

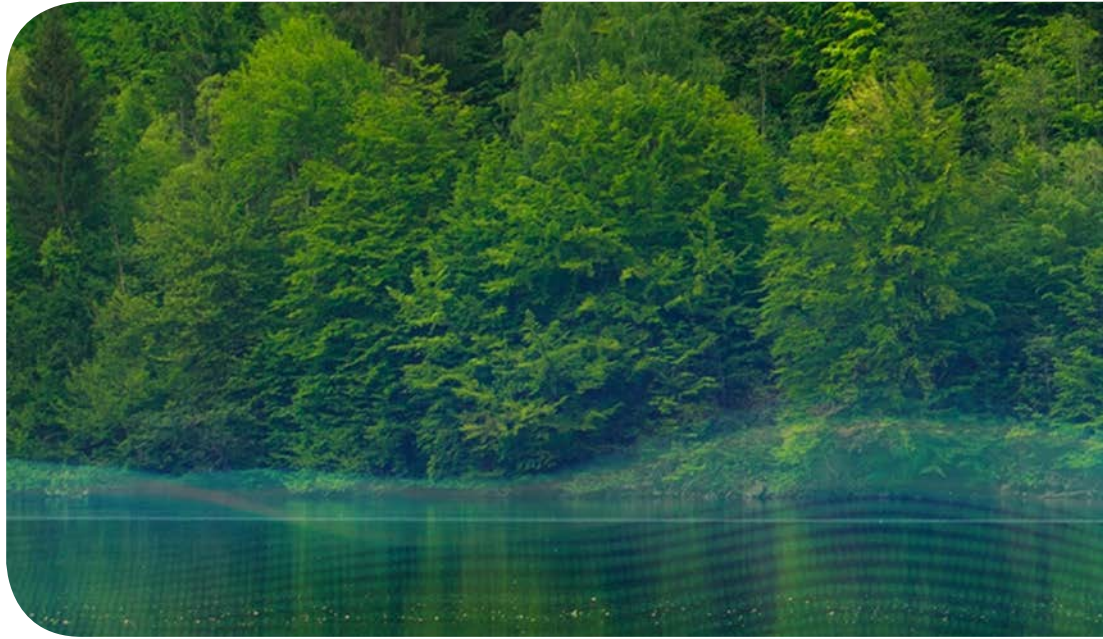


2024 版

# 数字能源 2030



构建万物互联的智能世界



## 从巴黎协定到阿联酋 COP28 会议， 减碳成为全球确定性趋势

### ■ COP28 会议启动“结束化石燃料”的时代，超过 150 个国家提出减碳承诺

十八世纪以后，煤炭、石油、电力的广泛使用，先后推动了第一、第二次工业革命，使人类社会从农耕文明迈向工业文明，能源为推动社会进步、消除贫困、改善民生提供了源源不断的动力，成为世界经济发展的最重要基石之一。

同时，人类对地球气候系统的影响显而易见，近年来人为排放的温室气体达到历史最高水平。根据联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）的统计，人类活动引起的二氧化碳变化量每年约为 237 亿吨（尤其是燃烧化石燃料，每年大约排放 200 亿吨）。其结果就是现在大气中的

二氧化碳含量比过去 65 万年（平均水平）高了 27%。特别是工业革命时代开始大量燃烧煤炭，二氧化碳水平开始急速上升，有可能引发气候系统前所未有的变化，导致严重的生态和经济失调。这已促使人们讨论如何减少化石燃料的燃烧来降低温室气体的产生。

科学界和各国政府对气候变化问题正在形成更加明确的共识，2015 年的签署的《巴黎协定》明确了到本世纪中叶实现碳中和是全球应对气候变化的最根本目标。从全球主要经济体的能源发展战略和实践来看，“解绑”化石能源依



赖是实现减碳目标的最优途径之一。“解绑”化石能源依赖一方面要大力提高能源效率，减少化石能源消费总量；另一方面是大力发展可再生能源。各国纷纷提出针对性的能源改革发展目标和温室气体控制目标。2023 年底在阿联酋举办的 COP28 会议上，多个国家地区形成共识，将在 2030 年前加快减少温室气体排放的行动，包括加快由化石燃料向风能和太阳能等可再生能源的转型，争取到 2030 年在全球范围内实现可再生能源发电能力增加两倍、能源效率提高一倍的目标，启动“结束化石燃料”的时代。

截至 2024 年上半年，已有超过 150 个国家提出了减碳相关承诺。如中国国家发展与改革委

员会和国家能源局发布《能源生产和消费革命战略（2016-2030）》，明确到 2030 年，中国新增能源需求将主要依靠清洁能源满足。2030 年，能源消费总量控制在 60 亿吨标煤以内，非化石能源占一次能源消费比重达到 20% 左右；二氧化碳排放 2030 年左右达到峰值并争取尽早达峰。欧盟《2030 气候与能源政策框架》提出了“到 2030 年将其温室气体净排放量相较于 1990 年水准至少减少 55%，可再生能源消费目标提高到 38-40%”的目标。美国政府承诺到 2030 年，温室气体排放量将较 2005 年水平减少 50%-52%，而实现这一目标，其中最重要的措施之一是要求 2030 年美国电网 80% 的电力来自无排放的能源。



## ■ 世界经济可持续发展需要可持续性的能源供给，可再生能源将成为最重要的能源供给方式

地球人口的膨胀和国家工业化发展，促进人类对能源的需求达到了前所未有的水平。据估计，自从 19 世纪 50 年代出现商业石油钻探以来，全球已经开采超过 1350 亿吨的原油，这个数字每天都在增加。目前每年世界一次能源消费约 140 亿吨油当量，化石能源的消费总量仍达到 85% 以上，距离化石能源枯竭的日子不再遥远。根据 BP 统计数据，按目前的开发技术和开采强度，全球探明石油、天然气、煤炭的储采比分别约为 54 年、49 年和 139 年。所以发展可再生能源，走可持续发展之路才是立根之本。

联合国大会第七十届会议上通过的《2030 年可持续发展议程》目标七中设定了发展的基本目标：2030 年确保人人获得负担得起、可靠和可持续的现代能源。大幅增加可再生能源在全球能源结构中的比例。全球能效改善率提高一倍。加强国际合作，促进获取清洁能源的研究和技术，包括可再生能源、能效，以及先进和更清洁的化石燃料技术，并促进对能源基础设施和

