

# IEc

## 面对气候变化能源的脆弱性：区域性视角



James Neumann  
项目负责人

ESCC 2013-2015

单元 3

管理能源-水资源的连接

2014年9月4日-5日

中国, 北京



INDUSTRIAL ECONOMICS, INCORPORATED

Central Asia Regional Economic Cooperation Program

## 此项工作的目标 - 评估各种适应选项

1. 有助于更好地理解就气候变化适应进行有效的区域协调需要面临的挑战和能够带来的机会
2. 以已经完成的塔吉克斯坦、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦和吉尔吉斯等国的适应重点确认工作为基础
3. 在区域范围内与现有的研究工作相衔接并对其加以完善

## 能源行业 - 在应对气候变化方面不作为的风险

- 一项不完全评估表明气候变化的实际影响可能会在今后40年中造成超过50亿美元的损失, 原因在于:
  1. 水力发电可用的水资源减少
  2. 极端事件增加(洪水、高温 等)
  3. 预测气温的升高使传输和配送设施的效率下降
  4. 火力发电厂冷却水的温度及可用性发生变化

## 我们试图回答哪些问题？

- 最新的气候科学对中亚的气候未来有什么说法？
- 中亚地区能源行业面临的气候挑战有多大？
- 气候变化适应方面的区域合作如何解决气候挑战？
- 哪种适应选项有最好的经济回报，同时作为对不确定的气候未来的应对又是明智的？

## 概述

- 为使能源行业适应气候的脆弱性我们采取的方式 - 区域性视角
- 初步结果
- 关于在不确定情况下决策的简介 - 坚定的决策
- 本项工作的时间安排
- 讨论的问题



# 我们采取的方式



# 对中亚地区复杂的能源和水资源系统进行分析需要什么？

1. 从系统范围着手 - 能源系统的所有方面会影响其他所有系统
2. 跨学科团队 - 跨行业的方式
3. 中亚地区气候变化和适应选项方面的经验
4. 关于气候变化适应的视角：覆盖现有的各种挑战

## 项目组主要成员

- **James Neumann, Industrial Economics** 股份有限公司: 项目协调和管理, 气候适应经济学专业知识
- **Kenneth Strzepek** 博士: 水资源和能源工程与经济学, 麻省理工学院
- **Peter Droogers** 博士, **FutureWater**: 在水资源建模方面具备专长的荷兰咨询机构, 为亚洲开发银行主持的中亚水资源和气候变化评估编写报告
- **Allysa McCluskey** 博士: 独立咨询顾问, 与Strzepek合作, 分析了能源行业的气候脆弱性



