

# Climate Challenges and Action in the Face of Extremes

## 1. Extreme weather in 2024

2024 has become the 'disaster year' in global climate history, with record breaking scale and destructive power of extreme weather events. The extreme weather events in Guangdong in 2024 are characterized by "records breaking", with multiple meteorological indicators breaking historical records: the average temperature in the province in April was 24.4 °C, and the precipitation was 497.7 millimeters, both of which were the highest in the same period since meteorological records began. The number of summer days reached 233 days (28.6 days more than usual), and Guangzhou's summer lasted for 240 days, also setting a historical record.

## 2. Greatly influenced people's daily lives

Extreme high temperatures have led to a significant imbalance in electricity supply and demand. In September, the highest load in the province reached 141 million kilowatts, a year-on-year increase of 11%. Zhanjiang has launched a six-level load management plan, and industrial enterprises have staggered their electricity consumption during the high temperature period by "starting three and stopping four". The upstream days of salt tide in the Pearl River Estuary increased by 15 days, and the chloride concentration in Modaomen Waterway in Zhuhai exceeded 1000 mg/L, threatening the safety of water supply in Macao.

As a seasoned fishing enthusiast, high temperatures and rainfall also have greatly affected my travel plans and altered the lifestyle habits of fish. Making fishing more dangerous and difficult.



Fig.1: Fishing.

### **3. What are causing the extreme weather**

Global warming accumulates energy through the greenhouse effect, providing a thermodynamic basis for extreme events; Abnormal atmospheric circulation changes the dynamic path of weather systems; Regional climate anomalies caused by coupled ocean atmosphere oscillations; The combined effect of natural variability and human activities disrupts the stability of the climate system, resulting in extreme events occurring more frequently, strongly, and in a chain reaction than the impact of a single factor.

Overall, the main reason for the frequent occurrence of extreme climate change is still the sustained increase in carbon emissions.

### **4. How people actively respond to the extreme weather**

Global energy conservation, emission reduction, and environmental governance have shown multidimensional breakthroughs. China has become the core engine of global low-carbon transformation through a systematic policy combination, and its experience and practice provide replicable path references for developing countries.

In 2024, the world will add 700 gigawatts of renewable energy installed capacity, with China contributing more than 40%, Chile and the European Union accounting for 70% and 48% of renewable energy generation, respectively. According to data from the International Energy Agency, China's production of photovoltaic modules, wind power equipment, and power batteries accounts for 79%, 60%, and 65% of the global total, respectively, driving the cost of photovoltaic electricity to decrease by 82% over the past decade. The "renewable energy + energy storage" model in China has been implemented in Qinghai, Gansu and other places, with a new energy storage installed capacity of 20 gigawatts by 2024.

In 2024, the global penetration rate of electric vehicles is accelerating, with China becoming the core engine with a retail penetration rate of 47.6% and a global sales share of 70%, driving the global penetration rate of new energy vehicles to 19.3%. In terms of carbon reduction contribution, China's electric vehicle lifecycle emission reduction ratio has reached 53%, with an annual emission reduction of over 100 million tons. The recycling rate of power batteries has exceeded 95%, and companies such as CATL have built the world's largest recycling base, reducing material recycling costs by 30%.

### **5. Future Vision**

Although the challenges of climate change are daunting, the concepts of energy conservation, emission reduction, and low-carbon living have gradually become deeply ingrained in people's minds. People have realized that it is necessary for everyone's efforts to achieve the goal of carbon peak and carbon neutrality. As young researchers, we and our colleagues are also contributing our own efforts in the corresponding field. I believe that in the foreseeable future, we will be able to achieve the ideal of harmonious coexistence between humans and nature through our efforts.

已完成思考 ∨

2024 年广东地区极端天气呈现“高频次、高强度、复合型”特征，多个气象指标打破历史纪录，对经济社会和生态系统造成深远影响。以下是基于广东省气象局官方数据和权威报道的系统总结：

## 一、历史罕见的 4 月极端气候事件

2024 年 4 月成为广东气象史上最极端的月份<sup>①③④</sup>：

- 气温破纪录**：全省平均气温 24.4°C，较常年偏高 2.2°C，连山、封开等 42 个县市创历史同期新高，广州增城 4 月 27 日出现 40.3°C 高温。
- 降水异常**：全省平均降水量 497.7 毫米，是常年同期的 2.8 倍，4 次区域性暴雨过程中，4 月 18-23 日暴雨综合强度为 1981 年以来 4 月最强，珠三角多地小时雨强超 80 毫米。
- 强对流频发**：全省 21 个地市均出现 10 级以上雷暴大风，广州白云区钟落潭镇发生 EF2 级强龙卷（风速 40-58 米 / 秒），路径长 9.2 公里，损毁房屋 300 余间；增城出现直径 5 厘米特大冰雹，为近 30 年罕见。

