《bp世界能源展望》
2024年版

2024年版《世界能源展望》（以下称“《展望》”）探讨能源转型的主要趋势和不确定性因素。

2024年版《世界能源展望》将重点关注以下两大情景：“当前路径情景”和“净零情景”。这两种情景既不是对未来的预测，也不是bp希望发生的情景，而是就能源转型性质的不同判断与假设，探讨可能产生的影响。这些情景的推理基于现有技术，未考虑全新或未知技术可能产生的影响。

能源系统转型的可能速度和性质存在诸多不确定性因素，这就意味着，上述任何一种情景完全按照描述的情形实现的概率微乎其微。此外，这两种情景并没有包罗无遗地提供所有可能结果，但确实涵盖了更广泛的可能结果，因此可能有助于展现2050年之前能源市场发展的主要趋势和不确定性因素。

编写本期《展望》旨在展示bp关于能源转型带来的风险和机遇的看法，为塑造全球能源系统未来路径重要因子的广泛讨论做出贡献。在讨论全球能源市场前景时，本期《展望》仅是众多信息来源之一。bp在制定长期战略时，也综合考虑其他诸多外部情景以及相关分析和信息。

目录

引言

《世界能源展望》2024年版简介 6

最新发展和新兴趋势 8

主要洞见 10

概览 12

两种情景探讨了2050年之前能源转型的速度和形态 14

“净零情景”与IPCC假设的“符合《巴黎协定》”的情景吻合，而“当前路径情景”则表明气温将显著超调 16

推进能源转型：从能源消费总量增长到能源替代 18

如果全球能源系统继续沿当前路径前进，将全球升温限制在2℃的碳预算不一致 20

延迟能源转型可能导致代价高昂且无序的调整路径 22

能源需求 24

新兴经济体的经济日益繁荣带动了能源需求的增长，但能源效率的快速提高抵消了这一增长 26

在可再生能源快速增长的推动下，一次能源需求逐渐脱碳 28

由于路面交通中石油的使用量下降，石油需求在展望期间下降 30

电力日益取代石油成为路面交通的主要能源 32

通过将氢衍生燃料和生物燃料结合，航空业和海洋运输业日益脱碳 34

石油需求的下降反映在产品需求和炼油活动模式的变化上 36

由于石油需求下降，全球石油供应模式发生变化 38

天然气需求的前景取决于能源转型的速度 40

液化天然气需求取决于欧洲和亚洲的天然气消费，而这两个地区的天然气消费依赖于全球天然气供应情况下的液化天然气进口 42

全球天然气生产模式日益受到液化天然气贸易发展的推动 44

全球能源系统中，煤炭的作用正逐渐减弱，这一趋势主要由中国推动的能源结构转型所驱动 46

现代生物能源迅速增长，帮助那些难以电气化的行业和流程实现脱碳 48

电力行业 50

新兴经济体日益繁荣，世界日趋电气化，电力需求增长显著 52

风能和太阳能的大规模扩张主导着发电量的增长 54

风能和太阳能发电迅速增长，得益于成本的进一步降低和新产能的加速布局 56

电力系统需具有韧性，以应对风能和太阳能日益占据主导地位带来的更大波动性 58

低碳氢 60

低碳氢能够在多大程度上发挥作用取决于能源转型的速度 62

低碳氢的增长主要集中在区域市场，部分涉及全球海运贸易 64

碳减排与碳移除 66

碳捕集、利用与封存技术在支持深度脱碳途径方面发挥着重要作用 68

促成因素 70

继续投资石油和天然气上游，同时增加对风能和太阳能产能的投资 72

随着能源系统的转型，对关键矿物的需求显著增加 74

如何加快能源转型？ 76

与“当前路径情景”相比，“净零情景”中转型速度更快，这主要是依靠电力和工业行业更为深度的脱碳化 78

新兴经济体引领电力市场在“净零情景”中更快脱碳化 80

与“当前路径情景”相比，“净零情景”中工业脱碳化速度更快，这得益于低碳电力和效率的提高 82

“净零情景”中交通运输行业的脱碳化速度快于“当前路径情景”，很大程度是源自路面交通电气化程度的提高 84

在低碳电力以及能源效率和节能加速的支持下，建筑行业在“净零情景”中的脱碳化速度比在“当前路径情景”中更快 86

附录 88

数据表 90

情景排放与IPCC碳预算的比较 92

从“当前路径情景”到“净零情景” 94

“延迟净零情景”和最快的IPCC脱碳化路径的建模方法 96

气候变化对经济的影响 98

投资方法 100

碳排放的定义与数据来源 102

其他数据的定义与来源 104

《世界能源展望》2024年版简介

欢迎走进2024年版《bp世界能源展望》

近年来，全球发展近况和诸多事件都凸显了全球能源系统和业内人士所面临的巨大挑战。

尽管政府的气候雄心和行动显著增加，对低碳能源的投资也快速增长，但碳排放量仍在继续增加。事实上，自2015年一致同意通过巴黎气候目标以来，除了2020年新冠疫情引发的下降之外，全球碳排放量每年都在增加。全球碳预算正在消耗殆尽。

世界正处于能源转型中的“能源消费总量增长”阶段，低碳能源和化石能源的消耗量都在增加。在能源历史上，曾出现过数个“能源消费总量增长”阶段，例如，当世界从以木材为主要能源转向煤炭时，煤炭消耗量迅速增加。后来，当石油取代煤炭成为主要能源形式时，石油消费急剧增加。但上述例子中，世界对各类能源的消耗量都相差无几，甚至更大。

我们面临的挑战是从当前能源转型的“能源消费总量增长”阶段转向“能源替代”阶段，这是史无前例的。在“能源替代”阶段，低碳能源的增加快到足以超过全球能源需求的增长，从而使化石能源的消耗量以及碳排放量下降。

世界在快速持续的能源转型中花费的时间越长，未来出现代价高昂且无序调整路径的风险就越大。

俄乌冲突造成的能源扰动和短缺的影响，使能源转型带来的挑战变得更加复杂。这些扰动及其导致的经济和社会代价提醒我们，转型还需要考虑能源的安全性和可负担性。

我意识到，“能源不可能三角”的概念，即能源系统提供安全的、可负担的和可持续的能源的重要性，已被讨论和使用多年。但是，它的现实意义比以往任何时候都更为重要：任何成功和持久的能源转型，都需要解决“能源不可能三角”的全部三要素。

对于这些挑战以及全球能源系统中正在发生的变化和趋势造成的广泛影响，本期《展望》使用了两大主要情景加以探讨，即“当前路径情景”和“净零情景”。这些情景涵盖了未来25年中全球能源系统可能出现的各种结果。我们可以利用这些情景来确定两种情景下的共同能源趋势，以及那些更依赖于转型速度的能源趋势。这有助于判断未来几十年能源系统的可能演变。

将这两种情景进行比较，还可以更清楚地了解需要做些什么，才能从目前不可持续的排放路径转型到符合巴黎气候目标的路径。信息透露提示：除其他行动外，这表明需要在风能和太阳能更快增长的推动下提高电气化程度，显著加速提高能源效率，同时增加采用一系列其他低碳能源和技术，包括生物燃料、低碳氢以及碳捕集、利用与封存（CCUS）。

我希望本期《展望》对所有致力于应对全球能源系统所面临的挑战、加速全球净零转型的人们有所帮助。

欢迎大家对本期《展望》的内容进行反馈，提出改进意见。

戴思攀（Spencer Dale）
首席经济学家

最新发展和新兴趋势

全球能源系统的最新趋势和发展为《展望》中的情景提供了依据。

- 碳排放量持续增加，在过去四年中（2019-2023年）年均增长0.8%。如果二氧化碳排放量大致保持在最近的水平，政府间气候变化专门委员会（IPCC）估算的将全球平均气温升幅限制在2℃以内的碳预算，高概率将在本世纪40年代初耗尽。
- 俄乌冲突使人们更加关注确保能源的安全性和可负担性以及实现巴黎气候目标。最近中东地区的扰动更加凸显了能源安全的重要性。
- 对能源安全关注的增加促使人们更加重视提高能源效率和增加国内能源生产。这也可能促使政府更多地参与能源市场的设计和运作，绿色产业政策的作用日益增强，以及更加关注能源供应链安全以及相关情况下的当地化石能源资源的利用，都说明了这一点。
- 由于新兴经济体的经济日益繁荣增长，全球能源需求持续增长，2019年至2023年间年均增长约1%，低于2009-2019年略低于2%的平均增长率。
- 提高能源效率方面的进展令人失望。过去四年，每单位经济活动使用的能源量年均下降略高于1%。这低于过去十年的下降速度，也远远低于《联合国气候变化框架公约》缔约方会议第二十八届会议（COP28）能源效率承诺中每年下降4%的目标。
- 据估算，近年来，低碳能源投资增长非常迅速，自2019年以来增长了约50%，2023年达到约1.9万亿美元。这些投资主要集中在发达经济体和中国，而资本成本通常较高的新兴经济体的投资水平要低得多。
- 其中大部分投资用于可再生能源，2019年至2023年，风能和太阳能发电几乎翻了一番。这一增长尤其是由太阳能推动，成本的持续下降也为其提供了支撑——太阳能电池板的成本在过去四年中下降了大约60%。
- 然而，源自低碳能源的能源消费总量增长尚不足以满足全球能源总需求的增长，这意味着化石能源的使用会继续增加。2023年，化石能源消费创下新高，主要原因是石油消费的增加。
- 2023年，石油和天然气上游投资总额达5500亿美元。尽管上游投资仍低于本世纪前十年早期的峰值，但在投资生产率不断提高的支持下，油气产量继续稳步增加。

- 2019年以来，石油需求增长（年均增长约50万桶/日）的主要原因是新兴经济体的石油消费日益增加以及石化原料需求增加。过去二十年的大部分时间，发达经济体的石油消费持续下降。2022年，发达经济体的石油需求量比新冠疫情全球流行前大约降低200万桶/日，比2005年的历史峰值降低550万桶/日（大约10%）。
- 亚洲新兴经济体对天然气需求的强劲增长，加上俄罗斯向欧洲管道气出口的中断，增加了液化天然气（LNG）在全球天然气市场中的重要性。在过去五年中，液化天然气需求增长大约为天然气总消费增长的八倍。

- 近年来，随着能源系统日益电气化，电力的增长速度持续超过能源总需求的增长速度。这主要是受到新兴经济体用电量持续快速增长的推动，以及电力可获得性和可负担性的改善。数据中心支持采用生成式人工智能应用而产生的需求虽然刚刚起步，但却在不断增长，未来几年一些市场的电力需求可能大幅增加。
- 低碳发电的快速增长给支撑电力市场的基础设施和治理过程带来了更大压力，包括规划、许可和电网。例如，在美国，从申请并网连接到商业运营的项目建设平均时间从2000年至2007年的不到两年增加到2023年的近五年。

- 电动汽车数量迅速增长，其销量从2019年的200万辆增至2023年的约1400万辆。这一增长得益于车辆排放监管，尤其是在中国、欧盟和美国。
- 热泵的销量也稳步增长，尤其是在欧盟和北美。2019年至2023年，欧盟的热泵年销售量增长了大约75%，达到每年260万台。
- 相对不成熟、成本也更高的低碳能源载体和技术，如低碳氢、合成生物燃料以及碳捕集与封存的增长仍处于初期阶段。例如，2024年初，运行或在建的低碳氢项目总产能只有不到500万吨/年，仅占现有势头未减的化石能源制氢的一小部分。

- 近年来，由于能源系统的转型应对需求的预期增长，对关键矿物开采和勘探的投资有所增加，但仍需要进一步加快投资，以满足能源快速转型的需要。

主要洞见

本期《展望》中的各种情景有助于洞察未来25年内能源系统将如何演变，其中一些见解来自于影响全球环境和能源市场的因素，这些因素在两种情景中同时存在，因此可能会增加这些因素在“介于”两种情景之间的路径中显现的可能性。其他见解则更多地取决于转型的速度。

全球环境

- 碳预算正在消耗殆尽。需要采取果断行动，进行快速持续减排，而拖延的时间越久，日后出现代价高昂、破坏性大的调整路径的风险就越大。近年来，为支持能源转型，各国政府目标雄心和政策都得到了增强，但要实现符合巴黎气候目标的路径，还需要进一步采取全球政策行动。
- 俄乌冲突对全球能源供应的扰动，使人们更加重视在实现巴黎气候目标的同时，确保能源的安全性和可负担性。各国更加注重保障能源安全，包括许多国家更重视确保其关键低碳能源价值链的安全。

两种设想情景中的共同趋势

- 由于经济日益繁荣，生活水平不断提高，新兴经济体的能源需求增长更为强劲。但能源消费增长的幅度和持续性，很大程度上取决于全球为加快提高能源效率而采取的行动。
- 能源需求结构发生变化，化石能源的重要性逐步下降，取而代之的是以风能和太阳能为首的低碳能源所占份额不断增加。世界从转型的“能源消费总量增长”阶段，即低碳能源和化石能源的消费均提高，进入“能源替代”阶段，化石能源的消耗量不断下降。
- 得益于成本下降和能源系统电气化程度稳步提高，风能和太阳能迅速发展。可变可再生能源在发电中的占比不断增加，要求通过升级输电网络、提高系统灵活性、储存和可靠的备用产能（可调度），增强全球电力系统对发电波动的韧性。
- 石油需求在展望期间下降，但石油在未来10至15年在全球能源系统中仍将继续扮演重要角色。这意味着需要继续对石油（和天然气）上游进行投资。

- 石油需求下降的最初缘于内燃机（ICE）汽车效率的提高，但随着时间的推移，更多由路面交通的电气化导致。由于监管标准和成本竞争力不断提高，电动汽车的数量迅速增长。

取决于转型的趋势

- 未来25年中，天然气需求是增加还是减少取决于能源转型的速度。由于新兴经济体的经济增长和工业化进程，其天然气消费量增加。但在加速转型路径中，由于能源消费从天然气转向低碳能源，天然气消费的增加会被抵消。
- 未来25年中，生物燃料和生物甲烷的使用量将会增加。但在航空等主要行业，生物燃料和生物甲烷的扩大使用速度很大程度上取决于政府的支持政策和授权。
- 低碳氢有助于能源系统脱碳，因为它可用于难以电气化的工业和运输活动，并在较小程度上，增加电力系统的韧性。然而，相较于现有的化石能源，低碳氢的成本较高，意味着其重要性取决于政策支持的规模。即使在更快的能源转型路径中，大部分低碳氢增长到2035年之后才会发生。
- CCUS在促进向能源系统低碳转型方面发挥着关键作用，但它需要政府采取支持和激励措施，以补偿采用涉及的附加成本。CCUS的使用是对从化石能源转型的补充，而不是替代。

概览

两种情景探讨了2050年之前能源转型的速度和形态

“净零情景”与IPCC假设的“符合《巴黎协定》”的情景吻合，而“当前路径情景”则表明气温将显著超调

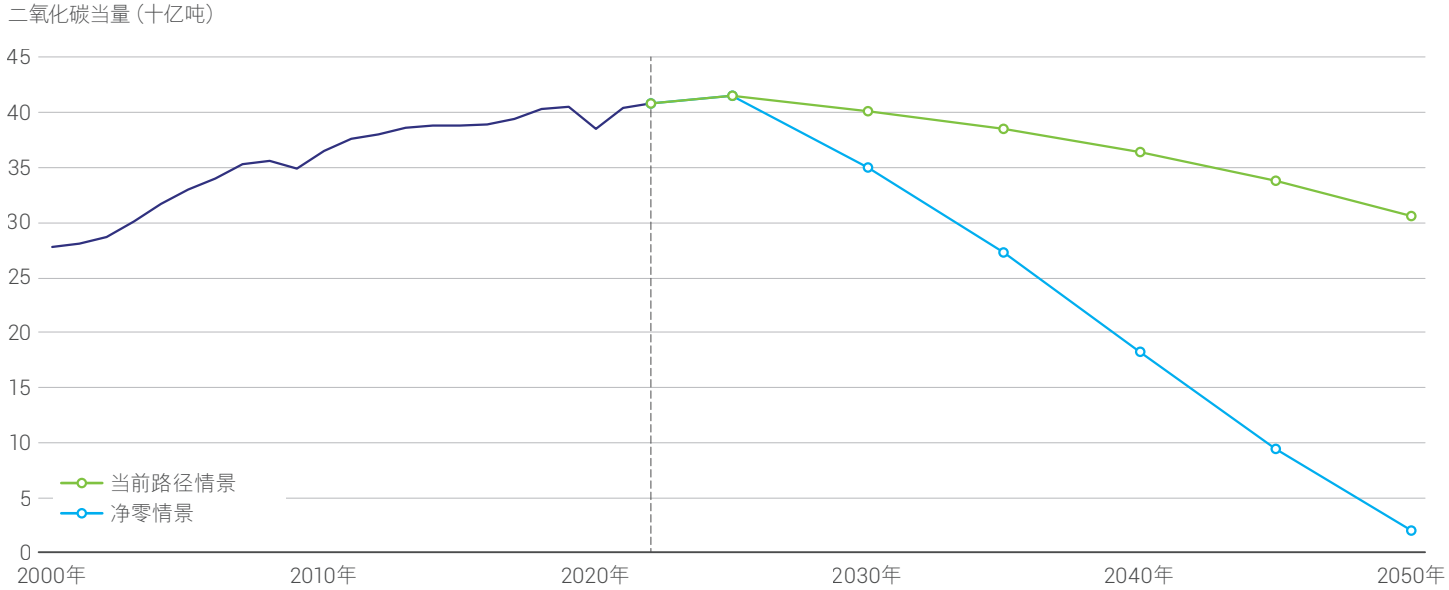
推进能源转型：从能源消费总量增长到能源替代

如果全球能源系统继续沿当前路径前进，将全球升温限制在2℃的碳预算不一致

延迟能源转型可能导致代价高昂且无序的调整路径

两种情景探讨了2050年之前能源转型的速度和形态

碳排放量



碳排放量包括能源使用、工业生产过程、天然气放空燃烧产生的二氧化碳排放以及来自能源生产过程中的甲烷排放。

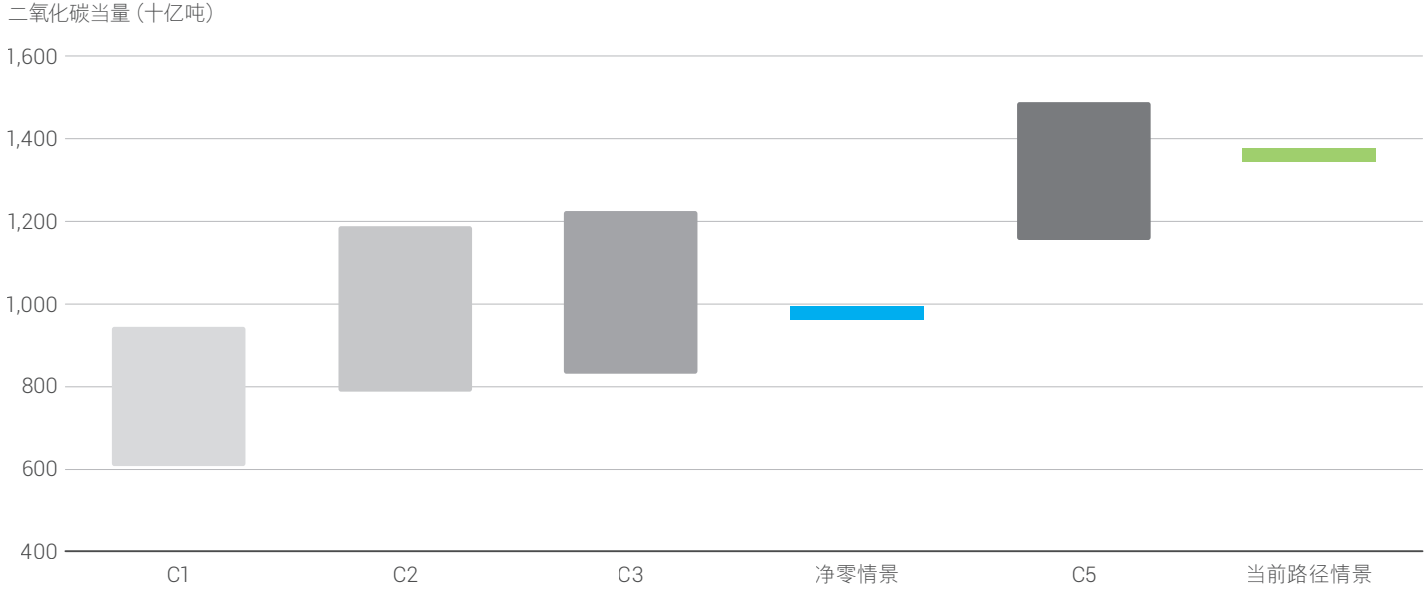
要点

《bp世界能源展望》2024年版通过“当前路径情景”和“净零情景”两种情景，探讨2050年前全球能源系统可能出现的一系列结果。

- 未来25年，可能影响全球能源系统转型的因素范围很广，例如政策、技术、社会压力、融资和地缘政治，这意味着无法对能源系统将如何演变做出有意义的预测。
- 而本期《展望》采用的情景涵盖了2050年之前的各种可能结果。通过这些情景，我们可以了解能源系统中哪些趋势在大多数可能的结果中均更有可能出现，哪些趋势更取决于能源转型的速度和形态。这种认识有助于制定战略选择，使其在应对能源系统未来的诸多不确定性方面更具韧性。
- 这些情景考虑了能源生产和使用、多数非能源相关的工业生产过程、天然气放空燃烧产生的碳排放量，化石能源生产、运输和分销产生的甲烷排放以及传统生物能源的不完全燃烧所产生的碳排放量（详见附录第102-103页）。这些情景使用了2022年（基准年）的数据。能源系统具有相当大的惯性，这意味着在未来几年中，不同情景下的能源系统演变不太可能出现显著变化。
- “当前路径情景”旨在捕捉全球能源系统当前的大致路径。它重视已经生效的气候政策以及全球未来脱碳的目标和承诺。同时，它也认识到与实现这些目标相关的无数挑战。“当前路径情景”中的二氧化碳当量（CO_2e）排放量在本世纪20年代中期达到峰值，到2050年该排放量比2022年的水平低大约25%。
- “净零情景”探讨了能源系统内不同要素如何变化才能大幅降低碳排放量。从这个意义上讲，可以将“净零情景”视为一个“假设”情景：如果全球采取集体行动，到2050年之前将二氧化碳当量排放量减少大约95%，能源系统的哪些要素可能需要改变以及如何改变。
- “净零情景”假设气候政策显著收紧。它还包括社会行为和偏好的转变，这些转变进一步推动能效提升以及对低碳能源的采用。
- 在“净零情景”中，在2050年，剩余二氧化碳排放量的消除可通过能源系统进一步转变的方式来实现，包括CCUS支撑的碳移除（CDR）（见第68-69页）或通过部署自然气候解决方案（NCS）。使用自然气候解决方案来抵消能源系统的排放将取决于一系列因素，包括自然气候解决方案的成本以及减少能源系统内外的温室气体排放的相对成本。本期《展望》中没有明确探讨这类成本问题。

“净零情景”与IPCC假设的“符合《巴黎协定》”的情景吻合，而“当前路径情景”则表明气温将显著超调

2015-2050年，IPCC假设情景中的累积碳排放量



C1至C5代表IPCC假设情景的类别，采用本节所述各种升温结果中10-90%的百分位数范围。有关累积排放量计算方法的补充说明，见附录。

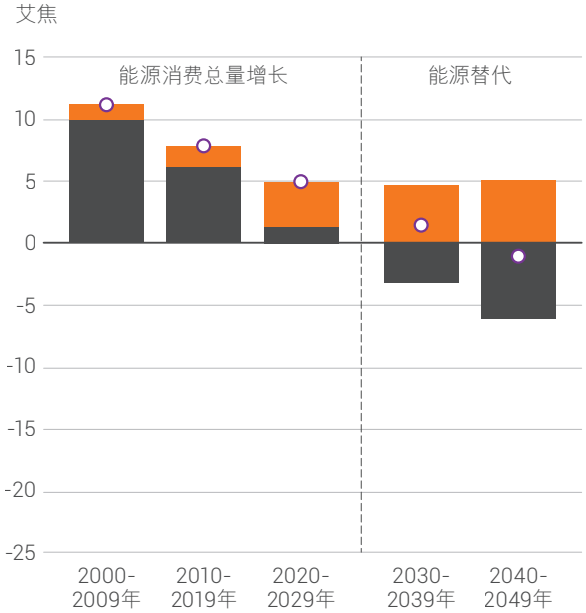
要点

在“净零情景”中，脱碳的速度和程度与符合达成巴黎气候目标的IPCC假设的系列情景基本一致。而“当前路径情景”中的排放状况表明，与这些气候目标相比，温升显著超调的可能性要大得多。

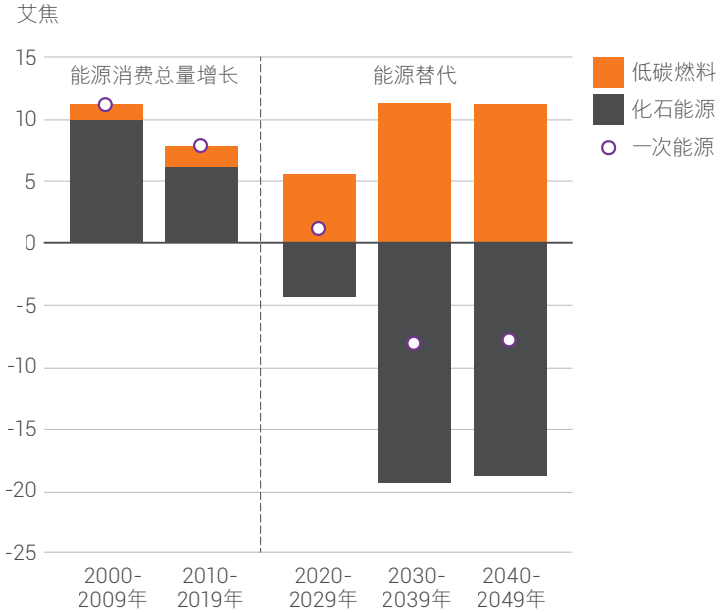
- 本期《展望》中的情景只假设到2050年，且未对所有形式的温室气体或所有经济行业进行建模。因此，不可能将“当前路径情景”和“净零情景”推导出2100年前全球平均气温升幅。
- 然而，可将两种情景中2015年至2050年期间累积排放的二氧化碳与IPCC《第六次评估报告——气候变化2022：影响、适应和脆弱性》中各种情景的相应碳路径范围进行对比，由此进行间接推论。详见附录第92-93页。
- 将“净零情景”与巴黎气候目标进行比较并不简单。在“净零情景”中，累积二氧化碳当量排放量大致处于IPCC假设的两种情景（C2和C3）范围的中间。IPCC假设的C2情景假设的是50%以上的概率发生全球温升大幅超调后回到1.5℃，而IPCC假设的C3情景假设的是67%以上的概率发生将全球平均气温升幅限制在2℃以内。在此基础上，“净零情景”基本符合巴黎气候目标。
- 而在“当前路径情景”中，累积碳排放量高于IPCC假设的C5情景中排放范围的中间点，IPCC假设的C5情景假设的是50%以上的概率发生将全球平均气温升幅限制在2.5℃以内。这表明“当前路径情景”与实现巴黎气候目标不一致。

