

第2研究组 第7号课题

# 针对人体暴露于射频电磁场的政策、指南、法规和评估



ITU-D第7/2号课题输出成果报告

# 针对人体暴露于射频电磁场的政策、指南、法规和评估

2018-2021研究期



## 针对人体暴露于射频电磁场的政策、指南、法规和评估：2018-2021年研究期ITU-D第7/2号课题输出成果报告

ISBN 978-92-61-34225-8 (PDF版)

ISBN 978-92-61-34235-7 (EPUB版)

ISBN 978-92-61-34245-6 (Mobi版)

© 国际电联 2021

国际电信联盟，Place des Nations, CH-1211 日内瓦，瑞士

部分版权所有。该作品通过创作共享署名-非商业-共享3.0 IGO许可 (CC BY-NC-SA 3.0 IGO) 向公众授权。

根据本许可证的条款，如果作品被适当引用，您可以出于非商业目的复制、重新分发和改编作品。在使用该作品时，不应建议国际电联认可任何具体的组织、产品或服务。不允许未经授权使用国际电联的名称或标志。如果您改编作品，那么您必须在相同或等效的创作共享许可下使您的作品获得许可。如果您创作了这部作品的译文，您应该加上下面的免责声明以及建议的引文：“这部译文不是由国际电信联盟 (ITU) 创作的。国际电联对本译文的内容或准确性不承担任何责任。英文原版须为具有约束力的权威版本”。欲了解更多信息，请访问：

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/>

**建议的引文。**针对人体暴露于射频电磁场的政策、指南、法规和评估：2018-2021年研究期ITU-D第7/2号课题输出成果报告。日内瓦：国际电信联盟，2021年。许可证：CC BY-NC-SA 3.0 IGO。

**第三方材料。**如果您希望重用本作品中属于第三方的材料，如表格、图形或图像，则您有责任确定是否需要该重用的许可，并从版权所有者那里获得这一许可。因侵犯作品中任何第三方拥有的内容而导致索赔的风险需完全由用户承担。

**一般免责声明。**本出版物中使用的名称和材料的表述并不意味着国际电联或其秘书处对任何国家、领土、城市或地区或其当局的法律地位，或对其边界或界线的划定表达任何意见。

提及特定公司或某些制造商的产品并不意味着国际电联认可或推荐这些公司或产品优先于未提及的其他类似性质的公司或产品。除了错误和遗漏之外，专有产品的名称用大写字母区分。

国际电联已采取所有合理的预防措施来核实本出版物中包含的信息。然而，资料的发行没有任何明确或隐含的担保。资料的解释和使用责任由读者自负。在任何情况下，国际电联都不对其使用而造成的损害负责。

**封面图片鸣谢：** Shutterstock

## 鸣谢

国际电联电信发展部门（ITU-D）研究组提供了一个中立性平台，来自世界各地的政府、业界、电信组织和学术界的专家可汇聚一起，制定解决发展问题的实用工具和资源。为此，ITU-D的两个研究组负责在成员所提出输入意见基础上制定报告、导则和建议。研究课题每四年在世界电信发展大会（WTDC）上决定。国际电联成员于2017年10月在布宜诺斯艾利斯举行的WTDC-17上商定，在2018-2021年期间，第2研究组将在“信息通信技术服务和应用促进可持续发展”的总体范围内处理七项课题。

本报告是针对**第7/2号课题 – 针对人体暴露于射频电磁场的政策、指南、法规和评估** – 编写的，由ITU-D第2研究组的管理班子进行全面指导和协调。该研究组由主席Ahmad Reza Sharafat先生（伊朗伊斯兰共和国）领导，并得到以下副主席的支持：Nasser Al Marzouqi先生（阿拉伯联合酋长国）（2018年辞职）； Abdelaziz Alzarooni先生（阿拉伯联合酋长国）； Filipe Miguel Antunes Batista先生（葡萄牙）（2019年辞职）； Nora Abdalla Hassan Basher女士（苏丹）； Maria Bolshakova女士（俄罗斯联邦）； Celina Delgado Castellón女士（尼加拉瓜）； Yakov Gass先生（俄罗斯联邦）（2020年辞职）； Ananda Raj Khanal先生（尼泊尔共和国）； Roland Yaw Kudozia先生（加纳）； Tolibjon Oltinovich Mirzakulov先生（乌兹别克斯坦）； Alina Modan女士（罗马尼亚）； Henry Chukwudumeme Nkemadu先生（尼日利亚）； 王珂女士（中国）； 和Dominique Würges先生（法国）。

本报告在第7/2号课题共同报告人Haim Mazar先生（ATDI，法国）（第1、2和3章）； 巫彤宁先生（中国）（第4章）和刘丹女士（中国）（2018年辞职）的领导下与下列共同报告人协作撰写：Aminata Niang Diagne女士（塞内加尔）（第7章）； Gregory Domond先生（海地）（第5章）； R.M. Chaturvedi先生（印度）和Enock Gothias先生（中非共和国），参加撰写工作的还包括以下积极参与方：Michael Milligan先生（移动和无线论坛）（第6章）和Jack Rowley先生（GSMA）（内容提要）。

本报告是在电信发展局研究组联系人、编辑以及出版物制作团队和ITU-D研究组秘书处的支持下编写的。

# 目录

鸣谢 .....	iii
表和图列表 .....	vi
内容提要 .....	vii
缩写和缩略语 .....	ix
<b>第1章 – 引言 .....</b>	<b>1</b>
1.1 背景 .....	1
1.2 报告范围 .....	3
<b>第2章 – 国际电联的活动 .....</b>	<b>5</b>
2.1 全权代表大会第176号决议（2018年，迪拜，修订版） .....	5
2.2 WTDC第62号决议（2017年，布宜诺斯艾利斯，修订版） .....	5
2.3 WTS第72号决议和ITU-T第3/5号课题的工作成果 .....	6
<b>第3章 – 最新国际RF EMF暴露限值 .....</b>	<b>7</b>
3.1 概述 .....	7
3.2 现行的ICNIRP导则（2010年）和（2020年） .....	8
3.2.1 概述 .....	8
3.2.2 ICNIRP（2020年）表格和图表的说明 .....	9
3.3 IEEE C95.1-2019 .....	16
3.3.1 参考电平：应用100 kHz-6 GHz的安全系数：热效应 .....	16
3.3.2 剂量参考限值和暴露参考电平 .....	17
3.3.3 ICNIRP（1998年）、IEEE 95-1（2019年）和ICNIRP（2020年）的差异对比 .....	21
3.4 附加国际参考 .....	24
3.4.1 ITU-T建议书及其相关K系列增补件 .....	24
3.4.2 ITU-R SM.2452号报告 .....	25
3.4.3 国际电工委员会标准 .....	26
3.4.4 电气和电子工程师学会（IEEE） .....	27
3.4.5 总结 – 最佳做法、国际RF-EMF暴露限值 .....	27
<b>第4章 – 限制暴露于射频场的政策 .....</b>	<b>28</b>
4.1 国家法规导则 .....	28
4.2 确保遵守暴露限值的国家做法 .....	29
4.3 IMT-2020（5G）对EMF的影响 .....	30
4.4 暴露于Wi-Fi和蓝牙等其他短距设备发射器 .....	32

<b>第5章 – 国家EMF暴露限值政策的制定.....</b>	<b>33</b>
5.1 法律框架 .....	33
5.2 标准的制定 .....	33
5.3 对与人体暴露于RF-EMF相关问题的评估 .....	34
5.4 公众认知 .....	34
5.5 幼儿园、学校和医院周围区域的暴露限值 .....	35
5.6 对发射器周围RF-EMF暴露的评估 .....	35
5.6.1 RF-EMF暴露的计算 .....	36
5.6.2 RF-EMF暴露的测量 .....	38
5.6.3 对网站结果的介绍 .....	39
5.6.4 简化的基站站点评估程序 .....	39
<b>第6章 – 人体暴露于基站和手机的电磁场 .....</b>	<b>40</b>
6.1 基站暴露水平的国际比较 .....	40
6.2 手机的暴露电平 .....	42
6.3 国家SAR测量 .....	43
6.4 射频暴露与儿童 .....	44
<b>第7章 – 案例研究.....</b>	<b>46</b>
7.1 背景 .....	46
7.2 国家举措 .....	46
7.2.1 布隆迪案例 .....	47
7.2.2 中非共和国案例 .....	47
7.2.3 塞内加尔案例 .....	48
7.2.4 中国案例 .....	48
7.3 最佳做法的总结 .....	49
<b>Annexes .....</b>	<b>50</b>
<b>Annex 1: List of contributions and liaison statements received on Question 7/2 .....</b>	<b>50</b>

## 表和图列表

### 表目录

表1: (ICNIRP表1) 导则使用的量和相应的国际单位制 (SI) .....	9
表2: (ICNIRP表5) 平均到 <u>30分钟</u> 和 <u>全身暴露</u> 的参考电平 .....	10
表3: (ICNIRP表6) 平均到 <u>6分钟</u> 的 <u>局部暴露</u> 参考电平 .....	11
表4: ICNIRP (2020年) 导则简介 – 基本限值 .....	14
表5: C95.1-2019 (表5) – 剂量参考限值, DRL (100 kHz至6 GHz) .....	17
表6: C95.1-2019 (表6) – DRLs (6 GHz至300 GHz) .....	17
表7: C95.1-2019 (表7) – 暴露参考电平, ERL (100 kHz至300 GHz) .....	18
表8: C95.1-2019 (表8) – <u>限制环境</u> (100 kHz至300 GHz) 中的ERL.....	19
表9: 最佳做法清单.....	49

### 图目录

图1: 全球移动蜂窝电话用户数 .....	3
图2: ICNIRP (1998年)、ICNIRP (2010年) 和ICNIRP (2020年) 导则为 <u>公众</u> 规定的 <u>全身平均</u> 参考电平 .....	12
图3: 适用于 <u>≥6 min</u> 公众 <u>局部暴露</u> 的ICNIRP (2020年) 参考电平 .....	13
图4: ICNIRP (1998年)、ICNIRP (2010年) 和ICNIRP (2020年) 导则对 <u>工作人员</u> 采用的 <u>全身平均</u> 参考电平 .....	13
图5: 适用于 <u>≥6 min</u> 工作人员 <u>局部暴露</u> 的ICNIRP (2020年) 参考电平 .....	14
图6: 对比ICNIRP (2020年) 表5, 30 MHz-300 GHz职业和公众暴露的 <u>功率密度</u> .....	15
图7: 对比ICNIRP (2020年) 表5, <u>场强</u> 为0.1 MHz-2 000 MHz的职业和公众暴露, ICNIRP (2010) 表3和4中的限制≈7 MHz .....	15
图8: 对比ICNIRP (2020年) 表6的职业和 <u>公众暴露</u> .....	16
图9: C95.1-2019 (图3) <u>非限制环境</u> 的EMF和功率密度 .....	19
图10: C95.1-2019 (图4) <u>限制环境</u> 中的EMF和功率密度 .....	20
图11: ICNIRP和IEEE的职业暴露参考限值 (RL) .....	21
图12: IEEE C95.1 (2019年) 与ICNIRP (2020年) 有关全身和局部暴露的对比 .....	22
图13: ICNIRP (1998年)、IEEE (2019年) 和ICNIRP (2020年) 适用于公众的参考电平.....	23
图14: 三维DTV公众和职业RF- EMF暴露轮廓线 .....	37
图15: 蜂窝暴露距离的二维卫星视图 .....	38
图16: RF-EMF调查数据 (20国) .....	41
图17: 受测的98个小蜂窝站点以V/m为单位的场强测量结果 .....	42



# 内容提要

国际电联电信发展部门（ITU-D）的ITU-D第7/2号课题报告（“与人体暴露于电磁场相关的战略和政策”）涉及一个专业领域，并借助科学专家机构和意见提供背景信息；它对于政策制定者具有重大意义，因为不必要的限制性政策、法规和做法，会对无线电服务的提供产生负面影响。关于射频电磁场（RF-EMF）风险的研究不计其数。本报告侧重于基于科学的人体暴露于RF-EMF的政策、导则、法规和评估，但不涉及生物领域。世界卫生组织（WHO）于1996年设立国际EMF项目，以评估0至300 GHz频率范围的EMF可能造成健康影响的科学证据。<sup>1</sup>

2020年3月，国际非电离辐射防护委员会（ICNIRP）公布了更新的ICNIRP（1998年）导则。<sup>2</sup>电气和电子工程师协会（IEEE）也于2019年10月发布了更新版的C95.1-2019标准。<sup>3</sup>ICNIRP和IEEE限值大体一致，30 MHz以上的全身暴露于连续场的功率密度限值相同。

绝大多数国家采用基于ICNIRP导则或IEEE标准的RF-EMF暴露限值；然而，一些国家决定采取保护其民众的附加措施。不同国家采用不同暴露限值的情况引发了公众关注。鼓励主管部门遵循ICNIRP和IEEE专家组制定的基于科学的标准，或由其本国专家设定的限值。选择使用国际RF-EMF暴露限值的主管部门遵循的最佳做法，是将暴露水平限制在ICNIRP（2020年）导则规定的阈值内。

世界各国广泛开展了RF-EMF暴露监测活动。其结果始终显示，移动网络天线在公共区域形成的RF-EMF电平很低，并且无论是否采用国际或更严格的限制性RF-EMF限值，该电平都不会随时间发生显著变化，也不会因国家而异。就人体暴露而言，没有技术理由限制在幼儿园、学校和医院周围设置基站，因为现有的暴露导则包含了保护社区所有成员的安全裕量。

主要的科学证据依然显示，没有证据表明使用手机或无线设备会对健康产生任何不利影响。公众面临的最多暴露来自于手机等手持设备。出于合规性目的，在实验室条件下对以最大功率运行的设备进行的比吸收率（SAR）测量显示，其数值接近限值。然而，为每种型号的移动电话上报的合规性SAR值夸大了现实生活中的暴露电平。实际上，尤其在接收良好的区域，这些设备的运行功率远低于该电平。

<sup>1</sup> WHO。电磁场（EMF）。[国际EMF项目](#)

<sup>2</sup> ICNIRP（2020）。[2020年RF-EMF导则](#)

<sup>3</sup> IEEE（2019）。[IEEE C95.1-2019](#)。人体暴露于电场、磁场和电磁场的安全等级标准，0 Hz到300 GHz。



首个5G NR（新空口）版本于2017年12月正式发布。由于第五代移动通信系统采用多入多出（MIMO）和毫米波技术的特点，对RF-EMF的评估迫在眉睫。一项开创性的研究表明，每个波束方向的最大时间平均功率远低于理论最大值，并且低于现有统计模型的预测值。风险沟通也是减少公众对RF-EMF暴露不必要担忧的重要方法。世卫组织和国际电联不断促进国家和区域之间的知识交流。

该报告包括的案例研究，涉及多个国家为限制人体暴露于EMF和有效提高不同利益攸关方认知而开展的活动。

## 缩写和缩略语

3G	第三代移动通信技术
4G	第四代移动通信技术
5G	第五代移动通信技术
AP	接入点
BDT	电信发展局
BS	基站
DRL	剂量参考极限
EIRP	等效全向辐射功率
EMF	电磁场
ERL	暴露参考电平
ICNIRP	国际非电离辐射防护委员会
ICT	信息通信技术
IEC	国际电工委员会
IEEE	电气和电子工程师协会
ITU	国际电信联盟
ITU-D	国际电联电信发展部门
ITU-T	国际电联电信标准化部门
ITU-R	国际电联电信无线电通信部门
IMT	国际移动通信
MIMO	多入多出
NIR	非电离辐射
NR	新空口（5G）
RBS	射频基站
RF	射频
RF-EMF	射频电磁场
SAR	比吸收率
SI	国际单位制

(续)

WHO	世界卫生组织
WTDC	世界电信发展大会
WTSA	世界电信标准化全会

# 第1章 – 引言

## 1.1 背景

蜂窝基站和无线固定装置在世界各地的蔓延、公众对大型天线结构体的反感以及一些国家对可能的电磁场（EMF）危害的担忧，使旨在确保公众安全的限制性立法和法规应运而生<sup>1</sup>。对于监管机构、服务提供商和无线设备供应商来说，对人体的危害已经成为一个重要的健康问题。人们暴露在不同来源的射频电磁场（RF-EMF）中，暴露程度因数据流量服务、服务质量（QoS）要求、网络覆盖、容量扩展和新技术的采用而异。人体射频暴露限值包含对暴露的限制，旨在向负责公众和工人安全的人员提供帮助。人体的RF-EMF暴露主要源于身体携带或在其附近工作的发射器，如工作人员的手持设备和近场无线源（见2017年世界电信发展大会（WTDC-17）第7/2号课题职责范围）<sup>2</sup>。世界卫生组织（WHO）指出：“尚无法证实采用商业设备可有效减少射频场暴露。”<sup>3</sup>

无线通信业务所用的电磁频谱射频范围内的频率，远低于X光或伽马射线等电离辐射<sup>4</sup>。射频波没有足够的能量打破分子键或引起人体内原子的电离；因此，它们被归类为非电离辐射（NIR）。高度RF-EMF暴露（如微波炉）的短时加热能力为众所周知。问题在于是否还有癌症等其他一些长期的健康影响。虽然一些研究表明生物体内存在非热效应的可能性，但一直未能予以证实。

一些国家（和城市）采用更严格的RF-EMF限值，对无线电业务的部署产生了负面影响，却并未降低典型的公共RF-EMF暴露电平<sup>5,6</sup>。国际非电离辐射防护委员会（ICNIRP）RF-EMF暴露导则得到世卫组织的支持，并形成了当前的科学共识。“世界卫生组织鼓励制定为所有公众提供同等或类似水平健康保护的暴露限值和其他控制措施。世界卫生组织赞同ICNIRP的指导原则，并鼓励成员国采用这些国际导则。”<sup>7</sup>然而，国家法规在所在国占据优先地位，并且囿于社会、经济和政治因素，各国的价值观可能会有差异。

<sup>1</sup> 见H. Mazar, [《无线电频谱管理：政策、法规、标准和技术》](#)，West Sussex: John Wiley & Sons有限公司，2016年；见第9章第359-397页。

<sup>2</sup> 国际电联。ITU-D研究组。[第7/2号课题](#)

<sup>3</sup> 世卫组织。新闻室。第193号概况介绍。[电磁场与公共卫生：手机](#)。2014年10月。

<sup>4</sup> 频率高于紫外波段的电磁辐射被归类为“电离辐射”，因为它们与物质结合时，有足够能量通过释放电离电子并以此改变其化学键来改变原子。电离辐射发生在2 900 THz（ $2\,900 \times 10^{12}$  Hz）以上频率。其极限对应于约103.4纳米的波长和12 eV的最小电离能。

<sup>5</sup> [欧洲日常微环境中的射频电磁场暴露：系统文献综述](#)。Sagar等人，《暴露科学与环境流行病学杂志》。28（2）：147-60。2018年3月。

<sup>6</sup> Hamed Jalilian等人（2019年）。[公众在日常微环境中的射频电磁场暴露：欧洲最新系统综述](#)。《环境研究》。176：108517。2019年9月。

<sup>7</sup> WHO（2006年）。[制定以健康为基础的EMF标准框架](#)，第7-8页。

部分公众仍然放心不下，认为研究并未覆盖所有可能的健康影响。有关成本和潜在危险之间的平衡分析至关重要。科学上既不可能证明任何物理媒介<sup>8</sup>的绝对安全性（零假设）—也不可能做出否定（即某物不存在）的证明。尽管逻辑上不存在确凿证据，但国家监管机构被置于公众压力之下。为了应对这一困境，一些国家表示，他们采用预防原则来限制可能的人身伤害。就RF-EMF健康风险管理问题，可用预防方法和“尽力降低”（ALARA）概念取代双态风险管理模型（高于/低于阈值），从而使其他要素得以采用。

这是在剩余不确定性（以及一旦发生最坏情况的损害）与实施更严格要求（需要额外资源并导致服务质量下降）和其他更广泛社会影响<sup>9</sup>之间做出权衡。世卫组织的意见是，如果监管当局为应对公众压力而在现有基于科学的限值之外引入预防性限值，他们应该意识到这会损害科学和暴露限值<sup>10</sup>的可信度。ICNIRP（2020年）导则指出，没有证据表明附加预防措施有益于人体健康。<sup>11</sup>有必要让包括政府机构、私营互联网部门、非政府组织、社区团体和公众在内的所有利益攸关方参与提高认知的社区活动。

从图1（基于《国际电联指标》）<sup>12</sup>中可以收集到全球蜂窝基站激增的证据，图中描绘了2000至2019年间移动蜂窝用户数和每100名居民的世界平均移动蜂窝电话普及率。《指标》第24期/2020年12月指出，用户数量于2019年达到83亿，每100名居民有111个移动电话用户。如果按大约每1 000个用户需要一个蜂窝线杆<sup>13</sup>计算，估计全球基站的数量超过800万。

<sup>8</sup> IEEE（2005年）。[IEEE C95.1-2005。人体暴露于3 kHz至300 GHz射频电磁场的安全等级标准。第2页。](#)

<sup>9</sup> Olivia Wu等人[《在生命受到威胁情况下手机联系急诊服务的应用》](#)，《急诊医学杂志》，52（3）：291–298.e293，2012年3月。

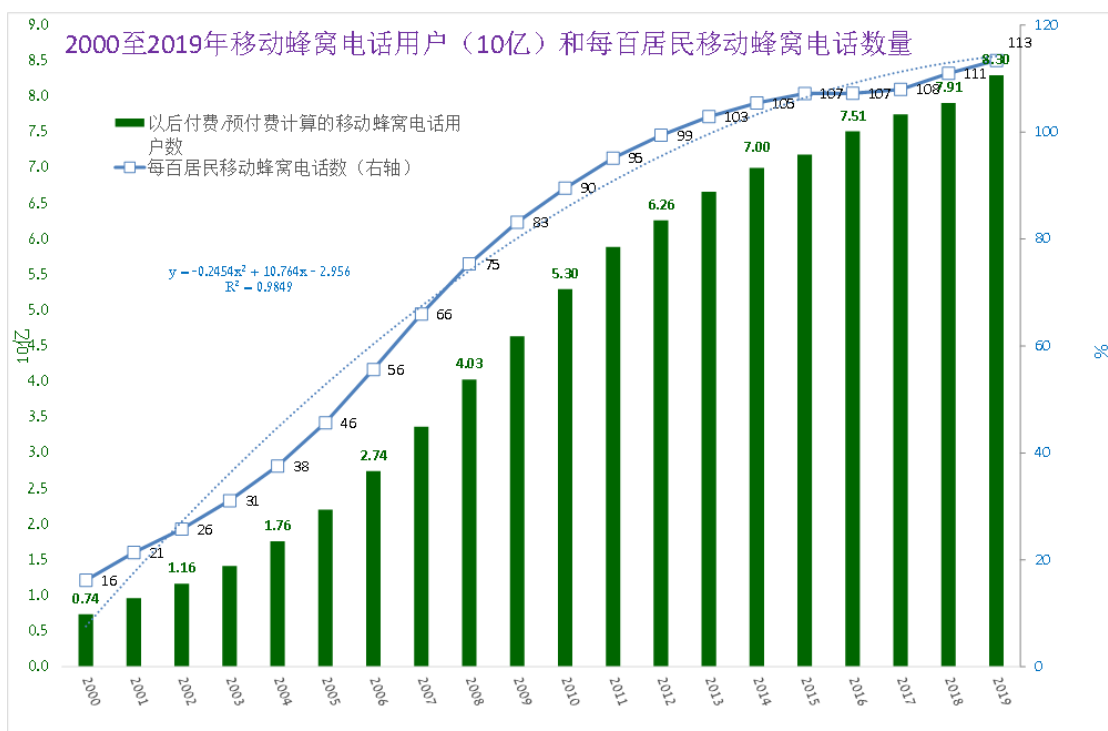
<sup>10</sup> 世卫组织（2002年）。健康主题。电磁场。[建立电磁场风险对话。](#)

