

伦敦泰晤士河： 洪涝风险与气候适应规划

中国气候风险和适应合作项目



项目概况

名称 中国气候风险与适应项目 Climate Risk and Resilience in China (CRR)

项目委托方 德国联邦经济合作与发展部 (BMZ)

公私合作伙伴关系项目执行方

德国国际合作机构 (GIZ)、瑞士再保险 (Swiss Re)

重点领域

中国城市及城乡结合地区的气候风险和气候适应能力

联系我们

祁岚, 项目主任 (GIZ)

lan.qi@giz.de

任映映, 技术顾问 (GIZ)

yingying.ren@giz.de

出版方

中国气候风险与适应项目

德国国际合作机构 (GIZ)

德国国际合作机构驻华代表处

中国北京朝阳区麦子店街37号

盛福大厦1100室

邮编 100125

电话 +86 10 8527 5180

传真 +86 10 8527 5185

作者

Ing. Paul Sayers, Sayers and Partners

翻译

朱正康

设计排版

章佩琳

封面图片

@unsplash

免责声明

GIZ及其作者在出版时, 认为其表达的信息和此文中的内容是完善和正确的。但GIZ及其作者并不保证本文件中内容的准确性或完整性, 对差错、疏忽概不负责。制图仅供信息参考, 不代表对国界和区域边界的国际认可。GIZ对所提供地图的时事性、正确性或完整性不承担任何责任。对直接或间接因使用此文造成的损害不承担任何责任。对此文中提到的外部网站的内容, 由相应的提供方负责。GIZ本项目代表德国联邦经济合作与发展部 (BMZ) ©北京, 2021年8月



英国 (©GIZ)

案例介绍

伦敦是英国的经济中心。当前伦敦的防洪系统建成于80年代，但在2000年，伦敦洪水管理呈现职责分散、九龙治水的态势，导致中央政府接到很多关于改善地方防御的资金请求。中央政府质疑这些提议的合理性，并要求制定一项涵盖整个河口，基于风险的战略，即《泰晤士河口2100年规划》(Thames Estuary 2100 Plan, TE 2100)。为了将基于风险的决策和气候适应能力纳入战略计划的核心，英国有必要开发创新的工具和技术，以评估不同管理战略在未来气候情景下的表现。由于气候变化预测具有极强不确定性，有必要制定一项由关键变量变动触发投资决定的、在多种气候情境下均有较强适应性的管理战略。本案例研究总结了泰晤士河的背景、风险分析（风险暴露度和脆弱性）以及由此产生的适应战略。

1. 概述

本案例研究探讨了《泰晤士河口洪涝风险适应管理规划》（即《泰晤士河口2100年规划》）的制定背景。该规划项目始于2003年，一直持续到2009年，并在此后不断更新。该项目是为制定伦敦泰晤士河长期防潮战略而开展的，其主要驱动因素有三：

气候变化。泰晤士河堤及水闸的设计使用寿命为60年，依据的是20世纪70年代初对气候变化的假设。由于认识到这些预测的不确定性，以及对泰晤士河防洪系统进行大幅改造所需较长的前置期（估计需要20至30年），研究人员建议在2000年代初进行一次重大的中期复审。

现有防洪基础设施老化。整个河口的线性防护工程已建成多年，有的甚至超过300年，很多河段需要改造。然而，改造所有防护工程将是一项重大任务，估计需要高达40亿英镑的投资。中央政府对于这一需求以及

环境署（通过地方研究后）给出的零星的理由提出了质疑，并要求采取一项更具战略意义的、能涵盖整个河口的方案。

在潮汐泛滥地区生活和工作的人越来越多。河口沿线的发展压力很大。例如，作为泰晤士门户倡议的一部分，从伦敦码头区到埃塞克斯郡（Essex）的索森德（Southend）和肯特郡（Kent）的施尔尼斯（Sheerness）之间40公里的狭长地带内将建造多达12万套的新住宅，其中75%的住宅可能位于洪泛平原上^[1]。越来越清晰的是，如果泰晤士河缺乏明确的洪涝风险管理战略会导致长期发展决策的制定缺乏洪涝风险管理适当的战略技术支持。

为了回应上述问题，研究团队对当前及未来的洪水风险进行了详细评估，并制定了短期（未来15年）、中期（未来30年）和长期（至2100年）的风险管理战略方向。本案例在介绍研究背景的同时，展示了气候适应战略，以及监测和融资的方案。



泰晤士河 (© unsplash)

2. 泰晤士河口背景

2.1 背景引入

泰晤士河虽然只有346公里长，但却是英国最长、最重要的河流。泰晤士河谷最早追溯到大约在40万年前就有人类居住，在新石器时代已经成为人类的永久定居地，有详细记载的历史可追溯到2000多年前。自此以来，泰晤士河谷和河口已成为世界上最重要的经济和文化中心之一，现今人口约800万（2011年人口普查数据），人均国内生产总值(GDP)约为6.75万欧元^[2]。

如今泰晤士河口的洪泛平原上有大约50万户家庭、125万人（工作日）、国家政府和各行政部门，共计价值约2000亿英镑的不动产；国内和国际的重要基础设施（包括伦敦地铁、16家医院和8个发电站）；国际重要的自然保护区。伦敦也是英国的金融经济中心，每年为英国经济贡献约2500亿英镑。金融业和商业服务业是伦敦经济的核心，尽管伦敦金融城位于泰晤士河潮汐泛滥地区之外，但伦敦码头区商业中心（包括标志性的金丝雀码头）完全在范围之内（参见图1^[3]）。



图 1：泰晤士河畔洪泛滩上的关键重要资产——泰晤士河口案例研究背景

来源：Background map, 英国环境署（第三洪涝区）；开源图片

2.2 泰晤士河相关管理机构：过去及当下

英国的一些组织参与了洪涝管理（见表1），环境署对英国所有的洪水问题进行战略监督。在伦敦和泰晤士

河口区域，环境署与民选产生的伦敦市长、伦敦议会的25名民选成员密切合作，为伦敦的战略发展做出贡献。由公务员组成的伦敦政府当局为市长和议会的工作提供支持，帮助其为伦敦制定和实施相关战略。

环境、粮食和农业事务部 (Defra)	环境、粮食和农业事务部对英国境内的洪涝和海岸线侵蚀风险管理负有国家政策责任，并向环境署及地方当局以拨款的形式提供资金。
环境署	环境署对英格兰和威尔士的所有洪涝和侵蚀风险管理进行战略审查。它负责预测和绘制洪涝风险，发出预警，为洪泛平原的开发提出建议，修建并维护防洪工程，参与应急规划和救灾。环境署负责管理中央政府提供给地方政府和内部排水委员会的资本项目拨款。
地方政府	地方政府在减少洪泛平原开发风险，管理排水网络、小型水道以及海岸线侵蚀发挥着领导作用。在帮助管理地表水洪涝相关风险方面，将发挥越来越重要的作用。地方政府还带头进行洪涝应急规划、并处理受洪涝影响地区的恢复工作。
内部排水委员会(IDB)	内部排水委员会是负责在有特殊排水需求的地区进行土地排水的独立机构。这些地区大多是需要对水位进行积极管控的地势低洼地区。
区域洪涝防御委员会(RFDC)	区域洪涝防御委员会有责任关注其所在地区内所有的洪涝事务。委员会负责就环境署实施的年度改善及维护的工作方案做出决定。
地方气候韧性论坛	地方气候韧性论坛是针对洪涝等所有紧急情况的地方规划论坛，将应急服务部门、环境署、国家卫生服务机构以及其他机构（如水务和能源公司）聚集在一起，共同规划预防、控制和减少洪涝对公众的影响。
海岸组织	海岸组织为所有沿海事务提供了一个对话机制，其中包括数据收集和整合沿海政策与管理。
保险行业	英国保险协会及其成员在提供保险和处理洪涝损失索赔方面发挥了关键作用。根据与政府达成的协议，它们承诺继续为大多数不动产提供保险，甚至包括一些面临重大风险的不动产，以换取政府采取行动以识别和管理风险。
国家洪涝论坛	国家洪涝论坛是一个注册的慈善机构，向处于洪涝风险中的人提供建议并且为更好的自我保护免受洪涝灾害而努力。
各种非政府组织(NGOs)，如世界自然基金会(WWF)、英国皇家鸟类保护协会(RSPB)	为制定洪涝和侵蚀风险管理行动发出强有力的声音。
英格兰自然署、英国古迹署及其他法定顾问机构	为洪涝和侵蚀风险管理行动提供建议；当洪涝或侵蚀风险管理活动对特定生态系统、物种或历史名胜产生影响时，这些机构将作为法律顾问。

