



频谱资源经济价值评估和定价机制研究及展望

董洁¹, 李恒志¹, 陈岩², 王文娟¹

(1. 国家无线电监测中心, 北京 100037; 2. 中国工程院战略咨询中心, 北京 100088)

摘要: 首先从自然资源价值的角度, 对频谱资源的价值构成、时间性、整体性、结构性、社会性等价值特征以及价值存在形式进行阐述, 并尝试给出频谱资源经济价值评估和频谱资源定价的定义和内涵, 最后对基于频谱费的定价方法、基于行政管理费的定价方法、基于用户总收入的定价方法和机会成本法 4 种频谱资源定价方法, 以及调研了解的部分国家采用的频谱资源定价方法进行梳理分析, 并就我国进一步完善频谱资源经济价值评估和定价机制提出了建议。

关键词: 频谱资源; 经济价值评估; 定价机制; 市场化

中图分类号: TN929

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2021138

Research and prospect on economic value evaluation and pricing mechanism of spectrum resources

DONG Jie¹, LI Hengzhi¹, CHEN Yan², WANG Wenjuan¹

1. The State Radio Monitoring Centre, Beijing 100037, China

2. The CAE Centre for Strategic Studies, Beijing 100088, China

Abstract: Firstly, from the perspective of natural resource value, the value composition, timeliness, integrity, structure and sociality of value characteristics and value existence forms of spectrum resources were explained, and the definition and connotation of economic value evaluation and pricing of spectrum resources were given. Finally, the pricing methods of spectrum resources, such as the pricing method based on spectrum fee, the pricing method based on administrative fee, the pricing method based on user's gross income and the opportunity cost method, and the pricing methods of spectrum resources adopted by some countries were sorted out and analyzed, and some suggestions were put forward to further improve the economic value evaluation and pricing mechanism of spectrum resources in China.

Key words: spectrum resource, economic value evaluation, pricing method, marketization

1 引言

随着新一代信息技术与传统产业的深度融合, 以移动互联网、物联网等为代表的无线电技

术和业务, 正加速向经济建设、国防建设和社会发展等领域渗透, 成为新型工业化的基础与动力。作为信息化无处不在的唯一载体, 无线电频谱资源的作用无可替代。无线电频谱资源是一种稀缺

收稿日期: 2020-11-14; 修回日期: 2021-06-20

通信作者: 王文娟, wangwenjuan@srrc.org.cn



的国家战略资源。2017年1月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于创新政府配置资源方式的指导意见》,其中将频谱资源定性为“非传统的自然资源”。其非传统特性主要体现在它可以被人类利用,但不能被存储,也不会被消耗,不利用和利用不当都是一种浪费,甚至造成危害。此外,它在空气中传播容易受噪声的干扰,导致不能准确地有效地传送信息,具有一定的易受污染性^[1]。

党的十九大报告指出,“使市场在资源配置中起决定性作用,更好发挥政府作用”。在我国无线电频谱资源配置过程中引入市场化手段,既有利于保障频谱资源国家所有者权益,提升资源配置的公平性和利用效率,又有助于促进我国无线电技术进步和相关产业结构调整,推动两化深度融合。2016年,新修订的《中华人民共和国无线电管理条例》首次从法律层面上明确“地面公众移动通信使用频率等商用无线电频率实施许可,可以依照有关法律、行政法规的规定采取招标、拍卖的方式”。2017年,我国新疆、安徽、山西、河南等省份先后在1 800 MHz频段完成了采用竞争性方式开展频率使用许可的试点工作,这一有益尝试对于推进我国频谱资源市场化配置进程具有实践意义。构建科学有效的频谱资源经济价值评估和定价机制,既是推进频谱资源市场化配置的迫切需要,又是实现频谱资源有偿使用制度的前提和基础,也是落实十九届五中全会“构建高水平社会主义市场经济体制”的必然要求。

