

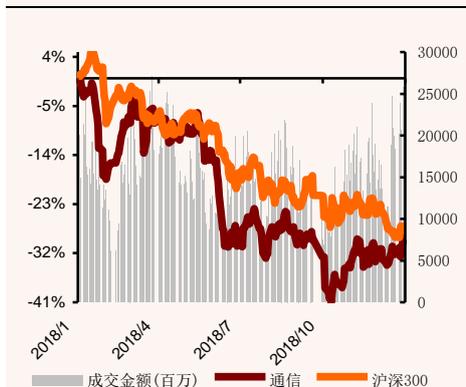
分析师： 吴彤
 执业证书编号： S1220518030001
 TEL：
 E-mail: wutong0@foundersec.com

联系人： 宋辉
 TEL： 010-68584861
 E-mail: songhui@foundersec.com

重要数据：

上市公司总家数	109
总股本(亿股)	1012.53
销售收入(亿元)	5170.05
利润总额(亿元)	282.55
行业平均 PE	55.60
平均股价(元)	15.41

行业相对指数表现：



数据来源：wind 方正证券研究所

相关研究

《轻装上阵聚焦核心产业，发力云安全、边缘计算提升综合服务能力》2019.01.03

《5G 逐步进入政策及集采兑现行情，重点左侧布局 5G 应用》2019.01.01

《事件因素加剧通信板块波动，维持短期谨慎乐观》2018.12.23

《受益 5G 及 IDC 建设，产业升级协同加速》2018.12.17

《5G 催化逐一兑现，短期谨慎乐观》2018.12.15

请务必阅读最后特别声明与免责条款

1、传统 UPS 市场向大功率、模块化演进：UPS 作为一项成熟电源应用技术经过几十年的发展，大量应用于通信、交通、政府等具备恶劣使用环境或对供电可靠性要求较高的行业。随着数据中心的广泛应用及推广，以及 ICT 设备融合及对功率密度的更高要求，UPS 市场逐渐向大功率、模块化发展，市占率不断提升，同时国内 UPS 市场本土厂商逐渐兴起，不断压缩海外厂商市场，市场竞争逐渐加剧。

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：HVDC 早在 1954 年即开始应用，但是在传统备电市场却由于其相关产业链成熟度不足、相比传统 UPS 成本较高等系列因素而没有被广泛应用。但是随着数据中心建设爆发，在能耗、建设成本、维护难度等系列问题推动下，全球互联网厂商积极应用 HVDC 模式、市电+HVDC 模式对数据中心供电系统进行创新改造，从而大大提高供电可靠性的同时也提高转换率，在性能上达到模块化 UPS 水平，而成本缩减近 1/3。

3、互联网厂商在数据中心供电领域的持续创新，但对网络设备都有一定定制化需求，不适用于普通机房改造：包括 Google、Facebook、微软和 BAT 等众多互联网企业持续创新探索，相继发布 OCP 电源、LES 电源、48V 直供等多种供电模式。

4、HVDC 将作为数据中心改造的主要供电模式：总结互联网厂商在数据中心电源上的创新路径，我们认为：相比于互联网厂商的创新应用（需要一定定制化服务），传统数据中心改造有望更多采用 HVDC 模式，未来电池颗粒度有望不断降低，在数据中心中的位置演进呈现下沉式发展，整体数据中心供电架构趋于简单化、分布式、直流供电。总体测算数据中心电源市场未来 HVDC 市场规模超过 200 亿元。

6、数据中心电源与通信电源趋同带来更大市场空间：在 5G 建设过程中，大功率的 Massive MIMO 和 AAU 等设备及 BBU 的分离集中式管理都对通信电源的改造提出需求。预计未来 5G 基站建设及 4G 扩容能够带来新增 450 亿元以上的市场。

7、直流充电桩市场：根据以上假设，按照当前新能源汽车保有量及对应车桩比计算，目前国内直流充电桩市场约在 265 亿左右，根据国务院此前印发的《节能与新能源汽车产业发展规划（2012-2020 年）》，2020 年国内直流充电桩市场保守估计具有 600 亿以上市值空间，有望突破千亿级。

8、投资建议及重点相关标的：

随着服务器 CPU 功耗上升，在数据中心大批量建设过程中，基础设施相关建设成本及运营成本在 TCO 占比不断提升。数据中心厂商在控制 TCO 下降的核心驱动下，也对其供电架构不断创新简化，在经过传统工频 UPS、高频 UPS、高频模块化 UPS 之后，相继提出 HVDC 供电模式、市电直供 12V、48V 供电模式等新型

目录

1	前言：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	7
2	UPS：向大功率、模块化发展	7
2.1	UPS 电源发展简史	8
2.2	UPS 基本框架	8
2.3	应用情况：通信、交通等具备恶劣使用环境的行业仍在大量使用传统 UPS 模式，数据中心采用更为节能的 ECO 模式	9
2.4	大功率、模块化 UPS 引导模块化数据中心建设	10
2.4.1	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	11
2.4.2	大功率、模块化 UPS 市占比不断提升，国内厂家群雄逐鹿	12
2.4.3	模块化数据中心进入大批量投产应用阶段	15
3	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	15
3.1	第一条高压直流（HVDC）的产生与半世纪的技术发展	15
3.2	HVDC 基本框架	16
3.3	HVDC 系统对传统 UPS 电源的替代效应	16
3.3.1	成本端：大大压缩前期投资和后期维护成本	19
3.3.2	技术端：HVDC 系统与当前的模块化 UPS 产品差异并不大	19
3.3.3	政策端：通信行业及国家技术标准逐渐完善	19
3.3.4	应用情况：运营商和 BAT 等互联网厂商大力推广 HVDC 应用	21
3.4	市电+UPS/HVDC 模式的兴起	22
3.4.1	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	22
3.4.2	应用情况：BAT 的 IDC 建设已经开始广泛应用市电+HVDC 模式	24
4	互联网数据中心供电系统的创新应用：市电直供	25
4.1	数据中心巨大体量带来运营成本压力，市电直供技术应运而生	26
4.2	国内配电网不断优化，为市电模式应用提供基石	26
4.3	互联网厂家的创新尝试：	27
4.3.1	机柜内的改造：Facebook 和微软的尝试	27
4.3.2	Google&微软：从 12V 过渡到 48V 供电架构	30
4.3.3	国内互联网厂商的借鉴：天蝎机架	32
5	未来数据中心供电架构往分布式、直流、小颗粒化、绿色发展	34
5.1	电池在数据中心中的位置演进呈现下沉式发展	34
5.2	数据中心供电架构不断简化，电源系统颗粒度降低，可拓展性和易维护性成为大规模数据中心的关注热点	35
5.3	分布式、高密供电、直流供电仍是传统数据中心转换的趋势	35
5.4	积极利用绿色能源，降低成本的同时维持可持续发展	36
6	数据中心电源市场 HVDC 市场超过 200 亿元	37
7	数据中心电源与通信电源的趋同开放更大的市场	38
7.1	基站侧：BBU 集中化趋势下，机房呈现类小数据中心模式	39
7.2	机房侧：HVDC 替代 UPS 效益增强	41
7.3	通信电源市场预测	43
8	电源厂家的新征程——未来新能源的充电桩市场	43

8.1	充电桩市场前景可期，带来巨大弹性	43
8.2	众多 UPS、HVDC 电源厂家进入充电桩市场	45
8.3	充电桩市场预测	45
9	投资建议及重点相关标的	46
9.1	中恒电气——HVDC 领跑者，5G 网络建设带来新机遇	46
9.2	科华恒盛——专注大功率 UPS 市场，着力发展云计算业务	48
9.3	华为——大功率、模块化 UPS 龙头，一体化方案商致力推动微数据中心智能化	48
9.4	VICOR——世界领先的电源模块生产商，拥有 48V 直接连接 CPU 技术	49
9.5	英威腾——进入高速发展轨道，UPS 业务增速惊喜	51
9.6	易事特——光伏产品高速增长，IDC 以科技赋能智慧信息化	52
9.7	科士达——数据中心产品领先，开拓“光伏+储能”业务模式	53

图表目录

图表 1:	数据中心等级划分	8
图表 2:	UPS 典型方案与 ECO 方案	9
图表 3:	UPS 系统存在的技术架构问题	9
图表 4:	数据中心的 UPS 涉及配置的选取	10
图表 5:	模块化数据中心演进流程	11
图表 6:	不同类型 UPS 对数据中心需求的适配度表	12
图表 7:	全球 UPS 市场规模与增长	13
图表 8:	全球模块化 UPS 市场规模与增长	13
图表 9:	2017 年全球 UPS 市场区域结构	13
图表 10:	2017 年全球模块化 UPS 市场区域结构	13
图表 11:	国内 UPS 市场销量规模	14
图表 12:	国内 UPS 市场销售额规模	14
图表 13:	国内模块化 UPS 销量	14
图表 14:	2017 年全球模块化 UPS 销售额	14
图表 15:	国内目前主要的 UPS 厂商	14
图表 16:	2017 年中国大功率 UPS 市场 ($\geq 20\text{KVA}$)	15
图表 17:	2017 年中国大功率 UPS 市场 ($\geq 200\text{KVA}$)	15
图表 18:	2017 年中国模块化 UPS 市场品牌排名	15
图表 19:	HVDC 组成结构	16
图表 20:	HVDC 与传统 UPS 比较	17
图表 21:	UPS 和 HVDC 可靠性分析	18
图表 22:	2007 年以来 HVDC 技术标准规范制定	20
图表 23:	HVDC 应用系统数量分布	21
图表 24:	HVDC 应用系统容量分布	21
图表 25:	HVDC 应用系统数量发展情况 (单位: 个)	22
图表 26:	HVDC 应用系统容量发展情况 (单位: A)	22
图表 27:	市电+AC UPS 典型方案	22
图表 28:	AC UPS 系统和市电+AC UPS 系统比较	23
图表 29:	市电+HVDC 典型方案	23
图表 30:	IDC 主流供电方案比较	24
图表 31:	市电直供+HVDC、双路 HVDC 和 UPS 供电效率对比	25
图表 32:	2017 年部分城市工商业用户用电可靠性	26
图表 33:	2017 年 7 个城市工商业用户平均停电时间	27
图表 34:	FACEBOOK 数据中心演进史	27
图表 35:	FACEBOOK 的 OCP OPEN RACK V1.0 规范中的电源系统单线图	28
图表 36:	MICROSOFT 五代数据中心特点介绍	29
图表 37:	微软 OCS 服务器的 LES 供电架构	29
图表 38:	GOOGLE 能效发展路径	30
图表 39:	FACEBOOK OCP V1.0 服务器集中式电源	31
图表 40:	VICOR 48V 直接到 CPU 方案实现单级转换	32
图表 41:	开放数据中心委员会 (原天蝎联盟) 会员	32
图表 42:	天蝎机架架构	33
图表 43:	数据中心中电池的位置演进	34
图表 44:	数据中心供电方式的架构图	35
图表 45:	数据中心能耗不断增加	36
图表 46:	后备电源市场主要厂家	37
图表 47:	2016 年 9 月末-2018 年 9 月末移动电话基站数发展情况	38

图表 48:	基站内部设备布线安装示意图	39
图表 49:	5G RAN 分级架构	40
图表 50:	C-RAN 架构推动电源技术变革	40
图表 51:	未来 5G 无线接入网将 D-RAN 和 CU 云化并存, 协同组网	41
图表 52:	电信通信局站分散供电方式供电系统总体结构	42
图表 53:	基站通信电源市场预估	43
图表 54:	充电桩行业国家层面政策汇总与解读	44
图表 55:	2018 年 11 月各省市公共充电基础设施总量 TOP10	45
图表 56:	直流充电桩市场预估 (亿元)	46
图表 57:	中恒电气近年营业收入和利润	47
图表 58:	中恒电气分产品营业收入占比	47
图表 59:	模块化数据中心 HVDC 应用	47
图表 60:	科华恒盛近年营业收入和利润	48
图表 61:	科华恒盛分产品营业收入占比	48
图表 62:	华为数据中心基础设施解决方案	49
图表 63:	48V 直接到 CPU	50
图表 64:	英威腾近年营业收入和利润	51
图表 65:	英威腾分产品营业收入占比	51
图表 66:	易事特近年营业收入和利润	52
图表 67:	易事特分产品营业收入占比	52
图表 68:	科士达近年营业收入和利润	53
图表 69:	科士达分产品营业收入占比	53

1 前言：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) 被用来作为衡数据中心能耗的关键指标之一。

PUE=数据中心总功率峰值/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= (IT 主设备+空调+供配电) / 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。

2 UPS：向大功率、模块化发展

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、负载机架排配电 (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：

图表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
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》，方正证券研究所

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。

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。

2.1 UPS 电源发展简史

(a) 旋转型 UPS 装置：早期的 UPS 装置是旋转型，采用市电/柴油发电机——电动机——发电机组来实现电能转换，靠飞轮惯性做储能装置。这种装置虽然运行稳定可靠、维护简单，但效率低、噪声大、笨重且操作控制不灵活。

(b) 静止型 UPS 装置：随着可控硅制造工艺不断提升，价格下降，60 年代初出现利用可控硅制成的静止型 UPS 装置。它以可控硅组成电能变化电路，用蓄电池作为储能元件。随后技术飞速进步，利用自关断的巨型功率晶体管 (UR) 只做静止型 UPS 装置，随后发展为利用自关断的功率场效应晶体管 (MosFET) 来制作，到了 90 年代，就利用绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 来制作静止型 UPS 装置。

(c) 技术推动 UPS 快速细化发展：随着大数据、云计算等技术的高速发展，传统数据中心也顺应技术飞速变革，其供配电系统重要部分 UPS 也发生快速变化。

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，在线双转换式等；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。

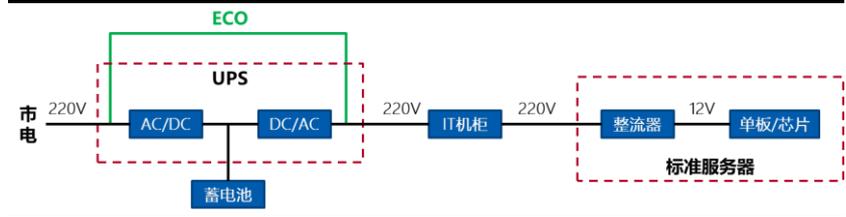
UPS 作为应用最为成熟的不间断电源产品在各行各业应用广泛，尤其是通信、互联网、电力、军事等对于供电要求比较严格的行业。

2.2 UPS 基本框架

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 经逆变模块你变成 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不能立刻就会大幅度输出，经过逆变器输送给各个负载。

图表2：UPS 典型方案与 ECO 方案



资料来源：李晶晶，C114 中国通信网，方正证券研究所

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：

图表3：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	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。
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”试用装谈，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，方正证券研究所整理

2.3 应用情况：通信、交通等具备恶劣使用环境的行业仍在大量使用传统 UPS 模式，数据中心采用更为节能的 ECO 模式

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：

图表4： 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，方正证券研究所整理

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。

2.4 大功率、模块化 UPS 引导模块化数据中心建设

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指示简单的模块化 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。

图表5： 模块化数据中心演进流程



资料来源：CAICT，方正证券研究所整理

2.4.1 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、高效率等多方面的补足，产品性能与 HVDC 模块差异不大。

图表6: 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效率, 运行效率一般在 85% 左右	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 冗余配置时运行效率可达 96%
功率密度	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	较高, 效率一般较高, 易实现更大的功率密度
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	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	一般	匹配

资料来源: 电子变压器咨询网, 方正证券研究所整理

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。

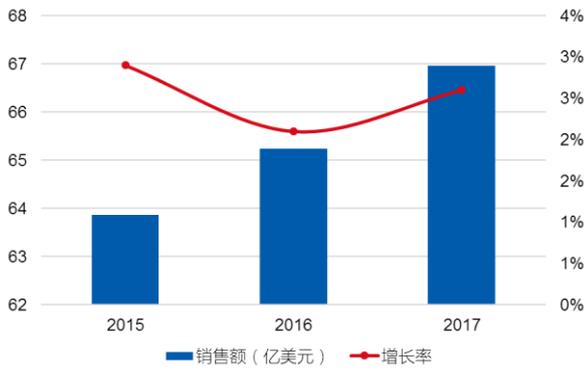
2.4.2 大功率、模块化 UPS 市占比不断提升, 国内厂家群雄逐鹿

由于 UPS 相对产业链成熟度较高, 同时国家多项政策中对数据中心建设能效指标及新技术应用的关注, 积极推动传统 UPS 厂商研发模块化 UPS 产品。因此, 在技术与产品合力推动下, 模块化 UPS 应用广泛铺开。

(1) 全球市场: 美国占据市场领导者地位, 中国快速增长的数据中心规模推动亚太地区最快增长速度

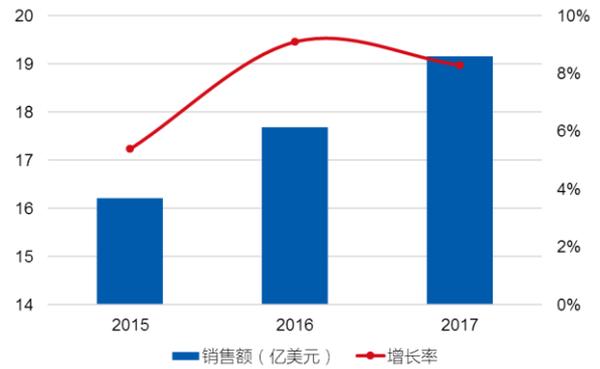
全球模块化 UPS 市场占 UPS 市场的比例持续增加。根据赛迪智库最新出具的《2017-2018 年中国模块化 UPS 市场研究年度报告》显示, 2017 年, 全球模块化 UPS 市场规模为 19.15 亿美元, 占整体市场的 28.6%, 其中美国、日本、欧洲、亚太 (不含日本) 作为数据中心密集分布地带, 是模块化 UPS 销售热点。

图表7: 全球 UPS 市场规模与增长



资料来源: 赛迪咨询, 方正证券研究所

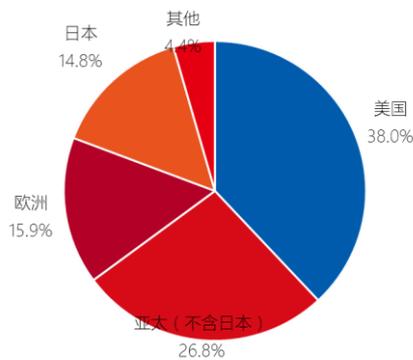
图表8: 全球模块化 UPS 市场规模与增长



资料来源: 赛迪咨询, 方正证券研究所

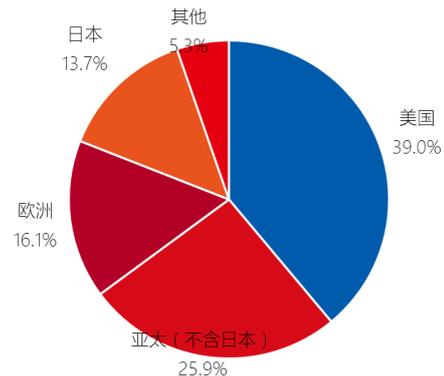
从地理区域来看, 美国无论在全球 UPS 市场还是模块化 UPS 市场都保持头部领先趋势。美国作为市场领导者, 在技术、标准、产品等方向引导模块化 UPS 市场走向。欧洲市场由于数据中心规模占据体量优势。而亚太地区(不含日本)则保持全球模块化 UPS 增速最快, 2017 年增速达到 7.3%, 其动力来源主要来自于中国大规模起量的数据中心建设。