推进能源转型：从能源消费总量增长到能源替代

“当前路径情景”中一次能源年均变化



“净零情景”中一次能源年均变化



由于新冠疫情的影响，计算不包括2020年。

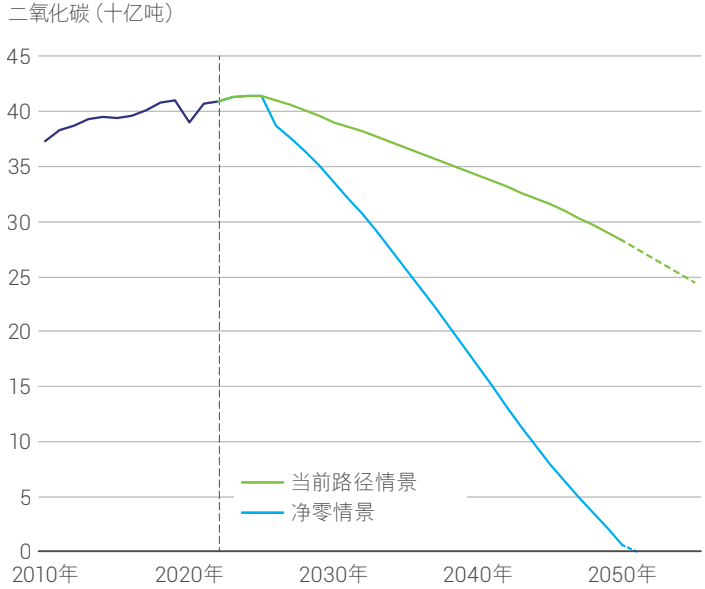
要点

全球能源系统面临着从能源转型的当前阶段向下一阶段转变的挑战。在当前阶段，低碳能源加速发展；而在下一阶段，低碳能源的快速增长足以减少对化石能源的需求。

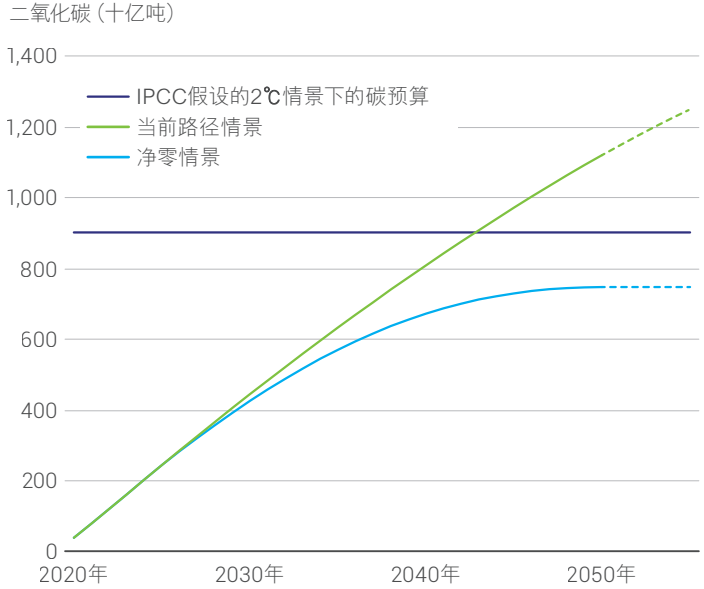
- 近年来，低碳能源显著增加，特别是受到风能和太阳能发电增长的推动。自2018年以来，风能和太阳能发电增长了一倍多，占同期一次能源增长的三分之一。
- 尽管增长迅速，但全球能源系统仍处于转型中的“能源消费总量增长”阶段。低碳能源迅速增长，增加了其在能源结构中的份额，有助于减缓碳排放量增加的速度。但是，低碳能源的增长速度难以跟上全球能源需求总量的增长速度。因此，在低碳能源增长的同时，化石能源的绝对消耗量（及其相关碳排放量）也在继续增加。
- 在以往的能源系统结构转型中，也曾出现过这种能源消费总量增长阶段。例如，煤炭取代了传统生物质能（包括木材），成为世界上的主要能源，煤炭使用量快速增长。后来，石油取代煤炭成为主要能源形式，石油需求增加。
- 令人吃惊的是，在前两次能源转型中，“旧”形式的能源（此处指传统生物质能和之后的煤炭）消费量持平或者增加，即使同时也采用了“新”能源。全球能源系统持续处于能源消费总量增长阶段。
- 全球能源系统目前面临的挑战是，有史以来第一次，在能源转型期间，要从能源消费总量增长阶段转向能源替代阶段。只有当“新”能源（此处指低碳能源）的增长超过全球能源总需求的增长，从而使得“旧”能源（此处指化石能源）使用量的绝对值下降。
- 在“当前路径情景”里，本世纪20年代整体是能源消费总量增长阶段的又一个十年。低碳能源增长了40%，但化石能源消费也在增长。低碳能源的大幅增长和能源需求的放缓，再加上能源效率的迅速提高，使得在“当前路径情景”中，本世纪30年代和40年代，能源转型进入“能源替代”阶段。但这一转变的程度相对有限：在“当前路径情景”中，在2050年，化石能源仍占一次能源的三分之二。
- 然而，在“净零情景”中，低碳能源的大幅增长加上能源效率的提高，使能源系统在本世纪20年代进入能源转型的替代能源阶段。这一转变在本世纪30年代和40年代将加快步伐。到2050年，化石能源在一次能源中的占比下降到20%以下，能源系统中的净碳排放量接近于零。
- 在“净零情景”中，能源转型速度更快，一方面是由于低碳能源的大幅增加，从而能够更快地替代化石能源，另一方面是由于能源效率更快提高，使一次能源总量在本十年的后半期达到峰值，并在本世纪30年代和40年代下降。到2050年，一次能源在“净零情景”下比在“当前路径情景”中低大约三分之一。
- 第76-87页探讨了将能源系统从“当前路径情景”转变为“净零情景”（即更早、更快地实现能源转型）所需的主要驱动因素。

如果全球能源系统继续沿当前路径前进，将全球升温限制在2℃的碳预算不一致

二氧化碳排放量



累积二氧化碳排放量（2020年之后）



要点

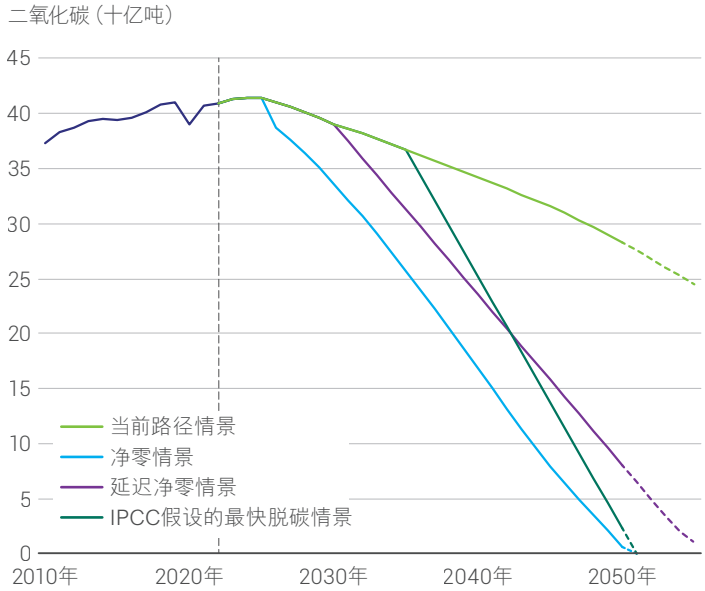
全球能源系统在当前路径上走得越久，就越难保持在2℃的碳预算范围内，甚至更难实现巴黎气候目标。

- 气候科学表明，全球平均气温的升幅取决于温室气体的累积排放量。在此背景下，IPCC提供了将全球平均气温升幅限制在不同水平的相应碳预算估算。
- 巴黎气候目标是将全球平均气温升幅限制在远低于2℃，并努力将气温升幅限制在1.5℃以内。
- IPCC并没有提出具体等同于将全球平均气温升幅限制在“远低于2℃”的碳预算估算。但是，IPCC提供的碳预算估算符合较高概率水平（83%）即将气温升幅限制在2℃。因此，本分析接下来将围绕这个2℃的碳预算展开。
- IPCC估算，剩余的2℃碳预算大约为9000亿吨二氧化碳（从2020年初开始计算）[a]。这一预算估算包括农业、林业和其他土地利用（AFOLU）产生的人为二氧化碳排放量，但不包括非二氧化碳排放（如甲烷）的全球变暖效应，其全球变暖效应在估算二氧化碳预算时[b]已单独考虑。
- 为了将“当前路径情景”和“净零情景”所隐含的碳排放量与IPCC的2℃碳预算进行比较，对情景中隐含的排放路径进行了调整，以包括IPCC估算的与AFOLU相关的排放量，并排除与化石能源的生产、运输和分销以及传统生物质能不完全燃烧相关的甲烷排放量的估算（见附录第96-97页）。
- 调整后的排放路径表明，“净零情景”中所隐含的排放量在2℃的预算范围内，而“当前路径情景”中的累积排放量在本世纪40年代初就超过了预算。
- 全球在类似“当前路径情景”中的路径上走得越久，就越难保持在2℃的碳预算范围内。这就增加了风险，即长时间延迟将增加保持在2℃预算范围内的经济和社会成本。
- 这一风险在另一个“延迟和无序情景”中也进行了探讨。

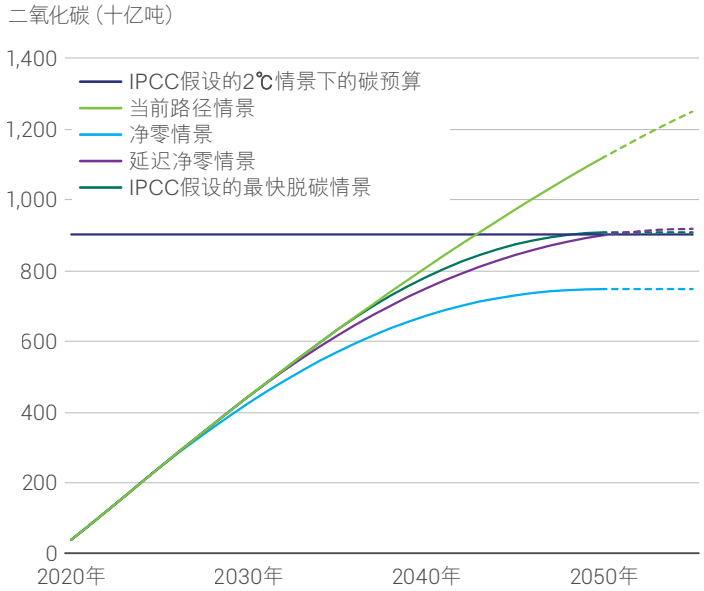
[a] IPCC估算，如果碳预算符合2℃的概率从83%降至67%，碳预算将上升至11,500亿吨二氧化碳（自2020年起）。
[b] 见表SPM.2。估算的历史二氧化碳排放量和剩余碳预算。IPCC，《2021年：决策者摘要》。见《2021年气候变化：物理科学基础》。IPCC《第六次评估报告》第一工作组编写。

延迟能源转型可能导致代价高昂且无序的调整路径

二氧化碳排放量



累积二氧化碳排放量（2020年之后）



更多详细信息见附录，了解我们对“延迟净零”情景和IPCC假设的最快脱碳情景的建模方法。

要点

超过某一特定点后，向更快脱碳路径转变的延迟时间越长，与实现2℃碳预算相关的成本和干扰可能会增加。

- “延迟和无序情景”假设按照“当前路径情景”运行一段后充分实施政策和采取行动，碳排放量开始加速降低，最后符合实现2℃的碳预算。
- 它还假定，以“有序”的方式实现全球能源系统脱碳的速度是有限的，即无需采取会产生过高经济和社会成本的政策和行动。“有序”转型的最大速度是不确定的，将取决于导致决定采用更快转型路径的具体触发因素，还取决于在决策时可使用的减排技术。
- 可以采取不同的方法来估算“有序”转型的最大速度：
  - 一种可能的方法是假设这一最快速度与“净零情景”中实现的速度大体一致。这种程式化的假设意味着，能源系统继续沿着“当前路径情景”路径前行，然后在实现符合保持在2℃预算范围内的“有序”转型的同时快速脱碳，这一最晚日期是本世纪30年代初左右。这种“延迟净零情景”路径可在本世纪50年代中期实现净零排放，累积碳排放量刚好保持在2℃碳预算范围以内。
  - 另一种估算是以IPCC假设的情景中模拟脱碳的最快速度为基础，该速度比“净零情景”中更快。这意味着到本世纪30年代中期，从“当前路径情景”路径转向快速脱碳路径，以保持在2℃的碳预算范围内。
  - 这些估算表明，如果向加速转型路径的转变被大幅推迟到本世纪30年代早期到中期之后，为了将排放控制在2℃的碳预算范围内，需要采取代价高昂（或“无序”）的措施的可能性将越来越大。这些措施可以采取不同的形式，目的是减少或遏制使用未经减缓化石能源和进行高排放活动，从而实现比“净零情景”中或IPCC假设的最快脱碳情景中更快的脱碳速度。
  - 如果到本世纪40年代初，世界各国仍按照“当前路径情景”路径发展，将会超过2℃的碳预算。
  - “延迟和无序情景”是高度程式化的，其他假设（例如，世界从“当前路径情景”转向随时间加速的脱碳路径）将意味着存在不同的时间框架。

能源需求

新兴经济体的经济日益繁荣带动了能源需求的增长，但能源效率的快速提高抵消了这一增长

在可再生能源快速增长的推动下，一次能源需求逐渐脱碳

由于路面交通中石油的使用量下降，石油需求在展望期间下降

电力日益取代石油成为路面交通的主要能源

通过将氢衍生燃料和生物燃料结合，航空业和海洋运输业日益脱碳

石油需求的下降反映在产品需求和炼油活动模式的变化上

由于石油需求下降，全球石油供应模式发生变化

天然气需求的前景取决于能源转型的速度

液化天然气需求取决于欧洲和亚洲的天然气消费，而这两个地区的天然气消费依赖于全球天然气供应情况下的液化天然气进口

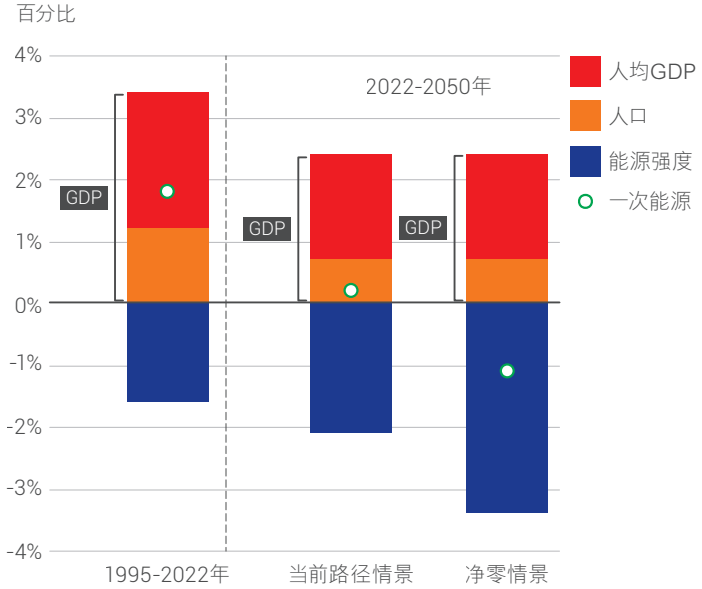
全球天然气生产模式日益受到液化天然气贸易发展的推动

全球能源系统中，煤炭的作用正逐渐减弱，这一趋势主要由中国推动的能源结构转型所驱动

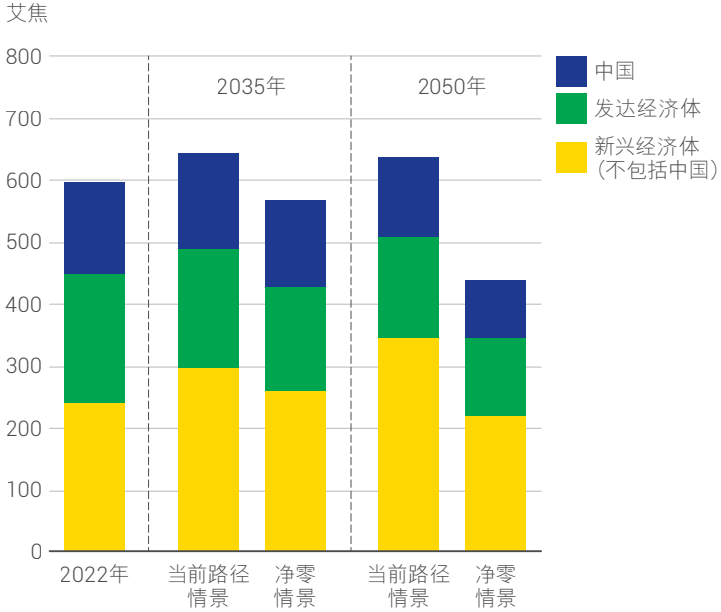
现代生物能源迅速增长，帮助那些难以电气化的行业和流程实现脱碳

新兴经济体的经济日益繁荣带动了能源需求的增长，但能源效率的快速提高抵消了这一增长

一次能源需求年均增长



按地区列示的一次能源



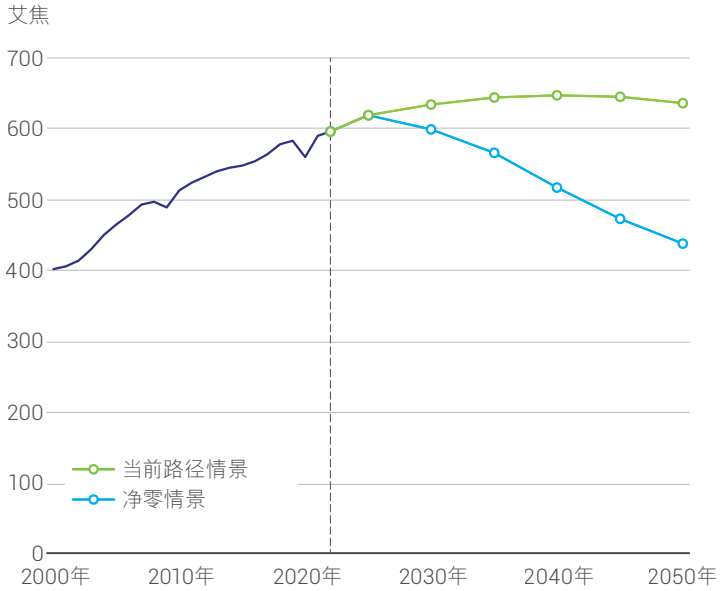
要点

新兴经济体的经济繁荣程度不断提高，支撑着全球能源需求的增长。这种增长的程度和持续性取决于能源效率提高的速度。

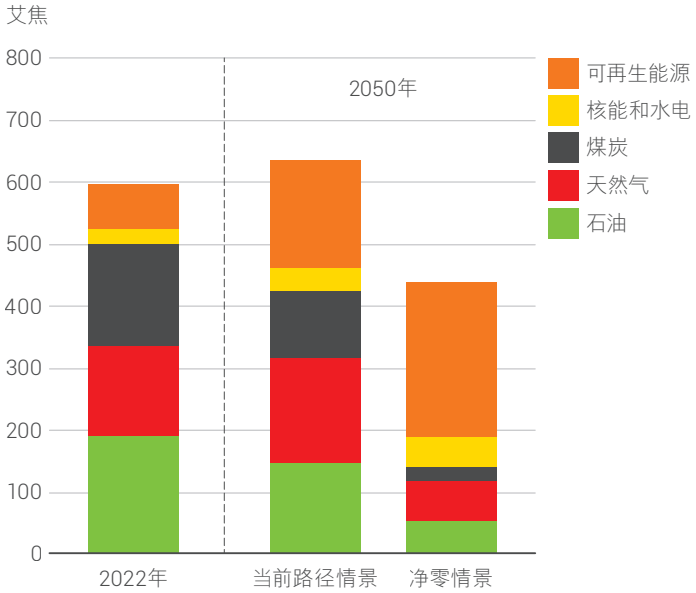
- 展望期内两种情景中，年均GDP增长率为2.4%。这比过去25年中的年均近3.5%的增长率要慢，反映了人口增长放缓和人均GDP增长减弱。即便如此，到2050年，世界经济规模仍将翻一番。这一增长主要是由于新兴经济体的经济繁荣程度不断提高，大约占全球活动增长的70%。
- 在本期《展望》中，全球GDP的假定轨迹包括估算气候变化对经济增长的影响。这种影响包括气温升高对经济活动的影响，以及与减缓和适应气候变化相关的前期成本。有关该方法及其局限性的更多详细内容，见第98-99页。
- 经济活动的增加在多大程度上导致能源需求的增加取决于能源效率的提高。在“当前路径情景”中，能源效率的年均增长率为2.1%，在“净零情景”中为3.4%，而在过去25年中仅为1.6%。能效的快速提高得益于越来越多地转向风能和太阳能发电，这减少了将热能转化为电能而产生的能源损耗。此外，还因为能源系统脱碳和加强能源安全所面临的更大压力。
- 经济增长放缓再加上能源效率提高，意味着全球一次能源需求的增长比过去要弱得多，在展望期间的“净零情景”中，一次能源需求实际上是下降的。在过去25年中，一次能源的年均增长率为1.8%：而在“当前路径情景”中，年均增长率为0.2%，在“净零情景”中，年均增长率为1.1%。
- 能源需求增长的主要来源是新兴经济体（不包括中国），在展望期前半期的两种情景中，其需求都有所增长。此后，这些新兴经济体的能源需求取决于脱碳的速度。在“当前路径情景”中，能源需求继续增长，在展望期内增长大约45%。相比之下，在“净零情景”中，新兴经济体的能源需求在本世纪30年代初达到峰值，随后下降，到2050年比2022年低大约10%。
- 中国和发达经济体的能源消耗增长较为平缓，反映了经济增长放缓和能源效率的提高。在两种情景下，中国的能源需求都将在本世纪20年代中后期达到峰值，到2050年，分别比2022年下降大约15%和35%。发达经济体的能源需求继续保持过去20年中大部分时间的下降趋势，在展望期间的“当前路径情景”和“净零情景”下，其能源需求将分别比2022年下降20%和40%。

在可再生能源快速增长的推动下，一次能源需求逐渐脱碳

一次能源



按能源类型列示的一次能源



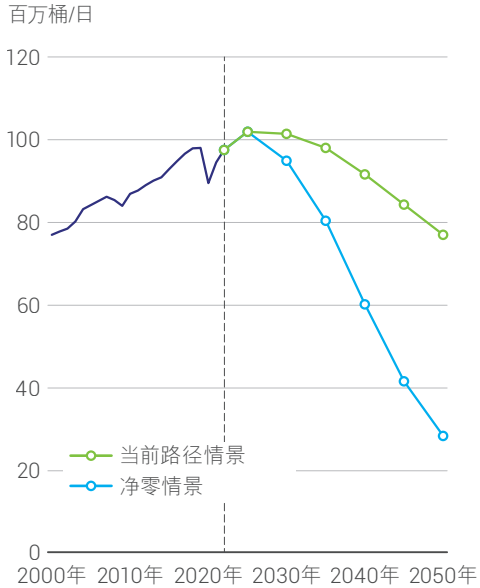
要点

短期内一次能源需求增加，之后趋于平稳或下降，燃料结构日益脱碳。

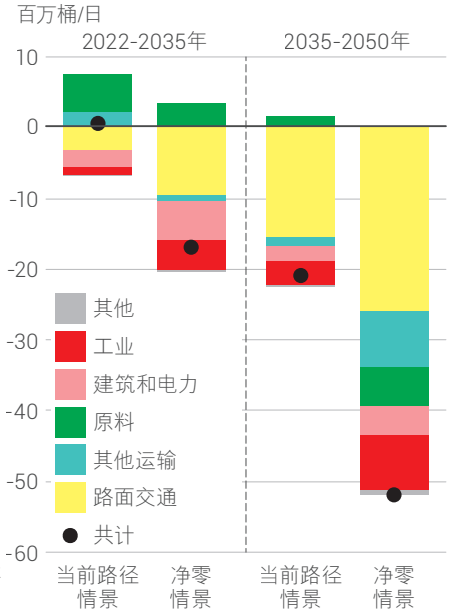
- 由于新兴经济体（不包括中国）能源消费的持续增长被发达经济体，以及最终被中国能源消费的下降所抵消，“当前路径情景”中的一次能源需求在本世纪30年代中期之前一直在增长，之后大致趋于平稳。
- 与之相对，在“净零情景”中，由于能源系统脱碳的力度不断加大，使得能源效率的提高速度加快，能源需求在本十年中期达到峰值，随后下降。
- 到2050年，在“当前路径情景”中，一次能源需求比2022年高出大约5%，但在“净零情景”中，比2022年略高于25%。
- 增长最快的一次能源是可再生能源，包括风能、太阳能、生物能和地热能（但不包括水电）。到2050年，“当前路径情景”中的可再生能源将增加一倍以上，而“净零情景”中，可再生能源将增加三倍以上。在“当前路径情景”中，可再生能源在一次能源中的占比从2022年的略高于10%增加到2050年的四分之一以上，在“净零情景”中，可再生能源在一次能源中的占比超过一半。
- 可再生能源的重要性与日俱增，这反映在化石能源在一次能源中占比下降，在“当前路径情景”中，从2022年的约85%下降到2050年的三分之二左右，而在“净零情景”中仅占三分之一。
- 由于全球工业和电力转向使用更低碳的燃料，煤炭占比下降幅度最大。到2050年，两种情景下的煤炭消费量将下降35%-85%（见第46-47页）。
- 在两种情景中，石油需求也有所下降，主要原因是路面交通中石油使用量的下降（见第30-31页）。在“当前路径情景”中，石油在一次能源中的占比从2022年的大约三分之一下降到2050年的大约四分之一，而在“净零情景”中则下降至略高于10%。
- 天然气需求较当前水平增加还是减少则取决于脱碳的速度。在“当前路径情景”中，由于新兴经济体对天然气的依赖增加，天然气需求增加了近五分之一。与之相对，在“净零情景”中，向电气化和更低碳能源的更大转变意味着天然气需求在本十年的后半期将趋于平稳，到展望期结束时约为其2022年水平的一半（见第40-41页）。
- 2024年版《bp世界能源展望》中使用的一次能源定义是基于“直接当量法”，这也是IPCC使用的方法。详见附录第104-105页。