## 此项工作的概念框架

### 概念

### 描述

### 实例

灾害

气候变化的后果，包括降雨、温度以及极端事件发生的频率和强度的变化

总降雨量下降使河流水流量减少。温度是能源需求和传输的一个重要应激原

影响

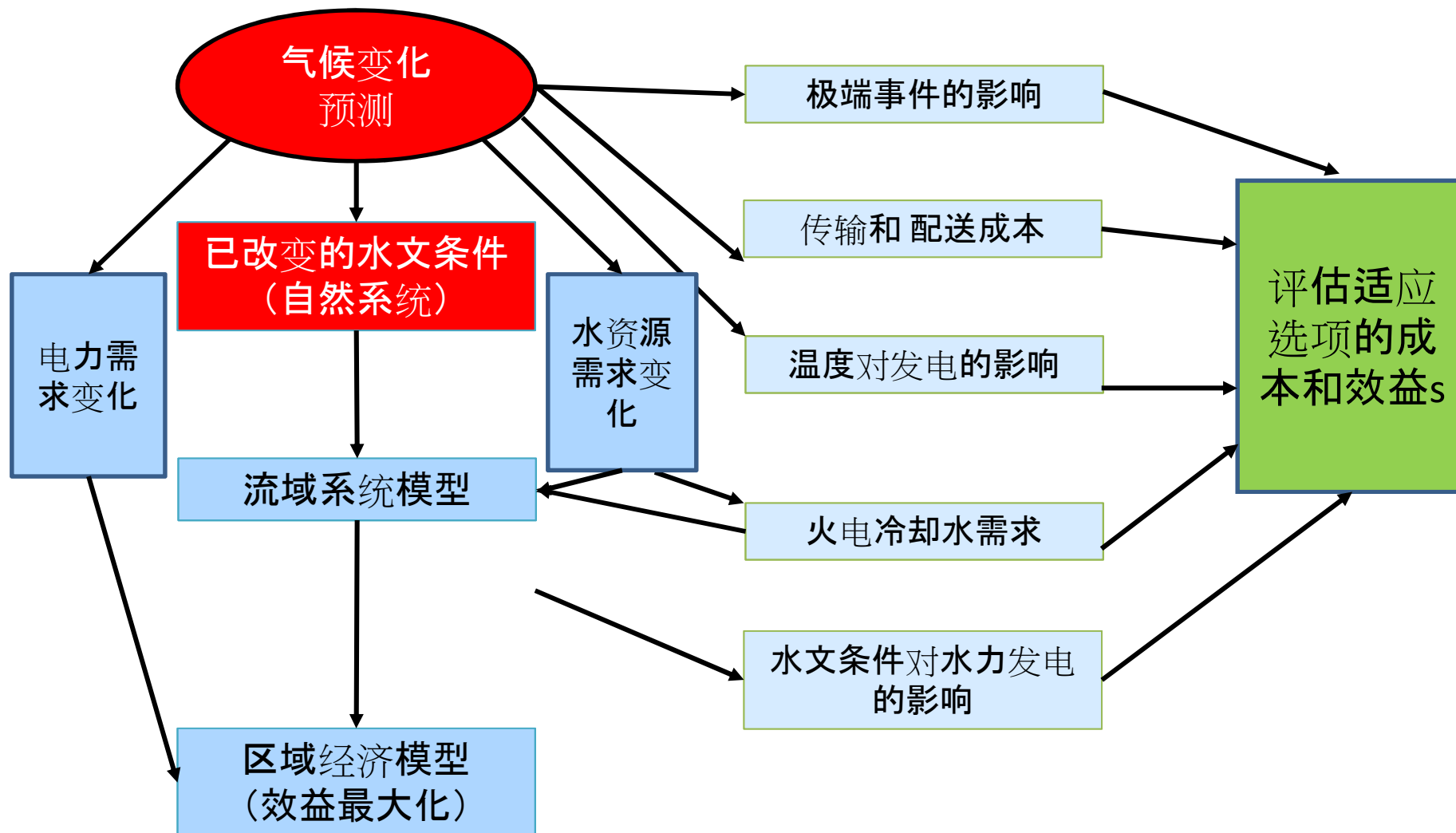
气候变化灾害对人类活动造成的后果。更脆弱的资产面临更显著的影响

降雨量下降的灾害使水力发电产出减少。高温灾害影响传输效率和能源需求

适应

为减少气候变化的影响采取的措施 - 找出“杠杆”并采取行动

对水资源需求效率的投资能恢复河水流量；对传输能力的投资能提高效率

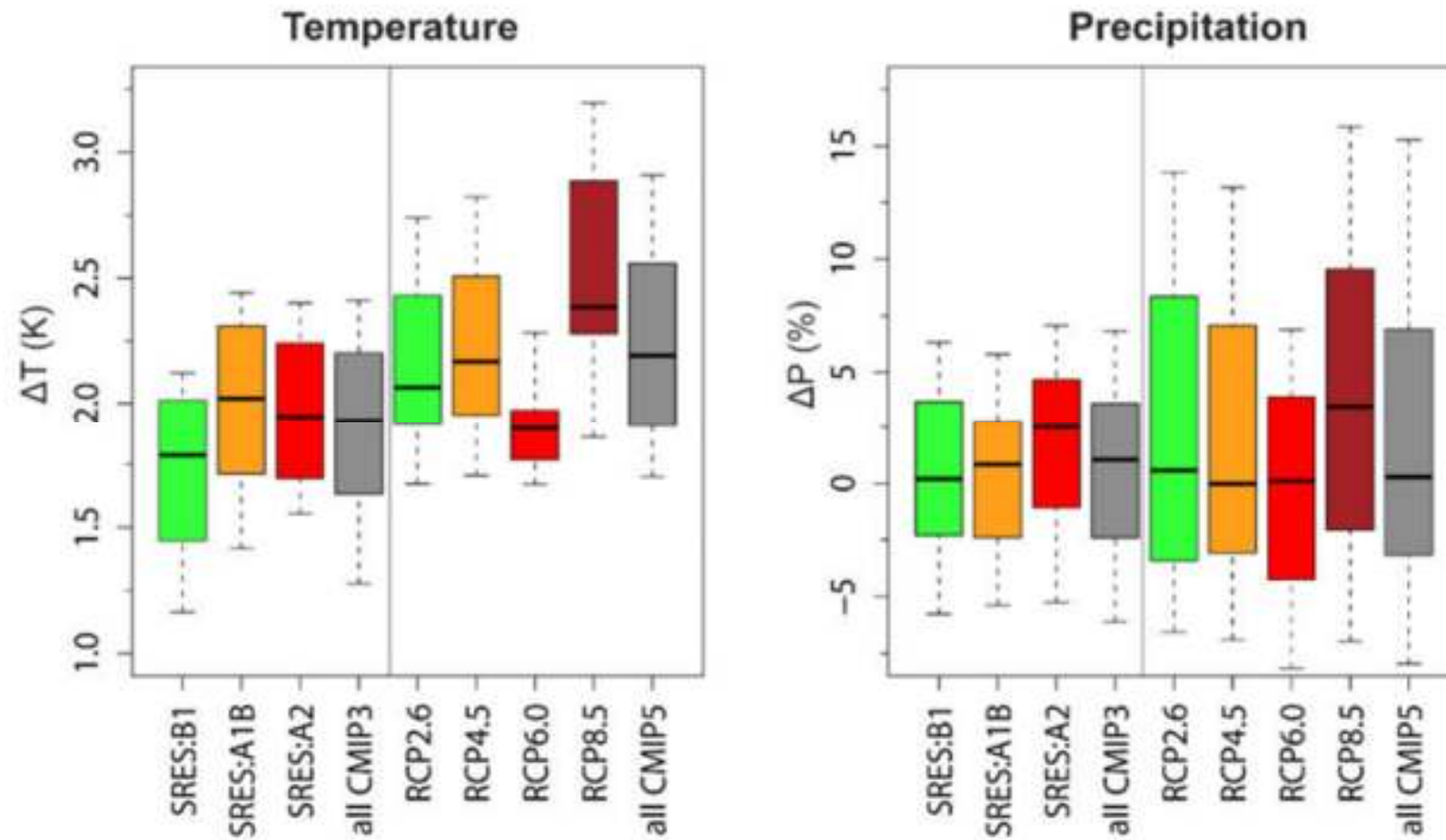


## 主要的水文/水资源行业模型

- **水文空间过程模型 (SPHY)**：水文模型，将气候情境转换为河流的基本流量、冰川融水、雪融水和降雨等要素 - 是在亚洲开发银行主持下为地区开发的
- **水资源评估和规划模型 (WEAP)**：最初为亚洲开发银行水资源行业适应研究项目开发的动态水资源平衡模型 - 为此项研究又进行了完善
- **流域经济分配模型 (BEAM)**：咸海盆地区域经济模型，具有评估更广泛的政策和基础设施选项的能力 - 最初是在欧盟-IFAS资金支持下开发的

# 灾害

## 中亚内陆地区CMIP3和CMIP5气候变化预测的不同 (2031-2060与1961-1990的比较)



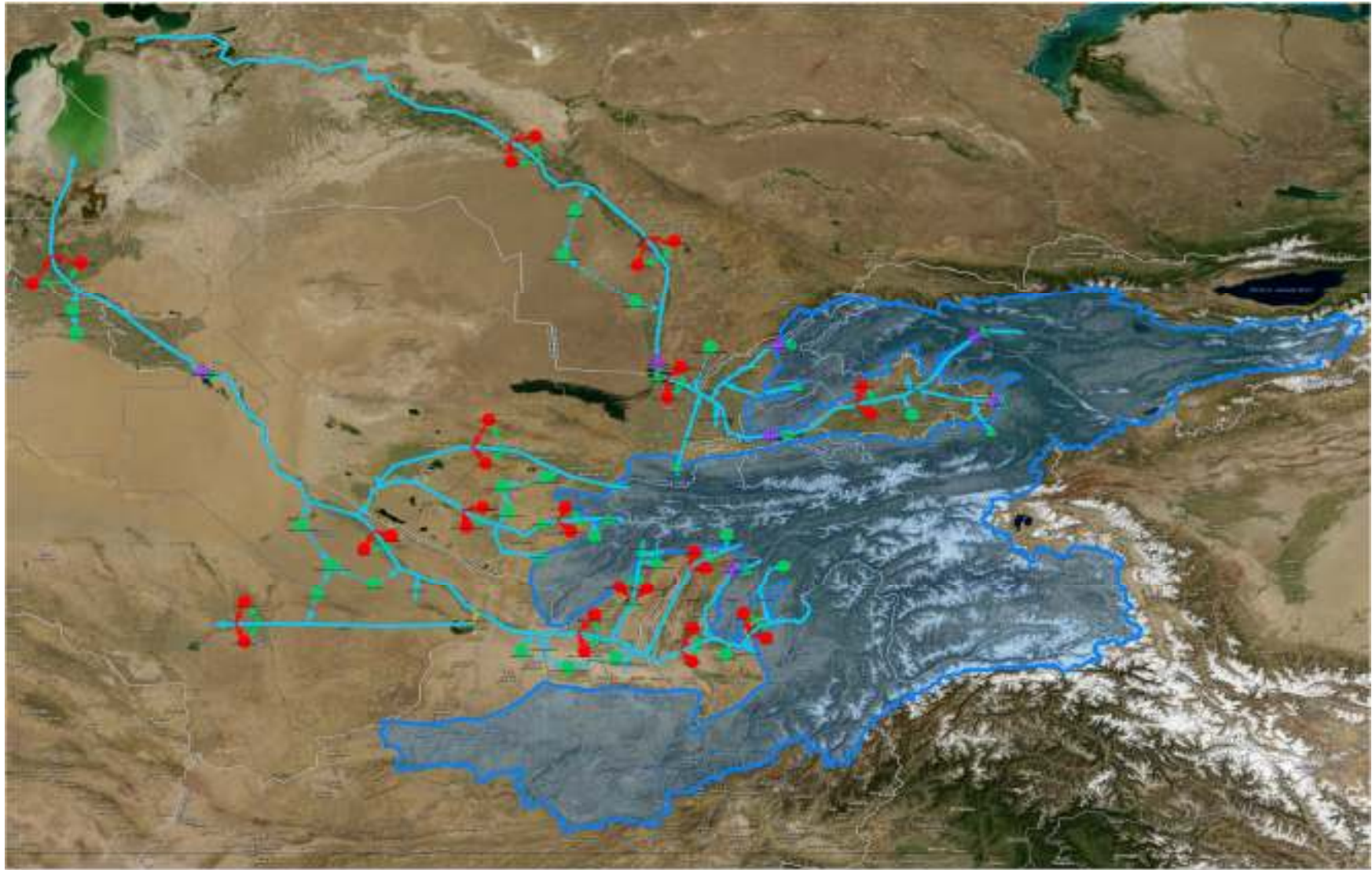
## 四种气候变化“标志情境”（有2080年的结果）

| 标志情境 | GCM run             | RCP    | $\Delta T$ (°C) | $\Delta P$ (%) |
|------|---------------------|--------|-----------------|----------------|
| 干旱   | FIO-ESM_r2i1p1      | RCP8.5 | +4.1            | -23.1          |
| 热/干  | IPSL-CM5A-LR_r1i1p1 | RCP8.5 | +7.3            | -20.3          |
| 中心的  | HadGEM2-ES_r2i1p1   | RCP4.5 | +4.1            | +5.0           |
| 温/湿  | GISS-E2-H_r4i1p2    | RCP4.5 | +2.6            | +17.7          |