表1：英国负责洪水和侵蚀风险管理的组织

2.3 泰晤士河口防洪的历史方法

对伦敦而言，洪涝一直是一个重要话题。泰晤士河口洪水最早的书面记录来自于1099年的盎格鲁·撒克逊编年史，其中记载了“新月第一天”的一场洪水，此后又有很多场洪灾得到记录。17、18世纪经济的迅猛发展，推动了人们以工业和农业的目的对泰晤士河沿岸的沼泽和泥滩进行大幅临时开垦，从而形成了当今伦敦的城市轮廓。在这一时期，洪涝事件频繁发生，但几乎没有什么正式的应对措施。在1874年和1875年发生两次创纪录的潮汐之后，这种状况在19世纪得到了改变。为此，议会采取了行动，通过了《1879年大都市管理（泰晤士河防洪）修正法案》^[4]。该法案确立了伦敦防洪设施的法定标准。1928年事件是伦敦市中心最

近遭遇的一次重大洪涝事件。此后，依照1930年通过的新《陆地排水法案》的授权下，防洪堤再次加高（见图2）。在1953年毁灭性的北海潮水^[5]和泰晤士外河口的坎维岛(Canvey Island)上58人死亡之后，洪涝问题重新获得重视。直到1972年，英国才通过立法（《泰晤士堤坝和防洪法》）设计和建造今天所见的泰晤士河防洪系统。

2.4 当今伦敦的防洪系统

如上节所述，当今伦敦的防洪系统是过去各种决定的结果。然而，如今更强调使用一系列方法来管理河口的洪水风险，包括正式防洪措施和非结构性措施，如预报预警、空间规划和应急演练。下面将讨论所有这些措施。

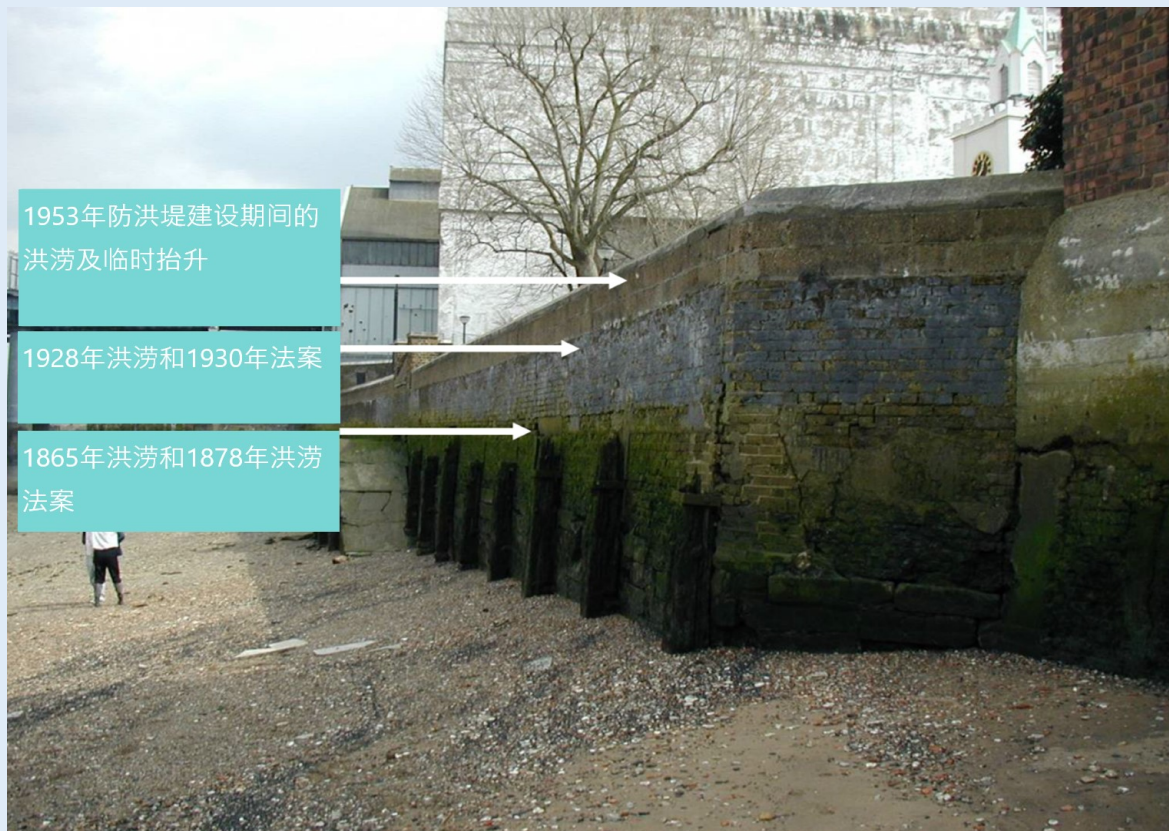


图2：在历史上，防洪方法导致“被动”地加高防线以应对重大事件——泰晤士河河口2100年项目提供

洪水防御：1953年洪灾后修建的防洪设施（1980年代初完成）构成了伦敦延续至今的防洪系统（见图3）。其中包括位于伍利奇（Woolwich）的泰晤士堤坝，泰晤士堤坝在1983年（1953年洪水发生30年后）由女王主持落成。除泰晤士堤坝外，伦敦防洪系统还包括另外五处堤坝（巴金（Barking）、本弗利特（Benfleet）、达特福德（Dartford）、东黑文（East Haven）和福宾马（Fobbing））以及皇家码头和蒂尔伯里（Tilbury）码头入口处的两个主要防洪水闸。这些堤坝和防洪水闸分布在337公里长的线性防洪工程（围墙和屏障）沿岸，其间还散布着300个河岸防洪闸门和400个小型可移动工程结构。泰晤士堤坝及其相关的水闸和防洪设施的设计是为了保护伦敦到2030年时免受千年一遇的潮汐、河流洪水冲击，这是英国最高的防洪标准^①。虽然防洪设施提供的保护在整体上受到欢迎，但是越来越被认为隔离了社区与河流，而且在部分地方不必要地限制了河流的自然功能。

洪涝预报预警：防洪堤坝的运作依赖于准确的预报数据。泰晤士河堤坝控制室监测风暴潮、涨潮和高流量等灾害异常情况，全年365天、每天24小时有人值班。自1982年堤坝投入使用以来，这一程序就一直存在，并不断得到评估和改进。然而，未来存在堤坝因关闭频率增加而无法维护的隐忧（见图4）。

空间规划控制和风险管理：伦敦潮汐泛滥地区的开发压力很大。尝试阻止所有新的地区开发是不合理的，而努力确保任何开发项目都符合安全标准，不会影响河口的功能。伦敦多个当局领导规划工作，并与环境署密切合作。这些措施的成功与否仍待讨论。

紧急事件与应急规划：气候韧性论坛的运作是为了规划和管理洪涝的潜在后果。这些规划活动包括：

（一）制定商业经营规划；（二）为洪涝灾害做准备，规划紧急疏散、避难所和清理行动等，以及

^①设计过程中，所选的最终波峰水位纳入了较大浮动空间，并基于支持战略发展的分析（本章后面将讨论这点）；这意味着，实际防洪标准大约是万年一遇^[6]



