

技术补充

使用情景分析披露气候 相关风险和机遇

声明:

中译版基于发布于 2017 年 6 月的 “The Use of Scenario Analysis in Disclosure of Climate-Related Risks and Opportunities Technical Supplement”。中国工商银行气候风险工作组组织翻译。

中译版仅供参考。如出现与英文版不一致，以英文版为准。

Disclaimer:

The Chinese version is based on "The Use of Scenario Analysis in Disclosure of Climate-Related Risks and Opportunities Technical Supplement" published in June, 2017. Industrial and Commercial Bank of China (ICBC) Task Force of Climate Risk Management helped the translation.

The Chinese version is for reference only. Should there be any ambiguities, the English version shall be the standard.

目录

A	简介	1
B	情景分析	2
1.	情景分析为什么有用?	2
2.	什么是情景?	2
3.	各个机构是如何运用气候相关情景分析的?	3
C	制定并应用情景分析	4
1.	将气候变化融入情景分析的考虑因素	4
2.	情景分析中的分析选项	8
3.	工具与数据	10
4.	挑战与益处	10
附录 1: 国际能源署和政府间气候变化专门委员会的气候情景		12
1.	转型情景	15
a.	国际能源署转型情景	15
b.	2°C 转型情景	16
c.	国家自主贡献及 2°C 情景的重要意义	19
d.	对比相关参数及路标	19
e.	转型情景的结论	27
2.	物理情景	27
a.	公开的物理情景	27
b.	对比相关路标	29
c.	物理风险评估工具及资源的类型	32
附录 2: 术语表		34
附录 3: 引用参考资料		36
附录 4: 更多参考资料		38

在本补充编写过程中，ERM 咨询公司 (www.erm.com) 的 Charles Allison、James Stacey、Lee Solsbery 和 Adam Peirce 提供了大量研究、工作及协助，工作组谨此深致谢意。

A 简介

许多机构可能会在中长期内遭遇气候变化最重大的影响，尽管发生的准确时间和规模是不确定的。这种不确定性给各个机构在理解气候变化对其业务、战略和财务业绩的潜在影响时带来了挑战。为了将气候变化的潜在影响适当地纳入其规划流程，机构应考虑气候相关风险与机遇的演变，及其在不同条件下对业务的潜在影响。情景分析是评估该影响的方法之一。

情景分析是一种根据未来可能出现的不同状态制定灵活、完善战略计划的成熟方法。然而，使用情景分析来评估气候相关风险和机遇的潜在业务影响，则相对较新。气候相关风险的前瞻性评估十分重要，因此，工作组认为，相关机构可利用情景分析这个实用且重要的工具理解气候相关风险及机遇的战略影响，并让利益相关方了解该机构如何依据此类风险及机遇进行定位。同时，还可以向投资人、贷款人及保险承保人提供有用的前瞻性信息。

为协助各个机构运用气候相关情景分析来支持其按照气候相关财务信息披露工作组的建议落实相关信息披露，本技术补充陈述并探讨了以下事项：

- 运用情景分析
- 应用情景分析的考虑因素
- 情景分析涉及的分析选项
- 气候相关情景的类型
- 国际能源署（IEA）、政府间气候变化专门委员会（IPCC）及其他机构提供的公开可

用的气候相关情景，可为公司、行业或部门的各种情景提供信息及基础。

本技术补充各章节安排如下：**B** 节阐述了为什么情景分析有用，情景的定义，以及被选中的公司如何使用情景。**C** 节则探讨了下述内容：情景分析的应用；各机构在实施情景分析时应考虑的主要参数、假设及分析选项；主要的益处及挑战。[附录 1](#) 十分详尽地探讨了国际能源署与政府间气候变化专门委员会的情景，这些情景可以作为开发特定机构情景时的起点。关键术语表请参见[附录 2](#)。[附录 3](#) 列示了本补充所引用的资料来源。如需其他更多有用的参考资料，可参阅[附录 4](#)。

当前，对气候相关风险及机遇进行情景分析还十分有限，并且，实施严格的气候相关情景分析流程还面临诸多挑战；重要的是，各机构应开始使用情景分析并发展支持能力，同时期望他们的能力随着时间的推移而得到提升。

A
简介

B
情景分
析

C
制定并
应用情
景分析

附录

B 情景分析

1. 情景分析为什么有用？

情景分析的宗旨是考虑并深入理解公司在不同的未来状况下（例如韧性/稳健性）可能的表现。¹ 面临气候风险时，机构可以利用气候相关情景发现并了解气候变化的物理及转型风险与机遇是如何随着时间的推移对业务产生合理影响的。因此，情景分析通过在一组给定的假设和约束条件下考虑未来各种可能状态（情景），进而对一系列假设结果进行评估。

情景分析的一个重要方面是选取一组包涵未来各种有利及不利合理结果的情景。虽然情景的数量浩如烟海，但机构可以运用有限数量的情景来满足需求的多样性。工作组针对这一点的建议是，各个机构至少应运用 2 摄氏度（2°C）情景，并考虑运用与该机构环境相关度最高的其他情景，比如，国家自主贡献（NDCs）相关情景、政策延续（大于 2°C）情景、物理气候风险情景或其他具挑战性的情景。^{2,3}

2. 什么是情景？

情景描述了一种导致特定结果的发展路径。情景并非是对未来进行完整描述，而是突出未来可能的关键元素，并引起人们对可能推动今后发展的关键因素的关注。情景是假设的架构，记住这一点很重要；它们既不是预报或预测，也不是敏感性分析。⁴

情景分析是一种用于增强批判性战略思维的工具，而情景的主要特征是需要挑战关于未来的传统观念。在充满不确定性的世界中，情景的目的是发掘可能明显改变“政策延续”假设基础的替代方案。

各种情景应具有下述特点：⁵

1. **合理性。** 情景中的事件应有发生的可能性，对情景的描述应具有可信度（即，在描述所发生事件及其原因和方式时，应是可信的）。

2. **独特性。** 每种情景都应关注一种不同的关键驱动因素组合。各种情景应在结构及理念上明确区分开来，而不是针对单一主题上的差异化。为了解相同关键驱动因素的不同排列变化和/或随时间发展是怎样产生截然不同的结果，应运用多重情景。

3. **一致性。** 每个情景都应有强大的内部逻辑。情景分析旨在探究各种驱动因素之间相互作用的方式，并且，每次动作都应有反应。行动者及外部驱动因素都不得彻底推翻支持目前趋势及状况的证据，除非情景的核心部分是对此类变化的逻辑解释。

¹ 在此背景下，韧性/稳健度系指机构的业务或投资战略应对商业环境中可能影响其绩效的混乱情况或适应这些变化及其不确定性的能力，并能在大部分情景及状况下持续有效。

² 2°C 情景设定了一条路径和排放轨迹，该路径和排放轨迹与可能将全球平均升温限制在高于工业化以前水平 2°C 左右的温度范围内的要求一致。

³ 国家自主贡献是《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）下用于温室气体（GHG）减排的术语，所有签署《巴黎协定》的国家都须达成该目标。在通过协定之前，国家自主贡献被称为国家自主贡献预案（INDC）；“预案”一词在批准之后去掉。附录 1 载有国家自主贡献情景的讨论。

⁴ 情景分析与敏感性分析、预测或风险价值（VaR）等技术有所不同。敏感性分析是为了确定具体变量的结果，按照替代假设重新计算结果的过程。预测建立在以往数据、当前数据，以及趋势分析的基础上。通常情况下，其形式是预测未来可能性最高的单一趋势。风险价值（VaR）评估在特定时间期限内按特定概率投资组合可能遭受财务损失的规模。标准财务风险价值（VaR）的时间跨度较短，而气候风险价值（VaR）则需要较长的时间范围（很多年）。

⁵ J.N. Maack, 《情景分析：任务管理器工具》，社会分析：选定工具与技术，“社会发展论文”，第 36 期，世界银行，2001 年 6 月，华盛顿特区。

4. **相关性。**每个情景以及作为一个整体的情景组合都应有助于获得对未来的独特见解，这些见解涉及与气候相关的风险和机遇带来的战略和/或财务影响。

5. **挑战性。**情景应对传统观念以及对未来过于简化的假设发出挑战。针对不确定性的主要源头，各种情景应尽力发掘能明显改变政策延续假设基础的替代方案。

工作组认为，所有机构应运用多种情景，以阐明未来可能面对的气候相关转型和物理风险及机遇。各个机构在确定效果最佳的情景时，建议其利用当前公开可用的情景及模型，或者开发其自身内部的情景。⁶ 采取何种方法将取决于机构的需求、资源及能力。考虑到国际气候变化承诺已达成一致，工作组认为，所有机构在已采用的诸多情景中，应该重点融入与升温控制在 2°C 以内目标一致的情景。

3. 各个机构是如何运用气候相关情景分析的？

众多机构利用情景分析为其战略思考及战略制定提供信息。荷兰皇家壳牌石油公司⁷首先创建了商业环境中的情景分析，自 20 世纪 70 年代初以来，该公司一直将情景分析作为其制定和评价战略方案流程的一部分。从此，其他许多公司也采取情景分析并获益良多。

但是，各家公司在气候相关事项中应用情景分析，相对而言还是一种新鲜事物。非金融公司（比如必和必拓、挪威国家石油公司、康菲公司、嘉能可）运用情景分析来评价气候变化影响其业务的方式及程度。⁸ 例如，康菲公司利用情景分析得以知晓与各种温室气体减排情景相关的风险范围并验证其现有投资组合及投资机会，以及评价可能存在的薄弱环节，从而协助确定资产配置排序。⁹

同时，金融机构也采用情景分析来验证其投资组合对包括气候变化在内的各种问题的韧性。例如，养老基金（加州教师退休基金 CalSTRS、纽约州公共养老金 NYSCRF 以及环境署养老基金 EAPF 等）和资产管理公司（比如荷兰养老基金 PGGM）均对其投资风险实施了情景分析。最近，中国工商银行（ICBC）在评估环境驱动因素对其贷款信用风险的影响时，也运用了情景分析——压力测试方法。[附录 3](#) 和 [附录 4](#) 附有这些内容和其他示例的链接¹⁰。

⁶ [附录 1](#) 探讨了公开可用的不同情景。

⁷ Paul J.H. Shoemaker 与 Cornelius A.J.M. van der Heijden, 《荷兰皇家壳牌公司将情景融入战略规划》,《规划评论》第 20 卷第 3 期,第 41-46 页。1992 年。

⁸ 《气候变化：投资组合分析》必和必拓, 2015 年;《巴黎协定后观点》必和必拓, 2016 年;《世界能源展望 2016——长期宏观和市场展望》,挪威国家石油公司;《资本配置流程情景》康菲石油公司;《商业中的气候变化考虑因素》。嘉能可, 2016 年。

⁹ 《资本配置流程情景》,康菲石油公司。

¹⁰ 《环境因素对商业银行信用风险的影响》,中国工商银行。

C 制定并应用情景分析

如果机构刚刚开始使用情景分析，为帮助管理层发现气候变化对机构影响的可能范围，可选择定性情景叙事或故事线作为出发点。¹¹当机构从定性情景分析获取相关经验后，在进行发展路径的情景及相关分析时，就可以利用定量信息来阐明可能的路径及其结果。如果机构已掌握情景分析的一定经验，在使用数据集、定量模型及分析时应使用更加严格和复杂的方法。各个机构可利用公开的外部情景及模型（例如，来自第三方提供商的情景及模型），或发展自身内部的建模能力来实现量化方法。采取何种方法将取决于机构的需求、资源及能力。如果机构可能受到气候相关转型风险和/或物理风险的显著影响，则应考虑在某种程度上使用量化情景分析。

机构应将情景分析融入其战略规划和/或企业风险管理的流程，方法如下：

- 识别并确定包括 2°C 情景在内的，针对未来潜在气候状态能够提供合理多样性的一系列情景；
- 评估其战略规划对众多情景的潜在韧性；以及
- 利用上述评估结果，确定可选方案，通过调整战略及财务规划提升机构在应对合理气候相关风险与机遇方面的战略及业务韧性。

随着时间推移，机构可通过记录以下内容不断提升信息披露水平：

- 管理层对其气候变化战略规划韧性的评估；
- 用于告知管理层评估的情景范围，包括关键输入、假设条件、分析方法及输出结果（涵盖可能的业务影响及管理层的应对举措）；以及
- 结果对主要假设条件的敏感度。

1. 将气候变化融入情景分析的考虑因素

认识到情景分析的好处以及将实施成本最小化的需求，机构在首次实施情景分析时，可考虑以简洁稳健的流程为起点，在情景中融入气候相关的考虑因素。

首先，机构可能想要了解国际能源署与政府间气候变化专门委员会开发的相关情景。¹²长期以来，科学家与政策分析人士运用上述两个组织开发的各种情景，评估未来应对气候变化的脆弱性。制定此类情景需要对以下因素进行评估：未来人口规模、经济活动、治理架构、社会价值以及技术革新模式；进而可将此类情景作为“元情景”，为开发特定公司或部门的相关情景提供整体背景及一系列宏观趋势。有关国际能源署与政府间气候变化专门委员会情景更深入的探讨，请参阅附录 1。

其次，机构应理解其可能面对的气候相关风险与机遇的性质。每个机构面临的气候相关风险与机遇都是各不相同的组合。气候变化对机构业务的影响可能因机构所在行业及经济部门/子行业的不同而大相径庭。同时，业务影响也可能因下述情形而不同：

- 机构价值链所处的地理位置（上游及下游）；

¹¹ Rounsevell、Mark D 和 Marc J. Metzger（2010）。为环境变化评估开发的定性情景情节。WIRE 气候变化，1：606-619。

¹² 此类情景大体上可划分为两类：(1) 阐明能源和经济系统中可能导致一定水平或轨迹的温室气体排放和大气中由此产生温室气体浓度的不同路径的情景（转型情景），以及(2) 阐明由不同水平的温室气体浓度引起物理变化的不同的情景(物理风险情景)。

- 机构的资产及运营性质；
- 机构供需市场的结果及动态关系；
- 机构的客户；以及
- 机构的其他主要利益相关方。

对投资人来说，依据其考虑的资产性质，情景分析可能会采取不同的方式。例如，部分投资人可能制定他们认为最优的和/或最可能的能源转型路径，并使用这些路径来衡量个别潜在的投资，并促进参与业务。其他投资人还可能考虑气候相关情景是怎样与具体部门、领域或资产类别的未来绩效相关联的。通过结果可知，部分投资组合应当受益于某个具体情景，而其他投资组合可能遭遇价值损失。该类结果并非是决定性的，但是，在确定风险管理活动的优先事项以及考虑其他配置时，可将其作为有用的补充要素。

诸多机构已通过高质量的定性水平披露了对气候相关风险及机遇的见解。工作组 [最终报告](#) 简述了用于报告气候相关信息的一些框架，其中许多都涵盖了风险与机遇相关的信息披露。该类信息为情景分析及深入的信息披露提供了出发点。

气候相关风险与机遇的典型类别总结如 [图 1](#) 所示，机构在应用情景分析时应予以考虑。[图 2](#)（第 7 页）列示了应用气候相关情景分析（反映此类气候相关的风险与机遇）的参考流程。