图表9: 2017 年全球 UPS 市场区域结构



资料来源: 赛迪咨询, 方正证券研究所

图表10: 2017 年全球模块化 UPS 市场区域结构



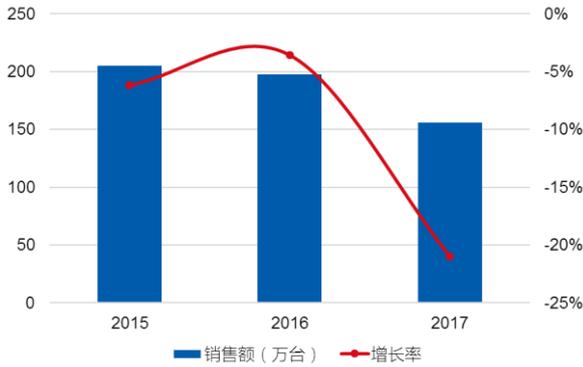
资料来源: 赛迪咨询, 方正证券研究所

(2) 国内市场: UPS 大功率需求上升, 单价上涨; 模块化 UPS 占比不断提升

目前, 虽然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。

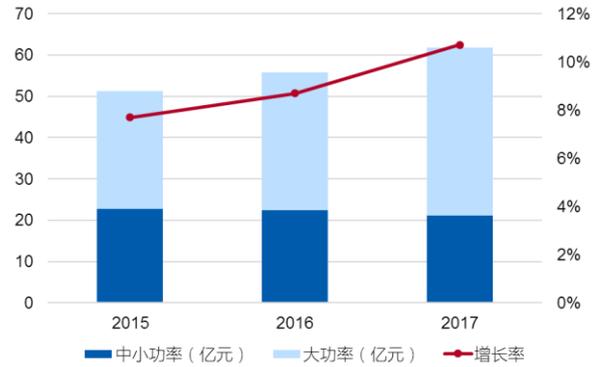
国内 UPS 市场呈现量减价升的趋势, 主要是由于大功率 UPS 占比增加。根据赛迪咨询统计, 2017 年中国 UPS 整体市场销售额约为 62 亿元, 与 2016 年相比同比增长 10.7%, 其中大功率 UPS (20KVA 以上) 销售额大幅增长, 占整体市场的 65.7%。从销量来看, 2017 年中国 UPS 整体市场销量为 155.9 万台, 同比下降 21.0%。受原材料成本上涨和 UPS 功率段结构影响, 市场平均价格大幅度增长。

图表11: 国内 UPS 市场销量规模



资料来源: 赛迪咨询, 方正证券研究所

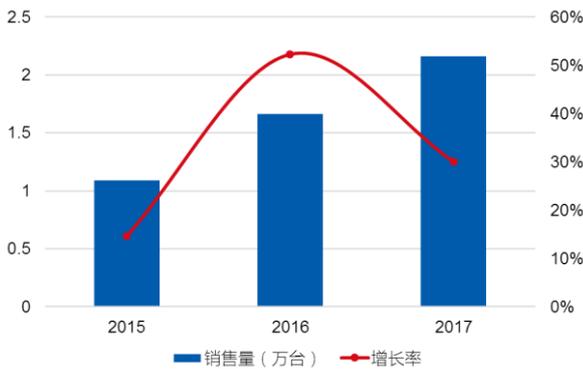
图表12: 国内 UPS 市场销售额规模



资料来源: 赛迪咨询, 方正证券研究所

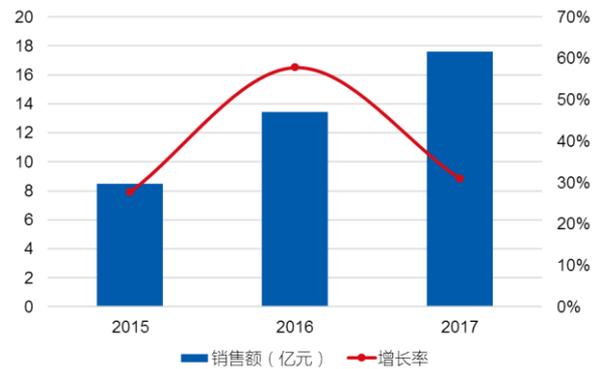
模块化 UPS 销售额销量均稳定增长: 根据赛迪顾问统计, 2017 年中国模块化 UPS 市场销售额为 17.59 亿元, 相比 2016 年同比增长 31.0%, 份额达到整体 UPS 市场的 28.5%, 占比进一步增加, 虽然增长率较上一年有所回落, 但仍远高于整体市场的增长速度。

图表13: 国内模块化 UPS 销量



资料来源: 赛迪咨询, 方正证券研究所

图表14: 2017 年全球模块化 UPS 销售额



资料来源: 赛迪咨询, 方正证券研究所

(3) 国内市场竞争激烈, 众多厂商角逐

目前国内主要 UPS 厂商:

图表15: 国内目前主要的 UPS 厂商

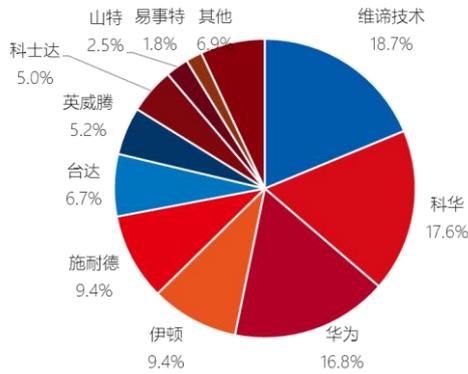
国内主要 UPS 电源厂商		
上市公司	股票代码	非上市公司
动力源	600405.SH	华为
科华恒盛	002335.SZ	伊顿
易事特	300376.SZ	维谛技术 (原艾默生)
科士达	002518.SZ	施耐德电气
英威腾	002334.SZ	台达集团 (中达电通)
中航太克	839957.OC	
先控电气	833426.OC	

资料来源: 方正证券研究所整理

根据赛迪顾问调研数据显示, 在 UPS 整体市场, 2017 年维谛技术、科华、华为、施耐德和山特占据全国市场的 60% 以上, 但从销量来看, 山特和科士达依靠中小市场占居前列, 平均产品单价为 1300 元-1500 元。

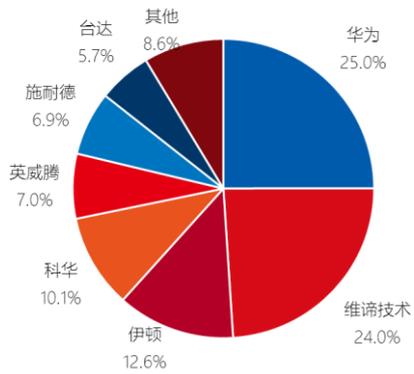
在 $\geq 20\text{KVA}$ UPS 市场，维谛技术、科华、华为占据 50% 以上市场，而 $\geq 200\text{KVA}$ UPS 市场近半则被华为、维谛技术占据。

图表16：2017年中国大功率UPS市场($\geq 20\text{KVA}$)



资料来源：赛迪咨询，方正证券研究所

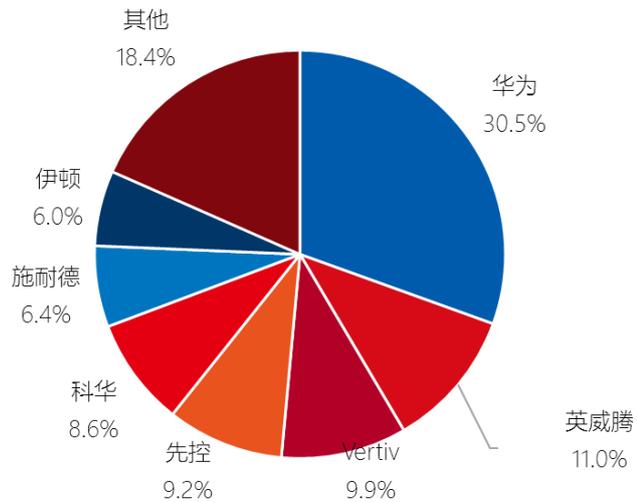
图表17：2017年中国大功率UPS市场($\geq 200\text{KVA}$)



资料来源：赛迪咨询，方正证券研究所

2017年我国模块化UPS市场竞争激烈，国内厂商优势明显，其中华为以5.37亿元的销售额占据了整体市场超过30%的份额，位居第一；英威腾在2017年通过渠道拓展，在电信运营等领域突破性发展，销售规模1.94亿元，以11.0%的市场份额位居模块化UPS市场第二；Vertiv以1.74亿元的销售规模，位居模块化厂商第三。

图表18：2017年中国模块化UPS市场品牌排名



资料来源：赛迪咨询，方正证券研究所

2.4.3 模块化数据中心进入大批量投产应用阶段

据ODCC统计，截止2017年底，微模块数据中心的部署量已从2013年的300套增长到4500套，相当于5万多个20A机架规模，预模块数据中心完成9100个40A整机柜的部署，相当于1.8万个20A标准机柜，模块化数据中心累计完成约7万个标准机架的部署，容纳服务器能力超过100万台。运行6年来安全稳定，平均PUE下降0.2-0.4，运行成本降低20%-40%，节能降支效果非常明显。

3 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

3.1 第一条高压直流(HVDC)的产生与半世纪的技术发展

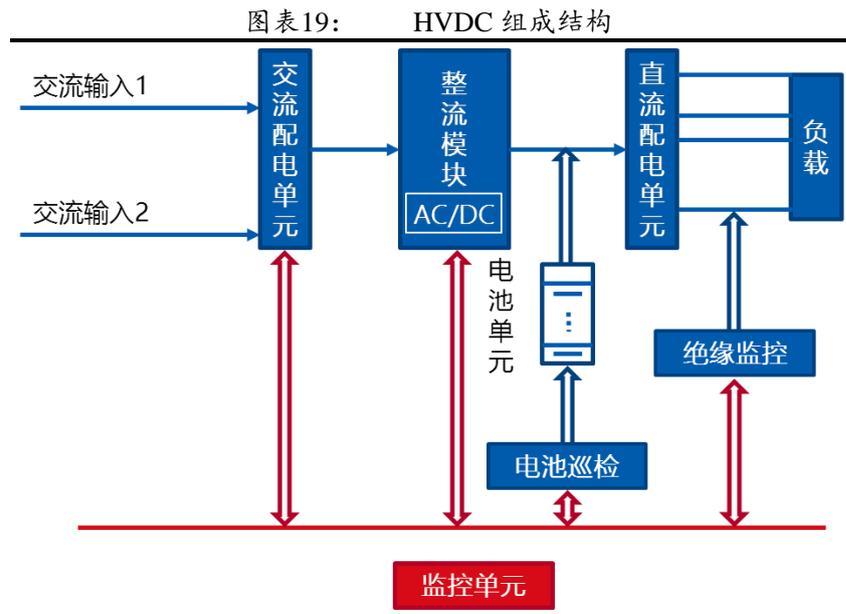
最早针对高压直流输电(HVDC)的研究始于20世纪20年代中期。1954年,ABB在瑞典与哥特兰岛之间铺设了世界上第一条商用高压直流输电线路,这在当时是一种全新的远距离低损耗的输电方式。

这种输电方式采用的新技术即HVDC(High Voltage Direct Current)高压直流供电,是由ABB为提高远距离输电效率开发的技术,其在输电过程中的电能损耗远低于传统交流输电技术由于震荡带来的损耗,同时也具有占地需求少的特点。

3.2 HVDC 基本框架

HVDC高压直流系统一般为输出二级配电结构:采用“直流系统总输出屏+电源列柜”为设备机架供电。若系统容量较大或供电区域较大、设备较多,也可以采用“直流系统总输出屏+机房直流分配屏+电源列柜”的三级配电结构为设备机架供电。与UPS相比在电器架构上取消了UPS的逆变器,电池直接接在HVDC的输出端,采用浮充电,没有独立的电池充电器。在供电系统上,HVDC是直流+/-级母线供电,对于IT设备不存在零地电压问题。当机柜容量或位置变化时,专用配电母线应能够灵活进行容量和位置调整。

HVDC供电系统由整流模块、监控单元、直流配电单元、交流配电单元、电池单元等组成。



资料来源: 低碳技术, 方正证券研究所整理

当交流输入1&2正常工作时,通过交流切换装置选取一路交流配电单元进行交流输入,整流模块将AC转换成HVDC,HVDC经直流配电单元给设备(负载)供电,同时也给蓄电池充电。

当交流输入发生故障时,由蓄电池给设备(负载)供电。与UPS系统相比,减少了中间的整流逆变环节,减小了损耗,极大地提高了系统的运行效率。

系统监控单元对系统进行管理和控制,信号通过分散采集处理后,由监控单元统一管理,在显示屏上提供人机操作界面,方便运维人员对HVDC供电设备进行管理和监控。

3.3 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、系统复杂度和可维护性上都具有一定优势。

图表20: HVDC 与传统 UPS 比较

项目	HVDC (240V)	UPS (22V/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

资料来源：电力信息与通信技术，方正证券研究所整理

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；

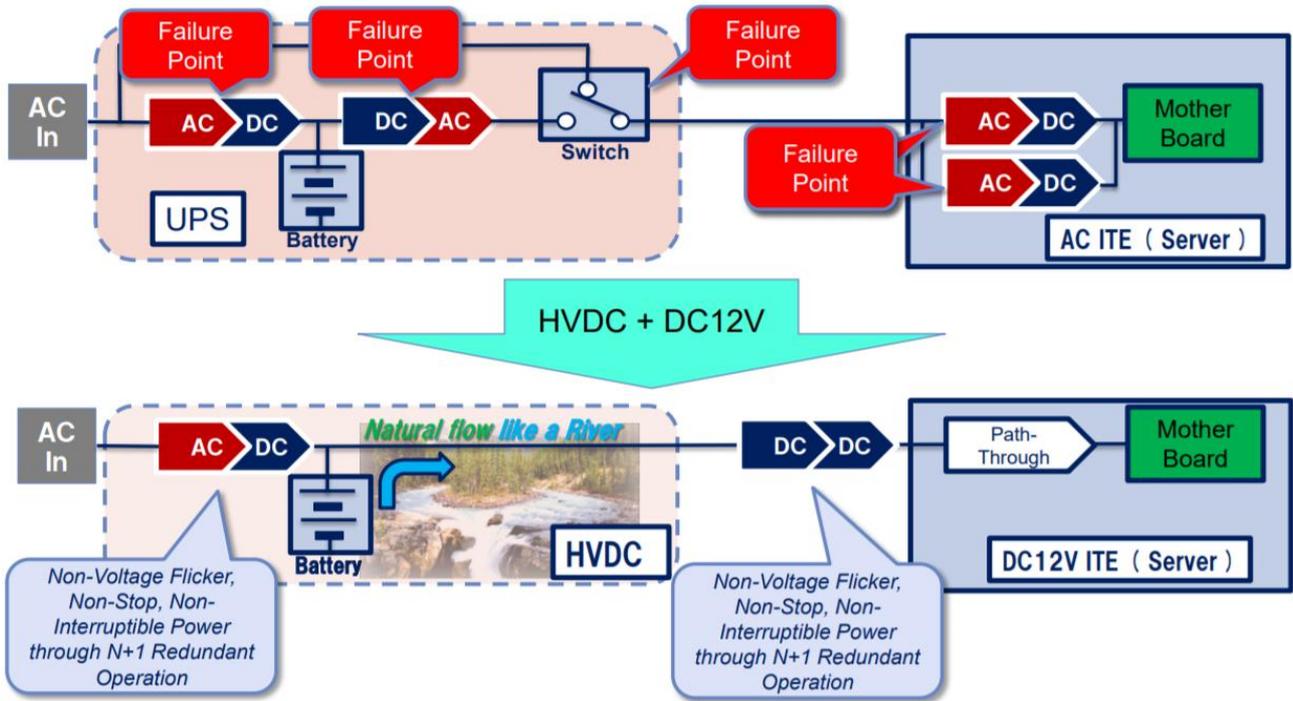
对于采用 UPS 供电的设备来说，除非其采用双电源（或四电源、六电源），或专门配置有 STS 设备，否则通常只能采用停电方式割接。对于重要系统来说，这是难以忍受的，更为麻烦的是，一些没有厂家支撑的老型设备，很有可能在停机不能重启的现象。

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。但同时电池长期热北分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安全性。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。

图表21: UPS 和 HVDC 可靠性分析



资料来源: NTT Data, 方正证券研究所整理

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 主机单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 主机的设计波峰系数为 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、电池挂接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，后文还会详细阐述该观点。

3.3.1 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

相同带载功率的 UPS 和直流电源，在设计制造阶段，因直流电源不需要庞大的逆变器，故成本可减 30% 左右。采用高压直流供电方案，不仅电源系统可分期建设，系统的电源模块也可根据需要分期建设，考虑投资折现率后，高压直流供电方案的投资节约率将更加明显。

（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。

3.3.2 技术端：HVDC 系统与当前的模块化 UPS 产品差异并不大

相比于目前广泛应用于通信、数据业务和现代信息服务业务的传统供电模式 UPS（不间断电源），HVDC 在安全、节能及节省成本方面具有巨大优势。

但是传统 UPS 系统作为机房供电电源凸显出来的问题越来越多，包括（1）系统可靠性差；（2）系统电流谐波干扰大；（3）系统成本高、能耗大；（4）系统灵活性、可扩展性差。

高压直流电池供电不需经过 DC/AC 转换，隔离了供电系统中不可预见、突发性的故障对负载的威胁，高压直流并联没有频率同步问题，不存在环流问题，冗余并机更简单。

高压直流系统不仅供电设备可以分期建设，而且设备内部还可随着 IT 设备上架量的不断增加，逐步按需配置模块个数。而且直流并机没有频率和相位相同的需求，因此，并机非常简单可靠，同样系统扩容也非常容易。

3.3.3 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、分布式供电、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。

图表22: 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：电信技术，方正证券研究所

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。”

3.3.4 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 需要定制的服务器电源，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。

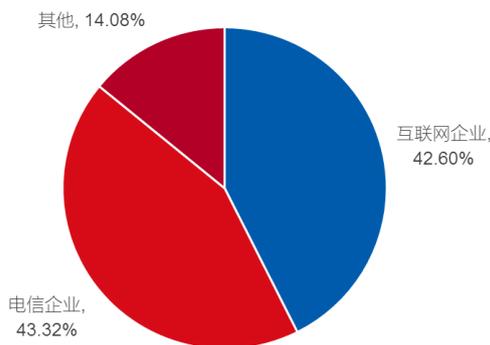
同时，目前主流 HVDC 都是基于通信电源进行开发（即采用 48V 输出），所以 HVDC 供电架构在数据中心和通信机房或基站电源应用中存在很大的共通之处。

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。

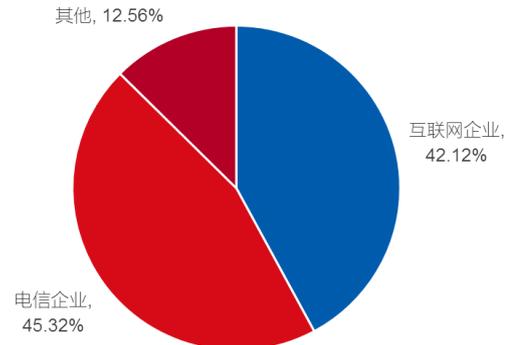
通信用 HVDC 主要应用于互联网和运营商数据中心中：据不完全统计，截止 2017 年 11 月，国内通信用 HVDC 实际应用量已达到 5810 个，累计总供电容量达到 5379800A。无论是数量还是容量上互联网企业和运营商共占去 85% 以上的份额。