<sup>11</sup> ICNIRP（2020年）。国际非电离辐射防护委员会（ICNIRP）。[2020年RF-EMF导则](#)。《限制电磁场（100 kHz至300 GHz）暴露导则》，国际非电离辐射防护委员会（ICNIRP），《保健物理学》，118（5）：483–524，2020年5月。

<sup>12</sup> 国际电联。[世界电信/ICT指标数据库](#)

<sup>13</sup> Haim Mazar（2016年），[《无线电频谱管理：政策、法规、标准和技术》](#)，Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons有限公司，2016年；见第9章第9.7.2节。

图1：全球移动蜂窝电话用户数



来源：Haim Mazar，摘自国际电联指标（第24期/2020年12月）。

## 1.2 报告范围

第7/2号课题下的本ITU-D报告涉及一个专业领域，并借助科学专家机构和意见提供背景信息；它对于政策制定者意义重大，因为不必要的限制性政策、法规和做法，会对无线电服务的提供产生负面影响。目前，关于EMF风险<sup>14</sup>的研究的数量庞大。本报告侧重于基于科学的人体RF-EMF暴露政策、导则、法规和评估，但不涉及生物领域。作为联合国卫生专门机构的世界卫生组织于1996年建立了国际EMF项目，以评估EMF在0至300 GHz频率范围内可能对健康造成影响的科学证据。<sup>15</sup>

ITU-D第2研究组第六研究期（2014-2017年）<sup>16</sup>关于“与人体暴露于电磁场（EMF）相关的战略和政策”的2017年第7/2号课题最后报告的意义重大。该报告收集并发布了关于RF-EMF暴露的信息，以便向国际电联成员国，特别是发展中国家的主管部门提供支持，推出适用的国家法规，并帮助主管部门听取和回应公众有关RF-EMF的关切。

<sup>14</sup> 亚琛工业大学互联网信息平台[EMF门户网站](#)。

<sup>15</sup> WHO. 电磁场（EMF）。[国际EMF项目](#)

<sup>16</sup> ITU-D. 关于2014-2017年研究期ITU-D第7/2号课题的最后报告。[关于人类暴露于电磁场的战略和政策](#)。国际电联，2017年。

对第7/2号课题最后报告做出修改不乏理由。继2020年3月修订ICNIRP导则后，又对国际EMF限值进行了更新；这些变化都影响到监管框架。此外，IEEE的C95.1-2005标准也已修订完成（参见[IEEE C95.1-2019](#)）。<sup>17</sup>本报告收录的新的案例研究，反映出各国就RF-EMF开展的活动。ITU-D于2018年10月举行的EMF研讨会提出了一个重要剖析。<sup>18</sup>此外，国际电联三个部门（国际电联无线电通信部门（ITU-R）、国际电联电信标准化部门（ITU-T）和ITU-D）均通过以下方式开展了卓有成效的RF-EMF活动：

- 全权代表大会关于与人体暴露于EMF相关的测量及评估关切的第176号决议（2018年，迪拜，修订版）。
- 世界电信标准化全会（WTSA）关于与人体暴露于EMF相关的测量及评估关切的第72号决议（2016年，哈马马特，修订版）。2022年的下届WTSA可能再次修订此决议。
- 经本届大会修订的世界电信发展会议（WTDC）关于人体暴露于EMF的评估和测量问题的第62号决议（2017年，布宜诺斯艾利斯，修订版），以及经修订的有关人体暴露于EMF的战略和政策的第7/2号课题。<sup>19</sup>

根据对WTDC-17第62号决议和第7/2号课题的修订，本报告更新和修订了2017年关于第7/2号课题的最后报告，并提供了ICNIRP（2020年）导则和IEEE 95.1（2019年）等关于国家政策、评估和暴露限值的新材料。

<sup>17</sup> IEEE（2019年）。[IEEE C95.1-2019](#)。人体暴露于电场、磁场和电磁场的安全等级标准，0 Hz到300 GHz。

<sup>18</sup> 国际电联，[关于“人体暴露于射频电磁场的现代政策、导则、规则和评估”的ITU-D会议](#)。日内瓦，2018年10月10日。

<sup>19</sup> WTDC（2017年，布宜诺斯艾利斯）。[最后报告](#)。国际电联，2018年。



## 第2章 – 国际电联的活动

### 2.1 全权代表大会第176号决议（2018年，迪拜，修订版）

全权代表大会为国际电联提供了EMF框架。第176号决议（2018年，迪拜，修订版）<sup>20</sup>做出决议，责成三个局的主任：

- 1) 收集并分发有关人体暴露于EMF的信息，包括有关EMF测量方法的信息，从而帮助各国主管部门，尤其是发展中国家的主管部门制定适当的国家规则；
- 2) 与所有相关组织密切合作，落实本决议以及WTSA第72号决议（2016年，哈马马特，修订版）和WTDC第62号决议（2017年，布宜诺斯艾利斯，修订版），继续并加大向成员国提供的技术援助。

此外，该决议责成电信发展局主任与无线电通信局主任和电信标准化局主任协作：

- 1) 举办区域性或国际研讨会和讲习班以确定发展中国家的需求，加强有关人体暴露于EMF测量方面的人员能力建设；
- 2) 鼓励各区域成员国开展合作，分享专业知识和资源，确定联系人或区域性合作机制（如有需要，还包括区域性中心），帮助有关区域所有成员国进行测量和培训；
- 3) 鼓励相关机构继续开展必要的科学研究，以调查电磁辐射对人体可能产生的影响；
- 4) 制定必要的措施和导则，以帮助缓解电磁辐射对人体可能产生的影响；
- 5) 鼓励各成员国开展定期审议，确保涉及EMF暴露的国际电联建议书和其它相关国际标准得到遵守。

### 2.2 WTDC第62号决议（2017年，布宜诺斯艾利斯，修订版）

WTDC第62号决议（2017年，布宜诺斯艾利斯，修订版）责成ITU-D第2研究组与ITU-T第5研究组和ITU-R第1、4、5和6研究组合作，以便实现以下目标：

- i) 与ITU-T第5研究组开展协作，尤其是更新与人体暴露于电磁场相关的“EMF指南”移动应用及实施导则；
- ii) 确保广泛传播国际电联关于电磁场问题的出版物和文献；
- iii) 协助组织与电磁场议题有关的研讨会、讲习班或培训；

<sup>20</sup> 国际电联。全权代表大会最后文件（2018年，迪拜）。国际电联，2019年。

- iv) 协助编写一本指南，介绍实现电磁兼容和安全的ITU-T出版物的使用、并涉及测量方法、由“合格的和得到认证的无线电工程师”进行测量的必要性、“合格的无线电工程师或技术员”所需标准和系统规范等；
- v) 继续与世界卫生组织（WHO）、国际非电离辐射防护委员会（ICNIRP）、电气和电子工程师协会（IEEE）及其相关国际组织合作，向成员国和大众普及认识和信息。

因此，本报告参考了更新后的2018年迪拜全权代表大会通过的决议，2017年布宜诺斯艾利斯WTDC-17更新的决议和通过的课题，以及最新的ICNIRP导则和IEEE标准。

### 2.3 WTSA第72号决议和ITU-T第3/5号课题的工作成果

在突尼斯哈马马特举办的2016年世界电信标准化全会（WTSA-16）就修订有关人体暴露于EMF的第72号决议（2016年，哈马马特，修订版）达成一致。<sup>21</sup> ITU-T的EMF活动，是在ITU-T第5研究组第3/5号课题（“人体暴露于数字技术产生的电磁场（EMF）”）项下完成的<sup>22</sup>。有关EMF的ITU-T建议书被收入ITU-T K系列建议书。<sup>23</sup>

<sup>21</sup> 世界电信标准化全会（2016年，哈马马特）。关于与人体暴露于电磁场相关的测量及评估关切的[第72号决议（2016年，哈马马特，修订版）](#)。

<sup>22</sup> ITU-T第5研究组。[课题和报告人列表（2017-2020年研究期）](#)。

<sup>23</sup> ITU-T。[ITU-T K系列建议书](#)。

## 第3章 – 最新国际RF EMF暴露限值

### 3.1 概述

对监管机构、服务提供商和无线设备供应商而言，设法遵守人体电磁场（EMF）暴露限值是一个重要的健康和安全问题。在保护公众和工作人员免受发射机产生的EMF的影响方面，各国在法规和具体实施措施上存在很大差异。“世界卫生组织鼓励制定为所有公众提供同等或类似水平健康保护的暴露限值和其他控制措施。世界卫生组织赞同ICNIRP的指导原则，并鼓励成员国采用这些国际导则。”<sup>24</sup>

世界各地开展了广泛的RF-EMF暴露监测活动；但活动的规模和范围迥异。这些活动始终显示，移动网络天线在公共区域形成的RF-EMF电平很低，并且无论是否采用国际或限制性RF-EMF限值，该电平都不会随时间发生显著变化，也不会因国家而异<sup>25,26</sup>。

国际非电离辐射防护委员会（ICNIRP）修订了其ICNIRP导则（1998年），即“ICNIRP时变电场、磁场和电磁场（最高300 GHz）<sup>27</sup>暴露限制导则”。在国际电联提出了32条意见作为部门间回应的广泛公众磋商过程之后，最终的ICNIRP导则于2020年发布。电气和电子工程师学会（IEEE）于2019年10月4日发布了题为“IEEE人体射频电磁场（0 Hz至300 GHz）暴露的安全电平标准”的IEEE C95.1-2005，即更新的IEEE C95.1-2005标准。

由于感知到的不确定性，多个立法机构在最终确定的这些RF-EMF“导则”和“标准”之外，制定了附加措施，例如采用比ICNIRP更严格的限值，或者建议个人采取减少暴露的措施。测量结果显示，公共区域的典型暴露值并没有因为采用了更低的限值而降低。欧盟委员会的一项调查显示，限制性限值和其他防范措施会加重公众的担忧。由于更有效的功率控制算法，从GSM向3G/UMTS及其后移动技术的迁移，也是减少暴露于设备RF-EMF的途径之一<sup>28</sup>。

负责频率指配的国家机关、环境保护或公共卫生主管部门可负责一致性验证。地方规划部门和城市议会亦可承担这项工作。为证明一致性，申请方（发射机运营商）应提供相关信息。一些权威机构采用预测模型来计算天线周围的暴露电平或符合区。

<sup>24</sup> WHO（2006年）。[制定基于健康的EMF标准的框架](#)，第7-8页

<sup>25</sup> Hamed Jalilian等人[日常微环境中公众暴露于射频电磁场：欧洲最新系统综述](#)，《环境研究》，176：108517，2019年9月。

<sup>26</sup> Rowley等人（2012年）。[移动通信无线基站射频暴露调查的国际比较分析](#)，《暴露科学和环境流行病学杂志》，22（3）：304-315，2012年5月/6月。

<sup>27</sup> ICNIRP（1998年）。[限制暴露于时变电场、磁场和电磁场（最高300 GHz）的导则，1998年。](#)

<sup>28</sup> ITU-T [K系列建议书增补13 \(05/2018\)](#)：移动和便携式设备在不同使用条件下的射频电磁场（RF-EMF）暴露电平。

随机样本测量可用于监测发射机周围的RF-EMF电平，特别是在当局主动划出的社区重点区域（如学校和医院），或回应公众提出的关切。然而，针对这些位置的具体要求没有科学证据的支持，并且正如第4.3节所述，测量结果始终显示移动网络天线在公共区域的暴露电平较低。

鼓励主管部门遵循ICNIRP和IEEE专家组基于科学制定的导则，或由其本国专家设定的限值。强烈建议采用统一的国际标准和EMF暴露限值。**值得强调的是，IEEE C95.1-2019和ICNIRP 2020年导则总体上保持一致。**

## 3.2 现行的ICNIRP导则（2010年）和（2020年）

### 3.2.1 概述

以下为ICNIRP导则：

- 1) [ICNIRP（1998年）](#)：时变电场、磁场、电磁场（最高300 GHz）暴露限制导则。
- 2) [ICNIRP（2010年）](#)：时变电场和磁场（1 Hz-100 kHz）暴露限制导则。<sup>29</sup>
- 3) [ICNIRP（2020年）](#)：电磁场（100 kHz至300 GHz）暴露限制导则。

ICNIRP（2010年）导则公布了100 kHz以下的限值。**2020年射频导则的发布，淘汰了过时的1998年导则。**

- 1) **ICNIRP（2020年）导则的编制方法**：寻找关于暴露影响的科学数据；确定被认为对人体有害且经科学证实的影响；确定造成伤害所需的最低暴露电平；并对公众采用比工作人员更为严格的减少因数，从而使暴露限制措施具有较大安全裕度。
- 2) **科学依据**：权威学术期刊和原始论文就神经刺激（高达约10 MHz，来自2010年导则的限值）和加热（自~100 kHz）对健康造成不利影响的评估。没有证据表明可导致癌症、电磁过敏、不孕或其他健康影响。已确定的不利健康影响是深度体温升高1° C以上，局部组织温度超过41° C。
- 3) **物理和温度**：根据暴露的频率和持续时间，使用不同的量测量与温度的相关性。例如，用于连续局部暴露测量的较低频率（≤ 6 GHz）下的比吸收率（SAR），以及较高频率（> 6 GHz）下的吸收功率密度。

<sup>29</sup> ICNIRP（2010年）。[时变电场和磁场（1 Hz-100 kHz）暴露限制导则](#)

### 3.2.2 ICNIRP（2020年）表格和图表的说明

本节详细介绍了 ICNIRP（2020年） 中与第Q7/2号课题报告最相关的表格（1、5和6）。以下数字（非来自导则）对数值做了描述。带下划线的文本<sup>30</sup>表示重要参数，并插入了与ICNIRP 2010（100 kHz以下频率）的对比。

**表1：（ICNIRP表1）导则使用的量和相应的国际单位制（SI）**

量	符号*	单位
吸收能量密度	$U_{ab}$	焦耳每平方米 ( $J m^{-2}$ )
入射能量密度	$U_{inc}$	焦耳每平方米 ( $J m^{-2}$ )
等效平面波入射能量密度	$U_{eq}$	焦耳每平方米 ( $J m^{-2}$ )
吸收功率密度	$S_{ab}$	瓦特每平方米 ( $W m^{-2}$ )
入射功率密度	$S_{inc}$	瓦特每平方米 ( $W m^{-2}$ )
等效平面波入射功率密度	$S_{eq}$	瓦特每平方米 ( $W m^{-2}$ )
感应电场强度	$E_{ind}$	伏特每米 ( $V m^{-1}$ )
入射电场强度	$E_{inc}$	伏特每米 ( $V m^{-1}$ )
入射磁场强度	$H_{inc}$	安培每米 ( $A m^{-1}$ )
选择比吸收	SA	焦耳每千克 ( $J kg^{-1}$ )
选择比吸收率	SAR	瓦特每千克 ( $W kg^{-1}$ )
电流	$I$	安培 (A)
频率	$f$	赫兹 (Hz)
时间	$t$	秒 (s)

\*斜体符号代表变量；数量以标量（而非矢量）形式描述，因为方向不用于推导基本限制或参考电平。

**表2**和**表3**（分别来自ICNIRP 2020的表5和表6）详细说明了暴露于“100 kHz至300 GHz 电磁场（无扰rms值）”的参考电平。

<sup>30</sup> 本节中带下划线的文本在原始表格中没有下划线。

表2：（ICNIRP表5）平均到30分钟和全身暴露的参考电平

暴露场景	频率范围	入射电场强； $E_{inc}$ ( $V m^{-1}$ )	入射H场强； $H_{inc}$ ( $A m^{-1}$ )	入射功率密度； $S_{inc}$ ( $W m^{-2}$ )
职业	0.1 – 30 MHz	$660/f_M^{0.7}$	$4.9/f_M$	NA
	>30 – 400 MHz	61	0.16	10
	>400 – 2000 MHz	$3f_M^{0.5}$	$0.008f_M^{0.5}$	$f_M/40$
	<b>&gt;2 – 300 GHz</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>50</b>
公众	0.1 – 30 MHz	$300/f_M^{0.7}$	$2.2/f_M$	NA
	>30 – 400 MHz	$\leq 27.7$	0.073	2
	>400 – 2000 MHz	$1.375f_M^{0.5}$	$0.0037f_M^{0.5}$	$f_M/200$
	<b>&gt;2 – 300 GHz</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>10</b>

注（源自ICNIRP 2020）：

- 1) “NA”表示“不适用”，在确定合规性时无需考虑。
- 2)  $f_M$ 是以MHz为单位的频率。
- 3) 要在30分钟内将 $S_{inc}$ 、 $E_{inc}$ 和 $H_{inc}$ 平分于整个体内空间。各 $E_{inc}$ 和 $H_{inc}$ 的时间和空间平均，必须通过平均到相关平方值的方式进行（详见附录A的等式8）。
- 4) 对于100 kHz至30 MHz的频率而言，无论对远场/近场区域如何区别，如果 $E_{inc}$ 或 $H_{inc}$ 都不超过上述参考电平值，则表明达标。
- 5) 就> 30 MHz至2 GHz的频率而言：a) 在远场区域内：如果 $S_{inc}$ ， $E_{inc}$ 或 $H_{inc}$ 当中的任意一个未超过上述参考电平值（只要一个未超过即可），则表明达标； $S_{eq}$ 可以代替 $S_{inc}$ ；b) 在辐射近场区域内，如果 $S_{inc}$ 或 $E_{inc}$ 和 $H_{inc}$ 当中的任意一个未超过上述参考电平值，则表明达标；以及c) 在感应近场区域内：如果 $E_{inc}$ 和 $H_{inc}$ 都未超过上述参考电平值，则表明达标； $S_{inc}$ 不能用于证明是否达标，因此必须对基本限制措施进行评估。
- 6) 对于> 2 GHz至300 GHz的频率而言：a) 在远场区域内：如果 $S_{inc}$ 未超过上述参考电平值，则表明达标； $S_{eq}$ 可以代替 $S_{inc}$ ；b) 在辐射近场区域内，如果 $S_{inc}$ 未超过上述参考电平值，则表明达标；和c) 在感应近场区域内：参考电平不能用于确定是否合规，因此必须对基本限制措施进行评估。

表3：（ICNIRP表6）平均到6分钟的局部暴露参考电平

暴露场景	频率范围	入射E场强； $E_{inc}$ (V m <sup>-1</sup> )	入射H场强； $H_{inc}$ (A m <sup>-1</sup> )	入射功率密度； $S_{inc}$ (W m <sup>-2</sup> )
职业	0.1 – 30 MHz	$1504/f_M^{0.7}$	$10.8/f_M$	NA
	>30 – 400 MHz	<u>139</u>	<u>0.36</u>	<u>50</u>
	>400 – 2000 MHz	$10.58f_M^{0.43}$	$0.0274f_M^{0.43}$	$0.29f_M^{0.86}$
	>2 – 6 GHz	NA	NA	<u>200</u>
	>6 – <300 GHz	NA	NA	$275/f_G^{0.177}$
	300 GHz	NA	NA	<u>100</u>
公众	0.1 – 30 MHz	$671/f_M^{0.7}$	$4.9/f_M$	NA
	>30 – 400 MHz	<u>62</u>	<u>0.163</u>	<u>10</u>
	>400 – 2000 MHz	$4.72f_M^{0.43}$	$0.0123f_M^{0.43}$	$0.058f_M^{0.86}$
	>2 – 6 GHz	NA	NA	<u>40</u>
	>6 – 300 GHz	NA	NA	$55/f_G^{0.177}$
	300 GHz	NA	NA	<u>20</u>

注（源自ICNIRP 2020）：

- 1) “NA”表示“不适用”，在确定合规性时无需考虑。
- 2)  $f_M$ 是以MHz为单位的频率，而 $f_G$ 是以GHz为单位的频率。
- 3) 要在6分钟内均分 $S_{inc}$ 、 $E_{inc}$ 和 $H_{inc}$ ，并在注6-7规定的空间平均处，均分于相关的投射身体空间。各 $E_{inc}$ 和 $H_{inc}$ 的时间和空间平均，必须通过平均到相关平方值的方式进行（详见附录A的等式8）。
- 4) 对于100 kHz至30 MHz的频率而言，无论对远场/近场区域如何区别，如果投射全身空间的峰值空间 $E_{inc}$ 或峰值空间 $H_{inc}$ 都未超过上述参考电平值，则表明达标。
- 5) 就>30 MHz至6 GHz的频率而言：a) 在远场区域内：如果投射全身空间的峰值空间 $S_{inc}$ ， $E_{inc}$ 或 $H_{inc}$ 当中的任何一个未超过上述参考电平值（只要一个未超过即可），则表明达标； $S_{eq}$ 可以取代 $S_{inc}$ ；b) 在辐射近场区域内，如果投射全身空间的峰值空间 $S_{inc}$ 单独或 $E_{inc}$ 和 $H_{inc}$ 双双未超过上述参考电平值，则表明达标；以及c) 在感应近场区域内：如果 $E_{inc}$ 和 $H_{inc}$ 都未超过上述参考电平值，则表明达标； $S_{inc}$ 不能用于证明是否达标；就> 2 GHz的频率而言，参考电平不能用于证明是否达标，因此必须对基本限制措施进行评估。
- 6) 对于>6 GHz至300 GHz的频率而言：a) 在远场区域内：如果平均于4-cm<sup>2</sup>的投射体表空间上的 $S_{inc}$ 未超过上述参考电平值，则表明达标； $S_{eq}$ 可以替代 $S_{inc}$ ；b) 在辐射近场区域内，如果平均于4-cm<sup>2</sup>的投射体表空间上的 $S_{inc}$ 未超过上述参考电平值，则表明达标；和c) 在感应近场区域内：参考电平不能用于确定是否合规，因此必须对基本限制措施进行评估。
- 7) 就>30 GHz至300 GHz的频率而言，平均于1-cm<sup>2</sup>的投射体表空间的暴露，不得超过4-cm<sup>2</sup>暴露限值的两倍。

ICNIRP 2020的引言指出：“本出版物取代了ICNIRP（1998年）射频导则中的100 kHz至300 GHz部分，以及ICNIRP（2010年）低频导则中的100 kHz至10 MHz部分。”涉及“将射频暴露限制在100 kHz至10 MHz EMF频率范围的科学依据：本导则和其他ICNIRP导则之间的关系”的段落规定，ICNIRP（2010）和ICNIRP（2020）是基于不同的生物机制：第一种机制是基于神经刺激，在10 MHz以下瞬时产生，第二个机制是基于热效应，由功率随时间产生；平均值呈现出多样性。在100 kHz以下，应采用ICNIRP（2010）。在100 kHz和10 MHz之间，两种机制都可能存在，在此情况下，每个频率都应遵循严格的数值。



