



科学和技术促进发展委员会

第十八届会议

2015年5月4日到8日，日内瓦

临时议程项目3(a)

2015年后发展议程的战略性前瞻

秘书长的报告

内容提要

本报告提出、分析和阐述战略性前瞻对决策者特别是发展中国家决策者作用的关键性问题，以供讨论。第二章介绍战略性前瞻概念及其在世界各地的应用。第三章分析与2015年后时期发展有关的科学、技术和创新问题，分析依据的是对国际前瞻专家近期前瞻报告和资料的元分析结论以及对潜在的社会经济和发展影响的认真评估结果。第四章叙述主要政策教训。第五章提出结论和建议，供各国政府和其他利益相关者参考。



目录

	页次
导言.....	3
一. 战略性前瞻的理论和实践.....	3
A. 通用的前瞻方法.....	3
B. 世界各国的战略性前瞻研究.....	4
二. 2015年后发展议程需要考虑的主要科学、 技术和创新趋势.....	5
A. 与自然资源有关的技术.....	6
B. 可持续的能源系统.....	8
C. 减缓和适用气候变化以及碳抵消的技术.....	11
D. 技术的交汇.....	12
E. 城市化和人类住区.....	15
三. 水平扫描和前瞻研究获得的教益.....	16
四. 结论和建议.....	17

导言

1. 科学和技术促进发展委员会(委员会)在 2014 年 5 月的第十七届会议上选择“2015 年后发展议程的战略性前瞻”为 2014-2015 闭会期间探讨的两个优先主题之一。
2. 为了更好地理解这一优先主题，并协助委员会第十八届会议的审议，委员会秘书处于 2014 年 11 月 26 日至 28 日在瑞士日内瓦举行了专家小组会议。本报告是根据闭会期间专家小组的讨论，包括专家小组会议期间举办的战略性前瞻咖啡聚会的专家讨论、委员会成员国提交的国家报告以及各地区专家提供的资料编写的。

一. 战略性前瞻的理论和实践¹

3. 战略性前瞻(也称“技术前瞻”或“面向未来的技术分析”)是系统评估科学、技术和创新(科技创新)的长期趋势及其对社会的潜在影响，以发现可能影响变革和产生最大社会效益的科学研究及技术发展领域。
4. 居于技术发展进程的最上游，前瞻为技术战略、政策和计划提出建议，探索达到所规划愿景的路径。因此，前瞻可以指导技术基础设施的发展，支持创新，向企业提供技术管理和技术转让方面的激励和帮助，从而提高竞争力和经济增长率。
5. 战略性前瞻是一个参与性过程，需要政策制定者、专家、工业界和民间社会代表及其他利益相关者之间进行结构化辩论，就长期性问题达成共识。评估可以采用一种或几种方法进行，从广泛的知识来源中系统地撷取前瞻性情报。

A. 通用的前瞻方法

6. 世界各国使用不同的前瞻方法。前瞻经验交流是被称为对前瞻研究、参与者和成果进行系统监测和分析的“调查分析”的研究过程的一部分。近期的前瞻研究调查分析表明，各国对战略性前瞻的兴趣日益浓厚，主要因为前瞻研究已不仅仅是支持科技创新政策和战略制定的工具。前瞻范围也在不断扩大，涉及更广泛的目标，包括分析科技创新的未来潜力、促进网络建设、确定科技创新优先方向、支持方法学和能力建设以及提出共同愿景。此外，调查分析工作还表明多范围或多用途的前瞻现在已成为一种普遍现象。

¹ L. Georghiou、JC Harper、M Keenan、I Miles 和 R Popper, 2008 年,《技术前瞻手册:概念和做法》(Cheltenham, Edward Elgar 出版社)。

7. 对前瞻研究的调查分析有助于发现全球最广泛使用的前瞻方法。对世界各地近 1,000 种前瞻方法的调查显示,使用最广泛的前十种前瞻方法分别是:专家小组、情景分析、趋势外推、未来学研讨会、头脑风暴、德尔菲方法²、访谈、关键性技术³、问卷调查和/或调查以及优势、劣势、机会和威胁分析⁴。影响方法选择的两个最重要因素是其性质(定性、定量或半定量)和组合(对其它前瞻方法的依赖或影响)。定性的方法颇受青睐,而有些方法更适合一起使用,如频繁使用“头脑风暴”可为“德尔菲法”提供素材。

8. 信息和通信技术正在越来越多地应用于多数前瞻研究,尤其是互动和基于证据的研究活动。还大量用于支持建模、数据挖掘、扫描、参与性进程和可视化,如网上调查、大数据分析、在线“水平扫描”和创造力平台。

B. 世界各国的战略性前瞻研究

9. 调查分析每个地区前十种前瞻方法可以看出其各具区域特色,如南欧和北美频繁使用关键性技术方法。⁵ 本节还介绍其他地区的做法。

欧洲

10 欧洲的前瞻研究既进行预测,也通过协调治理和决策共同确定未来方向。前瞻日益成为一种制度化活动,彼此之间也越来越希望分享前瞻经验,例如通过欧洲前瞻平台和国际前瞻学院来分享各自经验。

11. 有些国家,如法国,有着丰富的未来学研究历史,可以追溯到几十年之前,仍然影响着目前的研究。其他国家,例如爱尔兰和大不列颠及北爱尔兰联合王国,受技术前瞻和可持续未来学传统影响的历史较短。在东欧,国家中央计划体制下共产主义时代的未来学传统乏善可陈,最近的未来学研究深受北欧和西欧的技术前瞻研究的影响。欧盟委员会和联合国工业发展组织对这一政策工具的转让发挥了重要作用。南欧的前瞻研究起步较晚,约有一半以上是西班牙的技术展望研究。

