



让城市交通适应气候变化

分册 5f

可持续交通: 发展中城市决策者手册

资料手册简介

可持续发展的交通:发展中城市政策制定者资料手册

本套资料手册是什么?

本书是一套关于可持续城市交通的资料手册,阐述了发展中城市可持续交通政策框架的关键领域。这套资料手册由超过28本的分册构成,其内容将在后面提及。此外,作为本套资料手册的补充,还配有一系列的培训文件及其它资料,可以从<http://www.sutp.org>(中国用户使用<http://www.sutp.cn>)上调阅。

供什么人使用?

本书的使用对象是发展中城市的决策者及其顾问。这个目标读者群会在本书的内容中体现,本书内容还提供了供一定范围内发展中城市使用的合适的政策工具。此外,学术部门(例如大学)也会从本书中获益。

应当如何使用?

本书可以有多种使用方法。若为印刷版,本套手册应当保存在同一处,各个分册分别提供给涉及城市交通工作的官员。本书还可以方便地改编,供正规的短期培训使用;还可以用作城市交通领域编制教材或其他培训课程的指南。GTZ(德国技术合作公司)正在为所选择的分册精心制作成套的训练材料,从2004年10月起全部可以在<http://www.sutup.org>或<http://www.sutp.cn>上调阅。

本书有哪些主要特点?

本书的主要特点包括以下各项:

- 可操作性强,集中讨论规划和协调过程中的最佳做法,并尽可能地列举了发展中城市的成功经验。
- 本书的撰写人员,都是各自领域中顶尖的专家。
- 采用彩色排版,引人入胜,通俗易懂。
- 在尽可能的情况下,采用非专业性语言,在必须使用专业术语的地方,提供了详尽的解释。
- 可以通过互联网更新。

怎样才能得到一套资料手册?

在<http://www.sutup.org>或<http://www.sutp.cn>上可以找到这些分册的电子版(PDF格式)。由于所有分册的经常更新,已经没有英文版本的印刷版。前20本分册的中文印刷版由人民交通出版社出版,并在中国地区出售。如有任何关于分册使用方面的问题可以直接发邮件至sutp@sutp.org或transport@gtz.de。

怎样发表评论,或是提供反馈意见?

任何有关本套资料手册的意见或建议。可以发送电子邮件至:sutp@sutp.org; transport@gtz.de,或是邮寄到:

Manfred Breithaupt
GTZ, Division 44
P. O. Box 5180
65726 Eschborn, Germany(德国)

其他分册与资料

今后的其他分册将涉及以下领域:发展中城市的停车管理以及城市货运。其他资料正在准备过程中,目前可以提供的有关于城市交通图片的CD-ROMs光盘和DVD(一些图片已上传到<http://www.sutp.org> - 图片区)。在<http://www.sutp.org>上还可以找到相关链接、参考文献以及400多个文件和报告(中国用户使用<http://www.sutp.cn>)。

模块及作者

各分册及撰写人

- (i). 资料手册概述及城市交通的交叉性问题
(德国技术合作公司GTZ)

机构及政策导向

- 1a. 城市发展政策中交通的作用
(安里奇·佩纳洛萨Enrique Penalosa)
- 1b. 城市交通机构(理查德·米金Richard Meakin)
- 1c. 私营公司参与城市交通基础设施建设
(克里斯托弗·齐格拉斯Christopher Zegras, 麻省理工学院)
- 1d. 经济手段(曼弗雷德·布雷思奥普特Manfred Breithaupt, GTZ)
- 1e. 提高公众在可持续城市交通方面的意识
(卡尔·弗杰斯特罗姆Karl Fjellstrom, Carlos F. Pardo, GTZ)
- 1f. 可持续城市交通的融资
(Ko Sakamoto, 英国交通运输研究室)

土地利用规划与需求管理

- 2a. 土地利用规划与城市交通(鲁道夫·彼特森Rudolf Petersen, 乌普塔尔研究所)
- 2b. 出行管理(托德·李特曼Todd Litman, VTPI)

公共交通, 步行与自行车

- 3a. 大运量公交客运系统的方案
(劳伊德·赖特Lloyd Wright, ITDP; GTZ)
- 3b. 快速公交系统
(劳伊德·赖特Lloyd Wright, ITDP)
- 3c. 公共交通的管理与规划
(理查德·米金Richard Meakin)
- 3d. 非机动车方式的保护与发展
(瓦尔特·胡克Walter Hook, ITDP)
- 3e. 无小汽车发展(劳伊德·赖特Lloyd Wright, ITDP)

车辆与燃料

- 4a. 清洁燃料和车辆技术(迈克尔·瓦尔什Michael Walsh; 雷恩哈特·科尔克Reinhard Kolke, Umweltbundesamt—UBA)
- 4b. 检验维护和车辆性能
(雷恩哈特·科尔克Reinhard Kolke, UBA)
- 4c. 两轮车与三轮车(杰腾德拉·沙赫Jitendra Shah, 世界银行; N. V. Iyer, Bajaj Auto)
- 4d. 天然气车辆(MVV InnoTec)
- 4e. 智能交通系统(Phil Sayeg, TRA; Phil Charles, University of Queensland)
- 4f. 节约型驾驶(VTL; Manfred Breithaupt, Oliver Eberz, GTZ)

对环境与健康的影响

- 5a. 空气质量管理(戴特里奇·施维拉Dietrich Schwela, 世界卫生组织)
- 5b. 城市道路安全(杰克林·拉克罗伊克斯Jacqueline Lacroix, DVR; 戴维·西尔科克David Silcock, GRSP)
- 5c. 噪声及其控制
(中国香港思汇政策研究所; GTZ; UBA)
- 5d. 交通领域的清洁发展机制(Jürg M. Grütter)
- 5e. 交通与气候变化(Holger Dalkmann, Charlotte Brannigan, C4S/TRL)
- 5f. 让城市交通适应气候变化
(Urda Eichhorst, 女士现为德国)

资料

- 6. 供政策制定者使用的资源(GTZ)

城市交通的社会和交叉性问题

- 7a. 性别与城市交通
(Mika Kunieda, Aimée Gauthier)

关于作者

Urda Eichhorst女士现为德国Wuppertal气候、环境和能源研究所研究员，她获得牛津大学环境变化及管理硕士学位和维尔茨堡大学中国研究学士学位。Urda曾在德国和中国工作，目前她的工作重点是国际气候政策和发展中国家的交通政策，包括能源效率及适应性。她在Wuppertal研究所负责所有国际背景下气候变化适应方面的问题，同时，她也是研究所在中国开展活动的主要联络人。

致谢

这个分册从概念的产生到最后的编辑过程都得到了来自**Daniel Bongardt**和**Armin Wagner**的大力支持和通力配合。同时，作者也要感谢**Thorsten Koska** (Wuppertal 研究所)对分册的文字和想法的贡献。还要特别感谢**Anumita Roychowdhury** (科学和环境中心)、**Oscar Reutter** (Wuppertal 研究所)、**Lloyd Wright** (Viva Cities)、**David Dodman** (环境与发展国际研究所)和**Sharad Saxena** (亚洲开发银行)对分册内容的审阅和提出的宝贵修改意见。本分册已采纳了大部分修改意见，但由于分册本身规模的限制，一些意见不能充分体现并解决。本分册中如有错误或遗漏，由作者负责。

分册5f

让城市交通适应气候 变化

本书中所述的发现、解释和结论，都是以GTZ及其顾问、合作者和撰稿人从可靠的来源所收集的资料为依据。但是GTZ并不保证书中所述资料的完整性和准确性。对由于使用本书而造成的任何错误、疏漏或损失，GTZ概不负责。

作者: Urda Eichhorst女士
德国Wuppertal研究所

编辑: 德国技术合作公司(GTZ)
Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
P. O. Box 5180
65726 Eschborn, Germany (德国)
<http://www.gtz.de>

第44部
水, 能源, 交通

委托人
德国联邦政府经济合作与发展部
Bundesministerium für wirtschaftliche
Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)
Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn, Germany (德国)
<http://www.bmz.de>

经理: Manfred Breithaupt

编辑组成员: Daniel Bongardt

封面图片: 被洪水淹没的公路, 图片光盘

翻译: 黄山, 亚洲城市清洁空气行动中心中国项目办公室空气质量研究员。亚洲城市清洁空气行动中心(CAI-Asia)通过交流经验和建立合作关系, 致力于改善亚洲城市的空气质量。
网页: <http://www.cleanairnet.org/caiasia>
德国技术合作公司对此翻译内容以及任何错误, 省略和疏漏不负责任。

排版: Klaus Neumann, SDS, G.C.

Eschborn, August 2010

1. 介绍	1
2. 城市和气候变化	4
2.1 预期影响	5
2.2 城市脆弱性	6
2.3 对发展中城市的特殊挑战	7
3. 城市交通系统的可能影响和潜在适应措施	8
3.1 交通基础设施	9
3.1.1 道路基础设施, 自行车道, 人行道	9
3.1.2 轨道公交	12
3.1.3 水路	16
3.2 公共交通	16
3.3 私人交通	19
3.3.1 非机动车化交通	19
3.3.2 机动化私人交通	20
3.4 适应性的成本和效益	20
4. 采取适应性行动	22
4.1 适应性基本方法	23
4.2 防气候变化交通框架	24
4.3 有效适应性的支持政策前提	27
5. 在城市客运中的减缓和适应协同作用	30
结束语	33
参考资料	34
附录	37

1. 介绍

交通与城市生活的各个方面息息相关: 休闲、教育、商业和工业。因此, 必须确保有弹性的城市交通系统, 以避免对城市生活造成巨大的和高成本的破坏。现在, 天气对交通的影响日渐频繁, 并且在未来会更加极端, 所以交通系统面对极端天气压力的天数将会增加。如果不及时采取适应性的措施, 未来会发生更多的破坏, 人们将付出更高的代价。

许多发展中国家的交通决策者已经面临了一些极端的天气事件, 比如洪涝、塌陷和风暴, 而且这些极端天气会随着气候变化加剧而增加。在最坏的情况下, 交通系统在这些灾害之后或许无法恢复, 使破坏规模呈指数性扩大。因此, 建立一个气候弹性的城市交通系统对以下几点非常重要:

- 保护交通基础设施及其内含价值;
- 确保可靠的机动性和经济持久力/经济发展;
- 保障城市居民的健康和安全。

从现存的灾害风险管理中我们可以得到教训, 发展在气候变化条件下的弹性城市交通需要更多的信息和交通规划的新方法。

GTZ的发展中城市决策者资料手册中的这个分册试图提高认识、描述气候变化对城市客运交通^[1]的预期影响(第2、3部分), 并知道如何将防气候变化整合进城市交通规划和政策执行(第4部分)。文章最后通过讨论适应与减缓气候变化影响的协同作用对全文进行了总结(第5部分)。

虽然交通部门大多处在城市聚集地的中心, 但人们很少关注城市交通系统, 特别是它的薄弱环节。不过, 近些年来欧洲和北美仍有

^[1] 虽然对货运交通的影响和对客运交通的影响大部分相同, 特别是关于交通基础设施的, 但是货运交通是针对不同的动力学系统而言, 需要单独评估, 不包括在本文的范围之内。



图1

为什么城市交通要适应气候变化?

一些关注气候变化对交通的全面影响的研究。本文对这些研究进行了综述, 并且将其设定为发展中城市适应(气候变化)的背景。

GTZ可持续城市交通项目(SUTP)及其城市交通资料手册为发展中城市的决策者提供了大量可持续交通方面的信息, 除了资料手册(目前由27个分册组成)以外, 技术文献对在资料手册分册中没有探究的专门问题, 也提供了详细的背景信息。

所有的GTZ资料手册可持续城市交通分册都可以在线查询 <http://www.sutp.org>。

交通行业的适应性不能孤立的看待, 也不能简单地看作技术基础设施的修复。为了应对气候变化, 交通系统必须在变化的气候条件下, 迎合城市人口包括弱势群体的机动性需求, 但也需尽量减少交通行业相关的温室气体排放, 包括考虑减缓气候变化适应性策略的后果。

后见第4页

背景 适应变化的气候

人类和自然一直都在适应变化的气候条件。但是, 人为造成的气候变化速度是史无前例的。今天, 全球平均温度已经比上世纪增加了 0.74°C , 而且气候系统的变热已经非常明确了(IPCC, 2007)。人为气候变化的最主要原因是工业化进程以来的温室气体排放(参见文框1)。

若没有有效的气候政策和减缓行动, 地球将继续变暖并预计在本世纪中叶升高超过 2°C (Meinshausen *et al.*, 2009), 而且可能在2100年达到温度顶峰, 根据不同的情景假设, 温度顶峰可能是升高 1.1°C 到 6.4°C (IPCC, 2007)。

全球变暖带来的后果是多方面的, 包括海洋热膨胀以及冰川、冰盖和极地冰雪融化造成的海平面升高。根据最近的计算, 到2100年, 海平面将比1990年升高0.5到1.5米 (Rahmstorf, 2007), 不过, 由于还存在一些

不确定性, 海平面也有可能升高更多。海平面每升高38厘米, 因风暴造成的洪水祸及人数就会增加五倍(Nicholls *et al.*, 1999)。水文系统也发生了剧烈的变化, 包括全球变暖, 在不同地区可能导致年度和/或季节性的水供应改变, 从而引起更多的干旱和/或洪水。增加的旱灾将使荒漠化情况更加恶化, 且增加扬尘和沙尘。冰川融化影响了春季的淡水供应, 而更极端的降水事件(更集中的降水)将加剧洪涝灾害的风险。

据估计, 极端温度, 比如热浪或寒潮, 将更经常出现, 热带风暴的密度和频率也可能大大增加, 带来激增的风暴和灾害风险(IPCC, 2007)。图3给出了根据IPCC的A1B^[1]情景得到的21世纪末较20世纪末温度升高的预期情况。

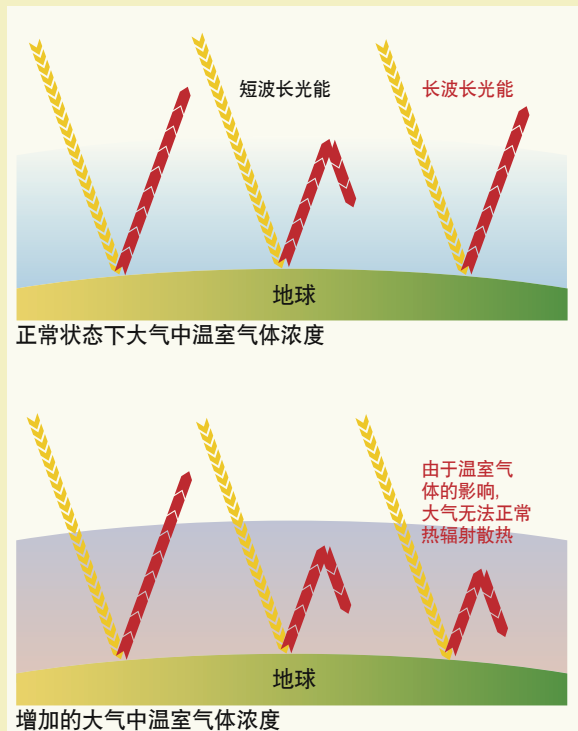
^[1] A1情景框架和情景系统描述的是经济增长非常迅速的未来世界, 全球人口到本世纪中叶达到顶峰, 而且新的高效的技术快速引入。A1情景系列进一步分为三个代表未来能源系统技术变化不同方向的情景组: 化石燃料密集型情景(A1F1), 非化石能源资源情景(A1T), 或所有资源平衡发展情景(A1B)。

文框1: 温室效应

地球温度受太阳短波辐射能量输入及其反射回宇宙空间的收支平衡所控制。正如图2所示, 大约有1/3的太阳辐射被直接反射回宇宙空间, 另外的2/3被地球的土地、海洋及大气吸收。随着地球表面的升温, 地球会发射长波红外辐射。温室气体捕获并重新发射部分这种长波辐射, 使地球变热。温室气体的浓度越高, 就会有更多的辐射被捕获, 也就相应增加了地球的温度。

天然的温室效应被人类活动排放的温室气体(如二氧化碳、甲烷)所加强; 这些活动主要包括化石燃料及农业的燃烧。全球性温室气体排放增长始于19世纪的工业化, 并从1970年到2004年增加了70%。因此, 温室气体的大气浓度, 尤其是二氧化碳和甲烷的浓度, 至今为止已经超过过去650,000年的天然浓度范围, 并且一直在增长(IPCC, 2007)。因此, 也就有更多的太阳辐射被捕获, 导致地球系统达到更高的温度。

