

5G世界的频谱资产组合

重新考量频谱价值

本报告由科技、传媒和电信行业中心编制

蜜蜂学堂



HELLO同学们，
不要错过让你洞察
整个商业世界的
蜜蜂内参



扫码添加Eva助教拉你入群



每日精选3份最值得关注的学习
资料给你

战略与运营咨询服务

德勤战略与运营咨询服务专业网络遍及全球，依托德勤的全方位专业服务和行业经验，重点关注当下影响企业的实际问题，为企业制定专业解决方案。

风险及财务咨询服务

德勤风险及财务咨询服务致力于协助企业应对复杂形势与风险，提升企业绩效，保持市场领先地位，并通过创新实现领先变革。

目录

引言	2
频谱资产组合的重要性	3
频谱价值的推动因素	10
新所有权模式与新频谱	13
5G世界的频谱价值	16
总结	18
尾注	20

引言

频谱的真正价值

对频谱资产组合妥善估值，可带来三大裨益。首先，精准的估值有助无线服务供应商完善频谱资产的管理、降低运营和资本成本以及吸引投资。其次，金融界可做出更明智的投资和融资决策。第三，政策制定者可对频谱拍卖和共享机制等重要事项做出更高效的判断。5G时代即将来临，掌握5G技术并加以运用已成为当前要务。

频谱是一种非比寻常的资产，可提升网络效能，降低成本，且不会耗竭，是无线世界的命脉。企业可借助技术投资重塑频谱的应用范畴，而科技发展也将有助于次级频谱发挥如主要资产的作用。无线服务供应商认同这一价值，因此已在授权频谱上投资数千亿美元，从而在全球各地构建无线网络。¹

在蜂窝式无线通信的发展初期，确定频谱购买的合理性相对简单。当时，无线服务供应商需要获得频谱以增加连接点和扩展新市场。额外频谱用于支持语音服务以及文本信息等低数据用量应用领域，因此需求可以进行一定预测。后来智能手机面世，带来高数据用量的应用需求。自2000年代末，数据需求激增令业界感到非常意外，无线服务供应商纷纷购买频谱，为的不是扩大覆盖范围，而是扩增容量。然而，即使频谱的相关需求已有所转变，但无线服务供应商仍将频谱视为必要但相对静态的资产，仅在必要时才购买并增添到现存频谱，以满足用户日益增长的对数据需求。

5G的来临预计将会改变这一态势。5G技术连同一系列其他新技术和监管方针，包括载波聚合方法、高频率频谱接入以及独有频谱共享模式，均将可能开辟各种更为复杂且要求更高的用例。5G体系结构

将推动实现自动驾驶汽车、工业自动化、第一响应者通信、移动医疗以及其他网络密集型的应用。

鉴于上述不断变化的情况，无线服务供应商必须考虑如何调整战略，从而以最佳方式评估频谱资产组合的价值并加以运用，确保合理运用恰当的频谱组合，以实现拟定覆盖、性能特征、容量和成本效益。无线服务供应商可有效利用种类均衡的频段，为客户提供更优质低价的服务，并以更快速度进入新市场。妥善管理频谱资产组合将会是无线服务供应商业务模式的成功要素。

无线服务供应商若能掌握频谱资产组合管理的秘诀，则可优化未来频谱和技术投资、确定如何弥补短板并发掘最佳机遇。对于未能破解有关秘诀的服务供应商，其运营能力、市场地位和财务状况将会相对逊色。

金融界和政策制定者了解频谱资产组合价值也会有所获益。投资者若能精确评估资产组合的价值，将更好地估计无线服务供应商的企业价值，从而做出更明智的投资与融资决策。政策制定者将更了解目前已在使用的或考虑开放的频段的固有价值，从而做出更明智的政策决策，如拍卖规则与价格、授权细则和共享机制等的政策。

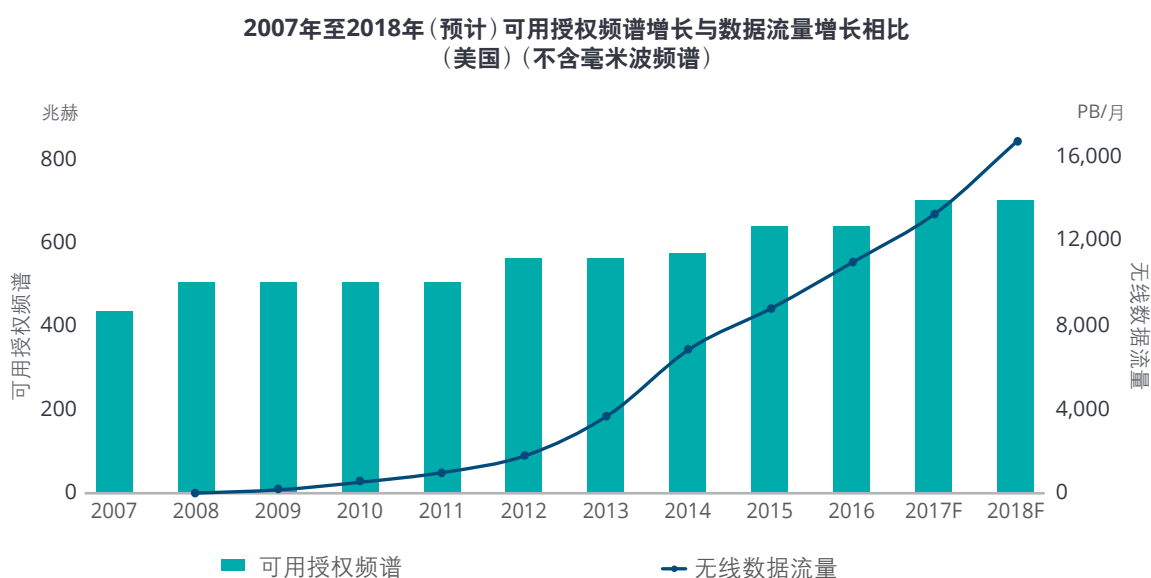
频谱资产组合的重要性

过去十年，联邦通信委员会通过拍卖和重新分配向市场提供了数百兆赫的频谱，以满足日益增长的数据需求，并支持美国政府致力成为4G技术先驱的首要任务。² 尽管上述举措已大幅增加美国无线服务领域获分配的频谱数量，但数据流量的增长速度仍远超可用频谱的增长（见图1）。³ 2011年至2016年间的全球移动数据流量增长达18倍。⁴

对此，无线服务供应商已耗资数千亿美元购买可用频谱许可证，使得频谱成为其主要资产，且占比仍在进一步扩大（见图2）。⁵

**2011年至2016年间
的全球移动数据量
增长达18倍。**

图1：美国无线数据流量已超越频谱数量

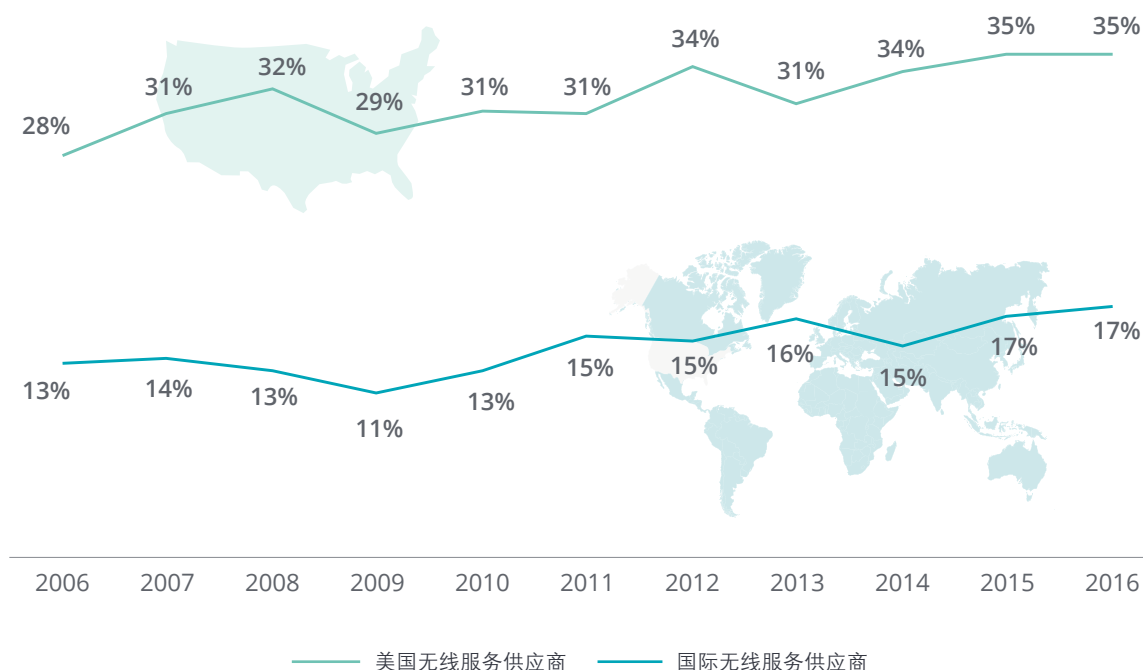


资料来源：Cisco, “Visual Networking Index: Global mobile data traffic forecast update, 2016–2021 white paper,” February 7, 2017、无线宽带联盟的年度行业报告、德勤分析

