

ITU-D第6/2号课题输出成果报告

利用ICT改善环境

2022-2025年研究期



ITU-D第6/2号课题输出成果报告

利用ICT改善环境

2022-2025年研究期



利用ICT改善环境：ITU-D第6/2号课题2022-2025年研究期输出成果报告

ISBN 978-92-61-41145-9（电子版）

ISBN 978-92-61-41155-8（EPUB版）

© 国际电信联盟 2025

International Telecommunication Union, Place des Nations, CH-1211 Geneva, Switzerland

保留部分权利。本作品采用知识共享署名 – 非商业性使用 – 相同方式共享3.0 IGO许可证（CC BY-NC-SA 3.0 IGO）向公众授权。

根据本许可条款，您可以出于非商业目的复制、重新分发和改编本作品，但前提是按如下所示对作品进行适当的引用。使用本作品时，不得暗示国际电联认可任何特定组织、产品或服务。未经授权，不得使用国际电联的名称或标识。如果您改编本作品，则必须根据相同或等效的知识共享许可协议授权您的作品。如果您翻译本作品，则应在建议的引用之外添加以下免责声明：“本译文并非由国际电信联盟（国际电联）创作。国际电联对本译文的内容或准确性不承担任何责任。原英文版应为具有约束力的正式版本”。更多信息，请访问：

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

建议引用内容。利用ICT改善环境：ITU-D第6/2号课题2022-2025年研究期输出成果报告。日内瓦：国际电信联盟，2025年。许可：CC BY-NC-SA 3.0 IGO。

第三方资料。如果您希望重复使用本作品中归属于第三方的材料，例如表格、图表或图像，您有责任确定是否需要获得许可，并获得版权所有者的许可。因侵犯作品中任何第三方拥有的内容而导致的索赔风险完全由用户承担。

一般免责声明。本出版物中采用的名称和材料的呈现方式并不代表国际电信联盟（ITU）或国际电联秘书处对任何国家、领土、城市或地区或其当局的法律地位、或其边界划定的任何意见。

提及特定公司或某些制造商的产品并不意味着国际电联赞同或推荐这些公司或这些产品，而非其它未提及的同类公司或产品。除错误和遗漏外；专有产品的名称以首字母大写区分。

国际电联已采取一切合理的谨慎措施来核实本出版物中包含的信息。但是，所发布材料的分发没有任何明示或暗示的保证。资料的解释和使用责任由读者自负。

本出版物中表达的意见、调查结果和结论不一定反映国际电联或其成员的观点。

封面图片来源：Adobe Stock

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在此汇聚一堂，开发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的基础上编写报告、导则和建议。研究课题每四年由世界电信发展大会（WTDC）确定。国际电联成员于2022年6月在基加利举行的WTDC-22上商定，在2022-2025年期间，第2研究组将在数字化转型的总体范围内处理七项课题。

本报告是针对第6/2号课题：**利用ICT改善环境**，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Fadel Digham先生（阿拉伯埃及共和国）领导，并得到以下副主席的支持：Abdelaziz Alzarooni先生（阿拉伯联合酋长国）、Zainab Ardo女士（尼日利亚联邦共和国）、Javokhir Aripov先生（乌兹别克斯坦共和国）、Carmen-Mădălina Clapon女士（罗马尼亚）、Mushfig Guluyev先生（阿塞拜疆共和国）、Hideo Imanaka先生（日本）、Mina Seonmin Jun女士（大韩民国）、Mohamed Lamine Minthe先生（几内亚共和国）、Víctor Antonio Martínez Sánchez先生（巴拉圭共和国）、Alina Modan女士（罗马尼亚）¹、Diyor Rajabov先生（乌兹别克斯坦共和国）¹、巫彤宁先生（中华人民共和国）和Dominique Würges先生（法国）。

本报告由第6/2号课题报告人Aprajita Sharrma女士（印度共和国）牵头，并与以下副报告人协作撰写：Apollinaire Bigirimana先生（布隆迪共和国）、Issa Camara先生（马里共和国）、Jean-Manuel Canet先生（Orange）、Gregory Domond先生（海地共和国）¹、Gnakri Isabelle Sonia Gnabro Epouse Kakou女士（科特迪瓦共和国）、Sang-hun Lee先生（大韩民国）、李尚先生（中华人民共和国）、Thomas Wambua Luti先生（肯尼亚共和国），Ethan Mudavanhu先生（Access Partnership Limited）、Julia Nietsch女士（法国）¹和Yasumitsu Tomioka先生（日本）。

特别感谢各位章节作者的奉献、支持和专业知识。

本报告是在ITU-D第6/2号课题联系人、编辑、出版物制作团队和ITU-D第2研究组秘书处的支持下编写的。

¹ 在本研究期内卸任。

目录

鸣谢	iii
内容提要	vii
缩写词和首字母缩略语	viii
第1章 – 电信/ICT无障碍获取政策和监管框架	1
1.1 气候变化	1
1.2 电子废弃物	2
第2章 – 赋能新技术应对气候变化	4
2.1 大数据及其在气候变化适应和预测中的相关性	4
2.1.1 地球观测数据：气候洞察的基础	4
2.1.2 可能性：电信/ICT赋能数据收集和分析	5
2.1.3 电信：数据收集和传播的支柱	5
2.1.4 气候大数据的挑战和未来方向	6
2.1.5 全球环境数据战略	7
2.2 电信/ICT是制定减缓气候变化有害影响解决方案的基础	7
2.2.1 使用高级分析的益处	7
2.3 地球观测是适应气候变化的工具	9
2.3.1 地球观测技术的发展和进步	9
2.3.2 通过地球观测组织的举措，发挥ICT在提升地球观测能力方面的作用	9
2.3.3 案例研究：印度对地球观测的实际应用	10
第3章 – 气候变化挑战和案例研究	12
3.1 实现气候变化减缓和适应的新技术与案例研究	12
3.2 利用地球观测进行灾害管理的良好做法和案例研究	12
3.3 新兴经济体对抗气候变化有害影响面临的挑战	14
3.4 将“绿色”纳入国家ICT政策	15
3.4.1 亟需绿色ICT政策	15
3.4.2 将绿色原则纳入国家ICT政策	16
3.5 将ICT纳入国家气候承诺	17

第4章 – 减缓气候变化影响的可比性导则	20
4.1 政策和导则	21
4.2 制定气候变化评估与减缓导则	22
4.3 新兴技术的作用以及在气候变化适应和减缓中的应用	23
第5章 – 电子废弃物挑战	25
5.1 电子废弃物管理的区域需求概述	25
5.2 提高可持续性意识	25
5.3 忽视作为危险物质的电子废弃物所产生的环境和健康后果	26
5.4 电子废弃物的识别、相关性和对全球经济的影响	27
第6章 – 为应对电子废弃物处理和程序挑战采取的行动	30
6.1 减少和再利用电子废弃物的方法和途径	32
6.2 减少电子废弃物产生的消费者行动	34
6.3 将电子废弃物纳入国家循环经济行动计划	35
6.4 将ICT纳入国家循环经济行动计划	36
第7章 – 前进方向与结论	38
7.1 气候变化	38
7.2 电子废弃物	39
Annex 1 – List of contributions and liaison statements received on Question 6/2	41

图目录

图

图1：一系列大数据来源.....6

图2：开放获取地球观测数据，弥合数字鸿沟14

图3：国家自主贡献中提及的技术方面18

图4：数字环境可持续发展联盟.....21

内容提要

ITU-D第6/2号课题最后报告（2022-2025年）探讨了信息通信技术（ICT）在推动环境可持续发展方面的作用，重点关注气候变化的缓解和适应以及电子废弃物（e-waste）管理。气温和海平面的上升以及极地冰层的退化凸显了采取行动的紧迫性。人类活动引起的排放极大地加剧了全球变暖，推动《巴黎协定》将限制气温上升和减排作为目标。在这些工作中，ICT具有至关重要的作用，它有助于数据收集、分析和传播，可以增强我们对气候系统的了解并支持战略干预措施的实施。地球观测、大数据分析和物联网（IoT）等技术可以提供对环境变化的实时洞察，从而实现准确预测和知情决策。

电子废弃物的快速增长对环境和健康提出了严峻挑战。电子设备的激增导致电子废弃物增加，如果管理不当，这些废弃物会向环境释放有害物质。报告强调了电子废弃物可持续管理做法的重要性，以及ICT在促进循环经济和减少电子废弃物环境影响方面可以发挥的作用。

本报告是向利益攸关方提供的综合资源，汲取了全球经验、做法、国际电联成员的文稿、案例研究和讲习班的成果。它强调了ICT在通过创新解决方案支持环境可持续发展方面发挥的关键作用。具体而言，本报告：

- 探讨了ICT，特别是大数据在气候适应和预测方面的变革潜力。ICT可推动使用高级分析，包括人工智能（AI），为针对性气候复原力战略提供支撑，同时地球观测数据可提供基础洞察；
- 介绍说明了各国成功应用ICT缓解和适应气候变化的案例研究，强调灾害管理的良好做法并将ICT纳入国家气候承诺；
- 为将ICT与可持续性目标相结合提供了导则，并探讨了数字化转型和绿色转型。它强调要采取政策和监管措施，平衡ICT对环境的影响并推广节能技术；
- 讨论了应对电子废弃物管理挑战的办法，特别关注区域需求和可持续做法。它着重指出了不受管理的电子废弃物对环境和健康的影响，倡导实现非正规部门的正规化，并促进循环经济发展；
- 概述了各国处理电子废弃物的行动和案例研究，强调要修订政策和采取绿色技术。呼吁提高消费者意识并将电子废弃物管理纳入国家计划；
- 为在气候行动和电子废弃物管理中利用ICT提供了战略性建议。它倡导加强可持续技术合作和投资。ICT对培育环境复原力和可持续性具有核心作用。

缩写词和首字母缩略语

缩写词	术语
5G	第五代移动通信技术 ²
AI	人工智能
BDT	电信发展局
CO2	二氧化碳
CODES	数字环境可持续发展联盟
EEE	电气电子设备
EO	地球观测
EPR	生产者延伸责任
ERAS	欧洲第五代再分析
EU	欧洲联盟
GEDS	全球环境数据战略
GEM	《全球电子废弃物监测报告》
GEO	地球观测组织
GHG	温室气体
GIZ	德国国际合作机构
ICT	信息通信技术（复数ICTs）
ILO	国际劳工组织
IoT	物联网
IPCC	政府间气候变化专门委员会
ISRO	印度空间研究组织
ITU	国际电信联盟
ITU-D	国际电联电信发展部门
ITU-R	国际电联无线电通信部门
ITU-T	国际电联电信标准化部门

² 虽然本文件谨慎地正确使用和引用各代IMT的官方定义（见[ITU-R第56号决议](#)“国际移动通信的命名”），但本文件的某些部分包含了成员提供的材料，其中引用了市场常用名称“xG”。由于成员的基本标准未公开，该材料未必能与具体某一代IMT直接对应，但总的来说，IMT-2000、IMT-Advanced、IMT-2020和IMT-2030分别被称为3G/4G/5G/6G。

(续)

缩写词	术语
ML	机器学习
Mt	公吨
NASA	美国国家航空航天局
NDCs	国家自主贡献
OECD	经济合作与发展组织
R&D	研究和开发
SDGs	可持续发展目标
UN	联合国
UNDP	联合国开发计划署
UNEA	联合国环境大会
UNEP	联合国环境规划署
UNFCCC	《联合国气候变化框架公约》
UNITAR	联合国训练研究所
WEEE	废弃的电气和电子设备
WHO	世界卫生组织
WIPO	世界知识产权组织
WMO	世界气象组织

第1章 – 电信/ICT无障碍获取政策和监管框架

1.1 气候变化

根据世界气象组织（WMO）《2024年全球气候状况报告》，³全球平均近地表温度比1850-1900年间的平均温度高出 $1.55 \pm 0.13^{\circ}\text{C}$ ，比工业化前时代高出 1.5°C 。今年是175年观测记录以来最热的一年。大气中的二氧化碳（ CO_2 ）浓度达到了80万年来的最高水平。过去十年，全球年平均气温连年突破纪录，每年都成为有观测记录以来最暖的一年。在过去八年里，海洋热含量逐年增加。北极的海冰范围在过去18年创下了有记录以来的最低值，南极的冰层范围在过去三年也为最低。这三年还是有记录以来冰川质量损失最大的三年。这份综合报告突出了全球变暖和极地冰川质量持续退化这些令人不安的趋势。

根据政府间气候变化专门委员会（IPCC）2021年第六次评估报告⁴，自19世纪末以来，人类活动引起的排放已导致地球变暖约 1.1°C 。未来几年，全球气温预计将上升 1.5°C 或更多，或成为引起环境和社会严重问题的转折点。海平面在上升，海冰在融化，热浪在变得更加频繁和严重，专家一直以来预测的一切均会发生。

气候变化对人类生命和我们星球的福祉构成了严峻威胁，而且只会继续恶化。任何进一步的行动拖延都只会让情况变得更糟，且更难保证未来适合所有人居住。有必要立即采取协调行动，减轻气候变化的影响，为子孙后代拯救地球。采取重大全球行动的机会之窗正在迅速关闭。

燃烧化石燃料会释放温室气体，这是导致全球变暖的主要人类活动。其影响表现为过去20年间极端天气事件发生得更加频繁，如热浪、洪水、永久冻土和冰川融化导致海平面上升、农作物歉收导致粮食短缺和生计丧失等。⁵

将当前全球气温与工业化前水平进行比较，可以突显出变暖程度。2015年通过的关于气候变化的《巴黎协定》旨在将全球气温上升限制在工业化前水平以上 2°C 以内，力争不超过 1.5°C ，到2030年将全球温室气体排放量减少一半，并且在2050年前实现净零排放。减少排放需要利用低碳资源发电，并采用使能技术减少全球能源消耗、二氧化碳污染的影响和资源的低效使用。⁶

2023年的夏季是有史以来最热的夏季，温度比此前美国国家航空航天局（NASA）记录的任何夏季都高 0.23°C ，比1951年至1980年间的夏季平均气温高 1.2°C 。

ICT行业产生的碳排放估计占全球碳排放的1.5%到4%，世界银行估计至少为1.7%。

³ <https://wmo.int/zh-hans/news/media-centre/wmobaogaojilulechixujiajudetianqiyuqiyouyingxiang>

⁴ <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

⁵ <https://wmo.int/news/media-centre/eight-warmest-years-record-witness-uptake-climate-change-impacts>

⁶ <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/6be73f14-f899-4a6d-a26e-56d98393acf3>

在用户设备方面，约一半的排放与其使用有关，另一半与剩余使用寿命有关。ICT足迹预计将呈线性增长，但未来，物联网将对这一增长速度产生影响。

有三大气候行动支柱对我们星球的存续起关键作用：

- 减缓，指通过人为干预减少温室气体源或增加温室气体汇；
- 适应，指对实际或预期的气候及其影响进行调整的过程。和
- 复原力，指应对气候变化影响的能力。⁷

随着气候变化带来日益紧迫的挑战，对ICT促进环境可持续性的需求从未如此强烈。大数据，特别是通过地球观测（EO）技术获得的数据，已成为重要工具。机器学习（ML）和人工智能（AI）等高级分析技术的应用对于从海量数据集中获取洞察至关重要，有助于形成更有针对性、有效的气候复原力战略。然而，要充分利用大数据的潜力，需要解决数据质量、隐私和数字鸿沟等挑战。由高级分析技术促成的自动化可以通过改进气候模型、指导改进灾害管理方法、减少排放和优化能源消耗来帮助对抗气候变化。例如，通过使用预测算法，各种形式的自动化可提高建筑和交通运输的能源效率并降低碳足迹。新的自动化形式也在用于管理农业经营和追踪森林退化，促进可持续发展，同时也在帮助谷歌和微软等企业降低数据中心的能源使用。⁸

在所有为实现2030年气候目标做出的贡献中，这些技术预计将占约24%，仅人工智能就有望在未来三至五年内将温室气体排放量减少16%，将能源效率提高15%。制定绿色ICT政策和国际标准对于推动可持续的数字化转型至关重要。最终，面对气候和环境相关风险，数字解决方案将利用电信/ICT基础设施等关键部门的数据驱动方法，帮助减少各行业对环境的影响，并增强气候复原力。