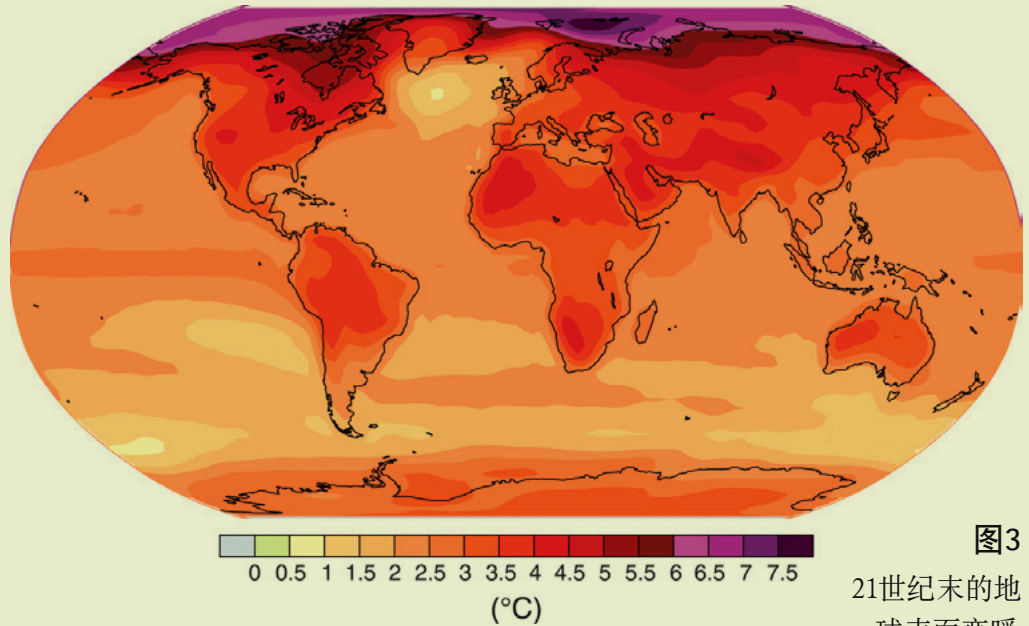
图2 温室效应。



Source: Wuppertal Institute based on Goudie (1990)

气候影响概述:

- 气温升高
- 更多热浪
- 更多干旱
- 更多寒潮
- 更多暴雨
- 更多洪水泛滥以及特大洪涝
- 更频繁和高密度的风暴
- 海平面上升
- 水供应改变
- 冰川和冻土融化



自然过程对人类活动的影响随着升温速度、适应能力和区域总体社会经济背景不同而变化(参见文框2的定义)。虽然在所有大洲和大部分海洋都可以观测到区域气候变化的影响,但以发展中国家受到的物理环境变化影响最显著。世界银行气候变化数据门户网站提供了基于国家水平不同模式下气候变化所产生的预期影响的概述。这些数据可以在世界银行气候变化门户网站免费下载: <http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/home.cfm?page=globemap>(网络链接较慢,下载数据时请耐心等待)。

尽管气候预言取得了巨大的进步,但仍旧缺乏明确的气候变化综合影响及脆弱性的信息,特别是在局部区域水平上的信息。因此,在适应性规划中总会存在一定程度的不确定性。但无论如何,在健全的规划方法中这种不确定性可以被考虑在内,并且不应被当作错误的借口而不纳入目前的适应性规划中。同时还需要尽量减少脆弱性,并确保对持续时间长的交通基础设施的大笔公共投资在20年内没有因气候条件造成的损失。规划可持续交通系统意味着通过同时实行适应和减缓措施,使气候变化的影响降到最低。

图3
21世纪末的地球表面变暖。
Source: IPCC, 2007 来源

文框2:

定义: 适应性、脆弱性与弹性

适应性
“适应性是指自然或者人类系统对实际或预期的气候刺激或其影响进行调整,减轻伤害或者寻求有益的机会。” (Parry *et al.*, 2007: 27)

适应性有许多不同的形式。例如,对洪水的适应包括计划的或者预期的适应性措施,如限制在洪水多发地带的新发展,或扩大保护型基础设施,如海堤或改善排水系统。但是它还包含反应性的措施,如采用避开洪水区域的公共交通紧急计划。

脆弱性

脆弱性是指某系统对气候变化不利影响(包括气候多变性和极端性)的敏感程度和不能应对的程度。因此,脆弱性是影响接触频率、系统对气候变化的敏感度以及适应能力的函数,加强适应能力能够降低脆弱性。(Parry *et al.*, 2007; Kelly and Adger, 2000)

例如,地下铁系统对洪水的脆弱性取决于:

- 系统对洪水的接触频率,如每5年一次或一年几次;
- 地下系统对洪水的敏感度,如当洪水达到某一水平时,服务的延误或全部破坏;以及,

- 当地服务供应商或机构的能力和他们的基础设施各自应对洪水的能力,如通过合适的抽水系统 (Tompkins and Adger, 2003; Adger and Vincent, 2005)

弹性

弹性是指在面临危害和影响(尤其是对弱势群体)时,系统维持其核心作用的能力。在城市中,弹性是适应能力强的政府、社会团体、企业 and 个人的产物,即,可以预期气候变化和规划所需的适应性。气候变化弹性还与其他动态压力相互作用,如贫困、经济变化或冲突。(Satterthwaite *et al.*, 2009)

为了效益最大化, 交通行业必须与其他行业特别是城市规划相整合。交通行业决策者和城市规划者掌握着实施政策工具, 可以刺激城市朝着预防气候变化的和可持续的方向发展。

不同国家和地区对(气候)影响和适应的需求不同, 因此需要针对不同城市的不同基本情况推测预期情景, 为了达到这个目的, 需要获得地区或当地的专门气候信息情况, **GTZ**的有效适应气候变化实践者信息手册(2008)中阐述了在哪里能得到这些信息和如何获得信息。手册也提供了更加详细的气候变化基本科学背景, 同时也是很好的切入点来概述如何收集和解释相关气候数据。

参考信息可在网上获得:

<http://www2.gtz.de/dokumente/bib/gtz2009-0175en-climate-change-information.pdf>

为使读者更好理解气候变化对城市客运交通的影响, 下面的背景内容提供了一个框架, 简要介绍了气候变化基本科学知识和适应气候变化的挑战。

2. 城市和气候变化

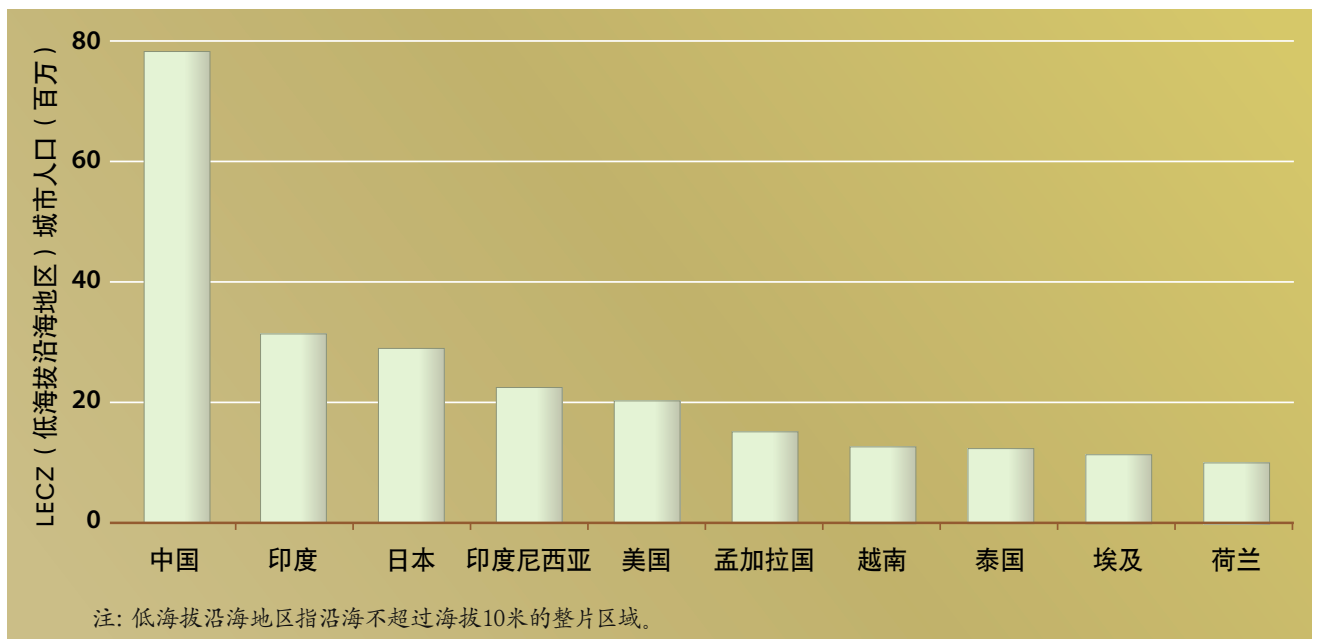
现在, 世界上大约一半的人口居住在城市地区, 甚至在非洲这样一个长期被认为是以乡村为主的大洲, 也有接近40%的人口正生活在城市里。全球城市化进程的平均速率为2%, 但在发展中国家这个速率更高。作为超过30亿人口的家, 城市是主要的温室气体排放源。据估算, 全球多达80%的温室气体排放来源于城市地区(MunichRe,2004), 有很大的减缓潜力。与此同时, 城市有高密度的人口和基础设施, 以及集中的经济活动, 对于气候变化的影响具有明显的脆弱性以及适应气候变化的需求。

随着城市化进程的加深, 低海拔沿海地区的人口和经济活动的密集度大大增加, 海平面上升和日益增加的风暴活动增加了沿海城市的脆弱性。由McGranahan等人(2007)定义的低海拔沿海地区(LECZ), 作为海岸延续地带, 一般比海平面高不到10米, 这种地带占世界陆地区域的2%, 却负担着13%的世界城市人口。对于小岛国, 大部分人口居住在低海拔海岸地区, 而在这个风险地区, 最大绝对数量的人口则是居住在一些大国的人口密集的三角洲地区, 比如中国或者印度(见图4)。

图4

在低海拔沿海地区有最多城市人口的国家。

Source: own illustration based on CIESIN dataset



2.1 预期影响

沿海地区的城市化趋势将进一步使更多的人口和经济物资处于海平面升高的威胁之下。

沿海城市尤其将受到气候变化的影响，但内陆城市也同样面临很多不断增加的气候风险，下一章节将对此进行总结。影响的类别及其预期严重性对每个城市都不同。不过，气候变化对城市的总体预期影响总结如下（根据文献Dawson, 2007; IPCC, 2007）:

- **升温问题和更多的热浪**将加剧城市的热岛效应。这不仅将增加热浪带来的压力，也将破坏基础设施的材料，如沥青或铁轨，进而对城市居民的健康和舒适度产生负面影响。温度升高和热浪也将破坏住宅、工业或交通行业的制冷系统。使用更多的空调可能限制发电和/或供电。升温问题和降水模式的改变也将造成物种侵袭，包括（引进）新的疾病和害虫。在异常的寒冷天气可能总体上减少的同时，一些地方却将遭遇更多的寒潮，以及可能带来的对健康和基础设施材料的影响，中断正常的工作和交通。
- 可以预期，更多地方更频繁的发生干旱，影响水的可用性和质量。缺水情况可能影响发电、扰乱人类消费、工业生产、水路运输和邻近的农业生产。在很多发展中国家，获得洁净水已经成为一种挑战，并且随着升温 and 可用水的减少将成为更大的挑战。
- **海平面上升**将加剧风暴引起的洪水和海岸侵袭，对沿海城市造成威胁。根据海平面升高的水平，某些低海拔城市区域完全面临着被淹没的风险。升高的海平面也会引起城市排水系统、河流的倒灌，造成盐水侵袭。沿海湿地将被挤压，使对抗潮水造成的洪涝和风暴的天然缓冲力进一步减少。
- 预计在绝大多数城市将发生更多极端降水事件（包括季节性变化）并且可能导致



图5

埃及开罗，满是尘土的道路。

Photo by Karl Fjellstrom, 2002 Karl Fjellstrom 摄, 2002 GTZ Photo DVD

更多的洪水泛滥和更加极端的洪涝灾害。更密集的雨水将加重城市排水和防洪系统的压力，也会加快居民、商业和交通系统的毁坏，并能破坏建筑物和基础设施。更极端的降水也可能引起更多的泥石流。

- **更密集和频繁的暴风雨**将对人类健康和城市基础设施造成风险。暴风雨引起的死亡、伤害和破坏损失很可能增加。特别对于同时受到海平面上升影响的沿海城市，暴风雨活动的增加将进一步增加风暴潮的风险。
- **人体健康**可能并不仅仅受到热浪和暴风雨活动的影响。更高的温度也将促发光

图6

美国，风暴和大雨灾害。

Photo by PhotoDisc



化学烟雾和臭氧的生成。与此同时, 升温引起的虫媒疾病的分布将有所改变。而在密集人口区域, 传染性疾病将可能飞速蔓延。

除了适应, 潜在的影响可能还要求新的保险政策和增强的灾难风险策略以及评估计划。

许多气候影响使城市的情况恶化, 例如, 在一些城市, 因为城市发展的某些方面已经增加了洪水的风险, 过度建设的土地上水流失的更快, 海边干涸的湿地对潮水浸没的缓冲能力也大大减弱。另一个重要的问题是所谓的热岛效应, 这是由于白天城市建筑物大量储存太阳的热能, 而在夜间释放热量造成的。更重要的是, 城市活动, 比如交通、空调和生产过程直接向城市区域排放热量。同时, 城市高密度建设愈加粗糙的表面阻碍风速、对流热损失和土壤蒸腾散热, 这些都使空气质量更加恶化。

2.2 城市脆弱性

我们必须注意到不同群体的脆弱性不同, 其脆弱性基本上取决于两个因素: 对气候灾害的接触和他们适应或逃避灾害影响的能力。通常城市人口中最脆弱的群体包括儿童、老人以及病残人士, 这些人群应对高温环境或是逃避灾害的能力相对较弱。同样的, 城市贫民——特别是那些住在洪涝地区或质

文框3: 案例研究——对卡特里娜飓风的失败疏散

2009年8月25日飓风卡特里娜袭击了墨西哥湾, 这是美国有史以来破坏性最强、经济损失最大的一次自然灾害(Grenzeback and Lukmann, 2007)。但是这到底是不是一次真正的“自然”灾害呢?“卡特里娜的确是以飓风的形态开始的, 但它演变成为一场灾难却是因为重要防御计划及管理上的失败”(Litman, 2006: 3)。比如说, 灾难发生后, 政府并没有能够成功地疏散那些没有汽车的穷人。尽管政府已经意识到大约有10万~30万的人没有可靠的私人交通工具, 但是政府却没有为这些完全依靠公共交通工具的人设计一个有效的疏散方案(Litman, 2006)。在应对卡特里娜飓风的疏散方案中, 人们可以利用高速公路的所有车道开车逃离, 虽然车速非常缓慢, 但对于那些有车的人来说的确起到了作用; 然而那些没有车的人却被忽视了, 政府对这群人的施救努力不够, 并且严重缺乏合适的引导(Litman, 2006; Renne, 2005)。在卡特里娜飓风的案例中, 灾害规划及应对的各个方面都还有待改进。为那些不太富裕的人提供免费的公共交通, 使他们逃离新奥尔良, 这是一个更为平等和更为有效的战略的核心, 它能够大大减少飓风给人们所带来的损失和死亡(Litman, 2006)。

图7

孟加拉国, 被洪水浸透的住房。

Photo by Robert Heine, GTZ



量较差房屋中的人, 如果生活受到威胁, 并不能搬家或者换工作。这些人也是一旦失去家园或收入, 最难从灾难中恢复的人。同时, 许多城市居住者住在非法的土地上或者没有能力支付租金, 因此, 无论是房主还是城市政府机构都没有动力去在这些地区投资建设更加弹性的基础设施。

另一方面, 当灾害发生时, 富人们能更好的采取保护措施或者撤离。例如, 对热带风暴警报的回应是撤离高风险区域, 但对城市贫民而言, 由于有限的机动出行手段(如私家车), 如果撤离计划不包含公交系统充足的(和免费的)支持时, 这是不太可能的。这在新奥尔良市的卡特里娜飓风的案例中体现得尤为明显(参见文框3)。卡特里娜的例子突出了城市低收入人群的脆弱性不仅限于其贫困水平。它在很大程度上依赖于当地政策。城市政府可以通过迎合城市穷人的特殊需求而增加这些贫穷和弱势人口的弹性, 包括提供可负担的、安全的和综合的城市交通系统, 特别是面对危机时。为了增加城市整体(包括大多数人和城市系统)的弹性, 需要将这些贫困的邻地主动整合纳入城市、土地使用和交通规划中——而不是将其隔离开来。

