

# ICT 行业绿色低碳发展报告 (2023 年)

中国信息通信研究院泰尔终端实验室

2023年12月

---

## 版权声明

---

本报告版权属于中国信息通信研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。

## 前 言

数字技术对碳中和具有重要赋能作用，在助力全球应对气候变化进程中扮演着重要角色。但数字化转型的加速和算力需求的增加导致 ICT 行业电力需求和碳排放持续增长。“双碳”目标下，我国大力推进 ICT 行业绿色低碳发展，在顶层设计、节能技术应用、能效提升、电子废弃物管理等方面积极探索和实践，推进产业节能减排和绿色高质量发展。

本报告总结了我国 ICT 行业绿色低碳发展历程和国际 ICT 行业绿色低碳发展的经验启示，从 ICT 行业自身的绿色低碳发展和 ICT 行业赋能碳减排两大维度系统梳理了行业发展现状，总结了“十大态势”，从宏观到微观系统分析我国 ICT 行业绿色低碳发展态势。其次，本报告着眼于企业角度，从碳排放侧和碳管理侧提出了 ICT 行业绿色低碳发展的“两侧六大”发展路径，涵盖了生产制造、运营管理等各环节、全链条，在 ICT 行业绿色低碳发展的路径谋划上结合“双碳”目标作出了有益探索。最后，基于态势分析和路径研究，从顶层设计、要素支撑、能源利用、行业联动、国际合作等方面提出政策建议，为政府和企业制定相关绿色低碳发展战略、规划等提供参考借鉴。

本研究有助于 ICT 行业在落实碳达峰碳中和目标任务过程中锻造新的产业竞争优势，将绿色低碳发展贯穿到行业高质量发展的主线中，助力“双碳”目标如期实现。

# 目 录

一、ICT行业绿色低碳发展具有重要意义 .....	1
(一) ICT技术成为应对气候变化关键支撑 .....	1
(二) ICT行业绿色低碳发展历程由浅至深 .....	2
(三) ICT行业能耗和碳排放挑战不容忽视 .....	4
二、国际ICT行业低碳发展提供经验借鉴 .....	5
(一) 欧盟：注重战略引领 .....	5
(二) 美国：加强标准引导 .....	6
(三) 日本：强调废物回用 .....	6
(四) 新加坡：重视绿色数据中心 .....	7
(五) 国际实践经验启示 .....	8
三、ICT行业绿色低碳发展态势积极向好 .....	8
(一) 顶层设计持续完善，指明行业发展方向 .....	8
(二) 节能降碳行动多样，综合能耗不断降低 .....	12
(三) 能源使用不断清洁，碳排结构存在差异 .....	13
(四) 节能技术应用广泛，有效支撑绿色算力 .....	15
(五) 电子废物齐抓共管，低碳效益日渐凸显 .....	16
(六) 企业意识不断增强，自主开展低碳行动 .....	18
四、ICT行业赋能碳减排的成效日益增强 .....	19
(一) 政策层面重点部署，全面推进数字赋能 .....	19
(二) 赋能技术逐渐成熟，应用场景丰富多样 .....	21
(三) 试点示范持续加强，助推技术应用落地 .....	23
(四) 赋能方法探索构建，深化行业融合创新 .....	24
五、ICT行业绿色低碳发展仍需持续发力 .....	25
(一) 碳排放侧：加强清洁电力使用，提高运维绿色水平 .....	25
(二) 碳排放侧：加强低碳技术应用，提升能源利用效率 .....	26
(三) 碳排放侧：加强资源回收利用，推动循环经济水平 .....	27
(四) 碳管理侧：加强企业战略规划，构筑产业绿色生态 .....	28
(五) 碳管理侧：加强企业信息披露，注重低碳人才培养 .....	29

(六) 碳管理侧：加强管碳能力建设，积极开展低碳评价.....	30
六、政策建议.....	33
(一) 加强顶层规划设计政策引导.....	33
(二) 提升低碳发展要素支撑能级.....	34
(三) 促进产业绿色能源高效利用.....	35
(四) 提升产业多方赋能联动能力.....	36
(五) 加强绿色低碳领域国际合作.....	37



## 图 目 录

图1 ICT行业绿色低碳发展历程 .....	3
图2 碳达峰碳中和标准子体系 .....	11
图3 我国ICT制造业能源使用结构 .....	14
图4 中国电子废物管理制度框架 .....	17
图5 碳足迹与碳手印示意图 .....	25
图6 绿色低碳供应链管理体系图 .....	29
图7 环境信息披露框架 .....	30
图8 企业碳管理体系框架 .....	31
图9 ICT产品绿色低碳评价指标体系 .....	32
图10 ICT企业绿色低碳评价指标体系 .....	32
图11 ICT行业绿色低碳评价指标体系 .....	33

## 表 目 录

表 1 ICT 行业绿色低碳发展相关政策 .....	10
----------------------------	----

## 一、ICT 行业绿色低碳发展具有重要意义

### （一）ICT 技术成为应对气候变化关键支撑

我国高度重视应对气候变化问题并致力于保护全球环境。自“十二五”开始，我国就将单位国内生产总值二氧化碳排放下降幅度作为约束性指标纳入国民经济和社会发展规划纲要；“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要也将“2025 年碳排放强度较 2020 年降低 18%”作为约束性指标。除此之外，我国不断强化着自主贡献目标，在 2020 年第 75 届联合国大会上，我国承诺“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和；到 2030 年中国碳排放强度将比 2005 年下降 65%以上”。这意味着中国未来的发展将逐步与碳“脱钩”，我国亟需一场深刻的经济社会系统性变革，为绿色低碳可持续发展提供新动能。

随着新一轮科技革命和产业变革深入发展，互联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等数字技术创新活跃，数字技术和绿色低碳产业深度融合，切实推动了产业结构由高碳向低碳、由低端向高端转型升级。ICT 技术对碳中和具有重要赋能作用，在助力全球应对气候变化进程中扮演着重要角色。根据全球电子可持续发展推进协会（GeSI）研究结果，在未来十年内，ICT 技术将通过赋能能源、制造业等行业减排 20% 的全球碳排放。我国将数字技术作为助力碳达峰碳中和的重要手段，将其纳入顶层设计和战略要求，通过《“十四五”信息通信行业发展规划》、《信息通信行业绿色低碳发展行动计划（2022-2025 年）》等政策措施，为推进 ICT 行业绿色低碳

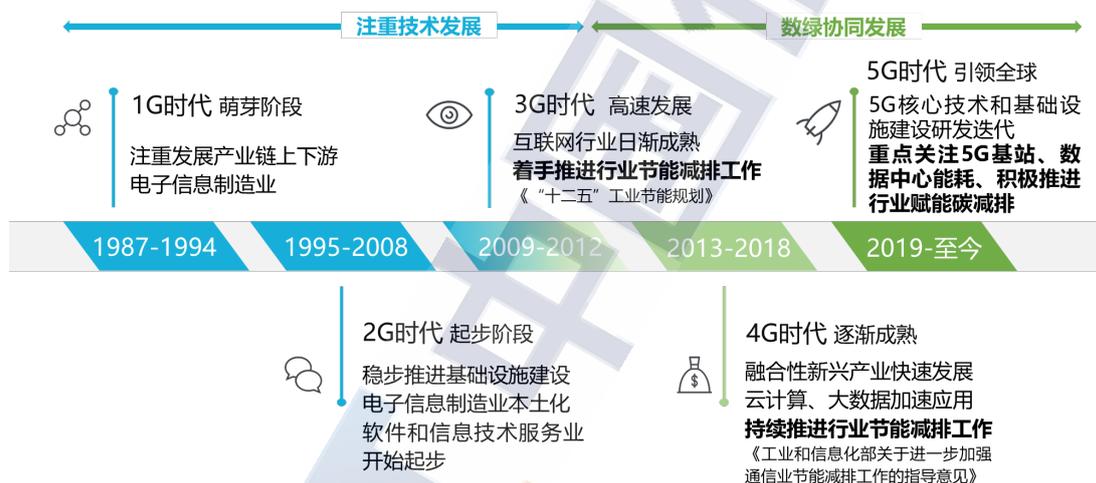
发展明确了“路线图”、制定了“行动书”。当前，数据作为关键生产要素的价值日益凸显，深入渗透到经济社会各领域全过程，推进传统产业加速向高端化、智能化、绿色化的新型工业化方向转型升级，推动生产生活方式发生深刻变化，数字技术成为重组全球要素资源、重塑全球竞争格局的关键力量。

## （二）ICT 行业绿色低碳发展历程由浅至深

ICT 行业（Information and Communications Technology, ICT）是信息产业与通信产业相融合而形成的一个新的概念和新的产业领域。细分领域主要包括 ICT 制造业（含计算机、通信设备、电子元器件、视听设备、仪表设备和雷达及配套设备等生产制造）、和 ICT 服务业（含电信及其他信息传输、储存、计算服务，软件和信息技术服务等）。

