

WRC-19 大会 5G 毫米波结果梳理与分析

王坦 钱肇钧 韩锐 张学玲

摘要：在国际电信联盟 2019 年世界无线电通信大会（WRC-19）上，各国代表就 5G 毫米波频谱使用达成共识。本文对相关频段大会决议文件做了梳理，重点对其中的决议、建议等部分进行阐述和分析，以期为后续工作提供参考。

关键词：5G 毫米波 WRC-19

2019 年 11 月 22 日，历时四个星期的国际电信联盟（ITU）2019 年世界无线电通信大会（WRC-19）在埃及沙姆沙伊赫落下帷幕。来自国际电联 193 个成员国、900 个部门成员以及国际组织、设备制造商、电信运营商和行业组织等近 4000 名代表参加了会议。作为全球无线电频谱和卫星轨道资源使用立法缔约的最重要的国际会议，大会就移动通信、高空平台通信、铁路和交通通信、低轨星座卫星使用规则等多项重要议题达成共识，其结果将影响未来十到二十年全球数万亿美元计的无线电技术、应用及与相关产业融合发展，为联合国推进数字经济、缩小数字鸿沟等诸多可持续发展目标发挥重要作用。其中，对未来全球通信发展有重要影响的 5G 毫米波议题是世界各国以及国际组织关注的重点议题。

一、WRC-19 大会 5G 毫米波全球结论

经过一个月的争论和协调，大会最终确定 5G 毫米波标识的频段（如图 1 所示）。全球范围内将 24.25-27.5GHz（26GHz）、37-43.5GHz（40GHz）、66-71GHz 频段标识用于 5G 及国际移动通信系统（IMT）未来发展；在 45.5-47GHz 频段，部分国家在脚注中标识用于 5G；在 47.2-48.2GHz 频段，2 区（美洲区）国家和部分地区部分国家在脚注中标识用于 5G。

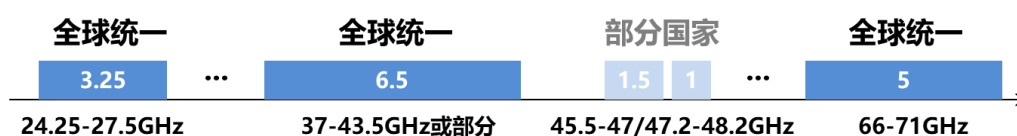


图 1 WRC-19 大会 5G 毫米波频段结果示意图

总数上，大会为 5G 毫米波标识了总计 17.25GHz 频段，是此前历届大会 IMT 标识频段总和（约 1.9GHz[1]）的 9 倍。其中，全球协调一致的 26GHz、40GHz、66-71GHz 频段带宽共计 14.75GHz，占比 85%。部分国家（中国未加入）脚注标识的 47.2-48.2GHz、

45.5-47GHz 频段带宽总计 2.5GHz。中国主推的 26GHz、部分 40GHz、66-71GHz 频段成功作为全球协调一致频段。此外，针对上述频段，大会修订了《无线电规则》，形成了若干新的脚注和决议[2]，对 5G 使用该频段提出了强制性和建议性的要求，如 5G 系统带内、带外射频要求等，将直接影响 5G 设备指标和部署。下文逐个频段进行分析。

二、各频段规则修订分析

(一) 24.25-27.5GHz (26GHz) 频段

在十多个候选频段中，26GHz 频段具有频点低、带宽大、设备实现难度相对较小等优点，是全球 5G 产业极力争取的重中之重，其同、邻频其它无线电业务情况最为复杂，也最具有代表性，是本文分析的重点。