清洁能源技术的投资，以便根据发展中国家，特别是最不发达国家、小岛屿发展中国家和内陆发展中国家各自的支持方案，为所有人提供可持续的现代能源服务。

世界各国正把发展可再生能源作为未来能源战略的重要组成部分。为了促进可再生能源发展，许多国家制定了相应的发展战略和规划，明确了可再生能源发展目标，制定了支持可再生能源发展的法规和政策。2023 年，印度政府发布最新的国家电力计划，明确提出 2026—2027 年可再生能源累计装机量达到 336.6GW，2031—2032 年达到 596.3GW。越南政府预计 2030 年可再生能源发电量比重达到 30.9%~39.2%，2050 年可再生能源发电量比重达到 67.5%~71.5%。马来西亚政府宣布更新可再生能源发展目标，到 2050 年可再生能源在全国电力结构中 will 占 70% 左右。阿联酋计划到 2030 年将可再生能源产量提高两倍，为此将在可再生能源领域投资约 550 亿美元。意大利政



府将 2030 年可再生能源装机发展目标从此前的 80GW 提升至 131GW，葡萄牙政府将 2030 年可再生能源装机发展目标从此前的 27.4GW 提升至 42.8GW。2023 年 9 月，欧洲议会投票通过了推动可再生能源部署的提案，2030 年

可再生能源在欧盟最终能源消费中的份额目标从 32% 提升为 42.5%，各成员国应努力实现 45%。我们预测，到 2030 年，全球可再生能源发电占比将达到 65%。

## 风光发电成本竞争力优势明显，发展迅速，2030 年占可再生能源 70%，成为最主要的可再生能源

全球电力生产以化石燃料为主，是因为它们相对其他能源在成本上具有优势，因此转型到以可再生能源为主的深度脱碳能源系统的关键是提高可在生能源相对于化石燃料的成本竞争力。近几十年，可再生能源已成为全球具有战略性的新兴产业。许多国家都将风电、光伏发电作为新一代能源技术的战略，投入大量资金支持技术研发和产业发展。

得益于技术创新的驱动，风电、光伏发电成本过高的情况已经完全改变。牛津大学学者 Max Roser 的跟踪研究发现，2009 年，光伏大型地

面电站度电成本为 0.36 美元。到 2019 年，光伏成本下降了 89%，度电成本下降到 0.04 美元。而化石燃料尤其是煤电的上网电价成本几乎保持不变。背后的原因是，煤电发电效率最高达到 47%，大幅度提高效率的空间不大，而且，化石燃料的电价不仅取决于技术，很大程度上取决于燃料本身的成本。发电厂燃烧的煤炭成本约占总成本的 40%。即使建造发电厂的成本会下降，燃料成本也决定了总成本有一个下限。而光伏组件每增加一倍的累计装机容量，价格就会下降 20.2%。随着新的光伏组件技术和工艺的成熟，未来光伏度电成本将持续下降。

风电和光伏生产灵活性更高。长期以来，能源的开发利用主要是基于资源禀赋，风电和光伏作为新兴绿色能源技术，突破了载体的资源禀赋限制，可以在任何符合条件的地方开展生产，比如分布式光伏投资门槛低，投资吸引力迅速提升，各行业争相参与投资建设。风电和光伏发电经济性和灵活性提升促使园区、大工业、工商业等用户利用分布式发电的意愿增加，而这也正在改变全球能源开发利用模式。作为风电的重要组成部分，海上风电不占用土地资源，且接近沿海用电负荷中心，就地消纳避免了远距离输电造成的资源浪费，风电场从陆地向海上发展已经成为一种新趋势。据 IRENA 统计，截至 2023 年底，全球风电和光伏累计装机容量超过 1000GW 和 1400GW。我们预计，到 2030 年光伏累计装机容量将接近 6000GW。







## 技术驱动清洁能源快速发展， 使能行业走向绿色能源时代

### ■ 建设以电力电子设备为基础的新型能源系统是能源产业变革的方向

电力电子在电能的发输配用各个环节发挥关键价值。风电、光伏等可再生能源的用途主要是发电，构建以电能为中心，以电网为纽带，建设以电力电子设备为基础的能源系统是能源产业变革的方向。电力电子设备的优点在于其接口不受限、响应速度快、变换效率高，在电力的生产、传输、消费环节应用广泛。

- 在电力生产方面，风电、光伏新能源这些不同于常规同步发电机的电源，难以直接并网输送，只能采用电力电子变换技术换成频率可调节的交流电，且需要满足上网的质量要求，如光伏逆变器、风能变流器等通过电力电子开关调整电压波形，支持风电、光伏发电并网和提高系统发电效率。
- 在电力传输分配方面，长距离输电形式使用

智能化的大功率电力电子装备，可以显著提升线路输送水平、改善潮流分布、增强电网供电可靠性，提升电网安全防御能力，从而提高大型电网互联传输的安全可靠性，提升传输效率。

- 配电场景中，随着大量分布式电源、微电网和柔性负荷接入配电网，“即插即用”的接入要求越来越高，线路无功功率增大，电网高电压、谐波干扰等电能质量问题日益突出，传统配电网电能质量和供电可靠性提升空间有限，难以满足用户高电能质量用电需求。多功能电力电子变压器、直流断路器、直流开关等电力电子装备可以保障不同负荷类型的电能质量和多种电能形式的定制需求。
- 在电力消费方面，最主要的变化是分布式电





源和储能装置的接入，大量新型负荷需要直流电源以及需要主动支撑源荷互动，如数据中心、通信基站、电动汽车充电站、计算机设备、LED 照明等，高效率，高功率密度，高可靠性，低成本的转换电源和开关设备等正满足用户日益多样的个性化需求和高标准的电能质量治理需求。

新型功率半导体应用需求大幅提升。未来的能源系统以可再生能源最大限度地开发利用、能源效率最高为目标，对能源输送和控制的安全、高效、智能等方面提出更高的要求，包括适应新能源电力的输送和分配的网络，与分布式电源、储能等融合互动的高效终端系统，与信息系统结合的综合服务体系等。这些都需要通过电力电子化设备进行运行、补偿、控制。目前这些设备中所使用的基本都还是硅基器件，而硅基器件的参数性能已接近其材料的物理极限，无法担负起未来大规模清洁能源生产传输和消纳吸收的重任，节能效

