



数字能源 2030



构建万物互联的智能世界

以低碳可持续发展为导向 的新一轮能源变革开启 P01

控制温室气体排放，共同拯救人类家园，控制传统化石能源应用刻不容缓
世界经济可持续发展需要可持续性的能源供给，可再生能源承担重任
风光发电成本竞争力优势明显，成为能源革命中坚力量

电力电子技术和数字技术成为 驱动能源产业变革的核心技术 P05

电力电子技术为能源系统变革安全性和可控性提供保障
数字技术使能源系统智能化演进，推进能源价值最大化

能源进入数字能源时代， 绿色低碳、数字智能，多流合一 P08

能源生产更低LCOE，电网友好、智能融合

- 1) 2030年光伏到度电成本可能低至0.01美元
- 2) 光伏发电机主动支撑电网频率、电压波动，保障电网安全稳定运行
- 3) 能源云将能源流和信息流智能融合，源、网、荷、储协调互济

交通出行全面电气化转型，电动汽车2030与燃油车二分天下

- 1) 新材料和数字化重新定义电动汽车驾乘体验和安全
- 2) 千伏闪充全面普及，完美能源补给体验
- 3) 电动汽车与各类能源系统深度协同，成为能源流的调节器

ICT能源基础设施全面绿色化

- 1) ICT能源基础设施全面架构重构，融合极简，柔性高效
- 2) 绿色能源成为ICT能源主流供能方式
- 3) ICT能源基础设施运维全面自动驾驶化

结束语 P15



以低碳可持续发展为导向的 新一轮能源变革开启

控制温室气体排放，共同拯救 人类家园，控制传统化石能源 应用刻不容缓

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，二氧化碳水平开始极速上升，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。

好在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，《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。世界各国正行动起来，截至2020年底，全球共有44个国家和经济体正式宣布了碳中和目标（包括已经实现目标、已写入政策文件、提出或完成立法



程序的国家和地区)。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碳达峰、碳中和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。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，可再生能源承担重任

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，我们已经开采超过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。这使得我们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50年、53年和134年。所以发展可再生能源，走可持续发展之路才是立根之本，联合国秘书长古特雷斯在2021年3月举行的能源高级别对话中表示，可再生能源“对于建立可持续、繁荣与和平的未来至关重要”，2021年必须成为可持续能源转型的“历史性转折点”。

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7中也设定了



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。韩国近日公布了一项可再生能源长期计划，加大可再生能源电力开发。根据该计划，到2034年，韩国所有燃煤电厂都将退役，可再生能源在韩国能源结构所占比例将从目前的15.1%提高到40%。法国政府公布的“2030国家能源计划”称，将持续提高其电力供给领域中可再生能源发电占比，特别是风电占比，以实现能源转型。到2030年，法国电力供给中

可再生能源发电占比将达到40%，其中风电占比预计达到20%。德国则计划将可再生能源比例从目前的18%提升至30%。智利政府2020年11月正式推出绿色氢能战略，推动能源结构转型。计划于2024年之前将燃煤发电份额降至20%，逐步提升水电、风电、光伏和生物质能发电的比例，到2030年将可再生能源占该国能源总量的比例提高至70%，到2040年所有煤电厂彻底关停。巴西政府不断出台政策措施，为光伏等产业相关基础设施和项目提供资金、政策支持，到2035年，巴西电力产业总投资规模将超过300亿美元，其中70%将用于光伏、风电、生物质能及海洋能等可再生能源技术。

风光发电成本竞争力优势明显，成为能源革命中坚力量

可再生能源发电成本正快速下降。全球电力生产当前仍以化石燃料为主。到目前为止，煤炭供应37%的电力，其次是天然气，供应24%。化石能源之所以在能源供应中占主导地位，因为它们比所有其他能源都便宜。如果我们想过渡到以可再生能源为主的深度脱碳能



源系统，最重要的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%。目前光伏开始进入全面平价期，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，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。截至2020年底，全球风电和光伏累计装机容量超过650GW和750GW。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。到2024年，分布式光伏将占据光伏市场总量的近一半，其中工商业分布式光伏成为主要市场。漂浮式光伏电站不占用土地，发电量相对较高，且不破坏水域环境的特性，也受到很多区域推崇，全球已经有60多个国家在大力推广水上漂浮电站，预计未来5年全球市场规模将达到60GW以上。我们预计随着风光发电成本下降以及装机量的快速增加，全球对化石燃料的需求将于5年内达峰。