² “德尔菲法”是指一组专家匿名答复问卷,随后收到小组答复的统计反馈,之后又重复这一过程。目标是缩小答复的范围,得出更接近于专家共识的结果”(兰德公司,2015年,题目:德尔菲法,可查阅:<http://www.rand.org/topics/delphi-method.html> (上传时间:2015年2月13日)。

³ 这种方法发现一个特定时间段最具影响力的技术,以此确定研究和发展的重点。

⁴ R Popper 根据欧洲监测网(2005-2009年)、iKnow(2008-2011年)和欧洲前瞻平台(2009-2012年)的数据进行的分析。见<http://www.foresight-platform.eu/>和 R Popper, 2008年,如何选择前瞻方法?《前瞻研究》,10(6): 62-89。

⁵ S Bitar, 2013年,《拉丁美洲为何以及如何思考未来》(华盛顿特区,美洲对话); M Keenan 和 R Popper, 2008年,对世界六个地区前瞻研究风格的比较,《前瞻研究》,10(6): 16-38。

拉美

12. 拉丁美洲的前瞻研究缓慢演变但不断取得进展。许多国家发起了国家方案和项目，借鉴国际社会主要是欧洲的前瞻概念和方法。然而，该地区也因创造性地利用有限资源，培育了自己的前瞻风格。时而在实践和工具上取得有效创新，例如新的管理系统和在线支持工具，以及鼓励利益相关者作出承诺的新途径。国际组织，如教育、科学、技术和文化一体化安德雷斯·贝略协定组织、联合国拉丁美洲和加勒比经济委员会、联合国工业发展组织，最近还有欧盟委员会，都在积极支持该地区的前瞻研究和能力建设活动。

北美

13. 许多最流行的前瞻方法发端于 1950 年代和 1960 年代的美利坚合众国，为公共部门和私营部门广泛使用。加拿大和美国的很多前瞻活动是在州和联邦一级进行的。美国国家情报委员会发表了全球趋势报告，指明了政府内部和以外的战略对话方向。行业技术路线图尤其受到美国企业的欢迎。

亚洲

14. 日本是最早进行技术前瞻的国家，自 1970 年以来一直采用“德尔菲方法”预测和确定未来的技术轨迹。除了对欧洲的影响外，日本的前瞻研究也激励着中国和韩国以及东南亚开展类似活动。在亚太经济合作论坛的框架下，1998 年成立了技术前瞻中心，在全区域开展技术前瞻研究和发展成员国能力。这项工作主要受到澳大利亚、日本、北美和北欧及西欧前瞻研究的影响。

非洲

15. 非洲的多数前瞻研究是国际组织，如非洲开发银行、欧洲联盟、联合国粮食和农业组织、国际粮食政策研究所、联合国艾滋病联合规划署和联合国开发计划署发起或开展的。大多数研究活动将非洲视为一个整体，只有少数研究专注于单个国家。

二. 2015 年后发展议程需要考虑的主要科学、技术和创新趋势

16. 2015 年后发展议程将体现一种普遍原景，即消除贫困和改造世界，以更好地满足人的需求和助力经济转型，同时保护环境，确保和平和实现人权。委员会指出，在全球寻求制定这一议程时，需要明确认识科技创新在实现发展愿望中起到的重要作用。⁶

⁶ E/CN.16/2014/2。

17. 作为联合国系统科技创新问题的旗手，委员会一直强调必须加强培养科技创新人才，鼓励创业精神，提高创新能力，以促进包容性和可持续的发展。在战略性前瞻这一优先主题框架下，委员会秘书处利用国际前瞻专家的资料，进行了“水平扫描”，以发现有可能推进 2015 年后发展议程和可持续发展目标的关键科技创新趋势。⁷ 2014-2015 年闭会期间，专家小组讨论了这些趋势，包括战略性前瞻咖啡聚会上的专家讨论。本章在以下五个方面阐述讨论结果：自然资源；能源；气候变化；技术交汇和城市化。

A. 与自然资源有关的技术

18. 工业和技术的发展，以及经济增长和繁荣带来的消费方式变化，不仅促使可再生生物资源的需求增加，也促使矿产、金属和化石燃料等不可再生资源需求的增加。我们的世界是一个封闭的资源体系，可利用的资源数量有限。资源在绝对数值上不稀缺，但在全球分布不均，使获取资源存在不确定性，有可能引发冲突。

19. 创新在引导资源需求和供给方面起着复杂的作用。突破性技术可以使资源产生新的用途，也可以发现新的勘探和开采方法，但亦可能增加环境负担。同时，创新也可以使社会减少对有限和污染资源的使用，转向更可持续的替代品。因此，全球资源竞争加剧的影响在很大程度上取决于能否将技术发展引向以更节约方式满足社会需要的轨道。以下各节探讨可以更有效管理食物和水资源的潜在技术。

1. 食品

20. 农产品需求和用途的变化，促使食品生产继而发生变化。随着饮食从以谷物为主转向以更多蛋白、脂肪和糖为主，也随着以植物为基础的能源产量不断增加，各种利益，如食物质量和数量的增加、农业的环境容量、适应气候变化、食品的廉价易得和弱势群体之间便形成了相互关联。现从消除饥饿、实现粮食安全和提高农业生产力角度探讨以下四个关键技术趋势：纳米食品；人造肉和动物的高效生产；信息和通信技术在农业生产中的应用；功能性食品。