德勤洞察 | deloitte.com/insights

图2：无线许可证的价值日益提升

随着购买许可证的价格和频度有所增加，在总资产的占比也日益扩大。
许可证在美国公司的总资产占比（25-35%）远高于国际供应商的占比（10-20%）。



资料来源：基于主要美国无线服务供应商和特选全球无线服务供应商的年报数据进行的德勤分析。
对特定区域无线服务供应商展开同等分析。

德勤洞察 | deloitte.com/insights

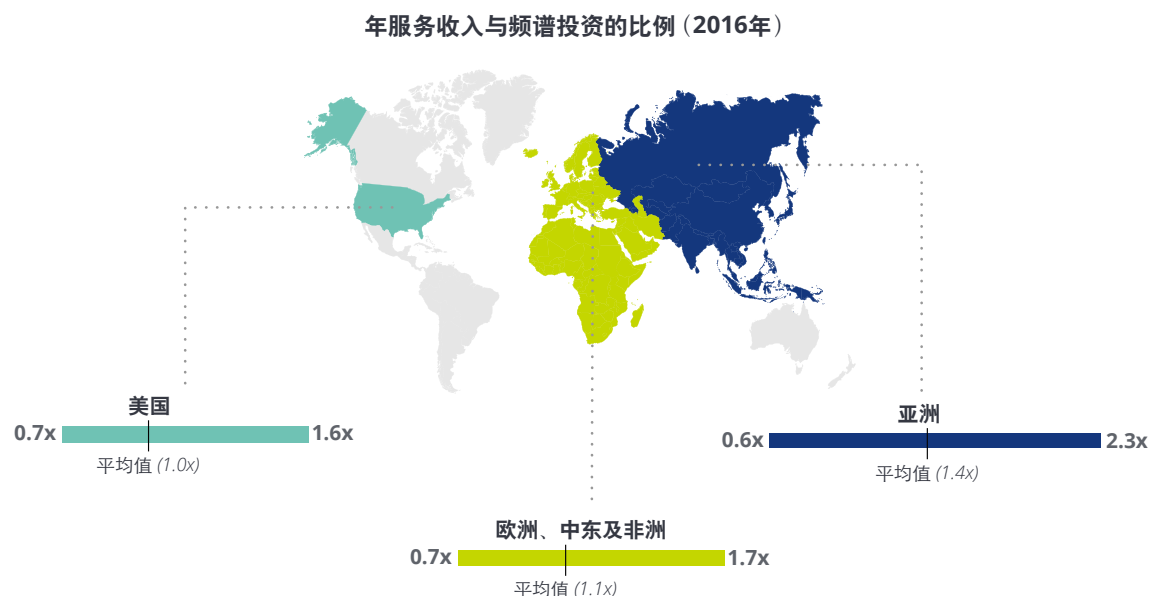
截至2017年第三季度，全美六大公开交易频谱的持有人为AT&T、Dish、Sprint、TDS/U.S. Cellular、T-Mobile US和Verizon，这六家的资产负债表上共持有逾2,650亿美元的综合频谱资产，几乎占总企业价值的三分之一。⁶

无线服务供应商的上述投资取得良好成效，创造的年收入可媲美全球各地的频谱投资规模（见图3）。⁷

随着数据需求不断上升，频谱成本也相应增加。但是，尽管频谱市场价值随着时间的推移大幅增加，无线服务供应商却普遍按原始购买价格在资产负债表列示已购买频谱。因此，频谱资产组合的真正价值无论是从价值本身抑或是资产占比通常都被分析人员低估。（见“频谱核算方法”部分。）

无线服务供应商频谱资产组合的真正价值通常被分析人员低估。

图3：频谱许可证的投资额助推无线服务供应商的服务收入增长



资料来源：基于主要美国无线服务供应商和特选全球无线服务供应商的年报数据进行的德勤分析。
对特定区域无线服务供应商展开同等分析。

德勤洞察 | deloitte.com/insights

频谱核算方法

美国的无线服务供应商和投资者过去一直把频谱许可证视为具有无限定可使用年期且无须进行摊销的无形资产处理。尽管频谱使用方式和依托其的服务价值存在无可避免的变化，但许可证每年都要接受减值测试并通常采用格林菲尔德方法（Greenfield Approach）估计公允价值。⁸ 因此，频谱资产的账面价值一般来说并非呈现频谱资产组合公平市值的良好指标。图4进一步详述根据《美国通用会计准则》和《国际财务报告准则》的会计规则处理频谱的方式。⁹ 对于多年或数十年前购买且按成本列账的频谱，其账面价值的估值通常显著低于市值，而近期所购置频谱的账面价值则往往更接近公平市值。

图4：全球各地对频谱的购买和无线许可证的处理方法

	美国通用会计准则	国际财务报告准则
<div> <div> <div>+</div> <div>÷</div> <div>×</div> <div>-</div> </div> <div>一般会计处理方法</div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> 美国联邦通信委员会的许可证视为无限定可使用年期的无形资产 不进行摊销 	<ul style="list-style-type: none"> 无限定可使用年期与有限定可使用年期的许可证分类因国家而异，并取决于许可证年限以及能否持续按名义成本续期 若按无限定可使用年期的无形资产处理，则国际财务报告准则一般与美国通用会计准则一致 若被视作具有有限定可使用年期，则按有限定可使用年期的无形资产核算，并需在可用年限内进行摊销

续 >

频谱核算方法（续）

图4：全球各地对频谱的购买和无线许可证的处理方法（续）

	US GAAP	IFRS
 可使用年期	<ul style="list-style-type: none"> 美国联邦通信委员会发出的许可证有固定年期（一般为十年）；但是，许可证续期已是常规，并按名义成本进行 无线服务供应商已确定概无法律、监管、合同、竞争、经济或其他因素限制无线许可证的可使用年期 每年重新评估无线许可证的可使用年期，以确定有关事项或情况是否仍然能够维持无线许可证无限定的可使用年期 	<ul style="list-style-type: none"> 一般而言，可使用年期是许可证的年限，除非假定按可忽略不计的成本进行续期
 减值	<ul style="list-style-type: none"> 以估计公允价值与账面价值进行比较，透过定性和定量评估每年进行减值测试 使用折现现金流量模型（“格林菲尔德方法”），并采用基于拍卖价格的市场方法加以证明，以确定许可证的公允价值 若无限定可使用年期资产的账面价值超过公允价值，则确认减值损失 	<ul style="list-style-type: none"> 摊销费用减少资产负债表上的资产价值以及股东权益 减值将进一步影响资产负债表价值 减值损失按照资产账面价值减去可收回金额的差额计算
 资产负债表影响	<ul style="list-style-type: none"> 由于资产价值反映成本，资产负债表一般不受影响 资产负债表仅在减值发生的情况下受到影响 	<ul style="list-style-type: none"> 由于计提摊销，资产净值在许可证年期内减少
 收益表影响	<ul style="list-style-type: none"> 除非减值发生，否则收益表不受到影响 	<ul style="list-style-type: none"> 于估计可使用年期内以直线法计提摊销
 频谱互换处理方法	<ul style="list-style-type: none"> 一般按公允价值汇兑，产生损益 对互换协议某些条款给予额外会计考虑，例如互换是否涉及货币兑换、第三方或者金融工具的发行 	<ul style="list-style-type: none"> 一般按公允价值汇兑，产生损益 对互换协议某些条款给予额外会计考虑，例如互换是否涉及货币兑换、第三方或者金融工具的发行
 并购处理方法	<ul style="list-style-type: none"> 已购置资产按购买日期公允价值计量；可导致价值调升 	<ul style="list-style-type: none"> 已购置资产按购买日期公允价值计量；可导致价值调升

