

气候变化影响、风险与适应

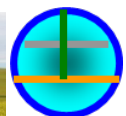
报告人：吴绍洪 wush@igsnrr.ac.cn

中国科学院地理科学与资源研究所

2020年8月



中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室
Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation,
CAS



气候变化与韧性城市研讨

一、气候变化影响与风险

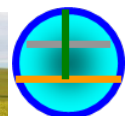
二、适应气候变化措施与战略



中国科学院地理科学与资源研究所
Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS



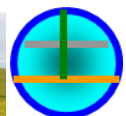
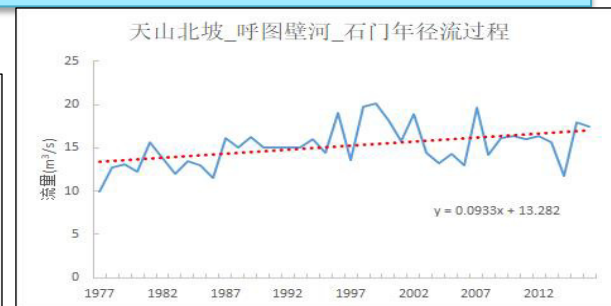
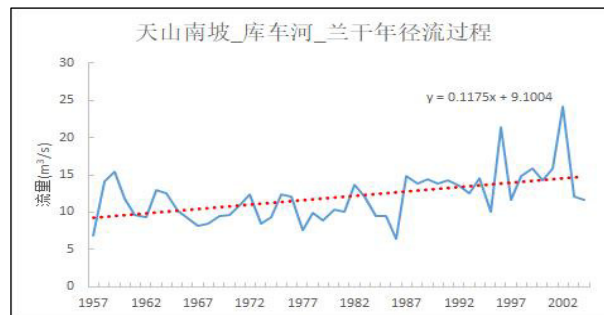
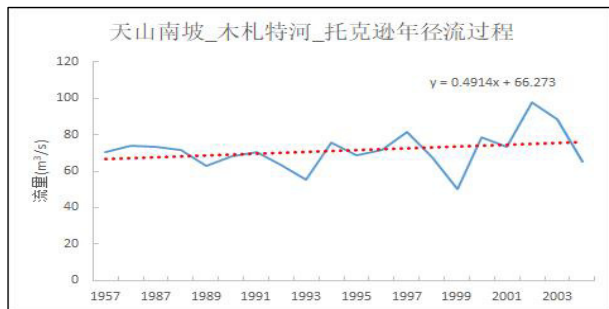
中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室
Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation,
CAS



1、自然系统影响与风险：水资源

观测显示气候变化使中国西部降水增加，部分河流径流增多，一定程度上改善生态，缓解水资源供需矛盾；但黄河流域实测径流量减少。

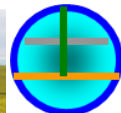
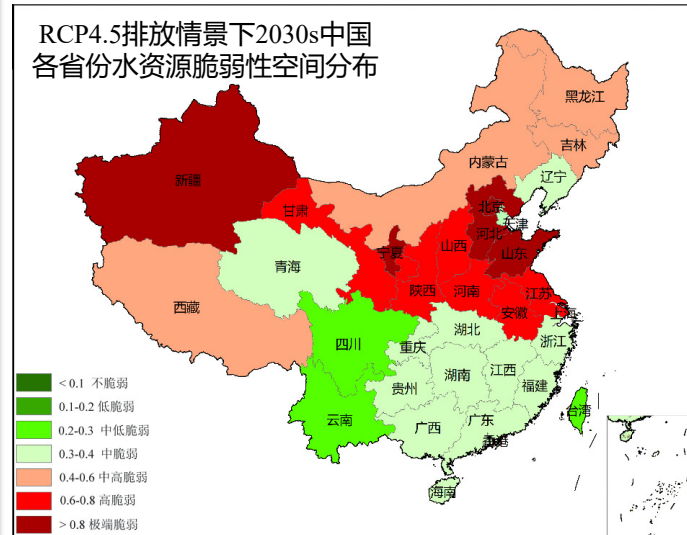
- 西部径流可能继续增多，在径流拐点出现之前，缓解水资源压力
- 近60年玛纳斯河径流量总体呈增加趋势，其肯斯瓦特水文站年径流1957-2012年期间呈现持续上升趋势
- 1956-2018年期间，黄河上游以及黄河以南地区河流的年径流量均为非显著性变化，黄河中下游及其以北河流的实测年径流量均呈现显著性减少趋势



1、自然系统影响与风险：水资源

未来气候变化使中国黄河、海河、辽河水资源锐减，加大了水资源**压力**；长江、珠江等南方河流洪水**风险增加**，未来中国水旱灾害可能更为严重

- RCP4.5情景下，本世纪末中国北方、东北和南方的严重干旱概率将增加25%以上
- 极端暴雨、洪涝、干旱事件可能增多、增强，淮河、长江和珠江洪水风险增加

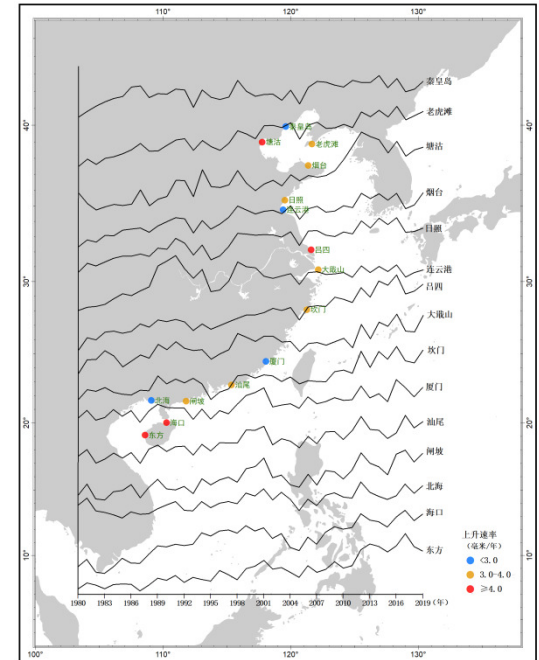


1、自然系统影响与风险：海域与海岸带

气候变化使中国海平面上升，加剧了海岸侵蚀、海水（咸潮）入侵的影响和土壤盐渍化；台风-风暴增水叠加高海平面造成严重洪涝灾害

未来海平面将继续上升，沿海多地当前百年一遇极值水位的重现期将显著缩短，灾害风险将加重

- 20世纪90年代以来，中国海岸线约**22%**发生侵蚀，黄河三角洲岸线向陆地后退较明显。
- 自2008年至2017年长江口发生咸潮入侵次数增加，珠江口咸潮入侵次数虽未明显变化，但持续时间呈上升趋势；
- 红树林等滨海湿地面积减少了**73%**（1950~2002）
- 台风风暴增水叠加高海平面和天文大潮，形成灾害性的高潮位，造成沿海地区严重的洪涝灾害