21. 纳米肉的应用贯穿整个食物链过程，可以降低投入和废物，提高农业生产力，改进食物和供水的安全性和质量，最终提高食物生产效率。

⁷ 与苏黎世应用科学大学可持续发展研究所技术前瞻讲师 V Carabias-Huetter 配合，并借助国际前瞻学院和欧盟委员会以下前瞻专家提供的资料：苏黎世应用科学大学的 Y Blumer、M Hoppe、H Spiess、D Wemyss 和 C Zipper；欧盟委员会联合研究中心的 K Haegeman；悉尼大学的 R Johnston；大韩民国科学和技术政策研究所的 I Mariani、B Park；英国曼彻斯特大学的 R Popper。

22. 集约生产和其他解决办法可以满足发展中国家日益增加的肉类需求。集约生产包括提高效率和降低环境影响的促进生长技术。也包括对家畜使用各种疫苗, 保护人类和动物免受有害病原体侵害, 但具有成本效益的生产和分配系统缺乏。现在已经有了肉类替代品, 如通过组织工程学胚胎体外生产的肉产品。

23. 传感器越来越多地应用于对动物、农作物和机器的实时跟踪。机器人或微型机器人使具体作业自动化, 提高了收割、采摘、除草和灌溉的效率。移动电话和平板电脑的使用, 为农民以及供应商、零售商和决策者提供了市场准入机会、肥料来源信息和天气预报。移动技术和其他信息通信技术的应用, 也可以使农民收入增加。目前提供的服务包括市场(价格)信息、当地天气预报和病虫害诊断。移动网络(第二代, 更多的是第三、四代技术)的进一步渗透, 有望为农村地区提供新的机会。

24. 功能性食品以优化营养为目标, 为改善身体健康、降低健康风险甚至治疗疾病提供所需营养。这种食品最早于 1991 年在日本开发成功, 用于特定保健, 降低高企的医疗费用。它们还有助于改善老龄化人口的生活质量。

25. 粮食安全仍然是发展中国家面临的一个问题, 特别是在营养质量方面。发展中国家具有很大的农业潜力, 但只能通过提高效率来实现。逐步提高生产力有助于确保粮食安全, 不断的技术投入可以维持产量增加。纳米技术的应用, 还可提高粮食生产商的竞争力, 增加它们的市场准入, 从而大大促进粮食安全。肉类生产工艺的改进可能极具效率, 足以满足全球需求, 比传统肉类具有更多的资金、健康、动物福利和环境保护优势。然而, 让社会习惯于肉类替代品可能需要一个过程, 特别是因为人们感觉生产过程有失自然。

2. 水

26. 技术可以解决的最具挑战的水问题包括: 缺水, 特别是地下水枯竭造成的缺水; 发展中国家的水质; 农村和城市的供水和卫生设施; 材料的回收利用。⁸ 必须通过减少水、能源和资本消耗的创新方案, 加速推进发展中国家供水和卫生基础设施建设。目前的技术发展趋势注重分散式卫生设施以及过滤废水以回收能源和营养素。这一趋势有助于改善供水和卫生设施, 并提高水质。以下介绍可提高水资源管理的三项有前途的技术发展: 分散式和可持续的卫生设施; 从废水中回收能源和营养素; 通过膜和先进水过滤装置, 对饮用水和废水进行处理。

27. 发展中国家建设新的卫生设施系统, 需要解决基础设施扩建和与中央管网污水处理厂连接的成本和体制问题。可持续卫生设施系统涉及整个服务链, 以及最终产品, 并消除病原体。通常包括洗手或冲洗设备, 使用新的处理材料和方法, 如沙子、土壤和尿液分离、回收能源、营养素再利用和生态卫生。

⁸ 关于农业用水管理问题的深入讨论, 见联合国贸易和发展会议, 2011 年, “粮食生产用水: 保障粮食安全和减少贫困的创新型用水管理技术(纽约和日内瓦, 联合国出版物)。”

28. 废水中的能源和营养素可以捕获并回收利用。对废水和固体物进行厌氧消化处理，可以生产能源，如甲醇沼气。已开始利用微生物燃料电池发电，也就是微生物在处理废水中的代谢功能。生物固体和尿液中有着很高深度的磷和氮。可以制造堆肥或通过化学沉淀、热解或其他方法直接回收磷。

29. 去除淡水或污水中的污染物、盐或固体的分离过程，可以使水的再利用更安全，并能够实现自给自足，同时使用以前不能用的水源。在过滤、膜过滤和海水淡化中应用纳米技术的技术和经济可行性在不断提高。新工艺包括正向渗透技术、高效率能源回收以及太阳能等可再生能源入网。

30. 卫生设施的持久耐用可望以较低前期成本实现，以最大限度地减少健康风险和环境影响。分散式能源和肥料来源可以促进经济发展。然而，如果新技术要求对现有卫生设施进行改造，基础设施则可能成为掣肘。更便宜、体积更小、效率更高的处理设备，可以使更多人喝到洁净饮用水，从而提高经济生产力、人口整体健康水平和环境质量。到 2020 年，纳米过滤器有望在世界发展中地区广泛使用，为人们提供饮用水。⁹