注：投资者在做会计结论或决策前，应先咨询专业顾问意见并考虑自身情形的事实和状况。

资料来源：德勤分析

价值被低估产生了一个问题——即使账面价值可作了解频谱资产组合价值的基础，但其作用的发挥会受限于当前的会计准则。价格不断上升时，账面价值与市场价值之间的差距日益加深，不仅掩盖了购买某一频谱为企业带来的真正价值，也隐藏了过去或现在进行个别频谱购买在综合频谱资产组合中带来的潜在协同效应。

上述差距的影响远不止于频谱资产组合的运营价值。若能更全面地了解无线服务供应商的频谱价值推动因素（包括个别频组和整体频谱资产组合），将可帮助融资和投资界更好地了解无线服务供应商的整体价值。但是，对于频谱拍卖的结果（例如哪一家公司的资产组合得到改进、哪一家没有），无论有关频谱目前和未来的价值如何巨大，目前股市反应也颇为冷淡。（见“频谱估值和股东价值”部分。）

妥善估值将有助于无线服务供应商确定、建立和运用具有战略价值的频谱资产组合，从而创造新的融资机会。无线服务供应商可以利用以频谱资产为基础的融资为网络创新提供资金，同时通过资金选取和战略性频谱投资降低资本成本。

若能更全面地了解无线服务供应商的频谱价值推动因素（包括个别频组和整体频谱资产组合），将可帮助融资和投资界更好地了解无线服务供应商的整体价值。

例如，2016年末Sprint利用许可证资产组合发行了35亿美元债券，所涉资产价值约占公司频谱资产组合总额的14%（按MHz-Pop计算）。¹⁰Sprint以所持频谱作为债券的抵押，相比于过往交易，能够减少接近一半的息票，实现资本成本的大幅降低。

个别频谱直到现在才被认定为宝贵资产，可进行交易或用以获得融资。随着金融界更加了解按公平市值进行频谱估值的重要性以及影响其价值的种种因素，则更多融资机制和投资机遇将可能应运而生，例如出租频谱增加相关收入来源。

即使按账面价值计算，频谱资产通常在无线服务供应商的企业价值中也占据较大比重。因此，若频谱资产组合状况发生重大变动，无线服务供应商的估值和股价必将遭受严重影响。目标频谱的购买可强化资产组合，无线服务供应商可凭借较有优势的资产组合，改善地区或建筑物内的覆盖、提升服务水平、降低投资和运营成本、缩短新技术部署的入市时间以及更快响应不断变化的市场情况，从而获得竞争优势。反之，若无线服务供应商的资产组合未能完全配合战略和市场状况，或未有透过明智的购买而错过完善资产组合的机会，则公司将会处于竞争劣势，其业务表现、价值和股价也将可能受到负面影响。

无线服务供应商的频谱资产组合部署方式也会对估值造成影响。若无线服务供应商以明智且审慎的方式部署频谱，推动频谱的运用更加契合战略重点，例如通过提升网络效能以较低成本为高收入客户提供高价值的服务。而公司可以随时启用专作备用的频谱，以满足未来增长需求和支持技术迁移，让无线服务供应商可以更快进入竞争市场。在某些情况下，决定哪些频谱不予部署也非常重要。

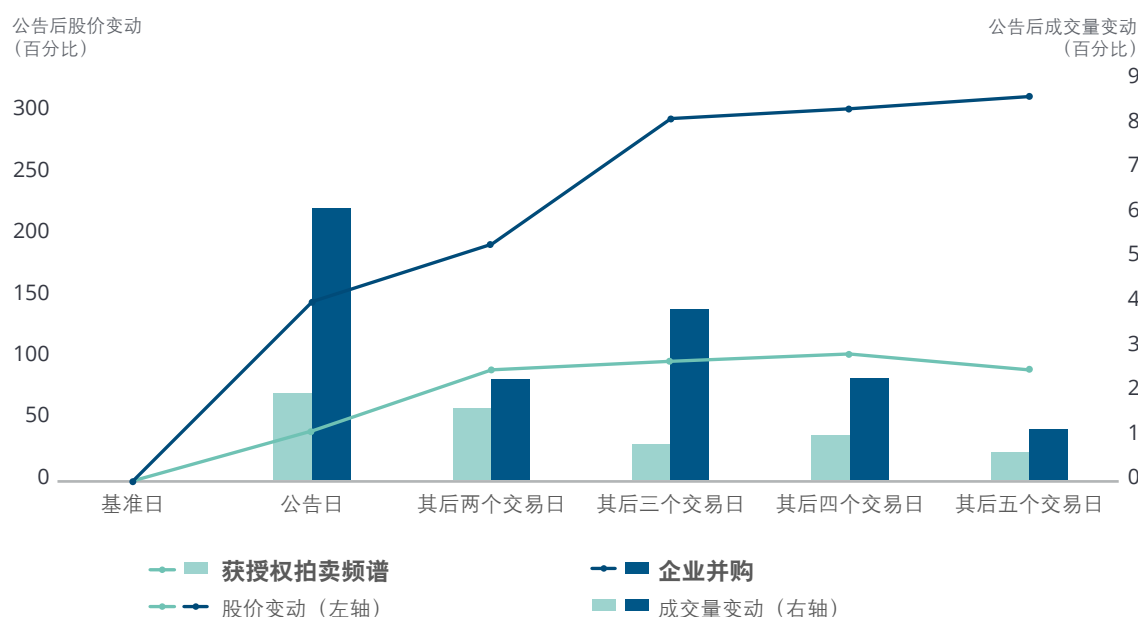
频谱估值和股东价值

尽管无线服务供应商和投资者计量频谱价值的方式有所改变，但对于通过拍卖进行频谱购买这类主要市场活动，金融界的反应一直较为冷淡。如图5所示，对于成功参与频谱拍卖的无线服务供应商，其股价和成交量的变动通常都不会引起市场关注¹¹。相较于通常会带动股价和成交量大幅增加的并购项目等其他主要市场活动，同等规模的频谱拍卖则显然不受市场重视。

这一态势意味着极少数投资者有途径了解频谱交易的短期影响并估计有关价值，导致他们只能等待数年才能获悉有关交易对业务现金流量产生的影响。

图5：并购公告与频谱拍卖公告相比

与同等规模的频谱拍卖结果公告相比，企业并购公告对美国无线服务供应商的股价和成交量的影响更大



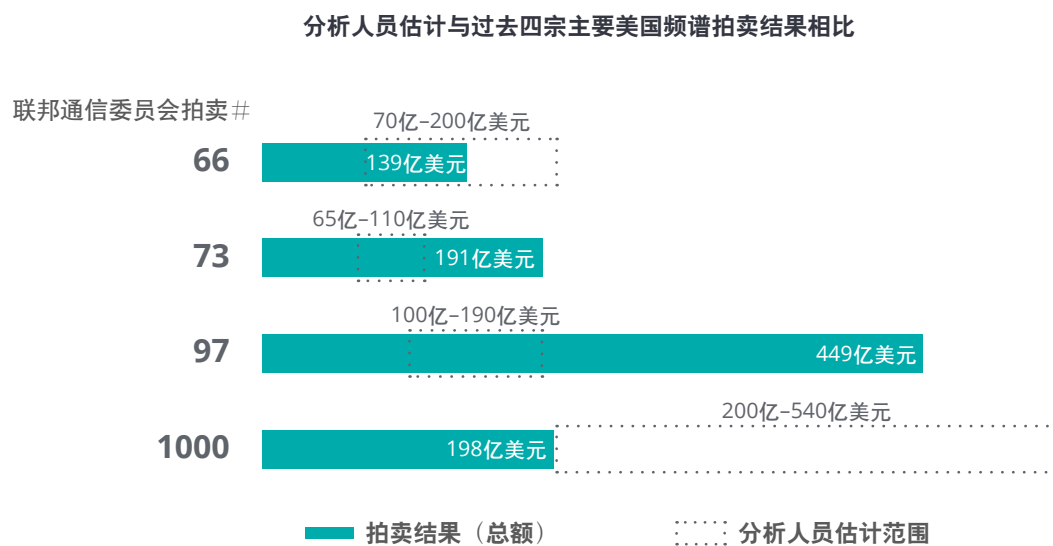
资料来源：基于公司公开报告和投资者公告信息进行的德勤分析

德勤洞察 | deloitte.com/insights

投资者应考虑的主要问题包括：无线服务供应商的频谱资产组合如何助其推进未来增长计划、抗衡竞争对手并维持较低资本和运营成本？若频谱管理得当，无线服务供应商则可以目标成本实现绩效目标，并同时能够灵活地应对战略上的不确定因素。