图 1

气候相关风险及机遇的典型类别

市场及技术转变

带来低碳经济的政策及投资。

- 高碳产品/商品的市场需求降低
- 节能低碳产品及服务的市场需求增加
- 打破市场的新技术

声誉

利益相关方（包括投资人、贷款人及客户）日益提高对负责任行为的期望。

- 提高声誉及品牌价值的机遇
- 对管理层丧失信心的风险

政策和法律

国际、国家以及州级不断变化的要求。

- 提升高碳业务的投入成本/运营成本
- 获取高碳业务经营许可证的困难
- 对债务新增的担忧

物理风险

长期变化及愈加频繁的极端气候。

- 在整个运营及供应链中业务中断及其损害加剧，对投入成本、收入、资产价值及保险理赔造成不利后果。

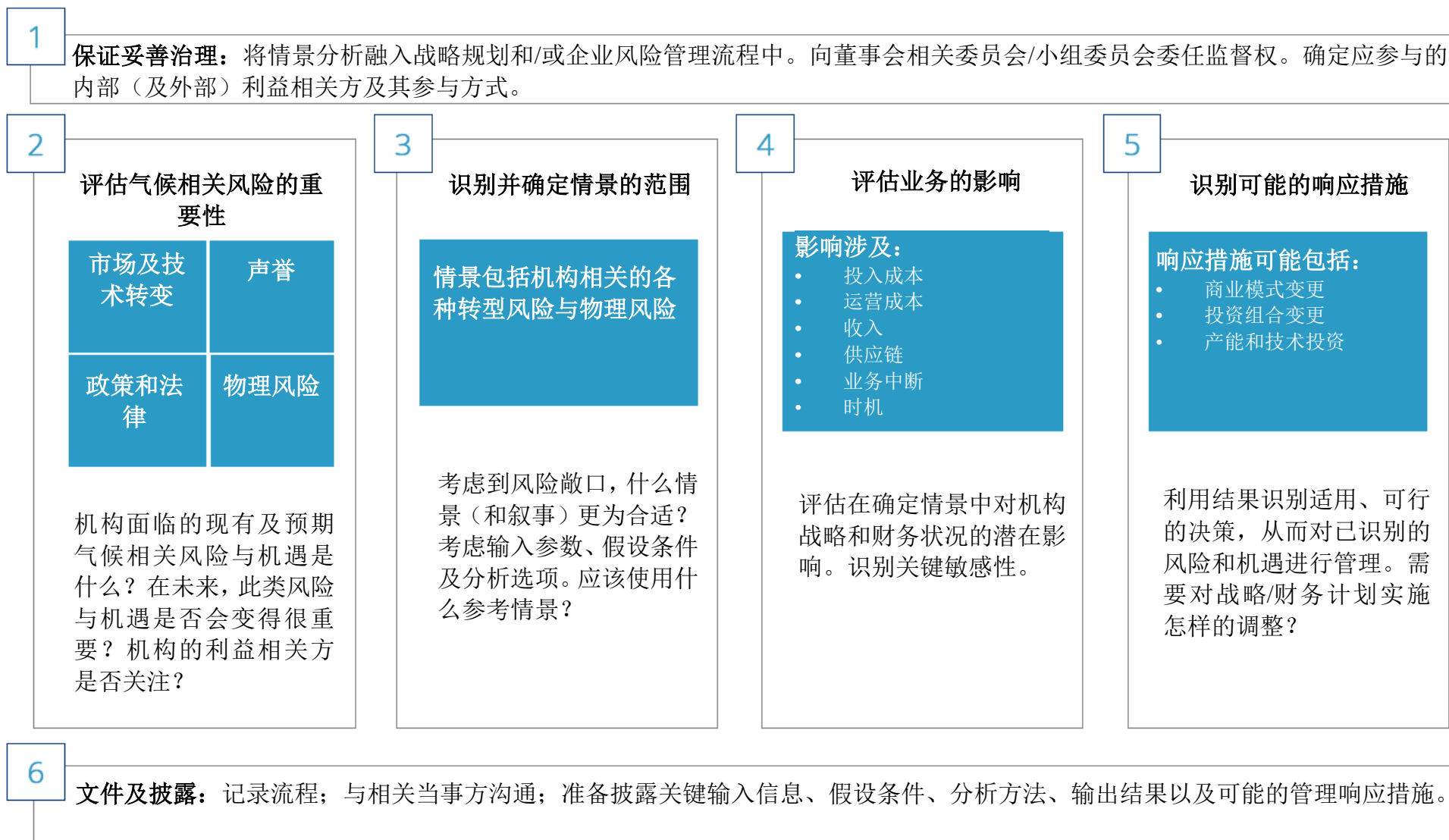
资料来源：

碳信息披露项目，“气候变化问卷调查”，2017年。

气候相关财务信息披露工作组，《最终报告：气候相关财务信息披露工作组建议》，2017年6月。

图 2

在气候相关风险与机遇中应用情景分析的流程



2. 情景分析中的分析选项

机构在创建情景及实施情景分析时，会面对一系列选项与考虑因素。这些将影响到情景分析的应用是否前后一致，分析及披露信息是否可比，以及是否高效地运用流程。

三大主要考虑因素如下：

- **所用参数**（例如，贴现率、国内生产总值、其他宏观经济变量、人口统计变量）
- **拟定假设**（例如，政策变化假设、技术开发/利用假设、能源构成假设、主要商品或投入价格假设、转型影响及物理影响的地理适应假设、以及潜在影响的时机假设）
- **分析选项**（例如，选择情景、时间范围、支持数据及模型）

全部情景（包括气候相关情景）涵盖了各种主要参数及假设，它们确定了随情景时间框架不断变化的关键驱动因素及发展路径。首先，机构应努力识别并理解推动其经营绩效的主要因素，然后力图将此类因素融入其情景中。图 3（第 9 页）概括了可能会显著影响机构经营绩效的若干气候变化参数。投资人和其他利益相关方在剖析机构关于情景分析的信息披露时，可将图 3（第 9 页）作为指导。

所有机构应仔细考虑以下事项：情景分析期间确定的关键参数、假设条件及其他分析选项、已识别的可能影响或效果，以及管理层如何考虑此类结果。机构应考虑酌情披露该信息。所有机构尤其应积极披露以下信息：选定适用情景的方法，每种情景关于特定路径可能如何发展的基本假设（例如，研发并利用关键技术、政策的发展及其时机、与气候政策相关的地缘政治环境）。这些信息对机构的披露和讨论十分重要，包括各种对碳价格、投入价格、消费者偏好等关键参数变化假设的敏感度，这样投资人及其他利益相关方可以对情景流程了然于心——不仅限于每个情景所描述的结果，还包括机构所设想的导致该结果的路径（即此类结果产生的方式及原因）。

在关键参数、假设条件及分析选项方面提升透明度有助于对单个机构以至全部机构所采用的不同情景之间的结果进行比较。这样一来，分析人士及投资人可以评估各机构战略在一系列合理影响下的稳健性，并进而达成更加完善的风险及资本配置决策。

适用于情景分析的变量及分析方法数量众多，因此，有一系列情景可以用来描述各种结果。鉴于此，在所有机构之间直接进行对比可能是一个非常现实的挑战。这就强调了增强上述三类考虑因素透明度的重要性。提高信息披露及透明度是提升可比性的重要方式，因此，所有机构应考虑尽量披露此类因素，并努力持续提升披露水平。

图 3

关键考虑因素：参数、假设条件、分析选项及相关影响

参数/假设	分析选项	业务影响/结果
<p>贴现率——机构在贴现未来价值时使用什么贴现率？</p>	<p>情景——机构分析转型影响时使用了何种情景？机构评估核心/基准情形及敏感度分析的物理影响时，使用了何种来源？</p>	<p>收益——机构针对收益影响（如息税折旧及摊销前利润、息税折旧及摊销前利润率、息税折旧及摊销前利润贡献、股息）得出了什么结论？机构说明该影响的方式是什么？</p>
<p>碳价格——对碳价格随时间变化的方式（在税金和/或排放交易框架内）及实施的地理范围采取了什么假设？碳价格是否只用作边际成本或作为基本成本？</p>	<p>定量与定性或“定向”——情景演练全部是定量的？还是结合使用定量和定性？</p>	<p>成本——机构对其运营/生产成本及其发展的影响得出了何种结论？</p>
<p>碳价格是否适用于特定经济部门或整体经济、以及适用于哪些领域？是否使用共同的碳价格（在多个时间节点？），或者采用差异化价格？是否通过税收或交易计划假设了二氧化碳价格的范围及形式？</p>	<p>时机——机构如何依据情景考虑影响的时机？</p>	<p>收入——机构针对主要商品/产品/服务的收入及其进展的影响得出了何种结论？</p>
<p>能源需求与构成——不同的能源例如，煤/石油/天然气/核能/可再生能源（子类别）会产生怎样的能源总需求与能源构成？在供给/终端用户效率得以改善的假设下，该结果会如何不断发展？每种来源类别的能源转换效率及终端用户效率采用了什么因素？</p>	<p>例如，是否从 2020 年以十年为单位进行考虑，即 2030 年、2040 年、2050 年</p>	<p>资产——不同情景对资产价值的影响是什么？</p>
<p>主要商品/产品的价格——根据投入参数/假设，机构就主要投入、能源（例如：煤、石油、天然气、电能）的市场价格走势得出了什么结论？</p>	<p>适用范围——将分析应用于全部价值链（投入、运营及市场）？或者，只是分析特定业务部门/运营的直接影响？</p>	<p>资金配置/投资——对资本支出及其他投资有何种影响？</p>
<p>宏观经济变量——使用了何种国内生产总值比率、就业率，以及其他经济变量？</p>	<p>气候模型/数据集——哪种气候模型及数据集为气候相关风险评估提供了支持？</p>	<p>时机——一段时间内（例如，5 年/10 年/20 年），机构对成本、收入及收益发展得出了何种结论？</p>
<p>人口统计变量——针对人口增长和/或人口迁徙进行了何种假设？</p>	<p>物理风险——使用何种特定风险及严重性来评估物理风险（例如，气温、降水、洪水、风暴潮、海平面升高、飓风、水资源可获得性/旱灾、山体滑坡、森林大火等）？机构评估投资组合（例如，大型资产、敏感性资产）物理影响的程度如何？机构将物理风险融入投资筛选及未来业务战略的程度如何？</p>	<p>响应措施——机构提供了何种关于潜在影响的信息（例如，资本支出计划的预计变更、通过收购及撤资改变投资组合、资产报废、开拓新市场、开发新能力等）？</p>
<p>效率——效率提升/清洁能源转型/物理变化的积极因素融入情景及业务计划的程度如何？</p>	<p>机构考虑对整体价值链中的价格及可用性影响（包括来自供应商、发货人、基础设施及获取客户的连锁影响）的程度如何？</p>	<p>因物理影响造成业务中断——机构针对物理影响（该等影响包括对机构自身资产的直接影响以及对供应链/产品移交中断的间接影响）造成的潜在业务中断/生产效率损失得出了何种结论？</p>
<p>转型影响的地理定制——对于不同地区、国家、资产位置及市场的投入参数可能存在的差异，机构进行了何种假设？</p>		
<p>技术——机构是否对各种主要供应和需求方面的技术的性能/成本的开发及最终应用水平进行了假设？上述技术包括太阳能光伏/聚光太阳能发电、风能、能量储存、生物燃料、碳捕获与封存/碳捕获、利用与封存、核能、非常规天然气、电动汽车、以及包括行业与基础设施在内的其他主要部门的增效技术。</p>		
<p>政策——对于不同政策信号的强度及其发展，机构进行了何种假设？（例如，全国碳排放总体目标；主要部门的能源效率或技术标准及相关政策；化石燃料的补贴；对可再生能源和碳捕获与封存/碳捕获、利用与封存的补贴或支持）。</p>		
<p>气候敏感度假设——是否对因 CO₂ 增加的温升进行了假设？</p>		

3. 工具与数据

机构可以利用现有的若干工具开始运用情景分析评估气候变化的影响。本节简述了一些适用于各机构的选定工具。附录 4 载有工具与数据源的全面列表。

国际应用系统分析研究所（IIASA）和欧洲气候信息门户（CLIPC）是两个拥有各种工具及数据的门户网站。国际应用系统分析研究所提供了有关土地、能源、转型及水资源工具的在线数据库。¹³ 它提供的部分在线数据库涵盖了能源、温室气体排放缓释策略、与 2°C 情景一致及政府间气候变化专门委员会情景气候政策的情景数据库。

欧洲气候信息门户不仅为顾问、政策制定者、私营部门决策人员以及科学家等有直接关系的广大用户提供直接相关的气候信息，还为感兴趣的公众提供此等信息。¹⁴ 用户可以利用这个“一站式”平台获取气候变化及气候结果相关问题的解答。欧洲气候信息门户的信息包括卫星及现场观测、气候模型、再分析数据、以及能够评估气候变化影响指标的数据转换产品。此外，欧洲气候信息门户还提供了创建、对比、操控及组合各种指标的工具箱。

最后，还有若干特定主题或特定部门的工具，可以供不同行业使用：

- 为协助公司、投资人、政府及社区深入理解全球水资源风险状况及其缘由，世界资源研究所（WRI）创建了名为“水道（Aqueduct）”的工具/数据库（如需了解“水道”的更多信息，请参见附录 1 第 2.c 节）。

- 美国环境保护署（EPA）开发了名为“气候韧性评估与认知工具（CREAT）”的风险评估应用程序，旨在通过深入理解当前及未来的气候状况让公用设施适应极端天气事件。同时，美国环境保护署还通过“开创韧性水资源设施（CRWU）”倡议为供水公司提供工具及指引。该倡议为供水公司提供了可以提升气候变化韧性并理解长期适应方案的实用工具。

- 联合国环境规划署（UNEP）与哥本哈根能源效率中心的“工业能源效率改进的最佳实践及案例研究”。

- 联合国粮农组织提供的“气候变化对农业影响的建模系统（MOSAICC）”。

4. 挑战与益处

情景分析是针对一系列可信的未来状态制定更灵活和更强大的战略计划的一种成熟的方法。该方法特别有助于评估高度不确定的可能结果、具有中长期影响的结果和可能具有破坏性的结果。情景分析有助于更好地构建战略问题，评估可能需要的潜在管理行动的范围，更有效地参与战略对话，并确定监测外部环境的指标。重要的是，气候相关情景分析可以为投资者更有效地参与组织的战略和业务韧性提供基础。

然而，进行气候相关情景分析并非没有挑战。首先，已经开发的大多数情景用于潜在气候相关影响的全球和宏观评估，并且为决策者提供信息。这些气候相关情景并不总是提供理想的透明度、数据输出范围以及便于在商业或投资环境下使用的工具功能。例如：

- 大部分转型情景提供了结果例如未来给定环境下的能源构成等，但在多数情况下，并未提供特定部门或特定业务的结果。

¹³ 国际应用系统分析研究所是一家学术性国际机构，旨在研究 21 世纪全球环境、经济、科技及社会变革的主要问题。

¹⁴ 欧盟第七框架计划（FP7）为欧洲气候信息门户联盟提供资金，它将欧洲的主要机构汇集一堂，致力于开发并提供气候观测及建模以及结果分析的数据集。

■ 物理情景气候建模的结果是在政府间气候变化专门委员会框架内得出的，但是，当前绝大部分机构难以获取该结果。

第二，如果机构尝试在不同的司法管辖区域及地理位置评估各种能源与技术路径或碳排放限制条件，可能会面临数据可用性及数据颗粒度方面的挑战。

第三，运用气候相关情景分析来评估气候变化对业务的潜在影响还处于初级阶段。目前，一些全球大型公司与投资人将气候相关情景分析作为其战略规划及风险管理流程的一部分，但许多机构尚在探索尝试阶段。因此，为了推动情景分析的运用，非常关键的一点是跨机构分享情景分析的经验方法。为此，所有机构可采取以下举措来发挥重要作用：各机构加强相互之间的信息经验交流；协同合作开发工具、数据集及相关方法；集思广益制定标准。

应对这些挑战需要行业团体、非政府组织及政府机构发挥各自所长，或协同合作深入开展工作，从而：

- 在部门及地域层面进一步开发适用的 2°C（或更低）情景，并为气候相关情景的编制者及用户创建具体行业（金融与非金融）指引；
- 进一步开发并改善方法、数据集及相关工具，这样一来，在颗粒度要求更高的行业、地域及时间层面，所有机构就能高效地分析以情景为基础的转型风险及物理风险；
- 制定并优化以情景为基础的气候相关财务状况披露的良好实践，并敦促受气候变化影响最深的部门采纳该等实践；
- 为改善情景分析相关的信息披露，创建更加严格有力的标准；以及
- 为投资人深刻理解并妥善使用情景相关的信息披露编制相关指引。

附录 1：国际能源署和政府间气候变化专门委员会的气候情景¹⁵

预测影响气候的未来排放量及其他人为因素困难重重，因此，在预测未来的经济、社会、科技及环境状况时，科学家运用了若干带有各种假设的情景。这些情景能帮助科学家调研全球气候变化的潜在后果，帮助政策制定者评估缓释及适应选项。但是，在地方或产业部门方面，其评估气候变化对业务的影响往往存在局限性。尽管如此，全球气候相关情景对于各个实施情景分析的机构来说仍然具有背景及方法起点的重要意义。本附录载有国际科学界采用的部分通用全球气候相关情景。