2 频谱资源的价值构成

近年来,国内开展了一些关于频谱资源属性的研究,但对其价值没有进行更深层次更系统的剖析。频谱资源价值是指人类与频谱资源相互作用与相互影响的关系中,对于人类和频谱资源这个统一的整体共生、共存、共发展具有积极的意义、作用和效果^[2]。根据传统自然资源的价值构成^[2],频谱资源价值的完备结构式如式(1)所示。

$$\overset{r}{P} = K(\overset{r}{A} \square \overset{r}{B}) \quad (1)$$

其中, $\overset{r}{P}$ 表示频谱资源的价值, $\overset{r}{A}$ 表示频谱资源的使用价值, $\overset{r}{B}$ 表示频谱资源的补偿价值, K 表示弹性系数,其数值在0~1的范围内。

频谱资源的使用价值取决于频谱资源的有用性,其价值大小取决于它的功能或质量,这也体现了频谱资源价值的结构性特征。由于频谱资源具有非耗竭性,且如果严格按照国家规定开发利用,基本上不会产生环境污染和生态破坏。但是由于频谱资源具有易受污染性,频谱资源的补偿价值主要体现在人类为了管理、保护和重耕频谱资源而投入的费用,其价值大小取决于维持频谱资源生态良性循环的不可替代性。

3 频谱资源的价值特征

3.1 频谱资源价值的时间性

在人类漫长的历史长河中,频谱资源被开发和利用的时间很短。从1894年马可尼完成无线电波的发送和接收实验至今,仅有120余年,在此之前,无线电波对于人类几乎毫无价值。此外,人类使用的频段或波段随时间也发生了很大变化,基本上遵循从低频到高频的规律,大致可分为以下5个阶段。

(1) 长波、中波等波段(0~3 MHz): 由于长波在地表激起的感应电流较小,绕射能力较强,所以较先应用于无线通信领域的便是长波波段。与长波相比,中波在地面波传播时由于波长较短,地面损耗较大,绕射能力较差,传播的有效距离比长波近,比较有代表性的业务是中波广播、航空无线电导航等。

(2) 短波波段(3~30 MHz): 短波通信设备比较简单,成本较低,建立链路机动灵活,对于自然灾害或战争的抗毁性能较强,因此,从20世纪初到60年代中期,短波通信一直是远距离通信的一种重要手段,主要应用于航空移动、短波广播(国际广播)、固定通信等领域。

(3) 超短波波段 (30~3 000 MHz): 相对于短波, 超短波波段能够容纳较大的通信容量, 也可以采用一些新技术, 因此, 逐渐得到广泛应用。从20世纪40年代开始, 微波通信由于通信容量大、抗灾能力强等优点得以迅速发展。此外, 20世纪80年代诞生了第一代移动通信系统, 经过近40年的发展, 移动通信已成为现代通信网中不可或缺并且发展最快的通信方式之一。

(4) 厘米波波段 (3~30 GHz): 厘米波波段主要采用视距通信, 而使用卫星通信系统运营空间业务, 能从根本上克服地形和距离的影响。卫星通信使用的厘米波波段主要包括 S、C、X、Ku、Ka 等频段。

(5) 毫米波波段 (30~300 GHz): 5G、雷达、卫星通信等无线电应用与系统也将毫米波波段作为现在和未来使用的重要频段^[3]。随着科技的不断进步, 毫米波通信必将呈现更广阔的应用前景。

由此可以看出, 一方面, 频谱资源开发利用的范围越来越广, 从低频到高频, 使用频段将向更高频段扩展。另一方面, 随着频谱复用等技术的发展, 频谱资源的使用逐渐由窄带向宽带、由独占向共享转变, 频谱资源利用效率越来越高, 使得频谱资源满足人们需要的功能越来越多, 也就是说, 单位频谱资源的价值越来越大, 具有一定的时间性。

