



中国适应气候变化监测与评估框架研究

On behalf of:



of the Federal Republic of Germany

作为一家联邦企业，德国国际合作机构（GIZ）在可持续发展国际合作领域为德国联邦政府目标实现提供支持。

出版方

德国国际合作机构（GIZ）

注册办公地

德国波恩和埃施博恩

地址

GIZ 东亚办事处
塔园外交办公大楼 2 号楼 16 层
朝阳区亮马河南路 14 号
100600 中国北京

邮箱：climatechangechina@giz.de

如需了解该项目及 IKI 在中国开展工作的更多信息，请访问 climatecooperation.cn

项目描述

本报告由中德气候变化合作（SGCCC）——国家自主贡献（NDC）实施项目支持。该项目是 IKI 的一项中德双边合作项目，由德国联邦环境、气候行动、自然保护和核安全部（BMUKN）与中华人民共和国生态环境部（MEE）合作开展，由 GIZ 和中国国家气候变化战略与国际合作中心（NCSC）联合实施。

IKI 是德国联邦政府支持国际气候行动和生物多样性的工具之一。

项目负责人

Paul Recknagel

作者

邱爽、杨啸、黄磊、张永香（国家气候中心）

审稿人

Julia Berndt、任映映（GIZ）

封面图片来源

<https://www.unsplash.com>

免责声明

本报告所载研究结果、解读和结论仅代表作者观点和意见，不代表 GIZ 或 BMUKN 的观点和意见。

北京，2026 年 6 月

目录

第一章 引言	1
1.1 研究背景与意义	1
1.1.1 中国面临的气候变化挑战	2
1.1.2 中国适应现状与挑战	4
1.2 研究目标与范围	4
第二章 德国及其他国家经验	5
2.1 德国经验	5
2.2 其他国家的经验	12
第三章 初步构建中国适应气候变化监测与评估框架	13
3.1 中国适应气候变化的基本条件分析	13
3.2 方法与步骤	13
3.3 一般原则	14
3.4 确定最终目标和规模	14
3.5 识别变化维度	15
3.6 确定适应活动和信息来源	16
3.7 气候变化适应指标	16
3.7.1 指标制定指导原则	17
3.7.2 气候变化监测、预警和风险管理指标	17
3.7.3 农业和粮食安全指标	19
3.7.4 健康和公共卫生指标	22
第四章 启示和政策建议	25
4.1 德国经验对中国的启示	25
4.2 建立以结果为导向、动态优化的适应 M&E 体系——借鉴德国的影响 - 应对效应链	25
4.3 界定气候适应型社会基本建成的基本特征和可量化路径	27
4.4 建立中国适应监测与评估框架与国际报告流程的技术对接机制	27
主要参考文献	29
附件 1 《2023 年德国适应战略监测报告》中的适应指标	31
附件 2 全球适应目标（GGA）指标	36

图表清单

图 1. 1901-2024 年中国年平均地表温度距平（相较于 1991-2020 年平均值）	2
图 2. 1850-2024 年全球平均地表温度距平（相较于 1850-1900 年基准线）	2
图 3. 1961-2024 年中国极端高温事件频率	2
图 4. 1961-2024 年中国极端日降水事件频率	2
图 5. 2050 年不同情景下上海、广州和天津沿海洪灾社会经济损失风险水平的空间分布	3
图 6. 2021-2100 年不同情景下中国年均高温死亡人数	3
图 7. 制定具有可量化目标的预防性气候适应战略流程	5
图 8. 德国适应气候变化政策周期示意图	7
图 9. 德国适应气候变化行动领域之间的互动	7
图 10. 德国气候适应监测与评估体系	9
图 11. 德国北部地区地下水位和泉水流量	10
图 12. 构建适应气候变化监测与评估框架的基本原则	14
图 13. 中国气象灾害损失	19
图 14. 1991-2019 年中国农业生态系统的干旱敏感性、暴露度和适应性	22
图 15. 当前和未来不同省份气候健康风险增长率与历史基线的比较	25
图 16. 《柳叶刀倒计时》2024 年中国报告所追踪的气候变化影响及应对措施	26
表 1. 德国适应气候变化政策演变	6
表 2. 《联邦气候适应法》（KAnG）中有关适应监测与评估的内容	6
表 3. 《国家适应气候变化战略 2035》三个主要优先事项	15
表 4. 《国家适应气候变化战略 2035》中加强气候变化监测、预警和风险管理的核心目标	15
表 5. 《国家适应气候变化战略 2035》中适应活动和信息主要来源	16
表 6. 气候变化监测、预警和风险管理领域的建议适应指标	18
表 7. 农业和粮食安全领域的建议适应指标	20
表 8. 健康和公共卫生领域的建议适应指标	23

执行摘要

本报告基于对全球气候挑战和中国情况分析，强调中国面临着全球变暖加速、极端天气事件增多以及农业和卫生等关键领域受到威胁等重大风险。这些日益增长的压力凸显了建立健全的国家适应体系的迫切性。为应对这一需求，本报告初步提出了一套旨在加强中国气候变化适应工作的综合监测与评估（M&E）框架。该框架基于变革理论方法，涵盖三个优先领域的详细指标：1）气候变化监测、预警和风险管理；2）农业和粮食安全；3）健康和公共卫生。在这些领域内，指标分为影响（衡量气候影响）、应对（追踪适应行动）和状态指标。在初步构建该框架的过程中，借鉴了重要的国际经验，特别是德国具有法律约束力的、基于指标的适应治理结构，该结构整合了持续的风险评估、战略规划和透明的进展监测。通过借鉴国际经验教训，本研究旨在构建一个与《2035 年国家气候变化适应战略》相契合的、专为中国量身定制的监测与评估框架，从而将国际最佳实践与中国国情相结合。

本报告从德国气候适应体系中提炼出五项关键经验。第一，通过立法或行政法规建立具有法律约束力的制度框架，将战略制定、监测、报告和定期更新纳入法治轨道，确保适应 M&E 的长期性和连续性。第二，实现战略目标、适应措施与可衡量指标的有机衔接，使指标与《国家适应战略 2035》直接对接，确保每个优先领域均有可量化的指标支持，并能够追踪应对措施的实际效果。第三，依托现有气候治理机制，建立专门的跨部门、多层次适应协调平台，覆盖生态环境、气象、水利、农业、卫生、交通、住建等关键领域，同时鼓励地方制定分层的适应战略和报告机制。第四，建立透明的监测与报告制度，定期发布《中国适应气候变化进展报告》，识别数据与知识缺口，为政策调整提供证据基础，并增强公众知情与参与。第五，充分发挥气象部门及科研机构的核心技术作用，在极端天气气候事件监测、预警指标改进、归因分析和气候风险评估等方面提供科学支撑，并推动预警覆盖率、提前量、公众响应率等量化指标的应用。

基于上述经验，提出三项综合性政策建议。首先，建立以跨部门合作和法治为基础、系统化且以结果为导向的适应 M&E 框架：应通过行政法规或专门条款明确法律基础，设立高级别跨部门协调工作组和国家级气候变化适应研究中心；构建统一的“气候变化适应信息平台”，实现数据强制共享与联合评估；基于“影响—应对”效应链设计指标（气候影响→暴露/脆弱性→应对措施→结果），区分影响指标、应对指标和状态指标；确立每五年全面修订、每年进展评估的动态调整周期，并制定明确时间表——力争 2027 年前完成 M&E 体系全面设计与验证，2030 年前在全国正式运行。其次，通过三个可衡量的维度将 2035 年“基本建成气候适应型社会”愿景落地：物理与生态韧性维度（关键基础设施韧性、基于自然的解决方案等）、制度与社会韧性维度（机构协调、预警与应急响应效率、社会风险意识及弱势群体保护）、经济韧性与学习能力维度（灾害损失率、气候风险保险覆盖率、适应投资水平及政策学习反馈机制）。各维度应与国家指标框架中的具体指标映射，并在监测报告中设置专门模块进行跟踪。最后，确保中国 M&E 框架的全球可比性：在框架内嵌入专门的技术对接模块，吸收、调整并实施国际公认指标（如全球适应目标的具体指标）；成立跨部门技术工作组，制定国内监测领域与全球适应目标子目标的映射表，并于 2030 年前在若干试点省份进行测试；利用《巴黎协定》增强透明度框架等国际报告渠道作为国内体系的反馈机制；通过《联合国气候变化框架公约》平台分享中国经验，为全球适应努力做出贡献。

缩略词列表

APA	适应行动计划
BSF	德国联邦统计局
DAS	德国气候变化适应战略
DWD	德国气象局
ECV	基本气候变量
ETF	增强透明度框架
GGA	全球适应目标
GIZ	德国国际合作机构
GDP	国内生产总值
IISD	国际可持续发展研究所
IPBES	政府间组织生物多样性和生态系统服务 科学政策平台
IPCC	政府间气候变化专门委员会
KAnG	德国联邦气候适应法
M&E	监测与评估
MEL	监测、评估与学习
NAP	国家适应计划
NCC	国家气候中心
NDC	国家自主贡献
NGO	非政府组织
OECD	经济合作与发展组织
RCP	代表性浓度路径
SSP	共享社会经济路径
UBA	德国环境署
UNEP	联合国环境规划署
UNFCCC	联合国气候变化框架公约
WMO	世界气象组织

第一章 引言

1.1 研究背景与意义

全球气候变化挑战

气候变化日益被认为是 21 世纪的一项决定性挑战。科学证据不断证实气候变化正在加速。根据世界气象组织（WMO）发布的《2024 年全球气候状况》报告，2024 年全球平均气温比工业化前基准线（1850-1900 年）高出 $1.55 \pm 0.13^\circ\text{C}$ ，成为有记录以来最暖的一年。从 2023 年 6 月到 2024 年 12 月，每个月的全球气温都打破了 2023 年之前的月度纪录。这一年也是 12 个月滑动平均气温首次暂时超过 1.5°C ，尽管根据《巴黎协定》温升目标，这还未能构成持续的气候趋势。

这种前所未有的变暖伴随着大气中温室气体浓度创纪录、冰川持续退缩、海平面加速上升以及珊瑚大面积白化。2024 年的极端天气事件——例如欧洲和中国的持续热浪、非洲之角的严重干旱以及加拿大的灾难性野火——表明了快速变化的气候影响正在加剧。这些变化威胁着全球的粮食生产、供水、卫生系统、生物多样性和基础设施，对发展中国家的影响尤为严重。

如果不采取更有力的减缓和适应措施，气候风险的频率、强度和复杂性将继续增加。即使在低排放情景下，由于既定的升温趋势，某些影响也已不可避免。这凸显了各国不仅需要减少排放，还需要通过积极的适应措施来增强长期韧性。

气候适应的紧迫性和重要性

随着气候变化的影响日益严重和广泛，适应已成为与减缓同等重要的全球优先事项。适应被定义为人类系统对实际或预期气候条件及其影响进行调整的过程，旨在减少

危害或利用有利机会¹。科学评估已明确表明，即使大幅减少温室气体排放，由于历史排放和既定排放，相当程度的气候变化也已不可避免。这意味着各国必须为更频繁、更强烈的热浪、洪水、干旱、海平面上升和生态系统破坏做好准备——其中一些可能已经超出了当前应对能力的极限。

适应气候变化的紧迫性不仅源于气候风险日益加剧，也源于应对措施的时效性。适应工作的延误会导致人员伤亡和社会经济损失不断扩大，尤其是在最脆弱的人群中。根据政府间气候变化专门委员会（IPCC）第六次评估报告，预计未来几十年将有数十亿人面临气候灾害风险增加的局面，发展中国家和发达国家的适应需求都将迅速增长。如果缺乏充分及时的适应措施，气候变化很可能会危害粮食安全、水资源供应、人类健康状况、生计和区域稳定。

鉴于这种紧迫性，《巴黎协定》下设立了全球适应目标（GGA），旨在增强适应能力、提高抵御能力并降低气候变化的脆弱性。GGA 代表着一项政治承诺，即把适应提升到与减缓同等重要的地位，并促进全球合作以缩小适应差距。尽管各缔约国做出了这样的承诺，但联合国环境规划署 2023 年发布的《适应差距报告》警告说，发展中国家适应资金需求是国际公共资金流入量的 10 至 18 倍，而实际落实情况远未达到避免严重损失和损害所需的水平。

适应已成为气候行动的关键支柱，需要立即获得政治关注、财政资源和制度承诺——尤其是在不可逆转的变化已经开始发生的情况下。为了应对这一挑战，国际社会日益重视将适应纳入国家发展战略的主流，加大对气候适应型基础设施的投资，并在社会各层面提升适应能力。同时，透明且健全的适应监测与评估（M&E）体系也在不断发展，以确保适应行动有效、公平，并与长期韧性目标保持一致。

¹ IPCC, 2022: Annex II: Glossary [Möller, V., R. van Diemen, J.B.R. Matthews, C. Méndez, S. Semenov, J.S. Fuglestedt, A. Reisinger (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 2897–2930, doi:10.1017/9781009325844.029.

1.1.1 中国面临的气候变化挑战

(1) 物理信息

中国极易受到气候变化多方面影响。由于幅员辽阔、气候带复杂、人口稠密且城市化进程迅速，中国面临着多重气候风险，包括气温上升、极端气候事件加剧、粮食和水资源安全受到威胁以及公共卫生压力增大等挑战。

过去几十年，中国的升温速度较快（图1）。根据《2025年中国气候变化蓝皮书》，自1961年以来，中国地表温度平均每十年上升 0.31°C ，远高于全球平均水平（图2）。仅在2023年，中国就经历了有记录以来最热的年份之一，多个地区的月度极端气温超过了历史最高纪录。这种长期变暖趋势导致全国极端天气气候事件的频率（图3）和强度不断增加。

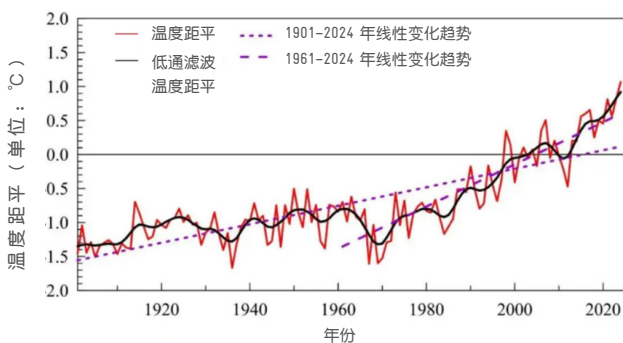


图 1. 1901-2024 年中国年平均地表温度距平（相较于 1991-2020 年平均值）²

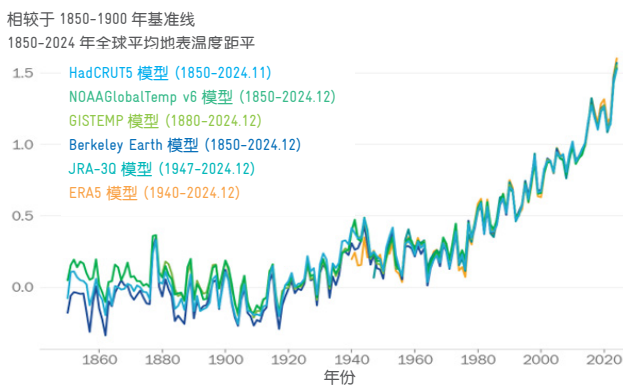


图 2. 1850-2024 年全球平均地表温度距平（相较于 1850-1900 年基准线）³

强降雨和严重洪涝极端天气气候事件的发生频率更高（图4），尤其是在中西部地区。2025年7月，西北和华北地区就曾遭遇强降雨，引发大范围山洪暴发，导致交通网络中断、基础设施受损，并引发多个省份的大规模应急响应行动。

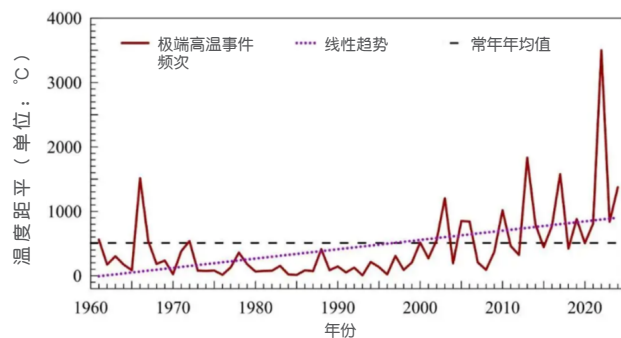


图 3. 1961-2024 年中国极端高温事件频率⁴

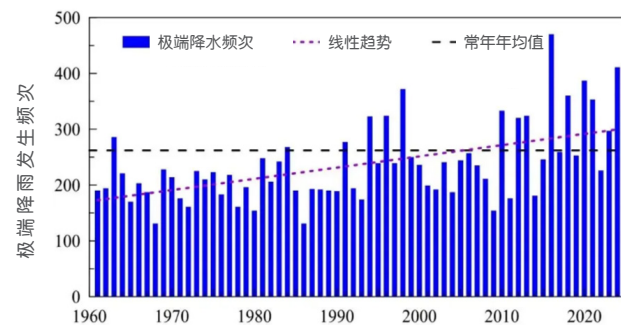


图 4. 1961-2024 年中国极端日降水事件频率⁵

(2) 部门信息

2025年7月4日，国家能源局报告称，中国全国用电高峰负荷达到14.65亿千瓦，比6月下旬增加约2亿千瓦，超过了2024年创下的14.51亿千瓦的历史最高纪录⁶。这种前所未有的与高温相关的用电需求给能源系统、工业运营和城市基础设施带来了巨大压力。

中国的农业系统也随气候变化面临越来越大的压力。研究表明，过去20年，与洪水相关的气象灾害导致全国水稻产量估计下降了8%⁷。降水模式的变化和高温区的扩张

⁴ 《2025年中国气候变化蓝皮书》，国家气候中心。

⁵ 2025年中国气候变化蓝皮书，国家气候中心

⁶ 中国各地采取措施保障电力供应 以应对热浪引发的创纪录用电需求，《人民日报》，2025年7月7日，<https://en.people.cn/n3/2025/0707/c90000-20336529.html>。

⁷ Fu, J., Jian, Y., Wang, X. et al. Extreme rainfall reduces one-twelfth of China's rice yield over the last two decades[J]. Nat Food, 2023, 4:416–426. <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00753-6>