科学家与政策分析师长期以来一直运用气候相关情景评估气候未来变化的脆弱性。制定此类情景时，应评估以下要素：未来人口规模、经济活动、治理架构、社会价值以及技术革新模式；同时，在分析及量化气候变化中该类驱动要素的影响时还经常使用经济与能源模型。

此类情景大体上可划分为两类：(1) 阐明不同政策结果（例如，温升程度）以及可能导致在一定概率上实现预期结果附近温度上升的能源和经济路径（转型情景），以及(2) 以一系列大气温室气体浓度开始并阐明可能产生的温度范围的情景。国际能源署情景倾向于按照第一类方法，而政府间气候变化专门委员会情景则着眼于第二类方法。

通常情况下，设定气候变暖上限的情景路径被称为“**转型情景**”。为了控制温室气体排放量，转型情景通常会对制定气候政策及采取“气候友好型”技术以限制温室气体排放量提出合理的假设。通常情况下，转型情景会在建模的基础上就能源供应及温室气体排放政策与技术与主要因素（比如，经济活动、能耗及国内生产总值）相互作用的方式得出结论。在短期、中期以及长期，该等情景均会对特定经济部门的机构造成实质性影响。此类情景能依据关键参数的不同变化速率（例如，技术开发及应用的速率；主要政策的变更及其时机等）反映出较快或较慢的转型。国际能源署以及其他机构创建了若干转型情景。

由气候变化引起物理影响模式可称为“**物理气候情景**”。通常情况下，物理气候情景展现了全球气候模型（亦称为“大气环流模型”）的结果，展示了地球气候因大气温室气体浓度变化的反应。基于“代表性浓度路径”（RCPs）的政府间气候变化专门委员会情景就是政府间气候变化专门委员会在第五次评估报告（AR5）中采用的物理气候变化情景的例子。¹⁶ 为了得出地方层面的潜在气候变化，进而用于创建气候变化影响的情景（一级影响为水灾或旱灾等，二级影响为农作物减产等，三级影响为饥荒等），经常将模型结果“降尺度”。¹⁷ 物理风险情景可帮助各个机构探究下述问题：

- 存在何种类型的物理后果？

¹⁵在本附录编写过程中，ERM 咨询公司的 Charles Allison、James Stacey、Lee Solsbery 和 Adam Peirce 提供了大量研究、工作及协助，工作组谨此深致谢意。

¹⁶ 代表性浓度路径（RCPs）系指各种强调其首要目的是依据时间提供大气温室气体浓度预测的路径，包括特定的长期浓度结果，以及达成该结果的轨迹。它们是几种不同的情景的代表，具有相似的辐射强迫及排放特征，其目的是加速综合情景的准备。政府间气候变化专门委员会现有的各种代表性浓度路径说明了 4 种未来可能的气候结果。依据温室气体未来的排放量，上述全部结果都可能出现——在代表性浓度路径 2.6（RCP2.6）假设下，2010 年至 2020 年期间，全球年度温室气体排放量（以二氧化碳当量计算）将达到峰值，排放量随后将大幅减少；按照代表性浓度路径 4.5（RCP4.5）假设，温室气体将在 2040 年前后达到排放峰值，然后降低；根据代表性浓度路径 6（RCP6）假设，温室气体将在 2080 年前后达到排放峰值，然后下降；而根据代表性浓度路径 8.5（RCP8.5）假设，在整个 21 世纪，温室气体排放量将持续增加（政府间气候变化专门委员会，《为分析排放、气候变化、影响和对策，迈向新情景》2007 年 9 月，政府间气候变化专门委员会专家会议报告）。

¹⁷ 例如，请参阅 Wilby, R.G. 等《按统计降尺度方法开发的气候情景使用指引》。

- 如果气候变化的物理后果日趋严重，应该采取何种措施？
- 该结果的时间、地点及主体是什么？程度如何？

部分机构可能更容易遭遇转型风险的影响（例如，化石燃料及能源密集型制造商），而其他机构受到物理气候风险影响的可能性更大（例如，倚重于农业或长期基础设施的机构）。但是，转型考虑因素与物理考虑因素在评估气候相关后果时是互为补充的，并且，这两种考虑因素都应了解气候变化的全面影响以及各机构对此类影响的韧性（参见图 A1 和图 A2，第 13 和 14 页）。

图 A2

例如，较低的转型风险可能会引起较高的气候变化物理风险。因此，机构应使用各种情景以便考虑对其战略及财务规划的一系列潜在转型及物理影响，以及如何将此类影响与各种公开的情景及国家目标进行比较。

图A1
转型风险——物理风险概念权衡

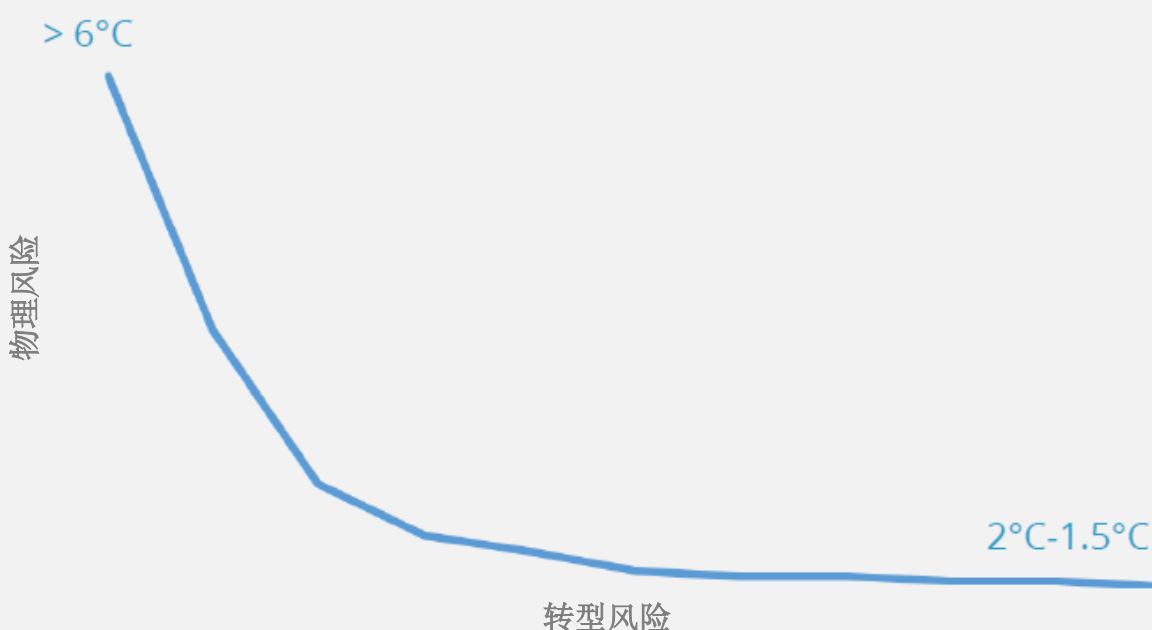
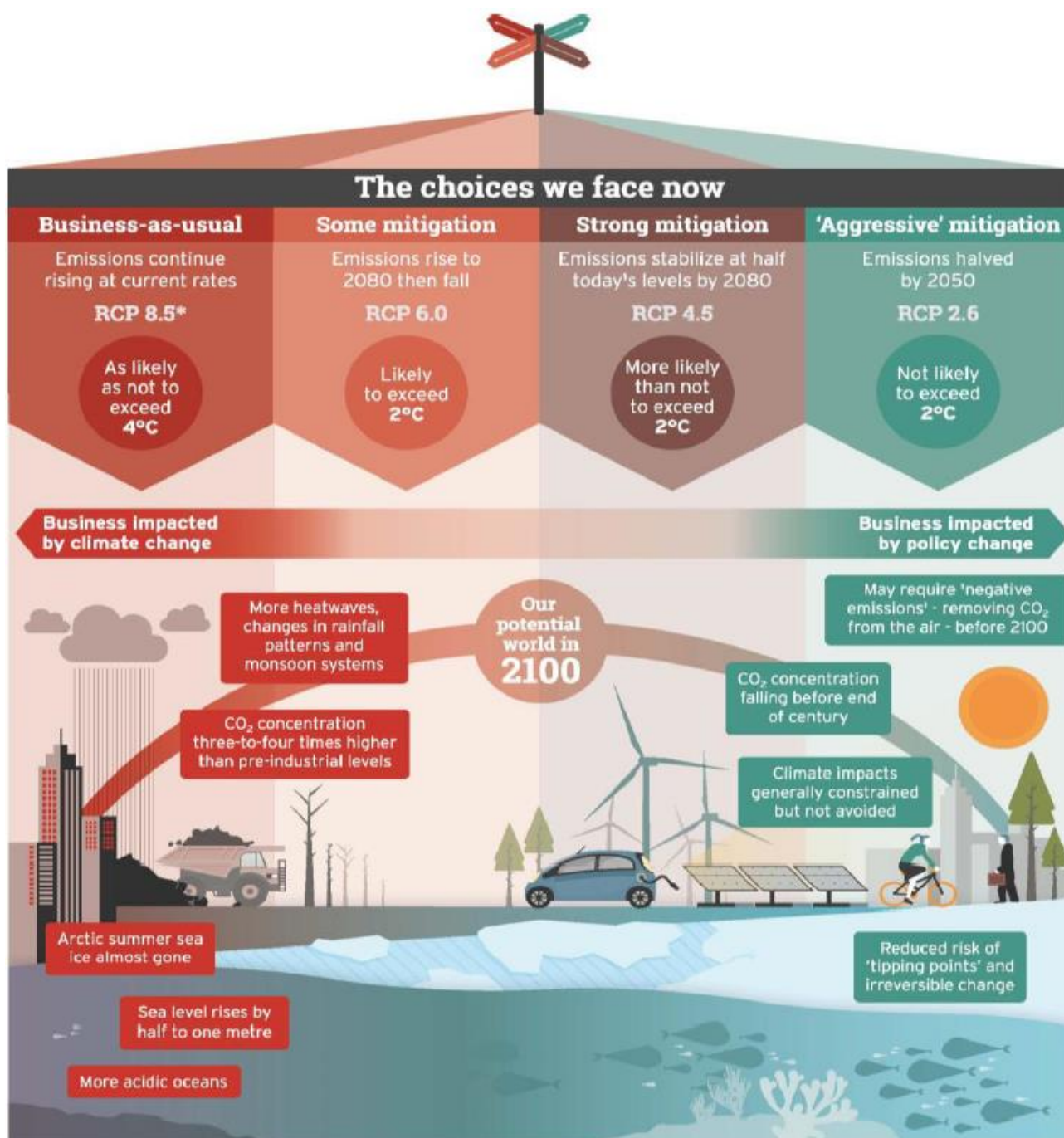


图 A2

转型风险和物理风险之间的相互影响

碳排放情景指南

基于政府通过的减排政策，政府间气候变化专门委员会（IPCC）对 4 种未来的可能情景进行了探讨。



*在 4 种代表性浓度路径（RCP）情景中，每种情景分别预测了到 2100 年之前特定的排放量，以及因此造成的人为驱动的不同气候变化。2100 年之后，气候变化仍将持续，并且，在人类停止排放 CO₂ 之后，温度仍将在多个世纪内维持。

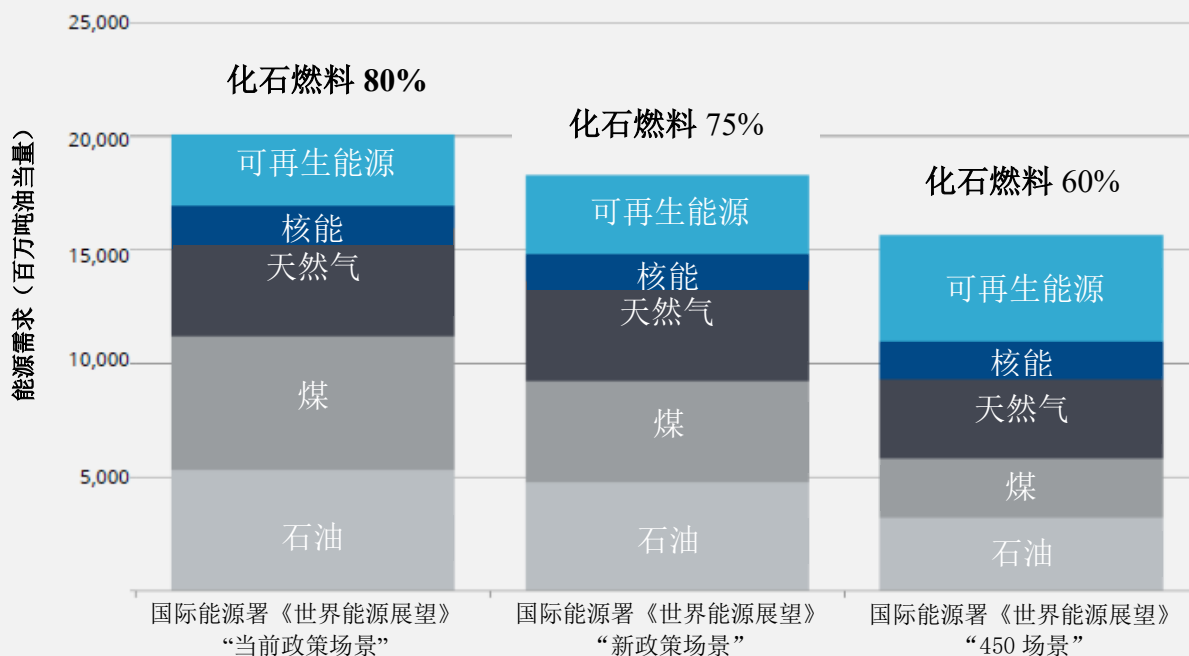
资料来源：政府间气候变化专门委员会，第五次评估报告（AR5），《气候变化：行动、趋势及其对商业的影响》，剑桥大学出版社，2013 年。

1. 转型情景

在构造低碳经济转型对机构潜在影响的情景时，可以以一种或多种公开的气候相关情景为出发点。许多已发布的情景列明了达到具体目标结果的各种合理路径（例如，特定的温升或 CO₂ 浓度水平）。此类情景针对可能的政策变更时机、技术采纳、能源构成变化，以及实现气候友好型经济的其他因素有各种假设，有益于公司创建其自身的情景分析。例如，图 A3 载明了国际能源署 3 种情景中针对能源构成及化石燃料使用份额的假设。

图 A3

国际能源署《世界能源展望》(WEO) 到 2040



专栏 A1（第 16 页）和专栏 A2（第 17 页）总结了各种已发布的转型情景及相关目标路径，其中包括：

- 国际能源署 6 种关于各种假设路径及温升的不同情景；
- 若干公开可选择的 2°C 情景及工具，比如国际可再生能源署 (IRENA) 的可再生能源路线图，绿色和平组织先进能源革命，以及“深度脱碳路径”项目 (DDPP)。

因此，各个机构在构建自身的情景分析时，可以参考并选择各种合理的未来发展路径。

a. 国际能源署转型情景

在向低碳经济转型的过程中，国际能源署构建的情景是应用最广泛且得到最多评论的情景。学术及行业分析师进行的大多数分析都是建立在国际能源署情景或与之进行比较的基础上的。国际能源署的数据及情景覆盖了整个能源链，但不包括“非能源”部门，比如土地利用/土地利用变化/林业 (LULUCF)，以及工业过程中不涉及燃料燃烧的排放。可以利用此类情景定性地评估与不同路径相关的风险，但不适用于需要精确估量的场合。¹⁸

¹⁸ 近年来，国际能源署情景认为可再生能源配置显著低于预期，该认知证实了这一点。（Sergey Paltsev, 《能源情景：情景分析的价值及其局限性》，麻省理工学院 CEEPR WP 2016-007, 2016 年）。

b. 2°C 转型情景

转型情景中有一种类型被称为 2°C 情景，设定了与可能将全球平均升温限制在 2°C 左右温度范围内（在某种设定好的概率水平下）的要求一致的路径及排放轨迹。¹⁹ 2°C 情景事实上提出了以下问题：“要实现将全球温升限制在 2°C 或以内目标的路径是什么？”²⁰ 这有助于与替换情景进行对比。可使用已有的多种 2°C 情景，或者机构也可以创建其自身的 2°C 情景。