2.3 对发展中城市的特殊挑战

在许多发展中城市, 现在的交通系统在迎合大部分人口的交通需求时非常不足。但是, 在城市(交通)发展的规划和设计阶段就解决这些需求是减少脆弱性的先决条件。所以, 成功的适应远远不止于根据气候变化影响调整现有的交通网络。

而且, “你不能适应并不存在的基础设施”(Huq and Satterthwaite, 2008: 2): 许多情况下, 适应交通基础设施实际上意味着建设弹性的基础设施。

由于许多发展中国家的城市地区还处在(快速)发展中, 现在正是建设防止气候变化的城市系统的时候。同时, 还必须避免不良的适应情况, 即, 由于忽视气候变化的征兆而

增加了城市脆弱性的发展方式。例如, 在洪水泛滥地区新建居住和交通设施, 或者减少对非机动化交通的支持。

许多情况下, 适应性交通基础设施实际上意味着建设弹性的基础设施。

交通和城市规划者以及交通供应商站在了创造可持续的、弹性的和综合的城市系统的前沿, 例如, 社会住房支持可以给城市贫民另外的选择——这些人原本住在缺乏建筑安全投资而很可能遭受洪水和泥石流的非法地区。尽管城市的局限性通常与国家政府和当地政府对城市有效政策的支持不足相关。但是在城市层面还可以开展很多行动。交通系统是任何城市系统的命脉, 因此也是其弹性的中心。为了更好的理解其脆弱性, 下面的章节将系统地评价不同交通模式的适应性需求和机遇。



图8

泰国曼谷, 被洪水淹没道路。

Photo by Matthias Müth, GTZ

3. 城市交通系统的可能影响和潜在适应措施^[2]

城市(交通)基础设施的互联性可导致多米诺效应,引起超出气候影响本身的破坏。例如,由于洪水导致的城市交通瘫痪可造成巨大的经济损失,因为人们不能出去工作,或是货物不能送达。更糟的是,在非适应性设计的系统中, **连锁效应**也可能使人们本可避免的伤痛和死亡难以避免。例如人们因为通道遭遇洪水或破坏而不能到达或不能足够快地到达关键性的城市基础设施,如医院。当本就交通不便的地区完全切断交通,不利影响可能特别巨大,中心交通枢纽将受到影响,或者交通系统将运行到其极限状态。

为了预防这些情况,有必要进行以下活动:

- 包含多种出行模式的高质量公共交通计划;
- 准备潜在的替代路径;
- 识别关键性的基础设施。

例如,在洛杉矶因北岭地震而倒塌的公路立交桥造成一条重要的高速公路关闭后,一条平行的通勤轨道线的载客量比平日正常时增加了超过20倍。当衡量更弹性交通系统的设计和基础设施的费用时,除了基础设施损坏这样的直接成本,也需要考虑这些(间接的)社会成本和经济影响。

^[2] 这部分阐述了气候变化对城市客运和可能采取的反应策略的预期影响,我们认识到,城市已经迈出了一大步,并且依赖市区以外的基础设施。由于资源有限,在这份文件中我们仅能考虑城市区域的交通元素,所以航空、长途陆路和铁路运输或者港口运输未能包涵在内。此外,我们关注直接影响,例如热浪对城市客运的压力。对于间接影响则未考虑,比如因变化的温度引起的游客数量减少,进而减少的交通需求。

气候对于交通的影响可以分成三方面:

1. 对交通基础设施的影响;
2. 对机动车的影响;
3. 对出行行为的影响。

需要修建并且保养基础设施,使其能承受更高的温度,更大的暴风雨,更密集的降水与洪水,以及更高的海平面。机动车需要具有适应性的功能,在更热的天气条件下仍能确保旅行的舒适。出行行为将主要受到极端天气的影响,例如热浪、洪水、密集的降水、强风和风暴活动。

不同的交通参与群体在以下机动性的不同方面行事:

在亚洲,1996年至2005年间发生的风暴和洪水造成了超过70000人死亡和约1900亿美元的经济损失,这些损失的很大一部分当归咎于缺乏充分的基础设施。(Satterthwaite and Dodman, 2009)



图9

中国济南,恶劣天气使骑自行车变得不舒服。

Photo by Carlosfelipe Pardo, GTZ

1. **公共部门**负责提供弹性的基础设施。这主要包括交通和城市/空间规划,但还包括其他部门,如建筑和住房部门,及环境机构和灾害或洪水风险管理者。
2. **交通服务提供方**负责提供合适的公共交通工具,但车辆需求/设计标准可以由市政府制定。私家车是由私营企业提供,可能需要改变车辆配置或配件,例如空调。
3. **所有道路使用者、公共交通使用者、骑自行车者或行人**的交通都受到气候影响,并将自己选择出行方式,不过,那些即使在恶劣的天气条件下也能达到便利、高效、舒适、安全的出行方案将影响人们的选择,因此,交通系统设计、基础设施和车辆的(公众)政策选择与人们的出行选择密切相关。

适应气候变化的城市交通影响着生活的方方面面,它需要跨部门的合作和决策。全面的交通系统设计、新交通发展和对现有交通网络的维护保养活动(使其在未来影响

文框4: 如何阅读表1至4

下面的表1至4总结了不同交通基础设施与服务的气候影响及其相应适应性,是目前最先进的适应性研究的综合结论。请注意,这里提供的信息代表了潜在影响的整个范围与可能的适应性策略,希望引起人们的潜在风险意识。适应性措施在当地情况下何种程度是适当的,取决于预期影响的严重性和现有体系的特点。本文第三部分对识别和排列适应性措施优先顺序的方法进行了详细介绍。在这一方法中,这些表格可被用作识别适应性需求与方案的核对清单。

显然,对不发达国家交通的具体适应需求需要进行更多研究。本文借鉴了现有的研究,而所有这些研究的背景都是工业化国家。虽然一些讨论的应对措施对于不发达国家来说可能不够合适,但是这些研究仍然提供了很多信息来引起人们对需要改进的主要地区的注意。

中更具弹性),必须整合考虑气候变化的因素。在评估和灾害风险管理规划中也需要这样的合作。

适应气候变化的城市交通需要跨部门的合作和决策。

下面的章节中详细讨论了适应性城市交通的需要。第3.1章探讨了对基础设施的影响:公路,铁路和水路。第3.2章则阐述了对公共交通服务的挑战,并重点谈及车辆和经营。第3.3章简要地讨论了对私人交通的影响;非机动化和机动化交通。最后,第3.4章总结了适应成本和利益的讨论。

3.1 交通基础设施

3.1.1 道路基础设施,自行车道,人行道

道路基础设施,包括非机动化交通(自行车道和人行道),为发展中城市的大多数公众、私人和商业流动提供了基础。同时,它是具有最大价值(最大可置换价值)的公共资产之一,因此,提供弹性的道路基础设施对任何可持续的城市体系和城市经济福利非常重要。在这一章中,道路基础设施作为道路、自行车道和人行道的总称,所有这些都同样受到气候变化的影响。表1给出了道路基础设施的相关气候影响和可能的适应措施的综述。

上述影响及其造成的道路使用限制可能造成交通拥堵、事故和出行服务中断,严重影响在极端天气事件情况下的疏散。适应性措施主要有:

- 更弹性的**设计标准**和基础设施建设材料;
- 改良的**排水系统**;
- 定期**维护**所有基础设施;
- 通过**城市规划**避免在高风险区域进行建设;

表 1: 重要气候变化影响与道路基础设施适应性概要

相关气候影响	对道路基础设施的影响	可能的适应措施
温度升高与更多热浪	<ul style="list-style-type: none"> ■ 道路变形、减慢或阻断交通; 沥青/黑色路面的融化 ■ 由于严重受热及材料限制而增加的沥青车辙 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 种植路边植物, 减少道路曝晒 ■ 减少整体曝晒, 并通过绿色和蓝色基础设施还有路边树木或者其他遮阳物(如公园和湖泊)来降温 ■ 合理设计/建设, 铺设更多的抗车辙沥青或更多使用混凝土 ■ 更多的维护, 压平车辙印
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 桥梁伸缩缝与铺就路面的热膨胀 ■ 桥梁结构材料的剥蚀 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可能需要建立可承受更高温度的新设计标准 ■ 增加维护
更频繁的干旱(与更少的土壤湿度)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 干燥的土壤与更多的强降雨结合会造成更多的滑坡与塌陷 ■ 由于干旱期/雨期的变化增加及湿度的减少造成的道路基础恶化 ■ 不同情景下, 道路上的灰尘与沙子会危害安全, 比如减小刹车摩擦, 路标能见度降低 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 评价对道路基础设施影响的可能性(风险图谱) ■ 避免高风险地区的新发展 ■ 监测现有道路的土壤状况 ■ 增加道路的清洁与维护保养
海平面上升与海岸侵蚀	<ul style="list-style-type: none"> ■ 沿海城市的道路基础设施淹没风险与地下隧道洪水风险 ■ 盐渗透造成的路面与路基侵蚀 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 创建脆弱性地图, 确认最有风险的区域 ■ 限制高风险区域的发展, 如, 沿海岸线区域 ■ 对交通规划与沿海区域管理进行整合 ■ 加强保护措施, 如海堤, 保护沿海湿地(起缓冲作用) ■ 对撤退规划进行管理, 可能包括放弃某些中到长期的交通基础设施 ■ 在系统中建立更多的冗余 ■ 设计并把材料变成更耐腐蚀的材料 ■ 改善排水系统、地下通道抽水系统和抬高路面



图10

危地马拉, 被洪水损坏的道路。

Photo by Gunter Zietlow, 2001, GTZ

相关气候影响	对道路基础设施的影响	可能的适应措施
更极端的降雨事件与洪涝	<ul style="list-style-type: none"> ■ 洪水会影响所有的交通方式。在泛滥平原、低海岸线地区和城市下水道超负荷或者是根本不存在时风险会更大。 ■ 路面和地下隧道洪水泛滥, 尤其是当排水系统不完善时 ■ 腐蚀、滑坡和增加的土壤湿度水平造成的道路损坏与结构完整性降低。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 加强排水基础设施来应对强降雨, 增强排水基础设施的容量来应对增加的冲走物, 包括建设大型公路下的隧道来辅助快速排水系统 ■ 有规律地检查下水道 ■ 加强抽水 ■ 创建洪水地图以识别最脆弱地区, 将来在这些地区需要对基础设施进行保护/改善/避免, 并对可行路线进行评估(这对疏散计划相当重要)。 ■ 把洪水风险评估作为所有新发展的必需要求 ■ 限制高风险区域的发展 ■ 增加对泛滥平原的管理/海岸管理与保护型基础设施 ■ 对强降水事件和洪水的早期预警系统与疏散计划 ■ 在不安全区域(如低洼地区)安装很高的标志, 提醒行人与驾驶者
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 升高的河流或水道会对桥造成侵蚀和冲刷 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 确保桥梁与相关基础设施可以适应预期的洪水水平 ■ 雨量监测
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地基薄弱和很少或者没有排水系统的土路与其他道路存在被冲走的风险 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 加固地基 ■ 建设全天候公路 ■ 增加绿地与防洪设施
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在路面或者人行道下的地基材料可能会更快速的恶化, 强度与承受能力下降 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 加强对地基材料的监测, 尤其是在大雨或洪水过后 ■ 常规保养维护
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 增加的基础设施风化 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 更多的使用耐用材料, 如耐腐蚀材料
	更加强烈与频繁的暴风雨	<ul style="list-style-type: none"> ■ 对基础设计结构、桥梁、立交桥、路灯、标志和服务站的损坏 ■ 强风时的海边淹没风险, 尤其是当强潮汐与海平面上升一起出现时。 ■ 强风造成的树木、建筑物或汽车倾倒在道路造成的障碍 ■ 破坏及其随后的安全与社会经济影响

来源: Cochran (2009), ODPM (2004), Savonis *et al.*, (2008),
Transportation Research Board (2008), own, Wooller (未注明日期)

■ 通过**紧凑型的城市规划**，尽量减少对道路基础设施的需求；

■ 确保拥堵发生时，有**足够存量用地**可以支持其他出行方式。

存量用地，即在系统中建立一些备用容量，可大大降低交通系统的脆弱性，因为如果有很多替代路线可供选择，交通系统容量受干扰后的影响就仍然很小（交通研究委员会，2008）。这一点对高速成长的人口密集型城市尤其重要，在这些城市交通系统往往已经满负荷运转。这种系统也难以满足非预期变化的需求，例如，因部分水浸造成的交通改道。同时也应向机动和非机动模式提供存量用地，但不应仅止于基础设施建设，也应包括提供相关的公共交通服务，而且可能需要创新思维。例如，在马尼拉2009年9月的洪水中，高架轻轨和地铁交通被证实是最可靠的运输方式（见文框10）。存量用地也对灾害风险管理非常重要，以确保有效的疏散。

上述调整措施，有一些措施的好处超过了单纯增加道路基础设施的弹性带来的好处。举例来说，良好的排水系统和天然水存储系统，如湖泊，也可用于收集雨水，提高存储容量和恢复地下水，同时有助于洪水管理。这些概念有着巨大的潜力，因为很多发展中城市将面临巨大的水资源压力，同时由于社会经济和气候的发展，设计紧凑的城市并且结合良好的公共交通服务，可能也有助于减少交通相关的排放量。

不过，交通适应措施也有一些局限性。上述措施影响的综合结果中，可能由于不可持续的维修费用，需要放弃道路网络的某些部分。尤其是在发展中国家，维修经费不足已经导致部分网络关闭。很多措施需要较长的引导时间，因此需要在合适的时机规划，比如，鼓励城市在更加环境适宜的地点或更适应气候变化的住区发展，以减少其脆弱性。在那些仍在进行城市化的城市，最好避免在高风险地区发展。大多数城市基础设施，包括交通基础设施，是固定的和持久的，要在

城市现有结构中快速改造这些设施是非常困难和昂贵的。

3.1.2 轨道交通

气候对轨道基础设施的影响，在很大程度上与道路基础设施是相似的，然而，轨道基础设施的一些功能和道路网络是绝对不同的，当谈到适应性时值得特别注意：

■ 建筑材料（如铁）；

■ 信号设备和电力线路；

■ 地下基础设施（隧道）。

温度升高可能是地下铁路网络更大的问题。例如在伦敦，一些地铁站的气温超过地面环境温度10℃以上（见文框5）。

为确保轨道系统对局部系统故障的适应能力，比如一条或多条线路被洪水淹没，轨道电网的设计应允许不同的线路或线路集体独立运行，否则其中一条线路受到水浸或其他损害，可能会导致整个系统停机及相关交通和经济成本受损。

提供可靠的轨道基础设施对确保高效的轨道服务至关重要，从而保证了轨道系统的吸引力（第3.2章将做进一步讨论）。

文框5: 案例研究-伦敦地铁

气候变化给伦敦的地下网络带来2个风险: 过热和洪水。

伦敦地铁是世界上最古老的地下铁路, 并且是城市公共交通网络的一个非常重要的部分。它的通风系统是以风扇和释压通风井为基础, 已经不适合现在的需要了, 列车上的温度在炎热夏季可以达到40°C。这些极端状况在外面温度增加时发生的更加频繁。

地铁的过度拥挤进一步的导致了高温带来的不适, 特别是在列车上。除了气候变化以外, 如果没有防范措施, 通过增加发车次数来增容以及相应的提速与刹车也会贡献热量。地铁列车不断增加的不适会导致伦敦地铁的吸引力下降, 人们会转向选择其他的交通方式, 如公共汽车(给已经非常拥挤的道路交通增加压力)或者是有空调设备的小轿车(导致更多的燃油使用与温室气体排放)。

所以, 相关部门已经采取一些措施来改善客运交通:

- 风扇与通风能力检查, 并确定其他通风与制冷需求;
- 局部通风设备的设计;
- 购买新的空气制冷列车。

更多的建议包括:

- 对车站和列车内部的温度与湿度的详细和战略性的监测项目;
- 开展更多的研究用来调查乘客对高温的反应行为, 识别潜在的风险与阈值, 这些可能会引发交通方式的变化, 如转向公共汽车;
- 确定适应性措施的成本与收益, 如空调设备。