² 《2025年中国气候变化蓝皮书》，国家气候中心

³ 《2024年全球气候状况报告》，世界气象组织。

预计将改变小麦、水稻和玉米等主要粮食作物的空间分布，综合来看未来将对国家粮食安全构成长期威胁。

沿海地区是中国人口最稠密、经济最发达的部分城市所在地，正日益受到海平面上升和高盐海水入侵的影响。预测显示，到 2050 年，中国将有超过 3100 万人面临因海

平面上升而导致的严重洪灾风险⁸。在 SSP2-4.5 和 SSP5-8.5 情景下，到 2100 年，上海、广州和天津沿海洪涝风险的空间分布呈现逐步增加的趋势，其中高排放情景 SSP5-8.5 下的变化更为显著（图 5）。在高排放情景下，沿海洪涝造成的年度社会经济损失可能高达数百亿美元，影响城市基础设施、住房和地方经济等重要方面。

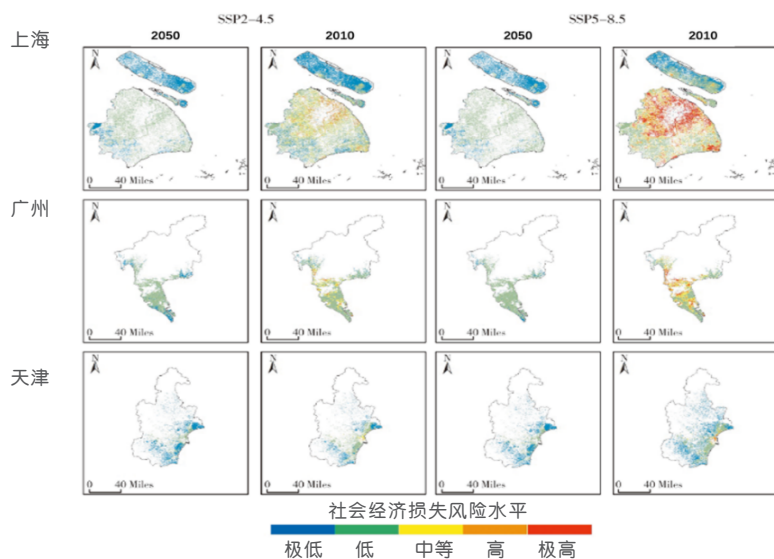


图 5. 2050 年不同情景下上海、广州和天津沿海洪灾社会经济损失风险水平的空间分布⁹

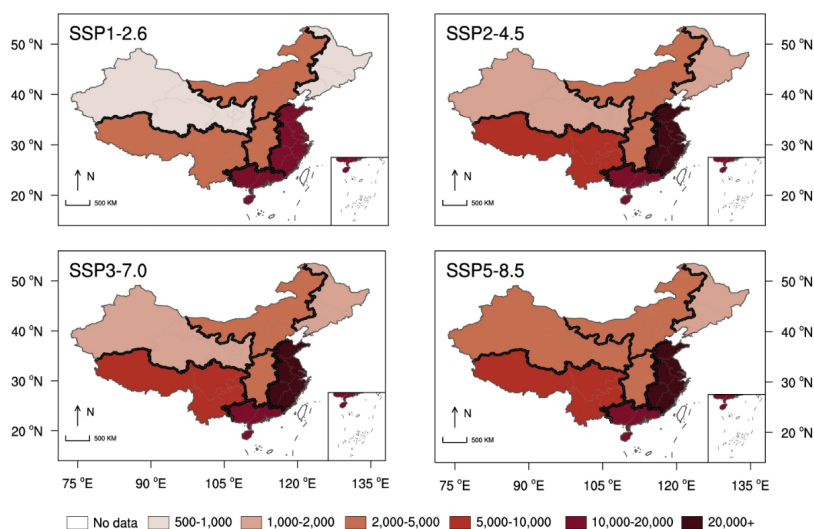


图 6. 2021-2100 年不同情景下中国年均高温死亡人数¹⁰

8 Kulp, S.A., Strauss, B.H. New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. Nat Commun 10, 4844 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12808-z>

9 蔡荣硕, 徐伟宏. 中国沿海城市洪灾社会经济损失风险 [J]. 中国人口、资源与环境, 2022, 32(8): 174-184.

10 Zhang, G., Sun, Z., Han, L. et al. Avoidable heat-related mortality in China during the 21st century. npj Clim Atmos Sci 6, 81 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41612-023-00404-4>

与气候变化相关的公共卫生风险也日益凸显。仅在2019年，热浪就导致中国约26800人死亡，其中65岁及以上的老年人尤其脆弱。此外，气候变化预计将扩大疟疾等媒介传播疾病的地理范围和传播季节。据估计，在未来升温情景下，中国南方部分地区疟疾传播风险可能增加39%至140%。预测显示，高排放情景将导致中国因高温导致的死亡人数远高于中低排放情景（图6）。

以上评估表明，气候变化对中国而言不再是遥远的环境问题，而是对国家发展、社会稳定和人民福祉切实而紧迫的威胁。应对日益加剧的风险，不仅需要有针对性的适应政策，还需要健全的适应监测与评估体系，以便为基于证据和区域差异化的适应战略提供信息。

1.1.2 中国适应现状与挑战

自20世纪中叶以来，中国气温上升幅度一直高于同期全球平均水平，气候变化对农业、水资源、能源、生态系统和人类健康的不利影响已逐渐显现。为此，中国在气候适应战略与规划方面取得了重要进展。2013年发布的《国家适应气候变化战略》和2022年更新的《国家适应气候变化战略2035》（以下简称《适应战略2035》）是重要的适应里程碑。《适应战略2035》概述了总体适应战略方向，并设定了2025年、2030年和2035年的分阶段目标。适应气候变化也被纳入了“十四五”和“十五五”规划和生态文明建设等重大国家规划中。部分省市制定了省级适应战略，通常侧重于减少灾害风险、保护生态环境和增强基础设施韧性。

在进展评估方面，中国于2025年连续第三年发布了《中国适应气候变化进展报告》。该报告系统总结了自2022年以来在六个重要领域的适应进展：气候变化政策体系、监测和预警与风险管理、自然生态系统、经济和社会体系、区域格局和保障机制。然而，整体适应体系仍较为分散且发展并不均衡。许多地方政府缺乏实施和监测适应行动所需的资源和技术能力。气候风险和适应成果的数据往往缺失或缺乏一致性，评估方法也差异较大，导致跨区域比较困难。此外，目前尚无统一的国家级M&E框架，未能整合部门、区域和国家层面的信息。当前的评估方法仍然主要依赖定性分析，侧重文字描述和案例研究，这凸显了在建立用于追踪长期适应进展的指标体系和M&E框架方面与发达国家的差距。

鉴于这些差距，构建一个系统化、科学严谨且与政策相关的气候适应M&E框架至关重要。框架的搭建将有助于循证决策、优化资源配置、提升问责，并将促进中国适应努力与全球适应规范接轨。

1.2 研究目标与范围

本报告的主要目标是为中国气候变化适应M&E初步构建一个较为全面且具有可操作性的整体框架。在气候风险日益加剧以及国际社会对适应透明度和有效性的期望不断提高的背景下，该框架旨在支持政策制定、改善多层次治理，并促进跨部门和跨区域的适应性学习。

由此，该M&E框架旨在服务于四个核心功能。第一，为追踪国家层面的适应行动和政策的实施情况提供科学基础。第二，助力识别适应差距和资源与信息需求，从而为完善适应战略提供信息。第三，以量化数据为基础，促进政策协调和问责。第四，增强中国参与国际适应进程的能力，并在《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）等多边国际气候治理平台报告适应进展情况。

鉴于各领域对气候影响的脆弱程度不同，与气候适应相关的广泛领域常被视为建立M&E框架的基础。根据《适应战略2035》，适应的优先领域包括但不限于：气候变化监测、预警和风险管理；农业和粮食安全；卫生和公共卫生；水资源；能源；生态系统和生物多样性；基础设施（包括交通和海岸防护）；以及城市规划和人居环境。

本报告重点关注以下三个优先领域，这些领域最易受气候变化影响，对国家发展和社会福祉至关重要，包括：

- 气候变化监测、预警和风险管理
- 农业和粮食安全
- 卫生和公共卫生

为了捕捉适应的动态性和复杂性，该框架基于变革理论方法。这有助于绘制从投入和行动到结果和影响的逻辑链条，从而可以跟踪不同维度（如暴露度、敏感性、适应能力）随时间推移的进展。该框架包含定性和定量指标，并利用官方统计数据、科学数据集、文献和参与式评估。

除了满足国内政策需求外，该框架还旨在支持中国参与全球适应进程。根据《巴黎协定》确立的全球适应目标（GGA）有关内容，国际社会已积极制定具体目标和相关指标，以指导集体进展并促进履约^{11 12}。UNFCCC谈判强调，需要采用透明、可比和可扩展的方法来评估适应成效、韧性成果和实施手段。中国正在努力构建科学严谨、跨部门整合的M&E体系，这与上述目标高度契合。

11 专家技术报告终版，包括方法论信息，阿联酋 - 贝伦指标工作方案 | 联合国气候变化框架公约，<https://unfccc.int/documents/649630>

12 与适应全球目标相关的事项 | 《联合国气候变化框架公约》，<https://unfccc.int/documents/654353>

第二章 德国及其他国家经验

2.1 德国经验

德国是最早制定并推出一系列气候变化适应性政策文件的国家之一。其适应性政策的演变历程如表 1 所示。2005 年发布的《国家气候保护计划》明确指出，需要制定一套全面的国家气候变化适应战略。这促成了 2008 年《德国适应气候变化战略》（DAS）的通过¹³。该战略不断发展完善，旨在随气候变化的实际情况，实质性降低脆弱性并增强适应能力。2011 年，德国通过了《适应行动计划》（APA），将 DAS 转化为具体的联邦层面措施，并定期更新以反映新认知和优先事项。

DAS 2024 取得了显著进展，该战略以 2021 年《气候影响和风险分析》为指导，并得益于战略制定过程中广泛的公众参与（图 7）。这项分析报告调查并评估了 13 个行动领域中的 102 项气候影响，包括对采取和不采取适应措施的气候风险、空间分布模式、紧急行动需求和进一步研究要求进行综合评估。另一个里程碑是第四份适应行动计划（APA IV）的出台，该计划作为 DAS 2024 附件与其一并通过。APA IV 包含联邦政府推动德国适应气候变化并支持相关利益攸关方落实的具体措施。德国首次在 DAS 2024 中设定了可衡量的适应目标，制定包括 33 项主要目标和 45 项子目标，其中大部分目标设定于 2030 年完成，部分目标设定于 2050 年实现。这些目标通过特定指标进行监测与评估，旨在增强应对热浪、干旱、暴雨和洪水等能力。该文件还针对每一项目标制定了具体的实施措施。

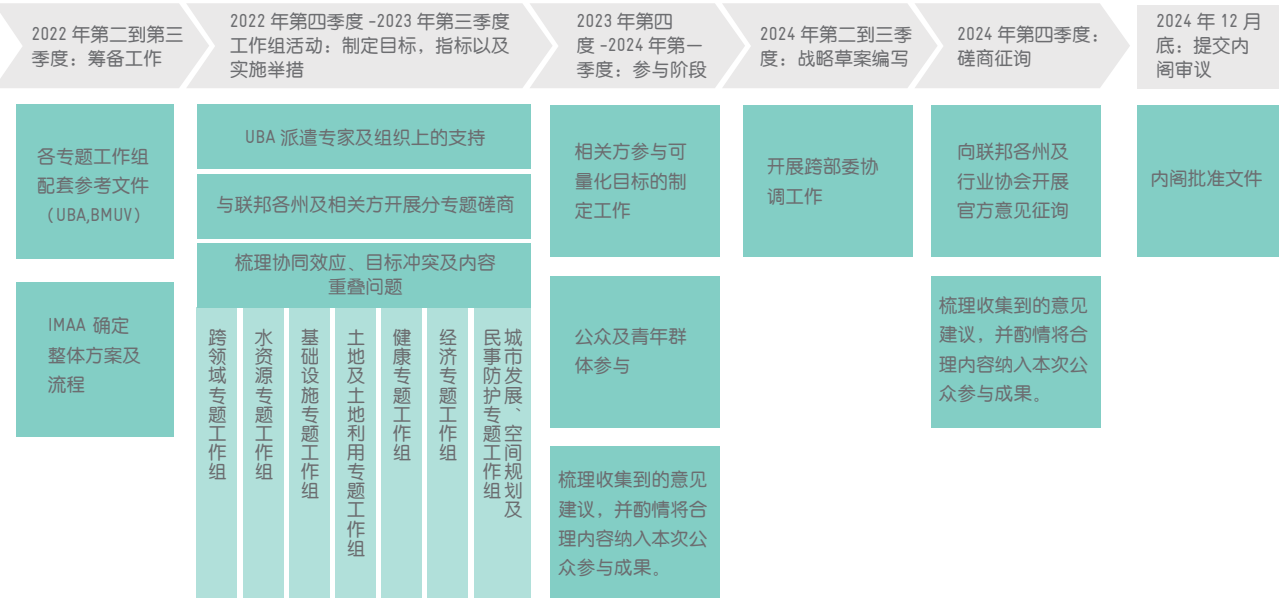


图 7. 制定具有可量化目标的预防性气候适应战略流程
(来源：DAS 2024)

13 德国气候变化适应战略，http://bundesumweltministerium.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/das_gesamt_en_bf.pdf

DAS 2024 也履行了《联邦气候适应法》（KAnG）的核心职责¹⁴。KAnG 于 2024 年 7 月 1 日生效，将气候适应提升为国家优先事项。该法案要求联邦政府、各州和地方政府根据气候风险分析制定应对变暖的适应战略和计划，并辅以具体措施。同时该法案要求每四年更新一次适应战略，每八年更新一次国家气候风险分析，以确保适应措施

能够根据最新的科学成果和社会经济状况进行动态调整。为实现这一目标，该法案规定使用监测体系，通过具体指标衡量目标的进展情况。在此基础上，对目标和适应措施进行审查，并在必要时进行更新。这为战略性和动态的适应管理创建了一个灵活且具有目标导向的综合框架。

表 1. 德国适应气候变化政策演变

时期	关键政策	里程碑
2005-2008 年：战略孵化和框架建立	2005 年：气候保护计划	首次提出制定国家适应战略的必要性
	2008 年：德国适应气候变化战略（DAS）	德国首个系统性适应战略
2011-2015 年：行动实施和首次评估	2011 年：适应行动计划（APA）	将 DAS 目标转化为具体措施
	2015 年：第一份进展报告和 APA 更新	系统性评估实施进展并发布首个全国性脆弱性分析报告
2020 年至今：深化评估和适应性调整	2020 年：第二份进展报告	持续监测和评估适应进展
	2024 年：DAS 2024	设定可衡量的适应目标
	2024 年：APA IV	纳入最新的气候影响科学和更新的评估方法
	2024 年：《联邦气候适应法》（KAnG）	具有法律约束力的框架生效

《联邦气候适应法》的核心要素

德国的气候适应体系建立在坚实的法律框架之上，该框架将适应从一项政策倡议提升为一项强制性的、可持续的国家义务。KAnG 首次在联邦层面全面确立了适应的原则、目标 and 责任，实现了适应的制度化。它为制定和实施适应战略提供了法律基础，并将适应纳入各级政府的长期规划和日常治理中。KAnG 中与适应监测与评估相关的主要内容，请参见表 2。

KAnG 确立了“气候风险优先原则”，要求将气候变化风险纳入所有重大公共政策制定、规划和投资中。这使得适应要求能够融入基础设施、土地利用、能源、交通和农业政策，从而将适应措施纳入各部门的主流。

关于实施，该法案要求建立由联邦环境署（UBA）牵头的全国适应 M&E 报告体系。监测结果必须定期公开，并作为战略修订的基础。如果监测发现与目标存在偏差或风险发生重大变化，政府有义务在更新周期内及时调整战略。这种法律规定的“目标-监测-修订”机制确保了适应政策的闭环运行。

表 2. 《联邦气候适应法》（KAnG）中有关适应监测与评估的内容

类别	主要条款 / 要求
联邦层面的行动	• 联邦政府必须制定一项预防性的气候适应战略，并设定可衡量的目标、指标和具体措施。 • 联邦政府必须将气候风险评估纳入其规划和投资决策。 • 联邦政府应为脆弱性分析和风险评估提供技术指导和数据标准。 • 每四年更新一次国家适应战略，每八年更新一次国家气候风险分析。
州级行动	• 各州有义务根据风险分析制定符合自身的气候适应战略和 / 或行动计划。 • 各州必须确定特定部门的脆弱性并制定实施措施。 • 各州应定期报告其适应进展情况。
联邦政府与州级政府的协作	• 设立联邦 - 州级联合协调委员会，以协调适应目标、分享最佳实践并避免重复工作。 • 联邦政府和州政府应在可行的情况下就共同指标达成一致，以确保可比性。 • 信息互通义务：联邦机构向州级机构通报相关的国家评估结果；州级机构提供地方数据，为联邦风险分析提供基础信息。
报告要求	• 联邦政府必须每四年提交一份国家适应气候变化进展报告。 • 各州需按相同周期向联邦 - 州级协调委员会提交州级进度报告。 • 报告必须包括已实施的措施、目标达成情况、指标趋势及适应差距。 • 应公开一份比较联邦和州级进展情况的综合报告。

14 《联邦气候适应法案》（KAnG）， <https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2023/393/VO>

法律约束推动国家适应战略的实施

自 KAnG 生效以来，DAS 的法律地位和实施得到了显著加强。DAS 2024 不仅明确了总体目标和优先领域，还引入了量化指标体系和基于集群的管理结构。它将 17 个行动领域归纳为 7 个集群（如自然环境、社会经济系统、基础设施、健康），为不同部门和地区提供统一的政策指导，并与州级战略相衔接。

KAnG 法律层面的约束力体现在两个方面：首先，DAS 的制定和更新必须符合 KAnG 所规定的周期和程序要求；其次，DAS 目标必须与全国气候风险分析相匹配，以确保其科学性与实际情况相符。此外，DAS 目标必须配有相应的适应措施、可量化的指标和明确的实施责任。

KAnG 不仅定义了适应的“内容”，还定义了适应的“主体”和“方式”。它要求设立一个跨部门气候适应工作组（IMAA），以进行联邦层面的协调。各州政府必须制定与国家战略相一致的自身战略，而各市必须根据当地风险概况制定地方适应方案。这既体现了自上而下的指导，又体现了自下而上的灵活性。