利用人工智能和机器学习等尖端技术分析地球观测数据，我们可以扩展人类理解和应对气候相关问题的能力。这一技术进步不仅加深了我们对气候模式的理解，还为社区、企业和政策制定者赋能，增强抵御气候影响的能力。

另一方面，电子废弃物激增持续带来诸多挑战。在我们继续努力实现普遍和有意义的连接的同时，这种激增将导致挑战不断加剧，使制定解决方案变得越来越紧迫。

1.2 电子废弃物

“电子废弃物”，亦称为“废弃的电气和电子设备”（WEEE），⁹是指多种零部件和设备的废弃残留物：电池充电器、音响系统、手机、计算机、冰箱、电视、显示器、印刷电路板、电视机、电源装置、荧光灯、烟雾探测器等。达到使用寿命的设备激增，使电子废弃物成为一个严重问题。被丢弃的电子废弃物意味着珍贵零部件形式的经济损失。如果处理不当，还会对环境和人类健康造成危害。因此，迫切需要可持续的回收和处置方法。

⁷ <https://www.somersetwildlife.org/blog/steve-mewes/mitigation-adaptation-and-resilience>

⁸ <https://www.microsoft.com/zh-cn/sustainability/emissions-impact-dashboard>

⁹ <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>

根据国际电联和联合国训研所（UNITAR）发布的《2024年全球电子废弃物监测报告》¹⁰，2022年产生的全球电子废弃物达到了创纪录的6 200万公吨（Mt），较2010年增长82%，预计到2030年将达到8 200万公吨。然而，2022年，仅22.3%的电子废弃物得到恰当的收集和回收，价值620亿美元可重复利用的零部件下落不明。贵金属（如金、银、铜和铂）大量损失，其价值超过了许多国家的GDP，也增加了污染危险。全球范围内产生的电子废弃物每年增加260万公吨，预计到2030年将超过8 200万公吨，比2022年的水平再增加33%。亚太地区产生的电子废弃物数量最多（2 490万公吨），其次是美洲（1 310万公吨）、欧洲（1 200万公吨）和非洲（290万公吨）。

电子废弃物通过实际接触和吸入有害气体、接触有毒和受污染的食品和水，以及毒素从废弃产品中渗入土壤和水，给人类和其他动物带来潜在的环境和健康风险。电子废弃物在土壤、水、空气和其他自然资源中累积，可能会进入食物链并产生在人体内缓慢代谢的有毒副产品，产生长期负面影响。儿童和年轻人尤其易受影响。¹¹电气和电子设备（EEE）具有保质期短、维修方案有限且昂贵的特点，越来越多的使用使电子废弃物成为世界上最大的环境危害。

我们必须重新审视电子废弃物对环境的影响，以及市场压力未来可能对这种关系产生的影响。为了最大限度地减少有限自然资源的消耗，我们迫切需要开展研究与开发工作（研发）。

据估计，2022年产生的6 200万公吨电子废弃物中有1 400万公吨（22.3%）被丢弃，其中大部分最终进入垃圾填埋场。这些废弃物包括约3 100万公吨金属、1 700万公吨塑料和1 400万公吨其他商品，如矿物、玻璃和复合材料。仅这些金属的价值就估计达到910亿美元，其中包括190亿美元的铜、150亿美元的黄金和160亿美元的铁。通过回收电子废弃物，该年减少了9 300万公吨二氧化碳排放当量，其中5 200万公吨来自避免的金属开采，4 100万公吨来自回收制冷剂，并帮助避免了9亿公吨原生矿石的开采。

¹⁰ <https://unitar.org/about/news-stories/press/global-e-waste-monitor-2024-electronic-waste-rising-five-times-faster-documented-e-waste-recycling>

¹¹ <https://ceh.unicef.org/spotlight-risk/e-waste>

第2章 – 赋能新技术应对气候变化

2.1 大数据及其在气候变化适应和预测中的相关性

本章讨论了电信/ICT在赋能新技术和大数据减缓气候变化、增强适应性和改进预测方面的作用。

随着气候变化带来前所未有的挑战，迫切需要具有可操作性的数据。大数据的出现，特别是通过地球观测技术，彻底变革了我们对气候系统的理解。卫星图像、遥感和物联网网络提供了对温度变化、海平面上升和极端天气事件的实时洞察。

从收集数据到接下来利用高级分析（包括机器学习和人工智能）发挥关键作用，从这些庞大的数据集中提取洞察，制定有针对性的气候复原力战略，电信/ICT提供了行动基础。然而，要充分利用这种潜力，必须解决数据质量和数字鸿沟等挑战。

由联合国环境规划署（环境署）领导的全球环境数据战略（GEDS）旨在利用大数据有效应对环境挑战。通过加强数据治理、提高无障碍获取性和成员国的能力建设，GEDS力求创建一个全面的环境数据管理框架，注重数据质量和互操作性。

2.1.1 地球观测数据：气候洞察的基础

地球观测数据已成为气候变化研究和预测模型的基石，为科学家提供了前所未有的地球动态气候系统视角。地球观测组织（GEO）是一个政府间伙伴关系，在协调和整合不同来源的大量数据方面发挥着关键作用。¹²

卫星图像和遥感技术处于这场数据革命的前沿。这些先进系统捕捉了有关我们星球气候的大量信息，包括陆地和海洋的温度变化、海平面上升、冰盖和冰川融化、森林退化、土地利用变化和大气成分等。

这种连续的数据流使科学家能够实时监测气候变化，并以出色的精度探测长期趋势。例如，来自NASA和美国国家环境信息中心等来源的地球观测大数据提供了对当前气候状况的重要洞察，并有助于预测未来的变化。

这一数据与人工智能和机器学习等先进处理技术的结合，正在以前所未有的速度将原始地球观测数据转化为可操作的气候情报。这种技术协同不仅增强了我们对气候动力学的理解，而且还为社区、企业和政策制定者赋能，增强应对气候变化影响的复原力。

¹² Sara Venturini，地球观测组织（GEO）。“[GEO促进气候行动](#)”。关于绿色ICT和新兴技术促进减缓气候变化的ITU-D讲习班，日内瓦，2023年5月29日。

2.1.2 可能性：电信/ICT赋能数据收集和分析

地球观测数据的指数式增长开启了气候研究和预测的新时代，其中，大数据分析，尤其是机器学习和人工智能，在从海量数据集中提取有意义的洞察方面发挥着关键作用。¹³

这些高级分析技术正在转变我们理解和应对气候变化的能力。通过将机器学习算法应用于广泛的地球观测数据集，研究人员能够识别以前无法探测到的气候系统复杂模式。这种增强型模式识别实现了更准确的未来气候情景预测，使政策制定者和科学家能够制定更有效的气候变化减缓和适应战略。

电信/ICT在气候科学中最有前景的应用之一是开发极端天气事件早期预警系统。这些系统不仅可以在面临灾害时拯救生命，还可以收集所需的数据，对历史数据进行分析 and 开展实时观测。从而可以前所未有的准确性和提前时间预测飓风、洪水和热浪等事件发生的可能性与严重程度。

举例而言，得益于电信/ICT，先进模型现能够分析历史洪水数据，对未来的洪水风险做出更加精确的预测。这种能力使主管当局能够实施有针对性的防洪措施，可能会挽救生命并减少经济损失。

此外，机器学习算法正在通过处理大量有关当地条件、基础设施和社会经济因素的数据优化气候适应战略。由此，可以量身定制适应计划，比一刀切的方式更有效且资源使用效率更高。

这种交叉应用表明，实现普遍和有意义的连接以及可持续数字化转型具有重要意义和潜力。借助电信/ICT促成的环境数据收集能力，各国政府和研究人员能够加强社会在面对气候灾害和风险时的复原力。

2.1.3 电信：数据收集和传播的支柱

物联网（IoT）设备和传感器网络等电信/ICT正在变革我们收集气候数据的方式，创建数据收集点密集网络，提供高粒度、实时信息来补充卫星观测。

网络包括多种传感器，如气象站、海洋浮标、空气质量监测仪和土壤湿度传感器。这些设备中的每一个都为我们星球的气候系统全面图景做出了贡献，提供了以往无法获得的洞察。

物联网驱动的数据收集方法帮助气候监测实现了前所未有的空间和时间分辨率。例如，互连气象站网络能够每分钟更新一次当地状况，而海洋浮标则可以从偏远位置传输有关海洋温度和洋流的重要数据。

¹³ 不过，人工智能和机器学习的碳足迹存在特定限制。这些将在下一节稍后探讨。

图1：一系列大数据来源



来源：联合国环境署¹⁴

2.1.4 气候大数据的挑战和未来方向

尽管大数据为气候变化适应和预测提供了巨大潜力，但要充分利用其力量，必须解决多项重大挑战。确保数据质量和可靠性至关重要，因为不准确或不一致的数据可能导致错误预测和误导性政策。

要保障公平获取气候信息，弥合数字鸿沟是关键。许多地区，特别是在发展中国家，缺乏充分参与和受益于大数据举措的基础设施和资源。这一差距可能加剧气候变化准备和应对方面现有的不平等。

此外，解读和对大数据洞察采取行动需要结合气候科学、数据分析和政策制定的跨学科专业知识。在全球范围内开发这种专业知识对于将数据转化为有效行动至关重要。

随着我们继续前进，应对这些挑战对于最大限度地发挥大数据的潜力，对抗气候变化和为所有人打造更具韧性的未来，必不可少。

¹⁴ David Jensen，联合国环境署。“利用大数据和前沿技术的力量促进气候行动”。关于前沿ICT促进气候行动的ITU-D讲习班，日内瓦，2019年10月15日。

2.1.5 全球环境数据战略

联合国环境大会（环境大会）已认识到迫切需要全球环境数据战略（GEDS）来应对严峻的环境挑战，并已责成联合国环境署在2025年前制定这一战略¹⁵。GEDS旨在完全释放环境数据的潜力，确保其在应对气候变化、生物多样性丧失和污染方面的有效使用。GEDS关注数据互操作性、质量、治理、获取和能力建设等关键领域，旨在打破阻碍数据共享和利用的障碍，形成促进可持续发展的创新解决方案。

总体而言，GEDS的制定将赋能政府、组织和社区做出知情决策，加快可持续发展努力，并加强全球合作，为子孙后代保护环境。

2.2 电信/ICT是制定减缓气候变化有害影响解决方案的基础

电信/ICT已成为一种强有力的工具，能够极大地推动减缓和适应气候变化的努力。本节探讨了电信/ICT自动化和高级分析模型在应对气候相关挑战方面的各种应用，强调了其益处和潜力以及负责任实施的迫切必要性，特别是在此类过程的能源需求方面。

从根本上说，我们要提醒自己，唯有电信/ICT在全球范围内具有无障碍获取性和价格可承受性，这一进步和这些机遇才有可能成为现实。这需要开展协作行动，建设基础设施和缩小数字鸿沟的能力。只有有了这个基础，我们才能看到本章中描述的潜在惠益。

2.2.1 使用高级分析的益处

增强数据分析和洞察

先进计算可以显著改善大规模环境数据的分析，提供之前难以获得或无法获得的可操作的洞察。主要惠益包括：

- **准确的气候建模和预测：**提高气候模型的精准度，从而实现对气候相关事件的更好预测。
- **了解生态系统的相互作用：**促进对生态系统内复杂相互作用的更深入了解，从而有助于制定有效的保护战略。
- **知情决策：**提供强大的数据分析，并支持政策制定者就环境政策和行动做出知情决策。

优化资源管理

自动化可助力不同环境领域更高效地使用资源：

- **能源效率：**自动化可以优化建筑和各行各业的能耗，减少浪费和降低碳排放。例如，T-Mobile通过高级分析减少能源使用的战略就是这一方式的体现。¹⁶

¹⁵ 全球环境数据战略（GEDS），联合国环境署，2024年，
<https://www.unep.org/topics/digital-transformations/global-environmental-data-strategy-geds>。

¹⁶ 来自大韩民国的ITU-D第2研究组SG2RGQ/195号文件。

- **水管理：**自动化系统可分析用水数据，改善资源分配并将浪费降至最低。
- **可持续农业：**高级分析可帮助研究人员、农民等分析土壤数据、预测作物产量并识别虫害爆发情况，促进可持续农业做法。¹⁷

加强监测和保护

自动化和先进计算显著提升了环境监测能力：

- **保护生物多样性：**处理来自动态感应摄像头和其他来源的大量数据，以追踪和保护濒危物种。
- **防止森林退化和偷猎：**环境数据可助力监测森林和野生动物，帮助打击非法活动。
- **监测海洋生态系统：**物联网系统跟踪海洋健康和相关风险，为海洋保护工作做出贡献。

提升数据互操作性和质量

GEDS旨在利用高级分析技术增强不同系统和平台之间的数据互操作性，通过自动化的质量控制措施提高数据质量。¹⁸

电信能源管理¹⁹

电信公司越来越多地采用人工智能管理能耗。例如，Sunrise在瑞士联邦开展的PowerStar项目使用人工智能算法分析无线接入网流量，优化供电并降低能耗10%以上。同样，T-Mobile的目标是到2040年实现净零碳足迹，利用人工智能基于流量和需求优化能源使用。

备灾和救灾

自动化和高级分析有助于通过以下方式更好地做好备灾和救灾工作：

- **预测分析：**对极端天气事件的预测分析有助于及时干预和分配资源。
为了缓解这些担忧，政策制定者和利益攸关方可优先采取以下行动：²⁰
- **推广可再生能源：**鼓励电信/ICT作业使用可再生能源，能够显著减少与高级分析和云计算能耗相关的碳足迹。
- **投资节能电信/ICT：**研发应侧重于创造能源效率更高的电信/ICT，最大限度地减少这些系统的负面环境影响。
- **促进协作：**政府、企业、国际组织和民间团体都将受益于协作和良好做法与资源分享，确保社会的数字化转型也具有可持续性。

¹⁷ Shanar Tabrizi（2024年），“[新兴数字技术在气候变化减缓和适应中的作用](#)”，ITU-D第2研究组第6/2号课题讲习班，2024年5月6日，第4-9页。

¹⁸ [全球环境数据战略（GEDS）](#)，环境署，2024年。

¹⁹ 来自大韩民国的ITU-D第2研究组[SG2RGQ/195](#)号文件。

²⁰ 同上。

电信/ICT作为减缓气候变化有害影响的解决方案具有巨大潜力。通过强化遥感、数据收集和分析能力，优化资源管理以及提高监测能力，电信/ICT可以为气候变化减缓工作做出重大贡献。但是，负责任地实施ICT至关重要，尤其要重视解决能耗和环境影响。通过协作和创新，电信/ICT可以成为推动积极采取气候行动的重要催化剂，为建设更加绿色、更具复原力的星球铺平道路。

2.3 地球观测是适应气候变化的工具

气候变化是当今人类面临的最重大的挑战之一，对生态系统、天气模式和人类生计有着深远影响。随着全球气温上升和极端天气事件更为频发，对制定有效战略、适应这些变化的需求从未如此迫切。在此背景下，地球观测（EO）技术已成为理解和应对环境变化的重要资源。地球观测提供了有关地球表面、大气和海洋的全面数据，使研究人员、政策制定者和社区能够实时监测变化、评估脆弱性并实施知情适应战略。

2.3.1 地球观测技术的发展和进步²¹

近年来，地球观测技术格局经历了显著的增长和创新，已成为应对气候变化不可或缺的工具。2022年，有1 192颗在轨地球观测卫星，是仅次于通信卫星的第二大卫星群，而且数量还在以每年约10%的速度增长，仅2022年一年就发射了140颗新卫星。地球观测对于监测环境变化的重要性毋庸置疑。

这些地球观测卫星中近一半用于商业应用，反映了一个蓬勃发展的领域正在推动卫星技术创新和投资。伴随商业增长而来的是与卫星传感数据绿色应用相关的专利申请量急剧增加，从2001年到2020年，申请量的增长达到了惊人的1 800%。这些应用涵盖了广泛的环境用途，包括气候变化减缓、天气预报、污染检测和环境监测。

技术进步在这一增长中发挥了关键作用，在信号处理、仪器小型化以及人工智能与地球观测系统的融合方面取得了重大进展。这些创新增强了收集、分析和解读大量数据的能力，助力更详细地评估植被、森林状况和作物生长情况。随着地球观测技术继续演进，它们在支持气候变化适应和资源管理工作方面发挥着越来越重要的作用，为决策和制定政策提供了重要洞察。