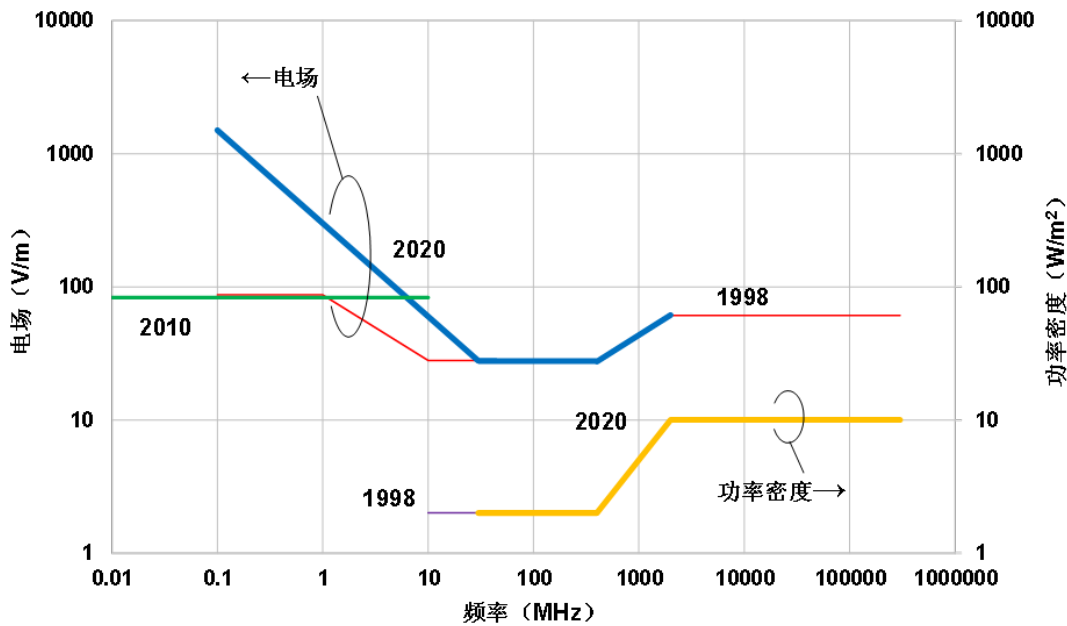
此外，ICNIRP（2020）表8指出（请注意黑体文字）“100 kHz至10 MHz（未受干扰的均方根值）的**局部EMF暴露参考电平**，其**峰值**对职业人士的限值为V/m，对一般公众为83 V/m”。

ICNIRP的图2、图3、图4和图5出现在“ICNIRP（2020年）和以往导则之间的差异”<sup>31</sup>中，清晰度更高，但不能纳入《保健物理学》刊物。两个y轴的单位（即电场和功率密度）相互独立。ICNIRP（1998年）和ICNIRP（2010年）导则未提供局部暴露参考电平。ICNIRP（2010年）导则的参考电平止于频率高于2000 MHz的电场，但在功率密度高于30 MHz时开启（见ICNIRP表6和7以及图2、3、4和5）。

以下四个数字<sup>32</sup>有相似之处：全身电平平均到30分钟，局部电平平均到6分钟。为了使读者有所侧重并说明差异，对标题进行了简化：不再重复“从100 kHz至300 GHz的频率范围”，并对具体内容使用下划线。

以下图2描述了ICNIRP（1998年）、ICNIRP（2010年）和ICNIRP（2020年）导则中30 MHz以下的重大变化；此外，在100 kHz频率亦有广泛非连续性：83 V/m（ICNIRP 2010，表4）与 $300/f_M^{0.7}=300/0.1^{0.7}\approx 1\,500\text{ V/m}$ （ICNIRP 2020，表5）。

**图2：ICNIRP（1998年）、ICNIRP（2010年）和ICNIRP（2020年）导则为公众规定的全身平均参考电平**



对于公众ICNIRP（2010）表4中的**83 v/m**和ICNIRP（2020）表5中的 $300/f_M^{0.7}$ 在**6.27 MHz**相交。鉴于实际过程中观测到的整个频率范围内的总体参考电平均是频率中的较低值，因此应遵守绿色ICNIRP（2010）线的规定，对于较高频率，应遵守蓝色ICNIRP（2020）线的规定。参见图7和图8，图中6.27 MHz以下的ICNIRP（2020）限值用于普通公众，6.94 MHz用于专业人士的电磁暴露。<sup>33</sup>由于ICNIRP（1998年）已经过

<sup>31</sup> ICNIRP。ICNIRP（2020年）与以往导则的差异

<sup>32</sup> 2020年11月1日摘自<https://www.icnirp.org/en/differences.html>。

<sup>33</sup> ICNIRP（2010）表3和ICNIRP（2020）表5在6.94 MHz相交，对于职业暴露，限值为170 V/m。

时，ICNIRP（2010）最适用于100 kHz及以下频率；用于公众的100 kHz以下参考电平为83 V/m（ICNIRP 2010）。

图3: 适用于 $\geq 6$  min公众局部暴露的ICNIRP（2020年）参考电平

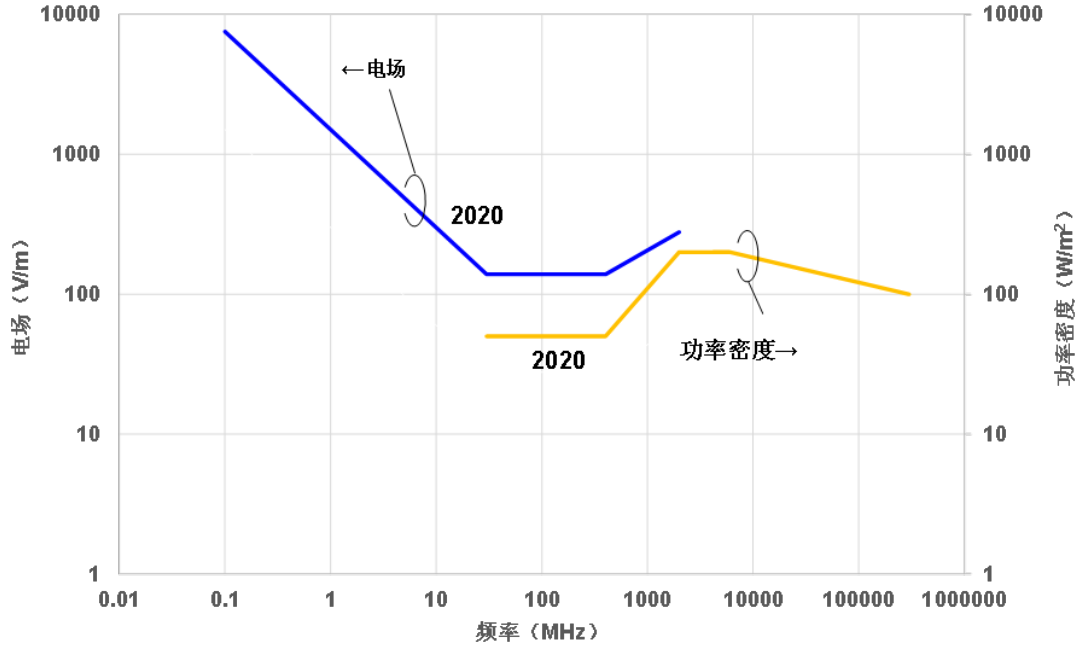


图4: ICNIRP（1998年）、ICNIRP（2010年）和ICNIRP（2020年）导则对工作人员采用的全身平均参考电平

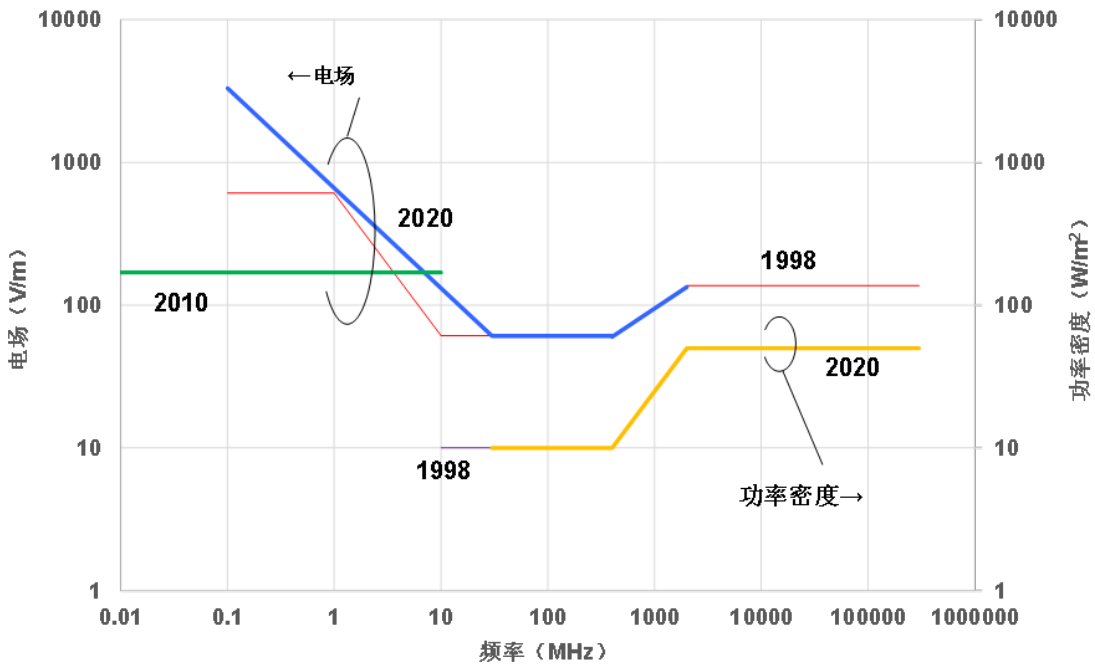


图5: 适用于≥6 min工作人员局部暴露的ICNIRP (2020年) 参考电平

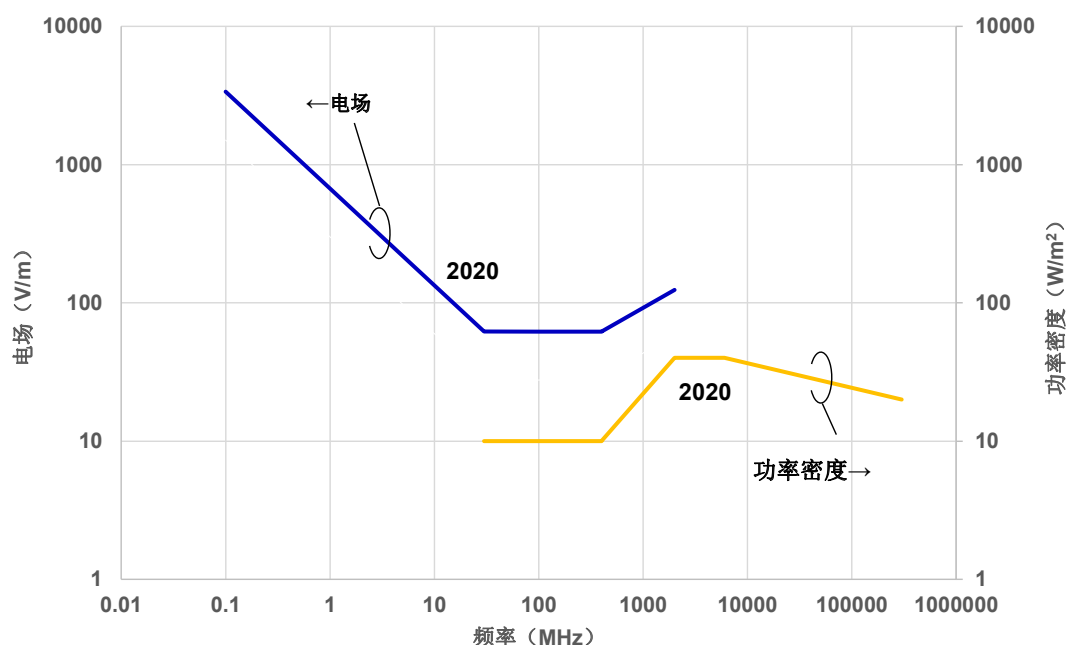


表4<sup>34</sup>概述了ICNIRP (2020年) 导则包含的基本限值。

表4: ICNIRP (2020年) 导则简介 – 基本限值

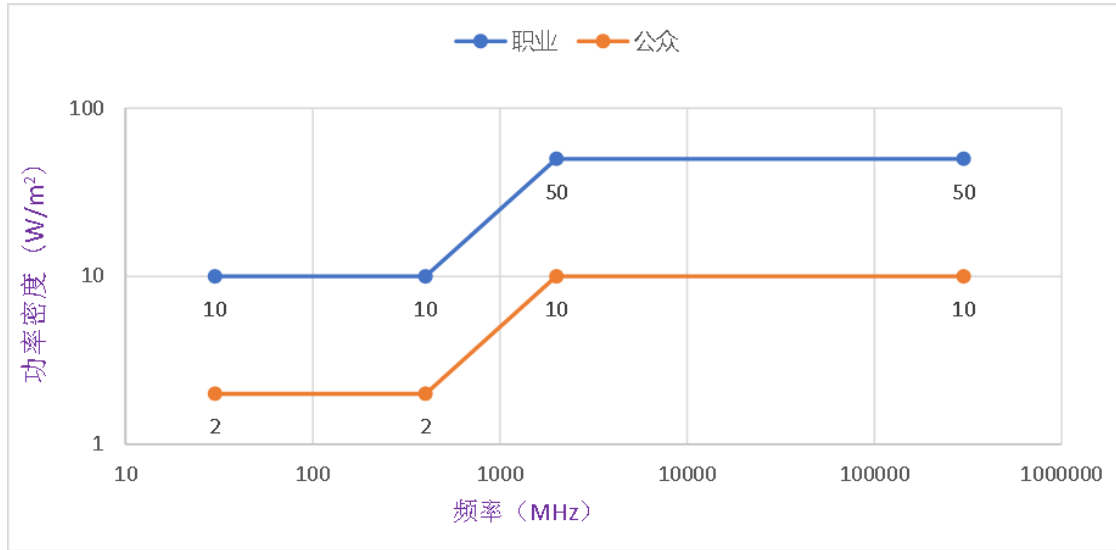
参数	频率范围	$\Delta T$	空间平均	时间平均	健康影响电平	减少因数	工作人员	减少因数	公众
核心 $\Delta T$	100 kHz-300 GHz	1° C	WBA (全身平均)	30 min	4 W/kg	10	0.4 W/kg	50	0.08 W/kg
局部 $\Delta T$ (头部和躯干)	100 kHz-6 GHz	2° C	10 g	6 min	20 W/kg	2	10 W/kg	10	<u>2 W/kg</u>
局部 $\Delta T$ (四肢)		5° C	10 g	6 min	40 W/kg	2	20 W/kg	10	4 W/kg
局部 $\Delta T$ (头部和躯干, 四肢)	>6-300 GHz	5° C	4 cm <sup>2</sup> 1 cm <sup>2</sup>	6 min 6 min	200 W/m <sup>2</sup> 400 W/m <sup>2</sup>	2	100 W/m <sup>2</sup> 200 W/m <sup>2</sup>	10	20 W/m <sup>2</sup> 40 W/m <sup>2</sup>

注:  $\Delta T$ 为温度变化。

<sup>34</sup> 此表和以下三个图是由本章作者、即第Q7/2号课题共同报告人编写的。

以下两图描述了ICNIRP（2020年）导则平均到**30分钟和全身的职业和公众暴露场强和功率密度**暴露电平之间的差异。ICNIRP（2020年）表5中的功率密度比为5（例如30-400 MHz的瓦特比为50/10），导致V/m ratio  $61.0/27.7 = 2.2 \approx \sqrt{5}$ 。

**图6：对比ICNIRP（2020年）表5，30 MHz-300 GHz职业和公众暴露的功率密度**



在100 kHz至10 MHz之间，应遵循每个频率的严格限值，下图描述了适用ICNIRP（2020）暴露的情况：低于**6.94 MHz（170 V/m）**的“职业”ICNIRP（2010）表3，低于**6.27 MHz（83 V/m）**的一般公众，ICNIRP（2010）表4。

**图7：对比ICNIRP（2020年）表5，场强为0.1 MHz-2 000 MHz的职业和公众暴露，ICNIRP（2010）表3和4中的限制≈7 MHz**

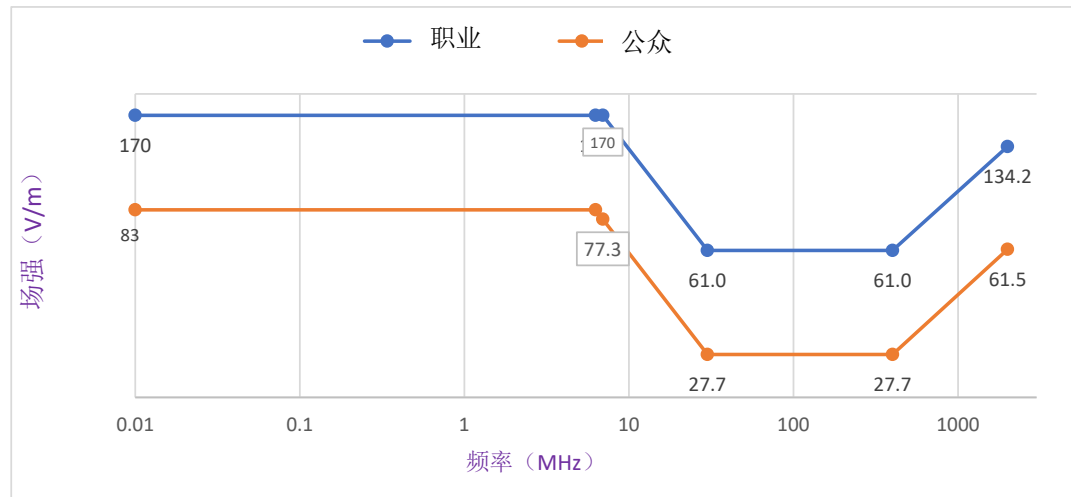
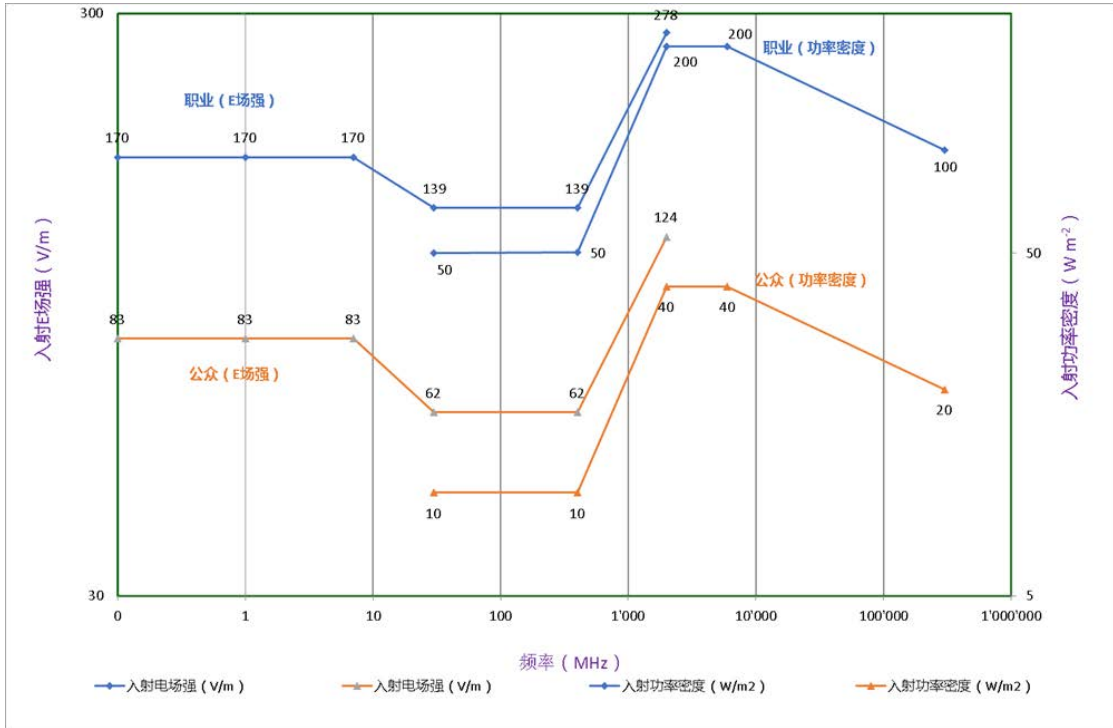


图8比较平均到6分钟的入射电场强和功率密度的局部暴露。100 kHz和10 MHz之间，应遵守针对每个频率的ICNIRP（2010）或ICNIRP（2020）严格限值，在7 MHz以下，ICNIRP（2010）限值适用。

图8：对比ICNIRP（2020年）表6的职业和公众暴露



注：两个y轴的单位（即入射电场强和功率密度）相互独立。

### 3.3 IEEE C95.1-2019

2019版C95.1标准可从IEEE Get Program免费下载。IEEE Access已发布了2019年版本与以往版本之间差异的摘要<sup>35</sup>。

#### 3.3.1 参考电平：应用100 kHz-6 GHz的安全系数；热效应<sup>36</sup>

##### — 全身平均（WBA）

动物在阈值为4 W/kg的多种频率下的行为效应，然后除以：

较高层的10x – 0.4 W/kg（限制环境）

较低层的50x – 0.08 W/kg（非限制环境 – 公众）

<sup>35</sup> W.H. Bailey等人，（2019年）。IEEE Std C95.1™-2019 “关于人体暴露于0 Hz至300 GHz电场、磁场和电磁场的安全等级的IEEE标准”概要，《IEEE接入》，7，171346-171356。

<sup>36</sup> 见IEEE（2019年），第57页。

- 局部暴露（10 g平均）  
发现兔子在阈值为100 W/kg时患上白内障，然后除以：  
较高层的10x – 10 W/kg  
较低层的50x – 2 W/kg
- WBA暴露的SAR平均到30分钟，局部暴露平均到6分钟
- 通过体表的上皮功率密度平均到6分钟。

### 3.3.2 剂量参考限值和暴露参考电平<sup>37</sup>

以下表5和表6规定了低于和高于6 GHz的剂量参考限值（DRL）。6 GHz无连续性。

**表5：C95.1-2019（表5）– 剂量参考限值，DRL（100 kHz至6 GHz）**

条件	身处非限制环境者， SAR (W/kg) <sup>a</sup>	身处限制环境者， SAR (W/kg) <sup>a</sup>
全身暴露	0.08	0.4
局部暴露 <sup>b</sup> （头部和躯干）	2	10
局部暴露 <sup>b</sup> （四肢和耳廓）	4	20

<sup>a</sup>全身暴露的SAR平均到30分钟，局部暴露的SAR平均到6分钟。

<sup>b</sup>任意10 g组织的平均值（定义为立方体形状的组织体积）。将10 g组织的平均体积表示为10 cm<sup>3</sup>立方体（每侧约2.15 cm）。