由于路面交通中石油的使用量下降，石油需求在展望期间下降

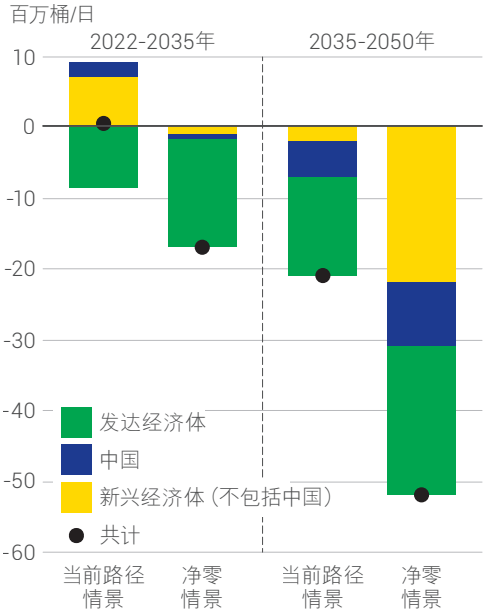
石油需求



按行业列示的石油需求变化



按地区列示的石油需求变化



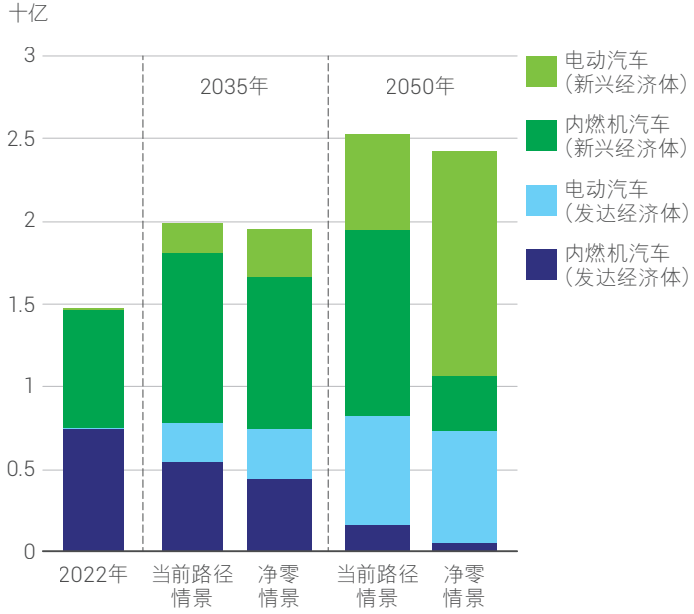
要点

全球石油需求在本十年的剩余时间里保持稳定，然后在剩余展望期内下降，原因是路面交通中的石油使用量下降。

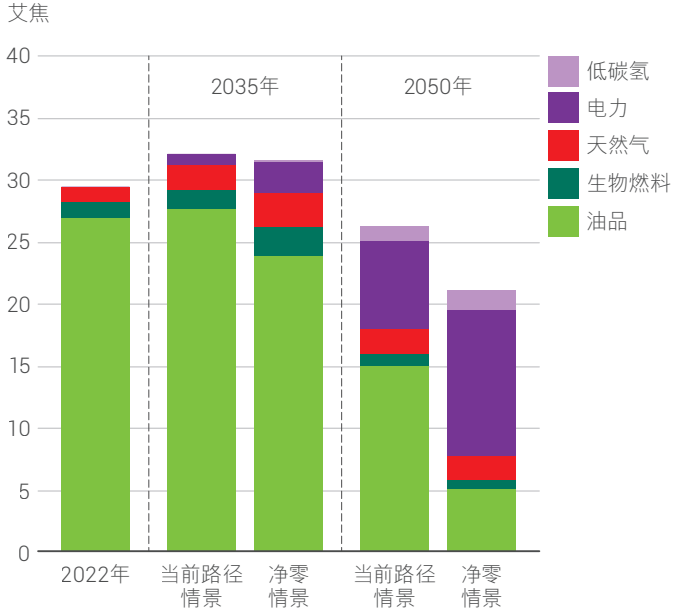
- 在“当前路径情景”和“净零情景”中，在展望期前半期，石油将继续在全球能源系统中发挥重要作用，2035年全球石油消费量分别是1亿桶/日和8000万桶/日。
- 在“当前路径情景”中，在展望期后半期，石油消费逐渐下降，到2050年减少到大约7500万桶/日。而在“净零情景”中，石油使用量的缩减更为显著，到2050年，石油需求量将降至2500万桶/日至3000万桶/日，比其2022年水平降低大约70%。
- 促使石油消费下降的一个最大因素是路面交通中石油使用量下降。这是由于在汽车和卡车电气化的推动下车队效率提高，以及替代能源的使用日益增加（见第32-33页）。
- 在“当前路径情景”中，在展望期前半期，路面交通中石油使用量的下降被石油作为原料用量的增加所抵消，特别是在石化行业，因为日益繁荣的经济促进了塑料、纺织品和其他石油基材料的消费。长远来看，各种运输形式中的石油使用量普遍下降，而作为原料的石油使用量则持续小幅增长，到本世纪40年代，石油使用量将稳定在约2500万桶/日。
- 在“净零情景”中，各种交通运输形式对石油需求的下降更为显著，由于全球限制一次性塑料的使用并鼓励提高回收利用水平，石油作为原料的使用在本世纪30年代中期将达到顶峰。
- 到2050年，两种情景下的工业使用石油量都会下降，这也反映出柴油发电机的使用量在下降，以及非道路工业用车辆中替代能源的使用量在增加。
- 石油需求的下降主要集中在发达经济体，延续了这些市场自本世纪初以来的长期下降趋势。在两种情景下，发达经济体的石油消费量从2022年的大约4500万桶/日分别降至2050年的2000万桶/日和700万桶/日。
- 在中国，石油需求在未来几年略有增加，之后在2030年后有所下降，这在很大程度上是因为道路交通日益电气化的推动。
- 在其他新兴经济体中，经济日益繁荣，人们的生活水平不断提高，支撑着更具韧性的石油需求。在“当前路径情景”中，在本世纪30年代中期之前，新兴经济体的石油需求不断增长，之后大致趋于平稳。在展望期后半期，在“净零情景”中，路面交通电气化程度的提高使得新兴经济体的石油消费出现更显著的下降。

电力日益取代石油成为路面交通的主要能源

按技术和地区列示的轻型车辆



中型和重型车辆：按燃料列示的能源使用



天然气包括生物甲烷。

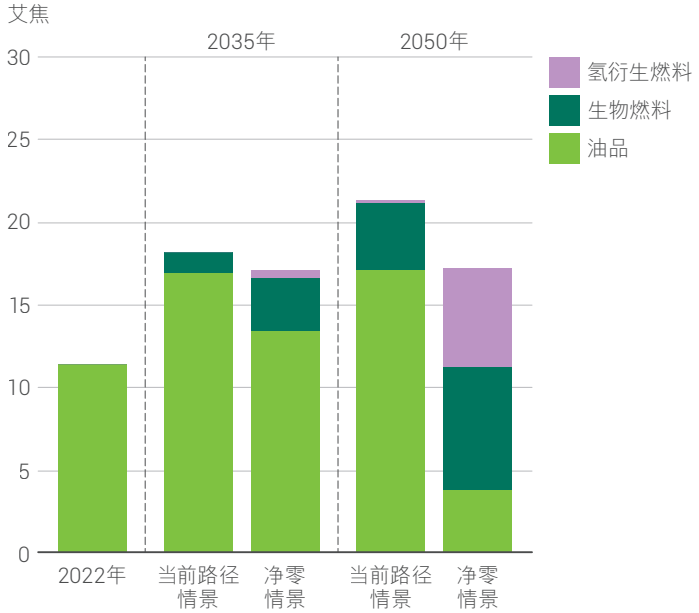
要点

随着新兴市场的经济日益繁荣，人们生活水平不断提高，路面交通需求也在增加，路面交通中的石油使用不断由电力所取代。

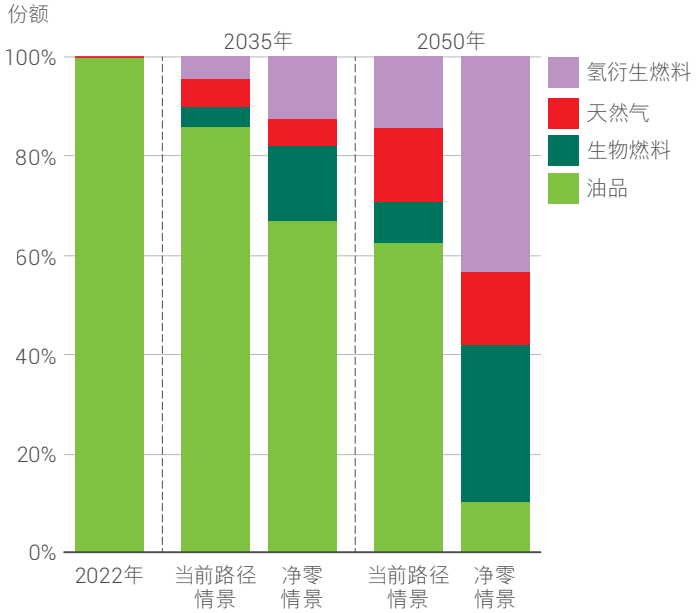
- 在两种情景下，全球轻型车辆保有量将从2022年的大约15亿辆增加到2035年的大约20亿辆，2050年将达到25亿辆。
- 轻型车辆的扩张基本是由于新兴经济体中轻型汽车数量的增长，因为经济繁荣程度的提高推动了车辆保有量的增加，而且这些汽车的行驶距离也更远。
- 与之相对，发达经济体的轻型汽车市场已基本饱和，在整个展望期内，轻型汽车的数量稳定在7亿至8亿辆左右。
- 展望期间，在发达经济体变革的引领下，轻型汽车车队的电气化程度不断提高。这是由于政策和监管标准不断收紧，以及电动汽车成本竞争力不断提升。电动汽车成本竞争力的提升得益于电池成本的持续下降，以及电动汽车生产规模的逐步扩大。
- 在“当前路径情景”和“净零情景”中，电动汽车在全球轻型汽车保有量中的占比从2022年的不到2%分别增加到2035年的20-30%，到2050年分别增加到50-85%。
- 在展望期前半期，全球内燃机轻型汽车车队的规模相对不变，新兴经济体中的内燃机汽车数量增长抵消了发达经济体中的下降。但到2050年，内燃机汽车的数量比“当前路径情景”下的2022年水平降低大约10%，比“净零情景”下的2022年水平降低75%。内燃机汽车数量的减少，加上其效率的提高，意味着在“当前路径情景”和“净零情景”下，轻型汽车的石油使用量从2022年的大约3000万桶/日分别下降至2050年的1600万桶/日和400万桶/日。
- 中型和重型卡车（MHD）也呈类似的趋势，在两种情景下，全球中型和重型卡车车队将从2022年的大约6500万辆增加到2050年的大约1.1亿辆。大约80%的中型和重型卡车运输服务需求增长源于新兴经济体日益增长的运输需求。
- 与轻型车辆一样，不断收紧的监管标准促使人们从使用石油基产品转向使用更低碳的燃料。卡车电气化程度的提高是这一转变的主要原因，而氢能则起到辅助作用，特别是在“净零情景”中长途重型卡车中氢能的使用。天然气（包括生物甲烷）所占的份额也在不断增加，其使用主要集中在中国和包括印度在内的发展中经济体。
- 在“当前路径情景”下，石油基产品在中型和重型卡车能源消费中的占比从2022年的90%以上，下降至2050年的60%，在“净零情景”中下降至25%，从而使中型和重型卡车的石油消费量从2022年的1300万桶/日降至2050年“当前路径情景”下的700万桶/日和“净零情景”下的200万桶/日。

通过将氢衍生燃料和生物燃料结合，航空业和海洋运输业日益脱碳

航空业：按燃料列示的能源使用



海运行业能源结构



天然气包括生物甲烷。

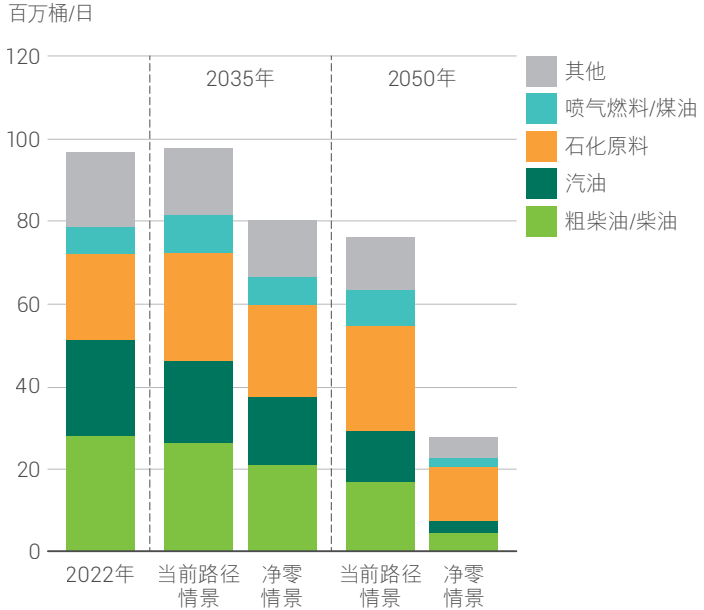
要点

在展望期间，随着全球经济活动的增加，航空和海洋运输量增长，而低碳替代品将越来越多地取代石油基产品。

- 全球活动的增长，加上飞行的快捷和便利，意味着航空旅行的需求在展望期间强劲增长，在“当前路径情景”中，2025年至2050年间增长了75%。尽管在此期间乘客航空公里数仍增加了40%，但收紧的节能措施和变化的消费者行为抑制了“净零情景”中航空旅行需求的增长。
- 航空旅行效率持续提高，这意味着需求的增长并没有完全转化为能源需求的增长，在“当前路径情景”中，2025年至2050年间能源需求增长35%，而在“净零情景”中仅增长10%。
- 现有的机队和长途航程要求意味着液体燃料仍是主要能源，液体可持续航空燃料（SAF）逐渐增多的使用，将推动航空业的脱碳。
- 在“当前路径情景”中，几乎所有的可持续航空燃料都来自生物原料，到2035年，这种低碳燃料占航空燃料总量的5-10%，到2050年接近20%。在“净零情景”下，展望期前半期，生物衍生可持续航空燃料占可持续航空燃料使用量的大部分。但该情景中可持续航空燃料使用量的增加，再加上生物原料供应的限制，意味着在“净零情景”中，到2050年氢衍生可持续航空燃料的作用将越来越大。
- 在本世纪30年代到40年代中期，生产能力显著增长，每年都有15至30个世界级的设施投产，这为可持续航空燃料发挥越来越大的作用提供了支撑。
- 由于世界经济的增长增加了对货物和原材料运输的需求，海运贸易在展望期间也有所增加。在展望期间，海运量在“当前路径情景”中增加70%，在“净零情景”中增加30%。由于能源效率显著提高，能源使用总量的增长速度大幅下降，在“当前路径情景”中，能源需求基本保持不变，而在“净零情景”中，需求下降了20%。
- 海洋行业的脱碳要求船队从使用石油基燃料转变为使用低碳替代能源。在展望期前半期，这一转变主要涉及液化天然气、生物燃料（生物甲醇和生物柴油）以及氢衍生燃料（氨和甲醇）。
- 长远来看，由于新船舶投入使用，以及现有船队改造，在两种情景下，海运行业转型加快，从而更快地采用替代能源。氢衍生燃料和生物燃料在海运能源结构中的所占比例越来越大。到2050年，在“净零情景”下，油品的占比下降到大约10%，氢衍生燃料将占海运能源的40%，生物燃料占30%。
- 由于燃料库和加油驳船等燃料补给设施的显著发展，海运替代燃料将实现增长。

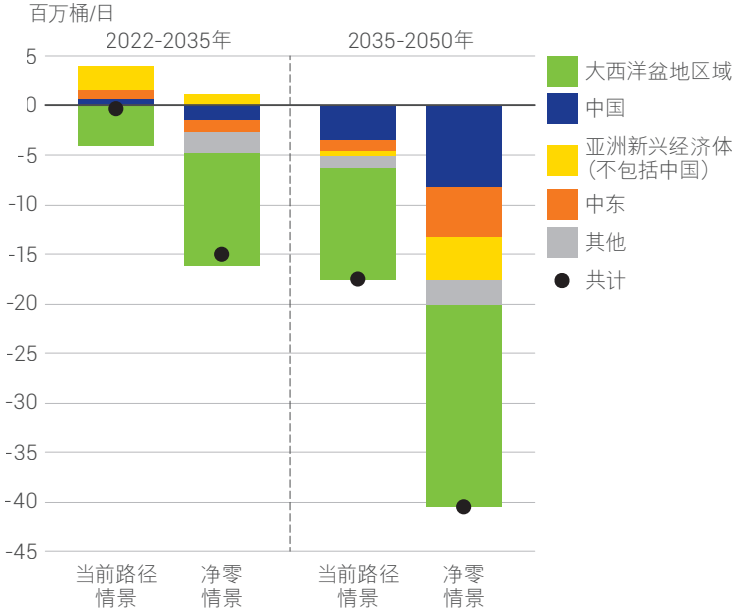
石油需求的下降反映在产品需求和炼油活动模式的变化上

产品需求



产品需求包括天然气凝析液（NGLs），但不包括生物燃料。
石化原料包括石脑油、液化石油气（LPG）和乙烷。

按地区列示的炼油生产量变化



大西洋盆地区域包括北美、加勒比、中美、南美、欧洲和欧亚大陆。

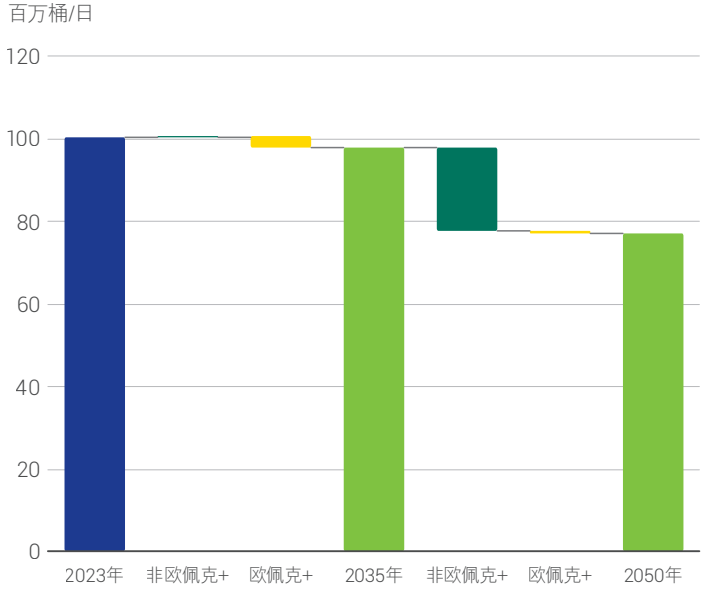
要点

油品需求水平和构成的变化使得炼油活动有了明显的合理性，其全球构成也随时间不断变化。

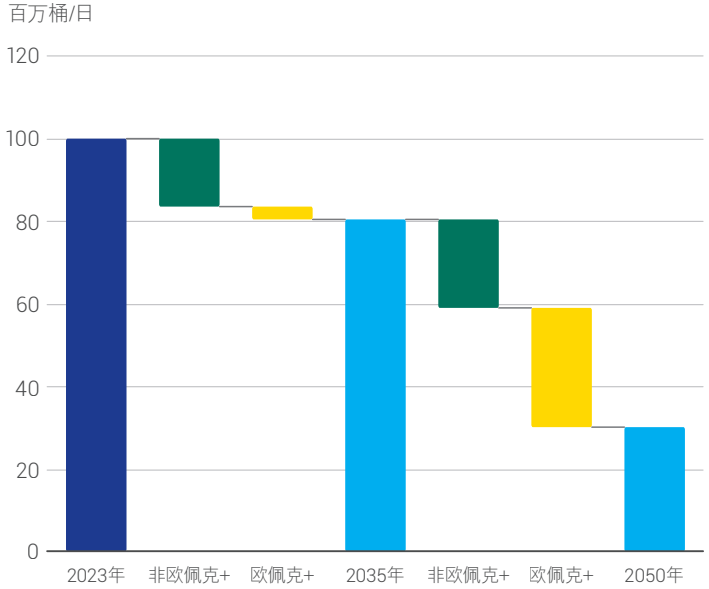
- 在“当前路径情景”中，尽管石油需求总量在展望期前半期相对保持不变，但由于路面交通中石油使用量下降，汽油和柴油的需求均有所下降。石化原料（包括石脑油、乙烷和液化石油气）以及喷气燃料的需求增长抵消了这一趋势。
- 在展望期后半期，石油消费的下降仍由汽油和柴油的消费下降所致，这两种燃料在2035年后的降幅均超过三分之一，下降主要集中在北美、欧盟和中国。
- 与“当前路径情景”中类似，“净零情景”下，石油需求的持续大幅下降在柴油和汽油中体现最为显著。在展望期间，柴油和汽油需求的降幅均超过2000万桶/日。但是，由于全球限制使用塑料和其他制成品材料，对石化原料的需求也会下降。与“当前路径情景”相比，“净零情景”中产品需求的下降在全球的分布更为均匀，所有主要区域需求中心都出现了下降。
- 天然气凝析液和生物燃料的使用不断增加，加剧了炼油行业的压力。尤其是在“净零情景”中，这些非精炼产品在液体能源消费总量中所占份额将从2022年的大约15%增至近30%。
- 产品总需求的下降，加上产品结构的变化和地域构成的变化，导致炼油活动的水平和地域分布显著改变。
- 炼油厂采取了不同的方式加以适应，提高韧性来应对不断变化的产品需求规模和结构，包括提高产量灵活性、协同生产生物原料、降低炼油厂工艺用热的碳强度，以及氢能的使用。炼油厂成功适应的能力取决于其受需求下降影响的地理位置、现有配置以及运营地的条件和政策。
- 在“当前路径情景”中，展望期内炼油生产量下降20%，主要集中在大西洋盆地区域。该区域的总生产量下降了40%，因为炼油活动的重心转移到了亚洲新兴经济体中更具韧性的产品需求中心，包括中国、印度和中东。大西洋盆地区域炼油活动的合理化大致抵消了东半球在展望期前半期“当前路径情景”中的增长，并占2035年后生产量下降的近三分之二。
- 炼油生产量的急剧下降在“净零情景”中的地理分布更为分散，反映了产品需求的广泛下降。在展望期间，大西洋盆地区域仍占全球炼油生产量下降的60%左右，中国、其他亚洲新兴经济体和中东的降幅也很明显。

由于石油需求下降，全球石油供应模式发生变化

“当前路径情景”中石油供应变化



“净零情景”中石油供应变化



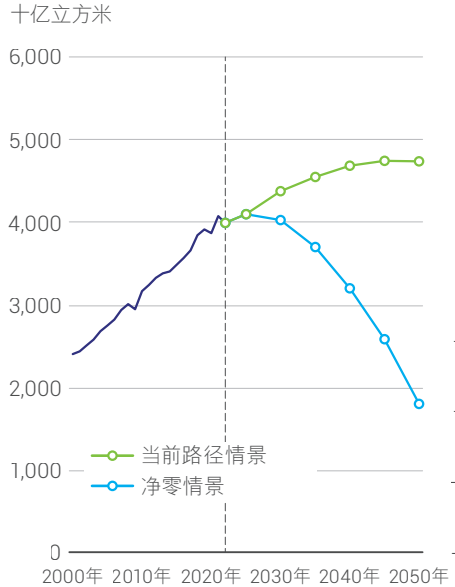
要点

全球石油生产结构随时间变化，石油需求下降的影响主要归因于非欧佩克+产油国。

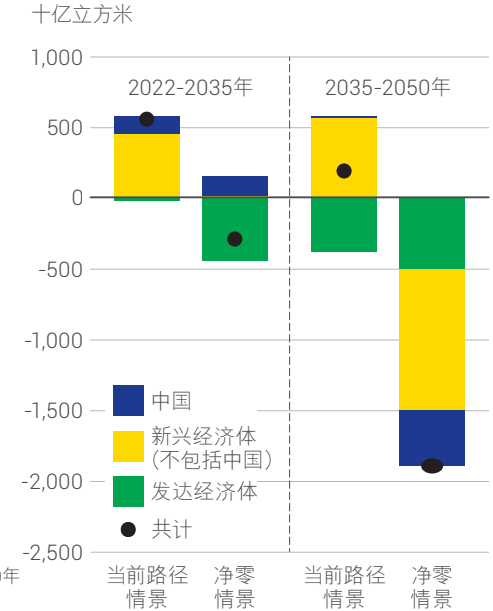
- 在“当前路径情景”中，在展望期前半期，石油总需求和总产量变化不大。非欧佩克+和欧佩克+的供应结构也基本如此，欧佩克+在全球石油供应中的份额保持在大约50%。
- 然而，到2035年，非欧佩克+产量的构成确实发生了变化。美国致密油在短期内进一步增长，在本世纪20年代末达到大约1600万桶/日的峰值，之后随着最得天独厚的油田开始枯竭而逐渐下降。随着下一个十年，美国致密油增长放缓，巴西和圭亚那的强劲产量增加了非欧佩克+的供应，这两个国家的产量在本世纪30年代中期将分别达到大约500万桶/日和150万桶/日。
- 需求相对平稳，并且非欧佩克+产油国的产出富有韧性，意味着欧佩克+在“当前路径情景”中，在展望期前半期几乎没有增加产量的余地。
- 在“当前路径情景”中，在展望期后半期，石油需求的下降被假定为促使欧佩克+到2050年将其份额增加到略高于60%。因此，在“当前路径情景”中，2035年后几乎所有石油需求的下降全部归因于非欧佩克+产油国，美国致密油从峰值水平减半，到2050年约为800万桶/日。
- 在“净零情景”中，石油需求下降更早且幅度更大，导致非欧佩克+和欧佩克+的产量持续下降。非欧佩克+生产的成本结构占比更高，再加上假设欧佩克+在不断减少的全球石油产量中竞争最大的市场份额，意味着非欧佩克+产量的减少大约占全球石油供应减少总量的55%。

