控、电池、备电的可扩展性，实现可扩容、少改造的部署方案。5G 将真正开启万物互联的时代，5G 带来对信息处理的方式是颠覆性的，由于传输速率与时延，以前像手机这样的终端设备只能依靠本机的硬盘与芯片去存储与运算数据，而未来速率的百倍提升后，终端就是一个接收设备，天量的数据和计算都交给“云”

去运行即可，云就是数据中心，因此 5G DC 机房需要更可靠、更高效、大功率的电源，所以优先采用直流供电方式，建设前期可采用-48V 供电，确保可靠性的同时充分利用现有资源；后期则可以采用高压直流或者 UPS+市电直供，提升电源效率，降低能耗。HVDC 也可以用模块化 UPS 进行替代，如华为模块化 UPS，占地面积 1.2 平方米，比传统 UPS 节省占地面积 40%。

2.2.2. 市电+HVDC/UPS 未来将成为 5G 机房主流供电模式

前文提到目前模块化 UPS 技术成熟，抗干扰性、机架容量及智能化程度等强于 HVDC 产品，短期内依旧是模块化 UPS 占主流，但是低负载下模块化 UPS 产品性能依旧略微不如 HVDC 系统，建设成本高于 HVDC 系统，因此随着技术发展在未来 HVDC 系统将会赶超模块化 UPS 系统。对于 360KW 的 5G 机房，这里按 320KW 的实际负载来估算，分别比较模块化 UPS、市电+模块化 HVDC 和市电+ HVDC 在 8 年生命周期内的总电费差异。系统的效率往往随着负载率的提升而增加，如果 UPS 系统长期处于轻载状态，那么运行的实测效率并没有达到宣称的最高效率点。对于模块化 UPS 架构，每套 UPS 的负载率往往只有 30%-40%之间，虽然选用了最高效率为 97%的 UPS，但实际的运行效率只有 95%左右；市电+模块化 UPS 系统，而市电直供支路基本是 100%供电效率，所以整个系统效率大约为 97%；“市电+HVDC”系统，由于有电池直接挂接母线，那么高压直流系统是允许节能休眠的，监控会自动开启需要工作的电源模块数量，并使电源系统在任何负载情况下都可以工作在最高效率点附近，即高压直流可以在全负载范围内都达到 96%以上效率，而市电直供支路基本是 100%供电效率，因此市电+HVDC 综合供电效率为 98%。

表 17 4G 时代与 5G 时代全网电费对比

设备类型	400KVA 模块化 UPS 系统	市电+模块化 UPS 400KVA 系统	市电+HVDC 400KVA 系统
电源设备效率	95%（负载率 40%左右）	97%（负载率 40%左右）	98%（全负载范围）
电源每年浪费电费	$320\text{KW} \times 24 \times 365 \times 5\% \times 0.65 = 9.11$ 万元	$320\text{KW} \times 24 \times 365 \times 3\% \times 0.65 = 5.47$ 万 元	$320\text{KW} \times 24 \times 365 \times 2\% \times 0.65 = 3.65$ 万元
8 年总浪费电费合计	72.8 万元	43.8 万元	29.15 万元

资料来源：中国知网，华西证券研究所

综上所述，市电+HVDC 系统在机房运营的 8 年生命周期内，相比模块化 UPS 和市电+模块化 UPS 分别节省运营电费 43.65 万和 14.65 万元。

如果对于 10 万台服务器的一个大型数据中心，按 60 个供电系统计算相比模块化 UPS 及市电+模块化 UPS 仅仅是采用了“市电+240V HVDC”技术在 8 年时间内就可以节省电费高达 2619 万元和 1172 万元，非常可观，因此未来主流供电模式是市电+UPS/HVDC。

未来 5G 能源与数据中心类似，是多能源接入模式，即运营商可以根据自己的需求选择多种不同的能源类型。根据 Mobile World Live 报道，华为电新能源业务总裁在会上提出：未来通信设备不仅可以通过输电网供电，也可以使用 HVDC、太阳能等多种供电模式。而 HVDC 技术侧已经可以支持无线网络建设的改造，并认为 HVDC 有望在 5G 电源系统中广泛推广。