[经IEEE许可改编重印。版权所有IEEE 2019。保留所有权利。]

**表6：C95.1-2019（表6）– DRLs（6 GHz至300 GHz）**

条件	上皮功率密度(W/m <sup>2</sup> ) <sup>a,b,c</sup>	
	身处非限制环境者	获准处于限制环境者
体表	20	100

<sup>a</sup>通过体表的上皮功率密度平均到6分钟。

<sup>b</sup>6 GHz和300 GHz频率之间任意4 cm<sup>2</sup>体表的平均值（定义为体表正方形区域）。

<sup>c</sup>30 GHz以上的小面积暴露：如果体表的暴露面积很小（以相对于峰值暴露的-3 dB等高线定义的< 1 cm<sup>2</sup>），上皮功率密度允许超过表6 DRL值的2倍，平均面积为1 cm<sup>2</sup>（定义为体表正方形面积）。

[经IEEE许可改编重印。版权所有IEEE 2019。保留所有权利。]

<sup>37</sup> 见IEEE（2019年），表5至8，图3和4。

表7和表8没有提供400 MHz以上的电场和磁场强度。

表7详细说明了身处非限制环境者平均30分钟的全身暴露的暴露参考电平（ERL）。

**表7：C95.1-2019（表7）– 暴露参考电平，ERL（100 kHz至300 GHz）**

频率范围 (MHz)	电场强度(E) <sup>a,b,c</sup> (V/m)	磁场强度(H) <sup>a,b,c</sup> (A/m)	功率密度(S) <sup>a,b,c</sup> (W/m <sup>2</sup> )	
			S <sub>E</sub>	S <sub>H</sub>
0.1至1.34	614	16.3/f <sub>M</sub>	1 000	100 000/ f <sub>M</sub> <sup>2</sup>
1.34至30			1 800/ f <sub>M</sub> <sup>2</sup>	
30至100	27.5	158.3/f <sub>M</sub> <sup>1.668</sup>	2	9 400 000 / f <sub>M</sub> <sup>3.336</sup>
100至400		0.0729	2	
400至2000			f <sub>M</sub> /200	
2000至300 000			10	

注 – S<sub>E</sub>和S<sub>H</sub>是分别基于电场或磁场强度的平面波等效功率密度值，通常用于与较高频率的ERL进行方便的比较，并有时可在常用仪器上显示。

<sup>a</sup> 对于如某些远场平面波暴露的体表均匀暴露，将暴露场强和功率密度与IEEE 95.1表7中的ERL进行比较。对于更典型的非均匀暴露，则要将通过对平面波等效功率密度或场强的平方进行空间平均获得的暴露场平均值，与表7中的ERL进行比较。

<sup>b</sup> f<sub>M</sub>是以MHz为单位的频率。

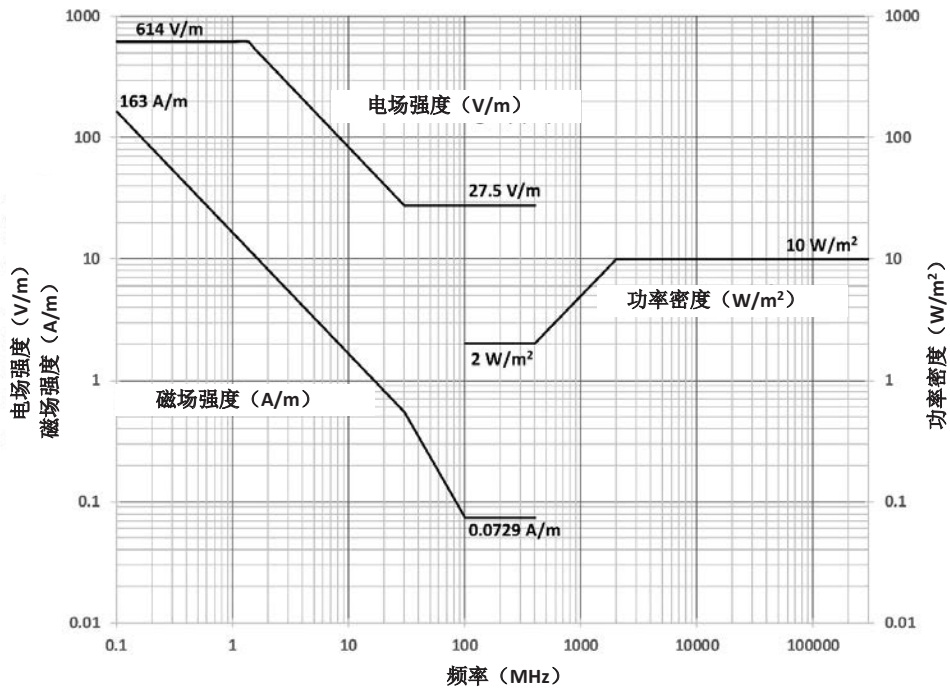
<sup>c</sup> E、H和S值是那些不受身体存在干扰的rms值。

[经IEEE许可改编重印。版权所有IEEE 2019。保留所有权利。]

图9描述了C95.1-2019的图3 – 表7中IEEE标准的图形显示，电场和磁场以及平面波等效功率密度 – 身处**非限制**环境者。



图9：C95.1-2019（图3）非限制环境的EMF和功率密度



来源：经IEEE许可改编重印。版权所有IEEE 2019。保留所有权利。

注<sup>38</sup>：当频率低于30 MHz时，其波长大于10米，与我们的身体（短于2米）没有谐振。我们不是信号的障碍，只有很少的射频能量进入我们体内。

表8详细介绍了IEEE C95.1-2019的表8：限制环境（100 kHz至300 GHz）允许的平均30分钟的全身暴露ERL。

表8：C95.1-2019（表8）– 限制环境（100 kHz至300 GHz）中的ERL

频率范围(MHz)	电场强度(E) <sup>a,b,c</sup> (V/m)	磁场强度(H) <sup>a,b,c</sup> (A/m)	功率密度(S) <sup>a,b,c</sup> (W/m²)	
0.1至1.0	1 842	16.3/f <sub>M</sub>	S <sub>E</sub>	S <sub>H</sub>
1.0至30	1 842/f <sub>M</sub>		9 000	100 000 f <sub>M</sub> <sup>2</sup>
30至100	61.4		9 000 / f <sub>M</sub> <sup>2</sup>	
100至400			0.163	10
400至2000			f <sub>M</sub> /40	
2000至300 000			50	

注 – S<sub>E</sub>和S<sub>H</sub>是分别基于电场或磁场强度的平面波等效功率密度值，通常用于与较高频率的ERL进行方便的比较，并有时可在常用仪器上显示。

<sup>a</sup>对于如某些远场平面波暴露的体表均匀暴露，将暴露场强和功率密度与IEEE 95.1表8中的ERL进行比较。对于更典型的非均匀暴露，则要将通过对平面波等效功率密度或场强的平方进行空间平均获得的暴露场平均

<sup>38</sup> 本注释未出现在IEEE 95.1标准中。

值，与表8中的ERL进行比较。

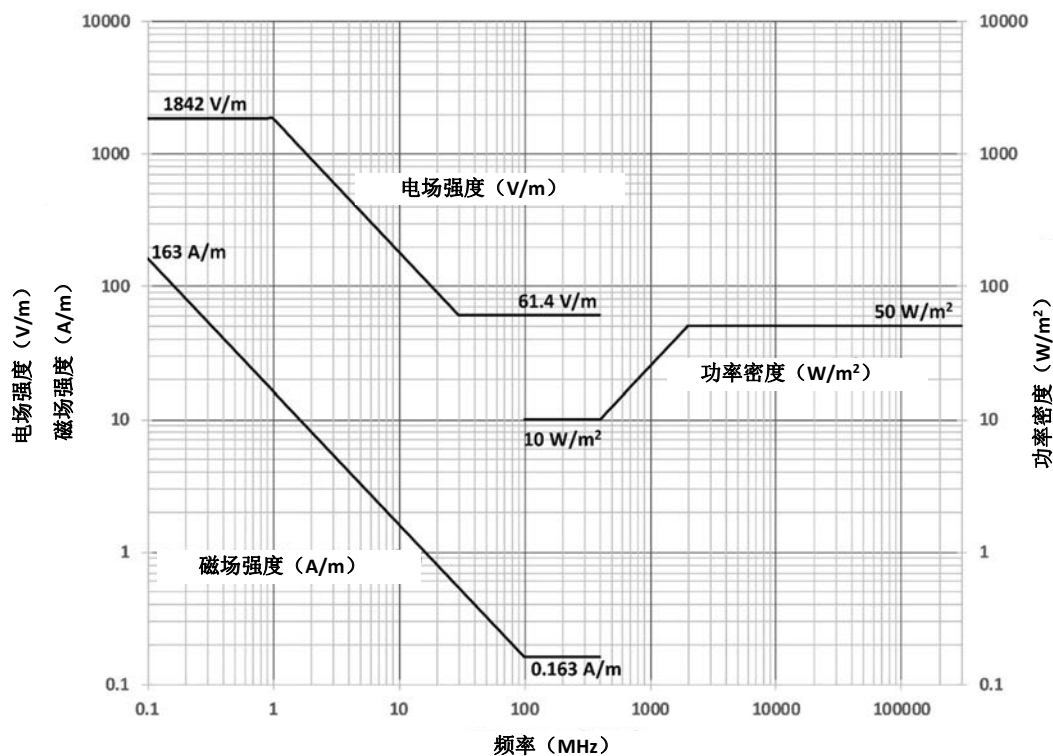
<sup>b</sup> $f_M$ 是以MHz为单位的频率。

<sup>c</sup>E、H和S值是那些不受身体存在干扰的rms值。

[经IEEE许可改编重印。版权所有IEEE 2019。保留所有权利。]

图10描述了C95.1-2019中的图4：IEEE（表8）提供了电场和磁场以及平面波等效功率密度的ERL图示—获准身处**限制**环境者。

图10: C95.1-2019（图4）限制环境中的EMF和功率密度



来源：经IEEE许可改编重印。版权所有IEEE 2019。保留所有权利。

### 3.3.3 ICNIRP（1998年）、IEEE 95-1（2019年）和ICNIRP（2020年）的差异对比

#### 3.3.3.1 IEEE 95-1（2019年）和ICNIRP（2020年）导则大体一致

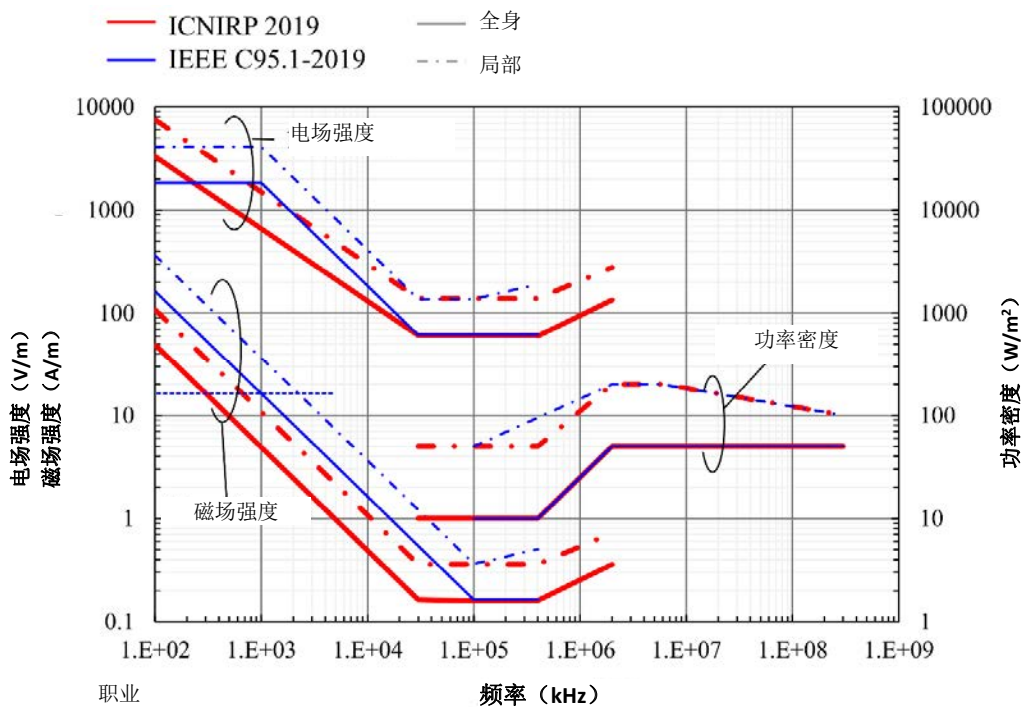
ICNIRP导则（1998年和2020年）和IEEE标准（2019年），将非限制环境中的人员（公众）和获准进入限制环境中的人员（职业）区分开来。ICNIRP 2020和IEEE标准为全身暴露于30 MHz以上连续场的功率密度，规定了相同的基本限值和参考电平！

- 适用于公众的SAR等于2 W/kg，适用于职业人群的SAR等于10 W/kg。
- 暴露参考电平等于：
  - 适用于公众的400至2 000 MHz  $f$ ，适用于职业人群的 $f$ 。
  - 适用于公众的2 000至300 000 MHz  $10 \text{ W/m}^2$ ，适用于职业人群的 $50 \text{ W/m}^2$ 。

以下三个图说明IEEE C95.1（2019年）和ICNIRP（2020年）导则大体一致。

图11对ICNIRP和IEEE的职业暴露参考限值进行了对比。

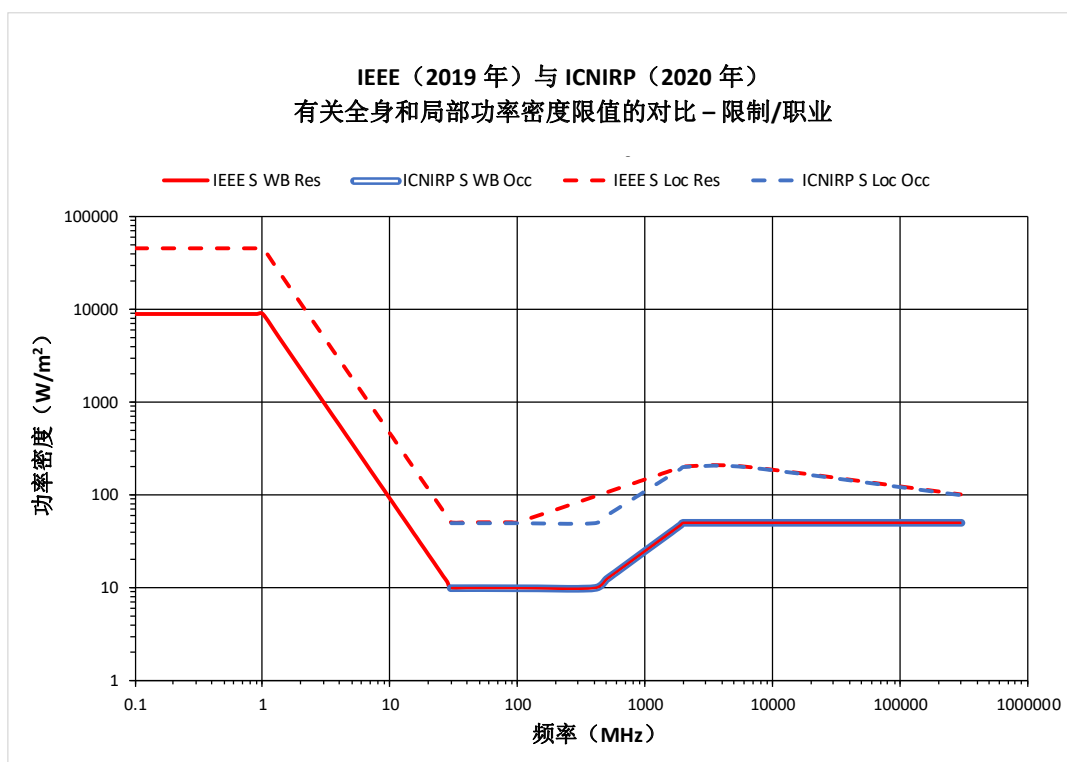
图11: ICNIRP和IEEE的职业暴露参考限值（RL）



来源: Akimasa Hirata<sup>39</sup>。

<sup>39</sup> Akimasa Hirata。在2020年9月23日举行的2020年欧洲EMC大会全体公开会议上的主旨发言人，“人体暴露标准和合规性评估 - 5G及未来技术”。该图显示的是ICNIRP 2019导则，而非ICNIRP 2020导则。

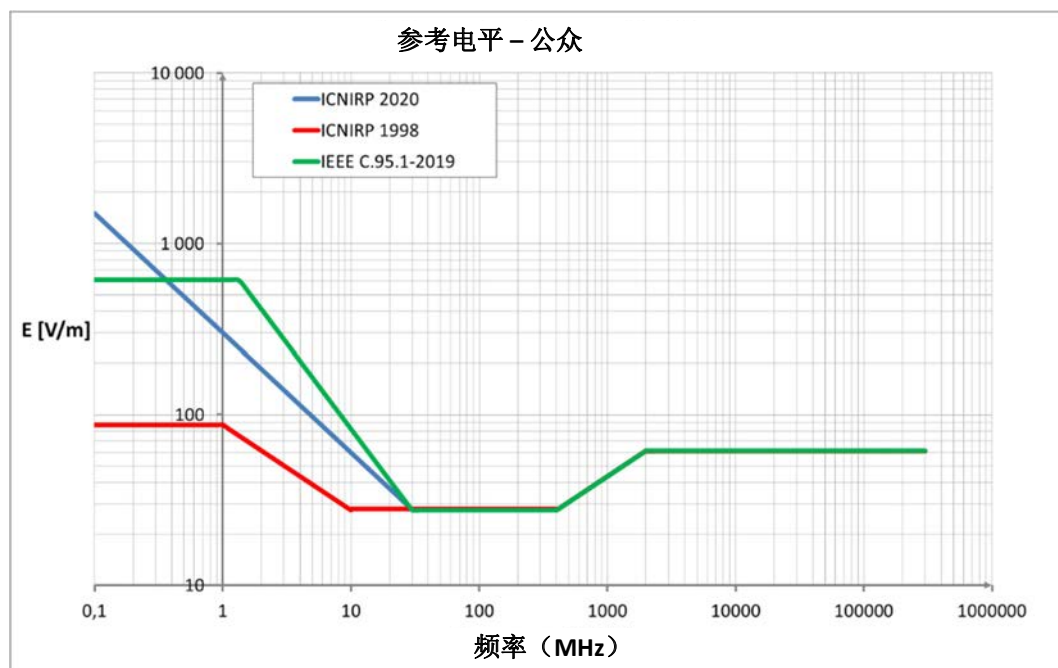
图12: IEEE C95.1 (2019年) 与ICNIRP (2020年) 有关全身和局部暴露的对比



来源: IEEE/ICES Ric Tell, 2020年6月4日。

图13比较了ICNIRP (1998年)、IEEE (2019年) 和ICNIRP (2020年) 适用于公众的参考电平。说明 - ICNIRP (2020年) 的参考电平在频率高于2 000 MHz时停止电场; 然而, 电场单位和V/m测量为许多主管部门带来方便, 因为它们监测的是场强而非功率密度。100 kHz和10 MHz之间, 应遵守针对每个频率的ICNIRP (2010) 或ICNIRP (2020) 严格限值, 在6.27 MHz以下, 对公众适用的限值为83 V/m。

图13: ICNIRP (1998年)、IEEE (2019年)和ICNIRP (2020年)适用于公众的参考电平



来源: Fryderyck Lewicki<sup>40</sup>。

### 3.3.3.2 适用于蜂窝手机的ICNIRP (1998年)、(2020年)和IEEE 95.1 (2019年)限值

公众面临的最多暴露来自于手机等手持设备。这些设备将多数射频 (RF) 能量置于大脑和周边组织。手机对大脑造成的典型暴露比房顶移动电话基站或地面电视广播电台多出若干数量级。就暴露水平而言,基站的固定辐射发射机和便携设备有所不同。与功率密度 (或场强) 限值相比,来自固定无线台站的远场<sup>41</sup>暴露方便进行分析 (便于模拟和测量)。而另一方面,手持设备在用户身体附近使用,则意味着其设计与人体结合对近场RF-EMF<sup>42</sup>产生较大影响。比吸收率 (SAR)<sup>43</sup>与内部电场有关,进而与吸收RF-EMF引起的温升有关。SAR主要用于限定手机和笔记本电脑等靠近身体使用的辐射源的限值。

制造商遵守国际合规测试标准,确保在测试时,以最大功率运行的设备符合相关的国际或国家限值。手机在最差连接条件 (遇障碍或远离基站) 下采用较高输出功率工作,而在最佳连接条件下 (视距传播以及接近基站) 采用最小输出功率工作。不同手机的最大SAR值根据技术和许多其他因素的不同而不同。例如,SAR还受所用天线及设备内天线位置等技术参数的影响。

<sup>40</sup> F Lewicki. 在2020年7月2日国际电联欧洲和独联体频谱管理和广播区域研讨会上的发言,“[电磁场与5G的实施](#)”。

<sup>41</sup> 根据ITU-T K.61建议书,ITU-T K.91建议书将远场定义为:“视场分布与天线距离根本无关的天线场区。在远场区,场具有突出平面波特点,即电场强度和磁场强度在垂直于传播方向的平面上局部统一分布”。

<sup>42</sup> 根据ITU-T K.52建议书,ITU-T K.91建议书将近场定义为“天线或其它辐射装置附近的近场区,在此,电子和电磁场没有突出的平面波特点,点与点差异巨大。”

<sup>43</sup> SAR是由递增物质吸收 (散发) 的递增功率 (dW) 推导出的时间,用W/kg表示。亦见ITU-T K.52建议书。

ICNIRP（1998年）导则表4指出，对公众而言，10 g组织的100 kHz至10 MHz局部SAR（头部和躯干）和100 kHz至10 MHz局部SAR（头部和躯干）的平均值为**2.0 (W kg<sup>-1</sup>)**。ICNIRP（2020年）的局部SAR限值（100 kHz至6 GHz）见ICNIRP（2020年）表2“100 kHz至300 GHz电磁场暴露的基本限值，平均间隔≥6 min”，其总结见本报告表4：ICNIRP（2020年）导则简介–基本限值。与ICNIRP（1998年）导则相比，数值**2.0 (W kg<sup>-1</sup>)**保持不变。

ICNIRP（2020年）为公众引入了一个新的基本限值（ $S_{ab}$ 吸收功率密度），从GHz到300 GHz为20w/m<sup>2</sup>；见ICNIRP（2020年）表1和表2。ICNIRP（2020年）表6给出了平均到6分钟的局部暴露附加参考电平。基本限值或参考电平是否应用于合规性，取决于表6的注释5和6（参见本报告中带下划线的表3的注释）。这些新的基本限值或参考电平适用于工作在较高频率的国际移动通信（IMT）5G设备。