# 我们采取的方式

影响

## 中亚的区域能源-水资源系统视觉再现



## WEAP-ARAL2014模型中的现有水电站水库的特点

| 流域  | 名称                              | 国家   | 可用装机容量 (MW) | 主要用途    | 全量蓄水能力 (Mm3) | 坝高 (m) |
|-----|---------------------------------|------|-------------|---------|--------------|--------|
| 阿姆河 | Baipaza cascade <sup>1</sup>    | 塔吉克  | 1510        | 水力发电    | 2268         | 180    |
|     | Chimkurgan                      | 乌兹别克 | 无数据         | 灌溉      | 500          | 33     |
|     | Gissarak                        | 乌兹别克 | 45          | 水力发电    | 170          | 138.5  |
|     | Nurek                           | 塔吉克  | 2997        | 水力发电    | 10500        | 300    |
|     | Pachkamar                       | 塔吉克  | 无数据         | 灌溉      | 260          | 71     |
|     | Surkhandarya                    | 乌兹别克 | 0           | 灌溉      | 800          | 30     |
|     | Tupalangsku                     | 乌兹别克 | 30          | 水力发电    | 500          | 40     |
|     | Tyuyamuyun                      | 乌兹别克 | 149         | 水力发电/灌溉 | 7800         | 80     |
| 锡尔河 | Akhangaran                      | 乌兹别克 | 21          | 水力发电    | 198          | 100    |
|     | Andijan                         | 乌兹别克 | 189         | 水力发电    | 1900         | 121    |
|     | Charvak cascade <sup>2</sup>    | 乌兹别克 | 899         | 水力发电    | 2860         | 200    |
|     | Chirchik cascade <sup>3</sup>   | 乌兹别克 | 185         | 水力发电    | 100          | 210    |
|     | Farkhad                         | 乌兹别克 | 126         | 水力发电    | 350          | 27.5   |
|     | Kayrakkum                       | 塔吉克  | 126         | 水力发电    | 4160         | 32     |
|     | Kurpsaiskaja                    | 吉尔吉斯 | 796         | 水力发电    | 372          | 94     |
|     | Papan                           | 吉尔吉斯 | 20          | 灌溉、供水   | 260          | 100    |
|     | Shardara                        | 哈萨克  | 99          | 水力发电    | 5700         | 28.5   |
|     | Taschkumyrskaja c. <sup>4</sup> | 吉尔吉斯 | 864         | 水力发电    | 222          | 108    |
|     | Toktogul                        | 吉尔吉斯 | 1192        | 水力发电    | 19500        | 215    |
|     | Zaamin                          | 乌兹别克 | 无数据         | 灌溉      | 51           | 73.5   |

## WEAP-ARAL2014模型中包括的现有火力发电厂

| 名称          | 国家     | 类型 | 装机容量<br>(MW) | 年发电量<br>(GWh) | 纬度     | 经度     |
|-------------|--------|----|--------------|---------------|--------|--------|
| Sirdarya    | 乌兹别克斯坦 | 燃气 | 3000         | 14053         | 40.229 | 69.101 |
| Taschkent   | 乌兹别克斯坦 | 燃气 | 1860         | 8100          | 41.382 | 69.368 |
| Navoi       | 乌兹别克斯坦 | 燃气 | 1250         | 6665          | 40.157 | 65.310 |
| Novo-Angren | 乌兹别克斯坦 | 燃煤 | 2100         | 6188          | 40.923 | 69.817 |
| Talimardjan | 乌兹别克斯坦 | 燃气 | 800          | 5059          | 38.481 | 65.632 |
| Tachiatash  | 乌兹别克斯坦 | 燃气 | 730          | 2753          | 42.318 | 59.555 |
| Fergana     | 乌兹别克斯坦 | 燃油 | 420          | 590           | 40.449 | 71.782 |
| Angren      | 乌兹别克斯坦 | 燃煤 | 484          | 527           | 41.005 | 70.124 |
| Kyzylorda   | 哈萨克斯坦  | 燃气 | 113          | no data       | 44.901 | 65.357 |

## 主要灌溉需求节点

| (1000公顷)          | 作物面积 | 毛灌溉面积 | 净灌溉面积 | 排水面积 |
|-------------------|------|-------|-------|------|
| Fergana谷地         | 1494 | 1244  | 1196  | 594  |
| Dushanbe          | 148  | 92    | 83    | 12   |
| 卡拉库姆沙漠            | 1214 | 1032  | 796   | 476  |
| Kashkhadarya上游    | 108  | 101   | 100   | 61   |
| Kashkhadarya下游    | 431  | 404   | 398   | 243  |
| KurganTube        | 299  | 269   | 240   | 175  |
| Kulyab            | 75   | 67    | 60    | 44   |
| Kzylorda          | 182  | 278   | 272   | 206  |
| Lebap             | 348  | 296   | 266   | 217  |
| 南哈萨克斯坦            | 409  | 492   | 479   | 192  |
| Surkhandarya上游    | 182  | 130   | 128   | 80   |
| Surkhandarya下游    | 273  | 195   | 192   | 121  |
| 锡尔河, 塔什干, Jizakh  | 1340 | 1215  | 1085  | 797  |
| Urgenc, Nukus, 咸海 | 1504 | 1461  | 1390  | 1161 |
| Zeravshan谷地       | 1004 | 771   | 758   | 414  |

## 对传输和配送的影响 - 概述

- 温度会降低传输效率
- 采用下列两种应激反应函数：
  - 温度每升高 $2^{\circ}\text{C}$ ，传输损失就增加0.05%
  - 温度每升高 $2^{\circ}\text{C}$ ，传输能力损失就增加
- 影响将根据传输线路当前的载荷和能力及当前的损失来评估
- 适应选项包括传输线路的升级和维护