2.3.2 通过地球观测组织的举措，发挥ICT在提升地球观测能力方面的作用²²

认识到ICT在改善地球观测系统获取、处理和使用数据的方式方面所具有的潜力，地球观测组织（GEO）正在推广使用ICT工具，从部署在太空、陆地和海洋中的各种传感器中收集大量数据。这一协作实现了无缝数据传输，使研究人员和决策者能够获取有关地球物理、化学和生物变量的实时信息。

GEO强调，数据分析和可视化具有重要作用，是实现地球观测数据可获取和可操作的重要组成部分。先进的ICT促成了复杂的分析技术，帮助识别环境数据中的趋势、模式和异常。GEO举措支持的可视化工具通过以用户友好的格式呈现这些信息，进一步增

²¹ 世界知识产权组织（WIPO），（2023年）《绿色技术手册：减缓气候变化的解决方案》，第96-97页。

²² Sara Venturini，地球观测组织（GEO）。《“GEO促进气候行动”》。关于绿色ICT和新兴技术促进减缓气候变化的ITU-D讲习班，日内瓦，2023年5月29日。

强了理解，使包括政策制定者、科学家和社区领导在内的利益攸关方更容易解读研究结果并采取行动。

GEO“全球生态系统图册”提供了关于全球生态系统的全面、易于理解的信息。图册旨在作为一个开放的在线资源，使用户能够探索各种生态系统、其状况以及生态系统范围的变化。主要目标是推动保护生物多样性和应对气候变化的行动，作为“谷歌地球自然版”有效运行。该图册将对地理信息系统数据层、时间序列卫星图像以及利用人工智能和机器学习实现的嵌入式功能进行数字汇编。这种集成旨在增强对全球生态系统层的解读和理解。

此外，ICT促成的实时监测对于加强备灾和救灾至关重要，这是GEO活动的焦点。通过实现数据及时传输和处理，ICT工具为早期预警系统提供了支持，该系统能够向社区预警即将发生的自然灾害，如洪水、飓风和干旱等，以挽救生命和降低对弱势群体的影响。

加强各部门之间的协作是利用ICT进行地球观测的另一项重要内容，而GEO对促进伙伴关系发挥了关键作用。通过汇集政府、学术界、私营部门实体和非政府组织，GEO鼓励共同设计开放、易于获取的信息产品。这种协作方式可确保地球观测数据得到有效利用，促进知情决策和对气候相关挑战的协调应对。随着ICT继续演进，在GEO举措的支持下，ICT与地球观测技术的融合对于最大限度发挥地球观测在气候变化适应和可持续发展方面的潜力至关重要。

2.3.3 案例研究：印度对地球观测的实际应用²³

面对日益严峻的气候变化挑战，印度已成为先进地球观测系统可如何有效用于监测天气模式和管理自然灾害的典范。印度空间研究组织（ISRO）与NASA开展了令人瞩目的协作，对于开发成熟的地球观测技术至关重要，这些技术增强了印度应对环境威胁的能力。

这一协作最重要的实例之一是2021年5月对气旋陶特的响应。随着气旋逼近印度海岸线，ISRO和NASA的地球观测卫星提供了重要数据，实现了对风暴形成、强度和轨迹的准确预测。得益于这一关键且及时的信息，印度气象局才能够向沿海社区发布早期预警。警报通过各种ICT渠道传播，包括广播、电视和移动短信，从而确保居民收到通知并且能够采取必要的预防措施。

这些早期预警系统的有效性在迅速疏散弱势群体方面显而易见，极大减轻了气旋的影响。NASA和美国国家海洋和大气管理局（NOAA）卫星数据的无障碍获取性，尤其是通过Suomi国家极轨道伙伴关系及其配备的可见光红外成像辐射仪套件获取的数据，为地方当局提供了做好准备应对风暴到来所需的洞察。地球观测技术的融合不仅挽救了生命，还最大限度地减少了对基础设施和生计的损害。

此外，对气旋陶特的响应突显出社区参与灾害管理工作的重要性。印度电信局对确保气旋期间电信服务不中断发挥了重要作用，为受影响社区的通信和信息传播提供了便利。主要电信运营商与电信局协作维护基础设施，并设立了专门的“作战室”来管理灾后恢复工作，展现出协调一致的灾害响应方式。

²³ 来自印度的ITU-D第2研究组SG2RGQ/21 (Rev.1)号文件。

这一做法诠释了在ISRO和NASA协作支持下，地球观测技术的融合是如何增强印度的备灾和救灾能力的。利用先进的地球观测系统，印度能够更好地监测环境变化并有效应对气候相关挑战，最终为建设面对气候变化更具韧性的社区做出贡献。

政策建议

基于从印度将地球观测技术用于气候变化适应案例中获得的洞察，提出以下政策建议：

加强国际协作：鼓励国家航天局与国际组织建立伙伴关系，如ISRO与NASA之间的协作。这可以加强数据共享、技术转让以及将地球观测技术应用于灾害管理和气候适应能力建设。

投资地球观测基础设施：为地球观测卫星系统和地面基础设施的建设和维护划拨资金。投资应侧重于扩大卫星网络和提高数据处理能力，以确保及时、准确地传播信息。

增强数据的无障碍获取性和开放数据政策：酌情向包括政府机构、研究人员和当地社区在内的所有利益攸关方推广地球观测数据的开放获取。明确的数据共享政策能够促进协作，并增强社区权能，利用地球观测数据促进当地的决策和备灾工作。

将地球观测技术纳入国家灾害管理计划：将地球观测技术纳入国家和地方现有的灾害管理框架。这一整合应包括对应急响应人员和当地主管当局的培训，涉及如何有效利用地球观测数据进行风险评估和响应规划。

促进社区参与和教育：制定计划，围绕地球观测技术的益处以及如何解读和运用地球观测数据，开展社区教育活动。让当地居民参与防灾举措能够增强复原力，并确保信息得到有效传播。

支持地球观测技术研发工作：鼓励实施专注于改进地球观测技术的研究举措，包括推动数据分析技术进步。支持这一领域的创新有助于开发更精密的环境变化监测工具和灾害预测工具。

制定国家地球观测战略：制定全面的国家战略，将地球观测技术用于气候变化适应和灾害管理。战略应明确列出不同利益攸关方的目标、角色和责任，确保以协调方式利用地球观测能力。

通过实施这些政策建议，各国可以增强应对气候变化的复原力，并提升应对自然灾害的能力，最终保护社区和促进可持续发展。

第3章 – 气候变化挑战和案例研究

3.1 实现气候变化减缓和适应的新技术与案例研究

已有多个框架探索过电信/ICT和其他新的和新兴技术应对气候变化的潜力，如国际电联电信标准化部门（ITU-T）“人工智能及其它新兴技术的环境效率”焦点组（FG-AI4EE）、国际电联《将数字技术革新转化为气候行动》报告，以及涵盖电磁场、环境、气候行动、可持续数字化和循环经济等议题的ITU-T第5研究组。

ITU-D第2研究组在本研究期开展了多项案例研究。

海地介绍了推动数字化和更广泛地采用在线服务的战略，以获得更大的环境效益。为了有效实现流程的数字化，实物文件必须实现数字化，包括法律文件和国家文件在内的新流程必须建立在完全数字化的基础上，公民可使用云计算存储数字文件，并且所有交易均必须能够以电子方式访问。此外，还必须对用户进行教育和培训，以便使用这些服务。为确保获得公民和企业的支持，在线服务必须快速、全天候可用、在全球范围内提供、成本低廉、安全、可追踪、灵活，并有及时的支持作为后盾。²⁴

马达加斯加共和国展示了关于eSIM技术的研究，eSIM是一种将用户识别模块（SIM）卡嵌入移动设备的方式，被视为未来移动连接和物联网的重要部分。不同于传统SIM卡，eSIM更加环保，因为减少了塑料的生产、包装和运输。根据弗劳恩霍夫可靠性和微集成研究所（IZM）的研究，eSIM的碳足迹比传统SIM卡低46%。在马达加斯加，eSIM技术已为用户提供了无需实体SIM卡的无缝连接。随着eSIM设备销量预计到2030年达到140亿，这项技术将助力减少二氧化碳排放和促进环境保护。²⁵

印度重点介绍了过去二十年气候相关灾害产生的严重影响，特别是洪水增多，影响到迁徙和经济。印度提交的一份文稿讨论了人工智能（AI）、无人机和物联网等前沿技术在应对气候变化，特别是水相关问题中的应用。世界气象组织（WMO）、国际电联和联合国环境署正在研究人工智能预报和减轻自然灾害的潜力。在印度，人工智能正在提高天气预报准确率，鉴于该国易受极端天气事件影响，这是一项重大贡献。印度国家中期天气预报中心、印度气象局以及大不列颠及北爱尔兰联合王国气象局正在就印度季风数据模拟与分析项目开展合作，以改进大气数据。该文件强调了人工智能在应对气候变化和加强备灾方面的作用，为实现可持续发展目标（SDG）提供支持。²⁶

3.2 利用地球观测进行灾害管理的良好做法和案例研究

在当今世界，气候变化已成为一个不争的现实，其影响，尤其是以热带气旋等极端天气事件形式带来的影响，正变得越来越频繁和剧烈。这些自然灾害对人类生命、基础

²⁴ 来自海地的ITU-D第2研究组SG2RGQ/27号文件。

²⁵ 来自马达加斯加的ITU-D第2研究组2/138号文件。

²⁶ 来自印度的ITU-D第2研究组2/236号文件。

设施和环境构成了重大威胁。然而，技术进步，尤其是卫星地球观测领域的技术进步，已成为减轻此类灾害影响的重要工具。

案例研究：印度²⁷

地球观测是一项创新工具，利用卫星技术监测地球的大气和天气模式。这项技术通过提供降雨、风速和风暴形成等天气状况的精确数据，在管理气候相关风险方面发挥着关键作用。地球观测卫星实现了对地球表面和天气变化的持续监测，有助于建立早期预警系统和准确的天气预报，使主管当局能够在灾难来临之前采取必要的预防措施。利用地球观测预测和监测气旋及其他地质灾害的能力，对于管理气候变化相关风险已变得不可或缺。

印度正在与多家机构协作，通过先进的地球观测技术减轻气旋的影响。ISRO和NASA卫星跟踪和监测气旋发展，提供早期预警。印度气象局在预报和及时发布警报方面发挥着核心作用。与国际机构和世界气象组织的协作努力强化了备灾和救灾战略。

印度还使用美国NASA和NOAA的卫星，通过红外成像提供有关风暴/气旋轨迹和强度实时详情的重要数据。

除地球观测外，印度电信局在气旋期间的通信保障方面也发挥了关键作用。Bharti Airtel、Jio和BSNL等印度电信提供商通过储备替代电源和在需要的地方部署移动塔架协调确保服务连续性。还设立了作战室，用于解决服务中断问题和确保服务得到快速恢复，进一步展现了地球观测和ICT在灾害管理方面的价值。及时使用卫星数据和通信系统将生命损失和基础设施损坏降至最低，突显出这些技术在管理自然灾害中的重要性。

案例研究：地球观测组织（GEO）

除了各机构正在开展的地球观测外，GEO的工作也值得称赞，因为该组织推动建立战略伙伴关系，制定支持国家和国际政策的科学解决方案。GEO促进公共和私营卫星数据提供商与政府协作，增强地球观测数据的收集和无障碍获取性。GEO还通过提供来自领先云服务和地理空间公司的免费许可和补助金，帮助中低收入国家。在二十年的发展过程中，公共私营伙伴关系（PPP）已成为GEO工作中日益重要的组成部分。

此外，GEO正在共同制作全球生态系统图册，²⁸这是一项开放的在线资源，旨在监测和报告世界各地生态系统的状况和变化。通过为理解和解决全球环境挑战提供一个易于访问的平台，该工具旨在推动开展保护生物多样性的紧急行动，并鼓励基于自然的解决方案应对气候变化。它将有助于减少新兴经济体在弥合数字鸿沟方面面临的挑战，还可用于评估气候变化的影响。

地球观测对于应对气候变化和生物多样性丧失等全球挑战至关重要。通过促进数据的开放获取和推进协作，地球观测为可持续发展和知情决策提供支持。全球生态系统图册等举措为监测生态系统和推动就环境问题采取行动提供了有价值的工具。随着地球观测继续演进，其在解决全球环境挑战中的作用对于创造更可持续的未来仍不可或缺。

²⁷ 来自印度的ITU-D第2研究组SG2RGQ/21 (Rev.1)号文件。

²⁸ Sara Venturini, 地球观测组织（GEO）。“[GEO促进气候行动](#)”。关于绿色ICT和新兴技术促进减缓气候变化的ITU-D讲习班，日内瓦，2023年5月29日。

3.3 新兴经济体对抗气候变化有害影响面临的挑战

数字鸿沟限制了对重要的气候行动技术解决方案的获取，对新兴经济体对抗气候变化的负面影响造成了巨大障碍。联合国开发计划署（UNDP）表示，²⁹数字革命既带来了我们加快发展的最大机遇，也带来了会让一些人掉队的最大风险。尽管数字解决方案能够帮助实现70%的可持续发展目标，但在2023年，仍有26亿人无法上网，主要集中在低收入国家。

此外，根据国际电联的数据，随着数字产品和服务使用的增加，能源、材料和水的使用量，温室气体排放量，以及产生的电子废弃物也在增加。³⁰数字化程度的提高需要更多能源，这增加了温室气体的排放。由于难以获得关于ICT行业温室气体排放的确切数据，阻碍了政策制定和减缓努力，但估计该行业占全球碳排放量的1.5%到4%。

要使新兴经济体能够抵抗气候变化的负面影响，就需要弥合数字鸿沟。由于缺乏对数字资源的公平获取，这些国家在寻求采取可持续的做法、加强备灾，以及制定适应性战略时面临挑战，使之更易受到全球变暖的影响。

新兴经济体在利用卫星图像和传感器数据等地球观测技术应对气候变化影响方面面临挑战。虽然这些观测对于监测温室气体排放、森林退化和野火等环境变化不可或缺，但数据碎片化和访问受限等问题阻碍了它的有效使用。尽管技术不断进步，但难以获取高分辨率数据并转化为可操作的解决方案仍然是一个重大障碍，尤其是受数字鸿沟影响最严重的国家。

新兴经济体需要能够开放获取地球观测数据。倡导更加开放的数据、开源软件、开放标准和开放科学（见图2），将有助于促进公共和私营卫星数据提供商、政府以及领先的云服务和地理空间公司开展协作，改进数据收集和提升无障碍获取性。例如，GEO通过免费许可和补助金帮助中低收入国家提升其利用地球观测数据的能力。

图2：开放获取地球观测数据，弥合数字鸿沟



来源：GEO³¹

²⁹ <https://www.undp.org/blog/undp-core-funding-powering-sustainable-development-where-it-matters-most>

³⁰ <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/climate-change.aspx#/zh>

³¹ Sara Venturini, 地球观测组织（GEO）。“GEO促进气候行动”。关于绿色ICT和新兴技术促进减缓气候变化的ITU-D讲习班，日内瓦，2023年5月29日。

3.4 将“绿色”纳入国家ICT政策

3.4.1 亟需绿色ICT政策

ICT的快速发展显著改变了全球经济和社会，但也极大加剧了温室气体排放和环境恶化。在全球社会面临气候变化带来的紧迫挑战之际，将绿色原则纳入国家ICT政策是当务之急。

ICT行业虽然是经济增长和创新的驱动力，但也大幅加剧了全球排放。根据世界银行的《绿色数字化转型》报告，³²该行业的直接温室气体排放量巨大，而且随着数字化加快，排放预计还会增加，除非采取积极主动的措施。

国际电联在最大限度地降低ICT行业环境影响的全球努力中发挥着重要作用。国际电联与世界基准联盟协作，追踪主要科技公司的温室气体（GHG）排放、能源消耗和气候承诺。《2024年绿色数字公司》报告³³列出了实现净零排放和减少环境足迹的良好做法，鼓励企业采用符合可持续做法的战略。这一举措与国际电联促进可持续数字化转型的总体目标一致。国际电联还通过开发追踪ICT行业温室气体排放的工具为全球气候行动做出贡献，其中包括与世界银行创建ICT行业全球排放数据库的联合项目，为各国的净零努力提供帮助。³⁴