电力电子技术和数字技术成为驱动能源产业变革的核心技术

电力电子技术为能源系统变革安全性和可控性提供保障

电力电子在电能发输配用的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，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。

a) 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。

b) 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。

c) 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。

d) 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，具体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，而新型功率半导体在则适应了这一需求趋势，未来十年是第三代功率半导体的创新加速期，渗透率将全面提升。如碳化硅的瓶颈当前主要在于衬底成本高（是硅的4-5倍，预计未来2025年前年价格会逐渐降为硅持平），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。据Yole预计，碳化硅器件应用空间将从2020年的6亿美金快速增长到2030年的100亿美金，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从目前的2%增长到70%以上，在充电基础设施、电动汽车领域

渗透率也超过的80%，通信电源、服务器电源将全面推广应用。

数字技术使能能源系统智能化演进，推进能源价值最大化

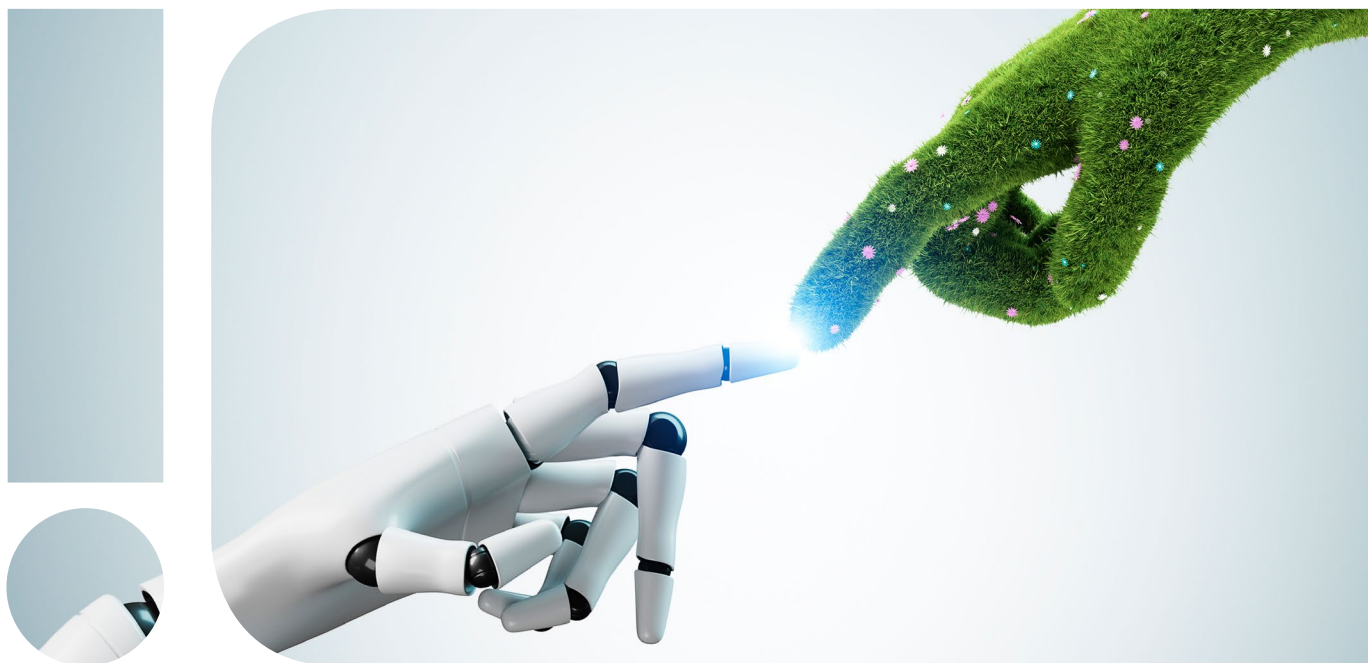
风电、光伏等新能源装机快速增长和应用灵活性推进能源系统向“分布式”时代转型，未来的能源系统是去中心化、以大量分布式能源应用为众多中心“星系”型生态系统，这些能源系统分布在成千上亿的大型电站、园区、建筑、家庭、电动汽车等场景。必须要改变传统的大工业思维方式，通过数字技术将这些分布式的能源系统实现智能化的联接和控制，达到万物互联、高度智能的形态。整个能源系统才能安全稳定、智慧高效、经济便捷、清洁低碳、互联共享、柔性自洽。