## 现有传输和配送系统示意图



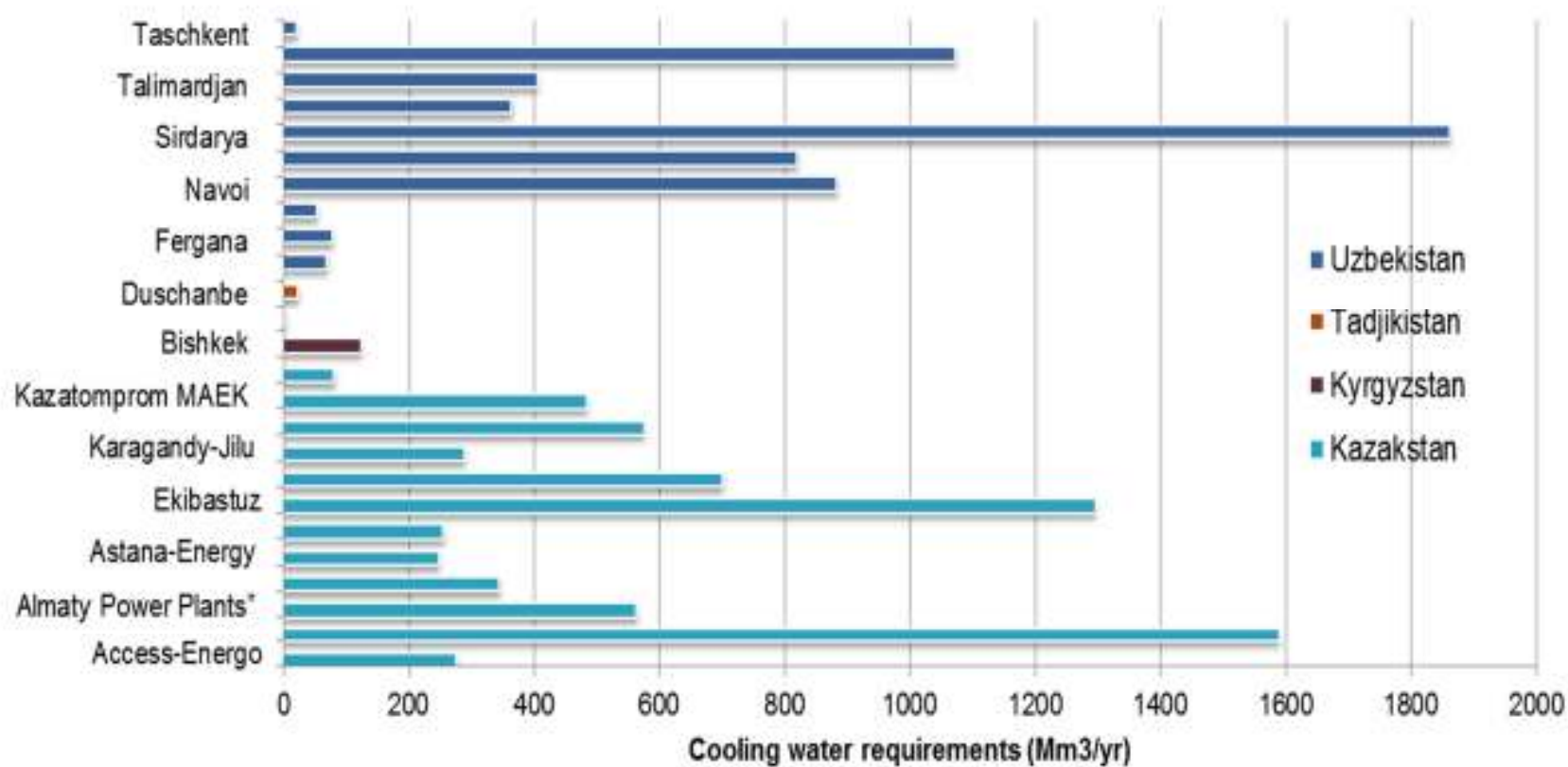
# 初步结果

影响

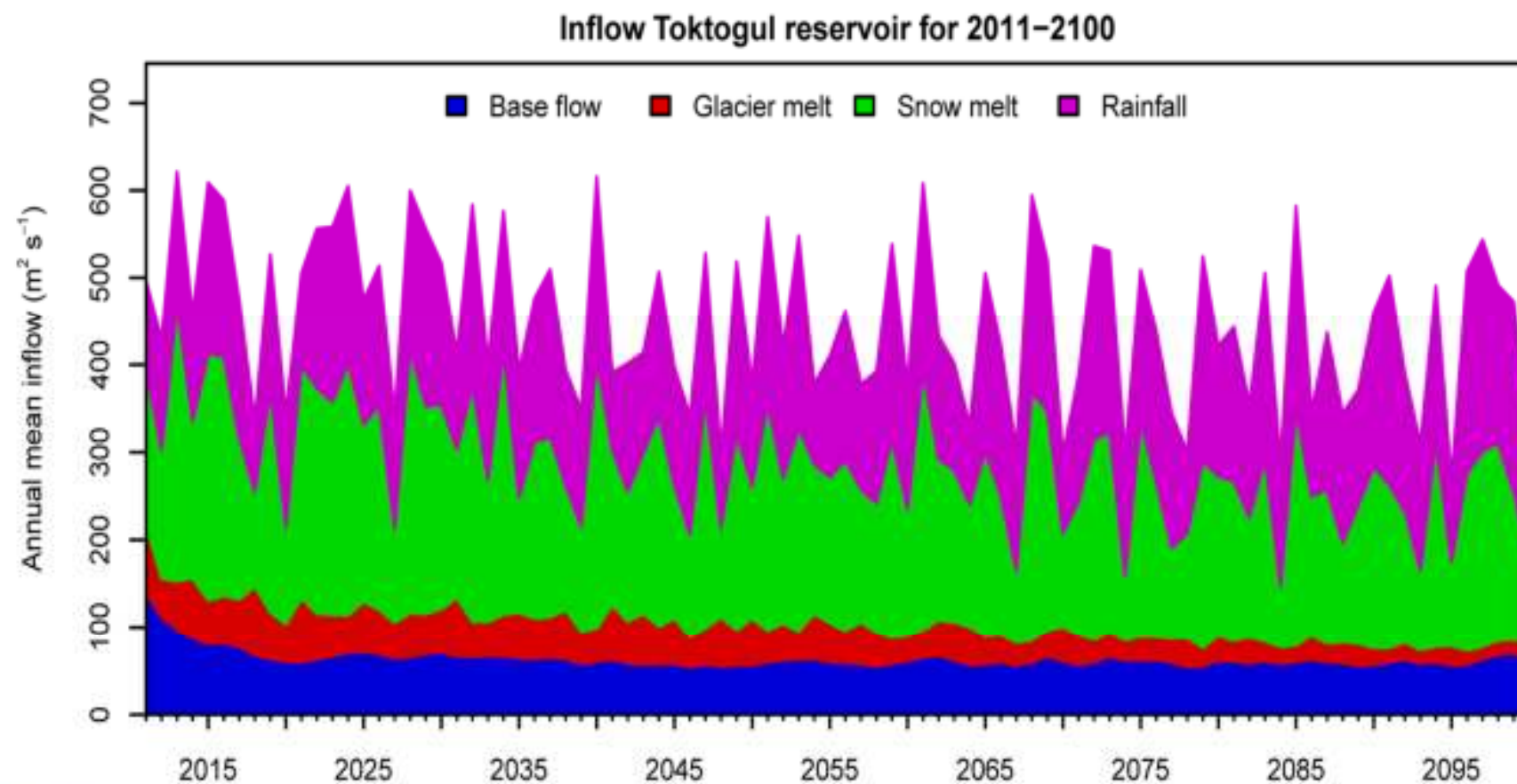


Central Asia Regional Economic Cooperation Program

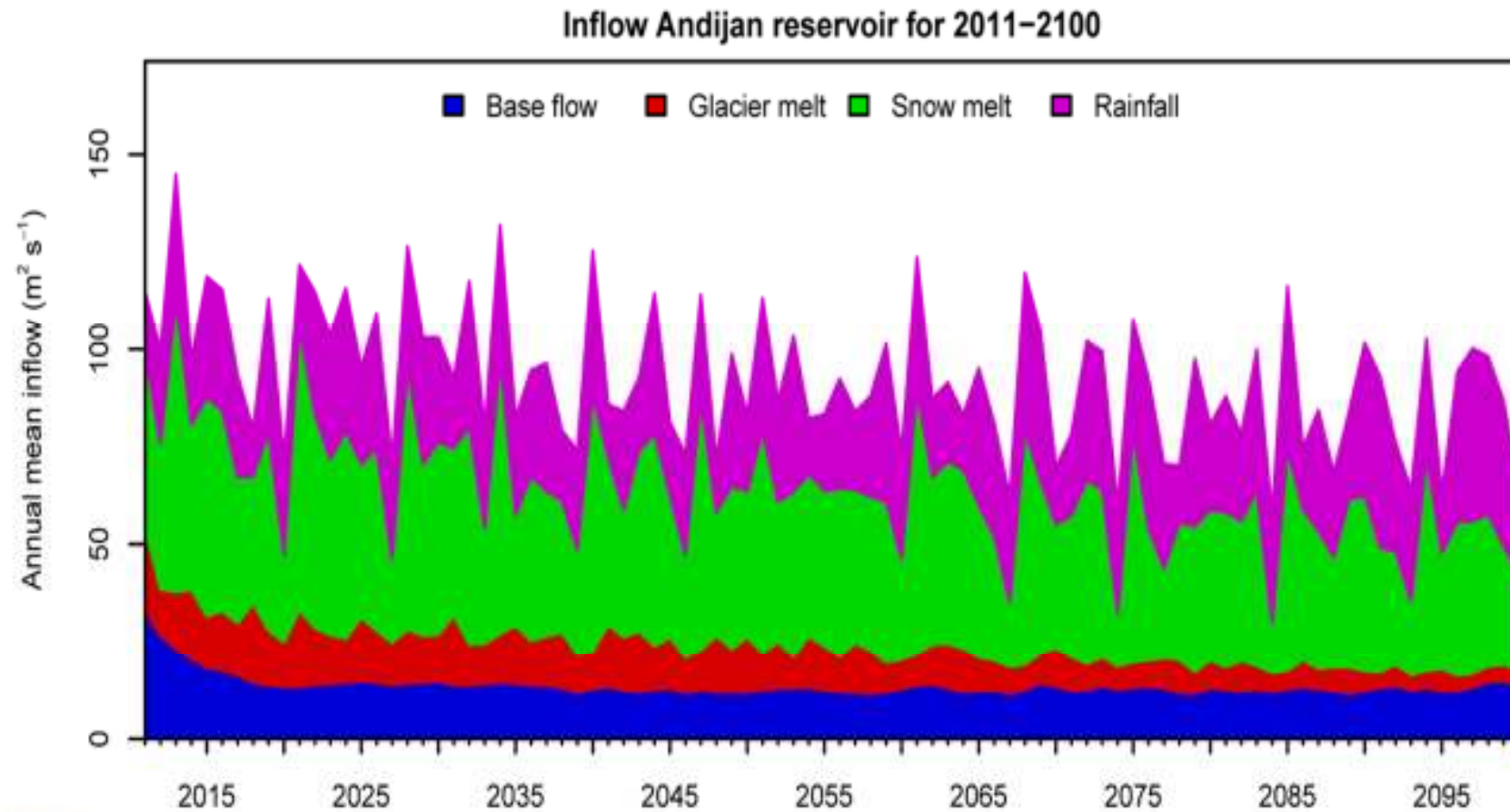
## 从年平均发电量推导出的冷却水需求



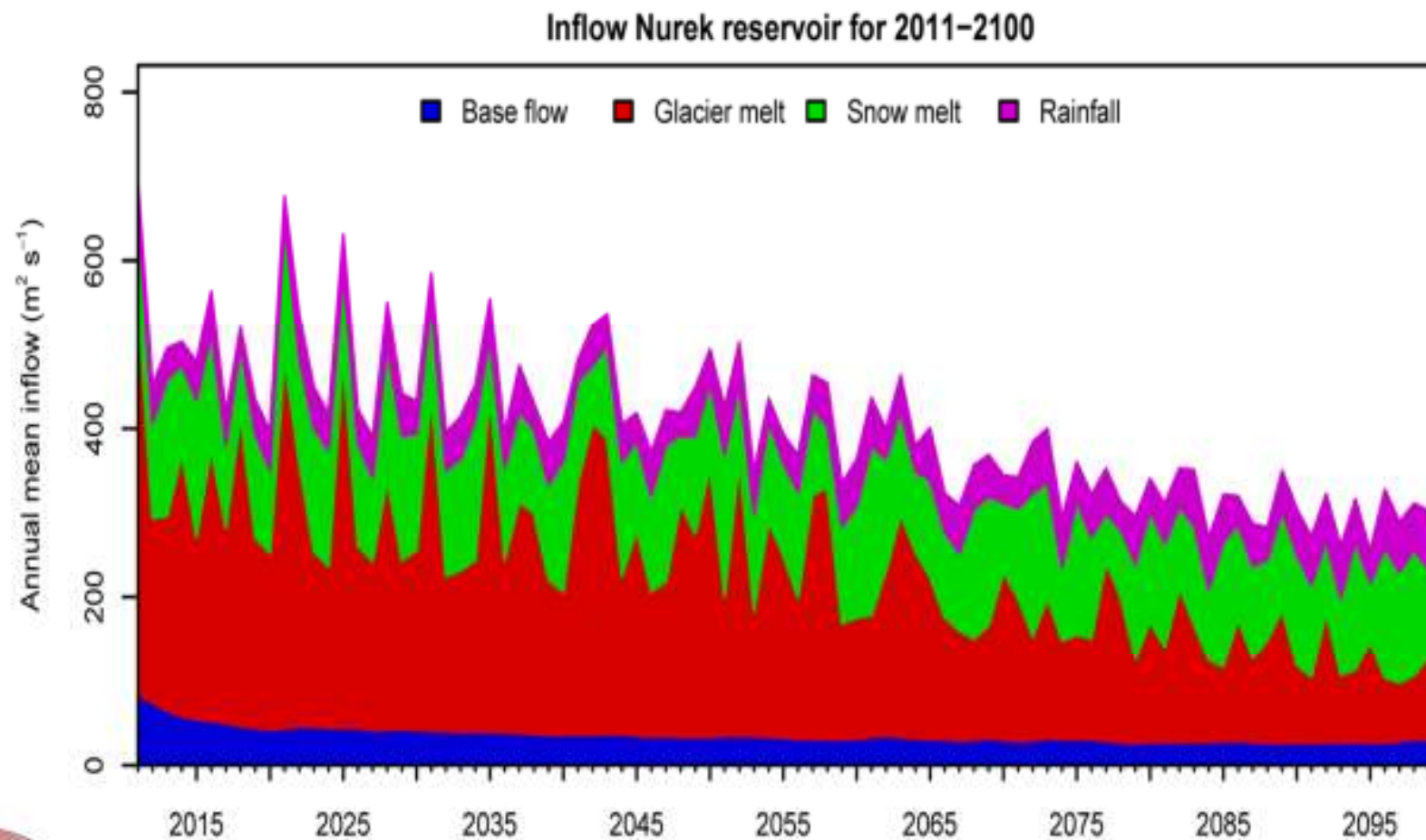
## 水文预测 - Toktogul水库



## 水文预测 - Andijan水库

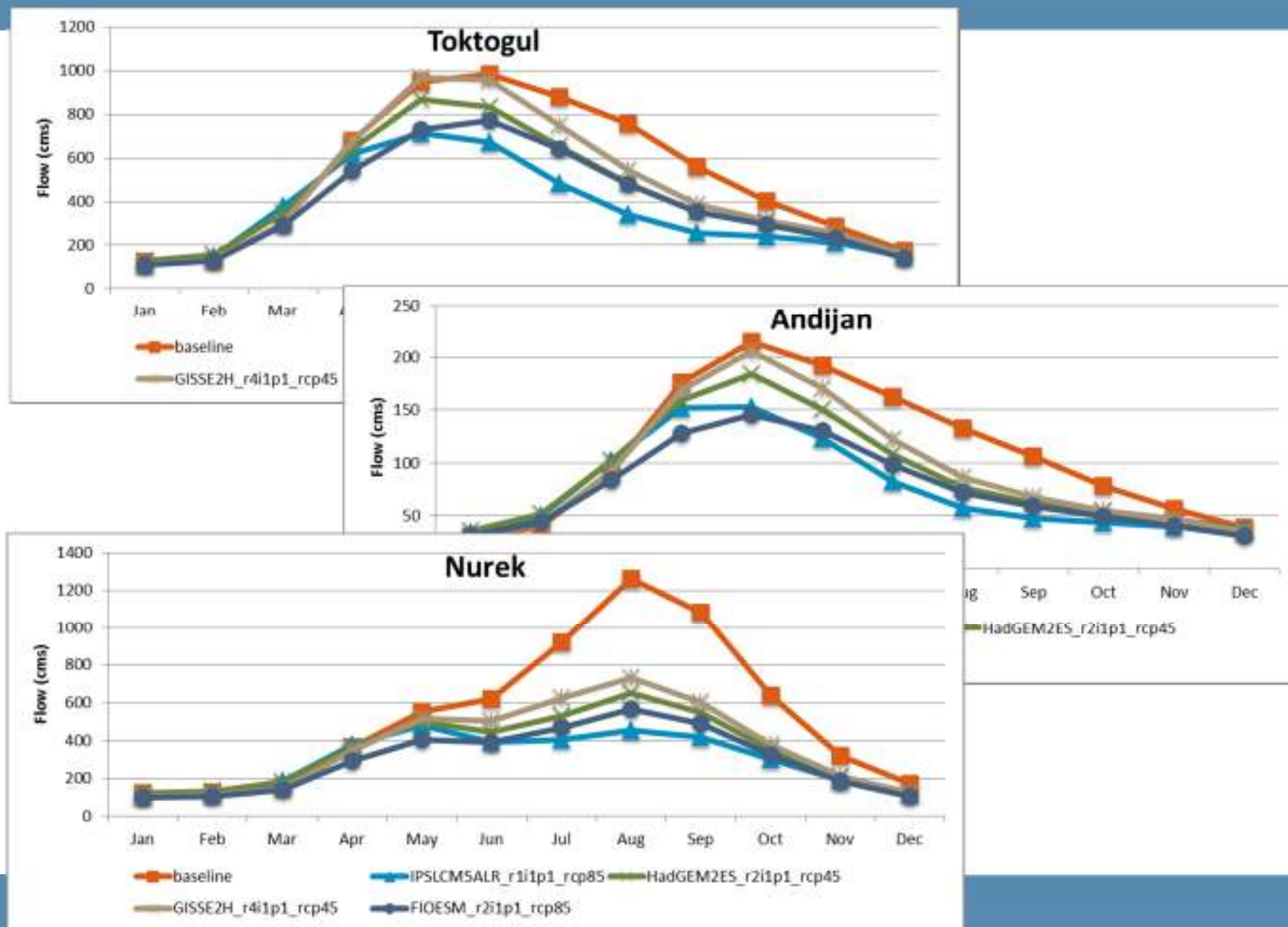


## 水文预测 - Nurek水库

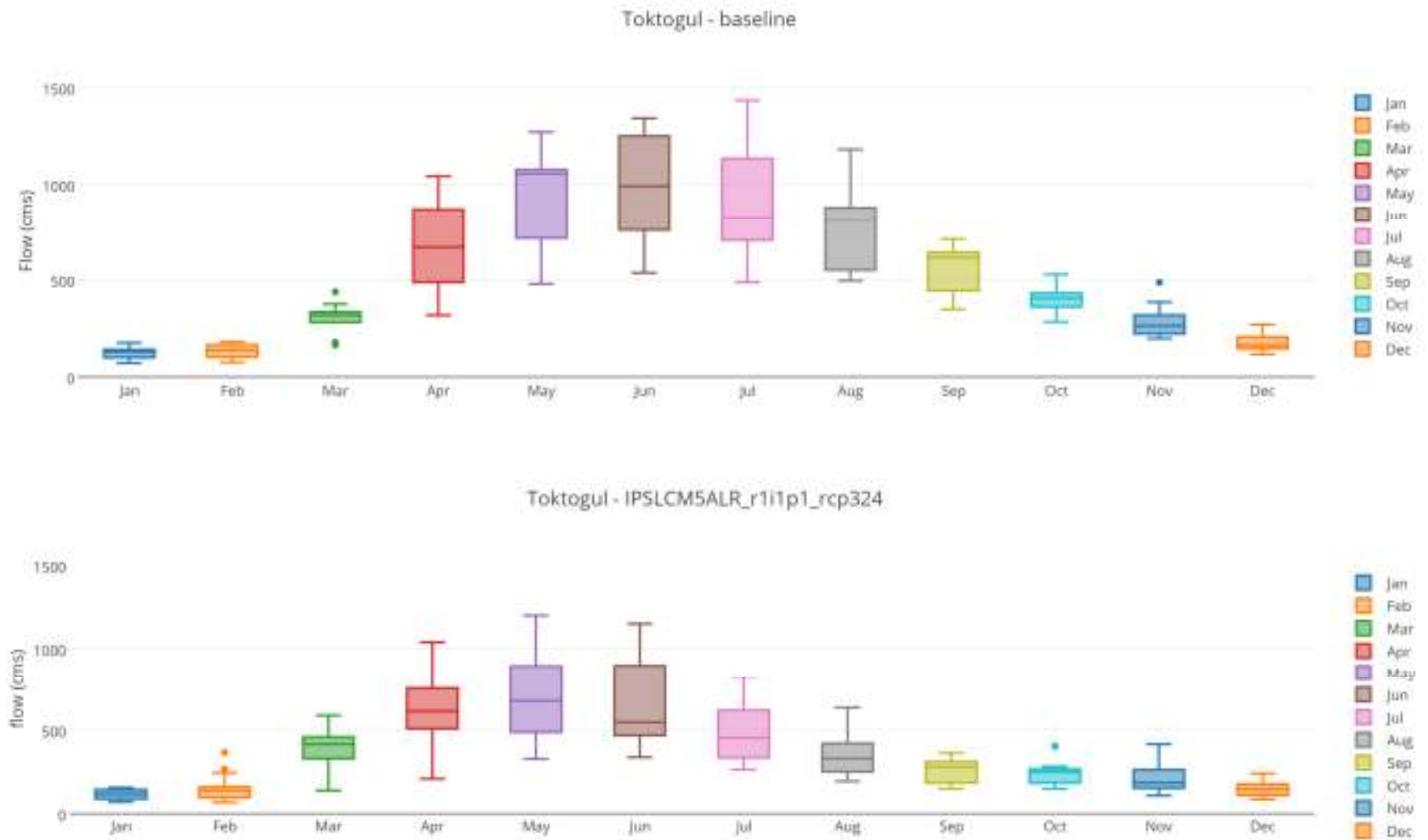