尽管一些国家的数字化发展迅速，但还有许多其他国家缺乏准确报告ICT行业排放的能力。为了应对这些挑战，国家ICT政策应设定明确的目标，准确衡量数字化转型产生的温室气体排放，并力求尽可能减少或将这些排放的增长降至最低。

案例研究：ARCEP（法国）³⁵

法国电子通信管理局ARCEP自1997年起一直监督网络基础设施的经济监管。认识到数字化在减少各行各业碳排放方面的潜力（这个概念被称为“IT促绿色”），ARCEP在数据量、网络容量、设备更换率快速增长和低回收率的推动下，于2019-2020年前后开始解决环境关切。公众意识的提高，尤其是围绕5G等技术的意识提高，也推动了这一转变。

为此，ARCEP发起了评估和减少数字领域环境足迹的举措。其中包括从电信运营商处收集环境数据，并开展“实现数字可持续性”的年度调查。通过采用稳健、透明的方法，ARCEP收集自数字行业主体的数据为多个重要目标服务。这可以改进对环境影响的衡量，反过来也为政策制定者提供信息、为制定适当监管提供支持。还鼓励企业采取更可持续的做法，并提供工具赋能用户和公众。ARCEP亦开展了一项政府要求开展的研究，评估法国数字技术的环境影响，并对2020年、2030年和2050年进行预测。

³² 世界银行（2024年），[《绿色数字化转型：如何可持续地缩小数字鸿沟并利用数字工具促进气候行动》](#)。

³³ 国际电联，[《2024年绿色数字公司》报告](#)。

³⁴ 来自国际电联电信发展局的ITU-D第2研究组的SG2RGQ/185号文件。

³⁵ Anne Yvrande Billon，法国ARCEP。[“衡量数字生态系统的环境影响：ARCEP规定的新篇章”](#)，关于应对气候变化的循环经济考虑因素和新技术的ITU-D讲习班，日内瓦，2024年5月6日。

案例研究：印度

作为新兴经济体的印度，致力于到2070年实现净零排放，并且已在气候行动上取得显著进展。该国实施了强有力的可再生能源政策和能效计划，有望实现其2030年的排放目标。印度还在推进绿色ICT做法，例如共用电信铁塔以优化资源，以及将可再生能源用于移动信号塔。该国持续投资可再生能源技术研发，推广绿色能源设备，并探索氢燃料电池和生物柴油发电机等替代方案。改善电信站点的电力可用性和减少柴油消耗对电信行业的长期可持续性至关重要。

此外，印度电信局一直鼓励环保生产。建立了绿色护照实验室，用于电信设备绿色护照测试程序和认证的标准化。该实验室将测试千兆比无源光网络、千兆比以太网无源光网络、IP路由器、边缘路由器及其他电信设备的能效。

3.4.2 将绿色原则纳入国家ICT政策

将绿色原则纳入国家ICT政策不仅是环境上的迫切需求，还是各国增强气候变化复原力的战略机遇。通过将数字化转型与可持续性目标保持一致，各国可以在促进经济增长的同时，将环境危害降至最低。此外，向绿色ICT转型能够刺激注重可持续性和创新的新兴行业创造就业。随着各国投资绿色技术，它们可以开发新市场和新行业，推动经济多元化发展。特别是在新冠肺炎疫情背景下，那时，亟需具有韧性和包容性的复苏战略。

在此基础上，有必要采取具体措施，确保将绿色原则成功纳入国家ICT政策。几乎全球各国都制定了自己的国家信息技术政策和战略。这些战略平衡了经济增长、ICT推广、数字包容性和环境可持续性。

将绿色原则纳入国家ICT政策有助于应对快速数字化和气候变化挑战。ICT行业在推动经济增长的同时，也大幅增加了全球温室气体排放。各国可以制定明确的目标衡量和减少这些排放，正如印度、法国ARCEP和大韩民国的良好做法和绿色IT举措所示。这些实例亦突出表明，强有力的方法和公共私营部门的参与都很重要。

将可持续性纳入ICT政策不仅解决了环境关切，还能为绿色行业的经济多元化和创造就业提供战略机遇。

将绿色原则深度融入国家ICT政策的具体战略：

- 1) 政策连贯性与融合：**应将电信/ICT考量纳入气候政策，反之亦然，因为这种双管齐下的方式对于绿化ICT行业和增强气候行动能力至关重要。
- 2) 战略框架：**应制定明确将电信/ICT与气候行动相关联的战略框架。例如，大韩民国的“新政”就被誉为利用数字技术推动气候举措，同时在ICT行业开展气候行动的成功实例。
- 3) 监管措施：**应制定监管或非监管措施，减少数据中心和通信网络等ICT基础设施的环境足迹。这可以包括制定能效标准和推广绿色认证。
- 4) 跨部门协作：**应促进不同政策领域之间的密切合作，包括能源、公用事业和工业等，推动采取综合方法制定政策。这一协作对于提升数字化和绿色转型的有效性至关重要。

- 5) **创新和标准：**应改进ICT领域的研究、标准和创新，以便更好地理解其与气候变化的联系。更有力方法和国家层面的能力对于准确报告排放情况和建立国际认可的标准必不可少。
- 6) **利益攸关方参与：**公共和私营部门、民间团体以及消费者团体均应参与绿色ICT政策的制定和实施，推动自愿性举措的实施，并鼓励对可持续发展目标做出承诺。

案例研究：大韩民国的绿色IT举措³⁶

自2009年引入绿色IT国家战略以来，大韩民国政府已实施多项举措，促进ICT行业的可持续性。这些努力包括在2010年启动绿色认证计划，2012年制定绿色数据中心标准，以及为各种政府赞助的、专注于环保数据中心和通信网络技术的研发项目供资。2017年5月，绿色ICT政策被纳入一项更广泛的长期战略中，并通过强有力的政治承诺（2050年碳中和战略）、重大基础设施投资（韩国“新政”）、尖端技术研发（碳中和技术创新战略）以及确保这些绿色举措成功的全面法律框架（碳中和法案）得到加强。在政府牵头以监管和经济工具推动ICT行业脱碳的同时，私营企业也通过自愿采取可持续性措施、支持国家绿色努力而发挥重要作用。

通过支持关注其环境影响和可持续性的电信/ICT，各国可以增强应对气候变化的复原力，并制定包容性恢复战略。最终，使数字化转型与可持续性目标保持一致，这对于确保ICT进步的惠益不损害环境至关重要，从而为更绿色、更可持续的未来铺平道路。

3.5 将ICT纳入国家气候承诺

气候变化是我们这个时代最紧迫的挑战之一，需要世界各国的紧急、创新应对。随着各国努力履行《巴黎协定》等国际协议下的气候承诺，迫切需要提升这些努力的有效性、透明性和问责制。在此方面，将电信/ICT纳入国家气候战略对于实现雄心勃勃的气候目标和确保可持续的未来至关重要。

各国的气候承诺现状揭示了阻碍进展的重大挑战。许多国家面临数据不足、监测困难以及缺乏针对其具体情况的可用创新解决方案的问题。这些限制不仅阻碍了政府有效追踪进展的能力，还限制了其及时实施必要干预的能力。

幸运的是，电信/ICT，例如物联网（IoT）和地球观测卫星等，为应对这些挑战提供了变革性潜力。通过改进数据收集和知情决策过程，电信/ICT能够显著加强气候行动并推动系统性改变。

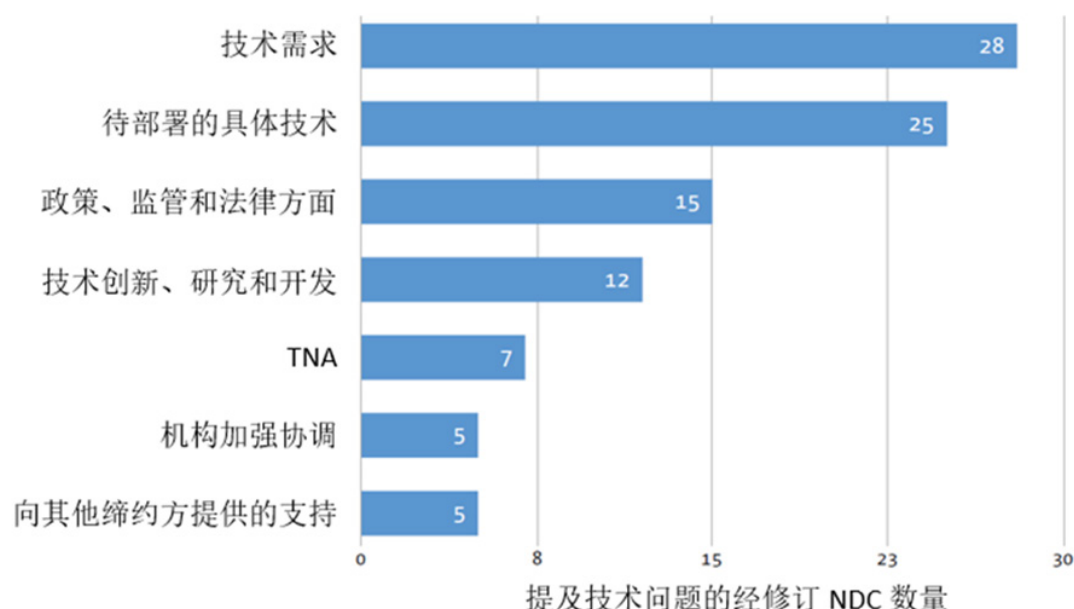
世界知识产权组织（WIPO）的《绿色技术手册》（减缓版）展示了电信/ICT如何有效地融入农业、林业和制造业等各行各业的气候减缓努力中，并表明数字技术已成为绿色技术的重要核心技术。该手册多次提及数字化、机器人、人工智能、ICT和机器学习，这进一步表明电信/ICT不仅自身举足轻重，在更广泛的应用领域也发挥着重要作用。³⁷

³⁶ 世界银行（2024年），[《绿色数字化转型：如何可持续地缩小数字鸿沟并利用数字工具促进气候行动》](#)，第66页框图2.4。

³⁷ Shanar Tabrizi，（2024年），[“新兴数字技术在气候变化减缓和适应中的作用”](#)，ITU-D第2研究组第6/2号课题讲习班，2024年5月6日，第4-9页。

电信/ICT，无论是单独还是与其他技术相结合，均亦有助于实现其国家自主贡献（NDC）。根据联合国气候变化框架公约（UNFCCC）的技术与国家自主贡献报告，90%的NDC含有关于技术的信息，尽管《巴黎协定》或相关缔约方大会决定均未提出此类要求。³⁸

图3：国家自主贡献中提及的技术方面



来源：UNFCCC³⁹

如上图所示，NDC关于技术的信息集中在以下方面：总体技术需求（28个缔约方）；待部署的具体技术（25个）；政策、监管和法律方面（15个）；技术创新、研发（12个）；技术需求评估（TNA）（7个）；机构加强与协调（5个）；以及向其他缔约方提供的技术开发和转让支持（5个）。由此可见，包括数字技术在内的技术已被视为实现NDC的相关因素和重要因素。因此，政策制定者应制定必要政策，更广泛地应用这些技术和开展有效治理。

随着各国越来越多地将电信/ICT作为加强其气候承诺的手段，尤其是在NDC框架下，WIPO《绿色技术手册》展示了技术和创新在应对气候挑战方面的关键作用。对于到2030年将全球温室气体排放量减半所需的解决方案，其中很大一部分已经存在。因此，政策制定者实施能够有效纳入国家气候承诺的ICT战略至关重要，以推动取得有意义的进展，实现NDC。随着电信/ICT在全国乃至国际公共和私营部门变得更广泛可用，这些政策和政治努力将迅速产生效果。

³⁸ UNFCCC（2021年），《技术与国家自主贡献：促进对技术的采用以支持国家自主贡献的实施》，第8页。

³⁹ 同上。

电信/ICT为提升气候行动的效率和有效性提供了变革性潜力。它们可以完善数据的收集、分析和传播，这对于知情决策至关重要。例如，电信/ICT可以通过物联网促进对排放、资源使用和环境影响的实时监测，使政府能够更准确地跟踪其NDC进展。通过利用大数据和分析，各国可以确定趋势、评估其气候政策的有效性，并做出必要调整，确保实现目标。

此外，电信/ICT能够加强公众对气候行动的投入和参与。可以利用社交媒体、移动应用和在线平台提高对气候问题的认识，推广可持续做法，并鼓励公民参与气候举措。通过促进可持续性和集体责任文化，各国能够调动社区为气候目标做出贡献，从而扩大NDC的影响。

ICT战略的纳入也为制定能够应对特定气候挑战的创新解决方案提供了支持。例如，电信/ICT可以通过优化能源管理系统和实现智能电网来促进向可再生能源资源的转型。这些进步不仅提升能效，还可以减少对化石燃料的依赖，这与许多NDC的总体目标保持一致。此外，电信/ICT能够通过精准耕作支持可持续农业做法，将资源使用降至最低，同时最大限度地提高产量，从而为粮食安全和气候复原力做出贡献。

但是，成功地将ICT战略融入国家气候承诺，需要强有力的框架解决潜在障碍。这包括投资电信基础设施，确保技术的公平获取，以及推动政府、私营部门主体和民间团体之间的协作。此外，能力建设对于使利益攸关方具备有效利用这些工具的必要技能不可或缺。通过创造有利于创新的环境，各国可以充分释放电信/ICT的潜力，实现其气候目标。

第4章 – 减缓气候变化影响的可比性导则

数字化转型和可持续性转型的双重转型提供了重塑世界的重要机遇。这两项转型都有助于实现可持续发展目标，并通过积极的合作放大彼此的潜力。这可以延伸应用到我们应对气候变化、生物多样性丧失和污染的方式。挑战在于共同推进这两项转型：政策制定者应考虑如何利用电信/ICT进一步推进可持续发展目标，以及如何通过电信/ICT实现可持续性。联合国环境大会（UNEA）的历史性决定将数字化转型作为联合国环境署的关键工作领域（2022-2025年），强调了电信/ICT在应对全球环境危机中的作用。

推动可持续数字化转型的重点是将电信/ICT的环境风险降至最低。这些技术目前消耗全球3%的能源，产生2%至4%的全球温室气体排放，并且需要大量的锂和钴等稀有金属，这种需求预计到2050年将增长500%。⁴⁰不过，电信/ICT也具有通过提供应对环境挑战的解决方案实现可持续性的潜力。例如，一些平台帮助监测全球空气质量，甲烷警报与响应系统⁴¹使用卫星数据追踪甲烷排放，提供实时、可操作数据促进减缓。

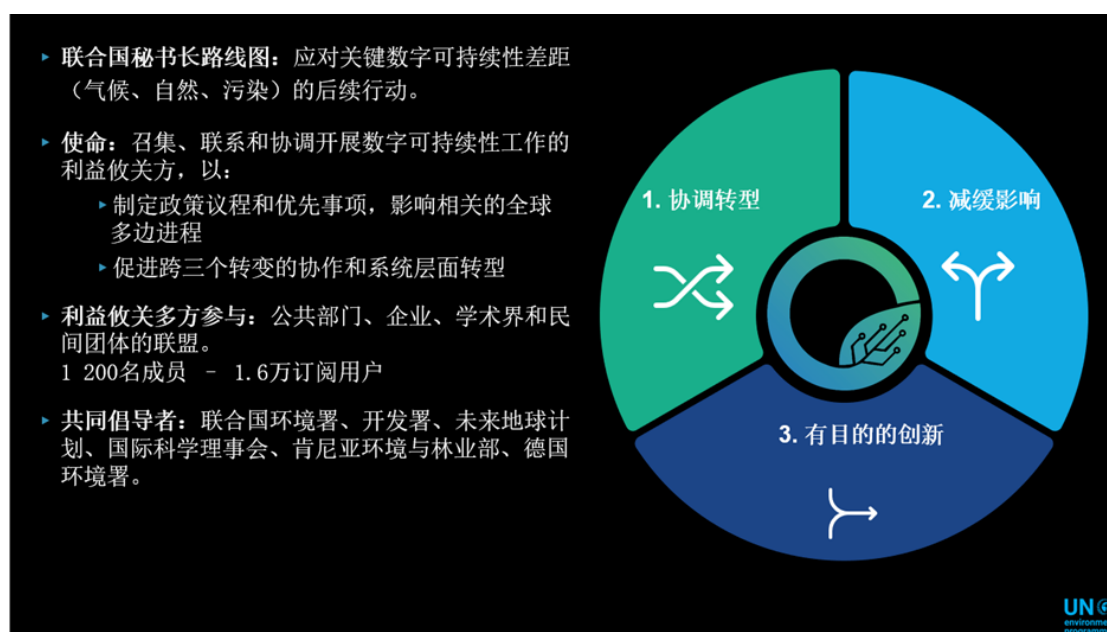
此外，电信/ICT还帮助实现供应链的透明性和循环性，如追踪产品信息以支持回收和废弃物减少的数字产品护照。技术还为消费者赋能，做出可持续的选择，如电子商务和通过电子游戏促进可持续性的“为地球而战联盟”等举措所示。电信/ICT还有助于优化资源使用，如提供实时数据的Sparrow空气质量传感器。