图表23： HVDC 应用系统数量分布



资料来源：电信技术，方正证券研究所

图表24： HVDC 应用系统容量分布



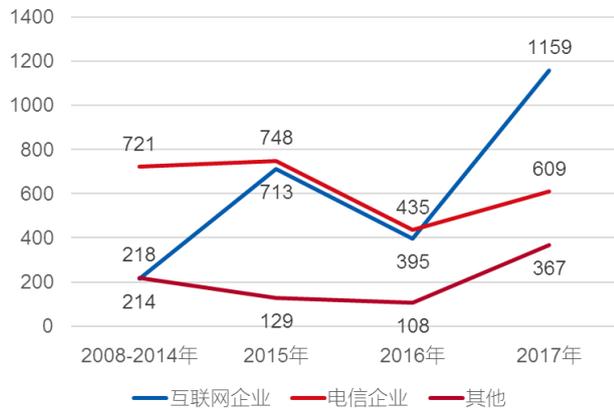
资料来源：电信技术，方正证券研究所

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。

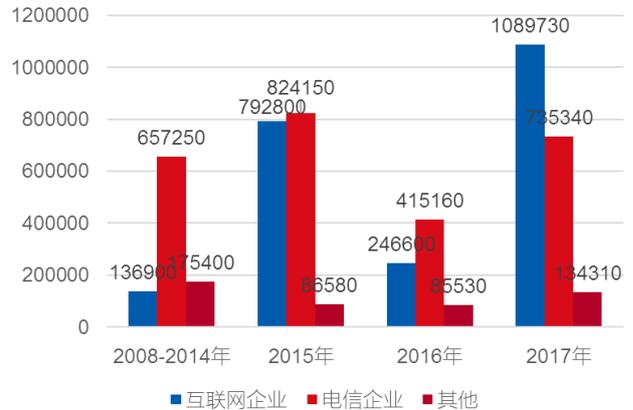
2017 年，互联网企业的 HVDC 应用系统无论从数量还是容量均超过电信企业。

图表 25: HVDC 应用系统数量发展情况(单位:个)



资料来源: 电信技术, 方正证券研究所

图表 26: HVDC 应用系统容量发展情况(单位:A)



资料来源: 电信技术, 方正证券研究所

3.4 市电+UPS/HVDC 模式的兴起

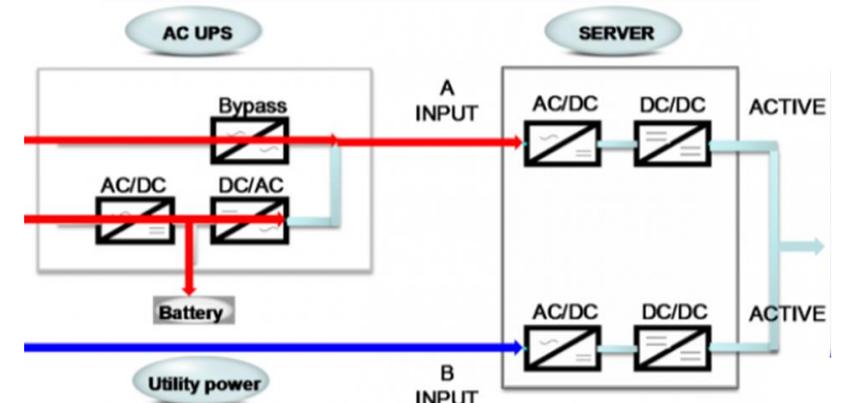
前文提到 UPS 的 ECO 模式, 即是市电+UPS 模式的应用之一。在数据中心供电系统中, 传统 UPS 系统依靠前端双路引入市电来提高供电可靠性, 但同时也带来投资的增长。对于目前规模体量不断增加的数据中心来说, 其系统架构越来越复杂, 成本越来越高并不适用其长期发展。

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。

3.4.1 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

(2) 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。

图表 27: 市电+AC UPS 典型方案



资料来源: 中国 IDC 圈, 方正证券研究所

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 95%，较 2N AC UPS 系统高出约 10%，较 N+1 AC UPS 高出约 5%。

图表28： AC UPS 系统和市电+AC UPS 系统比较

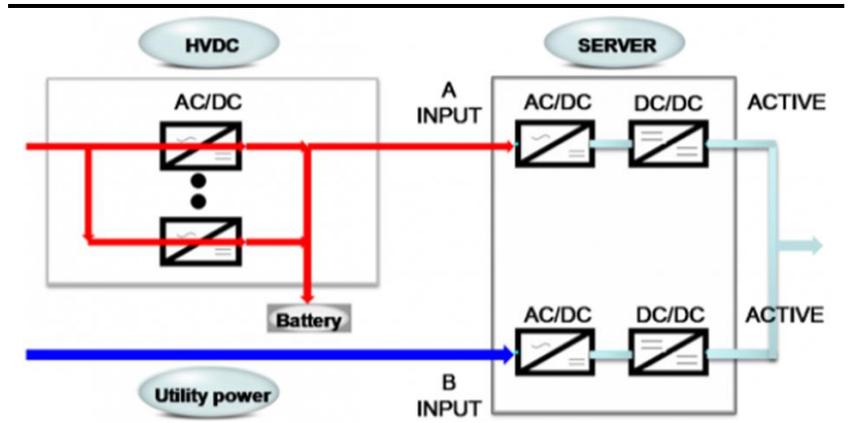
供电模式	市电+ UPS	2N UPS	N+1 UPS
可用性	99.99999%	相似	较低
建设成本	-	约多 50%	略高
运行效率	95%	≈85%	≈90%

资料来源：方正证券研究所整理

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。

图表29： 市电+HVDC 典型方案



资料来源：中国 IDC 圈，方正证券研究所

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。

图表30: IDC 主流供电方案比较

	AC UPS	市电+AC UPS	HVDC	市电+HVDC
实际系统效率	80%-90%	85%-95%	92%以上	96%以上
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

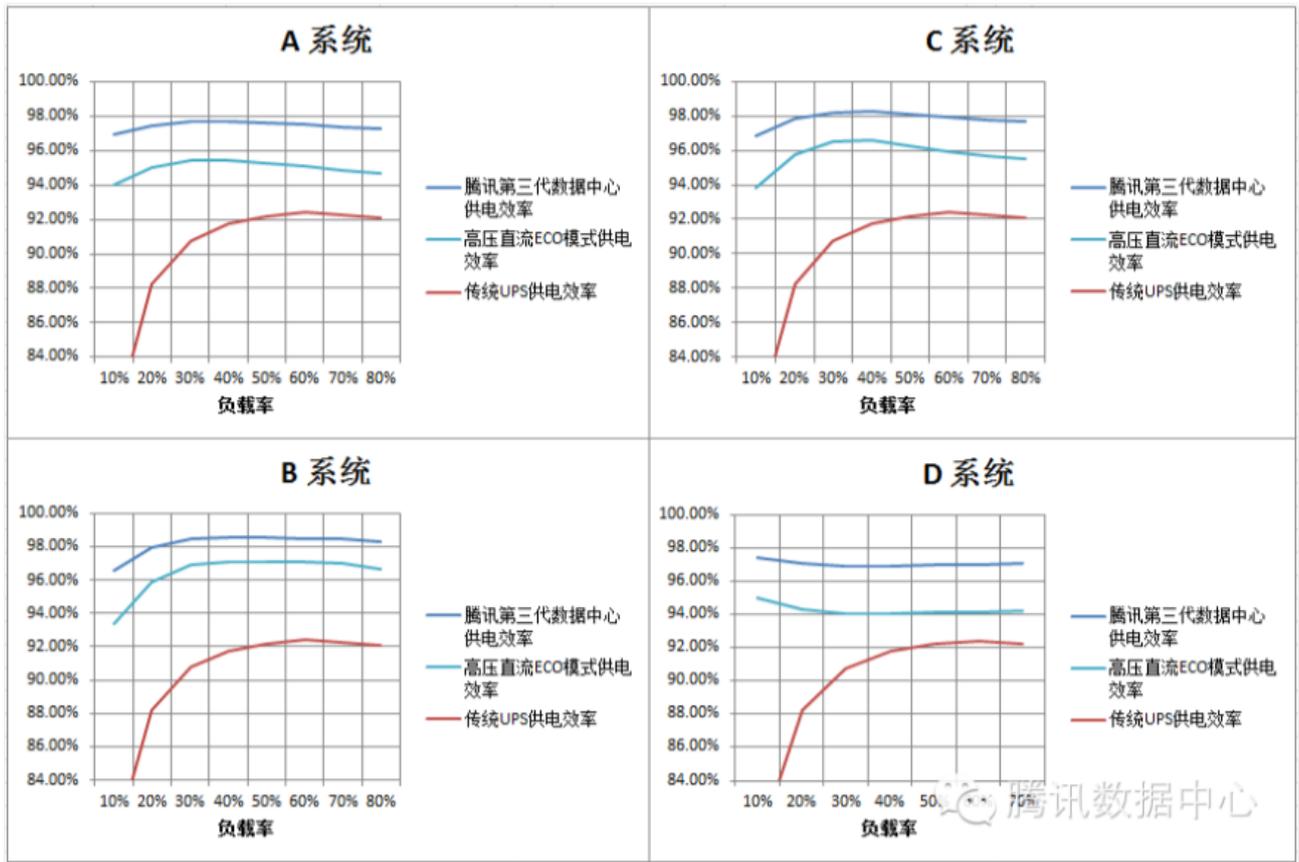
资料来源：方正证券研究所整理

3.4.2 应用情况：BAT 的 IDC 建设已经开始广泛应用市电+HVDC 模式

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。

图表31: 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，方正证券研究所整理

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+240C 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。

4 互联网数据中心供电系统的创新应用：市电直供

市电直供下的改造：超大规模体量允许互联网巨头更多的创新尝试：市电+定制服务器

(1) 随着在云计算领域的快速布局，互联网行业数据呈几何倍增长，大量 ICT 设备和数据中心支出，其能耗损失成为急需解决的重要问题，因此通过标准化和精简服务器类型、硬件设计、利用自身服务器采购规模定制电源更为有益于互联网企业降低 TCO 成本。(2) 此外，超大规模的设备采购也使得互联网厂商对设备商具有更高的议价能力和定制服务。

因此，在 TCO 成本和可用性驱动下，互联网厂商通过简化供电架构，提高端到端全供电链条上的效率，通过巨大规模优势要求上下游供应链对自身需求定制从而持续降低成本，提高硬件性价比，最具代表性的包括微软的 LES 电源和 Facebook 的 OCP。

创新应用——将备点电池放置于服务器内部：传统供电系统中备

点电池在供电系统内部，主要应用于 UPS 系统，在数据中心大容量 UPS 应用场景中，电池一般会放置在独立电池房间或微模块内部；此外，HVDC 系统的备点电池大多放置于供电系统与 IT 机柜之间，最具代表性的天蝎机柜；而 Facebook 和微软则选择在 IT 机柜内部做文章。

4.1 数据中心巨大体量带来运营成本压力，市电直供技术应运而生

低负载率拉低系统效率+快速增长的电费支出促使数据中心大力研发市电+UPS/HVDC 供电模式：无论是 UPS/HVDC 主供还是市电+AC UPS/HVDC 共用，因为 UPS/HVDC 全部或部分供电，末端系统效率最高可提升至约 96%。但在数据运用中，由于负载率远没有理想指标高，实际系统效率并无法达到测试水平。

此外随着越来越多的互联网企业服务器数量的猛增，高昂的运营费用压缩利润空间，为提供年均 2-3 小时的掉电保护，数据中心运营每年需要多付出 10% 的电费。在运营成本压力下，无论是 Facebook、Google、Microsoft 还是国内 BAT 都正在积极研发采用市电直供技术。

在国内，百度最先开始采用市电主供+HVDC 备用的尝试。双电源服务的两路输入电源一路采用市电，一路连接 HVDC 系统。正常状态下市电单路供电，HVDC 系统电池处于充电状态，市电路停电时，由备用电池系统快速切换给另外一路服务器电源供电。该系统架构与市电+HVDC 共用系统框架一致，只需要服务器两路电源模块具备主从筹备用设备功能即可。

4.2 国内配电网不断优化，为市电模式应用提供基石

国内外数据中心尤其是对于数据延迟反应强烈的互联网企业为尽量缩短数据传递时间，无论国内外，数据中心都正在向主要一线城市聚集。根据调研机构 Synergy 的调查显示：全球托管数据中心在 2017 年第三季度获得的收入中有 59% 来自全球 20 个一线城市。根据赛迪顾问研究报告，我国超过 70% 的数据中心都集中在北上广及周边地域。

近几年供电企业围绕工商业用户集中的城市地区发展定位和高可靠性用电需求，以发展电缆网为主，采用单环网和开关站结构，重点地区发展双环网结构，北上广等超级大型城市优先开展配电网自愈能力建设，努力构建世界一流配电网。

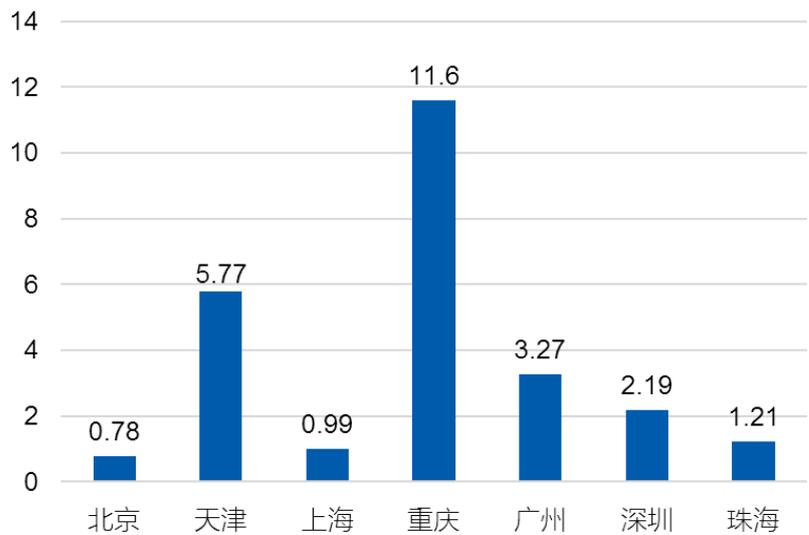
根据中国电力发布的《中国 2017 年度供电可靠性现状分析与展望》，2017 年全国平均供电可靠率为 99.814%，其中城市工商业用户用电可靠性中北京可靠率最高达到 99.991%，相当于每年停电约 0.79h，其他城市供电可用度仍在 3 个 9 的可用度中，仍未达到 B 级数据中心的 5 个 9 的可用度要求中。

图表32： 2017 年部分城市工商业用户用电可靠性

指标	北京	天津	上海	重庆	广州	深圳	珠海
工商业用户售电量比重 (%)	69.02	80.61	78.19	68.54	71.5	79.5	69.41
工商业用户售电均价 (元/千万时)	922.63	795.93	862.64	739.14	820.2	823.16	754.65
工商业用户供电可靠率	99.991	99.934	99.9887	99.8676	99.963	99.975	99.986

资料来源：2017 年度供电可靠性现状分析与展望，方正证券研究所

图表33: 2017年7个城市工商业用户平均停电时间



资料来源: 2017年度供电可靠性现状分析与展望, 方正证券研究所

不过, 当采用交流市电电源时, 1/4 周的停电足以终端数据中心的正常工作, 而一种可用度为 6 个 9 的体系结构在 1 年中可造成 1500 个 1/4 周事故。因此目前的市电工商用电 3 个 9 (北京最高 4 个 9) 的可用度距离满足商用数据中心供电的高可靠性需求仍有一定距离。

4.3 互联网厂家的创新尝试:

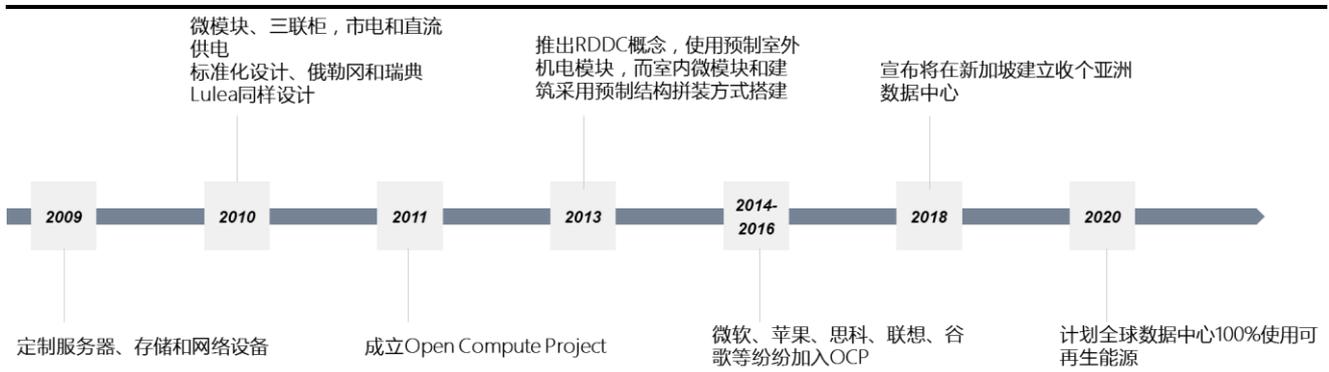
4.3.1 机柜内的改造: Facebook 和微软的尝试

(1) Facebook 的 OCP 电源

Facebook 早在 2010 年即开始尝试市电+直流供电的供电方式, 采用定制化设计。

在 2013 年 OCP 峰会上, Facebook 发布了其最新的数据中心建设思路 RDDC (Rapid deployment Data Center), 使用预制室外机电模块, 而室内微模块和建筑采用预制结构拼装方式。