果也接近极限。以碳化硅为代表的第三代半导体功率芯片和器件，以其高压、高频、高温、高速的优良特性，能够大幅提升各类电力电子设备的能量密度，降低成本造价，增强可靠性和适用性，提高电能转换效率，降低损耗。光伏、风电等新能源发电、直流特高压输电、新能源汽车、轨道交通、工业电源、民用家电等领域具有极大的电能高效转换需求，而新型功率半导体则适应了这一需求趋势，渗透率将全面提升。受新能源汽车、工业电源等应用的推动，碳化硅价格下降，性能和可靠性进一步提高。碳化硅产业链爆发的拐点临近，市场潜力将被充分挖掘。2023 年，碳化硅器件市场规模达 20 亿美元，麦肯锡公司估计 2030 年其市场规模将达到 100 亿到 140 亿美金，呈现高速增长之势。我们预计在 2030 年光伏逆变器的碳化硅渗透率将增长到 70% 以上，在充电基础设施、电动汽车领域渗透率超过 80%，在通信电源、服务器电源上将全面推广应用。

## ■ 数字技术使能能源系统智能化，让新能源系统更安全稳定、智慧高效

风电、光伏等新能源装机快速增长和应用灵活性推进能源系统向“分布式”时代转型，未来的能源系统是去中心化、以大量分布式能源应用为主多中心“星系”型生态系统，这些能源系统分布在成千上万的大型电站、园区、建筑、家庭、电动汽车等场景。必须要改变传统的大工业思维方式，通过数字技术将这些分布式的能源系统实现智能化的联接和控制，达到万物互联、高度智能的形态，整个能源系统才能安全稳定、智慧高效、经济便捷、清洁低碳、互联共享、柔性自治。

随着 5G、云、AI、大数据、物联网等新兴技术的快速发展，全社会的数字化变革掀开新篇章，进入“万物感知、万物互联、万物智能”的数字时代，“无处不在的联接，无所不及的智能”正成为现实。新一代数字化技术加速向能源领域渗透，推动能源格局重大变革。在组网方面，全球范围内低功率广域网技术快速兴起商用，面向物联网广覆盖、低时延、海量接入的 5G 技术正加速场景融合，为人、机、物的智能化按需组网互联提供良好技术支撑。在信息处理

方面，信息感知、知识表示、机器学习等技术迅速发展，极大提升物联网的智能化数据处理能力。在物联网虚拟平台、数字孪生与操作系统方面，基于云计算及开源软件的广泛应用，有效降低能源系统的生态门槛，推动能源系统的操作系统及数字化生态的广泛应用。

随着分布式能源的广泛应用，用户不仅是用能单位，还将是生产能源的单位。高度智能化的能源系统可以根据市场能源价格，提前灵活开启设备或储存电能，源网荷储一体化调度互补，跨时间、空间尺度的能源系统之间的能量流可以你来我往，互补共济；电动汽车可以兼职储能设备，向电网反送电、辅助削峰填谷；数据中心不光消费能源，灵活调节负载，其大量的余热也可以用来供暖；智能终端全面渗透千家万户，承载消费末端的电力感知、计量、交易；分布式能源、储能及电力现货市场高度发展，泛在的产消者通过虚拟电厂聚合调控，成就能源系统的需求侧响应和能源增值服务……我们预计，2030 年光伏电站应用 AI 技术比例将达到 90%。







## 三新能源基础设施将成为智能时代的能源底座

未来十年，传统化石能源发电的主力地位将逐步动摇，风电、光伏、水电等可再生能源将成为新增能源主力。消费侧电气化进程加速，电动汽车、氢能、储能、热泵、储热等技术快速发展，交通、供暖等用能终端电代油、代气、代煤的步伐不断加快。能源系统将接入越来越多的高级“插件”，信息流和能量流充分融合形成一个能源云“操作系统”，联接能源生产和能源消费，促进源、网、荷、储、人等各能源参与方互联互通，真正实现互联网式的双向交互。在众多的能源场景变革中，以光伏为代

表的新型电力系统能源基础设施，以电动汽车为代表的新型电动出行能源基础设施，以及以 ICT 能源基础设施为代表的新型数字产业能源基础设施，蕴藏着巨大的技术创新、产业创新和商业模式创新机遇。我们预测，在电力生产端，到 2030 年可在生能源占全球发电总量比例将超过 65%，光伏的度电成本将低至 0.01 美元，全球装机总量将接近 6000GW。在能源消费侧，电气化率将达到 30%，电动汽车年充电量将超过 1.1 万亿度，超过 80% 的 ICT 能源基础设施将采用绿能供电。

## ■ 新型电力系统能源基础设施将以清洁能源为主体，初步形成“源网荷储”一体化

### “光伏平价”走向“光储平价”，光伏产业进入“光伏+储能”平价时代

通常用 LCOE（Levelized Cost of Electricity，平准度电成本）来衡量光伏电站整个生命周期的单位发电量成本，并可用来与其他电源发电成本对比。在全投资模型下，LCOE 与初始投资、运维费用、发电小时数有关。我们预测 2030 年光伏发电 LCOE 度电成本可能低至 0.01 美元。光伏电站一般由光伏组件和光伏系统平衡部件（Balance of System, BOS）构成（平衡部件一般包含电缆、逆变器、接线等）。目前普遍投资模型中，光伏组件投资占比约占 45%，未来十年受光伏组件发电效率提升，技术工艺提升，制造环节成本下降等综合因素的影响，光伏组件占系统成本比例将降低到 30% 以下。涉及 LCOE 的其他 BOS 部件及整体运维的成本占比提升，其相关技术创新也在不断提升光伏发电的整体成本竞争力。

随着电池和系统技术加速演进，储能 LCOS（Levelized Cost of Storage，平准储能成本）也在不断降低，推动储能逐步成为电力系统主力调节资源。“光伏平价”走向“光储平价”，光伏产业进入“光伏+储能”平价时代，储能产业进入了高速成长期，在新能源消纳、电网调峰、峰谷套利等商业场景中体现出巨大价值。



长时储能各种技术路线齐头并进。在中国，抽水蓄能的装机量占比从 2016 年的 97% 下降到 2023 年的 67%，锂离子电池、钠离子电池、液流电池、飞轮储能、氢储能等不同形式的储能占比不断上升。我们预测到 2030 年，全球储能年度新增装机将从目前的 46GW 增长到超过 140GW，随着化石能源发电机组逐步退出，各种长时储能将成为新型电力系统的主力调节资源。