B. 可持续的能源系统

31. 能源系统由三个相互联系的部分组成。在需求方面，需要有能源服务和具体能源载体，如燃料或电力载体。在供给方面，有各种潜在能源，如化石燃料或可再生能源。供给和需求的衔接是一个由本地和全球市场、输送基础设施(包括电网)和机构(如传输系统运营商)构成的复杂系统，这一系统确保能源生产与需求相匹配。因此，能源系统需要基础设施，而基础设施涉及前期成本和较长使用周期，通常是几十年，也涉及各种行为者，并受一些非技术因素，如监管和消费者生活方式的影响。

32. 据国际能源机构，未来几十年全球能源需求将显著增长，主要是在发展中国家。发达国家能源需求预计在中期将呈稳定状态。许多技术趋势预测，未来几十年将出现更便宜、更可持续、更具弹性和综合性的能源系统。本节按能源系统的三个组成部分概述技术趋势，并强调政策制定者面临的挑战。他们既需要解决全球能源需求增长问题，同时也需要建设更可持续的能源系统。

1. 能源需求

33. 能源效率，主要是工业和运输的能源效率，因为技术进步和出于成本考虑，可望逐步提高。2029 年之前，运输、建筑和工业每年的能效投资增量预计

⁹ R Silbergliitt、PS Antón、DR Howell 和 A Wong, 2006 年, 《2020 年全球技术革命—深入分析》(Santa Monica、Arlington 和 Pittsburgh, 兰德公司)。

约为 3,360 亿美元，往往涉及对已有设备的现代化更新改造。¹⁰ 一旦预期能源消耗节省下来，这些措施的投资便有了回报。生物能源对减缓气候变化起着重要作用，但也存在诸多挑战，如做法的可持续性和生物能源系统的效率。提高能源效率从长远看在经济上是可行的，因为化石燃料成本降低可缓解预算紧张，也因为发电能力减少。与此同时，发展中国家人口和经济增长可能降低能源效率提高的影响力，而且可用于投资能源效率的资源不足。

34. 在发达国家，电力的可靠供给得到广泛保障，未来需求的增加可能源于电动汽车或热泵的广泛使用。在发展中国家，普遍使用信息和通信技术将成为需求增长的主要推手。信息和通信技术的应用将扩大市场准入，增加通信和信息交流，并通过服务开辟新的经济潜力，最终使生活质量得到提高。发展中国家实现电气化，取暖和做饭普遍使用清洁燃料，预期将收获巨大健康利益。转变生物质燃料的传统使用方式，提高固体燃料的燃烧效率，将减少空气污染物排放，如二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和黑色碳。

35. 日益扩展城市的建设物建设标准对能源需求有很大影响，如需要取暖和空调；对能源基础设施发展也有很大影响，如需要敷设电网。新建筑采用低能耗建筑规范和适用标准，预计将降低能源成本，减少排放，并有各种可观附带效益。住宅能源消费占全球能源需求的很大部分，在发展中国家约占消费量的 40%。¹¹ 在未来 30 年，发展中国家人口向城市迁徙，将需要高水平的新建筑物以及相关能源基础设施。在一些发达国家，现有标准可能使建筑物能源需求总量维持稳定或者降低。欧洲联盟规定，到 2020 年 12 月 31 日，所有新建筑应该达到接近零能耗目标。¹²

2. 能源供给

36. 过去十年，非常规化石燃料，如页岩气、油砂和煤基天然气的开采急剧增加，大大延长了化石燃料的静态使用寿命，即去掉目前每年消耗量的储备量。由于技术的发展(如水平钻孔、水力压裂、多分支井和微震监测)和能源价格上涨，非常规资源在经济更具吸引力。非常规能源储备可成为化石燃料价格上涨的缓冲，但由于勘探与生产之间的时间差，只有在中长期才能做到。

¹⁰ 政府间气候变化专门委员会，2014 年，《2014 年气候变化：减缓气候变化》(剑桥和纽约，剑桥大学出版社)。

¹¹ L Pérez-Lombard、J Ortiz 和 CPout,2008 年，楼宇能耗信息概览，《能源与楼宇》，40(3): 394-398。

¹² 欧洲议会和欧盟理事会，2010 年，关于楼宇能源效率的第 2010/31 号指令，5 月 19 日，可查阅：<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>(上传时间：2015 年 2 月 13 日)。

37. 可再生能源，如太阳能和风能，一般是碳中性的，可以分散生产，迅速进入电网并与地区联接。不过，这些能源在不同地区的影响取决于当地的条件和发电成本这一关键要素。各国作出巨大努力提供补贴，以使可再生能源形成规模，如政府对技术的直接补贴、强制上网电价和外部融资，如减缓气候变化补贴。相对可靠的可再生能源技术，如沼气、风能和太阳能，预计将进一步成熟，可降低成本，减少实施风险。未来几十年，这些能源的产量将从目前约占 20% 增至 2050 年约占 65%。¹³

38. 许多可再生能源技术，如波浪能、潮汐能和地热能、生物质能和核聚变，还没有达到广泛的工业商业化。随着政府补贴、有利经济条件、消费者接受程度、渐进式创新或技术升级等一一兑现，这些技术可能进一步发展，通过创新达到能源强度降低约 20% 的目标。

3. 能源需求和供给的衔接

39. 在能源供给侧和需求侧衔接时——即运输、配送、储存和消费者服务，如大规模间歇式发电，可再生能源便开始面对新的挑战。要么增加额外的储存容量，要么采取需求侧管理措施，才能确保供给充足。此外，新技术，如经济适用的太阳能发电板或(生物)燃气微型涡轮发电机可以提高消费者能力，使他们成为生产者兼消费者，将传统供应链变成网络。因此，电力供给的最大挑战之一是管理电网，在集中发电的同时，兼顾间歇式和分散式生产，还有顾及灵活的生产兼消费者和消费者要求以及储存容量。以下三种技术趋势有助于这一衔接：智能能源系统；能源输送基础设施的发展；能源储存。

