



着重加速：

城市面向2030年的战略性气候行动方法

2017年11月

关于麦肯锡商业和环境中心

麦肯锡商业和环境中心联合企业、政府和非营利组织一起应对全球最紧迫和最重要的资源问题，旨在既实现经济增长又能优化资源利用。

C40城市气候领导联盟

C40城市气候领导联盟联系着全球90多座最大的城市，代表6.5亿多人口和全球经济的四分之一。C40由城市创建和领导，主要应对气候变化并推动温室气体减排和降低气候风险的城市行动，同时改善市民的健康、福利和经济机会。

着重加速： 城市面向2030年的战略性气候行动方法

2017年11月

目录

4	执行摘要
14	第1章 城市在气候行动中不断增长的作用
18	第2章 城市最大的气候行动机会
23	2.1: 电网去碳化
29	2.2: 优化建筑能效
39	2.3: 促成下一代通勤方式
48	2.4: 改善废物管理
52	第3章 城市路线图阐述
56	第4章 通过气候行动释放城市的全部潜力
64	结论
67	致谢



执行摘要



© Sven Hartmann/EyeEm/Getty Images

目前国际社会已经普遍认识到，如果城市不统一行动，2015年《巴黎气候协定》下各国政府做出的承诺就无法实现。幸运的是，许多市长都表现出了应对气候变化的坚定立场以及合作达成这一目标的意愿。作为对《巴黎协定》的响应，C40城市气候领导联盟，一个齐聚致力于应对气候变化的特大城市市长们的全球网络，发布了一份名为《期限2020》的报告，分析了各城市在将全球平均升温控制在‘安全’限值（1.5℃以下）内所需要实现的减排路径。随着各个C40成员城市正在相应地提升其气候计划目标，这份《着重加速》报告通过分析城市加速减排的最大机会，让该项工作更上一个台阶。

尽管我们拥有将升温控制在1.5℃以下的技术和知识，我们面临的挑战仍然很严峻。在任务众多而资源有限的情况下，城市的管理领导者必须确定能够改变其目前排放轨迹的关键行动，并且积极和利益相关者合作投资与搭建必要的基础设施和鼓励措施，来最大程度的推动这些关键行动的开展。这就意味着要优先考虑能够催化系统性变化的倡议和行动。为此C40和麦肯锡商务和环境中心合作，在本报告中对那些最重大的减排机会进行量化评估，并评估这些机会对世界各地不同类型城市的意义。

我们从《期限2020》中指出的450多个减排行动开始，在全球大多数城市中四个最有潜力的行动领域中重点考虑12个机会，以实现减排并让城市在2030年前走上1.5℃的轨道。我们的分析建议城市在这12个减碳机会中采取‘重点加速’的战略。这一建议是基于已经证明的管理方法，抓住几个高价值机会而不是分散精力到数百个潜在行动上，这样取得的进展更大。城市需要发掘新方法应对操作上的挑战才能取得成功，包括协调利益相关者、供应链、采购过程和融资等。

1 《期限2020：城市如何完成任务》C40城市气候领导联盟和奥雅纳工程顾问公司，2016，c40.org.

采用着重加速的方法，城市可以实现90~100%的2030年减排目标并构建到2050年实现净零碳目标所需的知识和基础能力。同时，为了实现2030年排放目标，需要增加的投资额很大：减少每吨二氧化碳当量约需投入50~200美元。然而，无论是投资者直接现金投资（例如：可再生能源和效率改进）还是市内广泛的经济活动增长（例如：公交导向发展），所有的机会都能提供正面的中长期投资回报。对于许多机会而言，初始投资成本在5-10年内可以得到回报。

本执行摘要对这四大行动领域进行了梳理：电力、建筑、通勤和废物管理。城市利用这些机会的方法各有不同，随后会对各市的做法进行观察，在报告正文内进行充分讨论。



电网去碳化

如果不进行一场大型的可再生能源发电运动——‘电网去碳化’，城市和全球就无法走上1.5°C的轨道。城市可能认为自己对电网的影响微乎其微，而事实上他们代表了地方电力公司的主要客户，所以他们极有可能对其都市区域耗电的排放情况产生重大影响。

但是，要抓住这一机会并不容易，城市无法独立完成这一任务。供电公司和监管机构必须发挥核心作用，确保可再生能源组合总体上达到系统平衡，并且必须落实储能设施等关键组分来确保电网的可靠性。然而，城市的核心作用还体现在设定明确的去碳化目标上，而且还需要累积对可再生能源的需求，推动能效并将更多的城市能耗转移到电力（特别是交通和供暖）。通过着重加速以及电力公司和监管机构的密切合作，城市到2030年可以实现含有50~70%可再生能源的电网组合（具体而言，太阳能和风能协调水电等其他零排放发电设施），但需要取决于当地的资源特点。排叠商場和監管機構低空每本度電以80美元。时间框架范围内总减



优化建筑能效

在全球各地的建筑物中，供暖和供冷平均占据总能量需求的35~60%，产生约40%的排放量。减少建筑物能源使用和排放也非易事，相对于大多数城市目前采取的措施而言，需要更多的重点工作。然而，数十年的试点和成功案例表明，在这一领域采用着重加速战略能够获得成效。在广泛可用技术基础上，可用利用机会实现建筑物显著减排的潜力。其中包括提高新建筑的施工标准，对建筑物围护结构进行改造更新，暖通空调和热水技术升级，以及实施照明、电器和自动化的改善。

2 根据近期大型可再生能源工程投标

采用着重加速的方法，城市可以实现90~100%的2030年排放目标并构建到2050年实现净零碳目标所需的知识和基础能力。

一般而言，城市比其他地方对该领域的影响更大，市领导仍然需要和商用和住宅建筑业主、房地产开发商和住户密切合作才能取得进展。该行动领域特别重要：由于建筑物存量大约每30~50年才移作他用，一旦功亏一篑，就会锁定排放并产生潜在的成本，时间长达数十年。对比而言，一旦成功就能减少能源成本并提供更具适应力和更舒适的生活、工作和娱乐空间，让城市居民在2050年以后享受效益。该行动区域的着重加速能填补目前排放趋势和2030年减排目标之间20~55%的差距，具有取决于城市的地方气候和人口增长，平均成本为每吨二氧化碳当量20~100美元。



促成下一代通勤方式

市领导目前能够接触到前所未有的通勤方案。通勤和土地利用规划的多种强化趋势正在变革城市的交通体验。通过这些趋势减排的关键在于确保所有居民都能够获得多种吸引人的廉价低碳通勤方案。满足居民和企业通勤需求的完整紧凑型社区开发是打造坚实城市和促成下一代通勤方式的基础。当前实施的公交导向发展通过更好的土地利用规划推动智能密集化，为更多的多式联运交通打下基础，从长期而言实现减排。鼓励在城市现有土地利用模式范围内步行和单车骑行的倡议以及有针对性的加强大众交通（如引入主干道快速公交）可以一起实现短期减排。此外，城市可以通过增加利用新电力、共享、互联和自动化技术的下一代车辆份额以及优化货运交通和交付来加快减排。该行动领域的着重加速能够贡献2030年减排目标的20~45%，具体取决于城市的收入水平和人口密度。在这一过程中，由于通过减少地方空气污染和提高通勤方案均等化承担而减少拥堵和改善居民生活质量，从而提高GDP增长。



改善废物管理

城市可以采用‘最高和最佳用途’的方法以有效利用资源的方式管理废物排放：首先，减少上游废物；然后尽可能重新利用有用的成品；然后进行回收利用、堆肥并用其他方式回收材料；最后，进行处置管理，将所有残留的有机物排放量降到最低。废物的甲烷排放量对近期全球变暖的作用是二氧化碳的86倍，所以限制甲烷排放是防止气候变化最坏影响的重中之重，废物的减少对耗能排放量的全生命周期有巨大的影响。废物管理的新模式有助于城市重新思考其对传统废物收集处置设施的需要，具有前瞻性的城市已经更进一步，计划过渡到完全的‘循环经济’，从线性材料流的资源消耗方式转向持续重复使用的方式。根据现有废物管理机构的起点和废物成分，着重加速可以实现2030年减排目标所需的10%，并为当地资源灵活性和健康带来诸多效益。

要实现《期限2020》的目标并非易事。城市将需要确保其从急功近利转向重点领域的着重加速。

不同类型的城市如何实现其减碳目标

为了证明城市通过着重加速实现2030年全部减排目标所需的行动规模，我们为六种城市类型模拟了路线图样本。这些路线图表明了不同城市可以选择那些重点领域及原因以及实现2050年零碳目标所需的关键促成因素。同样重要的是，这些路线图表明所有不同类型城市中着重加速产生的实际影响。

例如：一个中等收入、人口半密集的大城市可以着重加速高度可见的计划帮助市民体验日常生活中低碳未来的情况。该类城市可以在市政设施和合适的私人建筑屋顶以及社区场所安装太阳能作为良好的示范项目。采用公交导向发展、新的快速公交路线和骑行友好的街道设计等政策增加所选区域的人口密度，可以在2030年前增加6%的人口密度并改善步行条件。这种城市还可以承诺到2030年采用100%零排放巴士，并采取低排放区等电动车友好型措施，加快城市街道上私家车和商用车的电气化。

对比而言，高收入、创新型的小城市阳光不足，但是拥有丰富的风能和水电资源。由于市民习惯于多种交通方式，许多人有可能会放弃开车。面临寒冬的城市在商业和居民楼中的能源使用以供暖为主。为了以这一坚实基础而发展，城市寻求到2030年前创造集中化可再生能源达70%的电网组合。在通勤方面，设定100%零排放巴士的目标，同时推动汽车共享和互联技术。城市的工作还包括到2030年前在所有的私有建筑中实现一种或多种能效改造。

这两座城市的潜在倡议见附表A。附表B和C对一个中等收入的大城市和一个低等收入的快速发展大城市进行了对比，同时对比了一个高收入、密度大的大城市和一个低收入的特大城市。无论城市尚处于制定实施减碳计划的早期还是正在考虑如何加强现有的工作，这些路线图都为他们选择方法实现本报告所指出的12个重点机会中减碳工作效益最大化指明了方向。

展望未来

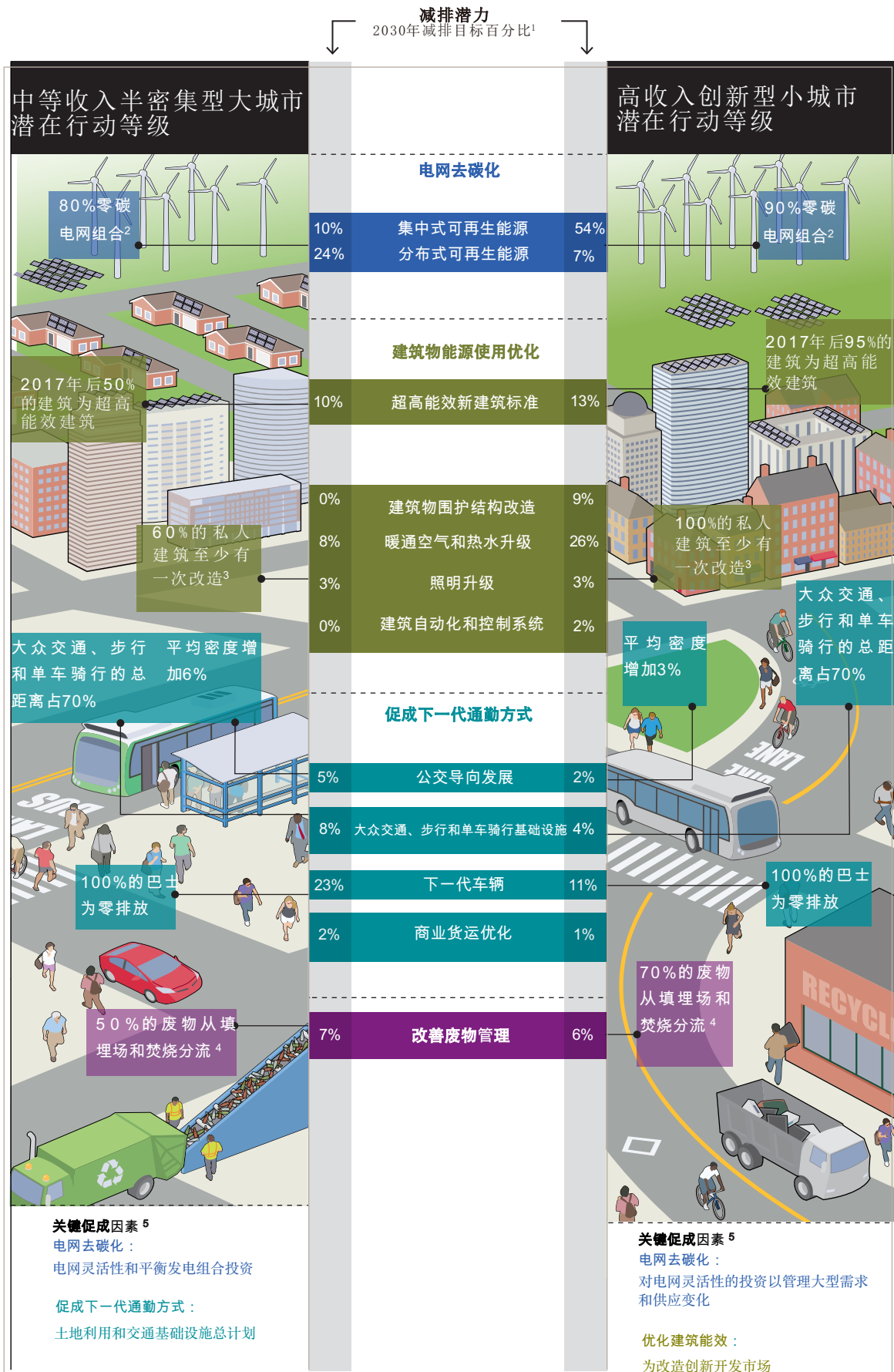
要实现《期限2020》的目标并非易事。城市将需要确保其从急功近利转向重点领域的着重加速。此外，要成功抓住这些计划并确保城市方案纳入了系统层面的考量（特别是电网去碳化），跨部门合作是核心。从减少拥堵、改善公众健康和提高生产力到改善生活质量和增加适应力，本报告列出的机会都带来了不仅仅是减排方面的效益。强调就业、减少空气污染、改善道路安全和缩短通勤时间等经济社会效益有助于让市长为我们的共同未来投资造势。

本报告中所列的行动领域代表减排战略的首期战略。如果城市能够构建一套世界级工具包来抓住这些机会，包括精简的采购流程、资金入口、和其他城市共享最佳实践经验的关系以及同私营部门和政府合作等，则会在处理下一波减排机会中占据优势。

如果能够实现2030年减排目标，就为密集化和土地利用规划等长期机会的利用打下基础，这些长期机会是满足2050年目标所需的深度去碳化的关键。

本报告将气候行动作为重中之重，为各类城市提供了可行的实施方法。我们需要意志坚定、领导有方和行动誓言才能取得进展，而一条清晰的前进路线则给城市提供了一个关键优势。

附表A：两种类型城市2030年潜在排放影响和行动等级对比



1. 具体城市的减排潜力根据城市当前的碳足迹和期限2020-2030年减排目标而有所差异。

2. 假设平衡的系统电网组合包括太阳能、风能、水电和其他零碳发电资源。

3. 全部围护结构或窗户屋顶改造、暖通空调或热水升级、安装自动化和控制措施中一项或多项的建筑。

4. 假设统一废物收集到位是前提。

5. 举例——非穷尽举例。

来源：麦肯锡分析

附表C：两种类型城市2030年潜在排放影响和行动等级对比



1. 具体城市的减排潜力根据城市当前的碳足迹和期限2020-2030年减排目标而有所差异。

2. 假设平衡的系统电网组合包括太阳能、风能、水电和其他零碳发电资源。

3. 全部围护结构或窗户屋顶改造、暖通空调或热水升级、安装自动化和控制设施中一项或多项的建筑。

4. 假设统一废物收集到位是前提。

5. 举例——非穷尽举例。

来源：麦肯锡分析



第1章

城市在气候行动中不断增长的作用



数百年来，城市一直是商业、文化和创新中心。而现代城市群已经成为倡导全球气候变化行动的重要力量。城市的形象和影响力在多个趋势上得以体现。在全球范围内，城市化在不断增长：到2050年，全球70%的人口将生活在城市区，发展中国家将发送大规模的人口转移。¹人口从农村向城市区域的流动规模令人炫目。每年有超过6500万的人口移居到城市，相当于8个伦敦的人口，其规模可见一斑。人口增长强化了城市作为全球经济引擎的地位，城市占据全球GDP的80%以上。²伦敦、纽约、新加坡和东京等传统大都市将有孟买和上海等新成员加入，这些新加入的城市是新兴国家急剧增长的象征。

人们为了更好的就业、教育和医疗而向城市移居，但人口移民也给当前的系统带来压力。在任何正在增长的城市中，点缀天际线的吊车可以见证，与日俱增的城市人口要求增加新建筑、扩展交通系统和增加新能源基础设施。从就业通勤到施工和日常生活，这一切活动都意味着城市消耗全球能源的三分之二，温室气体排放量超过全球总排放量的70%。³说明要进行全球减排，就必须实施城市减排。

全球各地的城市领导们正在实验以能效、可再生能源和可持续性为重点的计划。他们发起和推广的创新计划涵盖方方面面的挑战，包括削减能耗、减少拥堵、控制空气污染和改善居民生活质量。支持多式联运、回收利用和单车共享计划的解决方案以及居住和商业公交导向发展方案只是城市实施的众多工作的一部分。

1 “人口：城市化”，美国人口资料局，2007, pbr.org.