德国通过 KAnG 和 DAS 的有机结合，建立了一个具有法律约束力的气候适应体系，将科学评估、政策目标、实施、监测与评估以及战略更新整合到法定程序中，增强了政策

连续性和稳定性，并为适应措施的实施提供了可追溯的基础。在国际上，这种法律化的全周期模式较为先进。

政策周期和治理结构

德国适应政策周期（图 8）首先基于国家气候风险分析。该评估由联邦政府牵头，UBA 组织开展。它将气候科学与生态和社会经济数据相结合，以识别不同地区的主要气候风险，并分析风险之间的重叠影响（图 9），从而为国家和地方战略提供科学依据。

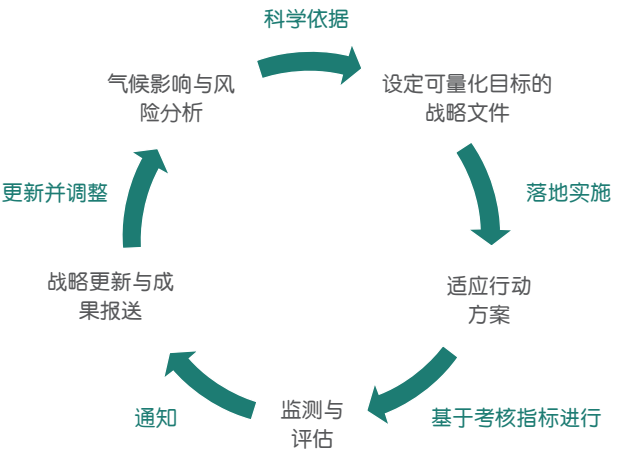


图 8. 德国适应气候变化政策周期示意图

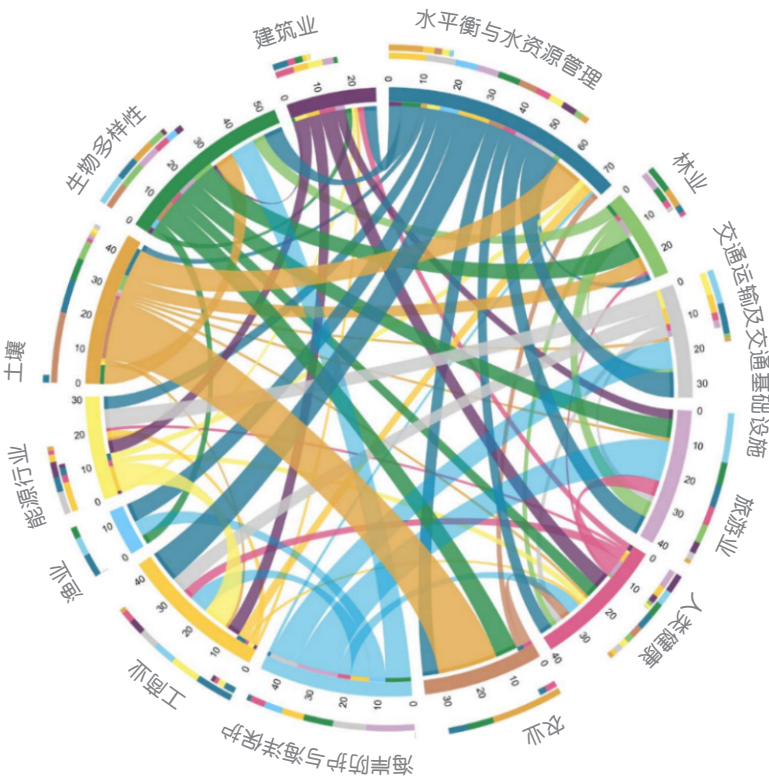


图 9. 德国适应气候变化行动领域之间的互动（来源：《2021 年德国气候影响和风险评估》）

各项战略通过 APA 转化为具体的实施措施，该计划涵盖联邦措施、州级责任和跨部门行动。最新版 APA IV 已纳入 DAS 2024，其中包含 180 多项措施，涵盖基础设施改造、生态系统恢复、公共卫生保护、水资源管理、城市韧性建设和气候信息服务等领域。

进展追踪依赖于统一的国家监测体系，UBA 每四年发布一份《适应气候变化监测报告》。该报告使用具体指标来量化评估气候变化的影响、适应措施的实施情况以及有利条件的变化。监测结果向公众公开，并作为战略更新和行动计划调整的直接依据。

监测和风险分析信息在修订战略和计划中发挥着核心作用。如果目标未实现或风险发生变化，政府可以在更新周期之前调整适应措施。调整过程涉及与各州、行业、科研机构和公众的广泛磋商。

多层次治理结构确保战略的实施。IMAA 负责国家层面的协调，而联邦各部委则在其各自领域制定和实施目标，并向各州提出任务。各州制定并实施与国家战略相一致的自身适应战略（每五年更新一次），将自上而下的协调与自下而上的反馈相结合。

适应指标体系的设计和分类

DAS 在连续的报告周期中不断完善其监测框架。2023 年《DAS 监测报告》是 2024 年战略的科学依据，是对最初于 2008 年建立的指标体系的最新更新。德国的适应性指标体系最初应用于 2015 年的 DAS 监测报告，并于近期在 DAS 2024 和 KAnG 2023 的框架下得到进一步发展，是将战略目标转化为可量化和可追踪结果的重要工具。指标体系的建立和更新不仅是技术问题，也是政策设计的核心方面，旨在确保适应行动可衡量，并能直接为政策调整提供信息。

《DAS 监测报告》每四年发布一次，其主要目的有两个：首先，概述气候变化对德国的实际影响；其次，提出衡量适应目标进展情况的指标。正如 DAS 2024 第 2.1 节所述，2023 年《DAS 监测报告》记录了德国的气候发展的最新情况，包括 1881 年至 2023 年间气温上升 1.8℃，其中 2014 年至 2023 年这十年比开始测量的时段高出 2.3℃。该报告还记录了高温天气、干旱、强降雨和洪涝灾害（如 2021 年 7 月德国特大洪水）发生频率的增加。

2023 年《DAS 监测报告》中的指标体系涵盖广泛领域，并根据 DAS 结构，分为七大集群下的 17 个行动领域，包括农业、林业、水资源管理、卫生保健、城乡空间规划、

交通运输、经济产业、生物多样性和生态系统。在卫生保健领域，指标包括热浪健康预警的覆盖范围、与高温相关的疾病发病率以及媒介传播疾病的监测结果，这些指标直接反映了公众健康对气候变化的脆弱性以及防护措施的有效性。

2023 年《DAS 监测报告》的指标章节采用结构化方法。首先，该章节通过概述各行动领域受气候变化影响的程度和预期的未来风险，确定其相关性，并指出数据和知识缺口，同时举例说明各领域正在开展的工作。该章节遵循德国的两类指标体系，通过 67 项影响指标和 45 项响应指标，呈现了当前气候变化适应的现状。此外，还有 5 项交叉领域监测指标，例如气候变化影响的可控性以及预警和信息服务的使用情况。

影响指标（impact indicator）反映了气候变化对自然和社会经济系统的直接或间接影响。例如，极端高温天数和热浪持续时间、强降雨和洪水事件的频率、河流径流变化、作物产量波动以及与热浪相关的死亡率。这些指标揭示了气候风险的现状和趋势，并为识别脆弱领域提供了依据。影响指标包括新开发的基于卫星的产品，这些产品取代了之前的案例研究，并通过时间序列展示德国全国范围内的发展情况，并在必要时辅以基于地图的区域分布差异。水资源平衡和水资源管理行动领域的影响链示例体现在从之前的案例研究指标过渡到三个新的基于卫星的指标。这些新指标监测气候变化对全国水资源部门问题的影响。这一转变表明，水文条件的变化作为一种影响因素，如何促使政府开展协调一致的努力，以制定标准化指标作为应对措施。这些努力反过来又为从数据收集到政策行动的整个适应规划链提供信息。

应对指标（response indicator）衡量适应行动、政策和管理措施的实施情况和有效性。例如，地方适应计划的覆盖范围、防洪投资规模、气象灾害预警系统的覆盖范围和预警时间、气候风险评估的频率以及公众教育和培训次数。这些指标直接反映适应体系的运行能力和管理水平。

未来的气候风险通过趋势外推和指标预测间接应对。由于这些内容包含在独立气候影响和风险评估中，因此未提供明确的定量预测，该评估是德国进一步发展适应措施的基础，特别是为制定下一阶段的适应行动计划奠定了基础。监测系统侧重于已观察到的变化，那些目前处于休眠状态或正在修订的指标（例如正在接受方法论审查的指标）可能会在未来报告中重新出现，以便更好地捕捉新出现的风险。

通过多种机制，人们认识到数据和知识方面的缺口。数据来源是指标体系运行的关键支撑。德国指标数据结合了定量和定性信息。定量数据主要来自全国统一的监测网络和统计系统，包括德国气象局（DWD）的气象数据、联邦统计局（BSF）的社会经济数据、UBA 的生态和污染监测数据，以及河流和地下水水文站的数据。定性数据则主要通过问卷调查、专家评估和案例研究获得，用于补充无法量化的趋势信息或解释数据变化背后的原因。例如，在评估社会对天气预警的响应效果时，定量统计数据可以显示预警的覆盖范围和提前度，而公众调查和访谈则可以揭示公众对预警信息的理解程度和实际行动率。2023 年《DAS 监测报告》包含 13 个案例研究，这些案例研究中全国性数据仍然不足。由于数据来源缺失或与气候变化的关联存疑，15 项指标被删除。另有 4 项指标因方法论更新而暂时搁置。

在具体应用中，气象相关指标占据重要地位，既反映了气候变化的近期趋势，也衡量了预警和防灾系统的有效

性。例如，极端高温天数和热浪持续时间的变化趋势反映了高温风险的长期变化；年最大日降水量和强降雨事件的频率与洪水风险评估直接相关；气象灾害预警的覆盖范围和预警提前量衡量了预警系统的及时性和覆盖范围；接收和理解气象预警信息的公众比例反映了预警的社会效力；此外，还有关键时期的农业气候适宜性指数，用于评估气候条件对粮食生产的潜在影响。这些指标的数据主要来源于 DWD 的观测和分析，并与地方防灾系统、农业气象服务和公共卫生监测的数据相结合，以实现跨领域和综合评估。

这些指标的制定得益于联邦和州级专家之间的密切合作、研究项目以及指标方法论的不断完善。为了增强指标的政策相关性，德国在设计阶段就将它们纳入战略目标体系，确保每个战略目标至少对应一个核心指标。指标数据的收集和发布由 UBA 牵头，各联邦部门和不同领域的科研机构也参与提供数据。这种跨部门、跨层级的数据管理方法确保了政策实施和评估中指标体系的稳定性和可持续性。

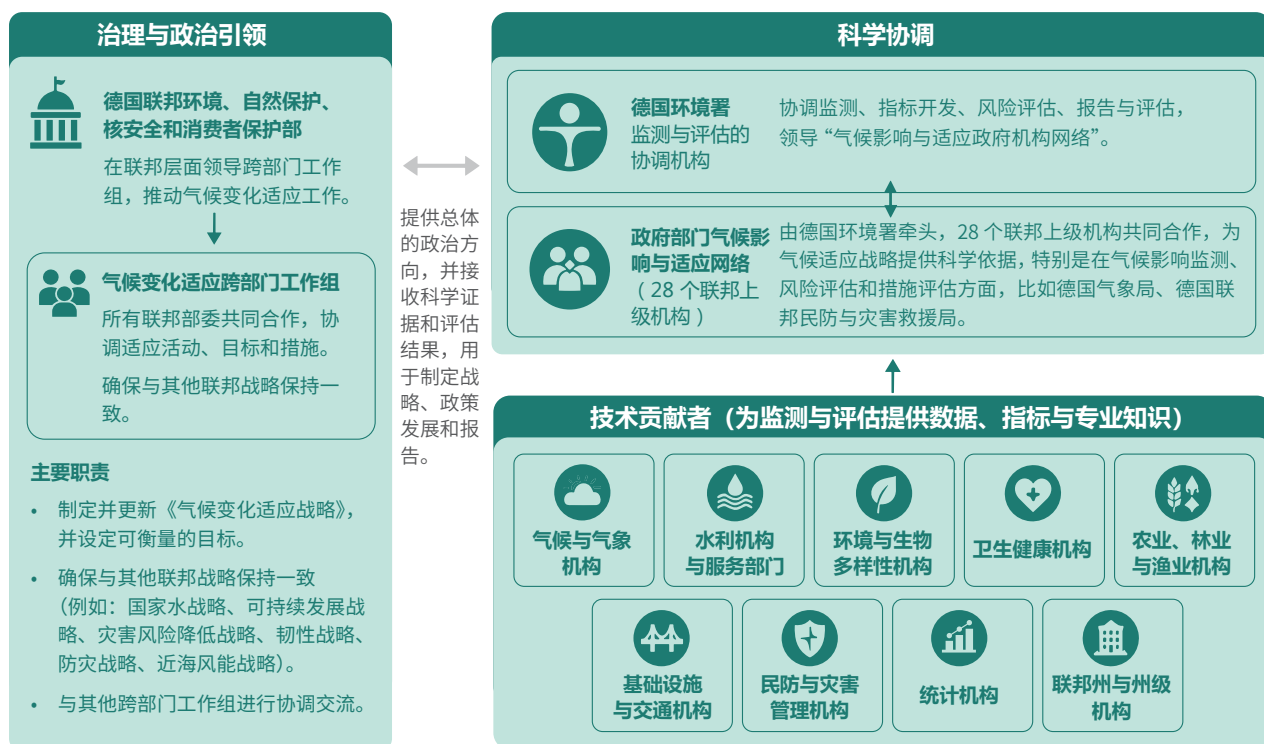
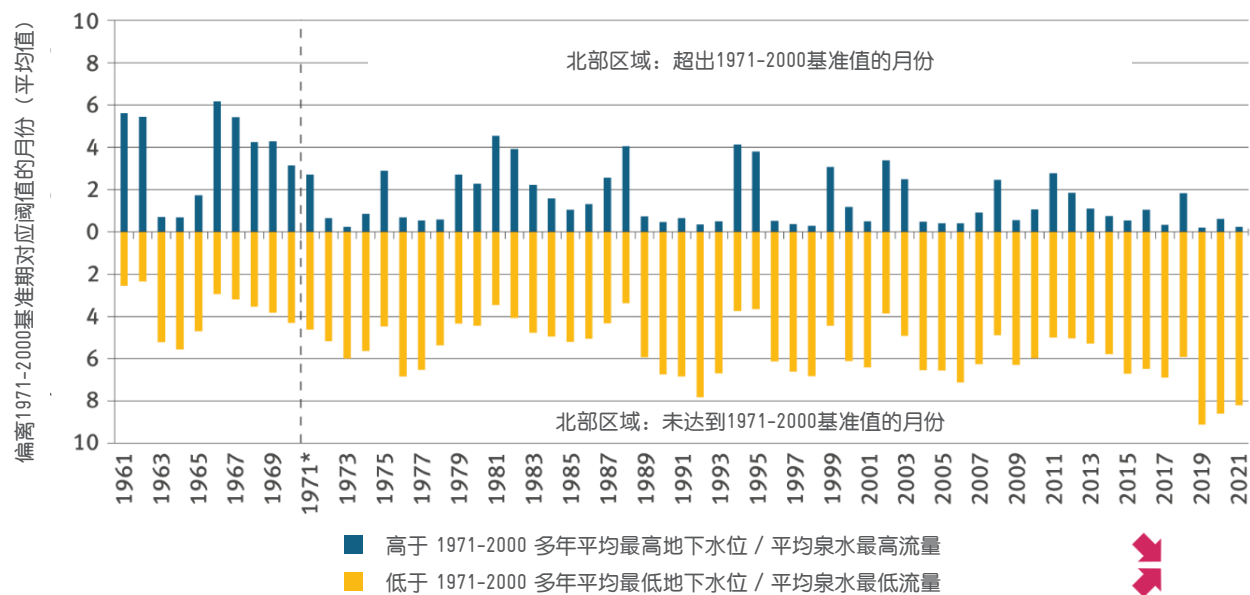


图 10. 德国气候适应监测与评估体系（图源：作者绘制）

适应监测指标示例：地下水位和泉水流量

概述：水资源集群中的一项关键影响指标是“地下水位和泉水流量”（WW-I-2），该指标在 2023 年《DAS 监测报告》中有所提及。该指标衡量地下水位或泉水流量低于长期平均最低值（参考期为 1971-2000 年）的月份数（图 10）。它反映了淡水资源的可用性，而淡水资源对于饮用水供应、农业、工业和生态系统至关重要。

影响链：气候变化导致气温升高和降水模式改变，从而导致干旱更加频繁和严重（如 2018 年至 2022 年期间观测到的情况）。降雨减少和蒸发增加会降低地下水补给量，导致地下水位下降和泉水流量减少。这直接影响人类饮用水、灌溉用水和工业用水的供应，并可能导致用水冲突。地下水位下降还会影响河流的基流，加剧低水位状况，损害水生栖息地并限制航运。



北部区域范围：
勃兰登堡州、梅克伦堡-前波美拉尼亚州、下萨克森州、北莱茵-威斯特伐利亚州、
萨克森-安哈尔特州、石勒苏益格-荷尔斯泰因州。

数据来源：
德国各联邦州地下水监测网络

图 11. 德国北部地区地下水位和泉水流量（图源：2023 年《DAS 监测报告》）

政策应对措施：为应对这一风险，联邦政府推出了“国家水资源战略（2023）”，该战略聚焦于十个战略主题，其中包括为长期储备可用水资源的目标¹⁵。具体措施包括改进地下水监测和建模，建立国家地下水位信息平台，建立用水登记册以记录实际取水量，以及通过景观蓄水促进地下水补给。政府还致力于制定全国统一的供水计划，采用统一的最低标准，以平衡各种用水需求，确保水资源管理的韧性。适应进展情况通过指标本身来衡量，目标是最大限度地减少未达标月份，同时还通过监测站数量和记录的地下水取水量等补充指标来衡量。

适应监测和报告机制

在德国气候适应体系中，监测和报告是确保战略目标实施和适应工作持续改进的法律要求的核心组成部分。KAnG 明确要求联邦政府定期、系统评估气候变化影响、适应行动的实施情况和总体进展，并在规定的四年周期内向公众公布评估结果。这一制度化的安排使得监测和报告能够在收集信息的同时，为政策的实施和调整提供重要的支持。