IEEE C95.1（2005年）标准第78页指出：“将公众暴露和受控环境下暴露的空间平均SAR峰值，分别从1.6 W/kg和8 W/kg改为2 W/kg和10 W/kg。”IEEE C95.1（2019年）第72页也有类似提法。因此，在2005年对1995年SAR电平1.6 W/kg做出修改后，IEEE C95.1（2019年）沿用了2 W/kg的数值。参见表5：C95.1-2019（表5）– 本报告的DRL剂量参考限值（100 kHz至6 GHz）规定，身处无限制环境者的局部暴露（头部和躯干）为2 W/kg。IEEE C95.1-2019解释说（第112-113页），改变的原因是从早期标准的纯粹基于剂量的基本原理，转向采用基于生物学的ICNIRP基本原理。

### 3.4 附加国际参考

#### 3.4.1 ITU-T建议书及其相关K系列增补件

ITU-T第5研究组（环境、气候变化和循环经济）着重积极制定射频场防护及测量/计算的建议书。下表列出了与EMF最为相关的ITU-T建议书（标准）及相关的补充文件。<sup>44</sup>

- [ITU-T K.52](#)：遵守电磁场中人身暴露限值的指南
- [ITU-T K.61](#)：关于电信装置人体暴露限值合规性的电磁场测量和数值预测导则
- [ITU-T K.70](#)：在无线电通信电台附近限制人体暴露于电磁场（EMF）方面的缓解技术
- [ITU-T K.83](#)：电磁场场强监测
- [ITU-T K.90](#)：关于网络运营商工作人员在工作频率电磁场遵守暴露限值的评估技术手段与工作程序
- [ITU-T K.91](#)：无线电频率电磁场对人体辐射的评定、评估和监测指导意见
- [ITU-T K.100](#)：通过测量射频电磁场判定某基站启动服务时是否符合人体暴露限值
- [ITU-T K.113](#)：射频电磁场电平图的生成
- [ITU-T K.122](#)：无线电通信天线附近的暴露水平

<sup>44</sup> ITU-T。 [ITU-T K系列建议书](#)。



- [ITU-T K.145](#): 评估和管理无线电通信站点和设施工作人员对射频电磁场暴露限值的遵守情况。

以下列表表明，现有的一套全面的国际电联建议书/标准，可用来解决暴露于网络和设备RF-EMF的现实关切。

ITU-T K系列增补件包括：

- [K Suppl. 1](#): ITU-T K.91 – 电磁场与健康指南
- [K Suppl. 4](#): ITU-T K.91 – 可持续智慧城市中有关电磁场的考虑
- [K Suppl. 9](#): 5G技术与人体暴露于射频电磁场
- [K Suppl. 13](#): 移动和便携式设备在不同使用条件下的射频电磁场（RF-EMF）暴露电平
- [K Suppl. 14](#): RF-EMF暴露限值严于ICNIRP或IEEE导则对4G和5G移动网络部署的影响
- [K Suppl. 16](#): 5G无线网络电磁场合规评估
- [K Suppl. 19](#): 地铁列车内部的电磁场（EMF）强度
- [K Suppl. 20](#): ITU-T K.91 – 地下基站周围射频暴露评估补充。

由于第5研究组卓有成效的工作，ITU-T K系列建议书及其相关K系列增补件得到定期修订。最新版本可参见<https://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=K>。

### 3.4.2 ITU-R SM.2452号报告

2019年6月发布的关于“用于评估人体暴露的电磁场测量”的国际电联无线电通信部门ITU-R SM.2452号报告<sup>45</sup>，提供了重要测量的信息。报告在其引言中强调指出：“各类无线装置在世界范围内的扩散需要被细致测量。”。以下“目录”重点介绍了国际电联无线电通信部门（ITU-R）这份非常重要的报告涉及的议题：

#### 1) 引言

#### 2) 监管框架

2.1 ICNIRP关于发射机周边辐射限值的导则（1998年版）：参考电平

2.2 发射机附近计算场强的展示图

#### 3) 人体暴露于电磁场的测量的实用导则

3.1 成功的电磁场评估测量流程基本知识

3.2 用于电磁场评估的带有特定功能的测量仪器

3.3 减少空间中测试点的数量

<sup>45</sup> ITU-R. [ITU-R SM.2452](#)号报告。用于评估人体暴露的电磁场测量。



### 3.4 减少观察时间和对于最大暴露的外推

#### 3.5 如何评估特定业务造成的暴露

#### 4) 参考文献

#### 5) 词汇表和缩略语

### 3.4.3 国际电工委员会标准

以下是最近对2018/19年发布的国际电工委员会（IEC）<sup>46</sup>标准和技术报告所做的更新：

- [IEC TR 62669:2019](#) 2.0版支持IEC 62232的案例研究 – 确定无线电通信基站附近的射频场强、功率密度和SAR，以评估人体暴露水平（5G更新）
- [IEC TR 63170:2018](#) 1.0版（2018年8月15日）与人体暴露于工作在6 GHz和100 GHz之间的无线通信设备射频场有关的功率密度评估测量程序（5G应用）
- [IEC PAS 63151:2018](#) 1.0版（2018年1月15日）人体暴露于手持和安装于身上的无线通信设备射频场的比吸收率的评估测量程序 – 基于矢量测量的系统（30 MHz至6 GHz频率范围）
- [IEC TR 62905:2018](#) 1.0版（2018年2月6日）无线电力传输系统的暴露评估方法
- [IEC TR 63167:2018](#) 1.0版（2018年6月5日）评估与人体暴露于电场、磁场和电磁场相关的接触电流。

其他重要的国际电工委员会标准和报告包括：

标准：

- [IEC 62209-1](#)（2016年）：评估人体暴露于手持和安装在身体上的无线通信设备的射频场的比吸收率的测量程序 – 第1部分：贴近耳朵使用的设备（频率范围为300 MHz至6 GHz）
- [IEC 62232](#)（2017年）：确定无线电通信基站附近的射频场强、功率密度和SAR，以评估人体暴露水平。

<sup>46</sup> 国际电工委员会（IEC）。 <https://www.iec.ch/homepage>

报告:

– <a href="#">IEC TR36170</a> <sup>47</sup>	技术报告	6-100 GHz, 2018年7月
– <a href="#">IEC/IEEE 62704-5</a> <sup>48</sup>	国际标准（计算）	6-100 GHz, 2020年5月
– <a href="#">IEC/IEEE 63195-1</a> <sup>49</sup>	国际标准（测量）	6-100 GHz, 2020年12月

IEC 62209-1和IEEE 1528标准是测量人体头部SAR的主要国际测量标准。

#### 3.4.4 电气和电子工程师学会（IEEE）

- [IEEE 1528](#)（2003年）：IEEE建议的确定人体头部对无线通信设备峰值空间平均比吸收率（SAR）的推荐做法：测量技术
- [IEEE Std C95.1-2005](#)：人体射频电磁场（3 kHz至300 GHz）暴露的安全电平
- [IEEE C95.1-2019](#)：关于人体暴露于电场、磁场和电磁场的安全等级的IEEE标准，0 Hz至300 GHz。

#### 3.4.5 总结 – 最佳做法、国际RF-EMF暴露限值

鼓励主管部门遵循国际非电离辐射保护委员会（ICNIRP）导则或电气和电子工程师学会（IEEE）标准，或由其本国专家设定的限值。选择使用国际射频电磁场暴露限值的主管部门遵循的最佳做法，是将暴露电平限制在ICNIRP（2020年）导则规定的阈值内。

<sup>47</sup> IEC。 [IEC TR 63170:2018](#)。评估与人体暴露于6 GHz和100 GHz之间工作的无线通信设备的射频场相关的功率密度测量程序。

<sup>48</sup> IEC和IEEE。 [IEC/IEEE 62704-5](#)。“确定30 MHz-6 GHz无线通信设备的人体峰值SAR：第4部分：采用有限元法（FEM）进行SAR计算的一般要求”，见62704-4/D4，2020年，第1-49页，2020年5月12日。

<sup>49</sup> IEC和IEEE。 [IEC/IEEE 63195-1](#)。人体暴露于在头和身体附近工作的无线设备射频场的功率密度的评估测量程序 – 频率范围为6 GHz至300 GHz。

## 第4章 – 限制暴露于射频场的政策

随着5G无线网络的部署，人体暴露于由此产生的电磁场（EMF）已引起一些国家公众的关注。本章总结了不同国家对RF-EMF暴露采取的主要监管措施，并介绍了各国在暴露限值方面的做法。

### 4.1 国家法规导则

不同的RF-EMF限值体系并存于世。电气和电子工程师协会（IEEE）<sup>50</sup>于2019年10月发布了IEEE C95.1的修订版<sup>51</sup>。萨摩亚、玻利维亚、密克罗尼西亚联邦、关岛、伊拉克、马绍尔群岛、北马里亚纳群岛、帕劳、波多黎各、美利坚合众国和美属维尔京群岛，采用以往版本的标准评估对于无线电发射机的暴露。玻利维亚、加拿大、古巴、印度、伊朗伊斯兰共和国、伊拉克、巴拿马、大韩民国、美利坚合众国和越南，采用基于IEEE C95.1-1992标准的限值，评估移动电话或双向无线电设备的近场暴露。

2020年3月，修订后的国际非电离辐射防护委员会（ICNIRP）《RF-EMF导则》，已由《保健物理学》（Health Physics）杂志出版<sup>52</sup>。ICNIRP《RF-EMF导则》（1998年）是世界上绝大多数国家和地区使用的安全限值。已在网上公布了2020年版和1998年版ICNIRP导则之间的差异<sup>53</sup>。2021年2月，澳大利亚成为首批在国家标准中实施ICNIRP（2020）导则的国家之一。<sup>54</sup>

世界卫生组织（WHO）网站对ICNIRP导则和IEEE标准均予认可，但提倡采用ICNIRP导则。这两个标准化团体为统一标准开展了大量活动。IEEE C95.1-2019和ICNIRP（2020年）限值已在很大程度上得到统一，针对全身暴露于30 MHz以上连续场采用了相同的功率密度限值。2019年版的C95.1标准的近场暴露限值与ICNIRP（2020年）导则相同。

比利时、意大利、卢森堡和瑞士等国采用远比ICNIRP建议值保守的暴露限值。俄罗斯联邦具有采用严格限值制度的传统。印度曾采用ICNIRP标准，但于2012年9月将远场暴露限值降为ICNIRP标准的1/10。中国采用不同的暴露限值设定方法，其限值也比ICNIRP的建议值严格得多。

<sup>50</sup> WHO。 [全球健康监测](#)

<sup>51</sup> IEEE（2019年）。 [IEEE C95.1-2019](#)。人类暴露于0Hz至300 GHz电场、磁场和电磁场的安全等级的IEEE标准。

<sup>52</sup> ICNIRP（2020年）。国际非电离辐射防护委员会（ICNIRP）。 [2020年RF EMF导则](#)。《限制电磁场（100 kHz至300 GHz）暴露导则》，国际非电离辐射防护委员会（ICNIRP），《保健物理学》，118（5）：483-524，2020年5月。

<sup>53</sup> 国际非电离辐射防护委员会， [“ICNIRP（2020年）与以往导则的区别”](#)。

<sup>54</sup> 澳大利亚辐射防护与核安全局（ARPANSA）。 [ARPANSA发布新的澳大利亚无线电波安全标准](#)，2021年2月5日。

## 4.2 确保遵守暴露限值的国家做法

随着移动设备的日益普及，需要构建大量基站以提高通信质量，并满足日益增长的无线数据需求。5G的技术特点更突显了这一挑战。因此，许多国家确定了一系列确保遵守暴露限值的做法。

随着无线通信技术从2G向4G的迁移，国际运营商为尽量减少基站/天线的数量和建设成本而开展规划和基础设施共享。例如在2014年，中国成立了大型基础设施建设和维护企业—中国铁塔股份有限公司（中国铁塔）<sup>55</sup>。该公司由三大运营商创建，负责基础设施的提供。运营商共享共址塔架，中国铁塔协调三家运营商的需求，并制定安装天线的全面计划，以减少居民不必要的RF-EMF暴露。

布隆迪<sup>56</sup>采用的适用电信基础设施管理法律框架，可有效地安排电信天线和桅杆的安装。作为这些举措的一部分，布隆迪与国际电联协作，建立了适当管理布隆迪电信基础设施共用的法律框架，这将在监管、技术和财务层面对行业产生积极影响。最后，引入载有限值和门限的导则，将可确保暴露限制得到遵守。

海地<sup>57</sup>已采取措施，确保国家电信委员会（CONATEL）对全国覆盖所需的无线基础设施的部署进行严格核查，以管理全国范围内无线电通信设施的发展。

根据国际组织正在进行的各种研究，塞内加尔<sup>58</sup>意识到有关非电离波对人口影响的关切，遂开展了评估RF-EMF暴露的测量活动，并购置了控制和监测全国电磁场电平的设备。根据国际电联无线电频谱监测手册、ITU-T K系列建议书、ITU-D导则和ICNIRP导则所载的建议，塞内加尔对人口密集的城市地区开展了CEM-RNI（非电离辐射电磁场）测量活动。

为建立一个透明且负责任的移动塔架信息共享生态系统并且遵守电磁场暴露规定，印度电信部（DoT）<sup>59</sup>最近推出了一个名为“Tarang Sanchar”的门户网站，以期在清除误传和误解的同时建立信心并确信移动塔架安全无害。

加纳<sup>60</sup>利用型号核准来保护电信/ICT设备、用户和网络。加纳设立的西非次区域首个型号核准实验室，不仅可以进行国内市场监控，还可以作为设备测试枢纽服务于非洲区域的监管机构和供应商。

几内亚<sup>61</sup>邮政和电信管理局（ARPT）为处理这一全国关切问题采取措施。监管机构已起草了非电离辐射导则。在购买定期测量辐射电平所需的各种技术工具后，目前正在对建立实验室监控无线电设备合规情况的项目进行研究，定期开展辐射测量活动，并将结果公布在ARPT网站上。

<sup>55</sup> 中国提交的ITU-D SG2 [SG2RGQ/68](#)号文件

<sup>56</sup> 布隆迪提交的ITU-D SG2 [2/271](#)号文件

<sup>57</sup> 海地提交的ITU-D SG2 [2/255](#)号文件

<sup>58</sup> 塞内加尔提交的ITU-D SG2 [SG2RGQ/50](#)号文件[法语]

<sup>59</sup> 印度提交的ITU-D SG2 [SG2RGQ/71](#)号文件

<sup>60</sup> 加纳提交的ITU-D SG2 [SG2RGQ/82](#)号文件

<sup>61</sup> 几内亚提交的ITU-D SG2 [2/292](#)号文件

风险沟通也是减少公众对RF-EMF暴露担忧的重要方法。世卫组织和国际电联已经制定了电磁辐射风险沟通计划，不断促进国家和区域之间在EMF暴露各方面的知识交流，如制定标准、研究活动、定期总结研究结果、报告和组织研讨会。

国际电联电信发展局（BDT）<sup>62</sup>通过于2018年7月3至5日在匈牙利布达佩斯召开的“在欧洲和独联体国家实施5G：实现新增长机遇的战略与政策”欧洲和独联体区域性研讨会上所做的介绍，提出了对国家活动的见解。

### 4.3 IMT-2020（5G）对EMF的影响

首个5G NR（新无线电）版本于2017年12月21日在3GPP RAN（无线电接入网）第78次全体会议上正式发布，成为全球首个可商业部署的5G标准。目前3GPP定义的5G频段分为频率范围1（FR1）和频率范围2（FR2）。FR1通常被称为sub-6 GHz，或6 GHz以下频段。目前，3.5 GHz是5G应用的主流频段之一。然而，3GPP还为了便于灵活部署，确定了其他可用频段。FR2频率范围主要是高频，一般称为毫米波。其穿透能力弱，但带宽充足，且无干扰源。其频谱洁净，未来用途广泛。

由于第五代移动通信系统采用多入多出（MIMO）和毫米波技术的特点，迫切需要对其RF-EMF电平进行评估。一项开创性研究<sup>63</sup>显示，每个波束方向的最大时间平均功率远低于理论最大值，也低于现有统计模型的预测值。

多入多出技术是指同时使用多个发射和接收天线，使信号可以在发射机和接收机处通过多个天线发射和接收，从而提高通信质量。在不增加频谱资源和天线发射功率的情况下，系统信道容量倍增，优势明显，因而被视为下一代移动通信的关键技术。

提出的一种用于评估采用大规模多入多出的5G无线基站（RBS）RF-EMF暴露的时间平均实际最大功率电平模型<sup>64</sup>，以统计方法为依据，为所有可能的下行链路暴露场景（95百分位）提供一个现实的保守射频暴露评估，并考虑到诸如基站利用率、时分双工、调度时间和小区内用户的空间分布等因素。该模型以封闭式方程表示。在与预期的5G RBS相对应的示例场景中发现，最大实际功率电平较相应理论最大值低15%。在远场暴露场景中，这相当于RF-EMF限值顺从距离缩短到大约1/2.6。给出了不同规格的天线阵列以及方位角和仰角波束成形场景的结果。

此外，瑞士联邦计量研究所（METAS）为5G NR引入了编码可选的EMC测量方法。<sup>65</sup>对于这种测量，应解码并测量特定的5G信号，即SSB（同步信号/PBCH块）和PCI（物理层小区标识）。通过应用定向测量天线的天线因子，并对每个PCI的所有SSB求和，可以得出每个PCI以mV/m为单位的可靠且唯一的结果。测量提供了所有细节，使运营商和基础设施供应商能够在遵守特定国家的EMC暴露限值并提供优化的网络覆盖和容量，在国家管理部门检查限值之间找到最佳折衷方案。

<sup>62</sup> 电信发展局提交的ITU-D SG2 [SG2RGQ/40 + Annex](#)号文件

<sup>63</sup> D Colombi等（2020年）。[商用5G网络中基站的实际功率和EMF暴露分析](#)。应用科学（35），10:5280。

<sup>64</sup> B. Thors等（2017年）。[使用大规模多入多出评估5G无线电基站射频暴露的时间平均实际最大功率电平](#)。IEEE接入，5，19711-19719。

<sup>65</sup> 瑞士联邦计量研究所（METAS）（2020年）。[技术报告：最高6 GHz的5G（新空口）NR基站的测量方法](#)，2020年2月18日。另见下文国际电联（2020年）。



世卫组织的5G移动网络和健康问答称：“只要总体暴露水平低于国际导则，预计不会对公共健康产生任何影响<sup>66</sup>。”

针对公众的担忧，开展了一系列测量活动。英国通信管理局（Ofcom）公布了英国10个城市总共22个5G站点的RF-EMF电平，其中还包括对2G、3G和4G的测量。<sup>67</sup>所有地点的测量值都只相当于ICNIRP导则规定的公众暴露参考电平的很小一部分<sup>68</sup>。法国国家频率局（ANFR）定期在其网站<sup>69</sup>上发布5G站点部署数据，测量结果可在网上找到。<sup>70</sup>还模拟了4G和5G共存技术的优化。<sup>71</sup>

人们一致认为，在10 GHz以上（6-10 GHz作为局部暴露的过渡频率）运行的5G设备，不会采用比吸收率（SAR）测量局部身体暴露，而会以功率密度作为基本限值，因为很难确定在很浅的穿透深度进行SAR评估的有意义的总量。然而，ICNIRP保留了全身平均SAR限值，作为全身暴露高达300 GHz的额外基本限值。ICNIRP（1998年）导则采用入射功率密度作为参考电平，没有考虑能量在边界上的反射或透射，也没有考虑人体组织之间或人体组织与环境之间的热传递。ICNIRP（2020年）导则还采用吸收功率密度，作为对较高频率（>6 GHz）的基本限值。未来，温度可能被视为证明RF-EMF暴露安全性的可接受参数（如磁共振成像行业），因为它与实际损害的关联更为密切。

赵等人（2015年）<sup>72</sup>研究了工作在15 GHz和28 GHz的移动设备的相控阵射频电磁场暴露。Thors等人（2016年）<sup>73</sup>对10 GHz至15 GHz之间的5G移动通信设备阵列天线的RF-EMF暴露进行了一系列模拟。为了达到主要RF-EMF暴露标准，正在研究在用户设备中部署的阵列天线和5G移动通信系统中低功率无线基站的最大发射功率，同时考虑到频率、阵列大小、与人体的距离、扫描范围和阵列拓扑等因素。研究结果对使用具有波束成形能力的阵列天线的移动通信系统的设计，具有重要价值。为了承受更大的功率电平，有必要通过可实施的技术解决方案，将传输能量引离人体。根据适用的RF-EMF暴露标准，5G移动通信系统的最大发射功率电平和最大等效全向辐射功率可能发生巨大变化。这种不一致可能导致不同市场的准入条件出现差异。Joshi等人（2020年）<sup>74</sup>从澳大利亚和大韩民国的商用5G网络收集了数据，发现设备发射功率中值仅为最大值的1%，与4G设备相当。

<sup>66</sup> 国际电联（2020年）。背景文件—推广惠及人类的5G：EMF重要吗？，第21页。国际电联欧洲区域论坛：5G战略、政策和实施，2020年10月22日至23日。

<sup>67</sup> 英国通信管理局（2020年）。5G手机基站附近的电磁场（EMF）测量：结果摘要。2020年2月21日。

<sup>68</sup> 同上，第37页。

<sup>69</sup> 法国国家频率局（ANFR），法国：<https://www.anfr.fr/en/home/>

<sup>70</sup> ANFR。Cartoradio：无线电台和波测量图。

<sup>71</sup> ANFR。新闻。考虑到预计的4G和5G趋势，模拟密集城市地区移动电话产生的无线电波暴露。2020年9月15日。

<sup>72</sup> K. Zhao等（2015年）。5G通信移动设备中毫米波相控阵的电磁场暴露研究。IEEE天线和无线传播函，1-1。

<sup>73</sup> B.Thors等（2016年）。5G移动通信设备阵列天线的射频电磁场暴露。IEEE接入，4，7469-7478。

<sup>74</sup> Paramananda Joshi等（2020年）。5G商业网络中用户设备的实际输出功率水平及其对实际射频EMF暴露评估的影响。IEEE接入。线上：2020年11月9日。

#### 4.4 暴露于Wi-Fi和蓝牙等其他短距设备发射器

其他室内射频电磁场源，如无线网络、蓝牙和各种无线连接设备，如路由器和无线充电器，也会产生射频电磁场暴露 – 这一点需要进一步澄清。

此类产品产生的暴露主要取决于发射功率。IEEE制定的无线局域网（WLAN）标准，已经可以在单个信道中提供高达72 Mbit/s的数据速率。在欧洲，工作在2.4 GHz频段的系统的最大功率为100 mW。个人的无线信号暴露与基站（远场）和移动电话（近场）暴露具有相同的一般特征。与路由器相连的无线网络设备的近场暴露大多时间有限，最靠近设备的身体部位的近场暴露最高，而路由器导致的是远场全身暴露。根据Kühn等人（2006年）<sup>75</sup>的报告，对接触到充满组织模拟液体的平面体模的接入点的测量显示，最大10 g平均SAR小于1 W/kg，距离1米处的最大功率密度约为3 mW/m<sup>2</sup>，距离接入点0.2米处的最大功率密度为40 mW/m<sup>2</sup>。Foster就同样距离报告的数值分别为1 mW/m<sup>2</sup>和大约180 mW/m<sup>2</sup>。需要强调的是，以上给出的所有数值都低于ICNIRP（1998年）RF-EMF导则规定的10 W/m<sup>2</sup>参考电平。Martínez-Búrdalo等人（2009年）<sup>76</sup>的数值研究也证实，局部最大SAR值符合ICNIRP为公众确定的基本限值。在2.4 GHz频段，利用100 mW的功率和1的占空因子（100%）计算出的头部的最高局部SAR值为5.7 mW/kg。然而现实中的占空因子会更小。