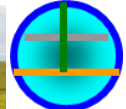
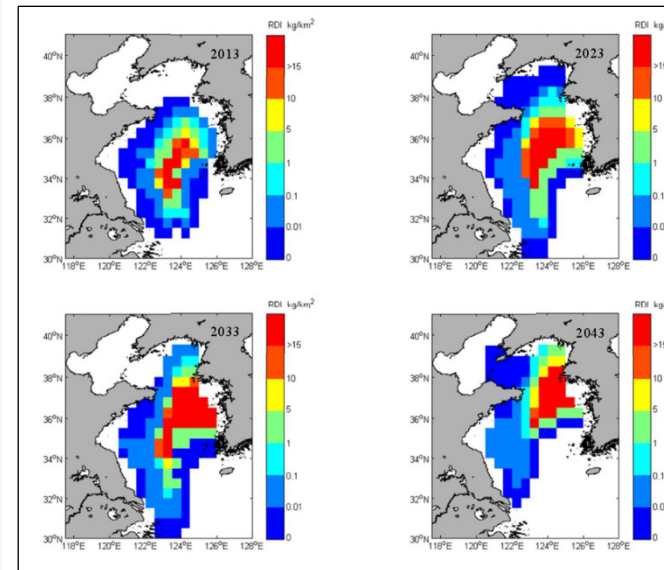


1、自然系统影响与风险：海域与海岸带

海洋变暖：

- 海洋的物候特征、生物的地理分布、物种组成变异
- 近岸赤潮、绿潮和大型水母暴发等生态灾害频发
- 海洋生物物种正在向高纬度海区迁移，东中国海底栖动物分布有显著变化
- 海洋热浪（极端高海温）频繁发生严重影响海洋生态系统和海水养殖业

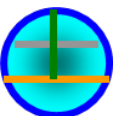
RCP8.5情景下，到本世纪末，我国近海将大幅升温，海洋生态系统和渔业资源将受到海洋变暖更大的负面影响，生态系统服务功能面临进一步下降的风险



1、自然系统影响与风险：**陆地生态系统**

影响正负效应兼有：森林地理分布北移、生产力增加，植物物候开始期提前结束期推后，湿地面积增大；**北方林等面积减小，内蒙古草原生产力下降，草原脆弱性上升；某些野生与濒危物种适生区域增加，但总体负面效应较大**

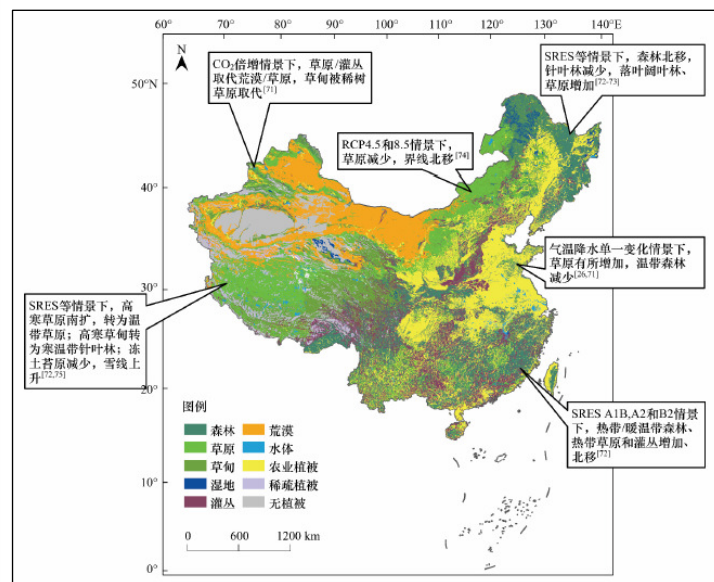
- 长白山和小兴安岭北部的森林生物量均呈显著增加趋势，森林碳储量持续增加；春季物候期在东北地区针叶林以2天/10年的速率显著提前
- 内蒙古草原植被生产力在典型草原和荒漠草原呈下降趋势
- 大熊猫目前适宜分布范围将缩小，丹顶鹤的繁殖适生区不断缩减



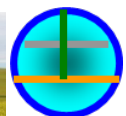
1、自然系统影响与风险：陆地生态系统

未来气候变化使森林格局有所变化，暖干化对森林、草原、荒漠和湿地的**风险突出**；野生动物与濒危物种适生面积减少濒危程度不断加剧

- 中、远期负面影响较大，中国东部地区脆弱区面积将显著增加，暖温带脆弱区面积增加超过**20%**
- RCP8.5情景下，大熊猫适宜生境在2050年减少**25.7%**；濒危物种有233种脊椎动物面临灭绝，约**44%**的野生动物呈数量下降趋势