天然气需求的前景取决于能源转型的速度

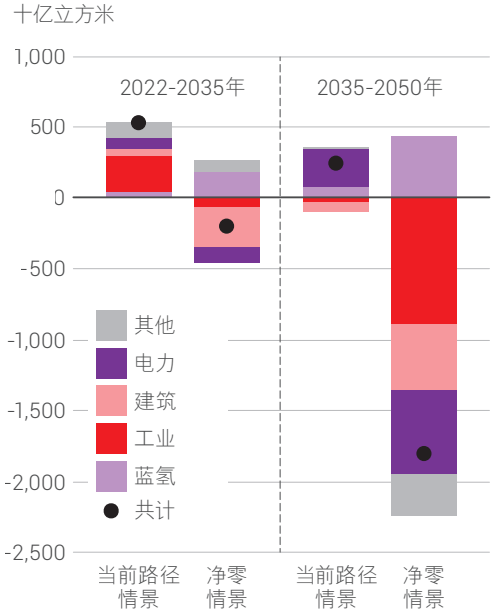
天然气需求



按地区列示的天然气需求变化



按行业列示的天然气需求变化



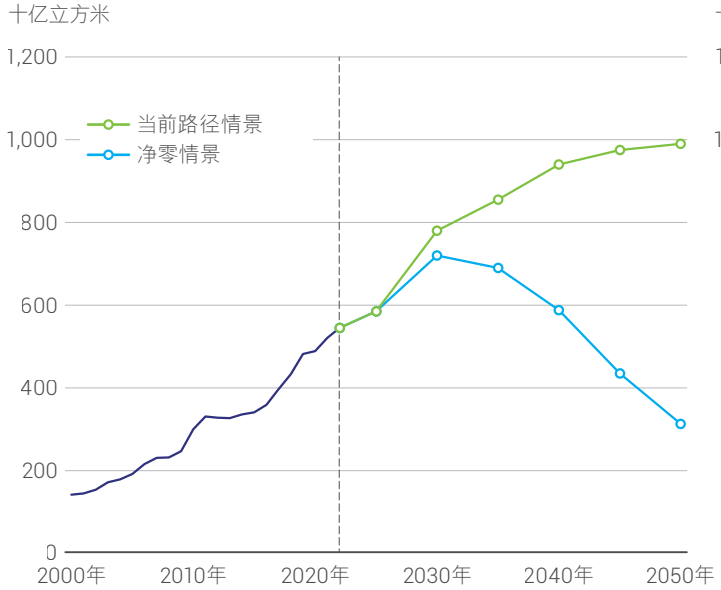
要点

天然气的前景受到两个重要但相反的趋势走向影响：新兴经济体在经济增长和工业化过程中对天然气的需求不断增加，这一趋势被全球脱碳中从天然气向更加电气化和低碳的能源转型所抵消。这两个相反趋势对全球天然气需求的最终影响取决于能源转型的速度。

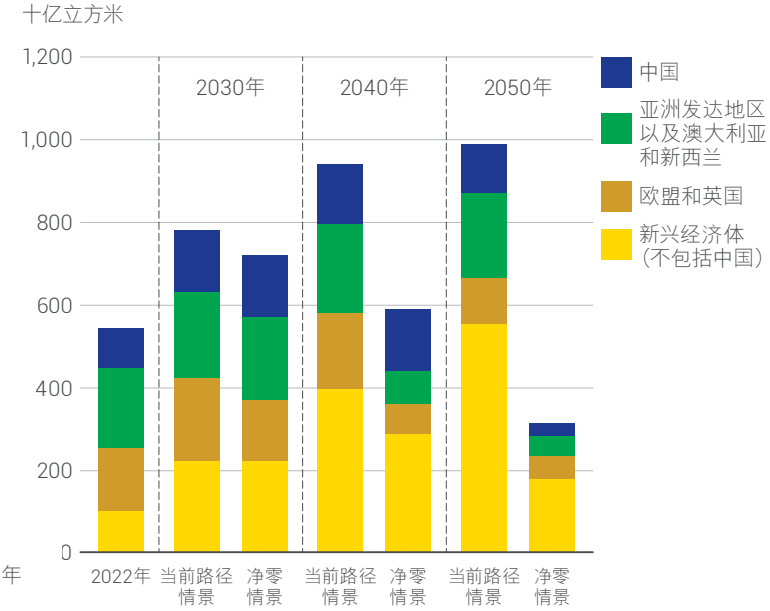
- 在“当前路径情景”中，天然气需求在整个展望期间都在增长，到2050年将增长大约五分之一，其在一次能源中的占比将增至略高于25%。与之相对，在“净零情景”中，天然气需求在本十年之交达到峰值，到2050年大约为2022年水平的一半。
- 这些截然不同的前景反映了两种相互竞争的趋势的影响。
- “当前路径情景”中的主要趋势是新兴经济体（不包括中国）对天然气的使用不断增加，到2050年，其增幅将略高于50%，超过了全球天然气需求增长的总和。随着新兴经济体的发展和工业化进程的加快，电力和工业行业对天然气的使用量也在不断增加，从而推动了新兴经济体天然气消费量的增长。
- 中国天然气消费量的增长也推动了全球天然气需求的增长，这主要也是由于工业和电力行业用气量的增加。中国的天然气需求在本世纪40年代大体趋于平稳，到2050年将比2022年的水平高出大约三分之一。
- 在“当前路径情景”中，在展望期前半期，发达经济体对天然气的需求大致保持不变，因为运输、工业和作为原料生产蓝氢的天然气需求量的增加抵消了建筑用气量的下降。电力行业的天然气使用仅略有下降，因为在可再生能源增长的同时，它也在支持对煤炭发电的持续替代。
- 然而，在展望期后半期，发达经济体的天然气使用量下降超过20%，这反映了电力、工业和建筑行业向电气化和更低碳的能源的显著转变。
- 与之相对，在“净零情景”中，发达经济体向替代能源的转变发生得更早，力度更大。在这些市场中，天然气需求在本世纪20年代达到峰值，到2050年，天然气需求量比2022年的水平下降超过55%。下降的原因是能源效率的提高、建筑和轻工业电气化程度的提高（热泵的使用日益增加）以及重工业中对其他低碳能源的使用日益增加。
- 在展望期前半期，新兴经济体对天然气的需求持续增长。但随着向更高程度的电气化和更低碳燃料的转变，天然气使用量随之普遍下降，需求量将在本世纪30年代初达到顶峰。到2050年，新兴经济体的天然气消费量将比2022年的水平下降超过50%。
- 到2050年，在“净零情景”中，CCUS可减少大约80%的天然气消费，主要是在工业和电力行业以及蓝氢生产领域（见第68-69页）。

液化天然气需求取决于欧洲和亚洲的天然气消费，而这两个地区的天然气消费依赖于全球天然气供应情况下的液化天然气进口

液化天然气贸易量



按地区列示的液化天然气进口量



包括全球所有液化天然气进口。亚洲发达地区包括亚洲发达经济体，主要是日本、韩国和新加坡。

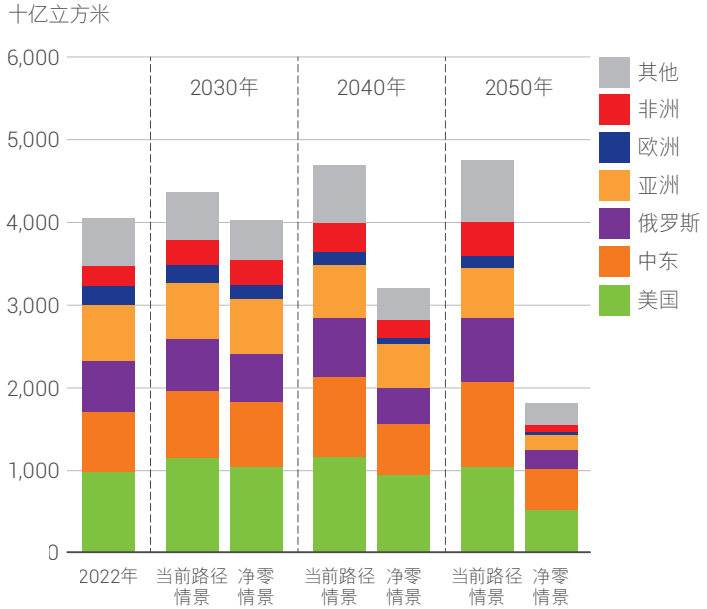
要点

液化天然气需求在短期内迅速增长，但2030年后，它的前景越来越取决于转型的速度，尤其是在欧洲和亚洲，因为这两个地区依赖进口液化天然气来满足其天然气需求的增长。

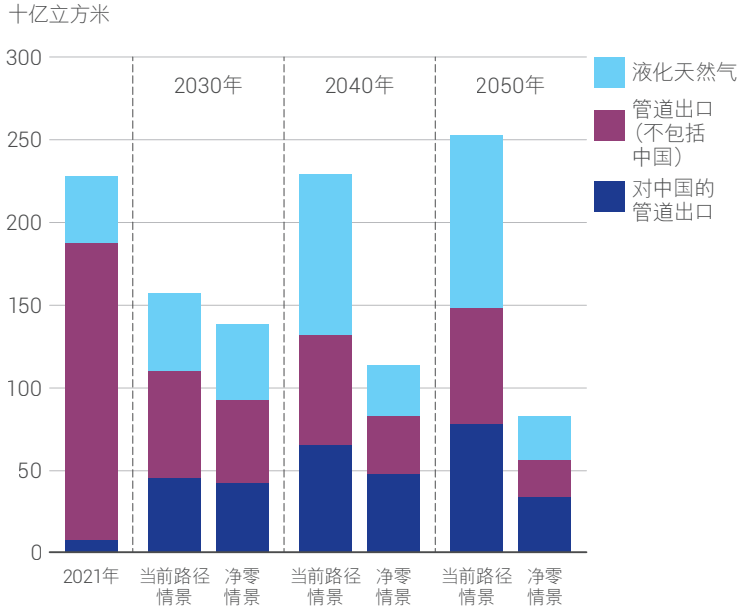
- 在展望期前半期，液化天然气需求增长强劲，这主要是受到包括中国在内的新兴经济体需求增长的推动，因为这些经济体日益增长的天然气使用量在很大程度上是通过进口液化天然气来满足的。到2030年，在“当前路径情景”和“净零情景”中，液化天然气需求分别比2022年增长40%和30%。
- 到2030年，两种情景中的主要差异反映了欧盟和英国的不同趋势。在“当前路径情景”中，到2030年，欧盟和英国的液化天然气需求将会增加，因为它们要继续适应失去俄罗斯管道进口天然气的情况。与之相对，在“净零情景”中，到2030年，由于更多地向替代能源转变，再加上能源效率的快速提高，欧盟和英国的液化天然气需求将低于2022年的水平，尽管仍高于俄乌冲突前2021年的水平。
- 2030年之后，液化天然气贸易交易的范围扩大。在“当前路径情景”中，在随后的20年中，液化天然气需求增长超过25%。要满足这种需求增长，需要在2030年之后增加3000亿立方米/年的液化产能。而在“净零情景”中，在随后十年中，2030年前液化天然气需求的增长发生逆转，到2050年，全球液化天然气贸易比2022年低大约40%，意味着除了已经在建的液化产能外，不需要更多的液化产能。
- 这种不断扩大的影响范围增加了与液化天然气设施投资相关的不确定性，这些设施的经济寿命通常为15至20年。
- 在“当前路径情景”中，2030年之后液化天然气需求的增长完全是由于新兴经济体需求（不包括中国）的持续强劲增长，其中印度占增长的三分之一。全球液化天然气贸易的总增长受到欧洲需求下降的影响，因为欧洲正在经历减少对天然气的使用，而来自俄罗斯的管道供应的增长，减少了中国对液化天然气进口的需求。
- 本世纪30年代，在“净零情景”中，新兴经济体的液化天然气需求也继续增长，并在本十年末达到峰值，但欧洲和亚洲发达经济体中主要需求中心的需求急剧下降完全抵消了这一增长。因为随着电气化程度的提高和向低碳能源的转变，这些经济体对天然气的使用将被挤出。

全球天然气生产模式日益受到液化天然气贸易发展的推动

按地区列示的天然气生产



俄罗斯天然气出口量



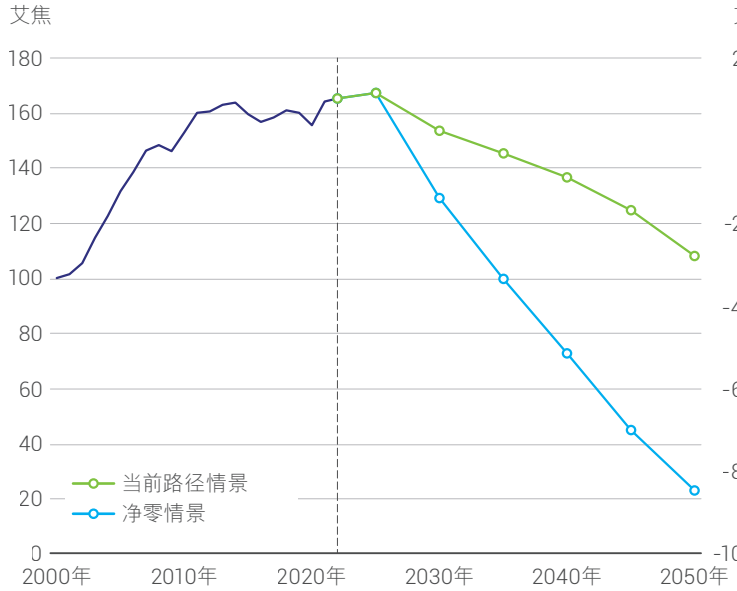
要点

全球天然气生产的最初驱动力是支持不断增长的液化天然气出口需求，相对于俄罗斯，美国和中东的天然气生产份额不断增加。从长远看，全球天然气供应模式越来越取决于能源转型的速度。

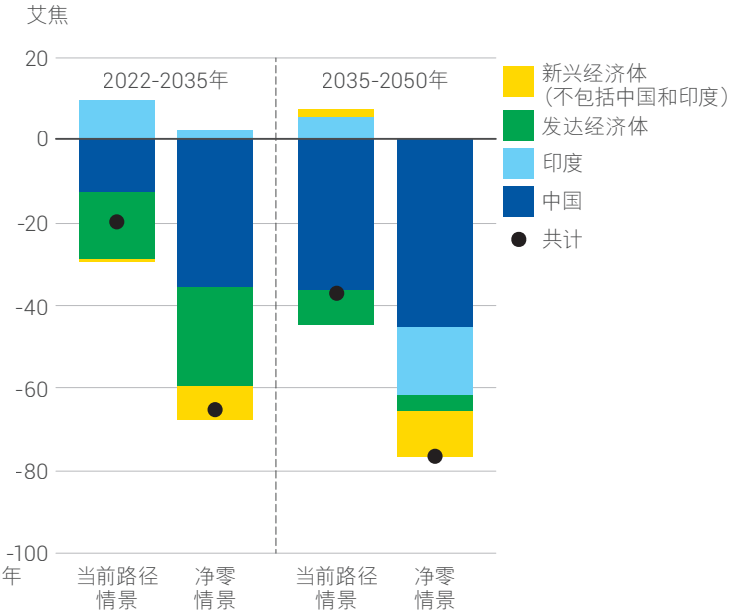
- 近年来美国和中东的天然气产量增长趋势在本世纪20年代的剩余时间内仍将继续保持，这主要是由于这一增长在液化天然气出口中发挥着关键作用。在“当前路径情景”中，全球天然气产量增长的80%来自这两个地区，其中大约四分之三用于液化天然气出口。在“净零情景”下，这两个地区的产量增长，而世界其他地区的产量却在下降，这主要是由于液化天然气出口的增长抵消了国内消费的下降。相比之下，由于俄乌冲突的影响和持续的国际制裁限制了国内需求增长，并阻碍了液化天然气扩大出口，俄罗斯的液化天然气产量基本停滞不前。
- 2030年后，全球天然气生产的前景取决于能源转型的速度。
- 在“当前路径情景”中，2030年后全球天然气供应将继续增长，以满足新兴经济体日益增长的需求。随着国际制裁的影响逐渐减弱，中东、非洲和俄罗斯将引领天然气产量的增长。美国的天然气产量在本世纪30年代中期达到顶峰，之后由于国内需求的减少超过了液化天然气出口的持续增长而略有下降。
- 与之相对，由于世界主要天然气消费中心的需求下降，在“净零情景”下，在展望期的最后20年中，全球天然气产量将下降大约55%。天然气需求下降大部分要归因于美国、中东和俄罗斯，它们几乎占全球天然气产量下降的一半。受中国和东南亚产量下降的影响，亚洲的天然气产量下降近四分之三。
- 2030年，在“当前路径情景”和“净零情景”中，俄罗斯天然气出口量比冲突前水平下降30-40%。俄乌冲突爆发后，对欧洲的管道出口持续大幅下降，这一趋势仍在持续，国际制裁限制了俄罗斯液化天然气扩大出口。通过现有的“西伯利亚力量”输气管道和本十年晚些时候开始的新远东输气管道增加对中国的管道出口，但只能部分抵消俄罗斯对欧洲出口的损失。
- 2030年后，俄罗斯天然气出口恢复的范围取决于转型的速度。在“当前路径情景”中，随着国际制裁的影响逐渐减弱，液化天然气出口逐步扩大，再加上向欧洲以外国家（尤其是本世纪30年代中期“西伯利亚力量2号”输气管道投产后向中国）的管道出口增加，这意味着到2050年，俄罗斯天然气出口将增至略高于俄乌冲突前的水平。相反，在“净零情景”下，由于能源转型步伐加快，加速从天然气转型，意味着俄罗斯的天然气出口将一蹶不振，管道出口和液化天然气出口都将进一步下降。

全球能源系统中，煤炭的作用正逐渐减弱，这一趋势主要由中国推动的能源结构转型所驱动

煤炭需求



按地区列示的煤炭需求变化



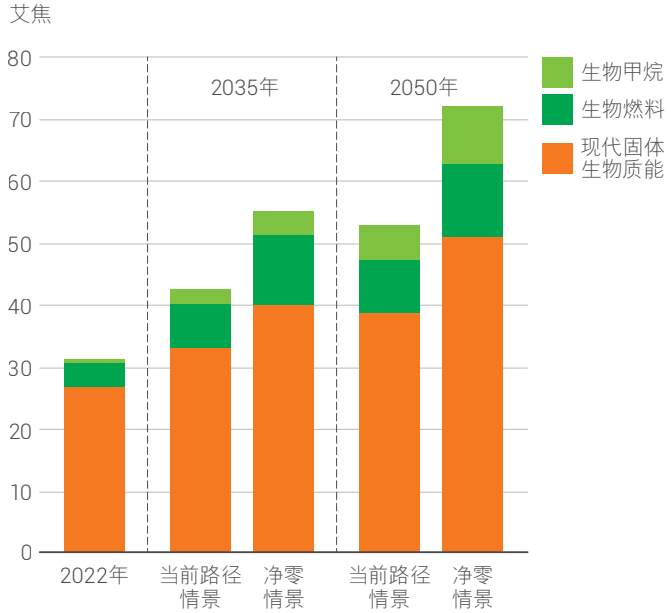
要点

全球煤炭消费量在本世纪20年代中期达到峰值，然后在展望的剩余期内稳步下降。

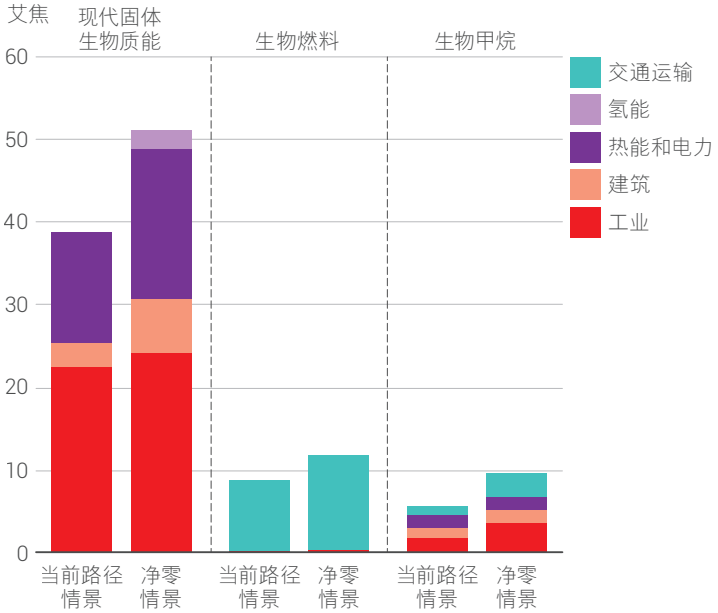
- 在“净零情景”中，煤炭在全球能源系统中作用的下降最为显著，煤炭消费量到2050年将下降大约85%，煤炭在一次能源中的占比从2022年的28%下降到仅占5%左右。在“当前路径情景”中，煤炭使用量的下降并没有那么显著，煤炭消耗量到2050年将略高于三分之一，但仍能满足全球大约17%的能源需求。
- 随着中国经济增长放缓并向更低碳的能源结构过渡，全球煤炭消费量的下降主要由中国推动的能源结构转型所驱动。中国的煤炭消费量在2030年之前达到峰值，而后开始下降：在“当前路径情景”中，到2050年，中国煤炭消费下降占全球煤炭消费下降总量的约90%，而在“净零情景”中，占大约60%。
- “当前路径情景”中，煤炭消费量的下降幅度较小，部分原因是印度和其他新兴经济体的煤炭消费量持续增加，以帮助满足国内能源需求的快速增长，尤其是电力需求的增长。在“当前路径情景”中，印度的风能和太阳能发电增加了15倍，但煤炭消费量却增加了75%，以帮助满足不断增长的能源需求，其中三分之二的增长用于电力行业。
- 全球煤炭使用量的下降主要集中在电力行业，因为风能和太阳能发电的快速增长取代了煤炭。煤炭在工业行业的使用量也在下降，尤其是在“净零情景”中，因为工业流程日趋电气化或改用其他更低碳的替代能源，如低碳氢（见第60-61页）。
- 在“净零情景”下，到2050年剩余煤炭使用量中大约四分之三将与CCUS结合使用，集中在工业和电力行业。

现代生物能源迅速增长，帮助那些难以电气化的行业和流程实现脱碳

按类型列示的现代生物能源



2050年现代生物能源需求



要点

现代生物能源（现代固体生物质能、生物燃料和生物甲烷）的使用显著增加，提供低碳能源的来源，以帮助那些难以电气化的行业和流程实现脱碳。

- 在“当前路径情景”中，现代生物能源到2050年将增加大约三分之二，而在“净零情景”中，其使用到2050年将增加一倍以上，达到略高于70艾焦。现代生物能源的扩张是在不改变土地用途的情况下实现的，其中绝大部分来源于区域内的残留物和废物。
- 在“净零情景”中，生物能源使用总量的增加被传统生物质能作用下降部分抵消，在非洲和部分亚洲地区，传统生物质能目前主要用于烹饪和取暖。在“净零情景”中，传统生物质能到2050年几乎完全消失。在“当前路径情景”中，在减少对传统生物质能的依赖方面取得的进展较小——仅下降了大约5%，因为人口增长的影响抵消了人均使用量下降大约四分之一的影响。
- 现代生物能源消费总量增长的最大来源是固体生物质能（如木屑颗粒和林业、农业残留物），在两种情景中，固体生物质能从2022年的略高于25艾焦增加到2050年的40至50艾焦，主要用于工业和电力行业。
- 在工业行业，尤其是在水泥和钢铁制造业，固体生物质能被用作替代煤炭和天然气的低碳能源，为高温加热过程提供燃料。固体生物质能还可用于一系列其他工业行业，其中生物质能来源与工业流程密切相关，如食品或造纸生产。
- 在电力行业，生物质能被用来替代传统形式的火电，特别是煤炭和天然气。在新兴经济体中，生物质能被用于新的生物质能火电联产发电厂和与煤共烧的工厂。电力行业中生物质能的使用可与碳捕集与封存（CCS）相结合，提供碳移除的来源，即生物能源结合碳捕集与封存技术（BECCS）（见第68-69页）。在“净零情景”中，BECCS的使用最为显著，到2050年将达到大约10亿吨二氧化碳当量，其中大约50%部署在电力行业。
- 在展望期前半期，对生物燃料的需求迅速增长，在“当前路径情景”中增长了大约60%，在“净零情景”中几乎增加两倍。这一增长是由于中国、新兴经济体以及欧盟和美国在运输行业的生物燃料使用量不断增加，还因为政府出台了促进生物燃料使用的政策。在展望期后半期，由于路面交通的电气化程度提高削弱了生物燃料的作用，生物燃料使用的增长速度放缓。展望期后半期的更多增长主要来自航空和海运（见第34-35页）。
- 在展望期间，生物甲烷将迅速增长，可并入天然气网络，或作为天然气的直接替代品输送到工业区。到2050年，在“当前路径情景”中，生物甲烷大约占天然气总量的3%，在“净零情景”中大约占15%，而在2022年，这一比例还不到1%。这一增长得益于越来越多针对混合燃料的强制要求，尤其是在“净零情景”中，包括美国和欧盟在内的许多地区的平均混合率都超过了35%。