在其他因素不变的情况下，若无线服务供应商成功购买和部署颇具吸引力的频谱，则将为企业价值带来乘数效应。分析人员的拍卖预测与实际拍卖结果之间经常存在偏差，且后续股份交投活动乏力，意味着投资者需要显著提升自身能力，以便了解频谱状况对企业价值的影响。（见图6）¹²

图6：频谱随着时间推移成为更加复杂的资产，其价值越发难以预测



资料来源：基于公司公开报告和投资者公告信息进行的德勤分析

德勤洞察 | deloitte.com/insights

频谱价值的推动因素






过去数十年来，无线服务供应商评估频谱价值的方式发生了重大变化。在早期，服务供应商致力于增加订户数量和构建覆盖范围，并且按照人均覆盖范围进行估值。当他们的焦点转移到数据容量时，则转为采取网络资本规避方式，相对于投资于更多发射塔或更新网络技术等其他方案，评估能否以较低资本投资额扩增频谱容量。随着无线服务供应商依托5G推出物联网和新一代服务，如今估值已取决于频谱提升效能的容量（见图7）。¹³

即使无线服务供应商已通过4G技术部署较为成熟的频宽管理计划，实现扩增容量和覆盖范围，并

充分发挥频谱资产的能力以及以较低的单位比特成本提供服务，但是，若干相关频谱资产组合价值的推动因素依然适用：

- 运用更多频谱以较低网络成本获得同等网络容量。持有较多频谱的无线服务供应商可保持具有竞争力的成本优势。
- 大组相邻频谱比相同数量的分散频谱更高效。与拥有较多非相邻频组的无线服务供应商比较，拥有大组相邻频谱的无线服务供应商可以较低资本和运营成本经营业务。

图7：频谱估值在不同技术世代的发展过程

					
	1G	2G	3G	4G	5G
美国推出年份	1983	1995	2002	2010	2019（估计）
竞争基础	本地语音覆盖范围	本地语音覆盖范围	数据容量	数据速度	普适连接能力
估值推动因素	覆盖人口	语音订户容量	成本降低，转移到数据服务	数据服务效能提升	竞争状况、效能和新用户
世代末用户量（美国）	3,500万用户	1.4亿用户	3亿用户	7.5亿台设备	超过100亿台设备

资料来源：德勤分析

德勤洞察 | deloitte.com/insights

- 无线服务供应商同时需要较低频率和较高频率的频谱，从而有效地提供高效的覆盖和容量。较低频率的频谱可改善覆盖范围和建筑物内穿透度，而较高频率的频谱则可在较短距离传输更多流量。
- 若无线服务供应商持有未采用的频谱，则可更快地以较低成本迁移到4G和5G等的新网络技术，而无需使用复杂、耗时且可能影响客户体验的频谱清除技术。上述无线服务供应商将在入市时间和客户满意度方面获得优势。

尽管如此，无线服务供应商购买频谱并将作资产核算后，即使已重塑频谱资产组合的应用范畴，以发挥新增频谱的效用并应对技术与用例的世代性变化，但他们通常未能因应资产组合的变化而重新考量频谱价值。他们应考虑的因素包括：

频率和频宽。频率和频宽一直是评估频谱价值的主要元素。举例来说，与两组5兆赫的非相邻频组相比，运营商一般愿意投入更多资金获得10兆赫的相邻频谱，原因在于规模较大的频组可以带来效率和效能优势。例如，从3G的5兆赫迁移到4G的10兆赫可将频谱效率提升十倍以上（见图8）。¹⁴由于防护频带使用的频谱减少，可实现更高效的功率分配，故较大组的相邻频率范围也可扩增容量。


此外，较低频率具备较佳的传导功能，可以更有效地穿透厚墙和其他障碍物；而较高频率可传输的数据量较高，鉴于其在传导能力的限制，可以更频繁地进行重复使用。

无线服务供应商购买频谱并作资产核算后，通常未能因资产组合的变化而重新考量频谱价值。

双工计划。由于不同计划管理不对称流量的方式各有差异，频段双工计划这一因素日益重要。美国的4G系统主要采用频分双工方式构建，但这可能导致即使在通常更多下行方向流量的情况下（如同视频直播服务），公司仍需要为上行容量预留一大部分资产组合。如今，随着5G即将来临，时分双工方式再度获得关注。与频分双工相比，时分双工通过现代化的多输入多输出天线系统，也可实现设备体积和能力的优势，进一步增加频谱价值。

减值和共享。若在不受约束的情况下与频谱的固有价值相对比，多项因素会导致频谱价值的减少，其中包括来自相邻频道使用者的讯号干扰、跨国监管限制、与可优先接入频谱的现有使用者订立的授权共享机制，以及通过设备认证在未授权频段内协

图8：频谱效率在不同技术世代的发展过程



	1G	2G	3G	4G	5G
美国推出年份	1983	1995	2002	2010	2019 (est.)
设定频宽	25-30千赫	200或1,250千赫	1.6或5兆赫	10兆赫	20-100兆赫
典型频谱效率 (位元/秒) / 赫	<0.1	0.5	3	30	100+

*包含大规模多输入多输出天线的影响
资料来源：德勤分析

德勤洞察 | deloitte.com/insights

调共享频谱。尽管未授权频谱可供使用者“免费”使用，并无需购买有关使用权，但能了解无线服务供应商的资产组合中未授权频谱的价值和作用，也会影响授权频谱的价值。

清除和构建要求。用于提供无线服务前必须先接受清除处理的频谱，其短期价值可能较低。以最近拍卖的600兆赫频段为例，无线服务供应商必须先清除频段内的广播公司，才可利用这些资产创造收入。此外，如果无线服务供应商因缺乏融资、网络设备、终端用户手持设备或充分标准等因素而未能满足联邦通信委员会规定的构建要求，则可能面临丧失许可证的风险。此等要求会对频谱的次级市场价值造成影响，一般而言，价值将随着许可证取消期限临近而逐步减少。¹⁵

手机和网络设施供应情况。支持新频率的终端用户设备和网络设施的供应情况可进一步影响频谱价值。为免延误频谱部署，无线服务供应商、网络设施供应商、标准制定机构和设备生产商必须共同协作，从而提供契合无线服务供应商的实施策略的设施和设备。国家或地区独有的标准大多已被全球标准取代，受影响的不仅是无线电接口，还有针对特定无线服务供应商的频带所提供的设备支持，以及设备聚合有关频带和无线电接口的能力。

基于成本、耗电量、设备体积和干扰问题等原因，移动设备代工生产商限制了大众化手机的频段数量。为了减少设备变体数量和实现更大规模的产量，生产商重点关注结合最有可能满足最大部分市场的频段，并与国际标准化频段协调一致。了解设备何时能以具有竞争力的成本运用新频谱，则将可能影响频谱的估值方式；随着5G网络的广泛实施，以及无线服务供应商开始部署较高频率的频段和尚未符合国际标准的频段，这一因素的重要性只会日益增加。