工作在2.4 GHz的蓝牙的输出功率只有1 mW，是微波炉使用功率的百万分之一和5G手机功率的1/200。而且只有一小部分被人体吸收，所以这一暴露可以忽略不计。

世卫组织和IEEE专家目前给出的结论是，没有发现蓝牙产品的射频电磁场暴露对人体造成任何不利影响。

<sup>75</sup> S. Kühn等（2006年）。[对家庭和办公室环境中人体暴露于无线设备电磁辐射的评估](#)。第七届国际电磁兼容性研讨会会议记录，西班牙巴塞罗那，2006年9月4-8日。

<sup>76</sup> M. Martínez-Búrdalo等（2009年）。[在某些操作情况下，人体暴露于无线网络和蓝牙设备电磁场的FDTD评估](#)。《生物电磁学》，30（2）：142-51。

## 第5章 – 国家EMF暴露限值政策的制定

绝大多数国家采用基于ICNIRP导则或IEEE标准的RF-EMF暴露限值。然而，由于对EMF对健康的潜在不利影响和对预防原则的解释存在认知上的不确定性，一些国家决定采取附加措施来保护其民众。这些措施主要包括采用法律框架、开展公众宣传运动、设定暴露限值、绘制发射器周围场强计算图以及在网上公布结果。

### 5.1 法律框架

为了确保在国家一级充分保护公众免受非电离辐射，成员国应确保立法框架就位。世界卫生组织的国际EMF项目已经制定了“示范立法”，提供了在国家一级使用的法律框架样本，包括一个“示范法案”、一个“示范条例”和一个“解释性备忘录”，说明对“法案及其条例”的处理方法<sup>77</sup>。

迄今为止，已有40多个国家在强制或自愿的基础上为公众和工人建立了涵盖静态、低频和高频电磁场的国家立法框架。有关这些不同法律框架的详情，请查阅世卫组织网站<sup>78</sup>。

部分国家还通过立法，对设备和辅助基础设施的使用或放置加以限制。这些措施包括禁止向某一年龄以下的儿童发布手机广告，禁止或限制幼儿园或小学的无线上网，以及在医院或学校等不得建设电信基础设施的社区基础设施周围设置隔离区。此类措施往往是以“预防”为由加以描述或说明的，但在缺乏任何科学证据的情况下，成员国在颁布此类措施时应非常谨慎。世卫组织建议，“对成本和潜在危险之间做出权衡分析至关重要”，并呼吁“严格遵守现有的国家或国际安全标准”<sup>79</sup>。这种基于现有知识的标准，旨在以较大安全系数向每位国民提供保护。

### 5.2 标准的制定

作为国家法律框架的补充，各国还应采用法律框架能够执行的RF-EMF暴露标准。

截至2018年6月，已有44个国家制定了国家射频标准，涵盖了与公众和工人相关的静态、低频乃至高频范围<sup>80</sup>。

除“示范立法”外，世卫组织还颁布了“基于健康的EMF标准制定框架”。世卫组织指出，该框架“解决了如何制定基于科学的定量EMF暴露限值的问题（和）…旨在为正在制定新的EMF标准或审查其现行标准依据的国家咨询和/或监管机构提供帮助”<sup>81</sup>。

<sup>77</sup> WHO. 健康主题。电磁场。[示范立法](#)

<sup>78</sup> WHO. 数据。全球健康观测数据库。公共健康与环境。[EMF: 立法状况 – 按国家分列的数据](#)

<sup>79</sup> WHO. [何为电磁场?](#)

<sup>80</sup> WHO. 全球健康观测数据库。公共健康与环境 – EMF. [标准现状 – 按国家分列的数据](#)

<sup>81</sup> WHO (2006年). [制定基于健康的EMF标准框架](#)



多数国家依据国际非电离辐射防护委员会（ICNIRP）的建议采用国家标准。ICNIRP 导则于2020年得到更新。IEEE C95.1-2019是与EMF暴露限值相关的类似标准。虽然两者之间存在一定差异，但它们在做法和建议上基本一致。

### 5.3 对与人体暴露于RF-EMF相关问题的评估

人们就暴露于RF-EMF问题形成了不同的社会关切。事实上，社会关切是影响社会的危害带来的危险或威胁<sup>82</sup>。人们发现EMF是他们无法亲自检测到的危害，但他们因为从中获益而对它采取了容忍态度。人们只对一项社会活动有感性认识，但他们无法详细说明活动会对他们带来积极还是消极的影响。

在分析共同活动的风险和收益时，三个暂定原则可形成一个量化工具：

- 1) 公众愿意承受的自愿性风险（如滑雪、手机射频暴露），是给他们带来同样好处的非自愿性风险（如自然灾害、基站射频暴露）的1 000倍左右<sup>83</sup>。
- 2) 风险的可接受性似乎大致与实际和感知的利益，即利益的立方（三次方）成正比。
- 3) 可接受的风险水平与面临该风险的人数（30多亿手机用户）成反比<sup>84</sup>。

同一来源指出要考虑到社会放大效应，该效应在数量和质量上增加了感知的直接风险效应。媒体是放大与EMF相关的社会问题，因而增加社会焦虑感的实体。

### 5.4 公众认知

有必要让公众了解基于科学的RF-EMF暴露限值、其保守性以及这些限值能够防范所有已知暴露对健康的不利影响的原因。为了消除对射频电磁场暴露的误解，他们还需要了解已付诸实施的基于科学的RF-EMF暴露限值，以及已就无线系统和健康开展的大量研究。他们还应该知道，世界卫生组织也参与其中，并发布了关于EMF问题的情况简报，涉及移动终端、基站和无线网络。

关于移动终端和设备，ITU-T K系列增补13描述了确定RF-EMF暴露电平的各种因素，如用于测量的比吸收率（SAR）和用于表达的每千克瓦特（W/kg），均为100 kHz和10 GHz频率范围内使用的指标。<sup>85</sup>以这些技术信息为依据，向移动设备用户提供了实用指南。文件还指出，专家组的共识是，在遵守国际暴露限值时，科学证据没有显示RF-EMF

<sup>82</sup> 健康与安全执行委员会（HSE）（2001年）。[降低风险，保护人民](#)。Sudbury: HSE书籍，第12页；引用人：David Ball和Sonja Boehmer-Christiansen（2007年）。[社会关切与风险决策](#)。危险材料杂志，144，第556-63页（第557页）。

<sup>83</sup> Paul Slovic（2000年）。[风险感知](#)，伦敦：Earthscan。Slovic found（第121-36面）发现数据不支持定量公式；人们愿意接受具有高收益的高非自愿风险。虽然他确定的这一定律有效，但方法上存在一些不足（第45、81页）。

<sup>84</sup> Haim Mazar（2008年）。[无线通信监管框架、社会关注和风险分析：射频（RF）分配和许可案例](#)（第43-46页）。Boca Raton，2009年。

<sup>85</sup> ITU-T [K系列增补13（05/2018）](#)。移动设备和便携式设备在不同使用条件下的射频电磁场（RF-EMF）暴露水平。

暴露给包括儿童和青少年在内的移动设备用户带来任何危险。测试移动设备合规性的方法，采用了对于成人和儿童十分审慎的设计（参见第5.5节和第6.4节）。

为了让公众了解基站，一些主管部门定期公布发射站，包括电台和电视台以及蜂窝基站的位置。在某些情况下，这些公共数据库描述了基站周围的功率密度或场强。此举提高了暴露电平信息的公开性和透明度，并将数据库作为工具，解决尚未得到独立分析的公众关切。澳大利亚在征得行业协会和监管机构同意后，在射频国家网站档案<sup>86</sup>中公布所有基站的EMF报告。此外，有关公众意识信息，请参阅澳大利亚移动通信协会（AMTA）的射频安全计划。<sup>87</sup>

## 5.5 幼儿园、学校和医院周围区域的暴露限值

如前一节所述，ITU-T K.91建议书<sup>88</sup>指出，就人体暴露而言，目前没有技术理由限制在幼儿园、学校和医院周边设置基站。因为现有的暴露导则都设有保护社区所有成员的安全余量。它指出，在接收良好的区域使用移动电话也可以减少暴露，因为它允许设备以更低的功率传输。

一些国家并不禁止在这些地区设置基站，而是武断地进一步压低暴露限值，使之降至国际标准的建议值以下，而另一些国家则侧重于全面禁止在这些地方使用设备。这些规定无论是侧重于基础设施还是设备（或两者兼有），都是基于公众的看法而非科学，缺乏科学依据。

调查表明，已经制定此类措施的国家表现出最高度的关切<sup>89</sup>。这些措施非但没有减轻人们的担忧，反而增加了担忧的可信度，即使据说它们只起“预防作用”。因此，公众似乎将预防视为潜在危险的一个指标，而非一种令人感到更安全的辅助措施<sup>90</sup>。

## 5.6 对发射器周围RF-EMF暴露的评估

进行实际的现场测量虽然高效，但很昂贵耗时。一种替代性或至少是补充性措施是，允许采用国际电联和国际电工委员会的国际技术标准描述的方法进行场强计算（见第3.4节）。澳大利亚监管机构ARPANSA表示，计算出的环境电平通常比测量值高出10至1 000倍，有的甚至更高。<sup>91</sup>

<sup>86</sup> 澳大利亚移动通信协会（AMTA）。[射频国家站点档案（RFNSA）](#)

<sup>87</sup> AMTA。[移动网络安全](#)

<sup>88</sup> [ITU-T K.91（01/2018）](#)建议书。无线电频率电磁场对人体辐射的评定、评估和监测指导原则。

<sup>89</sup> 欧洲委员会（2010年）。Eurobarometer。报告。[电磁场](#)。

<sup>90</sup> Christoph Boehmert等（2020年）。[关于无线技术中EMF健康风险沟通的系统综述](#)。《风险研究杂志》，2019年4月20日在线出版。

<sup>91</sup> 澳大利亚辐射防护与核安全局（ARPANSA）。[ARPANSA环境EMF报告](#)

当考虑某个台站的多种移动技术的影响时，可以通过考虑单独的广播信号以及流量需求对台站现有不同技术的影响来确定实际最大值<sup>92</sup>。在4G/LTE采用多入多出天线的情况下，除非考虑到波束控制和时分双工（TDD）的影响，否则计算值可能会超过测量值<sup>93</sup>。5G的情况亦是如此（见第4.3节）。

### 5.6.1 RF-EMF暴露的计算

RF-EMF电平的计算是一个应该了解和分析的参数，以便更好地保护和安抚居住在作为RF-EMF暴露源的设施附近的群体。在发射RF-EMF的电信设施中，有两个例子可以考虑：

- 数字电视发射机；
- 蜂窝发射器。

因为两大原因：

- 发射的功率量；
- 安装在人群附近的发射器数量。

#### 5.6.1.1 计算出的数字电视（DTV）发射机周围的场强

以下分析指的是超高频（UHF）信道22（1区）：

- 478-486 MHz（中心射频482 MHz）；
- 60 000 Watts EIRP（等效全向辐射功率）发射机；
- 距地面60米。

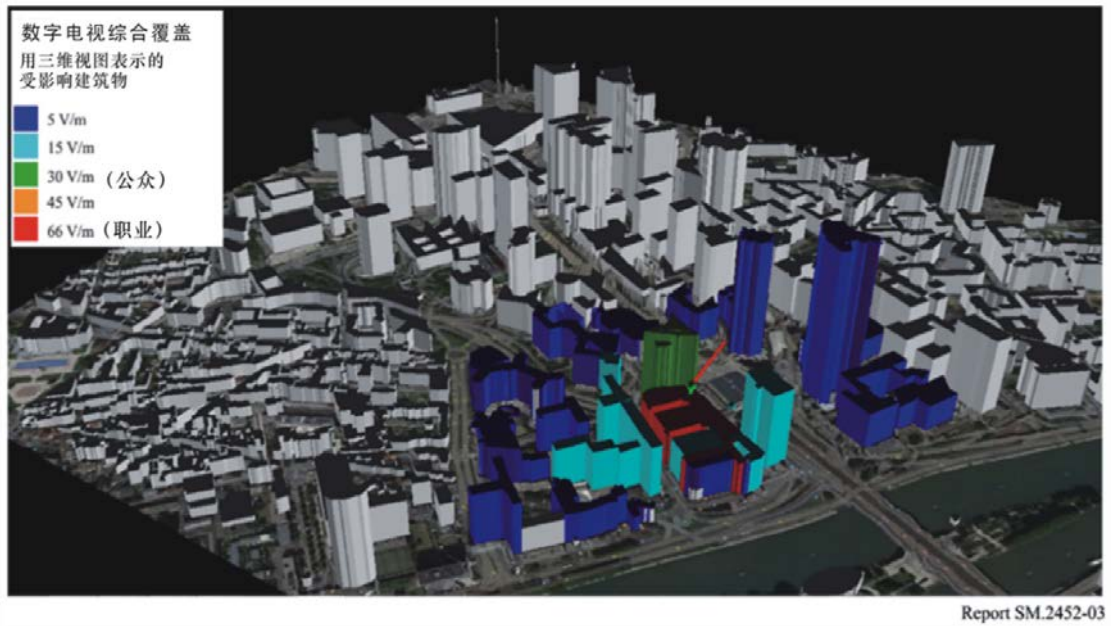
当频率达482 MHz时，电场强度（FS）ICNIRP公众暴露参考电平等于30 V/m:  $1.375f^{1/2}$  (MHz) =  $1.375 \times 482^{1/2}$ 。FS (V/m) ICNIRP职业暴露参考电平为66 V/m:  $3f^{1/2}$  (MHz) =  $3 \times 482^{1/2}$ 。

图14描绘了叠加在三维视图建筑物上的电场轮廓线。

<sup>92</sup> Zaher Mahfouz等（2011年）。[现实环境中流量变化对无线信号暴露的影响](#)。生物电磁，33（4）:288-297，2012年5月。

<sup>93</sup> Rob Werner等人（2019年）。[现场无线电基站大规模多入多出天线射频暴露符合性边界的测量和计算评估之间的比较](#)，IEEE接入，7（170682-170689），2019年11月25日。

图14：三维DTV公众和职业RF-EMF暴露轮廓线



来源：ITU-R SM.2452号报告图3

#### 5.6.1.2 移动网络发射机周围的场强

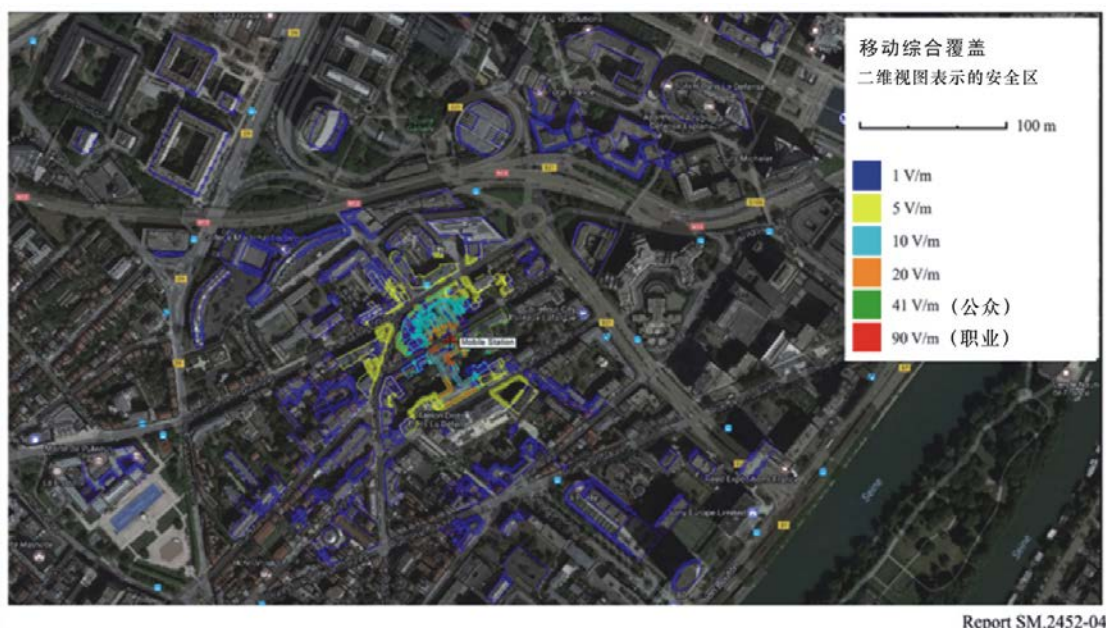
仰角方向图即使很重要，还是受到模拟的忽略。实际上，在移动网络基站发射机下面，天线增益较低。顾及到仰角方向图的二维视图，可能会给查阅者带来困惑。在900 MHz，屋顶上方30米，对于100 W最大下行链路功率和天线增益（包括损耗）17 dBi，EIRP为5 kW，接收机为地平面（AGL）以上1.5米。

ICNIRP（1998年）和（2020年）公众参考电平为 $41 (1.375f^{1/2} = 1.375 \times 30) \text{ V/m}$ ，职业参考电平为 $90 \text{ V/M: } 3f^{1/2} (\text{MHz})$ ；场强等级为1、5、10、20、41（公众）和90（职业）V/M。在本研究中，仅考虑从基站到移动设备的信号。处于方位角或扇区（例如三个120°扇区）的蜂窝结构可能是非定向的。

图15描绘了叠加在建筑物上的电场强轮廓线。建筑物颜色与建筑物特定点接收的最大场强（及正面最大场强）相对应。



图15: 蜂窝暴露距离的二维卫星视图



Report SM.2452-04

来源: ITU-R SM.2452号报告图4。

## 5.6.2 RF-EMF暴露的测量

如ITU-T K.91增补4<sup>94</sup>所述, 可通过计算或测量评估是否符合公共或工人(职业) RF-EMF暴露限值。国际电联和国际电工委员会(IEC)或欧洲电工标准化委员会(CENELEC)等其他国际组织制定的技术标准, 提供了详细的评估指南。在某些情况下, 可根据国际技术标准制定国家要求。

可能需要对具有多个发射器或大量反射物体的复杂场所, 例如安装多个重叠传输模式天线的屋顶进行测量。宽带和频率选择设备均可用于评估(ITU-T K.6<sup>95</sup>、ITU-T K.100<sup>96</sup>、IEC 62232<sup>97</sup>)。然而, 使用宽带设备进行测量可能会导致结果过于保守。如果通过宽带测量发现公众可进入区域的暴露电平高于限值, 则应使用频率选择设备验证合规性。否则, 应采用(ITU-T K.70建议书)介绍的缓解技术。<sup>98</sup>

<sup>94</sup> ITU-T. [ITU-T K.91增补\(09/2018\)](#) 建议书。有关可持续智慧城市中电磁场(EMF)的考虑。

<sup>95</sup> ITU-T. [ITU-T K.61\(01/2018\)](#) 建议书。关于电信装置人体暴露限值合规性的电磁场测量和数值预测导则。

<sup>96</sup> ITU-T. [ITU-T K.100\(07/2019\)](#) 建议书。当基站投入使用时, 测量射频电磁场以确定是否符合人体暴露限值。

<sup>97</sup> IEC. [IEC 62232:2017](#)。确定无线电通信基站附近的射频场强、功率密度和SAR, 以评估人体暴露。

<sup>98</sup> ITU-T. [ITU-T K.70\(01/2018\)](#) 建议书。在无线电通信电台附近限制人体暴露于电磁场(EMF)方面的缓解技术。

### 5.6.3 对网站结果的介绍

为了让公众及潜在购买者和承租人了解RF-EMF暴露源的准确位置，国际电联成员国的部分主管部门定期公布电台、电视台和蜂窝基站等发射站的准确位置。

这些网站发布的具体信息包括发射天线的位置、技术参数（如频率、功率、天线增益和离地高度）和暴露电平。关于计算和测量出的RF-EMF暴露电平的更多信息，请参见ITU-T K.113<sup>99</sup>建议书和ITU-R SM.2452号报告。

### 5.6.4 简化的基站站点评估程序

如ITU-T K.100建议书第8节所述，基于IEC 62232的简化评估程序，可用于识别已知符合相关暴露限值的天线装置，而无需遵循一般或全面的暴露评估流程。例如由于发射的功率低，或者因为发射机或天线以及相关源相对于公众的位置，这一方法很适用。

简化的评估程序以对等效全向辐射功率（EIRP）的了解为依据，取决于EIRP电平和天线安装特性，如ITU T K.100表8-1.3所规定的安装高度、主瓣方向 and 与其他环境源的距离。如果达标，安装就是合规的。

<sup>99</sup> ITU-T. [ITU-T K.113 \(11/2015\)](#) 建议书。射频电磁场（RF-EMF）电平图的生成。

## 第6章 – 人体暴露于基站和手机的电磁场

本章探讨了人体EMF暴露的两个极常见的来源：基站和手机。当然，所有无线电通信系统，如电视、调幅和调频无线电广播、寻呼服务、无绳电话、应急服务和农村/乡村通信系统，都利用RF-EMF促进通信。

本章研究了世界各地评估基站暴露电平测量活动的结果，其中许多活动在其协议中使用了国际电联建议书，并在考虑到手机暴露问题后，审议了关于儿童射频暴露的科学和现行建议。

### 6.1 基站暴露水平的国际比较

已有多项研究对来自不同国家的移动电话基站的射频测量数据做了比较。第一项研究<sup>100</sup>从2000年起在五大洲的20多个国家进行了超过173 000次测量调查。第二项研究<sup>101</sup>涵盖2001至2003年和2006至2012年两个时段内七个非洲国家近26万个测量点。第三篇论文<sup>102</sup>涉及对2002至2006年间运行的意大利国家射频监测网络的5000多万个数据点的分析（见以下图16）