3.2 频谱资源价值的整体性

与其他自然资源一样, 频谱资源的价值具有一定的整体性, 是使用价值和补偿价值的向量和。

具体来说, 频谱资源的使用价值是在人类与频谱资源之间“需要与被需要”的关系中产生的, 离开了这种关系, 频谱资源就无所谓使用价值。随着无线电技术和业务的不断发展, 无线电应用的宽带化、泛在化、移动化趋势越发明显, 无线连接无处不在, 各行各业对频谱资源的需求持续增长, 频谱资源的使用价值将得到更加充分的体现。频谱资源的补偿价值, 一方面体现在: 国家

为了实施频率和无线电台(站)管理、无线电监测和电波秩序维护等一系列管理行为, 会有相应的监管支出, 比如我国的监管支出主要用于无线电基础设施和技术设施建设及运行维护、专项监管、无线电频谱规划调整补偿以及其他相关活动。另一方面则体现在: 部分频谱资源的开发利用(比如对射电天文台、气象雷达站、卫星测控(导航)站、机场等工程项目的电磁环境保护)可能会对其他自然资源或公共资源产生一定的影响, 这也可以理解为一种补偿。

3.3 频谱资源价值的结构性

由于无线电波的传播特性, 频谱资源在频段和地域上表现明显的结构性。从频段来看, 有的频段比较“肥沃”, 比如对于具备传播特性良好、覆盖成本低等优点的低频段资源, 用户普遍关注度高、需求量大, 都想要获得该频段的使用权, 甚至出现“争抢”的现象; 而有的频段则比较“贫瘠”, 比如开发利用成本比较高的高频段资源, 用户关注度相对较低、需求量较小。从地域来看, 我国中东部地区和西部偏远地区由于人口密度、经济发展、无线电应用开发利用的方式和程度等方面的不同, 频谱需求量不尽相同, 相应的使用价值也有或大或小的差异。

3.4 频谱资源价值的社会性

一方面, 《中华人民共和国物权法》第五十条规定: “无线电频谱资源属于国家所有。”这明确了频谱资源的公共资源属性。另一方面, 补偿价值多转移给社会(如消耗的监管成本), 加之人们对频谱资源价值的认识水平、对频谱资源利用效率的关心和重视程度, 与经济社会的发展水平和人们的自身素质、社会氛围等社会因素有一定的关系^[2]。因此, 频谱资源价值具有一定的社会性。社会性具体体现在以下几点。

(1) 共用性

频谱资源属于国家所有并非私有, 这表明频谱的使用想要排除其他人是不可能的, 不具有排



他性，每个公民都有权利使用它，社会公众的受益程度应是评价频谱资源管理价值取向的重要标准^[4]。此外，频谱资源具有量的确定性，导致人们需要通过“竞争”的方式获得频谱资源的使用权，所以必须保证频谱资源的合理、公平分配。

（2）竞争性

某一社会成员对频谱资源的使用并不能阻止其他人使用的权利，但会对使用的收益造成影响，即频谱资源具有“拥挤性”的特点，当使用者的数目或发射功率等增加到某一个值后，就会出现边际成本为正的情况。频谱资源到达“拥挤点”后，每增加一个使用者，将减少原有使用者的效用。

（3）整体性

一方面，频谱资源是一个多频段的统一体，任何一个频段都有可能被开发利用，只要对各频段的开发利用不冲突，可以同时进行开发利用。另一方面，作为公共资源的频谱，如果没有科学合理的监管，私人作为“经济人”，所考虑的仅是自己的投入与产出是否相称，或者是否能够获得利益的最大化，而不会考虑其“外部成本”，即自己对频谱资源的使用对其他使用者造成的损失和带来的社会成本，由此将导致加勒特·哈丁所说的“公地悲剧”^[5]。比如，有些使用者为了获得更好的覆盖，擅自增大发射功率、增高发射天线。因此，政府有必要通过有偿使用制度使频谱使用权人的“外部成本”内在化，使其个人利益与资源的合理利用成为一个相互统一的整体。