2 城市世界：城市经济实力绘图，麦肯锡全球研究所，2011, McKinsey.com.

3 “为什么是城市”，C40城市集团，访问日期：2017年10月30日, c40.org.

我们的分析表明：'着重加速'集中主要的工作和资源实施小部分解决方案，是实现可持续发展的关键。

许多城市都要求在塑造全球环境政策的进程中占据一席之地。2015年在巴黎COP21会议上，195个国家承诺让全球平均温度较工业化前的水平升高不超过2°C，并努力将温升限制在1.5°C。⁴全球许多最大的城市也承诺各司其责，他们认识到城市比政府的其他层面更具灵活性和反应性，而且土地利用规划和建筑物改造等地方行动对全球的排放量有长期意义。2016年，C40发布了《期限2020》，该报告列出了为城市通过减少排放量来履行《巴黎协定》承诺的参考途径，并融合了一个长期的净零排放目标。形势非常严峻：在城市同期管理急剧增长的同时，富裕城市必须将人均排放量减少70~80%，低收入城市必须保持绝对稳定的排放量。

要实现这些目标，光设定好目标是远远不够的。各个城市都需要卷起袖子积极修建和投资基础设施并采取产生重大进展所需的鼓励措施。城市无法独立完成这一任务，但是他们可以带头前行，而且必须立即就行动。

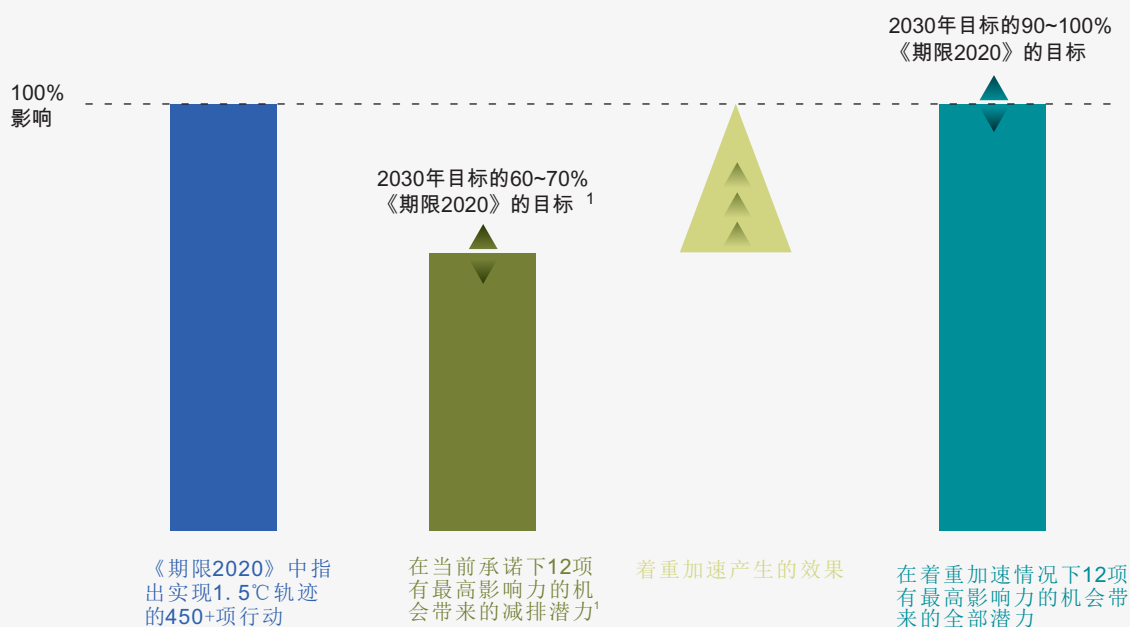
着重加速的情况简介

谈到气候行动，许多城市面临的挑战是不知道工作重点在哪里。《期限2020》列出了城市可以采取的450项减排行动。然而，如果不明确重中之重，城市领导们就会陷入分散精力和资源到许多小领域的圈套，而不能识别出实现深度减排的最宝贵机会。采用这种分散式方法获得唾手可得的效益，可能会收获短期回报，但是长期而言，有可能让城市领导者走向错误的道路。

我们的分析表明：'着重加速'集中主要的工作和资源实施小部分解决方案，是实现可持续发展的关键。着重加速的方法在私营部门已经得以证明。我们发现企业与其在众多小计划上走马观花，不如将变革的精力放在少数几个大机会上并妥善执行，能够收到事半功倍的效果，而且成功速度更快。我们为城市提供一份着重加速的清单，上面列出了12个机会。（该组合根据城市类型不同而不同，本报告列出了确定理想道路的方法。）

⁴ Coral Davenport, "各国在巴黎认可具有里程碑意义的气候协议," 纽约时报, 2015年12月12日, nytimes.com.

附表1



¹ 假设 C40 当前的气候行动计划承诺能兑现。

我们相信这些机会的着重加速将确保城市不仅能达到实现2030年排放目标的减排水平，而且可以发展到2050年实现净零碳排放所需的经验和基础能力。

虽然外面的分析表明大多数城市能够实现《期限2020》的目标，但是合作具有至关重要的作用。在很多情况下，城市都需要超越城市影响和决策权力的传统界限。为了实现排放目标，公用事业公司、房地产业主、交通供应商、金融机构、市民、非政府组织和其他利益相关者都要发挥作用，所以市政官员需要采取具有决定性的行动得到利益相关者的支持，以抓住这一固有的机会。市长和当选官员可以利用权力鼓励私人投资，要求在其管辖范围之外的变革，同时分享和应用从全球创新型政府和机构获得的方法实现所需进展。

后面的章节讨论城市需要着重抓住的最大机会。我们也提供了路线图距离，说明不同城市类型如何在未来几年达到气候目标。



第2章

城市气候行动的最大机会



© Enrique Díaz/Zero/Getty Images

为了帮助不同城市的领导理解如何有效地实施着重加速这一战略，我们对城市减排的全部机会进行了评估，并列举了六种城市类型，模拟其在最高影响力机会下产生的潜在减排（附表2）。产生的城市路线图表明了不同城市可以选择那些重点领域及原因以及实现2050年零碳目标所需的一些关键促成因素。

该模型考虑了不同排放机会之间的相互依赖性，如：跨不同交通方式的转变以及增加的可再生能源发电对电力技术排放强度的影响。我们的分析还整合了关键的城市特点，如：收入增长、公共交通客流和建筑组合等，以确保将背景差异纳入考虑。然后，我们根据领头城市的工业和案例研究收集的成本和可行性趋势，采用我们认为能在着重加速策略的情况下到2030年能够实现的机会行动等级。最后，我们将各城市类型产生的排放影响同《期限2020》所述满足1.5°C轨迹所需的减排量对比。

我们的分析表明：大多数城市到2030年最大的行动机会存在于四大主要行动领域——电网去碳化、建筑物能源使用优化、促成下一代通勤方式（包括更好的土地利用规划）以及改善废物管理——这些领域又反过来揭露出12个机会（附表3）。为了确保这些机会也和实现2050年净零碳排放目标相兼容，我们强调既要实施近期减排解决方案，又要为零碳未来打下基础。因此，该分析优先考虑天然气发电和生物燃料车辆等‘桥接型’技术电气化和可再生能源。

采用着重加速策略，这12个机会有可能实现2030时间范围内所需减排量的90~100%，根据城市背景有一定差异。同时，本研究表明：实现2030年排放目标所需的增量投资非常大：平均每吨二氧化碳当量约需50~200美元——到2030年单个城市需要支出数百亿美元。然而，所有的机会无论是否由投资人直接注入现金（例如：可再生能源和效率改进）还是推动市内广泛的经济活动（例如：在公交导向发展的情况下），都会产生积极的经济效果，而且有利于公众健康和提高生活质量。

附表2：六种城市类型的拐点分析和不同城市的关键性考量

 中等收入半密集型大城市	 高收入创新性小城市
<p> 收入和人口的半密集型适度增长</p> <p> 高碳电网 去碳化规划有限，太阳辐射高</p> <p> 部分交通系统（例如：快速公交）、车辆拥有率低但是预期会有增长</p> <p> 城市权力中等，气候行动和数据历史有限</p> <p> 建筑物内供冷需求随着收入增长和气温上升而增长</p> <p> 已有废物收集但是没有分流或减排</p>	<p> 低密度和增长缓慢的收入和人口</p> <p> 去碳化电网 规划进一步推动，太阳辐射低</p> <p> 广泛的交通系统 有步行和单车骑行及共享通勤服务连接设施</p> <p> 城市权力很大，气候行动和数据历史较长</p> <p> 已经设定关于建筑/设备的超高能效标准</p> <p> 先进的废物管理，高分流率，依靠焚烧</p>
 高收入密集型大城市	 低收入特大城市
<p> 密集且收入和人口增长缓慢</p> <p> 去碳化电网（地区或国家优先重点），太阳辐射中等</p> <p> 广泛但老化的公交系统，共享通勤增长</p> <p> 城市权力中等，有气候行动历史，数据收集较好</p> <p> 空间加热占据了50%的建筑能源需求，大多数由廉价的石油或天然气提供燃料</p> <p> 先进的废物管理，有一些减排措施</p>	<p> 密集且收入和人口增长迅速</p> <p> 高碳电网 去碳化规划有限，太阳辐射高</p> <p> 步行和非机动交通比例高 新公交系统、汽车和拥有车辆率预计会增高</p> <p> 城市权力有限，先前没有气候行动和数据收集的历史</p> <p> 新建筑物和每平方米供冷需求快速增长</p> <p> 有限的废物收集，没有排放管理</p>
 中等收入特大城市	 低收入快速发展大城市
<p> 半密集型及人口增长迅速</p> <p> 依靠煤炭的电网但有快速去碳化的规划，太阳辐射中等</p> <p> 广泛的新公交系统</p> <p> 城市权力大 和国家优先重点挂钩，有一些气候行动和数据收集</p> <p> 新建筑物急剧增长，平均效率低，高度采用太阳能热水</p> <p> 已有废物收集设施，废物处理依靠焚烧</p>	<p> 半密集型且收入和人口增长非常迅速(到2030年翻一番)</p> <p> 依靠煤炭的电网 去碳化规划有限，太阳辐射高</p> <p> 步行和非机动交通占比高，公交系统有限，用车和汽车拥有率预计会急速增长</p> <p> 城市权力有限，先前没有气候行动和数据收集的历史</p> <p> 新建筑物急剧增长 建筑物能源强度随收入增长而增长</p> <p> 有限的废物收集，没有排放管理</p>

对于许多机会而言，我们的分析表明前期投资在5-10年内可以得到回报（附表4）。

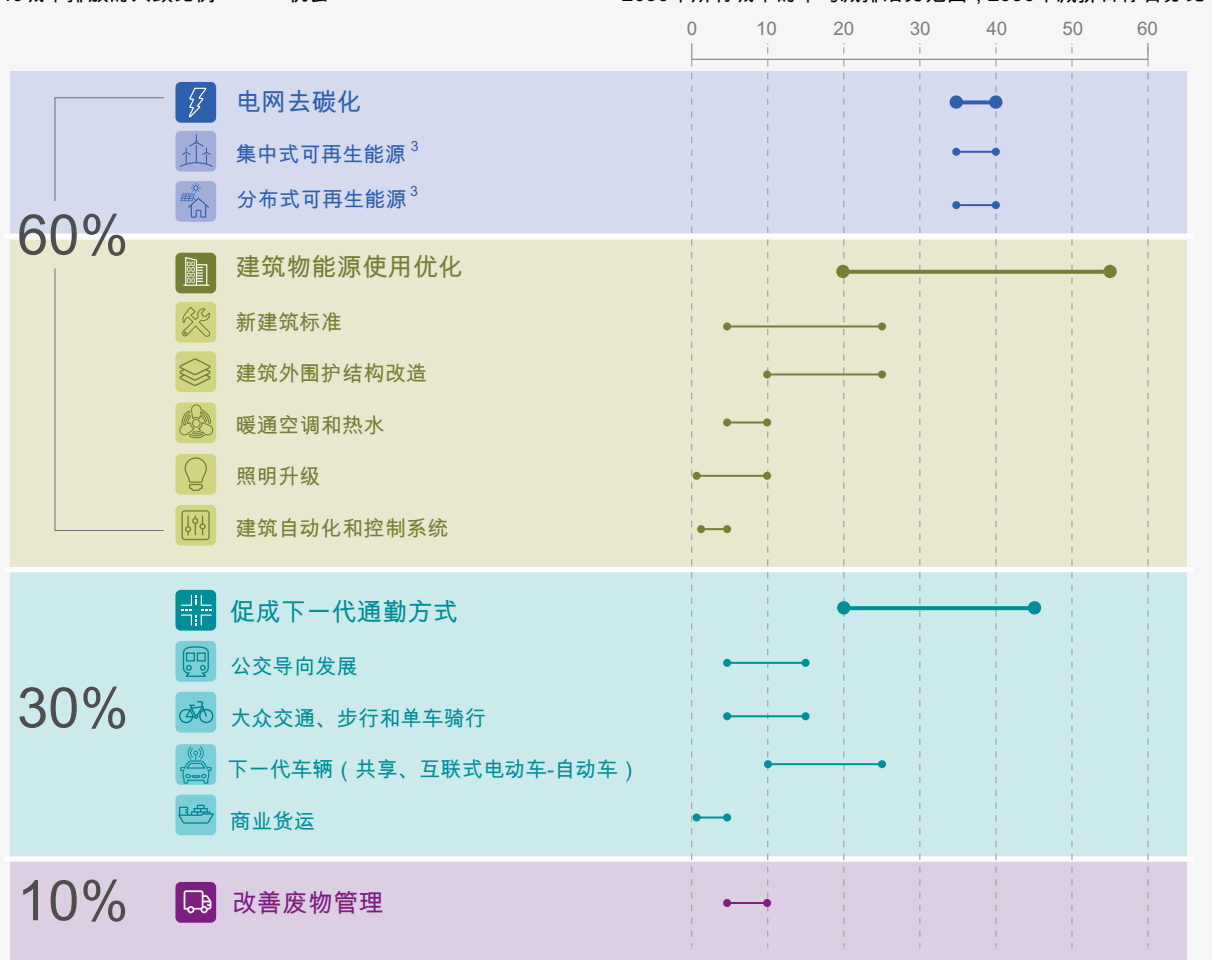
我们创建的模型确定了不同类型城市这四大行动领域内的减排潜力。然而，城市采用他们的速度和规模还不够。如《期限2020》所示，按目前的实施和采用速度，根据现有政策和市场趋势，这12个机会只能实现2030年排放目标的20~50%——比其潜力要低得多。许多已经落实气候行动计划的城市目前还缺少1.5℃的行动轨迹。