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。

智慧化的核心是贴近用户侧能源供应、重视用户体验。随着分布式能源的广泛应用，用户不仅是用能单位，还将是创造能源的单位。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。能源系统可以源随荷动，也可以荷随源动。跨时间、空间尺度的能源系统之间能源流可以你来我往，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，其大量的余热也可以用来供暖；通信站点将承载十八般武艺，成为车路系统与城市大脑的重要载体；智能插座全面渗透千家万户，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，泛在的产消者成就能源系统的需求侧响应和能源增值服务……

随着数字技术在能源系统中主导高速、高频计算的“源荷互动”，以及数字技术与其它行业的深度融合，承载信息流联接、计算及挖掘的数据中心、通信基站等设备的数量和能耗也快速增长，这也带来新的ICT能源基础设施的节能减排问题（在另外章节描述）。



能源进入数字能源时代，绿色低碳、数字智能，多流合一

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”，信息流和能源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，以光伏为代表的新能源生产领域，以电动汽车为代表的绿色出行领域，以及以ICT能源基础设施为代表的用能领域，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50%，光伏的度电成本将低至0.01美元，全球装机总量将超过3000GW。在能源消费侧，电气化率将从当前的20%左右达到30%，电动车的销量将超过50%；在ICT能源基础设施中有超过80%将采用绿电供电。

能源生产更低LCOE，电网友好、智能融合

2030年光伏到度电成本可能低至0.01美元

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不断降低到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。

a) 光伏电站系统高电压化。更高的输入、输出电压等级，可以降低直流侧线损及变压器低压侧绕组的损耗，电站的系统效率可以有效提升。逆变器、变压器的体积减小，运输、维护等方面工作量也大大减少。同时随着电站的维护趋向于无人化、自动化。2030年光伏电站系统电压等级将突破1500V，向更高电压方向发展，进一步降低LCOE。

b) 逆变器功率密度和效率提升。随着碳化硅、氮化镓材料、芯片散热、拓扑架构技术的发展，提供了更高的温度、更高的频率以及更高的电压运作能力与更低损耗的可能。到2030年逆变器功率密度比当前将提升70%以上。

c) 模块化标准化设计。逆变器、PCS、储能等关键设备采用标准接口，灵活扩容，

快速部署。设备内部交、直流分断部分、逆变部分、控制部分、散热部分也将全面模块化设计。可以实现免专家维护，极大降低运维成本、提升系统可用度。系统全模块化和设备全模块化将成为行业主流。

d) 全面数字化。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。精准定位故障，将运维工作量从“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%。

光伏发电主动支撑电网频率、电压波动，保障电网安全稳定运行

光伏发电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”。如何让光伏发电与电网是变为“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。光伏发电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，推动光伏发电技术指标向火电靠拢，光伏发电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。

能源云将能源流和信息流智能融合，源、网、荷、储协调互济

能源流与信息流融合，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、调控能源流，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。

a) 能源云实现能源流跨时间、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，提升输电网控制能力。

b) 能源云让能源生产消费关系具有更大弹性。传统电网在能源的生产和消费过程中，有高达百分之五十以上的资源被白白浪费。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，实现了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。

交通出行全面电气化转型，电动汽车2030与燃油车二分天下

交通行业当前对于石油等化石能源的依赖度极高，交通碳排放量约占能源相关碳排放量的四分之一。在欧洲是仅次于电力的第二大碳排放部门，在美国是温室气体排放的最大来源。交通行业主要包括道路、铁路、航空和航运这四种交通方式，每一种方式对“绿色燃料”的要求都不尽相同。在完善的

电力基础设施和电池技术快速进步的推动下，电能的道路和铁路交通成为了最主要的清洁能源替代方式，电力系统与交通系统的交互影响日益显著，逐步呈现出深度融合的趋势，电动汽车既是交通工具，也是用电设施，同时也是储能设施，电动汽车及其充电/供电设施成为电力系统与交通系统融合的关键枢纽。