需要高度关注的是，在国际能源署的各种情景中，虽然国家自主贡献预案（INDC）和桥接情景也将 2°C 作为政策目标，但是，只有国际能源署的 450ppm 情景及 2DS 情景模拟构建了 2°C 的未来模型。²¹ 除了国际能源署的 450 情景及 2DS 情景之外，还有其他若干可选的 2°C 情景与工具；各机构在理解未来可能转型路径的过程中，这些情景和工具是大有裨益的。

在设计 2°C 情景时，各机构不妨考虑下述公开的情景：(1) 由独立机构使用、参考并发布；(2) 得到公开数据集支持（如可能）；(3) 定期更新；以及 (4) 链接到机构可应用的功能工具（如可视化工具、计算器和映射工具）。当前满足大部分此类标准的 2°C 情景包括：国际能源署 2DS 情景、国际能源署 450 情景、“深度脱碳路径”项目以及国际可再生能源署。利用此类公开情景，机构可以创建其自身的情景，也可直接将其作为战略规划讨论的框架。但是，需要关注的是，此类情景并未考虑包括所有司法管辖地区及部门在内的影响。

专栏 A1

国际能源署情景

国际能源署《世界能源展望》“当前政策情景”（预计气温较工业化前水平上升 6°C）

“当前政策情景”仅考虑政府已正式通过的相关政策。据联合国环境规划署的说明，其设定了“政策延续情景，各国政府没有坚持尚未得到法律或其他实施环境支持的政策建议，也未能制定影响能源部门的其他任何政策。”²² 这种“没有新举措”情景提供了评估新政策的对比点。

国际能源署《世界能源展望》“新政策情景”（预计气温较工业化前水平上升 4°C）

《世界能源展望》的核心情景是“新政策情景”，其考虑了影响能源市场的已采纳政策及实施方案，以及相关的政策建议，即使落实此类政策方案的具体措施可能需要全面执行。《世界能源展望报告》根据具体案例针对执行政策建议的程度逐一给出了审慎判断。这样做是考虑到存在大量制度、政治以及经济方面的阻碍，以及某些情形下，宣告计划中缺乏执行细节。

²³

国际能源署国家自主贡献“巴黎协定情景”（计划将气温较工业化前水平的上升幅度限制在 2.6°C 以内）

作为《巴黎协定》的基础，国家自主贡献情景评估了在第 21 次缔约方大会之前提交的国

¹⁹ 2015 年，联合国气候变化框架公约缔约方大会达成了《巴黎协定》，并于 2016 年 11 月 4 日生效，其既定目标是将温度（较工业化前水平）上升幅度控制在 2°C 以内。

²⁰ 可将该方法与政府间气候变化专门委员会情景使用的方法进行对比，后者固定了大气中温室气体的浓度，并参照工业化前水平，分析了由此产生的全球温度（以及降水等其他变量）在将来各个时点（即，目前到 2035 年、本世纪中叶【2046 年至 2065 年】及本世纪末【2081 年至 2100 年】）的变化。

²¹ 国际能源署 450 情景的前提条件是，温升控制在 2°C 以内的机会是 50%。

²² 联合国环境规划署，《改善工业能效的最佳实践及案例研究》。2016 年 2 月。

²³ 国际能源署，《世界能源模型文件，2015 年版》，2015 年。

家自主贡献的影响。“在世界能源构成中，化石燃料比例有所下降，但是到了 2030 年仍占 75% 左右的份额。对煤和石油的需求仍未减少，但其增速已逐渐下降；天然气的使用量日益增加。到 2030 年，可再生能源将成为电能的主要来源，但是，亚临界燃煤发电容量仅略微下降。电力部门的碳浓度提升了 30%。”²⁴ 到 2030 年，碳捕获与封存（CCS）技术将实现不大于边际渗透率的目标。各部门采取措施，提升效率，在不影响服务质量的同时，降低了用于提供能源服务的能耗。

国际能源署“桥接情景”（到 2025 年，气温较工业化前水平的上升幅度保持在 2°C 的限值内，但是，2025 年需更高的限值）

国际能源署开发的桥接情景，推动政策制定者及业务规划人士之间关于短期温室气体减排措施的实际讨论。各个国家或地区可利用桥接情景采取相关措施，单独达成与全球能源相关的温室气体排放峰值行动。该桥接情景本身并非是达成 2°C 目标的路径——世界能源展望“450 情景”规定了适用于该路径的附加技术进展及政策要求。

国际能源署《世界能源展望》“450ppm 情景”（计划将气温较工业化前水平的上升幅度限制在 2°C 以内）

世界能源展望“450 情景”采取了不同的方法。“它使用的是指定结果，即在能源部门执行必要举措，将全球长期平均温升限制在 2°C 以内（可能性为 50%），并提供了实现这一目标的步骤。”²⁵ 为了实现 2015 年至 2040 年间能源相关的二氧化碳减排目标，还需开展大量的独立工作，其中包括加强利用目前商业规模上常见的技术实现近 60% 减排量的目标：大力扩展核电能力；以 1990 年至 2010 年间燃气产能的扩展速率，在 2025 年之后快速扩展碳捕获与封存能力。

国际能源署《能源技术展望》“2DS 情景”（计划将气温较工业化前水平的上升幅度限制在 2°C 以内）

国际能源署发布了名为《能源技术展望》（ETP）的年度出版物，为各部门提供了低碳技术开发及应用的情景分析。《2016 年能源技术展望》按照至少有 50% 的可能性将全球平均温升限制在 2°C 以内的目标，设定了能源体系的发展路径及减排轨迹。2DS 情景设置了到 2050 年二氧化碳减排近 60% 的目标（相较于 2013 年），并且在 2050 年后持续减排，直至实现碳中和。2DS 情景确定了相关变革，有助于保证长期可负担的安全能源系统，同时强调了能源部门转型的重要性，但仅靠其自身还不够。

²⁴ 国际能源署，《能源与气候变化》，2015。

²⁵ 同上。

其他 2°C 情景

国际可再生能源署 (IRENA) 可再生能源路线图 (2016 年)

该情景计划到 2030 年，可再生能源在全球能源构成中的份额增加一倍。到 2030 年，可再生能源电力份额应从目前的 18% 提高到 36%，并且由于逐步淘汰生物质能（如薪柴）的传统用途，“现代”可再生能源将增加四倍。“可再生能源路线图情景协同各国专家以个别国家分析为起点，然后总结结果、把握全球格局，从而确定国家、地区乃至全球可再生能源规模提升的实际潜力。该情景分析包括占全球能源消费 80% 的 40 个国家。该路线图的重点不仅在于可再生能源电力技术，同时还聚焦加热、制冷及交通方面的技术方案。可再生能源路线图在落实可再生能源规模提升的潜力时，重点关注了可能的技术路径。”²⁶

绿色和平组织先进能源革命 (第 5 版)

为了在 2050 年实现能源系统全面脱碳，该情景设定了目标远大的路径。在基本能源革命情景的基础上，该情景还增添了许多工作（绿色和平组织《先进能源革命》最新版也融入了该情景）。它建立在基准情景的基础之上，其中包括大力挖掘提高能源效率的机会，以及将可再生能源、生物燃料和氢大规模整合到能源结构中。为了达成能源系统 100% 可再生能源供应的目标，在进阶情景中需要加倍努力。能源消耗的途径大致相同，但更快地实施此类技术可达成全面脱碳。可将国际能源署《2014 世界能源展望》“当前政策情景”作为一个参考案例。

“深度脱碳路径”项目 (DDPP)

“深度脱碳路径”项目以深度脱碳路径 (DDP) 的形式，按照 2°C 的升温幅度限值，为各国减排要求提供了明确具体的解释，从而填补了气候政策对话中的空白。“可持续发展与国际关系研究所 (IDDRI) 和可持续发展解决方案网络 (SDSN) 领导的联盟制定并使用了深度脱碳路径项目框架。深度脱碳路径项目是全球 16 个温室气体排放大国（澳大利亚、巴西、加拿大、中国、法国、德国、印度、印度尼西亚、意大利、日本、墨西哥、俄罗斯、南非、韩国、英国和美国）主要研究机构科研团队的全球合作项目。”²⁷ 研究团队按各个部门及时间变化，为 16 个国家的实体基础设施编制了这些变革蓝图，从而实现各国的减排目标，向政策制定者提供不同的技术及成本要求信息。深度脱碳路径 (DDP) 首先制定了 2050 年的减排目标，然后确定了达成该目标的措施。因此，用户可以利用该工具创建任意数量的 2°C 路径。

政府间气候变化专门委员会代表性浓度路径 2.6

政府间气候变化专门委员会汇集了全球权威的理论性情景开发小组，许多小组创建于综合评估模型联盟 (IAMC)。这些小组创建了一组温室气体浓度情景，进而得出了各种全球变暖的结果。如需了解该等情景及其输入输出变量，请参阅最新的政府间气候变化专门委员会第五次评估报告 (AR5)，在线数据库和相关电子表格。这些多样化的模型表明，将温升控制在 2°C 以内有多种路径，包括电力部门到本世纪中叶实现脱碳，尽可能多地实现能源服务电气化，在交通、建筑及工业部门用生物燃料替换剩余的化石燃料，土地使用部门到本世纪末实现负排放（“碳汇”）。该等情景还重视效率提升和行为调整，并将其作为主要缓释战略。

²⁶ 国际可再生能源署 (IRENA)，《可再生能源路线图》。2016 年。

²⁷ “深度脱碳路径”项目 (DDPP)，“关于”深度脱碳路径项目，2016 年。

与国际能源署的情景相同（有的情况下超出国际能源署情景），专栏 A2 所述的 2°C 情景具有下述特征：

- 公开可用、经同业审核、经常使用/参考，
- 得到提供全球、地区及国家层面数据的公开数据集的支持，
- 在某些情形下，链接到可被机构应用的功能工具（如可视化工具、计算器和/或映射工具）。

c. 国家自主贡献及 2°C 情景的重要意义

机构的管理层、股东及分析师在确定转型风险韧性时，首先应考虑政府的国家自主贡献计划载明的措施及结果。有时候，人们会依据能源安全要求并基于国内政策考虑因素设定国家自主贡献，从而构建稳健可行的低碳经济路径。

首要的关键步骤是在情景分析中考虑国家自主贡献目标，应重点关注以下事项：

- 经 195 个签约国一致同意，《巴黎协定》第二条规定了下述目标，即“把全球平均气温升幅控制在工业化前水平以上 2°C 之内，并努力将气温升幅限制在工业化前水平以上 1.5°C 之内”，而当前的国家自主贡献尚不足以实现该目标。²⁸
- 2030 年，当前的国家自主贡献将终止（有的早于 2030 年），但是预期只能实现 2.7°C 的温升限值。

- 《巴黎协定》第四条规定了适用于各个国家的“棘轮效应”要求，每五年通报一次增强的国家自主贡献。（即，在其当前承诺水平上更进一步，以达成《巴黎协定》中设定的把全球平均气温升幅控制在工业化前水平以上 2°C 之内）。

因此，所有机构在其分析中纳入 2°C 情景是至关重要的。2°C 情景中有大致符合《巴黎协定》目标的共同参考点，分析师及投资人可利用该参考点评估单个机构、行业内各个不同机构、以及不同行业转型相关影响的可能规模及其时机。

在这种情况下，应重点关注格兰瑟姆研究所（Grantham Institute）提交给工作组的下述几点意见：²⁹

.....如果公司的全部商业战略都建立在不会显著脱碳的假设上（例如，因保守缺乏政治意愿），那么，其面临的风险将与日俱增。

各公司可能都需回答的一个关键问题是“一旦执行了激进的气候政策，为使转型后的商业模式仍具价值，应该采取何种战略？”必须针对物理风险敞口及久经考验的业务模式制定相似的问题，并且，依据不同行业的风险敞口，这些问题应有所不同。

应指定预警风险管理及对冲战略，从而增强韧性。投资人在回答“贵方最有可能是何种情景？”这个问题之外，还会尝试提出以下问题：“在可能的情景下，比如净零排放环境，贵方会采取何种行动？”市场参与者可以利用该问题的答案更好地评估市场资本价值。

d. 对比相关参数及路标

图 A4（第 21 页）提供了国际能源署与其他情景、其相关模型及工具、以及其基本假设

²⁸ 《联合国气候变化框架公约》，《巴黎协定》2015 年 12 月。

²⁹ Dimitri Zenghelis 与 Nicholas Stern, 《前瞻性风险管理的重要性：提交给气候相关财务信息披露工作组的材料》政策文件，2016 年 6 月。

的对比信息。需要注意的是，该图不包括国际能源署《世界能源展望》“当前政策”及《世界能源展望》“新政策”情景，因为其并未明确给出转型到低碳经济的模型。反之，他们建立了“政策延续”替代版本的模型。

通过分析国际能源署、“深度脱碳路径”项目、国际可再生能源署与绿色和平组织创建的 2°C 及其他转型情景的范围，若干关键驱动因素或路标（图 A5，第 23 页）与各机构在创建、运用及评估各种情景时的考虑相关。同时，为衡量不同转型路径的出现及变化，以及此类指标对各个机构的影响，机构可将此类驱动因素与路标定为关键指标并实施监测。例如，可将通过该等监测获取的信息作为机构战略规划流程的重要输入，有助于持续调整情景，从而反映新的趋势及状况。

图 A4

转型情景及其基本假设摘要

情景	情景描述		模型详述				
	温度影响范围及可能性 (%)	资料来源及数据可视化	模型	基本假设：人口	基本假设：经济	详情：非能源排放源 ³⁰	详情：时间框架
国际能源署《世界能源展望》“450 情景”	2°C，可能性约为 50%	国际能源署专题报告：《能源与气候变化》以及《2014 年世界能源展望》	国际能源署世界能源模型 (WEM)	世界人口年均增长率为 0.9%，将从 2012 年中期的 70 亿达到 2040 年的 90 亿（《2014 年世界能源展望》，第 42-44 页）	预计 2012-2040 年全球国内生产总值增长率为 3.4%（《2014 年世界能源展望》，第 39-42 页）	否（第 35 页）	2012-2040 年
《能源技术展望》“2DS 情景”	2°C，可能性约为 50%（第 29 页）	《2016 年能源技术展望》(ETP)	能源技术展望模型	人口将从 2013 年的 71 亿增至 2050 年的 94 亿（第 385 页）	2013 年至 2050 年全球国内生产总值平均增长率为 3.2%（第 385 页）	是（第 29 页）	2013-2050 年
“深度脱碳路径”项目 (DDPP)	与升温控制在 2°C 以内目标保持一致，可能性大于 50%	“深度脱碳路径”项目报告（2015 年）		2010 年至 2050 年期间，16 个国家的人口增长率将提升 17%（第 6 页）	全球国内生产总值年均增长率为 3.1%（第 45 页）	“某些国家的分析只考虑碳排放来源，而非能源”（第 4 页）	2010-2050 年
国际可再生能源署可再生能源路线图	2°C，如果达成 CO ₂ 减排目标下限（第 42 页）	国际可再生能源署：可再生能源路线图 (REmap)：2016 版以及国际可再生能源署工作文件：《可再生能源与能源效率之间的协同效应》		国际可再生能源署“协同效应”文件表 3 列示了 2010 年至 2030 年期间 8 个主要国家的人口增长情况	国际可再生能源署“协同效应”文件表 3 列示了 2010 年至 2030 年期间 8 个主要国家的国内生产总值变化情况	“排除了农业、林业及渔业的能源利用以及非能源利用”，可再生能源路线图文件，2016 年，第 27 页	2010-2030 年
绿色和平组织先进	目标将温升控制在 2°C 以内（第 59	绿色和平组织能源革命（第 5 版）		2015 年至 2050 年期间，预期人	2012 年至 2050 年期间，国内生产总	是——最终能源需求包括非	2012-2050 年

³⁰ 备注：非能源主要排放源之一是来自土地利用、土地利用变更和森林的温室气体排放量，对某些国家而言，这可能是至关重要的（国际能源署，《能源与气候变化：第 21 届联合国气候变化大会专题简报》2015 年）。