### 智能光风储发电机助力新能源成为主力电

光风储发电机技术助力增强电网韧性。光伏发电的波动性、间歇性常被比喻为“我行我素”的“自转”，接入电网发电时常需常规电源提供调峰和备用等辅助服务才可以满足电网调度的要求。大量的风力和光伏发电接入带来一系列新的系统问题与挑战，如系统惯量、频率调节能力降低，系统电压调控能力减弱，故障与震荡特性发生重大变化，会让电网越来越“脆弱”。如何让风力和光伏发电与电网转变为“协调统一”的“公转”，是支撑新能源大量接入，实现能源结构转型的关键。电网中传统同步发电机组一般由火电厂或水电厂承担，采用机械式结构，可以提供稳定的电压和频率支撑，且易于进行调节和控制。随着传统同步发电机组的不断减少退出，非同步机电源将会在电网中占非常高的比重，导致电力系统的运行特性发生本质变化。这就需要新能源也要能模拟传统同步发电机组的技术指标，主动支撑电网频率、电压波动，保障电网安全稳定运行。光风储发电机技术将电力电子技术、储能技术、数字化技术充分融合协同，模拟同步发电机组的机电暂态特性，具有同步发电机组的惯量、阻尼、一次调频、无功调压等并网运行外特性，推动风力和光伏发电技术指标向火电靠拢，光风储发电机技术有效提升对新能源系统运行的主动支撑和并网友好性能，使新能源成为优质电源，为大量新能源接入提供了坚实的技术基础。



## 数字化和 AI 技术快速发展，在电力系统广泛应用，支撑智慧能源系统实现

低碳化、电气化趋势下，电力系统越来越复杂，包含万亿级测点、万 TW 级能源交易量、亿级设备量，对算力需求越来越高，要求秒级快速调度、多能综合优化，AI 成为能源变革的关键技术。在发电侧，数字技术与光伏技术融合，运维管理、生产管理和资产管理变得极简、智能、高效。光伏电站从一个哑电站变成一个有机的智能生命体。AI 将代替专家职能，使能光伏电站自主协同优化。通过对天气变化的预测，采用智能跟踪算法，让组件、支架、逆变器协同运行，找到最佳角度，释放最大潜力。AI 可以精准定位故障，将单人运维工作量从“月”降低到“分钟”，全面提升发电效率和重构运维体验，助力电站生产力和安全性提升。预计 2030 年光伏电站应用 AI 技术比例达到 90%。在电网侧，通过 AI 算法实现准确的发电功率预测和负荷预测，提升能源调度效率。对输电线路巡检使用 AI 模型，可以将作业效率提升 80 倍，大幅减少停电时间。在用电侧，利用 AI 技术进行综合能效管理，可以将绿能应用效率提升 15% 以上。在虚拟电厂和电力交易市场上，AI 智能体可以通过群体智能、博弈智能，为交易主体提供最佳决策方案。

## 能源云将能量流和信息流智能融合，源、网、荷、储协调互济

能量流与信息流融合，构建一朵能源云，将作为数字能源世界的“操作系统”，统领信息流、调控能量流，真正实现“比特管理瓦特”，持续推进能源革命。未来的能源系统将以电力系统为关键承载，而电力系统需要将发、输、配、用、储的各个环节全面构建在数字技术与电力电子技术之上。一方面提升对新能源的“可观、可测、可控、可调”水平，解决新能源接入系统的脆弱性，提高新能源消纳水平；另一方面提升对微电网、综合能源、分布式电源等海量末端系统的群控群调能力，让发电单元和用户进行实时数据双向互动。通过网络反馈回来的

数据可以使发电单元掌握用户的消费习惯，从而对发电量进行合理调节，达到提升资源利用率的目的，实时保障电能质量和电力系统安全稳定运行。

- 能源云实现能量流跨时间、空间尺度的协同。能源资源与能源需求往往呈逆向分布的格局，以中国为例，西北、西南地区风光水资源丰富但电力消费需求较低，中东部、华南地区电力消费需求高但是能源资源禀赋较差。高比例新能源集中接入下局部网架的高随机性与波动性，导致电力输送瓶颈；在消费侧随着电动汽车、分布式电源等海量用户和电源的广泛接入，对于配电网资源需求不断提高，区域电网越来越脆弱。需要进一步加强网架的分区与互联功能，简化系统运行方式、提高相互支援能力；加强故障隔离功能，避免连锁故障引发骨干电网崩溃。能源云一方面可以提高配电网资源互济功能，配合主动配电网、柔性直流配电网等技术的应用，支持微电网、虚拟电厂、综合能源系统等多种场景的应用；另一方面有助提升输配电网的数字化与信息化水平，加强运行的灵活性与适应性，提升输配电网控制能力。
- 能源云让能源生产消费关系具有更大弹性。在能源云的统一管理下，分布式的源、网、荷、储融合的综合能源高度自治，实现区域内节点实时监控和管理，平衡区域内部能量消耗，实现本地能源生产与用能负荷基本平衡，确保能源生产和使用的智能化匹配及协同运行，达到提升资源利用率的目的，如优化算法确保光伏、储能、风电的发电运行时间段与电力市场、天气预报、生产需求等进行协同，通过数据的整合，确保发电的组合最优。多个综合能源进行柔性互联和数字化调控，能够实现能源供需更大范围内的平衡，在系统投资经济性、碳排放指标、综合能效等不同目标下充分挖掘能源系统的灵活性，实现更广泛能源形式之间的需求互补，多种能源灵活转化和多能源综合需求响应，为电力系统消纳可再生能源提供了额外弹性。

## ■ 以智能充电网络为代表的新型电动出行能源基础设施广泛应用，带来出行变革

### 交通出行全面电气化转型，电动汽车发展加速

新能源汽车发展超预期，车电动化已成不可逆转趋势。新能源汽车发展超预期，截至 2023 年底，中国新能源乘用车保有量 1800 多万辆，预测到 2034 年新能源乘用车保有量将达到 1.8 亿量，10 年增长 10 倍。中国新能源商用车截至 2023 年底保有量 244 万辆，预计到 2034 年，保有量将达到 2200 多万辆，10 年增长 9 倍，汽车电动化已成为不可逆的趋势。

2023 年全球电动汽车充电量达 3000 亿度，预测到 2033 年全球充电量将增长 8 倍，达到 2.4 万亿度，相当于全球社会用电量的 10%。充电网络本质上是汽车电动化的底座，是未来新型城市的基础设施，但充电焦虑仍然是用户选择

电动汽车的第一痛点，是影响汽车电动化发展的关键要素。建好一张充电网络，可加速提高电动汽车的渗透率，从而繁荣本地产业和生态。充电网络本质是地盘和流量生意，投资要支持未来平滑演进，随着电动汽车数量持续增长，未来一定能够实现长期收益。