图表34: Facebook 数据中心演进史



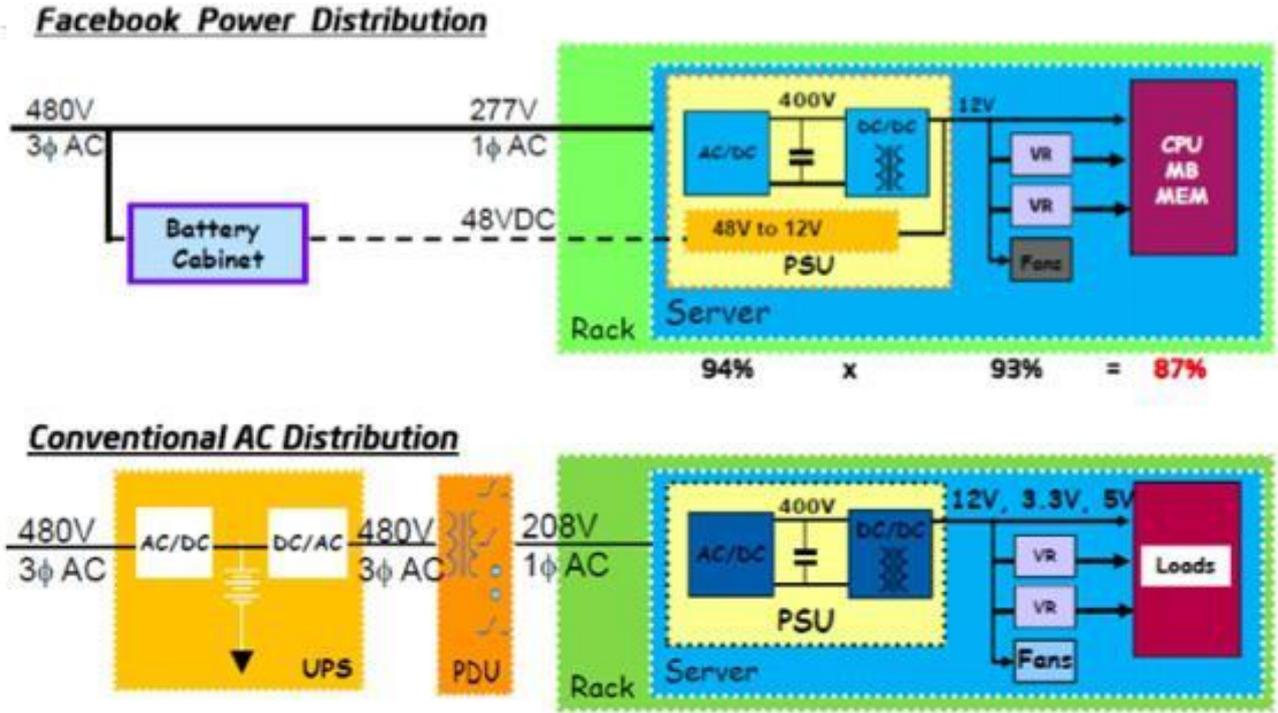
资料来源: 方正证券研究所整理

下图是 Facebook OCP 电源 v1.0, 其定制服务器支持 AC/DC 48V 两种输入。与传统 UPS 供电系统相比, OCP 电源正常情况下由市电进行主供来消除 UPS 转换带来的能量损耗, 利用 277V 输入的 PSU (服

务器电源)来消除原本 PDU (将 480V 转换为 208V) 带来的损耗。而在停电时,则由电池组提供 DC 48V 给另一路服务器电源,该路电源再将 48V DC 转换成 12V DC 直接向服务器供电。

Facebook 宣称采用更为高效的 PSU 和 VR,使得整体供电系统效率大为提高。

图表35: Facebook 的 OCP open rack v1.0 规范中的电源系统单线图

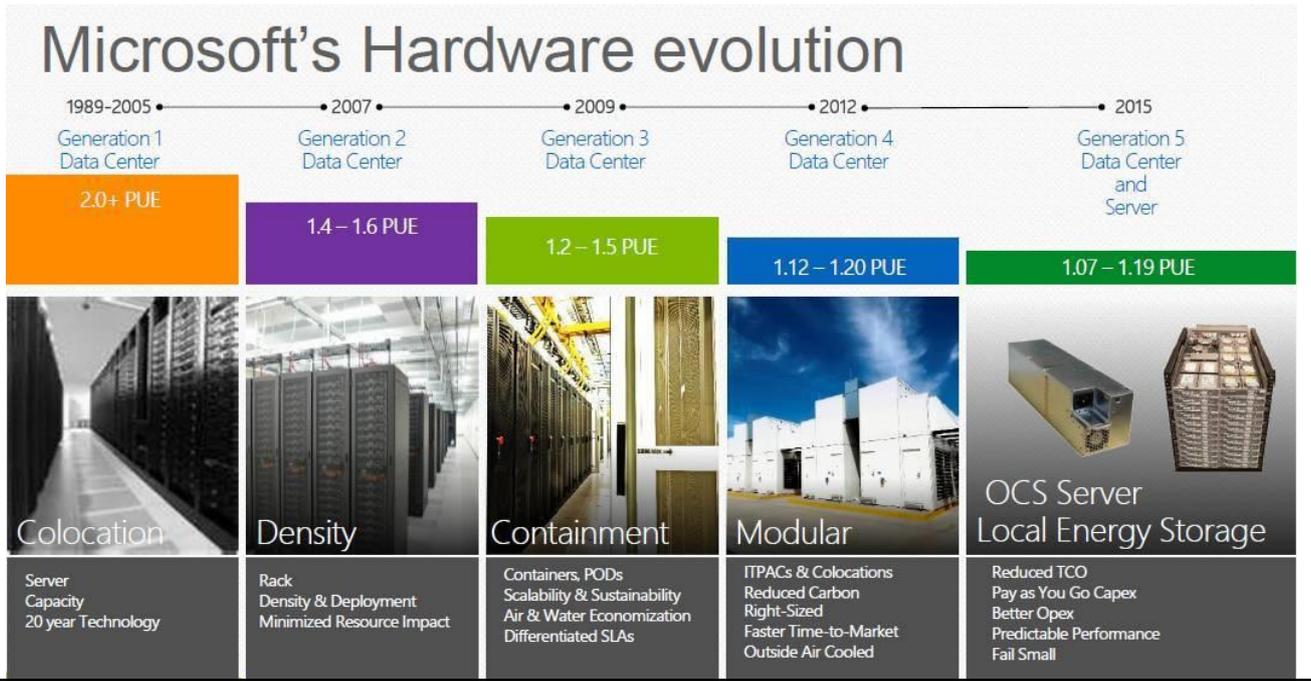


资料来源:《网络世界》,方正证券研究所

(2) 微软的 LES 电源

微软在 1989-2005 年间采用租赁数据中心,2007 年完成整机柜的研发。2009 年推出其 IT 集装箱数据中心,进一步加强可扩展性和可持续性。到 2012 年推出全模块化解决方案。于 2014 年正式加入 OCP 计划,并在 2015 年 OCP 峰会上分享了其 OCS 开放服务器以及 LES (Local Energy Storage) 分布式供电架构。

图表36: Microsoft 五代数据中心特点介绍

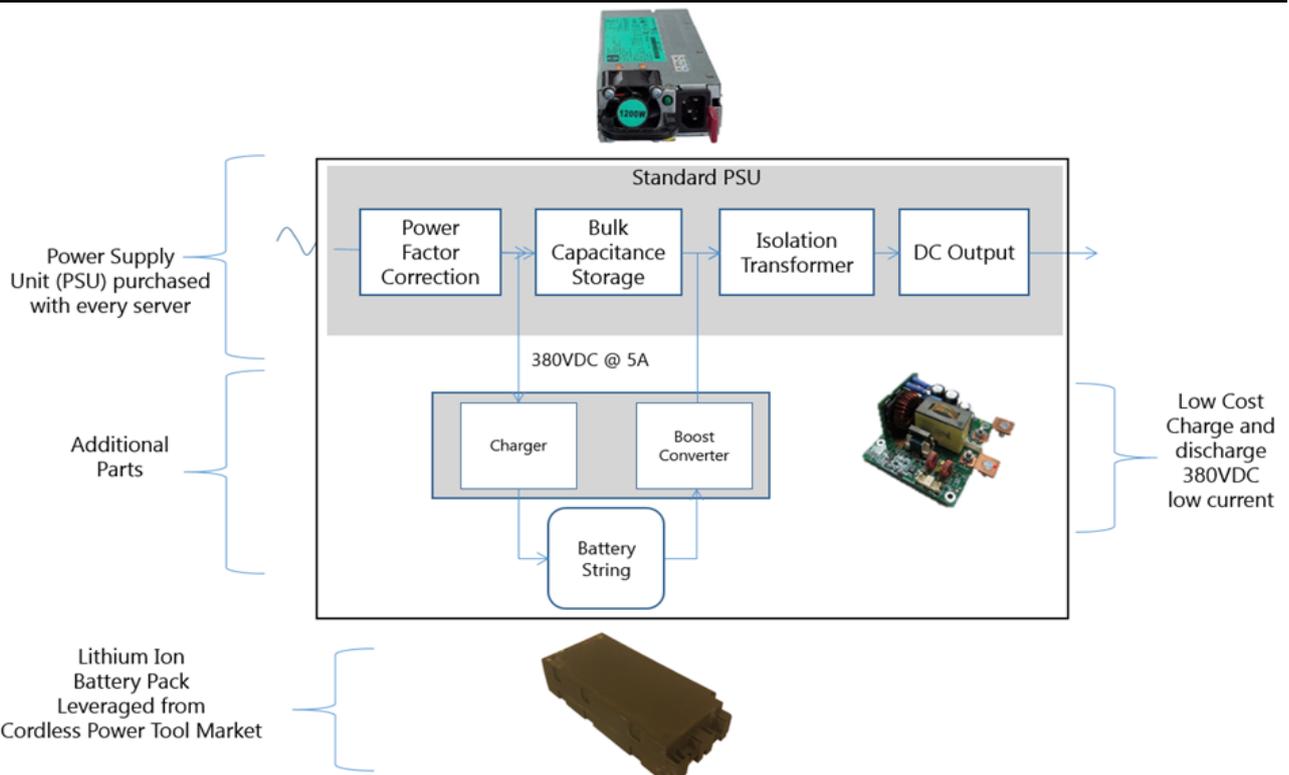


资料来源:《网络世界》, 方正证券研究所

采用以 LES 技术为核心的微软地五代数据中心采用市电直供技术, 不需要采购传统 UPS 及电池等, 只在标准服务器电源内部增加锂电池包及少量转换电路。锂电池通过低成本小电流的 380V 充放电 DC/DC 电路并联到 PSU 的 PFC 母线上, 在市电正常情况下充电, 市电异常时作为备点供应。

一个 LES 电源模块就相当于一台小型 UPS, 因此理论上 LES 服务器并不需要断电时进行切换, 可靠性更高。同时也能节省机房占地面积达 25%, 并大大降低投资成本。

图表37: 微软 OCS 服务器的 LES 供电架构



资料来源: 腾讯云, 方正证券研究所整理

4.3.2 Google&微软：从 12V 过渡到 48V 供电架构

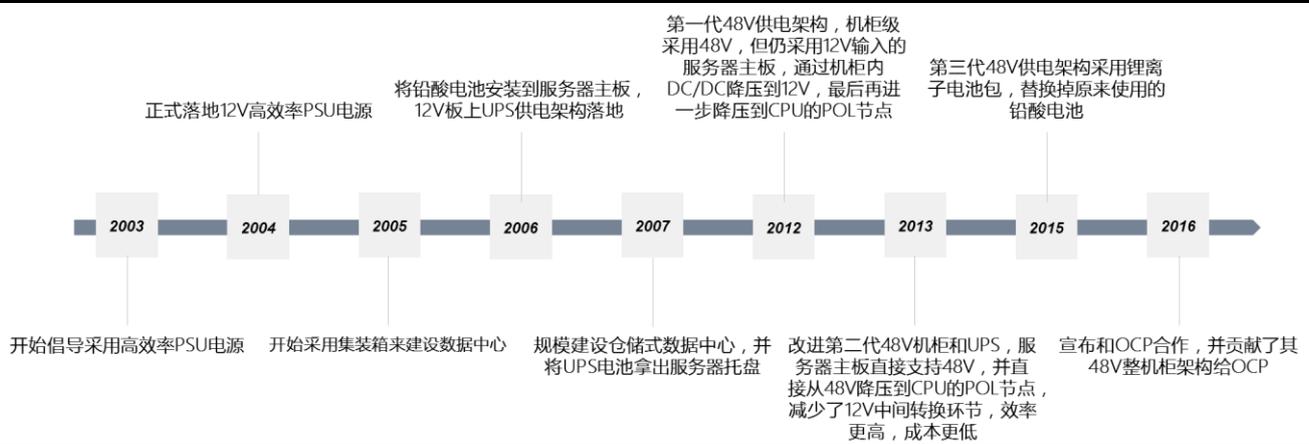
Google、微软等多家尝试 12V 市电直供方案：互联网企业在将蓄电池转移至机架级之后进一步创新，将蓄电池直接放在服务器级上作文章。Google 在 2006 年就采用 12V 带电池分布式小 UPS 供电方案，尝试将铅酸电池安装在了服务器主板上，最终在 2012 年第一代 48V 供电架构中，机柜级采用 48V，通过机柜内 DC/DC 降压到 12V 输入服务器主板。而微软早在 2010 年就推出 ITPAC 机柜服务器供电方案，采用 12V 电池 BBU 集中式市电直供方案。

但是他们都存在一定不足：Google 12V 分布式供电尽管传输损耗较小，但电源和电池数量大、成本高、电源负载率低，导致效率偏低；微软的 12V 集中式供电的电源和电池数量少，成本较低、负载率高。但是随着 IT 机柜的功率不断增大，12V 低压传输损耗及成本严重限制超大型数据中心高功率高密度的发展需求。

为解决 ICT 设备大功率需求，在 2016 年 OCP 峰会上，Google 宣布加入 OCP 联盟，并分享了其 48V 整机柜解决方案。

从下图的 Google 能效发展路径中就能看出，Google 不断优化数据中心的供电结构，从早期采用定制化高效 PSU，去 UPS 化，将 UPS 转移至服务器主板上，提升供电效率并减少机房级 UPS 投资；随着服务器机柜功率不断加大，以及进一步降低能耗，由过去的 12V 输入逐步转为 48V 输入，最终在服务器主板级实现 48V 到 CPU 的单级变换，最后在 2015 年将铅酸电池替换成锂电池，最终实现其完整的 48V 整机柜架构。

图表38： Google 能效发展路径

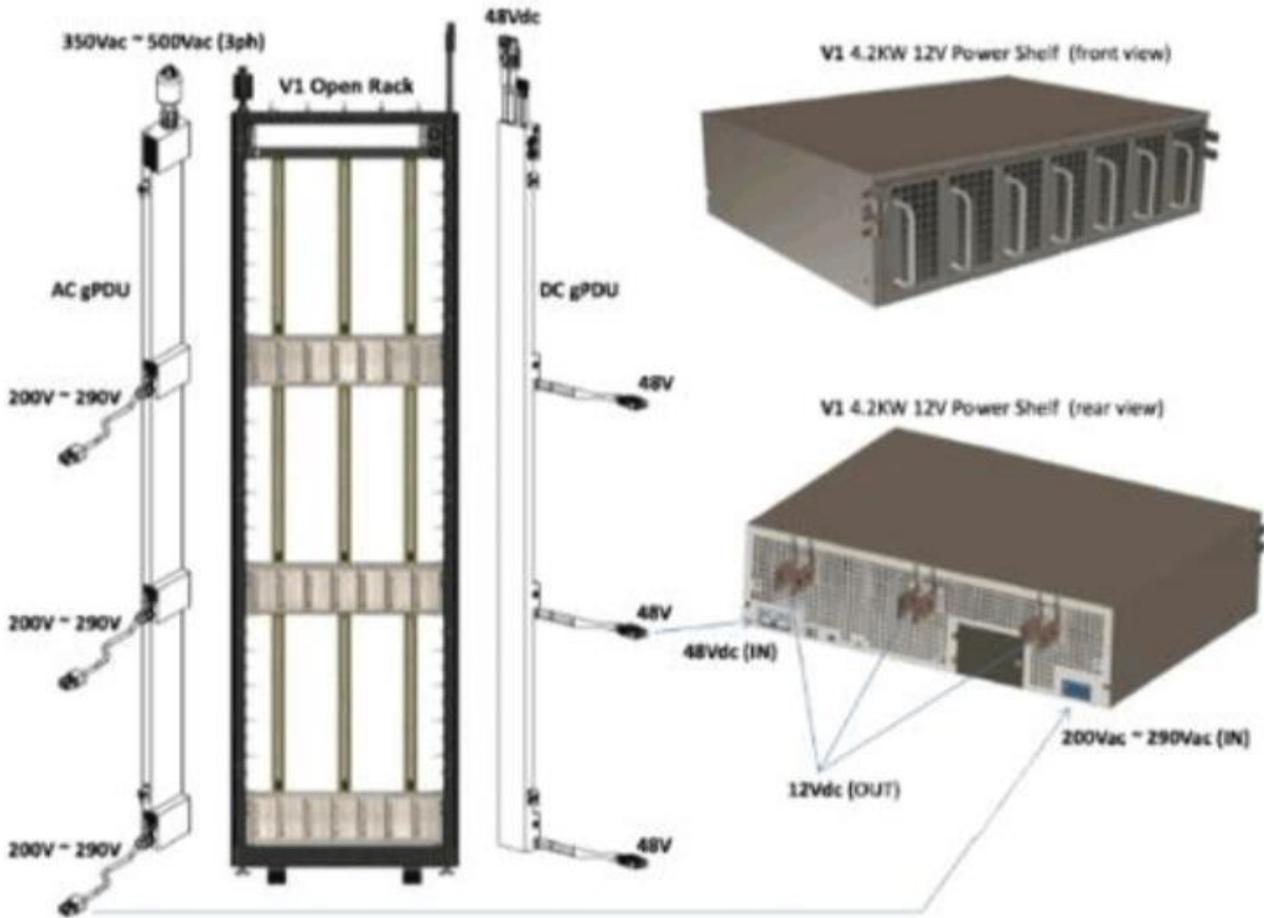


资料来源：方正证券研究所整理

Google 的 48V 供电架构比传统的 12V 服务器架构降低 30% 以上能耗，同时定制化服务器直接连入 48V 母线排，可以支撑未来单机功率密度增加至 50KW 以上。此外，其 48V 整机柜带 BBU 电池包的购电架构比传统 UPS 带 12VPSU 的机架式服务器供电架构，从电网到服务器主板典型的系统能节能量为 15%。

除此之外，Facebook 的 OCP 电源架构中，即采用定制的 48V DC UPS，输出给 6 个 OCP v1.0 机架供电，内置 5 组 48V 铅酸电池。

图表39: Facebook OCP V1.0 服务器集中式电源



资料来源: Anandtech, 方正证券研究所

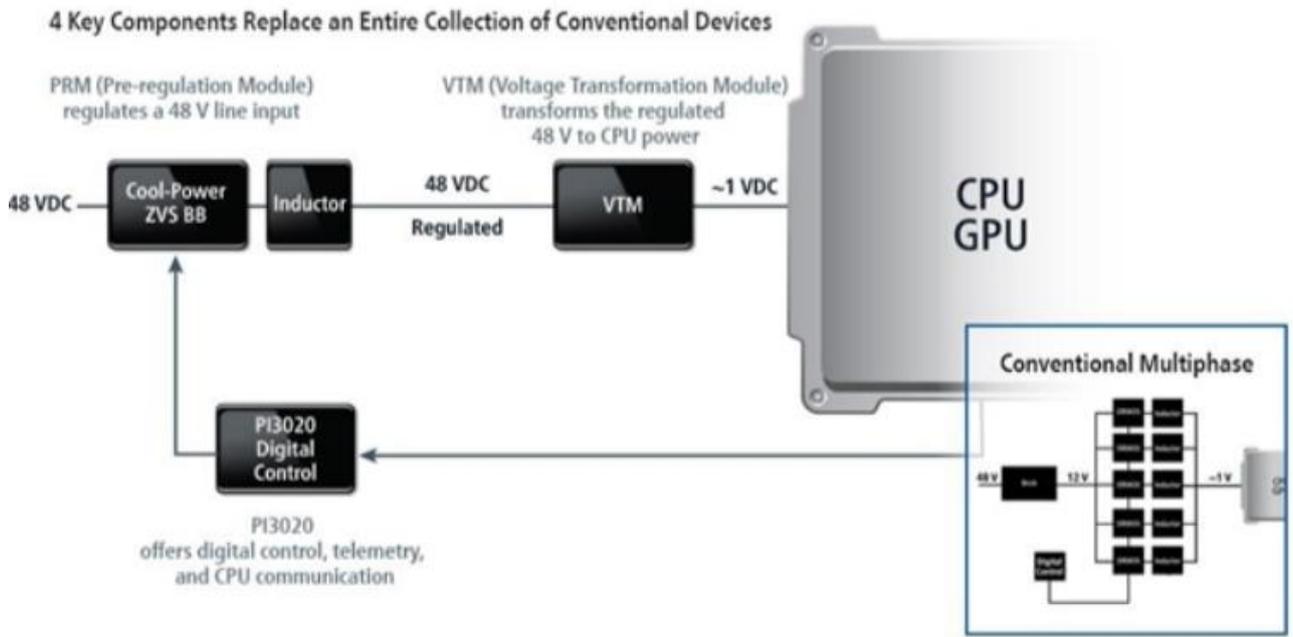
Google 将 Vicor 的 48V 电源模块视为其数据中心的标准:

