

IDC 系列报告三：数据中心中各类 IT 硬件占比拆分

本报告从普遍应用于数据中心的叶脊架构出发，以将数据中心所有成本折算至单机柜为基本思路，试图量化拆解云计算基础设施领域如 IDC、服务器、网络设备和光模块之间投资配比关系。

核心观点

- **叶脊架构更加适应超大型数据中心发展趋势，并拉动高速光模块及网络设备不断升级。**1) 叶脊架构最早 Facebook 提出，由于其更加适应全球超大型数据中心发展趋势，现在广泛应用于全球各大数据中心。2) 叶脊架构可以划分为机柜层、Leaf 层和 Spine 层，所用 IT 设备分别为，机柜层：服务器、ToR 交换机、光模块；Leaf 层：Leaf 交换机、光模块；Spine 层：Spine 交换机、光模块。2) 叶脊架构主要以 Server 到 Server 之间互联流量为主，为了实现内部互联，如机柜间互联以及 Leaf-Spine 互联的短距高速高模块需求大幅增加。而 Server 到 Spine 交换机流量压力得到很大缓解，数据中心设计往往向上也呈现一定的收敛比。与此同时，交换机也伴随升级：端口数量越来越多，芯片转发速率越来越高。
- **叶脊架构下 IT 设备用量的拆解。**1) 核心假设：A>高功耗单机柜满载 24 台服务器；B>ToR 交换机上下行端口数量比例为 1: 6；C>Leaf 交换机上下行端口数量比例为 1: 6；D>Spine 交换机不考虑上行，不考虑数据中心之间互联的 Edge 交换机；E>目前海外主流光模块方案，服务器互联采用 25G 光模块，ToR 与 Leaf 交换机、Leaf 与 Spine 交换机采用 100G 光模块。2) 合计单机柜对应服务器 24 台、1 台 ToR 交换机，0.08 台叶交换机，0.01 台脊交换机、48 个 25G，9.3 个 100G 更高速光模块。
- **IT 设备的价值量折算。**1) 满载高功耗单机柜投资总额约 92.9 万，对应 IDC：服务器：网络设备：光模块投资比例约为 16%：77%：4%：3%的关系。对于超大型云计算数据中心，交换机所需要的型号更加高端，价值量更高。注意的是，该测算未包括光纤光缆、跨洋光缆等测算。因此平均来说，单机柜的资本开支可能更大。但总体来说，几类常见 IT 设备间的配比关系，相对正确。2) 就通信领域来说，光模块-数据中心光模块价值占比量高，且受益于产品升级迭代的量价齐升；IDC-存量机柜贡献稳定利润，增量机柜体现利润增速；网络设备-下游应用场景中数据中心占比较小，企业级应用较高。因此云计算基础设施领域投资弹性排序为：服务器，光模块>IDC>网络设备。

投资建议与投资标的

- IDC 行业长期将受益于国内 IT 云化程度加深，以及 5G、物联网、AI 等新技术带来数据流量的提升。原来预期 2020 年云计算 capex 复苏，再叠加新年中互联网应用的爆发，数据中心全年有望保持高景气。伴随新基建之风吹过，IDC 及网络基础设施领域的投资机会将进一步确立。
- 我们看好 IDC 及网络基础设施领域全年投资机会，建议关注光模块板块：中际旭创(300308，未评级)、剑桥科技(603083，未评级)、新易盛(300502，未评级)；IDC 板块：建议关注光环新网(300383，买入)、数据港(603881，买入)、宝信软件(600845，未评级)、奥飞数据(300738，未评级)。网络设备子版块：包括星网锐捷(002396，买入)、紫光股份(000938，未评级)。

风险提示

- 云计算行业需求下滑，监管政策变化导致行业竞争加剧



东方证券
ORIENT SECURITIES

行业评级 看好 中性 看淡 (维持)

国家/地区 中国
行业 通信行业
报告发布日期 2020 年 04 月 21 日

行业表现



资料来源：WIND、东方证券研究所

证券分析师 张颖
021-63325888*6085
zhangying1@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860514090001