图3：受防护的泰晤士河洪泛平原、当今防护标准和主要防洪堤坝
来源：Background map，英国环境署（第三洪涝区）；开源图片

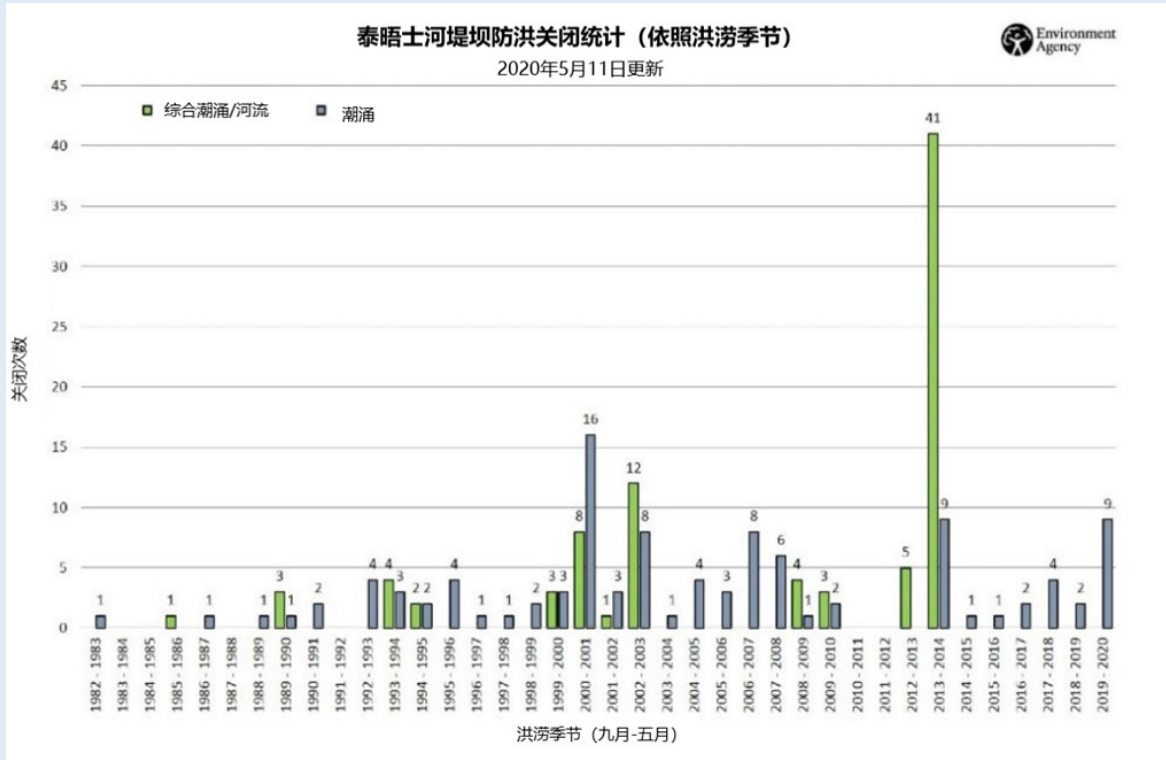


图4：泰晤士河堤坝关闭频率的变化

来源：英国环境署

(三) 就洪水发生前、发生期间和发生后可采取的行动向当地社区提供建议。作为综合应对措施的一部分，定期对规划执行能力进行压力测试。但由于自1953年以来没有发生大范围洪涝，其运作是否成功仍有待证实。

2.5 泰晤士河口栖息地和环境的重要性

在英国，任何重大工程项目都必须进行战略环境评估 (Strategic Environmental Assessment, SEA)。《泰晤士河口2100年规划》的战略环境评估强调了泰晤士河

口作为野生动物栖息地的重要性^[7]。泰晤士河口是欧洲动物种类最多的河口之一，也是欧洲鸟类最重要的五个河口综合体之一（养育了30多万只候鸟和野鸟），还有多样化的鱼类种群（自20世纪60年代以来已记录有121种鱼类，其中9种现今在河口内产卵）（见图5）。外河口的大部分地区是指定的野生动物栖息地，为国家和国际上重要的栖息地和物种（尤其是鸟类，但也包括鱼类、无脊椎动物和海洋哺乳动物）提供支持。泰晤士河口还与北海南部和东大西洋空中航道（连接从加拿大到俄罗斯西伯利亚不连续的北极繁殖地）有内在联系。



图5：泰晤士河口保护生物多样性并提供重要栖息地
右图：绿色区域代表泰晤士河洪泛平原的天然沼泽，例如河口外部的草地沼泽
来源：Andy Wallace，英国环境署（左）；英国环境署，2006^[7]（右）

2.6 洪涝来源（灾害）

潮汐洪涝并非泰晤士河口唯一需要担心的问题，还存在河流洪涝、支流洪涝和地下水洪涝的问题。但环境署为所有洪涝问题提供了战略概览，然而没有制定并提供综合解决方案。部分原因是技术挑战，还有部分原因是英国对不同洪涝源头的责任划分不同。因此，《泰晤士河口2100年规划》以及本文下章重点将关注潮汐河口和河流洪涝的管理，但为便于理解，下文也将简要介绍地下水和地表雨水面临的挑战。

地下水：在18世纪50年代之前，伦敦的地下水位接近地表。自工业革命开始，伦敦及其周边地区兴起了工厂建设的热潮，对水资源提出了前所未有的需求。人们大量抽取地下水，导致地下水水位下降。近年来，随着商业活动从生产业转向服务业，这一趋势发生了逆转，地下水水位上升。

面对地下水上升，政府批准了整个伦敦地区新的取水许可证。但是，制定和资助一个更具战略意义的地下水管理规划的责任尚不明确，进展也有限。

雨水洪涝及地表水：伦敦位于粘土层和其他难以透水的冲积层上，许多曾作为地表排水通道的河流现已改为暗渠。因此，现在的径流经过地下排水系统，并通过泵站和重力片状阀的网络排入河口。暴雨将很快淹没排水网络，而片状阀的出口通常被潮水堵塞。这种无法将水从城市地表排入河口的情况，往往会导致局部水灾。

地表洪涝也经常被污染：和很多老城类似，伦敦的大部分区域采用了联合下水道系统（Combined Sewerage System, CSS），这是一个管理污水和暴雨的单一系统。直到今天，由约瑟夫·巴扎尔杰特爵士（Sir Joseph Bazalgette）在1858年“大恶臭事件”（Great Stink）之后建造的污水截流网络仍是该系统的支柱^[8]。巴扎尔杰特的设计利用城市暗渠管网（如在维多利亚时代之前就建成的“舰队街”和“泰伯恩”）将水输送到截流下水道，然后进入伦敦东部的平衡水槽。当发生严重暴风雨时，巴扎尔杰特设计的系统可以使水通过排放点溢入泰晤士河，而不是淹没街道和住宅。经过综合考虑持续发展、气候变化和污染问题，泰晤士河潮潮汐略

研究小组于2001年成立。之后，政府决定兴建一条直径7.2米、长25公里、深至地下65米的大型截流隧道作为首选解决方案，编写本报告时，该隧道仍在建造中。然而，该解决方案的选择并非没有受到批评。许多人强调，如果城市的“蓝绿化”分布更分散一些，可以付出更小成本、获得更大收益（如理查德·阿什利教授（Prof Richard Ashley）和ICE前主席让·维纳布尔斯先生（Jean Venables）对此的评论）。工程对潮汐洪水的影响（此处关注的重点）预计将微乎其微。

3. 系统风险分析：为泰晤士河采用的工具及技术

从一开始就很清楚，传统建模方法显然无法及时为河口洪涝风险评估提供其所需要的整体系统风险分析，同时充分展现防洪系统的性能和经济活动的复杂空间变化。为了应对这一挑战，研究人员应用“来源 - 路径 - 承灾体”的概念（Source - Pathway - Receptor concept，见图6）建立战略规划风险评估（Risk Assessment for Strategic Planning, RASP）概率分析方法，并以此为基础开发了整个河口洪涝风险的评估途径^{[9][10][11]②}。

②注释：随着《泰晤士河口2100年规划》的完成，战略规划风险评估(RASP)方法持续发展。2008年起，RASP HLMplus 成为国家洪涝风险评估(National Flood Risk Assessment, NaFRA)的基础方法，并被转化为建模决策支持框架2 (Modelling Decision Support Framework 2, MDSF2) 软件，现在被环境署及其顾问团队广泛使用^{[12][13]}。