能源革命	页)			口年均增长率为0.8%，将从2009年的73亿增至2050年的近95亿	值年均增长率为3.1%	能源使用（第317页）	
国际能源署《世界能源展望》“桥接情景”	目标通过能源转型使得“保持2°C目标的道路畅通”。注：这不是2°C情景自身。	国际能源署专题报告：《能源与气候变化》	国际能源署世界能源模型（WEM）	人口年均增长率预计为0.9%，将从2012年中期的70亿达到2040年的90亿（《2014年世界能源展望》，第42-44页）	预计2012-2040年全球国内生产总值增长率为3.4%（《2014年世界能源展望》，第39-42页）	否（第35页）	2012-2030年
国际能源署“世界能源展望国家自主贡献预案情景”	到2040年，如要有50%的机会避免升温2°C，所有剩余的“碳预算”都必须使用。2030年后，若没有更坚决有力的举措，2100年前温升将达到2.6°C，2200年后温升将达到3.5°C（第12页）	国际能源署专题报告：《能源与气候变化及其数据/表格》	国际能源署世界能源模型（WEM）	人口年均增长率预计为0.9%，将从2012年中期的70亿达到2040年的90亿（《2014年世界能源展望》，第42-44页）	预计2012-2040年全球国内生产总值增长率为3.4%（《2014年世界能源展望》，第39-42页）	否（第35页）	2012-2030年

图 A5

对比转型情景中的相关参数及路标

		情景				
		国际能源署《世界能源展望》“450 情景”	《能源技术展望》“2DS 情景”	“深度脱碳路径”项目 (DDPP)	国际可再生能源署可再生能源路线图	绿色和平组织先进能源革命
主要驱动因素/路标	政策和需求	能源效率	<p>-政策措施导致的高效率</p> <p>-2016 年至 2050 年期间，缩减约 5100 吉瓦的新增产能。</p> <p>-2013 年至 2050 年期间，预计能源强度将减少近 2/3。（第 31 页）</p>	<p>-总体上，16 个“深度脱碳路径”项目国家的 GDP 平均能源强度下降了 64%，即从 2010 年的 8.2 兆焦/美元降至 2050 年的 3 兆焦/美元。（第 9 页）</p> <p>-电力的平均碳强度有所下降，2010 年为约每度电 530 克二氧化碳，2050 年降至约每度电 40 克二氧化碳。（第 9 页）</p>	<p>-建筑业节能幅度最大。（协同效应文件第 22 页）</p> <p>-应用可再生能源路线图后，效率得以提高，全球一次能源供应总量与 2010 年水平相比下降了 5%。（协同效应文件第 27 页）</p>	<p>-工业部门、住宅及服务行业采取了增效举措，到 2050 年，节约电能约为每年 16,700 太瓦时（第 13 页）</p>
	CO ₂ 价格	<p>-2020 年以后，经合组织国家通过了 CO₂ 价格。</p> <p>-除中东地区之外，全部地区到 2035 年均废除化石燃料补助。在大部分经合组织市场，2040 年 CO₂ 价格将高达 140 美元/吨，与 2020 年相比高出约 20 美元/吨（《2014 年世界能源展望》，第 45 页）</p>	<p>进行了如下假设：从 2020 年起，美国碳税为 35 美元/吨，到 2050 年将线性增至 210 美元/吨。</p> <p>-若当前碳税水平大于该数值，则维持该税直至进度与其一致。</p>	<p>-注：“社会偏好决定政策工具；”因此，在“深度脱碳路径”项目中，碳排放定价总体上非常重要，但其重要性的确有所差异。（第 39-41 页）</p>	<p>-假定碳价格的范围是每吨 CO₂ 为 17 美元至 80 美元（2016 年可再生能源路线图文件，第 26-27 页）</p>	<p>-2015 年“能源革命”分析与 2012 年版本的不同之处在于，其未进行二氧化碳定价。（第 67 页）</p>
	能源需求	<p>-全球能源需求年均增长率仅为 0.6%；相较于 2012 年，2040 年的需求提升了 17%。</p>	<p>-2014 年的最终能源需求为 390 艾焦，2050 年将增加到 455 艾焦。（第 32 页）</p>	<p>-中度排放/中等收入国家：在 2030 年至 2040 年期间达到能耗峰值。2050 年化石燃料消耗水平与 2010 年持平。（第 15 页）</p> <p>-高度排放/高收入国家：相较 2010 年，2050 年的最终能源需求降幅为 10%。（第 17 页）</p>	<p>-相较于当前水平，2030 年全球能源需求增幅将达到 30%。（2016 年可再生能源路线图文件，第 14 页）</p>	<p>-当前一次能源消耗为每年 534,870 拍焦，2050 年减至每年 433,000 拍焦（不含非能源消耗）。（第 92 页）</p> <p>-最终能源需求在 2020 年达到峰值，总量为每年 355,000 拍焦。（第 12-13 页）</p>

新兴技术	利用太阳能光伏	-2050年，预计城市屋顶太阳能光伏约占太阳能光伏全球发电量的47%，占城市电力消耗量的9%。（第284页）	-在全部“深度脱碳路径”项目国家中，太阳能光伏的脱碳能源（吉瓦）累计增长产能如下：2010年为1吉瓦，2020年为275吉瓦，2030年为823吉瓦，2040年为1752吉瓦，2050年达到3254吉瓦（第29页）。	-太阳能光伏发电量在参考案例中为780吉瓦，2014年为180吉瓦，2030年将增加到1760吉瓦（2016年可再生能源路线图文件，第67页） -2012年至2030年期间，太阳能光伏发电量的增长速度为每年99吉瓦。	-到2030年，太阳能光伏将占总发电量的14%，从业人员将达到1030万人。 -2020年总发电量为1,090太瓦时，2025年将提高到2,659太瓦时，而2030年将达到5,067太瓦时。（第202页）
	电动汽车的配备	-2040年，在全球乘用车总销量中，电动汽车销量的比例将超过40%。（《世界能源展望专题报告》，第109页） -得益于先进的生物燃料与电动汽车，2040年每天耗油量将减少1.38千桶油当量（mboe）（《世界能源展望专题报告》，第123页）	-2016年，电动汽车为100万辆，2030年将猛增到1亿辆。（第253页） -预计电动汽车销量将持续逐年增长，2014年销量增长率为53%，2020年为66%，到2025年将达到39%。（第104页）	-电动汽车产量（单位：百万辆）：2010年为0辆、2020年为3200万辆、2030年为1.34亿辆、2040年为3.33亿辆、2050年为6.5亿辆（第29页）	-依据可再生能源路线图情景，电动汽车在2013/2014年为80万辆，参考案例为6,000万辆，2030年将增加到1.6亿辆。（2016年可再生能源路线图文件，第102页）

图 A5

对比转型情景中的相关参数及路标 (续)

		情景				
		国际能源署《世界能源展望》“450 情景”	《能源技术展望》“2DS 情景”	“深度脱碳路径”项目 (DDPP)	国际可再生能源署可再生能源路线图	绿色和平组织先进能源革命
主要驱动因素/路标	新兴技术	<p>碳捕获与封存的配置</p> <p>-到 2025 年, 配备碳捕获与封存的石油/天然气产能将达到 80 吉瓦。2030 年至 2040 年期间, 配备碳捕获与封存的燃煤发电将达到 580 吉瓦。 -到 2040 年, 燃煤发电量的 80%将配备碳捕获与封存技术, 新政策情景仅为 4%。</p>	<p>《能源技术展望》“2DS 情景”</p> <p>-2025 年, 预计年度封存二氧化碳为 540 吨二氧化碳。(第 96 页) -利用碳捕获与封存技术, 预计 2050 年全球捕获二氧化碳约 3.5 吉吨, 累积减排贡献率为 12%。(第 39 页)</p>	<p>“深度脱碳路径”项目 (DDPP)</p> <p>- 预计碳捕获与封存配置情况如下: 2020 年约为 3 吉瓦, 2030 年约为 20 吉瓦, 2040 年约为 56 吉瓦, 而 2050 年将增至 76.7 吉瓦。(第 37 页)</p>	<p>国际可再生能源署可再生能源路线图</p> <p>(在该情景中, 碳捕获与封存很重要, 但未探讨其具体后果影响)</p>	<p>绿色和平组织先进能源革命</p> <p>- “未执行碳捕获与封存技术” (第 60 页) -有关成本、效率及环境影响的假设具有推测性质, 因此, “能源革命”不包括碳捕获与封存技术 (第 67 页)</p>
	生物能源	<p>-到 2040 年, 燃料结构将更加多元化, 其中生物燃料占全球交通需求的 17% (《世界能源展望专题报告》, 第 124 页)</p>	<p>-到 2025 年, 生物燃料产量预计为 568 亿升。(第 108 页)</p>	<p>- 在全部 “深度脱碳路径” 项目国家中, 生物质的脱碳能源 (吉瓦) 累计增长产能如下: 2010 年为 1 吉瓦, 2020 年为 26 吉瓦, 2030 年为 105 吉瓦, 2040 年为 221 吉瓦, 2050 年达到 270 吉瓦。</p>	<p>-若全部可再生能源路线图方案得以执行, 2030 年液体生物燃料的需求量将达到每年 5,000 亿升。(2016 年可再生能源路线图文件, 第 108 页) -到 2030 年, 生物能源发电量将达到 430 吉瓦。(2016 年可再生能源路线图文件, 第 67 页)</p>	<p>-生物质能供热的增长情况如下: 2020 年为 31,404 拍焦, 2025 年为 34,909 拍焦, 2030 年则提高到 36,623 拍焦。(第 203 页)</p>
	能源构成	<p>可再生能源的百分比 (%)</p> <p>-可变可再生能源增幅明显, 2015 年仅占全球发电量的 3%, 2040 年增加到 20%以上。(《世界能源展望专题报告》, 第 109 页)</p>	<p>-得益于低碳发电的配置, 发电的二氧化碳排放强度有所减低, 2013 年为每度电 528 克二氧化碳, 2050 年降至每度电 40 克二氧化碳以下。</p>	<p>-在全部 “深度脱碳路径” 项目国家中, 预计年度低碳技术投资占国内生产总值份额 (%) 的增长情况如下: 2020 年为 0.8%, 2030 年为 1.2%, 2040 年为 1.3%, 2050 年达到 1.3%。(第 32 页)</p>	<p>-根据可再生能源路线图情景, 2030 年 45%的发电量利用可再生能源技术, 2014 年该比例为 23%, 在参考案例中为 30%。(2016 年可再生能源路线图文件, 第 54 页)</p>	<p>-根据可再生能源路线图情景, 2030 年 45%的发电量利用可再生能源技术, 2014 年该比例为 23%, 在参考案例中为 30%。(2016 年可再生能源路线图文件, 第 54 页)</p>

成果	核能	<p>-2040年，全球核能发电能力将翻倍增至 862 吉瓦，相较于新政策情景，提升了 38%。(第 406 页)</p> <p>-2014年至 2040年期间，每年在新建核电站方面的投资约为 810 亿美元，从而推动了核电装机能力的发展。(第 406 页)</p>	<p>-全球核能发电能力预计从 2016 年的 403 吉瓦增至 2025 年的 553 吉瓦。(第 90 页)</p>	<p>- 在全部“深度脱碳路径”项目国家中，核能技术的脱碳能源(吉瓦)累计增长产能如下：2010 年为 2 吉瓦，2020 年为 53 吉瓦，2030 年为 259 吉瓦，2040 年为 632 吉瓦，2050 年达到 1053 吉瓦(第 29 页)。</p>	<p>-在可再生能源路线图情景下，核能发电能力在 2014 年为 370 吉瓦，2030 年提高至 600 吉瓦，但小于该年参考案例的 650 吉瓦。(2016 年可再生能源路线图文件，第 67 页)</p>	<p>-在“能源革命”情景中，全球不会新建核电站。(第 122 页)</p>
	二氧化碳排放量	<p>-2020 年之前，能源相关二氧化碳排放量将达到 33 吉吨的峰值，随后逐渐下降，2030 年为 25.4 吉吨，2040 年为 19.3 吉吨(与新政策情景相比，降低了近 50%)。</p>	<p>-2050 年，2DS 情景中的二氧化碳排放量将降至 15 吉亿吨，低于当前数值的一半。(第 28 页)</p>	<p>-到 2050 年，能源相关的二氧化碳累积排放量范围为 805 吉吨到 847 吉吨。(第 17-18 页)</p>	<p>-上述范围的低限(二氧化碳减排)是足够的，以保证全球维持在 2°C 路径上的目标。(2016 年可再生能源路线图文件，第 41-42 页)</p>	<p>-到 2050 年，可再生能源占 100%，即能源系统全部脱碳。</p> <p>-到 2020 年，全球二氧化碳排放量达到稳定值，随后逐渐下降。</p> <p>-在 2012 年至 2050 年间，二氧化碳累积排放总量为 667 吉亿吨。(第 15 页)</p>

e. 转型情景的结论

上文总结的转型情景得出的数据及图形结论展示了全球及地区层面（通常也包括某些国家及行业层面）主要参数的分析及结果。

并且，许多已经发布的转型情景也提供了功能性的工具及仪表盘，各个机构可以利用这些工具及仪表盘获取与其相关度最高的信息。例如，利用“深度脱碳路径”项目工具（以及英国政府创建的全球能源计算器³¹），用户可以修改具体输入参数及假设，从而进行“假设”分析。但是，为了推动所有机构实施情景分析，降低情景分析成本，保证投资人的可比性，有必要深入开发辅助工具及用户界面。

2. 物理情景

利用科学以及全球气候模型的结果，各个机构可以评估气候变化（例如，气温、降水及旱灾）更宽泛的物理影响及其相关联的经济后果。举例来说，近期，麻省理工学院（MIT）对 6 个综合评估模型（模拟了气候系统中人为温室气体排放量与社会经济系统受气候变化影响之间的相互作用）进行了分析并得出下述结论：在所有模型中，气候结果（比如，全球气温）之间存在高度的可比性。麻省理工学院（MIT）的研究工作及其他经验说明，为评估气候相关物理影响更广泛的后果，业务规划人士、金融分析师及其他人士可在利用情景分析中有效利用全球气候模型的输出。

但是，将此类全球气候模型降尺度到本地影响的工作仍在进行中。如今，若干国家政府及国际金融机构为了评估新建的基础设施工程，都利用全球气候模型中“降尺度”数据。但是，诸多全球气候模型在精确预测本地层面的极端天气事件（例如洪水、降水类型及旱灾）方面，仍然面临挑战。

a. 公开的物理情景

政府间气候变化专门的 4 个代表性浓度路径是最新一代的情景，为政府间气候变化专门委员会第五次评估报告的基础气候模型提供了输入。这些情景对以下内容进行了说明：未来可能的温室气体排放量对气候的影响，以及大气温室气体浓度的后续轨迹（[专栏 A3](#)，第 27 页）。

代表性浓度路径情景将大气中温室气体的浓度固定，分析了由此导致的全球温度（以及降水等其他变量）在将来各个时点（即，目前到 2035 年、本世纪中叶【2046 年至 2065 年】及本世纪末【2081 年至 2100 年】）相较于工业化前水平的变化。

[图 A6](#)（第 28 页）展示了排放路径的范围、作为政府间气候变化专门委员会第五次评估报告模型输入的温度结果、由此导致的大气二氧化碳浓度，以及全球平均温度变化。

专栏 A3

政府间气候变化专门委员会代表性浓度路径（RCP）情景

代表性浓度路径 8.5（RCP8.5）模拟了高排放，与没有政策挑战来实现减排的未来相一致，其特征是温室气体排放量有增无减，进而造成大气中温室气体浓度偏高。大体上，该情