移动通信技术的发展与 ICT 行业的发展形影相随、相互影响。从 1G 到现在的 5G，移动通信技术取得了跨越式成就，而 ICT 行业的发展重点也随之变化，经历了一个由浅至深的绿色历程。在 1G 到 2G 期间，ICT 行业更加注重技术发展，在 3G 时代开始着手推进行业节能减排工作，到目前，重点关注 5G 基站、数据中心能耗等方面，强调数绿协同发展（如图1所示）。80 年代开始，1G 正式进入人们的生活，即模拟通信技术，只能满足打电话等基础通信需求，ICT 行业处于萌芽时代，行业注重发展产业链上下游电子信息制造业。2G 时代，ICT 行业处于起步阶段，我国稳步推进基础设施建设电子信息制造业本土化，同时软件和信息信息技术服务业开始兴起。3G 时代，触摸屏的出现，支持了各类应用软件的安装和智能手机的不断更新面世，ICT 行业迈入高速发展的时代，互联网行业日渐成熟。同时，

工业和信息化部（以下简称“工信部”）发布了《“十二五”工业节能规划》，开始着手推进 ICT 行业节能减排工作。**4G 时代**，是网络时代，流量逐渐不再限速，ICT 行业作为融合性新兴产业开始快速发展，云计算、大数据等技术加速开发和应用。与此同时，工信部持续推进行业节能减排工作，发布了《工业和信息化部关于进一步加强通信业节能减排工作的指导意见》。**5G 时代**，人与人的沟通和各行业的信息传递更高效，ICT 行业处于引领全球的时代，5G 核心技术和基础设施建设研发迭代，我国高度重视 5G 基站、数据中心能耗、积极推进行业赋能碳减排，深化数字化、绿色化协同发展。



来源：中国信息通信研究院

图1 ICT 行业绿色低碳发展历程

未来，在“十四五”新发展格局下，ICT 行业将肩负支撑服务好国家战略、为实现中华民族伟大复兴的中国梦提供强大动能的新使命。随着“双碳”目标的持续推进，社会经济将发生绿色低碳的系统性变革，ICT 技术的成熟和推广将为社会经济绿色低碳变革开辟新路径，提供强支撑。

### （三）ICT 行业能耗和碳排放挑战不容忽视

近年来，我国信息通信业发展迅速，逐渐成为国民经济发展的战略性支柱产业。数字技术对碳中和具有积极作用，但数字化转型的加速会导致信息通信业能源需求和碳排放的增长，其中数据中心和 5G 基站较快的能耗增长，引起社会的高度关注。“双碳”目标下，ICT 行业自身的能耗问题不容忽视，迫切需要走绿色低碳发展之路，实现节能降耗与数字经济的协同发展。

一方面，ICT 行业规模增长快，相比于其他经济部门，碳排放总量规模相对较小。据全球电子可持续发展倡议组织（GeSI）《SMARTer2030 报告》研究，2020 年全球 ICT 行业碳排放约占全球碳排放的 2.3%，考虑到 ICT 行业企业主动减碳行动的效应和终端设备使用效率的提升，到 2030 年该占比将降至 1.97%。总体而言，与其他经济部门如钢铁、电力和交通运输业相比，ICT 行业自身碳排放量相对较低，短期内将保持这一趋势。

另一方面，ICT 行业碳排放规模增长快，增长趋势仍将保持一定时间，中长期呈下降趋势。近年来，数据中心耗电量始终保持上涨趋势，由此带来的碳排放也处于上升阶段。数字化转型、算力需求的增长以及人工智能、大模型等数字技术的发展与 ICT 行业的碳排放快速增长有密切关系。对于数据中心和基站等信息基础设施而言，其消耗的电能本质来自经济社会运行、千行百业发展所必需的数字化业务系统。随着社会经济发展对 ICT 行业的需求增长，行业碳排放短期内仍将保持快速增长趋势。但随着 ICT 行业自身节能降碳技术进步以及我国能源结构调整优化、非化石能源消费比重提高，ICT 行业碳排放中长期将呈下降趋势。

## 二、国际 ICT 行业低碳发展提供经验借鉴

### （一）欧盟：注重战略引领

在战略方面，欧盟发布《欧洲数字战略》和《塑造欧洲的数字未来》，提出数据中心和整个电信行业都提高能源效率并使用更多可再生能源，ICT 基础设施和数据中心应确保在 2030 年之前达到气候中性。其中《塑造欧洲的数字未来》战略还提出采用新的产业战略支持数字化和绿色转型、通过提高 ICT 行业的能源效率和产品回收利用支持良性循环经济、通过延长产品生命周期加速循环经济促进数据中心使用可再生能源等重点任务。在法律法规方面，欧盟颁布《电信法》，以及监管机制、激励机制，指导网络共享定价、采取激励措施；同时基于产品生态设计带动全产业链节能降耗，并颁布相关法律法规，如《用能相关产品生态设计指令》、《可持续产品生态设计法规》(ESPR)，通过生态设计使得涉能产品的能耗水平较之前降低了 10%。在技术指南方面，《2020 年欧盟数据中心能源效率行为准则的最佳实践指南》和《欧洲数据中心能源效率现状白皮书》中规范了电能利用效率 (Power Usage Effectiveness, PUE)、空间利用效率 (Space Usage Effectiveness, SUE)、数据中心基础设施效率 (Data Center Infrastructure Efficiency, DCIE) 等指标，欧洲电信标准化协会 (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) 发布了《环境工程：信息和通信技术基础设施设备的液体冷却解决方案》(ETSI TS 103 586)、《环境工程：无线接入网络设备能效测量方法 5G 基站动态能效测量方法》(ETSI TS 103 786)、《环境工程：移动网络能效评估》(ETSI ES 203 228) 等技术标准。

## （二）美国：加强标准引导

在战略方面，美国政府通过数据中心优化倡议（DCOI）、美国联邦数据中心整合计划（FDCCI）等一系列战略举措整合和关闭数据中心，已经实现数据中心数量减少 7000 个，占比约 50%。数据中心平均 PUE 从 2.0 降低到近一半大型数据中心达到 1.5 甚至 1.4 以下。在法律法规方面，美国颁布了联邦政府信息技术采购改革法案、电信法、基础设施法案等法律法规，并从 2003 年开始陆续颁布各州的电子废物管理相关法律法规，各州立法目的都是回收电子废物，禁止或避免电子废物填埋处置。在标准制定方面，美国制定《数据中心设计与实施的最佳实践》（ANSI/BICSI 002-2019）、《数据中心运营和维护的最佳实践》（BICSI 009-2019）、《数据中心能源标准》（ANSI/ASHRAE 90.4-2019）、《用于数据中心和其他信息技术设备空间的空调机组额定值的测试方法》（ANSI/ASHRAE 127-2020）等相关标准，以规范引导数据中心节能降耗、提质增效。

## （三）日本：强调废物回用

在战略方面，日本早在 2013 年就已发布《创建最尖端 IT 国家宣言》，提出了以发展开放公共数据和大数据为核心的国家战略。2021 年日本发布《2050 年碳中和绿色增长战略》，该战略提出数字技术助力绿色发展和数字化的绿色发展并行。具体来说，将致力于支撑数字化的数据中心、信息通信基础设施等的国内建设、包括地区在内的数字化活用、低碳等工作，同时在所有产业领域倡导数字化、绿色化转型，最终实现 2030 年新成立的数据中心 30% 的节能化，2040 年实现半导体和信息通信产业的碳中和。在财税支撑方面，

为促进数字经济和绿色经济协同发展，日本在 2021 年度税制改革中创设“数字化转型投资促进税制”和“碳中和投资促进税制”，政府期望通过这两项制度，引导未来产业发展方向，鼓励企业将碳中和与数字化转型提升至战略层面，为长期可持续发展和提升竞争力主动进行投资。在法律法规方面，日本颁布并实施了关于电子废物回收利用的专项法律法规《促进小型电子产品再资源化法》，规范了手机等小型电子产品的回收利用。在电子垃圾贵金属回收工艺方面，使干电池的再生利用率由 30% 提高到 50%，对于铅电池日本可做到 100% 的回收。

#### （四）新加坡：重视绿色数据中心

在战略方面，新加坡提出了新型节能数据中心的未来的改进方向和指导意见，指出需在满足性能和安全性要求下尽可能降低数据中心能源消耗，并建议研究提高冷却设备效率、IT 设备温湿度耐受能力、数据中心的资源调度和负荷分配集成优化能力。在创新和绿色实践方面，新加坡资讯通信媒体发展局（IMDA）与电脑公司戴尔科技和数据中心业者 Equinix 公司合作，旨在重新塑造数字基础设施的设计、部署和维护方式，重点促进区域内可持续的数字解决方案和绿色技术实践。标准制定方面，制定了《可持续数据中心-第 1 部分：能源和环境管理系统》、《可持续数据中心-第 2 部分：能源和环境管理系统指南》，重点关注能源和水性能的持续改进。在电子垃圾管理方面，新加坡启动电子垃圾管理系统，根据“制造商延伸责任”框架，新加坡要求制造商或进口商，负责回收和处理受管制电器与电子产品的废弃物。

## （五）国际实践经验启示

一是发布战略规划，明确绿色低碳发展路线。美国、欧盟国家、英国、日本等主要国家均在国家重要战略中部署了 ICT 行业低碳发展目标，并针对数据中心、数字产业等制定详细的发展规划。二是制定法律法规，规范行业行为。发布电信行业、产品生态设计和电子废弃物回收处置相关法律法规，强制推行基础设施共享，规范从产品设计到使用再到废弃全过程，明确制造商或进口商对电器电子产品废弃物的职责。三是完善激励机制，激发低碳发展潜力。采用成本定价法，双方共同承担网络升级、扩容费用，晚进入者必须补偿现有投资、租赁协议有效期内不可以解约等规定，为运营商和第三方提高良好的发展环境。四是参与国际标准制定，促进国际合作。广泛参与 ISO、IEC、ITU 等国际标准化组织数据中心、电子产品、电子废弃物等相关的标准制定，在国际标准中有较强的话语权，促进国际交流合作。