附表3:12大行动领域机会

C40城市排放的大致比例

机会

2030年所有城市的平均减排潜力范围¹，2030年减排目标百分比²



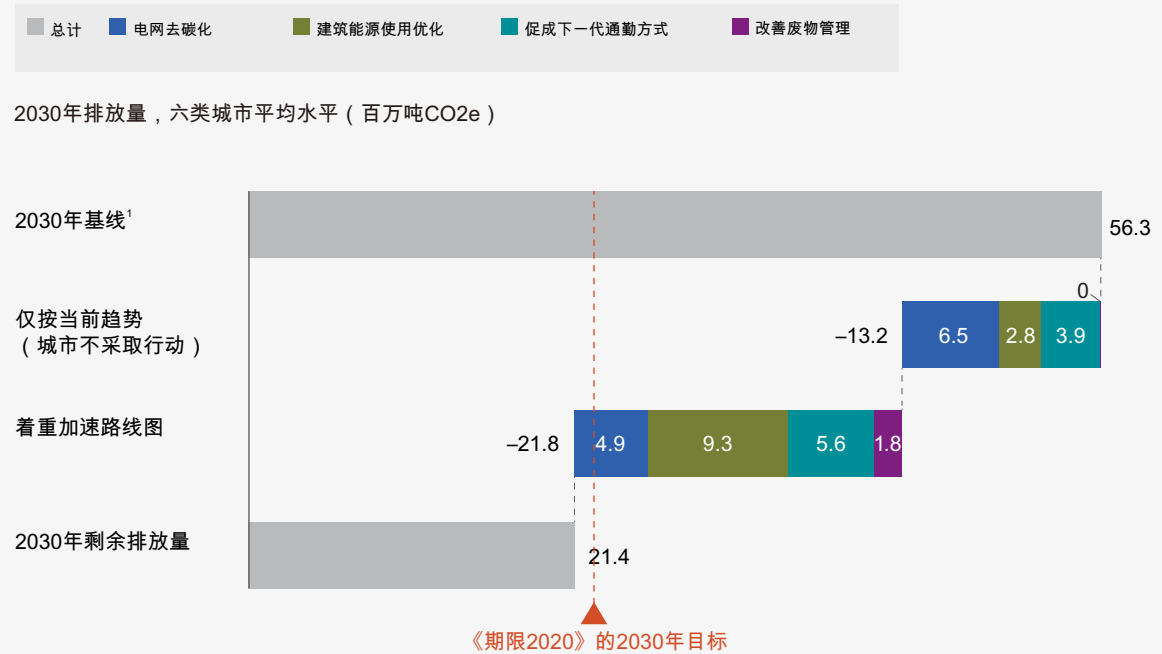
1. 着重加速'情况下模拟的6类城市减排潜力，去掉最高和最低异常值。

2. 2030的目标以《期限2020》针对具体城市类型的途径为基础。

3. 给出的百分比是系统水平组合集中式和分散式发电之间的平衡根据地区不同而不同。

来源：麦肯锡分析

附表4：着重加速的影响和当前的趋势



¹ 假设从2015年起技术和政策保持不变
来源：麦肯锡分析

要在2030年前实现与1.5°C目标一致的排放轨迹并以此为2050年实现净零碳排放目标打下基础并非易事。城市将需要一个清晰的愿景、持续的承诺和大量的投资。然而，我们相信，如果能够奉行以这12个机会为中心的着重加速战略，大多数城市都能完全实现《期限2020》设定的减排目标，而且这些工作将为实现2050年零碳排放目标落实很多基础设施。由于每个城市特点各异，这12个机会中的每一个重点都不同。例如：发达国家的成熟城市中心与发展中国家的快速发展城市有着不同的排放情况。一般而言，监管环境、地理、气候、收入水平和人口密度等一系列因素都会对各个城市的方法产生影响，从而形成其自己的最优方法。

在以下章节中，我们将对这四大行动区域分布进行评估，包括对抓住每个机会价值的考量、影响城市差异的关键因素以及不同类型城市为实现2030年必要减排量所采取的方法举例。



第2.1节： 电网去碳化

城市——乃至全球如果不进行一场大型的'可再生能源发电运动'——'电网去碳化'，就无法走上1.5°C的轨道。从制冷和照明等基础设施到电动车和物联网的无线连接，随着城市重要功能对电力的依赖，确保清洁、低碳的电力供应变得至关重要。

城市无法独立实现电网去碳化。公用事业单位和监管机构必须在系统或地区层面发挥其管理可再生能源组合和构建的核心作用。由于电网的总体可再生能源组合必须取得适当的平衡（例如：避免一天的某个时段或某个季节过度发电或缺电），所以公用事业单位和监管机构必须参与。储电等关键部件必须到位以确保系统在发生供需变化时保持其可靠性。这些挑战具有技术和经济复杂性，需要公用事业单位仔细规划并获得地方和国家监管机构的支持，但确实存在解决方案。

但是城市在鼓励可再生能源建设上仍然发挥重要作用。某些城市可能不会把清洁电力放在发展重点上，认为清洁电力对电网组合的影响不大，而实际上，清洁电力代表了任何地方供电公司的大部分客户；这种影响为塑造一个城市市区耗电的排放状况提供了重要的杠杆。通过设定明确的去碳化目标，聚集可再生能源需求，将更多的城市能耗需求转移到电力上（特别是交通和供暖）并改进负荷管理，城市可以帮助公用事业单位规划路径，走上由可再生能源推动的高度电气化之路。通过着重加速的实施和密切协作，到2030年，公用事业单位、监管机构和城市可以实现可再生能源占50~70%的电网组合。根据城市的特点，这种组合仅通过电网去碳化就相当于实现该时间框架内所需总减排量的35~45%。

机会

可再生能源已经成为全球发展最快的发电类型，2016年可再生能源装机容量约为135千兆瓦⁵——足以满足整个英国或六个纽约市的用电需求。迅速减少的成本正在推动这一趋势：2009年以来，全球各地的太阳能和海上风能的总安装成本已经下降达70%，到2030年，陆上风力成本将下降50%。⁶新的太阳能电力购买协议（PPA）目前往往低于每千度电100美元，有些甚至低于30美元，和一个新天然气电厂成本相当或更低，很快将和大多数化石燃料发电厂的发电边际成本相当或更低。

⁵ 全球2017年可再生能源投资趋势，法兰克福学院，联合国环境规划署合作中心，2017, fs-unep-centre.org.

⁶ David Frankel, Aaron Perrine, 和 Dickon Pinner, “太阳能如何（最终）创造价值”，2016年10月, McKinsey.com; Katherine Dykes, Maureen Hand, Eric Lantz等人，通过科学创新促成智能风电厂，国家可再生能源实验室 (NREL), 2017, nrel.gov.

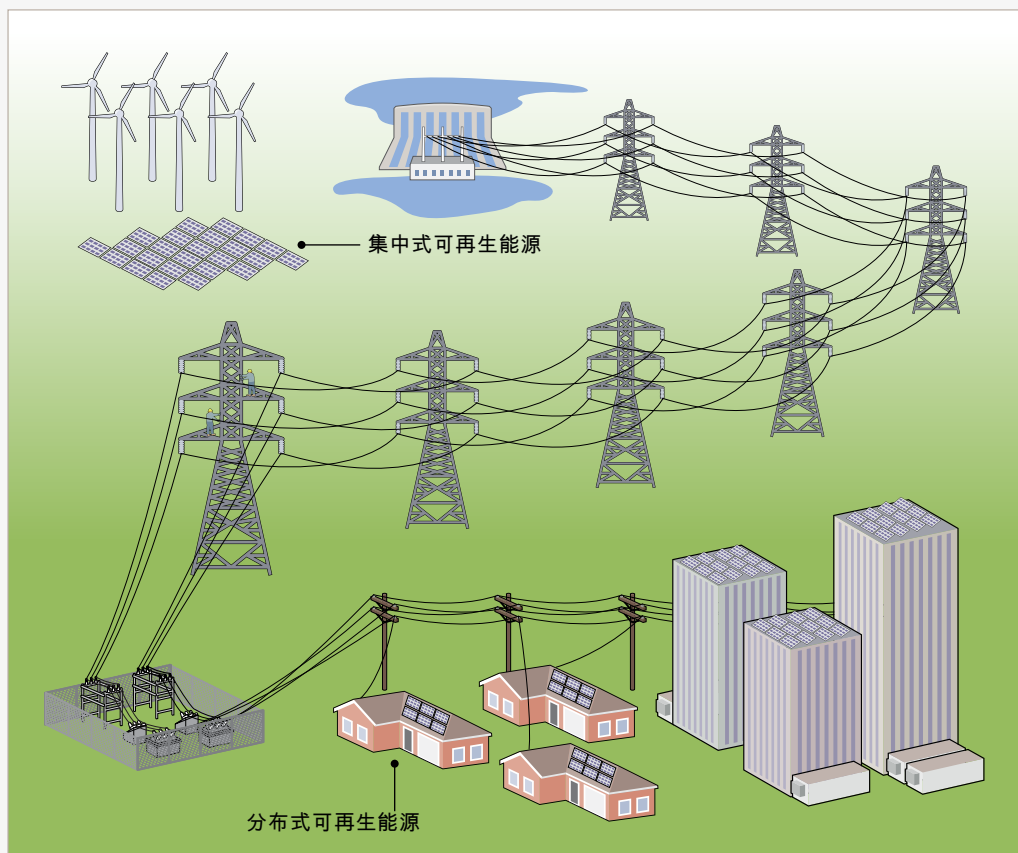
在许多情况下，启动新的太阳能发电比继续使用现有煤电厂发电还要便宜⁷ (附表5)。

然而，我们面临的挑战仍然艰巨：要达到2030年的排放目标，需要以目前发展速度的两到三倍启动新的可再生能源项目。城市可以在帮助公用事业公司从两方面加快电网去碳化：对集中式可再生能源大规模扩展投资以及促成分布式可再生能源的智能扩展。

投资集中式可再生能源的大规模扩建。大规模风能、太阳能和其他零碳发电方法往往是电网快速去碳化最具成本效益的方法。最近提交的标价已低至每千度电40~80美元。这些可再生能源电厂可以采用太阳追踪太阳能光伏发电板和风力涡轮机等先进技术并选址在可再生能源最丰富的地方。

7 David Frankel, Aaron Perrine和Dickon Pinner, 2016年10月, McKinsey.com.

附表5



集中式可再生能源
大型太阳能或风力发电厂，
或其他市外的可再生能源发电

分布式可再生能源
市内小型可再生能源发电，
通常为社区或屋顶太阳能光伏板

Illustration by Vic Kulihin

对于海上风能等可再生能源类型，集中式发电具有最低的成本效益规模。

世界各地的城市已经表明：他们可以引领集中式可再生能源的大规模扩张。在我们的分析中，我们根据哥本哈根、墨尔本和旧金山等城市的成功，模拟了城市超越现有状态或国家承诺之外到2030年将电网组合向可再生能源的转移。

促成分布式可再生能源的智能扩展。在集中式可再生能源有明确规模经济的同时，屋顶和社区规模太阳能光伏板等分布式可再生能源也能发挥重要作用。如果集中式可再生能源需要昂贵的输配电基础设施扩建，那么在解决城市或城市范围内的小型装置对公用事业公司来说可能更经济，实施起来更快。例如：纽约的联合爱迪生电力公司选择了投资2亿美元的分布式可再生能源和耗能削减技术，从而推迟了12亿美元的新变电站建设。⁸屋顶太阳能光伏板等现场发电配合现场储能，可以缓解用电高峰需求，如：酷暑时写字楼内大量运行空调——否则可能需要建造昂贵的集中式峰值荷载能力设施。例如：大型太阳能电厂或风电场位置可能需要远离市中心，而社区规模的项目甚或是中等公司规模装置可能在附近就有合适的场地。

能源弹性也是城市需要考虑的一个重要因素，特别是由于气候变化和其他对电网恢复力的威胁将集中式系统推向了极限。分布式可再生能源结合微型电网和本地储能，可以使城市在自然灾害和其他集中式电力服务中断后迅速恢复电力。低收入城市的集中式电网往往不太可靠，而且很难迅速扩建来满足城市人口增长后的用电需求，可以关注开发分布式可再生能源。例如：中国和印度的居民屋顶太阳能光伏发电成本和燃气发电站的成本非常接近。⁹太阳能也可以取代煤油照明和烹饪并减少备用柴油发电机的需求带来减排和改善空气质量的好处。¹⁰

分布式可再生能源成本继续随集中式可再生能源一起下降，居民屋顶太阳能等小型装置甚至能在5-10年内收回投资。这一趋势使得分布式可再生能源成为实现城市减排最具成本效益的方式之一，根据地区的可用性和劳动力成本，减排每吨二氧化碳当量约需要40~150美元。

8 Gavin Bade, “联合爱迪生公司布鲁克林-皇后区非电线替代项目安装第一个微电网” Utility Dive, 2016年11月14日, utilitydive.com.

9 Sarah Martin、David Satterthwaite、Michael I. Westphal等人，推动南半球城市发展：能源如何为经济和环境创利，世界资源研究所，2017年9月, wri.org.

10 Sarah Martin、David Satterthwaite、Michael I. Westphal等人，世界资源研究所，2017年9月, wri.org.

社区规模的装置可以通过规模经济进一步改善成本，结合微电网和地方储能，可以提高整个地区的弹性。

然而，重要的是要注意：除非更广泛的系统集成问题也得到解决，这种高水平的分布式发电有可能对电网的可靠性造成重大干扰，特别是从太阳能等单一类型的可再生资源进行发电。必须确保综合电网组合保持适当的平衡而且已经落实储电和其他机制来支持足够的可调度能力以及能够处理供电波动的系统灵活性。

打破障碍：实现加速的潜在方法

城市、公用事业单位和监管机构可以利用可再生能源不断降低的成本和得以改善的利用率来促进未来十年的快速建设。最直接的方法是促进直接投资或购买可再生能源。例如，哥本哈根市通过自己的公用事业单位发起了一项合作，在离海岸两公里的地方投资了一个40兆瓦的风力发电场。该合作社吸引了当地社区的八千多名投资者，而之前决定在附近建造大型能源设施时却遭到抵制。丹麦国家能源生产国，Ørsted 公司（原东能源公司）也占有股权，其生产的电力在国内及哥本哈根市出售，帮助实现其海上风能总供电占比50%的目标。¹¹

甚至可再生能源条件不利的城市也找到了供电去碳化的新方法。澳大利亚的墨尔本市从一个煤电占90%的公用事业公司获得能源供应，该市核心区高楼林立，现场发展可再生能源的潜力有限，但是却占据该地区总体能源需求的一小部分。¹² 根据现有的国家政策，该市研发了一个群体能源采购模型并联合其他城市政府、文化和教育机构以及企业在未来10年内在该地区购买110千兆瓦小时的可再生能源电力。¹³ 在波士顿，当地政府机构和开发商率先行动：麻省理工学院、波士顿医学中心、邮局广场重建公司通过签署电力购买协议承诺购买25年全部发电量来资助一个60兆瓦的太阳能电厂。该太阳能电厂位于北卡罗莱纳，该地区40%的供电为煤电；新的太阳能容量加快了北卡罗莱纳电网去碳化并让附近的煤电厂提前退役。

¹⁴

11 “风力发电机合作社 (Middelgrundens Vindmøllelaug),” 绿色国度, 访问日期: 2017年10月30日, stateofgreen.com;
“丹麦东能源公司庆祝海上1000台风力发电机启动”, Ørsted, 2016年10月25日, orsted.com;
“全球风能领导者”, 丹麦: 丹麦官方现场, 2015年11月, denmark.dk.

12 城市100: 墨尔本——组队购买可再生能源”, 城市100, 2015年10月30日, c40.org.

13 “墨尔本可再生能源项目”, 墨尔本市, 访问日期: 2017年10月30日, Melbourne.vic.gov.au.

14 David L. Chandler, “麻省理工学院的太阳能厂正在实现承诺”, 麻省理工学院新闻, 2017年3月23日, new.mit.edu;
“电厂峰会: 场外可再生能源投资”, 麻省理工学院可持续发展办公室, 访问日期: 2017年10月30日, sustainability.mit.edu.