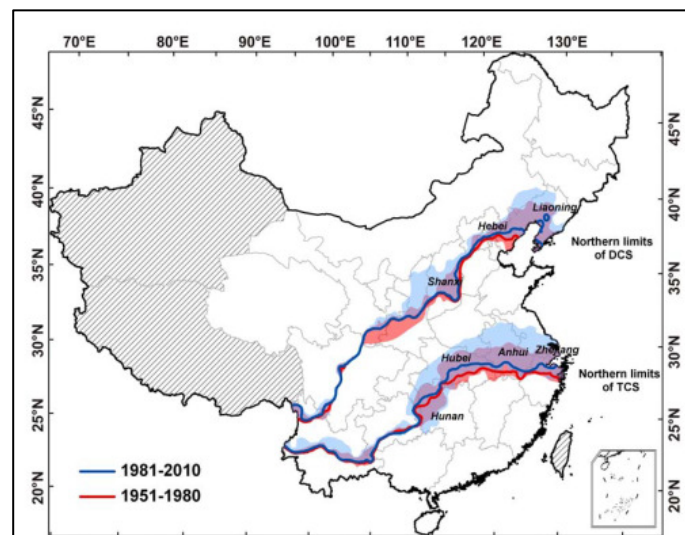
不同气候变化情景下中国陆地生态系统变化



2、人类管理系统影响与风险：农业

观测显示气候变化使农业热量资源增加，作物适宜生长季延长，多熟制种植面积扩大

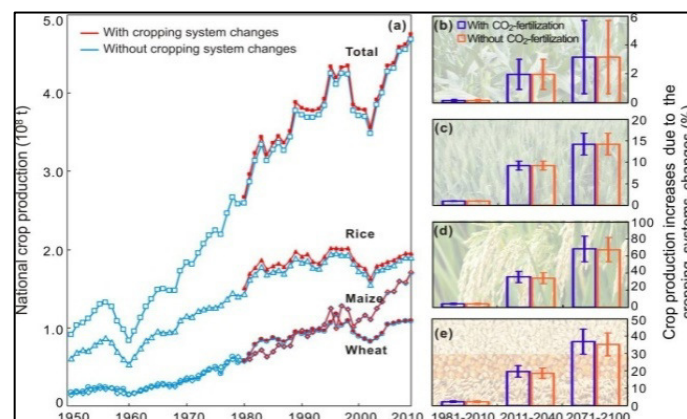
- 相比1950~1980，1981~2010年一年一熟地区面积缩小**0.5%**，适合一年三熟种植区面积扩大**2.8%**
- 作物种植种类多样化



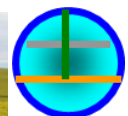
1981-2010中国一年两熟和三熟种植北界北移

气候变化使气象灾害风险增加，未来农田生产环境退化，粮食增幅降低

- 全球升温1.5°C和2.0°C情景下，中国玉米平均减产幅度约为**3.7%**和**11.5%**



气候变化下熟制与产量关系



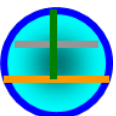
2、人类管理系统影响与风险：能源系统

气候增温使制冷需求增加；建筑采暖负荷均呈现降低趋势，而制冷负荷增加

- 气候变化对于长江中下游采暖制冷负荷影响显著，夏季制冷需求增长明显，将对电网规划和调度运行产生了突出影响

未来极端气候事件对于能源系统的不利风险将不断增大，电力系统面临的气候变化脆弱性较高

- A1B排放情景下，广州地区在2050年总能耗将增加 27MJ/m^2 ，至2100年总能耗增加 51MJ/m^2 ；北京的总能耗整体呈减少趋势，2050年能耗将减少 26MJ/m^2 ，2100年能耗减少 89MJ/m^2
- 对上海而言，维持经济和人口不变时，升温 1.5°C 耗电量0.6倍，升温 2.0°C 增加1.2倍，升温 4.0°C 增加1.5倍，若考虑社会经济和人口发展，升温 1.5°C 增加4.3倍，升温 2.0°C 增加11.2倍，升温 4.0°C 增加12.9倍



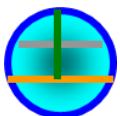
2、人类管理系统影响与风险：环境

天气气候通过影响大气污染物排放的自然来源和污染物浓度；改变舒适度影响宜居性

- 我国中东大部放地区年霾日数在**5 ~ 30d**
- 冬半年平均霾日数呈显著的增加趋势（**1.7 d/10a**），其中1970年代初和21世纪初发生了明显均值突变，近年来霾日数开始呈下降趋势
- 近地面华东、华南、华北地区O₃污染较为严重

温度升高增加了寒冷地区气候舒适时间，延长了居民出游适宜时期；**但对冰雪风景旅游资源有负面影响；极端天气气候事件对旅游业影响显著**

- 青藏高原的热天数增加冷天数减少，基于50年的数据发现，青海省6-8月是最适宜前往的旅游期
- 近20a来气候变暖致使海螺沟长草坪大冰瀑布上出现了4个“天窗”（1993-2004年），许多著名景观消退乃至消失，冰川景观观赏价值明显降低
- 2008年受雪灾的影响，各省区入境旅游客流量损失率最大达**4.98%**

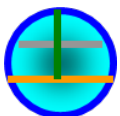


2、人类管理系统影响与风险：人群健康

气候变化通过其引发的温度、湿度、气压等气象因素变化，间接地影响了自然环境中传染病的病原体、宿主和传播媒介，也影响了人体呼吸系统、免疫系统、循环系统和消化系统等，从而造成间接性健康损害

气候变化对人体健康的影响

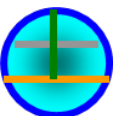
气候变化内容	影响途径/方式	影响结果
1、气象因素的变化（温度、湿度、气压、日照时长、风速等） 2、极端天气和极端气候事件（高温热浪、寒潮、极端降水、洪涝、台风、冰雹、雾霾、沙尘暴等）	通过一些中介变量的改变，如传染病病原体、宿主和疾病传播媒介生存环境与地理分布，间接影响人体健康	虫媒传染病：血吸虫病、疟疾、登革热等 肠道传染病：细菌性痢疾、霍乱等 呼吸道传染病：流行性感冒、麻疹等
	造成人体系统失调甚至是疾病，从而直接影响人体健康	呼吸系统疾病：哮喘、气管炎、支气管炎、慢性阻塞性肺疾病等 免疫系统疾病：花粉过敏、过敏性鼻炎、荨麻疹等 循环系统疾病：冠心病、心肌梗死、脑卒中等 消化系统疾病：肠胃炎、消化道出血、胃溃疡等
	气象因素的骤然变化致病、空气、水和食物的质量下降间接影响人体健康、伤害的滞后性以及二次伤害，以及以上多因素协同作用扩大了极端天气气候事件对人体健康的影响	轻微疾病：皮肤过敏、咳嗽、眼睛干涩、打喷嚏、感冒、高血压等 严重疾病：冻伤、热衰竭、心肌梗塞、脑卒中、呼吸困难、沙漠尘肺等 灾难后遗症：创伤后应激障碍、抑郁症、酗酒、吸毒、自杀等
	通过改变自然环境、改变农作物产量地理分布间接影响人类健康	大气层破坏使紫外线辐射增强，导致晒伤和白内障等疾病 水体污染和土壤污染带来的消化系统疾病 气候变暖使某些地区粮食增产，为营养不良地区的人们带来一定的积极影响
	通过人类自身因素（如年龄、性别、职业、地理位置、社会经济状况等）的调节作用间接影响人体健康	不同人群对气候变化影响的暴露危险性、敏感性以及适应性的程度有所差异，如贫困地区人群比发达地区面临着更大程度的生态环境脆弱性和健康风险问题