能够了解无线服务供应商的资产组合中未授权频谱的价值和作用，也会影响授权频谱的价值。

新所有权模式与新频谱

频谱资产组合的估值如今已非常复杂，而即将迎来的进一步发展，尤其是频谱共享的引入和大量高频频谱的接入，只会提升估值过程的复杂性。

非传统的所有权和接入方式。由于未来能够供应更多6吉赫以下频谱的机会有限，联邦通信委员会最近额外划拨了1,000兆赫的6吉赫以下频谱，以未授权和共享形式用于蜂窝式通信。¹⁶ 扩大使用非专利所有权模式将为未授权LTE（LTE-U）和授权辅助接入（LAA）等技术打开大门，通过在2.5吉赫、3.5吉赫和5吉赫频段操作未授权、综合授权/未授权和共享频谱，助力改善网络容量和效能。

未授权频谱允许获批准的设备使用频谱，无需联邦通信委员会发出的许可证，也不设与其他使用者互相协调频率的严格要求。¹⁷该体系最广为人知的运用是2.4吉赫工业、科学、医学（ISM）频段和5吉赫未授权国家信息基础设施（U-NII）频段标准，无线上网（Wi-Fi）通常按此标准运行。

无线服务供应商可在无需购买许可证的情况下利用该频谱大幅扩展商业网络的容量。但是，有关频段在关键应用领域的可靠度不足，例如第一响应者通信、互联车辆之间的通信以及远程手术。此外，为防范干扰，有关频段的最大允许传输功率水平远远低于授权频段的水平，导致传输范围严重受限，并使得所需蜂窝基站数量远高于以授权频谱操作的传统发射塔。

由于寻求获得专属授权的额外频谱存在困难，联邦通信委员会也在考量涉及共享授权频谱的所有权模式。¹⁸该方法可让现有使用者（如政府机构）继续使用频谱，同时让新使用者（如无线服务供应商）能够间接运用频段，但将受制于地理或干扰问题。与未授权频谱比较，共享频谱一般可以达到较高功率水平并提供预见性更高的服务，但由于共享体制更为正规和复杂，有关管理成本将有所增加。

即将迎来的进一步发展只会提升估值过程的复杂性。

图9：授权频谱与共享及未授权频谱的效益比较

授权频谱	共享及未授权频谱
<ul style="list-style-type: none"> • 较容易维持关键无线应用领域的服务质保 • 需要较少复杂技术来监察干扰和防止现有使用者受到干扰 • 各网络的用户接入管理较为容易 • 传输功率较高，因此范围较大或位元/赫的数值较高 • 授权频谱拍卖可有助筹集数以数十亿美元的款项，能为政府提供更多公共资金 	<ul style="list-style-type: none"> • 扩增网络容量 • 带来更多频谱接入机会，提高使用率 • 让不同实体（如有线运营商或因初始成本高昂而在目前欠缺授权频谱接入权或购买机会的其他新市场进入者）获益于无线网络 • 所需传输功率较低，范围较短或位元/赫的数值较低 • 有助解决某些经济效率低下的情况，例如现有使用者囤积频谱并获取暴利

资料来源：德勤分析

德勤洞察 | deloitte.com/insights

若要从共享频谱中获益，就必须先确定规则集、规例、工具和数据，以推进各使用者之间的有效协调，因为使用者之间的干扰对频谱价值会造成负面影响，并给公共服务带来问题，例如政府机构在有关共享频谱的运用中受到干扰。举例来说，雷达系统因功率传输率较高，可对蜂窝式系统构成干扰，而有关蜂窝式系统也可对卫星通信构成干扰。与专利授权相比，共享频谱要求使用者之间高度协调，但也让无线服务供应商根据自身需求和对网络投资的能力自行选择适合的共享级别和体制。因此，上述方法会对资产组合估值带来巨大影响，而影响程度则取决于管理成效。

尽管未授权和所有权共享频谱可为无线服务供应商扩增容量，缓解网络拥塞，但上述解决方案不应被视为专利授权频谱的等效替代品。授权频谱在网络控制和关键性用例的运用中仍然不可或缺。此外，缺乏充分的专利授权频谱连接也对服务质量造成负面影响。图9概述了各方法的效益。

高频率频谱的发展。联邦通信委员会也在着力缓解可用授权频谱日益短缺的问题。该委员会最近已计划让无线服务供应商使用中、高频率（毫米波）频谱，并首先于2016年开启了“频率开发计划”（Spectrum Frontiers）。¹⁹ 该计划包含24–39吉赫频率的频谱，助力推动5G的实施，以及多个额外频段供未来使用。近期半导体和天线领域取得的技术进展促成了波束成型和小型蜂窝基站等

应用范畴，使上述频段更适合用于商业用途，并掀起了一波并购浪潮，包括 Verizon 对 Straight Path Communications 和 XO Communications 的收购以及 AT&T 对 Fiber Tower 的收购。²⁰

较高频率的频谱可应用于众多领域，包括移动无线、固定无线（无线宽频）和无线回程应用。由于无线服务供应商期望减低宽频的“最后一公里”成本，并开辟针对电线和卫星宽频服务的全新竞争领域，因此，在固定无线（无线宽频）和无线回程这两大领域的应用有望首先实现。尽管上述频段仍有待考证，但它们将成为未来网络不可或缺的一部分。若市场参与者能够尽快掌握发挥频谱最大价值的方法，将可迅速向市场推出新服务和解决方案，从而获得可观收益。

总体而言，联邦通信委员会正考虑开放约5吉赫授权中频段和毫米波频谱作移动用途，约为目前美国无线服务供应商可用的736兆赫授权6吉赫以下频谱的七倍。²²更为可观的是，约32吉赫的6吉赫以上未授权或共享频谱已被分配或正被考虑中（见图10）。²³

尽管较高频段频谱的供应将为无线服务供应商和整体无线生态系统带来巨大机遇，但其物理特征本质上与传统的6吉赫以下频谱截然不同。因此，6吉赫以上频谱带来相当大的管理和投资挑战。

图10：新频谱频率可重新定义无线服务供应商的资产组合

尽管毫米波频谱仍然处于初期使用阶段，但可用频谱的数量和特征带来了重新定义无线服务供应商频谱资产组合的重大机会。

以频率范围划分的频谱分配情况（美国）		
类别	频宽（兆赫）	
6吉赫以下授权频谱（已分配）	736	共计2,580
6吉赫以下共享及未授权频谱（已分配）	1,000	
处于考虑中的6吉赫以下频谱	845	
毫米波及中频段授权频谱（已分配）	4,950	共计37,050
毫米波及中频段共享及未授权频谱（已分配）	14,600	
处于考虑中的毫米波及中频段频谱	17,500	

注：联邦通信委员会正考虑开放少量中频段频谱（6吉赫与毫米波之间）供授权使用，但这并非本文的主要关注重点。²¹

资料来源：联邦通信委员会及德勤分析

德勤洞察 | deloitte.com/insights

- 基于高频率频谱的传导距离有限（数百米；而低频率频谱是数公里）、易受雨衰影响、穿透建筑物的能力有限，相对于以往实践，所有者将需要建立极度密集的网络和深度光纤连接，并制定计划以区分建筑物内覆盖和室外覆盖。
- 较高频率频谱的频段结构与传统存在于6吉赫以下频谱的5-10兆赫构组也明显不同。无线服务供应商将需要考虑购买和使用更大型的相邻频组，部分需要超过200兆赫。
- 新基站设计、选址、电源接入和使用许可在成本和时间安排方面也非常重要。随着基站数量增加，实体蜂窝基站体积缩小，无线服务供应商将需要考虑在非传统地点设置小型蜂窝基站，例如建筑物墙身、电线杆、摊位亭和街灯，并同时兼顾电源需求、回程要求、规例和美感等问题。

基于上述考虑因素，若无线服务供应商计划购买和部署较高频率的频谱，则将面临新的不确定性和风险。随着技术的发展，通信公司的5G部署战略进

一步完善，相关估值模式也已逐渐完善。仅在过去两年，上述频段在次级市场的购买价格按人均加权方式计算已上涨十倍。尽管如此，毫米波技术仍然处于初期发展阶段，在全国大规模推行该技术的可行性仍有待验证。若无线服务供应商正希望了解高频率频谱对其资产组合的影响，应紧记以下几个主要问题：