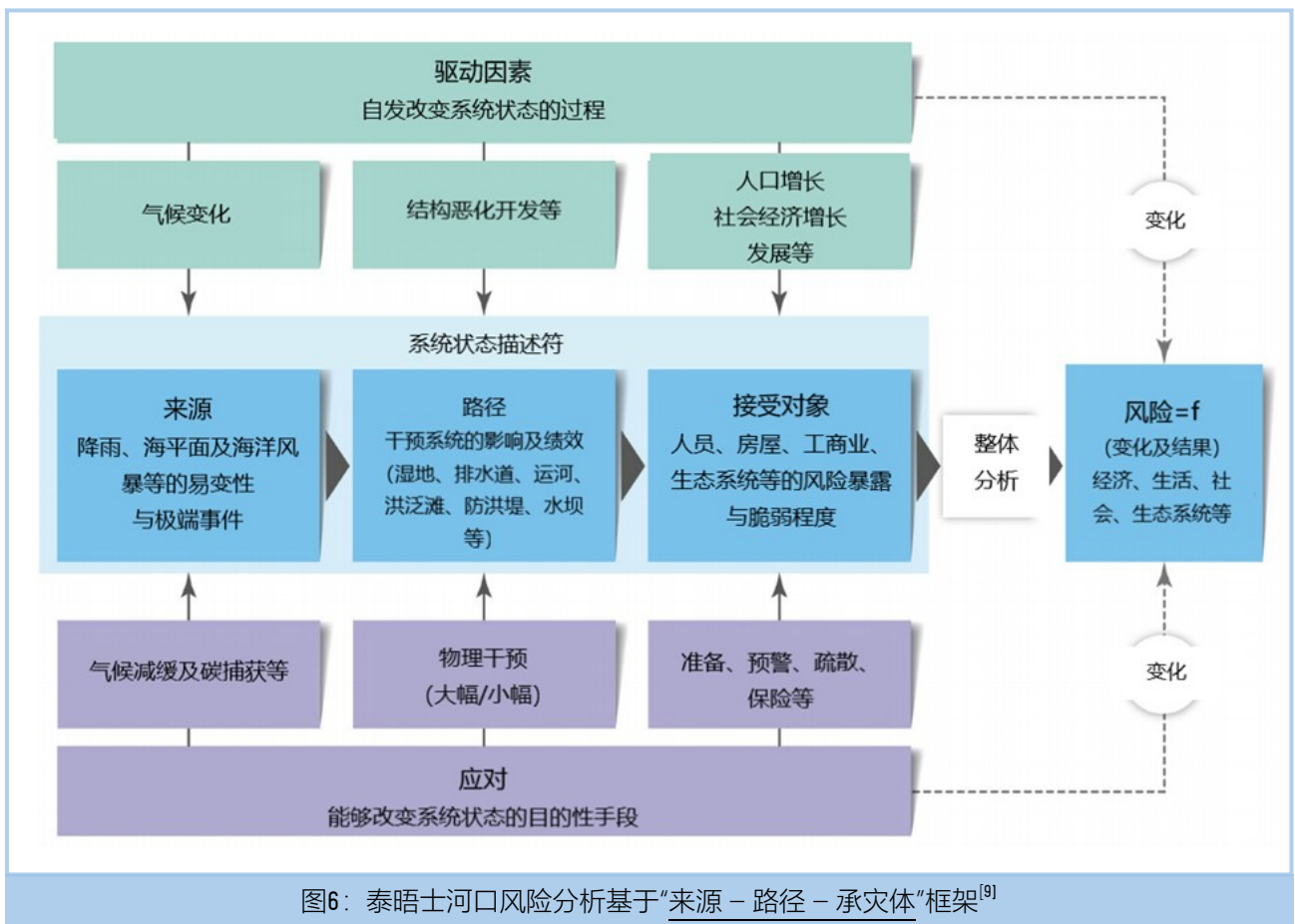


图6：泰晤士河口风险分析基于“来源 - 路径 - 承灾体”框架^[9]

来源 – 路径与承灾体的概率整合考虑了：

来源：考虑了60项回归期洪涝事件，包括高达万年一遇回归期事件，确保超过千年一遇防洪堤设计标准。并未精确考虑与泰晤士河支流的空间一致性，但是在简化模型中提及这个问题。

路径：系统风险模型展示了堤防、河岸闸和重要水坝的性能，包括其可用性（如洪泛未破防）和极限状态故障（如破防）的可能性。

承灾体：考虑了一系列样本的量化影响，首要风险度量基于直接经济损失（住宅和商业财产损失）^[14]。另外，研究还涵括更广泛的考虑因素，如对环境、人员风险和商业业务中断的风险，但使用的方法和技术比较基础，主要采取征求专家意见的方式。

战略规划风险评估（RASP）模型可以跟踪洪泛平原面临的危险，然后将危险归结为相应的防洪堤故障或长度不足。此功能用于突出显示未来可以改进的地方。

图7显示，假设泰晤士河堤坝完全运行且围墙和屏障处于目前的状态下，泰晤士河口被洪水淹没的概率。鉴于目前的防御水平，可以预期洪泛平原的大部分区域遭洪水淹没的可能性低于千年一遇。图中可以看到，在防御标准较低的潮汐支流和外河口有一些标注点。

一经建立，该系统风险模型将被用于探究结构化规则下未来变化对当前风险评价的影响，包括：

洪水来源的变化：需要探讨的重要主题是气候变化，包括海平面上升、河流洪水和可能出现的极强风暴潮。该系统风险模型提供了一个相对直接探究此类变化影响的框架。

路径的变化：该系统模型考虑了对水坝和堤坝的改建（升高、强化或移位）、财产防洪措施、更具野心的洪泛平原地形改造计划等，单独研究风险的不同影响。

承灾体的变化：通过修改该系统模型中的承灾体损失函数，来反映洪泛平原上人口及财产的数量、位置的变化或者它们脆弱性的变化（可能通过加强预警和更完善的事前准备来改变）

4. 支持气候适应决策制定

《泰晤士河口2100年规划》采取长期战略框架来制定政策，该框架聚焦于四个关键步骤：

- 第一步：评估当前绩效-使用一系列风险指标。
- 第二步：确定外生性未来-构建气候情景和人口预测。
- 第三步：制定战略备选方案-产生备选方案。
- 第四步：确定一种强有力的、适应性强的战略-确定首选战略。

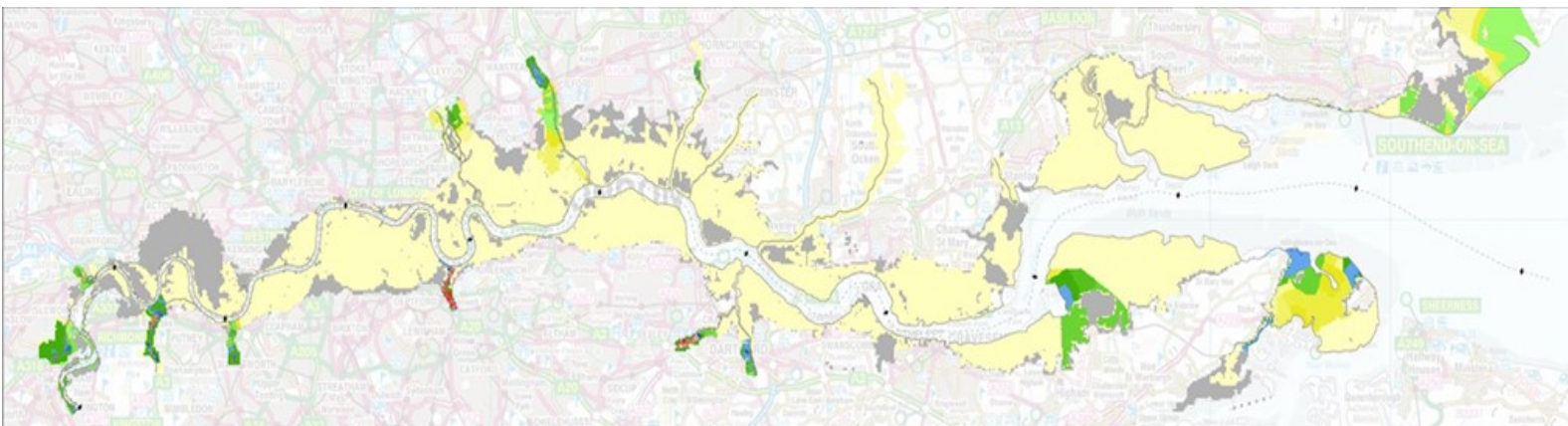


图7：当前情况下泰晤士河口的洪水淹没概率^[1]

4.1 第一步：评估当前绩效

没有一个单一的指标可以全面了解风险。相反，研究使用了多个多重指标，以更好地理解各战略备选方案的剩余风险，为决策提供参考。风险包括如下方面：

洪涝发生几率的空间变化：例如，图7显示了假设泰晤士河水坝正常运行，在当前条件下每年的洪涝淹没（即洪涝深度超过0米）的概率。如图所示，大部分洪泛平原受到了很好保护，平均每年发生洪涝的几率低于千年一遇。从这张“灾害地图”中还可以得出更细致的推论。系统分析（注意了防洪系统的不同标准和状况）展示了洪泛平原上复杂变化的洪涝发生概率（见图8）。

经济效率及效果：为了了解收益与成本（即效率）和所减少的风险（即效果）之间的关系，需要了解洪涝的概率及相关后果（风险暴露和脆弱性程度）。图9是一个分析结果的样例，显示了住宅和商业不动产的直接经济损失与年度超标概率（以回归期表示）的对比。

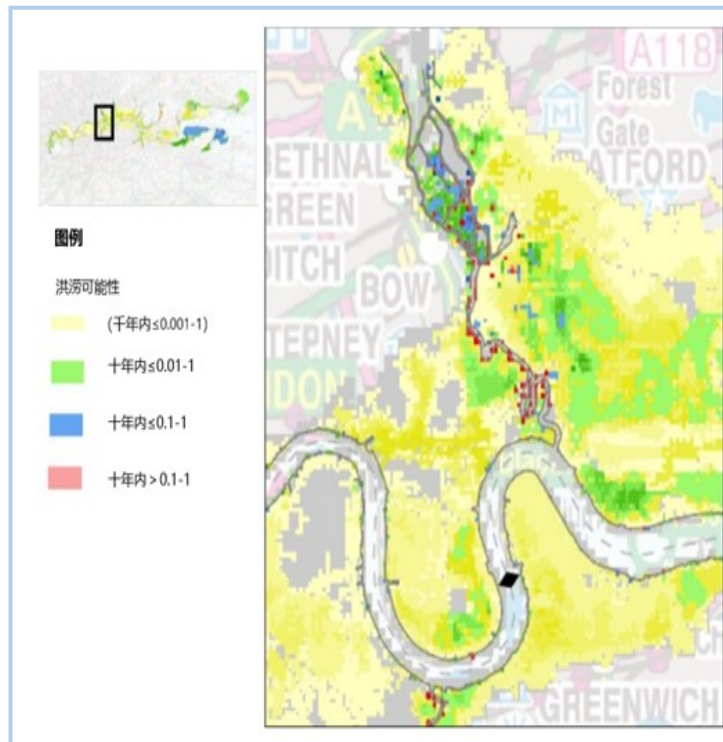


图8：当前情况下泰晤士河口的洪涝概率（所选视图）^[15]