4 频谱资源的价值存在形式

4.1 直接价值和间接价值

直接利用无线电频率进行商业活动的频谱资源（如公众移动通信频率），其产生的价值可以视为直接价值；间接利用无线电频率进行商业活动的频谱资源（如电力、地铁、交通等行业专网频率），其产生的价值可以视为间接价值。有些频谱资源可产生社会效益，但不直接产生收益，也可

视为间接价值，比如广播（提供教育、培训和新闻）、应急通信、研究（气象学、射电天文学）等。频谱资源在这类活动中产生的经济效益并不是很明显，目前尚无明确或易于衡量的经济数值可以直接量化这些社会效益的大小。

4.2 潜在价值和现实价值

潜在价值是自然资源的潜能或待开发的价值，是自然资源中潜藏的未被开发利用的可能的价值。在通常情况下，这些能量不会释放，只有在一定条件下，客体蕴藏的能量才会发挥出来，这个条件就是主体的开发利用。目前，人类对 300 GHz 以上的频谱还无法有效地进行开发利用，这些频谱的价值就是一种潜在价值。如果科学技术发展到一定水平，人类可以开发利用 300 GHz 以上的频谱，则潜能被释放，成为现实价值。

4.3 物质价值和精神价值

物质价值是指自然资源能够供给人类物质和能量来源，满足人类的物质生产和生活所需，能够产生直接经济效益，并在国家收入账户中直接反映出来的价值^[6]。比如以移动互联网、物联网为代表的无线电技术和应用，正加速向各行业领域渗透，频谱资源得到了更多更广的开发和利用，释放出蕴藏的巨大经济价值^[7]。精神价值是指能满足人们精神文化生活需要的资源，比如使用频谱资源的广播电视对人们生活方式和价值观的引导。

5 频谱资源定价的内涵

5.1 频谱资源使用权

频谱资源定价针对的是频谱资源使用权。无线电频谱资源所有权专属于国家，但由于国家是政治组织而非经济组织，一方面国家作为唯一的所有权人享有频谱资源所有权，但它又不可能直接对频谱资源进行开发利用，并从中获得收益；另一方面由于频谱资源的公共资源属性，频谱资源所有权的确立并没有解决频谱资源的有效利用

问题。

基于此,国家需要将频谱资源使用权从专属于国家的所有权中分离出来,并以一定的方式交由非所有人行使^[4]。频谱使用权人有权对特定频谱资源依法享有一定的使用、收益和处分权能(比如转让无线电频率使用权),从而为企业、组织及个人进行频谱资源开发利用过程提供途径,并从中获取经济上的收益^[8]。频谱使用权人负有缴纳无线电频率占用费的义务,从而使国家的所有权益在经济上得到实现。这样,国家对频谱资源的管理问题就转化为对频谱资源使用权的管理问题。频谱资源使用权的授予是依照《中华人民共和国无线电管理条例》规定的权限,由主管部门执行。

5.2 频谱资源经济价值评估和定价

频谱资源定价机制是频谱资源有偿使用制度的前提和基础,完善的频谱资源定价机制能够为频谱资源使用权顺畅流转提供保障。

国际电信联盟在《频谱管理的经济问题》(ITU-RSM.2012-6 报告)中指出,作为频谱资源的所有者,国家有权要求频谱使用权人缴纳频谱费(也称之为频谱占用费、频率获得费或频谱使用费),还可依法要求频谱使用权人缴纳行政管理费(也称之为频率管理费、服务费或行政收费),以抵偿因频谱规划、管理与监督活动而产生的所有成本。笔者基于前面对频谱资源价值的分析,将这两种费用(频谱费和行政管理费)与频谱资源经济价值(使用价值和补偿价值)对应,如图1所示。