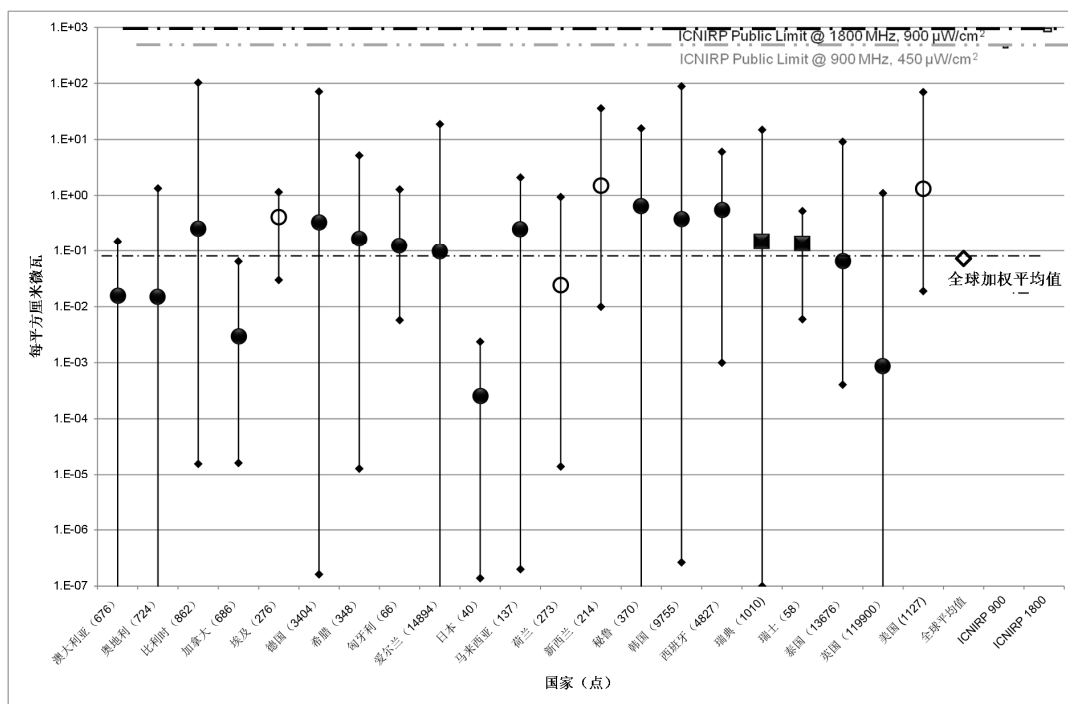
图16显示了20个国家中每个国家所有调查数据的平均值，括号内为每个国家测量点的数量。为了进行比较，还绘制了标有穿过（◇）的点虚线（-.-）的全球加权平均值，以及公众在900和1800 MHz环境中的ICNIRP参考电平。

<sup>100</sup> Rowley等（2012年）。移动通信无线电基站的射频暴露调查的国际分析比较研究，《暴露科学与环境流行病学杂志》，22(3):304-315，2012年5月/6月。

<sup>101</sup> Ken Joyner等（2013年）。非洲的无线电基站的射频场强的国家调查，《辐射防护测定》（2013年），第1-12页。

<sup>102</sup> Jack Rowley和Ken Joyner（2016年）。来自意大利国家固定射频监测网络的观测，《生物电磁学》，2016年2月；37（2）：136-9。

图16: RF-EMF调查数据 (20国)



最小值 (◆)、最大值 (◆) 和窄带平均值 (●)、宽带平均值 (○) 或窄带/宽带混合平均值 (■)

其他新的测量方法，如黄等人（2016年）<sup>103</sup>提出的方法，涉及使用上行链路和下行链路暴露进行暴露评估，以创建一个称为暴露指数（EI）的新指标，并发现“所有EI值都远低于人体暴露的国际标准限值”。Rowley和Joyner（2012年）还研究了各种技术和国家的时间趋势。

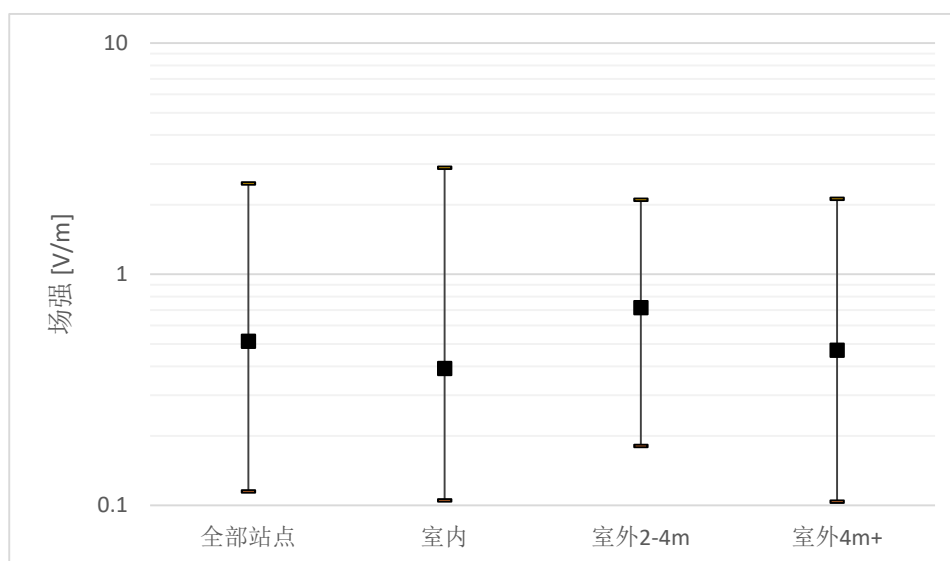
鉴于小型蜂窝在密度区域额外增容方面的作用与日俱增，并将在5G网络中扮演更重要角色，因而对这些站点的射频场也进行了测量研究。Van Wyk等人（2019年）<sup>104</sup>在意大利、荷兰和南非进行了测量，涉及公共汽车站、广告标志和建筑物内部通常使用的装置。在这三个国家的98个小蜂窝周围进行了多达295次测量，结果如下。

<sup>103</sup> 黄等人（2016年）。宏3G网络在法国和塞尔维亚的不同地理区域导致的平均人口全球暴露比较，《生物电磁学》（2016年）37: 382-390。

<sup>104</sup> Martinhus等人（2019年）。小规模小区基站站点的EMF暴露测量。辐射防护剂量测定，第184卷，第2版，2019年8月20日，第211-215页。



图17: 受测的98个小蜂窝站点以V/m为单位的场强测量结果



作者指出，“结果表明，所有测得的EMF暴露电平都远低于ICNIRP为公众规定的限值。”还指出，他们的结果与其他国家的测量研究，如法国进行的研究以及上文讨论的研究结果一致。

所有这些研究的主要结果是，无论国家、年份和移动技术如何，地面射频场仅是国际人体射频暴露推荐值的一小部分。重要的是，尽管基站数量不断增加和更多移动技术得到部署，环境电平基本保持不变。

所有的研究和测量结果进一步支持了世界卫生组织<sup>105</sup>提供的关于基站和无线技术的建议：“考虑到迄今收集的极低的暴露电平和研究结果，没有令人信服的科学证据表明，来自基站和无线网络的微弱射频信号会对健康造成不利影响。”

## 6.2 手机的暴露电平

SAR值<sup>106</sup>是使用手机时身体吸收的射频能量的量度。

对于法规的遵从性测试是根据测量标准，在实验室条件下以最大功率电平测量SAR，测量标准规定了测试位置和移动电话的所有操作特性，包括最大发射功率。

每种型号的移动电话报告的SAR值都夸大了现实生活中的暴露电平，因为适用的是保守标准<sup>107</sup>。此外，这些设备实际上在低得多的功率电平下工作，不断适应使用拨打和接听电话所需的最小功率，以最大限度地延长电池寿命。几项关于日常使用的手机的

<sup>105</sup> 世界卫生组织（2006年）。健康主题。电磁场和公众健康。情况简报第304号，[基站和无线技术](#)。

<sup>106</sup> SAR代表比吸收率。有关SAR的详细信息，请访问<http://www.sartick.com>。

<sup>107</sup> 移动设备制造商论坛（MMF）。观点。[移动电话SAR测量的保守性](#)。2011年11月。

研究<sup>108,109</sup>表明，当在大城市或城市建筑内行走时，智能手机通话通常以其最大输出功率的一小部分工作。在Wiert等人（2009年）的论文中，研究人员观察到90%的收集测量值，包括室内和室外的测量值，小于4 dBm，约为最大发射功率的1%。因此，他们得出结论：“就比吸收率（SAR）而言，移动电话造成的实际暴露远低于（低100倍）最大功率下给出的标称值。”

最近的一份出版物给出了瑞典农村、郊区、城市和室内环境中，连接到41个LTE无线电基站的大约7000个4G设备的输出功率数据：“收集了超过300000个功率样本。在农村环境中，平均输出功率值在95%的时间内是最大可用功率的2.2%，而在其他环境中，相应值不到1%。发现所有环境中的平均输出功率小于最大可用输出功率的1%。尽管可实现的峰值数据吞吐量增加了近十倍，但这些值与3G用户设备的结果一致。这些发现表明，了解真实的功率水平，对于准确评估现代智能手机设备的真实暴露情况非常重要。”<sup>110</sup>

制定射频暴露标准是为无线通信设备规定SAR的最大允许值，这些包括移动电话在内的设备包含额外的安全系数，以确保包括儿童、孕妇和老年人在内的所有用户都能安全使用这些设备。据对200多个国家进行的监管要求调查，基本上只有两个适用的标准和监管体制：150个国家采用了在10 g生物组织当量中测得2 W/kg的ICNIRP限值<sup>111,112</sup>，另有28个国家采用了在1g生物组织当量中测得1.6 W/kg的美国联邦通信委员会（US FCC）限值<sup>113</sup>。有50个国家未提供监管信息。然而，在没有强制限值的情况下，制造商会采用符合ITU-T K.52建议书的ICNIRP限值。<sup>114</sup>

### 6.3 国家SAR测量

如上所述，基本上只有两个适用的标准和监管体制：ICNIRP和FCC。在没有规定监管要求的国家，制造商会采用ICNIRP限值。

国家监管机构通过三种不同方法确保设备的合规性。欧洲存在一种基于统一标准和侧重上市后监督的合规性推定，而对于北美和亚太地区的许多国家，这项工作以上市前的审批为依据。该区域的其他一些国家，则对设备制造商和进口商进行持续审计。设备的SAR值可从制造商网站以及许多国家监管机构获取。

<sup>108</sup> Tomas Persson等人，[3G移动通信网络终端的输出功率分布](#)，《生物电磁学》，第33卷，第320-325页，2012年。

<sup>109</sup> Azzedine Gati等人，[宽带码分多址移动电话在运行网络中引起的暴露](#)，《IEEE无线通信》，第8卷，第12期，2009年。

<sup>110</sup> Paramananda Joshi等(2017年)。[4G用户设备的输出功率电平和对现实RF-EMF暴露评估的影响](#)，载于IEEE接入，第5卷，第4545-4550页，2017年。

<sup>111</sup> 大多数国家限值正式基于ICNIRP（1998年）。

<sup>112</sup> ICNIRP。[ICNIRP关于时变电场、磁场、电磁场（最高300 GHz）暴露限制导则的声明](#)。《健康物理学》，2009年，97（3）：第257-258页。

<sup>113</sup> 联邦通信委员会。[射频辐射环境影响评估导则](#)，47CFR第1、2、15、24和97部分，联邦通信委员会，编辑。1996年：联邦注册。

<sup>114</sup> ITU-T。[ITU T K.52（01/2018）建议书](#)。遵守电磁场中人身暴露限值的导则。

## 6.4 射频暴露与儿童

成人和儿童对RF-EMF的吸收是否存在差异，是众多研究领域的问题之一。Schönborn等人（1998年）<sup>115</sup>、Kuster和Balzano（1992年）<sup>116</sup>、Hornbach等人（1996年）<sup>117</sup>和Meir等人（1997年）<sup>118</sup>的论文发现，成人和儿童对射频的吸收没有显著差异。Gandhi和Kang（2002年）<sup>119</sup>以及Bit-Babik（2005年）<sup>120</sup>报道了成人和儿童头部相似的SAR图形，这与Gandhi等人（1996年）<sup>121</sup>更早的研究显示的结果形成对比，而较早的结果是由于尺寸和颜色的不当缩放造成的。Foster和Chou（2014年）<sup>122</sup>还在审查了剂量测定法后得出结论：关于手机是否符合监管限值的问题，没有明确证据表明头部空间平均SAR峰值暴露有着与年龄相关的差异。

作为关注这一问题的卫生机构，美国食品和药物管理局（FDA）表示：“目前没有科学证据显示射频能量对包括儿童和青少年在内的所有手机用户造成危险。有一些适用于所有人，包括儿童和青少年，的减少射频暴露的简单步骤：

- 减少花在手机上的时间
- 使用扬声器模式、头戴式或耳塞式耳机来增加头部与手机之间的距离。”<sup>123</sup>

其他国家政府赞助的一些团体建议，不鼓励儿童使用手机打非必要的电话，或者根据2000年12月英国的Stewart报告提出的一项建议<sup>124</sup>，从根本上杜绝这类电话。一组独立专家在这份报告中指出，没有证据表明使用手机会导致脑瘤或其他不良影响。他们关于将儿童的手机使用仅限于拨打基本电话的建议，完全是一项预防措施，并非基于存在任何健康危害的科学证据。还值得一提的是，在提出这项建议时，英国不分工人和公众，一律采用相同的暴露限值，还建议采用ICNIRP导则作为预防措施<sup>125</sup>。

<sup>115</sup> Frank Schönborn等（1998年）。[成年人和儿童头部在近场源中能量吸收的差异](#)，《健康物理学》，第74卷，第160-168页，1998年。

<sup>116</sup> Niels Kuster和Q. Balzano（1992年）。[生物体在300 MHz以上偶极天线近场中的能量吸收机制](#)，《美国电气和电子工程师协会车辆技术学报》，第41卷，第1期，1992年2月。

<sup>117</sup> V. Hornbach等（1996年）。[900 MHz时电磁能量吸收对人体头部模型的依赖](#)，美国电气和电子工程师协会微波理论和技术学报，第44卷，第10期，1996年10月。

<sup>118</sup> Klaus Meier等（1997年）。[1800 MHz时电磁能量吸收对人头型的依赖](#)，美国电气和电子工程师协会微波理论和技术学报，第45卷，第11期，1997年11月。

<sup>119</sup> Om Gandhi和Gang Kang（2002年）。[835和1900 MHz移动电话SAR符合性测试中存在的一些问题和提出的实验模型](#)，Phys. Med. Biol. 47: 1501-18。

<sup>120</sup> G. Bit-Babik等（2005年）。[暴露于便携式通信设备射频能量的成人和儿童头部的暴露和SAR估计模拟](#)。辐射研究163: 580-90。

<sup>121</sup> Om. Gandhi等（1996年）。[人体头颈部对835和1900MHz移动电话的电磁吸收](#)，IEEE有关微波理论和技术交易。44: 1884-97。

<sup>122</sup> Kenneth Foster和Chung-Kwang Chou（2014年）。[儿童是否比成人更容易暴露于手机的射频能量](#)，IEEE接入第2卷，第1497-1509页。

<sup>123</sup> FDA. [青少年与手机](#)。

<sup>124</sup> 英国国家档案。移动电话独立专家组（IEGMP），William Stewart爵士任主席（2000年）。[移动电话与健康](#)。

<sup>125</sup> 见下议院贸易和工业特设委员会第十次报告第28段。

荷兰卫生理事会<sup>126</sup>也调查了这一问题，并得出结论：

“没有科学证据表明移动电话、基站天线或无线网络设备的电磁场暴露，会对大脑的发育和功能以及儿童的健康产生负面影响。”

ICNIRP在一份题为《非电离辐射与儿童健康》的出版物<sup>127</sup>中指出以下内容：“尽管已经发表了许多关于非电离辐射（NIR）对人体健康可能造成影响的研究报告，并举行了大量的科学会议，但关于这种影响的证据仍然不够确凿，这种情况在儿童健康方面尤为突出。”该出版物还指出：“近年来，许多流行病学和生物学的研究结果，成为设在日内瓦的世界卫生组织（WHO）、里昂国际癌症研究机构（IARC）和多个国家机构开展的健康风险评估和EMF癌症研究的主要信息来源。IARC和一些国家机构近期还评估了紫外线辐射和日光浴床的致癌性。

根据这些会议记录反映的情况，解决这一问题需要多门类科学，将医学、流行病学、生物学、电气和电信工程、计算物理和风险管理领域的专业知识融为一体。

本卷中的综述、研究论文和讨论，未发现新的证据说明儿童具有与健康相关的年龄别敏感性，但仍然存在一些犹如儿童白血病等方法上难以解决的不确定性问题。虽然有关紫外线辐射暴露不利影响的科学证据远为明确，而且人们公认过度和/或长期/重复暴露是导致皮肤癌和眼疾的重要风险因素之一，但仍需通过开展研究进一步阐明疾病机制，为特别针对年轻人的保护方法提供更坚实的依据。

这些会议记录应得到科学家的关注，有助于政府机构的政策制定和旨在填补知识空白的研究议程审议工作。”

这些结论与世卫组织的以下声明相一致：“目前的科学证据表明无需对使用移动电话采取任何特殊预防措施。如果个人感到担忧，他们可以选择通过限制通话时间或使用“免提”设备，使手机远离头部和身体来限制自身或孩子的射频暴露。”

世卫组织还指出：“过去二十年来进行了大量研究来评估移动电话是否有潜在的健康风险。迄今为止，尚未证实移动电话的使用对健康造成任何不良后果。”<sup>128</sup>

总之，有分量的科学证据无法证明，使用手机或无线设备会对健康产生任何不利影响。根据世卫组织向表示担忧的父母或个人提出的建议，通过减少设备的使用和通话时间或使用令设备远离头部和身体的“免提”功能的多种选择，限制自身或其孩子的暴露。

<sup>126</sup> 荷兰卫生委员会（2011年）。[射频电信信号对儿童大脑的影响](#)，海牙：荷兰卫生委员会，2011年；出版物编号2011/20E。ISBN 978-90-5549-859-8。

<sup>127</sup> ICNIRP。[非电离辐射（NIR）与儿童健康](#)。2011年5月18至20日在斯洛文尼亚卢布尔雅那举行的由COST/ICNIRP/WHO/EuroSkin组织并由INIS主办的国际联合研讨会记录，[生物物理学和分子生物学进展（107）3：311-482；2011年](#)。

<sup>128</sup> WHO。新闻室。概况介绍。[电磁场与公共卫生：手机](#)

## 第7章 – 案例研究

### 7.1 背景

电信/信通技术的快速发展使电磁场充斥环境，成为一些国家担心长期暴露可能对公共健康产生影响的原因之一。由于电子通信的迅速发展和射频电磁场（RF-EMF）源的激增，负责无线电通信/信通技术的运营商和政府机构提出了许多问题和投诉。

各国政府意识到有必要采取提供信息或回应公众关切的措施，并在采取行动的同时参照国际电联建议书或国家规定，以便通过多种做法限制RF-EMF暴露，旨在建立对移动塔架安全性和无害性的信心，并消除误传和误解，为共享信息和遵守RF-EMF暴露标准，营造一个透明和负责的生态系统。

一些国家正在根据ICNIRP导则设定限值，另一些国家则正在开展研究并采取额外的限制措施。

因此，多个国家已采取了限制人体暴露于RF-EMF的措施，并有效提高了不同利益攸关方的认知，使他们了解如何解决让政府、服务提供商和公众采用最佳做法的问题。

世卫组织和国际电联制定了RF-EMF风险沟通计划，重点在国家之间交流关于RF-EMF危害的各方面信息，包括制定标准、开展研究、定期总结研究成果、编写报告和举办研讨会。

在ITU-D第2研究组第7/2课题下开展工作的过程中收到并由ITU-T第5研究组付诸实施的各种文稿，使各国能够确定采取顾及到不同相关关切的作法。

### 7.2 国家举措

现将为有效考虑到与RF-EMF暴露相关的问题而共享的不同举措概括如下：

- 采用规定EMF暴露阈值和限值的法规；
- 开展EMF测量活动；
- 就即将采纳的做法开展提高认知活动；
- 采用政府与公众之间的沟通工具，向后者通报采取的行动并对关切作出回应；
- 研究RF-EMF的影响。



### 7.2.1 布隆迪案例<sup>129</sup>

布隆迪认识到，引入有利于电信发展的法律和监管框架，可确保人民获得更好的服务质量和生活条件。鼓励电信基础设施共享的政策，也有助于减少人类暴露于RF-EMF的影响。感知的电磁场风险是公众经常提出的问题。布隆迪电信管理和执行机构（ARCT）制定了指导方针，规定了运营商在为部署电信网络而建设基站时必须遵守的阈值和限值。

基础设施可通过确保将天线集中安装在完全符合相关标准的明确标识位置的塔架上，从而减少了基站的泛滥。因此，ARCT：

- 提高了运营商对为优化和降低成本而共享基础设施必要性的认识；
- 提高了公众对需要爱护运营商的设施，防止蓄意破坏和恶意损毁电信网络行为的认识；
- 对电信运营商设备开展技术和运营合规检查；
- 制定了电信基础设施共享导则。

### 7.2.2 中非共和国案例<sup>130</sup>

中非共和国有四家移动电话运营商（Telecel、Moov、Azur和Orange），主体运营商Socatel在固话领域占据垄断地位，电信/ICT部门的完全自由化导致基站数量在首都班吉及各省主要城市迅速增长。基站的无序发展引发民众对RF-EMF产生了一定的负面看法。面对这一问题，政府成立了国家辐射防护局（ANR），其任务是制定解决这一问题的政策和战略。

为了弥补这一不足，政府通过其电信监管机构ART采纳一系列法规，作为要求运营商采取基础设施共享安排的初步措施。遗憾的是，无论运营商对这些法规的落实工作，还是ART的执法工作都一直麻烦不断。

ART负责向运营商收取一定比例的营业额，旨在向受影响的民众提供帮助。不幸的是，由于运营商不愿意缴纳所需资金，该机构感到难以开展工作。

然而，正在采取一些措施包括：

- 提高运营商对为优化和降低成本而共享基础设施必要性的认识；
- 提高公众对需要爱护运营商的设施，防止蓄意破坏和恶意损毁电信网络行为的认识；
- 对电信运营商设备开展技术和运营合规检查；
- 制定电信基础设施共享导则；
- 购置RF-EMF监测所需的设备；

<sup>129</sup> 布隆迪提交的ITU-D SG2第2/42号文件

<sup>130</sup> 中非共和国提交的ITU-D SG2 [SG2RGQ/42\(Rev.1\)](#)号文件[法语]

- 设立一个有效受理消费者投诉的呼叫中心。

### 7.2.3 塞内加尔案例<sup>131</sup>

鉴于国际机构已开展的各种研究使塞内加尔意识到RF-EMF对公众的影响，塞内加尔正在通过其电信和邮政监管机构ARTP开展RF-EMF暴露的测量活动，采购了在其国家领土上控制和监测RF-EMF电平的设备，并开展了RF-EMF测量活动。

塞内加尔根据ITU-R《无线电频谱监测手册》、相关的ITU-T K系列建议书、ITU-D导则和ICNIRP导则提出的建议，在人口密集的城市地区开展RF-EMF测量活动。

根据该国现行的《电信规范》、国际准则以及国际电联、ICNIRP和类似机构的建议，运营商必须遵守某些与辐射限值、安全周界距离、设备安装和投用前测试、监管机构的测试审批以及向监管机构报告RF-EMF电平相关的要求。根据这一原则，监管机构向无线电设备进口商提供符合国际标准的证明。

活动结束后，公众将获得一份面向个人和法人团体的可靠的概要介绍。最后，将与所有移动电话运营商和私营独立网络运营商实施协商和协调战略，以确保对无线电设施的长期监测，并针对每种技术的可允许RF-EMF电平实施建议书和导则。