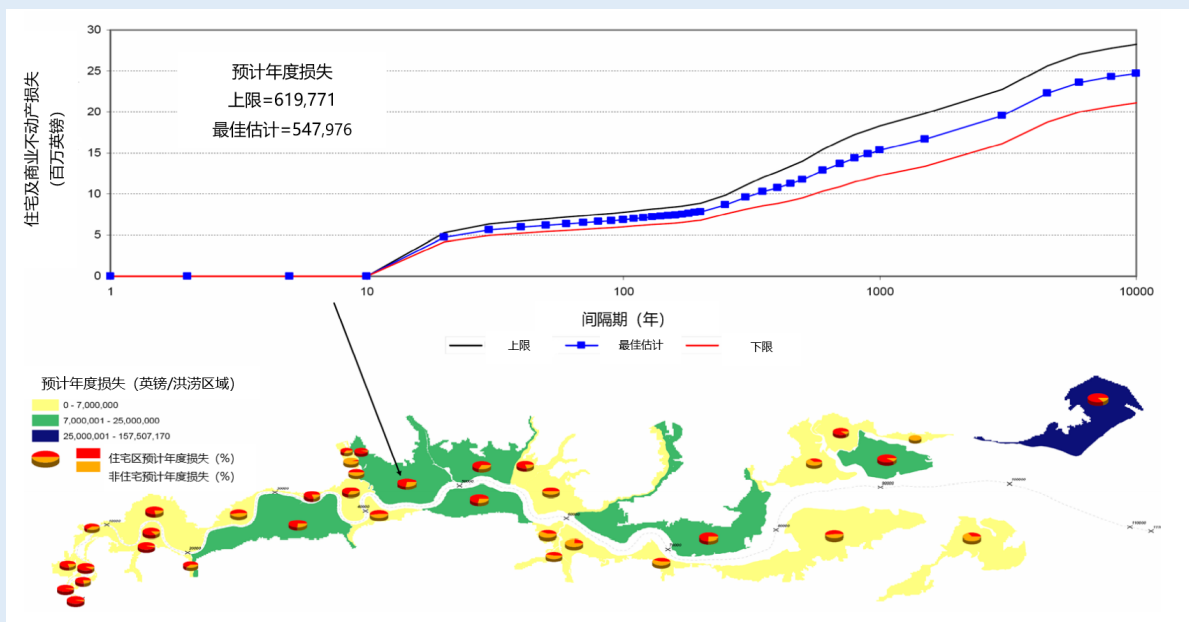


图9：当前泰晤士河河口的经济风险概况及预计年度损失举例^[16]

上图：图表展示出在西汉姆和皇家码头洪涝区域，风险如何随着风暴间隔期（即“事件风险”）延长而增加

下图：图表展示预计年度损失（英镑）

承担最多剩余风险的是防洪资产。泰晤士河口现有的防洪系统非常重要，最大化利用这些现有资产是一个有效战略的基础。完善的资产数据库（采用良好资产管理原则设计，例如Sayers等人，2010年^[17]）与RASP风险系统模型，有助于识别那些在管理风险方面最重要的防洪设施（堤坝、墙体、屏障），且承担最多的剩余风险（通过倾覆或破坏）设施（例如在图10中，90%以上的剩余风险仅分布于10个防洪设施）。

除经济影响外，社会和环境的影响也是《泰晤士河口2100年规划》所考虑的重要部分。例如，**暴露于洪涝影响的人数**（如因灾险受伤的人群）；采用一定范围内标准，确定**环境风险暴露特征**；另外，如**公平和公正问题**，包括在利用复合贫困指数（Index of Multiple Deprivation）确定的贫困地区内，提高街区物业取得的利益。《泰晤士河口2100年规划》制定过程中还考虑了一系列因素，包括文化遗产、对经济增长和当地及河口社区的影响。

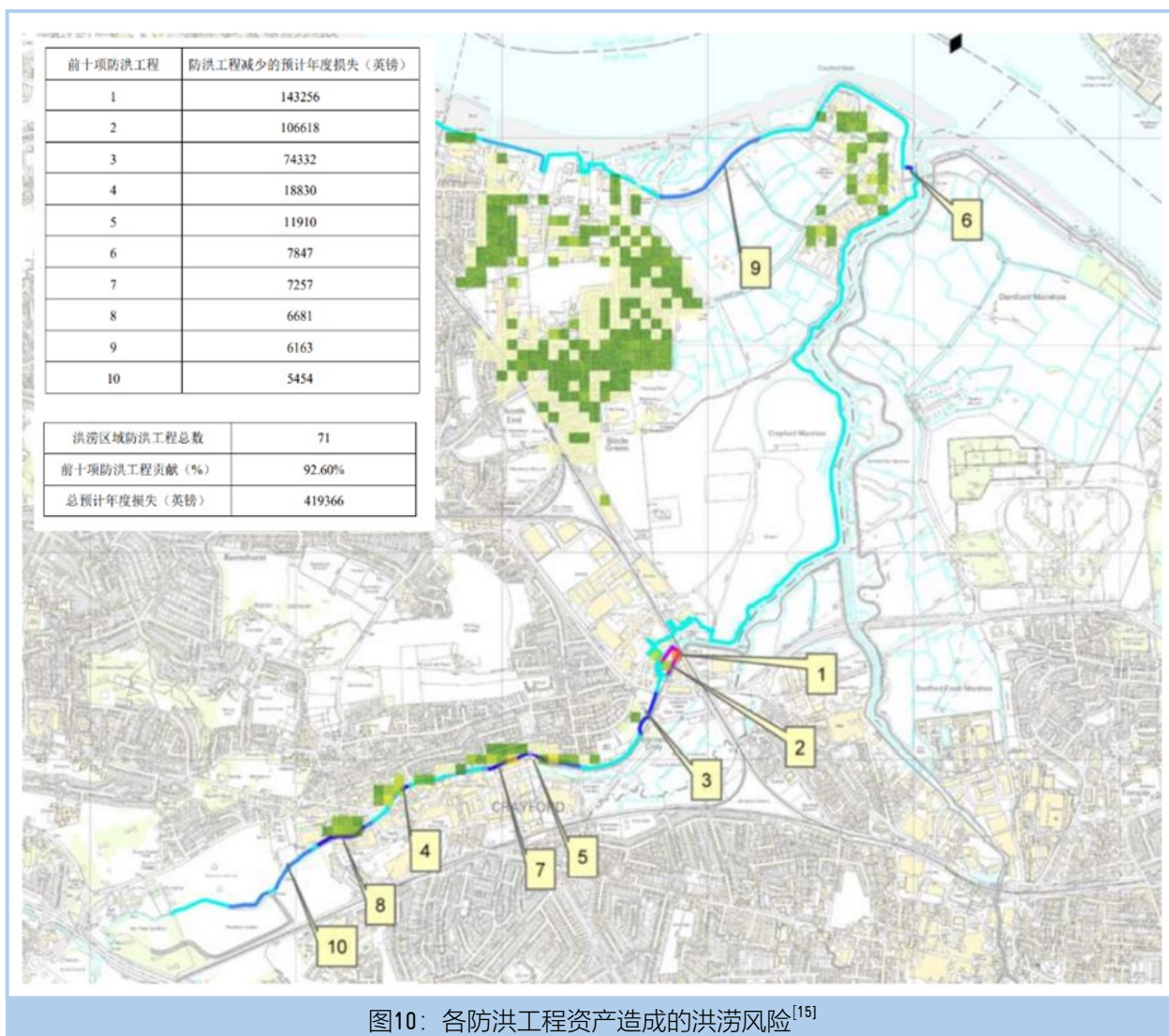


图10：各防洪工程资产造成的洪涝风险^[15]

4.2 第二步：确定外源性未来

泰晤士河研究中，气候变化和人口增长是两个重要的考虑因素：

气候变化：在20世纪70年代，最初设计泰晤士河水坝及相关防洪工程时，设计者预留了每年海平面相对上升8mm的空间，当时结合了平均海平面上升及当地土壤成分，反映了工业革命后地下水开采量减少与冰川的静力调整过程的互相影响。

自20世纪70年代以来，人们对泰晤士河所受气候变化影响有了更深的理解，但还存在着重大的不确定性。基于对未来全球碳排放及极地冰盖冰川反应的预测，泰晤士河流域的未来相对海平面上升 (relative Sea Level Rise, rSLR) 的预测 (包括标准化预测) 也在改变。参见图11。

基于此种不确定性，考虑到不同的相对海平面上升预测对各管理战略绩效的深远影响，《泰晤士河口2100年规划》采用了4种气候变化情景，以评估不同战略的绩效：

- 低度：到22世纪初，平均海平面上升0.5米。
- 中高度：到22世纪初，平均海平面上升1.5米。
- 高度+：到22世纪初，平均海平面上升2.2米。
- 高度++：到22世纪初，平均海平面上升2.7米。