国家战略应明确提及环境和气候目标，利用数据支持可持续发展，并建设绿色ICT基础设施收集和分析环境数据。各国政府和国际组织有机会通过《全球数字契约》等框架和正在促进数字可持续性集体行动的数字环境可持续发展联盟（CODES）等举措推进这些目标。

⁴⁰ David Jensen，联合国环境署，[“双重转型：数字技术助力气候减缓”](#)。关于绿色ICT和新兴技术促进减缓气候变化的ITU-D讲习班，日内瓦，2023年5月29日。

⁴¹ <https://www.unep.org/topics/energy/methane/international-methane-emissions-observatory/methane-alert-and-response-system>

图4：数字环境可持续发展联盟



来源：联合国环境署⁴²

总体而言，数字化转型与可持续性转型可以作为双重转型齐头并进。⁴³电信/ICT为环境监测、透明度和决策制定提供巨大潜力，但其自身的环境影响必须解决。通过将数字化转型与可持续性目标保持一致，我们能够以强有力的国际协作和绿色ICT政策方面的良好做法分享为后盾，努力实现更具复原力、更公平、更可持续的未来。

4.1 政策和导则

电信/ICT在各个领域的应用显著提升了效率和决策制定能力。然而，这些惠益也伴随着巨大的环境成本，尤其是在能源消耗方面。众所周知，人工智能系统，尤其是在大模型的训练阶段，耗电量很高，会产生二氧化碳排放。芯片设计、冷却系统、数据中心架构、软件效率以及发电来源均会影响这种能源足迹。尤其是，将经过训练的人工智能模型应用于新数据的过程可占到总能源成本的90%。政策制定者还应探索利用电信/ICT及其推动的数字化转型帮助政府运营脱碳的潜力。

电信/ICT具有减缓气候变化的变革性潜力，为优化可再生能源整合、电网管理和能源资产维护提供解决方案。它们还能够通过经提升的早期预警系统、基础设施复原力和水资源管理增强气候变化适应。尽管电信行业带来了诸多益处，但在政策制定过程中必须考虑其环境影响，并制定明确的导则平衡能耗和可持续性问题的。各国政府和国际组织应投资开发节能电信/ICT，应对气候变化。还必须促进国际协作，分享电信/ICT环境影响方面的良好做法和案例研究。

⁴² David Jensen, 联合国环境署, “[双重转型：数字技术助力气候减缓](#)”。关于绿色ICT和新兴技术促进减缓气候变化的ITU-D讲习班, 日内瓦, 2023年5月29日。

⁴³ 同上。

电信行业已开始采用人工智能解决方案减少能源消耗和实现气候目标。例如，T-Mobile的目标是到2040年实现净零碳足迹，注重优化网络能源使用并停用低效蜂窝站点。同样，瑞士的Sunrise公司也实施了人工智能驱动的能量管理软件，将能源消耗减少了10%。政策和导则应鼓励电信公司采用节能技术，并与国家和国际气候目标保持一致。

明确的政策和规定有助于减轻电信/ICT行业的环境影响。⁴⁴政府应鼓励电信/ICT运行使用可再生能源，支持能源透明原则，并建立框架监测电信/ICT的网络能耗，包括它们对人工智能的使用。还应促进建立公共私营伙伴关系，推动气候行动解决方案创新，并确保这些电信/ICT具有可持续性、全民无障碍性和惠及所有国家。为了确保电信/ICT对环境可持续性做出积极贡献，制定并实施全面的政策和标准⁴⁵来解决这些系统的环境影响很有价值。通过注重监测标准化、提高认识、更清楚地了解电信/ICT的环境影响并改进对环境数据的获取，这些政策解决方案将帮助实现更加可持续的网络和服务。推动政府、产业、民间团体和学术界的利益攸关方积极参与的协作方式，对于实现这些目标以及创造电信/ICT增强环境可持续性和气候变化全球复原力的未来至关重要。

4.2 制定气候变化评估与减缓导则

电信/ICT的快速发展增加了碳排放和资源消耗，加剧了该行业采取气候变化减缓战略的紧迫性。随着连接范围的扩大，电信网络、数据中心和电子设备的环境足迹扩大已成为重要关切。法国电子通信管理局（ARCEP）一直位于解决这一问题的前沿，于2019-2020年发起了评估和减少数字服务环境影响的努力。通过收集来自电信运营商和其他数字利益攸关方的环境数据，ARCEP旨在为决策制定者提供信息并促进可持续的做法。这项举措是实现数字可持续性这一更广泛目标的一部分，同时符合法国减少碳足迹和能源消耗的承诺。

自2019年起，ARCEP⁴⁶就一直在解决电信/ICT的环境足迹，重点关注它们的碳排放和资源消耗情况。ARCEP的“实现数字可持续性”举措从收集电信运营商的数据，评估它们的服务的环境影响开始。2021年，ARCEP将其职责范围扩大到涵盖移动设备制造商和数据中心，并发布关于能源消耗和温室气体排放的年度调查。例如，2022年，电信网络消耗了4.1太瓦时电力，排放量为38.2万公吨二氧化碳当量。2020年，电信/ICT行业占法国电力消耗的10%，碳足迹的2.5%。为解决这一问题，法国政府于2021年出台了一项减少数字行业环境足迹的法案，被称为REEN法，作为减少行业环境影响的更广泛路线图的一部分。ARCEP的努力充分说明了明确的政策、协作和可持续做法对促进电信/ICT行业可持续发展的价值。

数据收集范围向移动设备制造商、数据中心和电信运营商的扩大，将提供该行业环境足迹的全面情况。通过促进协作和鼓励整个ICT生态系统的可持续做法，ARCEP的举措在塑造更绿色、更可持续的数字未来方面发挥着重要作用。

⁴⁴ 来自大韩民国的ITU-D第2研究组SG2RGQ/195号文件。

⁴⁵ <https://www.itu.int/initiatives/green-digital-action/impact/green-computing/>

⁴⁶ Anne Yvrande Billon, 法国ARCEP, “衡量数字生态系统的环境影响：ARCEP监管的新篇章”。关于应对气候变化的循环经济考虑因素和新技术的ITU-D讲习班，日内瓦，2024年5月6日。

正在制定能源透明度标准，以确保人工智能等数字技术以环境透明的方式促进气候减缓。政府应鼓励公共私营伙伴关系促进创新解决方案和可持续做法，同时防止数字技术加剧环境挑战。⁴⁷

电信/ICT的发展及其与气候政策的融合，在推动气候变化减缓方面发挥着至关重要的作用。国际合作和利益攸关多方的方式将对实现可持续的ICT解决方案和确保这些技术促进低碳经济发展不可或缺。

4.3 新兴技术的作用以及在气候变化适应和减缓中的应用

气候变化的影响毋庸置疑，尤其是在新兴经济体，许多新兴经济体热带气旋频发。地球观测、遥感和物联网等新兴ICT在通过适应和减缓努力应对气候变化方面发挥着关键作用。这些技术为监测、预测和应对环境挑战提供了创新解决方案。此外，数字孪生，即现实世界系统的虚拟复制，正在变革环境监测，帮助实现可以基于实时数据收集的预测性分析。虽然电信/ICT可以提升各行各业的效率，但其能耗和环境影响需要重视，以确保采取可持续的做法。

由于其地理位置，印度是特别容易受到气旋影响的国家之一。采取积极主动的方法，利用地球观测技术提高预报准确性和早期预警，使大幅降低气旋的影响、挽救生命、保护基础设施并最大限度地减少对经济的影响成为可能。

包括卫星在内的地球观测技术⁴⁸可以提供有关气象模式的实时数据，建立准确的气旋预报和早期预警系统。例如，在2021年气旋陶特来袭期间，ISRO和NASA的地球观测卫星追踪它的发展，使主管当局能够预测风速并及时发出预警。这一早期预警系统结合有效通信，助力疏散工作并最大限度地减少人员伤亡。在此类气旋期间，印度电信局和电信运营商在保障通信网络方面发挥着至关重要的作用。

电信/ICT可以帮助收集海量数据集，优化能源使用、预测气候事件并为政策提供信息，从而提高农业、交通运输和能源等领域的效率。地球观测系统利用卫星和传感器提供有关气象模式、森林退化和自然灾害的实时数据，促成更好的减缓战略。⁴⁹大数据通过分析大量环境信息预测气旋和洪水等事件，并追踪全球变暖趋势，对这些技术加以补充。这些技术共同提供了对气候变化的更全面理解，改善决策制定和备灾工作。

在俄罗斯联邦，“数字鄂毕河-额尔齐斯河流域”项目⁵⁰展现了数字孪生在水资源保护和生态系统管理中的使用。该项目于2019年启动，重点关注鄂毕河-额尔齐斯河流域—该国受工业影响最大的水体之一。数字孪生整合了来自卫星图像、无人机和现场测量的多模态数据，以实时监测水质、污染程度和生态系统健康，促进及时干预和对环境违规行为的问责。项目得到了不同地区和利益攸关方的支持，为更广泛的生态管理战略提供了示范。

⁴⁷ David Jensen, 联合国环境署, “[双重转型：数字技术助力气候减缓](#)”。关于绿色ICT和新兴技术促进减缓气候变化的ITU-D讲习班，日内瓦，2023年5月29日。

⁴⁸ 来自印度的ITU-D第2研究组SG2RGQ/21 (Rev.1)号文件。

⁴⁹ 来自海地的ITU-D第2研究组SG2RGQ/27号文件。

⁵⁰ 来自俄罗斯联邦的ITU-D第2研究组SG2RGQ/171号文件。

GEO促进建立公共和私营部门之间的伙伴关系，帮助实现实时数据共享、监测和预测。通过利用卫星传感器和地理空间数据平台，GEO帮助增强气候复原力和加强对环境变化的了解。全球生态系统图册等重要项目⁵¹提供了对生态系统变化的关键洞察，支持基于自然的气候减缓解决方案。GEO与中低收入国家的协作确保了对先进技术的公平获取，帮助所有区域为气候变化减缓和复原力做出贡献。

电信/ICT、地球观测和物联网的结合推动了数字孪生和高级分析等战略的制定，对于应对气候变化至关重要。这些技术帮助实现了更智慧的决策制定、更好的预测和更有效的资源管理。“数字鄂毕河-额尔齐斯河流域”项目的成功展现了数字孪生对减缓气候变化和恢复生态系统的作用。然而，电信/ICT必须以可持续的方式利用，同时须投资节能解决方案和可再生能源。公共私营伙伴关系将是推动全球创新和确保电信/ICT支持气候行动的关键，尤其是在发展中国家。GEO等举措进一步帮助实现了世界各地的实时监测和复原力努力。

⁵¹ Sara Venturini，地球观测组织（GEO），[“GEO促进气候行动”](#)。关于绿色ICT和新兴技术促进减缓气候变化的ITU-D讲习班，日内瓦，2023年5月29日。

第5章 – 电子废弃物挑战

连接和ICT服务可促进增长、提高生产力、增加就业、推动公平和减少贫困。然而，这些技术的普及也引起电子废弃物激增，不仅影响人类健康和环境，还会带来社会和经济影响。

这就迫切需要保护环境、节约日益稀缺的原材料、推动循环经济发展，并建立制成品生命周期结束时的再利用系统。政策在这一领域的作用是为电子废弃物的定义、认识和处理提供最高层面的指导原则，管理工具则重点关注电子废弃物的收集、分类、分离处理和有价值的废料的回收。

5.1 电子废弃物管理的区域需求概述

事实证明，WEEE管理是许多发展中经济体面临的一项挑战，尤其是在非洲。为了帮助协调应对WEEE破坏性影响的努力，布隆迪和肯尼亚等国家正在制定国家电子废弃物管理政策。国家政策为实施WEEE管理工具提供了指导，使回收WEEE构成材料成为可能，是循环经济中的一个潜在收入来源。国际电联已提供技术和财政援助，支持布隆迪制定国家WEEE管理政策文件。

在许多新兴经济体和发展中国家，WEEE管理基本上是由非正规部门负责，缺乏完成任务所需的物质、人力和财政资源。非正规部门超过正规部门、占主导地位的情况也可从关于电子废弃物问题的统计资料中看出。

5.2 提高可持续性意识⁵²

总体而言，对WEEE的认识水平还可以提高，而且也没有足够的适用处置方案来满足当前或未来需求。此外，意识与实际行动和实施之间的差距仍然巨大，正如许多高收入国家的经历一样。考虑到WEEE处置方案有限且生产会留下生态足迹，通过维修和翻新延长电气电子设备（EEE）产品的使用已成为一种势头。不过，环境友好型回收做法目前仍较为匮乏，且受到全球许多地区低回收率和有限回收基础设施的制约。为了解决这个问题，加大基础设施建设投资、大力推广维修和再利用、加强能力建设和阻止WEEE非法运输的措施至关重要。

北非国家长期缺乏对收集和回收WEEE重要性的认识，尽管一些移动网络运营商和WEEE处理设施正在实施认识提升举措。在突尼斯，WEEE处理设施Collectun D3E Recyclage与德国国际合作机构（GIZ）合作开展了一项宣传活动，动员30多家公司移交WEEE进行回收。在埃及，一些运营商已指定多个分支机构作为WEEE收集点，环境部也正在支持建设符合环境和技术高标准的WEEE处理设施。在整个地区，WEEE回收公开市场为回收利用提供了稳定的材料。

⁵² 联合国训研所、国际电联和Carmignac基金会，[《2024年全球电子废弃物监测报告》](#)。

最近在突尼斯Soukra开设了一个WEEE收集和分类中心。支持完善低收入国家WEEE管理项目的韩国国际合作机构正在帮助建立一座WEEE处理设施。该设施将处理目前未被回收的一些WEEE，如冷却器、聚氨酯泡沫、氟利昂和其他氯氟烃/氢氟烃以及含阴极射线管的屏幕。鉴于该地区缺乏WEEE处理设施，可以采取更协调的方式促进材料跨境运输至保证WEEE无害环境管理的地点。

在西非，加纳、尼日利亚和科特迪瓦均颁布了关于WEEE管理的具体立法。尼日利亚的《国家环境（电气和电子行业）条例》（2022年）和加纳的《危险和电子废弃物控制法》（第917号）（2016年）均强调生产者延伸责任（EPR）原则，但关于EPR制度如何运作和效果的信息很少，因此尚不清楚该原则在多大程度上得到执行。

在加纳，所有EEE生产者均要根据自己的市场份额向加纳税务局缴纳生态税。由此征收的税款将分配给加纳环境保护局，该局负责建立一座专用WEEE回收设施。2020年，十家WEEE管理公司根据《电子废弃物控制法》成立了一家协会，名为“电子废弃物圆桌协会”。

德国开发银行正在资助建立向非正规收集者和私人购买WEEE的专门中心，以及建立可持续的国家WEEE回收系统。

在尼日利亚，EPR制度由私营部门主导，由尼日利亚电子废弃物生产者责任组织（EPRON）运营，并受政府监管。EPRON有一个登记处，确定EEE生产者的市场份额，并在此基础上收取EPR费用，同时将该费用分配给收集和回收、提高认识、研究、标准制定活动以及自身的行政管理职能。