- 高频率频谱的性能特征（即速度、容量、时延和可靠度）可何时得到改进才能支撑高价值用例，且有关用例能否推动实质收入增长？
- 公司需要对新频谱、新网络和设备技术以及网络密集化展开哪些投资，且基于预期回报考虑，有关投资是否合理？
- 鉴于频谱分配与拍卖设计、频谱共享原则以及接入权和小型蜂窝基站部署许可等问题非常重要，无线服务供应商应如何处理与监管机构、立法机构和当地市政府的关系？

5G世界的频谱价值

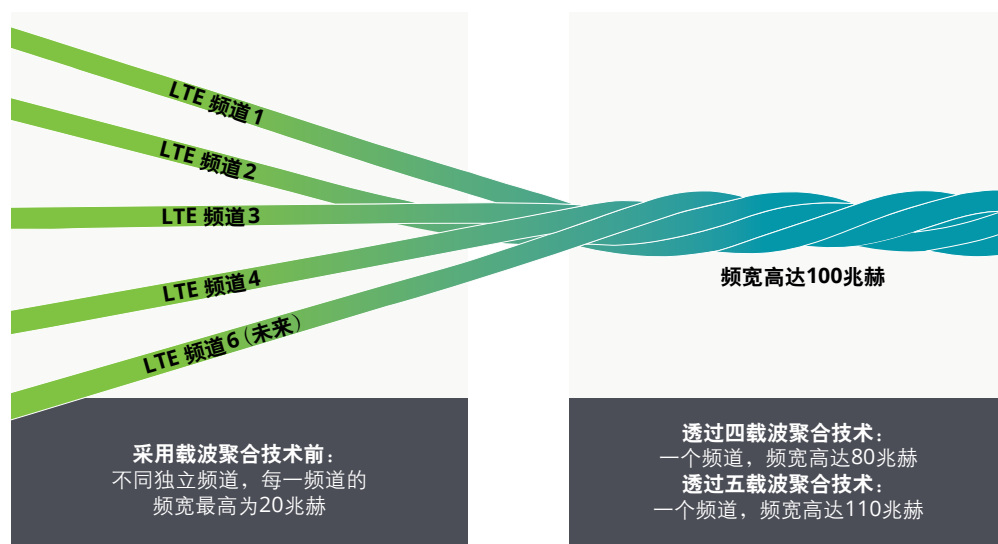
5G的来临将会对无线服务供应商的频谱资产组合价值产生深远影响。网络体系结构和用例将发生显著转变，进而改变每一频率段的相关价值推动因素，并使得资产组合的估值工作更加复杂。所持频谱的市场价值将继续偏离于历史价格，此外，利用频段补充整体频谱资产组合有助实现业务目标，当中每一频段的补充作用也将对所持频谱市场价值带来更大的影响。

长久以来，设备只连接一座发射塔，由该发射塔跟踪设备与其他发射塔的连接情况，并随着使用者移动而切换到下一个最适合的发射塔，但这种联系方式将发生改变。5G的体系结构支持设备在不同频率上甚至利用不同无线电通信规程同时连接多个发

射塔，从而彻底地改变当前模式，并有助实现多层次的网络部署。毫微微蜂窝基站和家居接入点（两者均为使用者作主机的设备）连接宽频后将与广域网络资产无缝结合。新体系结构依托成本较低的蜂窝基站，可纯粹通过数量优势提升性能和可靠度。甚至设备对设备的直接通信也将变得切实可行。

在这一环境下，无线服务供应商将继续倾向拥有较大型的相邻频组，而相邻频组仍将比较分散的小型频组更有价值。但是，网络运营商可借助载波聚合（见图11）和多点连接等新兴技术，合理地结合分散频谱和实体资产，为终端用户提供同等容量。

图11：载波聚合技术有助解决频谱分散问题，但较为相邻的频谱仍然比较可取



资料来源：德勤分析。请注意，五载波聚合技术仍然处于开发阶段。

德勤洞察 | deloitte.com/insights

通过多点连接技术，手机可以聚合来自多个地点和多种无线电接入技术产生的流量，因此，无线服务供应商可结合授权控制层和未授权容量，并针对不同用户需求使用不同频率。举例来说，传统的2吉赫以下频谱具备较佳的传导特性，可用于实现大型发射塔的高移动性且广泛覆盖范围，而高频率具备较高频宽的特性，可用于小型蜂窝基站，以提供较高速度的链路和高容量服务。

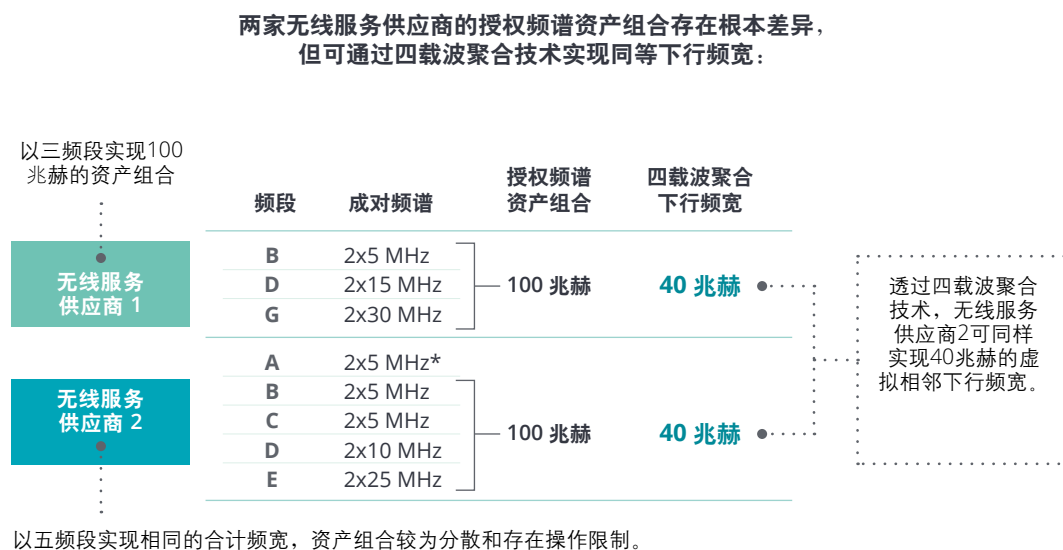
由于管理较分散的频谱将需要更多实体设施，上述能力的实现通常具有一定成本。但是，无线服务供应商可以在本质上不改变或扩充频谱资产组合的情况下，灵活地增加频宽、提高高峰用户数据传输速率和提升整体网络吞吐量。

事实上，载波聚合技术可深度改变频谱资产组合的当前态势。无线服务供应商若实施这项技术，可把相对分散和相异的频段资产以虚拟方式合并成为更高效的大频组，并通过此举大幅提升有关资产的运营价值（见图12）。

载波聚合技术有力证明了频段的独有技术和运营特征在不断发展变化，从而改变频段在无线服务供应商整体频谱资产组合中发挥的作用，以及让公司有机会对比所持频谱的原始购买价格，重新确定有关价值。鉴于频谱具有战略价值，上述转变将可能改变竞争格局，推动当前的落后者成为未来的竞争者。

但必须紧记的是，在运营商运用新频谱提供服务或者从旧技术迁移到新技术之前，所购频谱的预期收益可能要待多年才可实现。在很多情况下，公司借助频谱改进网络并获得收入增长或运营效益时，投资者只会间接地从频谱价值的增长获得收益。无线服务供应商面对的竞争格局瞬息万变，在这一情况下，了解所持频谱、科技发展与战略部署三者之间的关系将有助深入洞察频谱资产组合战略如何影响整体企业价值。

图12：载波聚合技术可改变频谱资产组合的相对竞争价值



*未运用于四载波聚合下行链路的频段。目前标准支持上限为每一载波20兆赫。
资料来源：德勤分析

总结

充分提升价值

频谱资产组合估值是一项复杂的工作，且其挑战性只会不断加深。要对频谱进行妥善估值，就必须对多项相互关联的因素开展实际评估，包括：具体频段的频谱市场供求情况；对网络和设备技术的了解以及对科技发展如何影响频谱价值、运营绩效和网络投资的了解；对整体资产组合中个别频段的作用和相互影响的考虑；对拍卖、所有权模式、构建机制和国际调和等重大监管举措的考虑。此外，面对日益复杂的需求、越趋激烈的竞争格局以及行业史上最巨大的科技进步，频谱估值势在必行。