Vicor 是目前业界唯一一家实现 48V 直接到 PoL 负载端这一技术量产的公司。公司连续多年为 Google 提供 48V 数据中心电源方案。

下图是 Vocor 的 48V 直接到负载点的电源组建架构。该架构由两部分构成,前端为采用升降压拓扑结构的预稳压模块(PRM),提供稳定的 Vf 母线电压,输出电压会根据负载的变化快速响应。后端为采用专利正弦幅值变换器(Sine amplitude converter)的电压变压模块(VTM),将 Vf 母线电压转换到负载点电压,其工作特性为理想变压器,可以将能量存储在高压侧电容,从而极大减少负载点的大电容。VTM 采用零电压、零电流的软开关技术,工作频率高达 2MHz 以上,具有领先的功率密度,Intel 实验室的测试表明,其噪声比传统的 12V VR 低一个数量级,因此可以放置在非常靠近 CPU 的地方,进一步减少电源输出端到 CPU 电源引脚间的功率损耗。

这些电源模块可以直接为低电压大电流的 CPU、GPU、ASIC 和 DDR 内存从 48V 配电母线供电,实现前所未有的功率密度、转换效率,降低系统配电损耗。目前 48V 直接到 CPU 或存储的效率已经达到 95%。根据公司介绍,48V 服务器机架较 12V 机架系统能耗损失降低 30% 以上。

图表40: Vicor 48V 直接到 CPU 方案实现单级转换



资料来源: Vicor, 方正证券研究所

小结:互联网企业数据中心纷纷将数据中心配电方案由 12V 转换至 48V 直连负载点主要是由于数据中心对服务器功率要求越来越大, 12V 在未来运载过程是无法应付需求的, 因此对能耗要求的提升也需要电源直接并联 48V 母线。我们认为, 在未来数据中心和云计算领域, 48V 分布式配电方案无疑是超大规模数据中心的发展方向。

4.3.3 国内互联网厂商的借鉴: 天蝎机架

互联网数据中心统一标准化趋势同样也蔓延到国内。2011 年, 在 Facebook、Microsoft 以及 Google 纷纷加入开放计算项目 (OCP) 后, 国内包括 BAT 联合三大运营商、Intel、浪潮、华为、联想等企业也组建“天蝎项目”来制定大规模数据中心的统一标准设计规范。

图表41: 开放数据中心委员会 (原天蝎联盟) 会员

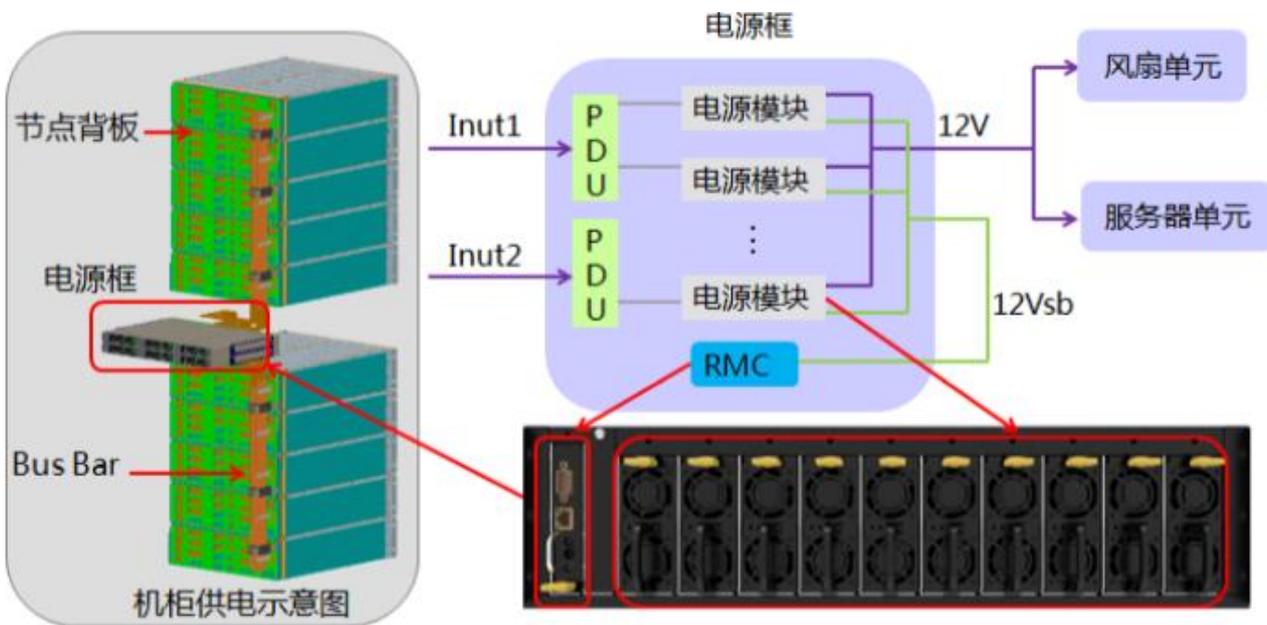


资料来源: 方正证券研究所整理

国内天蝎经过 1.0 到最新发布的天蝎 2.5 版本也不断对于标准化机架进行探索。天蝎 2.0 支持市电+UPS/HVDC 供电方案，天蝎 2.5 则在机柜中增加电池后备系统（BBS），将 UPS 分散集成到机柜内，实现市电直供方案。在这个版本中，12V 仍然作为工作母线，48V 在机架中作为市电直供的电池备份系统。

12V 锂电池分布式供电系统：天蝎 2.5 架构中，BBS 使用 18650 锂电池做节点模组，直接配入整机柜。传统 UPS 使用铅酸蓄电池，寿命可达 10 年，但是其耦合过紧，且占地面积过大，尤其对于超大型数据中心规模初期建设投入并不友好，对于现有数据中心扩容难度也加大。因此，12V 锂电池分布式供电系统考虑其脚底成本、占用面积小且可扩展性强等特点收到互联网厂商的青睐。

图表42： 天蝎机架架构



资料来源：C114 通信网，方正证券研究所

但是也不难从天蝎机架发展过程中看出，国内互联网厂商对标准化架构中供电系统的探讨路径基本与海外类似。在服务器功耗不断增大情况下，48V 供电方案也许将是 3.0 阶段的发展方向。

随着数据中心设备与通信设备的 ICT 融合，以及 SDN/NFV 虚拟化技术等带来的硬件与软件解耦，带来数据中心标准化体系的推动。

包括 Facebook、Microsoft、Google 在内的 OCP，以及 BAT 领头的开放数据中心委员会（原天蝎联盟，ODCC）均开始了一系列标准化机架的探索。

对比各大互联网数据中心各个架构：

天蝎机架：集中 BBS 电源整合到整机柜中，但对现有机架架构变化最少，定制化程度最低；

Facebook：数据中心服务器支持 48V 直流输入，储能利用较成熟的通信电源，仅需要更换部分服务器电源模块，需要对服务器电源；

Microsoft：将服务器电源与锂电池集中到电源模块，此外备电系统与供电系统结合，理论上 LES 服务器并不需要断电时进行切换，可靠性更高，备电时间选择灵活性更强，定制化需求略高；

Google：采用完全分布式架构，结构最简单，但其定制化程度也最高。

小结：综合来看，在 TCO 成本驱动下，互联网厂商不断进行供电架构创新。均简化供电架构，力求全供电链条端到端效率。四种服务器架构定制化需求逐一增加，在互联网数据中心规模效应支撑下，通过标准化涉及，利用自身服务器采购规模定制电源，成本摊销相对初期投入及定制化投入是合理的；此外，数据中心先进技术也是互联网数据中心保证技术优势和代表技术能力的重要指标。但是对于中小数据中心来说，前期投入成本偏高，对供应商的议价能力较低仍限制着定制化服务器架构的推广。

5 未来数据中心供电架构往分布式、直流、小颗粒化、绿色发展

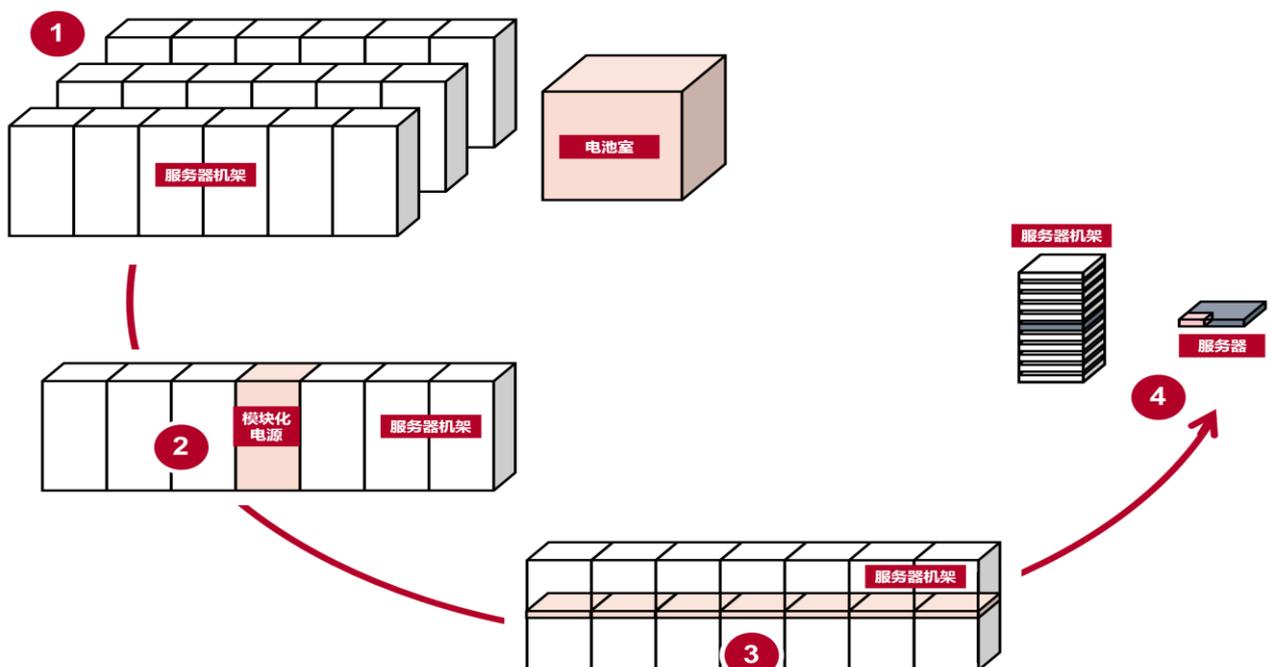
总结上部分对数据中心电源系统的探讨，通过整理包括 UPS、HVDC、市电+UPS/HVDC、模块化 UPS 及互联网新兴应用的 12V 和 48V 分布式供电系统，我们总结以下四点发展趋势：

5.1 电池在数据中心中的位置演进呈现下沉式发展

在对能耗要求大的不断提升过程当中，电池越靠近机柜，越靠近服务器就代表更低的能量损耗，因此电池在数据中心机房呈现下沉式发展趋势。

如下图所示，第一阶段，传统数据中心大部分使用传统 UPS 供电，一般需要单独另设一个电池室放置蓄电池、发电机及其他配套设施；第二阶段，出现高频塔式 UPS 及模块化 UPS/HVDC，可以与多个机柜同母线并联，并拥有更强的可扩展性；第三阶段，模块化数据中心概念兴起，可定制的标准化机架被提出，电池进一步进入机柜内部，采用类小型 UPS 分布式（比如天蝎机架 BBS）供电架构；第四阶段，电源被直接安置在服务器内部，直接通过小型电源模块为负载点的 CPU、GPU、ASIC 和 DDR 内存直接供电。

图表43： 数据中心中电池的位置演进



资料来源：《网络世界》，方正证券研究所整理

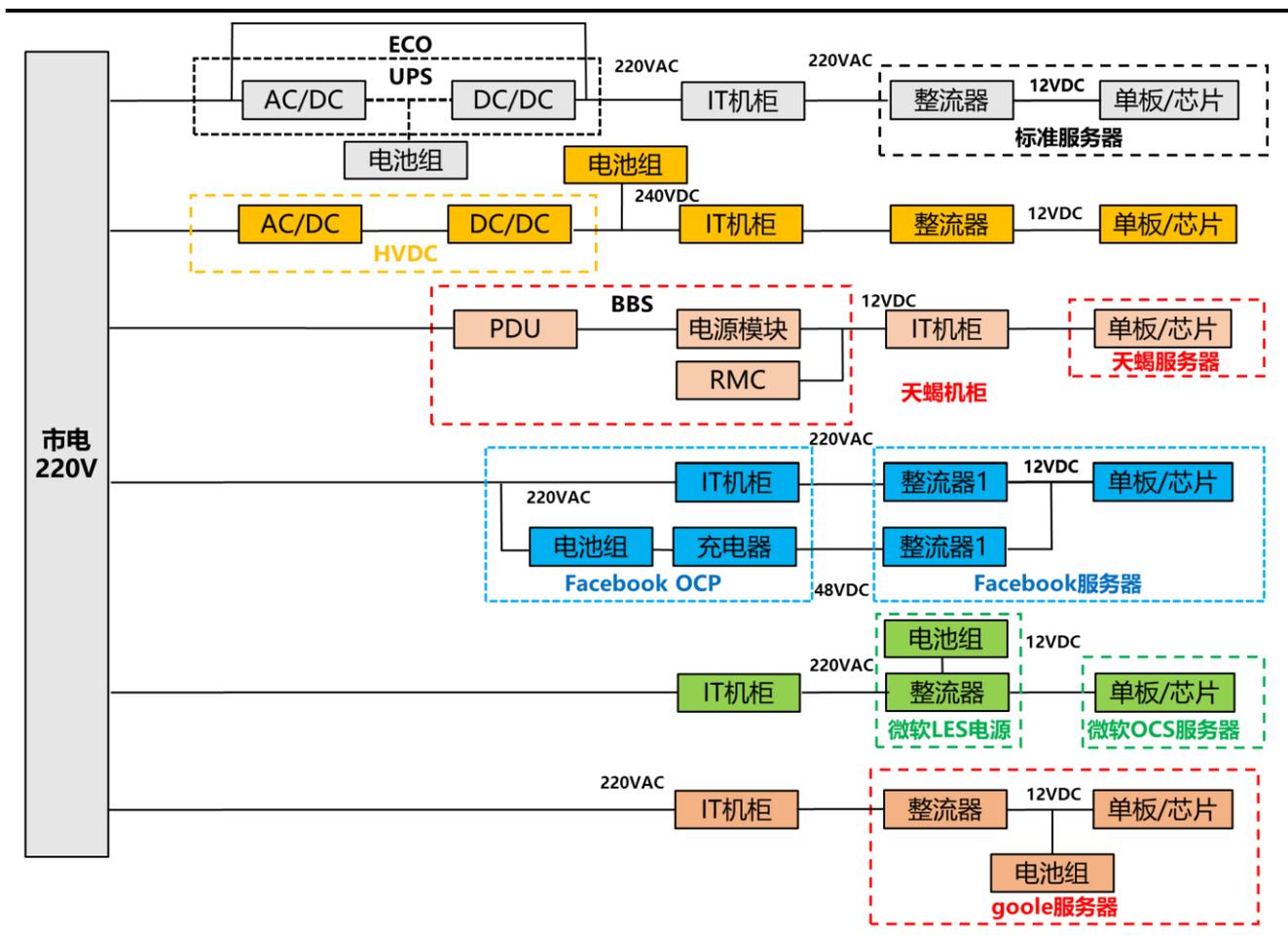
5.2 数据中心供电架构不断简化，电源系统颗粒度降低，可拓展性和易维护性成为大规模数据中心的关注热点

随着数据中心发展，数据中心供电架构也随着其发展模式不断更新。在传统 UPS 时代，供电系统随着数据中心发展复杂度不断提升，从单机 UPS 到冗余 UPS，再到双总线 UPS 系统。

但是随着系统复杂度不断提升，成本也不断提高，运维难度越来越大，其工作效能也不足以支撑数据中心快速发展。由此出现模块化 UPS、HVDC 等体积越来越小的供电模式，同时易于维护且扩展便利的特点也获得传统数据中心用户的青睐，该模式的应用规模也不断扩大。

而依靠规模优势在数据中心上不断创新的互联网厂商更是在供电系统上进一步简化。天蝎机柜将 BBS 整合进机柜侧，提高效能；Facebook 的 OCP 架构和微软的 LSE 电源将电池组直接装入机架内部；而 Google 最新架构中直接将电源模组装入定制服务器内部。

图表44： 数据中心供电方式的架构图



资料来源：C114 通信网，方正证券研究所整理

小结：数据中心的电池从电池室到机架侧到机架内部在进入服务器内部，其电源位置不断下沉，颗粒度不断下降，其电池组不断接近负载端，其能耗损失不断减少。但是随着电源位置不断下沉，其产业链完善程度也不断下降，最新模式目前仍只有 Google 等少数几家互联网厂商进行了尝试。

5.3 分布式、高密供电、直流供电仍是传统数据中心转换的趋势

产品供电密度不断提高：根据前瞻产业研究院数据，2017 年模块化 UPS 销量占国内 UPS 市场仅有 1.4%，但其销售额占全国 UPS 销售额的 28.5%。考虑大功率 UPS 需求量上升，以及同功率情况下模块化 UPS 单价要高于传统 UPS。

对于中小数据中心和企业数据中心：定制化机柜的前期高额成本以及相对小的规模仍不利于他们选择定制化机柜作为供电架构。而 HVDC 模块的市占率，根据市场调研约占总体备电电源的 10%。随着 BAT 以及中国电信对 HVDC 的不断推广，且相对于模块化 UPS 具备低成本、小体积等优势，预计市电+HVDC 仍将在未来取代 UPS 成为众多数据中心的主要供电架构。

但 HVDC 取代 UPS 同样面临不小挑战，即产业端的成熟度较 UPS 仍略有逊色。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。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。