联系人 蔡超逸
021-63325888-3136
caichaoyi@orientsec.com.cn

相关报告

中共中央要求加快新基建，重申数据中心和 5G 投资机遇： 2020-03-04
工信部部署 5G 独立组网进程，整体建设速度有望加快： 2020-02-24
云计算巨头公布 Q4 财报，产业需求持续旺盛： 2020-02-20
云计算 Capex 回暖，产业重回景气向上周期： 2019-12-02
优选云产业成长，把握 5G 正当时：—— 2019-11-25
2020 年度通信行业投资策略
IDC 系列报告二：还原 IDC 行业的真实盈利能力： 2019-11-07

东方证券股份有限公司经相关主管机关核准具备证券投资咨询业务资格，据此开展发布证券研究报告业务。

东方证券股份有限公司及其关联机构在法律许可的范围内正在或将要与本研究报告所分析的企业发展业务关系。因此，投资者应当考虑到本公司可能存在对报告的客观性产生影响的利益冲突，不应视本证券研究报告为作出投资决策的唯一因素。

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

点击进入 <http://www.hibor.com.cn>

目 录

数据中心的主流架构——叶脊架构	5
初识叶脊架构	5
叶脊架构带来 IT 设备变化	6
IT 设备用量的详细拆解	7
IT 设备价值量的折算	9
投资建议	10
风险提示	10

图表目录

图 1：数据中心叶脊架构中 Pod 划分.....	5
图 2：数据中心叶脊架构平面示意图.....	5
图 3：数据中心叶脊架构立体图.....	6
图 4：数据中心内部 IT 设备分布示意图.....	6
图 5：全球数据中心流量分布	7

表 1：单机柜折算后 IT 设备需求量.....	8
表 2：数据中心单机柜投资金额测算.....	9

数据中心的主流架构——叶脊架构

初识叶脊架构

Facebook 于 2014 年提出一种新兴的网络架构，即叶脊架构（Spine-Leaf）。叶脊架构较传统网络架构相比，数据交换和吞吐能力更强，网络也更加扁平化和密集。目前已经成为全球的云计算/互联网公司，包括国内的阿里腾讯等，数据中心的主流部署方式。

为了更加清晰的拆分云计算企业的 CAPEX 结构，首先我们需要了解叶脊架构的构成。

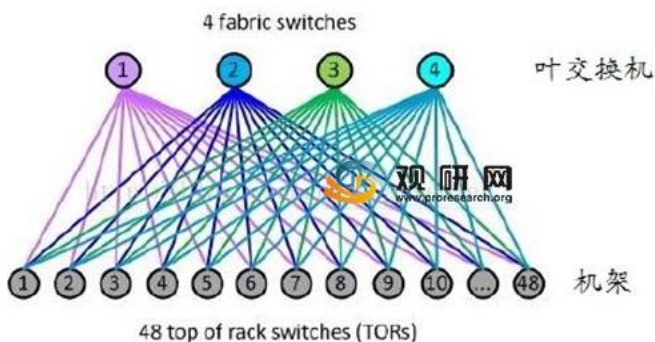
我们以 Facebook 数据中心为例，自下而上可以划分为：机柜层、Leaf 层、Spine 层。

- **机柜层**：机柜层是整个网络拓扑架构中最底层的结构，用于放置服务器，通常来说单机柜可以放置 20-24 台标准服务器。机柜内部的服务器互联通过机柜顶层的交换机，该交换机也被称为 ToR（Top of Rack）交换机。实际上 TOR 交换机既可以部署在机柜顶部，也可以部署在机柜的中部（Middle of Rack）或底部（Bottom of Rack）。通常而言，将交换机部署在机柜顶部是最有利于走线的，因此这种架构应用最多。
- **Leaf 层**：Leaf 层是网络架构中承上启下的一层，主要由叶交换机组成。叶交换机向下与 ToR 交换机相连，向上与脊交换机相连。每台叶交换机则向下连接 48 台 ToR 交换机，这样通过叶交换机便实现了机柜之间的互联。48 台 ToR 交换机与 4 台叶交换机对应划分出的结构也被称为 Server Pods。数据中心在部署时根据需求，划分为 N 个 Server Pods，N 的数量可以从几十到几百。边缘的 Pod 又被称为 Edge 平面，负责出口流量，实现数据中心之间的互联。
- **Spine 层**：Spine 层是整个数据中心拓扑网络的顶层。为了实现全网的连通性，Facebook 设计了四个独立的骨干交换机平面(Spine plane)，每个平面可以根据需求扩展脊交换机，而每个 Pod 的每一台叶交换机都会与所在平面的每一台脊交换机互联。