其他西非国家也正在取得进展。塞内加尔共和国在2022年宣布了建立WEEE管理监管框架的计划，不过目前面临延迟。在立法生效之前，提高认识、收集和预处理活动在电信监管局的支持下还在继续。尼日尔共和国和冈比亚共和国正在制定和批准国家WEEE管理战略。两国目前均没有官方WEEE管理体系或完善的监管框架或收集网络。尽管尼日尔等国产生的WEEE不及尼日利亚和加纳，但由于数字化，尼日尔在不久的将来可能会经历增长。

西非的其他举措一直在推动正规WEEE收集，例如培训非正规部门工作人员和安排个人防护装备捐赠。手机维修已成为一个极具市场价值的技术就业机会，为此，该地区的一些国家建立了相关培训中心。例如，2020年科特迪瓦在阿比让启动的名为“创造实验室”的项目，一直在教授公众如何维修、再利用和回收社区的WEEE。

5.3 忽视作为危险物质的电子废弃物所产生的环境和健康后果⁵³

WEEE管理仍然令人关切，需要紧急关注和采取行动：自2010年以来，WEEE数量的增长速度是其合理收集和回收速度的五倍。尽管如此，如果发展中国家采取行动，建立WEEE管理基础设施并规范WEEE的管理，仍可保持乐观。

在全球层面，一项渐进式情景预测，到2030年，全球收集和回收率将增至38%；经济评估表明，这将使净零指日可待。如果拥有WEEE管理基础设施和立法的高收入国家到2030年达到85%的收集率（欧洲联盟（欧盟）电子废弃物立法设定的目标），同时发

⁵³ 同上。

展中国家采取行动，以无害环境的方式收集和管理WEEE的比例达到10%，则这可能会实现。

在理想情景下，到2030年，全球收集和回收率将增至60%。总体经济评估表明，得益于人口和环境的外部化成本降低、应对全球变暖的正货币化贡献以及回收的资源价值，届时收益将大于成本，总额将超过380亿美元。在此情景下，所有拥有WEEE管理基础设施的国家均将收集率提高至85%（欧盟目标）；没有正规WEEE管理基础设施的中高收入和高收入国家开始从垃圾填埋场转移WEEE；低收入和中低收入国家改善非正规部门的工作条件，以期以无害环境的方式收集和管理40%的WEEE；同时低收入和高收入国家之间的进一步合作可提高对进口WEEE的处理。

不受管控的WEEE处置将对环境和人类健康产生直接影响。特别值得关注的是，估计每年有5.8万公斤汞和4 500万公斤含有溴化阻燃剂的塑料因此释放到环境中。

电器和含有塑料的电气电子设备使用了阻燃剂和其他有毒、持久性物质。目前每年产生的WEEE塑料达170亿公斤。其中5 900万公斤含有阻燃剂，估计其中有4 500万公斤未得到正确管理。大部分阻燃剂（80%）存在于屏幕和显示器中，但也见于计算机机箱、印刷电路板、连接器、继电器、电线和电缆等。回收含溴化阻燃剂的塑料是一项重大挑战，因为将它们与其他塑料分离的成本很高。关于不受管控焚烧包括危险材料在内的各种材料所产生排放的国际研究，突出强调了吸入塑料电子废弃物中所含重金属（如铅、镉、铬和铜）和溴化阻燃剂带来的健康风险。

最近的一项研究表明，中低收入国家直接从事废弃物处理工作的1 100万非正规企业和当地社区面临伤害的风险很高。

温度交换设备的回收也会引起气候变化和臭氧层损耗。这些对环境有害的影响，部分源于此类设备可能含有的一些制冷剂。根据全球电子废弃物监测数据集，全球73%的温度交换设备的管理方式不环保。没有WEEE立法的国家（即大多数中低收入国家）将制冷剂直接排入大气。

此外，虽然氢氟碳化物不会直接消耗臭氧层，但它们会与氯氟烃和氢氯氟烃一起导致气候变化。氢氟碳化物受联合国气候变化框架公约《京都议定书》的规管，旨在将其净排放量减少到零。一些氢氟碳化物受《蒙特利尔议定书》的管制，旨在逐步淘汰它们。无管制地将WEEE从高收入国家出口到低收入国家进行回收也会导致运输和处理产生额外排放，从而增加总体碳足迹。实施适当的WEEE管理做法至关重要，包括规范的回收流程和负责任的处置过程，以及采用循环经济原则，以最大限度地减少浪费和资源使用。

5.4 电子废弃物的识别、相关性和对全球经济的影响⁵⁴

2022年，在全球范围内产生的WEEE中，已知得到回收的不到四分之一。然而，WEEE中含有宝贵且有限的资源，如果回收得当，可以重新利用。WEEE因此成为个人和一些社区的重要收入来源。生活在中低收入国家的人，尤其是儿童，由于缺乏适当的规定和执法、回收基础设施和培训，面临WEEE带来的风险最严重。尽管针对WEEE从

⁵⁴ 世界卫生组织（世卫组织），[电子垃圾](#)，2024年。

一个国家运输到另一个国家的国际规定，但向中低收入国家的跨境转移仍在继续，且通常非法。WEEE被视为危险废弃物，因为其中含有毒材料，如果回收不当，可产生有毒化学物质。许多有毒材料已知或疑似危害人体健康，包括二恶英、铅和汞。不恰当的WEEE回收会对公众健康和安全构成威胁。

电气电子设备含有许多不同的有毒物质，但只要设备在使用中，用户就不太可能接触这些物质。然而，一旦丢弃，毒素就会释放到环境中，除非以无害环境的方式进行处置。在WEEE场所发现了许多不当做法，包括：

- 1) 捡拾；
- 2) 倾倒在陆地或水体中；
- 3) 与常规废弃物一起填埋；
- 4) 露天焚烧或焚烧供热；
- 5) 酸浴或酸浸；
- 6) 剥离和粉碎塑料涂层；以及
- 7) 手动拆卸设备。

这些活动对环境有害并危害健康，因为它们会释放有毒污染物，污染回收站和邻近社区的空气、土壤、尘土和水。露天焚烧和加热被视为最危险的活动，因为会产生有毒烟雾。一旦进入环境，这些有毒污染物能够从污染点传播到距离很远的地方，使遥远地区的人暴露在有害物质下。

儿童和孕妇尤其容易受到非正规WEEE回收活动产生的有害污染物的影响。一种特别有害的做法是将儿童作为廉价劳动力的来源进行剥削，让其捡拾废物、焚烧废弃WEEE以及手动将废弃WEEE拆解成零部件。这些活动直接使儿童暴露在伤害和有毒危险中。国际劳工组织（ILO）认为，拾荒是最恶劣的童工形式之一。2020年，劳工组织估计，全球有多达1 650万名儿童在工业领域工作，废弃物处理是其中一个子部门。⁵⁵尚不清楚有多少童工参与非正规WEEE回收。

WEEE暴露可能与妊娠期、婴儿期和儿童期的以下健康影响有关：

- 1) 新生儿不利后果，包括死产和早产率增加；
- 2) 不良神经发育、学习和行为后果，尤其与非正规电子废弃物回收活动中释放的铅相关；以及
- 3) 肺功能和呼吸功能下降且哮喘发病率增加，可能与许多WEEE回收站空气污染水平高相关。

儿童和孕妇特别容易受到非正规WEEE回收活动释放的有害物质的影响。汞等有毒化学物质可以穿过胎盘并可能污染母乳。胎儿和幼童由于身体正在快速发育，他们比成年人更容易受到通过WEEE回收释放的许多污染物的影响，特别是他们的呼吸、免疫和中枢

⁵⁵ 国际劳工组织（劳工组织），“[童工：2020年全球估算、趋势和未来方向](#)”，2021年。

神经系统。WEEE含有多种已知神经毒素，包括铅和汞，它们能够在妊娠期、婴儿期、儿童期和青少年期干扰中枢神经系统的发育。来自WEEE的一些有害毒素还可能影响肺部的结构发育和功能。儿童发育系统的变化可能造成不可挽回的伤害，并影响他们的余生。

预防和管理

国家和国际行动对于保护社区免受不良WEEE回收活动的影响至关重要。可采取的行动包括：

- 1) 通过并执行高级别国际协议。
- 2) 制定并实施国家WEEE管理立法，保护公众健康。
- 3) 将健康保护措施纳入国家立法。
- 4) 监测WEEE站点及其周边社区。
- 5) 实施并监测干预措施，改进非正规WEEE回收活动，保护公众健康并确保社区收入的重要来源。
- 6) 对各级卫生工作者开展WEEE相关儿童健康问题的教育；以及
- 7) 消除童工。

国际协议

《巴塞尔公约》管理着危险废弃物的越境转移及处置。这是一项全面的环境协议，旨在解决与危险废弃物管理有关的问题，包括WEEE。2019年，《巴塞尔公约》禁令修正案生效，禁止包括WEEE在内的危险废弃物从经济合作与发展组织（经合组织）国家、欧盟委员会成员国和列支敦士登公国转移至《公约》的其他缔约国。《巴塞尔公约》开展项目和讲习班，制定和提供关于WEEE无害环境管理的指导。还为各国提供导则，指导如何区分废弃物和非废弃物，以及WEEE的跨境转移。此外，还存在区域性公约，包括《巴马科公约》和《瓦伊加尼公约》。这两项区域性公约均响应《巴塞尔公约》，旨在进一步限制包括WEEE在内的危险废弃物在非洲和南太平洋国家转移。

第6章 – 为应对电子废弃物处理和程序挑战采取的行动

为了应对上述挑战，国际电联启动了一项旨在改善全球电子废弃物管理的综合计划。国际电联的这一举措寻求到2023年将全球电子废弃物回收率提升至30%，并将电子废弃物立法扩展至50个国家。⁵⁶这项计划包括在发展中国家的试点项目，重点关注电子废弃物收集、拆解、翻新和回收。此外，针对关键利益攸关方的意识提升活动和减少排放的碳信用额度等减缓措施，对于促进可持续的电子废弃物管理也至关重要。

处理电子废弃物需要采取集体行动来提高认识，以及实施回收和减少环境危害的有效战略。通过整合这些措施，我们能够减轻电子废弃物对环境和人类健康的影响。下文介绍了对国际电联成员国和相关组织在此方面所开展的工作进行的一些案例研究。

在喀麦隆共和国⁵⁷，电子废弃物管理已成为重要焦点，并开展了改进电子废弃物处理和回收的努力。尽管已建立法律框架，但执法挑战和资源限制使进展缓慢。

喀麦隆出台了规定，明确用户对电子废弃物处置的责任，但缺乏有效落实。尚未建立专门的电子废弃物处理中心。不过，近期的举措促成了杜阿拉电子废弃物处理中心的开发。该项目由全球环境基金支持，旨在应对资金限制和技术差距等挑战。中心将集中电子废弃物的处理，包括拆解、储存和回收有价值的材料，为该国的可持续性努力做出贡献。

喀麦隆的电子废弃物管理项目是其环境保护和可持续发展战略的重要一步，重点关注资源回收和应对严峻的电子废弃物挑战。

世界银行数字发展全球实践局⁵⁸在100多个国家开展工作，促进数字经济的繁荣发展。其工作包括提供融资、咨询服务和技术专长，并得到了国际金融公司和多边投资担保机构的支持。

世界银行重点关注扩大宽带连接、促进数字产业发展、利用数字工具提高气候复原力和加强网络安全等关键领域。其数字发展伙伴关系和身份识别促进发展倡议等旗舰举措，旨在加快包容性数字化，以及提升对教育、医疗保健和治理等领域数字解决方案的获取。世界银行还通过推广ICT促进可持续发展和灾害管理为脆弱区域提供支持，使相关努力与全球气候目标保持一致。

正规回收者与非正规工作人员之间的协作是改善电子废弃物管理的关键。⁵⁹通过将非正规部门的收集能力与正规部门的处理效率相结合，两个部门均能够提高回收率并减少环境危害。投资专业处理设施等基础设施对于负责任地处理电子废弃物至关重要。通过规定和培训使非正规部门正规化，对于打造循环经济、提升工人的安全和促进可持续做法至关重要。

⁵⁶ 来自科特迪瓦的ITU-D第2研究组2/45号文件。

⁵⁷ 来自喀麦隆的ITU-D第2研究组2/38号文件。

⁵⁸ 来自世界银行的ITU-D第2研究组2/74号文件。

⁵⁹ 来自印度的ITU-D第2研究组2/111号文件。

在印度尼西亚共和国⁶⁰，依据环境和林业部及通信和信息科学部监督的危险废弃物条例管理电子废弃物。但是，该国缺乏专门的电子废弃物规定。

印度尼西亚将电子废弃物划分为危险废弃物，因此需要谨慎管理，以减轻其对环境健康的有害影响。印度尼西亚通信和信息科学部已启动多项举措，改善电信行业的电子废弃物管理，包括制定国家战略计划、试点项目以及负责任的处置和回收政策。通过这种方式，印度尼西亚正在努力更好地解决电子废弃物问题并减少其带来的环境和健康风险。

全球都在加强解决电子废弃物问题和促进循环经济发展。《2024年全球电子废弃物监测报告》⁶¹提供了关于全球电子废弃物趋势的最新洞察，重点关注相关挑战和统计数据。国际电联与联合国训研所合作，支持东部和南部非洲等区域统一电子废弃物数据，布隆迪和肯尼亚等国家从基线研究中受益。⁶²

各国政府也在制定政策和条例。⁶³例如，多米尼加共和国在经过广泛磋商后，于2023年10月发布了国家电子废弃物条例。国际电联正在支持卢旺达共和国、赞比亚共和国和巴拉圭等国家在EPR框架下制定国家电子废弃物条例。

布隆迪在WEEE管理方面取得了重大进展。重要组织大湖社区赋权举措在2022年收集并处理了32.6公吨电子废弃物，展现了该国为解决日益严重的电子废弃物问题所做的努力。

2022年的数据⁶⁴披露了每月的收集数字，其中处理量最高的是4月（5.09公吨）、2月（4.05公吨）和9月（3.73公吨）。这些努力突显了持续存在的挑战，但也表明布隆迪解决电子废弃物的承诺。一项关键目标是通过施行更严格的产品质量标准减少WEEE的数量。不同行业的能力建设举措对于支持WEEE管理工作也至关重要。

尽管面临持续挑战，但布隆迪认识到，需要提高对废弃物不当管理的意识，并实施“谁污染，谁付费”政策，这是增强废弃物收集参与度和改善整体电子废弃物管理的关键步骤。

2020年，多米尼加共和国通过多米尼加电信研究院向国际电联寻求技术援助，以制定管理WEEE的规定。这一举措为改善该国电子废弃物管理迈出了重要一步。

2021年12月⁶⁵，多米尼加电信研究院与多米尼加共和国环境和自然资源部签署了一项机构间合作协议，重点关注可持续发展。该协作重视WEEE的回收、储存、运输和循环利用，以减少废弃物的产生。由此，第253-23号总统令批准了建立国家WEEE综合管理框架的条例。该条例执行EPR，并确保WEEE的无害环境管理，旨在回收有价值的原材料。

这些规定的实施是多米尼加共和国改进WEEE消费后管理的重要里程碑。表明该国对环保、负责的电子废弃物管理和资源回收的承诺。

⁶⁰ 来自印度尼西亚的ITU-D第2研究组2/184号文件。

⁶¹ 联合国训研所、国际电联和Carmignac基金会，《2024年全球电子废弃物监测报告》。

⁶² 来自国际电联电信发展局的ITU-D第2研究组2/195号文件。

⁶³ 来自国际电联电信发展局的ITU-D第2研究组SG2RGQ/78号文件。

⁶⁴ 来自布隆迪的ITU-D第2研究组SG2RGQ/126号文件。

⁶⁵ 来自多米尼加共和国的ITU-D第2研究组SG2RGQ/142号文件。

通过采取与全球环境可持续性目标保持一致的行动，赞比亚在促进可持续性和应对气候变化方面取得了长足进步。这些努力与推进联合国可持续发展目标紧密相关，体现了该国改善电子废弃物管理和回收利用的承诺。

赞比亚的举措⁶⁶包括与赞比亚全球移动通信系统协会和移动网络运营商合作，以电子通话时间充值系统取代传统的刮刮卡，旨在到2024年减少废弃物。赞比亚监管机构与E-Tech Recycling公司建立了伙伴关系，正在通过两个重要项目“电子废弃物驱动”和“我的环境校园宣传活动”促进环保的废弃物管理。赞比亚还与国际电联合作，制定EPR规定，将在赞比亚环境管理局和赞比亚信息通信技术管理局等机构的支持下，就负责任的管理对电子废弃物制造者问责。