2、人类管理系统影响与风险：人群健康

未来气候变化将加重人群健康风险

- 以2030年和2050年，血吸虫病流行区将明显北移，潜在流行区面积将达全国总面积的**8%**，受血吸虫病威胁的人口将增加**2100万**
- 预估2031-2050年我国有效疟疾分布范围有向北和向西扩展的趋势，疟原虫繁殖代数有明显增加趋势，传疟时间有延长趋势
- 在 RCP8.5 排放情景下，预测2020 年、2030 年、2050 年和2100年细菌性痢疾的损失分别增加**20.0%**、**24.0%**和**28.0%**和**36.0%**。



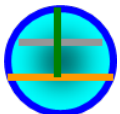
2、人类管理系统影响与风险：重大工程

气候变化对工程运营产生了显著的影响，在评估到的工程中，对生态建设类工程具有诸多的正面影响；对水利工程、青藏铁路和海洋工程负面影响大

- 气候变化促进三北防护林地区和京津风沙源区植被恢复与生长
- 青藏高原多年冻土逐渐退化，增加青藏铁路运营维护成本，行车安全

未来气候将对重大工程运营有明显的风险

- 变暖有利于三江源草地生态恢复，但局部荒漠面积将持续扩大
- 极端天气事件将引发超标洪水产生，威胁三峡工程，未来华北平原河流径流量减少将加剧南水北调供水压力
- 多年冻土的空间变异和热扰动将增大路基工程的失稳风险，对青藏铁路、公路产生直接影响，降低行车安全性，增加后期运营维护成本
- 海水酸化则进一步加速了核电站冷却系统的腐蚀，缩短了核电站的服役寿命以及设备维护周期

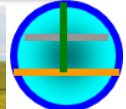


2、人类管理系统影响与风险：气候灾害风险

干旱、高温热浪、洪涝极端事件（气候灾害）危险性高、影响范围广，中国的人口、社会经济的脆弱性高，其风险随升温逐渐增加；全球增温2°C与1.5°C相比，中国重度干旱和洪水经济损失将可能增加近1倍

- RCP8.5情景下，重度干旱、高温热浪、洪涝事件危险性增高。
- 干旱事件影响长江流域及其北部的主要农业区，高温热浪事件影响除青藏高原和北部山区之外的全国大部分地区，洪涝主要影响东部，尤其是沿海地区的人口和经济，受影响的人口数随温升不断升高。全球增温1.5°C时，中国重度干旱和重度洪水的直接经济损失为**502.3**亿美元，增温2°C时为**956.6**亿美元，受影响的人口也明显增加
- 人口承险体主要受到高温热浪和洪涝事件的影响，温升2°C时，高风险区面积占全国**27%**以上。经济承险体主要受到干旱和洪涝事件的影响，温升2°C时，高风险区面积约占全国**16%**。

风 险	目前	1.5 °C	2.0 °C
干旱经济损失（亿美元）	74.8	172.0	296.7
洪涝经济损失（亿美元）	122.0	330.3	659.9
热浪影响人口（百万人）	255.7	404.6	660.0
洪涝影响人口（百万人）	9.13	11.21	13.20



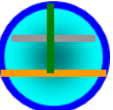
3、区域影响与风险：脆弱与贫困地区

气候变化将有利于青藏高原和喀斯特地区生态恢复，但自然灾害影响明显，农业生产受损

- 过去30年青藏高原物候总体返青提前，高寒植被生长季显著延长，植被NPP总量增加了8.1%~20%，增加的面积达32%以上
- 青藏高原灾害风险增强、冻土退化、冰雪面积减少、沙漠化面积扩大
- 喀斯特旱涝与水土流失风险突出，西南喀斯特区春旱自西向东递减，其中桂西石漠化区大部分春旱频率在70%以上
- 北方农牧交错带，粮食生产潜力降低，1990-2010年，气候变化致使北方农牧交错带粮食生产潜力减产1105万吨