按照 Facebook 最初提出的叶脊架构进行估算，整个数据中心共可以容纳的服务器总数量为 $24 \times 48 \times N$ 台服务器网络的彼此互联。

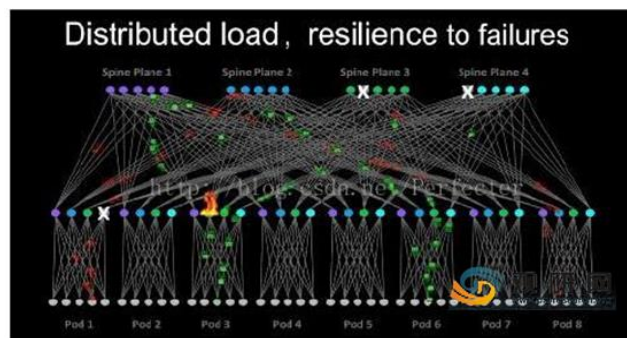
通过设计更多的 Server Pods，则单个数据中心可以实现高达几十万台的服务器的容量。

图 1：数据中心叶脊架构中 Pod 划分



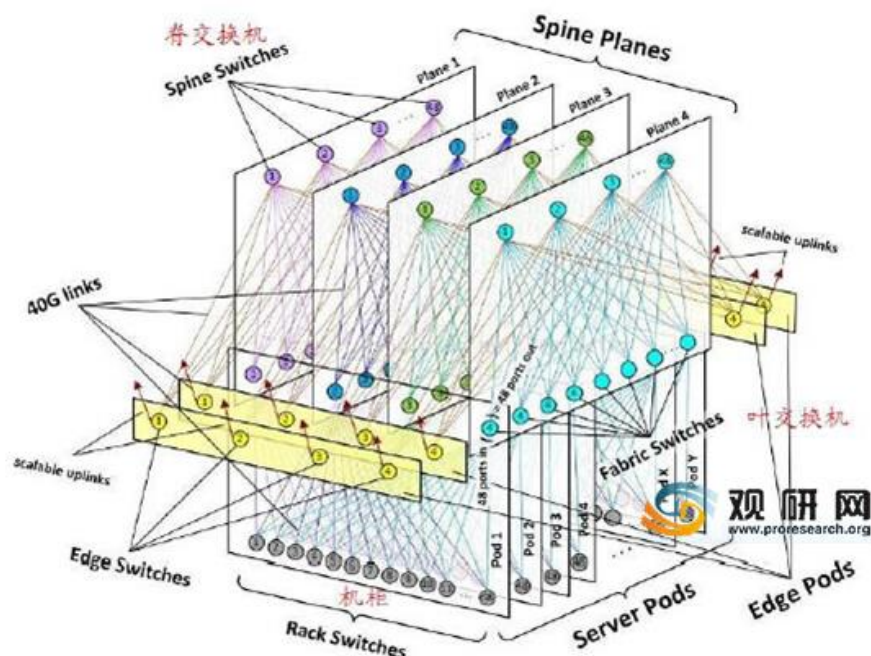
数据来源：观研网，东方证券研究所

图 2：数据中心叶脊架构平面示意图



数据来源：观研网，东方证券研究所

图 3：数据中心叶脊架构立体图



数据来源：观研网，东方证券研究所

叶脊架构带来 IT 设备变化

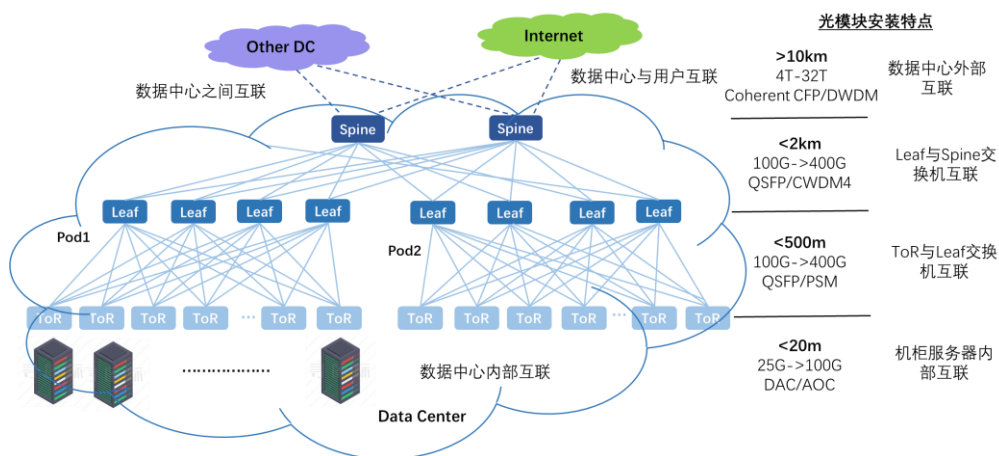
叶脊架构下，每层网络结构所用 IT 设备如下图所示：

机柜层：服务器、ToR 交换机、光模块；