监测工作在全国统一的框架下进行，由 UBA 牵头，负责制定监测方案和技术规范，以确保不同地区和区域的数据定义、计算方法和时间序列的一致性，由 IMAA 在政治层面协调，DWD、BSF、各州政府、研究机构和行业协会负责提供数据、进行技术分析和验证。各州补充地方层面的数据，并就地方实施情况提供反馈，从而形成自上而下和自下而上相结合结的监测网络。

15 德国国家水资源战略 - 2023 年 3 月 15 日内阁决议 . https://www.bundesumweltministerium.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nationale_wasserstrategie_2023_en_bf.pdf

监测结果的制度化发布形式为《DAS 监测报告》。报告涵盖气候变化带来的主要影响、各领域适应行动的进展以及支持条件的变化，并根据长期趋势和最新评估提出调整建议。最新发布的 2023 年《DAS 监测报告》概述了基于长时间序列和数据统计对气候变化影响和适应进行系统监测的方法，旨在向公众和政策制定者提供相关信息，并强调采取气候保护和适应措施的必要性。报告还指出，为了最大限度地降低这些风险和潜在损害，避免未来更高的恢复和适应成本，及时、前瞻性地适应气候变化影响变得越来越重要。气候变化影响和适应指标体系是《DAS 监测报告》的主要组成部分之一。该体系包含 117 项指标，涵盖健康、水资源、土地、基础设施、经济、跨领域集群以及城市发展、空间规划、民防等领域（详见附件 1）。

该机制设计的核心是使监测结果与政策调整的时机保持一致，并确保及时修订适应战略。KAnG 要求联邦政府在监测结果显示战略目标进展不足、外部风险形势发生重大变化或实施效果低于预期时，对战略更新周期进行调整。由此，监测报告不仅是适应成果展示的依据，也是触发适应战略修订和行动计划优化的基础，确保适应工作能够及时应对新的挑战 and 机遇。

透明度和公众参与也是该系统运行的重要组成部分。UBA 在发布《DAS 监测报告》后，会组织跨部门、多方利益相关方的评估会议，邀请各州政府、行业协会、研究机构和民间社会组织共同探讨结果和建议¹⁶。政策调整方面的社会共识可以得到加强，并为后续实施争取更广泛的支持。DWD 在此也发挥着关键作用，尤其是在监测极端天气气候事件和评估预警系统运行方面，为评估适应能力提供了不可替代的科学依据¹⁷。

通过法律保障、跨部门合作和制度化的反馈机制，德国实现了从数据收集、进展评估到政策修订的闭环管理，从而使适应战略能够在不断变化的气候风险背景下保持科学性、连续性和公众认可度。

德国气候准备门户网站（KLiVO）和德国标准化协会

除了 KAnG 确立的法律框架和 DAS 2024 的战略目标外，有效实施适应措施还高度依赖于获取高质量数据、决

策支持工具和实用指南。自 2008 年 DAS 通过以来，在数据收集、气候影响研究以及开发新的工具和措施方面取得了显著进展。

KLiVO 的建立是 2015 年发布的首份《DAS 监测报告》的直接成果。德国政府于 2018 年 9 月启动了气候准备门户网站（KLiVO），这标志着在弥合政策制定与实际执行之间的差距方面迈出了重要一步。KLiVO 作为一个集中、公开的平台，收集并提供气候变化信息和准备服务，为从国家和地方政府到公众和私营部门的广泛用户群体提供支持，助力其适应工作。该平台由 UBA 和 DWD 代表联邦政府联合管理，并由联邦环境、自然保护、核安全和消费者保护部（BMUV）牵头的跨部门适应战略工作组进行战略监督。它是 DAS 实施框架的重要组成部分，旨在落实该战略的目标，即向所有利益攸关方提供易于获取且科学可靠的信息。该门户网站的发展反映出人们日益认识到，成功的气候适应不仅取决于顶层设计，还取决于用户导向型服务和工具的可用性，这些服务和工具能够使地方行动者采取知情行动。KLiVO 作为这些资源的入口，确保通过研究和政策制定产生的知识得到有效传播并付诸实践。

KLiVO 的功能和服务主要体现在四个方面：1）提供适应气候变化的指导；2）提供量化数据以辅助适应决策；3）提供决策支持工具；以及 4）分享适应气候变化的解决方案和案例研究。该平台汇集了各种气候准备服务，包括指南、网络工具、地图、技能提升和资格认证资源以及咨询服务。门户网站上的所有服务都经过定期质量检查，以确保其符合最新的科学发现，具有可靠的科学依据，并且免费提供。一个值得注意的例子是气候导航器（Klimatolse），它为市政府制定适应战略提供分步指导，无论是从零开始，还是将气候适应纳入现有的气候保护框架。另一个关键组成部分是气候适应器（KlimAdapt），它是 KLiVO 的一个模块，负责收集、处理并提供产品、服务和评估，以用于识别和实施适应行动，并进一步完善德国适应战略。

KLiVO 旨在服务于广泛多元的受众，体现了德国气候适应的多层次治理结构。其目标用户包括国家和地方政府决策者、社区和公众、私营企业以及民间社会组织。鉴于气候影响在不同领域存在差异，该平台涵盖了广泛的重点领域：健康、农业、海洋和渔业、森林和其他生态系统、交通运输、基础设施和建筑环境、贸易、金融和保险、减少灾害风险、生物多样性、空间和区域发展规划、旅游业以及水资源管理。从公共卫生部门制定防暑降温行动计划，到水资源管理者应对干旱风险，再到城市规划者将绿色基础设施融入城市发展，这种跨部门覆盖确保 KLiVO 能够支持几乎所有社会经济活动领域的适应规划。

16 德国联邦环境署 (Umwelt Bundesamt, UBA), <https://www.umweltbundesamt.de>

17 德国气象局 (Deutscher Wetterdienst, DWD), <https://www.dwd.de>

除了作为信息和工具库之外，KLiVO 还通过用户参与和反馈机制，积极支持德国适应框架的持续改进。由 UBA 气候影响与适应能力中心 (KomPass) 协调的 KlimAdapt 用户-服务提供商网络，支持 KLiVO 及其面向用户的服务的进一步发展。该网络旨在识别现有服务与所需服务之间的差距，并致力于提高不同用户群体对气候适应服务的使用率。用户也被邀请提交其自身的气候准备服务以供考虑，从而促进在联邦、州和地方各级知识共享和最佳实践的协作系统。门户网站的内容和功能不断更新，以反映不断变化的用户需求和新出现的科学证据，确保 KLiVO 始终是德国气候适应治理架构中一个动态且响应迅速的工具。

德国标准化协会 (DIN) 的工作与 KAnG 和 DAS 2024 密切相关。在 KAnG 的咨询阶段，DIN 也提交了意见，以确保标准化问题在法律框架内得到充分体现。在技术实施层面，DIN 制定了多项与气候适应相关的技术规范，并在适应 M&E 方面发挥着关键作用。DIN 提供的“气候工具箱”可帮助各领域专家评估现有标准受气候变化影响的程度，将宏观层面的适应目标转化为可监测和可衡量的标准化要求，并为跟踪和评估适应进展提供强有力的技术支持。

2.2 其他国家的经验

在国家层面，一些国家已经建立了适应监测、评估和学习 (MEL) 体系。2024 年，国际可持续发展研究所 (IISD) 发布了一份题为《气候变化适应国家监测、评估和学习系统：九个国家的比较分析报告》。该报告系统分析并比较了九个处于不同发展阶段国家的 MEL 体系 (Njuguna 等，2024)。

综合分析结果表明，各国在发展国家适应 M&E 体系方面起点不同，一些体系独立发展，而另一些体系从一开始就融入到更广泛的 M&E 体系发展中，与减缓和可持续发展的联系程度也各不相同。此外，MEL 体系主要侧重于监测，而评估和学习方面仍发展不足。这凸显了健全适应 MEL 体系的必要性。由于这些国家的经济和治理背景、资源可用性、适应需求和优先事项各不相同，因此不同 MEL 体系的建立并未遵循标准化的方法。

就适应 M&E 指标而言，应综合政府部门和机构提供的数据，并制定专门用于跟踪国家适应计划 (NAP) 指标的方法，以考虑各国的适应优先事项。由于适应 M&E 体系通常评估国家层面的进展，大多数国家都设计了工具用于收集基于现有官方数据以及非国家行为体收集的数据 (如

加拿大) 的相关指标变化证据。这些工具多种多样，包括使用数字工具 (如法国)、问卷和信息模板 (如英国)，或采用包含研讨会、调查和在线工具的混合方法。

关于数据，各国正努力汇总不同时空尺度数据，以促进各级政府 and 部门之间的信息共享。然而，鉴于数据的复杂性和广度，加强数据所有者和政策制定者之间的沟通至关重要，以便充分利用现有信息和数据。指标在适应性评估中发挥着重要作用，有助于简化、综合和标准化信息，从而促进沟通和可比性。许多国家已开始使用指标来衡量适应进展，并致力于提高数据收集能力。适应性指标的制定基于国家和部门适应计划中阐明的适应优先事项，指标的特征和数量因国家而异。

第三章 初步构建中国适应气候变化监测与评估框架

3.1 中国适应气候变化的基本条件分析

国家适应气候变化战略 2035

《国家适应气候变化战略 2035》（以下简称《适应战略 2035》）于 2022 年发布，在前一版本适应战略的基础上，进一步明确了中国应对气候变化工作的指导思想、基本原则和主要目标，为中国有效防范气候变化的不利影响和风险奠定了基础。《适应战略 2035》对加强气候变化监测、预警和风险管理、增强自然生态系统适应气候变化的能力、增强经济社会组织适应气候变化的能力，以及构建区域气候变化适应格局作出了统筹安排。

《适应战略 2035》兼顾气候风险与适应、重点领域与区域格局、自然生态与经济社会发展等不同维度，设立了“加强气候变化监测、预警和风险管理”专章，并将其置于突出位置。中国还将城乡居民生活以及金融、能源、旅游、交通等敏感的第二、第三产业列为气候变化适应的新重点领域，将气候变化适应与国家领土空间规划相结合，并提出了八大区域和五大战略区域的气候变化适应任务。

中国持续推进适应气候变化进程，指导规范适应气候变化行动计划的编制，加强省级行政区域的适应行动。截至 2025 年 2 月，已有 30 个省、直辖市以及新疆生产建设兵团相继制定并发布了省级气候变化适应行动计划¹⁸。各省 / 直辖市的适应气候变化进展报告和部门气候变化适应行动计划也陆续出台。

- 2024 年 11 月，《中国应对气候变化政策和行动年度报告》发布。该报告总结了自 2023 年以来中国应对气候变化工作的最新进展和成效，包括对《适应战略 2035》实施情况的最新进展。
- 2024 年 9 月，中国发布了《国家气候变化健康适应

行动方案（2024-2030 年）》，旨在推进《适应战略 2035》中提出的“全面推进气候变化健康适应行动”落实，提升健康适应气候变化水平，推动建设健康中国、美丽中国。

- 2024 年 5 月，中国发布了首份适应气候变化进展报告——《中国适应气候变化进展报告（2023）》。该报告全面总结了自《适应战略 2035》发布以来，中国在各重点领域应对气候变化行动的进展和成效。
- 2025 年 6 月，中国发布了《中国适应气候变化进展报告（2024）》。该报告运用更详细的数据揭示了气候变化的紧迫现实。报告反映出，中国在气候变化适应方面正朝着更加精准、科学严谨、系统化的方法和国际参与的方向加速发展。

《适应战略 2035》指出，其目标期限至 2035 年，并将根据情况和工作需求的变化进行调整。《中国适应气候变化进展报告（2023）》描述了报告期内各部门和区域开展的适应工作，但这些行动的量化成效仍然相对有限。相比之下，《中国适应气候变化进展报告（2024）》不仅详细介绍了部门和区域层面的适应行动，还提供了相当数量的量化绩效指标；然而，目前尚未建立系统性的跨部门框架来全面评估适应差距与成效。

3.2 方法与步骤

许多实践表明，思考 M&E 框架的最佳起点之一是变革理论^{19 20 21}。变革理论阐明了从投入到影响的逻辑，为应对复杂的适应挑战提供了科学、系统、灵活且可操作的方法。

18 中国气候变化适应进展报告（2024），<https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202506/W020250624798282455900.pdf>

19 Theories of change for tracking climate change adaptation. A quick reference guide. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/cd22438c-07ce-44c1-b03a-9577f4290c62/content>

20 Guidance for M&E of climate change interventions. Guidance note 3: Theory of Change approach to climate change adaptation programming. <https://www.ukcip.org.uk/wp-content/PDFs/MandE-Guidance-Note3.pdf>

21 An operational framework for Tracking Adaptation and Measuring Development (TAMd). <https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/10038IIED.pdf>

它通过回答一系列基本问题来指导设计，尤其适用于国家层面 M&E，将孤立的、跨部门的项目整合到目标一致的、具有凝聚力的“战略组合”中。这使得宏观战略能够通过具体、可追踪的短期步骤得以实现。因此，本研究也将基于变革理论方法来指导中国适应气候变化 M&E 框架的基本搭建。

适应 M&E 通常回答以下主要问题：

- 已采取哪些适应行动？
- 适应行动的直接或实际结果是什么？
- 适应行动的预期结果是什么？预期的战略目标是否已实现？
- 这些成效在多大程度上降低了气候脆弱性或缓解了实际观测到的气候变化不利影响？
- 应如何根据这些成效改进未来的适应规划？

基于变革理论，M&E 框架需要明确原则、最终目标、变化维度、活动、信息来源和指标。这些核心组成部分确保其在《适应战略 2035》下得以有效实施。首先，该框架必须以明确的原则为指导，将长期目标与具体干预措施联系起来。其次，应该定义一个最终目标（愿景）以及在国家层面的预期影响。第三，需要确定预期变革发生的主要维度。第四，活动及其相应的信息来源应沿着因果路径进行设计，并借鉴科学数据、当地实践和政策背景。第五，需要可衡量的目标和指标来是否按预期展开，从而实现对干预措施的适应性管理。这些组成部分共同为后续详细阐述 M&E 框架提供了结构化的基础。

3.3 一般原则

为了提供科学信息以调整适应计划和适应优先事项，并更好地了解中国适应能力变化，本研究在初步构建 M&E 体系的方法论中考虑以下几个关键点：

首先，M&E 应具备以下功能：

- 1) 认知功能：理解评估目标，并为《适应战略 2035》制定 M&E 框架；
- 2) 测试功能：检查《适应战略 2035》中规定的各项措施的实施情况。该框架应包含来自不同部门的数据和信息，以全面了解适应进展情况；
- 3) 学习功能：识别《适应战略 2035》实施过程中的成功因素和挑战，确保透明度，并为共同学习过程奠定基础。定期进度报告有助于沟通准备情况，从而确保适应措施的透明度；

- 4) 核心功能：记录《适应战略 2035》目标的实现情况。

其次，实施 M&E 框架的有利条件：

- 1) 评估方法应具有可操作性、可重复性、易于理解和透明，以便将来能够定期开展评估；
- 2) 评估结果应简洁明了；
- 3) 评估得出的观察结果和建议应具有针对性。

基于以上考虑，我们总结了五个关键词（图 11），作为初步构建 M&E 框架的基本原则，以便将其充分应用于框架构建。

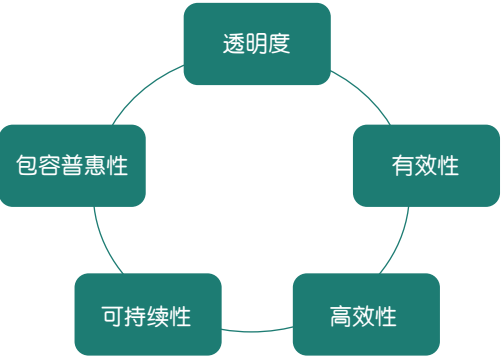


图 12. 构建适应气候变化监测与评估框架的基本原则

此外，有效的 M&E 体系需要与政策周期建立清晰的联系，确保监测结果能够反馈到规划和决策过程中。这种迭代方法是德国适应体系的关键一环，并增强了 M&E 结果的实际意义。

3.4 确定最终目标和规模

中国在各个层面都开展了广泛的气候变化适应活动：从国家层面到省市层面，从社区到企业再到个人，社会各方面都参与其中。本研究将重点监测和评估国家层面气候变化适应活动的实施情况和有效性。同时，为了确保评估简便易行、易于重复、省时省力，评估应尽可能基于现有知识，并且适应的监测与评估框架将随着时间的推移不断审查和完善。

《适应战略 2035》明确设定了以下愿景：“到 2035 年，气候变化监测预警能力达到同期国际先进水平，气候风险管理和防范体系基本成熟，重特大气候相关灾害风险得到有效防控，适应气候变化技术体系和标准体系更加完善，全社会适应气候变化能力显著提升，气候适应型社会基本建成”。

3.5 识别变化维度

表 3 列出了《适应战略 2035》中提到的一些主要优先领域。以加强气候变化监测、预警和风险管理为例，该战略文件确定了相关目标，包括改进气候观测网络、提高气候预测的准确性以及加强气候变化影响和风险评估。

战略同时确定了各优先领域的 2035 年目标。加强气候变化监测、预警和风险管理的核心目标见表 4。例如，到 2035 年，中国将建立一个高时空分辨率的国家气候观测网络，整合“空天地”资源，以提升全球天气和气候事件的监测能力。

表 3. 《国家适应气候变化战略 2035》三个主要优先事项

加强气候变化监测预警和风险管理	提升自然生态系统适应气候变化能力	强化经济社会系统适应气候变化能力
完善气候变化观测网络	水资源	农业与粮食安全
加强气候变化监测预测预警	陆地生态系统	健康与公共卫生
加强气候变化影响和风险评估	海洋与海岸带	基础设施与重大工程
强化综合防灾减灾		城市与人居环境
		敏感二三产业（气象服务，金融，能源，旅游，交通）