³¹ 英国国际气候基金，欧盟气候变化知识与创新团体《全球能源计算器工具》全球计算器。

景与当前政策情景或“政策延续”情景是一致的。

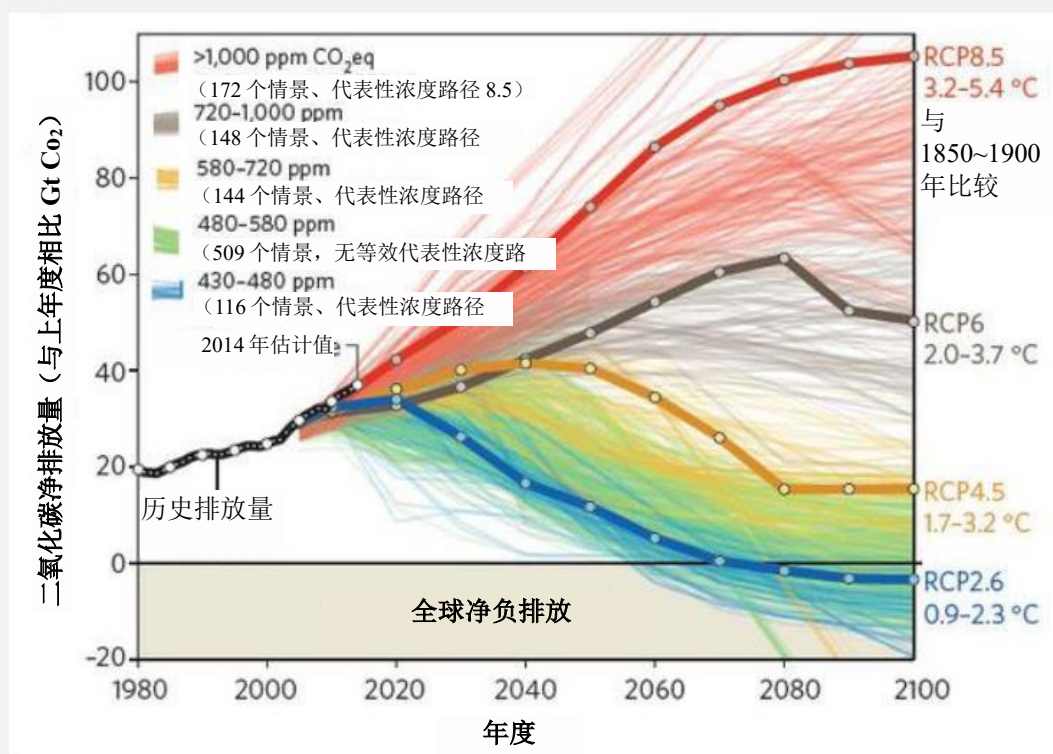
代表性浓度路径 6.0 (RCP6.0) 模拟了高度排放到中度排放的情景, 根据该情景, 2060 年前后, 温室气体排放量将达到峰值, 接着在本世纪随后的时间里逐步减少。

代表性浓度路径 4.5 (RCP4.5) 模拟了过渡性排放情景, 其设定了相对激进的减排目标, 温室气体排放量略有上升, 但在 2040 年前后开始减少。尽管有较为宏大的减排措施, 但是, 其仍未达到《巴黎协定》确立的温升幅度低于 2°C 的限值以及 1.5°C 的温控雄心。大体上, 该情景与执行 2015 年国家自主贡献 (到 2030 年) 产生的温室气体排放情况是一致的, 该排放量将快速达到峰值, 到 2080 年, 全球将减少 50% 的排放量。

在政府间气候变化专门委员会提出的各种情景中, 代表性浓度路径 2.6 (RCP2.6) 是唯一与《巴黎协定》确立的温升幅度低于 2°C 的限值以及 1.5°C 温控雄心保持一致的。该代表性浓度路径 (RCP) 符合高目标的温室气体减排目标, 基于此, 2020 年前后, 温室气体排放量将达到峰值, 随后以线性形式减少, 在 2100 年前实现净负排放。

图 A6

政府间气候变化专门委员会第五次评估报告的代表性浓度路径情景中的二氧化碳排放路径及其温度结果



资料来源: Sabine Fuss 等, “押注负排放量”, 《自然气候变化》4 (10), 2014 年 9 月, 第 850-853 页。

该模型的数据及其结果可以在耦合模型比较项目第五阶段 (CMIP5) 上获取。³² 专栏 A4

³² 1995 年, 为了推动新的协调气候模型试验, 全球领先气候建模小组创建了耦合模型比较项目 (CMIP)。耦合模型比较项目第五阶段 (CMIP5) 提供了 28 个建模中心的数据及主要结果 (强化了政府间气候变化专门委员会第五次评估报告的基础), 根据每个代表性浓度路径创建了未来气候变化预测 (世界气候研究方案, 耦合模型比较项目第五阶段 (CMIP5), 2016)。

包含了耦合模型比较项目第五阶段(CMIP5)的摘要。该数据是公开可用的，诸多机构、学术研究人士、专家顾问及行业参与人员在评估气候变化的一级、二级及三级潜在后果时，都采用了此类数据。

b. 对比相关路标

政府间气候变化专门委员会第五次评估报告列示了相关物理情景或代表性浓度路径，反映了一些温室气体排放与浓度路径，及后续的气温结果。在耦合模型比较项目第五阶段（CMIP5）列示的建模结果中，可以获取适用于每个代表性浓度路径变量范围的预测气候数据。

专栏 A4

耦合模型比较项目第五阶段（CMIP5）摘要

耦合模型比较项目第五阶段（CMIP5）提出了模拟模型的标准，以便完成下述事项：评估该等模型在模拟近期状况时的真实度；在两个时间尺度（近期：到 2035 年前后；远期：到 2100 年及以后）上预测未来的气候变化；理解导致模型预测差异的相关因素，包括量化某些关键的反馈，例如涉及云与碳循环的因素）。³³

在评估气候变化的物理影响时，可以利用耦合模型比较项目第五阶段（CMIP5）数据集的多模式平均结果。利用此类数据，各机构可筛查适用于下述变量的 2030 年、2050 年及以后的结果：³⁴

- 气温
- 降水
- 旱灾
- 风暴潮
- 森林大火
- 飓风/气旋
- 台风
- 洪水
- 水资源的供求
- 海平面上升
- 山体滑坡

如果机构想要（在从当前到本世纪中期的视角框架内）理解其可能遭遇的合理气候变化物理风险，最佳实践应是考虑与代表性浓度路径 8.5（RCP8.5）一致的情景（其最精确地反映了“政策延续”的路径，而该路径未能适当执行国家自主贡献）。

图 A7（第 30 页）列示了这两个代表性浓度路径情景建模的指示性输出。各个机构可通过此类输出获取一些全球示意图资源，其中有的源于政府间气候变化专门委员会自身，有的源于其他机构（利用政府间气候变化专门委员会的建模数据开发了便于使用的绘图工具）。各个机构在展开气候相关物理情景分析时，可能会发现以下行动是有用的，即：从该等示意图中获得高层级数据，并以具体地点、地方或区域的数据（源于耦合模型比较项目第五阶段（CMIP5）的数据集）以及相关研究成果（源于众多为政府间气候变化专门委员会工作提供信息的科研论文）来补充该等数据。这些论文应包括专门针对个别区域或国家的科研论文；专门针对个别气候影响/变量（包括极端天气事件的严重性及频率）的科研论文；专门针对具体行业影响（例如，对具体国家农业产量的影响）的科研论文。

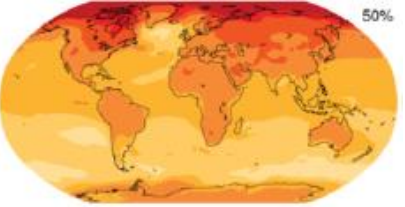


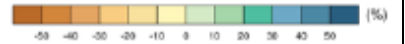
³³同上。

³⁴若干变量（比如森林大火）也使用耦合模型比较项目第五阶段(CMIP5)之外的独立数据集。

图 A7

物理气候情景中的相关路标对比

		关键驱动因素/路标		
		地表温度变化	降水与水资源的供应	海平面变化
		地表平均温度的指示性变化 (2016年至2035年与2046年至2065年)	降水的指示性示意图(2016年至2035年与2046年至2065年)	2030年水资源供求指示性示意图
		1986年-2005年期间到2081年-2100年期间，海平面总体变化平均预测值(模型预测平均值)		
政 府 气 变 专 委 会 第 五 评 报 的 表 示 性 路 径 4.5	2016年至2035年代表性浓度路径4.5(RCP4.5)温度变化:年度	2016年至2035年代表性浓度路径4.5(RCP4.5)降水变化:年度	2030年水资源供求指示性示意图	1986年-2005年期间到2081年-2100年期间，海平面总体变化平均预测值(模型预测平均值)
	2046年至2065年代表性浓度路径4.5(RCP4.5)温度变化:年度	2046年至2065年代表性浓度路径4.5(RCP4.5)降水变化:年度		
政 府 气 变 专 委 会 第 五 评 报	2016年至2035年代表性浓度路径8.5(RCP8.5)温度变化:年度	2016年至2035年代表性浓度路径8.5(RCP8.5)降水变化:年度	2030年水资源供求指示性示意图	1986年-2005年期间到2081年-2100年期间，海平面总体变化平均预测值(模型预测平均值)

告 的 代 表 性 浓 度 路 径 8.5	2046 年至 2065 年代表性浓度路 径 8.5 (RCP8.5) 温度变化: 年 度 	2046 年至 2065 年代表性浓度路 径 8.5 (RCP8.5) 降水变化: 年 度 	(Aqueduct) 水风险地图 (www.wri.org/applications/maps/aqueduct-atlas/)	
规模	 (-°C)	 (%)		

资料来源: 政府间气候变化专门委员会, [附件 I: 代表性浓度路径 4.5 \(RCP4.5\) 与代表性浓度路径 8.5 \(RCP8.5\) 全球及区域气候预测补充材料地图集](#)【van Oldenborgh, G.J., M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen 与 T. Zhou (编辑)】。2013 年。载于: 《[气候变化 2013: 物理科学依据](#)》第一工作组对政府间气候变化专门委员会第五次评估报告的投稿【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)】。

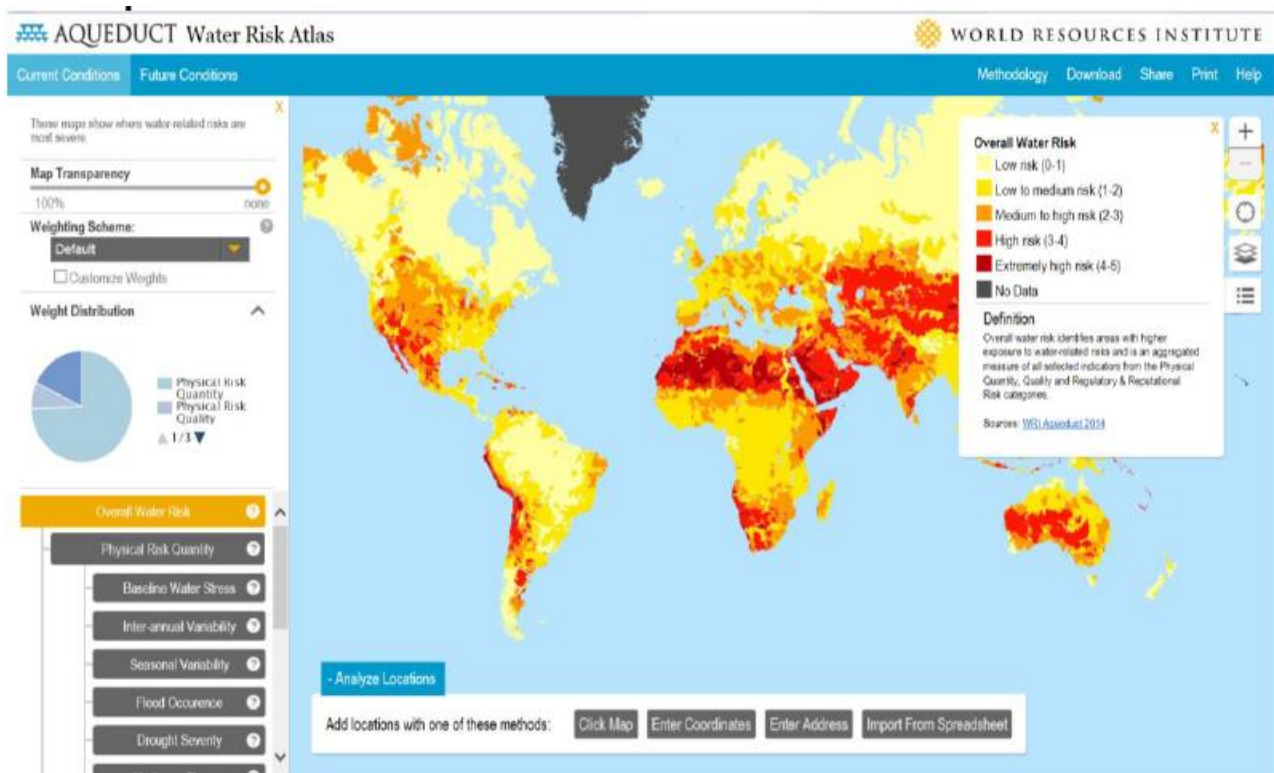
c. 物理风险评估工具及资源的类型

为了更好地评估全球、地区、国家及本地各层级的气候物理影响及风险，各机构既可利用上述政府间气候变化专门委员会代表性浓度路径情景（源于耦合模型比较项目第五阶段（CMIP5））的建模结果，也可利用其他一系列工具。

世界资源研究所“水道”地图(参见图 A8)是风险绘图工具，旨在“帮助公司、投资人、政府及其他用户更好地了解全球各地水资源风险与机遇的分布地点和状况。为了绘制可量身定制的全球水资源风险高分辨率示意图，该地图运用了经同业审议的稳健方法及最佳可用数据。”

图 A8

世界资源研究所“水道”水风险地图



资料来源：世界资源研究所（WRI），《水道：水风险的测量与绘制》，2016。

除了世界资源研究所“水道”工具之外，还包括下述其他工具：

■ 35世界可持续发展工商理事会（WBCSD）水资源工具是用于确认企业水资源风险与机遇的多功能资源，其中包括工作手册（用于现场库存、主要报告指标及度量）、绘图功能，以及谷歌地图兼容版。跨国运营机构可利用该等工具，无论此类机构刚开始着手水资源管理，还是将其作为长期韧性战略的一部分。基于水资源可用性、卫生情况、人口及生物多样性，各个机构可对多个地点进行对比。

■ 联合国粮农组织的“全球农业生态区划”农业工具数据门户基于评估农业资源及其潜能的“全球农业生态区划”（GAEZ）方法。³⁶ 该数据门户汇集了多个数据库及科研成果（包括可视化选项）。2014年，该工具在参考代表性浓度路径（为政府间气候变化专门委员会第五

³⁵ 世界可持续发展工商理事会，“全球水资源工具”，2015年。

³⁶ 联合国粮农组织《全球农业生态区划》，2017年。

次评估报告而制定的)的基础上进行了升级,如此一来,用户可以预测气候变化导致的产量、产能及其他产出的变化。

越来越多的国家政府及国家气象部门正在对地方/国家层面的气候变化进行预测,并正在评估并开发工具包。此类工具可构成参照点并提供可供机构使用的资源。示例包括:

- 英国气候影响规划(CIP)将历史气候数据与未来气候预测归集在一起。气候预测项目包括低中高度排放情景,并且,人们可利用在线用户界面及相关简报查看此类预测项目。UKCP09天气生成器使用了1961年至1995年期间的5km分辨率的数据基准,提供未来每天的气候预测,从而生成未来具体期间的预测结果。

- “美国机构间气候降尺度数据及信息档案”提供了模拟历史及未来气候学与水文学的档案;联邦与非联邦合伙人联合组建的劳伦斯利弗莫尔国家实验室(Lawrence Livermore National Lab)负责该档案的维护。所有人都能免费获取该档案中的信息。

- 在法国,气候变化管理与影响(GICC)项目组牵头气候研究。法国气象局参照政府间气候变化专门委员会的各种代表性浓度路径,提供了到2100年的主要气候预测(包括气温、降水及风速)。气候预测涵盖了中期(2021年至2050年)与长期(2071年至2100年)。该预测运用分地区的模型,分辨率可达到约12km。

- 其他国家(包括但不限于澳大利亚、加拿大、德国、日本、荷兰和南非)也提供相似的资源。

附录 2：术语表

适应：系指预测气候变化的负面影响并采取恰当措施防止或最小化其可能导致的损害，或充分利用可能产生的机遇。³⁷

政策延续 (BAU)：政策延续预测是基于运营实践和政策保持当前状态的假设。尽管基准情景可纳入政策延续 (BAU) 情景的某些具体特征 (例如，对某项具体技术的禁令)，但是，政策延续 (BAU) 情景系指除现有实践或政策之外，并未落实其他实践与政策。³⁸