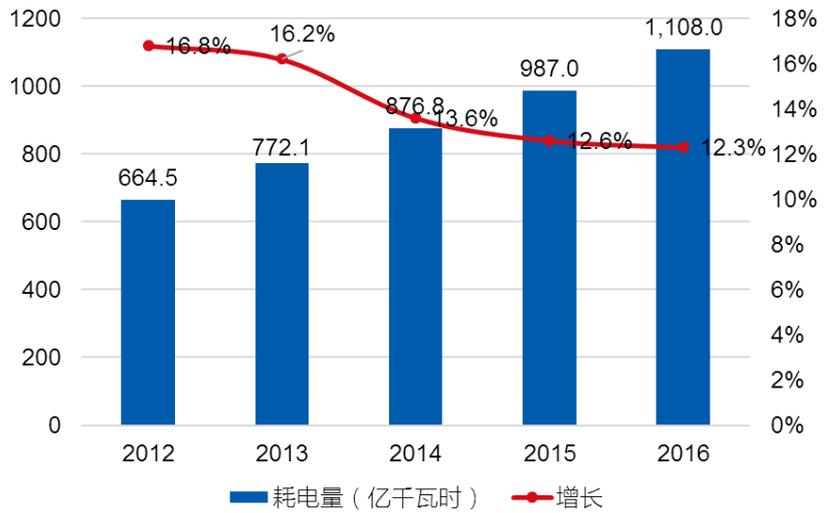
此外，在通信机房侧：48VDC 供电架构，在通信电源（通信设备大多采用 48VDC 供电架构）成熟度支撑下，且随着服务器功率增大，其定制化版供电架构在通信机房侧更加具有优势。且 48V 电源在通信行业大规模应用，成本低廉，单瓦成本比 12V 服务器电源价格低，且相对需要电源插框更少，总体成本也更加有优势。因此，在通信机房布局 48V 电源的合理性和有效性非常高。

然而，传统的通信机房 48V 电源一般都按照 UPS 的方式存放在数据中心的电池室，低压中长距离传输仍有一定传输损耗以及相应的线缆投资，然而随着整机柜技术、市电直供技术、锂电池技术的不断进步，采用分布式、直流、小颗粒度这成为未来数据中心电源发展的方向。

5.4 积极利用绿色能源，降低成本的同时维持可持续发展

根据中国数据中心节能技术委员会（GDCT）数据，目前国内数据中节能能耗普遍较高，平均 PUE 值在 2.2-3.0 之间。根据 GDCT 数据，我国数据中心能耗 2016 年超过 1000 亿千瓦时，预计预计 2017 年将超过 1200 亿千瓦时。

图表45： 数据中心能耗不断增加



资料来源: GDCT, 方正证券研究所

同时互联网数据中心巨大能耗也引起数据中心厂商对可持续和绿色能源的注意。对于太阳能、水能、风能、燃料电池等绿色能源在数据中心的引入,也极大的驱动数据中心供电架构不断探索新的模式。

包括 Facebook、Microsoft、Google、BAT 等在内,都积极采用绿色能源作为附加能源之一,同时积极利用地理位置及环境特征来优化数据中心能源和制冷系统的搭建。

比如 2017 年百度阳泉数据中心签约风能和太阳能共 2600 万度,占整体用电量的 16%,2018 年使用风能和太阳能可达 5500 万度,预计占比将提高至 23% 以上。

Google 2018 年 9 月表示与芬兰正在建设的三家风电场购买可再生能源为其数据中心供电,签约期长达 10 年。众多大公司也都在购买廉价的可再生能源,已达到控制成本的同时,降低对环境的污染。包括 Google、Facebook 和微软在内的等公司都可以直接从发电厂购电。

6 数据中心电源市场 HVDC 市场超过 200 亿元

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。

图表 46: 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 ABB 施耐德电气
科华恒盛 002335. SZ	动力源 600405. SH	
易事特 300376. SZ	奥特迅 002227. SZ	
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. OC	伊顿	
先控电气 833426. OC	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：方正证券研究所整理

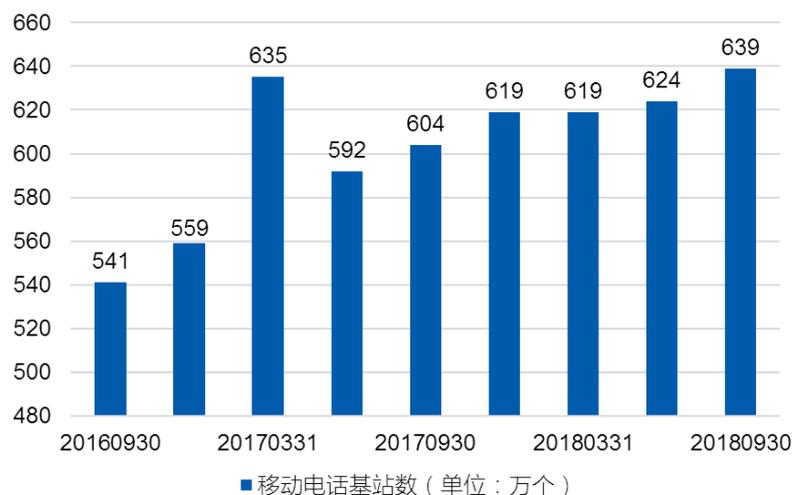
从机架数量上预测：根据工信部发布的《数据中心白皮书（2018年）》，我国2017年底在用数据中心机架数为166万架，规划在建数据中心规模107万架。

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，预计未来在建数据中心市场85.6亿元，总体市场超过200亿元。

7 数据中心电源与通信电源的趋同开放更大的市场

根据工信部发布的《2018年9月份通信业经济运行情况》，截止9月末，我国移动通信基站达到639万个，其中3G/4G基站总数达到479万个，占比74.9%。

图表47：2016年9月末-2018年9月末移动电话基站数发展情况



资料来源：工信部，方正证券研究所

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。

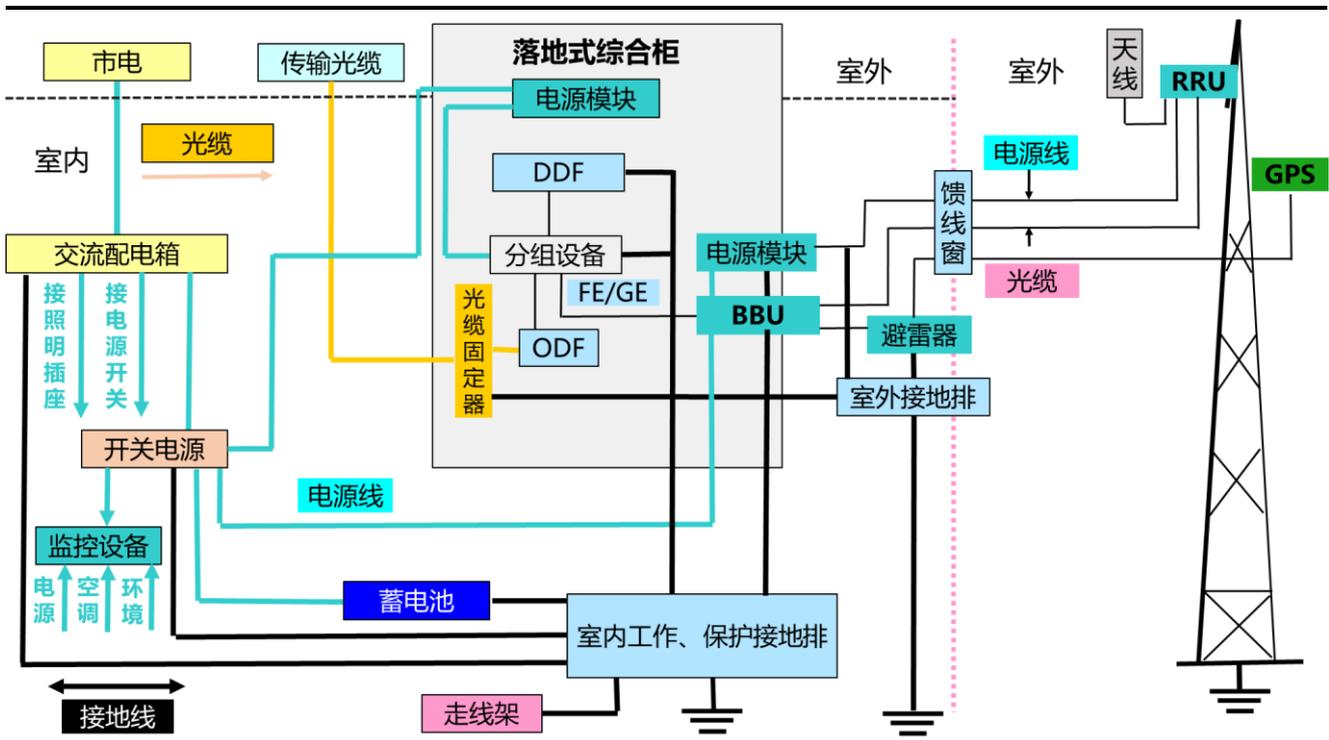
7.1 基站侧：BBU 集中化趋势下，机房呈现类小数据中心模式

通信电源可以分为基站侧和机房侧。目前全球通信设备全部采用 -48V 直流供电系统进行供电。与 AC UPS 相比，由于不考虑逆变器、PSU 中的变换器以及 PDU 中的变压器损耗，转换率较高，简单电路保证较高的供电可靠性。

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。

图表48： 基站内部设备布线安装示意图

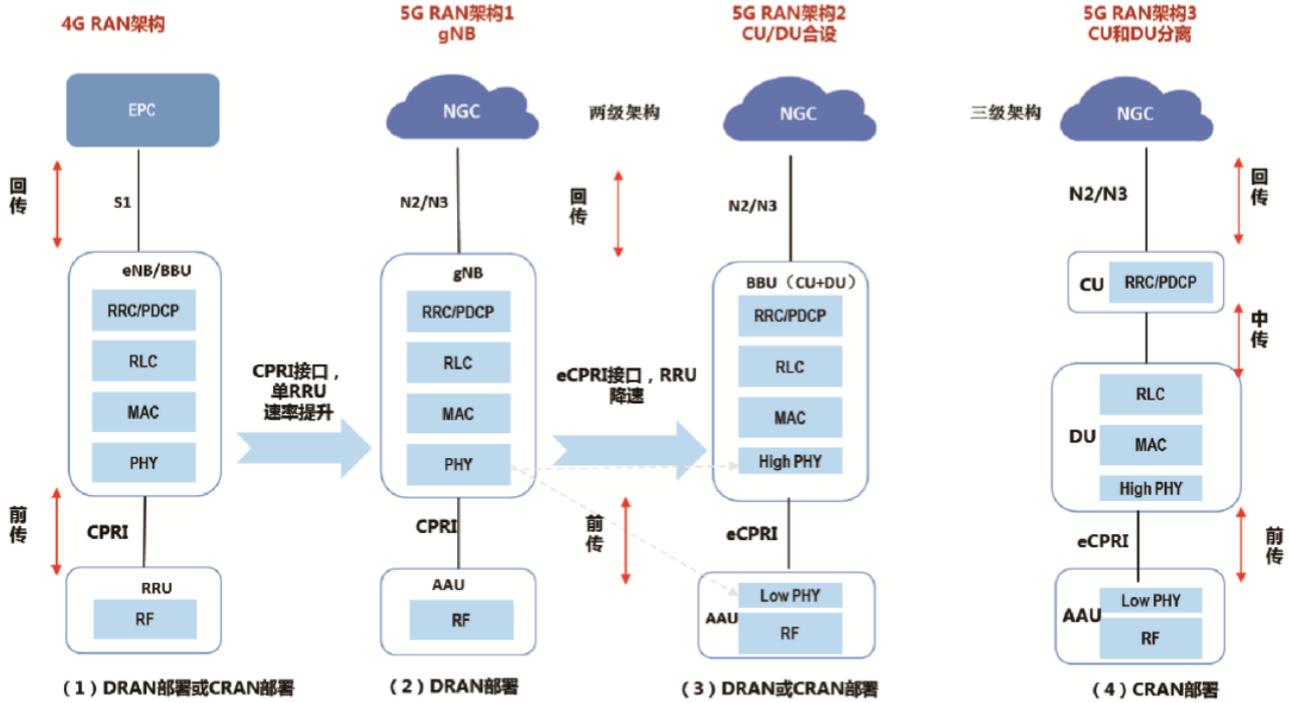


资料来源：方正证券研究所整理

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。

图表49: 5G RAN 分级架构

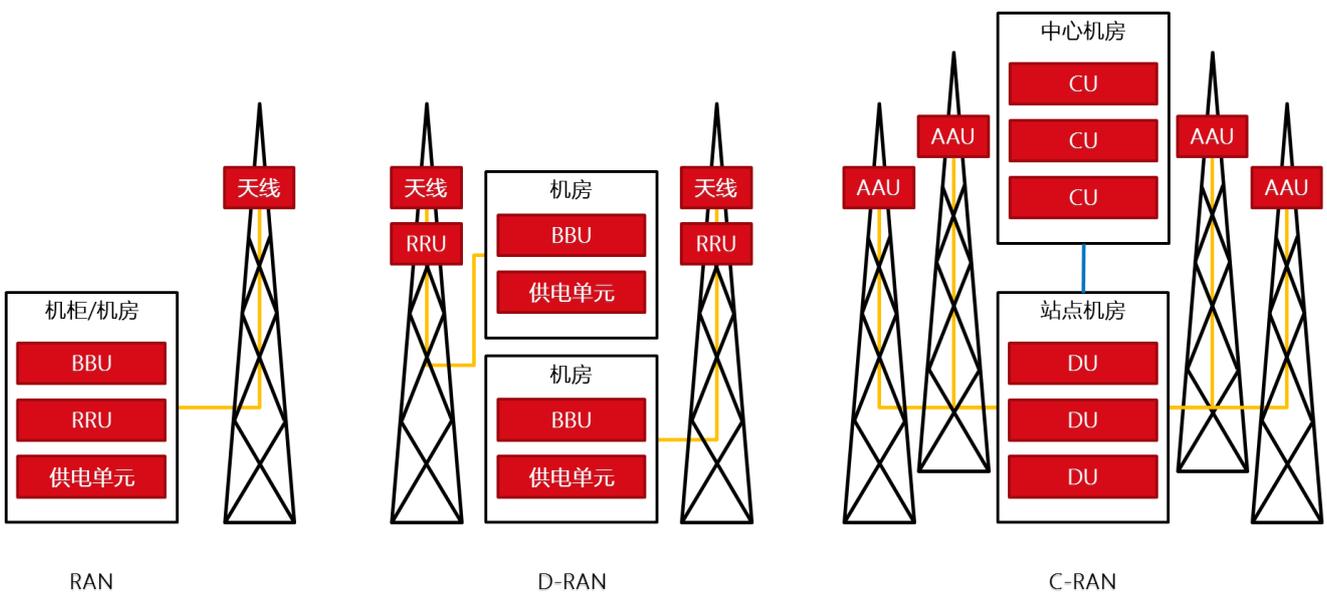


资料来源: 《5G 承载需求白皮书》, 方正证券研究所整理

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。

5G 的 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。

图表50: C-RAN 架构推动电源技术变革

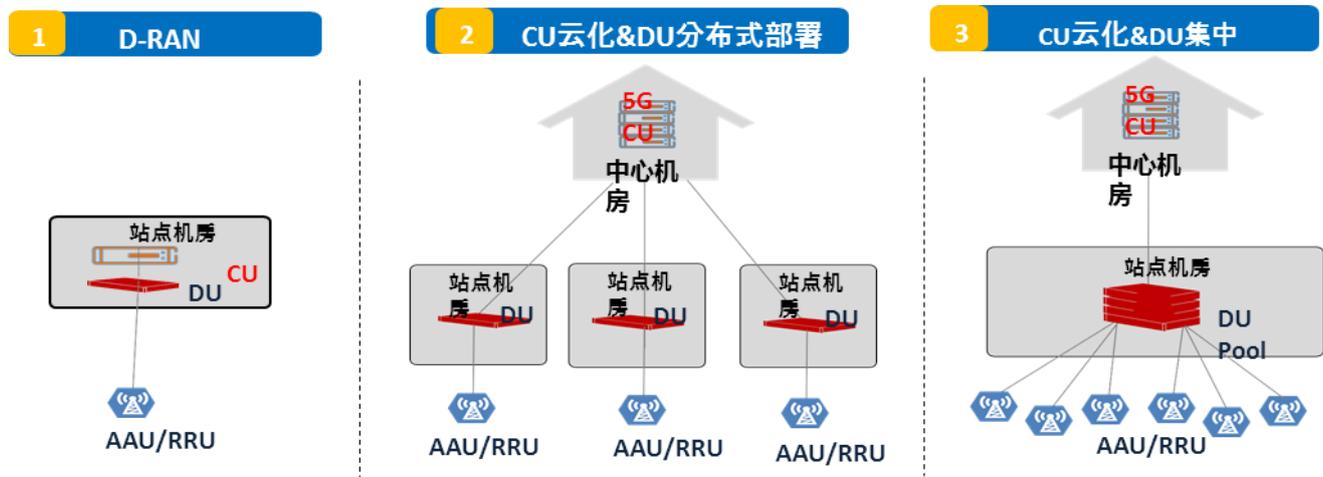


资料来源: 方正证券研究所整理

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。

图表 51: 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：方正证券研究所整理

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。但是考虑通信设备传统-48V 直流供电模式，拉远的站点机房对于 48V 直流传输损耗仍会影响部分供电效率，因此 HVDC 拉远供电系统在基站侧站点部署中对于 UPS 供电系统替代性大大增强。

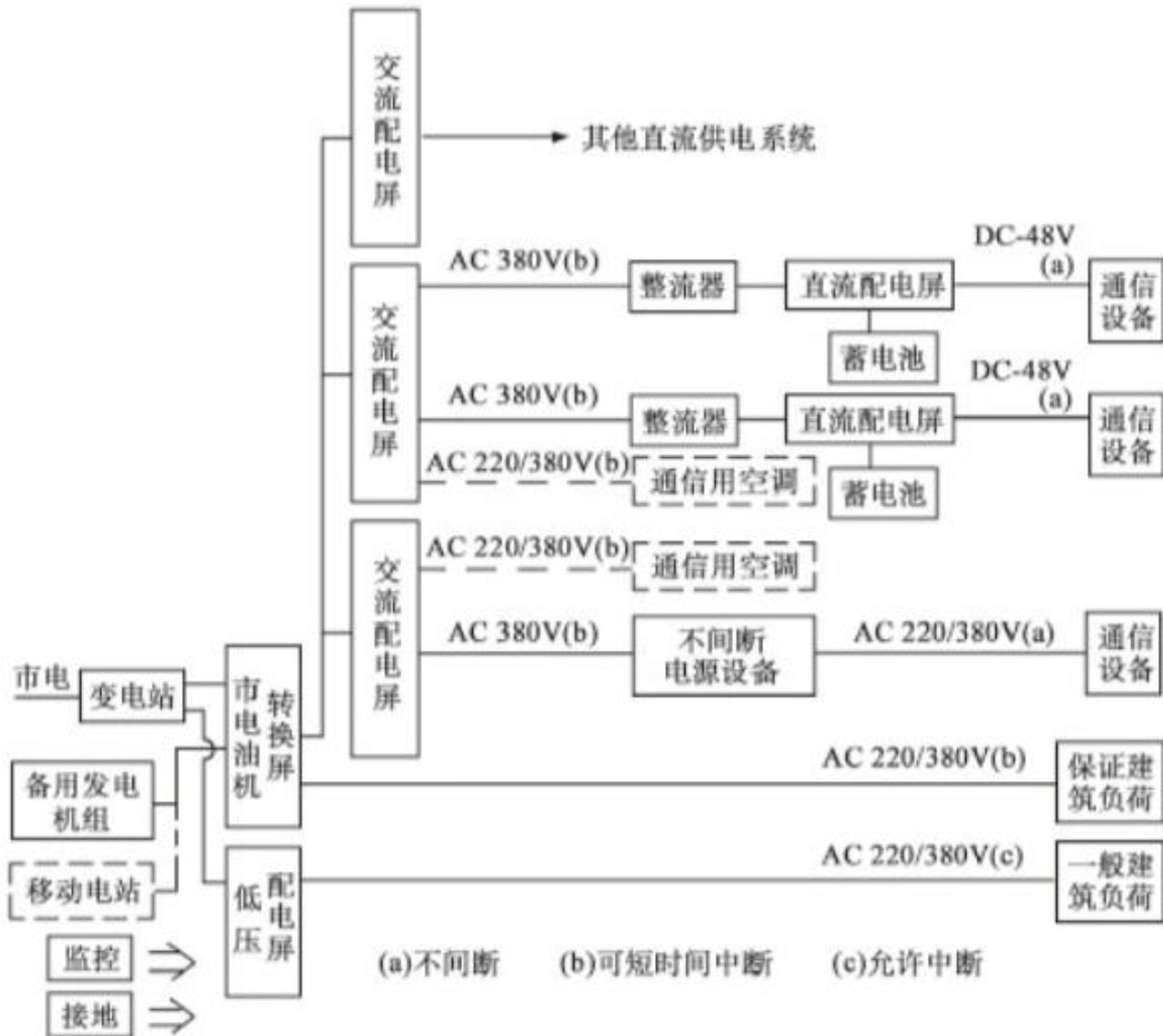
此外，包括 Massive MIMO、AAU 等大量高功耗组件设备的供电也需要 HVDC 在供电系统中的应用，不仅能更加节省成本，同时带来更低的功耗损耗。