## 三、ICT 行业绿色低碳发展态势积极向好

### （一）顶层设计持续完善，指明行业发展方向

“十二五”以来，我国在《工业节能“十二五”规划》中从生产工艺改进、绿色设计、其他行业节能改造应用三个方面部署了电子信息行业节能工作。在此之后，各部委、地方政府陆续出台多项多项节能减排政策，逐渐形成合力，从规划布局、标准体系建设、老旧设备淘汰等多方面推进 ICT 行业绿色低碳发展。

近年来，我国越来越重视 ICT 行业绿色低碳发展。2021 年 3 月十三届全国人大四次会议审议通过的《中华人民共和国国民经济和

社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》中明确指出要“统筹推进传统基础设施和新型基础设施建设，打造系统完备、高效实用、智能绿色、安全可靠的现代化基础设施体系。围绕数字转型、智能升级、绿色发展，建设高速泛在、天地一体、集成互联、安全高效的信息基础设施”。2021 年 11 月 16 日，工信部发布了《“十四五”信息通信行业发展规划》，描绘了信息通信行业的发展蓝图，提出要统筹布局绿色智能的数据与算力基础设施，持续提高数据中心绿色发展水平，推进行业节能减排和绿色发展。《信息通信行业绿色低碳发展行动计划（2022-2025 年）》更是聚焦行业绿色低碳，从优布局、抓重点、促协同、强赋能、统管理五大方向部署 15 项重点任务，指明行业发展方向。近年来相关政策文件详见表 1。

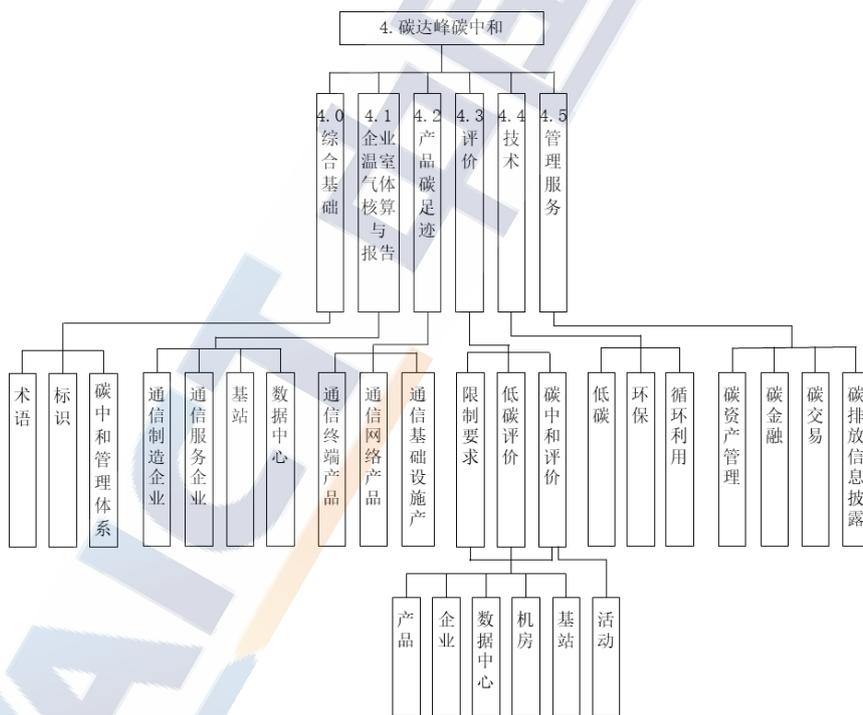
同时，我国充分发挥标准对推进通信行业领域碳达峰碳中和工作的引领和规范作用，积极布局 ICT 领域绿色低碳标准体系，及时覆盖碳达峰碳中和等热点领域。2023 年 12 月 14 日，工信部发布了《通信行业绿色低碳标准体系建设指南（2023 版）》，构建了信息通信行业节能、资源综合利用、绿色制造、碳达峰碳中和、共建共享、基础设施建设运维、ICT 技术赋能共七大领域的标准体系框架，并建立体系动态更新机制，规划了相关标准的重点研制方向，指导通信行业绿色低碳领域的相关标准制修订，充分发挥标准对推进通信行业绿色低碳发展工作的规范引领作用。其中，碳达峰碳中和标准包括综合基础、企业温室气体核算与报告、产品碳足迹、评价、技术、管理服务等 6 个专业领域（图 2）。

表1 ICT 行业绿色低碳发展相关政策

序号	政策名称	发布时间	相关内容
1	工业节能“十二五”规划	2012.2	电子信息行业节能：生产工艺改进、绿色设计、其他行业节能改造应用
2	工业和信息化部关于进一步加强通信业节能减排工作的指导意见	2013.2	节能减排技术应用；信息化与工业化融合；新建数据中心能耗效率控制；共建共享；新能源和可再生能源应用
3	高耗能老旧电信设备淘汰目录（第一批）	2014.5	移动通信基站、交换网络 2 大类 34 项设备（产品）
4	工业和通信业节能与综合利用领域标准制修订管理实施细则（暂行）	2016.6	通信业节能与综合利用领域的国家标准和行业制修订的主要程序及要求
5	高耗能老旧通信设备淘汰指导目录（第二批）	2016.8	数据网络、IT、通信电源、通信温控、通信铜缆 5 大类 27 项设备（产品）
6	信息通信行业发展规划（2016-2020 年）	2016.12	节能技术广泛应用，高耗能网络设备大规模减少，形成完善的绿色评价体系和机制，达到与生态文明建设相适应的行业绿色发展水平
7	工业和信息化部关于加强“十三五”信息通信业节能减排工作的指导意见	2017.4	节能减排技术应用；电信基础设施共建共享；通信业能效提升；新建大型、超大型数据中心能耗效率控制；新能源和可再生能源应用
8	关于加强绿色数据中心建设的指导意见	2019.2	新建数据中心绿色设计和采购、在用数据中心改造升级、绿色技术产品创新推广、绿色支撑服务能力建设等
9	“十四五”规划和“2035 年远景目标纲要”	2021.2	打造系统完备、高效实用、智能绿色、安全可靠的现代化基础设施体系
10	建立健全绿色低碳循环发展经济体系指导意见	2021.3	加快信息服务业绿色转型，做好大中型数据中心、网络机房绿色建设和改造，建立绿色运营维护体系
11	新型数据中心发展三年行动计划	2021.7	加快先进绿色技术产品应用、持续提升高效清洁能源利用水平、优化绿色管理能力

12	国家通信业节能技术产品推荐目录（2021）	2021.9	绿色数据中心、5G 网络和其他三类 76 项技术
13	“十四五”信息通信行业发展规划	2021.11	统筹布局绿色智能的数据与算力基础设施，持续提高数据中心绿色发展水平，推进行业节能减排和绿色发展
14	“十四五”国家信息化规划	2021.12	推动数字化绿色化协同发展、绿色智慧生态文明建设行动
15	信息通信行业绿色低碳发展行动计划（2022-2025 年）	2022.8	优布局、抓重点、促协同、强赋能、统管理
16	国家工业和信息化领域节能技术装备推荐目录（2022 年版）	2022.11	数据中心、通信网络和数绿协同三类 52 项技术
17	算力基础设施高质量发展行动计划	2023.10	全面提升算力设施能源利用效率和算力碳效水平

来源：中国信息通信研究院



来源：《通信行业绿色低碳标准体系建设指南（2023 版）》

图2 碳达峰碳中和标准子体系

## （二）节能降碳行动多样，综合能耗不断降低

围绕东数西算、绿色算力、新型数据中心、共建共享等方向我国开展了多项行动技术或实施方案，推动 ICT 行业绿色低碳发展走深向实。我国相继出台《“双千兆”网络协同发展行动计划》、《5G 应用“扬帆”行动计划》、《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023 年）》、《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》、《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求 推动数据中心和 5G 等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》等一系列政策文件，加快实施“新基建”、“东数西算”等工程，支持在全国重点区域建设大数据中心国家枢纽节点，推动打造国家级枢纽节点“4+4”集群（包括京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝四大东部区域集群和内蒙古、贵州、甘肃、宁夏四大西部集群），建设数据中心布局更集约、资源利用更高效的新格局。随着“东数西算”工程全面推进，东部算力需求将逐渐有序地引导到西部，数据中心布局将呈现“中心向周边”“东部向西部”双向流动趋势<sup>1</sup>。截至 2023 年，获得 DC-Tech 数据中心绿色等级测试及认证的数据中心集中在我国东部和中部地区。近两年，西部地区的数据中心建设与发展势头强劲，获得数据中心绿色等级认证的数量上升明显，新增了陕西、青海、贵州、甘肃等地。

一直以来，ICT 行业按照国家节能减排总体部署，全面推行节能低碳创新战略，引导行业绿色发展，节能降碳取得显著成效。根据工信部数据，我国单位电信业务总量综合能耗自“十一五”以来