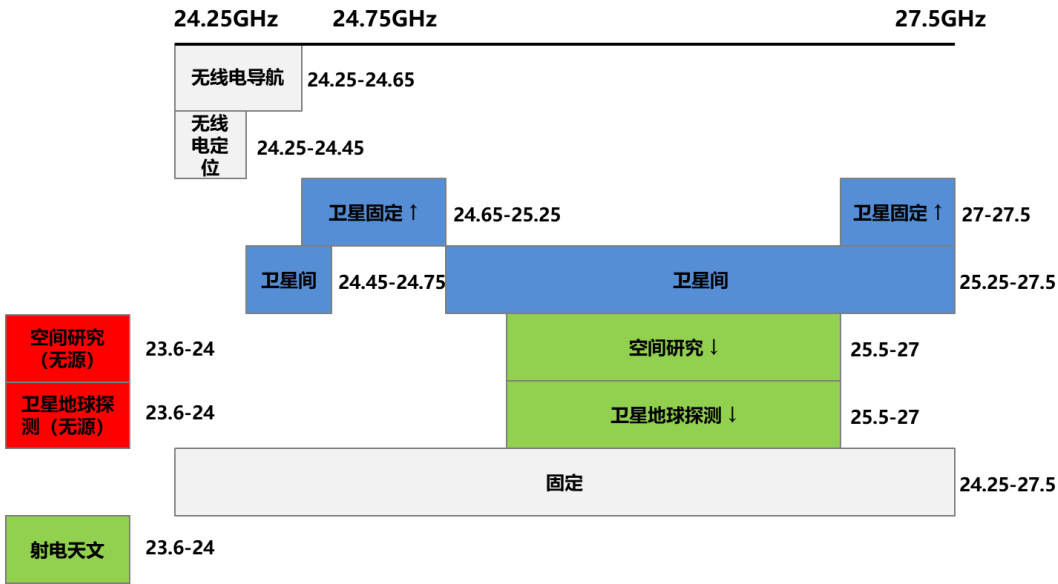


图 2 26GHz 频段频率划分示意图

大会决定新增脚注 **5.A113**¹，将 24.25-27.5 GHz 频段确定由有意实施 5G 地面部分的主管部门使用。这种确定不排除已在该频段获得划分的业务的任何应用对这些频段的使用，亦未在《无线电规则》中确定优先权。同时规定第 **COM4/8** 号²决议 (WRC-19) 适用。

为保护该频段同、邻频其它无线电业务，下面将决议中对 5G 采取的强制性和建议性的限定进行梳理归类，主要分为总体、保护邻频无源业务、保护地面电台、保护空间电台四个方面，并适当加以分析。下文中，以“决议”等字眼提及的内容，均为具有强制效力的内容；以“鼓励、建议、(邀)请”等字眼提及的内容，为非强制性的。

1. 总体方面

¹ 该脚注编号为 WRC-19 大会期间的临时编号，后续在大会最终法案文件中将有正式编号，下同。
² 该决议编号为 WRC-19 大会期间的临时编号，后续在大会最终法案文件中将有正式编号，下同。

决议将该频段内的 IMT 台站限于陆地移动业务（LMS）的范围。这是因为在 ITU 前期开展研究时，5G 基站的部署场景仅包括地面部署，没有提到用于航空、水上等其它移动业务的情况。

2. 针对 23.6-24GHz 卫星地球探测等无源业务的保护

该频段是全球卫星地球观测的一个独特频段，比如美国国家海洋和大气管理局（NOAA）的联合极地卫星系统和欧洲气象业务卫星在该频段上收集大气层中水蒸气分子数据，并据此提供一周的天气预报，也为预测飓风强度及其登陆地点提供重要的信息。一些气象学家担心，5G 带外干扰会影响水蒸气数据采集，使天气预报的精确度下降，对国防、渔业、农业乃至公共安全造成不利影响。

这是一个集总干扰场景，且卫星系统已经实际部署，只有全球或局部地区大规模部署 5G 基站后，才有可能形成并验证其对卫星系统产生的实质影响，现有手段难以像地面台站一样进行少量台站之间的干扰试验，只能通过理论仿真计算出 5G 基站带外无用射频限值。由于计算方法不同，研究结果也不相同，再加上各国相关产业发展战略存在差异，因此各国在 5G 基站带外无用射频限值上存在较大分歧。