电力行业

新兴经济体日益繁荣，世界日趋电气化，电力需求增长显著

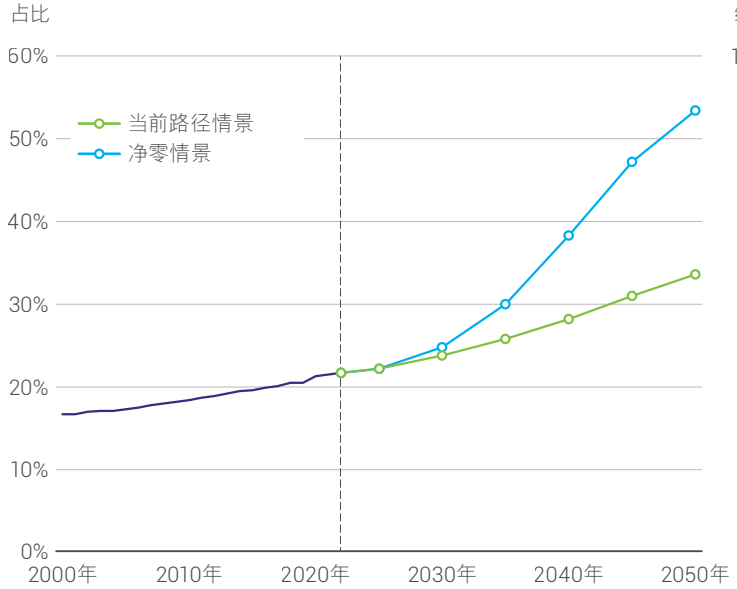
风能和太阳能的大规模扩张主导着发电量的增长

风能和太阳能发电迅速增长，得益于成本的进一步降低和新产能的加速布局

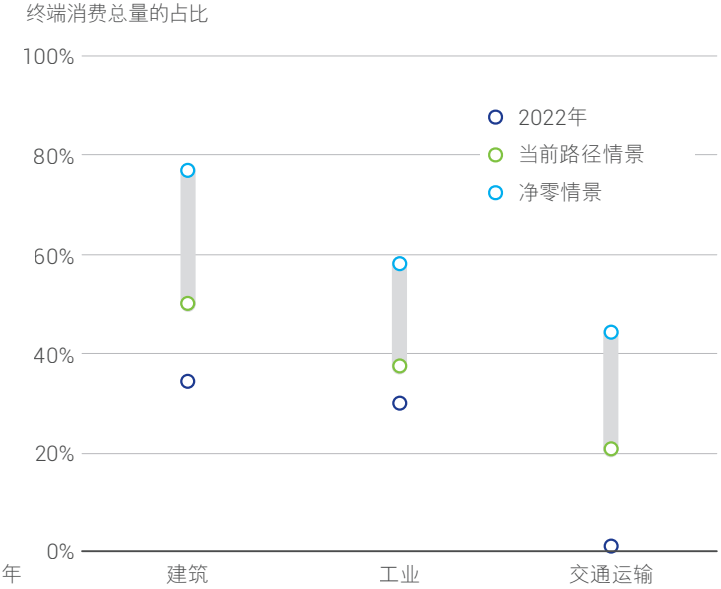
电力系统需具有韧性，以应对风能和太阳能日益占据主导地位带来的更大波动性

新兴经济体日益繁荣，世界日趋电气化，电力需求增长显著

电力在终端消费总量中的占比



2050年终端用途行业的电气化范围



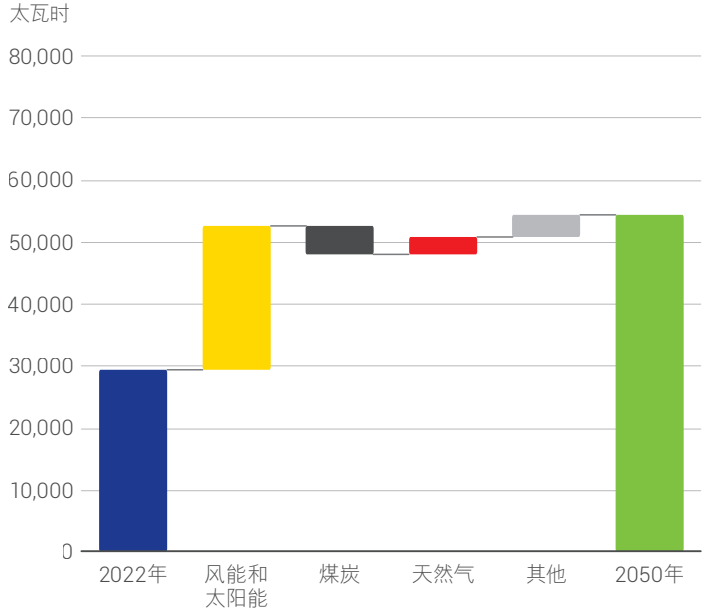
要点

由于在新兴经济体中，人们的生活水平提高，且全球能源系统日趋电气化，电力需求在展望期内将强劲增长。

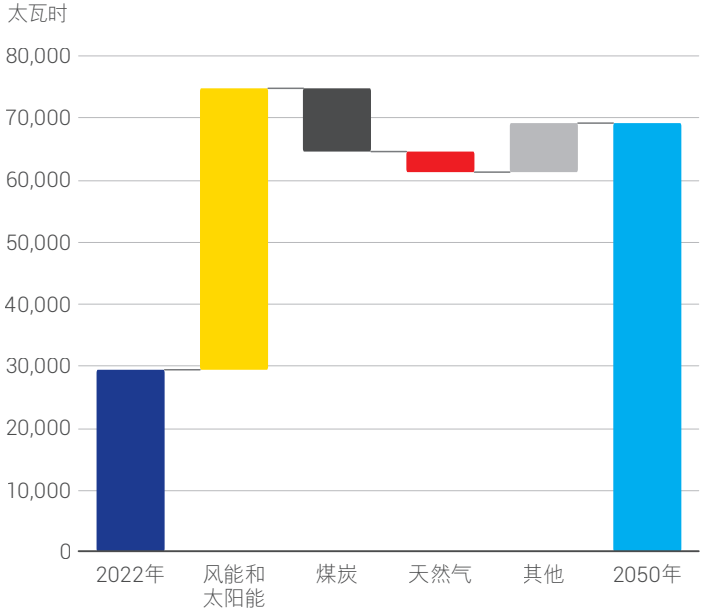
- 到2050年，终端电力需求在“当前路径情景”中将增加75%左右，而在“净零情景”中将增加90%。这一增长主要（在每种情景中约占五分之四）受到新兴经济体不断增长的需求推动，因为经济繁荣改善了电力供应，使电器的采用率不断提高。
- 在展望期内，印度是增长最快的电力市场，在两种情景下，印度的用电量到2035年将大致翻一番，到2050年将增加两倍多。因此，到2035年（“净零情景”）和2040年（“当前路径情景”），印度将超过欧盟成为全球第三大电力市场，仅次于中国和美国。尽管如此，在这两种情景下，2050年印度的人均用电量仍不到欧盟人均用电量的一半。
- 发达经济体的电力消费加速增长，在两种情景中，年均增长率约为1.5%，比过去20年的增长率快三倍左右。这一加速是由于现有能源使用的电气化程度不断提高，以及新需求来源的重要性不断增加，包括为支持人工智能应用不断增长而设立数据中心的需求不断增加。即便如此，在“净零情景”中，发达经济体的平均电力增长速度约为新兴经济体平均电力增长速度的一半。
- 在“当前路径情景”中，电力在全球能源终端消费总量（TFC）中所占比例从2022年的略高于20%增至2050年的35%左右，而在“净零情景”中的所占比例则超过50%。
- 能源系统的电气化程度不断提高，这一点在所有终端用途行业都很明显。
- 建筑行业电气化的范围最大，到2050年，终端能源需求的一半到四分之三将实现电气化，而2022年仅为能源使用的三分之一左右。在新兴经济体中，更多地采用热泵进行空间供暖，且更广泛地淘汰低效的传统生物质能，这些都推动了“净零情景”中电气化水平的提高。
- 进一步实现工业行业电气化还有很大的空间。2050年的结果范围——“当前路径情景”和“净零情景”中40%和60%的工业行业实现电气化，主要反映了工业流程脱碳的政策压力和激励程度的差异，而非技术限制。
- 由于路面交通日益电气化，相对于当前所处的低水平，交通运输行业电气化占比的增幅最大。然而，实现长距离运输（包括航空和海运）电气化的困难意味着2050年交通运输行业的电气化程度会低于其他终端用途行业。

风能和太阳能的大规模扩张主导着发电量的增长

“当前路径情景”中按来源列示的发电量



“净零情景”中按来源列示的发电量



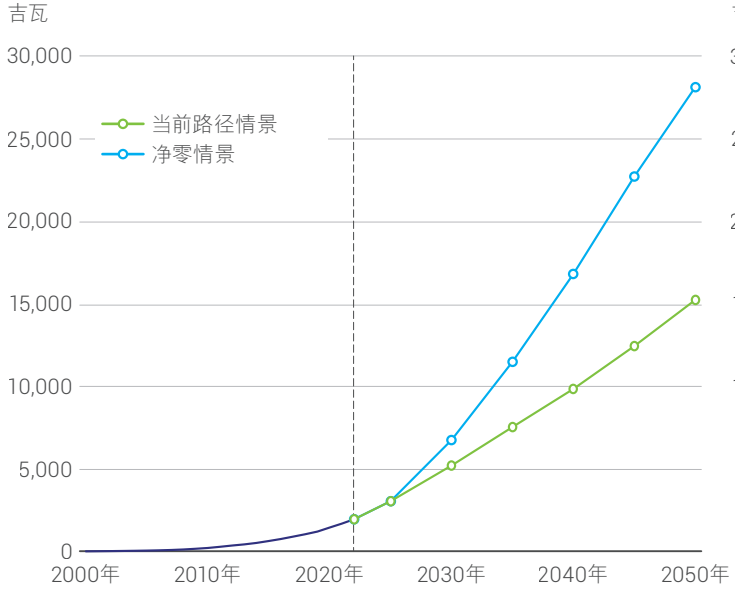
要点

发电量的增加与风能和太阳能发电激增的趋势大体相一致，这有助于实现全球电力系统的脱碳化。

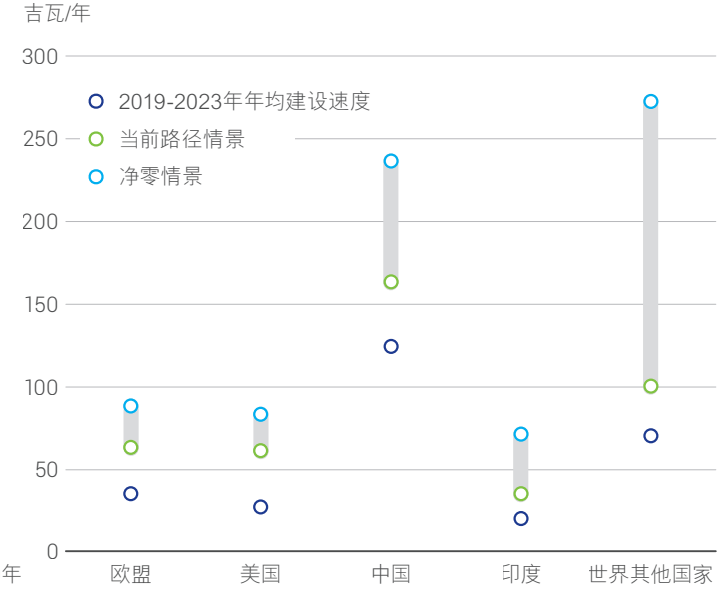
- 在“当前路径情景”中，总发电量增加了近25,000太瓦时，而风能和太阳能发电量的增长趋势与之相一致，增加了约8倍，达到23,000太瓦时（有关风能和太阳能发电量增长的更多详细信息，请参见第56-57页）。
- 在“当前路径情景”中，到2050年，全球燃煤发电量将下降约40%，反映出全球大部分地区燃煤发电量普遍下降，但印度和亚洲新兴经济体为主要例外情况。由于需要满足快速增长的电力需求，印度的煤炭发电量到2050年将增加90%以上。
- 与全球煤炭发电量的下降形成鲜明对比的是，在“当前路径情景”中，到2050年，燃气发电量会增加40%以上，这主要是受到亚洲新兴经济体强劲增长的推动，该地区的燃气发电量大约会增加两倍。
- 到2050年，在“当前路径情景”中，煤炭和燃气发电量合计占全球发电量的近三分之一。
- 在“当前路径情景”中，其他低碳发电来源将继续发挥重要作用。核电和水电发电量在全球发电量中的占比略有增加，到2050年将达到20%。同时，生物能源和地热能发电的规模逐渐扩大，但在总发电量中的占比仍然很小。
- “净零情景”中的总发电量增幅更大，到2050年将增加近40,000太瓦时，其中约30%（11,500太瓦时）用于生产绿氢（见第62-63页）。总发电量的增长超过了风能和太阳能发电的大幅扩张，风能和太阳能发电增加了约45,000太瓦时，与2022年的水平相比增长了14倍。
- 风能和太阳能发电激增，将煤炭和天然气挤出全球电力行业阵地。煤炭发电受到的影响最大，到2050年将下降超过90%，其在全球电力中的份额将从2022年的接近40%下降到2050年的1%左右。
- 燃气发电的韧性稍强，但其在全球电力市场的份额到2050年仍将下降约18个百分点，接近5%。到2050年，有四分之三的燃气发电将结合使用CCUS进行生产，有助于提高天然气的韧性。随着展望期内电力行业脱碳程度的不断提高，采用该技术能够帮助平衡电力行业的发展，相关内容将在第58-59页进行讨论。
- 其他低碳能源也有显著增长，到2050年，核能发电将增长一倍多，水电增长约四分之三。新的核电发电的增长几乎全部发生在新兴经济体中（由中国引领），发达经济体主要是延长现有反应堆的寿命或替换退役产能。到2050年，“净零情景”中核电和水电发电量合计占总发电量的近20%。
- 在其他低碳电力来源增加的支持下，风能和太阳能发电的大规模扩张使得电力行业显著脱碳。在“当前路径情景”中，发电的平均碳强度在展望期间略超过60%。在“净零情景”中，由于几乎完全消除了化石能源的未经减缓排放，再加上布局了生物能源结合碳捕集、利用与封存技术（BECCS），电力行业到2050年将成为负排放源。

风能和太阳能发电迅速增长，得益于成本的进一步降低和新产能的加速布局

风能和太阳能装机容量



风能和太阳能产能：年均建设速度（2024-2035年）



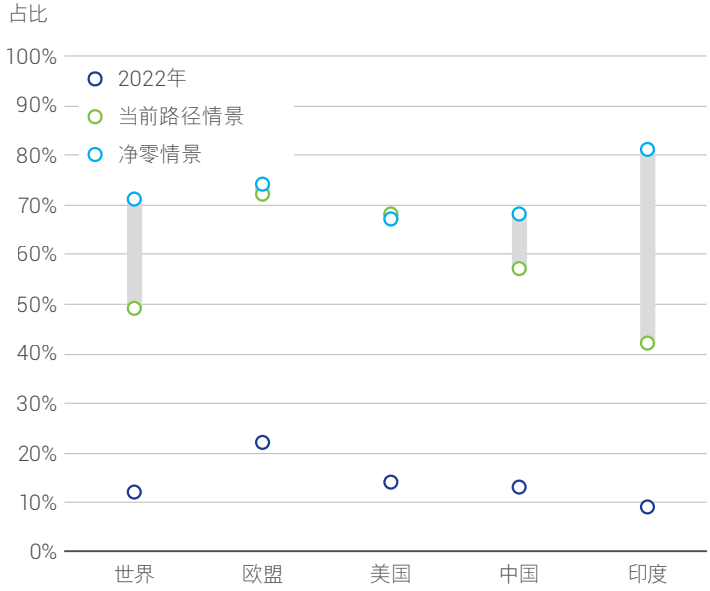
要点

风能和太阳能发电的快速增长得益于成本竞争力的进一步提高，也得益于一些有利因素发挥更大作用，使得风能和太阳能新产能布局加速。

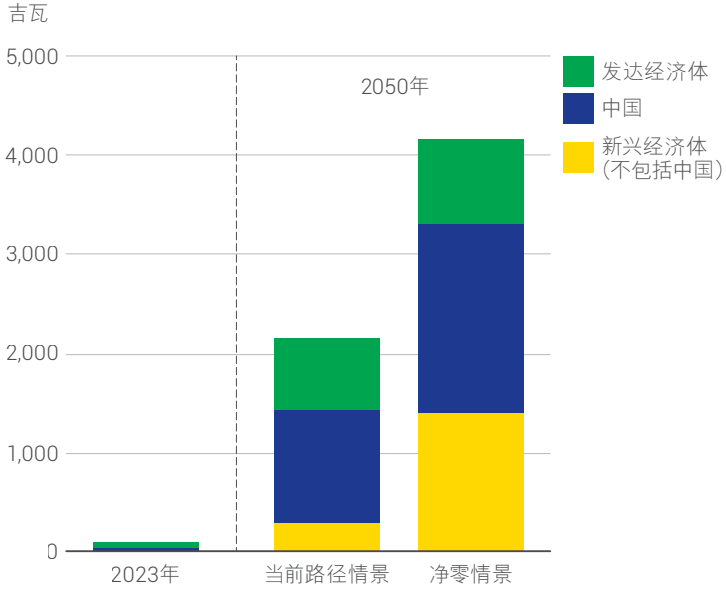
- 到2050年，在“当前路径情景”中，风能和太阳能产能将增加约8倍，在“净零情景”下产能将增加14倍。
- 在展望期前半期，新产能主要集中在中国和发达经济体，二者在两种情景下的新增产能占30-45%左右。
- 在展望期后半期，除中国以外的新兴经济体发挥着越来越重要的作用，这得益于融资渠道的改善、输配电网络投资的增加以及监管框架的日益健全。2035年以后，这些经济体在“当前路径情景”和“净零情景”中的风能和太阳能新建产能分别占总新建产能的近三分之一和60%以上，而中国在这两个情景中分别占35%和25%。
- 风能和太阳能发电快速扩张，得益于技术成本和能源生产成本随着部署规模扩大而进一步下降。组件效率、负载系数和项目规模的提高，进一步降低了太阳能发电的成本。同样，风力发电成本也有所下降，这也得益于涡轮机负载系数日益提高和运行成本不断降低。
- 这些成本下降在展望期的前10-15年最为明显。而从长远看，发电成本下降的速度将放缓，并最终趋于稳定，因为随着可变能源比例的增加，发电成本的下降将被日益增长的平衡系统费用所抵消（见第56-57页）。
- 装机容量的扩大需要大幅提高新装产能的融资和建设速度。在“当前路径情景”和“净零情景”中，到2035年，风能和太阳能装机容量每年平均增加400-800吉瓦，分别是近几年平均增加速度的1.5-3倍。
- 除了投资的大幅增加（见第72-73页），在这两种情景下，风能和太阳能产能的快速布局还取决于一些有利因素是否发挥更大作用。这些因素包括输电和配电基础设施的升级和扩展、更高的社会认可度、扩大供需双方的灵活性以及提高规划和许可的速度。围绕这些有利因素的挑战阻碍了太阳能和风能在“当前路径情景”中的更快发展。
- 风能和太阳能产能扩大还需要发展和拓宽供应链，避免过度依赖个别国家和地区，从而保障能源安全。

电力系统需具有韧性，以应对风能和太阳能日益占据主导地位带来的更大波动性

2050年风能和太阳能发电占比



固定式蓄电池：装机容量



要点

风能和太阳能发电的大幅增长意味着电力系统需要进行调整，以确保其能够适应不断变化的发电情况。

- 在“当前路径情景”和“净零情景”中，风能和太阳能发电在全球发电量中所占的比例从2022年的略高于10%增加到2050年的50-70%。风能和太阳能在不同市场的渗透率各不相同，在“净零情景”下，欧盟和印度市场中风能和太阳能的渗透率高达75-80%，这些市场较少依赖其他形式的低碳能源和减排技术，如核能、水电和CCUS。
- 风能和太阳能的渗透率越来越高，这意味着电力系统需要具有韧性，以适应风力和日照变化带来的发电量波动。这些波动发生的时间范围很广，从很短（几秒到几小时）到很长的时间（几十年）。
- 电力系统应对这些波动的韧性取决于四个关键因素：
- **风能和太阳能产能的超额建设：**风能和太阳能产能因可用风力和日照而异。要使风能和太阳能满足全年平均70%的电力需求，就需要一定程度的过剩产能（或超额建设），以确保即使在天气条件恶劣的时候也能产生足够的风能和太阳能电力。
- **灵活性：**电力系统需要具有灵活性，以应对风能和太阳能发电的波动，为此改变其他形式的发电或需求。这可以包括使用电池、抽水蓄能、互联以及各种激励需求响应的机制。
- 电池存储容量在“当前路径情景”中到2050年将增加到约2200吉瓦，在“净零情景”中将增加到4200吉瓦，比当前水平高出两个数量级。随着可再生能源的增加，可长时间储存和发电的电池的部署数量也在增加。总体而言，大部分（70-80%）电池存储容量的增加集中在新兴经济体。在这些市场中，太阳能发电最为集中，电池储能尤其适合应对典型的太阳能每日波动。
- **可调度产能：**这是指根据合同保证在需要时可以用来发电的产能。调度电力可包括同时提供灵活性的资产和技术，如电池储能和互联。
- 它还包括燃气和燃煤发电站。随着风能和太阳能在展望期内发挥越来越大的作用，与燃气和燃煤发电站相关的价值将从在相当长的时间内提供电力转变为提供备用产能。在“净零情景”中，到2050年，煤炭和燃气发电量仅占发电总量的1%和5%，其中75-80%的发电量是利用CCUS生产的。
- **长时储能（LDES）：**用于减缓风力和日照波动，以应对一年内不常见但有显著影响的可再生能源短缺情况，以及较长时期内风力和太阳能资源的自然扰动。这对于以风能为主的能源系统尤为重要，例如北欧和美国的部分地区，这些地区可能会经历相对不频繁但却很严重的能源短缺。尽管可以通过各种形式的可调度产能来满足这一需求，例如使用碳捕集与封存技术产出的天然气，但如果这些资产只是偶尔使用，其成本就会越来越高。
- 低碳氢（与氢储存结合）可作为一种长时储能的替代来源。与可调度火力发电一样，低碳氢在“净零情景”发电中只占很小的比例——到2050年还不到2%，但其价值在于它所提供的更多韧性。

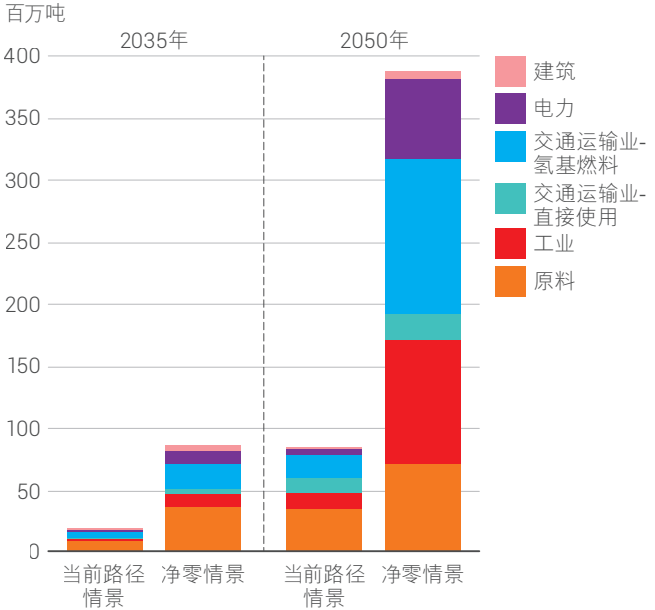
低碳氢

低碳氢能够在多大程度上发挥作用取决于能源转型的速度

低碳氢的增长主要集中在区域市场，部分涉及全球海运贸易

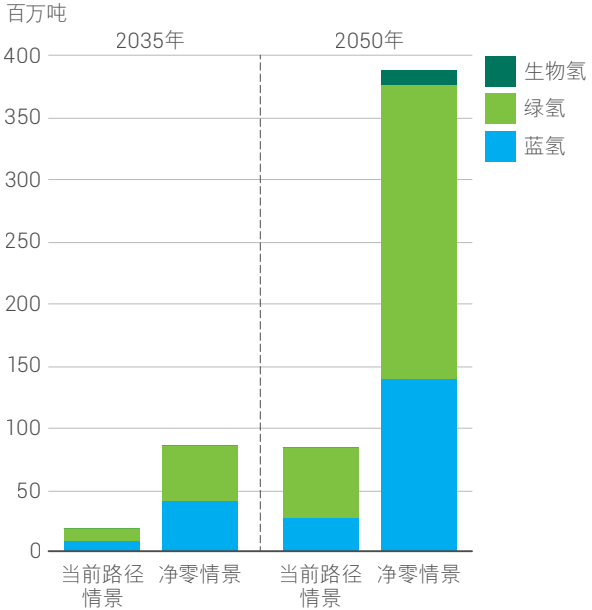
低碳氢能够在多大程度上发挥作用取决于能源转型的速度

按行业列示的低碳氢需求



"交通运输业-氢基燃料"包括用于生产海运甲醇和氨的氢，以及合成喷气燃料和柴油燃料的氢。

低碳氢供应



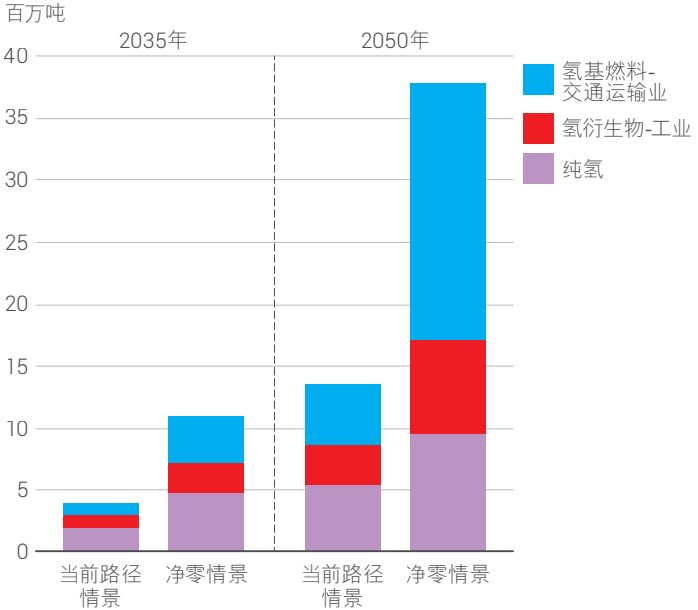
要点

低碳氢可在难以电气化的工业和交通运输过程和活动中使用，也可作为电力市场中长时储能的来源，对能源系统日益电气化起到补充作用。与化石能源替代品相比，低碳氢的成本较高，这意味着它在全球能源系统中的重要性取决于能源转型的速度。