表 4. 《国家适应气候变化战略 2035》中加强气候变化监测、预警和风险管理的核心目标

加强气候变化监测预警和风险管理	2035 目标
完善气候变化观测网络	- 完善大气观测网络。 - 建设多圈层及相互作用观测网络。 到 2035 年，构建起具有高时空分辨率、观测要素齐备的“地空天”一体化国家气候观测网，对全球天气气候事件的监测率大幅提高。
加强气候变化监测预测预警	- 提高气候系统监测分析能力。 - 提高精准预报预测水平。 到 2035 年，形成以无缝隙全覆盖、智能数字为主要特征的天气气候预报预测完整业务体系。 - 强化极端天气气候事件预警。 到 2035 年，预报预测准确率和精细化程度达到国际先进水平。
加强气候变化影响和风险评估	- 提升评估技术水平和基础能力。 - 加强敏感领域和重点区域气候变化影响和风险评估。 到 2035 年，建成较为健全的涵盖自然生态、经济社会等多领域和覆盖我国承受力脆弱地区的气候变化影响和风险评估体系。
强化综合防灾减灾	- 强化灾害风险管理理念。 - 强化防范化解重大风险。 - 强化自然灾害综合治理。 - 强化应急机制和处置力量建设

3.6 确定适应活动和信息来源

《适应战略 2035》中设有“战略实施”部分，与变革理论的输入部分相契合。从中提炼出《适应战略 2035》中列出的可能的适应活动和信息来源（表 5）。适应行动包含五个主要组成部分：加强组织和实施、加强财政和金融支持、加强技术支持、加强能力建设以及深化国际合作。每个组成部分都包含详细的适应行动。关于适应行动的有效性，一般来说，适应成果的信息通常包含在统计年鉴、国际履约报告、科学研究、政策文件等资料中。其中，定期发布

的官方统计资料——例如国家统计年鉴、部门年度报告以及提交给 UNFCCC 的履约报告——构成了追踪适应进展和衡量目标实现情况的核心信息和可获取数据。此外，国家和省级适应计划更新以及政策简报等官方文件也提供了对进展情况的定性见解。相比之下，科学文献和研究评估主要提供深入的、回顾性的证据，以解释潜在机制或验证长期影响。尽管这些文献和评估并非定期发布，但它们是对核心 M&E 数据的重要补充。一个关键挑战是如何将这些不同的数据来源整合到一个持续的监测体系中。加强跨部门协调并系统利用现有的统计和报告系统将有助于减少重复工作并提高一致性。

表 5. 《国家适应气候变化战略 2035》中适应活动和信息主要来源

加强组织实施	加强财政金融支撑	强化科技支撑	加强能力建设	深化国际合作
强化组织领导 各领域及省级适应气候变化行动方案和指南	完善财政金融支持政策 政策体系、支持工具及标准	加强基础科研 研究、标准、数据	加强宣传教育 系列丛书、讲座研讨、 宣传手段和模式	积极参与多边框架下适应气候变化工作 国际履约报告
加强机制建设 法律法规、制度体系及工作机制	推动绿色金融市场创新 重点领域的创新型产品及机制	加快技术研发推广 技术、体系、平台	加强队伍建设 人才队伍、专家库、 业务培训	拓宽适应气候变化国际合作机遇 国际合作项目
推动试点示范 试点示范实践（政策文件、经验总结）	构建气候投融资保障体系 项目库、机制、平台、保障体系、数据统计和信息披露	强化科技资源配置 基础设施、平台建设、 经验借鉴与信息共享	加强公众参与 志愿者队伍、网格化 协调机制	加强适应气候变化南南合作 培训、基础设施建设

3.7 气候变化适应指标

中国尚未发布国家和地方层面的适应指标官方指导文件。然而，从研究角度来看，关于中国适应指标体系的基础讨论已经存在（如 Yang 等，2020）。基于国内外理论和实践，Yang 等（2020）初步构建了国家适应气候变化评估指标体系，该体系包含 9 项主要指标和 36 项次要指标，涵盖气候变化影响、软性措施（适应理念、监测预警、防灾减灾、公共卫生）和硬性措施（农业、林业、水资源、基础设施）。当前的核心任务是以《适应战略 2035》为指导框架，实现指标的升级和调整。

在此过程中，德国经验可以提供宝贵的借鉴。2023 年《DAS 监测报告》基于一套完整的适应监测指标，指标范

围广泛，从衡量特定领域影响的“影响指标”，到评估适应行动有效性的“应对指标”。该指标体系结合定量和定性方法，对气候变化对德国的影响以及德国应对气候变化的适应进展进行了科学评估。

本研究借鉴德国在指标分类（影响和应对）和具体设计方面的经验，并结合中国国情，在原有的两类指标框架基础上，新增了“状态”这一类别，以更好地反映中国气候相关基础信息的现状，并体现《适应战略 2035》中确定的优先领域。在此基础上，本研究从该战略中选取了三个优先领域——气候变化监测、预警和风险管理；农业和粮食安全；以及健康和公共卫生——来构建适用于中国的适应指标。

选择上述领域的理由主要有三点。首先，气候变化监测、预警和风险管理。准确的数据和及时的预警是适应性行动的先决条件。中国幅员辽阔，气候带多样，建立健全的监测和预警系统对于降低脆弱性至关重要。其次，农业和粮食安全。中国人口众多，作物产量对极端天气气候事件高度敏感。保护农业生产力与国家稳定和农村生计息息相关。最后，健康和公共卫生。气温上升和疾病媒介的变化对中国人口稠密的城市和资源匮乏的农村地区构成新的风险。加强健康适应能力可以抵御与高温相关的死亡、传染病暴发以及食源性和水源性疾病。这三个领域共同构成了一条从风险识别（监测 / 预警）到经济安全（农业）和人类福祉（健康）的逻辑链，既体现了德国冲击应对逻辑，也反映了中国迫切的适应需求。

该方法旨在创造性地将国际方法与中国实际情况相结合，形成一个既科学合理又易于操作的指标框架，以服务于国家适应 M&E 体系的建设。

3.7.1 指标制定指导原则

量化适应目标是一项充满复杂性的挑战。与可以使用二氧化碳当量等标准指标追踪的减排不同，气候适应涉及不同领域和不同时间尺度才能取得成果。指标设计的指导原则考虑以下四个关键要素：

第一，结合客观和主观评估。对该战略进行全面评估，既需要客观评估已完成的工作，即评估战略实施过程中产生的客观事实，例如实施后产生的经济效益；也需要主观评估战略实施的效果，即评估目标群体对战略实施效果的主观感受。

第二，定量分析与定性分析相结合。理想情况下，所有指标都应设计为能够追踪动态变化的定量指标，其核心是客观性和说服力，系统地描述中国适应气候变化的总体过程。然而，由于数据可用性、观测时长及其连续性方面的限制，某些指标在初期阶段只能进行定性描述。因此，指标体系的构建需要采取“以定量为主，以定性为辅”的务实方法：优先开发定量指标以确保评估的客观性。在定量数据暂不可用的领域，则以定性描述作为评估的补充。这既保证了科学严谨性，又提升了 M&E 体系的综合成效。

第三，将当前评估与未来调整相结合。评估战略实施效果的主要目的是检验战略实施的有效性，找出存在的问题，系统全面地分析战略的优劣势，并将评估结果作为下

一轮战略修订完善的重要依据。为此，评估指标体系不仅要基于对实际情况的评估，还要保留对战略调整修订的意见和建议，以进一步提高实施质量，加强宏观协调。

第四，综合考虑国际和国内指标，即在适用情况下，与 IPCC、政府间生物多样性和生态系统服务科学政策平台（IPBES）、UNFCCC 等国际机构的适应指标保持一致。例如，WMO 倡导到 2027 年实现预警系统 100% 覆盖。

基于上述原则，适应指标分为以下三类：

1. 影响指标：评估气候变化对生态和社会经济系统的影响，例如生物多样性丧失、健康影响或农业生产率。
2. 应对指标：衡量适应应对措施的实施情况和有效性，包括政策措施、机构行动和观察结果。
3. 状态指标：捕捉与气候风险和适应相关的自然、社会经济状况。例如，气候观测基础设施、数据能力（例如，监测站数量、数据收集的丰富性和及时性、数据共享率）以及基线人口或社会经济因素（例如常住人口、暴露资产或土地利用）都属于此类指标。这些指标反映了支持气候风险评估和适应决策所需的基本信息基础。

3.7.2 气候变化监测、预警和风险管理指标

气候变化监测、预警和风险管理是《适应战略 2035》的关键组成部分。为了全面加强该领域的适应监测和评估，本研究提出了该领域的适应指标，这些指标及其来源和分类列于表 6 中。

表 6. 气候变化监测、预警和风险管理领域的建议适应指标

主要指标	次级指标	指标来源	指标分类
气候变化监测			
温室气体本底监测	温室气体监测站点数量	/	状态
	年际变率监测精度	Assessment Methodology for National Meteorological Modernization Construction Indicators (2020 Edition)	
	温室气体数据年平均可用率		
气象多要素观测	多要素自动气象站数量	Evaluation system for high-quality development of meteorology	
	观测要素占基本气候变量（ECVs）平均比例	Assessment Methodology for National Meteorological Modernization Construction Indicators (2020 Edition)	
气候预测准确率	月气温预测准确率		
	月降水预测准确率		
	汛期降水预测准确率		
早期预警			
灾害风险认知	知识普及度 *	DAS monitoring report 2023 (Action field ‘Civic protection’ –Information on how to act in a disaster situation, Precautions taken among the population)	应对
	纳入基础教育的课程数量	/	
	灾害演练次数 *	DAS monitoring report 2023 (Action field ‘Civic protection’ – Exercise volume)	
气象灾害预报（预警信号）	准确性，包括命中率、漏报率、空报率	Assessment Methodology for National Meteorological Modernization Construction Indicators (2020 Edition)	
	时效性，包括时间提前量		
	覆盖度，包括高风险区域		
预警信息发布	面向应急责任人的预警信息覆盖率		
	面向公众的预警信息覆盖率，包括脆弱人群 *		
	预警信息发布的媒体渠道数量		
气象灾害应对	应急救援人员数量 *	DAS monitoring report 2023 (Action field ‘Civic protection’ –Active emergency relief responders in civic protection)	
风险评估			
气候风险评估	重点行业、关键区域气候风险地图覆盖率	/	应对
气象灾害损失评估	死亡或失踪人数		影响
	直接经济损失		
	直接经济损失在 GDP 中占比		
极端事件归因	极端事件归因于气候变化占极端事件比例		
其他			
数据收集共享	数据收集丰富度	Assessment Methodology for National Meteorological Modernization Construction Indicators (2020 Edition)	状态

星号 (*) 表示与德国适应监测指标一致或类似的指标。

在气候变化监测领域，核心指标包括温室气体监测、气象多要素观测和气候预测准确率。具体而言，通过监测站数量、数据可用率和观测要素覆盖的关键气候变量（ECV）比例等子指标来强化数据库。同时，评估中还纳入了月尺度和汛期降水 and 气温预测的准确率，以提高气候预测的可靠性。

预警部分侧重于提高公众对灾害风险的认知，加强气象灾害预报和预警能力，并扩大预警信息传播范围。这包

括将气候知识纳入基础教育课程，提高预警信号的准确性、及时性和覆盖范围，并确保应急人员和公众，特别是弱势群体，能够及时获取预警信息。

在风险评估方面，该指标体系关注重点行业和区域的气候风险地图覆盖范围，并通过气象灾害造成的死亡和失踪人数、直接经济损失及其占 GDP 的比重等影响型指标的统计数据，客观评估灾害的影响（图 12）。

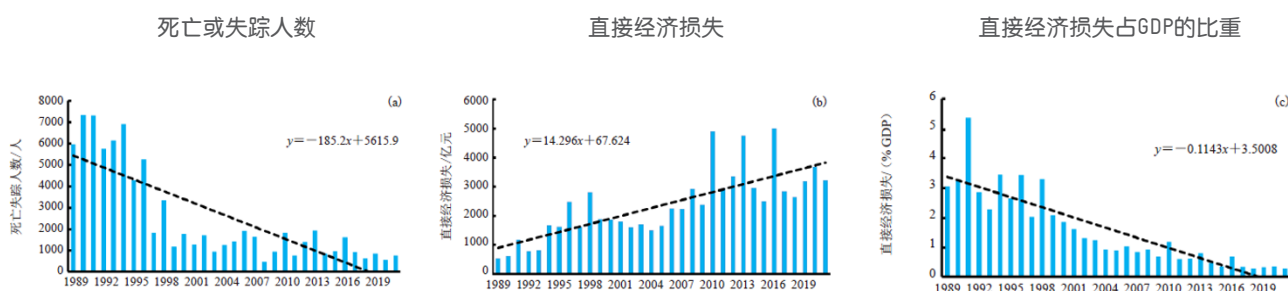


图 13. 中国气象灾害损失：（a）死亡或失踪人数；（b）直接经济损失；（c）直接经济损失占 GDP 的比重
(来源：Li et al., 2024)

此外，对极端天气气候事件进行归因分析已成为衡量和提升气候风险应对能力的关键步骤。气候变化归因分析旨在科学地量化气候变化对特定极端事件发生概率或强度的影响程度。该分析弥合了抽象的气候变化与具体的灾害风险之间的差距，从而揭示了受气候变化加剧的最脆弱群体。因此，将“极端事件归因分析比例”纳入了指标体系，以期精准调整和加强风险应对策略提供关键科学依据。

总体而言，该优先领域的指标应发挥双重作用：一方面，应支持监测和预警系统的技术改进；另一方面，应与其他领域的适应规划提供证据基础。为避免重复，数据收集应尽可能依托现有的气象、应急管理和统计系统。表 6 中上述指标的设计严格依据《适应战略 2035》、《国家气象现代化建设指标评估方法（2020 版）》和《气象高质量发展纲要（2022-2035 年）》。这些指标也体现了 WMO“全民早期预警”倡议的四大支柱逻辑：风险认知、监测与预报、预警信息传播和应急准备。这确保了指标体系在技术上扎实可靠，同时又与中国适应目标直接相关。所有量化指标均直接引用或等同于相关文件的原文，这些文件包含了中国气象现代化建设的核心目标“监测精密、预报精准、服务精细”的具体要求，以及防灾减灾第一道防线的具体指标。每个指标都对应着《适应战略 2035》中“加强气候变化监测、预警和风险管理”的总体任务，包括极端事件预警、

气候风险普查和分区更新、极端事件归因等内容，从而确保这些指标不仅满足气象事业高质量发展的内部技术要求，而且服务于国家适应气候变化。

3.7.3 农业和粮食安全指标

近几十年来，中国干旱和洪涝灾害频发，农业是受气候变化影响最严重的行业之一。为了系统地评估气候变化对中国农业和粮食系统的综合影响及其适应效果，本研究采用了 Li 等（2022）提出的“敏感性 - 暴露度 - 适应能力”脆弱性评估框架。基于该框架，并借鉴 Xu 等（2025）开发的粮食安全评估体系，构建了一套针对农业和粮食部门的具体适应指标（表 7）。

表 7. 农业和粮食安全领域的建议适应指标

主要指标	次级指标	具体指标	指标来源	指标分类
农业生态系统 干旱脆弱性	敏感性	发生 35℃以上高温概率	Li et al., 2022	影响
		年均连续干旱日数		
		每年发生连续 15 日以上干旱概率		
	暴露度	年末常住人口		状态
		农业旱灾受灾面积		影响
		粮食播种面积 *		
		农业生态用水量 *		状态
	适应力	人均 GDP		状态
		单位粮食播种面积农用化肥使用折纯量 *		
		森林面积		
		人均水资源量		
		农林牧渔生产总值		
		农业机械总动力		
		水库总库容量		
农业生态系统 洪涝脆弱性	敏感性	发生暴雨概率	Li et al., 2022	影响
		年均暴雨日数		
		年均大雨日数		
	暴露度	年末常住人口		状态
		农业水灾受灾面积		影响
		粮食播种面积 *		
	适应力	人均 GDP		状态
		单位粮食播种面积农用化肥使用折纯量 *		
		除涝面积		
		人均水资源量		
		森林面积		
		农业机械总动力		
		水库总库容量		
粮食安全评价	产量安全指标	人均谷物产量 *	Xu et al., 2025	影响
		国内谷物供应量		
		谷物净进口量		
		食物损失		
		人均食品生产价值变率		
	经济安全	人均 GDP		状态
		政府支出的农业取向指数		影响 & 应对
		食品消费者价格指数		
		食品价格通胀		
	资源安全	可耕地面积占比 *		影响
		铁路线密度		状态
		港口集装箱吞吐量		
		政治稳定与无暴力指数		
		腐败控制指数		
		农业淡水使用比例 *		

* 星号代表与德国适应监测指标相一致或类似的指标。

在 Li 等（2022）的框架中，敏感性（系统固有的脆弱性）和暴露度（外部压力源的强度和范围）均属于影响维度，共同量化了灾害的潜在后果。韧性（或适应能力）作为一项关键的响应指标，衡量通过调整管理、改善基础设施和