许多国家近些年致力于推动电动汽车的产业发展，电气化、智能驾驶和车联网技术领域的大规模投入助推电动车产品竞争力大幅提升，电动车的节能环保属性，以及智能化和科技应用也得到更多消费者的青睐。在全球汽车业遭受疫情打击表现低迷的背景下，电动汽车销售2020年逆势上涨41%，销量超过300万辆，市场份额达到4%，欧洲电动汽车销量突破100万辆大关，中国电动汽车销量超过130万辆，美国电动汽车销量超25万辆。随着电池成本下降和性能提升以及自动驾驶技术的开发采用，电动汽车最迟2025年与燃油车实现“价格平价”，电动汽车市场进一步加速增长，2030年全球电动汽车的销量极有可能突破4000万辆，与燃油车二分天下。电动汽车的发展离不开充足完善的充电基础设施，据国际能源署IEA和相关报告预测，到2030年全球私人充电桩预计保有量将达1亿台，总充电功率达1500GW，总充电量达800TWh；公共充电桩预计保有量达2000万台，总充电功率达1800GW，总充电量达1200TWh。

新材料和数字化重新定义电动汽车驾乘体验和安

宽禁带半导体全面应用和数字化控制技术全面协同，推进电动汽车极致能效比。随着电力电子技术相关功率器件、拓扑及控制算法的升级，电源部件将达到新的极致高效。尤其是碳化硅等器件新技术、新材料的应用，相比较传统的硅器件，禁带宽度提升3倍，电场强度提升15倍，电子饱和速率提升2倍，导热系数提升3倍，电动车系统级的效率如充电、行驶工况、供电传输、功率变换、加热/制冷、能量回收全链路架构将被持续重构升级。在数字化技术加持下，从器件

到系统，从动力域到整车运行，通过智能电热协同、智能扭矩分配算法、智能电液制动分配实现整车全场景高效。同时为了进一步节能及提升续航里程，采用超融合及域控制架构，通过电能、动能、热能、能量回收的联动控制，实现多能互补，可达到充电--储电--用电的全链路整车级高效。如智能电热协同，电机和逆变器热量通过热泵系统智能配送至乘客舱供暖，四驱扭矩智能分配，兼顾制动安全与能量回收比例，最优分配电机、液压制动比例等提升续航技术全面使用。

数字化同时正重新定义电动汽车的驾乘体验。随着电池能量密度增加、电池管理做得更加完善以及电控系统调校更细腻，电动汽车也逐渐有了驾驶“灵魂”，电动汽车在驾驶体验如极致加速、极致操稳、创新智能特性上全面超越传统燃油车。如极致加速，电动汽车大功率、快加速成趋势，300kW，400kW，600kW，800kW动力配置完胜燃油车。极致操稳，多电驱分布式驱动，取代燃油车时代的机械限滑差速器，实现更快弯道加速、更优山地越野，驾驶乐趣全面领先，创新智能特性，SOA (Service oriented architecture) +集中式EEA (electric electronics architecture) 趋势下，电动汽车动力域生命周期可持续软件特性升级，常用常新。智能剩余续航预估，车主出行无忧。智能赛道模式，调整热系统升功率，调整前后驱扭矩，让驾驶更有乐趣。智能油门，车随人动，驾驶随心所欲。驱动制动融合，电机监控轮胎滑移率，实时调整驱动扭矩，冰雪湿滑路面不打滑，驾控性和安全性大幅提升。

能源云推进能耗管理从单车到集群的能效提升，从周期性到全在线的服务体验。汽车进入电动化和智能化时代，客户需求的个性化发展，市场环境的多样性也对汽车产品的研发上市和生命周期要求产生更多影响。这些新变化催生新的制造与新的产品服务模式变革，驱动汽车行业全产业链数字化转型。如新能源汽车动力域数字孪生技术基于车端动力系统数字化+车联网技术，在云端创建动力域实体的数字孪生体，不间断地通过传感采集产品的实时运行数据，将其与云上

的数字模型实行同步拟合，生成现实物体+实时运行状态的数据，监测动力域状态，预测运行工况，通过实时互动保障电动车动力系统工作在高可靠、高效运作状态。云计算在算力、算法、模型训练、大数据的存储与分析、引入生态等方面具备天然优势，通过采集车辆的电池、电机和电控等运行数据，在云端对三电部件进行数字化建模，构建故障预测性分析算法、高效运行状态参数匹配、设备老化模型、故障智能修复算法和智能标定算法等，实现先于用户发现潜在车辆问题，远程诊断并修复故障，使能主机厂和服务商面向终端用户需求主动优化产品设计，改善用户服务效率、降低用户车辆使用成本，提升用户体验。