这些正在开展的举措展现了赞比亚对可持续性和电子废弃物管理的决心，为长期的环境健康奠定基础，并为全球可持续性目标做出贡献。

自2018年起，卢旺达在电子废弃物管理方面取得了显著进展，⁶⁷卢旺达公共事业管理局（RURA）制定了WEEE处理规定。这项工作中的关键政策举措是实施EPR，旨在通过循环经济方式确保电子废弃物的可持续管理。

卢旺达每年产生约7 000公吨电子废弃物。EPR制度的引入将生产者的责任扩大至产品销售之外，包括产品寿命终止后的废弃物管理。该制度是卢旺达实现循环经济的更广泛努力的一部分，如“卢旺达国家循环经济行动计划”所述。国际电联与联合国环境署和德国国际合作机构等合作伙伴协作，为这项举措提供技术和资金支持。援助的第二阶段从2023年持续至2025年，由沙特阿拉伯王国通信、空间和技术委员会（CST）提供支持。

卢旺达通过EPR管理电子废弃物的努力与该国的可持续发展目标一致，并得到了国际伙伴的支持。这项举措旨在促进循环经济，并应对电子废弃物的相关环境和健康风险。

总体而言，解决电子废弃物问题需要多管齐下，包括创新、监管框架和公共私营伙伴关系。重要措施包括欧盟WEEE指令等规定、采用EPR、回收技术的进步以及消费者教育。国际协作，尤其是在发展中国家，对于提供安全的电子废弃物管理所需的基础设施和技术至关重要。通过统一政策、技术和教育，国际社会能够减少电子废弃物的环境影响，促进未来更可持续的循环经济。

6.1 减少和再利用电子废弃物的方法和途径

如上所述，尽管数字化转型为新兴经济体带来了不可否认的好处，但电子废弃物也给社会带来了挑战。设备的激增、大规模制造、频繁的升级，以及经常马虎、不规范的电子废弃物处理方式是世界各国面临重大环境和健康危害背后的原因。在大多数新兴经济体中，非正规部门几乎占了电子废弃物行业的90%，只有一小部分电子废弃物由授权运营商处理。

⁶⁶ 来自赞比亚的ITU-D第2研究组SG2RGQ/146号文件。

⁶⁷ 来自卢旺达的ITU-D第2研究组SG2RGQ/217号文件。

非正规部门不仅在电子废弃物的收集方面占主导地位，在电子废弃物的拆解方面也是如此。电子废弃物的拆解方式往往十分粗暴、不科学，不仅污染地下水，产生有毒烟雾、进一步加剧空气污染，危害环境，而且还危害工人自身，他们面临着严重的皮肤病和肺部疾病风险。

这一领域的创新将把电子废弃物的收集和回收流重新转向正规部门，为废弃物收集者创造新的就业机会，提高他们的生活质量。

在印度，政府通过政策和不懈努力⁶⁸希望推动电子废弃物的科学管理。政府正在公众和行业参与下制定消费者友好型政策，科学处置电子废弃物的能力也正在融入智慧城市项目，而且通过技术的创新转让，非正规部门的技能正在得到提升。

由于政府鼓励部署“印度制造”绿色技术，利益攸关方已经转让了技术，以便通过创新实现电子废弃物的安全处置和管理。这不仅有助于回收利用稀有自然资源，而且大大减少了碳排放，确保创造就业机会、提高技能和自力更生能力，同时以可持续的方式实现国家循环经济的愿景。

EPR政策要求生产者对其产品的整个生命周期负责，尤其关注电子废弃物管理。这种方式鼓励制造商在设计产品时就注重报废处置，从而促进对环境负责的回收和处置做法。应强制要求制造商⁶⁹建立电子废弃物交换设施，提高收集和回收利用的便捷性，并明确电子物品批量购买者负责以安全、科学的方式处置其产品。应由制造商负责收集并确保回收或处置制造过程中产生的电子废弃物。只有符合政府规定的新电气和电子设备才可以进口或投放市场，同时，政府应激励该领域创新。需要更多创新措施和标准来减少电子废弃物的产生，例如，推动用户对各种设备使用单一充电器，从而降低对多个充电器和连接线的需求，否则它们最终会成为电子废弃物。欧盟强制采用USB-C作为通用充电标准，有助于最大限度地减少电子废弃物。仅这一项简单措施就旨在每年减少1.1万公吨电子废弃物，并通过减少对多个充电器的需求，为消费者节省2.5亿欧元之多。⁷⁰

国际电联⁷¹在推进EPR原则方面发挥了重要作用，尤其是在管理电子废弃物方面。国际电联制定了基于EPR的可持续电子废弃物管理导则，在国际电联L.1021标准中列出。这些导则帮助各国制定有效的电子废弃物政策和规定，支持电气电子设备发展循环经济。

根据《2024年全球电子废弃物监测报告》，⁷²在81个有国家电子废弃物政策的国家中，67个已采用EPR原则，表明向生产者电子废弃物管理责任的全球转变。通过这些举措，国际电联强调了EPR在管理电子废弃物、推广可持续做法和促进利益攸关方协作应对全球电子废弃物挑战方面的重要性。

⁶⁸ 来自印度的ITU-D第2研究组2/81号文件。

⁶⁹ <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Publications/The-Global-E-waste-Monitor-2024.aspx>。

⁷⁰ <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20220603IPR32196/deal-on-common-charger-reducing-hassle-for-consumers-and-curbing-e-waste>。

⁷¹ <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/e-waste.aspx#zh>。

⁷² <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Publications/The-Global-E-waste-Monitor-2024.aspx>。

6.2 减少电子废弃物产生的消费者行动^{73、74}

消费者缺乏意识和不参与是阻碍电子废弃物有效回收的主要障碍。许多人仍未意识到电子废弃物的环境影响，或者不知道如何正确处理其电子设备。公司通过告知客户和雇员回收电子废弃物的重要性以及如何参与其中，能够发挥关键作用。

消费者，无论是个人还是组织，均有责任减少电子废弃物并发挥重要作用。明智的选择可以帮助我们转向以循环方式对待电子产品生命周期，促进创造一个更可持续的未来。

消费者需要采取切实措施，帮助减少电子废弃物。这些措施包括以下方面：

延长设备使用寿命

这项措施涉及改变消费者行为，变得更负责任：

- 购买前三思：是否真的需要新设备？能否通过购买二手/翻新设备获得同样的物品？物品的耐用性如何？如有必要，能够修理吗？在寻找物品货源时，考虑那些提供回收计划或回收旧设备的厂商。
- 维修，而非更换：在购买新设备前，考虑维修自己的设备。这可能是成本最低的方案，一次性解决多个问题。
- 保养和维护：及时维护（清洁、升级/更新），并小心使用。这可以极大延长设备的使用寿命。

选择使用寿命长的产品

有责任心的消费者购买使用寿命长的物品。在购买电气电子设备之前，可以做以下几件事：

- 选择设计耐用、以优质材料制成且设计坚固的产品。
- 便宜、批量生产的产品可能不如选择高质量的产品明智。
- 查看保修期以及产品维修条件。
- 选择包装精简且可回收的产品。

尽一份力，回收废弃电气电子设备

消费者可以在回收前、回收期间和回收后阶段为WEEE回收做出贡献。一些建议如下：

- 将使用过的电气电子设备送到回收中心，而非丢弃或作为家庭废弃物处置。一些公司已认识到回收电子废弃物的价值，并主动提出购买此类设备。

⁷³ <https://safetyculture.com/topics/circular-economy/e-waste-recycling/>。

⁷⁴ <https://www.ironmountain.com/en-gb/resources/blogs-and-articles/t/the-circular-economy-and-e-waste-achieving-a-more-sustainable-future。>

- 在将设备送到回收点之前进行预分类（电池、电线等）。
- 考虑环保替代方案：仍可使用的设备可以由家庭成员重复使用，或捐赠给慈善机构。同样，应鼓励政府与从WEEE获取价值的公司建立伙伴关系。

喀麦隆为管理WEEE而采取的短期举措包括为企业和组织管理其WEEE制定具体规定，要求他们负责清除和处置废弃物，与供应商另有约定的除外。

大部分WEEE由家庭和商业消费者制造。他们有责任将WEEE与其他废弃物分开放置，并在硬件报废后退还给厂商。消费者也承担WEEE管理的成本，无论是以销售点回收税的间接形式，还是在旧硬件回收时直接支付。尽管如此，也有观点指出，消费者需要更多地意识到自己的责任以及WEEE对环境 and 人类健康的影响。

在另一个实例中，印度德里Seelampur街区正在通过在非正规部门的宣传活动处理WEEE激增造成的环境和健康问题，非正规部门在该市的WEEE管理中发挥着重要作用。由于缺乏安全规定和制度，工人有时会暴露在健康危害中。因此，正在努力使该部门正规化，并在官方和非正规回收者之间建立协作，以便在健康、安全性和环境方面取得更好的成果，同时创造新的就业。政府代表应致力于从不可持续的线性经济模式向正规部门转型，为非正规工作人员提供培训计划和合适的设备，以及由政府提供正规支持，资助社会保障计划。此类支持能够改善非正规部门工作人员的经济和社会福祉，并推动电子废弃物管理的可持续做法。

概括而言，为减少电子废弃物的产生，必须以可持续性、维修和回收为目标。每项行动都很重要，并有助于保护我们的环境。

6.3 将电子废弃物纳入国家循环经济行动计划

鉴于废弃物不当管理造成的健康和环境风险，以及损坏/废弃硬件中所含宝贵材料代表的经济潜力，将WEEE纳入国家循环经济行动计划已变得绝对必要。

在各国签署的国际条约和协定（特别是《巴塞尔公约》和关于WEEE的区域性规定）带来的国际压力影响下，环境意识大幅提升，尤其是在政府内部。由于这些协议，各国都有动力制定国家规定。

不可否认，不当的WEEE管理可导致公共健康问题，尤其是在非正规部门的工作人员中，我们有责任为子孙后代留下一个健康、受保护的环境。

研究显示，WEEE含有铅、汞和镉等多种危险物质。如果管理不当，它们可导致土壤、水和空气污染，危及生态系统和人类健康。

在此背景下，印度通过基于循环经济和创新方式的电子废弃物管理计划，注意到尽管数字/ICT革命改变了生活并为新兴经济体注入活力，但由于不当的WEEE管理，也给环境和人类健康带来了风险。

为了控制WEEE管理并充分发挥其潜力，主管当局已通过政策并努力鼓励以消费者友好的方式对电子废弃物进行科学管理，将消除电子废弃物纳入智慧城市规划。政府对“印度制造”绿色方案和电子废弃物安全处理技术转让的支持，旨在回收资源、减少碳足迹、创造就业、提高竞争力，以及实现可持续的循环经济。

环境政策的快速演变使管理电子废弃物问题成为国际场合许多考量的中心，其经济潜力也得到广泛认可。相应地，各国正在努力加强国家监管框架，超越仅仅旨在管理WEEE的政策并努力实现循环经济，促进更全面的WEEE管理方式。

在此背景下，澳大利亚于2011年通过了一项涉及产品负责管理的法律，并在这之下，制定了国家电视和计算机回收计划。该法律也为澳大利亚负责任产品管理的发展和影响提供了蓝图。

从2009年通过旨在改善产品环境、健康和安全影响管理的国家废弃物政策，到通过关于循环经济的法律，这份文件代表着监管向前迈出了一步。澳大利亚为监管框架如何升级提供了范例，因为该国自2012年起已有关于循环经济的法律，使之能够减少最终进入垃圾填埋场的废弃物，特别是危险的电子废弃物，并提高可重复使用的物质的回收。

对于寻求制定循环经济国家政策的国家，国际电联电信发展局（BDT）会提供技术和资金支持。在此背景下，“2024年全球电子废弃物监测报告”计划⁷⁵于2024年3月20日启动，是政治和工业决策制定者的重要参考。报告显示，2022年全球创纪录地产生了620亿公斤电子废弃物，其中仅22.3%得到官方回收。报告覆盖81个国家，其中67个实施了EPR，46个制定了电子废弃物收集的国家目标，36个制定了回收目标。该报告由国际电联及联合国训研所“可持续循环”项目和Carmignac基金会等合作伙伴供资。还发布了针对西巴尔干地区的区域性报告，其中提出了针对电子废弃物可持续管理的六项建议。

6.4 将ICT纳入国家循环经济行动计划

考虑到可持续发展面临的挑战，尤其是与环境相关的挑战，各国制定并通过包含ICT的国家循环经济计划变得前所未有的重要。此类计划为向更可持续的经济模式转变提供了战略框架，并能够借助电信/ICT协调经济增长与自然资源保护。

全国/国家层面的计划若要充分发挥潜力，有必要将ICT纳入其中。

电信/ICT可以通过使追踪回收产品变得更简单和二手零件再利用支持计划，推动数字化转型，促进循环经济发展。

绿色电池生态系统旨在认证电动汽车电池的剩余寿命预期，该生态系统的发展彰显了电信/ICT的重要性。表明，电池循环经济不断增加的经济和环境价值与电动汽车电池管理相关，包括电池的再利用和回收。现估计，电动汽车电池回收市场到2040年将增长至573.95亿美元。

将ICT纳入国家行动计划有助于优化进程。通过收集数据，可以发现瓶颈，助力优化生产和分销流程，从而减少废弃物。

政府还应将ICT纳入其国家行动计划，以充分利用循环经济的经济效益。其中一项潜在益处是有可能从基于所有权的模式转变为基于使用的模式，为依靠租赁、订阅和共享以及其他可能解决方案的新商业模式创造机会。

⁷⁵ 联合国训研所、国际电联和Carmignac基金会，《2024年全球电子废弃物监测报告》。

最后，ICT能够为循环经济的每个关键阶段提供强大推动力，尤其是维修、回收和再利用，并有望创造新工作。

鉴于ICT行业产生了大量WEEE，该行业以及制造业、农业等其他行业均可从循环经济中获益良多。因此，可以说循环经济是ICT行业的一个重大课题。延长设备使用寿命以及设备重复使用和回收，对减少该行业的环境足迹至关重要。

这些是支撑国际电联致力于制定国家循环经济计划和国家层面监管文书的一些考量，将相关领域专业知识提供给各国，并支持它们为必要的研究寻找资金。

第7章 – 前进方向与结论

7.1 气候变化

2023年召开的UNFCCC缔约方大会第28届会议（COP28）是一个重要转折点，会议达成一致，着眼于“开始终结”对化石燃料的依赖，并以大幅减排和增加气候融资支持公正、公平的转型。⁷⁶

根据欧洲第五代再分析（ERA5）数据集⁷⁷，2025年1月是全球有记录以来最热的1月，地表空气温度为13.23°C，比1991年至2020年间该月平均温度高0.79°C。此外，比工业化前（1850-1900年）的1月正常值高1.75°C。在19个月的时间里，全球平均地表气温有18个月超过工业化前水平1.5°C。在这18个月中，有12个月（2023年9月到2024年4月和2024年10月到2025年1月）气温大幅超出1.5°C，范围在1.58°C到1.78°C之间。2023年7月和8月以及2024年5月、6月、8月和9月的温度均在1.5°C的阈值附近，范围在1.50°C到1.54°C之间。

将电信/ICT纳入气候行动已成为一项核心战略。2022年，联合国环境大会将数字化转型确定为减少ICT行业环境影响的关键，目标是到2050年逐步淘汰80%的化石燃料使用，并打造近零废弃物经济。包括地球观测、物联网和数据中心在内的电信/ICT能够帮助监测环境、追踪排放并优化能源使用。然而，这些技术也导致对锂和钴等原材料的需求增加，突显出实现可持续数字化转型的必要性，减少能源消耗和排放或减轻环境影响。

ICT行业估计占全球碳排放的1.5%至4%。用户设备产生了其中近一半的碳足迹，来自使用以及产品生命周期。随着物联网的兴起，该行业的排放预计将大幅增加。为解决这一问题，ICT行业正在将能效和电子废弃物管理作为关键解决方案。⁷⁸