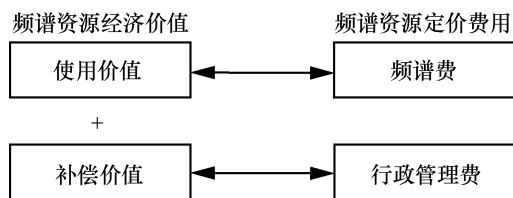


图1 频谱资源定价构成

频谱资源经济价值评估是频谱资源定价的主要依据,是指根据频谱的质量、发射功率、无线

电业务种类、利用效益、利用潜力等指标,运用科学的方法,对频谱资源的经济价值做出的评定和估算。频谱资源定价是国家确定频谱资源使用权的价格,即频谱使用权人为使用频谱资源的使用价值和补偿价值所应付出的费用。

5.3 频谱资源定价方法

频谱资源的定价方法有基于频谱费的定价方法、基于行政管理费的定价方法、基于用户总收入的定价方法和机会成本法等多种^[9]。这几种频谱定价方法各有利弊,也都有自己的适用范围。比如,基于频谱费的定价方法旨在通过价格达到频谱管理目的,从而对高效利用频谱提供某些奖励。在制定公式时,应考虑频谱使用的各种因素(如人口密度、使用频段、占用带宽、覆盖范围、专用性、发射功率等),不同的频段和业务可能需要使用不同的计算式,其优点在于能在某种程度上体现频谱资源的稀缺性和级差租金,其主要缺点是计算式不可能考虑所有的变量。基于行政管理费的定价方法需要考虑频谱主管部门在受理申请的过程中所发生的直接成本以及间接成本,其优点在于可以提高频谱主管部门收益,其主要缺点在于收费水平与所用频谱的经济价值之间的脱节。基于用户总收入的定价方法是基于用户总收入的百分比收费,应与持照者从频谱使用所获得的总收入成正比,这种方法看起来比较公平,但它不适用于那些只是从频谱使用间接获得总收入的用户。机会成本法的优点是直接以模拟市场价值为理想目标,从而鼓励现有用户考虑采用替代方式,并退回剩余频谱,然而很难准确模拟出拍卖情况。

此外,根据调研了解的情况,各个国家和地区采用的频谱资源定价方法不尽相同,有的基于频谱费进行定价,有的基于行政管理费进行定价,有的则两者皆有之^[10],基本上都是根据自己国家的特定情况(比如地理结构(如地形、大小、纬度)、无线通信基础设施、潜在的服务需求以及需



要与邻国协调的程度等)制定相应的定价方法。部分国家的频谱资源收费名称、收费周期以及收费的业务类别,见表1和表2。

各个国家和地区在频谱资源定价时一般会综合考虑技术和经济指标、行政管理成本、频谱资源利用效率、减免等因素。

(1) 技术和经济指标

在频谱定价计算式中,技术和经济指标主要包括使用频段、占用带宽、发射功率、覆盖范围、分时条件、电台的地理位置、经济发展水平或覆

盖地区的人口密度、社会因素、专用性、无线电业务种类等各类指标,见表3。比如,传播特性好、组网成本低的优质频段,收费一般较高;占用带宽越大,占用的频谱资源数量越多,收费应越高;发射功率越大,覆盖区域越大,经济收益越大,收费也应越高。

(2) 行政管理成本

为了对频谱资源实施管理,国家需要使用各种资源来履行这一行政管理职能,执照费成为融资的来源之一,因此,行政管理成本是制定频谱

表1 部分国家频谱资源收费名称和收费周期

国家	收费名称	收费周期
英国	基于成本的定价	
	行政激励定价	一般是一年,有少数业务是两年、三年,最长是五年
	拍卖费	一次性收取
德国	频率指配费	按申请情况一次性收取
	频率使用费	一年
	拍卖费	一次性收取
澳大利亚	按频谱拒绝为其他用户提供某些业务的量收取的执照费	
	拍卖费	一次性收取
俄罗斯	无线电频谱使用一次性费用	按申请情况一次性收取
	年费	一年
	拍卖费	一次性收取
韩国	频谱使用费	季度
	拍卖费	一次性收取