7.2 机房侧：HVDC 替代 UPS 效益增强

传统-48V 供电系统一般引入一路 380V AC 市电主供，通过交流配电屏、整流器和直流配电屏转换为 DC -48V 给通信设备供电。

下图即为典型的分散供电方式供电系统方框图，其中交流供电系统由专用变电站、市电/自备发电机组转换屏、低压配电屏、交流配电屏以及自备发电机组组成。挪动电站可提供给急用电。直流供电系统由整流设备、蓄电池和直流配电设备组成。直流供电系统向各种通讯设备提供直流电源。交流 UPS 对通讯设备及其隶属设备提供不连续的交流电源。

图 表 52: 电 信 通 信 局 站 分 散 供 电 方 式 供 电 系 统 总 体 结 构



资料来源：科华恒盛，方正证券研究所整理

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。

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。

中恒电气为准5G基站提供HVDC拉远供电解决方案与试点：根据证券时报对中恒电气的报道，目前，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。

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。HVDC 在未来通信电源的渗透率有望提升。

7.3 通信电源市场预测

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) 4G 扩容：

预计未来 4G 按照 10%-15% 比例扩容基站，根据现有 4G 总体基站数 40 万站，预计未来扩容基站数为 4 万站-6 万站；

预计单基站增加 3-6 个电源模块，单体基站扩容电源总价约 2000 元-3000 元；

(3) 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；

图表53： 基站通信电源市场预估

通信电源市场预估				
4G 扩容阶段				
	扩容基站数 万站		单体基站扩容电源总价 元	
	min 10%	max 15%	min 2000	max 3000
4G 总体基站数 万站	扩容基站数 万站		总体扩容市场 亿元	
40	4	6	0.8	1.2
			1.2	1.8
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：方正证券研究所整理

预计未来 5G 基站建设及 4G 扩容能够带来新增 450 亿元以上的市场。

8 电源厂家的新征程——未来新能源的充电桩市场

8.1 充电桩市场前景可期，带来巨大弹性

根据《电动汽车充电基础设施发展指南（2015-2020 年）》，到 2020 年，我国将新增集中式充换电站超过 1.2 万座，分散式充电桩超过 480 万个，以满足全国 500 万辆电动汽车充电需求。其中私人充电桩数量 280 万个，专用充电桩 150 万个，分散式公共充电桩 50 万个，专用场景为公共机构、企事业单位、工业园区、写字楼等单位的内

部停车场，私人场景为居民楼、私人住宅的固定或长期租赁停车位。
充电桩产业是新能源汽车和电动汽车发展的基本保障，自 2015 年 9 月起国家发布多项政策，大力支持充电桩行业发展。

图表54： 充电桩行业国家层面政策汇总与解读

时间	出台单位	政策名称	详细内容
2015 年 9 月	国务院办公厅	《关于加快电动汽车充电基础设施建设的指导意见》（指导意见）	加大专项规划和设计的指导，各地要将充电基础设施专项规划有关内容纳入城乡规划，完善独立占地的充电基础设施布局。
2016 年 1 月	财政部 科技部 工业和信息化部 发展改革委 国家能源局	《关于“十三五”新能源汽车充电基础设施奖励政策及加强新能源汽车推广应用的通知》	提出详细的各部门建立充电桩的政策奖补条件，建立信息上报和公示制度。各省（区、市）建立车辆推广和充电基础设施建设情况上报制度，按月报送新能源汽车推广、充电设施数量情况等信息。
2016 年 8 月	国家发改委、能源局等四部委	《加快居民区电动汽车充电基础设施的建设通知》	分批在京津冀鲁、长三角、珠三角等地重点城市开展试点示范；充分调动各有关部门参与的积极性，加大对现有相关基础设施进行改造，解决当前居民区电动汽车充电基础设施建设难题。
2016 年 12 月	国家发改委、住建部等四部委	《关于统筹加快推进停车场与充电基础设施一体化建设的通知》	在具备条件的城市整合各类停车资源，鼓励引导有实力的停车场管理企业及充电服务企业开展停车充电一体化项目建设运营。 到 2020 年，居住区停车位、单位停车场、公交及出租车场站、公共建筑物停车场、社会公共停车场、纳入国家充电基础设施专项规划的高速公路服务区等配建的充电基础设施或预留建设安装条件的车位比例明显提升，有效满足电动汽车充电基本需求。
2017 年 1 月	国家能源局 国资委 国管局	《关于加快单位内部电动汽车充电基础设施建设的通知》	做好配套供电设施改造升级，加快推进单位内部停车场充电设施建设，创新单位充电设施的投资运营。
2018 年 6 月	国务院	《打赢蓝天保卫战三年行动计划》	2020 年新能源汽车产销量达到 200 万辆左右，加快推进城市建成区新增和更新的公交、环卫、邮政、出租、通勤、轻型物流配送车辆使用新能源或清洁能源汽车，重点区域使用比例达到 80%；重点区域港口、机场、铁路货场等新增或更换作业车辆主要是用新能源或清洁能源汽车。
2018 年 11 月	国家发改委 国家能源局 工业和信息化部 财政部	《提升新能源汽车充电保障能力行动计划》	力争用 3 年时间大幅提升充电技术水平，提高充电设施产品质量，加快完善充电标准体系，全面优化充电设施布局，显著增强充电网络互联互通能力，快速升级充电运营服务品质，进一步优化充电基础设施发展环境和产业格局。

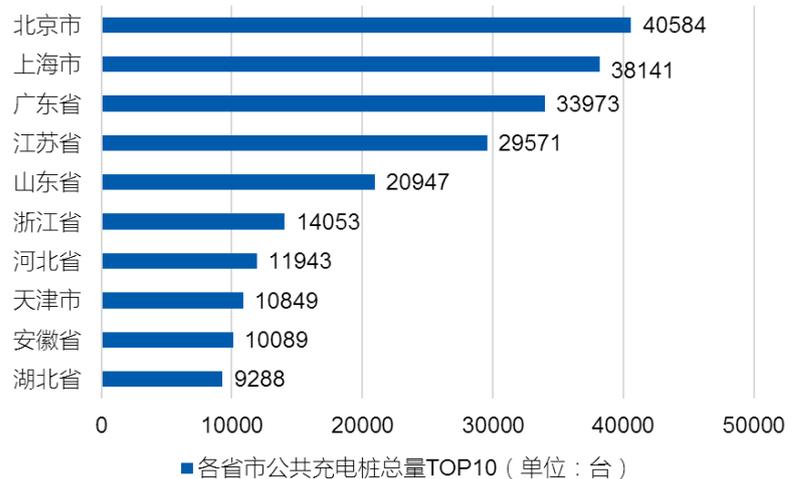
资料来源：前瞻产业研究院，方正证券研究所

充电桩分为直流充电桩和交流充电桩。直流充电桩采用电流较大，一般为 150-250A，多用于城市公共充电设施以及城际间高速服务区充电站建设。交流充电桩采用较小电流的恒压或恒流电流，一般充电时间较长，适用于设计续航里程较长或者插电式混合动力电动汽车。

根据中国充电联盟通过联盟内成员整车企业采样车桩相随信息数据显示，截止2018年11月，全国公共桩和私人桩共计72.8万台，同比增速79.8%。

就公共充电桩来说，截至2018年11月，联盟内成员单位总计上报公共类充电桩29万台，其中交流充电桩18.1万台、直流充电桩10.8万台、交直流一体充电桩0.05万台。其中北京、上海、广东、江苏四地建设的公共充电基础设施占比达49%。

图表55：2018年11月各省市公共充电基础设施总量TOP10



资料来源：中国充电联盟，方正证券研究所

新能源汽车方面，截止今年9月底，全国新能源汽车保有量221万辆，当前车桩比约为3.01:1，仍具有巨大改善空间。根据国务院此前印发的《节能与新能源汽车产业发展规划(2012-2020年)》，到2020年国内新能源汽车累计产销量需达500万辆，充电桩数量达480万个，车桩比接近1:1。相对于目前3.01:1的车桩比，我国充电桩建设在一定程度上已经滞后于电动车发展，仍存在巨大改善空间。

8.2 众多UPS、HVDC电源厂家进入充电桩市场

包括华为、中兴、动力源、中恒电气、科士达、易事特等电源厂家在2015年纷纷集中进入充电桩市场。积极推动UPS、HVDC等方面的核心技术应用与充电桩产品。中恒电气拥有直流模块（大功率转换模块）核心技术，可生产大功率、高转换率的直流充电桩；科士达在UPS和逆变器生产中积累丰富技术与经验，掌握核心充电桩模块技术，易事特的UPS电源整流装置核心技术也运营到充电桩产品中。

其中，易事特2017年实现新能源车充电桩等相关营收4284.81万元，同比增长221.10%，科士达2017年实现新能源充电设备收入1.48亿元，同比增长108.55%。而中恒电气作为2018年国家电网第一次充电桩招标结果中位列民企第一，中标功率2.81万KW。

8.3 充电桩市场预测

基本假设：

- (1) 按照目前新能源汽车保有量221万进行测算；
- (2) 仅测算直流充电桩市场，随着直流充电技术的演进及“快

充”场景的多端应用，假设直流充电桩与交流充电桩比率为 3:2；

(3) 按照集中式充电桩产品统一测算，预计直流充电桩单价 6 万元。

图表56： 直流充电桩市场预估（亿元）

新能源汽车保有数 (万辆) 车桩比	221	300	400	500
1:1	796	1080	1440	1800
2:1	398	540	720	900
3:1	265	360	480	600
4:1	199	270	360	450

资料来源：方正证券研究所整理

根据以上假设，按照当前新能源汽车保有量及对应车桩比计算，目前国内直流充电桩市场约在 265 亿左右，根据国务院此前印发的《节能与新能源汽车产业发展规划(2012-2020 年)》，2020 年国内直流充电桩市场保守估计具有 600 亿以上市值空间，有望突破千亿级。

9 投资建议及重点相关标的

随着服务器 CPU 功耗上升，在数据中心大批量建设过程中，基础设施相关建设成本及运营成本在 TCO 占比不断提升。数据中心厂商在控制 TCO 下降的核心驱动下，也对其供电架构不断创新简化，在经过传统工频 UPS、高频 UPS、高频模块化 UPS 之后，相继提出 HVDC 供电模式、市电直供 12V、48V 供电模式等新型创新供电架构。其中，Vicor 作为世界领先的电源模块生产商，拥有 48V 直接连接 CPU 技术，为 Google 唯一供货商。

在国内外互联网厂商包括 Facebook、Google、Microsoft、百度、阿里、腾讯在内相继对其自身数据中心供电架构进行升级的领头带动下，电池在数据中心位置演进呈现下沉式发展，其供电架构不断简化，电源系统颗粒度不断降低，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。

其中，HVDC 供电系统由于其建设成本低、供电架构简单的特点将有望加强市场渗透，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，建议重点关注国内 HVDC 龙头中恒电气。

此外，在大功率、模块化 UPS 市场保持领先的科华恒盛和华为，其中科华恒盛作为国内 $\geq 20\text{KVAUPS}$ 市场国内厂商龙头，华为作为大功率、模块化 UPS 龙头，在近年 UPS 升级过程中，不断抢占海外厂商市场，成为国内模块化 UPS 龙头厂商。建议重点关注国内大功率、模块化 UPS 龙头和一体化解决方案提供商华为、专注大功率 UPS 并发展云计算的科华恒盛，建议关注英威腾。

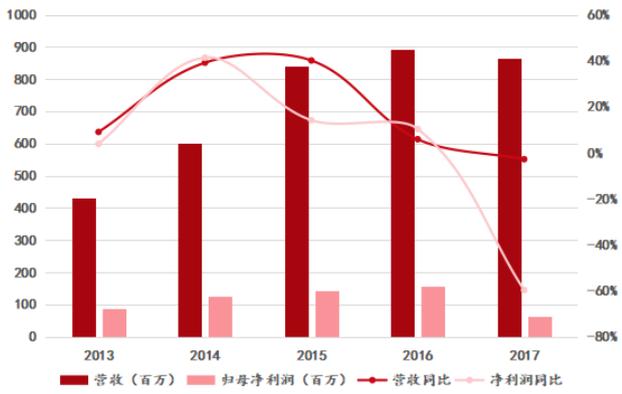
最后，电源厂商在技术更新业务进展中，积极利用自身电源模块技术优势进入新能源汽车充电桩市场，建议关注拥有直流模块核心技术的中恒电气、逆变器生产技术经验的科士达和掌握核心充电桩模块技术的易事特。

9.1 中恒电气——HVDC 领跑者，5G 网络建设带来新机遇

公司专注为客户提供通信电源、高压直流电源（HVDC）、电力操作电源、新能源电动汽车充换电系统、智慧照明、储能等产品及电源一体化解决方案。产品有ZHDC系列240V直流电源系统。公司多次中标BAT、通信运营商、互联网云计算、数据港等IDC机房造项目，也获得了阿里集团独家供应商资质，海外市场也在东南亚电信柬埔寨数据中心项目上取得了突破。公司负责牵头制定的HVDC国家标准“20160574-T-339信息通信用240V/336V直流供电系统技术要求和试验方法”已经进入了报批阶段。

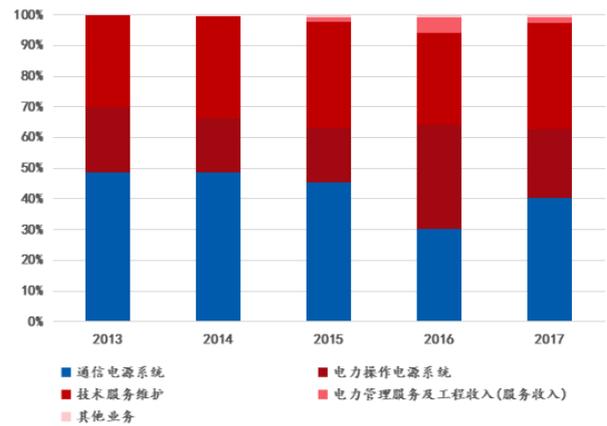
2018年前三季度公司实现营收5.8亿元，同比增长5.77%；实现归母净利润0.89亿元，同比增长10.78%。

图表57：中恒电气近年营业收入和利润



资料来源：wind，方正证券研究所

图表58：中恒电气分产品营业收入占比



资料来源：wind，方正证券研究所

传统的模块化数据中心采用UPS供电，不易将动力部分集成在“微模块”内部，而HVDC产品的模块化设计能方便将动力系统集成在微模块内部，让微模块实现真正意义上的独立。

图表59：模块化数据中心HVDC应用



资料来源：公司官网，方正证券研究所

公司HVDC业务规模化竞争优势凸显：2018年单笔最高金额达到了3亿元。凭借着HVDC与UPS供电的比较优势，以及自身产品的竞争优势，公司在深入拓展国内市场的同时，逐步延伸并积极布局海外市场。国内客户从运营商向第三方数据中心批发商、大型标杆央企扩展；海外，除在东南亚等地区取得数据中心合作项目，目前已与欧美国家的一些全球知名企业开展合作，并进行了送样试点和小批量供货。

HVDC行业市占率高，具有品牌效应：根据公司官网，从市场占有率来说，目前，国内市场每两台HVDC供电系统，就有一台由中恒电气提供。近几年，公司HVDC市场份额在BAT、互联网企业及各省市运营商等客户中保持着快速增长的趋势。

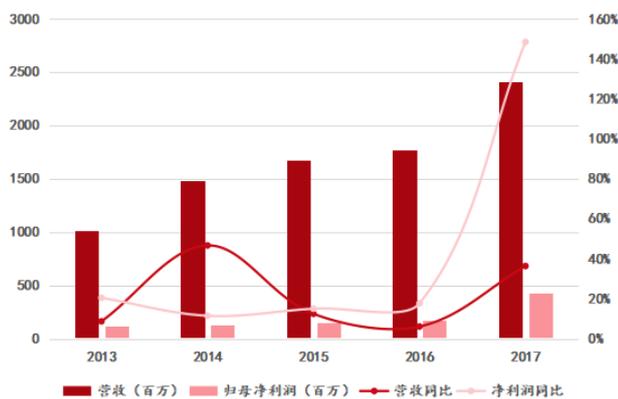
未来 5G 网络建设带来新机遇：目前，建设中的杭州奥体中心大型室分基站，以及杭州火车东站的准 5G（或 4G+）基站，中恒电气都是其中的参与方，并提供了 HVDC 拉远供电解决方案与试点。公司将会从基站改造升级服务、高效自冷微电源解决方案、HVDC 供电拉远解决方案、智慧城市基站与照明融合、储能与梯次电池利用、云平台能源管控等方面为 5G 时代提供一流的产品、服务和解决方案。

9.2 科华恒盛——专注大功率 UPS 市场，着力发展云计算业务

厦门科华恒盛股份有限公司前身创立于 1988 年，2010 年深圳 A 股上市（股票代码 002335），30 年来专注电力电子技术研发与设备制造，拥有智慧电能、云服务、新能源三大业务体系，产品方案广泛应用于金融、工业、交通、通信、政府、国防、军工、核电、教育、医疗、电力、新能源、云计算中心、电动汽车充电等行业，服务于全球 100 多个国家和地区的用户。

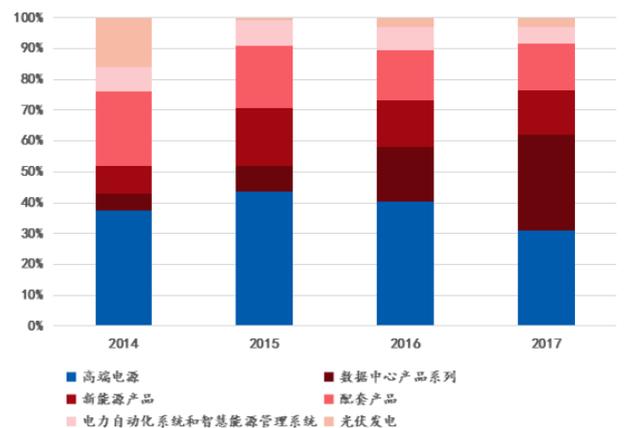
公司 2018 年前三季度实现营业收入 22.1 亿元，同比增长 49%；归母净利润 1.1 亿元，同比下降 68%。预计全年归母净利润区间为 1.36 亿元-2.13 亿元，变动幅度：-68%至-50%。