伦敦地铁在应对洪水方面也是很脆弱的。伦敦地铁有限公司的记录显示, 在1992至2003年间, 发生了超过1200起洪水事故, 200个站台关闭, 共计75个站台受到泰晤士河及其支流的洪水威胁。随着预期强降雨的增加, 洪水风险会随着气候变化变的更糟糕。



Photo by Carlosfelipe Pardo, London

应对措施包括在高风险车站绘制洪水地图以及设置物理屏障。但还需要实施更多的减少洪水风险的措施, 包括源头控制, 如通过屋顶绿化、可渗透的人行道、蓄洪和改进引流方法。

Source: Greater London Authority (2005 and 2008)来源: 大伦敦政府(2005年, 2008年)

表 2: 重要气候变化影响与铁路基础设施适应性概要

相关气候影响	对道路的影响	可能的适应措施
温度升高与更多热浪	<ul style="list-style-type: none"> ■ 热膨胀造成的轨道变形与铁轨移动导致交通缓慢或崩溃 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 合适的维护保养程序, 如美国的轨道承压(技术)^{a)} ■ 可能需要新的设计标准来使轨道承受较高的温度(这个需要在国家层面进行协调/由国家层面执行) ■ 建立管理程序, 执行不同的速度限制 ■ 改进系统以提醒并更新调度中心、工作人员与站台。检查并维修铁轨、轨道传感器与信号 ■ 发布关于天气情况和轨道状况的咨询信息、警报与最新信息
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地铁网络(与列车)的温度升高 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在地铁网络、机动车(火车)与地铁站使用更好的(更灵活的)制冷系统或空调 ■ 对地铁基础设施进行温度监控 ■ 炎热天气应急计划 ■ 满足系统周期内预期需求的电源设计标准(尤其是列车上因空调增加而需要更多电力)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在寒冷地区, 升温可以减少冰雪、铁轨结冰和信号设备冰冻等造成的破坏 	
更频繁的干旱(与更少的土壤湿度)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 干燥的土壤与强降雨结合会导致更多的滑坡与塌陷 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 评估对轨道基础设施影响的可能性(风险图谱) ■ 监测高风险铁轨和常规维护保养 ■ 避免在高风险区域建设新轨道线
海平面上升与海岸侵蚀	<ul style="list-style-type: none"> ■ 沿海城市轨道交通基础设施淹没风险与地下隧道洪水风险 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 创建脆弱性地图, 确认风险最大区域 ■ 限制在高风险区域的发展 ■ 对交通规划与沿海区域管理进行整合 ■ 加强保护措施, 如海堤、沿海湿地的保护(起缓冲作用)与地铁系统的抽水 ■ 对撤退规划进行管理, 可能包括放弃某些中长期交通基础设施



图11

阿根廷布宜诺斯艾利斯的公共交通。

Photo by Carlosfelipe Pardo, 2008, GTZ

相关气候影响	对道路的影响	可能的适应措施
更加极端的降雨事件与洪水	<ul style="list-style-type: none"> ■ 洪水会影响所有的交通方式。在泛滥平原、低海岸线地区和城市下水道超负荷时风险会更大 ■ 铁路线与地下隧道水灾的增加 ■ 由于腐蚀、滑坡与土壤湿度增加造成的铁轨底座破坏与结构完整性降低 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 加强或建立能够应对更强降雨事件的排水基础设施, 增加排水基础设施的容量以应对增加的冲走物 ■ 定期检查下水道 ■ 创建洪水地图以识别最脆弱地区, 将来在这些地区需要对基础设施进行保护/改善/避免, 并对可行路线进行评估-对于轨道系统, 绕过洪水区域比公路要难得多, 运行受到阻碍 ■ 把洪水风险评估作为所有新发展的必需要求 ■ 限制高风险区域的发展 ■ 改善泛滥平原管理/海岸带管理和保护型基础设施
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地下系统/隧道可能会有水灾, 尤其是当排水系统不完善时 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地下系统的乘客疏散计划 ■ 加强抽水 ■ 创建脆弱性地图, 识别高洪水风险的区域 ■ 限制高风险区域的发展
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 土石方的稳定性可能会受强降水影响, 因为降水形成了土壤孔隙水压力, 尤其是在干热天气后 ■ 轨道底部的地基材料可能会更快速的恶化, 强度与承受能力下降 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 加强对土石方、桥梁等的状况监测, 尤其是在大雨、洪水过后(或暴风雨) ■ 加强维护
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 由于不能监测火车的出现与否, 而且不能够发送相关信号造成的轨道电路故障及伴随而来的破坏 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 增加的基础设施的风化 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 使用更耐用材料, 如抗腐蚀材料
更加强烈与频繁的暴风雨	<ul style="list-style-type: none"> ■ 对站台/基础设施结构、桥、立交桥、在上方有电缆的通电轨道、火车站台、路灯与信号的破坏 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 评估目前使用的设计标准是否能够承受更频繁更强烈的暴风雨 ■ 使桥梁、立交桥、建筑等的设计标准能够适应预期增加的风速与强降雨
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 强风期时的海水淹没风险, 尤其是当强潮汐与海平面上升一起出现时 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 加强对暴风雨的天气预报, 更好的做准备并降低潜在危害(早期预警系统, 灾害风险管理)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 强风造成的树木、建筑物或汽车倾倒对道路造成的障碍 ■ 落叶可能聚集在一起, 降低轨道安全/附着作用 ■ 增加的闪电击中轨道信号或电子系统 ■ 闪电扰乱电子信号系统, 如车轴反作用于轨道电磁兼容性 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 开放型轨道基础设施的防风网 ■ 架空线路: 断路器保护 ■ 改编信号设备设计标准 ■ 应急计划

来源: Cochran (2009), Eddowes *et al.*, (2003), ODPM (2004), Savonis *et al.*, (2008), Transportation Research Board (2008), own, Wooller (日期不详), Woolston (日期不详)

a).轨道承压(技术)是指, 连续焊接的铁轨在轨道断裂(轨道受冷收缩)或变形(轨道受热膨胀)情况下是受压状态(压缩或者拉伸)

3.1.3 水路

城市水路不仅为货运、也为一些城市的公共和私人交通提供了重要的交通基础设施, 它们的重要性和特点在不同案例中有不同情况。

一般来说, 水路主要受到缺水或洪涝的影响。

表3总结出了其潜在影响和适应措施。对于影响严重的情况, 可能要完全放弃某些水路, 或有必要建设新航道。

表 3: 重要气候变化影响与城市水路的适应性概要

相关气候影响	对水路的影响	可能的适应措施
温度升高与更多热浪	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水生植物的增加会导致阻塞 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 加强相关航道的维护
更频繁的干旱 (与更少的土壤湿度)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 航道内水的可用性减少会限制水的使用, 导致人们更多的使用公路网络。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 评估限制城市航道使用并计划选择其他方式的可能性 ■ 航行的变化 ■ 评估水流增大的可能性
海平面上升与海岸侵蚀	<ul style="list-style-type: none"> ■ 港口设施与海岸航道可能会无法使用 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 加强防洪, 如海堤, 沿海湿地 (起缓冲作用) 保护 ■ 管理疏散计划, 可能放弃某些中长期交通基础设施; 与沿海区域管理进行整合
更加强烈的降雨与洪水	<ul style="list-style-type: none"> ■ 对水路桥下的清理减少 ■ 河流与航道适航性降低 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 替代交通方式使用计划 ■ 在未来的架桥设计时考虑高水平的洪水
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 泥沙淤积增加 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 加强泥沙疏通
更加强烈与频繁的暴风雨	<ul style="list-style-type: none"> ■ 暴风雨对航道的破坏 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 增加结构监测与维护
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 漂浮物对河流与航道的阻塞 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 应急计划

来源: Cochran (2009), Savonis *et al.*, (2008), own

3.2 公共交通

公共交通包括不同的交通工具: 公共汽车、小巴、货车、地铁和电车、的士, 以及人力车或三轮车。在大多数发展中国家的城市, 公共交通多集中在 (小) 公共汽车, 以及利用公路基础设施的多种形式的辅助客运系统。然而, 目前许多亚洲城市主要发展轨道为主的交通 (如北京、曼谷、新德里)。为确保轨道为主交通的可持续性, 应在计划阶段就考虑其受气候影响的脆弱性。重要的是, 公共交通规划也必须紧密结合道路基础设施 (适应性) 设计一个高效、弹性的系统。

公共交通和非正规辅助客运系统需要有弹性, 因为

1. 它是城市地区快速增长的人口中大一部分人的机动化出行选择;

2. 保持对那些也能负担得起私人机动化出行方式 (私家车) 的人的吸引力, 避免向排放更密集的交通方式转变, 因为后者将进一步加剧气候变化。

由于前面已经陈述了交通运输基础设施的影响, 本章的重点为车辆和有关流动性的行为 (司机和客户)。

作为基本要求, 在车辆设计时必须确保其能承受较高的温度: 一方面, 气温上升会增加在没有冷气或空调的公共汽车和列车中乘客以及司机的压力, 另一方面, 发动机的功能和列车设备可能受到极端温度的不利影响。

此外, 高温对没有冷气的公交系统的影响可能进一步降低公交系统的质量和吸引力, 因此从长远来看, 可能促使那些能负担得起

的人群转而使用带空调的私家车出行。在这种情况下,增加公交对高温的适应性与建设发展中城市的可持续交通系统需要同时进行,为未来的机动化提供一个选择。

SUTP资料手册的分册3a和3b(关于轨道交通)和SUTP BRT规划指南可提供进一步信息,可在网页上免费下载
<http://www.sutp.org>

在一定程度上,空调系统在公交系统使用越来越多,而越来越高的环境温度则需要更高的成本和更多的能源密集型系统。

不利天气引起的更频繁的驾驶困难可增加交通事故和延误,增加交通运营商和行业的成本。训练公交司机和分离公交线路可能有助于减轻这些影响,非正式辅助客运系统的经营者也应积极参与任何适应活动,而不是

被排除在外。辅助客运系统在许多发展中国家起到重要作用,既可提供门到门服务,也可作为城市正式公交网络的支持者,给那些没有连接到正式公交网络的地区提供出行服务。确保辅助客运系统适应气候变化是确保城市(交通)系统运转良好的一个重要环节。

重要的是,公共交通在灾害风险管理和疏散规划中起到了关键作用。如上所述,由于城市贫民很难拥有私家车,气象灾害(风暴和洪水)的撤离疏散计划应提供足够的(而且免费)的公共交通服务。这包括了指定和培训极端情况下的驾驶员。对于不太严重的极端天气,并不需要疏散,公共交通机构应制定应急计划,如地铁网络炎热天气应急计划或汛期公交车紧急路线。

表4给出了有关公交车辆及运营受气候影响的概况。



图12

中国常州的BRT服务。

Photo by Jie Chen, 2003, GTZ

表4: 重要气候变化影响与机动车及运营适应性概要

相关气候影响	对交通工具或驾驶情况的影响	可能的适应措施
温度升高与更多热浪	<ul style="list-style-type: none"> ■ 公交车与列车中的温度增加可能会导致乘客与司机的不适和中暑 ■ 司机不适与疲劳会增加事故的发生 ■ 如果条件允许,可能会导致人们从公共交通向有空调设备的私人交通工具或者出租车转移 ■ 使用更昂贵和更加能源密集型的空调系统 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 充分地开大窗户 ■ 用带颜色的窗户遮蔽太阳 ■ 把公交车顶刷成白色 ■ 加强隔热与冷却系统 ■ 如果可用并且可负担得起,最好使用无氟的空调设备 ■ 司机培训 ■ 电车: 为满足在系统周期内预期需求和承受更高风速设计电源标准(尤其是增加的空调设备需要更多电力) ■ 地下铁路: 制定炎热天气应急计划 ■ 在公共汽车车队的采购要求中包含新的设计标准
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 轮胎磨损或融化 ■ 设备过热,如柴油机的发动机 	
更加强烈的降雨与洪水	<ul style="list-style-type: none"> ■ 困难驾驶事件增加,影响了安全、性能与操作,如速度受限会导致延迟 ■ 公共交通车队遭遇洪灾,造成经济损失 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 在天气条件不利时限制速度,如降低火车的行驶速度 ■ 应该对公共交通工具的司机进行极端天气条件培训,如暴雨、冰雹,大风 ■ 紧急路线规划 ■ 撤离高风险地区的早期预警系统 ■ 洪水保险
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 驾驶员培训 ■ 速度限制 ■ 加强对暴风雨的天气预报,能够更好的做好准备并降低潜在危害(早期预警系统,灾害风险管理) ■ 应急计划与撤离路线(避开高风险区域)的识别
更加强烈与频繁的暴风雨	<ul style="list-style-type: none"> ■ 困难驾驶或不能驾驶事件增加和脱轨或碰撞导致交通崩溃以及安全与社会经济影响 ■ 机动车或火车的倾覆 	

来源: ODPM (2004), Transportation Research Board (2008), own, Wooller (undated), Woolston (未注明日期)

3.3 私人交通

步行、自行车和私人机动交通工具对基础设施的影响已经在第3.1章的道路基础设施中讨论过了: 包括水浸、基础破坏以及极端高温和风暴破坏引起的沉降和变形。未铺砌的人行道或自行车道以及公路存在被特大洪水冲走的风险。因此, 这一章的重点是出行行为和机动车。

3.3.1 非机动车交通

越来越多的不利天气事件如暴雨、强风和极端温度可能导致步行和骑自行车出行方式的减少, 至少超过一定长度的行程将减少。当机动化出行方式可用并且负担得起, 或者那些依赖步行或自行车的城镇居民的出行受到了严重的阻碍, 也将导致出行方式向机动化方式的转变。另一方面, 对短途旅行而言, 可以预期极端天气的影响是相对低的。这突出了城市可持续和人口密集弹性出行设计的重要性。同时, 对人口密集城市的紧凑型规划有利于可持续交通的发展、减少交通需求和交通有关的排放, 进而减少气候影响和改善空气质量。

在寒冷地区, 升高的温度或许使步行或骑自行车实际上更有吸引力, 但是在温暖地区, 极端炎热将使非机动车出行变得很有负担。在这里, 绿色和蓝色空间可以缓解这些情况: 在人行道和自行车道两旁植树能够通过树荫降温, 同时改善微环境, 增加吸引力甚至成



为一个微小的碳汇。湖泊和河流也能对城市微环境起到降温作用。

改善非机动车交通质量和安全性的措施, 例如, 当不利天气条件更经常发生的时候, 对保持非机动车交通的吸引力和舒适度而言, 专门划出的自行车道和人行道就变得更加重要。为了避免出行模式转向更高排放的机动化模式(将在未来使气候变化情况更加恶化), 维护(或改善)非机动车交通的吸引力非常重要(参见第3部分的讨论)。

请参考GTZ资料手册分册2a: 土地使用规划和城市交通 (GTZ, 2004)。

温度的变化已经迫使城市提供可遮蔽的基

图13

中国杭州, 自行车道遮阳棚。

Photo by Karl Fjellstrom, ITDP

图14a, b

首尔城市高速路的拆除创造了城市绿地和珍贵的再发展机会。

Images by Seoul Development Institute



基础设施。下面这幅图来自中国杭州，非常典型，展示了安装在十字路口自行车道上的遮阳棚。

3.3.2 机动化私人交通

和非机动交通一样，可以预期不利天气条件对出行有相应的负面影响。实证研究指出，下雨时交通速度较慢，导致了延误和混乱。在降水过程中事故的严重程度似乎有所降低，可能是由于车速比较低，但是在不利天气条件下事故也可能增加。因此，降水导致出行时间增加，对那些高峰时期已经堵塞严重的路线影响尤其严重。（对不同研究的综述，Koetse and Rietveld, 2009）。这种情况在那些已经饱受塞车之苦的大城市很常见。

相应行为取决于降雨量、道路基础设施，很可能也同文化背景或驾驶员对不利天气条件的习惯程度相关。例如，2001年11月在中国北京的意外降雪，导致大规模交通拥堵，因为道路使用者a) 没有为降雪做准备，b) 不习惯在降雪时开车，和c) 车辆没有配备冬季轮胎。变化的气候条件会导致更多意外或（针对特定区域的）异常的不利天气事件，增加严重挤塞和事故的天数^[3]。

在车辆方面，温度升高很可能增加了小汽车和其他车辆对空调的需求，可能要求发动机设计和轮胎能够适应更高的温度。

和非机动化交通一样，紧凑型的土地使用规划可以减少出行需求和因出行导致的接触不利气候条件的风险。

3.4 适应性的成本和效益

适应性的成本计算是一个难题。通常情况下，我们估算适应气候变化的需求导致的“额外”成本。对于基础设施投资，这意味着要确定适应性的增量成本，即，额外金额将用于确保新基础设施已经发生的投资或对现有基础设施进行的改善使目前设施成为适应未来预期气候条件的基础设施。不