人口增长与发展：基于当地2030年规划的分析，到22世纪的未来发展基于三种不同的增长假设：

- 低人口增长未来：假设无进一步增长。
- 中等人口增长未来：假设保持计划增长。
- 高人口增长未来：假设计划增长加速 (两倍)。

通过结合使用这些人口增长假设与房屋占有率，研究提供了洪泛平原上的房屋开发与新地产分布假设。图12展示了这些规划，更多细节参见McGahey and Sayers于2008年的研究^[13]。

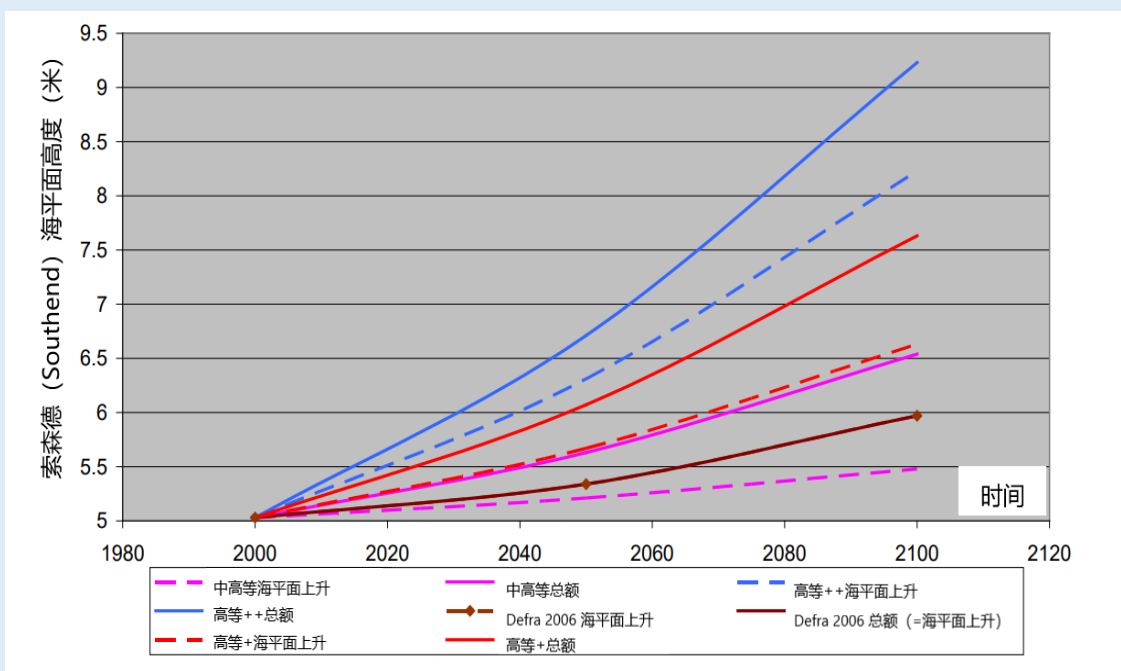
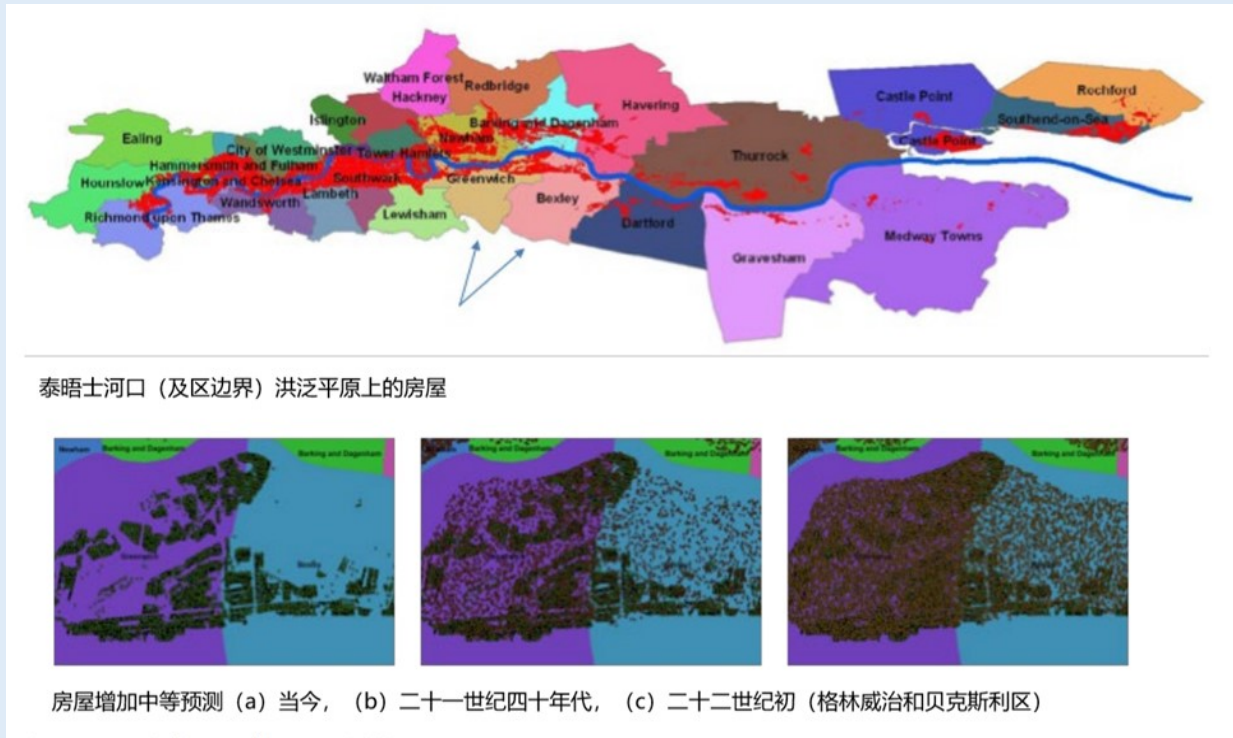


图11：海平面上升对泰晤士外河口1000年水位的影响

图12: 洪泛平原上的长期房屋规划与地产开发^[13]

4.3 第三步：制定和评估战略备选方案绩效

研究使用一种“反事实推论”的参考战略，以提供评价其他战略价值的基准。英国财政部将“反事实（与事实相悖）”定义为所谓的“不作为”，即不采取进一步行动来管理或使用防洪设施。

研究考虑了四种战略备选方案。每一项备选方案都包括一系列行动的组合，包括筑高防洪墙，改进现有/新建防洪堤及蓄洪区的运作，实施财产保护措施等。为了将一套连贯的行动整合在一起，每种战略选择都反映了总体管理理念，即：

聚焦防洪工程：基于物尽其用的原则挖掘现有的防洪设施的潜力（即从过去的投资中寻求最大价值），并及时采取行动修缮。在这种情况下，战略重点是维持现有防洪系统的性能，并仅在必要时采取额外措施（加强预警或财产保护）来补充原有系统。

聚焦组合措施：在维护现有防洪设施的同时，建设新的后退的防线（为河流留出空间，开辟额外的蓄洪滞流区，保持流量和保护生物多样性收益），同时改进非结构性措施。重点拆除外河口老化、维护不善的线性防洪设施，以便重新连接河口和洪泛平原。拆除这些老旧防洪工程在拆除后可以成为重要的生态栖息地，但由于它们位于外河口，意味着对伦敦市中心的极端水位的降低作用有限。

聚焦防洪工程（更高目标）：通过改善现有的防洪设施和建造的基础设施，包括新建一个主要的外河口水坝，来控制洪涝灾害。在该情况下，战略备选方案的重点是为整个河口提供中长期、高标准保护。

聚焦组合措施（更高目标）：寻求洪泛平原蓄水滞留能力的最大化，利用所有可能的机会为河口腾出空间。在该情况下，战略备选方案的重点是发展“与河口共同生活”概念，接受更高的剩余洪涝风险可能性，并通过非结构性措施管理剩余风险。

4.4 第四步：明确一种强有力的、适应性强的战略

英国政府制定的指导方针要求，洪水风险管理规划应侧重于三个方面：（一）保护人民福祉；（二）符合法律规章要求，如“欧洲鸟类和栖息地指令”（旨在保护国际重要的自然保护区的“完整性”）和“欧洲水资源指令”（旨在“维护和改善水环境”）；（三）公共投资的效率，确保公共资金投资在所有公共支出中获得最大回报。《泰晤士河口2100年规划》所制定的战略承认未来的巨大不确定性。在这种情况下，没有一种单一的途径（战略备选方案）能提供解决所有这些问题的首选方法。相反，应寻求建立一项综合性战略，囊括整个气候适应过程，并对其持续复审反思。