未来北方农牧交错带和黄土高原农业生产风险增加，同时加剧贫困人口面临的各种风险，恶化生计和贫困问题

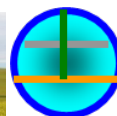
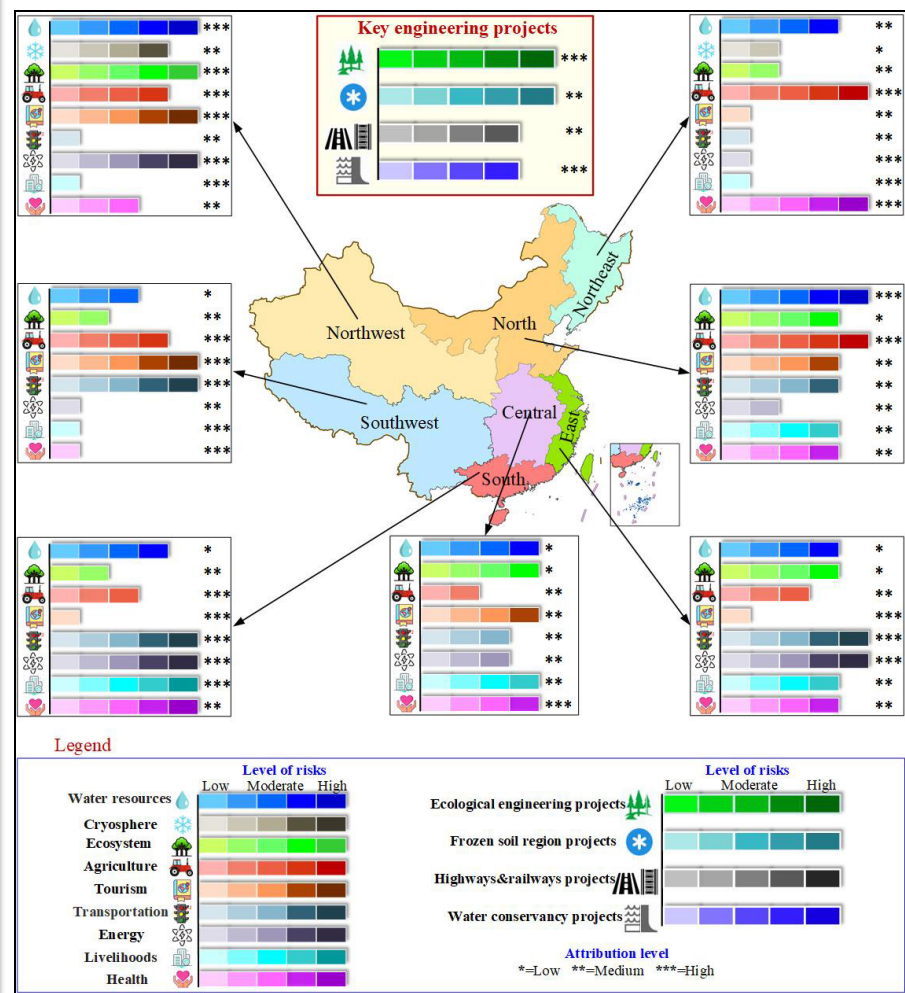
- 黄土高原干旱区面积扩大，洪涝灾害风险加剧，气候变化引起30%河流径流量减少，输沙量下降占黄土高原输沙量减少总量的29%~36%
- 贫困地区，加剧贫困人口面临的各种风险和生计问题，在某些情况下甚至会进一步恶化贫困人口和边缘人群的境况



3、区域影响与风险：区域气候变化风险

气候变化对中国区域影响弊大于利，特别是，未来预估结果显示，进一步变暖将主要产生负面影响，并加剧区域面临风险

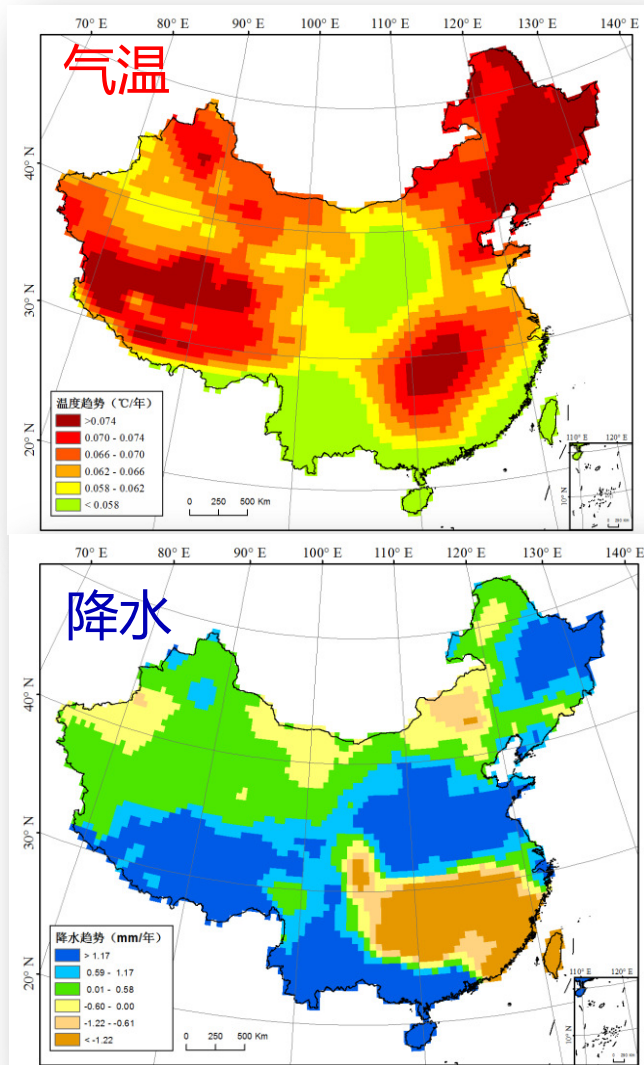
- **华北地区**：水资源、农业
- **东北地区**：水资源、农业、健康
- **华中地区**：水资源、生态系统、旅游、生计、健康
- **华东地区**：交通、能源
- **华南地区**：交通、能源、生计、健康
- **西北地区**：水资源、生态系统、旅游、能源
- **西南地区**：农业、旅游、交通



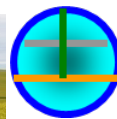
3、区域影响与风险：综合气候变化风险格局

哪里气候变化发显著

数据：CMIP5，RCPs；方法：GIS + 地统计



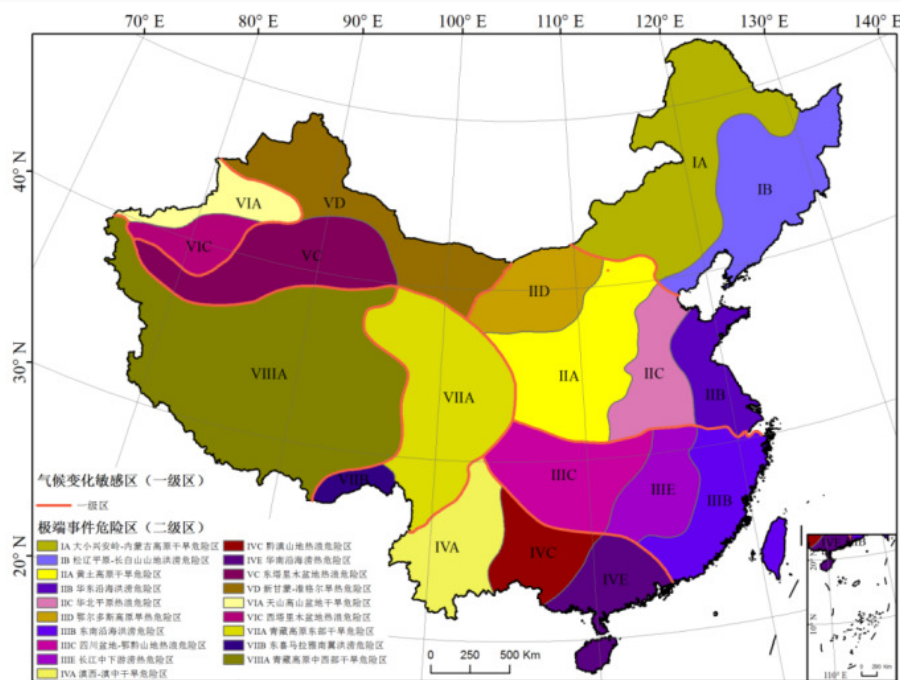
中国综合气候变化风险区划一级单元敏感区
(2021-2050, RCP8.5)