对比到2030年所需的新可再生能源设施强度，这些项目只是很小的初步措施。

具有前瞻性的公用事业公司和政府已经证明，它们可以在紧凑的时间范围内促进可再生能源大规模扩张。例如，Orsted公司已将其能源业务进行改革，配合丹麦国家行动，以实现到2035年可再生能源发电和供暖达到100%，目前已经走上正轨，预计到2020年将实现72%的可再生能源电网组织。¹⁵ 这些例子可以作为城市和公用事业合作加速电网去碳化的模板。城市需要和电力公司积极合作追寻去碳化和电气化路线图，以确保这些目标纳入到更广泛的系统规划中。例如，公用事业单位经常制定多年周期的综合资源计划，在该单位的投资决策和可再生资产上线之间形成滞后时间。开放的沟通渠道也有利于公用事业单位确认输电和储电等关键的电网投资足以避免发电不足产生昂贵费用的风险（由于缺乏电网容量，可再生能源发电资产被闲置）。随着建筑物业主转向电力技术，公用事业单位、监管机构和城市也可以共同努力塑造新的需求状况。例如：城市和监管机构可以合作确定电动汽车充电的时间定价，以此激励电动汽车车主在用电高峰需求时有所帮助。

城市存在差异

一个城市实施电力电网去碳化的战略主要取决于两大因素：当地的地理环境和城市现有的基础设施和监管情况。

可再生能源的特点。市内和周围的自然环境决定了该市公用事业单位的可再生能源策略：有多少可用的太阳能、风能和其他可再生资源来建立电网稳定性所需的均衡组合；是在偏远地区修建电厂级项目还是在市内或附近修建小型装置更具经济性；是否有洪水、风暴或其他自然灾害风险而需要着重分散式系统的建立。可再生能源解决方案的成本和可用性的区域差异也影响到不同方法的可行性，包括人工成本以及设计、开发和经营不同类型可再生资产的经验。

现有基础设施和监管结构。公用事业资产和能源政策事务的出发点：已经落实（或规划）了多少连接城市和新的集中式可再生能源的输电量；正确的定价结构和电网能力是否可以支持高层次的分布式可再生能源；可再生能源是否有助于避免建设新的煤电厂、燃油电厂和燃气电厂；公用事业单位最近是否已经投资修建新的化石燃料发电设施；以及现有的发电资产可再生能源组合如何影响未来的决策。

¹⁵ Peter Fairley, “大客户要求100%可再生能源——电力公司做好交付准备”, 电气与电子工程师协会科技纵览, 2017年8月24日, spectrum.ieee.org.

城市需要和电力公司积极合作追寻去碳化和电气化路线图，以确保这些目标纳入到更广泛的系统规划中。

如果国家和地方法规能对太阳能光伏等分布式可再生能源规定稳定可持续的定价方案或者促成集中式可再生能源的合作所有权，那么城市就更能加快企业和私房业主的投资。

社区级可再生能源的智能政策设计——如：在太阳能对网络有附加值时让开发商能够销售高于批发价的电力而获得有人的回报率——可以帮助城市既抓住集中式发电的规模优势，又能获得现场发电的亲近用户的优势。

按城市背景解释2030年路线图

以下举例以城市具体背景说明整个范围的两个极端情况。

高收入创新型小城市



地理条件产生多云气候（不适合太阳能），但是在城市外围有丰富的风能和水电资源。其重点为加快集中式发电，和公用事业单位合作并通过公共和私人来源融资实现足够电网去碳化30个百分点的风能产量。即使2030年人均减排量降至2015年水平的一半这一目标具有挑战性，而该市仅通过电网去碳化一项就可以实现其目标的50%以上。到2030年所需的总投资约为人均600美元或每吨二氧化碳当量130美元每公吨二氧化碳当量，节能方面的净现值（NPV）归投资者，避免基础设施投资的净现值归城市的公用事业单位。

低收入特大城市



因地理位置有利，太阳能资源丰富。其公用事业单位愿意和城市合作实现电网去碳化，因为该单位看到了比建造化石燃料电厂更快且成本更低的机会。该市的重点是加速分布式太阳能和现场蓄电，与公用事业合作为市内可用的土地和符合条件的屋顶安装设施提供资金，同时对其他低碳发电厂进行必要的电网升级和投资来平衡整个系统。这些措施采用分布式和集中式可再生能源组合使城市能够满足建筑用电需求的70%，实现了2030年总排放目标的40%，即使城市人口和生活水平提高，绝对排放量仍保持稳定。到2030年所需的总投资约为人均280美元或每吨二氧化碳当量30美元每公吨二氧化碳当量，节能方面的净现值（NPV）归各方面利益相关者，包括可再生能源开发商和纳税人。



第2.2节 优化建筑能效

建筑物中有数以百万的空间供暖系统、空调、热水、灯具、电器和设备，是大多数城市中最大的能源用户——也是最大的碳排放者。特别是供热制冷占据全球建筑物耗能的35~60%，平均产生城市排放量近40%。通过解决建筑物内电器和设备效率以及商用和民用建筑物本身的效率（包括高层和低层建筑），城市可以显著降低碳排放量。在所有的机会中，提高建筑物能源数据的可用性是一项关键促成行动，可以利用数据来制定规范或变更设备，从而让城市受益。我们的分析表明：许多城市都可以通过改善建筑物耗能将减排目标的差距减少20~500%，而且还不包括对电器方面的机会。

城市、商业和住宅建筑的能源效率的着重加速将需要大量的前期投资：就一座城市而言，每吨二氧化碳当量约需20~100美元，到2030年的资本需求高达数百亿美元。但它也具有经济意义：对大多数城市而言，对更具能效的建筑物进行一揽子投资可以在5~15年内通过节能回收成本，并继续降低能源成本，在2050年及以后为城市居民提供舒适且更具适应力的生活、工作和娱乐空间。

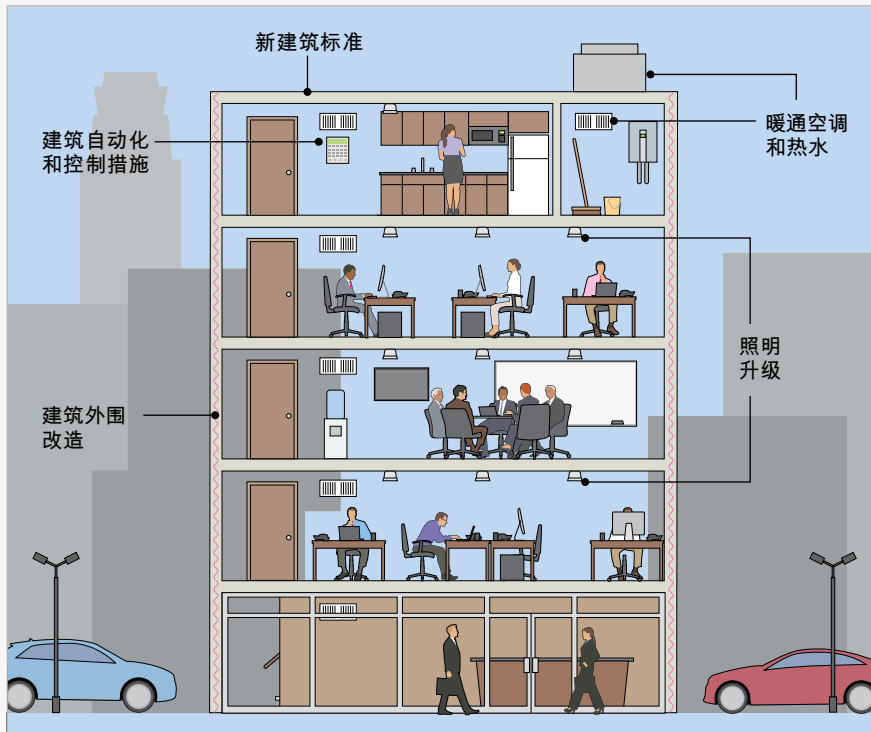
机会

对几乎所有城市而言，建筑设计、系统和技术的进步提供了节能减排的几大机会：更高的建筑物标准；建筑物外围改造；低碳供热制冷技术、更有效照明的LED灯管以及能源绩效更佳的自动化和控制设施（附表6）。所有的机会都能产生正净现值（投资周期折现节能超过前期成本），特别是这些机会结合在一起还可以产生协同效应。在某些具体情况下，地区级供热制冷具有优势；这些情况在城市差异章节进行讨论。

提高新建筑能效标准。对于任何城市而言，确保新施工项目遵守能效设计原则是长期减排最简单的方法之一。

按高标准修建的建筑物不需要后期进行昂贵费劲的改造就可以符合减排要求。许多城市已经对新建筑物采取高效（或低排放）标准，通常以现有评级或认证系统为基础。目前较为被人所知的系统包括领先能源与环境设计（LEED）、英国建筑研究院环境评估方法（BREEAM）和被动式节能屋。

附表6



新建筑标准
新项目超高效标准；可以包括能源绩效要求或具体材料和技术的使用

建筑围护结构改造
墙体、屋顶和门窗的升级（例如：清凉屋顶、高效窗户、墙体隔热等）

暖通空调和热水
空间供暖、空调和热水系统升级（例如：电热泵、高效空调、太阳能供暖）

照明升级
白炽灯和荧光灯升级为LED灯

建筑自动化和控制
优化并监测能源使用的系统（如：照明传感器、智能恒温器）

Illustration by Vic Kuhlth

这些项目中考虑的设计原则包括气密性、空间定位和材料使用，以优化冬季天然太阳能供暖和夏季阴凉最大化（和自然采光），以及其他建筑物总体能耗最小化的特点。有些城市也选择了特定类型的节能暖通空调（HVAC）系统，如：采用辐射供暖系统，而不是中央强制空气系统；也有城市设定了能源绩效和报告要求，鼓励采用最先进的系统。城市规划和分区的要求还可以促进高密度发展，随着时间的推移会降低建筑能源需求，等同或高于能源改进的削减量。¹⁶

我们的分析假设对于大多数城市类型，任何一年中50~100%的新建筑物都会采用超高效建筑标准，对比现有建筑物，新建筑物的能源使用率到2030年将降低50~70%。

16 Michail Fragkias, Burak Güneralp, Mukesh Gupta等人，"全球2050年城市密度及其对建筑能耗影响" 美国国家科学院院刊，2017年8月22日第114期34号，pnas.org.

对于现有建筑，构成建筑物密闭空间的屋顶、外墙和门窗等外围结构翻新可以降低建筑物40%的供热制冷需求。

这些节能相对保守，因为超高效建筑设计可以减低供热制冷需求达90%，减少总体能耗达75%。¹⁷ 有些城市已经向更多新建筑实施这类标准：2011年，经过几年的融资示范项目和市场构建，布鲁塞尔市通过了一项所有新建筑均要安装被动式房屋标准修建的要求，并要求四分之三以上的建筑进行改造升级。¹⁸

布鲁塞尔证实，按被动房屋标准建造的建筑前期成本可以和低效率建筑对比：住宅建筑的平均成本为每平方米1758美元，而传统建筑则为1746美元，而且被动式房屋比传统的商用建筑方法更便宜。我们的分析根据以前麦肯锡的研究假设更保守的10%成本溢价。¹⁹ 由于绿色建筑材料价格下降，这种前期成本也会下降。然而，房地产开发商面临行业分散和竞争激烈以及利润偏低且额外费用难以转嫁等困境，所以成本仍然是一大挑战。

加速现有建筑物外围结构改造。对于现有建筑，构成建筑物密闭空间的屋顶、外墙和门窗等外围结构翻新可以降低建筑物40%的供热制冷需求，同时可以根据周围环境利用自然通风或安装小型暖通空调系统或完全避免供热制冷。不采用空调系统或安装小型空调系统可以大量减少氢氟碳化物排放以及制冷系统的温室气体排放。完整的改造包括清凉屋顶（也可以减少周围地区的环境温度）、墙体隔热性能改善、更好的气密性和高效窗户。

除了节省能源成本外，改造还可以削减自然灾害和灯火管制期间发生断电时对人和财物造成的极端气温的风险，从而加强城市的适应力。旧金山和多伦多等城市已经制定了具体方案让低收入社区改造房屋，如：廉租房和老旧公寓楼，提高安全性并减少室内结露和发霉等健康危害。²⁰

17 "什么是被动式房屋"，纽约被动式房屋协会，nypassivehouse.org。

18 Lenny Antonelli，"布鲁塞尔实现被动的方法"，被动式房屋+，2016年10月26日，passivehouseplus.ie。

19 Shannon Bouton、David Newsome和Jonathan Woetzel，"为未来城市打造绿色区域" 麦肯锡可持续性和资源生产力，2015，第3卷，49-55页，McKinsey.com。

20 "城市100：多伦多——公寓改造将居民福祉放在首位"，城市100，2016年11月15日，c40.org
"城市100：旧金山——平等改造降低能源费用"，城市100，2016年11月15日，c40.org

对建筑物的完整评估可以揭示建筑外围干预产生的成本和效益。如果供热制冷需求还不足以为完整的外围改造提供正当理由，则可以采取更换窗户或改用冷或绿色屋顶等简单的行动，在提供更好的经济收益的同时实现很多潜在的节能。

冷屋顶可以让空调负荷降低约10%，高效窗户可以提高建筑能效20%。²¹由于窗户和屋顶的更换和维修比整栋楼翻新的次数更频繁，这种更快的周转期让这些'微型改造'为城市实现大量的节能。建筑外围改造一般结合照明和暖通空调等其他措施进行。

我们的分析假设，如果高需求合理（对比美国能源部的研究）而且城市到2030年能够处理80~90%的现有建筑（欧洲几座城市已经开始实施），仅改造外围结构就可以减少约40%的供热制冷能源需求。

采用低碳技术升级暖通空调和热水系统。在能源需求极高的城市以及不适合地区规模方案的地方，可以加速采用高效和可再生能源系统来降低建筑物排放，如：电热泵、高效空调系统和太阳能热水系统等。由于大多数供热制冷设备运行时间为10~20年或更长，在更换设备时进行升级可以将未来的减排量锁定到2030年以后。短期而言，将低效油气加热系统转换为高效模式可以为城市2030年减排目标贡献10%，并让今天的净现值为正。在欧盟等市场，新暖通空调系统必须采用这种技术。

在气候温暖的地方，采用太阳能供热屋顶来降低建筑物排放量的成本较低，技术难度也不大。中国的某些城市已经统一采用合适的屋顶，按居民太阳能热水器的成本低至200~300美元。该成本仍然高于电热水器或燃气热水器的成本，但是业主更换非太阳能系统后通过节省电力和燃料费用约3年后获得回报。²²

我们的分析假设，通过着重加速可以实现的升级速度比得上领先城市已经使用不同暖通空调和热水技术的水平。例如：在今天的斯堪的纳维亚城市，电热泵占建筑供暖系统销售额的55%。²³

21 “住宅和建筑物业主凉爽屋面数据”，凉爽屋面评级理事会，访问日期：2017年11月6日，coolroof.org；
技术路线图：能源效率建筑外围结构，国际能源署，2013，iea.org；
“效益：能源&成本节省”，高效窗户合作，访问日期：2017年11月6日，efficientwindows.org
“节能改造到底能省多少”，Energy.gov，2016年10月7日，energy.gov.

22 “胡萝卜和大棒推动可再生能源”，世界自然基金会，2012年3月1日，wwf.panda.org；Umair Irfan、Kandy Wong和E&E记者，“中国超越美国，屋顶太阳能热水器正在蓬勃发展”，E&E新闻，2013年7月2日，eenews.net

23 根据每千户20年升级周期和销售26-28户销售量计算，来源：2015年欧洲热泵峰会，欧洲热泵协会，托马斯·诺瓦克

奥地利已经承诺到2030年安装300万平方米的太阳热能，人均2.2平方米，为当地经济带来重要的就业机会。²⁴

照明转换为LED。由于翻修会打断建筑物的正常运作，解决供热制冷效率的项目往往结合其他减排措施一起进行，这样可以提高整体效果并提前获得投资回报。

照明占建筑能耗的10~20%，商用建筑照明能耗稍高于居民建筑。²⁵照明换为寿命更长的LED灯后，每瓦照明量更多，比荧光灯的电量需求低30%，比白炽灯的电量需求低80%。过去10年来，LED成本已经大大降低，每个新灯泡（灯）取代白炽灯后可以省电，在不到两年的时间内就可以收回前期成本。²⁶除了建筑内的机会外，城市还可以将街灯换为LED等，从而降低户外建设环境的排放量。例如：阿曼正将119000个街灯更换为LED等，预计能节省一半的街灯成本。²⁷洛杉矶目前已经安装114000个街灯，每年节省的用电和维护成本分别为750万美元和250万美元——而且照明质量还得到提高。²⁸我们的分析假设照明升级能达到以前我们和其他城市合作达到的效果：到2030年室内照明85%采用LED灯，街灯全部使用LED灯，平均照明效率收益50%。

建筑自动化控制系统扩展。即使采用最好的技术，建筑物的能源绩效也会随时间推移而发生浮动，特别是居民不关灯或电器，或者过度运行供热制冷设施更会如此。自适应恒温器、照明感应器和插座负荷检测器等自动化控制系统有助于确保居民感到舒适且设备运行正常的同时优化能效。自动化系统的安装可以整合到现场可再生能源发电和地方公用事业需求管理计划中——例如：通过在总体能源需求较低时不时运行洗碗机和滚筒式烘干机来进一步改善建筑物的排放情况。我们的分析仍然是以先前和个别城市进行的工作为基础，我们假设到2030年自动化控制可以减少2~5%的建筑物能耗，且城市能够在15~40%的建筑物内安装这一系统。这些机会能解决大多数城市中建筑物最大的温室气体排放源。对少数城市来说，也有其他的重要机会，例如：从燃气烹饪转为电气或低碳烹饪，提高电器效率，以及工业部门减排等（见侧边栏“工业能效”）。

24 Bettina Auinger, Brigitte Branstätter, Gerhard Dell等人，胡萝卜、大棒和铃鼓：

上奥地利州如何成为全球太阳能市场领袖，O.Ö. Energiesparverband，2010年12月，energiesparverband.at.