电动汽车加速普及，私家车主已超过运营车主成为主力，其占比达 87%。充电需求从运营车主的成本优先，走向私家车主的体验优先。当前存量充电基础设施仍然存在充不上、充不好、充不安心等问题。多数充电设施一次充电成功率仍小于 85%；风冷充电桩的高噪声非常影响车主的充电体验；仍有 50% 以上热失控事故发生在充电期间或充电后数小时内，加剧了用户选择电动汽车的顾虑。加速建设充电基础设施是提升用户体验，发展电动汽车产业的重要措施。





## “超充、液冷、智能”充电网络全面普及，推动车与充电设施高质量协同发展

全面超充化是未来必然的发展趋势。首先从技术角度来看，第三代半导体如以碳化硅、氮化镓为代表的功率半导体已经实现了规模量产，并支持商用。第三代半导体技术上的成熟，一是为电动汽车带来效率上的大幅提升，二是其耐高压能力，推动电动汽车架构向高压化演进。而高压化可以实现小电流大功率充电，进一步推动超充的发展。作为电动汽车的另一类核心部件，动力电池也迎来了升级换代。在动力电池系统对充电功率影响最大的便是电芯，4C大倍率的电芯从2023年开始已经实现了规模量产，且价格在不断降低，趋近于普通电芯，使车企更有动力加快超充车型的开发步伐。两个因素作用下，超充化将是一个不可阻挡的趋势。2021年，支持超充的车型只有8款，到23年底的广州车展上，各大车厂公布的超快车型已达113款。从结构性上来看，超充车型正由高端向中低端快速渗透，超充车型数量将快速提升。超充化对于商用车的价值更加巨大，在时间就是金钱的商用车使用场景里，超充节省的补能时间意味着更低的运营成本和更高的营业收入。全面高压化，全面超充化，已成趋势，预计2030年，超充车型保有量将超过60%。

充电场景在不断地延伸，工况日益复杂多样，如热带、海边、矿区等，带来高温、高湿、高盐、多尘的恶劣工作环境，对充电设施的运行和维护带来极大挑战。传统充电设备采用风冷或半液冷散热模式，防护能力不足，充电模块中的电路板和功率器件与外界环境直接接触，湿尘和高温导致模块年失效率高达3~8%，甚至更高。充电设备使用寿命大幅降低，生命周期仅3~5年。机柜风扇和模块风扇属于机械部件易损坏，还需要经常清洁维护，一年至少需要4次人工上站进行清洁维护作业，极大地增加了场站运维成本。因此，充电设备的散热技术将由风冷或半液冷向全液冷转变，全液冷架构是



指终端、模块、主机等都采用液冷散热。全液冷设备可达到IP55及以上的高防护等级，可彻底隔绝与外界腐蚀性物质的接触与交换，延长设备使用寿命。同时，在大电流充电时，充电枪插接端口产生的高热会被液冷线缆带走并迅速降温，功率器件所产生的热量也能被液冷水道及时交换，系统还能根据散热需求智能调控流速，达到精准降温。全液冷架构带来以下三大价值：高质量，模块年失效率低于千分之五；长寿命，10年及以上生命周期；广覆盖，不挑部署场景，简化运维，极大地节约了运维成本。

当前存量充电网络，仍然广泛存在数字化孤岛效应，网络层、场站层、设备层、车辆层都存在数字化程度不充分，协同程度不够的问题。面向未来，实现全面智能化，需要实现“云桩车”四层深度协同，带来三重价值。第一，更好地使能车桩协同。通过车机系统实现车辆与充电桩的实时通信，根据车辆的电量、位置、目的地等信息，为车主提供最优的充电方案和导航路线。通过采用无线充电、自动插枪、自动驾驶等技术，简化充电操作步骤，实现充电

过程自动化。采用区块链、人脸识别等技术，实现充电无感支付，提高充电支付安全性和便捷性。第二，更好地支撑电网协同，通过毫秒级需求响应，高精度智能调度，打造电网友好型充电网。能根据电力网的负荷、电价等信息，动态调整充电场站的运行策略，实现充电需求与电力供给的平衡和优化。第三，充电网的全数字化运维，通过云端管理、故障远程诊断、故障自恢复等技术，及时发现、定位和处理充电网的故障和异常，减少人工巡检和维修，提高充电网在线率和服务质量，助力运营商更低成本运营、更广范围覆盖。

### 电动汽车与各类能源系统深度融合互动，成为重要的可调节资源

电动汽车全面参与能源系统互动，成为能量流控制的重要调节器。大规模电动汽车和可再生能源推广为“车网协同”提供了机遇。在发电侧对大量灵活电源以及在需求侧对可调节负荷资源的需求都在不断增加。与家用电器等负荷不同，电动汽车作为负荷具有高度的灵活和可调节性。在未来无线充电、智能充电、无人驾驶等技术成熟推广后，电动汽车可灵活地选择充放换电，自主参与电力现货市场和辅助服务市场。这不仅可以降低电动汽车充电对电网的影响，也可为电力系统调控提供新的调度资源，更能避免大量电网和电源相关的投资浪费。2030年，全球的电动汽车存量可能突破1.5亿辆。在理想情况下能够提供的储能容量将相当于2020年储能装机规模的40倍，具备作为可

调节负荷以及灵活电源的潜力。电动汽车以有序充电方式参与局部削峰填谷，利用峰谷电价差“套利”具有更可观的经济性。未来电动汽车参与调频辅助服务将具有更高的市场价值，电动汽车可充分发挥其灵活负荷的优势，以有序充电方式参与用户侧的削峰填谷、分布式光伏充电、需求响应、调峰辅助服务、现货市场平衡等应用。

充电基础设施一边连接的是车辆、交通、出行，一边连接的是丰富多样的能源使用场景，是能源与交通互联的能源入口、交易入口、交互入口、行为入口和信息入口，成为能源云的重要使能部件之一。充电网络的大规模新建以及数字化、物联网、云计算、大数据、人工智能等技术的发展，带来多层次的智能化提升：充电基础设施的智能化可以实现充电网络的可视、可管、可控、可优，极大降低运维、运行成本和提升运营效率、收益。充电桩作为数据接口，利用规模化、集成化、数据化、网联化优势，打造“车-桩-电网-互联网-增值业务”的智能充电网络，扩展多种商业模式，实现经济效益与社会效益的良性循环。对充电设施运营商而言，可以为商圈建设、房地产开发、4S店布局、二手车交易、数字支付、电商运营等行业提供数据咨询服务，依法合规变现，扩大收入来源，提升市场运营能力。对于地方政府而言，可以为城市规划、电力调度、民生服务、基础建设提供数据支撑，让充电基础设施成为智慧城市的重要组成部分。我们预计到2030年，电动汽车年充电量将超过1.1万亿度。