经大会讨论，最终决议提出了 5G 基站、终端限值“两步走”的方案：现阶段基站、终端分别采用-33/-29 dBW/200MHz 作为限值；2027 年 9 月 1 日起，将上述限值分别加严至-39/-35dBW/200MHz。该限值写入了第 750 号决议，并在脚注 5.338A 中增加了 26GHz 频段以规定第 750 号决议适用，以强制执行。

同时，大会鼓励主管部门考虑 5G 基站带外限值以外的其他干扰缓解技术，例如频段保护带等。此外，为了避免 26GHz 频段二次谐波影响 50.2-50.4 GHz 和 52.6-54.25 GHz 频段无源业务空间接收，大会还鼓励主管部门在将该频段用于 IMT 时，采用 ITU-R SM.329 建议书中的 B 类杂散发射限值（-30dBm/MHz）。

3. 保护卫星间业务和卫星固定业务空间电台接收

如图 2 所示，在该频段有卫星间业务和卫星固定业务（地对空）的划分。其中，卫星间业务主要用于反向传输部分，也就是对地静止卫星轨道上的数据中继卫星（DRS）接收来自非对地静止卫星轨道上的卫星或航天器的信号会持续追踪 NGSO 或航天器的位置。图 3 描述了 5G 系统干扰卫星间业务场景的示意图。5G 系统干扰卫星固定业务（地对空）的场景与此类似。

该案例同样是 5G 系统全球或区域大规模部署后干扰卫星空间电台接收的问题。但与上文保护邻频业务不同的是，这是同频问题，也即需要对 5G 系统带内射频指标或部署方式作出限定。

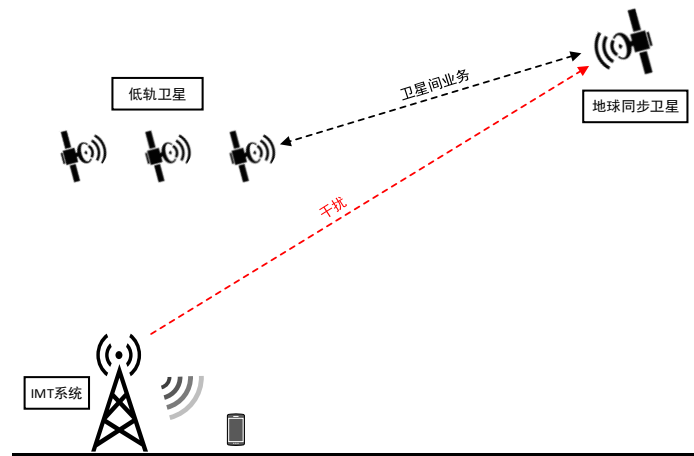


图 3 5G 系统干扰卫星间业务场景示意图

最终大会做出决议，该频段部署 IMT 基站时，应采取实际措施以确保室外基站的发射天线通常指向水平线以下，机械指向需在水平线或以下。同时，在该频段内，IMT 基站单个波束在对地静止卫星轨道偏离 7.5 度范围内的 e.i.r.p. 不得超过 30 dBW/200MHz。

此外，大会鼓励主管部门采取措施使得 5G 基站大阵列天线方向图保持在 ITU-R M.2101 建议书所规定的近似包络范围内。这是因为，5G 大阵列天线的波束包络形状对 5G 基站旁瓣向天空方向辐射功率有决定性的影响。

与此同时，大会还请 ITU-R 酌情定期审查 IMT 系统（包括基站密度）和空间业务系统不断发展的技术和操作特性对兼容共用的影响，并在制定和/或修订 ITU-R 建议书/报告时考虑这些审查的结果，此外，如有必要，还应采取措施以减轻对空间电台接收的干扰风险。这项措施的主要目的是希望建立一种长效审查机制，因为 5G 系统未来部署规模存在不确定性，且实际部署情况与早期开展兼容共用的模型难免有不一致的地方。