培育适应性作物品种来抵御灾害和恢复的能力。图 13 展示了 1991 年至 2019 年中国农业生态系统干旱敏感性、暴露度和适应性的空间格局。

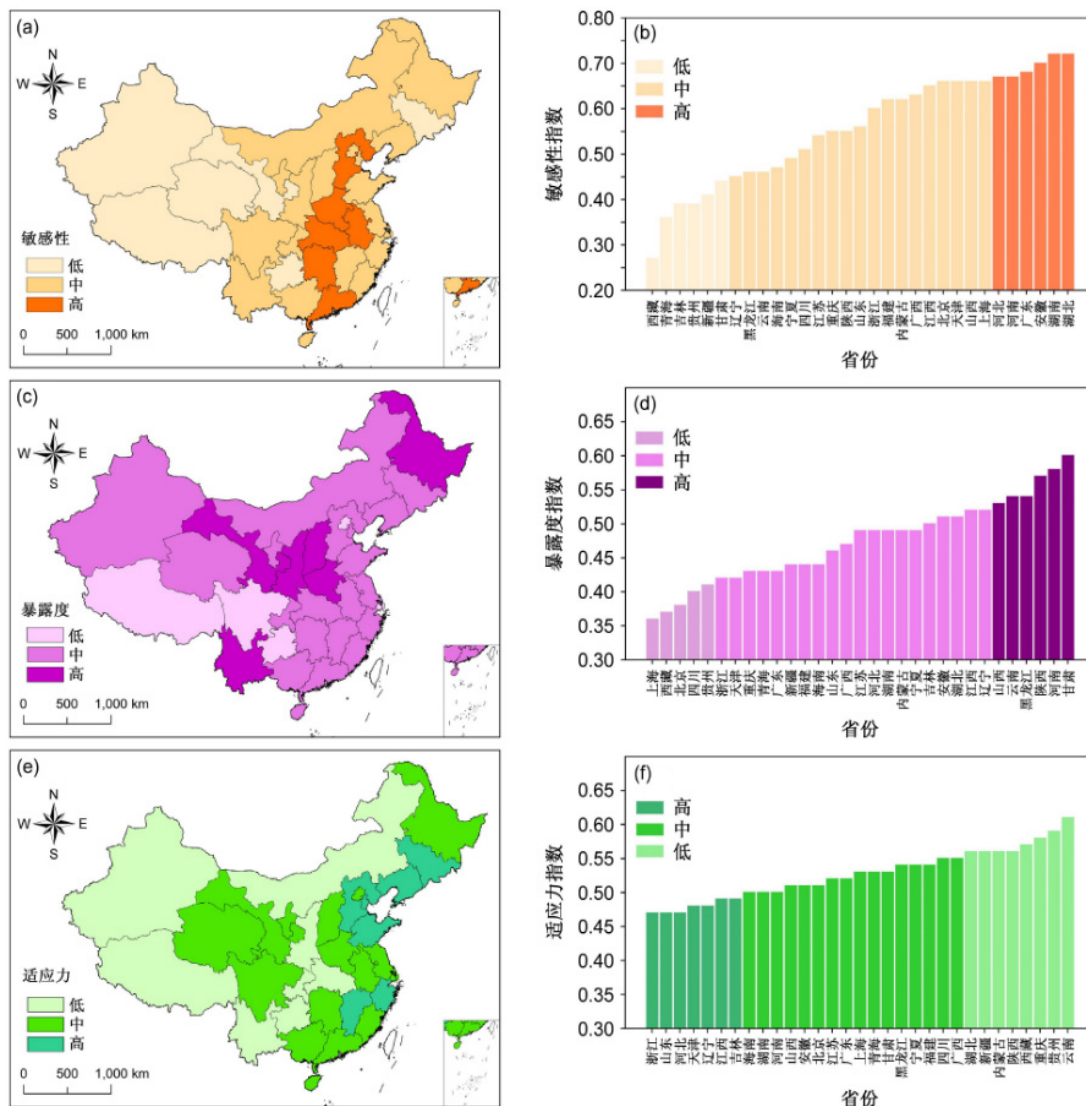


图 14. 1991-2019 年中国农业生态系统的干旱敏感性、暴露度和适应性：(a) 敏感性分类；(b) 敏感性指数；(c) 暴露度分类；(d) 暴露度指数；(e) 适应性分类；(f) 适应性指数。（来源：Li et al., 2022）

该指标体系通过空间分区和分类，为制定差异化减灾策略提供了直接的科学依据。例如，一些地区可能表现出“高暴露度低韧性”，而另一些地区可能表现出“高敏感性低韧性”。通过对这些综合指标进行空间量化和聚类分析，实现了分区和分类，将宏观层面的气候风险转化为具体的区域脆弱性。因此，减灾策略可以从“一刀切”的方式转向量身定制的干预措施：对于“高风险”地区，核心策略

应侧重于风险规避（如调整种植制度或空间布局）；对于“低韧性”地区，重点放在能力建设上（如投资灌溉基础设施或推广耐旱品种）。因此，该指标体系不仅揭示了脆弱性的本质，而且通过空间诊断，精确定位了脆弱性发生的地点以及应对的方法。这为制定差异化、精准的农业减灾策略提供了直接、可操作的科学依据。

关于粮食安全维度，Xu 等（2025）的研究构建了一个包含生产、经济和资源三个维度的综合评估体系。“产量安全指标”侧重于粮食的供应和稳定性，这是粮食安全最直接的体现。“经济安全指标”侧重于粮食的可及性和可负担性，与分配和消费的公平性相关。“资源安全指标”侧重于土壤和水资源、技术投入以及其他支撑粮食生产的长期基础的可持续性。这些指标不仅可以用于评估粮食安全面临的外部压力（如气候变化和市场波动对产量的影响），还可以通过政策干预、科技创新和资源优化来衡量系统内部应对能力和韧性。

为了构建适应 M&E 体系的目的，明确区分描述气候对粮食系统影响指标和描述适应性应对措施指标至关重要。一些指标，例如农业用水量或灌溉能力，可能既与影响相关，也与应对措施相关，因此应谨慎解读。

以上两项研究共同构成了一个多层次、多方面的范式，用于对农业和粮食安全进行综合评估，既关注外部气候风险对农业生态系统的影响和应对措施，也关注粮食系统内

部的结构安全性和可持续性。两者的结合可以提供从生产到消费、从短期风险到长期韧性的全面见解，是制定旨在保障国家粮食安全和促进可持续农业发展的综合治理方案的重要参考。然而，还需要进一步完善，以确保最终的指标集保持可控性、政策相关性，并与《适应战略 2035》的目标直接相关。

3.7.4 健康和公共卫生指标

《柳叶刀健康与气候变化倒计时中国年度报告》是追踪中国气候变化与健康进展的旗舰报告（Cai et al., 2024）。该报告使用 31 项指标评估进展，涵盖气候变化影响、暴露度和脆弱性；适应和减缓措施；经济和金融；以及公众和政治参与。作为一份由国际顶级医学期刊发布的权威年度评估报告，该报告的可信度在于其建立了一套系统的国家监测框架。对于本研究而言，该报告为选择与健康相关的适应指标提供了有用的证据基础。

表 8. 健康和公共卫生领域的建议适应指标

主要指标	次级指标	具体指标	指标来源	指标分类
气候变化的影响、风险和脆弱性	健康与高温	与热浪有关的死亡率 *	The 2024 China report of the Lancet Countdown on health and climate change: launching a new low-carbon, healthy journey	影响
		热浪导致死亡的经济成本		
		劳动能力的变化		
		与高温有关的劳动生产率损失的经济成本		
		高温和体育活动		
	健康与极端天气气候事件	野火		
		极端降雨和干旱		
适应、规划和复原力促进健康	对气候敏感的传染病			应对
	区域海平面上升对人口的影响			
	适应规划和评估			
	适应的传达和实施	检测、准备和应对突发卫生事件		
公众和政府参与	气候信息服务促进健康 *			应对
	健康风险预警系统 *			
	媒体对健康和气候变化的报道 *			
	个人参与健康和气候变化 *			
	政府参与卫生和气候变化			

* 星号代表与德国适应监测指标相一致或类似的指标。

所选指标涵盖了气候变化对健康的影响以及降低这些风险所需的应对措施。热浪相关死亡率、劳动力损失、极端降雨、干旱和气候敏感型传染病被视为影响指标。适应规划、应急准备、气候信息服务、健康风险预警系统和公众参与被视为应对指标。

核心评估结果显示，中国与气候相关的健康风险正在急剧恶化（图 14）。2023 年，极端高温和干旱在中国各地造成了严重的健康影响。前所未有的热浪导致与高温相

关的死亡率激增 309%，劳动时间大幅减少，民众面临野火威胁的风险加剧。与此同时，干旱暴露度飙升至基线水平的七倍，使感染性腹泻等气候敏感型疾病的风险增加了 15%。高温导致劳动生产率下降造成的损失总计达 3260 亿美元（占 GDP 的 1.9%），而气候相关极端事件造成的直接损失则高达 795 亿美元。然而应对气候变化的进展仍然存在区域不均衡（图 15）。尽管国家层面已出台首个健康领域适应气候变化行动方案，但各地区在适应资源分配方面仍存在显著差异。

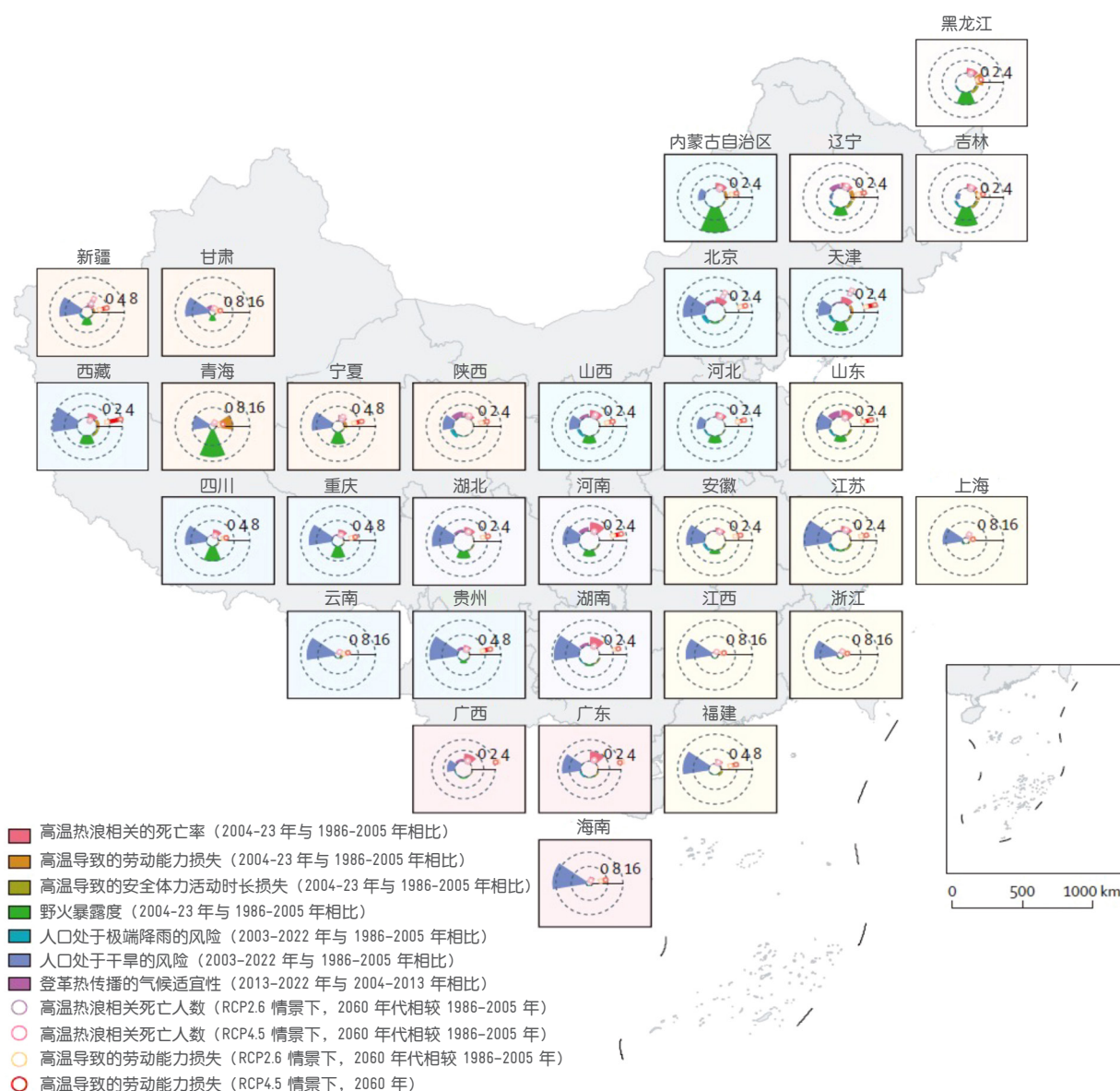


图 15. 当前和未来不同省份气候健康风险增长率与历史基线的比较。每个省份图表中的柱状图数值代表气候健康风险的增长率，与历史基线（1986-2005 年平均值）到当前水平（2004-2023 年平均值）相比。图中圆圈代表气候健康风险从历史基线到 2060 年代预测未来平均水平（2051-2070 年平均值）的增长率。图的背景颜色根据各省份的区域划分而定，具体如下：中国东北（黑龙江、吉林和辽宁）、中国北方（内蒙古、北京、天津、山西和河北）、中国东部（山东、安徽、江苏、上海、江西、浙江和福建）、中国中部（湖北、河南和湖南）、中国西北（新疆、甘肃、青海、宁夏和陕西）、中国西南（西藏、四川、重庆、云南和贵州）以及中国南方（广西、广东和海南）。

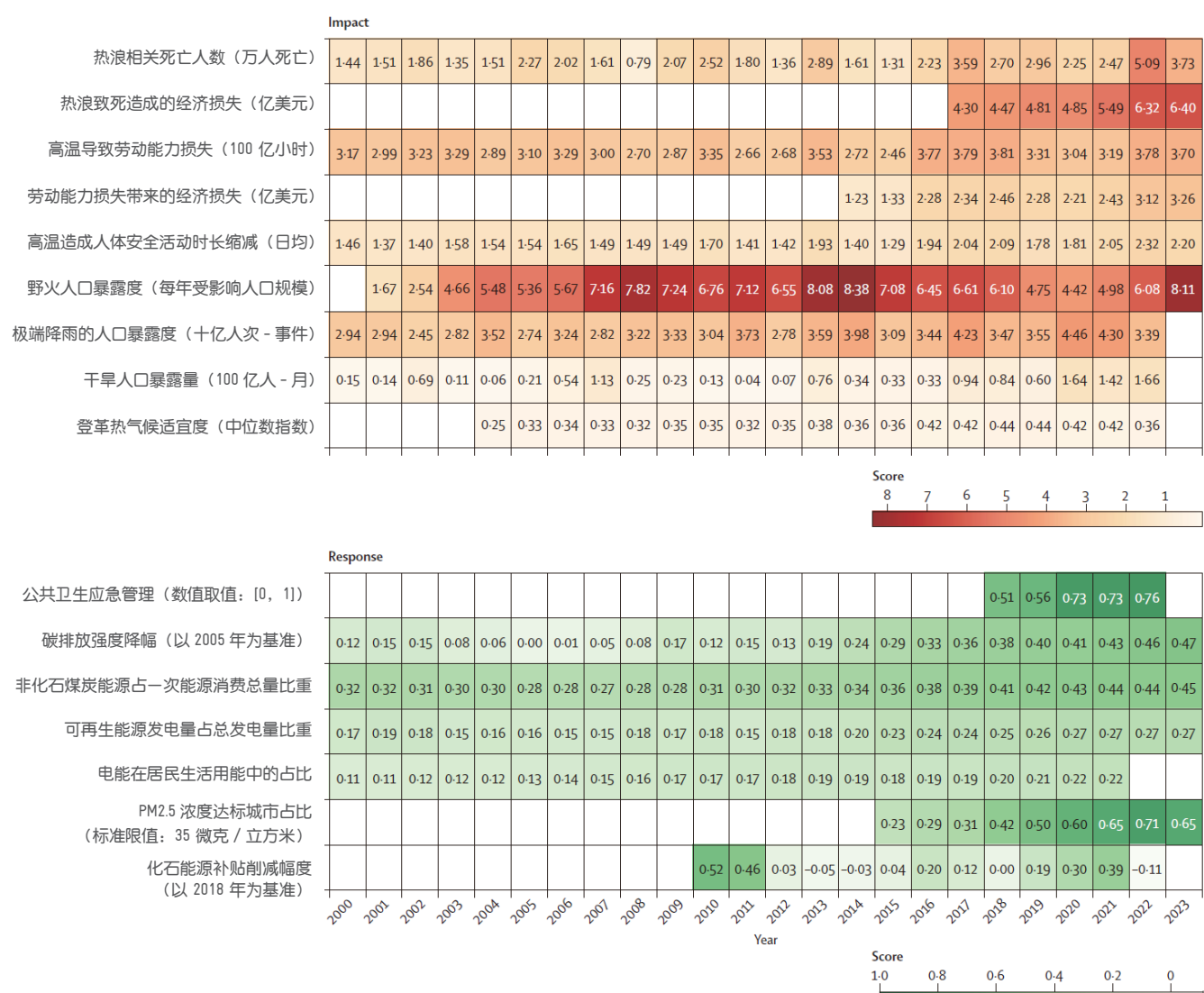


图 16. 《柳叶刀倒计时》2024 年中国报告所追踪的气候变化影响及应对措施。每个方块的颜色代表影响和应对措施的程度。颜色越深,影响越严重,应对措施越有效。对于影响指标,其数值为指标的绝对值,所有指标均采用右侧所示的相同颜色标度。对于基线指标,数值越大代表影响越大。对于应对指标,其数值已标准化至 0 到 1 之间,其中 0 代表基准年的行动进展或未采取任何行动,而 1 代表最佳的行动进展 (来源: Cai et al., 2024)。

因此,对于中国适应 M&E 体系而言,健康指标集不仅应关注记录不断上升的健康风险,还应追踪公共卫生系统、预警机制和地方适应规划是否随时间推移而得到改善。尤其应关注弱势群体,包括老年人、户外工作者、儿童以及医疗服务能力有限地区的人口。

总之,健康和公共卫生指标在气候风险监测和人类福祉之间架起了一座重要的桥梁。它们应与气象预警系统和地方公共卫生报告机制相结合,以确保及早识别与气候相关的健康风险,并将其转化为预防措施。

第四章 启示和政策建议

4.1 德国经验对中国的启示

德国的做法为中国发展适应气候变化 M&E 体系提供了若干经验。其主要价值不在于直接照搬单个指标，而在于将气候风险评估、战略制定、监测、报告和政策调整整合到一个持续的治理循环之中。德国的适应体系结合了法律基础、跨部门协调、结构化的指标体系和定期公开报告。这为中国从适应战略转向更加系统化、以结果为导向的 M&E 框架提供了有益参考。

(1) 法律和制度锚定。德国通过 KAnG 加强了适应治理，该法为适应战略的制定、监测和定期更新提供了具有约束力的框架。对中国而言，关键在于适应 M&E 应逐步从基于战略或项目的方法转向更加制度化的体系。这可以通过行政法规或在现有气候、环境或规划框架下制定专门条款来实现，明确责任、数据共享义务、报告周期以及基于指标的评估的最低要求。

(2) 战略、措施和指标的衔接。德国的 DAS 监测体系表明，将战略目标与可衡量的指标联系起来至关重要。指标不仅用于描述气候影响，还用于追踪应对措施和支持政策学习。对于中国而言，指标应与《适应战略 2035》的目标明确保持一致，以便每个优先领域都能得到可衡量指标的支持，并与具体的适应措施相联系。