Leaf 层：Leaf 交换机、光模块；

Spine 层：Spine 交换机、光模块；

图 4：数据中心内部 IT 设备分布示意图



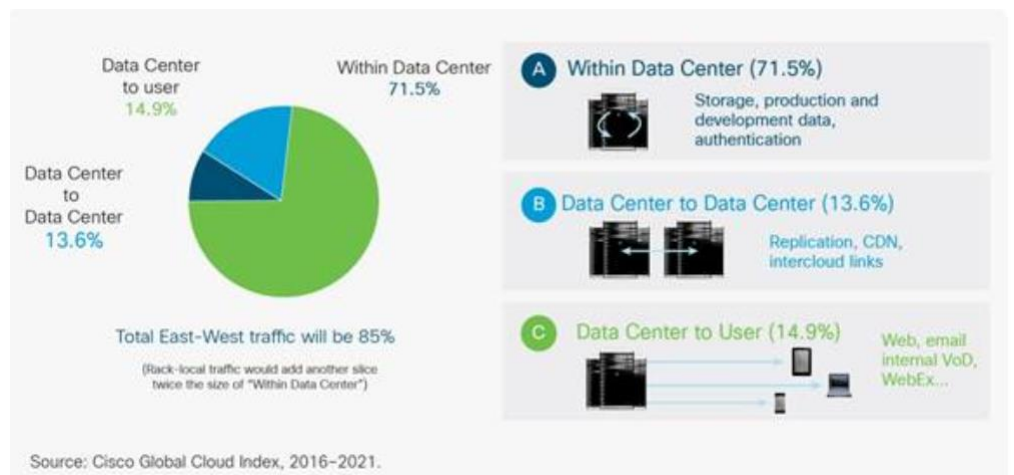
数据来源：公开资料，东方证券研究所绘制

叶脊架构拉动高端光模块需求。随着全球数据流量爆发式增长，建设大型的数据中心较传统的小数据中心具有显著的成本优势，为适应数据中心规模的扩大以及提升流量传输效率，原有的三层网络架构与数据中心的发展格格不入，性能出现瓶颈，在此背景下叶脊架构诞生了。

叶脊架构以东西向（East-West）流量为主，如机柜间互联以及 Leaf-Spine 互联的短距高速高模块需求大幅增加，当前北美应用最为广泛的为 100G 光模块，并且随着数据流量的增加 100G 光模块正在向 400G 升级。而南北向流量压力得到很大缓解，数据中心设计往往向上也呈现一定的收敛比，南北向光模块如 ToR-Leaf 互联光模块和 Leaf-Spine 互联光模块速率并不会显著升级。