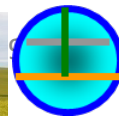
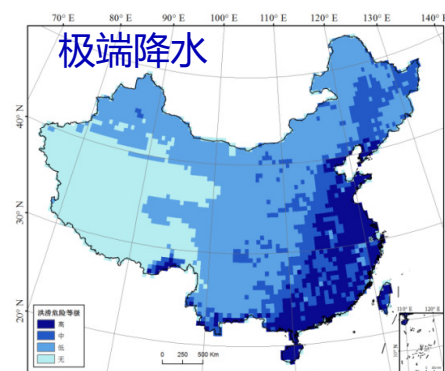
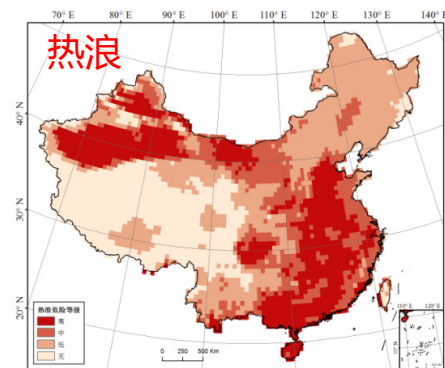
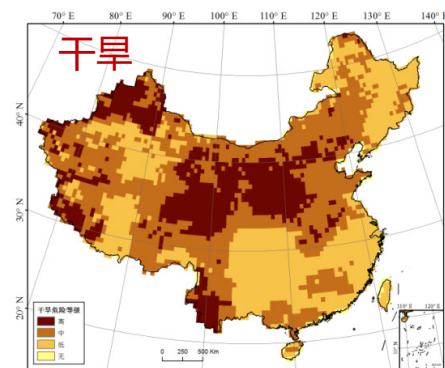
3、区域影响与风险：综合气候变化风险格局

极端事件发生程度

- 干旱： $CI=aZ_{30}+bZ_{90}+cM_3$
- 洪涝：最大3日降雨量情景数据生成
- 热浪：高温热浪指数HI生成

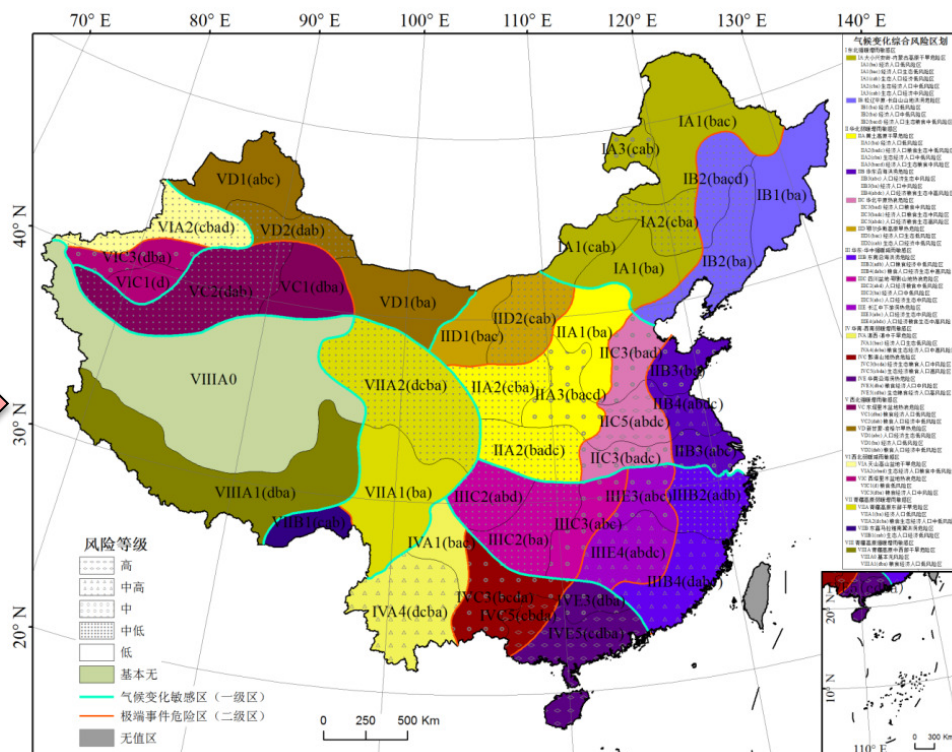
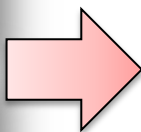
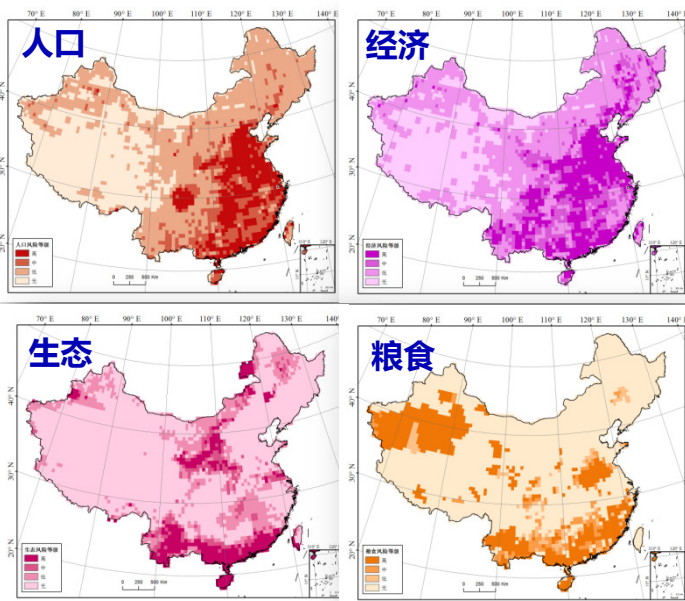