同研究估计了对基础设施的防气候变化投资所需的增量成本（这些基础设施对气候变化非常敏感）在新投资的5%至20%之间（UNFCCC, 2007; Stern, 2007, 世界银行, 2006）。然而，这些估算缺乏强有力的实证而被认为具有不确定性。而且，这些估算很可能是特定案例，变化很大。

在现实中，适应与发展是紧密交织在一起的，往往无法明确界定，新的投资或活动的哪一部分是“额外”的适应性、哪一部分是发展。例如，建立一条适合任何天气的道路，以避免大雨之后道路的泥土被冲走，就是发展的需要，同时也是适应的需要，因为根据预计强降雨将会增加。在一些本来就缺乏基础设施投资的国家，真正需要考虑的是提供适应气候变化的基础设施的成本（Satterthwaite and Dodman, 2009）。交通基础设施仅是适应性费用的一个方面。发展政府规划和实施交通行业适应性的制度化能力也并不是免费的。这意味着对人员进行培训，并且当地政府需要额外的负责应对气候变化的人力资源。

尽管适应性措施的成本高昂，但一些研究发现它的好处往往超过成本（例如，stern, 2007; 亚洲开发银行, 2005）。这是因为避免了损失，即，在没有任何适应措施的情况下会产生费用。避免的损失不仅包括损坏的基础设施的成本，而且还有由交通服务中断（客运和货运）和人员伤亡等造成的间接社会和经济成本。

通常情况下，建设新的即现在没有的基础设施的增量成本比升级现有的基础设施要少一些，因此在交通规划的早期阶段就将适应性规划纳入考虑更加重要。例如，一项对库克群岛和密克罗尼西亚联邦的气候变化风险减少措施的分析显示，如果在设计阶段就采用防气候变化的措施，可以有效地避免绝大部分由于气候变化导致的基础设施破坏的损失，（亚洲开发银行, 2005）。文框6展示了一个主动和活性的适应气候变化的交通措施能使成本运用更加有效的例子。

^[3] 这并不是说北京2001年的降雪是由气候变化引起的。

文框6: 案例分析-密克罗尼西亚联邦Kosrae州的防气候变化道路的发展

在Kosrae, 为使人们在各种天气情况下都能到达Walung, 这个偏远的村子是唯一不能和其他自治区联通的地方, 相关部门计划填平环岛路上16km的缺口。最初道路设计的排水工事(现有的和计划中的)是基于每小时178mm的最大降雨量, 即25年一遇的大雨。然而, 新的数据分析表明25年一遇大雨的每小时的降雨量已经达到了190mm, 到2050年, 预期会增长到254mm。

Kosrae州政府接受了改进道路设计的建议, 以适应每小时254mm的降雨量。对于新的部分, 增量即额外的成本是, 对6.6km道路需要花费511,000美元(每千米77,000美元)。尽管防气候变化道路的资金成本明显高一些, 但是约15年后维修和维护费用的累积成本是较低的, 因为这样避免了灾害损失, 内部回报率为11%。

相比之下, 对3.2km的现有道路和排水系统进行防气候变化追加改造需要付出776,184美元(每公里243,000美元)。虽然比提前的进行防气候变化施工要贵3倍以上, 但是成本效益分析显示, 追加改造还是划算的, 内部回报率为13%。

Kosrae的案例为适应性措施的经济可行性提供了很好的榜样, 尽管没有考虑交通基础设施破坏造成的间接损失。当然, 成本和收益仍然需要以个别基础进行评估, 并且需确定额外成本的资金方案(参见文框11)。

适应性的成本与减缓气候变化的努力密切相关。

我们注意到, 由于地方尺度的气候预测经常不确定性很高或根本是缺乏的, 适应性规划将永远受到不确定性的制约。这是识别适应性的需要和方案以及判断所需成本时, 决策者面临的一项挑战。迎接这一挑战需要强有力的决策, 即制定可以在不同程度的气候变化情景(见下一章)下奏效的适应性措施, 并确定无反悔或少反悔的措施, 无论气候变化情况如何都能有净收益。由于我们很可能还不知道最坏的影响是什么, 所以需要预防性的方法, 包括减少交通相关的排放。

适应性的成本与减缓气候变化的努力密切相关。气候变化越可以避免, 适应性的成本就越低。换句话说, 防气候变化的城市交通必须包括减缓和适应两方面内容, 保持适应性的成本尽量低廉。



图15

卡特里娜飓风的破坏。

Photo by PhotoDisc

4. 采取适应性行动

首先，从现在开始适应性行动的相关信息和宣传是非常重要的组成部分，可以提高决策者及社会对适应措施的认识度和接受度。由于城市客运交通的适应性不能局限于简单的技术修正，还需要交通使用者改变出行模式和交通规划方法的思路转变，适应性必须被理解成一种社会学习过程。说服当地政府跨部门的相关官员是成功制定适应性战略的先决条件（文框7的南非德班案例对此进行了阐述）。在许多情况下，这将需要培训主要人员，并确定出所谓的“适应冠军”，他将

会推动其部门内的气候适应性日程。

德班的例子说明，每一个城市的政府部门都需要考虑将气候变化工作纳入其部门职责，例如，不仅分别考虑轨道、公路或住房，还要综合考虑发展高效和整合的战略，例如，对于整个交通部门，需要寻求在为所有人提供出行方式、增加弹性和限制温室气体排放量之间的平衡。随后，交通规划者要与多个其他角色互动，包括空间或城市规划者、建设或住房机构、环境机构和气候变化专家、洪水和灾害风险管理专家，还有交通供应商、企业及公民社会。

文框7: 案例研究-德班在市级水平整合气候变化

德班是非洲最大的港口城市，位于东海岸，人口350万，城市总面积2300 km²。它是1994年非洲少数几个发展了本地的21世纪议程并建立了环境管理部的城市之一。在2000年至2006年间，德班参加了国际地方环境倡议理事会（ICLEI）举办的城市气候保护运动（CCP）^{a)}。在这期间，市政府开发了各行业的温室气体排放清单，每年都有常规温室气体排放报告（甚至是在2006年以后）并举办其他跟进活动。

然而，尽管参与了城市气候保护运动，市政府官员并没有机会对基本的气候变化科学及其本地相关性有一个很好的了解。此外，由于技术工作外包给外部顾问，机制上的原动力和知识并没有建立起来。

所以为了理解德班气候变化的相关性，2004年环境管理部开始规划一个市政气候保护项目（MCPP）。目标是告知德班当地官员气候变化对德班的影响。MCPP分三个阶段，在本地预期气候影响的审阅与评估（第一阶段）之后，制定了重点气候变化适应对策，突出市内的关键部门（如基础设施或人体健康）应该如何开始应对气候变化（第二阶段），而对于交通部门，项目发现，可能有必要修改道路设计标准并避免在高洪水风险地区设置路线。

至关重要，气候变化也通过发展城市整合评估框架（第三阶段）并入到长期城市规划中，包括在气候变化背景下开发模拟模型，评估对比战略上的城市发展规划。为了支持这项开创性的工作，德班市与英国廷道尔气候变化研究中心开展了合作一起来建立模型。

以此模型为基础，可以测试不同的适应与减缓方法的有效性，并支持城市的长期整合发展规划。整合的评价框架还包括对关键因素的脆弱性评价，如沿海基础设施、水、灾害管理与生物多样性。对过去与现在极端天气事件及其相关破坏的重新审视能够帮助确定谁或什么基础设施对于气候变化的某些方面是最脆弱的。例如，2007年3月强烈的潮汐与巨浪对基础设施造成的破坏，提高了政府官员对气候变化影响的关注。

MCPP还引起了制度变迁：环境管理部建立了一个新的分支来具体处理气候变化、适应与减缓工作。为了很好的执行MCPP的这些活动，还需要适当的人力资源与财务资源。

德班的经验说明城市政府的关键决策制定者在把适应和减缓气候变化与每日计划与投资决策整合之前，需要了解气候变化的基础科学及其对当地的意义。

来源：Roberts (2009); Roberts (2008)

a) <http://www.iclei.org/index.php?id=800>

4.1 适应性基本方法

适应性的三种基本方法是：

- 撤离（或避免）；
- 保护；
- 调节。

如图17所示，在探讨适应海平面上升时已经开发了这三种方法，但总体而言这些方法可以适用于所有气候风险的情况。

尽管从气候高风险（如海平面上升、洪涝、泥石流或其他风险）地区撤离可能是最后不得已的措施，但在规划阶段，在高风险地区首先把撤离看成是需要避免的结果，可能是最便宜的选择（如图18所示）。

保护可以包括硬性（如海堤）和软性措施（如保护红树林，缓冲风暴潮）。保护措施还不仅限于海平面上升，或河水泛滥，也包括任何有助于保护交通基础设施、甚至在更广泛意义上的出行方式，如能提供阴凉的绿地或树木，风挡或其他手段。

保护可以被视为“外部”措施，调节意味着交通系统或基础设施其本身的适应。调节也包括硬性（主要是基础设施和车辆）和软性措施（关于整个运输系统）。硬性措施可以改变设计标准和施工材料，以承受更高的洪水水平或温度，或包括车辆中的空调，而软性措施可以包含紧急巴士路线规划，甚至加强公共交通网络以提高整体系统的弹性。

图17 适应性的3个基本途径。

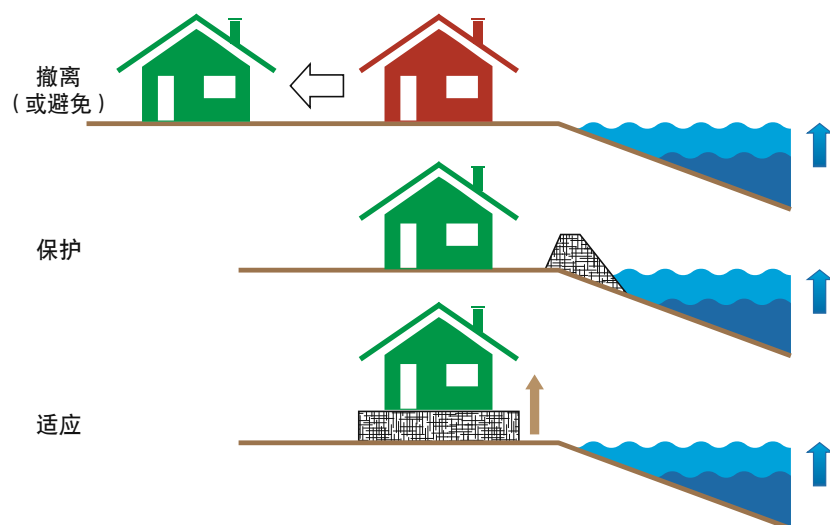


图18 新发展要避免高风险区域。

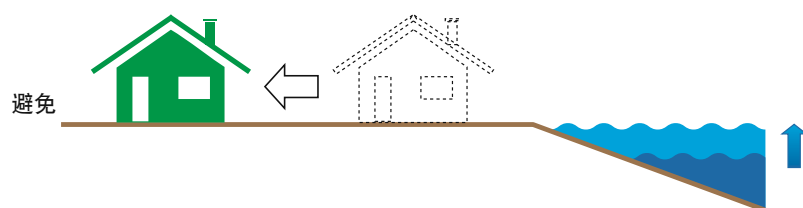


图16

东南亚遭受洪灾的住房。

Photo by Karl Fjellstrom, 2004, GTZ Photo DVD



4.2 防气候变化交通框架

以前在规划和发展交通系统时假设气候是稳定的，这在现在已经不可能了。现在，**交通规划和运营需要考虑到当前和未来的气候变化**。这意味着，新的工具（如区域气候情景、脆弱性和风险评估）或防气候变化从业人员指南需要纳入交通规划中。特别要重新审视长期交通规划模型假设并作可能的调整。例如，当新的地区对气候变化引起的洪水风险非常敏感时，对于土地使用所做的旧的假设可能就不再适用了。

气候变化增加了城市化的动力，也提高了决策的不确定性。健全的决策需要考虑到不同的情景，并结合气候变化和社会经济情况。不同研究表明，社会对发展可行性情景已有足够的了解(Dessai *et al.*, 2009; eca, 2009)，能够采取明智的决定，以大大降低脆弱性（如避免在高风险区域进行新的开发）。

设计健全的交通政策或项目的目的是创造在一系列潜在全球变暖情景下运行良好的交通系统，而不是针对某一特定假设创造一个最有效的系统。例如，沿海公路网络将根据对海平面上升和洪水的不同预期情况的分析而设计，使其在不同情景下都能工作。

为创造一个高质量且可靠的交通系统，决策者进行了多层面规划。为了促进防气候变化的城市交通设计，需要将减缓和适应策略纳入整个交通规划过程（参见文框8决策工具）。

根据英国气候影响项目(UKCIP)开发的方法，下面的这些主要步骤可以用于开发城市交通发展整合适应性策略。

文框8: 决策工具

这一过程需要决策者使用不同的风险评价与规划工具，并且目前已经有了一个相当大的工具组合。根据城市层面的经验、专业知识或技术和财务的可用资源，决策者可以在各种复杂的工具之中进行选择，这些工具可能需要一定的技术水平和专门知识，甚至是许可证和更简单的工具。解决特定的问题可能需要专门的外部知识，比如为了应对高温、强降雨选择最合适的铺路材料或者评价洪水风险。但是每一个参与交通适应性计划的部门都必须要了解气候科学及其意义。长期来讲，只依赖于外部知识不是可持续的。

决策工具与准则

- **气候适应性：风险、不确定性与决策- UKCIP 技术报告**：这一综合性报告详细指导了适应性策略的每一步骤，包括每一步需要回答的关键问题，气候风险评估的通用清单及对合适工具和技能的指导。http://www.ukcip.org.uk/images/stories/Pub_pdfs/Risk.pdf
- **UKCIP 工具**：英国气候影响计划(UKCIP)在其网站上为适应性计划提供了一个全面的工具集。http://www.ukcip.org.uk/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=127
- **为气候变化做准备--本地、地区与州政府指导手册**：尽管关注的是美国，这是一个非常全面的对适应性计划的逐步指导。http://www.iclei.org/fileadmin/user_upload/documents/Global/Programs/CCP/0709climateGUIDEweb.pdf
- **适应性学习机制**：<http://adaptationlearning.net/about>
- **wikiADAPT**：一个以wiki为基础的关于适应性问题的信息门户网站，包含背景信息、决策方法与案例研究。http://wikiadapt.org/index.php?title=Main_Page

图19阐述了开发城市交通适应战略的过程和步骤, 以及如何将其纳入交通规划和决策过程的主要步骤。这些步骤可以同样适用于:

- 单独投资和维护决策 (如新的道路和公共交通设施);
- 城市地区的出行方案 (例如, 公交选线, 对特定城市区域的通达性计划);
- 综合交通总规划 (对中期至长期的投资和政策具有影响);
- 还有对现有交通网络和基础设施的前、后期防气候变化建设。

第1步: 识别潜在的气候影响

在每个交通规划过程的开始, 都要对交通系统的现状进行评估找出存在的问题。而且需要收集交通数据及社会和经济发 展情景来识别交通发展的需求。由于也应该考虑到交通发展对气候变化的潜在敏感性, 目前有必要收集潜在气候影响和脆弱性的信息 (参见文框9信息源)。这也应该包括受影响的使用群体和社区, 并且重点关注那些潜在的弱势群体, 比如妇女、儿童、老人和残疾人。在此基础上制定城市交通的进一步发展目标 (第2步)。