碳捕获与封存 (CCS) 技术：系指将电力及工业过程中使用化石燃料产生的二氧化碳收集起来，将二氧化碳封存在地下深处以避免其排放到大气中的一种技术。³⁹

排放情景：系指可影响气候的未来可能人为排放 (例如，温室气体及其他污染物) 的路径。此类路径是基于相关决定因素 (如人口统计和社会经济发展、技术革新) 及其重要关系的合乎逻辑且内部一致的一套假设。

能源转型：系指从以化石燃料为主导的现有系统转向利用大部分低排放及可再生能源的系统，并尽可能创造提升能源效率并优化能源需求管理的机会。

第五次评估报告 (AR5)：系指 2014 年政府间气候变化专门委员会发布的报告，其中列示了气候变化的科学、技术及社会经济影响的更新成果。科技及社会经济影响的更新内容。

大气环流模型 (GCM)：系指描述大气、海洋、地表及冰冻圈物理过程的数值模型。

温室气体 (GHG)：系指排放到大气中会捕获热量的气体。根据温室气体议定书，温室气体包括二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、一氧化二氮 (N₂O)、氢氟烃 (HFCs)、全氟化碳 (PCF)、六氟化硫 (SF₆) 和三氟化氮 (NF₃)。

综合评估模型 (IAM)：系指尝试将两个或多个专业维度或学术科目的知识融合起来的模型。此类模型可以通过追踪各种气候变量来解决由诸多因素导致的气候变化，例如排放量、大气中温室气体浓度及其他碳汇、温度及其他大气中温室气体浓度增加导致的气候影响、以及此类气候影响引起的损害。排放是由经济行为产生的，政策情景可被假设为影响排放量的若干方面。

国家自主贡献预案 (INDC)：国家自主贡献预案是《巴黎协定》的主要交付品之一，反映了国家在低排放及气候韧性开发方面的努力，以期达成《联合国气候变化框架公约》的目标。国家自主贡献预案在《巴黎协定》通过后，改称为国家自主贡献；参见《巴黎协定》。⁴⁰

国际能源署 (IEA)：一个自治机构，旨在为其 29 个成员国等保证可负担且清洁的可靠能源。国际能源署重点关注能源安全、经济发展、环保意识以及市场参与四个方面。

政府间气候变化专门委员会 (IPCC)：该委员会于 1988 年组建成立，是联合国定期评估气候变化的国际专家论坛，旨在解决下述问题：气候将如何变化？可能产生什么影响？应对

³⁷ 欧盟委员会气候行动《适应气候变化》。2016 年。

³⁸ 政府间气候变化专门委员会，附件 II：术语表【Mach, K.J.、S. Planton 和 C. von Stechow (编辑)】。2014. 载于：《2014 年气候变化：综合报告》。第一、二和三工作组对政府间气候变化专门委员会第五次评估报告的投稿【核心编写团队，R.K.Pachauri 和 L.A.Meyer (编辑)】。政府间气候变化专门委员会，瑞士日内瓦，第 117-130 页。

³⁹ 碳捕获与封存协会，《什么是碳捕获与封存》，2016 年。

⁴⁰ 《联合国气候变化框架公约》，《国家自主贡献预案 (INDC) 的总体影响综合报告》，2013 年。

方法是什么？⁴¹

土地利用/土地利用变化/林业 (LULUCF)：系指一个温室气体清单部门，包括人类直接行为导致的土地利用、土地利用变更及林业活动所造成的温室气体排放量与清除量。⁴²

缓释：系指为了降低或避免温室气体排放而开展的工作。缓释可做如下理解：利用新技术及可再生能源，提高旧有设备节能效率，或变革管理实践或改变消费者行为。

机构：在本报告中，“机构”被赋予了金融机构与非金融机构的含义。

《巴黎协定》：2015年，联合国气候变化框架公约各缔约方在巴黎达成一致，在本世纪，将全球平均气温较工业化前时期上升幅度控制在2°C以内，并努力将温升幅度限制在1.5°C以内。该协定要求所有缔约方落实“国家自主贡献”（NDC）。同时，根据《巴黎协定》，每五年将进行全球总结，评估实现《协定》目标的全体努力，并通报缔约方采取的其他单独举措。

43

物理风险：系指会影响碳资产及公司运营的与气候变化物理后果相关的风险。此类后果包括短期物理损害（天气模式变化，比如极端风暴、洪水及旱灾），和“长期”后果（海平面升高、荒漠化等）。

工业化前水平：系指1850年至1900年参考期间的工业化前平均温度。

代表性浓度路径 (RCP)：系指4种包括辐射强迫预测的独立路径，并作为气候建模、模式缩放及大气化学建模的输入。此类路径建立在温室气体及其他强迫因素强迫作用的基础上。

情景：系指根据关键驱动力（如技术变化率、价格）和关系的合乎逻辑且内部一致的一套假设，对未来如何发展的合理描述。注意，虽然情景不是预测也不是预告，但针对发展和行为可能产生的影响提出观点是有帮助的。⁴⁴

简化气候模型：系指政府间气候变化专门委员会第二次评估报告中提到的“简单气候模型”，其目的是用于根据IS92排放情景及二氧化碳稳定状况，而对全球平均温度及海平面变化做出预测。

转型风险：系指与低碳经济转型相关的风险。此类风险包括下述四种类型：政策与法律风险；技术风险；市场风险（例如，消费者偏好）；声誉风险。

价值链：该术语用于描述产品、流程或服务的上游和下游生命周期，包括材料采购、生产、消耗和处置/循环。上游活动包括与生产产品或服务的初始阶段有关的操作（例如，材料采购、材料加工、供应商活动）。下游活动包括与将物料加工成成品并将其交付给最终用户（例如，运输、分销和消费）的操作。

⁴¹政府间气候变化专门委员会（IPCC），2014：附件II：术语表【Mach, K.J.、S. Planton 和 C. von Stechow（编辑）】。载于：《2014年气候变化：综合报告》。第一、二和三工作组对政府间气候变化专门委员会第五次评估报告的投稿【核心编写团队，R.K.Pachauri 和 L.A.Meyer（编辑）】。政府间气候变化专门委员会，瑞士日内瓦，第117-130页。

⁴²同上。

⁴³《联合国气候变化框架公约》，《巴黎协定》，2016年。

⁴⁴政府间气候变化专门委员会（IPCC），2014：附件二：术语表【Mach, K.J.、S. Planton 和 C. von Stechow（编辑）】。载于：《2014年气候变化：综合报告》。第一、二和三工作组对政府间气候变化专门委员会第五次评估报告的投稿【核心编写团队，R.K.Pachauri 和 L.A.Meyer（编辑）】。政府间气候变化专门委员会，瑞士日内瓦，第117-130页。

附录 3: 引用参考资料

- BHP Billiton. *Climate Change: Portfolio Analysis*. 2015. www.bhp.com/-/media/bhp/documents/investors/reports/2015/bhpbillitonclimatechangeportfolioanalysis2015.pdf?la=en.
- BHP Billiton. *Views After Paris*. 2016. www.bhp.com/-/media/bhp/documents/investors/reports/2016/bhpbillitonclimatechangeportfolioanalysis2016.pdf?la=en.
- Carbon Capture and Storage Association. "What is CCS?" 2016. www.ccsassociation.org/what-is-ccs/.
- CDP. "Climate Change Questionnaire." 2017. <https://www.cdp.net/en/guidance/guidance-for-companies>.
- ConocoPhillips. "Scenarios in the capital allocation process." *Climate Change Strategy*. 2017. www.conocophillips.com/sustainable-development/environment/climate-change/climate-change-strategy/Pages/default.aspx.
- Deep Decarbonization Pathways Project (DDPP). "About," *DDPP*. 2016. deepdecarbonization.org/about/.
- European Commission Climate Action. *Adaptation to Climate Change*. 2016. ec.europa.eu/clima/policies/adaptation_en.
- Fuss, Sabine, et al. "Betting on negative emissions," *Nature Climate Change* 4 (10), September 2014, pp. 850–853. [/www.nature.com/nclimate/journal/v4/n10/full/nclimate2392.html](http://www.nature.com/nclimate/journal/v4/n10/full/nclimate2392.html).
- Glencore. *Climate change considerations for our business*. 2016. www.glencore.com/assets/sustainability/doc/sd_reports/GLEN-Climate-change-considerations-for-our-business-20160613.pdf.
- Industrial and Commercial Bank of China (ICBC). *Impact of Environmental Factors on Credit Risk of Commercial Banks*. March 2016. www.greenfinance.org.cn/upfile/upfile/file/ICBC_环境压力测试论文_2016-03-19_08-49-24.pdf.
- International Energy Agency (IEA). *World Energy Model Documentation 2015 Version*. 2015. www.worldenergyoutlook.org/media/weoweb/2015/WEM_Documentation_WEO2015.pdf.
- IEA. *Energy and Climate Change*. 2015. www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). "Remap – IRENA's Roadmap for a Renewable Energy Future." *IRENA*. 2016. irena.org/remap/.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP4.5 and RCP 8.5* [van Oldenborgh, G.J., M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds.)]. 2013. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. <http://www.climatechange2013.org/>.
- IPCC. Fifth Assessment Report (AR5), *Climate Change: Action, Trends, and Implications for Business*, Cambridge University Press, 2013. www.cisl.cam.ac.uk/business-action/low-carbon-transformation/ipcc-climate-science-business-briefings/climate-science.
- IPCC. "Towards new Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies," September, 2007. IPCC Expert Meeting Report. www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/expert-meeting-ts-scenarios.pdf.
- Maack, J. *Scenario Analysis: A Tool for Task Managers*. Social Analysis: selected tools and techniques, Social Development Papers, Number 36, the World Bank, June 2001, Washington, DC. siteresources.worldbank.org/INTPSIA/Resources/490023-1121114603600/13053_scenarioanalysis.pdf.
- Paltsev, Sergey. "Energy Scenarios: The Value and Limits of Scenario Analysis," MIT CEEPR WP 2016-007, 2016.
- Rounsevell, Mark D. A. and Metzger, Marc J. *Developing qualitative scenario storylines for environmental change assessment*. *WIREs Climate Change* 2010, 1: 606-619. doi: 10.1002/wcc.63, 2010. wires.wiley.com/WileyCDA/WiresArticle/wisId-WCC63.html.
- Schoemaker, Paul J.H. "Integrating scenarios into strategic planning at Royal Dutch/Shell." *Planning Review*, Vol. 20 Issue: 3, pp.41-46. 1992. <https://doi.org/10.1108/eb054360>.
- Statoil. *Energy Perspectives 2016: Long Term Macro and Market Outlook*. June 2016. www.statoil.com/content/dam/statoil/documents/energy-perspectives/energy-perspectives-2016.pdf.

- U.K. Government's International Climate Fund, EU's Climate-KIC, "The Global Calculator tool," *The Global Calculator*. www.globalcalculator.org/.
- United Nations Food and Agriculture Organization. "Global Agro-Ecological Zones." 2017. www.fao.org/nr/gaez/en/.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. "The Paris Agreement," December 2015. unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.
- United Nations Environmental Programme. *Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement*. February 2016. www.unepdtu.org/-/media/Sites/energyefficiencycentre/Publications/C2E2%20Publications/Best-Practises-for-Industrial-EE_web.ashx?la=da.
- Wilby, R.G., et al. "Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods." Supporting Material of the IPCC, Task Group on Data and Scenario Support for Impacts and Climate Analysis (TGICA). August, 2004. www.wcrp-climate.org/wgcm/references/IPCC_TGICA_guidelines_sdscenarios_2004.pdf.
- World Business Council for Sustainable Development. "Global Water Tool." 2015. <http://www.wbcsd.org/work-program/sector-projects/water/global-water-tool.aspx>.
- World Climate Research Programme. "CMIP5." 2016. cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/.
- World Resources Institute (WRI). "Aqueduct: Measuring and Mapping Water Risk." 2016. www.wri.org/our-work/project/aqueduct.
- Zenghelis, Dimitri and Stern, Nicholas. *The importance of looking forward to manage risks: submission to the Task Force on Climate-Related Financial Disclosures*. Policy Paper, June 2016. www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2016/06/Zenghelis-and-Stern-policy-paper-june-2016.pdf.

附录 4：更多参考资料

1. Global Climate Models and Scenarios

- Dowlatabadi, H. *Integrated assessment models of climate change: an incomplete overview*. Energy Policy, 23: 289-296. 1995.
- Ercin, A. Ertug and Arjen Y. Hoekstra. *Carbon and Water Footprints: Concepts, Methodologies and Policy Responses*. UN World Water Assessment Program. 2012. waterfootprint.org/media/downloads/Ercin-Hoekstra-2012-Carbon-and-Water-Footprints_1.PDF.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *IPCC Special Report: Emissions Scenarios*. Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. 2000. www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=0.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). *Towards new Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies: IPCC Expert Meeting Report*. September 2007. www.imes.ucar.edu/docs/IPCC.meetingreport.final.pdf.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). "Annex II: Glossary." *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130. 2014. http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_Glossary.pdf.
- National Center for Atmospheric Research. "International Committee on New Integrated Climate Change Assessment Scenarios (ICONICS)." *Climate & Global Dynamics*. www2.cgd.ucar.edu/research/iconics.
- Riemann-Campe, Kathrin. *Climate Scenarios: An Introduction*. Alfred Wegener Institute, Bremerhaven Germany. 2016. www.access-eu.org/contributor/resources/download/access/fichiers_pdf/WP1_WS_RiemannCampe_Scenarios.pdf.
- The Royal Society (2013). *Modeling Earth's future: Integrated assessments of linked human- natural systems*. Science Policy Centre report. October 2013. royalsociety.org/topics-policy/publications/2013/modeling-earths-future/.
- Van Vuuren, Detlef P. et al. "The representative concentration pathways: an overview." *Climatic Change* 109: 5-31, DOI 10.1007/s10584-011-0148-z. 2011.
- Wayne, G.P. "The beginner's guide to representative concentration pathways." *Skeptical Science*. 2013. skepticalscience.com/rcp.php.

2. Scenario Analysis - How To

- 2° Investing Initiative (2°i). *Transition Risk Toolbox: Scenarios, Data, and Models*. November 2016. 2degrees-investing.org/IMG/pdf/2ii_et_toolbox_v0.pdf.
- Berkhout, Frans, et. al. *Socio-economic futures in climate change impact assessment: using scenarios as 'learning machines.'* Tyndall Centre for Climate Change Research. 2001. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378002000067.
- Ceres. *A Framework for 2 Degrees Scenario Analysis: A Guide for Oil and Gas Companies and Investors for Navigating the Energy Transition*. January 2017. <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Framework.pdf>.
- Godet, Michel. "The Art of Scenarios and Strategic Planning: Tools and Pitfalls." *Technological Forecasting and Social Change*, 65: 3-22. Elsevier Science Inc. New York, NY. 2000. en.lapropective.fr/dyn/anglais/articles/art_of_scenarios.pdf.
- Hallegatte, Stephanie. "Strategies to adapt to an uncertain climate change." *Global Environmental Change*, 19: 240-247. 2009. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378008001192.
- Kosow, Hannah and Gaßner, Robert. *Methods of Future and Scenario Analysis: Overview, assessment, and selection criteria*. Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE Studies 39), Bonn Germany. 2008. nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoa-193660.
- Mearns, L.O., et. al. *Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Regional Climate Model Experiments*. IPCC. October 2003. www.ipcc-data.org/guidelines/dgm_no1_v1_10-2003.pdf.