4. 保护地面电台

如图 2 所示，该频段涉及的其它业务的地面电台主要包括：邻频射电天文台，同频卫星地球探测与空间研究业务地球站，这几类是地球站接收可能受到 5G 系统的干扰。此外，卫星固定业务（地对空）地球站的发射可能对 5G 系统接收产生干扰，但由于卫星固定业务也是主要业务，且有规划或使用的情况，所以也产生了和 5G 系统的协调问题。

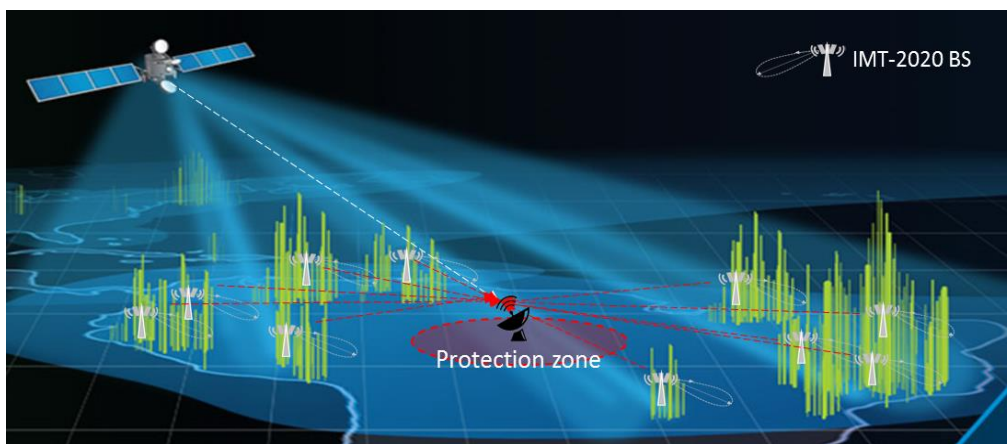


图 4 5G 基站干扰卫星地球站接收示意图

图 4 给出了 5G 基站干扰卫星地球站接收示意图，地面电台之间的干扰场景相对较为直观，通常以一定隔离距离以开展协调、实施保护。这里提到的几类业务的干扰场景均与此类似。

由于毫米波频段传播距离受限，这类地面电台之间的干扰通常属于国内问题，大会决议则重点对边境协调地区提出了要求。决议指出，为实现跨境协调，必要时应通过双边协议，保护 25.5-27 GHz 频段的卫星地球探测与空间研究业务地球站和 23.6-24 GHz 频段的射电天文台并促进 24.65-25.25 GHz 和 27-27.5 GHz 频段的卫星固定业务地球站与 IMT 台站的共存。

此外，大会鼓励主管部门实施 IMT 的相关条款时确保这些地球站现有设台的持续使用和其未来发展。同时，请 ITU-R 制定、更新有关建议书、报告以避免卫星地球探测、空间研究、射电天文业务台站受到来自 IMT 系统的有害干扰，并协助主管部门减轻卫星固定业务地球站对工作在 24.65-25.25 GHz 和 27-27.5 GHz 频段对 IMT 台站的干扰。

（二）37-43.5GHz（40GHz）与 47.2-48.2GHz 频段

40GHz 频段同样是世界各国重点关注的 IMT 潜在频段。根据是否有移动业务划分，这部分频谱又被细分为三个连续的频段，分别是 37-40.5GHz、40.5-42.5GHz，42.5-43.5GHz。其中，40.2-42.5GHz 在 WRC-19 之前全球并未统一有移动业务的划分。与 26GHz 频段的技术性分歧相对不同的是，大会各方围绕 40GHz 频段争论的焦点在于，是把三个频段都标识用于 IMT，还是只明确其中的一部分。