- 低碳氢在“净零情景”中发挥的作用最为显著，因为在“净零情景”中，低碳氢能够得到政策支持，促进更快脱碳。即便如此，大部分增长发生在展望期后半期，即在较易减排的工艺流程实现脱碳后，以及低碳氢的生产成本因工艺流程和制造规模的扩大而充分下降后发生。在“净零情景”中，低碳氢的使用量到2035年将增长到约9000万吨/年，然后加速增长，到2050年将达到约3.9亿吨/年。
- 低碳氢在“当前路径情景”中的作用较为有限，到2035年将增加到略低于2000万吨/年，到2050年将增加到约8500万吨/年。
- 低碳氢初期增长主要集中在作为炼油原料，以及在生产用于化肥和石油化工产品的氨和甲醇方面，以取代当前由未经减缓的天然气（灰氢）和煤炭（黑氢或褐氢）生产的氢原料。在交通运输领域的应用也在增长，特别是在长距离海运中以氢基燃料（氨和甲醇）的形式使用。
- 在展望期后半期，特别是在“净零情景”中，随着低碳氢在工业和交通运输业中作为能源的重要性不断并超过，超过其作为工业原料的作用，对低碳氢的需求将加速增长。
- 在工业中，氢既是炼铁和炼钢的还原剂，也是一种能源，还可以为重工业的其它部门的高温工艺流程提供燃料。
- 在交通运输业，低碳氢与生物能源原料一起，在生产合成喷气燃料以帮助航空业脱碳以及氢基海运燃料（氨和甲醇）方面发挥着重要作用。这些氢基燃料的生产需要碳中和二氧化碳来源。这些来源可以是生物源，也可以是直接采用空气捕集（见第68-69页）。
- 低碳氢结合氢储存能力的建设，在帮助平衡某些地区的电力系统方面也发挥着微小但重要的作用，到2050年，在“净零情景”中，低碳氢使用量约占15%（见第58-59页）。
- 低碳氢主要由绿氢和蓝氢组成，绿氢是由可再生能源通过电解水生产，蓝氢则利用天然气（和煤炭）重整并结合碳捕捉与封存技术生产。
- 蓝氢相对于绿氢具有成本优势，这一优势在许多地区将在整个预测期间持续存在，尽管随着时间的推移这一优势会逐渐减弱。但是，不同地区的相对生产成本差异很大，这取决于对天然气（和煤炭）的获取和适合蓝氢的二氧化碳储存地，以及针对绿氢而言，能否获得有足够优势的可再生资源。由于氢气的运输成本较高（见第64-65页），尤其是在较长距离运输上，这些相对成本和资源的差异，加上政策的变化导致在某些地区绿氢占主导地位，而在另一些地区则是蓝氢占主导地位。
- 到2050年，在“净零情景”中，约60%的低碳氢将以绿氢的形式存在，绿氢将在中国和印度的生产中占主导地位。其余的大部分为蓝氢，这些蓝氢主要由天然气制成，特别是在中东和美国，这两个国家和地区在蓝氢和绿氢的生产方面都拥有显著的全球“氢足迹”。

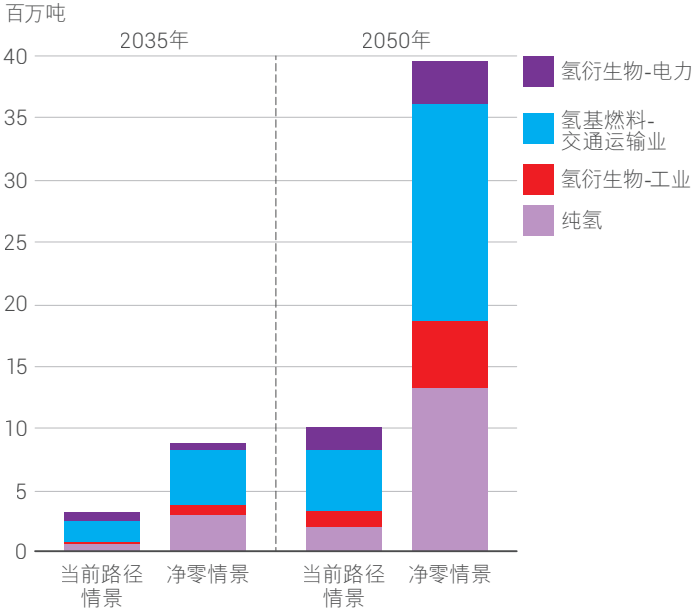
低碳氢的增长主要集中在区域市场，部分涉及全球海运贸易

欧盟低碳氢需求



“氢基燃料——交通运输业”包括用于生产海运甲醇和氨的氢，以及合成喷气燃料和柴油燃料的氢。“氢衍生物——工业”包括在化学品和直接还原铁中用于生产甲醇和氨的氢。“纯氢”包括用于精炼、工业、电力、建筑和直接用于交通运输业的氢。

亚洲发达地区低碳氢需求



亚洲发达地区包括亚洲发达经济体，主要是日本、韩国和新加坡。

要点

氢气（尤其是纯氢）的运输成本相对较高，这意味着低碳氢的贸易主要集中在局部区域市场。但是一部分全球贸易在展望期间实现发展，其中包括欧盟和亚洲发达经济体（主要是日本、韩国和新加坡）成为主要进口地区，以及美国、中东和澳大利亚成为主要出口地区。

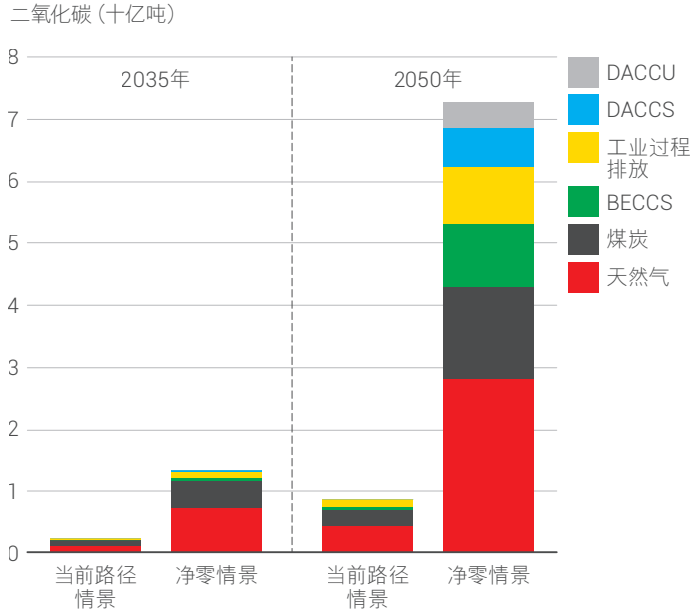
- 到2035年，欧盟对氢的需求在“当前路径情景”和“净零情景”中将增长到约500至1000万吨/年，其中约一半以纯氢形式使用。这些纯氢被用作炼油的原料、工业中高温加热过程的燃料、建筑和交通运输业（尤其是重型卡车运输）。由于纯氢的运输成本高、难度大，尤其是长途运输，因此这一需求需要通过国内生产和来自北非、欧洲北部部分地区和北欧五国的管道供应相结合来满足。
- 到2035年，欧盟剩余的氢气需求将以氢衍生物的形式为主，尤其是氨，其次是甲醇，用于化学品和远洋运输。合成喷气燃料的需求占对剩余氢衍生物需求的大部分，特别是在“净零情景”中，以及用于生产低碳钢的氢基直接还原铁（DRI）方面。与纯氢相比，这些衍生物的海运成本较低，因此部分需求可以通过进口来满足。
- 到2050年，欧盟在“当前路径情景”和“净零情景”下对低碳氢的使用将分别增加到约1500万吨/年和4000万吨/年。氢基燃料在交通运输中的重要性日益凸显，特别是在“净零情景”中的合成喷气燃料，这意味着在“当前路径情景”和“净零情景”中，欧盟氢需求中纯氢的比例分别下降到40%和25%。因此，到2050年，欧盟更多的氢需求将通过海运进口来满足。
- 氢进口的另一个主要区域中心是亚洲发达经济体，主要是日本、韩国和新加坡。在两种情景中，亚洲发达经济体的氢需求增长与欧盟大致相似。然而，氢需求的结构，尤其是在“净零情景”下到2050年的氢需求，与欧盟稍有不同，合成喷气燃料的作用较小，而纯氢、甲醇和氨的需求较大，后两者主要受海运用途推动。电力行业用途则推动了氨需求的增长。
- 与欧盟相反，日本和韩国无法通过管道进口低碳氢。一些低碳氢可在国内生产，但大部分需求要通过海运进口氢衍生物来满足，其中一些衍生物被转换回纯氢使用。

碳减排与碳移除

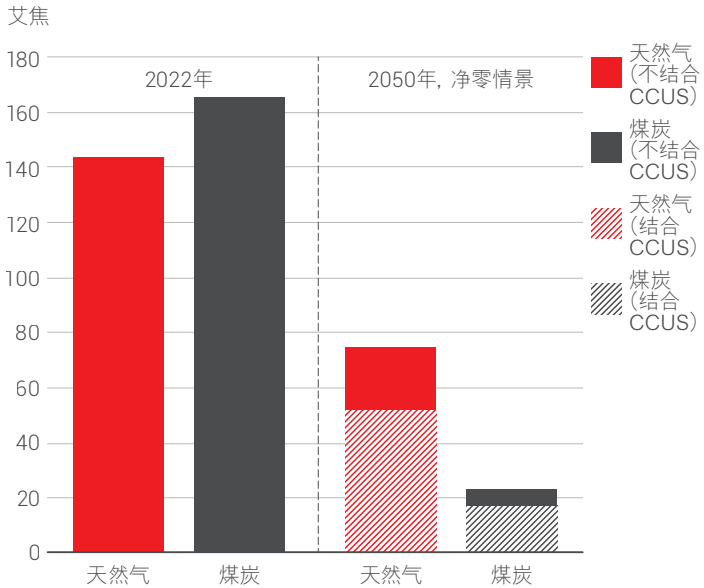
碳捕集、利用与封存技术在支持深度脱碳途径方面发挥着重要作用

碳捕集、利用与封存技术在支持深度脱碳途径方面发挥着重要作用

按排放源列示的碳捕集、利用与封存



天然气和煤炭消费（已减缓和未经减缓的）



BECCS: 生物能源结合碳捕集与封存。
DACCS: 直接空气碳捕集与封存。
DACCU: 直接空气碳捕集与利用。其中包括用作氢基燃料（如合成喷气燃料）的碳中和二氧化碳来源。

要点

CCUS在促进向低碳能源系统转型方面发挥着核心作用：捕集工业过程中的排放，实现以能源为基础的碳移除，以及减少天然气和煤炭使用过程中的排放。

- 在工业和能源生产过程中采用CCUS会产生额外成本，这表明它在“净零情景”中发挥着更重要的作用，在该情景下，这一技术得到了一系列能源转型激励政策的支持。即使在“净零情景”中，项目准备时间也较长，因此大部分CCUS产能将在展望期后半期建成。在“净零情景”中，CCUS产能到2035年将达到略高于10亿吨二氧化碳的水平，到2050年将加速达到约70亿吨二氧化碳。在“净零情景”中，在2050年，约60%的CCUS将在中国、印度和其他发展中经济体布局，相较于当前的布局水平以及过去的石油和天然气生产经验，这些经济体需要非常快速地扩大规模。
- CCUS在“净零情景”中的重要性部分源于其能够捕集工业过程中产生的碳排放和实现基于能源的碳移除（CDR），而这两点都无法通过其他方法复制或实现。到2050年，这两项功能约占CCUS产能的40%。
- 在工业中使用CCUS对于捕集水泥生产过程中的排放尤为重要。到2050年，这些排放约占CCUS产能的15%。
- 生物能源结合碳捕集与封存技术（BECCS）与直接空气捕集一起使用，提供碳移除的形式。BECCS以发电和制氢的形式产生有用能源，并产生负排放，在“净零情景”中，到2050年移除量将达到约10亿吨二氧化碳。
- 直接空气碳捕集与封存（DACCS）直接从环境空气中捕集二氧化碳，然后将其封存。DACCS有可能大幅扩展，但与其他形式的碳移除相比，其成本较高，部分原因是其能源强度较高。在“净零情景”中，到2050年，为提取约10亿吨二氧化碳，直接空气捕集需要近5艾焦的能源，或约占2050年最终能源消耗总量的1%。在这10亿吨二氧化碳中，约6亿吨二氧化碳被永久封存，其余部分用于为合成喷气燃料等氢基燃料提供碳中和二氧化碳来源（见第34-35页）。
- “净零情景”中，CCUS的其余用途是减少因持续使用天然气和煤炭而产生的碳排放，其中约40%的CCUS与天然气结合使用。与天然气结合使用的CCUS产能用于生产蓝氢（见第62-63页），提供可调度的低碳电力来源（见第58-59页），以及减少工业中天然气直接燃烧产生的排放。与煤炭结合的CCUS大部分用于工业和电力行业，部分用于生产蓝氢（主要在中国）。
- 即使在“净零情景”中加速发展CCUS，2050年使用CCUS的天然气和煤炭消耗量也仅相当于2022年天然气和煤炭消耗量的三分之一和十分之一左右。“净零情景”中CCUS的使用是对天然气和煤炭消耗量快速下降的补充，而不是替代。
- 自然气候解决方案（NCS）提供了碳移除的另一种形式，但本《展望》并没有对其进行明确建模，而是侧重于能源生产和使用以及工业过程中的排放。然而，这并不影响自然气候解决方案在减少碳排放方面可能发挥的重要作用，即通过保护、恢复和改善土地管理行动，增加碳储存并避免全球景观和湿地的温室气体排放。

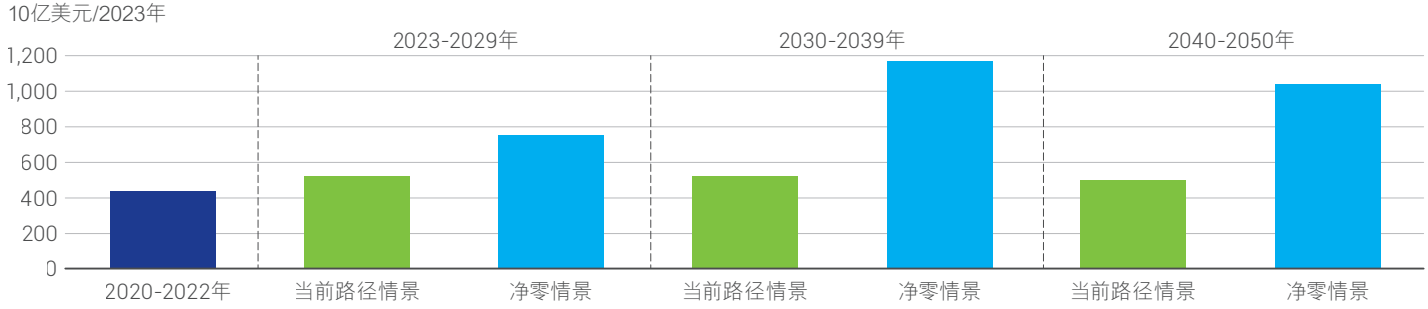
促成因素

继续投资石油和天然气上游，同时增加对风能和太阳能产能的投资

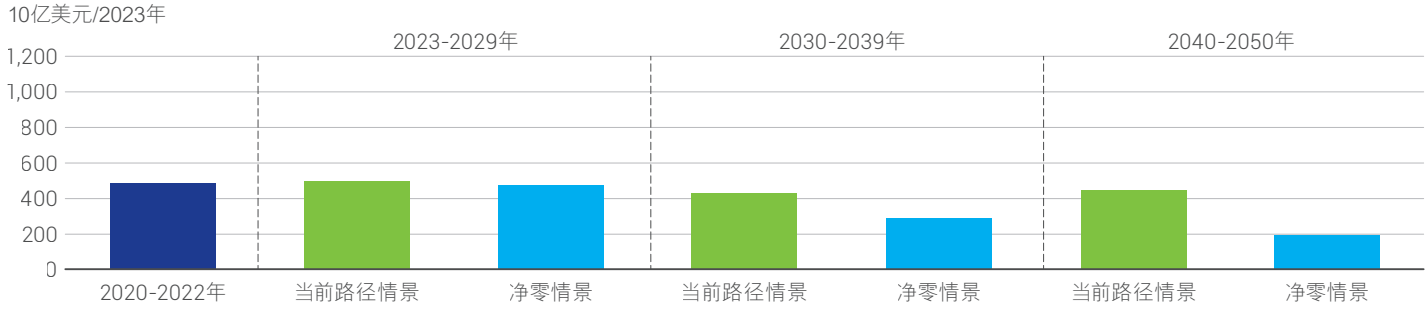
随着能源系统的转型，对关键矿物的需求显著增加

继续投资石油和天然气上游，同时增加对风能和太阳能产能的投资

风能和太阳能年均投资



油气上游年均投资

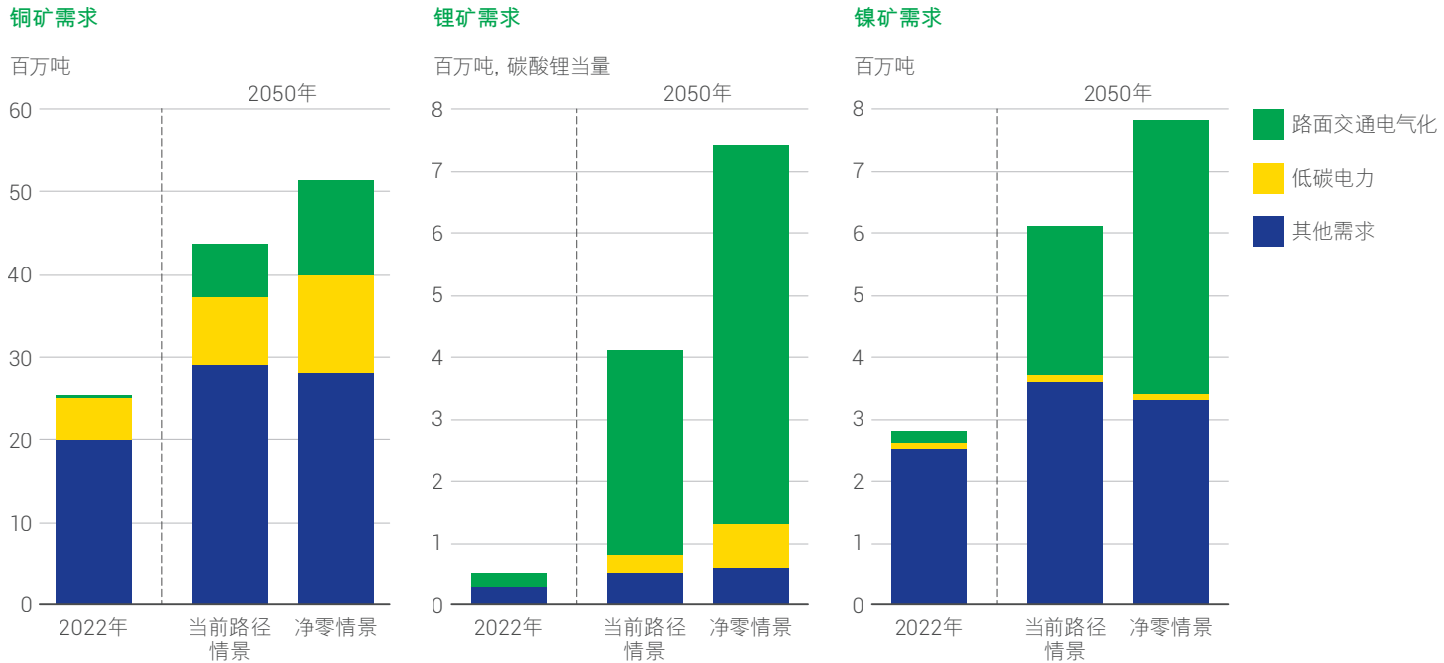


要点

全球能源系统的转型离不开对各种能源和载体的大量投资。为支持风能和太阳能的快速增长，需要比以往更大的投资规模。尽管展望期内需求会下降，但仍需要对油气上游进行持续投资，以抵消基数的下降。

- 除了支持不同燃料和能源载体生产的投资外，“当前路径情景”和“净零情景”中设想的能源路径也需要大量的资本支出，用于建设各种能源基础设施，如输电和配电、低碳氢和二氧化碳管道，以及电动汽车的充电网络。本《展望》中没有对这种能源基础设施投资进行明确建模。
- 此处的投资估算仅指风能和太阳能产能以及油气上游生产方面的投资。附录介绍了隐含投资需求所依据的假设以及相关的不确定性（见第100-101页）。
- 风能和太阳能资产成本的下降在一定程度上抑制了风能和太阳能发电扩张所需的投资规模。即便如此，风能和太阳能产能的快速增长仍然需要大幅增加投资量。这种增长在“净零情景”中最为明显，在该情景中，展望期内年均投资额接近1万亿美元，是近期水平的两倍多。在“当前路径情景”中，投资增长相对不明显，但年均投资额仍在5000亿美元左右。
- 在展望期间，风能和太阳能产能的累计投资总额在“当前路径情景”中为14万亿美元，在“净零情景”中为28万亿美元，对风能和太阳能产能的投资大致相等。“当前路径情景”投资总额中约50%来自新兴经济体。在“净零情景”中，这一比例明显更高，新兴经济体的风能和太阳能投资约占投资总额的70%。
- 尽管在这两种情景中对石油和天然气的综合需求都会下降，但现有产量的自然下降意味着在这两种情景中都需要对油气上游进行持续投资，以满足未来需求。在石油和天然气领域，对天然气的投资占比会随着时间的推移而增加，这反映出天然气消费相对于石油具有更大的韧性。
- 在“当前路径情景”中，石油和天然气投资在整个展望期间相对接近近期水平，石油上游投资逐步下降，但天然气投资支出增加，总支出保持平衡。随着能源转型的加速，越来越多的资本转向低碳能源，包括风能和太阳能发电，在展望期的最后20年中，油气上游投资在“净零情景”中的下降幅度更大。

随着能源系统的转型，对关键矿物的需求显著增加



要点

对于任何实现低碳能源系统的途径，都需要大幅度增加对一系列重要矿物的使用，它们对支持转型的基础设施和资产至关重要。

- 为生产、分配和使用日益增加的低碳能源而重新设计全球能源系统，需要更多特定矿物，这些矿物对支持转型的基础设施和资产至关重要。可以利用这些情景来确定展望期内与低碳能源的进一步发展有关的两个独立的需求来源：
  - 随着能源系统的电气化，低碳发电比例增加，由此推动低碳电力的增长。这一需求来源包括输电和配电网的扩张、风能和太阳能产能的快速增长，以及随着可变可再生能源比例的增加而使用电池来提供灵活性来源（见第58-59页）。
  - 路面交通电气化以及与之相关的电池使用量的增加。在“当前路径情景”和“净零情景”中，到2050年，电动汽车数量将分别增至12亿辆和21亿辆，这意味着路面交通对电池容量的年需求量将增加9-16太瓦时。
- 低碳能源需求的不断增长，以及展望期间更广泛的经济发展，对包括铜、锂和镍在内的一系列多种矿物产生了重大影响。
- **铜**：在“当前路径情景”和“净零情景”中，铜的需求量到2050年将增加75-100%。在这两种情景下，三分之一到一半的需求增长源于随着世界经济规模翻番，能源系统之外的铜使用量不断增加。能源系统对铜需求的增长主要源于电动汽车的使用，到2022年，“典型的”电动汽车对铜的需求量将是相应内燃机汽车的两倍。低碳电力对铜的需求增长主要来自于电力网络的扩张以及风能和太阳能新产能建设。
- **锂**：展望期内，电池的重要性与日俱增，尤其是在电动汽车中，其次是作为全球电力系统的灵活性来源，导致全球对锂的需求大幅增加。到2050年，在“当前路径情景”和“净零情景”中，锂的使用量将分别增加8倍和14倍。到2050年，电动汽车对锂的需求约占锂需求总量的80%，而2022年这一比例约为 40%。
- **镍**：到2050年，在“当前路径情景”和“净零情景”中，镍的需求量将分别增长两到三倍。这一增长的大部分（65-80%）是由于电动汽车中锂离子电池的使用日益增多。
- 这些情景假设关键矿物的供应规模能够满足这些不断增长的需求，并且供应的成本和可获得性不会对能源转型的速度或性质造成重大制约。这就需要在关键矿产开采行业大幅增加投资和资源，并加快规划和许可工作。
- 由于各国既要确保供应和加工来源的地理分布充分且合理，以保证供应安全，又要对新的和现有采矿活动的可持续性进行严格审查，因此与扩大规模相关的挑战变得更加严峻。

如何加快能源转型?