表2 部分国家频谱资源收费的业务类别

国家	业务类别
英国	航空、业余频段、广播、商业无线电、固定链路、固定无线接入、海事、节目制作和特殊事件、公众无线网络、卫星业务、科学技术、频谱接入
俄罗斯	蜂窝无线电技术、其他技术
韩国	基于公用电信公司、基于无线电台站、基于无线电台站发射机的指配频率、基于安装在车辆上的地球站以及公用电信公司用于租赁的地球站
以色列	专用移动无线电、中继移动无线电服务提供商、蜂窝式服务提供商、电视与无线电广播、微波点对点链路、固定无线接入、卫星通信(私人 and 商业用户)、业余无线电、航空和水上业务、临时试验或演示执照

表3 部分国家频谱定价考虑的技术和经济指标

国家	技术和经济指标
英国	带宽因子、频段因子、路径长度因子、时间因子
俄罗斯	使用频段、使用无线电频率（无线电信道）个数、适用技术、有效授权天数
韩国	用户数量、无线电特征因子、频谱使用因子、业务因子、天线功率、带宽、偏爱因子、频率使用模式因子、用途因子

定价政策的一个重要考虑因素。美国联邦通信委员会（Federal Communications Commission, FCC）执行成本会计制度，可以准确反映监管费对应的直接成本和间接成本，并且可以根据各业务特点，确定在持照者之间的分摊方式。德国基于成本会计法，建立了绩效与财务系统，用于计算频率指配费和频率使用费，并根据频率使用情况在持照者之间分摊。

（3）频谱资源利用效率

英国采用行政激励定价，激励持照者提高频谱资源利用效率，或占用更少的频谱资源开展业务，避免由于占用更多的频谱资源而缴纳更高的费用。韩国为提高频谱资源利用效率，设置了频率使用效率减免因子。以色列实行激励性收费，鼓励用户使用占用较少的频段，以及更高效地利用频谱。

（4）减免因素

一种是直接列出减免执照费的情形。比如英国对用于测试与开发或学术研究的执照进行减免。俄罗斯规定处于研发或试验阶段的无线电技术，可降低费用。另一种是通过设置因子进行减免的情形，比如韩国设置了环保费用减免因子、漫游费用减免因子以及频率使用效率减免因子。

此外，对于大多数国家，频谱资源定价方法并不是一成不变的，而是根据国家经济社会、无线电技术和应用的发展，或根据频谱资源定价政策评估结果，适时进行修订和调整的。比如英国每1~2年修订一次《无线电报（执照收费）规则》，先后调整了航空、模拟广播电视和公众移动通信

系统的收费标准。俄罗斯在2011—2014年对频谱资源定价方法的实际应用进行审查，针对发现的问题，对计算方法进行了修订。以色列通信部每年调整一次频谱费标准。

6 结束语

本文借鉴传统自然资源的价值理论，并结合频谱资源的“非传统”特性，对频谱资源定价机制理论进行了研究。这些理论的探索和提出，是构建频谱资源定价机制的基础和前提，也可为未来实施频谱拍卖等市场化手段、更充分体现频谱资源的使用价值提供参考和依据。

我国对频谱资源的定价主要体现为无线电频率占用费的收取。1998年2月，国家发展计划委员会、财政部、国家无线电管理委员会发布《无线电管理收费规定》（计价费〔1998〕218号），其中第三条规定，无线电管理收费包括：无线电注册登记费、无线电频率占用费和无线电设备检测费。后相继取消了无线电注册登记费和无线电设备检测费，仅保留无线电频率占用费。无线电频率占用费不仅被视为一种政府的收入来源，而且是一种提高频谱资源利用效率的有效方法。我国在设置无线电频率占用费收费标准时，综合考虑了使用频段、占用带宽、覆盖范围等因素^[11]。此外，为贯彻落实国家“减税降费”政策的要求，进一步加大行政事业性收费降费力度，切实减轻企业负担，促进实体经济发展，同时考虑一些公益事业的客观情况，或为鼓励新技术新业务的发展，我国先后出台了一系列减免和优惠政策。