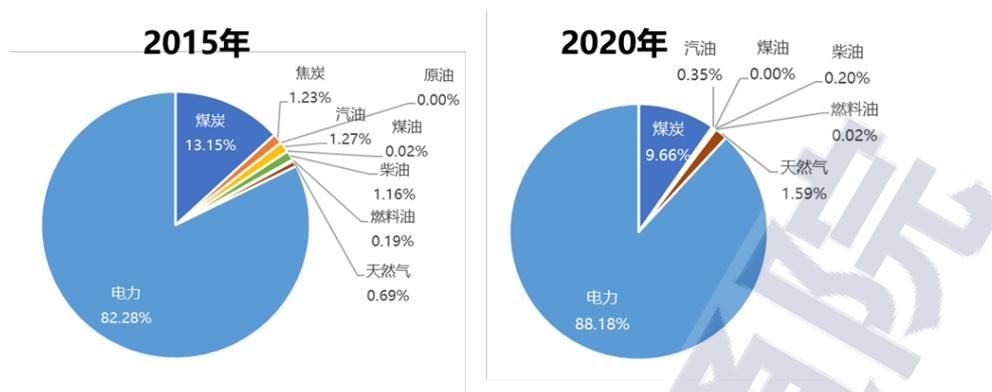
1 中国通服数字基建产业研究院，中国数据中心产业发展白皮书（2023）。

不断降低。“十一五”期间，单位电信业务总量综合能耗从 2005 年的 68.5 千克标准煤/万元下降到 2010 年的 51.4 千克标准煤/万元，累计下降 24.9%。到“十二五”末，单位电信业务总量综合能耗降低到 31.5 千克标准煤/万元。“十三五”期间，电信业务总量和数据流量呈现爆发式增长（年均增长超过 50%），电信业用电规模却基本维持在全社会用电总量的 1% 左右，单位电信业务量和单位信息流量的能耗年均降幅保持在 20% 以上。到“十四五”末，将实现 5G 基站能效提升 20%，单位电信业务总量综合能耗下降 15%。

### （三）能源使用不断清洁，碳排结构存在差异

ICT 行业的能源使用趋于清洁化，化石燃料的使用占比下降。随着信息通信行业节能降碳技术和设备的进步，加之我国能源结构正在向非化石能源为主的结构方向调整，ICT 行业中长期的碳排放将呈下降趋势。根据国家统计局数据，ICT 制造业煤炭、柴油等化石燃料的使用占比在逐年下降，2015 年煤炭使用占比为 13.2%，这一比例在 2020 年下降为 9.7%，而焦炭、煤油等化石燃料已经完全退出使用，能源使用趋于清洁化（图 3）。对于 ICT 服务业而言，2018 年，数据中心几乎没有自购可再生能源的行为，且建设选址集中在北京、江苏、浙江等可再生能源电力占比较低的省份。目前，根据相关研究，数据中心可再生能源使用比例不断提高，甚至个别绿色数据中心清洁能源使用比例达到 100%<sup>1</sup>。

1 华信咨询设计研究院有限公司，中国数据中心产业低碳发展实践研究(2023 年)。



来源：中国信息通信研究院

图3 我国 ICT 制造业能源使用结构

ICT 制造业与 ICT 服务业碳排放存在结构性差异。ICT 制造业的碳排放主要源于生产制造阶段。例如，智能手机作为 ICT 制造业的重要产品之一，其生产、运输和首年使用的碳排放占比高达 83%，其中生产制造阶段的碳排放占比最高，而其使用、翻新、处理处置的碳排放仅占 17%<sup>1</sup>。对笔记本电脑而言，碳排放贡献最大的也是生产制造阶段，占整个生命周期碳排放的 61%左右<sup>2</sup>。与 ICT 制造业不同，ICT 服务业的碳排放主要源于运营阶段。例如，就数据中心而言，IT 设备运行所消耗的电能产生的间接碳排放和备用柴油发电机等基础设施产生的直接碳排放是数据中心碳排放的主要排放源。以一个 1500 柜，每柜 8kW，负载率 75%，PUE 设计值为 1.5 的数据中心为例，其运营阶段的碳排放占数据中心总碳排放的 90%左右，其中 IT 设备运行的电力碳排放占比超 60%<sup>3</sup>。随着社会数字化转型进程的加快，数据中心、基站等基础设施规模快速扩张，ICT 服务业的碳排放将不容忽视。

1 德勤，2022 科技、传媒和电信行业预测。

2 苹果，产品环境报告，2022。

3 数据来源：中国三峡数据中心。

#### （四）节能技术应用广泛，有效支撑绿色算力

近年来，我国大力推进 ICT 行业节能技术应用，推动低碳 ICT 技术的创新发展。数据中心作为 ICT 行业能耗大户，相关节能技术成为推广应用的重点。《信息通信业节能技术产品推荐目录（2021）》中共推荐了 62 个绿色数据中心相关技术产品，新技术产品预计未来 5 年市场占有率最高可达到 70%，大部分在 20%-50% 之间。随着计算机与芯片技术的发展，目前已发展出动态电压频率调节技术、虚拟机迁移调度技术、动态功耗管理技术、服务器整合技术、存储设备能耗优化等多种技术手段推动实现 IT 设备的能源节约。

此外，产品作为 ICT 服务业的基础支撑，产品能效提升可从源头实现节能降碳。在《关于印发工业能效提升行动计划的通知》中指出支持制造企业加强绿色设计，提高网络设备等信息处理设备能效。推动低功耗芯片等产品和技术在移动通信网络中的应用，推动电源、空调等配套设施绿色化改造。近年来，我国加强 ICT 行业绿色设计标准供给，对服务器、通信用户外机房、机柜、网络存储设备等重点 ICT 产品发布了相关的绿色设计产品评价技术规范，引导企业开展绿色产品设计。同时，发布节能技术指南、能效测评规范等标准，指导产业开展节能降碳工作。在标准先行的基础上，企业依据标准积极开展产品绿色设计，不断提升服务器、通信用户外机房、机柜等产品的节能降碳潜力。例如，整机柜服务器将服务器节点与机柜系统融为一体，按照集中供电、集中散热、集中管理、高密度设计，不仅能够减少损耗、提高能效，还使交付效率提升了近 20 倍。

在硬件和软件的低碳技术的推广应用下，算力服务的能源消耗

不断降低，全国数据中心能效水平不断提升，绿色算力水平不断提高。截至 2022 年底，我国已累计建成 153 家国家绿色数据中心，国家绿色数据中心的 PUE 值相对较低，为 1.27。然而，与国家绿色数据中心的能效水平相比，我国数据中心平均 PUE 虽在逐年降低，但与国家绿色数据中心还有一定的差距，尚有较大的能效提升空间。未来，在蒸发冷却机组、新型氟泵系统设备、液冷技术、智慧机房运维等新技术的规模化应用下，数据中心能效优化空间有望进一步扩大。

### （五）电子废物齐抓共管，低碳效益日渐凸显

在电子废物管理中，我国建成符合中国国情的电子废物环境综合管理体系，发展改革委、工业和信息化部、商务部、生态环境部、财政部、税务总局、海关总署等部门各司其职、各尽其责，管理范围贯穿电器电子产品生产、流通、回收处理和循环利用的全生命周期，逐步形成了齐抓共管的良好格局，为有力促进资源全面节约和循环利用，保护生态环境，保障人体健康奠定了坚实基础。

**电子废物环境管理配套政策不断完善。**中国电子废物管理制度体系主要基于三部法律构建，即《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《中华人民共和国清洁生产促进法》《中华人民共和国循环经济促进法》。在此基础上，陆续出台了《废弃电器电子产品回收处理管理条例》、《废弃电器电子产品处理目录》、《废弃电器电子产品处理基金征收使用管理办法》和《废弃电器电子产品处理资格许可管理办法》等政策，对产品设计、制造、运输、消费、回收、拆解、处理处置、进出口等环节提出了管理要求，规范废弃电器电子产品的回收处理及相关活动，建立规划、资格许可、基金补贴等相

关制度，形成了电器电子产品全生命周期监管体系（图4）。



来源：生态环境部固体废物与化学品管理技术中心

图4 中国电子废物管理制度框架

电子废物规范化回收处理量不断增加。随着数字经济的快速发展，电子产品的改朝换代也在持续加速。废弃电器电子产品产生量逐年增加，电子废物规范回收处理量也逐年提高。根据相关统计数据<sup>1</sup>，正规处理企业处理能力由2012年的0.46亿台/年增长至2020年的1.64亿台/年，年实际处理量由2012年的1010万台增长至2020年的8498万台。2012年至2020年，约6亿台废弃电器电子产品通过各类回收渠道在正规处理企业处理处置，电子废物处理逐渐形成循环化、资源化和无害化的处理体系，大大抑制了个体非正规拆解

1 生态环境部固体废物与化学品管理技术中心，中国电子废物环境综合管理(2012-2021)。

现象的发生，降低了环境健康风险。

**电子废物回收处理行业低碳效益日渐凸显。**随着电子废物循环体系不断建成，我国电子废物资源化能力进一步提升。2012 年至 2020 年，我国拆解处理的电子废物总量为 1456.27 万吨，回收处理的电子废物累计碳减排量约 0.67 亿吨 CO<sub>2</sub>eq。此外，每回收处理 1 吨电子废物可减排二氧化碳 4.73 吨，减排二氧化硫 0.046 吨，减排废水 24.23 吨，减排固体废物 13.61 吨，节约标准煤 1.97 吨，电子废物回收处理有效避免了填埋处理带来的“二次污染”，推进了国家碳达峰碳中和目标的实现进程<sup>1</sup>。未来，随着“双碳”政策的深入落实和技术水平的稳步提升，电子废物再生利用所带来的碳减排效应将更加显著。