## ■ 新型数字产业能源基础设施实现绿色、极简、智能、安全，助力数字世界坚定运行

2024 年，来自蜂窝网络与固定宽带的消费者数据流量将以 29% 的年复合增长率增长，数据流量总量从 2018 年的 130 万 PB 增长到 2024 年的 580 万 PB，这样的增长速度对现有的包括数据中心、数据中心互联网络和互联网接入网络等 ICT 基础设施产生了巨大的挑战。为了应对全新需求，运营商、云厂商、互联网企业等纷纷对其数据中心进行升级、扩容与扩建。而数据中心在处理业务负载的过程中消耗大量电能，产生大量的间接碳排放。构建高效低碳的通信网络和数据中心已不仅仅是企业自身经营的需要，更是重大的社会责任。全球的领先运营商，在提供高质量信息与通信技术服务的同时，已经纷纷开启减碳宣言和行动：Vodafone、Orange 提出在 2040 年实现“净零”排放，而 Telefonica 则将目标提前到 2030。此外，谷歌提出在 2030 年之前，实现在全球所有数据中心和园区全天候使用无碳能源。微软承诺到 2030 年成为负碳公司，并在 2050 年消除微软自 1975 年成立以来直接或通过用电排放的所有

二氧化碳。中国北京市政府更是要求数据中心自建分布式可再生能源设施，同时到 2030 年实现 100% 清洁能源利用。欧洲云基础架构和数据中心的关键参与者制定了一项自我监管计划《气候中和数据中心公约》。

除了数据中心本身的绿色低碳化迫在眉睫，作为承载千行百业的新型基础设施，数据中心可以有效促进其所承载的高能耗行业进行快速的数字化转型和低碳化转型。数字经济的耗能产出结构具有“二重叠加”的特殊属性，即每“耗费”在数据中心上的一度电，其不仅仅是为数据中心企业贡献了一定运营产值，同时也为运行在其上的各种云计算、大数据、互联网服务等应用类产业贡献了大量运营产值。据测算，每消耗 1 吨标准煤，能够为数据中心直接贡献产值 1.1 万元，并可贡献 88.8 万元的数字产业化增加值，同时还可带动各行业数字化转型，间接产生 360.5 万元的产业数字化市场（已剔除这些厂商业务中与数据中心不直接相关的部



分)。据全球电子可持续性倡议组织（GeSI）预测，到 2030 年，全球 ICT 行业碳排放占全球碳排放的 1.97%；而 ICT 技术通过赋能其他行业，将帮助减少全球总碳排放的 20%，是自身排放量的 10 倍，这一现象被称为“碳手印”。由此可见，数据中心的绿色低碳进程不仅促进自身的高质量发展，还能赋能高能耗的传统产业，通过“上云用数赋智”行动不仅仅实现“一业带百业”，同时带来“阶乘降耗效应”，对提升全社会生产效率和全要素生产率作用巨大。

我们预测未来十年，ICT 能源基础设施将朝如下几个方向发展，超过 80% 的 ICT 能源基础设施将采用绿能供电。

### “绿色电力”将带来更多的“绿色算力”

全球数字化浪潮的推进下，ICT 行业逐步成为“高能耗”行业，在减碳目标的驱动下，ICT 基础设施的绿色供能应用成为必然方向，光伏、风电、氢能等清洁能源将更普遍地应用于 ICT 能源基础设施。受惠于这些分布式能源的成本和灵活性优势，未来十年超过 80% 的 ICT 基础设施供电系统中将包含分布式的绿色能源，通信站点单站功耗较小，分布式光伏将可能成为主力供电形式，使能通信网络走向“零碳”。与传统采用新能源 PPA（Power Purchase Agreement，购电合同）和购买绿证不同，数

据中心将更多的采用清洁能源直供模式，如在数据中心园区和屋顶建设分布式光伏电站，或在周边区域建设大型光伏地面电站、风电电站和其它清洁能源电站，直供数据中心。在智慧化的调控下，这些传统单向的分布式能源系统也将聚集参与电网调峰等辅助服务市场，辅助解决风电、光伏随机性和间歇性问题，不仅提升了 ICT 基础设施的供电收益，实现基础资源商业价值最大化，也提高了整个能源系统的稳定性和可靠性。

### 安全可靠始终是 ICT 基础设施最本质需求

ICT 基础设施是海量数据承载的物理基础，是信息集中处理、计算、存储、传输、交换、管理的核心资源基地，也是当今社会经济正常运转的关键保障，因此安全性是数据中心的生命。而基础设施的可靠性、安全性一直是较薄弱的环节，完善的端到端保障机制，是其生命周期内安全稳定运行最牢靠的基座。

高可靠产品和专业化服务是保障基础设施安全可靠运行的关键。每一个基础设施的组成背后都有着数以千万计不同部件，在如此众多的零部件组成下，为了确保基础设施具备高可靠性高安全性，需要从产品本源安全可靠出发到专业化团队设计运维，构建端到端全链保障机制，



才能确保其安全可靠。以锂电为例，规划上就要考虑拉远部署或者按照独立隔间、水消防等设计锂离子电池室，建设上要选择高可靠产品，同时在运输、仓储、安装规范上进行强管控，运维上要有巡检机制，构建应急响应能力，端到端的保障数据中心运行安全。

随着 ICT 基础设施功率密度的提升，故障应急处理的时间也大幅缩短，对于 ICT 基础设施维护提出了更高的挑战。得益于人工智能技术的发展，使用 AI 技术进行风险预测和管理数据中心基础设施成为可能。AI 算法可以从历史和实时数据中学习，预测和识别异常模式，从而使 ICT 基础设施的安全管理从被动的救火模式转变为主动的防火模式，从运维手段上提升 ICT 基础设施的可靠性。