40. 信息技术服务的进步和大数据的挖掘，导致终端消费者能源使用的个性化。智能设备可以计量能源用量，提供即时反馈，适合个人生活方式，回应能源网络变化。所有这些最终都使需求更加适应当时的能源形势，也更加符合能源用途。智能能源系统依靠迅速的信息传送，可帮助消费者提高能源使用效率。此外，由于相关电网规范，即顾及可再生能源间断发电的经营理念，分散式可再生能源进入电网已成为可能。许多国家正在对电网进行改造，使其能够接纳更大份额的可再生电力。¹⁴

41. 能源输送基础设施的发展需要很大的前期成本，也需要具有长期的财务可行性。这对于可再生能源的入网是一个关键因素。在欧洲，需要建设高压电网，能够将北海(海上风电)和北非(光热发电)大规模可再生电力生产场地与需求热点(主要是欧洲大城市)稳固地连接起来。在发展中国家，分散式离网电力系统有着光明前景，但也需要储存或高度的需求灵活性，以避免建设昂贵的传输系统，并尽量减少电网长距离传输的功率损失。

¹³ 国际能源机构，2014 年，《能源技术展望 2014:挖掘电力潜能》(巴黎)。

¹⁴ 国际可再生能源机构，2014 年，《REmap2030:可再生能源路线图》(阿布扎比)。

42. 新的能源储存技术将大大促进可再生能源的入网，这种灵活性对农村的能源供给可能是必要的。与石油产品和天然气相反，储存系统对于电力而言尤其重要，因为电网没有缓冲装置，电力难以储存，生产和消费在所有时间都需要保持平衡。储存系统包括传统方法，如抽水蓄能电站，也包括因成本制约尚不具备大规模采用条件的其他技术选项，如电池、超级电容器或氢供电燃料电池。

C. 减缓和适应气候变化以及碳抵消的技术

43. 按照政府间气候变化专门委员会和经济合作与发展组织的评估，技术在应对气候变化及其影响方面发挥着重要作用。¹⁵ 经济合作与发展组织提出的政策情景模拟了减少排放的不同技术路径，其中之一是在相同减排时间内，但假设利用以下不同技术发展模式，实现 450ppm 二氧化碳当量的排放路径：

- 450 加速行动：在考虑能力制约而设定的限度内，利用所有技术将减缓成本维持最低；
- 低效率和可再生能源：假设能源生产投入水平增长下降，可再生能源生产增加缓慢，与 450 加速行动情景的默认值相比，能源使用效率没有提高；
- 逐步淘汰核能：假设目前在建和 2020 年前计划建设的核电装机容量都将建成并连接入网，2020 年后不再新建核电机组，那么因现有机组自然减员，到 2050 年全球总容量将减少；
- 无碳捕获和储存：假设在 450 加速行动情景预测的水平之外，碳捕获和储存技术的利用不再扩大。¹⁶

44. 在短期，即 2020 年之前，改变这套减缓气候变化技术的结果，预计发电结构和数量不会发生大的变化。从长远来看，到 2050 年，可再生能源技术作用将更加凸显，可再生电力将满足经济合作与发展组织成员国、中国、巴西、印度、印度尼西亚、俄罗斯联邦和南非约一半的需求，而且将更加依赖于有碳捕获和储存能力的资本密集型核电厂和化石燃料电厂。经济合作与发展组织指出，“研究结果显示，核能和化石燃料(有或无碳捕获和储存装置)在大部分地区具有很强的互补性”。¹⁷ 按照逐渐淘汰核能的情景，中国、巴西、印度、印度尼西亚、俄罗斯联邦和南非尤其可能存在发电缺口。

¹⁵ 政府间气候变化专门委员会，2014 年；经济合作与发展组织，2012 年；《2050 年环境展望》(巴黎)。

¹⁶ 经济合作与发展组织，2012 年。

¹⁷ 同上。

45. 脱碳(即减少发电的碳排放强度)是实现低稳定水平的具成本效益的重要减缓战略。采取政策,到 2100 年将大气浓度稳定在 430ppm 至 530ppm 二氧化碳当量范围内的情景,与基准情景相比,2010-2029 年期间的年度投资流量将出现重大转变。在此期间,电力行业每年对常规化石燃料技术的投资预计约下降 300 亿美元,而在低碳供电方面(即可再生能源和有碳捕获和储存能力的核能和发电)的投资预计将增加约 1,470 亿美元。¹⁸

46. 如果以现代高效的天然气联合循环电厂或热电联产电厂取代目前的燃煤电厂,能源供给排放的温室气体将大幅度减少。条件是天然气的供应没有问题,而且与开采和供给有关的挥发性排放很低或可以减少。在到 2100 年将大气浓度维持在 450ppm 二氧化碳当量的减缓情景下,无碳捕获和储存的天然气发电将充当过渡性技术,建设持续增长直至达到峰值,到 2050 年将降至目前水平以下,在本世纪后半期进一步下降。