## （六）企业意识不断增强，自主开展低碳行动

企业作为推动 ICT 行业绿色低碳发展最基础的实施者，绿色低碳发展的意识不断增强，越来越多的企业自主开展低碳行动，积极采取制定战略、开展碳足迹核算、发布可持续发展/ESG 报告等多项措施，构建绿色新型信息基础设施，赋能经济社会绿色发展，绿色低碳成为行业发展新风向。

科学碳目标倡议（SBTi）作为一项全球性的倡议，旨在推动企业和其他组织制定具有科学依据的减排目标，以应对气候变化的挑战。据统计<sup>1</sup>，目前全球已有 389 家 ICT 领域企业加入 SBTi，设定科学碳目标，其中包括阿里巴巴、腾讯等 51 家中国企业。此外，三大运营商、ICT 服务业和 ICT 制造业企业纷纷启动碳减排路线图规划，践行碳

<sup>1</sup> 数据来源：世界自然基金会。

**中和战略。运营商：**中国移动发布《C<sup>2</sup>三能——碳达峰碳中和行动计划》，创新构建“三能六绿”发展模式；中国联通在《“3+5+1+1”双碳行动计划》提出了对能源消费、绿电交易、碳排放总量等方面的企业战略布局；中国电信发布《“1236”行动计划》，明确在“十四五”期间实现单位电信业务总量综合能耗/碳排放下降 23%以上。

**ICT 服务业：**2020 年 12 月，腾讯宣布启动碳中和规划，将积极探索光伏、水电、风电等可再生能源广泛应用，选址优先水电风电充沛的区域，大步推进科技在产业节能减排方面的应用。2021 年 4 月，阿里巴巴发布名为《迈向零碳时代》的报告，将全面加快低碳前沿技术研究，全面推动绿色低碳生活方式，2022 年广东河源数据中心将实现 100%使用绿色清洁能源，成为阿里首个实现碳中和的大型数据中心。

**ICT 制造业：**联想集团发布了《联想集团 2022 碳中和行动报告》，对标气候相关财务信息披露工作组（TCFD）建议框架，提升气候信息披露规范化水平，绘制了“联想+供应商+客户+员工+生态”的全面净零行动路线。华为从持续推进节能减排、加大可再生能源使用、促进循环经济三大方面践行绿色环保，致力于减少生产、运营等过程以及产品和服务全生命周期对环境的影响，华为深圳和东莞园区用电已 100%使用清洁能源，实现智能终端业务电子废弃物零填埋。

## 四、ICT 行业赋能碳减排的成效日益增强

### （一）政策层面重点部署，全面推进数字赋能

全面推进绿色智慧的数字生态文明建设。习近平总书记在出席全国生态环境保护大会时强调，“深化人工智能等 ICT 技术应用，

构建美丽中国数字化治理体系，建设绿色智慧的数字生态文明”。

《“十四五”国家信息化规划》指出，要“深入推进绿色智慧生态文明建设，推动数字化绿色化协同发展”“以数字化引领绿色化，以绿色化带动数字化”。以生态产业数字化推进绿色低碳转型、以数字驱动加快生态产品价值实现、以数智化提升生态环境治理水平、以协同融合放大数字化与绿色化双向共进效应、以数字生活引领公众绿色低碳新风尚，数字生态文明依托数字科技力量与生态文明建设融合创新，为推进人与自然和谐共生的现代化提供了新路径，对实现经济转型升级和高质量发展、加快绿色发展意义重大，不仅有助于达成我国既定的生态文明建设目标，更能引领全球生态治理、共享绿色成果。

**重点部署数字技术赋能全社会降碳。**“双碳”目标确立以来，国家相继发布了一系列政策，部署数字技术赋能全社会降碳，助力碳达峰碳中和目标实现。《碳达峰碳中和“1+N”政策体系》提出要加快发展新一代信息技术等战略性新兴产业，推动互联网、大数据、人工智能、第五代移动通信（5G）等新兴技术与绿色低碳产业深度融合；《“十四五”信息通信行业发展规划》明确行业发展目标之一为信息通信技术赋能社会各领域节能减排取得显著成效，在促进经济社会绿色发展中发挥重要作用；《信息通信行业绿色低碳发展行动计划（2022-2025）》将“赋能全社会降碳促达峰”作为重点任务之一，提出以各行业数字化、智能化、绿色化转型需求为导向，以产业绿色低碳转型、居民低碳环保生活和城乡绿色智慧发展等领域为重点，加快提升数字技术与垂直行业应用深度融合的服务供给能力，助力经济社会数字化绿色化转型。《工业领域碳达峰实施方案》指出

要推动数字赋能工业绿色低碳转型，强化企业需求和信息服务供给对接，加快数字化低碳解决方案应用推广。

由此可见，我国高度重视 ICT 行业赋能全社会节能降碳，ICT 技术与传统产业的融合将进一步推动产业数字化和绿色化转型，释放全领域数据价值，提高全过程生产效率，降低全链条能源消耗，实现发展和减排的双赢，助力推动全社会高质量发展。

## （二）赋能技术逐渐成熟，应用场景丰富多样

“十三五”以来，数字技术进入高速发展期，人工智能、大数据、数字孪生、云计算、物联网、区块链、工业互联网等技术不断创新，为全社会数字化绿色化融合发展建立了坚实的数字底座。对于人工智能而言，我国人工智能在算力、算法等多方面均取得了突破性的进展，到 2022 年底，中国泛人工智能企业数量超过八千家，位列全球第二<sup>1</sup>。2022 年国内人工智能核心产业规模为 1565 亿元，同比增长 5.6%。对于大数据而言，“十三五”期间，国家重点科技研发计划实施了“云计算和大数据”重点专项，在多维度个体信息、大尺度群体信息的透彻感知关键技术、多粒度感知关键技术等方面取得较大进展。大数据也已列入“科技创新 2030-重大项目”，从生命周期和信息技术体系两个维度全面推进大数据技术体系建设。

同时，数字技术的逐渐成熟带动数字基础设施的快速发展。在通信网络基础设施方面，我国已建成全球规模最大、技术领先的 5G 网络。截至 2023 年 9 月末，我国 5G 基站总数达 318.9 万个，占移

<sup>1</sup> 深圳市人工智能行业协会，2023 人工智能发展白皮书，2023.

动基站总数的 27.9%，京津冀、长三角地区 5G 建设领先全国<sup>1</sup>。在**算力基础设施方面**，2022 年全国一体化大数据中心体系总体完成布局设计，东数西算工程正式全面启动，京津冀等 8 大国家算力枢纽节点投资占 80%，新建 90% 是大型及以上数据中心。截至 2022 年 7 月，全国在用超大型、大型数据中心共计 497 个<sup>1</sup>。在**融合基础设施方面**，跨行业跨领域的“双跨”平台发展规模呈现健康有序、高质量的发展态势，平台平均连接工业设备超 218 万台、平均承载工业机理模型超 2.45 万个，国家级跨行业跨领域工业互联网平台的数量达到 50 个<sup>2</sup>。

随着数字技术的逐渐成熟，数字技术与能源、工业、交通、建筑、农业、城市等各行业的应用场景也日渐丰富，虚拟电厂、数字工厂、智慧出行、智慧医疗、智慧教育等应用场景层出不穷。在**能源领域**，通过数据采集、监测和分析、负荷预测、能源调度等多种功能模块，实现能源统筹调度和精细化管理。在**工业领域**，通过数字技术优化生产工艺，模拟生产工序，自主完成最优物料配比、质量检测、入库出库等一系列工序，避免能源资源浪费，提高能源资源利用效率，达到环保设备效率最优化、生产制造效率最佳化的生产效果。在**交通领域**，智能多式联运系统、智能交通综合管控系统、智慧物流系统等应用，有效地优化了运输体系结构，提高了交通组织效率，提升了运输装备能效。在**建筑领域**，通过数字技术对建筑从设计、施工、运维到拆除的全生命周期开展实时监测和管理，升级传统建造方式，推进建筑领域智能化、数字化、绿色化转型。

---

<sup>1</sup> 数据来源：工业和信息化部。

<sup>2</sup> 数据来源：中国工业互联网研究院。

### （三）试点示范持续加强，助推技术应用落地

在数字技术赋能碳减排的战略布局下，我国积极引导地区和行业企业打造“减排效益好、示范效应强”的典型应用，形成可复制可推广的路径模式，助推数字技术在更多生产生活场景的应用落地。

国家层面，2022 年，中央网信办、国家发展改革委、工业和信息化部、生态环境部、国家能源局联合推动在河北省张家口市、辽宁省大连市、黑龙江省齐齐哈尔市、江苏省盐城市、浙江省湖州市、山东省济南市、广东省深圳市、重庆高新区、四川省成都市、西藏自治区拉萨市等 10 个地区开展首批数字化绿色化协同转型发展（双化协同）综合试点，以试点方式推动 ICT 技术与绿色低碳产业深度融合，提升双化协同能力和水平，要求试点地区要加快推动数字技术赋能行业绿色化转型，发挥行业绿色化转型对数字产业的带动作用。

工信部办公厅组织开展 2023 年工业互联网试点示范项目申报工作，围绕新技术类、工厂类、载体类、园区类、网络类、平台类、安全类 7 大类 27 个具体方向，遴选一批工业互联网试点示范项目。