Central Asia Regional Economic Cooperation Program

## 各种标志情境下流量的巨大差别



# 气候变化对流量可变性的影响



# 区域范围的适应选项

适应



Central Asia Regional Economic Cooperation Program

# 能源行业气候智慧型措施实例

## 信息的产生和传播

- **土库曼斯坦、乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦**：完善了关于气候变化对油气产地影响建模。
- **国家层面**：对能源规划者进行有关气候风险和脆弱性评估工具与方法的培训。
- **区域层面**：分享有关提高家庭和工业能源效率的最佳做法的信息。

## 制度能力建设

- **区域层面**：强化水文气象能力，作出紧急预报并报知紧急状况规划人员。
- **国家层面**：制定应急计划以便在发生极端气候事件的情况下更好地管理电厂。

## 政策改革

- **国家层面**：制定政策，要求能源提供者展示对未来气候压力（例如极热天气）作出应对的能力。
- **国家层面**：更新能源生产和传输设施的工程标准。
- **国家层面**：实行通过需求控制（例如电费改革）和提高发电效率来促进能效提高的政策。
- **区域层面**：发展更高效、经济上更能产生效益的区域能源市场。

## 对基础设施的投资

- **塔吉克斯坦**：投资于基础设施以利用水电潜能。
- **吉尔吉斯共和国**：投资开发太阳能以帮助满足冬季的高峰能源需求。
- **乌兹别克斯坦、土库曼斯坦和哈萨克斯坦**：在新建的火力发电厂采用更节水的联合循环燃气轮机（CCGT）技术，为未来的水资源短缺做好准备。
- **国家层面**：将气候风险管理纳入现有能源资产的维护、改造和现代化中。
- **国家层面**：对能源生产资产进行更多元化的投资以加强抵御气候（和市场）风险的能力。