充分提升频谱资产组合的价值非常重要。对无线服务供应商而言，频谱是至关重要的资源，而频谱资产组合很可能是其最大的单项资产。凭借恰当的资产组合及频谱战略，无线服务供应商可以为客户提供更优质的服务，实现更低的成本架构，更快进

入新市场并利用技术，以及吸引金融界的投资。反之，若对频谱的管理薄弱或缺乏有序管理，则公司未来数年的业绩与竞争前景可能受到实质影响。

了解频谱资产组合价值对金融界和政策制定者也有裨益。投资者可针对公司前景和频谱交易的影响做出更明智的决策，并确定新的投资或融资机遇。政策制定者可对频谱供应情况、拍卖架构和共享方法等政策决策的经济影响和相互作用做出更佳判断。（见“频谱估值的主要考虑事项”部分。）

频谱不再是一项静态资产，其价值因技术、资产组合、规例和市场状况的变化而出现大幅度增减。随着行业正为迈向5G技术积极准备，对频谱进行妥善估值已成为当前要务。

关于频谱价值的主要考虑事项

在不断变化的5G未来世界，频谱的管理、所有和估值方式将发生重大转变。鉴于频谱对竞争定位、收入和成本构成根本影响，无线服务供应商高管、投资者以及政策制定者应深入研究当前所持频谱和未来机遇。在这个过程中，他们应致力探索频谱资产组合估值和管理及其对无线未来的影响等有关主要问题：

对于无线服务供应商高管

- 你是否根据近期拍卖结果、竞争格局和技术改进，以现行公平市值计算现有所持频谱？

续>

频谱价值的主要考虑事项（续）

- 你是否制定频谱资产组合战略支持你的企业战略、竞争定位、运营计划和技术路线图，以及你是否定期更新有关战略？
- 你是否对资产组合中的个别频谱进行定期和全面的评估，以确保频谱已配合资产组合战略得到充分利用，并且带来最大价值？
- 与业内其他使用者或参与者共享频谱起到何种作用？
- 未授权频谱发挥何种作用？
- 你是否依据战略、竞争及经济价值分析制定一套重点目标频谱，以便采购并充分强化现有资产组合

对于投资者和分析人员

- 你是否根据近期拍卖结果、竞争格局和无线服务供应商的计划准确估计现有无线服务供应商资产组合的公平市值？
- 你是否已建立相当完善的投资分析技术和工具，通过计量战略和竞争影响、运营影响以及技术权衡，估计频谱持有量的变化对企业价值的影响？
- 你是否有方法可估计投入市场的新频谱对行业势态和经济的影响程度？

对于政策制定者

- 你是否充分及时地通过创新所有权模式提供数量、质量和多样性充足的频谱，以满足快速变化的市场需求并鼓励竞争与创新？
- 你是否已确立适当的激励措施和行业标准，让生态系统参与者寻求、投资和支持更高效和较高性能的技术部署，以发展移动宽频并充分发挥频谱的最佳效用？
- 考虑到既要加强现有使用模式，也要推动创新，当前引入市场的频谱能否平衡这两个相互矛盾的需求？
- 随着行业迈向5G技术，目前可用的频谱是否有助于奠定国际领导地位？

尾注

1. 德勤估计基于公司公开报告。
2. Federal Communications Commission, “FCC announces results of world’s first broadcast incentive auction,” April 13, 2017; Federal Communications Commission, “Auction of advanced wireless services (AWS-3) licenses closes,” January 30, 2015; Federal Communications Commission, “Auction of H Block licenses in the 1915-1920 MHz and 1995-2000 MHz bands closes,” February 27, 2014; Federal Communications Commission, “AWS in 2000-2020/2180-2200 MHz (AWS-4), order adopted,” December 17, 2012; Federal Communications Commission, “Amendment of Part 27 of the Commission’s rules to govern the operation of wireless communications services in the 2.3 GHz band,” May 20, 2010; Federal Communications Commission, “Auction of 700 MHz band licenses closes,” March 20, 2008; Federal Communications Commission, “Auction of advanced wireless services licenses closes,” September 20, 2006. Between 2007 and 2017, FCC released a total of 270 MHz via auctions and reallocations, incl. 600 MHz, 700 MHz, AWS-3, AWS-4, PCS, and WCS spectrum bands.
3. Cisco, “Visual Networking Index: Global mobile data traffic forecast update, 2016–2021 white paper,” February 7, 2017; 无线宽带联盟的年度行业报告、德勤分析
4. 同上。
5. 德勤估计基于年报数据。美国无线服务供应商包括AT&T、Sprint、T-Mobile US和Verizon；国际无线服务供应商包括Deutsche Telekom（不含T-Mobile US）、SK Telecom和Vodafone；并对特定区域无线服务供应商展开同等分析。
6. 德勤估计基于公司公开报告。
7. 同上。频谱投资反映所报频谱成本基础。美国公司包括AT&T、Sprint、T-Mobile US、TDS/U.S. Cellular和Verizon；欧洲、中东及非洲公司包括Deutsche Telekom（不含T-Mobile US）和Vodafone；亚洲公司包括Grameenphone、Maxis和SK Telecom。
8. Financial Accounting Standards Board, ASC 350, “Intangibles—goodwill and other” ; International Financial Reporting Standards, IAS 38, “Intangible assets,” accessed April 11, 2018.
9. 同上。
10. Sprint, “Sprint Corporation announces pricing of private placement offering of wireless spectrum-backed notes,” October 20, 2016.
11. 德勤分析基于公司公开报告和投资者公告信息。对宣布进行重大频谱拍卖活动或企业并购交易（同等交易规模）的美国无线服务供应商的股价及交易量绝对变动展开对比分析。该等变动与公告发布（“基准日”）前的交易日情况进行比较。发布频谱拍卖公告的公司包括AT&T、Dish、T-Mobile US和Verizon，将在拍卖达到至少60亿美元的情况下进行第73、97、100号拍卖。企业并购公告包含同等规模企业间的交易（Verizon和Alltel、Comcast和NBC Universal、以及AT&T与DirecTV）。所有公告均于2008年至2017年期间发布，且所有交易活动均在各自期内按照标普500指数表现进行调整。
12. 德勤分析基于特定大型投资银行对频谱拍卖结果的估计。
13. Cisco, “Visual Networking Index.”
14. Federal Communications Commission, “National broadband plan,” March 17, 2010; Qualcomm, “The evolution of mobile technologies: 1G-2G-3G-4G LTE,” June 2014; Jeanette Wannstrom, “HSPA overview,” 3GPP, accessed April 26, 2018; Jeanette Wannstrom, “LTE-Advanced overview,” 3GPP, June 2013; Amy Nordrum, “5G researchers set new world record for spectrum efficiency,” IEEE Spectrum, May 12, 2016; Deloitte analysis.
15. Federal Communications Commission, “47 CFR 1.946,” March 18, 1998.
16. 德勤分析基于多份联邦通信委员会报告和指令。
17. Federal Communications Commission, “Understanding the FCC regulations for low-power, non-licensed transmitters,” February 1996.
18. Federal Communications Commission, “FCC puts final rules in place for new citizens broadband radio service,” April 28, 2016.