与此同时，交换机也伴随升级：端口数量越来越多，芯片转发速率越来越高。

图 5：全球数据中心流量分布



数据来源：Cisco，东方证券研究所

IT 设备用量的详细拆解

以下，我们将按照前一小节所阐述的叶脊架构，对数据中心内部服务器、交换机、光模块等几类 IT 基础产品的用量进行详细拆解。

核心假设：

1. 高功耗单机柜满载 24 台服务器；
 2. ToR 交换机上下行端口比例为 1:6；
 3. Leaf 交换机上下行端口比例为 1:6；
 4. Spine 交换机不考虑上行，不考虑数据中心之间互联的 Edge 交换机
 5. 目前海外主流光模块方案，服务器互联采用 25G 光模块，ToR 与 Leaf 交换机、Leaf 与 Spine 交换机采用 100G 光模块
- **机柜层：**服务器和交换机用量较为清晰，单机柜设计的服务器数量为 24 台，机柜顶放置 1 台 ToR 交换机。交换机分为下行接口和上行接口。下行即连接下层的服务器，上行即连接上层

的叶交换机，中间通过两端带有光模块的 MTP/MPO 光纤连接器进行连接。光模块用量按照如下测算：

下行的测算：24（24 台服务器，一台服务器连一个光模块）+ 24（ToR 交换机 24 个下行接口）= 48 个，一般采用为 25G 连接。

上行的测算：一台 ToR 交换机一般 4 个上行接口（连接 4 个叶交换机），上行接口速率为 100G。

小结：按照单机柜折算，即需要 24 台服务器，1 台 ToR 交换机，48 个 25G 光模块，4 个 100G 高速光模块。

➤ **Leaf 层：**不含服务器，只计算交换机与光模块用量。交换机用量较为清晰，一个 Pod（48 个机柜）对应 4 台叶交换机。光模块用量按照如下测算：

下行的测算：对应于 ToR 交换机的上行，一台叶交换机有 48 个下行速率为 100G 的端口，即需要 48 个 100G 的光模块。

上行的测算：考虑到在 Leaf 层南北向流量较少，可以按照 1: 6 的收敛比进行设计，即 8 个上行接口，Spine 平面设计 8 台脊交换机。因此单台叶交换机最多对应 6 个 100G 光模块。

小结：按照单机柜折算，即需要 $4/48=0.08$ 台叶交换机， $(48+8) \times (4/48)=4.7$ 个 100G 高速光模块。

➤ **Spine 层：**按照 4 个 Spine 平面，每个平面扩展 8 个脊交换机，脊交换机总用量为 32 台；按照 64 个 Pod 平面估算，每个 Pod 平面对应 0.5 台脊交换机。

光模块用量的估算，每台脊交换机下行与每个 Pod 所在平面的叶交换机相连，则要求脊交换机要有 64 个下行端口，每台脊交换机对应高速光模块用量 64 个。

小结：按照单机柜折算，即需要 $0.5/48=0.01$ 台脊交换机， $64 \times (0.5/48)=0.67$ 个 100G 高速光模块。

将以上汇总后，合计单机柜对应服务器 24 台、1 台 ToR 交换机，1/12 台叶交换机，1/96 台脊交换机、48 个 25G，28/3 个 100G 更高速光模块，具体用量如下表所示：

表 1：单机柜折算后 IT 设备需求量

网络架构	服务器	交换机	光模块
机柜层	24	1 台 ToR	48 个 25G，4 个 100G 更高速光模块
Leaf 层	0	0.08 台叶交换机	4.7 个 100G 更高速光模块
Spine 层	0	0.01 台脊交换机	0.7 个 100G 更高速光模块
合计	24	1 台 ToR 交换机，0.08 台叶交换机，0.01 台脊交换机	48 个 25G，9.3 个 100G 更高速光模块

数据来源：东方证券研究所测算

IT 设备价值量的拆算

按照如前一小节的拆解，单机柜的投资金额可以划分为如下几个部分：

- **IDC 及机柜 CAPEX：**根据项目以及建设地理位置不同，单机柜投资金额在 12-18 万之间，按照平均 15 万进行估算，其中投资包含了土地、建筑、机柜、温控系统、供电系统（柴发、蓄电池）等等。该项投资一般情况由 IDC 企业支出，特殊情况下如阿里定制化模式，土地支出及所有权不属于 IDC 企业。定制化模式下单机柜的投资成本可能更低。
- **服务器：**目前标准的机柜通常按照满载 24 台服务器设计，实际根据客户需求不一定按照 24 台满载运行。在此估算中暂且按照 24 台满载进行估算。
- **交换机：**ToR 交换机通常为 24 口，价格约在 2 万元左右；Leaf 交换机和 Spine 交换机会根据支持端口速率或数量的不同，价格有较为明显的差异。以某一线品牌 Leaf 交换机（48 个 10G 下行接口，6 个 100G 上行接口）为例，软硬件报价约在 4 万元左右；某一线品牌 Spine 交换机（18 个 100G 下行接口）为例，软硬件报价约在 30 万左右。