地区层面，四川省开展 7 个地区数字化绿色化协同转型发展试点，将 7 个地区划分为传统行业双化协同转型、城市运行低碳智慧治理、数字产业绿色低碳发展三大类型，分门别类推进试点工作。

山西省住房和城乡建设厅在 2023 年 9 月印发《推动建筑业工业化、数字化、绿色化发展的实施方案》，明确到 2025 年，全省在建项目“智慧工地”创建活动覆盖率超过 20%，绿色建筑占城镇新建建筑比例达到 100%。

此外，通过“新绿杯”等数字技术赋能碳达峰碳中和创新大赛和“智为青绿”等数智赋能案例征集活动，广泛收集数字技术赋能

碳减排的创新实践和有益探索，遴选出了多批技术水平领先、减排效果突出、示范效应明显的项目、数字化赋能节能降碳的典型应用场景和先进发展模式，并通过新闻、推送、大会等渠道开展宣传推广。此外，中国信息通信研究院和工业互联网产业联盟联合发布《数字技术赋能碳中和案例汇编（2022 年）》、中国工业互联网研究院发布《工业互联网赋能绿色低碳发展优秀案例》、中国移动发布《中国移动工业能源领域双碳项目案例集》等，总结典型赋能碳减排场景，推动经验交流和成果互鉴，助力赋能碳减排方案的供给和落地。

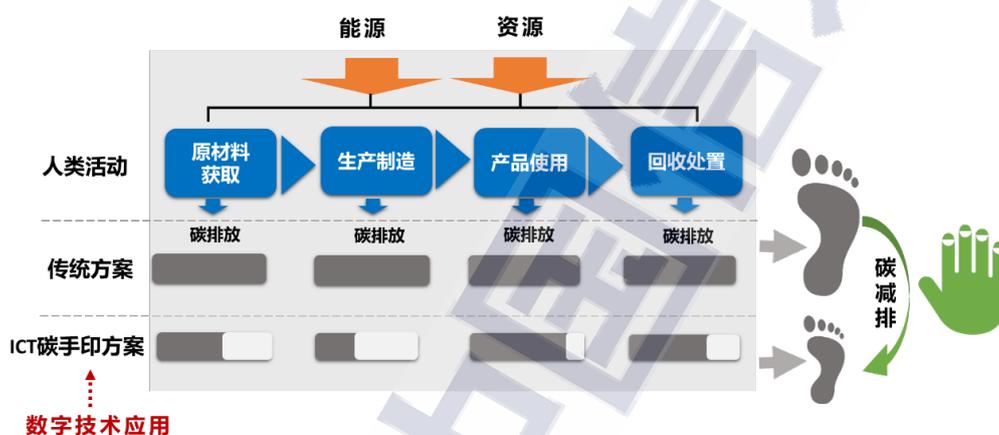
#### （四）赋能方法探索构建，深化行业融合创新

我国 ICT 行业按照国家节能减排总体部署，全面推行节能低碳创新战略，引导行业绿色发展，赋能全社会节能降碳取得显著成效。然而，ICT 技术赋能碳减排缺乏系统的技术赋能发展环境，缺少标准化的方法论引导，阻碍了 ICT 技术与传统行业的融合创新。

目前，产业各界正在积极探索定性+定量相结合的赋能方法论，全面分析 ICT 技术的赋能效应。中国信通院采用“自下而上”的方式搭建数字技术赋能各行业碳减排的计算模型，依据不同行业的能耗及碳排放结构，量化分析数字技术赋能各行业的减碳成效。根据核算结果，至 2030 年，各行业数字化水平不断提升，结合各行业在全社会碳排放总量中的占比和企业优秀典型案例，数字技术赋能全社会总体减排约 12%-22%<sup>1</sup>。2023 年 12 月，中国通信标准化协会、中国信息通信研究院、中国移动通信集团有限公司和华为技术有限公司联合发布《ICT 技术赋能碳中和（数字碳手印）白皮书（2023

1 中国信息通信研究院，数字碳中和白皮书，2021。

年)》，引入“数字碳手印”概念（图5），构建 ICT 技术赋能碳中和（数字碳手印）方法论，提出碳手印三大指标，分别为净赋能减排量（Net Enabling Emission Reduction, NER）、赋能强度（Enabling Intensity, EI）和赋能因子（Vertical Enabling Index, VEI），并将其应用于能源、工业、交通等领域的典型案例，通过深入剖析数字技术助力碳达峰碳中和的作用，为 ICT 技术赋能碳减排提供标准化的方法论引导。



来源：中国信息通信研究院

图5 碳足迹与碳手印示意图

## 五、ICT 行业绿色低碳发展仍需持续发力

### （一）碳排放侧：加强清洁电力使用，提高运维绿色水平

不断提高可再生能源电力的使用比例。数据中心通过可再生能源专线供电、开展可再生能源电力交易或可再生能源绿色电力证书交易等方式提高可再生能源利用比例。鼓励企业在自有场所建设绿色能源设施，与绿色能源方案提供方合作就近消纳。有序推广锂电池使用，探索氢燃料电池等应用，推进新型储能技术与供配电技术

的融合应用。

**强化企业主动消费绿色电力的意识。**企业在规划布局时可将数据中心向气候适宜、可再生能源富集地区部署，优先使用当地可再生能源。同时在绿电丰富的地区，推进企业与绿电电网签署长期采购合约。推进风能、太阳能等可再生能源技术在基站中的应用。依托基站建设具有分布式电源、储能等功能的智慧微网。

**提升信息基础设施建设和运营绿色化水平。**推进企业在信息基础设施建设中优先采用节能减排新技术和设备，鼓励应用《国家通信业节能技术产品推荐目录》、《节能节水专用设备企业所得税优惠目录》中的节能技术产品。加快业务平台和信息技术系统云化，构建智能运维系统，实时监控运行数据，降低数据中心运行能耗，提升各类设施能耗精准化、智能化管控水平。优化跨层级跨地区业务处理流程，提升各类设施运行维护效率。

## **（二）碳排放侧：加强低碳技术应用，提升能源利用效率**

**加快数据中心绿色低碳技术研发。**加强新建数据中心数字化、绿色化设计，加快液冷、自然冷却、高压直流、余热回收等节能技术迭代更新。加快发展高密度集成 IT 设备，降低数据中心设施层能耗。加强预制模块化产品推广，降低数据中心施工环节能耗。挖掘数据中心业务层降碳潜力，鼓励互联网企业、数据中心企业加强面向代码的软件能耗优化，提高算法效率。

**促进基站设备节能技术应用。**采用新设计、新材料、新工艺等硬件节能技术，重点推动利用氮化镓等材料技术提升功放效率，降

低芯片能耗。适时在全网推广无线网络亚帧关断、通道关断、浅层休眠、深度休眠等软件节能技术。加强基站机房设备冷板式液冷和浸没式液冷技术研发，提升室外设备自然冷却技术应用水平。促进基站供电节能技术应用，推广室外型小型化电源系统。

**推进绿色制造关键技术攻关。**把绿色环保理念融入到产品的规划、设计、研发、制造、交付和服务等各个环节中，通过持续的技术创新，不断提升产品和解决方案的资源使用效率。严格限制使用高能耗原材料，提升绿色设计与制造一体化水平。推广 ICT 制造业绿色工厂建设，利用数字技术赋能生产工艺，优化产线决策调度，实现生产过程精益化管理。

### **（三）碳排放侧：加强资源回收利用，推动循环经济水平**

**强化基础设施共建共享，提高资源利用水平。**推进通信网络设施共建共享，持续开展 5G 接入网共建共享，深入推进管道、杆路、光缆、机房、室分等网络基础设施共建共享共维，充分利用已有各类资源，提高基础设施使用效率，降低能源及资源消耗。全面开展与社会资源共建共享，加强跨行业沟通合作，促进与市政、交通、公安、电力等领域在管孔、杆塔、站址、机房等资源的双向开放共享，鼓励在有条件区域规模部署室外一体化机柜、智慧灯杆等资源共享性载体，提高资源集约利用。

**构建废旧产品回收体系，畅通资源回用渠道。**建设废旧产品回收网络，完善电子废物回收利用体系，提升再生资源分拣加工利用水平，提高电子废物循环利用效率，推动各品类电子废物集中处理

和资源化利用，加大废料和可再生材料的供应，畅通资源回用渠道，减少原材料加工制造过程中的污染排放；推进“互联网+资源循环利用”模式，加强废弃电子信息产品循环利用的过程信息管理、智能化拆解和产品再制造，利用互联网平台开展分级分类处置或拍卖。

#### **（四）碳管理侧：加强企业战略规划，构筑产业绿色**

##### **生态**

**科学设定目标，加强企业规划。**推动企业制定符合自身的绿色低碳发展战略，设定科学目标，提出碳中和愿景目标，将节能减排规划升级为双碳滚动规划，加强环保材料使用、再利用、再制造等方面的规划。打造绿色云网，践行绿色运营，充分发挥云网融合优势，推动形成布局完善、适度超前、架构先进、能效领先的绿色低碳的云网融合新型信息基础设施，以“双碳”管理和新业务发展创新为导向，推动数字化技术、低碳先进技术的深度融合，助推全社会节能降碳，体现企业绿色担当。