地球观测等尖端技术对于跟踪和控制环境变化、最大限度提高能源使用效率以及降低不同行业的碳排放至关重要。将这些技术与可持续习惯相结合，可大幅减轻气候变化的影响并促进长期环境可持续性。气候行动的重点是到2030年将全球温室气体排放减少50%，并且到2050年实现净零。这涉及向低碳能源来源转型、采用使能技术、制定更严格的规定和标准，以及应对二氧化碳排放的影响。减缓、适应和复原力是气候行动的三大支柱。

政府和公司应通过激励措施鼓励购买绿色能源设备，并支持绿色能源领域的研发。更多地使用领先的碳捕获、利用和封存技术可减少二氧化碳排放，并将二氧化碳转化为实用产品。通过实施节能措施减少碳排放至关重要，这些措施包括使用燃料电池、暖通空调系统、低排放锂离子电池、太阳能、建筑材料和其他战略。

⁷⁶ [COP28成果报告](#)

⁷⁷ <https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-january-2025>

⁷⁸ K. Rajaraman, 印度, “制定绿色ICT政策促进气候变化减缓：印度视角”。关于绿色ICT和新兴技术促进减缓气候变化的ITU-D讲习班，日内瓦，2023年5月29日。

探索使用氢燃料电池系统、小型太阳能风能混合系统、基于气瓶的天然气发电机、使用生物柴油的发电机和铝基燃料发电机，以减少或消除ICT行业的柴油使用极为重要。此外，改善电信设施的电力可用性，减少对柴油或其他基于化石燃料的离网解决方案的依赖，可以降低燃料的使用量，并鼓励采用替代能源。

政府还可以帮助电信网络运营商和服务提供商克服各种挑战，包括：昂贵的资本和运营支出，常规能源的替代，锂离子电池、太阳能电池板和节能设备的使用，安装太阳能电池板所需的额外空间，以及生产绿色能源的高成本等。

空间限制，如无法在电信铁塔旁安装绿色能源设备（太阳能电池板等），是ICT使用绿色能源的主要制约因素。

地形等地理限制、气候条件、可行性和过于复杂的市政许可也会使这一过程变得困难。电信部门面临的其他主要制约因素包括：在获取场地空间、可行性、业主同意、具有足够结构强度的建筑物，以及屋顶站点方位适宜性等方面存在的重大挑战。节能电器和锂离子电池的国内生产是当前的需求。

绿色能源技术的操作和维护成本极其高昂。财务壁垒可能会阻碍或降低电信行业使用它的兴趣。

7.2 电子废弃物

在大多数新兴经济体，非正规部门在电子废弃物管理中发挥着重要作用，包括电子废弃物收集者和拾荒者等收集和分类废弃电子设备的个人。另一方面，由市政府和电子废弃物管理公司组成的正规部门负责处理和回收电子废弃物。将非正规部门纳入正规电子废弃物管理系统，提高效率并减少电子废弃物不当处理的相关负面环境影响的需求日益增加。

改善电子废弃物管理的关键在于加强非正规部门与正规部门之间的协作。如果电子废弃物收集者可以使用正规的收集和设施，并获得适当培训和设备，非正规部门的收集效率能够显著提高。通过合作，非正规废弃物收集者和正规回收组织可以更好地将可回收材料与不可回收材料分开，确保更多电子废弃物从垃圾填埋场分流出来。

正规部门可以投资建设回收基础设施，如建立回收设施和废弃物处置系统。推动非正规部门获取资源，改进电子废弃物的处理和加工。此外，在非正规部门内推广电子废弃物分离技术可以激励工人将可回收物品分开，并增加可回收或再利用材料的数量。

从线性经济向循环经济的转变是改善电子废弃物管理的另一个关键步骤。当前的线性经济模式不可持续且容易受到干扰，可通过数字技术加强废弃物管理系统效率、问责和透明度，实现转型。数字化转型，包括数据管理系统和回收技术，可以确保电子废弃物中的材料和部件得到回收和再利用，从而支持向更可持续的循环经济转变。

私营部门参与对于确立可持续的电子废弃物管理做法不可或缺。通过与制造商和应用EPR的组织建立的战略伙伴关系，非正规电子废弃物收集者能够获得大量电子废弃物，从而确保稳定的收入来源。此外，相关规定应激励非正规回收者采用可持续的做法，符合既定的安全和健康标准。

政府的支持非正规部门正规化方面也发挥着重要作用。提供财政援助、补助金、贷款和小额信贷等政策干预，可以帮助非正规工作人员改进其做法并获得所需的资源。此外，提供创业和职业教育等培训和教育机会，可以提升非正规部门工作人员的效率和技能。获得包括医疗保健、失业救济金和退休计划在内的社会保障，会进一步改善非正规部门工作人员的生计。

在新兴经济体，将非正规电子废弃物部门正规化对于可持续的电子废弃物管理至关重要。通过促进非正规部门与正规部门的协作、改善回收基础设施并实施数字化解决方案，能够显著提高电子废弃物的收集、分离和回收效率。通过财政激励、培训和社会保障计划等方式的政府支持，是将非正规工作人员纳入正规电子废弃物管理体系的关键。通过这些措施，新兴经济体能够向循环经济转型，改善环境可持续性以及非正规工作人员的生计。

减少电子废弃物的环境影响并鼓励回收，应作为电子废弃物政策的主要目标。EPR是政府可用来要求生产者对其商品回收和处置负责的工具。如果有更严格的电子废弃物安全管理规定，环境将不会受到危险物质的污染。提高公众对合理处置和负责任使用的认识至关重要。为了延长设备的使用寿命，政策还应鼓励电子产品的维修、再利用和翻新。鼓励可持续的产品设计有助于减少未来的电子废弃物，同时，设立专门的电子废弃物收集地点和与回收公司合作，将保证处理的恰当性。

改善电子废弃物管理的全球努力正在逐渐受到重视。在81个有国家电子废弃物政策的国家中，67个已实施EPR规定，就产品的寿命终结管理对生产者问责。此外，46个国家设定了国家电子废弃物收集目标，36个已制定回收目标。这些统计数据反映了全球意识和行动不断增强，同时也突显出需要更全面的系统处理不断产生的大量电子废弃物。

Annex 1 – List of contributions and liaison statements received on Question 6/2

Contributions on Question 6/2

Web	Received	Source	Title
2/401	2025-04-22	United Kingdom	UK comments on draft Q6/2 final report
2/390	2025-04-21	Réseau International Femmes Expertes du Numérique	When machines paint: unpacking the environmental costs and ethical-intellectual property implications of AI-generated art
2/389	2025-04-21	Burundi	Management of waste electrical and electronic equipment in Burundi and the countries of the East African Community: strategies, policy, challenges and prospects
2/377	2025-04-16	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
2/363 (Rev.1)	2025-05-09	Rapporteur for Question 6/2	Draft Output Report on Question 6/2
2/356	2025-03-13	Rwanda	Implementation of the Extended Producer Responsibility (EPR) principle for the management of electrical and electronic waste in Rwanda
2/334	2024-10-30	Côte d' Ivoire	Integrated National Strategy for the Promotion of the Circular Economy (SNIPEC) 2023-2027
2/324	2024-10-29	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
2/302	2024-10-26	China	Signalling push technology: insights and perspectives
2/295 (Rev.1) +Ann.1	2024-10-22	China	AI for Good, bridge the AI divide
2/293 +Ann.1-2	2024-10-21	GSM Association	2024 Mobile Industry Impact Report: Sustainable Development Goals
2/285	2024-10-03	Republic of the Congo	Consumer protection against the risks of waste electrical and electronic equipment in the CEMAC zone
2/282	2024-10-31	Rapporteur for Question 6/2	Draft Output Report on ITU-D Question 6/2
2/265	2024-09-25	Association for Progressive Communications	Building common agendas towards ICT for environmental justice

(continued)

Web	Received	Source	Title
2/263	2024-09-24	Chad	Initiatives to promote going paperless in public authorities and management of waste electrical and electronic equipment
2/262	2024-09-24	Burundi	Collection of waste electrical and electronic equipment in Burundi: issues, challenges and perspectives
2/236	2024-09-04	India	Reducing disaster risk by using emerging technologies
2/232	2024-10-02	Rapporteur for Question 6/2	Annual progress report for Question 6/2 for November 2024 meeting
RGQ2/217	2024-04-26	Rwanda	Implementation of the extended producer responsibility principle for the management of electrical and electronic waste in Rwanda
RGQ2/196	2024-04-16	Republic of Korea	Innovative approaches for sustainable mobile phone collection and recycling
RGQ2/195	2024-04-16	Republic of Korea	Harnessing AI for climate action: balancing benefits and environmental impact
RGQ2/190 +Ann.1	2024-04-15	United Kingdom	Telecoms towards Net Zero?: An excerpt from Ofcom's Connected Nations report
RGQ2/185	2024-04-15	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
RGQ2/171	2024-04-04	Russian Federation	The digital twin of the Ob-Irtysh River basin
RGQ2/146	2024-03-14	Zambia	Employing demand side e-waste management practices in the absence of a legal framework
RGQ2/142 +Ann.1	2024-03-12	Dominican Republic	Implementation of the regulation for integrated management of waste electrical and electronic equipment in the Dominican Republic and extended producer responsibility
RGQ2/135	2024-03-07	Cameroon	Responsibility of producers and consumers in a circular economy of electrical and electronic equipment
RGQ2/126	2024-02-29	Burundi	Initiatives for the management of waste electrical and electronic equipment in Burundi
RGQ2/119	2024-02-29	Haiti	Proposed text for the Final Report: Chapter 2, Section "Challenges faced by emerging economies due to the digital divide to combat harmful effects and assessment of climate change"
RGQ2/118	2024-02-29	Haiti	Proposed text for the Final Report: Chapter 5, Section "Action to be undertaken by consumers to reduce the generation of e-waste"

(continued)

Web	Received	Source	Title
RGQ2/109	2024-02-17	India	Proposed texts for the output report of Question 6/2
2/195	2023-10-17	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
2/184	2023-10-16	Indonesia	Country experience: e-waste management challenges in Indonesia
2/183	2023-10-16	Australia	Regulatory approach to e-waste products in Australia
2/138	2023-09-22	Madagascar	Adoption of eSIM to protect the environment
2/128	2023-09-08	Burundi	Policy, challenges, opportunities and implications of WEEE management in Burundi
2/126 (Rev.1)	2023-09-14	Rapporteur for Question 6/2	Annual progress report for Question 6/2 for October-November 2023 meeting
2/111	2023-08-31	India	E-waste in emerging economies: towards formalizing the unorganized sector
2/107	2023-08-28	Kenya	Approaches that the Kenyan ICT sector regulator has adopted to manage e waste
RGQ2/78	2023-05-09	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
RGQ2/27	2023-03-30	Haiti	Incentives in favour of dematerialization and online services
RGQ2/21 (Rev.1)	2023-03-23	India	Earth observation: role, prediction and relief in India
RGQ2/14	2023-03-16	Burundi	Issues associated with the collection and recycling of electrical and electronic waste in Burundi
2/TD/8 (Rev.1)	2022-12-07	Rapporteur for Question 6/2	Proposed work plan, table of contents and roles and responsibilities for Question 6/2
2/81	2022-11-25	India	E-waste management through circular economy and innovation in India
2/74	2022-11-18	World Bank	World Bank Study Group 2 Submission: Digital transformation
2/70	2022-11-23	BDT Focal Point for Question 6/2	ITU-D activities on ICTs and the environment
2/46	2022-10-17	Inter-Sector Coordination Group	Mapping of ITU-D Questions to ITU-T Questions and ITU-R Working Parties
2/45	2022-10-14	Côte d' Ivoire	WEEE management in sub-Saharan Africa

(continued)

Web	Received	Source	Title
2/38	2022-10-13	Cameroon	Near-term initiatives planned by Cameroon relating to the management of waste electrical and electronic equipment
2/32	2022-10-11	Haiti	Positive impact of dematerialization and online services on the environment
2/29	2022-09-08	Burundi	National policy for the management of waste electrical and electronic equipment in Burundi

Incoming liaison statements for Question 6/2

Web	Received	Source	Title
RGQ2/103	2023-12-20	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T Study Group 5 to ITU-D Study Group 2 Question 6/2 on information on new work items related to ITU databases on GHG emissions
2/106	2023-07-31	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T Study Group 5 to ITU-D Study Group 2 Question 6/2 on new Question 6/2 and collaboration
RGQ2/6	2023-02-17	ITU-T Study Group 20	Liaison statement from ITU-T Study Group 20 to ITU-D Study Group 2 Question 6/2 (reply to ITU-D Q6/2-2/91)
2/52	2022-11-08	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T Study Group 5 to ITU-D Study Group 2 Question 6/2 on ITU-T Study Group 5 activities
2/41	2022-10-18	ITU-R Study Group 6	Liaison statement from ITU-R Study Group 6 to ITU-D Study Groups 1 and 2 on Opinion ITU-R 104
2/19	2022-06-14	ITU-R Study Group 6	Liaison statement from ITU-R Study Group 6 to ITU-D Study Groups 1 and 2 on new Question ITU-R 147/6 (Energy Aware Broadcasting Systems)
2/14	2022-03-14	ITU-R Working Party 6C	Liaison statement from ITU-R Working Party 6C to ITU-D Study Groups 1 and 2, ITU-T Study Groups 5, 9 and 16, ISO and IEC on Energy Aware Broadcasting Systems
2/4	2021-10-27	ITU-R Working Party 6A	Reply liaison statement from ITU-R Working Party 6A to ITU-T Study Group 5 on work related to environment energy efficiency and the circular economy and new areas of study

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
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
电话: +41 22 730 5421
传真: +41 22 730 5484

非洲**埃塞俄比亚****国际电联****区域代表处**

Gambia Road
Leghar Ethio Telecom Bldg. 3rd floor
P.O. Box 60 005
Addis Ababa
Ethiopia

电子邮件: 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****区域代表处**

SAUS Quadra 6 Ed. Luis Eduardo
Magalhães,
Bloco "E", 10º andar, Ala Sul
(Anatel)
CEP 70070-940 Brasilia - DF
Brazil

电子邮件: 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****区域代表处**

Smart Village, Building B 147,
3rd floor
Km 28 Cairo
Alexandria Desert Road
Giza Governorate
Cairo
Egypt

电子邮件: itu-ro-arabstates@itu.int
电话: +202 3537 1777
传真: +202 3537 1888

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: itu-ro-cis@itu.int
电话: +7 495 926 6070

数字知识中心部（DKH）

电子邮件: 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^e étage
Boulevard du 20 mai
Boîte postale 11017
Yaoundé
Cameroon

电子邮件: 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

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**

4th floor NBTC Region 1 Building
101 Chaengwattana Road
Laksi,
Bangkok 10210,
Thailand

电子邮件: itu-ro-asiapacific@itu.int
电话: +66 2 574 9326 – 8
+66 2 575 0055

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
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
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
电话: +41 22 730 5447
传真: +41 22 730 5484

塞内加尔**国际电联****地区办事处**

8, Route du Méridien Président
Immeuble Rokhaya, 3^e étage
Boîte postale 29471
Dakar - Yoff
Senegal

电子邮件: 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

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**

Gedung Sapta Pesona
13th floor
Jl. Merdeka Barat No. 17
Jakarta 10110
Indonesia

电子邮件: bdt-ao-jakarta@itu.int
电话: +62 21 380 2322

津巴布韦**国际电联****地区办事处**

USAF POTRAZ Building
877 Endeavour Crescent
Mount Pleasant Business Park
Harare
Zimbabwe

电子邮件: itu-harare@itu.int
电话: +263 242 369015
电话: +263 242 369016

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 Cía
Apartado Postal 976
Tegucigalpa
Honduras

电子邮件: itutegucigalpa@itu.int

电话: +504 2235 5470
传真: +504 2235 5471

印度**国际电联****地区办事处和****创新中心**

C-DOT Campus
Mandi Road
Chhatrapur, Mehrauli
New Delhi 110030
India

电子邮件: itu-ao-southasia@itu.int
地区办事处: itu-ic-southasia@itu.int
创新中心: ITU Innovation Centre in New Delhi, India
网址: ITU Innovation Centre in New Delhi, India

国际电信联盟
电信发展局
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

ISBN 978-92-61-41145-9



瑞士出版
日内瓦，2025

图片鸣谢: Adobe Stock