### 7.2.4 中国案例<sup>132</sup>

中国采用的环境电磁场限值不同于国际上有关基站电磁场的建议值，但移动设备的暴露限值和测量方法总体符合国际标准。中国的文稿对中国电磁场影响的研究做了如下总结：

- 中国所以采用不同于国际建议的环境EMF限值，一方面是因为以往的标准已被取代，另一方面是依据国家研究和风险评估的结果（基于未来技术）；
- 移动设备的暴露限值符合国际标准；
- 采用的测量方法总体符合国际标准；
- 趋势是向国际限值靠拢。

<sup>131</sup> 塞内加尔提交的ITU-D SG2 [SG2RGQ/50](#)号文件[法语]

<sup>132</sup> 中国提交的ITU-D SG2[SG2RGQ/68](#)号文件

## 7.3 最佳做法的总结

表9：最佳做法清单

活动	实施规划	国家
制定规则，设定操作人员在为部署电信网络建立基站时必须遵守的EMF阈值和限值	总体遵循ICNIRP导则	塞内加尔、布隆迪、印度、中非共和国、苏丹
	基于国家研究和风险评估的结果，采用不同于国际建议的环境EMF限值	中国、科特迪瓦
	公布法律以监测基站对人体健康和周边环境的影响	中国、塞内加尔、印度、喀麦隆、匈牙利、科特迪瓦
	设立负责评定和批准基站安装或重置的专门机构	中非共和国
设备EMF和SAR的测量活动	购置EMF监测所需设备	中国、塞内加尔、中非共和国、科特迪瓦、苏丹
	对无线电装置进行持续监控，以确保每种技术的可允许RF-EMF电平都得到遵守	中国、中非共和国、塞内加尔、布隆迪、科特迪瓦、苏丹
	SAR设备的验证	喀麦隆
开展对未来做法的认知活动	提高公众意识，以便更有效地解决RF-EMF问题	布隆迪、海地、印度
	提高公众意识，确保运营商的设施不被拆除	喀麦隆、中非共和国
信息传播	在政府部门网站上公布相关信息和测量结果	印度
	设立有效受理消费者投诉的呼叫中心	中非共和国
	安装可视通知，告知整个社区无线电台遵守RF-EMF人体暴露限值	哥伦比亚
关于电磁场辐射影响的研究	开展EMF辐射效应研究	中国、韩国



## Annexes

### Annex 1: List of contributions and liaison statements received on Question 7/2

#### Contributions on Question 7/2

Web	Received	Source	Title
<a href="#">2/411</a>	2021-03-02	Co-Rapporteurs for Question 7/2	Draft proposal for the future of Question 7/2
<a href="#">2/392 (Rev.1)</a>	2021-02-17	ATDI (France)	Draft Liaison Statement to ITU-T Q3/5, ITU-R WPs 1A, 1C, 5A, 5B and 6A
<a href="#">2/363</a>	2021-01-11	China, GSMA, ATDI (France)	Proposed revisions to the Final Report for Question 7/2 to WTDC-21
<a href="#">RGQ2/TD/23</a>	2020-10-08	Mobile & Wireless Forum	MWF comments to SG2RGQ/218(Rev.1)
<a href="#">RGQ2/TD/22</a>	2020-10-08	Mobile & Wireless Forum	MWF comments to SG2RGQ/209
<a href="#">RGQ2/TD/21</a>	2020-10-07	Co-Rapporteurs for Question 7/2	Working Document – Updated Draft Output Report for Question 7/2
<a href="#">RGQ2/TD/20</a>	2020-10-07	Co-Rapporteurs for Q7/2	Proposed liaison statement from ITU-D Study Group 2 Question 7/2 to ITU-T Q3/5, ITU-R Working Parties 1A, 1C, 4A, 5A, 5B, 5C, 5D, 6A, 7A and 7B on updates on new EMF limits
<a href="#">RGQ2/TD/19</a>	2020-09-30	GSMA	GSMA comments to SG2RGQ/229
<a href="#">RGQ2/TD/18</a>	2020-09-30	GSMA	GSMA proposed revisions to SG2RGQ/209
<a href="#">RGQ2/TD/17</a>	2020-09-30	GSMA	GSMA comments to terminology for electromagnetic fields and health
<a href="#">RGQ2/TD/16</a>	2020-09-30	GSMA	GSMA comments to Report for Question 7/2 to WTDC-2021: Revision of Chapters 1, 2, 3 and Annexes 1, 2, 3
<a href="#">RGQ2/246</a>	2020-09-04	ATDI (France)	Report for Q7/2 to WTDC-2021: Revision of Chapters 1, 2, 3 and Annexes 1, 2,3
<a href="#">RGQ2/229</a>	2020-08-18	Senegal	Chapter 7: Case studies and national practices based on contributions
<a href="#">RGQ2/218 (Rev.1)</a>	2020-07-31	Haiti	Terminology for electromagnetic fields and health

(continued)

Web	Received	Source	Title
<a href="#">RGQ2/209</a>	2020-06-11	China	Revisions to draft Chapter 4 of the Final Report for Question 7/2
<a href="#">2/324+Ann.1</a>	2020-02-07	BDT Focal Point for Question 7/2	Development of EMF Guidelines for the Arab region – update
<a href="#">2/292</a>	2020-01-09	Guinea	Strategy and methodology for assessing the level of exposure of the general public to non-ionizing radiation in the Republic of Guinea
<a href="#">2/289</a>	2020-01-08	ATDI (France)	Report for Q7/2 to WTDC-2021: Revision of Chapters 1, 2, 3 and Annex 2
<a href="#">2/288</a>	2020-01-08	Mobile & Wireless Forum, GSMA	Proposed revisions and updates to Draft Report of ITU-D Question 7/2
<a href="#">2/284</a>	2020-01-07	GSMA	Comments on RF-EMF exposure topics discussed at Question 7/2 meeting, October 2019
<a href="#">2/276</a>	2020-01-03	China	Overview of new “IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz”
<a href="#">2/275</a>	2020-01-09	Senegal	Chapter 7: Case studies and national practices based on contributions
<a href="#">2/271</a>	2019-12-31	Burundi	Legal framework for telecommunication infrastructure sharing as a way to reduce human exposure to electromagnetic emissions in Burundi
<a href="#">2/267</a>	2019-12-27	Central African Republic	Strategies and policies concerning human exposure to electromagnetic fields
<a href="#">2/255</a>	2019-12-16	Haiti	CONATEL strategies for protecting consumers against exposure to electromagnetic fields
<a href="#">2/253</a>	2019-12-16	Democratic Republic of the Congo	Strategies and policies concerning human exposure to electromagnetic fields
<a href="#">RGQ2/TD/15</a>	2019-10-17	Co-Rapporteurs for Question 7/2	Proposed text for outgoing liaison statement from ITU-D Study Group 2 Question 7/2 to ITU-T SG5 and ITU-R working parties
<a href="#">RGQ2/TD/11</a>	2019-10-02	Côte d'Ivoire	Periodic assessment of the level of exposure of people to Non-Ionizing Radiation (NIR) and risk reduction in Côte d' Ivoire
<a href="#">RGQ2/191</a>	2019-09-24	Hungary	10 years' experience in EMF exposure assessment technics, applied methods and strategies for the next 3 years at NMHH
<a href="#">RGQ2/181</a>	2019-09-23	China	Update of electromagnetic radiation environmental monitoring standards for mobile communication base stations in China

(continued)

Web	Received	Source	Title
<a href="#">RGQ2/180</a>	2019-09-23	China	Revisions to draft Chapter 4 of the Final Report for Question 7/2
<a href="#">RGQ2/177+Ann.1</a>	2019-09-20	BDT Focal Point for Question 7/2	Development of EMF guidelines for the Arab region
<a href="#">RGQ2/158</a>	2019-09-06	India	Multi-dimensional approach to mitigating EMF concerns in India
<a href="#">RGQ2/157</a>	2019-09-05	Co-Rapporteurs for Question 7/2	Draft consolidated report for Q7/2 to WTDC-21
<a href="#">RGQ2/142</a>	2019-08-14	ATDI (France)	Status of the Q7/2 Report to WTDC-21
<a href="#">RGQ2/140</a>	2019-08-12	Central African Republic	Strategies and policies concerning human exposure to the ionizing effects of electromagnetic fields
<a href="#">RGQ2/137</a>	2019-08-02	Cameroon	Strategies and policies concerning human exposure to electromagnetic fields: the case of Cameroon
<a href="#">RGQ2/133</a>	2019-07-28	Senegal	Chapter 7: Case studies and national practices based on contributions
<a href="#">RGQ2/123</a>	2019-07-09	Haiti	Electromagnetic wave awareness-raising campaign
<a href="#">2/TD/21</a>	2019-03-28	Co-Rapporteur for Question 7/2	Proposed liaison statement from ITU-D Study Group Q7/2 to ITU-T and ITU-R Study Groups on strategies and policies concerning human exposure to EMF
<a href="#">2/205</a>	2019-03-11	Mali	Stratégies et politiques concernant l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques : cas du Mali
<a href="#">2/163</a>	2019-02-06	Mobile & Wireless Forum	Contribution for Chapter 6 of the report: Modern Policies, Guidelines, Regulations and Assessments of Human Exposure to RF-EMF
<a href="#">2/160</a>	2019-03-11	China	Policies to limit exposure to radiofrequency fields
<a href="#">2/151</a>	2019-01-30	Central African Republic	Contribution by the Central African Republic to Question 7/2 on exposure to electromagnetic fields
<a href="#">2/150</a>	2019-01-29	Haiti	National EMF activities on exposure limits
<a href="#">2/147</a>	2019-01-28	ATDI (France)	Output Report on Question 7/2, Chapter 3: Updated international RF-EMF exposure limits
<a href="#">2/137</a>	2019-01-15	ATDI (France)	Output report of Question 7/2, revised "Chapter 2 - ITU activities"
<a href="#">RGQ2/TD/7</a>	2018-10-01	Russian Federation	ITU-D SG1 and SG2 coordination: Mapping of ITU-D Study Group 1 and 2 Questions

(continued)

Web	Received	Source	Title
<a href="#">RGQ2/82</a>	2018-09-18	Ghana	Ghana's Type Approval Regime - a sustainable approach to connecting and protecting users of telecommunications/ICTs and networks through conformance assessment
<a href="#">RGQ2/71</a>	2018-09-18	India	Tarang Sanchar: Department of Telecommunications (DoT) India new web portal to monitor radiation compliance by telecommunication service providers and generate awareness
<a href="#">RGQ2/68</a>	2018-09-17	China	Recent research activities and the update of EMF standards in China
<a href="#">RGQ2/50</a>	2018-09-03	Senegal	Campagne nationale de mesure de la densité des champs électromagnétiques et d'évaluation des rayonnements non-ionisants au Sénégal
<a href="#">RGQ2/45</a>	2018-08-27	ATDI (France)	Draft 7 <sup>th</sup> study period report on Question 7/2: chapters 1 and 2
<a href="#">RGQ2/42 (Rev.1)</a>	2018-08-24	Central African Republic	Stratégies et politiques concernant l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques
<a href="#">RGQ2/41 +Ann.1</a>	2018-08-22	BDT Focal Point for Question 7/2	Outcome report: EMF and 5G rollout Expert Meeting, Rome, November 2017
<a href="#">RGQ2/40 +Ann.1</a>	2018-08-22	BDT Focal Point for Questions 1/1, 1/2, 2/1 and 7/2	Regional Seminar for Europe and CIS on “5G Implementation in Europe and CIS: Strategies and Policies Enabling New Growth Opportunities” , Budapest, July 2018
<a href="#">RGQ2/20 +Ann.1</a>	2018-08-09	BDT Focal Point for Question 7/2	ITU activities on EMF
<a href="#">RGQ2/19 +Ann.1</a>	2018-08-08	Hungary	Report on the ITU-D Study Groups related Experts' Knowledge Exchange
<a href="#">RGQ2/18 +Ann.1</a>	2018-08-06	ATDI (France)	ITU inter-Sectoral response to the public consultation of the Draft ICNIRP Guidelines on limiting exposure (100 kHz to 300 GHz)
<a href="#">2/85 +Ann.1</a>	2018-04-23	BDT Focal Point for Question 7/2	Electromagnetic field level and 5G roll-out expert meeting
<a href="#">2/47</a>	2018-03-15	India	Mandating adoption of harmonized, electromagnetic fields/radiofrequency (EMF/RF) exposure limit across the nations based on the international guidelines
<a href="#">2/42</a>	2018-03-01	Burundi	Strategy for telecommunication infrastructure sharing as a way to reduce human exposure to electromagnetic emissions in Burundi
<a href="#">2/38</a>	2018-04-20	China, ATDI (France)	Proposed Table of Content for the Report of Question 7/2

(continued)

Web	Received	Source	Title
<a href="#">2/37</a>	2018-04-20	China, ATDI (France)	Proposed work plan (2018-2021) for Question 7/2

#### Incoming liaison statements for Question 7/2

Web	Received	Source	Title
<a href="#">2/364</a>	2020-12-09	ITU-R Working Party 1C	Liaison statement from ITU-R Working Party 1C to ITU Study Group Question 7/2 on revision of Report ITU-R SM.2452-0 on EMF measurements to assess human exposure
<a href="#">2/360</a>	2020-11-19	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T Study Group 5 to ITU-D SG2 Q7/2 on work being carried out under study in ITU-T Q3/5
<a href="#">2/354</a>	2020-10-14	ITU-R Working Party 6A	Liaison statement from ITU-R Working Party 6A to ITU-T Study Group 5 (copy to ITU-D SG2 Q7/2) on EMF exposure from bonded cellular devices
<a href="#">RGQ2/287</a>	2020-07-14	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T Study Group 5 to ITU-D SG2 Q7/2 on work being carried out in ITU-T SG5 on human exposure to EMF from ICTs
<a href="#">RGQ2/203</a>	2020-02-18	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG1 and SG2 on information on WTSa-20 preparation
<a href="#">RGQ2/TD/14+Ann.1</a>	2019-10-11	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG2 Q7/2 on work being carried out under study in ITU-T SG5 Q3/5
<a href="#">RGQ2/117</a>	2019-06-18	ITU-R study groups – Working Party 1C	Liaison statement from ITU-R WP 1C to ITU-D SG2 Q7/2 on electromagnetic field measurements to assess human exposure
<a href="#">RGQ2/115+Ann.1</a>	2019-06-14	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG2 Q4/2 and Q7/2 on work being carried out under study in ITU-T Study Group 5 Question 3/5
<a href="#">2/119+Ann.1</a>	2018-10-16	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG2 Q7/2 on collaboration in RF-EMF, EMC and particle radiation effects
<a href="#">RGQ2/TD/6+Ann.1</a>	2018-09-28	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG2 Q7/2 on ITU inter-Sectoral response to “ICNIRP Public Consultation of the Draft ICNIRP Guidelines on Limiting EMF Exposure (100 kHz to 300 GHz)”
<a href="#">RGQ2/TD/4</a>	2018-09-28	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG2 Q7/2 on work being carried out under study in ITU-T Q3/5 (reply to LS ITU-R WP1C, 1C/169-E (Annex 10) and ITU-D SG2, 2/116-E)

(continued)

Web	Received	Source	Title
<a href="#">RGQ2/7</a>	2018-06-29	ITU-R study groups – Working Party 1C	Liaison statement from ITU-R WP1C to ITU-D SG2 Q7/2 on the Preliminary Draft New Report ITU-R SM.[EMF-MON]
<a href="#">RGQ2/6+Ann.1</a>	2018-06-04	ITU-T Study Group 5	Liaison Statement from ITU-R SG5 to ITU-D SG2 Q7/2 on the work which is under study in ITU-T Question 3/5
<a href="#">2/34</a>	2017-11-29	ITU-T Study Group 5	Liaison Statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG2 Question 7/2 on information about work that is being carried out which is under study in ITU-T Q3/5
<a href="#">2/33</a>	2017-11-28	ITU-T Study Group 5	Liaison Statement from ITU-T SG5 to ITU-D study groups on setting environmental requirements for 5G/IMT-2020
<a href="#">2/27</a>	2017-11-24	ITU-T Study Group 5	Liaison Statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG2 Question 7/2 on information about work being carried out under study in ITU-T Q3/5
<a href="#">2/26</a>	2017-11-24	ITU-T Study Group 5	Liaison Statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG2 Question 6/2 and Question 7/2 on Operational Plan for Implementation of WTS-16 Resolutions 72 and 73 (Hammamet, 2016), and Resolution 79 (Dubai, 2012)
<a href="#">2/22</a>	2017-11-24	ITU-R study groups - Working Party 1C	Liaison Statement from ITU-R Working Party 7C to ITU-D Study Group 2 Q7/2 on a preliminary draft new Report ITU-R SM.[EMF-MON]
<a href="#">2/8</a>	2017-11-22	ITU-T Study Group 5	Liaison Statement from ITU-T SG5 to ITU-D study groups on ITU-T Study Group 5 lead study group activities

**国际电信联盟 (ITU)  
电信发展局 (BDT)  
主任办公室**

Place des Nations  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

电子邮件: [bdtdirector@itu.int](mailto:bdtdirector@itu.int)  
电话: +41 22 730 5035/5435  
传真: +41 22 730 5484

**数字网络和社会部 (DNS)**

电子邮件: [bdt-dns@itu.int](mailto:bdt-dns@itu.int)  
电话: +41 22 730 5421  
传真: +41 22 730 5484

**非洲**

**埃塞俄比亚**

**国际电联  
地区代表处**  
Gambia Road  
Leghar Ethio Telecom Bldg, 3<sup>rd</sup> floor  
P.O. Box 60 005  
Addis Ababa  
Ethiopia

电子邮件: [itu-ro-africa@itu.int](mailto:itu-ro-africa@itu.int)  
电话: +251 11 551 4977  
电话: +251 11 551 4855  
电话: +251 11 551 8328  
传真: +251 11 551 7299

**美洲**

**巴西**

**国际电联  
地区代表处**  
SAUS Quadra 6 Ed. Luis Eduardo  
Magalhães,  
Bloco "E", 10<sup>o</sup> andar, Ala Sul  
(Anatel)  
CEP 70070-940 Brasília - DF  
Brazil

电子邮件: [itubrasilia@itu.int](mailto:itubrasilia@itu.int)  
电话: +55 61 2312 2730-1  
电话: +55 61 2312 2733-5  
传真: +55 61 2312 2738

**阿拉伯国家**

**埃及**

**国际电联  
地区代表处**  
Smart Village, Building B 147,  
3<sup>rd</sup> floor  
Km 28 Cairo  
Alexandria Desert Road  
Giza Governorate  
Cairo  
Egypt

电子邮件: [itu-ro-arabstates@itu.int](mailto:itu-ro-arabstates@itu.int)  
电话: +202 3537 1777  
传真: +202 3537 1888

**欧洲**

**瑞士**

**国际电联  
欧洲处**

Place des Nations  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

电子邮件: [euregion@itu.int](mailto:euregion@itu.int)  
电话: +41 22 730 5467  
传真: +41 22 730 5484

**副主任兼行政和运营  
协调部负责人 (DDR)**

Place des Nations  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

电子邮件: [bdtdeputydir@itu.int](mailto:bdtdeputydir@itu.int)  
电话: +41 22 730 5131  
传真: +41 22 730 5484

**数字化发展合作伙伴部 (PDD)**

电子邮件: [bdt-pdd@itu.int](mailto:bdt-pdd@itu.int)  
电话: +41 22 730 5447  
传真: +41 22 730 5484

**数字知识中心部 (DKH)**

电子邮件: [bdt-dkh@itu.int](mailto:bdt-dkh@itu.int)  
电话: +41 22 730 5900  
传真: +41 22 730 5484

**喀麦隆**

**国际电联  
地区办事处**  
Immeuble CAMPOST, 3<sup>e</sup> étage  
Boulevard du 20 mai  
Boîte postale 11017  
Yaoundé  
Cameroon

电子邮件: [itu-yaounde@itu.int](mailto:itu-yaounde@itu.int)  
电话: +237 22 22 9292  
电话: +237 22 22 9291  
传真: +237 22 22 9297

**巴巴多斯**

**国际电联  
地区办事处**  
United Nations House  
Marine Gardens  
Hastings, Christ Church  
P.O. Box 1047  
Bridgetown  
Barbados

电子邮件: [itubridgetown@itu.int](mailto:itubridgetown@itu.int)  
电话: +1 246 431 0343  
传真: +1 246 437 7403

**亚太**

**泰国**

**国际电联  
区域代表处**  
Thailand Post Training Center  
5<sup>th</sup> floor  
111 Chaengwattana Road  
Laksi  
Bangkok 10210  
Thailand

邮寄地址:  
P.O. Box 178, Laksi Post Office  
Laksi, Bangkok 10210, Thailand

电子邮件: [ituasiapacificregion@itu.int](mailto:ituasiapacificregion@itu.int)  
电话: +66 2 575 0055  
传真: +66 2 575 3507

**塞内加尔**

**国际电联  
地区办事处**  
8, Route des Almadies  
Immeuble Rokhaya, 3<sup>e</sup> étage  
Boîte postale 29471  
Dakar - Yoff  
Senegal

电子邮件: [itu-dakar@itu.int](mailto:itu-dakar@itu.int)  
电话: +221 33 859 7010  
电话: +221 33 859 7021  
传真: +221 33 868 6386

**智利**

**国际电联  
地区办事处**  
Merced 753, Piso 4  
Santiago de Chile  
Chile

电子邮件: [itusantiago@itu.int](mailto:itusantiago@itu.int)  
电话: +56 2 632 6134/6147  
传真: +56 2 632 6154

**印度尼西亚**

**国际电联  
地区办事处**  
Sapta Pesona Building  
13<sup>th</sup> floor  
Jl. Merdan Merdeka Barat No. 17  
Jakarta 10110  
Indonesia

邮寄地址:  
c/o UNDP - P.O. Box 2338  
Jakarta 10110, Indonesia

电子邮件: [ituasiapacificregion@itu.int](mailto:ituasiapacificregion@itu.int)  
电话: +62 21 381 3572  
电话: +62 21 380 2322/2324  
传真: +62 21 389 5521

**津巴布韦**

**国际电联  
地区办事处**  
TelOne Centre for Learning  
Corner Samora Machel and  
Hampton Road  
P.O. Box BE 792  
Belvedere Harare  
Zimbabwe

电子邮件: [itu-harare@itu.int](mailto:itu-harare@itu.int)  
电话: +263 4 77 5939  
电话: +263 4 77 5941  
传真: +263 4 77 1257

**洪都拉斯**

**国际电联  
地区办事处**  
Colonia Altos de Miramontes  
Calle principal, Edificio No. 1583  
Frente a Santos y Cia  
Apartado Postal 976  
Tegucigalpa  
Honduras

电子邮件: [itutegucigalpa@itu.int](mailto:itutegucigalpa@itu.int)  
电话: +504 2235 5470  
传真: +504 2235 5471

**独联体国家**

**俄罗斯联邦**

**国际电联  
区域代表处**  
4, Building 1  
Sergiy Radonezhsky Str.  
Moscow 105120  
Russian Federation

电子邮件: [itumoscow@itu.int](mailto:itumoscow@itu.int)  
电话: +7 495 926 6070



国际电信联盟  
电信发展局

Place des Nations  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

ISBN 978-92-61-34225-8



瑞士出版  
2021年,日内瓦

图片来源: Shutterstock