19. Federal Communications Commission, “Spectrum frontiers R&O and FNPRM,” July 14, 2016.
20. XO Communications, “Verizon to acquire XO Communications’ fiber business,” press release, February 22, 2016; Business Wire, “Verizon to enter into definitive agreement to acquire Straight Path Communications for \$184.00 per share in all stock deal,” May 11, 2017; AT&T, “AT&T in advanced discussions with power companies and others to trial project AirGig,” January 31, 2017.
21. Federal Communications Commission, “FCC opens inquiry into new opportunities in mid-band spectrum,” August 3, 2017.
22. Federal Communications Commission, “Spectrum Frontiers R&O and FNPRM,” July 14, 2016.
23. 德勤分析多份联邦通信委员会报告和指令。

关于作者

CRAIG WIGGINTON

Craig Wigginton是Deloitte & Touche LLP合伙人以及全球和美洲的美国电信行业服务负责人。他拥有逾28年专业经验，为高管担任主要顾问，对于影响德勤客户以及整体移动生态系统的关键事项拥有独到洞察力。

DAN LITTMANN

Dan Littmann是Deloitte Consulting LLP科技、传媒和电信行业中心负责人，专门协助电信行业客户制定增长战略和交付新产品和服务。

ORLANDO SETOLA

Orlando Setola是Deloitte Financial Advisory科技、传媒和电信行业服务全球领导人以及Deloitte Transactions and Business Analytics LLP负责人。Orlando拥有25年服务经验，为全球主要科技、传媒和电信行业公司提供各类估值与交易咨询服务。

PHIL WILSON

Phil Wilson是德勤电信战略与运营咨询服务主管总监，他在电信行业领域拥有逾25年经验，对于移动通信的先进创新技术拥有最前沿的商业和技术视野。

KEVIN THOMPSON

Kevin Thompson是Deloitte Consulting LLP 电信战略主管总监。他在电信、电线、卫星和广播行业领域拥有逾25年经验，为客户提供有关战略、收入增长和创新的咨询意见。

JACK FRITZ

Jack Fritz是Deloitte Consulting LLP科技、传媒和电信行业战略服务高级经理，以及事务所的未来连接力服务领域负责人。Jack主要帮助科技、传媒和电信行业客户应对增长和企业战略方面的问题。

ANTHONY DEFILIPPO

Anthony DeFilippo是Monitor Deloitte经理，在科技、传媒和电信行业领域拥有近10年的实务经验，专精于电信领域。Anthony专注于企业/业务单位战略，曾参与主要电信服务供应商多个不同种类的项目。

ALEX WEIGEND

Alex Weigend是Deloitte Consulting LLP科技、传媒和电信行业战略与分析服务高级咨询顾问。Alex主要为电信行业客户确定整个频谱资产组合的机遇、评估机遇价值和实现有关机遇。

关于科技、传媒和电信行业中心

当今世界，洞悉机遇的速度、敏捷性和能力是企业脱颖而出的关键因素；懈怠拖延并不可取。德勤科技、传媒和电信行业中心助力企业甄别风险，把握机遇，有效应对复杂的商业形势。

新技术和业务模式的应用往往暗含风险，随波逐流或置身事外并非明智之举。通过运用本中心的研究，科技、传媒和电信行业领导人积极探索应对方案，评估机遇，助力企业提升能力，推动技术创新，实现可持续的业务价值。

凭借Deloitte LLP在科技、传媒和电信行业的深入洞见、丰富经验和卓越能力，本中心致力于协助科技、传媒和电信行业客户有效应对风险，解决极为复杂的商业挑战。

致谢

衷心感谢Vipin Bhadada、Parna Das、Matthew Lawton以及Carlos Ordoqui对本文的贡献。

联系人

Craig Wigginton

美国电信行业领导人
副主席
Deloitte & Touche LLP
电话：+1 212 436 3222
电子邮件：cwigginton@deloitte.com

Dan Littmann

美国电信行业管理咨询服务领导人
负责人
Deloitte Consulting LLP
电话：+1 312 486 2224
电子邮件：dlittmann@deloitte.com

Jim Nason

美国电信行业领导人
副主席
Deloitte Tax LLP
电话：+1 973 602 6529
电子邮件：jnason@deloitte.com

Orlando Setola

美国电信行业咨询服务领导人
负责人
Deloitte & Touche LLP
电话：+1 212 436 5607
电子邮件：osetola@deloitte.com

德勤中国联系人

林国恩

德勤中国电信行业主管合伙人
中国联通W客户服务领导合伙人
电话: +86 10 8520 7126
电子邮件: talam@deloitte.com.cn

周锦昌

德勤中国科技、传媒和电信行业领导合伙人
中国移动客户服务领导合伙人
电话: +86 10 8520 7102
电子邮件: wilchou@deloitte.com.cn

叶伟文

德勤中国并购重组服务全国领导人
中国金融服务行业税务领导人
大中华区副税务主管合伙人
华为客户服务领导合伙人
电话: +852 2852 1618
电子邮件: patyip@deloitte.com.hk

王佳

德勤中国电信行业
税务合伙人
电话: +86 10 8512 4077
电子邮件: jeswang@deloitte.com.cn

张耀

德勤中国电信行业首席顾问
电话: +86 10 8512 4816
电子邮件: yaozhang@deloitte.com.cn

何铮

德勤中国电信行业
企业风险管理合伙人
电话: +86 21 6141 1507
电子邮件: zhhe@deloitte.com.cn

茆广勤

德勤中国电信行业
审计合伙人
电话: +86 10 8520 7558
电子邮件: gmao@deloitte.com.cn

锺永贤

德勤中国副首席执行官
德勤中国审计及鉴证主管合伙人
中国电信客户服务领导合伙人
电话: +852 2852 5603
电子邮件: thochung@deloitte.com.hk

胡新春

中国联通客户服务领导合伙人
电话: +86 23 8823 1298
电子邮件: tonyhu@deloitte.com.cn

殷亚莉

德勤中国电信行业
税务领导合伙人
电话: +86 10 8520 7564
电子邮件: yayin@deloitte.com.cn

黄毅伦

德勤中国电信行业
财务咨询领导合伙人
电话: +86 755 355 8098
电子邮件: along@deloitte.com.cn

叶勤华

德勤中国电信行业
审计合伙人
电话: +86 10 8512 5124
电子邮件: jiip@deloitte.com.cn

程中

德勤中国电信行业
企业管理咨询合伙人
电话: +86 10 8520 7842
电子邮件: zhongcheng@deloitte.com.cn

濮清璐

德勤中国电信行业
财务咨询总监
5G行业领域专家
电话: +86 21 6141 1669
电子邮件: qlpu@deloitte.com.cn

尊敬的读者, 如果您对本报告内容有任何建议和反馈, 请联系德勤中国科技、传媒和电信行业经理
周立彦 电话: +86 10 8512 5909 电子邮件: liyzhou@deloitte.com.cn

Deloitte. Insights

敬请登录www.deloitte.com/insights 订阅德勤洞察最新资讯。



敬请关注 @DeloitteInsight

德勤洞察参与人员

编辑: Matthew Budman, Abrar Khan, Nikita Garia

创意: Molly Woodworth, Emily Moreano

推广: Devon Mychal

插图: Josie Portillo

关于德勤洞察

德勤洞察发布原创文章、报告和期刊，为企业、公共领域和非政府机构提供专业洞察。我们的目标是通过调查研究，利用整个德勤专业服务机构的专业经验，以及来自学界和商界作者的合作，就企业高管与政府领导人所关注的广泛议题进行更深入的探讨。

德勤洞察是Deloitte Development LLC旗下出版商。

关于本刊物

本通信中所含内容乃一般性信息，任何德勤有限公司、其成员所或它们的关联机构（统称为“德勤网络”）并不因此构成提供任何专业建议或服务。在作出任何可能影响您的财务或业务的决策或采取任何相关行动前，您应咨询合格的专业顾问。

任何德勤网络内的机构均不对任何方因使用本通信而导致的任何损失承担责任。

关于德勤

Deloitte（“德勤”）泛指德勤有限公司（一家根据英国法律组成的私人担保有限公司，以下称“德勤有限公司”），以及其一家或多家成员所和它们的关联机构。德勤有限公司与每一个成员所均为具有独立法律地位的法律实体。德勤有限公司（又称“德勤全球”）并不向客户提供服务。在美国，德勤指德勤有限公司、在美国以“德勤”的名义运营的关联机构及其各自的附属公司所属的一家或多家美国成员所。根据公告会计条例及法规，某些服务并不向鉴证客户提供。请参阅 www.deloitte.com/about 以了解更多有关德勤有限公司及其成员所的详情。

Copyright © 2018 Deloitte Development LLC版权所有 保留一切权利。

德勤有限公司成员