## 区域范围的行动如何以这种方式为依据？

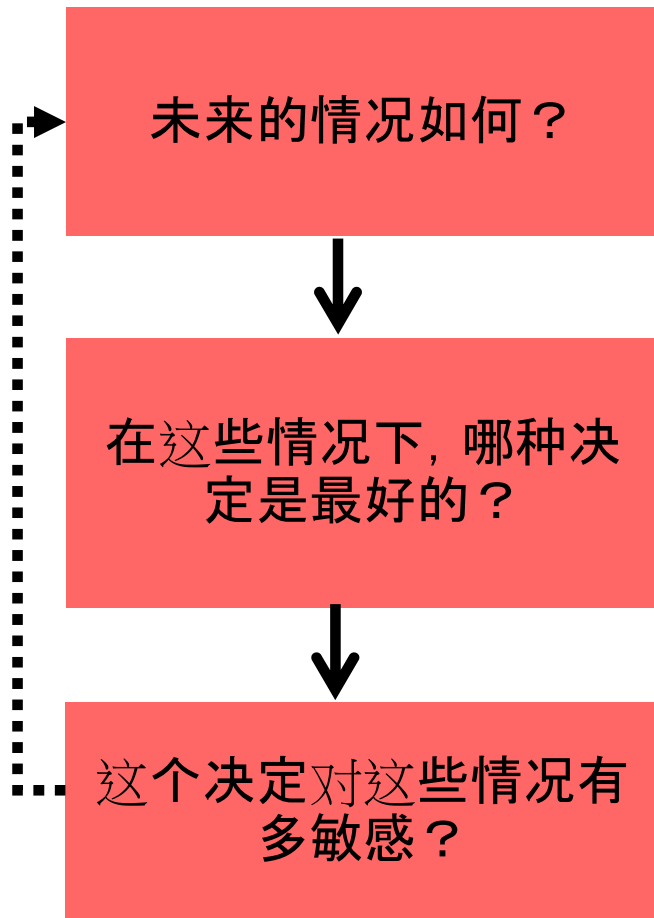
| 区域性措施的实例                                      | 区域性行动的作用                                                                            | 效益是什么？         |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 发展经济上更能产生效益的区域能源市场                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 落实政策以促进交易</li> <li>- 规划和运行基础设施e</li> </ul> | 减少能源容量的浪费      |
| 在新建的火力发电厂采用更节水的联合循环燃气轮机（CCGT）技术，为未来的水资源短缺做好准备 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 找出区域水资源系统投资的效益并就此采取行动</li> </ul>           | 有更多的水供其他经济活动利用 |
| 对能源生产资产进行更多元化的投资以加强抵御气候（和市场）风险的能力             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 引导能源规划人员将气候风险当作对能源生产来说的一个主流问题</li> </ul>   | 减少气候变化对经济的干扰   |
| 将气候风险管理纳入现有能源资产的维护、改造和现代化中                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 制定计划以提高生产效率</li> </ul>                     | 减少系统停运时间       |
| 更新能源生产和传输设施的工程标准                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 引导投资促进区域电力交易效率的提高</li> </ul>               | 减少气候造成的生产和传输损失 |
| 强化水文气象能力，作出紧急预报并报知紧急状况规划人员                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 建立区域合作和信息共享</li> </ul>                     | 信息对应急响应的价值     |