## ICT 能源基础设施全面架构重构，融合极简，智能高效

网络和数据中心愈加庞大和复杂。对“简单”的持续追求驱动 ICT 能源基础设施的架构在未来进一步融合化极简化发展。如当前通信站点多采用室内站建设模式，采用传统空调制冷，站点整体能效只有 60%。传统供电方案设计中，一般会采用多套电源支持不同电压制式，部署复杂。我们认为未来十年通信站点的形态将发生巨大变化，以柜替房，以杆替柜成为主流建设模式，站点更简单、更省地、更省租金、更可靠。数据中心的楼宇建设模式也将快速转变，传统混凝土式建筑周期往往超过 20 个月，建设周期长，材料不环保，可回收性差。预制装配式的数据中心建设模式在未来十年将成为主流，一方面降低混凝土、橡胶、岩棉夹芯板等高碳排放材料应用，同时又大量减少现场施工和后期维护，一千个机柜的数据中心只需要数月即可建成，满足业务快速上线的需求。在网络和数据中心供电方案上，供电链路融合也将成为一种新的趋势，匹配更多新能源接入、兼容多路能源供给、平滑演进成为供电架构演进的方向。如多模式的调度控制和管理，模块化的叠加演进，多场景应用下实现不同业务、不同设

备的融合。我们看到这种融合架构下的通信站点电源、电池正融合成刀片式架构，实现电源、储能、温控及配电模块化，按需演进，满足网络跨代演进。数据中心的变压器、UPS（不间断电源系统）、配电等全供电链路融合，节省占地。在备电方面更是全面锂电化，实现发、储、用电的智能协同，减少数据中心 UPS 的配置容量，降低数据中心占地及建设成本。

## DC for AI, AI for DC

随着人工智能技术的不断进步，数据中心的运营正在经历一场革命性的变革。AI 不仅能够提升数据中心的能源效率，降低运营成本，还能在保障数据中心安全方面发挥关键作用。

在安全领域，AI 能够通过先进的预测分析技术，对关键设备如 UPS 系统中的电容和风扇等进行寿命预测，同时利用离群算法等手段，提前识别锂电池的潜在故障，实现故障的早期发现和预防，这类类似于古代名医扁鹊的“治未病”理念。在绿色节能方面，AI 节能算法通过实时分析和调整，优化了数据中心的制冷系统。与传统的人工调优相比，AI 算法能够根据实时天气变化自动调整参数，从而实现制冷效率的显著提升，据估计，整体制冷效率可以提高 8% 至 15%。在简化运维方面，AI 的应用极大地减少了日常运维的工作量和难度。例如，对于供配电系统的巡检，传统方法需要每天进行 6 至 12 次现场抄表，而通过 AI 技术，2000 个机柜的巡检可以在短短 5 分钟内完成。此外，AI 运维助手能够实现 24 小时不间断的设备监控，实时接收设备告警信息，并提供相应的解决方案。每月自动生成的健康报告，为业务决策提供了有力的数据支撑。

AI 技术在数据中心的应用，不仅提升了运营效率，降低了能耗，还增强了数据中心的安全性和可靠性。随着技术的进一步发展，我们有理由相信，AI 将成为数据中心运营不可或缺的一部分，引领数据中心走向更加绿色、极简和安全的未来。



## “质量” 和 “安全” 将成为新能源发展的关键挑战

### ■ 大量电力电子设备的使用对新能源电站的并网安全和运营安全带来严峻挑战

大量的特性各异的电源、负荷、储能等装备以电力电子为接口接入现有电力系统，使电力系统向着高比例可再生能源和高比例电力电子设备（简称“双高”）趋势快速发展。双高特征引发了电力系统电压失稳、频率失稳、功角失稳、宽频振荡等并网安全的问题，严重降低了电网强度。新能源设备电压耐受能力差，故障情况下仅能提供 1.1 倍额定电流的动态电压支撑，而传统火电可达到 5~10 倍，加上新能源需要逐级升压接入主网，与并网点电气距离是常规机组的 2~3 倍，提供的短路容量比较小，降低了电压支撑水平。新能源并网逆变器、变流器等设备不具备惯量响应能力，导致电网整体惯量低，降低了系统调频能力。新能源低惯量还

会引起功角曲线幅值下降，导致功角失稳。新能源发电设备的快速响应特性，还引发了中频带、高频带宽频振荡的新问题。

对于大型清洁能源基地而言，电站占地面积大、容量规模大，电站内的设备多、运维艰难，100MW 的电站就需要 5 个人至少一天才能完成一次简单的巡检工作。同时基地项目大多地处偏远地区，环境恶劣——不是处在高温、风沙极大的荒漠地区，就是在高湿高盐雾的海上，或者是在高海拔高寒的平原上，对设备的质量和可靠性带来巨大考验，同时也对基地电站的运营安全造成严重威胁。





对于分布式光伏系统而言，由于设备越来越多地进入建筑、园区、家庭，与日常生活更加紧密结合在一起，屋顶光伏一旦发生事故，将严重威胁生命和财产安全。据相关机构调研，直流拉弧是屋顶电站引发火灾的主要隐患，光伏组件焊点接触不良、线缆老化、端子虚接等原因都可能产生电弧。另外，屋顶光伏项目中，设备即使停机，只要有光照，直流侧光伏板电压通常可达到 600V 至 1000V，为施工运维人员及业主带来潜在风险。尤其是在出现火灾等紧急状况的情况下，由于光伏阵列携带高压，救援人员无法到屋顶进行救灾；由于屋顶带电，也无法通过普通方式用水进行灭火，大大增加

了救援难度。在国外，对带有光伏系统的屋顶在救灾时采取‘let it burn’策略，只能眼睁睁的看着光伏板烧毁后再进行灭火，极大的影响了救援过程，造成更多的人身财产损失。