图表 60：科华恒盛近年营业收入和利润



资料来源：wind，方正证券研究所

图表 61：科华恒盛分产品营业收入占比



资料来源：wind，方正证券研究所

专注大功率 UPS 市场：公司能基业务在金融、通信、公共等领域保持领先，根据赛迪顾问报告，公司在 2017 年 UPS 市场销售额排名第二，位居国内品牌第一，其中大部分是 $\geq 20\text{KVA}$ UPS 规格。此外，公司在核电、轨道交通、军工领域不断突破，均有有效进展。

近年投入云计算重点战略方向：公司并购天地祥云，成立独立运营的“科华恒盛·云集团”，目已在北京、上海、广州建成 4 个大型数据中心，提供从产品方案、规划设计、工程建设、运维管理、EPC 业务到 IDC 基础及增值服务等全方位的云计算解决方案。

9.3 华为——大功率、模块化 UPS 龙头，一体化方案商致力推动数据中心智能化

根据公司官网，华为 UPS 连续五年被选为中国移动数据中心基础设施核心供电配电解决方案提供商。从近三年移动集采数据看，高频 UPS 已经完全取代工频 UPS 位置，高频模块化 UPS 以每年 260% 以上的增长速率激增。这表明，中国移动已经充分认可高频模块化 UPS 在稳定性、易维护、易扩容等方面的优势。

模块化 UPS 全球市场份额快速上升，国内大功率、模块化 UPS 龙头：其模块化 UPS 覆盖政府、ISP、交通、金融、运营商等多个关键领域，并在欧洲、南太等地区诸多国家获得客户认可。以多行业优势地位以及微模块数据中心普及为基础，在市场中保持高速增长。其提供的基于在线式双变换技术的 UPS 产品覆盖 1~800KVA。根据赛迪咨询报告，华为在 2017 年 UPS 市场中销售额第三，在 $\geq 200\text{KVA}$ UPS 市场及模块化 UPS 市场销售额第一。

致力于模块化数据中心整体解决方案：华为在 2017 年先后推出 Fusion Module 2000 智能模块方案、智能微模块 3.0 及全新数据中心管理系统 DCIM+，标志模块化数据中心逐步向智能化发展。

其 FusionModule2000 已正式获取 Tier IV-Ready 认证。这是由 Uptime 颁发的全球首个 Tier-Ready 认证，Uptime Tier-Ready 认证打破基于项目认证的模式，首次对微模块产品进行认证，同时也是最高级别的可靠性等级认证。其系统包括供配电、制冷、控制系统，并通过 iPower、iCooling 的智能化特征将可靠性与智能化结合，形成软硬结合的高可靠解决方案。

图表62： 华为数据中心基础设施解决方案



资料来源：公司官网，方正证券研究所

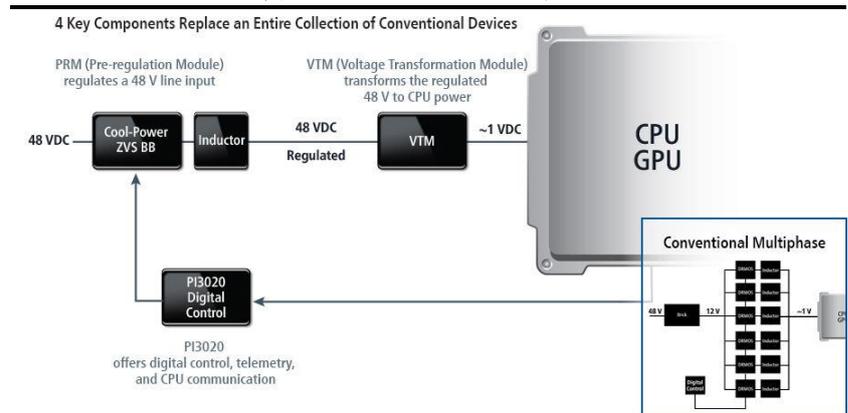
9.4 Vicor——世界领先的电源模块生产商，拥有 48V 直接连接 CPU 技术

公司是现世界最大的高密度电源模块生产商，同时也是全球唯一

能以零电压、零电流技术大批量生产电源模块的厂家。主要产品有 AC-DC 及 DC-DC 电源模块，配置式电源（一体化电源）和客户定制电源。其产品有全砖、半砖、片上系统、ChiP 封装、SMchip 封装、VIA 封装。产品覆盖从各种砖式模块电源至半导体芯片为中心的电源解决方案，使客户能够高效地转换和管理从电源到负载点的电源。凭借其专利的高频零电流/零电压开关技术实现业界领先的电源转换效率和功率密度。电源产品专注应用于企业和高性能计算（包括大型数据中心和超级计算机）、电信和网络基础设施、工业设备及自动化、车辆和运输，以及航空航天和国防电子。

其电源产品在通信行业 IDC 数据中心具有领先的技术优势，体现在其 48V 直接连接 CPU 的技术方案。Vicor 的 48V 架构称为 FPA，由两个部分构成。前端为采用升降压拓扑结构的预稳压模块（PRM），提供稳定的 Vf 母线电压，输出电压会根据负载的变化快速响应。后端为采用专利正弦幅值变换器的电压变压模块（VTM），将 Vf 母线电压转换到负载点电压，其工作特性为理想变压器，可以将能量存储在高压侧电容，从而极大减少负载点的大电容。VTM 采用零电压、零电流的软开关技术，工作频率高达 2MHz 以上，具有领先的功率密度，Intel 实验室的测试表明，其噪声比传统的 12V VR 低一个数量级，因此可以放置在非常靠近 CPU 的地方，进一步减少电源输出端到 CPU 电源引脚间的功率损耗。48V 整机柜自带 48V 锂电池 BBU，不再需要机房级的 UPS，配电结构非常精简，可以大大减低投资和系统能耗。

图表63： 48V 直接到 CPU



资料来源：Vicor，方正证券研究所

谷歌数据中心的應用：

谷歌在不断优化并精简其数据中心的供电架构，从最早的定制高效率 PSU 电源，去掉机房级 UPS，将 UPS 搬到服务器主板上，提升供电效率并减少机房级 UPS 投资及损耗；随着服务器机柜功率不断增加，以及进一步降低能耗，谷歌转而采用了 48V 供电架构，在这个方向变化过程中，中间还过度有 12V 中间转换环节的阶段，直到 2013 年才实现了从电网到 48V 再到 CPU 的极致精简架构，去掉了机房级 UPS，去掉了机柜级 48V 到 12V 的二次转换，并在服务器主板级实现了 48V 到 CPU 的单级变换，最后在 2015 年最后将铅酸电池替换成锂电池，最终实现了最新的 48V 整机柜架构。

自从 2016 年谷歌宣布采用了 48V 供电架构，包括微软、FACEBOOK 在内的诸多企业参与到了 48V 架构的研发当中，12V 逐渐走向数据中心的边缘应用。Vicor 的 48V 电源模块可以直接为低

电压大电流的 CPU、GPU、ASIC 和 DDR 内存从 48V 配电总线供电，实现前所未有的功率密度、转换效率，降低系统配电损耗。采用 48V 方案的谷歌绿色数据中心，相比现有 12V 方案，其能源损耗减少了 30%，使数据中心的电源使用效率(PUE)与理想值 1.00 更加接近。

对于大功率的整机柜，如果仍采用 12V 的中间母线架构，会带来很大的传输损耗，如果单机柜功率在 8KW 以内，损耗的问题还不太明显，但如果机柜功率达到了 12KW 以上，这个传输损耗问题就会变得比较严重，而 48V 母线架构可以支持单机柜功率高达 30KW 以上，具有很好的未来扩展性并大大降低了传输损耗。

随和高性能计算，以及 GPU 等应用发展，未来的服务器功耗将不断增加，如果单机柜功率在 10KW 以下，12V 母线还能勉强应对，但随着机柜功率的不断增加，12V 母线带来的损耗，以及压降将成为难以承受之重，因此未来机柜内母线电压一定会往 48V 方向发展，特别是在 HPC 等高性能计算场合。

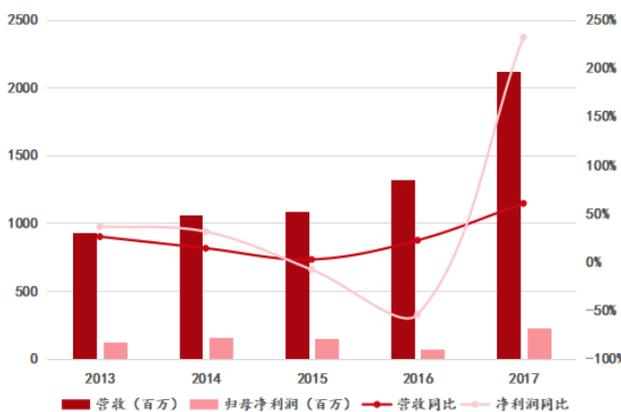
公司在军工和铁路领域占有 60~70% 的市场份额，同时致力于功率电源在数据中心、通信等领域的开拓，并将致力于将自身在电源领域多年积累的技术优势拓展到通信领域。2018 年前三季度营业收入 2.18 亿美元，同比增长 28.65%，净利润 2482 万美元，同比增长 1818%。

9.5 英威腾——进入高速发展轨道，UPS 业务增速惊喜

公司专注于工业自动化和能源电力两大领域，依托于电力电子、自动控制、信息技术，业务覆盖工业自动化、新能源汽车、网络能源及轨道交通。全国共有多处研发中心，拥有各类专利多件，实验室拥有国内工控行业首家 TUV SUD 颁发的 ACT 资质，并通过 UL 目击实验室及 CNAS 国家实验室认证。立足于工业自动化和能源电力领域，以三大技术为基础，做大做强工业自动化、新能源汽车、网络能源、轨道交通等核心业务。

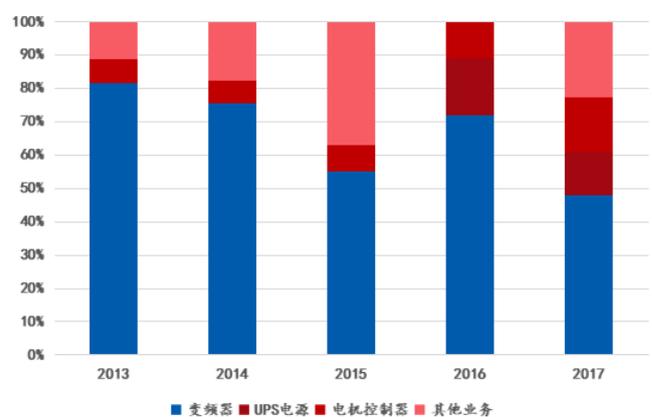
公司 2018 年 1-9 月份实现营业收入 41.3 亿元，同比减少 24.61%；净利润 5.6 亿元，同比增长 6.02%。其中三季度营业收入 11.4 亿元，同比减少 43.76%；净利润 1.9 亿元，同比下降 6.95%。

图表64：英威腾近年营业收入和利润



资料来源：wind，方正证券研究所

图表65：英威腾分产品营业收入占比



资料来源：wind，方正证券研究所

公司进入高速发展轨道：公司自上市以来，营业收入一直保持增长，但净利润长期围绕 1 亿元上下波动。2017 年公司进入稳定、高速增长的轨道，传统业务变频器经过组织架构的优化和调整，释放出新

的活力；成熟业务 UPS 增长稳健，并切入数据中心一体化解决方案；新兴业务新能源汽车、光伏逆变器、轨交牵引系统等也开始步入正轨。

UPS 业务增速惊喜：公司网络能源业务 2018 年 1-6 月份营业收入 2.77 亿，同比增长 45.73%；其中 UPS 业务收入 1.80 亿，同比增长 58.82%，增速令人惊喜；光伏子公司英威腾光伏收入 0.97 亿，同比增长 27%。

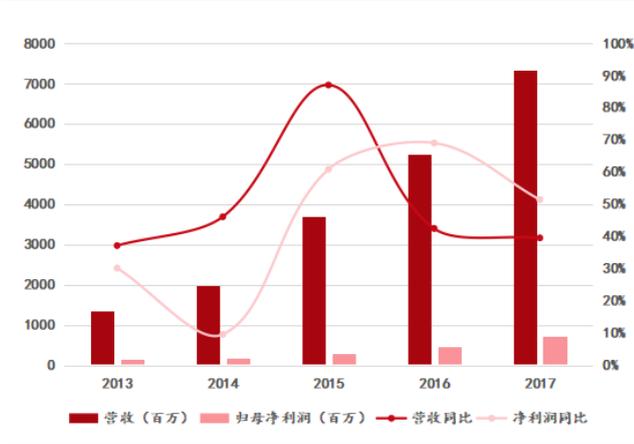
费用控制成效显著：公司费用控制成效明显，三费显著下降。2018 年上半年公司销售费用率为 10.33%，同比下降 2.23%；管理费用率为 18.63%，同比下降 1.89%；财务费用方面因上半年汇率波动产生 224 万的汇兑净收益，利好整体财务费。

9.6 易事特——光伏产品高速增长，IDC 以科技赋能智慧信息化

公司是电力电子技术及能效管理专家，是全球智慧城市和智慧能源解决方案卓越供应商。公司主要产品有：UPS、高压直流电源、逆变器、充电桩、储能设备、精密空调、智能配电等产品的研发、制造、销售与服务；围绕智慧城市&大数据、智慧能源（含储能系统、微电网、充电桩、云计算、逆变器）及轨道交通（含监控、通信、供电）等战略新兴产业，为全球用户提供优质 IDC 数据中心、量子通信云计算系统、光储充一体化智慧能源系统、轨道交通智能供电系统等全方位解决方案。

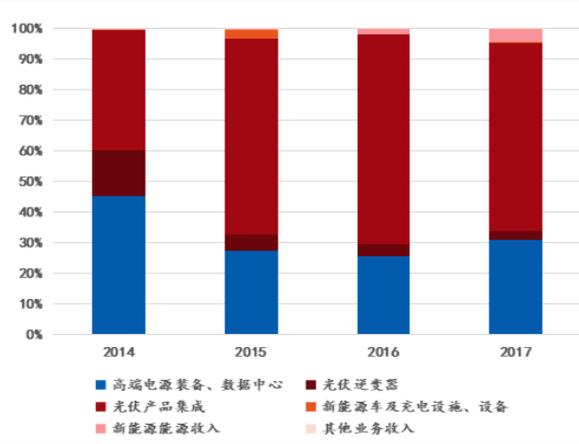
公司 2018 年前三季度实现营业收入 22.1 亿元，同比增长 49%；归母净利润 1.1 亿元，同比下降 68%。预计全年归母净利润区间为 1.36 亿元-2.13 亿元，变动幅度：-68%至-50%。

图表66：易事特近年营业收入和利润



资料来源：wind，方正证券研究所

图表67：易事特分产品营业收入占比



资料来源：wind，方正证券研究所

光伏产品高速增长：公司把握住光伏系统集成的爆发期，光伏产品高速发展，2017 年光伏产品集成营收 44.8 亿元，同比增长 25%，是公司第一大产品板块，已经拥有一批市场占有率高的产品，也具有深厚的技术储备。未来光伏产品将继续稳定增长，为公司贡献较大利润。

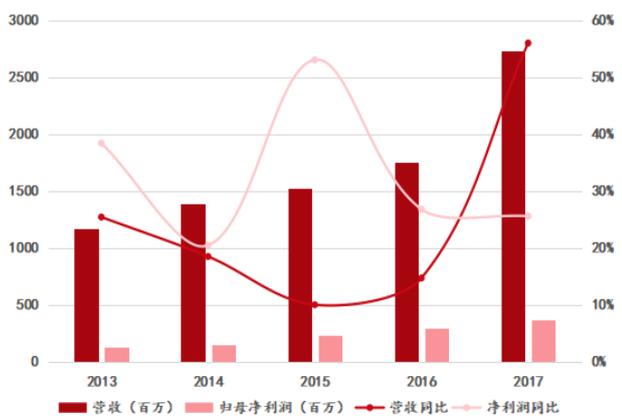
IDC 以科技赋能智慧信息化：公司积极探索智慧信息化发展新路径，建立以科技为核心的增值服务。在传统的信息化发展模式下，不断强化对信息化的科技支撑，提高行业发展智能化程度。比如，公司成功交付甘肃农垦集团数据中心机房项目，该项目采用易事特 MC2000 系列产品，将以“智慧”助力现代农业发展。

9.7 科士达——数据中心产品领先，开拓“光伏+储能”业务模式

公司专注于电力电子及新能源领域，产品涵盖 UPS 不间断电源、数据中心关键基础设施（UPS、蓄电池、精密配电、精密空调、网络服务器机柜、机房动力环境监控）、太阳能光伏逆变器、逆变电源、新能源汽车充电桩（交流充电桩、直流充电桩、直流充电模块、充电桩运营平台）的国家火炬计划重点高新技术企业、国家企业技术中心、国家技术创新示范企业。公司是中国大陆本土具有较大规模的 UPS 研发生产企业及品质阀控式密封铅酸蓄电池制造商，数据中心关键基础设施一体化解决方案提供商、新能源电力转换产品领域厂商。

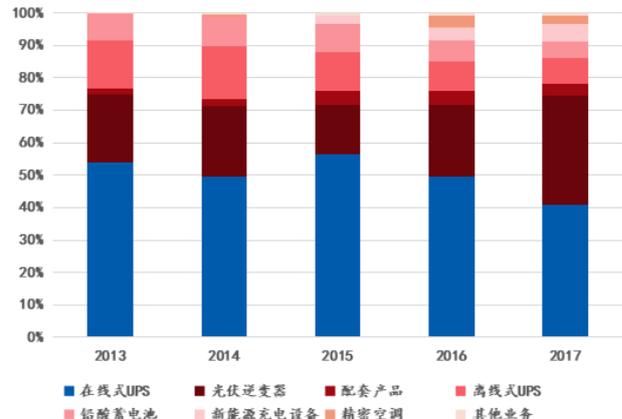
公司 2018 年前三季度实现营业收入 18.0 亿元，同比增长 5.3%；净利润 2.2 亿元，同比下降 9.97%。净利润 2.23 亿元至 3.71 亿元，下降幅度为-40%至 0%，基本每股收益 0.38 元至 0.64 元。

图表68：科士达近年营业收入和利润



资料来源：wind，方正证券研究所

图表69：科士达分产品营业收入占比



资料来源：wind，方正证券研究所

数据中心产品领先：公司自今年6月份后光伏行业需求大幅下滑，而公司数据中心和充电桩业务取得较高增长，今年三季度整体实现同比增长。公司的数据中心产品在金融行业保持领先水平，同时在通信行业获得中国移动、中国联通较大订单，在 IDC 行业也不断取得突破，有望延续领先地位。

开拓“光伏+储能”业务模式：光伏作为能源具有不稳定和间歇性的特点，为了改善这种情况，公司创新性提出“光伏+储能”业务模式，成为公司新的利润增长点，逆变器占市场的份额也逐渐提升。也收购了子公司并投资建设储能系统绿色制造项目。