有的国家坚持将该频段 6.5G 带宽的频谱资源全部标识用于 IMT，各国可以自己选择全部或某个频段用于 5G。还有一部分国家认为可以标识其中一段频率，但具体标识哪一段也存在分歧。在 40GHz 频段范围内，还分布着各类其它无线电业务，如图 5 所示。本文认为，在促进 5G 发展的同时，给卫星产业发展空间以及保护其他无线电业务

正常运转同样重要。

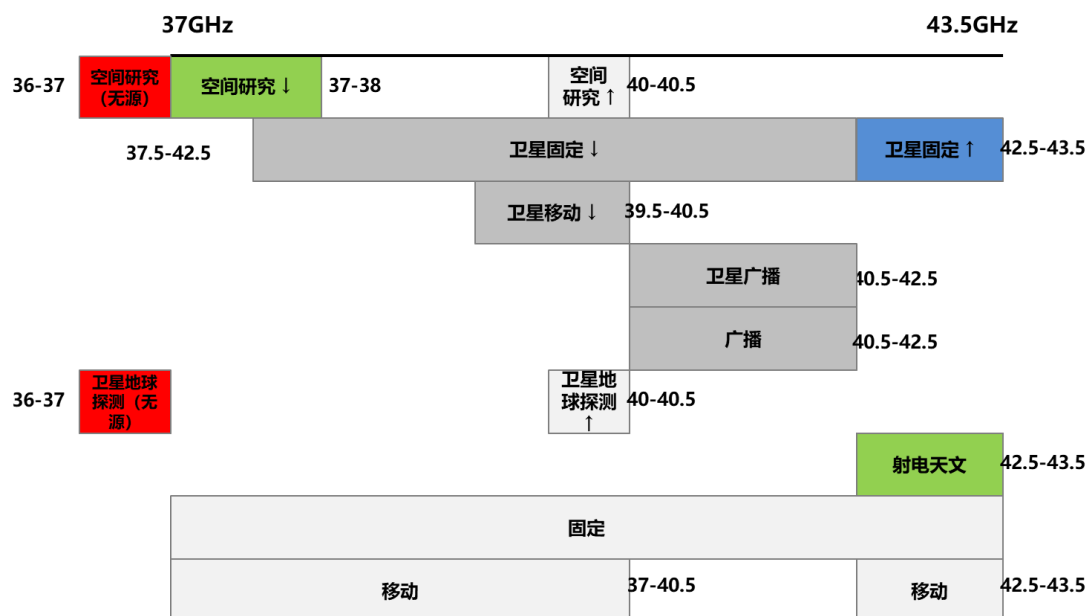


图 5 40GHz 频段频率划分示意图（WRC-19 召开前）

最终，大会决定新增脚注 **5.BCD113**，将 37-43.5 GHz 频段或其中的一部分标识给 IMT，同时规定第 **COM4/9** 号决议（**WRC-19**）适用。与 26GHz 脚注不同的是，该脚注额外指出，鉴于 37.5-42.5 GHz 频段内可能部署 FSS 地球站以及 1 区的 39.5-40 GHz 频段、所有各区的 40-40.5 GHz 频段以及 2 区的 40.5-42 GHz 频段内可能部署卫星固定业务高密度应用（参见第 **5.516B** 款），各主管部门应酌情进一步考虑对这些频段内 IMT 的可能限制。由此可见，大会最终对平衡 40GHz 频段地面、空间业务发展给出了明确的提醒。

在针对具体业务的保护措施方面，该频段多数内容与 26GHz 频段采取了一致的表述。下面仅对不同之处进行阐述。

1. 保护 36-37GHz 邻频卫星地球探测等业务

与 26GHz 频段不同的是，36-37GHz 频段本身并不是禁止一切发射的无源频段，因此与第 **750** 号决议、脚注 **5.338A** 不直接相关。但该频段的干扰场景与 26GHz 类似，同样需要限定 5G 系统的带外发射指标。大会最终决定将限值直接写入该频段决议正文，同时给出了强制值和建议值。其中强制值又分为窄带和宽带两个测量维度的要求： -43dBW/MHz 及 36-37GHz 整个频段内的 -23dBW/GHz 。建议值为 -30dBW/GHz 。