一般来说，数据中心规模越大，要求使用的 Leaf 和 Spine 交换机的端口速率和数量越多。超大规模的数据中心使用的 Spine 交换机价格甚至在成百上千万元/台。在此 64 端口的脊交换机我们按照 100 万元进行估算。

- **光模块：**目前数据中心主流采用 25G 端口服务器，因此服务器上行以及 ToR 交换机下行之间的端口连接采用 25G 光模块；而 ToR 交换机上行、Leaf 交换机以及 Spine 交换机采用 100G 光模块，甚至升级为更高速率光模块。

表 2：数据中心单机柜投资金额测算

单位：万元	数量	单价	价值量
IDC 及机柜 Capex	1	15	15.0
服务器	24	3	72.0
ToR 交换机	1	2	2.0
Leaf 交换机	0.08	4	0.3
Spine 交换机	0.01	100	1.0
光模块-25G	48	0.03	1.4
光模块-100G	9.3	0.13	1.2
合计			92.9

数据来源：东方证券研究所测算

云计算基础设施各细分领域，IDC：服务器：网络设备：光模块大约为 15：72：3.3：2.6（对应 16%：77%：4%：3%）的关系。对于超大型云计算数据中心，交换机所需要的型号更加高端，价值量更高。

注意的是，该测算未包括光纤光缆、跨洋光缆等测算。因此平均来说，单机柜的资本开支可能更大。但总体来说，几类常见 IT 设备间的配比关系，相对正确。

从通信板块的投资弹性来说：

光模块：下游应用场景中数据中心光模块价值占比量高，且受益于产品升级迭代的量价齐升；

IDC：存量机柜贡献稳定利润，增量机柜体现利润增速（增量机柜只有量的弹性）；

网络设备：下游应用场景中数据中心占比较小，企业级应用较高。

因此云计算基础设施领域投资弹性排序为：服务器，光模块 > IDC > 网络设备

投资建议

IDC 行业长期将受益于国内 IT 云化程度加深，以及 5G、物联网、AI 等新科技带来数据流量的提升。原来预期 2020 年云计算 capex 复苏，再叠加新年中互联网应用的爆发，数据中心全年有望保持高景气。伴随新基建之风吹过，IDC 及网络基础设施领域的投资机会将进一步确立。

我们看好 IDC 及网络基础设施领域全年投资机会，建议关注光模块板块：中际旭创(300308，未评级)、剑桥科技(603083，未评级)、新易盛(300502，未评级)；IDC 板块：建议关注光环新网(300383，买入)、数据港(603881，买入)、宝信软件(600845，未评级)、奥飞数据(300738，未评级)。网络设备子版块：包括星网锐捷(002396，买入)、紫光股份(000938，未评级)。

风险提示

云计算行业需求下滑。下游云计算相关企业资本开支下滑，或放缓采购进程，将影响 IDC 行业景气。

监管政策变化导致行业竞争加剧。当前一线城市准入政策收紧，这些地区 IDC 资源具有稀缺性，需求保持旺盛。如果未来一线城市监管发生宽松变化会对相关厂商盈利能力产生影响。此外 IDC 牌照对外资开放，或对行业格局产生影响。

分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明：

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内的公司的涨跌幅相对同期的上证指数/深证成指的涨跌幅为基准；

公司投资评级的量化标准

买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；

增持：相对强于市场基准指数收益率 5% ~ 15%；

中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；

减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

行业投资评级的量化标准：

看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；

中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；

看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

免责声明

本证券研究报告（以下简称“本报告”）由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告的全体接收人应当采取必要措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，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。不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发的，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

联系人：王骏飞

电话：021-63325888*1131

传真：021-63326786

网址：www.dfzq.com.cn

Email：wangjunfei@orientsec.com.cn