**提升产业价值，构造绿色生态。**积极参与产业链上下游绿色新生态的引领与构建，推动形成以可再生能源、绿色供应链为双核的绿色低碳生态圈，发挥产业链供应链的引领作用，将碳排放管理延伸至上游生产环节，不断优化企业绿色采购管理和绿色物流管理，打造智慧供应链，持续推动供应链产业链的企业提升环境绩效（图6）。推动全方位供应链绿色管理，全面提升采购、生产、物流等环节的绿色属性，将环境友好水平作为供应商评价审核的核心要素之一。推动数字化供应链转型，提升业务运作效率，优化运输路径里程、减少资源消耗。

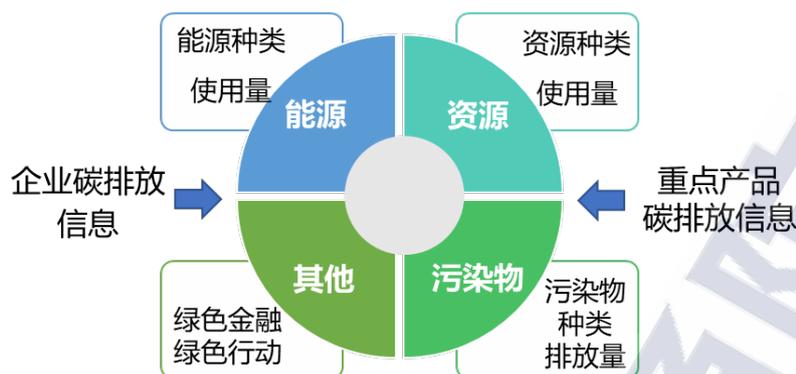


来源：中国信息通信研究院

图6 绿色低碳供应链管理体系图

## （五）碳管理侧：加强企业信息披露，注重低碳人才培养

了解自身内部碳排放情况，完善环境信息披露制度。根据国家环境信息披露制度，按要求及时披露。持续加强环境信息披露意识，规范环境信息披露流程主动接受社会监督（图7），披露企业温室气体排放量、重点产品碳足迹、固体废物等数据，展示产品在减排方面的优势，引领绿色营销，为下游厂商或终端消费者的低碳选择提供依据。建立综合化的环境信息管理平台，推动上下游企业共享绿色产品信息、应对气候变化行动、绿色金融等信息。加强与政府沟通的力度，完善面向政府的节能减排数据上报，按照面向社会和资本市场的环境信息披露制度，多维度收集双碳管理数据，提升数据处理的自动化水平，优化企业的双碳管理体系与管理水平。



来源：中国信息通信研究院

图7 环境信息披露框架

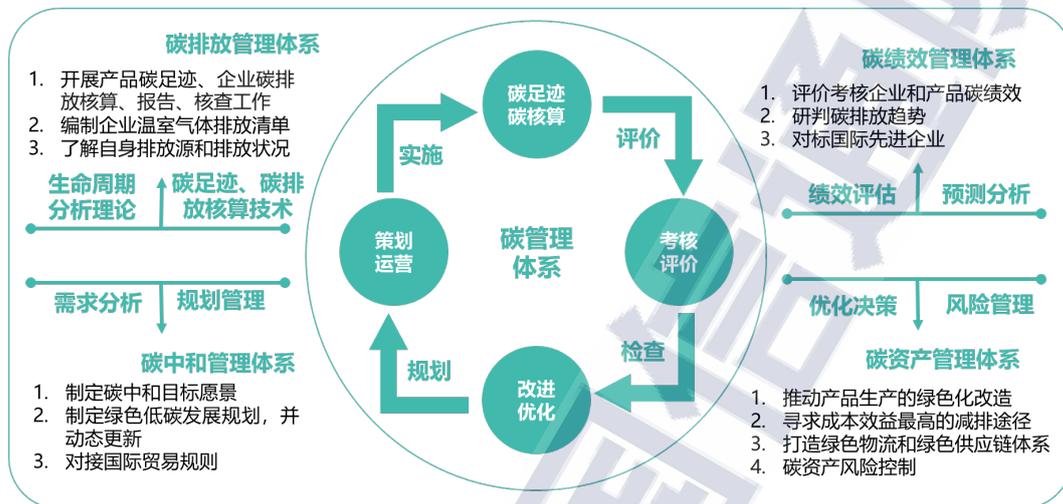
**加强产学研深度融合，建立双碳人才培养体系。**设立 ICT 行业绿色低碳发展研究方向课题，开展多层次的产学研合作，发展自主掌控的核心技术，加强学科教育交叉融合，培养绿色终端设备、绿色网络、绿色软件和平台、绿色发展管理等全链条专业型和复合型人才。制定人才发展规划，设置绿色低碳发展部门，加强专职碳核算、碳交易、碳数据管理的队伍建设。加强绿色低碳研究人员培训，组织专家、技术人员开展碳足迹、碳核算、绿色制造等方面的培训，对相关法律法规、技术规范等重要文件进行解读。加强与其他行业的交流探讨，以各行业数字化、智能化、绿色化转型需求为导向，提升数字技术与垂直行业应用深度融合的服务供给能力。

### （六）碳管理侧：加强管碳能力建设，积极开展低碳

#### 评价

**建设双碳管理系统，加强碳管理能力建设。**推进能源资源监测，实时感知能耗及碳排放状态，通过趋势分析、减碳情景模拟实现生产体系按需布局、精准用能。推进双碳管理的体系化、数据化、场景化为主线，逐步建立涵盖碳排放管理体系、碳绩效管理体系、碳

资产管理体系和碳中和管理体系的“排效资和”四大管理体系，实现双碳“排效资和”一体化管理（图8）。开展碳核算、碳盘查，摸清企业自身的碳排放底数，统一数据填报渠道，集中掌握能耗基础数据，加强数据可用性和可信度，实现碳数据统一管理和动态监管。



来源：中国信息通信研究院

图8 企业碳管理体系框架

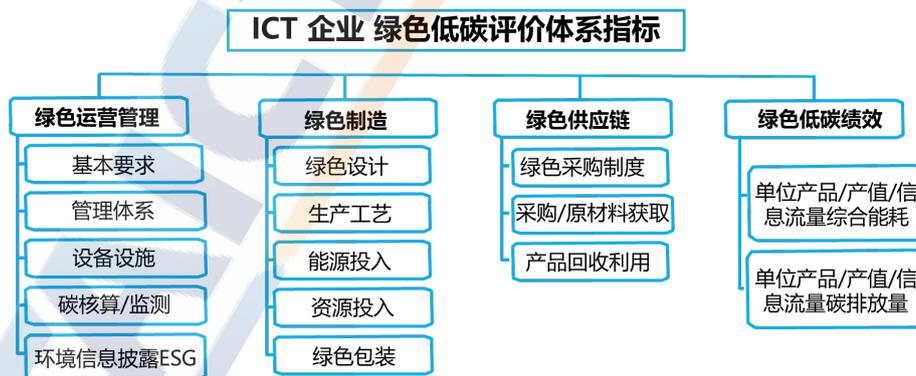
制定可比性、可操作性强的产品、企业、行业绿度评价指标体系，积极开展低碳评价。引导行业开展能效星级评价、节能等级评价、绿度评价认证等工作，鼓励企业依据评测优先采购，引导供应链绿色生产。ICT产品绿色低碳评价指标体系（图9）包括耐用性、可修复性、环保性、能源资源效率四个评价维度进行评估。其中，耐用性包括坚固性、寿命、保修期；可修复性包括可维修性、再利用性、升级潜力、可拆卸性；环保性包括有害物质、包装减塑、废旧产品回收；能源资源效率包括能源消耗量、温室气体排放量、稀缺原材料使用比例、可回收材料使用比例等方面。



来源：中国信息通信研究院

图9 ICT 产品绿色低碳评价指标体系

ICT 企业绿色低碳评价指标体系（图10）包括绿色运营管理、绿色制造、绿色供应链、绿色低碳绩效四个维度。其中绿色运营管理包括基本要求、管理体系、设备设施、碳核算/监测、环境信息披露 ESG；绿色制造包括绿色设计、生产工艺、能源投入、资源投入、绿色包装；绿色供应链包括绿色采购制度、采购/原材料获取、产品回收利用；绿色低碳绩效包括单位产品/产值/信息流量综合能耗以及单位产品/产值/信息流量碳排放量。

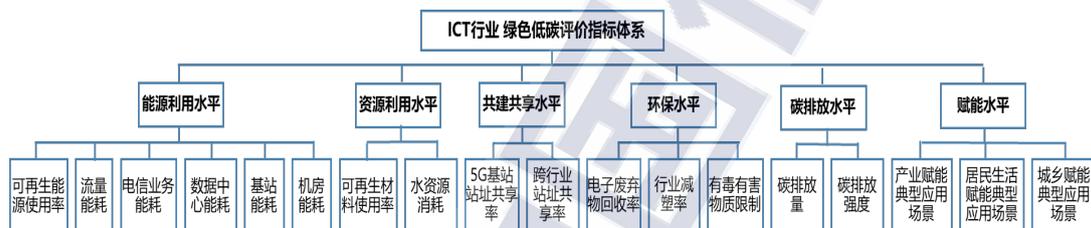


注：ICT服务企业（运营商、数据中心、互联网企业等）不涉及“绿色制造”

来源：中国信息通信研究院

图10 ICT 企业绿色低碳评价指标体系

ICT 企业绿色低碳评价指标体系（图11）包括能源利用水平、资源利用水平、共建共享水平、环保水平、碳排放水平、赋能水平六大维度。其中能源利用水平包括可再生能源使用率、流量能耗、电信业务能耗、数据中心能耗、基站能耗、机房能耗；资源利用水平包括可再生材料使用率、水资源消耗；共建共享水平包括 5G 基站站址共享率、跨行业站址共享率；环保水平包括电子废弃物回收率、行业减塑率、有毒有害物质限制；碳排放水平包括碳排放量、碳排放强度；赋能水平包括 ICT 技术对产业、居民生活、城乡建设等领域赋能绿色低碳发展的典型应用场景。