5G 海量数据、高功耗、高密组网等带来接入侧 DU 的集中化、AAR、Massive MIMO 等新技术或架构应用，也拉动基础电源与配套设施的变革升级。HVDC 在未来通信电源的渗透率有望提升。

2.3. 5G 通信电源市场整体市场有望超过 450 亿

基本假设：

(1) 市场测算电源价格按照 HVDC 供电方案产品定价；

(2) 5G：预计未来 5G BBU 集中拉远式机房配套约 10 个基站数，根据 5G 整体宏站数量预计，需要约 45 万套供电系统；

表 18 通信电源市场基站侧预测

通信电源市场预估				
5G 基站按照基站数估算				
配电方式	平均基站连接数（站）	单套电源价格（万元）		
HVDC 集中拉远式	10	10	-	15
5G 整体宏站数量（万站）	所需电源套数（万套）	市场总量（亿元）		
450	45	450	-	675

资料来源：华西证券研究所整理

预计未来 5G 宏站基站建设能够带来新增 450-675 亿元以上的市场。

3. 投资建议

电源系统作为数据中心、5G、新能源充电桩等新基建“底盘”，也将充分受益于新基建加速发展。

在数据中心电源领域，我们认为未来数据中心架构将向分布式、直流、小颗粒化绿色发展，模块化大功率 UPS 及 HVDC 为行业主流。其中，HVDC 供电系统由于其建设和运营成本更低的特点在超大型数据中心中应用更为广泛。随着超大型数据中心的加速建设，HVDC 电源方案市场空间有望加速提升，此外相较于 UPS 系统，直流技术在未来 5G 建设基站供电侧及新能源汽车充电桩市场拥有更广阔的利用空间，相关受益标的国内 HVDC 龙头中恒电气，国内≥20KVA UPS 市场龙头科华恒盛。

在 5G 基建领域，基站侧由于 5G AAU 引入 Massive MIMO 技术，5G BBU 将处理海量数据，且随着 5G 业务的不断发展，BBU 的计算功耗将逐渐上升。电力成本将会是未来运营商 5G 运营的核心痛点。基站侧电源改造可行方案包括站点叠光技术应用、智能锂电替换铅酸电池方案以及直流拉远方案，相关受益标的包括中恒电气（直流拉远方案）、国轩高科、亿纬锂能（中国铁塔锂电池采购相关）。此外，传统通信电源厂商有望依靠自身客户及技术平台优势，在 5G 新基建扩大的市场容量中迎来新的增长机遇，相关受益标的包括新雷能（海外三星供货商及烽火、大唐供货商）等。

3.1. 中恒电气——HVDC 电源平台技术优势显著，全栈式布局数据中心、5G、充电桩等“新基建”

公司三大业务板块包括电力电子（通信电源、高压直流电源（HVDC）、新能源汽车充电）、电力信息化、能源互联网（智慧照明、储能）三大板块。

1) 公司 HVDC 业务规模化竞争优势凸显，屡次中标 BAT、通信运营商等主要客户：公司作为 HVDC 龙头除了应用在新建大型数据中心外，公司 HVDC 产品逐渐替代三大运营商、BAT 等数据中心的 UPS 系统，2019 年开始公司 HVDC 产品客户也拓展到政企、金融、保密系统，

2) 全栈式 5G 电源解决方案，受益于国内 5G 建设及海外微站建设：2020 年随着 5G 新增基站数量的快速增长，公司 5G 电源全栈解决方案包含基站、远供、微电

源产品，有望迎来快速增长。此外，公司拓展加大海外市场拓展，微电源产品斩获海外订单，

3) 牵手滴滴与国网恒大合作，晋升为国内充电桩第一梯队供应商：直流充电桩牵手滴滴旗下小桔充电，成为小桔最大的充电设备合作伙伴。交流充电桩牵手国网恒大，成为其未来五年唯一的有序充电设备供应商。