与“当前路径情景”相比，“净零情景”中转型速度更快，这主要是依靠电力和工业行业更为深度的脱碳化

新兴经济体引领电力市场在“净零情景”中更快脱碳化

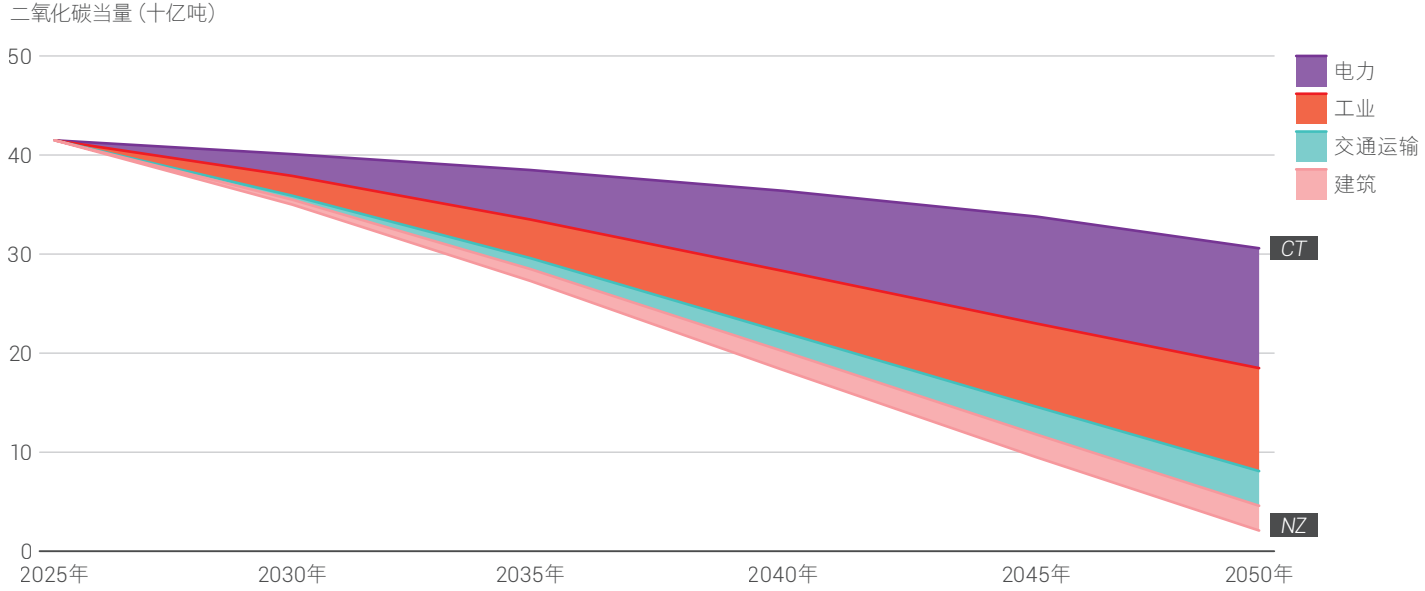
与“当前路径情景”相比，“净零情景”中工业脱碳化速度更快，这得益于低碳电力和效率的提高

“净零情景”中交通运输行业的脱碳化速度快于“当前路径情景”，很大程度是源自路面交通电气化程度的提高

在低碳电力以及能源效率和节能加速的支持下，建筑行业在“净零情景”中的脱碳化速度比在“当前路径情景”中更快

与“当前路径情景”相比，“净零情景”中转型速度更快，这主要是依靠电力和工业行业更为深度的脱碳化

按终端用途行业列示的排放量差异分解（“净零情景”对比“当前路径情景”）



工业包括直接空气碳捕集。详见附录第94-95页分解模型。

要点

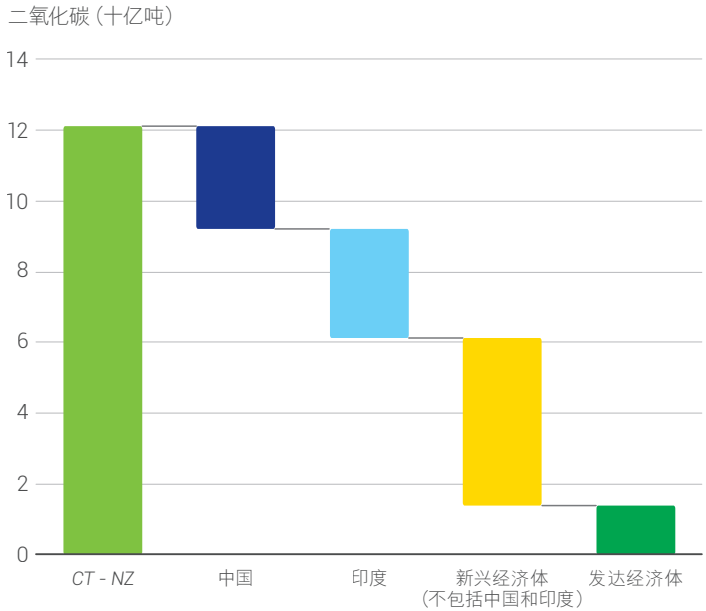
两种展望情景可用于探讨一些其他领域的关键变化，这些变化可能有助于世界能源系统从当前的路径走向更快、更深入的脱碳化路径。

- 2024年版《bp世界能源展望》探讨了两种典型情景：
- **“当前路径情景”**，旨在反映全球能源系统目前的大致发展路径。该情景中，排放量在本十年中期达峰，但到2050年仅下降25%。
- **“净零情景”**考虑了更快、更深度的转型，到2050年，二氧化碳当量排放下降约95%，累计排放量保持在IPCC估算的2℃碳预算范围内（见第20-21页）。
- 通过比较这两个情景，可以找出“当前路径情景”与“净零情景”下能源系统中的关键差异所在（也就是说，为了从当前相对缓慢、浅层次和地理上不均衡的脱碳化路径转变为可被视为符合巴黎气候目标的更快的全球转型，需要努力改变的领域）。
- 在“净零情景”中，实现更快转型路径的最大促因是全球电力系统更快、更全面的脱碳化。在“净零情景”中展望期前半期，全球电力的平均碳强度下降略超过60%，而在“当前路径情景”中仅略超过35%。到2050年，“净零情景”中的全球电力行业总体上完全实现了脱碳化，而在“当前路径情景”中，全球电力行业的减排量仅相当于“净零情景”中本世纪30年代中期的减排量。在展望期间，电力行业更快、更彻底的脱碳化在“当前路径情景”与“净零情景”之间的差异中占40-45%。
- 造成“当前路径情景”与“净零情景”之间其余差异的原因是能源的终端用户行业（工业、交通运输和建筑）减少碳排放的速度不同，这些行业减排的方式包括提高能效和节能、转向低碳能源、或布局CCUS。
- 工业行业在终端用途行业的差异最大，相对于“当前路径情景”，工业行业占“净零情景”中更快脱碳化路径的35-40%。
- 其余的差异是由于交通运输和建筑行业的脱碳化速度更快引起的。
- 接下来（第80-87页）将依次讨论电力、工业、交通运输和建筑等行业，以突出造成“当前路径情景”和“净零情景”之间差异的关键行业变化。

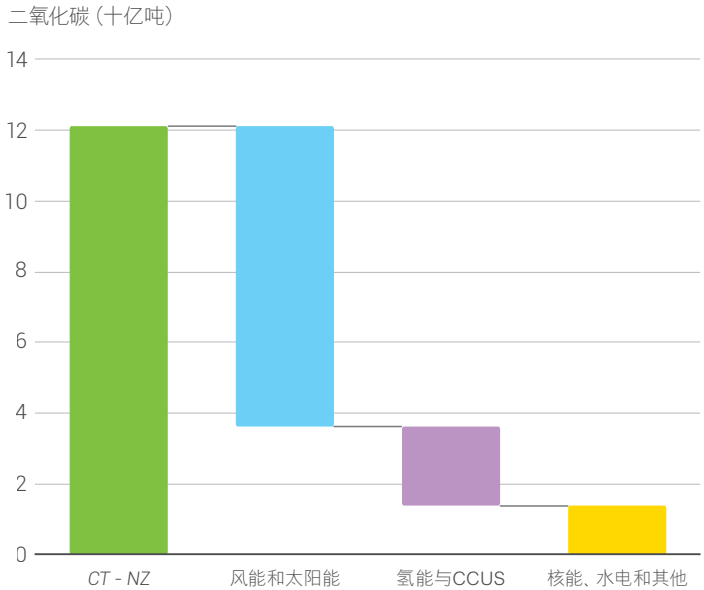
新兴经济体引领电力市场在“净零情景”中更快脱碳化

电力行业：2050年排放量差异（“净零情景”对比“当前路径情景”）

按区域列示



按低碳技术列示



CT: 当前路径情景。NZ: 净零情景。

要点

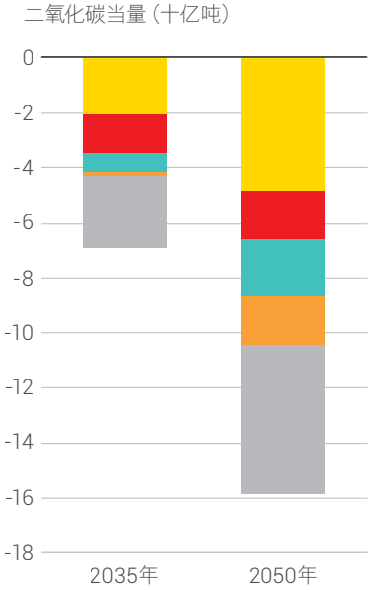
与“当前路径情景”相比，“净零情景”中全球电力市场的脱碳化速度更快，这主要是因为新兴经济体的发电脱碳化速度更快，因为风能和太阳能发电快速增长、替代了煤炭发电。

- 在两种情景中，发达经济体的发电脱碳化速度都快于新兴经济体。这缘于发达经济体的电力需求增长放缓（见第58-59页），并表明其低碳发电增长有更大比例用于替代化石能源发电，而非满足增量需求。
- 因此，即使在“当前路径情景”下较慢的转型路径中，发达经济体的发电碳强度到2050年也会下降约85%。
- 这意味着，与“当前路径情景”相比，“净零情景”下全球发电脱碳化的速度更快，这在很大程度上是由新兴经济体加速脱碳化所推动的。这一加速主要由中国和印度引领，在两种情景下，到2050年，这两个国家分别贡献了电力行业排放差异的25%左右，其余差异主要来自其他新兴经济体。
- 新兴经济体在“净零情景”中的电力脱碳化速度快于“当前路径情景”，这主要是由于风能和太阳能发电的加速发展，其增长速度在“净零情景”中可以达到当前的两倍多。到2050年，在“净零情景”中，风能和太阳能发电约占新兴经济体发电量的70%，而在“当前路径情景”中，这一比例约为40%。
- 在“净零情景”中，新兴经济体的风能和太阳能发电增长速度更快，这在很大程度上是由于煤炭发电减少，到2050年，“净零情景”下煤炭发电量占比降至1%以下，而在“当前路径情景”中，煤炭的发电量占比为16%。
- “净零情景”中全球电力系统的碳排放量低于“当前路径情景”，这也得益于CCUS和氢能发电的进一步推广，它们取代了很大一部分燃煤和燃气发电，同时还提供了必要的系统灵活性。更多地布局核能和水力发电对于替代未经减缓的化石能源发电也很重要，特别是在新兴经济体中。
- 与“当前路径情景”相比，“净零情景”中发达经济体和新兴经济体电力市场的脱碳化程度更高，这也得益于更多有助于提高电力系统灵活性的资产投入和技术推广，如电池存储、互联和需求侧响应（见第58-59页）。
- 为了更全面地了解三个终端用途行业，接下来将根据各行业的电气化水平，对“净零情景”中电力行业更快脱碳化相关的碳减排量进行分配。

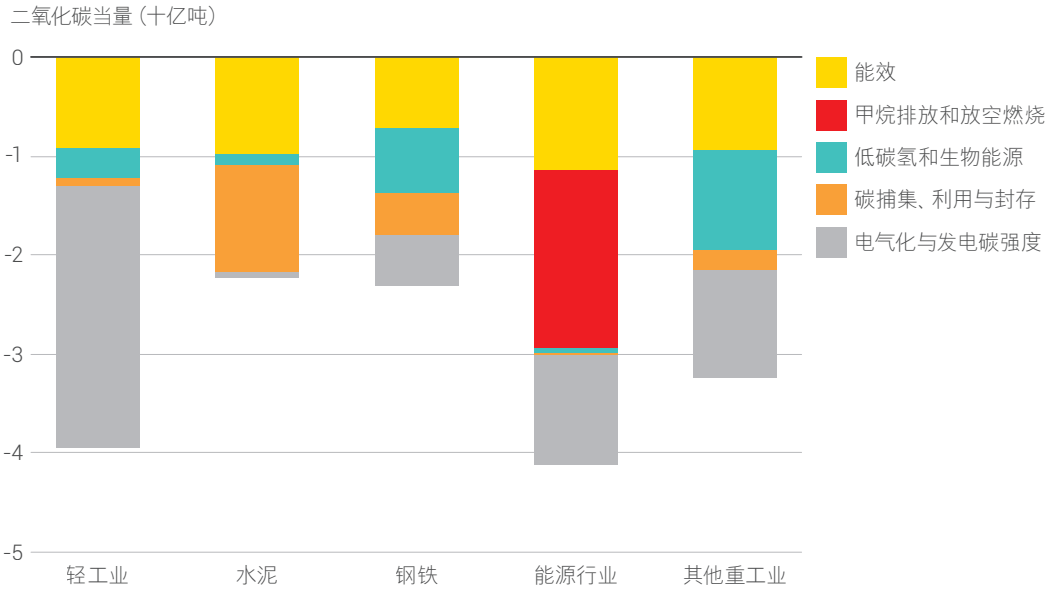
与“当前路径情景”相比，“净零情景”中工业脱碳化速度更快，这得益于低碳电力和效率的提高

工业行业：使排放量出现差异的因素（“净零情景”对比“当前路径情景”）

按年份列示



按2050年工业子行业列示



电气化与发电碳强度包括热电联产和热电厂的脱碳化。

其他重工业包括氢能行业、石化、有色金属、玻璃、陶瓷和制砖业。轻工业包括农业、林业、渔业和所有其他工业。

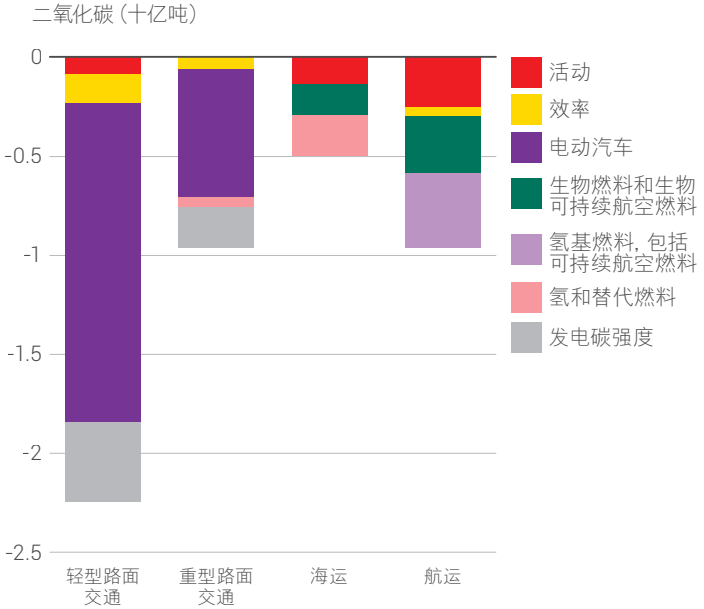
要点

与“当前路径情景”相比，“净零情景”中工业行业脱碳化速度更快，这得益于多个因素，包括更多使用低碳电力、各类增效措施以及减少甲烷排放。

- 与“当前路径情景”相比，“净零情景”中工业排放水平更低，部分原因是“净零情景”中发电碳强度更低（见第54-55页）。这一点以及一系列工业生产过程的更高电气化水平，约占2035年和2050年两种情景总体工业排放差异的35%。
- 造成2035年两种情景之间其余差异的主要原因是效率水平更高，既包括工业生产过程本身的效率，也包括减少对制成品和材料需求的更广泛的经济节能措施。能源行业的甲烷排放量也较低，这反映出采取了更多措施来降低化石能源生产的甲烷强度，以及“净零情景”中化石能源生产的绝对水平低于“当前路径情景”，而后者的影响会在展望期内不断扩大。
- 到2050年，加强节能措施以减少对材料和商品的需求，如减少一次性塑料的使用、加强产品的回收和再利用、采用更高效的设计和施工方法以减少钢材和水泥的使用，这些措施的影响在两种情景下工业排放差异中占比越来越大。
- 在展望期后半期，更多使用其他低碳能源和技术在解释2050年两种情景中工业排放差异方面也发挥了更重要的作用，在重工业中更多使用低碳氢和生物能源作为化石能源的替代品，以及利用CCUS技术减少工业生产过程和能源的碳排放。
- 造成两种情景中工业排放差异的因素在不同子行业有所不同。
- 轻工业的制造过程一般只需要低温加热，因此电气化程度相对较高，造成两种情景差异的主要因素是“净零情景”中电力的碳强度较低，同时工艺效率也有所提高。
- 相比之下，在水泥行业中，造成排放差异的最重要因素是CCUS的更广泛应用，CCUS主要用于捕集水泥生产过程中产生的排放，而不是化石能源燃烧产生的排放。除非被捕集，否则这些生产过程排放会占水泥行业碳排放的绝大部分。在“净零情景”中，到2050年，水泥行业的CCUS产能将达到14亿吨二氧化碳，是“当前路径情景”中的10倍。
- 钢铁行业又有所不同：低碳氢替代煤炭和天然气作为还原剂和高温热源，在解释“净零情景”中较低的排放方面发挥了重要作用。
- 到2050年，与“当前路径情景”相比，“净零情景”中能源行业的排放水平较低，这主要是由于化石燃料产出水平较低，再加上生产效率提升和甲烷强度的改善，降低了生产化石燃料所使用的化石能源和相关的甲烷排放。

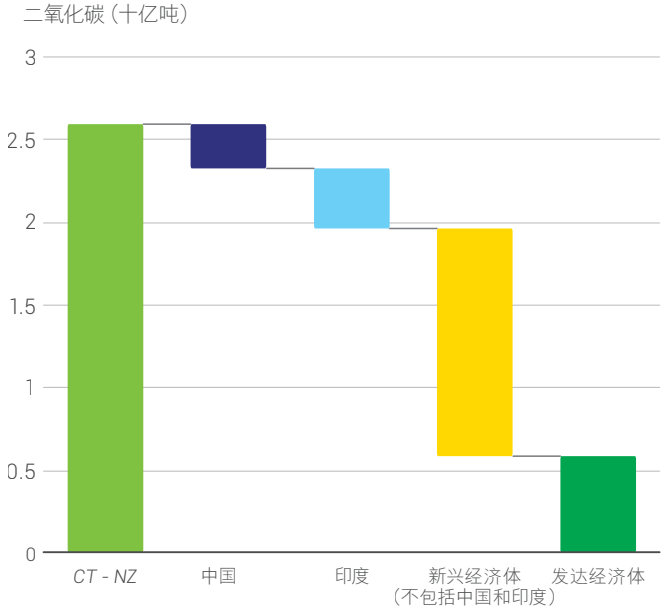
“净零情景”中交通运输行业的脱碳化速度快于“当前路径情景”，很大程度是源自路面交通电气化程度的提高

交通运输子行业:
使2050年排放量出现差异的因素（“净零情景”对比“当前路径情景”）



发电碳强度是指由于发电结构的脱碳化而减少的电力行业的排放量。

路面交通:
按区域列示的2050年排放量差异（“净零情景”对比“当前路径情景”）



路面交通分解不包括发电结构脱碳化带来的电力行业排放量的减少。
CT: 当前路径情景。NZ: 净零情景。

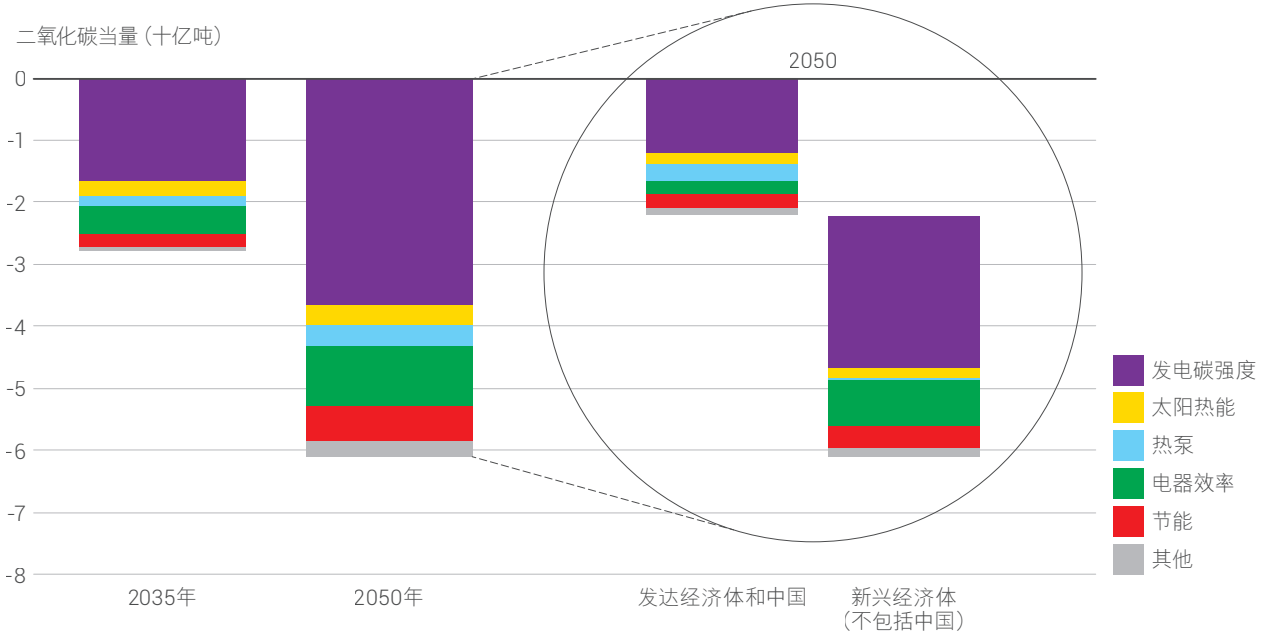
要点

与“当前路径情景”相比，“净零情景”中交通运输行业的转型速度更快，主要原因是该行业更多地从石油转向低碳燃料，尤其是路面交通电气化。

- “净零情景”中路面交通的脱碳化速度更快，几乎占2050年两种情景中交通运输行业排放量差异的三分之二。这一差异主要是由于“净零情景”中路面车辆的电气化程度更高。
- 在轻型路面交通方面，到2050年，“净零情景”中电动轿车和货车约为21亿辆，占全球轿车保有量的80%以上。而在“当前路径情景”中，此类车辆约为12亿辆，占轻型车辆总量的50%。轻型汽车电气化进程的加快意味着“净零情景”中传统内燃机车数量将在本十年末达到峰值，到2050年将仅为2022年的三分之一左右（见第32-33页）。
- 同样，在重型路面交通方面，到2050年，在“净零情景”中约 80%的重型卡车（8500万辆）将实现电气化，而“当前路径情景”中这一比例仅为40%。在“净零情景”中，内燃机重型卡车的数量在本世纪30年代初将达到峰值，到2050年约为2022年水平的三分之一。与“当前路径情景”相比，“净零情景”中内燃机重型卡车的更大转变主要在于电动卡车，但氢燃料卡车占比增加也产生了微小的增量影响。
- 由于“净零情景”中电力行业脱碳化速度更快，发电碳强度更低，因此“净零情景”中轻型和重型车辆电气化程度更高，从而减少了排放量（见第54-55页）。
- 在“净零情景”中，路面交通更快实现脱碳化还得益于效率和节能方面的更大改进。这些改进大部分来自车辆本身的效率提升：到2050年，每行驶一公里的能耗将比“当前路径情景”中低30%，比2022年低三倍。部分排放量减少也反映了“净零情景”中更为普遍的节能和环境政策，即鼓励更多地使用公共交通和汽车共享，从而抑制路面车辆行驶里程的增长。
- 与“当前路径情景”相比，“净零情景”中路面交通脱碳化速度更快，主要原因是以印度和中国为代表的新兴经济体的路面交通电气化程度更高，其他亚洲新兴经济体和中东的贡献也很大。在“净零情景”中，发达经济体路面交通的更快脱碳化主要集中在美国，与发达经济体的其他主要运输需求中心相比，在“当前路径情景”中，美国的路面交通电气化速度较慢。
- 除路面交通外，“净零情景”中交通脱碳化速度的加快也反映了航运和海运二氧化碳排放水平的降低。2050年排放量的降低主要是由于从油基燃料转向更低碳的替代燃料的趋势更加显著。在航运领域，这种更大的转变主要是转向使用生物和氢基可持续航空燃料。在海运方面，较低的排放量反映了更多地使用生物基甲醇、氢基甲醇和氨。
- “净零情景”中航运和海运领域的碳排放量减少，也反映出更为普遍的能效措施、环境政策和消费行为转变，这些都抑制了航空和海上旅行的增长。

在低碳电力以及能源效率和节能加速的支持下，建筑行业在“净零情景”中的脱碳化速度比在“当前路径情景”中更快

建筑行业：按区域列示的使排放量出现差异的因素（“净零情景”对比“当前路径情景”）



其他指电气化措施（不包括热泵）和获得清洁烹饪燃料。发电碳强度是指由于发电结构的脱碳化而减少的电力行业的排放量。

要点

在“净零情景”中，建筑行业的脱碳化速度比在“当前路径情景”中更快，由多个因素推动，包括加大使用低碳电力、加快提高能效和节约能源等。

- 与“当前路径情景”相比，“净零情景”中建筑行业碳减排量更多，部分原因是“净零情景”中发电碳强度更低（见第54-55页），仅这一点就占2035年和2050年两种情景中建筑行业碳排放量差异的60%。
- 在“净零情景”中，建筑行业电气化程度更高，突显出低碳电力的影响，到2050年，电气化程度约占能源使用总量的四分之三，而在“当前路径情景”中，电气化程度仅占能源使用总量的一半左右。这反映出在空间取暖、水暖以及烹饪等一系列的建筑终端用途中，对电力的采用速度更快。
- 在这两种情景中，建筑行业电气化的一个重要因素是热泵的使用迅速普及，到2050年，在“当前路径情景”中约有6亿台热泵，在“净零情景”中超过8亿台，而在2022年仅有9000万台。从化石能源转换为电能进行空间取暖和水暖，再加上热泵相对于传统供暖系统效率更高，在两种情景中都对建筑行业的供暖脱碳化起到了重要作用，而在“净零情景”中，由于热泵的采用更普遍，其影响更为显著。
- 在“净零情景”中，建筑行业排放量的大幅下降也反映了降低能耗措施的作用。其中一些措施重点关注提高建筑内的能效，特别是提高空调、冰箱和洗衣机等电器的能效。还有一些措施的重点是改进建筑的设计和结构，以达到更好的节能水平，例如改进现有建筑的隔热性能，对新建建筑实行更严格的建筑标准。与“当前路径情景”相比，“净零情景”中的措施更为严格，这使得这两种情景中脱碳化速度在展望期内的差距不断加大。
- 到2050年，两种情景中建筑行业排放量的大部分差异来自新兴经济体排放量降低。除了更高的电气化、能效和节能水平之外，这一差异还反映了新兴经济体在“净零情景”中更多使用太阳能热能所带来的排放减少，太阳能热能提供了一种低碳的水暖替代来源。

附录

数据表

情景排放与IPCC碳预算的比较

从“当前路径情景”到“净零情景”