2. 针对平衡空间和地面业务

除了在标识脚注中提到空间业务之外，大会还请主管部门确保在考虑将频谱用于 IMT 时，应充分考虑用于以泛在方式在各未指定点上部署的地球站和网关的频谱需求，同时考虑依据第 **5.516B** 款在 1 区的 39.5-40 GHz 频段、所有区的 40-40.5GHz 频段、2

区的 40.5-42GHz 频段和 1 区的 47.5-47.9 GHz 频段内为 HDFSS 确定的频谱。此外，在 1 区，鼓励各主管部门考虑在 40.5-43.5 GHz 频段内实施 IMT，以便更好地满足 40.5 GHz 以下的其他业务的需求，并考虑到 1 区中 37.5-40.5 GHz 频段内对 FSS 的保护。

针对 47.2-48.2GHz 频段，由于该频段需要保护的業務主要是卫星固定业务（地对空），与 42.5-43.5GHz 频段类似，所以大会将 47.2-48.2GHz 频段的结论并入了 40GHz 频段的决议当中，本文不再对细节进行阐述。在该频段的标识问题上，由于全球观点有分歧，所以大会最终形成了部分地区和国家的脚注标识。2 区国家和部分欧洲、非洲国家以及少量亚洲国家加入了脚注。从长远看，由于美国已经在国内将该频段规划用于 5G，且于近期开展了该频段的拍卖工作[3]，该频段未来在全球有进一步扩大使用范围的可能。

（三）45.5-47GHz 频段

相比 26GHz 和 40GHz 频段，45.5-47GHz 频段并没有受到来自全球的普遍关注。在兼容共用研究阶段，该频段收到的研究输入较少，部分业务由于缺乏参数提供，甚至没有开展研究。经过大会讨论，最终该频段形成了部分国家的脚注标识 **5.F113**。与 47.2-48.2GHz 频段相比，仅有个别欧洲国家和部分非洲国家加入了脚注。

与上述频段不同的是，该频段脚注中进一步要求，一是使用 IMT 应考虑第 **5.553** 款；二是有关航空移动业务和无线电导航业务，将该频段用于实施 IMT 取决于根据第 **9.21** 款与相关主管部门达成的协议，且不得对这些业务造成有害干扰或要求其提供保护。同时规定第 **COM4/10** 号决议（**WRC-19**）适用。针对前者，该频段本身有脚注 **5.553**，要求地面移动业务对空间业务实施保护。也即该频段部署的 IMT 系统处于相对较低的保护地位。同时，通过第 **9.21** 款与相关主管部门开展协调，也给该频段实际投入使用带来了一定的困难。经验表明，IMT 系统与航空移动与无线电导航业务在同一地理区域通常较难以实现同频共用。

（四）66-71GHz 频段

该频段作为第三个全球达成一致意见的频段，其主要协调的内容和 26GHz、40GHz 有着显著不同。在《无线电规则》现有频率划分表中，该频段上已有移动业务的主要划分，有的国家拟考虑将此频段用于免授权的其它宽带无线接入技术例如 Wi-Fi。另一些国家则保持技术中立的态度，认为可以考虑将该频段标识用于 5G，但具体到各国内部划分频率时可以自由选择将该频段用于 5G 或者其它宽带无线接入技术。因此，讨论的焦点在于，新增脚注以及决议中是否应对其它宽带无线接入技术的地位进行认可。

经过大会讨论，最终在该频段形成的脚注 **5.J113** 中，并未提及任何其它宽带无线接

入技术。而脚注所对应的第 **COM4/7** 号决议 (**WRC-19**)，针对主管部门可能采取的不同考虑做了明确的区分：希望实施 **IMT** 的主管部门将该频段提供用于 **IMT** 的地面部分；而希望在该频段内同时实施 **IMT** 和其他移动业务应用的主管部门，应考虑 **IMT** 与这些应用之间的共存。