中国综合气候变化风险区划二级单元危险区
(2021-2050 , RCP8.5)



3、区域影响与风险：综合气候变化风险格局

气候变化影响到什么



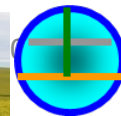
中国综合气候变化风险区划三级单元风险区
(2021-2050, RCP8.5)

气候变化致使极端事件增加，将对社会经济产生更多的灾害；中国东部发达地区将承受更高风险；适应气候变化和灾害风险防范势在必行



中国科学院地理科学与资源研究所
Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS

中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室
Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, CAS



气候变化与韧性城市研讨

一、气候变化影响与风险

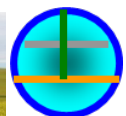
二、适应气候变化措施与战略



中国科学院地理科学与资源研究所
Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS



中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室
Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation,
CAS



1、气候变化适应措施

适应(Adaptation)

对自然或人为系统的调整以响应实际发生或预计发生的气候变动及其后果，寻找趋利避害的机会

预先适应(Anticipatory adaptation)

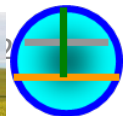
在气候变化影响被注意到之前就已经发生的适应，也称为先前适应

自动适应(Autonomous adaptation)

不是有意识的适应，而是自然系统中的生态变化或者人类系统中的市场或福利变化所触发响应气候变动的适应，也称为自适应

规划适应(Planned adaptation)

经过周密的决策和有意识的适应，主观意识的基础是已经改变或将要改变的条件，以及需要恢复、保持或达到期望状态的行动



1、气候变化适应措施

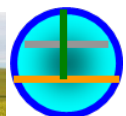
预先适应(Anticipatory adaptation)

水资源领域：加强节水型社会建设和骨干水利工程建设

海域与海岸带领域：增进观测调查资料的共享，加强沿海气候灾害风险规划评估，适应气候变化；加强海洋和海岸带生态保护机制建设，增强海洋和海岸带生态系统的韧性恢复力

农业领域：科学利用气候资源，推广适应和减缓协同技术，提升气候风险抵御能力

- 科学利用农业气候资源，优化作物结构与品种布局，提高气候和耕地资源利用效率
- 加强作物种质资源开发与抗逆品种选育，发展作物适应与减排协同的农业技术体系
- 加强农田水利设施与生态环境建设，提高病虫害防治能力
- 提升农业气象灾害预警预报能力，优化灌溉管理系统建设



1、气候变化适应措施

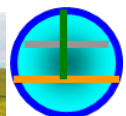
预先适应(Anticipatory adaptation)

人群健康领域：相继开展的卫生项目，颁布并且完善相关卫生政策

- 2010年国家发委发布《中国应对气候变化的政策与行动2010年度报告》，实施《国家环境与健康行动计划》
- 各类监测预警平台，如2013年由中国疾控中心环境所研发的高温热浪与健康风险早期预警系统在南京市试运行，74天日均发出信息2.18条，灵敏度达**72.5%**

能源系统

低碳技术和清洁能源技术，智慧能源技术，可再生能源和新能源技术，高效节能技术，以及能源的输送和调配



1、气候变化适应措施

预先适应(Anticipatory adaptation)

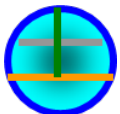
重大工程领域

- 中国气象局2008年发布《气候可行性论证管理办法》，多个项目得到论证，减灾效益显著
- 有关部门合作，根据气候变化调整修订基础设施设计、工程建设、运行调度和养护维修的技术标准
- 对于泥石流、洪水等灾害的防范，建立青藏铁路沿线大风、降水、气温等要素的客观化分析预报模型，研发关于降水特征与水害、地质灾害时空分布特征与气象条件及铁路地质灾害与气象等方面的预警模型，突破关键适应技术，西气东输、南水北调等一系列重大工程的实施与安全运行



中国科学院地理科学与资源研究所
Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS

中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室
Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation,
CAS

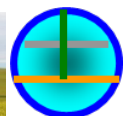


1、气候变化适应措施

自动适应(Autonomous adaptation)

陆地生态系统对气候变化的自然适应因地制宜

- 西北地区的植被覆盖可能有所提高
- 约79%的中国植被可以适应未来的气候
- 青藏高原南部、内蒙古地区和西北部分地区的草地适应性较差，有退化倾向



1、气候变化适应措施

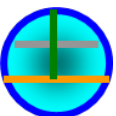
规划适应(Planned adaptation)

青藏铁路工程

- 青藏铁路的设计思想应由“被动保温”转向“主动降温”，采用“冷却地基”的方法确保路基稳定，针对青藏铁路工程多年冻土区线路病害，提出“先治水，后补强；先环境，后工程”的综合整治方案，有效保障了青藏铁路工程的安全运行

区域适应气候变化的途径：在发展中国家率先制定和实施国家适应气候变化战略，提出逐步实现区域智慧型经济的转型和建设气候适应型社会

- 针对气候变化引起不同区域资源禀赋与环境容量的变化及其对经济、社会发展的影响，制定防控气候风险和发挥区域气候资源优势的适应对策
- 重点领域实施一批生态适应工程
- 敏感产业研发推广适应措施并构筑区域性行业性适应技术体系
- 加强适应气候变化的科普与社会行动

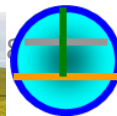


2、气候变化适应战略途径

选择有序适应气候变化战略途径

适应气候变化的有序性需要

- 人类需要避免公共资源无序利用，如工业革命
- 仅中国自己适应不能解决问题
- 通过合理安排和组织，不同国家或机构、区域、部门之间通过协调的系统性行动，使人类社会能够**整体有效**规避气候变化的不利影响，合理利用气候变化的有利影响
- 构建一个从科学技术、综合集成到社会经济**全方位协调一致**的有序适应气候变化方案，使人类社会能够长期适应气候变化，保障社会经济可持续发展