- North American CRO Council. *Scenario Analysis: Principles and Practices in the Insurance Industry*. North American CRO Council Incorporated. December 2013. crocouncil.org/images/CRO_Council_-_Stress_and_Scenario_Testing_Paper_FINAL.pdf.
- Paltsev, Sergey. "Energy Scenarios: The Value and Limits of Scenario Analysis." *MIT CEEPR 2016-007*. MIT Center for Energy and Environmental Policy Research. April 2016. ceepr.mit.edu/files/papers/2016-007.pdf.
- Santoso, Heru, et. al. *Climate Scenarios: What we need to know and how to generate them*. Center for International Forestry Research, Working Paper Number 45. 2008. www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/WP45Santoso.pdf.
- Schoemaker, Paul J.H. "When and How to Use Scenario Planning: A Heuristic Approach with Illustration." *Journal of Forecasting* 10: 549-564. November 1991. onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/for.3980100602/abstract.
- Wulf, Torsten, et. al. *A Scenario-based Approach to Strategic Planning: Integrating Planning and Process Perspective of Strategy*. Leipzig Graduate School of Management, Center for Scenario Planning, Working Paper 1. July 2010. www.hhl.de/fileadmin/texte/publikationen/arbeitspapiere/hhlap0098.pdf.

3. Scenario Analysis/Climate Modeling/Resiliency Planning – Tools and Data

- California Energy Commission. "Climate Tools." *Cal-adapt*. 2017. cal-adapt.org/tools/.
- Climate and Development Knowledge Network (CDKN). "A guide to climate compatible development tools." *Climate Planning*. www.climateplanning.org/.
- European Climate Adaptation Platform. "Observations and Scenarios." *Adaptation Information*. climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/adaptation-information/observations-and-scenarios.
- European Climate Information Portal. *CLIPC: Constructing Europe's Climate Information Portal*. www.clipc.eu/home. (provides climate, indicator and scenario information)
- European Environment Agency. *European Environment Agency*. www.eea.europa.eu/. (provides information on land cover, water, air and other environmental data and indicators)
- Europe PROVIA / MEDIATION Adaptation Platform. "Scenario Analysis." *PROVIA / MEDIATION Toolbox*. www.mediation-project.eu/platform/tbox/scenario_analysis.html. (provides climate change adaptation methods and tools)
- Food and Agricultural Organization of the United Nations. "Modelling System for Agricultural Impacts of Climate Change – MOSAICC." *Climate Change*. United Nations. www.fao.org/climatechange/mosaicc/66705/en/.
- Global Carbon Project. *The Global Carbon Project*. 2017. www.globalcarbonproject.org/. (provides information on the global carbon cycle, including its biophysical and human dimensions and the interactions and feedbacks between them, as well as carbon and methane budgets and trends)
- Government of Canada. "Downscaling Tools." *Canadian Climate Data and Scenarios*. climate-scenarios.canada.ca/?page=dst-intro.
- International Institute of Applied Systems Analysis. "Databases." *Models, Tools & Data*. www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/Databases.en.html. (contains a wide variety of land, energy, transition, and water tools)
- Mendelsohn, Robert, et. al. "Country-specific market impacts of climate change." *Climate Change*, 45: 553-569. 2000. www.researchgate.net/publication/227176953_Country-Specific_Market_Impacts_of_Climate_Change.
- NASA. "Climate Effects on Food Supply." *Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC)*. 2017. sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/crop-climate.
- Natural Capital Project. "Our Software." *Scenario Support and Other Tools*. www.naturalcapitalproject.org/software/#scenario-generator.
- Nature Conservancy. *Climate Wizard*. www.climatewizard.org/index.html.
- National Center for Atmospheric Research. "Climate Change Scenarios GIS data portal." *GIS Program*. 2017. gisclimatechange.ucar.edu/.
- National Oceanographic and Atmospheric Administration. "Meet the Challenges of a Changing Climate." *U.S. Climate Resilience Tool Kit*. toolkit.climate.gov/.
- National Science Digital Library. "Decision Making Using GIS Climate Change Simulation Data." *Using Data in the Classroom*. Carleton College. serc.carleton.edu/usingdata/datasheets/GISclimate.html.

- Pyke, Christopher R., et. al. "A decision inventory approach for improving decision support for climate change impact assessment and adaptation." *Environmental Science and Policy*, 10: 610-621. 2007.
- UNEP and Copenhagen Centre for Energy Efficiency. *Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement*. 2016. www.energyefficiencycentre.org/publications.
- U.S. Department of Agriculture. "Climate Change Tools and Data". *Climate Hubs*. www.climatehubs.oce.usda.gov/content/climate-change-tools-and-data-0.
- U.S. Department of the Interior. "Climate Change – Selected Resources, Data, and Tools." *Climate Change*. Office of Insular Affairs. www.doi.gov/oia/climate-change/resources-data-tools.
- U.S. Environmental Protection Agency. "Models, Tools, and Databases for Climate Change Research." *Climate Change Research*. www.epa.gov/climate-research/models-tools-and-databases-climate-change-research.
- U.S. Environmental Protection Agency. "Climate Resilience Evaluation and Awareness Tool (CREAT)." *Creating Resilient Water Utilities (CRWU)*. www.epa.gov/crwu/build-resilience-your-utility.
- U.S. Forest Service, USDA. "Scenarios Network for Alaska and Arctic Planning (SNAP)." *Climate Change and Carbon Tools*. www.fs.usda.gov/ccrc/tools/snap.
- U.S. Geological Survey. "Climate and Land Use Change." *Data and Tools*. **Error! Hyperlink reference not valid..**
- United States Data.gov. "Climate Model Projections". *Climate*. www.data.gov/climate/portals/.
- U.S. Global Change Research Program (USGCRP). "Scenarios." *Scenarios for the National Climate Assessment*. scenarios.globalchange.gov/.
- USGCRP. "Scenarios: About Scenarios." *Scenarios for the National Climate Assessment*. scenarios.globalchange.gov/content/scenarios.
- World Wildlife Fund (WWF). Water Risk Filter. 2017. waterriskfilter.panda.org/.

4. Scenario Analysis and Disclosures – Other Corporate Examples

- BP (2015). "The energy challenge and climate change". *Sustainability Report*. 2015. www.bp.com/content/dam/bp/pdf/about-bp/energy-challenge-climate-change.pdf.
- CALStrs and Mercer. *Investing in a Time of Climate Change Study*. 2016. www.calstrs.com/investing-time-climate-change-study.
- New York State Common Retirement Fund and Mercer. *Investing in a Time of Climate Change: New York State Common Retirement Fund (NYSCRF) Portfolio Climate Risk Assessment*. September 2015. www.osc.state.ny.us/pension/NYSCRF_climate_change_report.pdf.
- OPTrust and Mercer. *OPTrust Portfolio Climate Risk Assessment*. January 2017. www.optrust.com/documents/OPTrust_PortfolioClimateRiskAssessment_Mercer.pdf.
- U.K. Environmental Agency Pension Fund (2015). "Tackling Climate Risk." *Climate Change*. 2015. www.eapf.org.uk/investments/climate-risk/climate-risk-strategy.

5. Sector-Related Climate Impacts

Agriculture and Forestry Sectors

- Deschenes, Olivier and Michael Greenstone. "The economic impacts of climate change: evidence from agricultural profits and random fluctuations in weather." Center for Energy and Environmental Policy Research, *Working Paper WP 06-001*. 2006.
- Fezzi, Carlo, et. al. "The environmental impact of climate change adaptation on land use and water quality." *Nature Climate Change*, 5: 255-260. 2015.
- Fischer, Gunther, et. al. "Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080." *Phil. Trans. R. Soc. B. DOI: 10.1098/rstb.2005.1744*. 2005.
- Gorte, Ross W. and Sheikh, Pervaze A. *Deforestation and Climate Change*. Congressional Research Service, March 2010. crsreports.com/download?hash=4151b8e9b3c446089bac138bf73e0f3d1c651646ac0409ea474d14a5ebe5e024.

- Kirilenko, Andrei P. and Sedjo, Roger A. "Climate change impacts on forestry." *Proceedings of the National Academies of Science*, 104: 19697-19702. 2007.
- Parry, M.L., et. al. "Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios." *Global Environmental Change*, 14: 53-67. 2004.
- Riley, Jake and Pranjal Srivastava. "Agriculture: An Industry Ripe for Disruption." *Crossings*, Sapient Global Markets. 2016. crossings.sapientglobalmarkets.com/2016/11/03/agriculture-industry-ripe-disruption/.
- Sohnngen, Brent, et. al. "A global model of climate change impacts on timber markets." *Journal of Agricultural and Resource Economics* 26: 326-343. 2001.

Building Sector

- De Wilde, Pieter and Coley, David. "The implications of a changing climate for buildings." *Building and Environment*, 55: 1-7. 2012.
- Hertin, Julia, et. al. "Climate change and the U.K. house building sector: perceptions, impacts, and adaptive capacity." *Building Research & Information*, 31: 278-290. 2003.

Electric Power Sector

- Bartos, Matthew D. and Chester, Mikhail V. "Impacts of climate change on electric power supply in the Western United States." *Nature Climate Change*, 5: 748-752. 2015.
- Committee on Climate Change. *Power sector scenarios for the fifth carbon budget*. October 2015. www.theccc.org.uk/publication/power-sector-scenarios-for-the-fifth-carbon-budget/.
- National Hydropower Asset Assessment Program. *Effects of climate change on hydropower — The Second 9505 Assessment*. Oak Ridge National Laboratory. 2016. nhaap.ornl.gov/9505-2.
- van Vliet, Michelle T.H., et al. "Power-generation system vulnerability and adaptation to changes in climate and water resources." *Nature Climate Change* 6 (2016): 375-380. www.nature.com/nclimate/journal/v6/n4/full/nclimate2903.html.

Energy Sector

- Ceres. *A Framework for 2 Degrees Scenario Analysis: A Guide for Oil and Gas Companies and Investors for Navigating the Energy Transition*. 2016. www.ceres.org/sites/default/files/reports/2017-03/Framework_Jan%2010%2017.pdf.
- Fricko, Oliver et. al. *Energy sector water use implications of a 2° C climate policy*. Environmental Research Letters, 11: 1-10, 2016. www.cd-links.org/wp-content/uploads/2016/06/Fricko-et-al-2016.pdf.
- Heiligtag, Sven, et. al. "From scenario planning to stress testing: The next step for energy companies". McKinsey & Co. February 2017. www.mckinsey.com/business-functions/risk/our-insights/from-scenario-planning-to-stress-testing-the-next-step-for-energy-companies?cid=other-eml-alt-mip-mck-oth-1703.
- IIGCC, IGCC, Ceres, and CDP. "Investor Climate Compass: Oil and Gas – Navigating Investor Engagement." 2017. www.iigcc.org/publications/publication/investor-climate-compass-oil-and-gas-navigating-investor-engagement.
- International Institute of Applied Systems Analysis. "Energy Multi-Criteria Analysis Tool." *Interactive Tools*. July 2014. www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/ENE-MCA.en.html.
- U.S. Department of Energy. *U.S. Energy Sector Vulnerabilities to Climate Change and Extreme Weather*. DOE/PI-0013. July 2013. energy.gov/sites/prod/files/2013/07/f2/20130716-Energy%20Sector%20Vulnerabilities%20Report.pdf.
- World Resources Institute. *A Recommended Methodology for Estimating And Reporting The Potential Greenhouse Gas Emissions From Fossil Fuel Reserves*. Working Paper. 2016. <http://www.wri.org/publication/methodology-calculating-potential-emissions-fossil-fuel-reserves>

Financial Services Sector

- Battiston, Stefano, et. al. "A climate stress-test of the financial system." *Nature Climate Change*, 7: 283-288. 2017.
- Blyth, William, et. al. "Investment risks under uncertain climate change policy." *Energy Policy*, 35: 5766-5773. 2007.
- Dietz, Simon, et. al. "Climate value at risk of global financial assets." *Nature Climate Change*, 6: 676-679. 2016.

European Systemic Risk Board. "Too late, too sudden: Transition to a low-carbon economy and systemic risk." *Reports of the Advisory Scientific Committee*, 6. February 2016.
www.esrb.europa.eu/pub/pdf/asc/Reports_ASC_6_1602.pdf.

Hawker, Michael. "Climate change and the global insurance industry." *The Geneva Papers*, 32: 22-28. 2007.

International Finance Corporation, Mercer, and Carbon Trust. *Climate Change Scenarios – Implications for Strategic Asset Allocation*. 2011.
www.ifc.org/wps/wcm/connect/6b85a6804885569fba64fa6a6515bb18/ClimateChangeSurvey_Report.pdf?MOD=AJPERES.

Mercer LLC. *Investing in a Time of Climate Change*. 2015.
www.mercer.com/our-thinking/investing-in-a-time-of-climate-change.html.

Transportation Sector

Baker, C.J. et. al. "Climate change and the railway industry: a review." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 224: 519-528. 2010.

Bows-Larkin, Alice. "All adrift: aviation, shipping, and climate change policy." *Climate Policy*, 15: 681-702. 2015.

Cambridge Econometrics. *An Economic Assessment of Low-Carbon Vehicles*. 2013.
europeanclimate.org/documents/Cars-Economic-assessment-vehicles-FINAL.pdf.

IEA. *Global EV Outlook: Beyond One Million Electric Cars*. 2016.
www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf.

Koetse, Mark J. and Rietveld, Piet. "The impact of climate change and weather on transport: an overview of empirical findings." *Transportation Research Part D*, 14: 205-221. doi:10.1007/s12544-013-0089-x. 2009.
link.springer.com/article/10.1007/s12544-013-0089-x.

Mamalis, A. G., et. al. "The impact of automotive industry and its supply chain to climate change: Somme techno-economic aspects." *Eur. Transp. Res. Rev.* 5:1-10. January 2013.

Mander, Sarah. "Slow steaming and a new dawn for wind propulsion: A multi-level analysis of two low carbon shipping transitions." *Marine Policy*, 75: 210-216. 2017.

McCarthy, James E. *Aviation and Climate Change*. Congressional Research Service. 2010.
crsreports.com/download?hash=9c475e0a379c3482d9d5f420140c939d30113d594c1917d18d7e1c0eab1625dd.

Vilchez, Jonathan Gomez, et. al. *Energy Use and Emissions Impacts from Car Technologies Market Scenarios: A Multi-Country System Dynamics Model*. Institute for Industrial Production and Graduate School of Energy Scenarios Karlsruhe-Stuttgart, Karlsruhe Institute of Technology (KIT). 2015.
www.systemdynamics.org/conferences/2015/papers/P1252.pdf.

Water Sector

Beverage Industry Environmental Roundtable. Beverage Industry Continues to Drive Improvement in Water and Energy Use: 2016 Benchmarking Study. 2016. www.bieroundtable.com/blank-c1gkm

CDP. Exploring the Case For Corporate Context-Based Water Targets. 2017. pacinst.org/publication/exploring-case-corporate-context-based-water-targets/

CDP. "Thirsty business: Why water is vital to climate action," *2016 Annual Report of Corporate Water Disclosure*. 2016.
<https://www.cdp.net/en/research/global-reports/global-water-report-2016>

Griffiths-Sattenspiel, Bevan and Wilson, Wendy. "The carbon footprint of water." River Network. 2009.
www.csu.edu/cerc/researchreports/documents/CarbonFootprintofWater-RiverNetwork-2009.pdf.

Hoekstra, Arjen Y. "Water scarcity challenges to business." *Nature Climate Change* 4: 318-320. 2014.

Rothausen, Sabrina G.S.A. and Conway, Declan. "Greenhouse-gas emissions from energy use in the water sector." *Nature Climate Change* 1: 210-219. 2011.

Thorne, O.M. and R.A. Fenner. "Risk-based climate-change impact assessment for the water industry." *Water Science and Technology*, 59: 443-451. 2009.

Tramberend S, Wiberg D, Wada Y, Flörke M, Fischer G, Satoh Y, Yillia P, van Vliet M, et al. *Building global water use scenarios. IIASA Interim Report*. IIASA, Laxenburg, Austria: IR-15-014. 2015.

6. General Business and Economic Implications of Climate Change

Carbon Trust. *Climate change – a business revolution? How tackling climate change could create or destroy company value*. 2008. www.carbontrust.com/media/84956/ctc740-climate-change-a-business-revolution.pdf.

Dobbs, Richard, et. al. *Resource Revolution: Meeting the world's energy, materials, food and water needs*. McKinsey Global Institute. November 2011. www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/resource-revolution.

Mendelsohn, Robert, et. al. "Country-specific market impacts of climate change." *Climate Change*, 45: 553-569. 2000.

Tol, Richard S.J. "The Economic Effects of Climate Change." *Journal of Economic Perspectives*, 23: 29-51. 2009.