“延迟净零情景”和最快的IPCC脱碳化路径的建模方法

气候变化对经济的影响

投资方法

碳排放的定义与数据来源

其他数据的定义与来源

免责声明

数据表

	2022年	2050年水平* 当前路径情景	2050年水平* 净零情景	2022-2050年（年均）变化 当前路径情景	2022-2050年（年均）变化 净零情景	2050年在一次能源中的占比 当前路径情景	2050年在一次能源中的占比 净零情景
按燃料列示的一次能源							
总计	**595**	**635**	**437**	**0.2%**	**-1.1%**	**100%**	**100%**
石油	191	146	52	-0.9%	-4.6%	23%	12%
天然气	143	170	65	0.6%	-2.8%	27%	15%
煤炭	165	108	23	-1.5%	-6.8%	17%	5%
核能	10	15	21	1.7%	2.8%	2%	5%
水电	16	22	28	1.2%	2.0%	3%	6%
可再生能源（包括生物能源）	70	174	249	3.3%	4.6%	27%	57%
按燃料列示的一次能源（本地单位）							
石油（百万桶/日）	97	77	28				
天然气（十亿立方米）	3,985	4,729	1,797				
按地区列示的一次能源							
发达地区	**208**	**163**	**125**	**-0.9%**	**-1.8%**	**26%**	**29%**
美国	88	73	60	-0.7%	-1.4%	11%	14%
欧盟	55	40	28	-1.1%	-2.3%	6%	6%
英国	7	5	5	-0.8%	-1.1%	1%	1%
新兴地区	**387**	**473**	**312**	**0.7%**	**-0.8%**	**74%**	**71%**
中国	146	128	94	-0.5%	-1.6%	20%	21%
印度	42	80	51	2.3%	0.7%	13%	12%
巴西	13	16	13	0.8%	-0.1%	3%	3%

	2022年	2050年水平*		2022-2050年（年均）变化		2050年在终端消费总量的占比	
		当前路径情景	*净零情景*	*当前路径情景*	*净零情景*	*当前路径情景*	*净零情景*
按行业列示的终端消费总量							
总计	**488**	**551**	**383**	**0.4%**	**-0.9%**	**100%**	**100%**
运输业	117	115	85	-0.1%	-1.1%	21%	22%
工业	210	237	176	0.4%	-0.6%	43%	46%
原料	41	54	38	1.1%	-0.2%	10%	10%
建筑	122	144	84	0.6%	-1.3%	26%	22%
能源载体（发电）							
电力（千太瓦时）	29	54	69	2.2%	3.1%		
氢能（百万吨）	75	143	389	2.3%	6.1%		
产量							
石油（百万桶/日）	94	75	29	-0.8%	-4.1%		
天然气（十亿立方米）	4,044	4,730	1,796	0.6%	-2.9%		
煤炭（艾焦）	175	109	23	-1.7%	-7.0%		
排放量							
碳排放（十亿吨二氧化碳当量）	41	31	2	-1.0%	-10.2%		
碳捕集、利用与封存（十亿吨）	0	0.9	6.8				
宏观							
GDP（万亿美元，购买力平价）	137	268	268	2.4%	2.4%		
能源强度（一次能源（兆焦）/GDP（美元））	4.3	2.4	1.6	-2.1%	-3.4%		

*单位均为艾焦，除非另有说明。

情景排放与IPCC碳预算的比较

为了计算和比较IPCC与bp情景下2015-2050年的累积排放量，我们采用了以下方法：

IPCC情景收集自IPCC《第六次评估报告》的情景数据库，该数据库由国际应用系统分析研究所（IIASA）与IPCC第三工作组合作维护。我们选择了四类相关情景：

C1情景：在2100年将全球气温升幅限制在低于1.5℃的概率大于50%，而升温峰值高于1.5℃的概率小于或等于67%。

C2情景：在2100年将全球气温升幅限制在低于1.5℃的概率大于50%，而升温峰值高于1.5℃的概率大于67%。

C3情景：整个世纪将全球气温升幅限制在低于2℃，概率大于67%。

C5情景：整个世纪将全球气温升幅限制在低于2.5℃，概率大于50%。

下文引用的IPCC《第六次评估报告——气候变化2022：减缓气候变化》中的表3.1对这几种情景的特征进行了描述。

针对每种情景，数据库提供了能源和工业的二氧化碳排放量以及能源行业的甲烷排放量。通过这些信息，我们可以计算出二氧化碳当量排放量，与bp“当前路径情景”和bp“净零情景”中报告的排放量直接进行比较。

由于IPCC数据库以五年为间隔提供数据，我们采用线性插值法估算中间年份的排放量。

为减少可能发生的失真，我们只纳入每种情景中每个排放变量的第10个百分位数和第90个百分位数之间的情景，以消除异常值。

最后，我们计算了从2015年到2050年的二氧化碳当量累积排放量。之所以选择这一时间段，是因为近期的排放数据可能与某些情景预测值有较大偏差。

参考文献

Edward Byers、Volker Krey、Elmar Kriegler、Keywan Riahi、Roberto Schaeffer、Jarmo Kikstra、Robin Lamboll、Zebedee Nicholls、Marit Sanstad、Chris Smith、Kaj-Ivar van der Wijst、Alaa Al Khourdajie、Franck Lecocq、Joana Portugal-Pereira、Yamina Saheb、Anders Strømann、Harald Winkler、Cornelia Auer、Elina Brutschin、Matthew Gidden、Philip Hackstock、Mathijs Harmsen、Daniel Huppmann、Peter Kolp、Claire Lepault、Jared Lewis、Giacomo Marangoni、Eduardo Müller-Casseres、Ragnhild Skeie、Michaela Werning、Katherine Calvin、Piers Forster、Celine Guivarch、Tomoko Hasegawa、Malte Meinshausen、Glen Peters、Joeri Rogelj、Bjorn Samset、Julia Steinberger、Massimo Tavoni、Detlef van Vuuren。国际应用系统分析研究所托管的《第六次评估报告》情景数据库，2022年。

Riahi, K.、R. Schaeffer、J. Arango、K. Calvin、C. Guivarch、T. Hasegawa、K. Jiang、E. Kriegler、R. Matthews、G.P. Peters、A. Rao、S. Robertson、A.M. Sebbit、J. Steinberger、M. Tavoni、D.P. van Vuuren，《气候变化2022：符合长期目标的减缓途径》。见IPCC，《气候变化2022：减缓气候变化》。第三工作组对编写政府间气候变化专门委员会《第六次评估报告》的贡献。[P.R. Shukla、J. Skea、R. Slade、A. Al Khourdajie、R. van Diemen、D. McCollum、M. Pathak、S. Some、P. Vyas、R. Fradera、M. Belkacemi、A. Hasija、G. Lisboa、S. Luz、J. Malley（编辑人员）编制]。剑桥大学出版社，英国剑桥和美国纽约。doi: 10.1017/9781009157926.00

从“当前路径情景”到“净零情景”

对“当前路径情景”和“净零情景”之间碳排放量差异的分析，重点关注电力行业和各终端用途行业（工业、交通运输、建筑）的直接和间接排放量。

电力行业

为了将电力行业脱碳化的影响与终端用途行业的用电变化区分开来，我们采用了以下方法：

“当前路径情景”和“净零情景”中，电力行业直接排放量的差异可分解为两个方面：电力总需求的变化和电力排放强度的变化。“净零情景”的电力需求高于“当前路径情景”，因为“净零情景”中全球电气化程度更高。“净零情景”中的电力碳排放强度低于“当前路径情景”，因为更多的低碳电力能源在发电量中占比更大。

在计算“当前路径情景”和“净零情景”下电力行业的排放差异时，我们只考虑了较低的碳强度的贡献。因电力需求增加而产生的贡献则作为各行业电力需求变量分配给终端用途行业。

交易热量（通过热电联产（CHP）或热电厂）生产所产生的排放包含在电力行业中。

终端用途行业

在终端用途行业，再次将电力行业脱碳化的影响与电力需求增长的影响区分开来。具体做法是，首先计算与能效提高和电气化等推动因素相关的碳排放量变化，同时将电力的碳强度保持在“当前路径情景”水平。在分析的结尾，最后一步是计算将发电碳强度提高到“净零情景”水平所减少的排放量。在下文中，我们将按行业详细说明终端用途行业研究方法。

i) 工业行业

工业行业的分解包括化石能源生产和制氢行业的甲烷排放。碳捕集、利用与封存包括捕集水泥生产过程中的排放。能效提升的贡献包括生产过程效率的提高、工业产品和材料回收利用的增加以及减少工业产品和材料需求的措施。

ii) 交通运输行业

交通运输行业的分解包括运输活动和能源效率的贡献。这反映了每种运输方式使用方式的变化，如轻型车辆的平均行驶距离和整体能效的提高。其余贡献直接反映了从化石能源转向低碳替代品的影响。

iii) 建筑行业

节能方面的贡献包括通过改造改善建筑结构的效果、零碳建筑数量增加，以及行为改变带来的能源需求减少。

“其他”贡献是指所有其他脱碳措施，包括改用电力，以及获取燃料以减少传统生物质能的使用及其相关的甲烷排放。

“延迟净零情景”和最快的IPCC脱碳化路径的建模方法

“延迟净零情景”结合了“当前路径情景”和“净零情景”的要素。

第一步，我们计算“当前路径情景”和“净零情景”的调整排放路径。这一步包括从IPCC的C3情景（针对“净零情景”）和C5情景（针对“当前路径情景”）中去除能源和传统生物质能产生的甲烷排放，并增加农业、林业和其它土地利用（AFOLU）产生的二氧化碳排放。

在“延迟净零情景”中，2030年前的排放量累积与“当前路径情景”中相同。2030年后，能源系统的转型与“净零情景”中路径相同，二氧化碳排放量根据不同燃料的初级消费水平计算。该情景的累计排放量约为9000亿吨二氧化碳。

这接近IPCC“决策者摘要”报告（IPCC，2021年）中的碳预算，该报告估计累计排放9000亿吨二氧化碳符合将全球气温升幅限制在2℃以下的可能性为83%。

本《展望》中讨论的IPCC最快脱碳化情景是“当前路径情景”和IPCC所选情景的组合，这些情景被认为符合1.5℃全球升温幅度的要求，并对二氧化碳排放有约束性限制。

为进行分析，我们首先从IPCC《第六次评估报告》情景数据库中的C1情景中选择了所有情景，该数据库提供了能源和工业过程以及农业、林业和其它土地利用产生的二氧化碳排放量数据。C1情景代表到2100年全球升温幅度被限制在1.5℃以下的可能性大于50%的路径。最后，我们选择了排放量在达到峰值后下降最快的四种情景。

确定IPCC最快脱碳化情景的建模策略如下：能源系统按照“当前路径情景”发展到某一年，然后开始加速脱碳化，反映所选IPCC四种情景的排放量平均下降速度。使用这种高度概括性的方法，计算出2035年是系统从“当前路径情景”转向IPCC最快情景中更快脱碳化的最晚年份，同时仍将累计排放量限制在约9000亿吨二氧化碳。

2050年以后排放量的计算基于假设能源系统的发展路径与2045-2050年的每种情景中的路径相似。

参考文献

Edward Byers、Volker Krey、Elmar Kriegler、Keywan Riahi、Roberto Schaeffer、Jarmo Kikstra、Robin Lamboll、Zebedee Nicholls、Marit Sanstad、Chris Smith、Kaj-Ivar van der Wijst、Alaa Al Khourdajie、Franck Lecocq、Joana Portugal-Pereira、Yamina Saheb、Anders Strømann、Harald Winkler、Cornelia Auer、Elina Brutschin、Matthew Gidden、Philip Hackstock、Mathijs Harmsen、Daniel Huppmann、Peter Kolp、Claire Lepault、Jared Lewis、Giacomo Marangoni、Eduardo Müller-Casseres、Ragnhild Skeie、Michaela Werning、Katherine Calvin、Piers Forster、Celine Guivarch、Tomoko Hasegawa、Malte Meinshausen、Glen Peters、Joeri Rogelj、Bjorn Samset、Julia Steinberger、Massimo Tavoni、Detlef van Vuuren。国际应用系统分析研究所托管的《第六次评估报告》情景数据库。国际应用系统分析研究所，2022年。doi:10.5281/zenodo.5886911|url:data.ece.iiasa.ac.at/ar6/

IPCC，“2021年：决策者摘要”。见《气候变化2021：自然科学基础》。第一工作组对编写政府间气候变化专门委员会《第六次评估报告》的贡献[Masson-Delmotte, V.、P. Zhai、A. Pirani、S.L. Connors、C. Péan、S. Berger、N. Caud、Y. Chen、L. Goldfarb、M.I. Gomis、M. Huang、K. Leitzell、E. Lonnoy、J.B.R. Matthews、T.K. Maycock、T. Waterfield、O. Yelekçi、R. Yu和 B. Zhou（编辑人员）编制]。剑桥大学出版社，英国剑桥和美国纽约，第3-32页，doi:10.1017/9781009157896.001

气候变化对经济的影响

本期《世界能源展望》中使用的GDP概述来自牛津经济研究院。此类长期预测包含气候变化对经济影响的评估。这些评估采用了与2020年版《世界能源展望》、2022年版《世界能源展望》和2023年版《世界能源展望》中类似研究方法。

气候变化对全球经济活动的未来影响具有极大的不确定性，这是因为气候变化现象及其与现代经济体系的相互作用的性质是前所未有的，而且可能采取的减缓和适应行动以及未来可用于这些行动的技术也存在许多不确定性。不过，人们已经尝试对其可能产生的影响进行建模。特别是，牛津经济研究院更新并扩展了Burke、Hsiang和Miguel（2015年）提出的评估方法，该方法表明生产率和气温之间存在非线性关系，在平均气温略低于15℃时（Burke等人的初步评估为13℃），人均收入实现了增长（人口加权平均结果）。虽然鉴于存在不确定性，任何此类结论都需要谨慎对待，但这样的温度曲线表明，“寒冷国家”的收入增长随年平均气温的上升而增加。然而，年平均气温高于15℃时，人均收入增长受到气温升高的不利影响将加剧。

牛津经济研究院基准排放预测是假设到2050年全球平均气温将比工业化前的水平高1.9℃。结果表明，2050年全球GDP将比反事实情景中低约2%，在这种反事实情景里，气温变化保持在当前的水平。各地区受到的经济影响，是按照牛津经济研究院采用的凹函数评估气温演变进行分布。虽然牛津经济研究院的方法获取了与平均气温相关的通道，但这些估算不确定性极大，也不完整；例如，这种方法未明确纳入人口迁移或沿海大规模洪水造成的影响。

能源系统脱碳行动的减排成本也存在不确定性，不同外部评估结果存在显著差异。但是，大多数评估结果表明，前期成本随减排措施的紧迫程度而上升。因此，“净零情景”里的前期成本可能高于“当前路径情景”的前期成本。

IPCC估计（《第六次评估报告》——第三工作组），将全球升温幅度限制在2℃（概率>67%）的减排成本会导致2050年全球GDP相对于参考情景损失1.3-2.7%。在将升温幅度限制在1.5℃（概率大于50%）且无超调或超调有限的路径中，成本占全球GDP的2.6-4.2%。这些估

算并未考虑避免气候变化影响所带来的经济效益。

鉴于评估气候变化与减排的经济影响存在极大不确定性，且我们的情景均不同程度计入了这两项成本。因此，在本期《展望》中，采用的GDP数据是以说明性的假设为依据，即在2050年，这两种情景都将使GDP降低约2%，而在与之相对应的反事实情景里，气温将维持在近年的平均水平。

参考文献:

Burke, M.、Hsiang, S.和Miguel,E.“气温对全球经济生产力的非线性影响”。《自然》第527期第235至239页（2015年）https://www.nature.com/articles/nature15725

以GDP损失表示全球减排总成本估算值，摘自IPCC《第六次评估报告》——第三工作组 https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/

投资方法

石油和天然气上游

石油天然气投资水平是通过每种情景假设的产量进行推算的。石油天然气上游资本支出包括油气井资本支出（与油气井建设、完井、油气井模拟、钢材成本和材料相关的成本）、设施资本支出（开发、安装、维护和改装地面设施与基础设施的成本）以及勘探资本支出（发现和证明存在碳氢化合物的成本），但不包括运营成本和中游资本支出，例如天然气液化产能开发的相关资本支出。

资产层面的生产数据按地理位置、供应细分领域（陆上、海上、页岩和油砂）、供应品类（原油、凝析油、天然气凝析液、天然气）和开发阶段进行汇总的，即按照资产当前属于正在生产、正在开发还是未生产和未经审批来归类。由于正在生产和已获批的资产产出下降，导致需通过加密钻井和开发新的未经审批的资产来提升产量，以此来满足石油天然气需求。实现这一产量增长所需的投资，随后将计入与正在生产且已获批项目的维护相关资本成本中。2023年至2050年期间，对于目前正在生产和正在开发的资产，包括任何加密钻井和已钻但尚未生产的油井，石油的资产年均下降率约为3%，天然气的资产年均下降率约为2%，但针对不同细分领域和不同品类的碳氢化合物又有极大差异。所有评估值均摘自Rystad Energy公司的资产评估结果。

风能和太阳能

本分析只关注与布局风能和太阳能发电技术相关的资本支出，同时考虑了特定地区的成本动态和布局情况。本评估不包括与将可再生能源纳入电力系统相关的额外成本，包括终端用途资产、电网增强和灵活性要求的相关成本。

碳排放的定义与数据来源

若无其他说明，碳排放均指：

- 能源使用产生的二氧化碳排放（即工业、交通运输与建筑三大终端用途行业中的能源生产与使用）。
- 大多数非能源相关工业生产过程产生的二氧化碳排放。
- 天然气放空燃烧产生的二氧化碳排放。
- 化石能源生产、运输与分销所产生的甲烷排放，以及传统生物能源的不完全燃烧产生的甲烷排放，以二氧化碳当量表示。

工业生产过程产生的二氧化碳排放，仅指水泥生产中的非能源排放。用于氨以及甲醇生产的氢能原料所产生的二氧化碳排放，则计入氢能行业的排放。

天然气放空燃烧的历史数据也源自VIIRS夜光数据（VIIRS Nightfire，简称“VNF”），由科罗拉多矿业学院佩恩公共政策研究所地球观测组编制。每种情景下对天然气放空燃烧进行描述时，均假设放空燃烧量与井口上游产量呈正比。

对于化石能源生产、运输和分销产生的甲烷排放，以及传统生物能源不完全燃烧产生的甲烷排放，其历史数据源自国际能源署（IEA）对温室气体排放的评估数据。每种情景中假设的预期甲烷排放则以化石能源产量为依据，同时考虑“全球甲烷承诺”等政策举措。甲烷排放的净波动则表示为化石能源未来产量、传统生物质能消费与甲烷强度变化的总和。

目前对甲烷排放及其促使全球变暖的潜在影响做出的评估均存在极大不确定性。各情景采用了IPCC《第五次评估报告》所建议的百年全球变暖潜势值（GWP）28，作为甲烷与二氧化碳当量之间的换算系数。

参考文献

Andrew, R.M., 2019年。“1928年至2018年期间全球水泥生产的二氧化碳排放量”。《地球系统科学数据》第11期，第1675页至1710页，（数据集于2021年7月更新）。

IPCC 2006，2006年《IPCC国家温室气体清单指南》，由国家温室气体清单方案、Eggleston H.S.、Buendia L.、Miwa K.、Ngara T.和Tanabe K.（编辑人员）编制。

由科罗拉多矿业学院佩恩公共政策研究所地球观测组编制的VIIRS夜光数据（VNF）

国际能源署（2024年），《全球甲烷追踪报告》，国际能源署，巴黎。

Myhre, G.、D. Shindell、F.-M. Bréon、W. Collins、J. Fuglestvedt、J. Huang、D.Koch、J. F. Lamarque、D. Lee、B. Mendoza、T. Nakajima、A. Robock、G. Stephens、T. Takemura和H. Zhang，2013年：人为和自然辐射强迫。见《气候变化2013：自然科学基础》 第一工作组对编写政府间气候变化专门委员会《第五次评估报告》的贡献 [Stocker, T.F.、D. Qin、G. K. Plattner、M. Tignor、S.K. Allen、J. Boschung、A. Nauels、Y. Xia、V.Bex 和P.M. Midgley（编辑人员）编制]。剑桥大学出版社，英国剑桥和美国纽约。

其他数据的定义与来源

数据

若无其他说明，数据定义均以能源研究所《世界能源统计年鉴》为依据。所有对比数据，已重新设定基准，以便与《统计年鉴》保持一致。

若无其他说明，一次能源均指能够进行市场交易的燃料和传统生物质能。本期《展望》中一次能源数据来自以下两种方式：

- 直接当量法：将非可燃来源的二次能源（如电能和热能）直接等同于用于生产它的一次能源，从而简化了一次能源的核算。

在以前的《能源展望》中，使用的一次能源核算方法是替代法。替代法报告来自非化石能源的一次能源，如同其被化石能源所替代。然而，随着能源系统的脱碳化，这种方法带来的启示作用可能不大。

对于那些有意改用一次能源替代法的人来说，下表显示了前几期《能源展望》中化石能源的热效率假设：

化石能源的假定热效率

年份	系数	年份	系数	年份	系数	年份	系数
1965	36%	1990	36%	2015	40%	2040	44%
1970	36%	1995	36%	2020	41%	2045	44%
1975	36%	2000	36%	2025	41%	2050	45%
1980	36%	2005	37%	2030	42%		
1985	36%	2010	38%	2035	43%		

GDP以2015年价格的实际购买力平价（PPP）表示。

行业

运输业用能包括用于重型公路运输、轻型公路运输、海运、铁路运输和航空运输的能源。轻型车辆包括车辆总重3.5吨以下的四轮车辆。电动汽车包括所有可插入式充电的四轮交通工具。工业用能包括用于商品和产品制造、建筑、采矿的能源、能源行业用能（包括管道运输）、农业、林业、渔业用能，以及除电力、热能与氢能生产外的转换过程所使用的能源。原料用能包括那些用于生产石化产品、润滑剂和沥青等非燃烧型燃料的用能。建筑用能包括用于住宅和商业建筑的能源。

地区

“发达经济体”大致包括美国、加拿大、欧洲以及亚洲的发达地区。“新兴经济体”指“发达经济体”以外的所有国家和地区。在预测情景里，中国指中国大陆地区。亚洲发达地区包括亚洲的经合组织成员国以及其他高收入亚洲国家和地区。亚洲新兴地区包括除中国大陆、印度和亚洲发达地区以外的所有亚洲国家与地区。

燃料、能源载体、碳和材料

若无其他说明，石油指原油（包括页岩油和油砂）、天然气凝析液（NGLs）、天然气制油（GTLs）、煤制油（CTLs）、凝析油和炼油产品。氢基燃料指所有源自低碳氢的燃料，包括氨燃料、甲醇和其他合成碳氢化合物。

若无其他说明，可再生能源包括风能、太阳能、地热能、生物质能、生物甲烷与生物燃料，不包括大型水电。非化石能源包括可再生能源、核能与水电。传统生物质能指与基础技术结合使用的固体生物质能（通常不可交易），例如用于烹饪的生物质能。

生物燃料是用生物基固体或气体原料制成的液体燃料。它们包括1)生物汽油（乙醇）、2)生物柴油和3)生物喷气燃料（ASTM认证的喷气燃料）。它们大多通过与相关成品油等价产品混合进入市场，但也包括可直接使用的生物基液体添加燃料，如可再生柴油和生物甲醇。

沼气是通过成熟的技术（厌氧消化）产生的，直接用于供热和发电，或升级为生物甲烷用于运输、公用事业和其他应用场景。未升级为生物甲烷的沼气归入现代固体生物质能。

氢能需求包括交通运输、工业、建筑、电力以及热力行业直接的氢能消费，以及氢基燃料生产所需的原料和传统炼油与石化原料的需求。低碳氢包括绿氢，以及生物质能结合碳捕集、利用与封存技术（CCUS）制氢，天然气结合CCUS制氢和煤炭结合CCUS制氢。《展望》中与CCUS相结合的二氧化碳捕集率为90-98%。

关键数据来源

能源研究所，《2023年世界能源统计年鉴》，英国伦敦，2023年6月。

国际能源署，《世界能源平衡》，2023年7月。

牛津经济研究院，全球经济数据库，2024年1月。

联合国经济和社会事务部人口司（2022年）。《2022年世界人口展望》，在线版。

免责声明

本出版物包含某些前瞻性表述，即与未来而非过去事件和情况相关。此类表述一般（但不完全）通过“即将”、“预计”、“有望”、“旨在”、“应该”、“可以”、“目标”、“可能”、“打算”、“相信”、“预期”、“计划”、“我们认为”或类似表达用语予以认定。其中，以下内容尤其具有前瞻性：全球能源转型；发展中世界和新兴经济体日益繁荣，生活水平日益提升；循环经济发展壮大；城镇化、工业化与生产率不断提升；能源需求；消费和准入；新冠疫情的影响；全球能源结构，包括构成及其随时间推移和在不同路径或情景下的变化；全球能源体系，包括不同的路径和情景下的重组方式；社会偏好；全球经济增长，包括气候变化对其的影响；人口增长；对客运和商业运输的需求；能源市场；能效；政策措施及其对可再生能源和其他低碳替代品提供的支持；能源供应和生产来源；技术开发；贸易纠纷；制裁和其他可能影响能源安全的问题；碳排放加剧。

就本质而言，因前瞻性表述与世界发生的各大事件相关，并受到未来将要发生或可能发生且非bp所能控制的情况影响，故具有一定风险和不确定性。实际结果在各种因素的作用下可能与此类表述的结果存在重大差异。这些因素包括：讨论部分所指的特定因素；产品供应、需求和定价；政治稳定性；整体经济状况；人口结构变化；法律和监管动态；新技术的可用性；自然灾害和恶劣天气条件；战争和恐怖主义行动或破坏活动；公共健康卫生情况，包括传染病和大规模流行病的影响；以及本出版物所讨论的其他因素。bp不承担因更新本、修订或补充本出版物或纠正任何明显错误所产生的任何责任。对本出版物所含信息的准确性、完整性或有效性不作任何保证或陈述。bp公司或其任何附属企业（包括其管理人员、员工和第三方机构商）均不对因依赖本出版物中的任何信息或根据这些信息采取的行动而造成的任何损失或损害承担任何责任。

《bp世界能源展望》2024年版中文版文字是根据英文版进行翻译。若有疑问，请以英文原文为准。

© BP p.l.c. 2024

bp Energy Economics