2、气候变化适应战略途径

技术先导

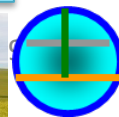
- **明晰适应基础。** 适应已经受到的负面影响和预估可能的风险，明确不同区域、领域面临的气候变化关键问题
- **挖掘现有技术，研发高新技术。** 分析常规技术可用性与区域适用性；研发补充技术，特别是现代化的高新技术
- **开展适应技术示范。**

生态脆弱区（如黄土高原、青藏高原、西南喀斯特）的基于生态系统适应的管理技术体系

气候干旱区的水资源配置技术、抗逆品种选育技术等

大河三角洲的灾害监测、设施防护、生态保护与恢复技术

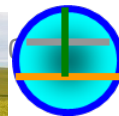
最不发达地区的极端事件风险评价、预警、管理技术体系



2、气候变化适应战略途径

综合集成

- **问题导向。** 跨领域或跨区域，农业-水资源-自然生态系统；与气候有关的危害通过影响生计、减少农作物产量、毁坏民宅导致贫困
- **领域相关。** 资源环境-社会经济两个系统的多个领域。资源-生态-环境综合承载力；气候变化-生态环境-社会经济
- **区域联系。** 流域尺度上、中、下游之间的联系；经济一体化区域（如京津冀、长三角、粤港澳）的联动性与区域性适应气候变化制度建设



2、气候变化适应战略途径

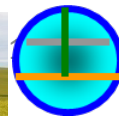
整体有序

- **系统性的适应。**有效的制度、市场、技术的协调，同时突出这个机制的有序性，使各个方面发挥最佳效益。
- **实现自然-社会-经济整体有序。**

气候敏感部门（农、林、水、能源、交通、工业等）的协调合作与统筹规划，区际协同治理

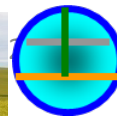
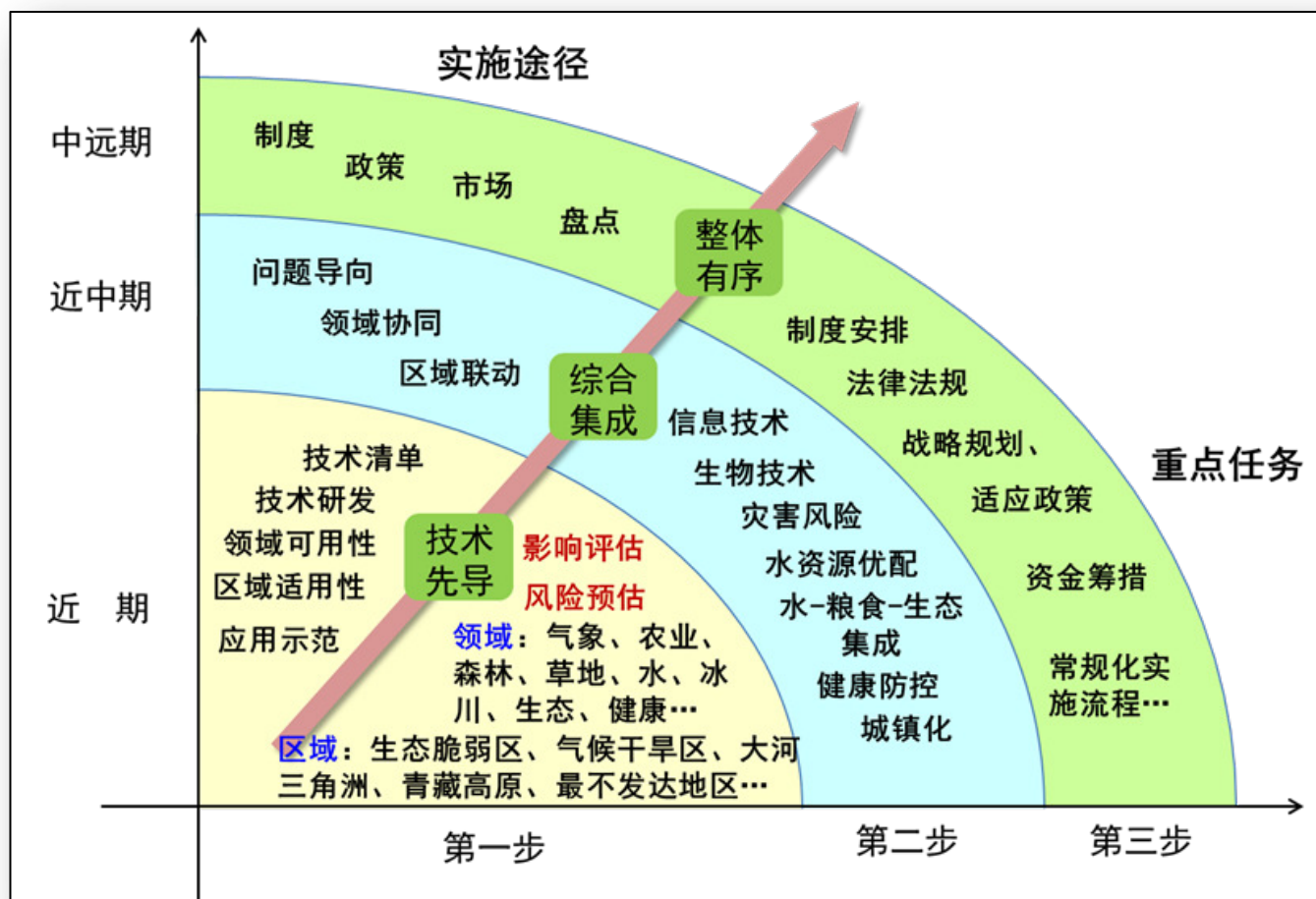
制度与法规保障，适应气候变化战略规划、法律体系构建、适应政策优化

经济学研究，增强市场机制与资金筹措，保障长期有效地发挥作用，减少地额外资源消耗，产生新的经济增长点



2、气候变化适应战略途径

适应气候变化路线图：既对中国，也对全球适应气候变化



谢谢关注

报告人：吴绍洪 wush@igsnrr.ac.cn

中国科学院地理科学与资源研究所

2020年8月



中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室
Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation,
CAS