4) 依托硬件入口，布局电力信息化，业务模式轻量化：2019 年电力信息化集中采购公司占 10%左右份额，大部分在省市地用户侧电力生产调度、电力规划能效、电力交易运营及综合能源服务等应用方面，公司逐渐切入到电力信息化运营，商业模式逐渐变化。

3.2. 新雷能——传统通信电源龙头，军工&通信行业双改善

受益于海外 5G 建设启动，通信海外订单回暖，5G 建设启动，打开下游通信电源市场：子公司深圳雷能 2003 年成立，专注于生产、研发、销售通信用模块电源、定制电源及大功率电源及系统等。公司深耕通信电源行业二十余年，根据公司公告，自 2015 年起公司就已开始 5G 高功率电源产品的研发，已经掌握包括高效率变换技术、有源箝位技术、数字控制等一系列核心技术。目前，公司通信电源主要客户包括大唐移动、烽火通信、三星电子、诺基亚等。随着全球 5G 建网快速启动，除了传统电源模块产品供给之外，5G 模块电源需求量拉动通信用模块电源业绩快速提升，尤其是海外 5G 建网中不具备电源生产能力的厂商三星等。

军工订单逐渐恢复，自主可控国产替代持续打开未来空间：2018 年 9 月，公司并购永力科技，其主营为军用供配电电源系统，激光器专用电源模块等。一方面由于永力科技并表；另一方面 2018 年起军改影响消除，订单逐渐恢复，带动军工业务增长。我们预计，在中美争端持续化过程中，我国在关键领域产品自主可控需求加大，在军工领域自主可控国产替代有望持续打开国内电源市场。

公司产品研发实力强，部分产品全面对标世界领先电源模块生产商 Vicor (Google 数据中心供货商)，费用率稳健：公司期间费用保持稳定，管理费用率增长主要源自研发投入增加。其研发投入持续增长，占收比较同行业仍保持在高位水平。截止 2019 年中报，公司累计获得专利 76 项（其中发明专利 28 项），软件著作权 44 项。尤其在通信及军工领域持续可靠的专业研发实力提供坚实技术保障。其核心技术产品能力能够对标 Vicor 为 Google 数据中心提供的 48V VDC 直达 CPU 超小模块电源。

4. 风险提示

- (1) **全球疫情持续扩散带来订单不确定性影响及系统性风险：**全球持续扩散的新冠病毒引起的疫情可能导致海外订单不及预期，同时疫情带来的宏观经济影响可能导致行业发展不及预期；
- (2) **HVDC 在数据中心领域应用不及预期：**目前市场主流产业链仍是 UPS 占据 90%以上市场份额，同时 HVDC 主要下游需求来自于大型互联网厂商，国内主要是 BAT，行业受制下游因素较大，相对价格波动和利率空间可能存在压缩风险。同时，电源技术驱动革新可能导致 HVDC 应用不及预期，海外互联网厂商 Google、Facebook 均陆续放弃后备电源，走向 OCP 整机架 PSU+BBU 架构，以 12V 和 48V 两种架构为主，一旦国内华为厂商选择切换 PSU+BBU 体系有可能导致 HVDC 市场流失，但目前国内阿里仍在创新尝试 HVDC 相关应用技术升级，此外在新能源汽车领域仍具有充分发展空间；

- (3) **5G 建设不及预期：**5G 建设及配套电源方案影响行业市场空间及增长速率，通信电源行业生产流程一般较短，5G 建设不及预期有可能导致电源配套行业相应增速减缓。

分析师与研究助理简介

宋辉：3年电信运营商及互联网工作经验，4年证券研究经验，主要研究方向电信运营商、电信设备商、5G产业、光通信等领域。

柳珏廷：理学硕士，2年券商工作经验，主要关注5G相关产业链研究。

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15%
行业评级标准		
以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园11号丰汇时代大厦南座5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

华西证券免责声明

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。