

中银研究产品系列

- 《经济金融展望季报》
- 《中银调研》
- 《宏观观察》
- 《银行业观察》
- 《国际金融评论》
- 《国别/地区观察》

作者：刘晨 中国银行研究院
王静 中国银行全球发展部
电话：010 - 6659 4264

签发人：陈卫东
审稿人：周景彤 梁婧
联系人：程栖云 刘佩忠
电话：010 - 6659 4016

* 对外公开
** 全辖传阅
*** 内参材料

极端气候影响下工业生产面临的 挑战和机遇*

极端气候事件是指显著偏离历史气候平均状态的异常天气现象，包括极端高温、持续性干旱、强降水、暴风雪、寒潮及热带气旋等。近年来，全球气候安全形势日益严峻，极端气候发生频率明显增多，不仅导致严重的生命财产损失和生态破坏，也对工业生产和经济发展造成了较大冲击。习近平总书记指出：“同自然灾害抗争是人类生存发展的永恒课题。要更加自觉地处理好人和自然的关系，正确处理防灾减灾救灾和经济社会发展的关系。”工业生产作为国民经济重要组成部分，近年来频繁遭受高温、降雨等超预期季节性因素扰动。《中国共产党第二十届中央委员会第四次全体会议公报》指出，“要做好安全生产和维护稳定工作，压紧压实安全生产责任”。在极端气候渐趋常态之下，有必要关注并评估其对工业生产的影响，从而对工业生产未来发展新空间进行研判和部署。

极端气候影响下工业生产面临的挑战和机遇

极端气候事件是指显著偏离历史气候平均状态的异常天气现象，包括极端高温、持续性干旱、强降水、暴风雪、寒潮及热带气旋等。近年来，全球气候安全形势日益严峻，极端气候发生频率明显增多，不仅导致严重的生命财产损失和生态破坏，也对工业生产和经济发展造成了较大冲击。习近平总书记指出：“同自然灾害抗争是人类生存发展的永恒课题。要更加自觉地处理好人和自然的关系，正确处理防灾减灾救灾和经济社会发展的关系。”工业生产作为国民经济重要组成部分，近年来频繁遭受高温、降雨等超预期季节性因素扰动。《中国共产党第二十届中央委员会第四次全体会议公报》指出，“要做好安全生产和维护稳定工作，压紧压实安全生产责任”。在极端气候渐趋常态之下，有必要关注并评估其对工业生产的影响，从而对工业生产未来发展新空间进行研判和部署。

一、近年来极端气候频发，成为制约工业生产的“灰犀牛”事件

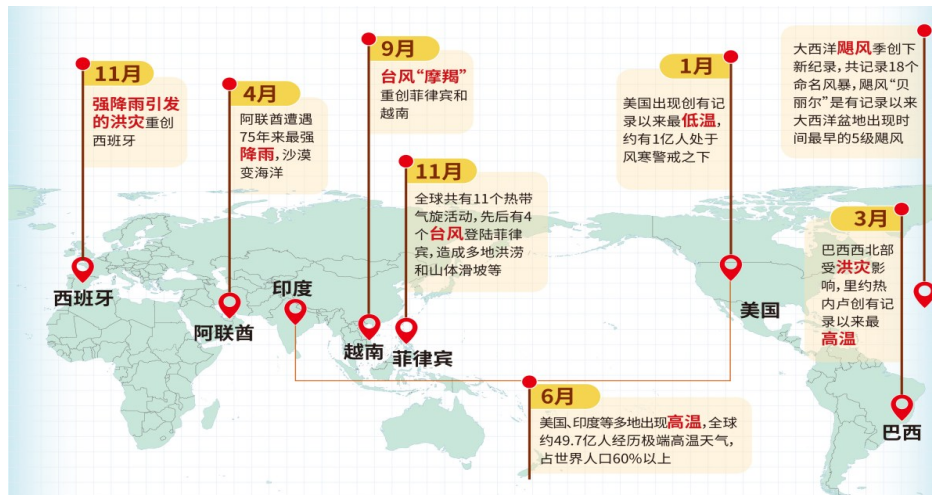
（一）全球极端气候事件频发，已经成为制约全球经济发展和工业生产的重要变量之一

极端气候事件的成因包括自然因素和人为因素。自然因素主要包括气候系统内部变化（如厄尔尼诺—南方涛动¹、北大西洋涛动等大尺度环流模态的变化），外部自然强迫作用（火山喷发、太阳活动周期变化）等。这些自然因素通过改变辐射强迫或大气环流形态，影响极端气候事件发生的频率和强度。例如，2024 年底至 2025 年初，强厄尔尼诺推高赤道太平洋海温、扰动大气环流，造成亚洲、北美和欧洲等地连续出现异常天气。更为重要的是，工业革命以来人类工业活动的影响日益显著，排放了大量二氧化碳、甲烷、氧化亚氮以及气溶胶颗粒（如硫化物、粉尘等），叠加城市化（热岛效应增强局地高温）和地表改造（森林退化削弱调蓄能力）等过程，造成全球