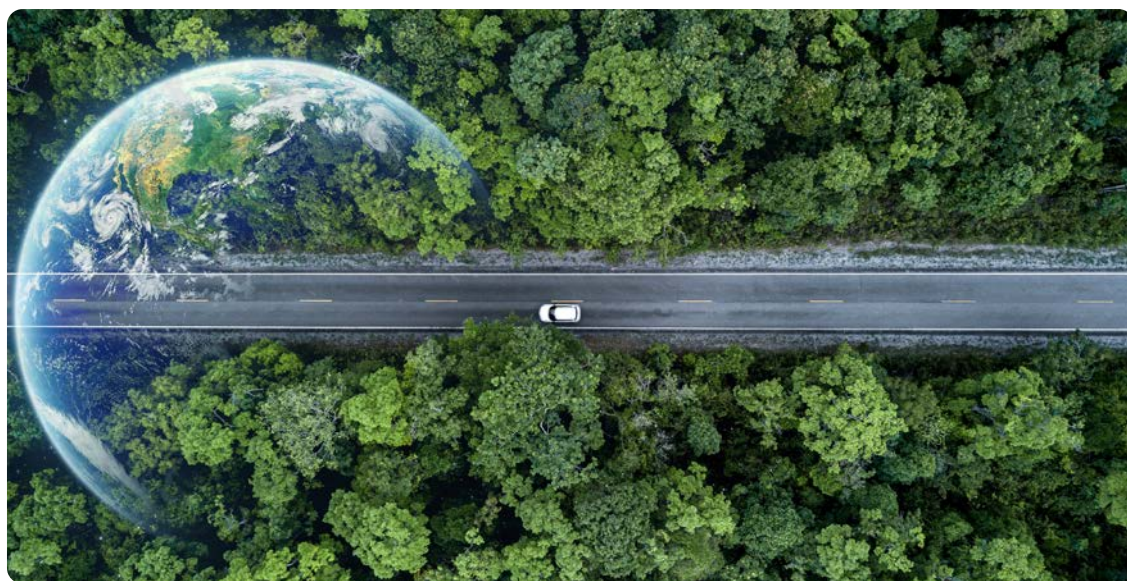
应对双高带来的安全挑战，首先需要关注设备的质量。产业应该形成高质量的共识，通过硬件质量、软件质量来保证产品的安全性和可靠性。其次要将组件、储能、构网、数字化、智能化等单点技术创新融合应用，让新能源发电从跟随电网走向支撑电网，在系统运维上做好直流智能安全诊断、预警和防护，保障各种场景下的人身和资产安全。

## ■ 储能系统是高能量载体，存在热失控风险，一旦起火难以控制，其规模化应用对储能电站安全带来巨大挑战

伴随着储能的快速规模应用，储能电站发生了多起严重事故，造成大量经济损失和人员伤亡。2024年5月，美国加州圣地亚哥市当时全球最大的250MWh的储能电站发生火灾，并多次复燃，前后持续11天才完全扑灭，造成了严重的损失和环境影响。据不完全统计，2019~2023年，全球发生65起重大储能火灾事故，其中由于工艺质量不达标、铜箔材料涂抹不均等电池质量问题引起的电站储能和工商业储能事故27起，由于铁屑脱落至模组内部等电池质量问题引起的户用储能事故12起，由于设备进水、管理系统故障、电池质量问题引起的数据中心事故7起，此外还有由于电池固定方式及绝缘问题等其他质量问题引起的事故19起。此外，在储能电站设计、建设、调试、运行、维护等环节还缺乏成熟的标准和规范，在储能电站管理、运营、维护等方面的专业化也有待进一步建设和完善。储能作为电力系统的新生环节，全方位的体系建设还处于探索阶段。安全已经成为储能产业发展的巨大挑战。

储能作为能源系统的调节器，调用频率越来越高；锂电池单站规模突破GWh，规模越来越增大；大型储能系统由单柜2MWh向5MWh+发展，能量密度越来越高；新的技术路线如钠电池、液流电池、超容电池渗透率提升，多元化程度越来越高，由此导致储能电站更多、更复杂的安全风险。

为了应对储能电站的安全风险，核心是储能产品的高质量。从储能系统架构设计开始，优先把问题消灭在事故前端；关注电芯等关键部件的生产制造使用，保证本体安全；选好隔热、阻燃材料，做好散热、排烟、消防系统，完善被动安全；发展在线监测、智能控制和安全预警技术，做好主动安全。在储能电站的全生命周期，从规划设计、设备选型、制造验收、运输交付、现场安装、系统调试、运行控制、检修维护、电站退役的各个环节贯彻安全理念、夯实安全管理。其次，行业应该结合安全实践，推动相关安全标准规范的制定与实施，通过政策法规的落地反向促进行业的高质量发展。







## 结束语

可再生能源、数字技术、电力电子技术的发展和融合水平决定了能源世界的进步水平。未来的能源世界以电能为介质，以电网为总线，以电力电子设备为网关、以能源云操作系统，改变传统能量流处理、移动和储存的方式，实现清洁低碳能源广泛的规模化开发利用、多级能源网络广泛互联、多种负荷主被动灵活参与、多业务逻辑协同决策运行。未来十年能量流与信息流深度融合，相互促进，是能源全面变革的关键过渡期，也将影响未来百年能源发展的前景。能源产业正进入智能化时代。信息流、能量流的技术创新日趋同步，逐步从单设备、单场景向整体性、综合性发展，从“局域网”向“全球网”应用发展，从“单机”运行向“云化”运行发展，可观、可测、可控的范围越来越广。能量流与信息流的融合延展到更大的时间和空间尺度，能源系统价值进一步放大，一方面促进能源系统更加经济、清洁、安

全运行；另一方面推动能源生产、传输、存储、消费的产业发展新形态。促进了能源系统与信息系统甚至商业系统的深度融合。能源系统不再是一个简单和独立的能源网络，也将是和其他社会网络共生共存的关键基础平台，如和交通网络、碳足迹网络、信息网络等实现跨行业网络的协同控制，能源云的管理协同模式和范围也不仅仅局限于能源系统单设备、单系统、单行业。

科技进步与能源转型相互促进，正在深刻改变能源发展的前景，唯有认清趋势，才能迎接未来的挑战，唯有立足当下，才能把握时代的机遇。新“数字能源”时代下，更需要全人类携手共进，建立新的联盟、寻找新的方式，实现跨价值链和生态系统的协作，为世界能源创新和发展提供力量，共同推动低碳化、电气化、数字化、智能化的能源变革，共建绿色美好未来。

## 2024 年版本刷新说明

华为积极与业界知名学者、客户、伙伴深入交流，投入对智能世界的持续探索。我们看到智能世界的进程明显加速，新技术和新场景不断涌现，产业相关参数指数级变化。为此，华为对 2021 年发布的《数字能源 2030》进行系统刷新，展望面向 2030 年的场景、趋势，并对相关预测数据进行了调整。





## 华为技术有限公司



深圳龙岗区坂田华为基地

电话: +86 755 28780808

邮编: 518129

www.huawei.com

### 商标声明

 HUAWEI, HUAWEI,  是华为技术有限公司商标或者注册商标, 在本手册中以及本手册描述的产品中, 出现的其它商标, 产品名称, 服务名称以及公司名称, 由其各自的所有人拥有。

### 免责声明

本文档可能含有预测信息, 包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素, 可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此, 本文档信息仅供参考, 不构成任何要约或承诺, 华为不对您在本文档基础上做出的任何行为承担责任。华为可能不经通知修改上述信息, 恕不另行通知。

版权所有 © 华为技术有限公司 2024。保留一切权利。

非经华为技术有限公司书面同意, 任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部, 并不得以任何形式传播。