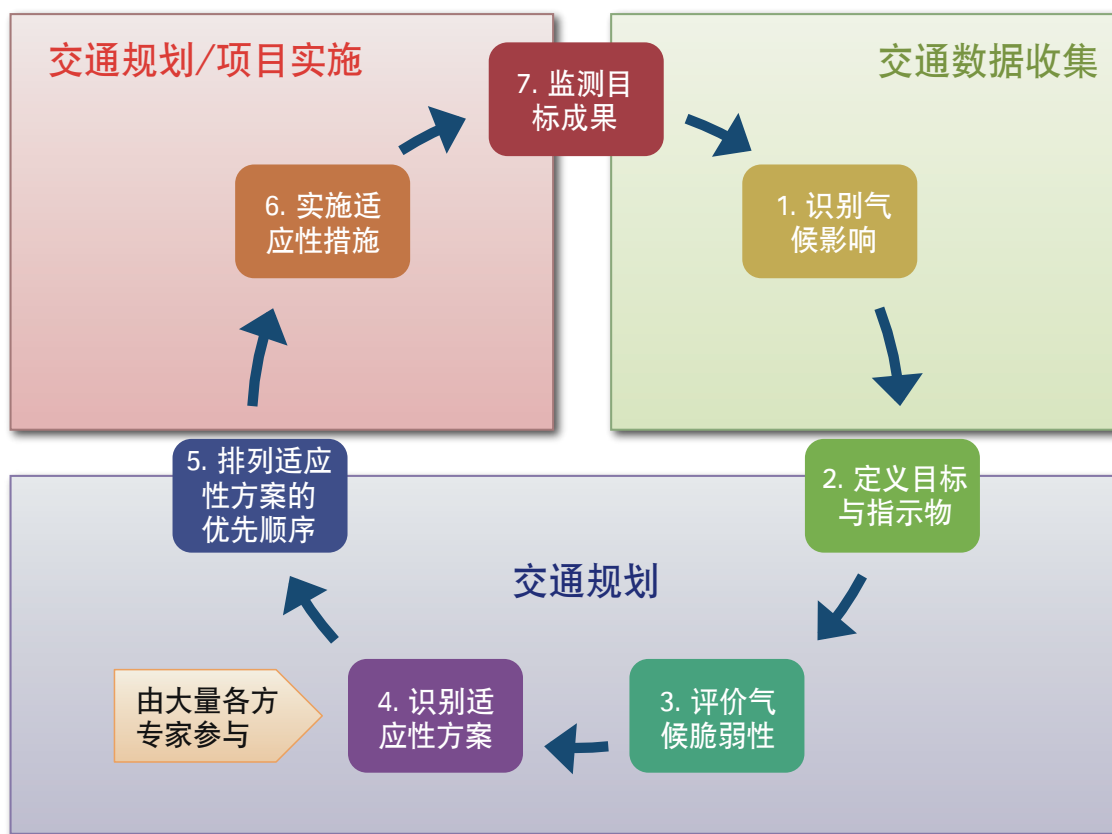


图19
城市交通发展的适应性战略开发框架。
Graphic by Urda Eichhorst,
Daniel Bongardt

第2步：定义防气候变化交通系统的目标和指标

在定义交通系统目标的同时，也可以确定适应性的目标。例如，气候变化可能会影响规划好的公路、现有的基础设施或影响公共交通的吸引力，但交通系统应该适应气候变化，如，在更极端温度或暴雨情况下也能运行良好。

根据已定义的目标，需要定义操作标准或指标，以此评估不同的交通发展和适应性方案。这能够使特定地区洪水对交通的破坏限制

在每年一次，或者使洪水引起的经济损失保持在一定阈值以下等等。

第3步：评价交通相关干预的脆弱性和风险

在开发一个交通相关干预草案之后，应该基于不同气候变化情景下的气候预期影响风险对规划的脆弱性做出评价，例如，对不同程度的海平面上升，使用在第1步中收集的数据（见附件中的风险评价清单）：

- 预期风险如何影响现有的或规划好的交通系统元素、或其他依赖于这些元素的群体？
- 谁会受到最大影响？

在这个阶段，草案（及其替代方案）中也应该反映温室气体排放的影响。

为了利用协同作用，并尽可能以现有制度/程序结构为基础，气候风险评价可纳入战略环境评价（SEA）或与其平行开展，辅助防气候变化项目的规划及其环境影响评价（EIA）。这也可能改善防气候变化措施的成本效益（ADB, 2005）。环境影响评价（EIA）是在项目已经决定要实施之后进行的，所以是在一个相当晚的阶段进行，而防气候变化工作应该更像SEA一样，最好尽早纳入决策的策划过程。

参见本分册附录中的清单，清单提供了脆弱性和风险评价的指南。

第4步：识别适应性方案

基于交通规划的风险评价，可以识别不同的适应性方案：

- 什么是适合的适应性方案（见第2部分适应性方案综合清单）？
- 它们是否符合决策标准（第2步）？
- 它们是否考虑到当地实际情况（第1步）？

文框9： 气候影响与脆弱性评估的信息来源

- 国家环境机构或UNDP的报告经常提供容易理解的国家层次的气候影响报告。
- GTZ 实践者手册：指导（政府与非政府的）发展实践者如何收集并解释相关气候信息。<http://www2.gtz.de/dokumente/bib/gtz2009-0175en-climate-change-information.pdf>
- WB 气候变化门户网站为决策者和发展实践者提供快速、易获得的气候数据及气候相关数据（由于数据数量巨大，所以需要快速的网络连接）。<http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/home.cfm?page=globemap&undpcc=ar>
- UNFCCC (2008)方法与工具纲要主要用于评估气候变化脆弱性与适应性的影响（没有专门的交通行业工具部分）。
- SERVIR是中美洲与非洲的一个区域性可视化监测体系，整合了卫星与其他地理空间方面的先进科学知识和决策数据。<http://www.servir.net>

Climate Change Explorer为用户提供分析基础来探索与它们特定适应性决策相关的气候变量。这是一个桌面用户，为下载、管理和所消化模型输出提供了界面。您需要申请单独的密码来下载这一工具的版本。http://www.wikiadapt.org/filestore/wikiADAPT/Climate_Change_Explorer_an_introduction_v1.pdf

■ 在评价中是否包括了正确的合作伙伴?

在开始时应该考虑广泛的潜在方案,不能忽略任何可能性。为了做到这一点,需要一个大型专家团队的参与。特别是对于那些未来影响信息不确定的地方,应该确定包括少反悔或无反悔方案的措施。

本分册附录中的清单为以下内容提供了指南:

- a) 谁应该参与?
- b) 道路基础设施适应性的方案有哪些?
- c) 轨道基础设施适应性的方案有哪些?
- d) 水路基础设施适应性的方案有哪些?
- e) 机动车(重点是公交)适应性的方案有哪些?

这个清单是根据第3部分的表1-4得到的,表1-4更加详细。

第5步: 排列交通发展替代方案和适应性方案的优先顺序

为了让有限的资源使用得更加有效,有必要找出适应性方案的优先次序: 根据第3步的脆弱性和风险评价,可以评估发展草案及其替代方案适应性方案的长列表(第4步)。与此同时,评价时也可以将每个方案的其他影响纳入考虑,比如不同发展和适应性方案中的CO₂排放,污染以及其他公共目标,如成本效益或平等出行。

某一特定交通解决方案的选择对于另一个可能本身就是一个适应性方案,例如,根据当地实际情况,快速公交代替地下快速交通的发展可能就降低了其对洪水浸泡的脆弱性。交通发展和适应性方案的优先次序排列应该是一个多利益相关方的参与过程。对排列后的适应性方案,还需要识别成功实施适应性方案的主要参与者。

第6步: 实施交通发展和适应性措施

适应性措施的实行已成为交通计划实施本身不可或缺的一部分。例如在公共投标中包括适应性要求,如购买巴士时就买有色玻璃的窗户或带有空调的车辆,或者建新路时根据防气候变化设计标准建造。

第7步: 监测和评估进展以及气候影响

监测和评估不仅对评价交通系统和相应的适应性措施是否成功非常重要,而且对重新审视风险评价也非常重要,因为有了新信息,或者因为监测结果指出了新的问题(第1步)。因此,计划与项目中适应性的整合导致了一个迭代过程。

4.3 有效适应性的支持政策前提

前面的章节概述了识别适应性需要和城市交通发展方案的系统方法。本章的重点是能够支持决策者和规划者将适应性纳入交通项目的政策和措施。

在许多情况下,交通系统对气候变化的适应性可能实际上开始于应对现有的脆弱性和基础设施缺失。在雅加达市,每次季风季节都有2-3次洪水泛滥,需要每年对道路基础设施进行维护保养,而在印度很多城市,沉陷已经成为日益严峻的问题。所有这些影响可能因为气候变化而进一步恶化,并且可能达到一个临界值,如果不采取适应性的措施,就不能保障系统的性能。

对极端天气事件及其对交通系统(现在和过去)的后果进行监测和采集数据能够加强我们对气候变化影响交通的认识,包括其直接和间接成本。这些知识可以加强适应性政策的决策基础。应系统地评价数据,录入数据库,最好能在城市之间交流,以加强相互学习。

为建立适应性交通基础设施,需要一个总体战略,由以下四个元素组成:

1. 仔细谨慎的空间规划可以规避高风险区域，加入绿色和蓝色空间，对抗热岛效应，并创造相对密集的城市功能区域以避免不必要的交通需求，此外，在整合和联接贫困区域时，还要确保一定的冗余来应对意料之外的压力。空间规划应该结合风险图谱和监管政策，如区域划分和对路边广告牌和树木的安全要求，避免洪水或暴风雨期间树木及广告牌被连根拔起的风险。
2. 将交通基础设施的设计标准改进为适应气候变化条件的，包括改善城市排水和建设法规。这将需要对现有设计标准在不同气候变化情景下的实用性进行评价。这里就可能需要来自外部的专业知识。设计标准应该定期审核，并根据需要修改。更新的设计标准可以纳入基础设施发展购买程序，对这些项目给予有条件的扶持，以确保其包含气候适应性功能。
3. 交通基础设施的保险可以转移（至少部分）市政府因气候影响产生的风险。保险费可以包含在现有基础设施的常规维护保养费用里，以提供额外的适当保养。
4. 城市交通网络的适应性审计将首先找出所有脆弱性，然后监测适应性措施的过程和适用性，并识别新的适应性需求。城市也应当对所有等级的公路开展常规的道路安全审计，也对其他交通相关的基础设施进行安全性审计，例如对桥梁和排水系统。

对适应性的汽车，新的设计标准或配置需要考虑到更热的温度，所以交通部门就需要与交通服务供应商和汽车制造商合作。新的设计标准可以纳入车辆的采购要求，使车辆效率更高，减少交通排放。

为应对更频繁的极端天气事件，灾害风险管理和应急计划，包括早期预警系统，需要成为交通规划的重要组成部分。城市政府应负责制定灾害风险管理计划，而交通供应商则必须被纳入疏散规划中，以保障任何危机下的公共服务供应。这包括了确定交通系统关键节点，例如，对于关键设施（如医院和疏散路线）可到达性，包括保障通往这些设施的安全通道（这可以使用网络模型达到，参见Murray 和Grubestic（2007）的研究贡献；还包括指定的疏散驾驶员，这样的驾驶员训练有素，并会尽职尽责地提供紧急服务。

没有发展中国家的中央和城市政府的支持以及国际社会的支持，所有这些都是不可能实现的。文框11显示了从哪里得到支持，和如何将资源导向适应性。

城市适应性规划的巨大挑战之一是为那些“意外情况”作规划；这也需要考虑非正式居住区或非正式辅助交通系统的适应性需要。

文框10：滞留旅客转向高架轨道

2009年9月，马尼拉的主要交通干道由于洪水造成公路交通中断，轻轨交通（LRT）和地铁轨道交通（MRT）为上下班回家的人提供了便利。LRT的管理部门自豪于他们的维护人员能够保证LRT1号线和2号线的有效运行，不受阻断。LRT遇到的主要问题是在洪水地区车站不可避免的拥挤问题。作为对成千上万通勤者的救济援助，乘客的车票减价。为适应人流高峰列车数量从9列增加到了16列。

Source: The Philippine Star, 2009, September 28 来源：菲律宾星报，2009年9月29日

在低收入或中等收入国家，超过8亿名城市居住者住在非正式或非正式的居住区内，通常根本没有基础设施。这也突出了发展和适应性之间的紧密联系，再一次强调了从整体上改善城市交通系统的要求。

由于交通系统现有的不足和投资的长期性，以及其不可流动性，应该现在就把适应性纳入交通规划考虑中，以建立可持续城市系统。为了利用可持续交通规划的全部潜力，也应该考虑和低碳交通发展的协同作用。

文框11: 从哪里得到支持

在国际层面，联合国气候变化框架公约(UNFCCC)下的内罗毕工作方案的目标是风险评估、气候模型和适应性计划的信息交流及方法发展，还有适应性的经验交流^{a)}。目前它已经进行得非常成功，并提供了很多有用信息。

一种为适应性项目寻找支持的方式是国际多边与双边适应基金。在全球环境基金(GEF)与联合国气候变化框架公约(UNFCCC)京都议定书下设立了四个关注适应的基金(见图20):

- The Least Developed Country Fund (LDCF); 最不发达国家基金(LDCF)
- The Special Climate Change Fund (SCCF); 特别气候变化基金(SCCF)
- The Strategic Priority on Adaptation (SPA); 适应战略优先项目(SPA)
- The Adaptation Fund (AF). 适应基金(AF)

然而悲哀的是，到目前为止这些基金由于资源不充足，不能满足适应性的需求。在国际气候谈判中，扩大适应性的资金是最紧迫的问题之一。

任何新的气候协议必须包含充足并可靠的资金来满足发展中国家的适应性需求。

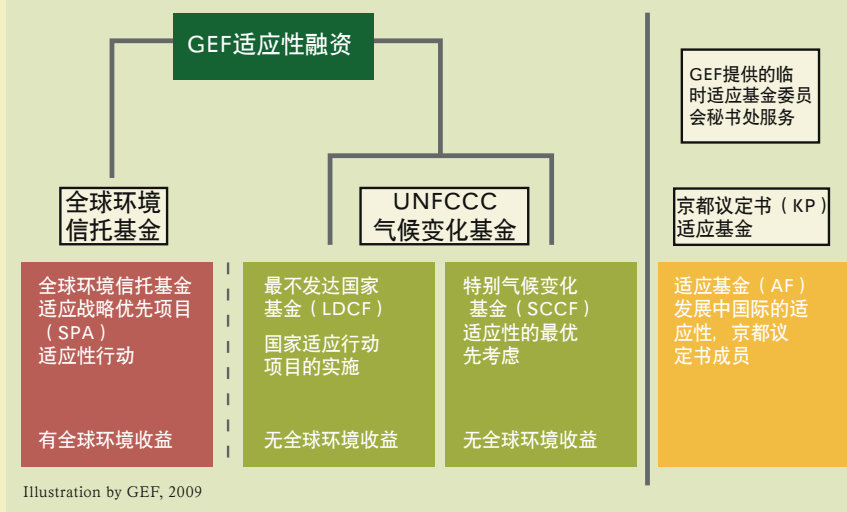
除此之外，UNFCCC之外还有几个其他的基金。所有现存气候变化基金与相关项目的综合概况见网页：<http://www.climatefundsupdate.org/listing>

其他引进城市层面适应性资源的方式包括:

- 把本地规划和国家规划与适应性相结合;

- 与国际(发展)组织一同进行适应气候变化工作^{b)};
- 与国际、国家与本地的NGO一同进行适应气候变化工作;
- 由私营企业，如公共交通运营商或者公私合营伙伴关系(如道路收费)，提供适应性基础设施与服务;
- 通过交通需求管理措施调动气候变化适应(和减缓)基金，这些措施如私家车税费、拥堵费、停车费等。

图20: 解决适应性的资金问题。



为充分的解决适应性，城市(和国家)政府将会为重要政府人员、适应性规划与实施的能力建设分配附加资源(见Box 7, 南非德班案例)。

a) http://unfccc.int/adaptation/sbsta_agenda_item_adaptation/items/3633.php

b) 发展与适应紧密相连，很难区分。所有的发展活动应该是防气候变化的，以避免不良后果。在这个意义上，发展援助也可以用在适应性活动中，但是并不从发展活动中转移资金。

5. 在城市客运中的减缓和适应协同作用

在防气候变化城市设计框架中已经可以看到交通行业适应气候变化的相关内容，在这一框架中，防气候变化意味着既有弹性又尽可能的降低碳排放。如果要使利益最大化，同时避免适应性策略的消极影响，就不能孤立的看待交通。这也意味着可持续交通不仅需要具有弹性和适应能力，而且要尽可能减少交通相关排放。只有同时解决了这两方面，气候变化的风险才可降至最低。

在全球能源相关的CO₂排放中交通占了23% (IEA, 2008)，并且交通还是少有的几个排放正在实际增长的行业之一。因此，减少出行需求成为了防气候变化交通发展的核心。避免排放一直都对适应性措施有利，因为更少的排放意味着更低的气候变化程度，进而减少了适应需求。

在GTZ资料手册分册5e (交通和气候变化, GTZ, 2007a) 中详细讨论了如何从城市交通方面减少排放。

减少交通排放的工作重点是“避免-转换-改善途径”：

1. 通过详细的土地使用规划，在减少出行里程的前提下保证出行，**以避免或减少出行的距离**。这一出行概念由达成不同的人类活动来界定，如商业、工作、采购、休闲或其他社会生活活动。紧凑和人口密集的城市结构包含住房、工作和购物设施以及休闲场所等城市功能，允许人们不需要长途跋涉就能从事他们的活动。而公交导向的发展进一步提高了高效公共交通沿线的人口密度。