来源：中国信息通信研究院

图11 ICT 行业绿色低碳评价指标体系

## 六、政策建议

### （一）加强顶层规划设计政策引导

进一步加强产业低碳发展导向。围绕 ICT 制造业和 ICT 服务业在能耗和碳排放方面的特点和发展现状，结合不同地区发展环境，分门别类、分业施策，进一步明确短、中、长期的绿色低碳发展目标，深化完善 ICT 行业绿色低碳发展的行动方案和重点任务，持续提升 ICT 行业绿色低碳发展金融扶持力度，创新和推广金融机构、资本市场的金融信贷产品与服务。健全产业绿色低碳发展的科技研发、金融服务、市场交易、产品认证、人才培养等体制机制，完善

相关服务体系，大力推进保障机制上实现新突破，重点发挥政府引导、服务和市场调节拉动的双重优势，全面提升全行业降碳减排动能和积极性。

**强化产业资源节约和高效利用的相关部署。**增加标准供给，组织行业协会、研究机构、龙头企业等，加快 ICT 行业绿色低碳发展领域的标准制定，满足技术进步和通信行业绿色低碳发展的需要。构建全行业权威统一碳排放核算和监测平台，进一步推进通信运营商、设备制造商和互联网等企业明晰自身绿色低碳发展重点及碳排放责任，引导企业制定碳减排的量化目标、时间节点和具体措施，鼓励企业把节约资源和高效利用纳入绿色低碳发展规划，推进 ICT 行业资源总量管理、科学配置、全面节约、循环利用。

## （二）提升低碳发展要素支撑能级

**加强绿色低碳技术研发应用。**深入实施产品绿色设计，提升绿色设计与制造一体化水平，推广 ICT 行业绿色制造技术研发应用，推动数字赋能技术的创新突破。持续推进 ICT 行业绿色低碳技术专项和技术装备目录的遴选发布，强化节能减碳、绿色环保等基础理论方法和关键共性技术的研究创新，加强绿色低碳技术未来发展战略研究，时刻关注前沿颠覆性技术的研究进展。加快布局液冷、高压直流、智能符号静默、通道静默等数据中心和基站的节能技术创新应用，大力推进通信基础设施共建共享，扩大共建共享带来的节能效应。加强科技成果转化服务体系建设，重点开展绿色低碳技术试点示范，定期遴选一批可复制可推广的经验和行业方案。

**推进复合型双碳人才培养。**建立健全绿色低碳技术研发人员教育和培训机制，大力推动融合学科建设，突破专业壁垒，开展交叉

融合创新，支持多专业协同，积极培育与“双碳”相关的新兴学科方向，加快建设一批在线课程、虚拟仿真实验课程，提升学生解决复杂工程问题的综合素质。打破产业和教学之间的壁垒，通过培训补贴、产教融合试点、政府采购等政策，积极鼓励企业参与甚至主导人才培养培训，推动建立学校、企业双导师授课模式，以大团队、大平台、大项目支撑高质量多层次培养，构建产教融合的双碳人才培养模式，通过与企业共同打造实践平台，增加产教融合示范项目、分领域、分行业实现教学、科研、企业需求与“双碳”人才培养过程的动态融合，促进产业链发展与人才培育的衔接。

### （三）促进产业绿色能源高效利用

**持续提升绿色能源使用比例。**将数据中心等信息基础设施发展与能源转型、气候变化、绿色能源的发展密切结合，探索推动将信息基础设施作为绿色能源交易试点对象。完善绿电交易政策，推动健全绿色电力采购渠道、建立绿色电力碳排放抵消机制。鼓励企业积极购买绿色电力，强化企业主动消费绿色电力的意识，提高交易活跃度。鼓励信息基础设施配套建设绿色能源设施，与绿色能源方案提供方合作就近消纳。持续推动通过自建拉专线或双边交易、购买绿色电力证书等方式提高绿色电能使用水平，逐步提升绿色电力在整体能源消耗中的占比。大力推动智能光伏在信息通信领域示范应用，打造一批使用绿色能源的典型示范案例。

**深入推进行业能源高效利用。**充分利用人工智能、工业互联网等技术手段，推进企业内部、企业与相关合作企业之间、企业与顾客之间以及价值网络中不同企业之间，基于数据要素和数字技术的合作、协同与共享，持续推进 ICT 制造业全流程全链条的节能提效。

通过机房及设备的模块化设计、新型计算架构、提高设备功率密度、全面锂电化、市电整流逆变、光伏逆变、储能三者融合、链路极简和风液融合、智能运维和运营等方式提升数据中心能效。通过以柜替房、以杆替柜打造极简站点、“锂进铅退”来供能方式、大力拓展共建共享等方式提升通信站点的能效利用。通过基于大数据和 AI 技术的统一网络能源管理平台，进一步提升 ICT 行业的能源管理和运维效率。

#### （四）提升产业多方赋能联动能力

**推进 ICT 赋能碳管理和碳交易。**推动建立多层级的数字化碳管理公共服务平台，并引导互联对接，实现自下而上的能源消耗、碳排放以及产品碳足迹等数据的自动核算以及上传上报，提高数据统计核算的效率、准确度、可信和可追溯。加强碳数据采集监测，及时开展各层面数据统计，减少数据造假问题，增强碳排放数据的透明度和可靠性。探索建立碳基础数据库，构建基于供应链的国家层面统一权威的产品碳足迹数据库，携手共建数字化碳管理体系服务生态。通过区块链技术对碳资产数据、碳配额交易数据等进行实时上链存证，实现多层次穿透式核查监管、在线跟踪溯源。引导 ICT 企业积极参与碳交易。

**开展跨领域赋能示范项目。**面向工业、交通、建筑、能源、电力等领域开展 ICT 促进碳达峰碳中和最佳实践项目试点工程，探索形成一批可复制、可推广的数字减碳解决方案和创新应用，推进多维度数字减碳应用和服务创新，推动政府部门会同行业协会、龙头企业等定期对示范项目推进情况进行总结，提炼先进经验和做法。开展项目成果评估，诊断当前赋能碳减排存在的问题和瓶颈，为后

续针对性地优化政策提供参考和依据。合理推动试点项目与其他重点工程、科技规划的衔接，降低推行阻力。编制发布跨领域赋能示范项目案例集，为行业企业利用 ICT 技术节能减碳提供借鉴和参考。

**加强跨领域赋能技术推广应用。**发挥 5G、云计算、大数据、物联网等新技术优势，大力推动精细化智慧能源、智能制造、智慧医疗等跨领域技术应用，加强跨领域赋能技术推广力度，鼓励各地政府对试点项目给予土地、资金、用电等政策支持，加强经验宣传。依托一系列绿色低碳主题的会议、论坛，开展 ICT 促进各行业碳减排经验宣讲，对跨领域赋能技术的内容、要求、应用成效等进行宣贯，提高地方、企业和公众对信息通信行业绿色低碳发展的认可度，营造行业绿色低碳发展良好氛围。

### （五）加强绿色低碳领域国际合作

**促进技术合作。**深化绿色低碳技术领域国际交流合作，一是坚持“走出去”，拓展国际市场，结合“一带一路”倡议等，加快开拓国际市场，输出优势技术和产品，形成一批具有国际竞争力的 ICT 技术、产品和服务。二是坚持“引进来”，加强国际先进技术学习，支持相关企业、高校和科研机构在绿色低碳领域的关键技术方面开展国际合作研究，进行全球研发服务外包，在境外设立研发机构、开展联合研发，学习和借鉴国外先进技术和经验。支持 ICT 促进行业减碳国际创新合作，将其纳入国际科学技术合作联合实验室、合作项目等，加大跨行业、跨学科、跨国界联合攻关力度，促进技术转移共享。

**推动标准合作。**推动世界各国深化绿色低碳标准合作，加强交流互鉴、优势互补、成果互惠。共同推动绿色低碳领域国际标准制

定，不断健全可持续发展标准体系，持续提升标准国际化水平。进一步提高参与国际标准化工作意识，充分利用 ITU、IEC 和 ISO 等国际权威组织，梳理明确国际标准化规则和环境，推动我国智库和企业代表争取 ISO、ITU、IEC 等国际标准组织领导职务，推动 ICT 赋能碳中和、ICT 绿色低碳发展等领域相关标准成果的国际转化，强化相关标准的知识产权工作，推进我国相关标准与国际接轨，提高我国国际话语权。

**注重经验宣传。**积极组织国际绿色化、数字化领域论坛、交流会等，在相关峰会和国际场合宣传我国数字减碳成功经验和优质案例，强调合作共赢理念，鼓励企业采用技术合作、境外投资、项目承包、解决方案出口等方式，与日、韩等周边国家、欧洲国家及“一带一路”开展赋能减碳技术、项目的推广与合作。加强企业、金融机构、地方政府、行业协会等资源对接，通过提供资金、信息、政策咨询等服务，为优质的企业和项目“走出去”铺路架桥。

中国信息通信研究院 泰尔终端实验室

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-68094183

传真：010-68094183

网址：[www.caict.ac.cn](http://www.caict.ac.cn)