此外，大会还请 **ITU-R** 酌情制定建议书和/或报告，以协助各主管部门通过发展 **IMT** 和移动业务的其他应用之间（包括其他无线接入系统），以及移动业务和其他业务的应用之间的共存机制，确保有效利用该频段。

（五）小结

WRC-19 大会为上述 **5G** 毫米波频段均新增了脚注和决议，对相关内容进行概要汇总，如表 1 所示。

表 1：5G 毫米波频段新增脚注和决议

频段	决议	请、鼓励主管部门	请 ITU-R
24.25-27.5GHz	①IMT 限于 LMS ②邻频限值 ③主波束下倾 ④机械下倾 ⑤单波束在 GSO 轨道附近功率限值 ⑥边境协调为保护地球站提供便利	①干扰缓解措施如频率保护带 ②SM.329 B 类杂散 ③5G 天线方向图 ④保护其它地面电台使用和未来发展	①制定建议书、报告处理协调距离 ②审查系统技术和操作特性发展变化 ③制定频率安排
37-43.5GHz 与 47.2-48.2GHz	①②③④⑤⑥同上	③④同上 ⑤考虑 FSS 关口站和高密度应用脚注	①②③同上
45.5-47GHz	⑦考虑 5.553 脚注 ⑧9.21 款与他国协调航空移动等业务		③同上
66-71GHz	⑨如有，考虑 IMT 与其它无线接入技术的共存		②③同上 ④制定建议书，处理共存问题

三、其它频段情况

以下频段经大会讨论，决定不考虑用于 **IMT**。

31.8-33.4GHz 频段。该频段 **IMT** 与无线电导航业务难以实现同频共存。

47-47.2/48.2-50.2/50.4-52.6GHz 频段。47-47.2GHz 频段为业余业务，全球普遍没有开展研究。48.2-50.2/50.4-52.6GHz 频段紧邻卫星地球探测（无源）业务，需考虑 **IMT** 带外限值和一定的频率保护带；此外，该频段也是卫星固定业务（地对空）的重要频段，需兼顾空地发展，因此将该频段用于 **IMT** 的空间可能很有限。

71-76/81-86GHz 频段。由于频段较高，研究不够充分，全球普遍兴趣不高。有在未

来大会继续考虑研究用于 IMT 的可能性。

四、后续工作探讨

国际上，ITU-R 在 2020-2023 年研究周期将考虑 WRC-19 大会提出的相关工作，包括制定 5G 毫米波频率安排、制修订相关建议书或报告以协助主管部门处理兼容共用问题，以及酌情审查相关系统技术参数的变化情况。此外，随着全球产业的投入和发展，在 WRC-23 大会，针对 45.5-47/47.2-48.2GHz 频段的脚注标识，可能会有更多国家希望加入。

在国内，一方面，WRC-19 大会对《无线电规则》进行修订后，通常我国无线电主管部门将启动对《中华人民共和国无线电频率划分规定》的修订工作，将国际规则“本地化”，并可能在现有大会决议和建议的基础上采取更进一步的措施，包括制定相关国内法规等。同时，根据工业和信息化部 2020 年初召开的工作会议精神，年内我国无线电主管部门拟适时制定或发布 5G 系统毫米波部分频段频率使用的规则，为后续频率工作奠定基础。

参考文献

- [1] WRC-19 identifies additional frequency bands for 5G,
<https://news.itu.int/wrc-19-agrees-to-identify-new-frequency-bands-for-5g/>
- [2] 世界无线电通信大会 2019 (WRC-19) 临时最后文件，10 月 28 日-11 月 22 日，
埃及沙姆沙伊赫，
https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.13-2019-PDF-C.pdf
- [3] FCC, CLOCK PHASE OF AUCTION 103 CONCLUDES, Jan 30, 2020,
<https://www.fcc.gov/document/clock-phase-auction-103-concludes>