25 照明效率：气候技术手册，皮尤全球气候变化中心，2011年4月，c2es.org.

26 根据麦肯锡分析。

27 “GAM和LED联合公司签署更换119,000个街灯协议”，约旦时报，2017年2月11日，jordantimes.com.

28 Justin Gerdes，“洛杉矶LED街灯部署节省资金数百万”，福布斯，2013年1月25日，forbes.com.

工业能源效率

有大型工业部门的城市会产生大量的碳排放量，所以工业建筑和设施的工艺和能效改善至关重要。麦肯锡的研究表明，工业运行的改善可以减少10~20%的能耗。此外，能效技术投资可以再贡献30~40%，每年可节省能源成本数百亿美元。¹ 大多数工业目前至少有一项商业可行的能效方案，行业自身至少可以减少15%的能源需求。² 运营改善还可以节省更多能源，往往不需要额外的资本支出。

例如：工厂可以制定更具预测性的电力荷载曲线，减少能源使用高峰次数，从而避免昂贵的高峰需求费用并通过参与公用事业单位的需求应对计划而获得信用。

1 Nicole Roettmer, Erik Schaefer, and Ken Somers, "Capturing the lean energy-efficiency opportunity in industrial and manufacturing operations," *Energy efficiency: A compelling global resource*, 2010, McKinsey.com.

2 Harsh Choudhry, Mads Lauritzen, Ken Somers, and Joris Van Niel, "Greening the future: New technologies that could transform how industry uses energy," August 2015, McKinsey.com.

打破障碍：实现加速的潜在方法

许多城市数年前就已经开始改善建筑物能效，有些领导已经开始大刀阔斧地释放机会规模，但是许多事务还急需解决。最近的创新有助于城市抓住这一机会，特别是如果城市能够通力合作并分享其工作经验，则更有可能成功。我们相信建筑物节能减排的关键是通过大型的重点计划实现，并且需要所有必要利益相关者的积极参与。我们对建筑物减排潜力的分析以领先城市通过统筹的规模化项目到2030年实现目标的翻修和升级速度为基础。

展示领导力。城市可以积极改造其建筑物带头提高建筑物效率；城市一般对其市政建筑有高度控制，采取能效改造和能耗削减措施后能更快前进，在过程中表现领导力并节省公共资金。温哥华等城市已经要求所有新建的市政建筑都实行零碳标准。²⁹ 这些举措为本地创造了新的就业机会，改善了居民和用户的健康状况，在降低能源的同时又实现了减排。³⁰ 同时，波哥大已经开始从公立医院网络设立基准排放量，并催生了一些试点项目，如：减少能耗的太阳能热水装置尽管在医院服务中的使用大量增加。³¹

29 Johanna Partin和Michael Shank, "因为国家政府不作为，所以城市在推动零能源建筑"，快速公司，2016年3月25日, fastcompany.com

30 彭比纳研究所, "温哥华绿色建筑政策给房主和租户带来好消息"，Lee Loftus和Karen Tam Wu，访问日期：2017年5月1日，pembina.org/blog.

31 "城市100：波哥大——医院项目减少二氧化碳并改善病人体验，城市100, 2016年11月15日，c40.org.

绕过自然翻修周期。现有建筑每30~50年需要重大翻新，这是加速改进中的主要挑战之一。这一时间框架使得严格执行新建筑标准成为所有城市减排的最大机会之一，即使仅用于新项目的部分设施（在目前的许多城市很常见），保守估算超高效标准节能，也能收到很大效果。为了处理现有建筑存量，城市已经采取措施绕过自然翻修周期，将升级要求和更频繁的触发机制捆绑起来，如：所有权变更。例如：纽约市要求大型建筑业主完成定期设备能源审计和再调试，并通过其'改造加速器'计划为希望进一步改造的业主提供协助。³² 纽约最近还宣布为高层建筑实施化石燃料封顶，以加速外围结构改造和暖通空调系统升级。东京实施了类似的限额交易计划，已经实现首期减排22%。³³ 深圳有635家企业和197个大型基础设施项目加入了碳交易方案，在经济活动增长的同时实现了12.6%的减排。³⁴

建筑物升级的另一挑战是改造项目对居民产生干扰，项目完成前居民往往需要安置，给建筑业主造成收入损失。不过荷兰采取的**Energiesprong**模型等快速外围改造创新科研预制外围设施，减少项目工期至数周时间，而正常的工期为几个月。这种方法可以把对居民的干扰减至最低，同时也大大改善了建筑业主的商务局面。**35**该技术和基于运营的方法有助于帮助城市走上正轨，到2030年实现20~30%的低层建筑改造。

采用新商务和融资模式改善商业局面。节能改造的常见障碍是资金问题：建筑改造需要大量的前期费用，升级设施投资回收期长（外围改造投资回收期20~25年，甚至更长），而且要克服'激励分离'的问题（开发商和业主投资节能改造，但是建筑居民可以因节能而省去水电费用）。打造更具能效，更适宜工作生活和娱乐而且运行更廉价的关键方法包括释放私人资本，与养老金基金和拥有长期财务目标的房地产管理公司等投资者合作，以及缩短投资回收期。多项整改一起进行可以降低用户的购置成本并促成深度改造，获得合理的投资回报。

32 “LL87：能源审计&改造调试”，纽约市市长可持续发展办公室，访问日期：2017年11月6日，nyc.gov.

33 “东京的城市限额交易计划实现显著碳减排，C40城市集团，2015年11月17日，c40.org.

34 “城市100：深圳——碳交易将增长和气候影响分开”，城市100,2015年10月30日，c40.org.

35 Arno Schmickler, “Energiesprong—让净零能源房屋成为现实”，国家能源基金会，2016年11月4日，nef.org.uk
“净零能源翻修是什么？”Transition Zero项目，访问日期：2017年11月6日，transition-zero.eu.



© chinaface/Getty Images

例如：某一建筑物的翻修可以包括对外围结构进展改造，同时对暖通空调、热水、照明和自动化系统进行升级，通过5-10年内节能而获得投资回报。采用新的融资模式也可以克服激励分离的问题。例如：通过签订基于绩效的能源合同，又第三方对低碳方案安装进行管理，然后持续优化建筑物的系统以确保实现全部效益来换取一部分节能费用。巴黎市已经成功按环境绩效标准模式首期改造100所学校，目前正在进一步推广这一模式。³⁶

推动更高效率并淘汰化石燃料暖通空调系统现有建筑物供暖以化石燃料为主的城市通过两极法实现了加速减排：短期内要求高效化石燃料系统，落实长期措施淘汰这些系统并用电气或可再生能源技术取代。斯堪的纳维亚城市要求所有化石燃料系统使用高效率的技术，如：冷凝式锅炉和无罐式热水器，同时推广更低碳的替代品，截止2017年使用电热泵的建筑已达成约35%。³⁷ 纽约和东京等城市采用基于绩效的排放标准，有利于增加低碳暖通空调和热水的采用，而且不需要强制使用特定技术。纽约的绩效法令改善了空气质量，每年减少40起过早死亡和100起门诊事件，到2030年将装置新建筑相关的岗位17000个。³⁸ 由于建筑物内的暖通空调和热水设备寿命较长（通常为10~20年或更长时间），城市必须在2030年前积极淘汰化石燃料技术。城市可以通过孵化器和试点项目证明市场的存在，帮助构建市场并降低替代技术的成本。

36 “巴黎学习改造项目应对能源效率问题”，C40城市集团，2014年9月18日，c40.org.

37 欧洲热泵协会，托马斯·诺瓦克，欧洲热泵峰会2015.

38 1.5°C将纽约市和《巴黎气候协定》结合在一起，C40城市集团，2017年9月，nyc.gov.

城市存在差异

某一城市不同建筑解决方案的减排潜力大体上取决于三个因素：气候、现有建筑存量 and 增长。

气候。气候主导城市总体供热制冷要求，这并不足为奇。例如：寒冷的气候会导致室内外气温差异大——所以建筑物外围结构对防止热量损失特别重要。如果城市的冬季时间较长，仅改善建筑外围结构绩效一项就能实现其2030年减排目标的5~10%。自然通风不足的炎热气候中，高效空调成为最大的机会，特别是气候变化导致更频繁的热浪和更炎热的日子时更是如此。气候温和的城市往往可以设计自然通风的建筑物，完全避免空调的使用。

现有建筑存量。目前的低效率建筑物越多（例如：因隔热密封不良，老旧的供热制冷技术或自动化系统精准度差），效率升级的节能潜力就越大，则低碳投资的商业局面就越好。例如：郊区旧城的居民房大多按低效标准建造，其人均排放量比拥有高效高层建筑的密集型城市要高。

收入和人口增长。对于预期收入或人口会发生急剧增长的城市——随着建筑物施工的密集进行以及随之而来越来越多的能耗——实施控制排放量的建筑物高效标准势在必行。随着收入的增长，居民往往要求更多的人均建筑面积和室内控制的气候，而快速施工容易导致粗制滥造，使得设计和建筑能效不足。为了确保城市繁荣和人口增长不会导致能耗失控，必须强制实施严格的建筑规范，积极改善能效并进行智能化城市规划和开发。

在某些情况下，增长迅速的城市可以采用区域供热制冷（为服务多栋建筑而建造的大型系统），在建筑施工急剧增加的同时提供低碳供热制冷。

为了确保城市繁荣和人口增长不会导致能耗失控，必须强制实施严格的建筑规范，积极改善能效并进行智能化城市规划和开发。

供热制冷需求都很高的地方采用区域系统最经济，可以利用工业余热以及海洋湖泊制冷等低碳资源，采用区域系统的服务范围内业可以获得高度的发展。对比单个系统而言，东京的天空树镇在其区域系统中采用热泵和水箱结合的方式减少44%的能耗和50%的温室气体排放。³⁹已经落实区域能源系统的城市可以进一步推广到其他的新建筑物。多伦多的集中式蒸汽加热系统建造于20世纪70年代，于2004年进行扩建，采用安大略湖的水进行供冷。符合资格的建筑物连接到区域供冷系统，比传统冷却装置节省运行费用少10~15%。⁴⁰

39 JFS, “东京天空树区域供热制冷整体减少能耗和二氧化碳排放”, 2013年10月29日, japanfs.org.

40 Gail el Baroudi, “解决热的答案?清澈干净的水”, 环球邮报, 2006年7月18日, beta.theglobeandmail.com.

按城市背景解释2030年路线图

以下以城市具体背景举例说明整个范围的两个极端情况。



高收入创新小城市,

如果气候寒冷，增长缓慢且市中心往往有老旧历史建筑物，则着重加速两个机会：现有建筑外围改造和低碳及低碳供暖系统升级。建立一个‘改造孵化器’模型来支持试点安装并迅速扩大创新规模，将外围结构改造过程自动化和标准化，到2030年实现95%的存量建筑改造。同时，该市和国家政府合作要求将暖通空调和热水系统的排放降到最低，并为新的解决方案创造市场——努力成为地区和全球先进建筑技术领头羊。到2030年，电热泵占据所有空间供暖系统的一半，热水系统全部使用电气或太阳能。达到的减排量可以实现该市2030年减排目标的3%。到2030年的总增量投资约为110亿美元，人均4000美元，每吨二氧化碳当量100美元，6-8年时间实现正净现值和总投资回报。



低收入特大城市

如果气候炎热且增长迅速，则主要着重对新建筑和改造建立被动式房屋标准，包括新的空调系统效率要求，同时鼓励新建筑密集发展。从2017年起，一半的新建筑比现有建筑的效率高50~70%，随着城市的发展，这些构筑物将代表总建筑存量的三分之一整，为城市2030年目标所需的总减排量贡献约22%，到2030年的总增量投资约为120亿美元，人均550美元，每吨二氧化碳当量20美元，5-9年时间实现正净现值和总投资回报。



第2.3节 促成下一代通勤方式

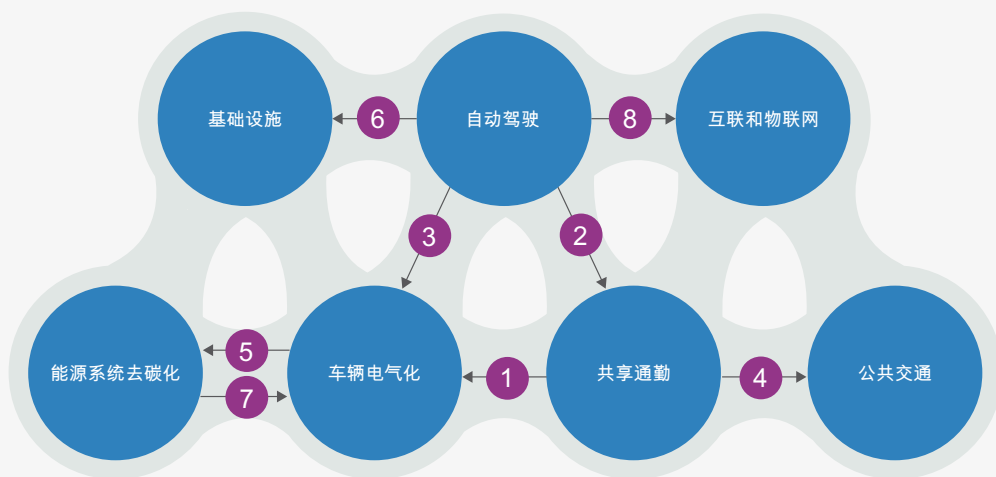
随着城市努力应对涌入城市中心的人潮，客运和货运成为在职官员和政策制定者急切关注的事务之一。许多城市目前已经难以维持，地方空气污染已经达到危机人体健康的水平，某些市中心的交通拥堵造成全市8%的GDP损失。⁴¹ 谈及交通运输，城市确实无法接受'一如往常'的情况。

幸运的是，通勤和土地利用规划的多种相互强化型趋势正在变革城市的交通体验。交通运输业正在向这一新的现实定位：汽车制造商、油气公司、公用事业单位和基础设施供应商都认为汽车和卡车在未来的使用方式将和目前大有不同。

附表7说明这些趋势可能存在的互动方式：例如：自动驾驶可以加快低成本共享通勤的新商业模式，对公共交通方案加以补充。

⁴¹ TheCityFix, “研究：2013年里约热内卢和圣保罗因交通拥堵损失430亿美元”，博客，Renato Lobo，2014年7月31日，thecityfix.com/blog；2030年未来交通阻塞的经济和环境成本，经济和商业研究中心，2014年7月，ibttta.org.