# 应对气候不确定性：坚定的决策

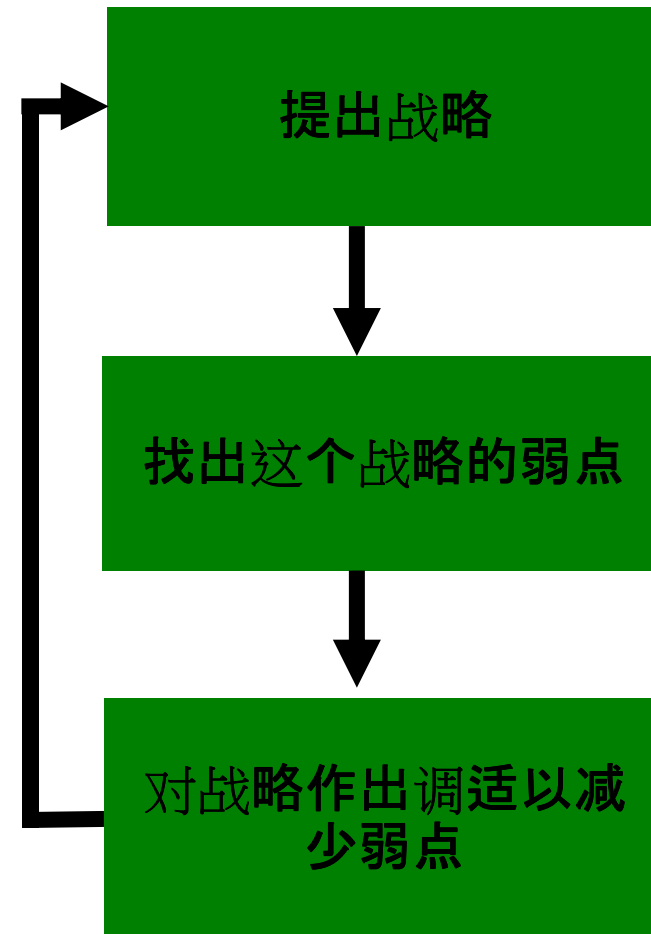
适应

# 坚定的决策可以替代预测

预测然后行动的方式

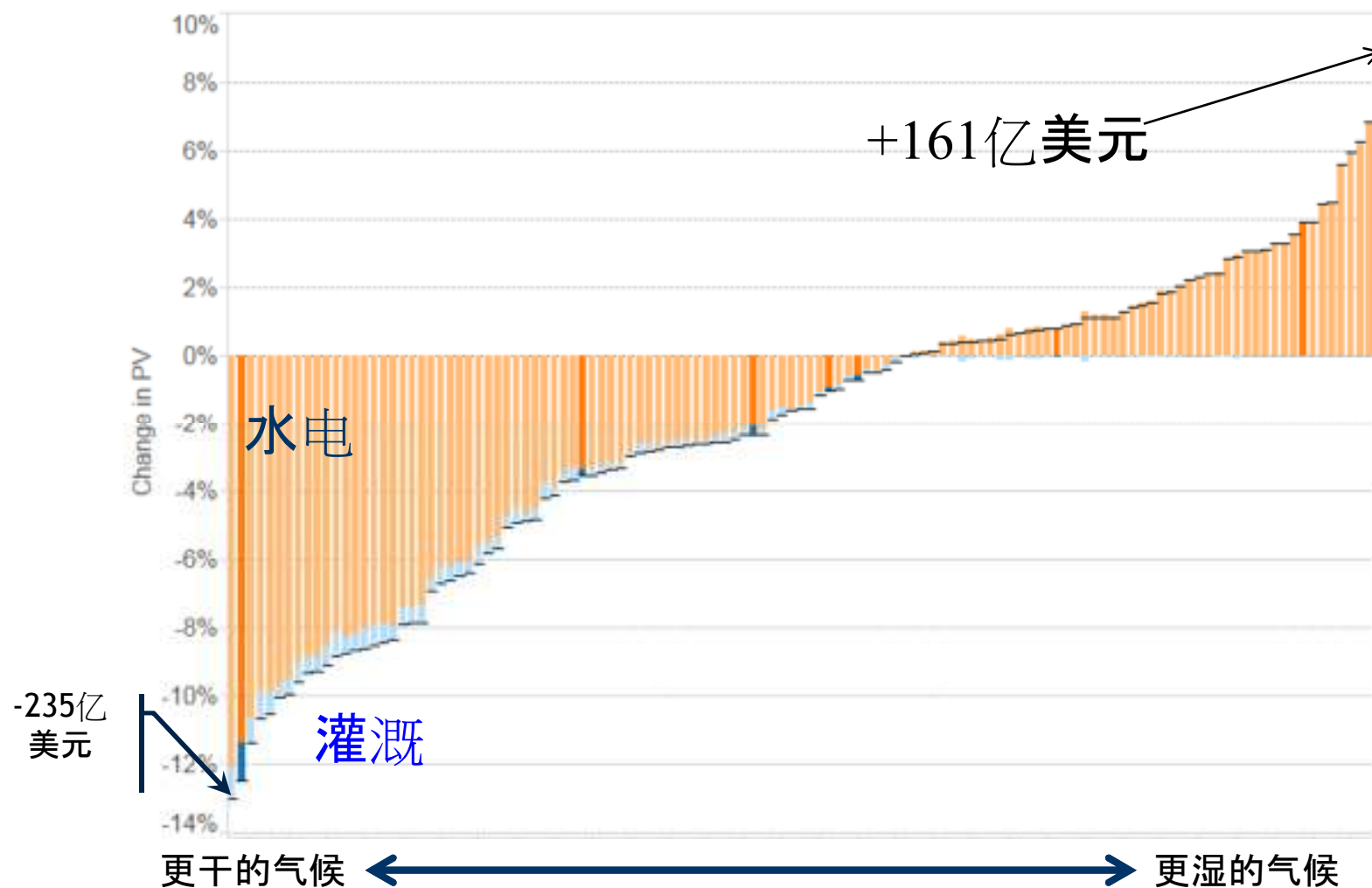


评估政策框架的风险



# 气候变化带来经济影响，方向和大小不确定

与参考案例(奥兰治河、刚果河、赞比西河, 5%的贴现率)相比NPV的总变化



## 使得投资于适应多种可能的气候成为可能 - 杠杆

- 流域层面

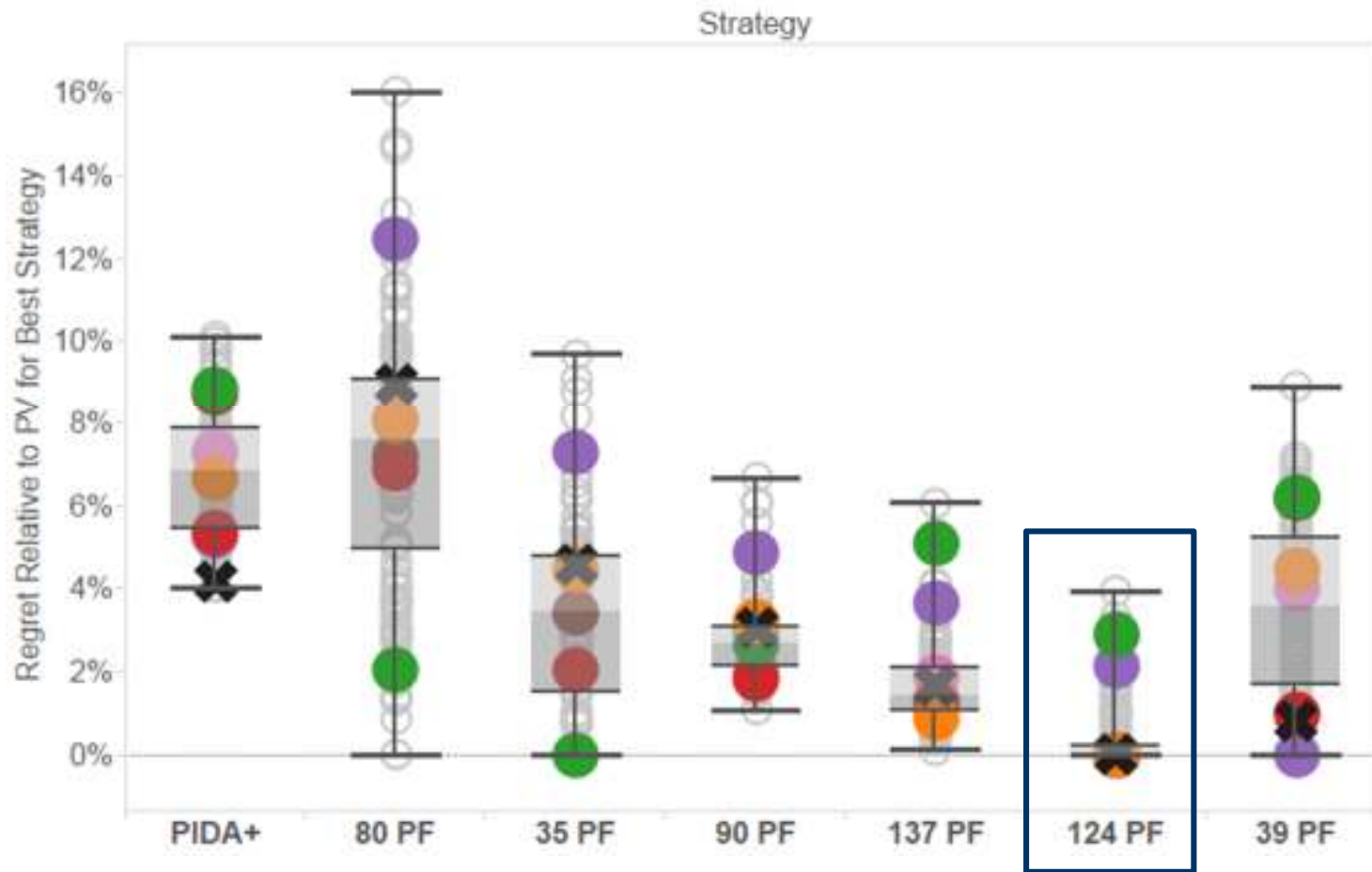
- 汽轮机功率(-50%, -25%, 0%, +25%, +50%)
- 水库蓄水量(-50%, -25%, 0%)
- 输水灌溉效率(75%, 85%, 95%)
- 基础设施配置的时机

- 农场层面

- 灌溉面积(-50% to +50%)
- 非充分灌溉(30%, 20%, 10%, 0%)
- 农田灌溉效率(60%, 70%, 80%)
- 年作物输入

## 一个选项 - 选择那种能使最大遗憾最小化的战略

Total Relative Regret -- Zambezi Basin



## 建议的时间安排

|                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| 有关气候变化对能源系统影响的初步结果          | 2014年9月中旬        |
| 开始分析水资源行业的结果产生的经济影响         | 2014年9月下旬公布第一个结果 |
| 所有要素的经济影响分析                 | 2014年9月下旬        |
| 向国家代表团进行咨询（通过网络研讨会）         | 2014年9月底         |
| 数据和方法的完善，适应选项的首次评估，报告草稿     | 2014年10月         |
| 向国家代表团进行第二轮咨询（在该地区和通过网络研讨会） | 2014年10月         |
| 最终报告完成                      | 2014年11月         |

## 讨论的问题

- 你经历过那些气候对你有关的能源行业资产的影响？
- 你希望看到哪些适应选项(投资和政策)在这个框架中得到评估(见第30页的清单)？
- 在你的国家哪些机构处于评估我们将于9月下旬(针对影响)和10月下旬(针对区域适应重点)公布的研究结果的最有利地位？
- 你能否评估和改善我们的输入数据？应最优先考虑的是：
  1. 传输网络, 节点位置和容量(GIS files)
  2. 水力发电厂装机容量
  3. 火力发电厂的地点和装机容量, 冷却水技术
  4. In-stream<sup>JY1</sup>流量数据
  5. 灌溉水需求

## Slide 38

---

**JY1**

Don't know what is "in-stream flow", please explain.

Jinhong Yu, 9/1/2014