千伏闪充全面普及，完美能源补给体验

消费者对电动汽车的接受度提升，续航里程增加和充电便捷度成为关键推动力量。从电动汽车技术层面看，相同尺寸下，能量密度提升带来的电量增加是解决续航问题的有效举措，电池电压升高带来的快充能力提升是充电便捷度的关键。以电动乘用车为例，预计2025年起，单车电池平均容量也会从60度电升级到100度电，主流充电电压将500V升级到1000V，2030年全面进入充电“千伏时代”。充电基础设施单枪充电功率从60kW支持到480kW以上，充电时间从1个小时左右缩短到小于10分钟，接近传统燃油车加油体验。电动车动力系统也向“千伏”演进，趋向集约化，融合、协同一体化，降低电流，减少能量损失。高电压平台、精细

化大倍率充放电曲线设计实现充电、行驶放电、能量回收高效协同。充电基础设施系统高压化技术广泛使用，如高压碳化硅技术推动高效、高密，支撑高压平台演进，基于ChaoJi充电技术路线的标准定义，1000（1500）V充电电压平台，支撑最大充电功率可提升到900kW，这类超级充电技术将被广泛布局在城际高速路。

电动汽车与各类能源系统深度协同，成为能源流的调节器

电动汽车全面参与能源系统互动，成为能源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，2025年之前，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。2030年随着动力电池成本下降、寿命提升，电动汽车可全面发挥分布式电源的作用，结合微电网、虚拟电厂等平台，以双向充放电方式提供调频、现货电力平衡等服务。

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。

ICT能源基础设施全面绿色化

下一个十年，联接数量将达到千亿级，

通用计算总量提升10倍；AI计算总量提升500倍。ICT技术通过赋能其他行业，帮助减少全球碳排放的20%。相关的基础设施如通信联接站点数从当前的1000万增长到5500万，数据中心机架数将从当前的420万柜增加到1000万柜。ICT占全球的耗电量从当前不足2%上升到4%。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，已经纷纷开启碳中和宣言和行动：Vodafone、Orange 提出在 2040年实现“净零”排放，而Telefonica则将碳中和目标提前到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》。日本计划在2040年实现数据中心行业碳中和。我们预测未来十年，ICT能源基础设施将朝下面几个方向发展。

ICT能源基础设施全面架构重构，融合极简，柔性高效

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。

绿色能源成为ICT能源主流供能方式

全球数字化浪潮的推进下，ICT行业逐步成为“高能耗”行业，在“碳中和”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。随着“锂进铅退”推进，通信基站备电和数据中心备电全面锂电化，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。

ICT能源基础设施运维全面自动驾驶化

ICT能源基础设施运维将逐步向自动驾驶迈进。未来十年，通过神经网络、知识图谱和领域迁移等技术将使得ICT能源基础设施自治成为可能，通过将AI与其他技术相结合，可大幅提升运维效率，不仅可以代替人工解决大量重复性的、复杂性的计算工作，还可基于海量数据提升能源基础设施的预防和预测能力，通过数据驱动差异化的服务模式，使能高度自动化和智能化的ICT能源基础设施运营。这将对现有运维模式产生深远的变革。

a) 从人工操作到系统自动执行。传统低效、重复性的操作工作（如：配置下发，变更，升级等），将被自动化流程取代，从依赖运维人员“在流程中（In the Loop）”干预转化为运维人员“在流程之上（On the Loop）”管理，大幅提升操作类工作效率，以应对未来繁重维护压力，极大地缩短建设和业务上线的时间。

b) 从人工决策到机器辅助甚至自主决策。传统运维依赖专家经验的模式将发生转变，通过数据驱动，发挥AI机器学习的优势，可在人的监管之下进行辅助甚至自主决策，可增强系统应对复杂及不确定性问题的能力，大幅提升能源基础设施的响应速度、资源效率和能源效率等。

c) 从运营的开环管理到运营闭环可承诺。ICT能源基础设施的自动驾驶将打通全流程数据流转并实现闭环自治。在建设、维护及优化等环节针对预定的SLA策略进行自动的闭环自治，确保能源生产消费的策略可管理，可承诺，使能ICT能源基础设施的差异化服务，提升资源利用率和运营收益，实现差异化商业创新。





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，改变传统能源流处理、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。未来十年能源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。能源产业正进入数字化时代。信息流、能源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。能源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、智能化的数字能源变革，共建绿色美好未来。

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 2021。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。