附表7：关键趋势



- 1 由于更高的利用率有利于电动汽车的经济性，所以共享通勤的更新将加快电气化。
- 2 无人驾驶可以和共享通勤的商务模式联合，与私家车和公共交通竞争。
- 3 私有和共享的无人驾驶车辆有可能增加，而电动车的购置成本较低。
- 4 共享通勤的更新将影响公共交通。
- 5 电动车规模生产将加速电池成本降低并产生多重效应。
- 6 无人驾驶电动车有不同用途，所以对充电基础设施有不同的要求。
- 7 增加可再生能源将让电动车更具吸引力，减少交通部门的碳强度。
- 8 无人驾驶车辆将加速互联网应用。

来源：彭博新能源金融和未来通勤小组分析

为了利用这些趋势并实现减排，城市需要积极塑造通勤局面以确保人人享有廉价诱人的方案。对许多城市而言，该行动领域的机会根据城市具体背景，可以实现2030年所需减排的20~45%。在该过程中，这些工作可以通过减少拥堵造成的时间损失、改善空气质量和健康并释放城市房地产价值从而改善居民的生活质量。

机会

下一代通勤不仅包括城市居民用来往返的交通方式，而且还包括对城市中心的设计和开发。限制全城客运和货运流排放量是一个很复杂的难题，但是可以通过四大主要机会进行解决（附表8）。

加速公交导向发展。清洁、互联和共享的车辆，特别是结合交通基础设施和城市环境的改善，将为城市通勤带来新机会。精心策划的城市规划和开发可以锁定建筑物和交通系统的低排放量，从而实现良性运河，同时其他基础设施建造更具效率，而且较高的人口密度使得一系列通勤方案都切实可行。例如：市中心进行密集开发，离工作地点很近，特别是结合行人和自行车设施改善以及公交基础设施的投资，可以减少平均出行时间。某个区域如果有大量的骑行人员，则会带动大众交通、共享车辆和电动车充电网等系统的发展。

这些发展配合正确的融资结构，对城市来说具有成本效益。例如：东京火车站周围的区域是密集型多用途社区，使他们成为在经济上取得成功的公交导向发展模式。地铁运营商处于这一发展的重型，他们通过在地铁站所处区域发展房地产、零售和大量的其他业务，把地铁站变成'焦点中心'，收获了较高的经济效益。⁴²同样，约翰内斯堡也正在投资'自由长廊'，一项连接交通干道混用发展节点的公交导向发展战略。这种发展方法不仅为城市减少了综合服务成本，而且让市民离上班的地方和享受服务的地方更近，增加了获得廉租房的机会，同时为经济发展推动了总体互联性和机会。⁴³

42 John Calimente, “东京轨道交通整合社区”, 交通和土地利用期刊, 2012, 第5期, 1号, 19-32页, jtlu.org.

43 “发展规划, 约堡, 我的城市, 我们的未来”, 2017年8月16日更新, joburg.org.za;
“公交导向发展将改善生活质量”, 约翰内斯堡开发署: 创造更美好的未来, jda.org.za.

附表8



公交导向发展

发展交通互联的同时进行密集型、混用、可行走开发

大众交通步行和单车骑行

支持使用更多私家车替代方案的基础设施（如：受保护的自行车道、巴士、快速交通等）

下一代车辆

电动车、卡车、巴士和其他具有互联性、共享性和自动化特点的车辆

商业货运

简化商业运输的运营和技术变革（例如：夜晚交付、城市集散中心和包裹储柜）

Illustration by Vic Kulihin

事实上，我们已经发现，通过精明规划的致密化是减少交通排放量的最大机会之一，对快速发展的城市更是如此。这主要是因为密度的增加会促进步行、单车骑行和公共交通出行方式，在已经存在公共交通的区域更是如此。⁴⁴ 基于这一发现，我们的分析表明，如果将每平方公里平均人口密度提高3~10%，可以实现2030年目标所需减排量的5~15%。除了这些短期利益外，土地利用规划和密集发展也锁定了积极发展模式，实现长期减排，提高均等化程度并和支持未来几十年的经济发展。

44 土地利用影响交通：土地利用的因素如何影响出行行为，维多利亚交通政策研究所，2017年7月，vtpi.org.

鼓励大众交通、步行和单车骑行。为了实现全部的减排潜力，城市需要确保整个城市针对步行、单车骑行和大众交通采用吸引人的可行方案。

提高大众交通覆盖率并改善体验可以吸引乘客采用公交车和地铁等低碳交通方式，对汽车拥有率低的城市更是如此。影响人们决定是否采用大众交通的因素有很多，包括服务的频率、安全性、可靠性、清洁度以及便利性。城市可以对大众交通采取有针对性的强化，如：在主干道上引入快速公交系统，改造主要站点的安全性或者为服务水平较低的地区增加站点。例如：波士顿佛蒙特/尹迪戈铁路线2002年新增了四个站点，连接该市的中央商务区和南部郊区，南部郊区是最落后且人口最密集的地区之一。新增站点后，不仅促进了大众交通乘坐率，而且推动了沿线地区的发展。社区开发商购置并重建了超过1500个住宅单元，开发了72464平方米的商业区，并创造岗位1300个。⁴⁵同样，南非城市茨瓦内引入了以低排放巴士为主的专用快速公交系统，为市郊居民提供更快更可靠的城市中心通道。该市认识到这条线路将取代现有的非正式小巴交通系统，为被替换的企业提供了财政补助和新巴士运营公司股份。⁴⁶在亚的斯亚贝巴，交通排放量占总排放量的47%，城市电网几乎全部由可再生能源供应，该市新开发的一条轻轨几乎让平均交通速度提高一倍，并创造了1100多个岗位，同时也减少了当地空气污染。⁴⁷

城市可以通过（特别是以公交为导向的密集型区域）改善步行和单车骑行设施，鼓励非机动车交通。我们的分析表明，加强步行和单车骑行基础设施，提供安全、宽阔和位置便利的自行车道和人行道等特点可以实现2030年减排目标的5~15%。这些让身体动起来的交通方式还有其他的利好：研究表明，改善5%的步行设施条件不仅可以降低约6.5%的汽车里程，还有利于个人健康。⁴⁸

为了进一步鼓励大众交通、步行和单车骑行，城市可以采取自动收费、动态线路开放、拥堵区泊车动态收费以及划定非机动车交通区域等措施。特定行程可以采取不用私家车的替代方案的，这些拥堵管理措施可以让出行者选择低碳、高乘坐率的通勤方式，同时还可以减少汽车因拥堵怠速时产生的排放量。

45 Shannon Bouton、David Cis、Lenny Mendonca、Herbert Pohl、Jaana Remes、Henry Ritchie和Jonathan Woetzel，如何让城市伟大，麦肯锡城市特殊倡议组，2013，McKinsey.com.

46 “城市100：茨瓦内——为非正式交通创建一个可靠的备选方案”，城市100，2015年10月30日，c40.org.，

47 “城市100：亚的斯亚贝巴——撒哈拉以南非洲地区的第一列轻轨”，城市100，2016年11月15日，c40.org.

48 William Bachman、Terry L. Conway、Lawrence D. Frank等人，“从土地利用到健康的多条路径——社区步行条件和积极交通、体重指数和空气质量之间的关系”，美国规划协会期刊，2006年3月，第72期，1号，75-87页，researchgate.net.

为了进一步鼓励大众交通、步行和单车骑行，城市可以采取自动收费、动态线路开放、拥堵区泊车动态收费以及划定非机动车交通区域等措施。

斯德哥尔摩于2006年引入了一项拥堵收费措施，该措施（结合大众交通扩建）已经实现了车辆交通持续减排20%。⁴⁹伦敦的拥堵区碳减排已经达15~20%，颗粒物和二氧化氮(NOx)减少达10%。⁵⁰

和公交导向发展一样，鼓励大众交通以及步行和单车骑行基础设施的投资也要求城市和其他政府机构的净资本输出。然而，这些开支从更广义的经济角度来看具有正面效益。收费站和泊车动态收费能够产生收入，大众交通车费和单车共享付款也能产生收入，而且能减少道路基础设施的压力。

如果经济可行，可以采用公私合营的方式为投资提供资金。然而，其他的经济效益却难以量化，因为其带给居民和企业的效益形式表现为在商务零售区的步行交通、减少交通拥挤和通勤次数产生的更大生产力，改善生活质量，增加物业价值并吸引新企业和居民来到城市等。

促成下一代通勤方式。四大相互联系的行业趋势有利于引领一个无缝低碳通勤的时代：车辆电气化、共享通勤（例如：汽车共享车队、网约车服务、灵活货车和小巴运输以及装载共用）、自动（无人）驾驶车辆以及车辆和广泛交通基础设施的无线连接。这些趋势可以随着发展彼此加强。例如：互联技术和自动化技术可以在不需要司机和调度员的情况下运营，减少网约车等共享通勤方案成本，电动车比化石燃料车的总持有成本低，所以电气化方案对共享通勤和自动化快递服务特别有吸引力。同时，汽车和基础设施的互联不仅可以实现自动化，而且还可以实现很多可以改善交通流的其他方法，包括避免拥堵的实时路线设置和智能交通信号灯等。随着这些新技术趋势的发展，传统内燃机车辆中的与日俱增的燃料经济将发挥重要作用，为2030年所需的总减排量贡献10~25%。总之，根据城市的具体情况，这些趋势的加速可以贡献总减排量的20~45%。

49 Eric Jaffe, "打败交通拥堵的蓝图", 城市实验室, 2011年12月15日, citylab.com

50 Ed Pike, 拥堵收费: 挑战和机会, 国际清洁交通委员会, 2010年4月, theicct.org

电网完全去碳化之前，所有机动车都会产生温室气体排放。然而，对于大多数城市而言，电动车比内燃机车辆排放量低，而且能够减少地方上交通相关的空气污染（如颗粒物和氮氧化物）以及城市街道的噪声。随着电动车的推广及其在总持有成本上的竞争力，城市能够是可以到2030年实现总车辆份额占12%，通过私有、商务和公共交通车辆电气化面向1.5°C轨迹贡献20%的减排量。

由于电动车模式越来越广泛和廉价，到2030年新车销售额可达30%，但这一份额不可能会很均衡。⁵¹希望实现更高份额的城市可能需要采取更多的措施和工作。事实上，在城市的鼓励下，电动车在该时间框架范围内可以实现新车销售50%的成绩。此外，麦肯锡研究表明，其他新的通勤趋势也在2030年前开始立足：销售的汽车中有10%可能为共享车辆，当年销售的新车中15%可能是全自动车辆。由于上述四大通勤趋势的加强型特点，共享车辆、无人驾驶车辆和互联的显著增长有可能带来更高的电动车采用率。（见侧栏，'自动驾驶'）

巴士是城市的主要方案，由于车辆可以按需调出充电并遵循固定路线，让充电站位置得到优化，规范的车队特别适合电气化车辆。拥有大型巴士车队的城市可以通过将所有巴士换为电气化模式，实现到2030年减排目标的1~3%。

51 Shannon Bouton、Eric、Hannon、Stefan Knupfer、Detlev Mohr、Timo Moeller、Jan Tijs Nijssen、Surya Ramkumar、Swarna Ramanathan、Christer Tryggstad和Colin McKerracher、Itamar Orlandi、Michael Wilshire；未来通勤综合看法，麦肯锡和彭博新能源金融联合报告，2016年10月，McKinsey.com。

无人驾驶车辆

从排放角度来看，加速电动车采用之外的全自动化技术带来的主要潜在效益是改善整个城市的交通流。这种'车队效应'源自无人驾驶车辆，可以迅速识别其他路线以避免拥挤干道，更好地管理加速和减速，驾驶速度更快更密切，而且可以改善人类驾驶行为。2020年以后，无人驾驶车辆将开始投入市场，但是即使采用速度迅速，在2040年以前也难以实现大型车队效应所需的群聚效应。

同时，从这种新技术试点项目收集可靠数据对理解其对城市交通的潜在影响、居民安全 and 生产力以及塑造无人驾驶车辆使用的最佳策略至关重要，从而能够实现居民和气候的最大效益。

促成下一代货运和快递。因物流和快递造成排放量显著的城市可以和私营部门合作实现供应链去碳化并转换商业货运。城市很难对发生在市中心以外的长途货运施加直接影响，但是可以同物流公司和企业合作实施策略从最后一里城市送货开始大大减少排放量。采用夜晚送货、包裹储物柜和电动送货车等整合方案可以补偿企业间以及企业对客户送货产生的排放量的60~70%。⁵² 企业往往非常愿意合作。例如：汉堡的快递公司和城市官员合作支持在市中心实现非机动车送货的目标。物流提供商甚至设计了电动三轮车从中心包裹拖车运送包裹。快递公司估计这种解决方案已经为该市减少70吨二氧化碳当量排放量。⁵³

打破障碍：实现加速的潜在方法

大多数城市最大的机会可能是客车，因为客车一般是道路上的主要车辆类型；美国的客车占道路交通总排放量的70%。⁵⁴ 特别是共享车（Lyft和Uber等网约车）对加快电气化和减排具有特别高的潜力。这些车辆的利用率较高，因此使用寿命会缩短，所以共享车辆存在型号更新和更节能的趋势。对比传统内燃机，电动车的运营维护成本更低，所以能够推动电气化发展，整个寿命期的总持有成本更低。我们的分析表明，通过电气化和节能，到2030年，共享车作为一个群体将比私家车的能效高25%。

城市可以通过设计专用驾驶道或泊车区、提供补助、设置零排放区以及便捷的充电区等优惠待遇进一步推动电动车的采用。例如：设置限制高排放车辆进入的低排放区有助于向低排放车辆的转移。欧洲14个国家220多座城市已经实施或计划实施这种低排放区。⁵⁵ 消费者决定是否购买电动车的另一重要因素是充电基础设施。城市可以帮助宣传现有充电设施网来促进电动车的采用，可以采取直接补助或免费停车等措施推动。

52 Shannon Bouton、Eric Hannon、Linda Haydamous、Bernd Heid、Stefan Knupfer、Tomas Naucler、Florian Neuhaus、Jan Tijs Nijssen和Swarna Ramanathan，
“未来通勤的综合看法：第二部分：改革城市快递”，麦肯锡商业和环境中心，2017年9月，McKinsey.com.

53 “可持续解决方案”，联合包裹服务公司，ups.com.

54 “交通运输温室气体排放快报”，绿色车辆指南，美国环保局，epa.gov

55 “低排放区概览”，欧洲城市准入规定，访问日期：2017年10月31日，urbanaccessregulations.eu.



还可以开发设计新的通勤技术和商务模式确保旨在减少拥堵和排放的措施不会对低收入市民造成不当影响。例如：洛杉矶正在公交设施贫乏的低收入社区启动一个电动车共享车队，以帮助改善这些社区的环境条件和经济前景。⁵⁶ 同样，还可以给网约车提供补助，为服务水平较低的社区提供直接的最后一里服务，直达交通枢纽。⁵⁷

随着共享通勤和自动化越来越流行，城市可以通过规范用户使用和行为积极管理和现在这些车辆的净排放量影响。例如：无人驾驶车跑腿或寻找停车位时可能无人乘坐，共享车辆在等客时也可能是空车四处跑。城市可以和通勤提供商合作鼓励高乘坐率的解决方案，如：支持灵活火车和小巴服务、集合上客下客点（如交通枢纽站）以及提高对高乘坐率车辆（HOV）车道和区域的乘坐要求。

城市存在差异

希望设计清洁交通模式、缓解碳排放和满足通勤要求的城市要考虑人均收入和人口密度，这样才能做得更好。这些特点甚至比地理区域特点更重要，有成为确定下一代城市通勤潜力主要因素的趋势。

人均收入。人均收入低的城市比高收入城市更容易迎来快速的人口增长和持续的急剧城市化，所以会特别希望解决拥堵和空气污染的方案（如车辆共享和电气化）。

⁵⁶ “城市100：洛杉矶——低收入社区的电动车共享”，城市100,2016年11月15日，c40.org.

⁵⁷ Shannon Bouton、D. Canales、L. Da Silva等人，互联的城市增长：公私合作改革城市通勤，城市交通联盟，新气候经济，2017，newclimateconomy.net

城市收入较高的城市人力成本高，基础设施一致，更容易看到电气化和自动化等先进互联技术的迅速渗透。收入水平还有可能决定某一城市采取的大众交通方案。例如：快速公交系统采用巴士和现有道路基础设施，可以用较低的成本实现轻轨系统的许多目标，越来越受到发展中城市的欢迎。

人口密度。在人口密集的城市，空气污染、拥堵和停车位稀缺容易为大众交通、非机动车交通和共享电动车辆造势，同时为这些模式快速采用提供群聚效应。另一方面，低密度的郊区城市会看到私家车成为主要的通勤模式。对于这些城市而言，选择电动车和自动化有助于补偿长途出行的排放量和损失的生产力。⁵⁸

58 未来通勤综合看法，麦肯锡咨询公司和彭博新能源金融组联合报告，2016年，Mckinsey.com.