我国对频谱资源的定价, 综合体现了频谱资源的补偿价值(监管成本)和使用价值。但是对于部分商用无线电频率, 其使用价值体现的还不够充分。对此, 建议继续加强顶层设计, 整体谋划, 进一步完善频谱资源经济价值评估和定价机制, 形成系统方法, 以适应不断增长的频谱资源需求, 为建设制造强国、质量强国、网络强国、数字中国提供强有力的频谱资源支撑。

参考文献:

- [1] 王文娟. 国家所有权下的无线电频谱资源法律属性研究[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2018, 20(4): 14-18, 54.
WANG W J. Legal attributes of radio spectrum resources under state ownership[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications (Social Sciences Edition), 2018, 20(4): 14-18, 54.
- [2] 方箭, 李景春, 黄标, 等. 5G 频谱研究现状及展望[J]. 电信科学, 2015, 31(12): 111-118.
FANG J, LI J C, HUANG B, et al. Review and Prospect on the Research of 5G Spectrum[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(12): 111-118.
- [3] 于连生. 自然资源价值论及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
YU L S. Natural resource axiology and its application [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.
- [4] 杨林, 陈书全. 海域资源市场化配置的方式选择与制度推进[M]. 北京: 经济科学出版社, 2013.
YANG L, CHEN S Q. Mode selection and system promotion of marketization allocation of marine resources[M]. Beijing: Economic Science Press, 2013.
- [5] 孙静. 无线电频谱资源的经济价值与定价研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2011.
SUN J. Research on the economic value and pricing of the spectrum resource[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2011.
- [6] 闫晶晶, 吕廷杰. 无线电频谱经济价值评估体系研究[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2011, 13(4): 51-56.
YAN J J, LV T J. Evaluation system of economic value of radio spectrum[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications (Social Sciences Edition), 2011, 13(4): 51-56.
- [7] 宋起柱. 新一代无线技术频谱分配机制与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
SONG Q Z. Spectrum allocation mechanism and application of new generation wireless technology [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011.
- [8] 董洁, 南楠. 2018 年国外频谱资源管理政策跟踪研究[J]. 数字通信世界, 2019(8): 42, 34.
DONG J, NAN N. Tracking and research of foreign spectrum resource management policies in 2018[J]. Digital Communication World, 2019(8): 42, 34.
- [9] CAVE M, WEBB W. 频谱管理: 实现频谱资源社会与经济效益最大化[M]. 许颖, 仇沛川, 李英华, 等译. 北京: 人民邮电出版社, 2018.
CAVE M, WEBB W. Spectrum management: maximizing social and economic benefits of spectrum resources [M]. Translated by XU Y, KANG P C, LI Y H, et al. Beijing: People's Posts and Telecom Press, 2018.
- [10] Policy evaluation report: AIP[EB]. 2019.
- [11] International Telecommunication Union. Economic aspects of spectrum management[EB]. 2018.

[作者简介]



董洁(1986—), 女, 国家无线电监测中心高级工程师, 主要研究方向为频谱资源管理、无线电治理等。

李恒志(1979—), 男, 国家无线电监测中心高级工程师, 主要研究方向为频谱资源管理等。

陈岩(1982—), 男, 中国工程院战略咨询中心高级工程师, 主要研究方向为信息技术、知识服务等。

王文娟(1987—), 女, 国家无线电监测中心高级经济师, 主要研究方向为无线电管理法律法规等。