¹ 厄尔尼诺（El Niño）和拉尼娜（La Niña）是热带太平洋海域最显著的两种气候异常现象，二者常交替出现（构成“厄尔尼诺-南方涛动”，即 ENSO 循环），通过改变太平洋海温分布和大气环流，对全球天气、气候乃至生态系统产生深远影响。

温室气体浓度持续上升，直接加剧了极端高温、强降水等事件发生概率。据美国国家航空航天局（NASA）监测显示，工业革命至今全球大气中二氧化碳浓度已超过 420ppm，比工业化前增加近 50%；从工业化前 1850-1900 年到 2011-2020 年，全球平均气温已上升约 1.1℃。受此影响，全球极端气候风险愈演愈烈，近年来破多项“世界纪录”。据《2024 年全球气候报告》，2024 年，地球温室气体浓度创历史新高²，全球海陆气温创历史纪录³，全球海平面及海洋热含量均达到有史以来的最高水平⁴，冰川融化量达到有记录以来最高值⁵。全球多地发生暴雨、高温、台风、低温严寒等极端气候事件，造成严重损失（图 1）。

图 1：2024 年全球部分极端气候事件统计图



资料来源：中国气象报社

从历史数据来看，极端气候事件对相应区域经济社会的稳定运行造成了严重冲击。据德国观察（Germanwatch）发布的《2025 年气候风险指数》，1993-2022 年，全球累计发生 9400 多起极端气候事件，造成 76.5 万人死亡和近 4.2 万亿美元的直接经济损失。极端气候从多个方面阻碍了工业正常经营生产。一方面，极端气候从供需两端加剧能源系统不稳定性。供给端，突发性极端气候对火电、水电、风电、太阳能等传统

² 2023 至 2024 年全球平均 CO₂ 增幅为 3.4 ppm，年增加率是 20 世纪 60 年代有记录以来的最高值。

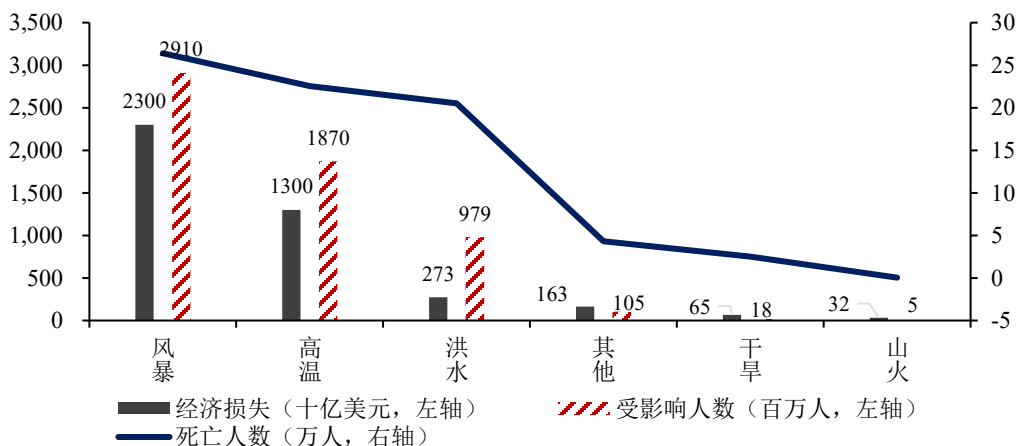
³ 2024 年全球地表年平均气温较 1991-2020 年平均值高出 0.63-0.72 摄氏度。

⁴ 2024 年，从海洋表面至 2000 米深度的全球海洋热含量创历史新高，平均海平面连续第 13 年刷新纪录，比 1993 年卫星记录初期高出约 105.8 毫米。

⁵ 2024 年，全球五大洲 58 条参照冰川连续第二年全面消融，平均融冰量创 55 年有记录以来新高。

能源和新能源供给均造成影响。据清华大学测算，1980-2022 年，长时间极端电力短缺事件的出现频次、持续时长和强度分别以每年 0.026 次、0.340 小时和 14.7% 的速度增长；与 1980-2000 年相比，2001-2022 年全球 1% 的平均风速和太阳辐射变化进一步引发了约 30% 的极端电力短缺事件变化⁶。同时，低碳能源转型下清洁能源的生产、传输、调度、运行等对风速、光线等气候条件要求较高，沙尘暴、雾霾等少风少光天气会造成发电的“黑暗低谷”。需求端，极端气候推升能源需求，导致尖峰负荷规模持续增加。例如，2021 年，美国得克萨斯州遭遇冬季风暴，电力需求激增下供需严重失衡，引致电力现货价格暴涨。2022 年 1 月，阿根廷首都布宜诺斯艾利斯因连日高温导致用电需求激增，引发了供电线路故障、大规模停电事故，影响了超过 70 万用户。另一方面，极端气候加剧全球工业生产供应链脆弱性，并对生产效率、固定资产耗损等造成连锁影响。牛津大学可持续基础设施系统项目梳理发现，全球 1340 个港口中，约 94% 的港口（1260 个港口）每年至少暴露在一种自然灾害中；160 个港口每年或因专门针对港口的破坏面临 1000 万美元以上的损失。据世界卫生组织（WHO）与世界气象组织（WMO）数据，2024 年为有记录以来最热的一年，许多地区劳动者长期忍受 40℃ 以上的高温；而当气温超过 20℃ 时，每上升 1℃，劳动者生产力就会下降 2% 至 3%。