按城市背景解释2030年路线图

以下以城市具体背景举例说明整个范围的两个极端情况。



低收入特大城市

半密集型，有一些公交导向基础设施和大众交通乘坐率，但是受到因高排放车辆造成的拥堵和空气污染的影响。这些挑战刺激更多的电气化和共享车辆的使用。在到2030年的预备期间，重点是大力扩建公交系统并提高现有交通方案的互联性，特别是各种电气化车辆中的步行、单车骑行和共享出行。由于现有基础设施的状况和交通的复杂性，这些车辆大多由人操作，但是路上少有私家内燃机车辆，拥堵和局部空气质量仍然得到大大改善。这些改善可以贡献2030年目标所需减排量的45%。



高收入创新小城市

起初,步行、单车骑行和大众交通乘坐率高，但是因电子商务和网约车增长，面临更多快递服务等带来的拥堵。其密度和基础设施可以推动货运和客运中自动化、电气化和共享通勤的份额。此外，该市继续扩展其无缝多式联运通勤服务，鼓励使用步行和单车骑行设施、大众交通以及共享最后一里解决方案。这些措施结合私家车、共享车和公共交通，可以贡献城市排放量目标的20%。



第2.4节 改善废物管理

改善废物和管理是城市的重要干预领域之一，因为许多城市对其废物系统都有很强的掌控权力。应对废物处置产生的排放在确保城市实现1.5°C轨迹所需减排量中起重要作用，同时产生直接的地方影响并更广泛地减少城市的资源消耗。我们的分析表明，废物一般占大多数城市直接排放的10%或更低，集中精力处理后可以实现在2030年目标的减排量一半以上，为所需总减排量贡献10%。

然而，这些数据只是描绘废物处理重要性的开始。全球97%的废物直接排放量是甲烷，甲烷排放量对近期全球变暖的作用是二氧化碳的86倍，所以限制甲烷排放是防止气候变化最坏影响的重中之重。⁵⁹

废物的减少从全生命周期（该内容不在我们的建模范围内）来看有巨大的影响：对于每千克终端用户废物，上游要产生几千克废物，如：原材料开采或农业生产、制造和加工、装运期间发生腐败或破损、同时每个步骤都存在化石燃料能源的消耗。总的来说，联合国环境规划署估算：废物管理的改善可以实现全球总减排量10~15%，如果再采取减废措施，则可高达20%。⁶⁰

改善废物管理还能带来显著的适应力效益。通过将废物转变为地方工业用料和避免纯料的瓶颈，城市可以不受商品价格波动和材料短缺的影响。减少食品废物可以节省粮食，在发展中国家尤其是如此。肥料和生物气等分流废物产品可以改善土壤质量并为供暖和交通运输提供低碳燃料。

机会

城市可以采用'利用最大化和最优化'的方法并从加工的各个阶段尽可能防止废物的产生，以节约资源的方式处理废物排放。从理论上来说，废物管理层级有四个层面：减少上游废物、尽可能重新利用有用的成品；然后进行回收利用、堆肥并用其他方式回收材料；最后，进行处置管理，将所有残留废物降到最低。在每个层面上，食品废物、庭园修整废物和纸制品等可降解材料对管理而言尤其重要，因为这些材料占据了垃圾填埋场和无人管理垃圾产生的所有甲烷排放量。⁶¹

⁵⁹ 全球废物管理展望，联合国环境署，2015，unep.org.

⁶⁰ 全球废物管理展望，联合国环境署，2015，unep.org.

⁶¹ "温室气体减排的技术和经济潜力"，气候变化2001：缓解，政府间气候变化专门委员会，2001，ipcc.ch.

减少废物产生量可以通过在减少总资源量和能耗的同时给客户提供同样的效益，所以是减少市内商品和服务全生命周期排放量的重要机会之一。例如：城市可以和食品企业合作采用更好的冷藏系统和生鲜产品，在采购前就将食品浪费量降到最低。通过建筑规范和自愿者计划，市领导可以鼓励更具资源效率的施工和拆迁活动，减少送去填埋场的建筑材料垃圾量。物品成为废物前对其进行再利用，如：将多余食品输送给营养援助服务或加工成动物饲料，对成品进行有效使用而不是花更多能源和资源对其进行重新加工。

废物减少、再利用和重新利用倾向于同私营部门的深度合作，而下游的进一步机会则倾向于由市政机构控制。分离废物并将其分流到回收利用、堆肥、厌氧消化、机械生物处理以及类似的方法可以产出有用的产品，如：原材料、肥料和生物气，也可以通过替代纯料的使用而减少生命周期排放量。回收利用和有机废物处理系统往往适合于区级规模的实施，有可能为本地创造就业和改善社区适应力。对于仍需处置的剩余废物，垃圾填埋气体捕捉系统可以将甲烷排放量降到最低，并可捕获的气体用作发电和供暖的低碳能源。



打破障碍：实现加速的潜在方法

废物管理的新方法有助于城市重新思考其传统废物收集处理基础设施的需求，并能够给社区带来直接利益，同时减少温室气体排放。例如：达卡的社区堆肥厂雇用市民骑人力自行车上门收集垃圾并将有机废物和其他废物分开，给贫困居民，特别是妇女提供收入。堆肥产品卖给肥料公司能提高土壤质量，有利于地区农业。⁶²加尔各答的一个废物分离项目也雇用当地居民，通过减少无人管理的焚烧和乱倒垃圾改善地方空气质量和水质。该项目启动后，该市报告肝病和痢疾等因空气和水污染造成的疾病减少。⁶³

具有前瞻性的城市已经更进一步，开始规划过渡到全'循环经济'，将资源消耗从线性流（原材料-消耗-处理）转换为连续重复使用。循环经济整合了废物管理、制造过程和消费者的生活，从一开始就确保设计的产品和服务能重复使用并提供无缝连接。来收集和重新分配材料。阿姆斯特丹、伦敦和凤凰城等全球各地的城市都已经公布了循环经济路线图，并开始制定必要的政策，落实合作和基础设施。⁶⁴对于所有城市而言，这种方法在未来数十年将至关重要。如果不为材料流创建其他排放路径来逐渐减少废物，那么城市减少直接排放量的工作就会被消耗量增加而产生的间接排放量影响。

城市存在差异

各城市的废物管理工作起点差异显著，总体上塑造了其为了实现最大减排量可以采用的方法。对于乱倒垃圾和公开焚烧现象比较严重的城市，把废物纳入管理系统是第一要务：确立废物统一收集，确保卫生处理并捕获甲烷。对于废物收集全部采用传统方式的城市，主要的机会是从填埋或焚烧过渡到回收利用和堆肥，同时让私营部门参与以防止上游废物。

例如：对于发展中国家的食品废物，农场或运输及加工时造成的废物最多，而在发达国家，多达三分之一的废物发生在消费者层面。⁶⁵这些情况都需要不同利益相关者的参与，因此需要不同的交流策略来执行减废行动。

62 “有机废物作为生物肥料堆肥和销售——减少排放，创造就业并清洁城市”，C40城市集团，2011年11月3日，c40.org

63 “城市100：加尔各答——废物分流带来更高质量的生活”，城市100,2016年11月15日，c40.org.

64 伦敦循环经济路线图，伦敦废物和回收利用委员会，2017年6月，lwarb.gov.uk.

65 Ross Chainey，“哪些国家浪费食品最多？”，世界经济论坛，2015年8月13日，weforum.org.

发展中国家也倾向于产生比不可降解废物量多的有机废物，所以废物分离和堆肥等措施特别重要。⁶⁶主要废物为有机废物的城市可以将重点放在替代方案上，而有足够处理能力的城市可以利用全生命周期排放为减废和废物分流造势。

66 "Waste composition," Chapter 5 in What a waste, World Bank, 2012, worldbank.org.

按城市背景解释2030年路线图

以下以城市具体背景举例说明整个范围的两个极端情况。



低收入快速发展的大城市

刚开始因废物焚烧受空气污染困扰，并且因城市街道和家居不卫生条件造成公共健康问题。跟其他类似城市中已经有成功商业模式的机构合作，启动项目建立社区废物收集和分离服务，同时为回收材料、堆肥和生物气创建市场。除了增加就业和改善健康状况外，该市还把先前无人管理的废物纳入正式的收集处理，并将其中的20%用于回收利用和堆肥，为2030年总排放目标贡献3%。



高收入密集型大城市

和地方工业、零售企业及社区建立现有和合作关系，为循环经济的建立奠定基础。该市和新运输公司合作创建逆向物流网，收集从剩饭剩菜到老旧电子产品到过季服装等各种废物，然后将其交给新企业进行重新利用、维修、拆解和再生产以延长各种材料的使用寿命。结合为循环经济服务打造需求的消费者意识计划，该市到2030年将实现填埋场净零废物，还可以为其总排放目标贡献3%。



第3章

城市路线图阐述



为了说明城市为实现2030年减排需要通过着重加速采取行动的规模，我们为六种城市类型创建了路线图样本，其中包括了C40城市的主要类型。

例如：中等收入半密集型大城市可能有一个碳密集型电网，目前其电力公司规划的去碳化措施较少。但是其国家规定有利于可再生能源，结合多阳光的气候和多风的地形，具有安装可再生能源发电机组的高度潜力。随着人均收入的增长和因气候变化造成的夏季气温上升，其建筑物内的制冷需求将会增加，由于该市人口增长不大，所以大多数需求将来自现有建筑存量。目前仅少数人拥有私家车，收入的提高意味着该市未来数十年的汽车拥有率和拥堵会急剧上升，除非能够提供吸引人的通勤方案（特别是市中心）。

城市可以采取这些参数，着重加快几项高度可见的行动对居民进行宣教，营造一种打造更清洁、更现代化、具有适应力的城市的氛围。该市建筑密集度为中等，屋顶条件良好，通过和电力公司及国家监管机构合作，快速建造电力公司风电场和太阳能发电厂以及在现场和社区安装太阳能光伏板，在2030年前实现20~80%的零碳目标。分布式可再生能源工厂的快速部署可以结合建筑物升级，特别是该市推动电热泵和使用高度可再生能源组合的节能空调装置的使用率。到2030年，70%的空调装置得到升级，20%的建筑物使用电热泵（另外70%升级为节能石油或天然气模式），40%适合安装的建筑物采用太阳能热水——可比中国和斯堪的纳维亚城市的安装速度，见第2.2节的讨论。

为了实现私家车替代方案，该市通过在所选区域进行再开发和土地利用规划加快密集化。同时还展示了这些地区公交导向发展的利好，包括新的快速公交系统路线、骑行友好型街道以及妥善维护的宽阔人行道，城市密度增加6%，大众交通、步行和单车骑行占全市出行方式的70%。

一座城市的气候、气候行动历史和监管环境对可再生能源部署和交通项目等工作目标的决策具有影响力。

由于本地空气污染问题受到市民越来越多的关注，车辆电气化是另一个当务之急，城市承诺到2030年实现100%巴士运行，同时还要采用电动车友好的措施（如：设置低排放区、免费泊车和充电等）推动客车电气化。

该中等收入半密集型大城市像许多其他市中心一样，面临实现2030年减排目标以及规划2050年零碳路线的严峻挑战。城市必须和公用事业单位密切合作确保充分的电网投资来支持电动车分布式可再生能源发电的新增长。同时还要确保融资、鼓励措施和资源来以高于市场驱动速度两倍的速度打造新的可再生能源发电资产。同样，还需要实施大规模房地产开发和融资和培育以确保到2030年实现多种公交导向发展。和该地区其他政府及私营部门合作可以淘汰供热和烹饪的化石燃料技术（如适用和天然气装置），在2030~2040年间完全用电气方案取代。第4章列出了城市可以用来实现这些任务的一些创意。

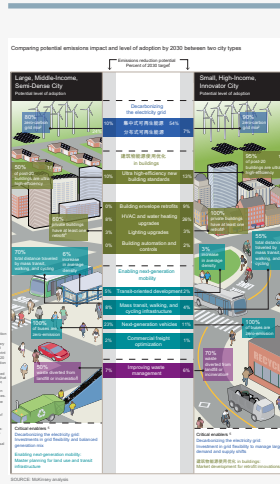
对比来看，我们可以考虑一个非常不同的城市案例：高收入的创新型小城市。城市阳光不足但是风力和水电资源丰富，该市将电网去碳化工作重点放在集中式可再生能源上。市民已经适应多式联运，很少在市中心驾驶私家车。在此基础上，该市着重实现车辆全部电气化，同时推动共享、互联性通勤方案。由于冬季寒冷，建筑物能源主要用于供暖，节能工作重点为开发建筑物外围改造新技术和低碳供暖技术。

这两张路线图说明了城市做出的决策为什么不同。在每个案例中，一座城市的气候、气候行动历史和监管环境对可再生能源部署和交通项目等工作目标的决策具有影响力。然而，尽管道路各殊，两座城市都各自达到2030年1.5°C轨迹所需减排量。

执行摘要（附表A）列出了这一对比以及其他两种城市路线图对比。附表B展示了面临类似增长痛苦但是受益于同国家气候目标挂钩的中等收入特大城市；该市追寻的是快速建造大型低碳设施。

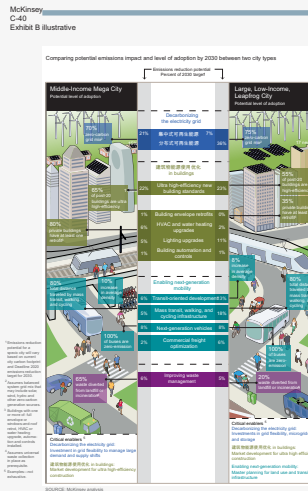
中等收入半密集型大城市和
高收入创新型小城市对比

见执行摘要中的附表A。



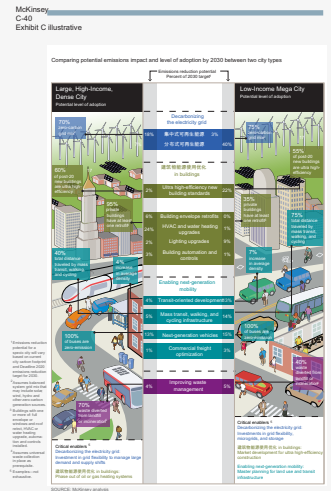
中等收入特大城市和低收入
快速发展的大城市对比

见执行摘要中的附表B。



高收入密集型大城市和低收入
特大城市对比

见执行摘要中的附表C。



对比来看，低收入快速发展的大城市准备到2030年应对人口和财富的变革性增长，抓住了向清洁、整合的能源和通勤系统'跨越发展'的机会。附表C表明高收入密集型大城市已经解决了大多数'可轻易实现目标'领域，将直接控制限制在其他剩余排放上；着重催化私有资产的变革。该市采取的说明性行动对比在复杂政治监管背景中快速扩张和运营的低收入特大城市，其重点放在进行具有高度影响力的调整上，以塑造现有环境的演变方法。这些说明标明了不同城市可以采取不同道路来实现期限2020中列出的2030年排放目标。



第4章

通过气候行动释放城市的全部潜力



通过着重加速的方法寻求一些大机会，让城市能够在未来10年内大胆采取行动以实现2030年目标并构建实现2050年目标所需的能力。

此外，这种方法除了可以让未来实现减排，还可以给城市带来即时的效益。

城市气候行动带来的利好：新的就业机会、更高的生产力和更清洁的空气

新气候经济组织估计，到2050年城市低碳行动创造的全球经济机会达17万亿美元。⁶⁷其中创造的新岗位将自然成为这一机会的一部分。例如：美国环境保护基金会估计，仅美国一个国家就可以在能效、可再生能源、减废、自然资源保护和环境教育等领域创造400万个岗位。⁶⁸在某些情况下，这些岗位会是新工作，而其他的工作可能是岗位从一个部门向另一个部门的转移。例如：对新修道路的基础设施投资可以导向智能交通信号灯等新的通勤技术，以更好地利用现有道路基础设施。

气候方案的大型部署有可能推动制造商和安装公司对劳动力的需求，特别是当某一个地区的多个城市合作投资电动车和分布式太阳能等方案时更是如此。一般而言，安装投资比例越大，支持的当地就业岗位就越多。例如：建筑效率升级将支持地方建筑行业就业。2012年具有象征意义的帝国大厦改造每年不仅超过了预期节能成本440万美元，而且创造了252个岗位。⁶⁹

经济输出对一个健康的城市生态系统而言至关重要，这四大领域产生的效益不止于就业和生产力。电网去碳化、建筑物转向清洁技术以及采用下一代通勤方式都极大地改善了空气质量和地方公众健康。此外，本报告中涵盖的许多通勤解决方案有助于缓解交通拥堵，对生活质量 and 生产力都有多重利好。例如：在布宜诺斯艾利斯，其快速公交系统估计可以减少一般的出行时间，考虑到因减少交通拥堵和通勤次数而产生的更大生产力，该系统的重要性不言而喻。⁷⁰

67 城市更好，增长更快，气候更佳，新气候经济、C40城市气候领导联盟和世界资源研究所联合报告，2017年6月，newclimateeconomy.report

68 现在招聘：美国清洁能源和可持续性就业的增长，EDF气候公司和迈斯特公司联合报告，2017，edfclimatecorps.org.

69 “帝国大厦新建筑方案过去三年来节省能源成本750万美元”，帝国大厦可持续性办公室，esbnyc.com.

70 “布宜诺斯艾利斯两大主要通道扩展快速公交系统”，C40城市集团博客，2013年6月4日，c40.org.