(3) 跨部门和多层次协调。德国通过 IMAA 协调适应工作，该工作组由联邦各部委、联邦州、科研机构 and 市政当局组成。中国可以依托现有的气候治理机制，建立一个专门的适应气候变化 M&E 协调平台，涵盖生态环境、气象、应急管理、水利、农业、卫生、住房和城乡建设、交通运输以及统计等相关部委和下属机构。该做法将有助于减少重复工作，提高各部门和各级数据的一致性。

(4) 透明的监测和报告。德国《DAS 监测报告》定期发布，提供基于指标的气候变化影响和适应措施信息。该报告还指出了数据和知识缺口，从而增强了透明度，并支持未来指标体系的改进。对中国而言，定期发布《中国适应气候变化进展报告》可以发挥类似的作用：但需要加强整合部门和省级数据，向政策制定者和公众传达可衡量、可比较的进展情况，并为修订适应政策提供证据基础。

(5) 气象部门和科研机构的重要作用。德国的监测体系高度依赖专业机构的数据和知识，包括 DWD 和 UBA。对中国而言，气象部门以及科研机构应在极端天气气候事件监测、改进预警指标、支持归因分析以及为气候风险评估提供科学依据方面发挥核心技术作用。

综上所述，德国经验表明，中国的适应 M&E 体系应侧重于机构的连续性、战略与指标的协调一致性、跨部门协调、透明的报告制度以及基于科学的政策调整。尽管中国和德国的制度设置和适应优先事项有所不同，但在水资源、农业、卫生、基础设施、城市发展和灾害风险管理等诸多领域存在重叠。因此，德国的指标体系可以作为有益的参考，前提是需要根据中国的政策背景、数据系统和行政结构进行有效调整。

4.2 建立以结果为导向、动态优化的适应 M&E 体系——借鉴德国的影响 - 应对效应链

通过对德国适应气候变化 M&E 框架的分析，其核心经验在于有效结合跨部门合作、法治运作和科学决策。为系统性地提升中国的气候适应能力，迫切需要建立科学、高效且持续改进的 M&E 体系。核心目标是跟踪适应行动的进展和成效，找出差距，并进行循证政策调整，从而确保实现《适应战略 2035》愿景。

法律和监管框架。德国已通过具有约束力的立法将监测、报告和战略更新制度化，中国应建立明确的适应 M&E 监管基础。这可以通过将 M&E 纳入现有的气候、环境或行政法规来实现，也可以通过制定专门条款来界定指标体系、数据共享义务、报告周期和机构责任。这样的框架应确保 M&E 不被视为临时性或项目性活动，而是公共行政的强制性和标准化组成部分。它还应为跨部门协调、数据整合以及跨部委和行政层级的问责机制提供法律基础，从而保障适应 M&E 体系的长期稳定性和有效性。

治理结构和机构角色。可考虑成立一个高级别、跨部门适应协调工作组。根据中国生态环境部、国家发展和改革委员会、科技部、财政部、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部、水利部、农业农村部、文化和旅游部、国家卫生健康委员会、应急管理部、中国人民银行、中国科学院、中国气象局、国家能源局和国家林业和草原局联合发布的《国家适应战略 2035》，这些机构应作为工作组的主要成员。工作组应负责制定统一的国家适应 M&E 指标体系和标准，明确各部门的法定职责和数据报告义务，从源头上避免职能交叉和工作重复。同时，要充分发挥专业机构的技术支持作用，依托现有环境、气候和科研机构，建立国家级气候变化适应研究中心，重点开展方法论研究、风险评估和独立评估报告的编写，确保评估结果的科学性和权威性。在地方层面，省、市级政府应负责数据收集和报告。并在各级行政部门建立具有约束力的报告义务和问责机制，确保有效落实。

协调机制和信息平台。应努力构建“纵横交错”的协作网络，推动建立国家级“气候变化适应信息平台”，各部门按照统一标准共享数据，消除数据孤岛和重复报告。可建立定期联合会议和联合评估机制，由跨部门工作组牵头对重大适应政策或项目进行综合评估，避免平行评估和重复评估。此外，应将气候适应影响评估全面纳入国土空间规划、城市建设和重大项目审批流程，充分利用现有规划管理系统，而非另行制定程序。

基于影响 - 应对效应链的指标设计。指标选择应基于国家和分部门的气候风险评估，确保监测重点关注最相关、优先级最高的风险。借鉴德国在衡量适应行动实质性效果方面的经验，指标应明确分为三大类：影响指标、应对指标和状态指标。基于清晰的“影响 - 应对”效应链，在不同政策领域进行设计和评估，将有助于精确评估政策干预是否有效阻断了风险传播和 / 或增强了系统韧性。例如在农业领域，一个全面的效应链应考虑：气候变化影响（如干旱加剧）→ 系统暴露度和脆弱性（如依赖灌溉的作物面积）→ 适应性应对措施（如推广耐旱品种、覆盖节水设施）→ 最终结果（如粮食生产的稳定性、保险损失率变化）。为了将这种科学评估制度化，国家层面的跨部门协调应要求优先部门在制定统一监测标准时，基于这种效应链逻辑同步提交指标设计方案。这确保了评估能够系统地回答一个根本问题：该行动是否有效降低了特定的气候风险？从而推动适应治理的深刻转变，从关注“做了多少”转向关注“行动的效果如何”。适应指标应与《适应战略 2035》目标明确保持一致，确保每个战略目标都有可衡量的指标支持。考虑到适应信息和适应能力方面需要取得的进展，应进一步加强与数据和信息相关的可量化指标，如跨领域指标。

利用中国现有的机构数据格局。对中国现有数据系统的评估表明，气候适应相关数据主要由专门机构收集和维持，而非由国家数据部门直接汇总。具体而言，生态环境部和国家统计局在排放统计和气候影响评估等领域发挥作用。中国气象局则负责主要基础气候数据，包括气象观测、气候模型输出和极端天气气候事件监测。另一方面，国家数据局在数据资源整合和共享方面发挥协调作用，通过政策协调、标准制定和数据共享机制促进跨部门互操作性，但不直接收集原始适应数据。为最大限度地减少重复工作并利用现有机构结构，中国适应 M&E 体系应：（1）确保国家数据局为数据治理和质量保证的总体协调机构，利用其职权制定数据标准并促进跨部门共享；（2）指定上述各专门机构作为其法定职责范围内数据类别的牵头机构；（3）在有关机构之间建立具有约束力的数据共享协议，明确划分职责以避免重叠；（4）在采用每项拟议指标之前，对其数据可用性进行系统评估。借鉴德国经验，即监测体系应明确识别数据缺口，并在必要时以个案指标或替代指标补充国家适应指标，中国应允许在国家数据尚不可用时，使用试点指标或区域案例研究，并在监测报告中明确记录不确定性、数据局限性和方法限制。应特别注意明确数据所有权、规范数据格式，并确保监测结果具有科学可信度、透明度，并适用于政策决策。

反馈、标准化和动态更新。在现有法律和体制框架的基础上，应建立动态调整周期，例如每五年对适应战略和指标体系进行全面修订，并开展年度进展评估，以实现“监测 - 评估 - 学习 - 行动”的闭环管理。借鉴德国标准化机制，可设立“气候适应标准委员会”，负责将评估中发现的问题和良好做法及时转化为技术标准、规范或指南，以促进适应措施的标准化和规模化。根据中国的体制背景，该委员会应包括国家数据局、生态环境部、中国气象局等相关部委和下属机构的代表，确保标准化工作立足于现有数据系统，避免建立平行机构。

时间表和路线图。制定清晰、紧迫且详细的实施时间表和路线图至关重要。考虑到适应行动的长期性以及评估 2035 年里程碑的必要性，建议设定明确的时间节点，例如力争在 2027 年前完成国家气候变化适应 M&E 体系的全面设计和验证。该体系应包括统一的指标数据库、数据管理平台、标准化的评估流程和报告系统。在此基础上，该体系应于 2030 年前在全国范围内正式投入运行和实施。这一时间表为 M&E 并最终判断 2035 年适应目标的实现情况提供了关键的提前期，使决策者能够及时获得反馈，并在目标日期前有足够的时间采取必要的改进或纠正措施。

通过系统地设计机构职能、基于效应链的指标、提高数据效率、实现标准化和明确时间表，中国的气候适应 M&E 工作将在科学严谨性、实施效率和长期可持续性方面得到显著提升，从而能够完善适应国情并不断发展的适应治理体系。

4.3 界定气候适应型社会基本建成的基本特征和可量化路径

《适应战略 2035》和国家自主贡献 3.0 均明确指到 2035 年基本实现气候适应型社会。然而，气候适应型社会尚无明确定义，进展情况可能因各阶层和各部门的自我认知而异。为确保各项庄严承诺得到有效落实，当前的核心任务是将宏观愿景转化为清晰、可衡量、具体的适应行动路径。为了建立有效的 M&E 体系，必须将这一愿景转化为明确的维度和可衡量的指标，以便在各部门和各层级得到一致应用。

为实现这一目标，应在国家适应 M&E 框架下，由生态环境部牵头，并由各相关部委、研究机构和选定的试点省份参与，建立一个协调一致的流程。这一过程应界定气候韧性的核心维度，将其转化为与现有数据系统相符的可衡量指标类别，并在全国推广前通过试点应用测试这些指标。

可围绕以下三个核心维度构建气候适应型社会的实用定义：

第一个维度是物理和生态韧性。这指的是自然生态系统、基础设施系统和人类住区在维持基本功能的同时，抵御并从气候相关冲击中恢复的能力。关键领域包括水资源、能源、交通、城市、海岸防护以及基于生态系统的解决方案（如湿地、森林和绿色基础设施）。出于对系统监测与评估的目的，这一维度可以转化为诸如极端事件期间的服务连续性、防洪标准、供水可靠性、城市热岛效应缓解能力以及基于生态系统的适应措施的覆盖范围和有效性等指标。

第二个维度是制度和社会韧性。这体现了治理体系和社区的预警、准备和应对气候风险的能力。它包括将气候风险纳入规划和投资决策、预警和应急响应系统的有效性、跨部门协调机制、公众风险意识以及对弱势群体的保护。相关指标可能包括预警覆盖范围（包括弱势群体）和提前量、应急系统的响应时间、将气候风险纳入区域空间规划、灾害演习的频率以及公众意识和参与程度。

第三个维度是经济韧性和学习能力。这一维度侧重于经济系统从气候相关损失中恢复的能力，以及机构从经验中学习并随着时间推移改进政策的能力。主要包括关键供应链韧性、农业、健康、工业损失减少、保险和金融风险分担机制，以及将监测结果与政策调整联系起来的反馈机制。指标可能包括灾害损失率、气候风险保险覆盖范围、重大事件后的恢复时间、适应投资水平，以及将评估结果纳入规划和决策的正式机制等。

为确保这些维度和细化定义能够直接融入适应 M&E 体系及其指标，应采取以下整合路径。首先，三个维度都应与国家指标框架下的具体影响指标、应对指标和状态指标相对应。例如，物理和生态韧性可通过“符合防洪标准的城市排水系统比例”和“用于缓解高温的绿色基础设施覆盖率”等指标体现；制度和社会韧性与“弱势群体预警覆盖率”和“纳入气候风险评估的县级区域空间规划百分比”相关联；经济韧性与“气候相关农业损失率”和“适应性投资占公共基础设施支出的比例”相关联。其次，M&E 体系可在其定期更新的监测报告中纳入一个专门的“韧性维度”模块，利用已映射的指标跟踪每个维度的进展情况，并提供综合评估。再次，试点省份可被要求每年定期报告韧性指标，技术工作组审查结果，以完善定义和指标阈值。最后，完善后的定义将用于在 2030 年前更新官方 M&E 方法指南，确保所有后续监测周期均与三维韧性框架保持一致。这一闭环流程——定义、指标映射、试点测试、全国推广和定期修订——将把气候适应型社会的抽象愿景转化为中国适应治理体系中可衡量、可管理的组成部分。

4.4 建立中国适应监测与评估框架与国际报告流程的技术对接机制

为使国家适应 M&E 框架能够与国际接轨，它必须超越一般原则，纳入具体的技术机制。这就要求对 M&E 框架进行系统设计，以便长期跟踪关键国际科学和政策进程的进展——例如 IPCC 方法更新、UNFCCC GGA 指标（详见附件 2）以及政府间生物多样性和生态系统服务科学政策平台（IPBES）的相关评估——并利用这些投入对国家指标进行迭代完善，确保其在全球体系中的可比性和认可度。

M&E 框架的结构设计对于技术接轨至关重要。应在框架内设立一个专门模块，用于吸收、调整和实施国际公认的指标。有助于将国内目标与 GGA 指标在方法论上得以协

调一致，并将国家对基于自然的解决方案或基础设施韧性的投资与全球适应性融资和实施范围的指标联系起来。因此，该框架发挥着至关重要的协调和整合作用，使国内进展在国际舞台上清晰可见且可衡量。为了有效实施该模块，提出以下步骤：

首先，应在中国适应 M&E 框架下设立一个技术工作组，以系统地将国内指标与 GGA 和增强透明度框架（ETF）下的指标进行比较，涵盖部门包括生态环境部、国家发展和改革委员会、科技部、财政部、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部、水利部、农业农村部、文化和旅游部、国家卫生健康委员会、应急管理部、中国人民银行、中国科学院、中国气象局、国家能源局和国家林草局。在该工作组中，生态环境部作为协调牵头部门，负责召集会议和协调跨部门投入；中国气象局牵头负责气候监测、模型开发和风险评估方法；各部门职能部委（例如，能源局、水利部、农业农村部、交通运输部、国家卫生健康委员会等部门）应确保指标设计以部门风险评估和实际操作为基础。国家气候变化战略与国际合作中心、国家气候中心、中国疾病预防控制中心等部委直属研究机构应作为技术支持，提供方法指导和数据分析能力。其次，基于此比较，中国应制定一个映射表，将国内监测领域（如农业、健康、能源）与相应的 GGA 联系起来。最后，该映射表应在 2030 年前在几个试点省份进行测试，并利用经验教训使中国的报告模板与国际标准接轨。

这种具体的协调机制将使 M&E 框架成为国际报告和知识交流的实用工具，而不仅是履约报告。此外，通过利用诸如 ETF 之类的渠道，围绕相关性、有效性和充分性标准构建的国家 M&E 体系的产出可以直接纳入国际报告流程。这不仅履行了《巴黎协定》有关义务，而且还利用国际报告作为反馈机制来加强国内 M&E 体系，从而形成问责和持续改进的循环。通过系统记录和验证监测方法和实施案例，中国经验可以通过 UNFCCC 平台分享，为最佳实践和全球适应方法的发展做出贡献。因此，M&E 框架将从国内管理工具演变为国际合作的战略资产。

主要参考文献

- Bours, D., et al. (2014a). "Guidance note 1: twelve reasons why climate change adaptation M&E is challenging". SEA Change CoP, Phnom Penh and UKCIP.
- Bours, D., et al. (2014b). "Selecting Indicators for Climate Change Adaptation Programming." Guidance Note 2, SEA Change Community of Practice and UKCIP.
- Beauchamp, E. and Józefiak, I. 2023. Next Steps for Defining a Monitoring, Evaluation, and Learning System for the Global Goal on Adaptation by COP 28. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development.
- BMUV, 2024, 2024 German Climate Adaptation Strategy information paper.
- Bours, D., McGinn, C. & Pringle, P. 2015. Monitoring and evaluation of climate change adaptation: a review of the landscape. *New Dir. Eval.* 147,1–12.
- Die Bundesregierung. 2020. Second Progress Report on the German Strategy for Adaptation to Climate Change (DAS).
- Fu, J., Jian, Y., Wang, X. et al. Extreme rainfall reduces one-twelfth of China's rice yield over the last two decades. *Nat Food* 4, 416–426 (2023). <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00753-6>
- GIZ. 2016. Developing national adaptation monitoring and evaluation systems: A guidebook.
- GIZ. 2024. Monitoring and Evaluation of Adaptation – Lessons from Practice.
- IISD. 2024, National Monitoring, Evaluation, and Learning Systems for Climate Change Adaptation—A comparative analysis of nine countries.
- IPCC. Climate change 2022: impacts, adaptation, and vulnerability [M/OL]. Cambridge: Cambridge University Press, 2022 [2022-03-31].
- Leiter, T. 2021. Do governments track the implementation of national climate change adaptation plans? An evidence-based global stocktake of monitoring and evaluation systems. *Environmental Science & Policy* 125, 179–188.
- Li Jiangnan, Chou Jieming, Zhao Weixing, et al. 2022. Droughts and Floods Vulnerability Assessment of China's Agricultural Ecosystem from 1991 to 2019 [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 27 (1): 19–32. DOI: 10.3878/j.issn.1006-9585.2021.21073
- Li Jihang, Shen Yuchen, Chen Peiyan. 2024. Research on Typhoon Disasters in China from 1989 to 2021 and Their Weighting in Natural and Meteorological Disasters. *Advances in Meteorological Science and Technology*, 14(6): 33–39. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2024.06.004
- Liu S, Li Y E, Wang B, et al. 2023. Challenges faced by the negotiation of global goal on adaptation in COP27 and China's countermeasures. *Climate Change Research*, 19 (3): 389–399.
- Ministry of Ecology and Environment of The People's Republic of China. 2022. National climate change adaptation strategy 2035 [EB/OL]. 2022 [2022-12-20].
- Ministry of Ecology and Environment of The People's Republic of China. (2023). Progress Report on China's Climate Change Adaptation 2022.
- Ministry of Ecology and Environment of The People's Republic of China. (2024). Progress Report on China's Climate Change Adaptation 2023.
- Ministry of Ecology and Environment of The People's Republic of China. (2025). Progress Report on China's Climate Change Adaptation 2024.
- National Climate Center. 2025. 2025 China Climate Change Blue Book.
- Njuguna, L., Uri, I., & Beauchamp, E. (2024). National monitoring, evaluation, and learning systems for adaptation: A comparative

analysis of nine countries. International Institute for Sustainable Development.

OECD. 2017. "Insights from national adaptation monitoring and evaluation systems".

Price-Kelly H, Hammill A, Dekens J, et al. 2015. Developing national adaptation monitoring and evaluation systems: A guidebook. Bonn and Eschborn, Germany: GIZ.

Smith, B., et al. 2019. Monitoring and evaluation of adaptation – an Introduction.