47. 在经济合作与发展组织成员国、中国、巴西、印度、印度尼西亚、俄罗斯联邦和南非,有碳捕获和储存能力的发电厂预计到 2030 年左右将具备竞争力,竞争力还将不断加强,直至 2050 年。按照无碳捕获和储存的情景,转向替代技术,包括可再生能源,可能会增加用电价格,改变消费模式。在每一情景中,技术和生产力的提高都将对能源结构的减缓气候变化潜力产生很大影响。

D. 技术的交汇

48. 技术进步的历史提供了令人信服的证据,证明变化往往不是线性的,而是指数级的。动力越来越多地来自于各种技术的交汇。¹⁹ 技术变革的加快也可能产生突破性成果,影响到能源和运输等过去对变革反应较为缓慢的经济部门。以下各节讨论委员会秘书处水平扫描中发现的三个交汇领域——生物技术、纳米技术和先进材料及生产,这些领域将成为可持续发展目标下的“游戏改变者”。

1. 生物技术的趋势和应用

49. 近年操纵和改变生命系统能力有了长足进步,使健康监测、疾病控制以及治疗与假体的选择有各种改善,甚至有可能出现“设计生物体”。世界各地对这些发展的反应不尽相同,一些国家和地区因担心伦理问题和相关环境风险而选择放慢脚步,另一些国家和地区则走上更快发展轨道。到 2020 年,“生物技术的以下应用在技术上将是可行的:

- 在一份样品上同时进行多种不同生物检测,为了医疗诊断和法医评价的目的,极少量材料便可作出快速分析识别;

¹⁸ 政府间气候变化专门委员会,2014 年。

¹⁹ RSilbergitt 及其他人,2006 年。

- 根据患者信息和疾病状态的大型数据库，以及快速和并行基因测序能力，实施个性化治疗；
- 开发转基因昆虫，如繁殖不育或不携带和不传播病媒的害虫；
- 广泛生产转基因主粮作物的能力，将在发展中国家产生重大影响；
- 能够利用计算机模拟(硅片)设计和测试新药，并通过在计算机芯片(芯片实验室)上组装的模拟系统测试有害副作用；
- 利用分子识别技术，对器官或肿瘤靶向给药；
- 模仿生物功能的植入体和假体，恢复现有器官或组织的关键功能，甚至增加现有功能。”²⁰

50. 这些技术趋势预计将使医疗保健更具个性化、更可预测、更具成本效益和易于获取，包括在偏远地区。一些新技术可以使治疗更加复杂和昂贵，另一些技术则可以使治疗更便宜、更有效和惠及大众。应用实例包括靶向给药疗法，也包括利用生物材料和工艺的愈益准确的诊断和外科手术方法。

51. 建立在公民科学、群众募资和天使慈善基础上的筹资框架，将为发展中国家人口提供个性化、预测性、预防性和参与性的医疗服务。发展援助可以侧重支持这些新颖框架，以帮助发展中国家充分利用医学信息学等技术机会，加强生物技术创新的生态系统。

2. 纳米技术的趋势和应用

52. 纳米技术，也就是纳米级科学和相关技术的研究开发，是一个世界性的新兴领域。全世界对纳米技术感兴趣，是因为人们相信，理解和影响原子和分子纳米级互动的能力是许多技术能力的先决条件和促成因素，从智能、多功能材料到特制药物和新一代信息和通信系统，概莫能外。²¹ “到 2020 年，以下纳米技术应用将是可行的：

- 各种-新的小型化、高灵敏度和选择性的化学和生物传感器；
- 提高电池电源管理和容量；
- 个人，特别是军事和紧急救援人员佩戴的传感器；
- 嵌入商品中的计算装置(现已做到，可能越来越普遍)；
- 具有数据记录和通信功能的佩戴式个人医疗监测装置；
- 用于药物控制释放和改进植入物及假肢效能的功能性纳米结构；
- 对人和环境进行普遍监测和监控的能力。”²²

²⁰ 同上。

²¹ 同上。

²² 同上。

53. 纳米技术尤其有用，是因为材料特性随粒径变小而发生变化。如果能够在原子或分子级设计和生产材料以及愈益复杂的结构和器具，将提供了许多途径和手段，大大增强检测和修复环境恶化的能力。实例包括将纳米技术应用于能源转换和储存，如染料敏化太阳能电池。纳米材料也可用于开发功能性建筑材料，如自我修复和自洁混凝土。

3. 先进材料及生产趋势和应用

54. 先进材料涉及多个学科。最近几十年，这一领域随着物理、化学、冶金、陶瓷、高分子科学以及生物学的相互交融而不断扩展，已成为技术进步的丰富源泉。先进材料是生物技术和纳米技术多种应用的推手。在材料科学、工程学和制造业持续发展的背景下，“到 2020 年以下应用将是可行的：

- 装配电源、电子部件和光纤的织物；
- 对外部刺激如温度变化或特定物质存在有反应的服装；
- 按个人或企业要求定制生产的部件和小产品(最初仅限于低复杂度产品)；
- 广泛采用绿色生产方法，大大减少有害物质进入商业渠道可能性和降低危险废物流量；
- 强度、韧度、耐磨性和耐腐蚀性大大增强的纳米涂料和复合材料；
- 可大幅度增加照明系统和显示屏亮度的有机电子器件；
- 使用部分基于纳米结构、有机或仿生材料的复合材料大批量生产的太阳能电池；
- 使用纳米结构激活膜和过滤器的水净化和消毒系统；
- 结合快速计算和物料筛选的化学工艺专用催化剂；
- 从生物可降解支架在体内培养的多功能组织(可能最初仅限于选定组织和器官类型)。”²³