在GTZ资料手册分册2a (土地使用规划和城市交通) 中详细讨论了如何解决土地使用问题。可在线下载：<http://www.sutp.org>。

2. **出行方式转换**目标是用最环保的交通模式满足剩余的交通需求。不同的交通模式——步行、公交车、火车、轮船和小汽车——有不同的环境影响。非机动化模式对环境的影响最低，其次是公交车和火车，小汽车的影响最大。因此，出行方式转换的目标是加强（或保持）非机动化方式和公共交通方式。交通需求管理（TDM）措施，如征收拥堵费、限制停车和停车收费，对促进出行方式转向更加可持续的交通模式起到了重要作用。

GTZ培训文件“交通需求管理”详细讨论了如何实行TDM。在GTZ资料手册分册3d (保持和扩展非机动化交通的角色) 中详细讨论了出行方式向非机动化交通方式的转换。均可在线下载：<http://www.sutp.org>。

3. **改善机动车技术及燃料**：第三个战略支柱是改善交通效率。包括了关于机动车技术和燃料碳容量的措施。

在GTZ资料手册4a (清洁燃料和机动车技术) 中详细讨论了改善机动车技术及燃料的措施，此分册可在线下载：<http://www.sutp.org>。

适应和减缓之间的协同作用特别体现在前两个支柱中：避免出行和出行方式转换。虽然机动车技术可结合效率和弹性的改善，但需要做出取舍，特别是考虑到空调的要求将导致交通排放的增加。

气候事件的未来风险可能鼓励更多“聪慧型增长”措施的实行，这些措施将减少出行次数和出行距离。这些措施包括公交导向发展（TOD）、城市人口密集化和城市功能混合利用发展。同样的，出行替代策略也将成为一个优先选择。这些措施包括改进的信息沟通技术（ICT），例如网络连接，它使得人们不需要大量出行就可以进行信息和经济活动。通过智能型城市规划和功能良好的公交

系统以及交通需求管理减少交通需求也意味着减少气候对基础设施的使用和出行者的影响。

为了避免热岛效应的增加, 人口密集城市规划需求将与绿地及河流、湖泊的利用相权衡, 绿地、河流和湖泊可提供降温 and 湿润效应, 改善城市气候和空气质量, 以及整体生活质量。这些绿色和蓝色空间也能为城市提供休闲放松的可能性; 减少城市居民从炎热而不舒服的城市中心乘坐交通工具逃离到很远的休闲场所的愿望, 因此间接影响交通需求。

向公共和非机动化交通的出行方式转换(或保持现有比例)可从适应性措施中获得好处, 还可以帮助适应气候变化。例如, 公路的绿化创造了一个凉爽的环境, 帮助人们适应较高的温度。将自行车道和人行道相结合, 可以使非机动化交通更具吸引力。

只要费用可负担的起, 提供可靠和舒适的公共交通系统可以尽量减少人们的出行方式转向私人机动化交通。同时, 比起机动化个人交通, 公共交通需要的空间和基础设施建设更少, 减少了道路的适应性成本。

尤其是快速公交系统(BRT), 它已被证明是高效和平价的公共交通系统; 具备现代轨道基础交通的性能但成本仅为前者的一部

分。对于适应性, BRT比有轨电车或地铁系统具有更大潜在的弹性, 因为道路基础设施有更大的冗余可以适用。

请参考GTZ BRT 规划指南 (GTZ, 2007b)。

在将来, 公共交通的高比重和适应性之间的重要协同作用则是关于灾害疏散的, 这在气候变化中越发重要。特别是对发展中城市, 私人流动性仍然有限, 性能良好而且人口密集的公共交通网络能确保所有人高效地疏散。

为保持气候变化条件下公共交通的吸引力, 并保持现有的出行模式比重, 对气候变化的适应性是必不可少的。为此, 一些取舍不可避免, 例如对空调车的需求增加, 抵消了高效机动车的部分减排量。不过, 私家车也会因为它们的空调系统创造额外的排放。为了减轻空调的影响, 应该尽可能使用CO₂为主的系统, 而不是HFC为主的系统^[1], 而且, 当购买新的公交车时, 可以一次解决机动车的效率和弹性提高问题。

^[1] 以有机氟化合物为基础的系统排放氟化合物气体(臭氧层消耗物), 比二氧化碳拥有更高的全球暖化效应。由交通运输排放的温室气体中有约5%是氟化合物气体。这些氟化合物气体主要源自车辆的空调系统。



图21

泰国曼谷的拥堵。

Photo by Thirayoot Limanond, 2006, GTZ Photo DVD

表5:适应与减缓的协同作用

策略方法	协同作用的主要机会	减缓	适应
避免/减少	<ul style="list-style-type: none"> ■ 适当的土地使用计划, 使紧凑的、公交导向的城市拥有足够的绿地 ■ 与基础设施的防气候变化的设计标准相结合 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 距离短可以使土地转换、出行需求和相关的排放减少 ■ 可靠的和高质量的公共交通、步行和自行车基础设施保持了低碳模式 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 公园和林荫路能提供降温 ■ 距离短减少了基础设施适应性改造的总量 ■ 距离短便于步行和骑自行车 ■ 弹性基础设施
转移/保持	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高质量的公共交通(结合交通需求管理措施) ■ 将机动车防气候变化设计标准与应急计划相结合 ■ 高质量的行人与自行车基础设施 ■ 交通需求管理(TDM)措施, 可减少私人机动化出行工具的使用 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高质量的公共交通会吸引更多的消费者并减少私家车旅行 ■ 需要更少的道路空间 ■ 更少的每人千米的CO₂排放 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高质量的公共交通(如: 包含空调设备)对于那些没有私家车的人出行是必要的 ■ 可靠的公共交通对于灾害管理/疏散是至关重要的
提高	<ul style="list-style-type: none"> ■ 购买高效且弹性的交通工具 ■ 交通工具的标准 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高能效的交通工具会减少每公里的碳排放 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 必须维持弹性交通工具的使用比重(可靠和舒适的公共交通) ■ 空调设备应该尽可能的不以HFC为基础, 而是以CO₂为基础(降低升温潜力)

结束语

现在,关于气候变化对区域性局部影响的信息有限。不过,因为减缓气候变化的努力一直在持续,已经可以确定整体的发展趋势,并且可以期待未来可以获得改进的信息。最终,每个城市都必须明确自己地区相关的特殊风险。通过现在的气候影响,本地知识将帮助人们做出更好的预测和风险评估。

在许多发展中城市,极端天气事件对城市交通系统的影响已经非常严重,例如马尼拉在2009年9月的洪水泛滥。这说明了发展更弹性和可持续城市交通系统的重要性,尤其是在预计以后气候的影响将会更糟的时候。为实现真正的可持续,交通系统必须为所有人服务,包括城市贫民和残疾人,因此必须解决当前的相关缺陷。

所以,如果要将城市系统的脆弱性最小化,发展中城市的城市交通适应性必须被视为解决整体交通需求的大前提。需要进一步清

楚的界定在发展中城市建立防气候变化、穷人优先和负担得起的城市交通系统的实际步骤。例如,需要更加适用于发展中国家的专门设计标准。

当前,因为城市交通的焦点还停留在减少温室气体排放上,对交通行业的适应性及相关成本只有很少的案例研究,所以,应当鼓励对城市交通适应性的优秀实践案例研究的发展、以及对极端天气事件的规划和管理经验的交流。同时,为应对全球变暖,还需要将灾害风险管理更加紧密地与交通规划相整合。

本分册的决策工具和核对清单是实现适应性与交通项目和规划流程的整合的第一步。这是一个新的行动领域,需要更多努力,特别是在监测天气对交通的影响和发展的政策工具方面,在此基础上规划和管理以在城市交通中融入适应和减缓气候变化的措施。最后,发展中城市建立城市交通适应性需要让全社会有一个学习过程,这也是本文希望能够对此有所贡献的地方。



图22

天然冷气: 无车日时在树下骑车,印度尼西亚雅加达。

Photo by Judiza Radjini Zahir, 2008., GTZ

参考资料

- **ADB – Asian Development Bank, ed. (2005):** Climate Proofing: A Risk-based Approach to Adaptation – Summary for Policy and Decision Makers. Pacific Studies Series. Asian Development Bank, Philippines.
- **Adger, N.W., Lorenzoni, I., O’Brien, K.L. (2009):** Adaptation now. In: Adger, N.W., Lorenzoni, I., O’Brien, K.L., eds. *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- **Adger, N.W. and Vincent, K. (2005):** Uncertainty in adaptive capacity (IPCC special issue on describing uncertainties in climate change to support analysis of risk and options), *C. R. Geoscience*, 337: 339-410.
- **Ayers, J. (2009):** International Funding to Support Urban Adaptation to Climate Change. In: Bicknell, J., Dodman, D., Satterthwaite, D., eds., *Adapting Cities to Climate Change: Understanding and Addressing the Development Challenges*. Earthscan, London, United Kingdom.
- **Changnon, S.A. (1996):** Effects of summer precipitation on urban transportation. *Climatic Change*, 32: 481–494.
- **Chung, E., Ohtani, O., Warita, H., Kuwahara, M., Morita, H. (2005):** Effect of rain on travel demand and traffic accidents. In: Proceedings of the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Vienna.
- **CIESIN (Center for International Earth Science Information Network):** Low Elevation Coastal Zone (LECZ) Urban-Rural Estimates, Global Rural-Urban Mapping Project (GRUMP), Alpha Version. Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Columbia University, Palisades, New York, United States of America. Available online: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/lec2> (accessed 20.08.2009).
- **Cochran, I. (2009):** Climate Change Vulnerabilities and Adaptation Possibilities for Transport Infrastructures in France. Climate Report Issue No. 18. Available online: http://www.caissedesdepots.fr/fileadmin/PDF/finance_carbone/etudes_climat/09-09_climate_report_n18_transport_infrastructures_in_france.pdf (accessed 21.09.2009)
- **C45, ed. (2008):** Developing a Transport Strategy for Climate Change Adaptation. SDRN / Dft Event Report 7th December 2007, Church House Conference Centre, SW1P 3NZ, London.
- **Dawson, R. (2007):** Re-engineering cities: a framework for adaptation to global change. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 365: 3085-3098.
- **Dessai, S., Hulme, M., Lempert, R., Pielke Jr, R. (2009):** Climate prediction: a limit to adaptation? In: Adger, N.W., Lorenzoni, I., O’Brien, K.L., eds. *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- **Dreier, P. (2006):** Katrina and power in America, *Urban Affairs Review*, 41, 4: 528-549.
- **Eca – Economics of Climate Adaptation Working Group, ed. (2009):** Shaping climate-resilient development – a framework for decision-making. Available online: http://www.swissre.com/resources/387fd3804f928069929e92b3151d9332-ECA_Shaping_Climate_Resilient_Development.pdf (accessed 17.09.2009).
- **Eddowes, M.J., Waller, D., Taylor, P., Briggs, B., Meade, T., Ferguson, I. (2003):** Railway Safety Implications of Weather, Climate and Climate Change: Final Report. Commissioned by the Rail Safety and Standards Board. Available online: <http://www.rssb.co.uk/pdf/reports/research/Safety%20implications%20of%20weather,%20climate%20and%20climate%20change.pdf> (accessed 01.09.2009).
- **Frankhauser, S. (2009):** The range of global estimates. In: Parry M., Arnell, N., Berry, P., Dodman, D., Frankhauser, S., Hope, C., Kovats, S., Nicholls, R., Satterthwaite, D., Tiffin, R., Wheeler, T. (2009): *Assessing the costs of adaptation to climate change: A review of the UNFCCC and other recent estimates*. International Institute for Environment and Development and Grantham Institute for Climate Change at Imperial College, London, United Kingdom. Available online: <http://www.iied.org/pubs/pdfs/11501IIED.pdf> (accessed 29.10.2009).
- **GEF (Global Environmental Facility), ed. (2009):** Financing Adaptation Action. Global Environmental Facility. Available online: <http://thegef.org/uploadedFiles/Publications/adaptation-actions.pdf> (accessed 22.11.2009).
- **Goudie, A. (1990):** The Human Impact on the Natural Environment. Basil Blackwell, Oxford, United Kingdom.
- **Greater London Authority, ed. (2005):** Climate Change and London’s Transport Systems. Summary Report. Greater London Authority, London, United Kingdom. Available online: <http://www.london.gov.uk/lccp/publications/transport.jsp> (accessed 20.09.2009).

- – (2008): The London Climate Change Adaptation Strategy. Summary draft report. Greater London Authority, London, United Kingdom. Available online: <http://www.london.gov.uk/mayor/publications/2008/docs/climate-change-adapt-strat-summary.pdf> (accessed 20.09.2009).
- **Grenzeback, L. R. and Lukmann, A. T. (2007):** Case Study of the Transportation Sector's Response to and Recovery from Hurricanes Katrina and Rita. Available online: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290GrenzenbackLukmann.pdf> (accessed 10.08.2009).
- **Heath, T. (2001):** Revitalizing cities: attitudes toward city-centre living in the United Kingdom. *Journal of Planning Education and Research*, 20: 464-475.
- **Huq, S. and Satterthwaite, D. (2008):** Climate change and cities. *id21 insights*, 71, January 2008: 1-2. Available online: <http://www.id21.org/insights/index.html> (accessed 07.08.2009).
- **Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof and Co-authors (2007):** Technical Summary. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 23-78.
- **IEA, ed. (2008):** CO₂ Emissions from fuel combustion. IEA, Paris, France.
- **IPCC, ed. (2007):** Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team: Pachauri, R.K. and Reisinger, A., eds., IPCC, Geneva, Switzerland.
- – (2001) **Climate Change 2001: Mitigation.** IPCC, Geneva, 2001.
- **Jacob, K.H., Gornitz, V., Rosenzweig, C. (2007):** Vulnerability of the New York City metropolitan area to coastal hazards, including sea-level rise: inferences for urban coastal risk management and adaptation policies. In: McFadden, L., Nicholls, R., Penning-Rowsell, E., eds., *Managing Coastal Vulnerability*. Elsevier Publishing, Oxford, United Kingdom.
- **Julca, A., Kozul-Wright, R., Vos, R. (2009):** Multidimensional Climate Threats Require New Approaches and More Resources for Adaptation Challenge. *UN-DESA Policy Brief No. 20*. Available online: <http://www.un.org/esa/policy/policybriefs/policybrief20.pdf> (accessed 03.09.2009)
- **Kamel, N., Leon, D.-M., Wachs, M. (1996):** Transportation Decision Making Under Disaster Conditions. Institute of Transportation Studies, University of California, Los Angeles, United States of America. Cited in Dewar, J. and Wachs, M. (undated): Transportation Planning, Climate Change, and Decision Making Under Uncertainty. Available online: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290Dewar-Wachs.pdf> (accessed 10.09.2009)
- **Kelly, P.M. Kelly and Adger, N.W. (2000):** Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation, *Climatic Change*, 47: 325–352.
- **Klein, R.J.T., S. Huq, F. Denton, T.E. Downing, R.G. Richels, J.B. Robinson, F.L. Toth, 2007:** Inter-relationships between adaptation and mitigation. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 745-777.
- **Litman, T. (2006):** Lessons from Katrina and Rita: What Major Disasters Can Teach Transportation Planners. Available online: <http://www.vtpi.org/katrina.pdf> (accessed 20.09.2009).
- **McEvoy, D., Lindley, S., Handley, J. (2006):** Adaptation and mitigation in urban areas: synergies and conflicts. *Municipal Engineer*, 159: 185-191.
- **Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W., Raper, S. C. B., Frieler, K., Knutti, R., Frame, D. J. and Allen, M. R. (2009):** Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C. *Nature* 458, 7242: 1158-1163.
- **MunichRe, ed. (2004):** Megacities – Megarisks: Trends and challenges for insurance and risk management. MunichRe, Munich, Germany. Available online: http://www.preventionweb.net/files/646_10363.pdf (accessed 13.08.2009).
- **Murray, A.T. and Grubestic, T.H., eds. (2007):** Critical Infrastructure – Reliability and Vulnerability. Springer, Heidelberg, Germany.
- **Newman, P. and Kenworthy, J. (1999):** Sustainability and cities: overcoming automobile dependence. Island Press, Washington, DC, USA.
- **Nicholls, R.J., Hoozemans, F.M.J., Marchand, M. (1999):** Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change*, 9: 69-87.