Umwelt Bundesamt. 2017. Methodology for the evaluation of the German adaptation strategy

Umwelt Bundesamt. 2023. Monitoring Report on the German Strategy for Adaptation to Climate Change

United Nations Environment Programme. 2023. Adaptation Gap Report 2023: Underfinanced. Underprepared. Inadequate investment and planning on climate adaptation leaves world exposed. Nairobi.

United Nations Framework Convention on Climate Change Adaptation Committee. 2023. Monitoring and Evaluation of Adaptation at the National and Subnational levels: Technical Paper by the Adaptation Committee. Bonn.

Xu H, Hou X, Li D, et al. 2022. Spatial assessment of coastal flood risk due to sea level rise in China's coastal zone through the 21st century[J/OL]. *Frontiers in Marine Science*, Volume 9-2022.

Xu, Y., Chou, J., Zhao, W. et al. 2025. Constructing a composite index to evaluate multidimensional variations in food security over different regions. *Ambio* 54, 1057–1073. <https://doi.org/10.1007/s13280-024-02124-2>

Yang X, Fu L, & Zhang D.Y. 2020. Construction and Application of Evaluation Index System Adapted to Climate Change. *Yuejiang Academic Journal*, 12(2), 17.

Zhang G, Sun Z, Han L. et al. 2023. Avoidable heat-related mortality in China during the 21st century. *npj Clim Atmos Sci* 6, 81.

附件 1 《2023 年德国适应战略监测报告》中的适应指标

Cluster Health

Action field 'Human health'		Page
Impact indicators		
GE-I-1	Heat stress	40
GE-I-2	Heat-related mortalities	42
GE-I-3	Birch pollen burdens	44
GE-I-4	Ragweed pollen burden	46
GE-I-5	Pathogen vectors (case study)	48
GE-I-6	Contamination of bathing waters by cyano-bacteria burdens	50
GE-I-7	Health hazards from vibrios (case study)	52
GE-I-8	UV index (case study)	54
GE-I-9	Ozone burden	56
Response indicators		
GE-R-1	Heat warning service	58
GE-R-2	Public awareness of health problems caused by heatwaves	59
GE-R-3	Information on pollen	60
GE-R-4	Submissions for the Mückenatlas	62

Action field 'Coastal and marine protection'		Page
Impact indicators		
KM-I-1	Water temperature in the sea	100
KM-I-2	Sea levels	102
KM-I-3	Height of storm surges	104
KM-I-4	Coastal morphology (case study)	106
KM-I-5	Change of flow direction	108
KM-I-6	Pumping station performance (case study)	110
Response-Indicators		
KM-R-1	Investments in coastal protection	112
KM-R-2	Land protection dykes without safety deficit (case study)	114

Action field 'Fisheries'		Page
Impact indicators		
FI-I-1	Distribution of thermophilic marine species	122
FI-I-2	Herring larvae in the Greifswalder Bodden	124
FI-I-3	Occurrence of thermophilic species in inland waters (case study)	126

Cluster Water

Action field 'Water balance and water management'		Page
Impact indicators		
WW-I-1	Terrestrially stored water	70
WW-I-2	Groundwater level and spring flow	72
WW-I-3	Mean discharge	74
WW-I-4	Floodwater	76
WW-I-5	Peak discharge values in watercourses	78
WW-I-6	Low water	80
WW-I-7	Water levels in lakes	82
WW-I-8	Water temperature in lakes	84
WW-I-9	Spring algal bloom in lakes	86
WW-I-10	Water temperature of watercourses	88
Response indicators		
WW-R-1	Water use index	90
WW-R-2	GAK funds for flood protection	92
WW-R-3	Investments in flood protection (case study)	93

Cluster Land

Action field 'Soil'		Page
Impact indicators		
BO-I-1	Soil water in agriculturally used soils	134
BO-I-2	Soil water in forest soils (case study)	135
BO-I-3	Rainfall erosivity	136
BO-I-4	Temperature in the topsoil	138
Response indicators		
BO-R-1	Humus contents in soils of arable land and grassland soils (case study)	140
BO-R-2	Permanent grassland terrain	142

Action field 'Agriculture'		Page
Impact indicators		
LW-I-1	Agrophenological phase shifts	150
LW-I-2	Yield fluctuations	152
LW-I-3	Hailstone damage in agriculture	154
LW-I-4	Infestation with pest organism (case study)	156

Action field 'Agriculture'		Page
Response indicators		
LW-R-1	Adaptation of management rhythms	158
LW-R-2	Cultivation and production of thermophilic arable crops	160
LW-R-3	Adaptation of the variety spectrum in viticulture	161
LW-R-4	Cultivation of thermophilic crops	162
LW-R-5	Sales and application of pesticides	164
LW-R-6	Agricultural irrigation	166

Action field 'Woodland and forestry'		Page
Impact indicators		
FW-I-1	Tree species composition in forest nature reserves (case study)	174
FW-I-2	Incremental growth in timber	176
FW-I-3	Forest condition	178
FW-I-4	Dieback rate	179
FW-I-5	Damaged timber – extent of random use	180
FW-I-6	Endangered spruce stands	182
FW-I-7	Volume of damaged timber due to spruce bark beetle (case study)	183
FW-I-8	Forest fire hazards and forest fires	184
Response indicators		
FW-R-1	Financial support for forest transformation	186
FW-R-2	Conservation of forest-genetic resources	188
FW-R-3	Humus reserves in forest soils	190
FW-R-4	Utilisation of raw timber	192
FW-R-5	Timber construction quota	193
FW-R-6	Silvicultural information on the theme of adaptation	194

Action field 'Biological diversity'		Page
Impact indicators		
BD-I-1	Phenological changes in wild plant species	202
BD-I-2	Temperature index for bird species communities	204
BD-I-3	Temperature index of butterfly species communities	206
Response indicators		
BD-R-1	Consideration of climate change in landscape programmes and framework plans	208
BD-R-2	Restoration of natural flood plains	210
BD-R-3	Protected areas	212

Cluster Infrastructure

Action field 'Building sector'		Page
Impact indicators		
BAU-I-1	Heat stress in urban areas (case study)	220
BAU-I-2	Summer-related heat island effect (case study)	221
BAU-I-3	Cooling degree days	222
BAU-I-4	Heavy rain in residential areas	224
BAU-I-5	Claims expenditure for property insurance	226
Response indicators		
BAU-R-1	Recreation areas	228
BAU-R-2	Green roofs in cities	230
BAU-R-3	Investments in the energetic refurbishment of building envelopes	232
BAU-R-4	Insurance density of extended natural hazard insurance for residential buildings	234

Action field 'Energy industry'		Page
Impact indicators		
EW-I-1	Weather-related disruptions in power supply	240
EW-I-2	Weather-related unavailability of electricity supply	241

Action field 'Transport, transport infrastructure'		Page
Impact indicators		
VE-I-1	High-water closures to shipping on the Rhine	248
VE-I-2	Low-water restrictions to shipping on the Rhine	249
VE-I-3	Heavy rain impacting on roads	250
VE-I-4	Road accidents due to weather conditions and weather patterns	252
VE-I-5	Impacts on roads due to weather conditions and weather patterns	254
VE-I-6	Weather-related disruptions to the railway infrastructure	256

Cluster Economy

Action field 'Trade and industry'		Page
Impact indicators		
IG-I-1	Heat-related decrease in efficiency	264
Response indicators		
IG-R-1	Perception of the relevance of physical climate risks in trade and industry	266
IG-R-2	Exposure of Germany's foreign trade to global climate change	268
IG-R-3	Water procurement in the processing industry	270

Action field 'Tourism industry'		Page
Impact indicators		
TOU-I-1	Coastal bathing temperatures	278
TOU-I-2	Snow cover for winter tourism	280
TOU-I-3	Market shares held by wider tourism areas	282
Response indicators		
TOU-R-1	Seasonality of bed-nights in wider tourism areas	284

Action field 'Financial services industry'		Page
Impact indicators		
FiW-I-1	Claims ratio and combined ratio in home-owners' comprehensive insurance	292
Response indicators		
FiW-R-1	Public awareness of storm and flooding risks	294
FiW-R-2	Awareness of the relevance of physical climate risks among financial services providers	296

Cluster Urban Development, Spatial Planning, Civil Protection

Action field 'Spatial, regional and urban development planning'		Page
Response indicators		
RO-R-1	Priority and restricted areas reserved for wildlife and landscape conservation	302
RO-R-2	Priority and restricted areas for ground-water conservation / abstraction of drinking water	304
RO-R-3	Priority and restricted areas reserved for (preventive) flood control	306
RO-R-4	Priority and restricted areas reserved for special climate functions	308
RO-R-5	Increase in settlement and transport areas	310
RO-R-6	Land use for settlements in officially designated flood plains	312

Action field 'Civic protection'		Page
Impact indicators		
BS-I-1	Person hours due to weather-related damage events	320
Response indicators		
BS-R-1	Information on how to act in a disaster situation	322
BS-R-2	Precautions taken among the population	324
BS-R-3	Exercise volume	326
BS-R-4	Active emergency relief responders in civic protection	328

Cross-sectional Indicators

Response indicators		Page
HUE-1	Manageability of climate change impacts	332
HUE-2	Usage of warning and information services	334
HUE-3	Federal grants for promoting research projects on climate change impacts and adaptation	336
HUE-4	Adaptation to climate change at the municipal level	338
HUE-5	International finance for climate adaptation (from budgetary funds)	340

附件 2 全球适应目标（GGA）指标

分类	目标	具体指标
主题维度		
9（a）水安全	显著减少气候引发的水资源短缺，增强对水相关气候灾害的抵御能力，实现气候韧性的供水和卫生设施，确保人人获得安全且负担得起的饮用水	水资源压力水平，包括采取适应行动后（如适用）的水平，并考虑相关气候灾害的强度和 / 或发生频率
		用水效率水平，包括采取适应行动后（如适用）的用水效率水平
		在不同气候变暖情景下（根据地区和具体情况），关键水和卫生基础设施系统中能够抵御气候相关危害的比例，包括采取适应行动后（如适用）的比例
		在不同气候变暖情景下，已制定并实施气候适应计划的流域和冰冻圈总面积比例（如适用）
		使用安全、负担得起且具备气候韧性的饮用水服务的人口比例，包括采取适应行动后（如适用）的人口比例
		使用具备气候韧性且得到安全管理的卫生服务的人口比例，包括采取适应行动后（如适用）的人口比例
		为满足受气候变化影响过大的人口和弱势群体需求，在改善和扩大水、环境卫生和个人卫生服务方面所采取措施的覆盖范围
		环境水质良好、可用于饮用水供应的水体比例，包括采取适应行动后（如适用）的水体比例
		每 10 万人中，因应对水灾而通过有计划搬迁流程得到安置、并采取相关措施确保其安全的人口数量
9（b）粮食与农业	建立气候韧性的粮食与农业生产体系及其供应与分配，推动可持续与再生性生产，确保所有人公平获得充足的食物与营养	用于粮食与农业生产的管理区域中，采用与气候变化适应相关实践和技术的面积比例
		相关体制框架（包括知识转移、研发与推广服务等）的实施程度，用以衡量其在粮食与农业领域支持气候变化适应的力度（相对于实际需求）
		用于粮食与农业生产的管理区域中退化土地的程度，包括因适应行动而实现的改善
		用于粮食和农业生产的管理区域中，粮食和农业产量的水平，包括因适应行动而带来的产量提升
		能够公平获得充足食物和营养的人口比例，包括因适应行动而受益的群体。
9（c）健康	增强应对气候变化相关健康影响的能力，促进气候适应型卫生服务，显著降低气候相关的发病率和死亡率，特别关注最脆弱社区	与基线水平相比，与气候影响相关的死亡率，包括采取适应行动或建立早期预警系统（如适用）后的成效
		气候敏感性传染病的发病率水平，包括采取适应行动（如适用）后的成效
		与基线水平相比，与气候影响相关的发病率，包括采取适应行动（如适用）后的成效
		易受气候变化影响的人群中，能够获得心理健康和社会心理支持服务的比例
		在气候相关事件期间及之后，卫生健康服务相对于事件发生前保持正常运转的程度
		在不同气候变暖情景下（根据地区和具体情况），能够抵御气候相关灾害的医疗卫生机构所占百分比，包括采取适应行动（如适用）后的成效
		通过适应措施保障的基本卫生服务覆盖范围，以确保在气候相关事件期间及之后服务不中断
		接受过气候变化适应与健康相关培训的医疗卫生工作者比例

9（d）生态系统与生物多样性	减少气候变化对生态系统与生物多样性的影响，加速采用基于生态系统的适应措施和基于自然的解决方案，包括通过管理、增强、恢复和保护陆地、内陆水域、山地、海洋和沿海生态系统	能够为依赖其生存的人口提供服务的、具备气候韧性的生态系统所占比例
		已实施适应行动以增强韧性并维持服务功能的生态系统区域占比
		生态系统韧性水平，包括采取适应行动后（如适用）的成效
		生态系统受威胁状况水平，包括采取适应行动后（如适用）的成效
		物种受威胁状况水平，采取适应行动后（如适用）的成效
		根据缔约方报告，通过实施基于生态系统的适应行动和基于自然的解决方案所形成的适应能力、韧性及对气候影响脆弱性的水平
9（e）基础设施与人类住区	增强基础设施与人类住区应对气候变化影响的韧性，确保基本与持续的必要服务，最大限度减少气候相关影响对这些基础设施与住区的冲击	已实施的住区升级项目中，纳入气候变化适应措施并保持地方层面持续参与的项目比例
		易受气候相关灾害和其他极端事件影响的基础设施与人类住区中，被搬迁至更安全地点的比例
9（f）减贫与生计	通过促进全民适应性社会保护措施的使用，大幅减少气候变化对消除贫困和生计的不利影响	贫困人口比例，包括采取适应行动后（如适用）的比例
		气候脆弱地区获得社会保护服务的人口比例
		社会保障体系兼顾气候风险管理要素、并能有效应对气候变化影响的水平
9（g）文化遗产	通过制定适应性战略保护文化习俗和遗产地，设计气候韧性基础设施，并以传统知识、原住民知识体系和地方知识体系为指导，保护文化遗产免受气候相关风险的影响	在不同变暖情景下（视区域和具体情况而定），面临风险的文化和自然遗产地及要素中，为增强对气候相关危害的韧性而实施了适应措施、且其制定过程受传统知识、地方或原住民知识及实践指导的百分比，可酌情按物质和非物质文化要素分列
		通过数字化措施进行保存和恢复，以及将可移动遗产存放于气候韧性设施中，从而使其免受气候影响的文化遗产比例
		在不同变暖情景下（视区域和具体情况而定），针对气候变化相关危害制定了适应措施和应急准备计划的文化遗产和遗址的百分比
		为提供定期气候变化适应培训而建立的体制机制水平，此类培训在适用时包含传统知识、地方知识和原住民知识的指导
		专注于文化遗产保护、并与原住民和 / 或地方社区保持持续接触的气候适应措施的百分比
执行维度		
10（a）影响、脆弱性和风险评估	到 2030 年，所有缔约方完成最新的气候灾害、气候变化影响及风险和脆弱性评估，并将评估结果应用于国家适应计划、相关政策工具、规划流程和 / 或战略的制定；并在 2027 年前建立多灾种预警系统、面向风险降低的气候信息服务，以及支持改进气候相关数据、信息和服务的系统观测能力	多灾种预警系统的建设程度
		基于不同全球变暖情景（并适用于区域特征和具体情境）的气候灾害、气候变化影响以及风险和脆弱性评估的开展程度
		多灾种监测系统与基于影响的预报系统（包括监测站点）的建设程度
		每 10 万人中，通过地方政府或国家级信息发布机制获得早期预警信息的人口数量
		国家人口中，在早期预警发布后，通过预防性撤离措施受到保护、免于气候相关灾害风险影响的人口比例
		面向风险降低的气候信息服务，以及用于提升气候相关数据、信息与服务质量的系统观测能力的建设程度
基于不同全球变暖情景（并适用于区域特征和具体情境）的气候风险信息和综合风险评估，在国家适应计划、政策工具及各类规划流程和 / 或战略制定中的应用广度		

10 (b) 规划	到 2030 年，所有缔约方都制定了国家驱动、促进性别平等、参与式和完全透明的国家适应计划、政策工具和 / 或规划和 / 或战略（酌情涵盖生态系统、部门、人群和脆弱社区），并将适应纳入所有相关战略和规划的主流	国家适应计划、政策工具和 / 或规划和 / 或战略的制定状况
		促进性别平等的适应计划、政策工具和 / 或规划和 / 或战略的制定状况
		国家适应计划、政策工具、规划过程和战略的制定是否参考了传统知识、原住民知识体系和地方知识体系
10 (c) 执行	到 2030 年，所有缔约方在执行国家适应计划、政策和战略方面取得进展，并因此减少了目标 10(a) 所述评估中确定的关键气候危害的社会经济影响	国家适应计划、政策和战略相对于计划目标的执行程度
		每 10 万人中与气候相关危害相关的死亡和失踪人数，包括采取适应行动后（如适用）的人数
		因避免损失而产生的净储蓄占国内生产总值的百分比，在采取适应行动后（如适用）的百分比
		根据相关决定报告的气候适应资金数额，并按相关参数分列，其中包括发达国家为支持发展中国家执行国家适应计划、政策工具及规划进程和 / 或战略而提供且后者已收到的国际公共气候适应资金数额
		根据相关决定报告的气候适应技术开发与转让情况，并按相关参数分列，其中包括发达国家为支持发展中国家执行国家适应计划、政策工具及规划进程和 / 或战略而提供且后者需要并已获得的气候适应技术开发与转让支持
10 (d) 监测评估与学习	到 2030 年，所有缔约方已设计、建立并运行国家适应努力监测评估与学习系统，并已建成充分实施该系统所需的机构能力	国家适应努力监测评估与学习系统相对于需求的设计完备程度
		国家适应努力监测评估与学习系统的运行水平
		关于国家适应努力执行情况的监测评估与学习成果定期发布水平
		监测评估与学习系统成果纳入国家适应努力的水平
		全面运行国家适应努力监测评估与学习系统所需的机构能力水平



德国国际合作机构 (GIZ)

注册办公地
德国波恩和埃施博恩

Friedrich-Ebert-Allee 32+36 53113,
波恩, 德国
电话: +49 228 44 60-0
传真: +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5 65760,
埃施博恩, 德国
电话: +49 61 96 79-0
传真: +49 61 96 79-11 15

电子邮箱: info@giz.de
网址: www.giz.de