55. 材料科学进步之后往往是产品创新。未来几年，预计在纳米材料(如石墨烯、碳纳米管和纳米颗粒)、光子学和三维电路、通用储存器和多核领域将出现颠覆性技术，成为信息和通信技术产品和工艺运行的基础。

56. 不断适应预计将贯穿于生产的各个环节，从研发创新、生产流程、供应商与客户的相互依存到产品终身维护和修理。产品和工艺将是可持续的，具有内置重用、再制造和回收功能，直至产品达到其使用寿命。将通过闭环系统消除能源

²³ 同上。

和水的浪费，回收固体废物。材料科学、微电子和信息技术、生物技术和纳米技术的进步，将深刻影响生产，并有助于制造商应对未来挑战。

57. 到 2020 年，绿色生产技术可能提供各种更加环保的生产方法，替代目前使用或生产有害物质的生产工艺。使用这样的方法，生产商可以在更严格监管环境下维持生产水平，同时消耗较少的不可再生资源，产生较少的有害废物流，减少对环境的影响。添加式制造(3D 打印)将减少目前大批量生产的产品或组件的耗时长途运输，可能促使工业生产从城市中心迁至近郊区。

58. 必须指出，先进材料和生产技术还处于初期阶段。它们的长期影响，特别是在价值链方面的影响，还是一个有待进一步探索的领域。

E. 城市化和人类住区²⁴

59. 城市是市场和创新所在地，居于创造经济财富的最前沿，因为大多数创新和有偿就业往往发生在城市地区。因此，城市化不仅促进城市自身的经济发展，而且也带动周边地区或整个国家的经济发展。证据显示，城市的经济增长和基础设施的改善加速人口向城市迁移。此外，城市是社会技术系统，即技术发展与社会经济发展齐驱并驾的最佳范例。例如，城市化往往与出行以及天然资源和能源的使用密切联系。本节阐述这些新兴技术如何与城市发展相互作用。

60. 根据联合国经济与社会事务部，到 2050 年，全球生活在城市的人口比例将增至约 66%，尤其是在亚洲、拉丁美洲，特别是非洲的城市。²⁵ 在许多地区，中等城市可能比千万人以上特大城市增长更快。一个大的趋势是城市地区的蔓延；各国正在努力促进城市核心的再城市化，也称为高密度或紧凑型城市。即便如此，也不可能扭转向近郊区和远郊区转移的趋势，尽管在紧凑型城区建设各种服务的基础设施，如住房、卫生、保健或供电设施，可产生大规模效应。

61. 向城市地区供应商品和资源变得越来越复杂。以前，大多数食品和其他消费品是在城市腹地生产的，现在大城市已嵌入国际贸易网络之中。城市地区对周边农村的依赖在逐步降低，而其对全球市场的依赖却在上升。

62. 城市化可在以下三个方面受益于技术发展趋势：信息和通信技术；车辆和引擎技术、材料、基础设施和运行技术；自给自足的技术。

63. 市政当局可望利用更加复杂的信息和通信技术工具(例如地理信息系统)，来管理和观察大量实时或近实时的城市发展数据，这些数据是在传感器、卫星和移动众包等工具协助下收集的。信息和通信技术也将通过在大众出行上的应用，包括交通流控制和车队管理应用以及在智能车辆技术上的使用，最大限度优化运输

²⁴ 关于这一专题的深入讨论，见 E/CN.16/2013/2。

²⁵ 联合国经济与社会事务部，2014 年，《世界城市化展望》(纽约，联合国出版物)。

系统。在公共交通方面，电子票务和电子付款将改善服务，提高能力利用率。最后，智能旅行卡、服务和应用，可望将各种公共和私人服务结合起来，如私人汽车共享计划，导致出行的无缝连接。

64. 车辆和引擎技术有望改善交通和出行，包括高速列车和自主车、电动车、混合动力和节省燃料汽车、轻量化材料技术、电池或引擎的纳米解决方案以及减少实际出行的技术，如信息和通信技术或虚拟化，甚至 3D 打印技术。

65. 都市农业，一方面依靠生物技术，另一方面借助建筑和楼宇技术在多层平台组织生产，可以减少食物从农村流入，增加城市人口自给。新兴技术，如太阳能或风能，可以在城市内生产，减少城市对周边地区能源供给的依赖。此外，建筑物隔热状况的改进也减少化石燃料的需求。

三. 水平扫描和前瞻研究获得的政策教益

66. 委员会秘书处进行的水平扫描和本报告所作的前瞻研究发现了一系列可促进发展的技术发展趋势，在 2015 年后发展议程的背景下尤其具有意义。可获得四方面的政策教益，在本章中详加叙述。

1. 技术路径选择取决于国家背景

67. 并非所有国家都面临着相同的挑战；各国处于不同发展阶段，技术能力、文化和优先事项各异。此外，还必要考虑到各国在每种技术的执行能力、投资成本和长期影响方面存在巨大差别。政策制定者在对各种技术进行评估时，必须考虑国家背景和技术相关性，选择应基于国家的具体社会经济需求和文化背景，尤其因为某些技术可促使社会实现多个可持续发展目标。

2. 技术趋势本身不可能产生积极发展成果

68. 技术发展并不能确保取得发展成果。例如，信息和通信技术与电气化推动下的技术交汇，有可能为农业、医疗保健和善治提供解决方案。然而，这些技术解决方案不一定意味着社会不平等可以消除，事实上有时导致更大不平等。因此，为防止产生新的不平等或者扩大现有不平等，需要进行政策干预。