电网去碳化、建筑物转向清洁技术以及采用下一代通勤方式都极大地改善了空气质量和地方公众健康。

同时，其'健康通勤'项目已经征收7000平方米街区用于扩宽人行道和改善十字路口安全性，同时创建受保护自行车道和共享单车网，单车骑行次数对比以前增加了七倍，为交通量大的区域中学生和病人等4万多名易受伤害行人提高了安全性。⁷¹

城市的新能力

在这四大行动领域构建实现近期宏伟目标的能力对促成城市应对2050年深度变革来说至关重要。这些工作还将释放新的机会，让城市更具活力、更加积极，而且对气候行动范围之外的领域更具影响力。城市追求其目标时有几大能力可以提供支持。

采购策略。城市和城市网能够通过向制造商和供应商通报近期的需求增长来影响可持续产品和服务的供应。例如：加州政府的绿色建筑采购规定既有助于刺激私营部门采用领先能源与环境设计（LEED）标准，又推动地方供应商对绿色建筑专业的投资。⁷² 同样，洛杉矶领导的30个美国城市合计购买了114000辆电动车和轻型卡车。交易相当于美国2016年充电式电动车销量的72%，意在向制造商们发出信号，以后这方面的需求会很强劲。⁷³

融资新方法。城市在交通和能源等城市基础设施项目的年需求价值约为7000亿美元。⁷⁴ 然而市政府资金往往受到限制。事实上，世界银行估计，在国际市场上，发展中国家最大的500个城市仅有4%，经合组织国家市场仅有20%的城市被视为信用可靠城市，严重限制了他们的私募融资。

71 "城市100：布宜诺斯艾利斯——为单车骑行者和行人改善安全"，城市100，2015年10月30日，c40.org。

72 Timothy Simcoe和Michael W. Toffel，政府绿色采购溢出效应：加州市政建筑政策证据，哈佛商学院工作文件，13-0303号，2014年5月，hbs.edu。

73 Stephen Edelstein，"30座城市联合探索购买价值100亿美元的电动车"，绿色汽车报告，2017年3月17日，greencarreports.com

74 John Hogg，"给可持续城市融资：我们如何帮助非洲城市提高其信用评级"，世界银行，2013年10月24日，worldbank.org

面临这一挑战，有些城市发展出新方式来为基础设施投资筹资，包括债务融资、公私合营和土地价值捕获。⁷⁵后者最著名的案例就是香港的'轻轨加房产'（R+P）的商务模式。该项目让香港的铁路运营商MTR公司从铁路线沿线的房产价值上涨中赚钱。⁷⁶

75 Juergen Braunstein、Dan Dowling、Graham Floater等人 为城市公交融资，一个政策制定者的总结，城市公交联盟，工作文件，2017年10月 [newclimateeconomy.report](#)。

76 Lincoln Leong，“轻轨加物业”模式，香港成功的自我融资方式，2016年6月，[McKinsey.com](#)



© Anass Bachar/EyeEm/Getty Images

其他城市越来越多地探索发行绿色债券。这些金融工具和其他市政债券在结构上相似，但是资金被专项用于有正面环境影响的项目，这一概念正越来越走向标准化。⁷⁷ 2014年，约翰内斯堡发行价值超过1.4亿美元的绿色债券为双燃料和生物气巴士等在内的多个项目筹资。⁷⁸ 哥德堡发行绿色债券为从植树到地区供暖和可持续居住等项目融资。⁷⁹

此外，城市可持续项目模型应将融资和技能以及技术协助结合起来，增加成功的可能性。C40城市气候变化融资机构（C40 Cities Finance Facility）和泛美开发银行的金融创新实验室（Inter-American Development Bank's Financial Innovation LAB）等机构在帮助城市开发技能、技术知识和资金渠道以启动私营可持续基础设施投资资金。例如：金融创新实验室已经帮助南美从LED街灯到可持续节能住房建筑等项目融资。⁸⁰

社区参与。考虑地方文化和政治敏感性并结合大型城市变革的战略在长期来看更成功——特别是光靠数据难以获得社区群众对行动的支持。增加公平并改善生活质量等对社区有意义的行动更容易赢得社区全心全意的支持。

例如：休斯顿希望通过开发快速公交系统改善其公共交通，但是却遭到政治利益相关者和热心市民的强烈反对。于是项目领导人员将宣传战略着重放在项目的好处上。⁸¹伦敦市利用当地社交媒体上活跃的博主支持向公众宣教地方空气污染的危害，获得公众对单车共享和电动巴士投资等项目的支持。巴塞罗那创建了一项全部由市民领导的气候行动倡议，总共有800多家机构参与；项目包括给居民提供住房改造培训以及开发出一个货物和服务交换的移动应用软件以减少废物。⁸²

信息共享网。随着城市对具体计划的实施细节进行探索，还可以利用气候行动网从其他城市的成功失败中吸取经验教训。开展有效的公开对话能够产生显著差异：2015年，根据C40报告，30%的成员市完成的气候行动是和其他城市合作的直接成果。

77 气候财政状况，城市气候融资领导联盟（CCFLA），2015年12月，citiesclimatefinance.org。

78 约翰内斯堡市：绿色债券，南非建筑概览，第3期，2015年3月，sabuildingreview.co.za/viewonline；

C40新闻组，城市解决方案，“约翰内斯堡成为第一个发行绿色债券的C40城市”C40，2014年6月24日，c40.org。

79 绿色债券计划资助的项目，哥德堡，2015年3月18日更新，finans.goteborg.se。

80 “推动街灯私人投资”泛美开发银行，访问日期：2017年10月30日，iadb.org。

“Eccocasa”，泛美开发银行，访问日期：2017年11月7日，iadb.org。

81 为特大城市的气候行动开锁，C40城市集团，2016年5月5日，c40.org

82“城市100：巴塞罗那——市民倡议推动气候系统”，城市100，2016年11月15日，c40.org。

城市在交通和能源等城市基础设施项目的年需求价值约为7000亿美元。

例如：波哥大和伦敦已经联合起来共同领导清洁巴士宣言，其中包括了其他22座城市，向制造商表明了对清洁巴士的需求规模。伦敦承诺投入5.1亿美元为3000辆巴士升级，波哥大计划到2020年前更换车队1200辆巴士。自项目于2015年启动以来，混动巴士的均价以及下降10%。⁸³

即使是采取先进气候行动的城市也能从与同行城市合作中获益。例如：纽约联合哥本哈根将丹麦的清洁专业技术引入美国来解决气候挑战。⁸⁴

一旦城市开发出支持气候行动的技能工具包，他们就可以利用这些能力支持经济增长、社会经济流动性、地区互联、公共安全、适应力和灾害应对。所有这些领域一起将有助于实现到2050年目标所需的深度减排。

召集并动员其他利益相关者加速城市气候行动

城市需要担任减排的领导角色，但是光靠城市无法实现2030年的全部目标。因此，他们需要积极利用召集权来动员外部利益相关者的支持。市政府可以和私营公司、制造商、公用事业公司、地方和中央政府以及其他机构发展密切关系并获得其帮助，还可以利用他们的网络取得气候行动之外的项目进展。

公用事业单位可以和城市合作推动更便捷和更廉价的电网去碳化。对智能电网技术的投资让城市、企业和个人都能够监测用电量，结合基于时间的速度结构，可以有助于管理高峰需求并减少总体能耗。这些投资也能让电力公司获利颇丰，仅在美国一个国家，完整部署的智能电网潜在价值估计高达每年1300亿美元。⁸⁵

⁸³ “城市100：伦敦和波哥大——全球采购联盟推动绿色交通”，城市100，2015年10月30日，c40.org.

⁸⁴ 连接城市实现气候系统，C40倡议和网络组，2016，c40-production-images.s3.amazonaws.com.

⁸⁵ Adrian Booth、Mike Greene和Humayun Tai，美国智能电网价值岌岌可危：1300亿美元的问题，2010年6月，McKinsey.com

而电网数字化优化可以为电力公司营利提高20~30个百分点。⁸⁶ 如第2.1节所讨论，电力公司还可以领到建筑物可再生能源发电资产并简化将这些资产整合到电网中的流程。在某些条件合适的地区，由于成本不高，公用事业公司已经开始行动。例如：Xcel能源公司最近宣布，将在美国中西部新建一座大型风电场，由于风能目前是成本最低的能源种类之一，也不需要获得政府全部的税收抵免。⁸⁷

过去10年来，公用事业单位面临因能效倡议造成的需求减少，而不太愿意部署更昂贵的可再生能源技术。而目前交通系统的电气化趋势给他们带来了历史性增长机遇。公用事业单位可以通过从在居民区提供快充基础设施到帮助城市设计安装全市的充电设施等计划来推动电气化。可以让公用事业单位融资50%的前期电动巴士购置成本，通过每月收取公交公司电费收回费用。⁸⁸ 这种模式还没有在交通部门实施过，但是在建筑节能改造市场有长期的成功历史。

城市私营部门在城市能否实现建筑物减排、工业减排和减废中起到至关重要的作用，但私营部门同时也能获得效益。如第2.2节所述，许多改造建筑业主都可以通过电费降低收回成本，但是存在的障碍包括前期投资现金有限以及业主投资租户获利的激励分离问题。融资方案（包括私营和公共资金提供者）有助于克服初期投资障碍。例如：许多城市都提供鼓励计划，降低节能改造的成本。此外，建筑业主日益发现绿色建筑能够在提高生产力和满意度的同时降低电费，所以可以收取较高的租金。对这些建筑物的需求量趋向于更高，从而让租户流失率低，房屋空置时间短。

加速工业效率的很多责任都落在制造商身上，制造商可以通过改进设备运营方式帮助城市减少能耗并鼓励供应商进行同样的改进。而且在经过改进后，城市还可以为生产的低碳产品提供可靠的需求量，以鼓励这些变革。另一方面，由于可持续性已成为一个日益明显的问题，某些地方对绿色产品和服务的需求已经增长，有时候甚至达到供不应求的地步。⁸⁹

86 Adria Booth、Niko Mohr和Peter Peters ,数字公用事业单位：新机会和挑战，2016年5月，Mckinsey.com

87 Chris Clark ,“风能和太阳能：清洁、廉价、可靠、安全”明尼苏达邮报，2017年10月6日，minnpost.com.

88 “账单定价融资加快清洁交通发展”清洁能源工厂，访问日期：2017年10月30日 cleanenergyworks.org/clean-transit.

89 环保商务公司,“企业争相追赶绿色产品需求”环保商务公司员工博客，2012年5月24日，greenbiz.com
24, 2012,

如果城市能够给出一致的信号，制造商和供应商可以通过提高产量来帮助加速变革，这也有利于他们实现规模经济，支持低碳产品和服务的成本竞争力。

地区和中央政府控制着一系列对城市有直接和间接影响的激励措施和资金。例如：建筑和车辆能效标准往往在国家层面上制定。同样，融资和大众交通项目等主要市政基础设施投资也往往由地区或中央政府控制。这些大型基础设施投资为更有效、更具生产力和交通更发达的城市奠定了基础。⁹⁰ 例如：中国已经提出淘汰化石燃料车辆的最后期限。⁹¹ 这项运动结合经济鼓励措施已经让中国在2016年实现了新巴士销售量中20%为全电动车的成绩。⁹²

城市越来越发现支持大型气候行动的激励措施正在和私营部门、公用事业单位以及地方和中央政府协调。在不协调的地方，许多城市正在采取果断行动通过政策和激励措施鼓励利益相关者进行私人投资。利用气体利益相关者支持城市气候行动的意愿需要强硬的城市领导充分发挥其召集力，甚至在超出其管辖范围的地方推动需求变更。

90 城市更好，增长更快，气候更佳；新气候经济、C40城市**气候领导联盟**和世界资源研究所联合报告；2017年6月，newclimateeconomy.report。

91 彭博新闻：“中国化石燃料最后期限转移重点到电动车竞争”，彭博技术组，2017年9月10日，bloomberg.com

92 James Ayre，“2016年中国100%电动巴士销售额增长到 ~115,700”，清洁能源技术，2017年2月3日，cleantechnica.com



结论



© yangphoto/Getty Images

城市为实现全球走上1.5°C气候变化目标轨迹的承诺提供了一个重要机会。城市人口占全球人口的一半以上，他们是经济增长引擎，其排放的温室气体占全球总排放量的70%以上。因此，城市的责任重大，许多城市领导和市民都在严肃对待这一问题。全球各地的城市都在创新和试行新创意，制定法规和激励措施并向利益相关者对这一问题进行宣教。但是需要做的工作还很多。如果城市要实现减排目标，就必须以前所未有的规模和速度迅速部署新的清洁技术和基础设施。

由于城市的社会政治生态系统复杂，所以气候行动的设计和实施显得相当费力。本报告提供了四个行动领域中的12个机会是让城市可以义无反顾实施的行动。为了实现这些机会的全部潜力，有三个优先重点需要考虑。

城市必须放远目光，不追逐一时之利。城市果断决定采用本报告提出的着重加速，在四大行动领域内规模化行动，就有可能实现2030年目标所需减排量的90~100%。并给他们实现2050年目标奠定基础。着重加速也是一项帮助私营企业在同等复杂情况下实现宏伟目标的战略。城市可以用未来12年打造一个世界级工具包，纳入简化采购过程、资金渠道、和其他城市合作交换最佳实践、社区参与以及私营部门和政府合作等内容，为应对下一波减排机会做好准备。如果能够实现2030年减排目标，就为密集化和土地利用规划等长期机会的利用打下基础，这些长期机会是满足2050年目标所需的深度去碳化的关键。

跨部门合作至关重要。通过气候行动实现1.5°C轨迹需要所有部门和各级政府的重要合作。在我们的跨部门工作中，我们已经看到各方接受其在碳减排使命中的角色。越来越多的企业已经开始努力实现100%可再生能源的目标，他们可以利用获得的经验和城市及公用事业公司合作，在全球城市范围内让这一目标成为现实。同样，汽车和技术公司以及公用事业单位和城市的合作可以加快通勤方式变革趋势，让城市实现全民低碳、高效和便捷的通勤方式。基础设施也为城市提供与房地产开发商和建筑业主合作的机会，维护节能建筑能够为居民节省电费，同时降低租户流失率并提高工人的生产力。

市长和其他市领导需要为改革争取支持力量。要在当地人群和企业界利益相关者之间就气候行动达成共识，就需要强调减少温室气体排放之外的其他效益。

这些效益涉及经济、社会和环境，包括减少道路拥堵和空气污染、增加工人生产力、改善生活质量、增加适应力、提高道路安全性和缩短通勤时间等。可以让社区群体参与设计气候行动计划，这样就有助于确保向低碳城市的过渡是对所有居民都平等的过渡。市长们可以强调这些效益，为我们共同的长期未来投资造势。

致谢

C40团队

Mark Watts
Kevin Austin
Malcolm Shield
Michael Doust
Simon Hansen
Shannon Lawrence
Joshua Gardner

麦肯锡团队

Stefan Knupfer
Shannon Bouton
Cynthia Shih
Devansh Gupta
Shelby Lin
Shannon Gombos
Stephen Jacobson
Andreas Venus
Brodie Boland
Peter Hill

本报告是很多人共同努力取得的成果，我们无法一一致谢，以下人士慷慨贡献其专业知识和时间，我们对此深表谢意，本报告所产生的影响力是他们集体贡献的成果。

Desiree Bernhard, Michele Bertoncetto, Alex Brotschi, Lia Cairone, Ricardo Cepeda-Márquez, Robert Cervero, Flavio Coppola, David Craven, Andrea Fernandez, David Frankel, Bhavin Gandhi, Anna Gressel-Bacharan, Clare Healy, Max Jamieson, Laura Jay, Sean Kane, Kate Laing, Nicholas Laverty, Julia Lipton, Timo Möller, Eric Morden, Jesse Noffsinger, Dickon Pinner, Angelos Plataniias, Matt Rogers, Josh Rosenfield, Caterina Sarfatti, Lucila Spotorno, Zachary Tofias, Andreas Tschiesner, Helga Vanthournout, Amy Wagner, Caroline Watson, Jonathan Woetzel, Katherine Wolosz, and Hong Xia

本报告相关问题联系人：

Kevin Austin
kaustin@c40.org

Stefan Knupfer
stefan_knupfer@mckinsey.com

Malcolm Shield
mshield@c40.org

Shannon Bouton
shannon_bouton@mckinsey.com

Simon Hansen
shansen@c40.org

Cynthia Shih
cynthia_shih@mckinsey.com