- **ODPM (Office of the Deputy Prime Minister), ed. (2004):** The Planning Response to Climate Change: Advice on Better Practice. ODPM, London, UK. Available online: <http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/147597.pdf> (accessed 16.08.2009).
- **Rahmstorf, S. (2007):** A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. *Science* 315, 5810: 368–370. Available online: http://www.pik-potsdam.de/%7Estefan/Publications/Nature/rahmstorf_science_2007.pdf (accessed 21.09.2009)
- **Renne, J. (2005):** Car-less in the Eye of Katrina. *Planetizen*, 6 September 2005. Available online: <http://www.planetizen.com/node/17255> (accessed 20.09.2009).
- **Roberts, D. (2009):** Thinking Globally, Acting Locally: Institutionalizing Climate Change at the Local Government Level in Durban, South Africa. In: Bicknell, J., Dodman, D., Satterthwaite, D., eds., *Adapting Cities to Climate Change: Understanding and Addressing the Development Challenges*. Earthscan, London, United Kingdom.
- – (2008): Durban adapts to climate change. *id21 insights*, 71, January 2008: 1-2. Available online: <http://www.id21.org/insights/index.html> (accessed 07.08.2009).
- **Satterthwaite, D., Huq, S., Reid, H., Pelling, M., Romero Lankao, P. (2009):** Adapting to Climate Change in Urban Areas: The Possibilities and Constraints in Low- and Middle-Income Nations. In: Bicknell, J., Dodman, D., Satterthwaite, D., eds., *Adapting Cities to Climate Change: Understanding and Addressing the Development Challenges*. Earthscan, London, United Kingdom.
- **Savonis, M. J., V.R. Burkett, and J.R. Potter, eds. (2008):** Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure: Gulf Coast Study, Phase I. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. Department of Transportation, Washington, DC, USA. Available online: <http://www.climatechange.gov/Library/sap/sap4-7/final-report/sap4-7-final-all.pdf> (accessed 29.09.2009).
- **Stern, N. (2007):** The Economics of Climate Change [The Stern Report]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- **Tompkins, E.L. and Adger, N.W. (2003):** Defining response capacity to enhance climate change policy. *Tyndall Centre Working Paper No. 39*. Available online: http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp39.pdf (accessed 15.09.2009)
- **Transportation Research Board (2008):** Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation. *Transportation Research Board Special Report 290*. Washington, DC, USA. Available online: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290.pdf> (accessed 1.10.2009)
- **UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), ed. (2008):** Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, and vulnerability and adaptation to, climate change. Available online: http://unfccc.int/files/adaptation/nairobi_workprogramme/compendium_on_methods_tools/application/pdf/20080307_compendium_m_t_complete.pdf (accessed 15.09.2009).
- – (2007): Climate Change: Impacts, Vulnerabilities, and Adaptation in Developing Countries. United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat. Bonn, Germany.
- **Willows, R. and Connell, R., eds. (2003):** Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making. UKCIP Technical Report. Available online: http://www.ukcip.org.uk/images/stories/Pub_pdfs/Risk.pdf (accessed 15.09.2009).
- **Wooler, S. (undated):** The Changing Climate: Impact on the Department for Transport. Available online: <http://www.dft.gov.uk/pgr/scienceresearch/key/thechangingclimateitsimpactto1909> (accessed 28.08.2009).
- **Woolston, H. (undated):** Climate Change Adaptation for London's Transport System. Available online: http://sdrnadmin.rechord.com/wp-content/uploads/cc_adaptation.pdf (accessed 15.09.2009).
- **World Bank, ed. (2006):** Clean Energy and Development: Towards an Investment Framework. World Bank, Washington DC, United States of America. Cited in World Bank, ed. (2007): The Costs to Developing Countries of Adapting to Climate Change: New Methods and Estimates – The Global Report of the Economics of Adaptation to Climate Change Study. Consultation Draft. Available online: <http://siteresources.worldbank.org/INTCC/Resources/EACCRpt0928Final.pdf> (05.10.2009).

附录

4.2章的核查清单

附录: 4.2章的核查清单

清单1: 评价气候风险和脆弱性 (第3步)

这个清单是以下报告中关于风险评价的主要问题的简化适用版: UKCIP关于气候适应性技术报告: 风险、不确定性和决策 (Willows and Connell, 2003).

1. 你所作决策的寿命是多长 (例如, 道路建设)?
 - ➔ 这有助于选择未来分析中使用的气候情景, 以及他们如何被演绎。
2. 在决策中, 应该用什么样的工具来分析气候变化的风险? 这些工具是否能反映问题的尺度、复杂性和数据可用性?
3. 为了更详尽地考虑气候变化风险问题, 能否采用其他工具 (包括可能性的估算、不确定性分析和主要假设的显著性)?
4. 在你所在的地理区域或城市区域, 现在和未来最重要的气候危害是什么? 哪些气候变量可能对交通发展规划/项目产生影响?
 - ➔ 过去气候可变性以及极端天气的信息是否显示了对气候变化的潜在脆弱性?
5. 这些气候变量的未来变化将如何影响你的决策 (如道路建设) 和达到决策标准的能力?
 - ➔ 不同的气候变化情景应当相互比较, 例如, 不同的海平面升高水平。
 - ➔ 某些气候变量是否可能比其他的更加显著?
 - ➔ 与那些已经经历了预期气候问题的城市相比较, 可能也对识别潜在风险有帮助。
6. 是否能够限制对特定气候危害预报及其影响预测的不确定性?
7. 还有哪些其他 (非气候) 的因素与达到你的标准相关?

这些问题可以通过填写下表得到回答

气候影响	气候影响的不确定性水平	对交通干预的影响		城市的哪些部分将受到最大影响?	哪些用户群将受到最大影响?	这会如何影响我的操作标准或指标?	还有哪些其他因素可能影响标准或指标?
		<input type="radio"/> 可能	<input type="radio"/> 不可能				
		<input type="radio"/> 可能					
		<input type="radio"/> 不可能					
		<input type="radio"/> 可能					
		<input type="radio"/> 不可能					

根据这一概况试着回答以下问题:

8. 最重要的后果是什么? 哪些是关键性的气候危害? 这些后果怎样依赖于气候变化的水平?

风险评价 (包括估算可能性) 将受制于某种特定的情景或基于他们的假设。

清单 2: 在气候适应规划中包含不同的行动者群体 (第4步)

公共部门				
负责提供弹性的基础设施, 机动车要求/设计标准				
a.	交通规划者	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用
b.	城市规划者	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用
c.	建设和住房部门	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用
d.	环境机构	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用
e.	灾害或洪涝风险管理者	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用
f.	公共采购部门	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用
g.	其他:	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用

商业代表				
h.	交通服务供应商 (提供合适的公共交通系统和机动车)	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用
i.	汽车制造商(机动车构造或配件, 如空调设备)	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用

用户和消费者(骑自行车或步行者, 公交使用者, 汽车驾驶者)				
j.	女性	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用
k.	残疾人	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用
l.	老年人	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用
m.	儿童	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用
n.	其他	<input type="radio"/> 是	<input type="radio"/> 否	<input type="radio"/> 不适用

清单3: 道路基础设施、自行车道及人行道的气候适应措施 (第4步)

(根据 3.1.1.1. 章节, 表 1)

1 升高的气温和更多的热浪

影响:

道路变形, 沥青/黑色表面熔化, 沥青车辙印和桥梁老化

种植路边植物, 减少道路曝晒	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

通过绿色和蓝色基础设施、例如公园和湖泊以及行道树或者其他遮阳物来减少整体曝晒, 和起到降温效果	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

合理设计/建设, 铺设更抗车辙沥青或更多使用混凝土	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

修改设计标准以承受更高的温度	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

增加维护保养, 磨平车辙	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

2 更频繁的干旱（更少的土壤湿度）

影响:

更多土地滑坡和塌陷, 道路恶化和安全危害

评价影响道路基础设施的可能性(风险图谱)	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

避免在高风险地区的新发展	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

监测现有道路的土壤状况	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

增加对道路的清洁和维护保养	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

3 海平面上升和海蚀

影响:

道路基础设施淹没风险和公路表面浸没和受侵蚀的风险

创建脆弱性地图, 识别高风险区域	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

限制高风险区域的发展, 例如, 沿海岸线区域	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

加强保护措施, 例如海堤、保护沿海湿地(作为缓冲地)	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

对撤退、拆除进行管理, 可能包括在中长期放弃某些交通基础设施	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

在系统中建设更多存量用地	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

多使用更防腐材料的设计, 改变材料	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

改善地下通道的排水系统和抽水能力, 抬高路面	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

4 更极端的降水事件和洪水

影响:

道路和低地隧道的洪水、道路损坏和结构完整度减少, 对桥梁的侵蚀和冲刷, 冲垮道路, 路基材料退化, 基础设施加速老化

加强排水基础设施来应对强降雨, 增加排水基础设施的容量以处理增加的冲走物, 在大型道路下方建设隧道, 以便迅速排水	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

定期检查下水道	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

加强抽水能力	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

创建洪水地图以识别最脆弱的区域, 在未来建设和评价可选路线时, 需要保护/改善/避免在这些区域的基础设施	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

把洪水风险评估作为所有新发展的必需要求	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

改善泛滥平原管理/海岸管理和保护型基础设施, 改善城市内绿地和防洪设施	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

为强降雨事件及洪水建设早期预警系统和进行疏散规划	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

加强地基	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

建设全天候道路	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

增强对路基材料状况的监测，特别是在大雨和洪水过后	是	
	否	
	不适用	

来源及解释：

使用更多耐久材料，例如更抗腐蚀的材料	是	
	否	
	不适用	

来源及解释：

对道路和防洪设施进行周期性保养维护	是	
	否	
	不适用	

来源及解释：

5 更强烈和频繁的暴风雨

影响:

对基础设施构造、桥梁、立交桥、路灯、标志以及机动车的损害, 被海水淹没的风险

评价目前使用的设计标准是否能够承受更频繁和强烈的暴风雨	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

改编新建桥梁、立交桥及建筑的设计标准, 使其适应预期将增加的风速和强降雨	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

加强天气预报, 更好的预报暴风雨, 以做好应对准备并降低潜在危害	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

应急计划和疏散路线避开高风险区域	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

清单 4: 以(公共)轨道交通为主的交通适应性措施 (第4步)

(基于 3.1.2. 章节, 表 2)

1 升高的温度和更多的热浪

影响:

铁路和铁轨变形弯曲, 地下网络 (和火车) 的温度升高

合适的维护保养程序, 例如美国的轨道承压(技术)	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

检查和维修轨道、轨道传感器和信号	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

使用新的设计标准/其他材料来承受更高的温度	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

改进系统以提醒并更新调度中心、工作人员与站台	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

发布关于天气情况和轨道状况的咨询信息、警报并跟踪最新状况	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

建立对各种速度限制的管理程序	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

在地铁网络、机动车(火车)与地铁站使用更好的(更灵活的)制冷系统或空调	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

对地铁基础设施进行温度监控	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

炎热天气应急计划	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

满足系统周期内预期需求的电源设计标准 (尤其是列车上因空调增加而需要更多电力)	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

2 更频繁的干旱（和更少的土壤湿度）

影响:

更多的土地滑坡和下沉

评估对轨道基础设施影响的可能性（风险图谱）	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

监测高风险铁轨和常规维护保养	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

避免在高风险区域建设新轨道线	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

3 海平面上升和海蚀

影响:

轨道基础设施淹没的风险、洪水、地下隧道浸没

创建脆弱性地图, 确认风险最大区域	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

限制在高风险区域的发展	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

整体协调交通规划与海岸区域管理	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

加强保护措施, 如海堤、沿海湿地的保护(起缓冲作用)与地下系统的抽水	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

对撤退进行管理, 可能包括在中长期放弃某些交通基础设施	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

4 更极端降雨事件和洪水

影响:

轨道线和地下隧道淹没次数增加, 铁轨底座毁坏, 结构完整性降低, 地下隧道洪水, 土木工事不稳定性, 路基材料恶化, 轨道电路故障以及随之而来的中断, 基础设施加速老化

加强或建立能够应对更强降雨事件的排水基础设施, 增加排水基础设施的容量以应对增加的冲走物	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

定期检查下水道	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

创建洪水地图以识别最脆弱地区, 在这些地区需要对基础设施进行保护/改善/避免	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

把洪水风险评估作为所有新发展的必需要求	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

限制高风险区域的发展	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

改善泛滥平原管理/海岸带管理和保护型基础设施	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

地铁系统的乘客疏散计划	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

加强抽水能力	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

加强对土木工事、桥梁等的条件监测,特别是在强降雨和洪水(或暴风雨)过后	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

改善维护保养	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

使用更耐久性材料,例如更抗腐蚀的材料	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

5 更强烈和频繁的暴风雨

影响:

对车站/基础设施的损害, 被海水淹没的风险, 公路或轨道瘫痪, 减少铁路安全/可依赖度, 破坏轨道信号系统的闪电增加, 干扰电子信号

评估目前使用的设计标准是否能够承受更频繁更强烈的暴风雨	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

使桥梁、立交桥、车站等的设计标准能够适应预期增加的风速与强降雨	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

加强对暴风雨的天气预报, 做好应对准备并降低潜在危害(早期预警系统, 灾害风险管理)	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

增加开放型轨道基础设施的防风网	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

对架空线路: 断路器保护	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

改编信号设备设计标准	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

应急计划	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

清单 5: 水路交通的适应性措施 (第4步)

(基于 3.1.3 章节, 表 3)

1 升高的温度和更多的热浪

影响:

水生植物的增加可能导致阻塞

加强相关航道的维护	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

2 更频繁的干旱 (和更少的土壤湿度)

影响:

航道中水的可用性减少会限制航道的使用, 并导致人们更多的使用道路网络

评估城市航道使用的局限性, 并计划选择其他方式的可能性	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

对导航系统的相应改变	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

评估水流增大的可能性	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

3 海平面上升和海岸侵袭

影响:

港口设施和沿海航道可能会无法使用

加强防洪, 如海堤, 沿海湿地(起缓冲作用)保护	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

管理疏散计划, 可能在中长期放弃某些交通基础设施; 同时整体协调对海岸区域的管理	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

4 更极端的降雨事件和洪水

影响:

水路桥下净空减少, 河流和航道的可航行性降低, 淤泥沉积增加

其他替代交通方式使用计划	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

在未来的桥梁设计时考虑更高水平的洪水	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

加强泥沙疏通	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

5 更强烈和频繁的暴风雨

影响:

暴风雨对航道的破坏, 河流和航道障碍物

增加结构监测与维护	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

应急计划	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

清单6: 机动车及运营适应性计划 (第4 步)

(根据 3.2, 表 4)

1 升高的温度和更多的热浪

影响:

乘客和司机的不适和中暑, 事故频发水平增加, 造成从公共交通转向使用带空调的私人交通, 更多能源密集型空调系统, 轮胎磨损以及融化, 设备过热

在公共汽车中充分地开大窗户	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

用有色窗户遮蔽太阳	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

把公交车顶刷成白色	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

加强隔热与制冷系统	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

如果可用且负担得起, 最好使用无氟的空调系统	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

电车：为满足在系统周期内预期需求和承受更高风速设计电源标准 (尤其是增加的空调设备需要更多电力)	是	
	否	
	不适用	

来源及解释：

地下铁路：制定炎热天气应急计划	是	
	否	
	不适用	

来源及解释：

在公共汽车车队的采购要求中包含新的设计标准	是	
	否	
	不适用	

来源及解释：

可承受更高温度的新设计标准(例如, 避免设备过热或轮胎融化)	是	
	否	
	不适用	

来源及解释：

2 更极端降雨事件和洪水

影响:

困难的驾驶条件, 对安全、性能和操作造成影响, 公共交通车队遭遇洪灾

在天气条件不利时限制速度, 如降低火车的行驶速度	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

应该对公交司机进行适当的极端天气条件培训, 如暴雨、冰雹, 大风	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

紧急路线规划	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

为撤离高风险地区建设早期预警系统	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

洪水保险	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

3 更强烈和频繁的暴风雨

影响:

驾驶困难或不能驾驶, 出轨或碰撞导致交通崩溃以及安全及社会经济影响, 机动车或火车的倾覆

驾驶员培训	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

速度限制	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

加强对暴风雨的天气预报, 做好准备并降低潜在危害 (早期预警系统, 灾害风险管理)	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:

应急计划与撤离路线 (避开高危险区域) 的识别	是	
	否	
	不适用	

来源及解释:



Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

德国技术合作公司

地址:

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5

P. O. Box 5180

65726 Eschborn, Germany (德国)

电话: +49-6196-79-1357

传真: +49-6196-79-801357

网址: <http://www.gtz.de>

电子邮件: transport@gtz.de