为响应气候适应战略的这个目标，研究围绕“决策线路”或“适应路径”概念开发了一项灵活的战略^[13]，以决策树状图的形式展示了可能采取的行动。图13是为泰晤

士河口防洪系统研发的决策树状图，其中强调了随着海平面上升要做出的选择。鉴于未来海平面上升的程度，对防洪系统性质的要求可能不同。特别是，它体现了并不是立即需要进行重大投资来强化防洪系统。在泰晤士河堤坝运行上采取创新措施可延长防洪系统的寿命。因此，管理人员不必盲目做出高成本的决定，如建设主要的新水坝；相反，他们可以暂时推迟决策，直到获取更多相关信息。

《泰晤士河口2100年规划》还包括监测和持续的再评估过程^{[18][19][20]}。监管过程可以帮助触发决策^[2]。例如，如果监测显示气候变化速度比预测的更快或更慢，研究人员就可以根据新信息重新评估战略，并推进或推迟相关措施。有些决策一旦做出，就需要相当长的前置期来实施。规划中允许这段从决定行动到行动实施之间的滞后时间（例如，泰晤士河堤坝的规划、设计和交付费时30年）。

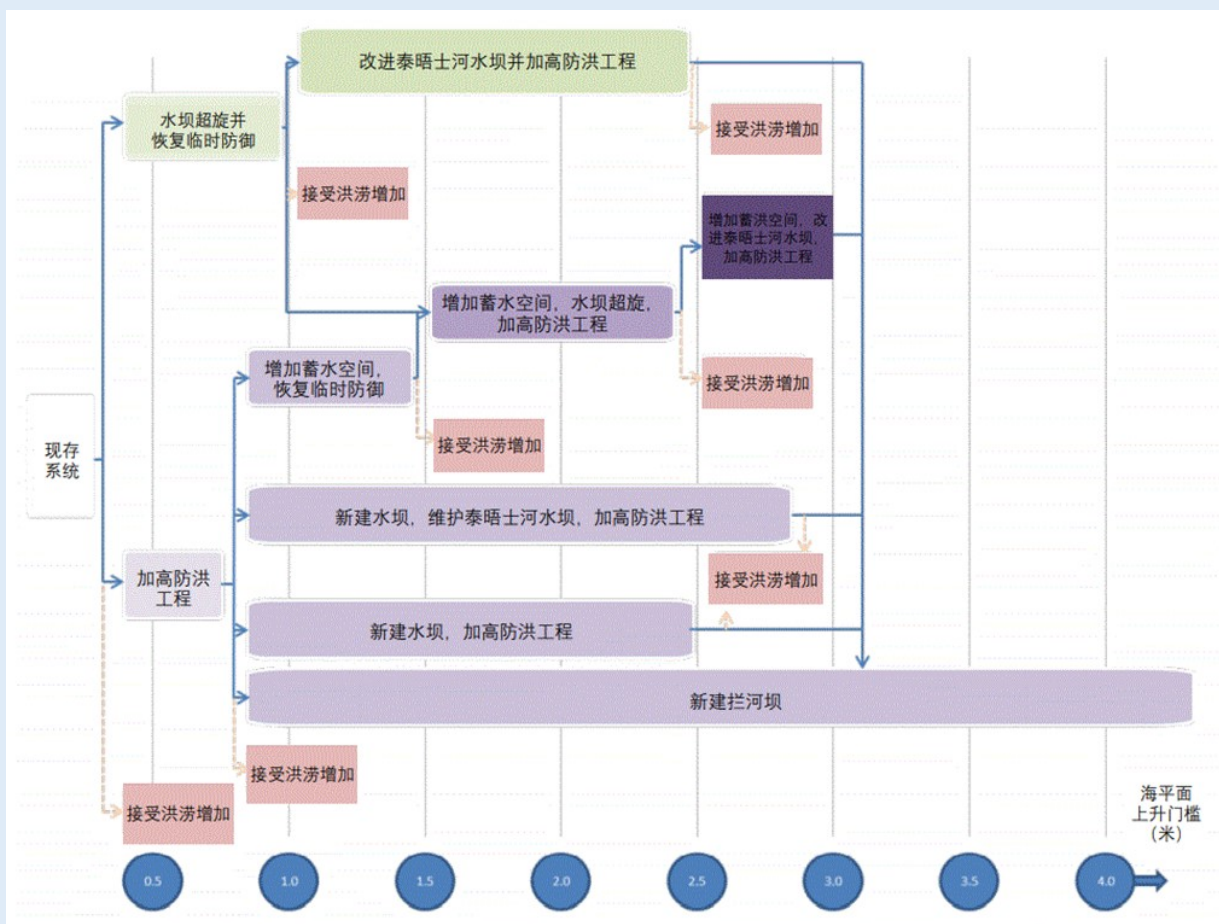


图13：《泰晤士河口2100年规划》决策树状图^[21]

5. 话题延伸

在制定战略的同时，《泰晤士河口2100年规划》还深入到更广领域的发展规划进程与洪涝风险管理活动，包括：

- **沟通及利益相关方的参与：**《泰晤士河口2100年规划》认识到让利益相关方参与制定战略的重要性，将花费大约40%的预算用于与利益相关方的沟通与接触^[3]。
- **更好的洪涝预报预警：**应急服务机构应为泰晤士河制定应急预案，在制定泰晤士河规划与灾害应对规划间仅有有限的法律联系。例如，洪涝风险管理者无权要求在发展规划中包含安全避难所或具体的紧急疏散路线。
- **与其他规划相联系：**洪涝风险管理并不是孤立的，而应被视为创建更好环境这一更广泛议程的一部分（在Sayers et al., 2020^[22]中得到强调及进一步探讨）。但这是很难实现的。上面讨论的《泰晤士河口2100年规划》是一项风险管理战略，并不涉及更广泛的规划议程，也不寻求解决这一问题。虽然有整合战略的机会，但因为缺少总体综合规划，如何加以整合并不明确。《泰晤士河口2100年规划》鼓励规划者在其空间规划决策中利用详细的洪涝灾害及风险地图（涵盖开发选址、类型和布局）。

- **为了社会和生态效益，重新恢复伦敦消失的河流：**在18世纪，随着伦敦的发展和对空间需求的增加，许多河流被改建，并最终暗渠化。伦敦市长正在制定一项规划议程，寻求建立城市与自然更和谐的共生关系。这不仅包括尝试禁止在洪泛平原进行建设，而更多是通过战略性的、系统性的规划来推动所要实现的目标。桂基河（River Quaggy，图14）是一个很好的例子。在这里，原本贫瘠的城市河流被重新自然化，产生社会和生态效益。
- **利用潮汐堤坝发电：**泰晤士河洪涝风险管理战略的基石是泰晤士河堤坝，在短期内对其进行改造，并在必要时随着海平面上升将其移到河口。近年来，从泰晤士河开发潮汐发电的想法进一步形成，但仍停留在概念阶段。

6. 结论

泰晤士河口洪涝风险管理规划提供了一些经验教训，也留下了悬而未决的问题。下面是简要总结。

6.1 经验教训

- **长远的眼光很重要。**泰晤士河口的研究确定了未来100年管理河口洪涝风险的战略方向，并就短期（未来25年）、中期（未来40年）和长期（至2100年）需采取的行动提出了建议。这种长期观点使洪涝风险管理者可以挑战现状（即继续对个别防洪工

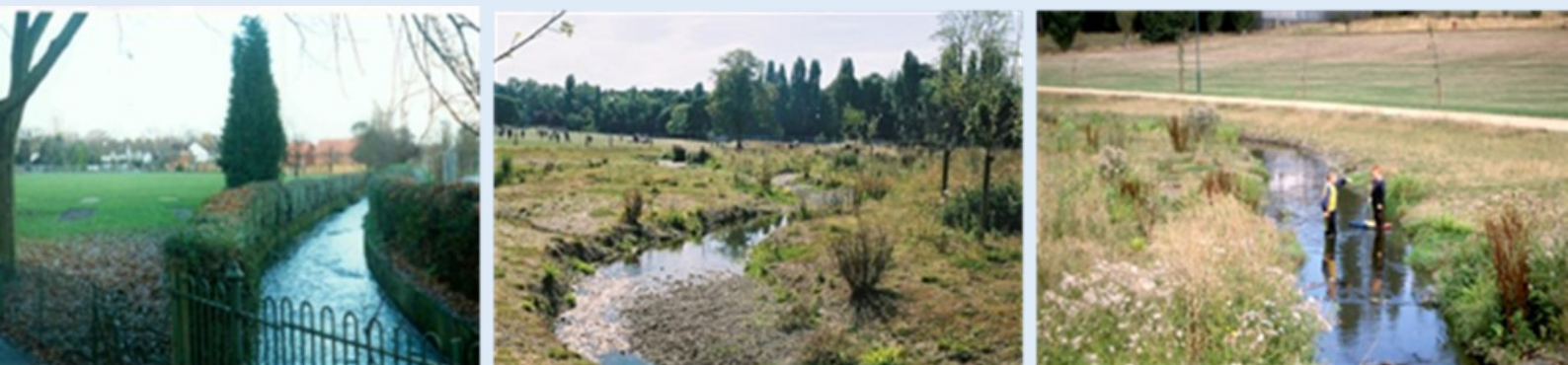


图14：伦敦金布鲁克草地桂基河的生态恢复^[23]