69. 需要采取政策，解决基础设施方面的差距，尤其是新技术有一些基本需求，如电力、信息和通信技术等；还应该鼓励在技术前瞻的基础上，进行跨学科和学科间研究。应特别注意培养人才，因为国家需要人才来发现和利用科学技术应用进步带来的好处。此外，技术还需要辅之以行为改变和激励机制，才能产生显著影响。货币和非货币激励措施，以及信息措施，可以促使行为改变。例如，如果改变消费方式、饮食习惯和减少食品浪费，可以大幅降低排放。

3. 技术交汇的作用在增加

70. 技术趋势分析表明，技术交汇的作用在增加(详见第二章)。信息和通信技术是技术交汇的重要驱动力，其影响在各个社会经济领域，包括食物生产、出行、城市化、能源供给和保健等领域日益显现。信息和通信技术可以广泛应用于各个方面，从农业和能源供给到城市化。这是一个值得关注的政策领域。

4. 合作可推动发展中国家技术前瞻研究

71. 区域和国际合作对推动发展中国家技术前瞻研究可起重要作用。同一地区国家不妨利用现有区域机制平台，共享可用资源，通过应对共同挑战的联合研究使影响最大化。非同一地区但面临相似发展挑战的国家，如内陆发展中国家、最不发达国家和小岛屿发展中国家，也可以考虑联合开展前瞻研究。还应该鼓励发展中国家与已成功克服类似挑战国家之间开展交流。

四. 结论和建议

72. 本章根据 2014-2015 年闭会期间专家小组的研究，包括战略性前瞻咖啡聚会期间的专家讨论以及水平扫描结果，提出一系列关键性问题，供委员会审议。

1. 结论

73. 专家小组提出以下结论

(a) 过去几十年，战略性前瞻已演变成为参与性进程，各国和各地区越来越多地利用前瞻研究收集未来趋势信息，以便分配资源，让社会对这些趋势有所准备。根据前瞻研究的具体目标，可以利用各种方法和体制安排。

(b) 研究发现，一些新兴技术趋势对 2015 年后发展议程，包括在自然资源、可持续能源、减缓和适应气候变化和碳抵消、技术交汇、医疗保健和抗灾、城市化和人类住区以及可持续交通和出行等领域，将产生重要影响。这些趋势不会自动产生社会效益。因此，为了防止出现新的不平等，需要进行政策干预。

(c) 技术交汇主要是信息和通信技术驱动和推动的，在利用科技创新应对复杂社会挑战时，应该采取跨学科和多学科办法。

(d) 技术前瞻可以帮助政策制定者更好了解不可持续趋势，经由定期研究推进 2015 年后发展议程的落实。应该在更广泛社会经济发展背景下分析技术趋势，以确定其社会影响。

(e) 技术前瞻可以帮助预测未来的创新政策和私营部门的投资需求，特别是在可持续发展和实现可持续发展目标所需要的关键基础设施方面。前瞻可以深刻认识变化动态、未来挑战和选择以及新的见解，供决策者作为政策设计的参考。

(f) 前瞻研究愈加成为多个利益相关方的必备工具，用以了解当今复杂的全球性挑战和提出应对挑战的战略性选择。这些全球性挑战很难界定，需要新的思维方式，缺乏明确的问责制，超越国界，需要长期性方针。

(g) 职业培训可以大力推动劳动队伍做好准备迎接颠覆性技术。应该制定就业前培训和在职培训战略。大学、非政府组织和私营部门之间的伙伴关系是职业培训取得大规模成功不可缺少的条件。

2. 建议

74. 科学和技术促进发展委员会不妨考虑以下建议：

(a) 在可持续发展高级别政治论坛、全球可持续发展报告和实现可持续发展目标进程中，交流科技创新以及信息和通信技术发展趋势及其影响的研究成果。

(b) 建立一个知识门户网站，分享国家和地区同行所做前瞻研究成果，从而协助成员国认识未来趋势和潜在战略合作伙伴关系。

(c) 开展前瞻研究，促进成员国的能力建设、提高意识和影响评估活动。

(d) 鼓励贸发会议的科学、技术和创新政策审查更加重视战略性前瞻，如有可能单辟一章阐述这一专题。

75. 会员国不妨考虑以下建议：

(a) 将科技创新充分纳入国家经济社会发展规划，确保科技创新目标由社会需求驱动，而不是孤立地分析科技创新趋势。

(b) 利用战略性前瞻发现教育的中长期差距，通过政策组合缩小这些差距，包括职业培训、辅导、在线开放式获取、配额和指标，鼓励学生入读科学、技术、工程和数学学科。

(c) 加强职业教育，使社会作好准备迎接颠覆性技术。为此，建立专门国家职业培训机构，加强职业培训机构与产业部门的合作，为培训机构、学生交流项目和设备购置提供资金。

(d) 将前瞻当作一个过程，鼓励所有利益相关方，包括政府、科学界、工业界和民间社会及私营部门(特别是中小型企业)代表开展系统性辩论，共同了解长期性问题，就未来政策达成共识。

(e) 针对全球性和地区性挑战，定期开展战略性前瞻研究。

(f) 利用现有区域机制，着手开展前瞻研究合作，尤其是向那些已通过科技创新以及信息和通信技术成功克服发展挑战的国家学习，联合应对共同挑战。

(g) 开展合作建立调查分析系统，与委员会其他成员国分享技术前瞻研究成果。