## 二、前汛期暴雨洪涝灾害

4 月 5 日入汛后，广东遭遇 12 次区域性暴雨过程，前汛期（4-6 月）降水量达 1149 毫米，较常年偏多 54%，创历史同期纪录<sup>①④⑧</sup>：

- “龙舟水”极端化**：5 月 19 日至 6 月 20 日“龙舟水”期间，全省平均降水量 465.2 毫米，较近 30 年偏多 34%，梅州蕉岭县 12 小时降水量达 268 毫米，刷新当地纪录；韶关、河源等地因暴雨引发山洪，冲毁道路 120 公里，转移群众 5.6 万人。
- 韩江流域洪水**：受台风“格美”外围环流影响，7 月 26-29 日粤东出现特强暴雨，潮州湘桥区 6 小时降水量 255 毫米，韩江发生 2024 年第 5 号洪水，三河坝站洪峰流量 1.3 万立方米 / 秒，相当于 50 年一遇。

### 三、台风灾害链冲击

全年 10 个台风影响广东，其中 2 个登陆，台风强度和致灾性突出<sup>①③④</sup>：

- **初台“马力斯”偏早登陆**：6 月 1 日热带风暴“马力斯”在阳江登陆，虽强度较弱，但引发珠三角短时强降水，广州珠江新城出现 1.2 米内涝，广铁集团停运列车 213 列。
- **最强秋台“摩羯”重创雷州半岛**：9 月 6 日超强台风“摩羯”以 17 级风力（58 米 / 秒）二次登陆徐闻，为 1949 年以来登陆广东的第二强台风。徐闻县 15 级以上大风持续 11 小时，最大阵风 61.3 米 / 秒；湛江雷州市北和镇过程降水量 295.8 毫米，导致供电、供水全面中断，直接经济损失超 80 亿元。
- **深秋“四台共舞”**：10 月下旬至 11 月中旬，西北太平洋连续生成“银杏”“桃芝”等 6 个台风，11 月 12 日出现“四台共舞”奇观，南海海域持续 12 级大风，影响海上作业和航运安全。

### 四、高温与寒潮的两极震荡

- **夏季“超长待机”**：全省平均夏季日数 233 天，较常年偏多 28.6 天，广州夏季长达 240 天，8 月 4-8 日高温过程中，珠三角 30 个站点日最高气温 $\geq 37^{\circ}\text{C}$ ，酷热指数排名历史第三。
- **1 月强寒潮**：1 月 19-26 日，受西伯利亚强冷空气影响，广东自北向南降温 12-18 $^{\circ}\text{C}$ ，清远连山金子山录得 -9.3 $^{\circ}\text{C}$  极端低温，36 个县市达到寒潮标准，粤北山区出现大范围冻雨，京港澳高速韶关段结冰导致交通中断 12 小时。

### 五、复合型灾害叠加效应

- **“旱涝急转”风险**：东江流域 4 月降雨量创 1956 年以来同期新高，新丰江水库提前泄洪腾库；但 8 月西北太平洋“空台”导致粤西出现阶段性干旱，湛江部分农田龟裂。
- **生态链式反应**：珠江口咸潮上溯天数较常年增加 15 天，珠海磨刀门水道氯化物浓度超 1000 毫克 / 升，影响澳门供水；雷州半岛因台风“摩羯”引发海水倒灌，3.2 万亩农田盐碱化。

### 六、防御与应对挑战

- **预警能力提升**：全省建成 102 个突发事件预警信息中心，2024 年通过手机短信发布预警 218 亿条次，暴雨红色预警“叫应”660 次，覆盖 9103 人次。
- **工程调度成效**：汛期调度 1017 座次大中型水库，拦蓄洪水 87 亿立方米，避免 129 万人次转移；北江 2 号洪水期间，飞来峡水库削峰率达 42%，保障了珠三角城市群安全。
- **灾后重建压力**：全年因灾直接经济损失超 300 亿元，其中湛江、潮州等地启动水利设施修复工程，徐闻县投入 20 亿元重建供水系统。