程进行临时维护)，并推进更多不受当前政策和做法限制的创新方法。

- **保持广泛的战略视角。**从环境利益到商业发展，泰晤士河口区域的许多相互竞争的需求。这些利益既有大规模的（如港口建设对整个河口区域的影响），也有地方性的（如滨水地区的可达性）。
- **需要应对气候变化并采取预防性的投资方式。**未来的不确定性会对决策产生深远影响。“决策线路”或“适应路径”提供了一种结构化方法，以应对未来气候的不确定性。很多用于制定规划的数据并不确定（如峰值水平等），对未来洪泛平原发展可能很重要。未来100年，海平面变化可能非常大（+4米）或相对较小（+ 0.75米）。事实证明，制定一项既有意义、能推动坚定行动以避免未来风险，又可避免不必要投资和建设的计划是可行的。
- **只在必要的时间及地点更换改进防洪设施。**一个关键发现是，现有的防洪基础设施将继续在大多数领域提供充分和强大性能，还可以物尽其用。基于风险的分析为评估现有防洪系统提供了一种结构化的透明的方法。因此，管理人员可以推迟对基础设施进行重大升级的决定，并有机会考虑和规划实施其他非结构性措施。
- **有效、高效的战略依赖于组合措施。**洪涝风险管理影响着环境、经济和社会问题^[6]。在整个河口地区，针对不同风险的最佳风险管理方法各不相同。泰晤士河的研究强调，存在相当多的机遇来改善环境、提高生活质量并减少气候风险。这些目标并不是相互排斥的。泰晤士河研究的一个重点是制定结构性、非结构性以及整个河口的解决方案（如在外河口建立湿地）和地区解决方案（如加强某一组防洪工程）的组合。

6.2 未决问题

- **管理所有种类的洪涝风险。**《泰晤士河口2100年规划》关注的重点是潮汐潮导致的洪涝风险。伦敦及周边地区受地下水、河流、降雨洪涝的影响。为所有形式的洪涝制定综合战略是接下来要面对的重要挑战。
- **将洪涝风险管理纳入更广泛的空间、经济与环境规划中。**伦敦是一座有活力且在不断发展的城市，洪涝风险仅是一个考虑因素。如何更好地将经济、环境和空间规划与洪涝风险管理相结合，是一个重要的讨论议题。如今，泰晤士河口洪水风险管理战略已成为空间规划决策的法律指南。风险管理战略不决定也不应该决定空间规划，但两者如何密切结合将引发更激烈的讨论。
- **影响建筑管理和管控。**《泰晤士河口2100年规划》鼓励避免在洪泛平原进行开发，但鉴于现实中这并不容易达成，因此强调对洪泛平原进行适当开发的重要性。泰晤士河口洪泛平原上规划了大量新住宅。洪涝风险管理规划鼓励在新开发区建设具有洪水韧性的建筑，但并未强制规划当局及开发商遵循该建议。
- **促进、资助和提供多功能解决方案。**存在着一些可以将资金流与伦敦市长正在推动的其他倡议相结合起来的机会，以提供具有社会、环境和经济效益的多功能解决方案。
- **保障土地储备。**为了保持未来的适应能力，《泰晤士河口2100年规划》建议保护土地以用于未来的洪涝管理，如用于蓄水、建立湿地和扩建防洪工程。这样做会产生机会成本，但有利于气候适应能力。

参考文献

- [1] The Thames Gateway. Accessed via <https://21stcenturychallenges.org/the-thames-gateway/>
- [2] Eurostat (2017). GDP aggregates per capita. Accessed via https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewi0v8iouoryAhXbgVwKHonCykQFjAAegQIBhAD&url=https%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Feurostat%2Fproduct%3Fmode%3Dview%26code%3Dnama_10_pc&usg=AOvVaw3W-LLZH7scGgh1UMif8JBt
- [3] Tarrant, O., & Sayers, P. (2012). Managing flood risk in the Thames Estuary - The development of a long term robust and flexible strategy. In P. Sayers, Flood risk management - The design and management of supporting infrastructure. Thomas Telford.
- [4] Gilbert, S. and Horner (1984). The Thames Barrier. Thomas Telford. 1984. ISBN 0 7277 0249 1
- [5] Sayers, PB. (2017). 'Evolution of Strategic Flood Risk Management in Support of Social Justice, Ecosystem Health, and Resilience'. Published by Oxford Research Encyclopedia: Natural Hazard Science. DOI:10.1093/acrefore/9780199389407.013.85
- [6] Sayers et al (2007) Thames Estuary 2100 - Interventions and Assets RASP modelling developments and application Published by the Environment Agency IA8 Final Report - 2007 - lead contractor HR Wallingford.
- [7] Environment Agency (2009) Managing flood risk through London and the Thames Estuary: Strategic Environment Assessment - Summary Report. Thames Estuary TE2100 Environment Agency April 2009.
- [8] Halliday, S., 2001. The great stink of London. The History Press.
- [9] Sayers PB; Hall JW; Meadowcroft IC (2002). Towards risk-based flood hazard management in the UK. Civil Engineering 2002, 150(5), 36-42.
- [10] Hall JW; Dawson RJ; Sayers P; Rosu C; Chatterton J; Deakin R (2003). A methodology for national-scale flood risk assessment. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water & Maritime Engineering 2003, 156(3), 235-247.
- [11] Gouldby, B. Sayers .P, mullet-Marti J., Hussan, M. A. A. M. and Benewell D. (2008). A Methodology for Regional-scale Flood Risk Assessment. Water Management. 2008, vol. 161, no3, pp. 169-182 [14 page(s) (article)] (29 ref.). Telford, London.
- [12] McGahey, Sayers, Panzeri et al (2009). Modelling Decision Support Framework 2 (MDSF2). Conference Flood Risk Management Consortium.
- [13] McGahey, C. and Sayers, P.B (2008) Long term planning – robust strategic decision making in the face of gross uncertainty. In: FLOODrisk 2008, 30 September - 2 October 2008, Keble College, Oxford, UK. (2008)
- [14] Penning-Rowsell, E., Johnson, C., Tunstall, S., Tapsell, S., Morris, J., Chatterton, J., and Green, C. (2005) The benefits of flood and coastal risk management. A handbook of assessment techniques. Flood Hazard Research Centre, Middlesex. (Defra 2004).
- [15] Sayers, P.B. and Tarrant, O. and Gouldby, B.P. and Kavanagh, David and Panzeri, M. (2006). Thames estuary - Establishing a robust flood system model to support engineering investment decisions. In: 41st Defra Flood and Coastal Management Conference, 4- 6 July 2006, University of York, UK.
- [16] Sayers et al (2016) Believe it or not? The challenge of validating large scale probabilistic risk models. Proceedings of Floodrisk2016 Paul Sayers, Rob Lamb, Mike Panzeri, Hayley Bowman, Jim Hall, Matt Horritt and Edmund Penning-Rowsell E3S Web Conf., 7 (2016) 11004 DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20160711004>
- [17] Sayers PB, Wallis M, Simm JD, Baxter G and Andryszewski (2010) Towards the Next Generation of Risk-Based Asset Management Tools. Editors Pender and Flaukner. Wiley Publications
- [18] Environment Agency (2009a) Managing Flood Risk Through London and the Thames Estuary: Strategic Environment Assessment - Summary Report. Thames Estuary TE2100 Environment Agency, Bristol, UK.
- [19] Environment Agency (2009b) TE2100 - Climate Change Scenarios. TE2100 Report. Environment Agency (2009c) Thames Estuary 2100 - Phase 3 Set 2 Options Appraisal. A Synthesis Report.
- [20] Environment Agency (2009d) Thames Estuary 2100: Managing flood risk through London and the Thames estuary. TE2100 Plan Consultation Document, April 2009.
- [21] Environment Agency UK (2012a) Thames Estuary 2100: managing risks through London and the Thames Estuary. TE2100 Plan; 2012. <https://brand.environment-agency.gov.uk/mb/CtyxlR>
- [22] Sayers, P., Gersonius, B., den Heijer, F., Klerk, W.J., Fröhle, P., Jordan, P., Ciocan, U.R., Rijke, J., Vonk, B. and Ashley, R., (2021). Towards adaptive asset management in flood risk management: A policy framework. Journal of Water Security, 12, p.100085.
- [23] Quaggy Waterways Action Group, access via <https://qwag.org.uk/>