你觉得造成这些极端气候变化的主要原因是什么

已完成思考

2024 年广东极端气候事件频发的背后，是多重自然与人为因素交织的结果，具体可从以下四个维度解析：

### 一、全球变暖驱动气候系统失衡

温室气体排放是根本诱因。广东省 2018 年二氧化碳排放量达  $8.5 \times 10^8$  吨，占温室气体总排放量的 92%<sup>⑤</sup>，能源活动和电力调入贡献了 85.5% 的排放，珠三角地区高耗能企业密集分布加剧了碳排放强度。全球变暖导致南海海表温度持续上升，2024 年台风“摩羯”以 17 级风力登陆徐闻，其强度与南海暖水层厚度增加直接相关<sup>⑮</sup>。同时，广东平均气温较常年偏高  $0.6^{\circ}\text{C}$ ，夏季日数达 233 天，广州夏季长达 240 天创历史纪录，这与全球升温背景下的热量累积密切相关<sup>⑫ ⑮</sup>。

### 二、大气环流异常放大极端性

厄尔尼诺 - 拉尼娜现象主导了 2024 年气候格局。中等强度厄尔尼诺事件（2023 年 5 月 - 2024 年 5 月）导致西北太平洋副热带高压偏强偏南，引导南海和孟加拉湾水汽持续向华南输送，4 月广东平均降水量达 497.7 毫米，较常年偏多 1.8 倍，创历史同期最高<sup>⑬ ⑮</sup>。厄尔尼诺结束后，拉尼娜状态在夏季启动，加剧了季风活动和台风生成，9 月超强台风“摩羯”成为登陆广东的第二强台风<sup>④ ⑮</sup>。此外，副热带高压异常强盛导致 8 月无台风影响广东，而深秋却出现“四台共舞”的罕见局面，反映出大气环流稳定性下降<sup>⑮</sup>。

### 三、城市化与气溶胶改变区域气候

城市化进程显著改变下垫面性质。广东城镇化率达 75.42%，珠三角核心城市人口密度超 2000 人 / 平方公里，城市热岛效应使广州 4 月平均气温偏高  $2.2^{\circ}\text{C}$ ，极端高温日数增加<sup>⑦ ⑮</sup>。同时，城市扩张导致地表硬化率提升，2024 年 4 月广州白云区龙卷灾害中，不透水地面加剧了瞬时强降水的汇流速度，放大了内涝风险<sup>⑬</sup>。气溶胶的复杂作用也不容忽视：工业排放的硫酸盐和黑炭在湿润地区促进云滴形成，导致暴雨强度增加，而在干燥地区抑制降水，这种“南涝北旱”效应在 2024 年广东前汛期表现尤为突出<sup>⑨ ⑮</sup>。



## 四、自然气候系统的内在变率

区域气候的敏感性放大了极端事件。广东地处东亚季风区，季风爆发时间和强度的年际波动直接影响降水分布。2024 年南海夏季风偏早偏弱，导致前汛期降水集中，梅州蕉岭 12 小时降水量达 268 毫米，冲毁道路 120 公里<sup>13 18</sup>。此外，地形因素加剧了局地极端性：粤北山区冷空气堆积导致 1 月清远连山出现 -9.3°C 极端低温，而珠三角喇叭口地形增强了台风“摩羯”的风暴潮效应，徐闻最大阵风达 61.3 米 / 秒<sup>18 20</sup>。

这些因素的叠加作用，使得 2024 年广东气候呈现“高温、强降水、强台风、多龙卷”的特征。值得注意的是，人类活动（如温室气体排放、城市化）通过改变气候系统的能量平衡和水循环，正逐渐成为极端事件频发的主导因素，而自然气候模式（如 ENSO）则通过相位转换放大了这种变化的幅度和频率。未来，随着全球变暖的持续，广东需在减碳、适应和灾害防御等方面采取更系统的措施，以应对气候风险的常态化挑战。

世界范围内，尤其中国，有哪些典型的节能减排、降低环境变化的措施

已完成思考 ∨

全球范围内的节能减排与环境治理呈现多维度突破，中国以系统性政策组合成为全球低碳转型的核心引擎，其经验与实践为发展中国家提供了可复制的路径参考。

## 一、全球典型措施：技术突破与制度创新并行

### 1. 能源系统重构

- **可再生能源爆发式增长**：2024 年全球新增可再生能源装机 700 吉瓦（80% 为光伏），中国贡献其中 40% 以上，智利、欧盟可再生能源发电占比分别达 70% 和 48%。国际能源署数据显示，中国光伏组件、风电设备、动力电池产量分别占全球 79%、60%、65%，推动光伏度电成本十年下降 82%。
- **氢能与储能技术**：欧盟启动“氢能加速计划”，德国投资 90 亿欧元建设绿氢电解槽；中国“可再生能源 + 储能”模式在青海、甘肃等地落地，2024 年新型储能装机达 20 吉瓦。

### 2. 工业深度脱碳

- **碳定价机制**：欧盟碳边境调节机制（CBAM）完成过渡期规则修订，2026 年起对钢铁、铝等产品征收碳关税；中国全国碳市场扩容至钢铁、水泥、铝冶炼行业，覆盖 60% 碳排放，配额分配向强度控制转型。
- **工业流程再造**：瑞典 SSAB 公司实现氢能炼钢商业化，中国宝武集团建成全球最大 CCUS 项目，年捕集二氧化碳 50 万吨。

### 3. 交通领域革命

- **电动汽车普及**：挪威电动车渗透率达 92%，中国 2024 年新能源汽车零售渗透率 47.6%，比亚迪、宁德时代主导全球动力电池市场。
- **航空航运脱碳**：国际航空运输协会（IATA）启动可持续航空燃料（SAF）认证，中国东航完成全球首次 SAF 跨洋航班。

### 4. 国际协同治理

- **气候资金机制**：COP28 设立“损失与损害基金”，初始资金超 70 亿美元；中国通过“一带一路”绿色投资计划，在海外建成 120 个清洁能源项目。
- **技术共享平台**：国际可再生能源机构（IRENA）建立全球绿色技术数据库，中国向发展中国家输出光伏电站、电动汽车等技术标准。

## 二、中国的系统性实践：政策驱动与市场创新结合

### 1. 能源结构转型

- **风光装机领跑全球**：2024 年风电、光伏装机分别达 5.2 亿千瓦、8.9 亿千瓦，占全球总量的 35% 和 45%，风光发电量占比突破 20%，超过城乡居民生活用电。
- **煤电清洁替代**：中国石化新疆库车项目实现光伏制绿氢规模化应用，年替代天然气 3.2 亿立方米；全国煤电机组超低排放改造完成 95%，供电煤耗降至 298 克 / 千瓦时。

### 2. 工业减排攻坚

- **高碳行业改造**：钢铁行业推进电炉短流程炼钢，宝武集团吨钢碳排放下降 18%；水泥行业推广富氧燃烧技术，海螺水泥吨熟料碳排放降低 12%。
- **循环经济体系**：宁德时代建成全球最大动力电池回收基地，材料再生利用率超 95%；京津冀地区工业固废综合利用率达 78%。

### 3. 交通电动化加速

- **基础设施网络**：全国建成充电桩 600 万台，换电站 2000 座，覆盖 95% 高速公路服务区；比亚迪推出“刀片电池”，成本降低 30%。
- **氢能重卡示范**：内蒙古鄂尔多斯建成全球最大氢能重卡车队，百公里氢耗降至 8 公斤，碳排放减少 70%。

### 4. 城市与建筑低碳化

- **绿色建筑标准**：新建建筑全面执行绿色标准，北京城市副中心实现 100% 绿色建筑；既有建筑改造完成 5 亿平方米，节能率提升 30%。
- **智能电网升级**：国家电网建成张北柔性直流电网，将风电、光伏等新能源渗透率提升至 70%，年减排二氧化碳 1000 万吨。

### 5. 政策与市场机制创新

- **碳市场扩容**：全国碳市场纳入钢铁、水泥、铝冶炼行业，配额总量约 80 亿吨，碳价稳定在 80 元 / 吨，推动企业技改投资增长 25%。
- **绿色金融工具**：中国发行全球最大规模碳中和债券，2024 年绿色信贷余额超 25 万亿元；央行推出“碳减排支持工具”，定向支持清洁能源项目。

## 三、全球经验与中国启示

1. **技术突破是核心驱动力**：中国在光伏、风电、电动汽车等领域形成全产业链优势，技术迭代推动成本下降 80% 以上，为全球减排提供“中国方案”。
2. **制度创新是关键保障**：欧盟碳关税倒逼全球供应链低碳转型，中国“双碳”政策体系构建起“目标 - 政策 - 市场”闭环，政策执行效率全球领先。
3. **南北合作是必要路径**：中国通过南南合作向发展中国家提供光伏组件、风电设备，帮助其实现能源转型；发达国家需加大气候资金支持，缩小技术鸿沟。

当前，全球碳排放增速放缓但总量仍在攀升，中国通过“政策 + 市场 + 技术”的三维治理框架，正在实现经济增长与碳排放脱钩。未来需进一步强化 CCUS 技术应用、完善碳定价机制、推动工业流程再造，为全球气候治理贡献更多创新实践。