图 2：1993-2022 年全球各类灾害造成的损失统计



资料来源：德国观察（Germanwatch）

⁶ 资料来源：Zheng, D., Tong, D., Davis, S. J. et al. Climate change impacts on the extreme power shortage events of wind-solar supply systems worldwide during 1980 - 2022. Nat Commun 15, 5225 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41467-024-48966-y>.

（二）近年来我国频繁面临极端气候扰动，工业生产季节性波动持续加大

我国是受全球气候变化影响最为敏感和严重的国家之一。据《中国气候变化蓝皮书（2025）》，1961-2024 年，中国极端高温和极端强降水事件呈增多趋势，增暖速率高于同期全球平均水平。2024 年全国平均降水量 697.7 毫米，较常年偏多 9%，为 1961 年以来历史第三多。据应急管理部数据，2022-2024 年，我国极端气候灾害造成的直接经济损失逐年递增，2024 年高达 4 千亿元，同比增长 16.1%（表 1）。

表 1：2022-2024 年主要极端气候灾害直接经济损失（单位：亿元）

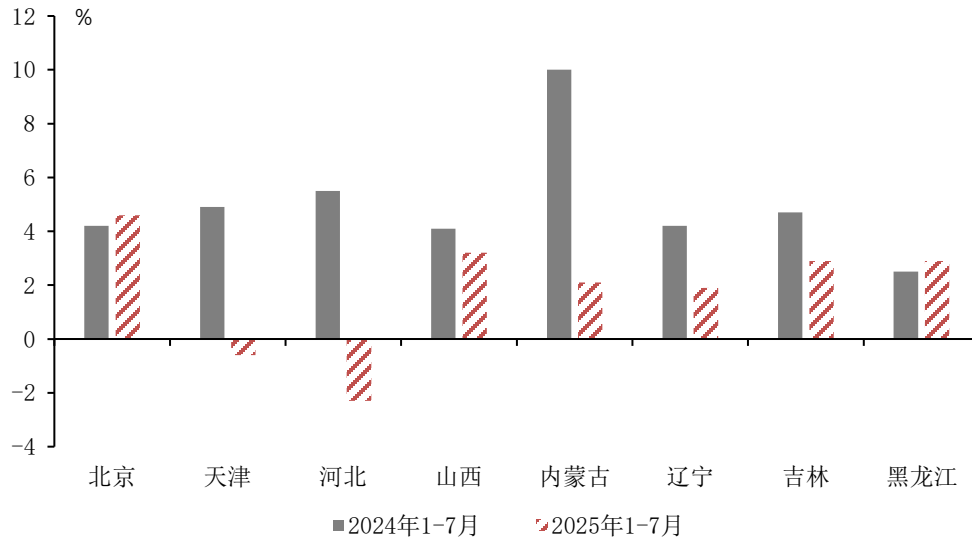
灾害类型	2022 年	2023 年	2024 年
洪涝灾害	1289	2445.7	2630.4
台风灾害	54.2	474.9	853.4
干旱灾害	512.8	205.5	83.6
风雹灾害	166.7	117.3	145.7
低温冷冻和雪灾	124.5	49.2	256.2
全年自然灾害	2386.5	3454.5	4011.1
极端气候灾害损失占比	90%	95.3%	99%

资料来源：应急管理部

更重要的是，复合型极端气候灾害发生频率显著增加，各类“超季节性”因素制约工业生产稳定运行。近年来，我国频繁出现旱涝急转、高温干旱叠加等复合型灾害。据国家能源局数据，2025 年 7 月 16 日，全国最大电力负荷达到 15.06 亿千瓦，刷新历史纪录，较去年全年最大负荷增加 0.55 亿千瓦。据应急管理部数据，7 月份，全国共出现 10 次区域暴雨过程，较常年偏多 3 次；7 月、8 月全国平均气温较常年同期分别偏高 1.5℃、0.9℃。据交通运输部数据，2025 年 1-7 月，降雨严重的部分北方省份公路货运量同比增速较上年同期明显回落（图 3）。此外，降雨带北移和高温对华北地区工业生产形成双重压力。据国家气候中心监测数据，今年华北雨季于 7 月 5 日正式开始，较常年偏早 13 天；截至 8 月 27 日，2025 年华北雨季检测区平均降水量为 343.7 毫米，达到有气象记录以来第一位，且降雨期仍未结束。7 月当月，华北东南

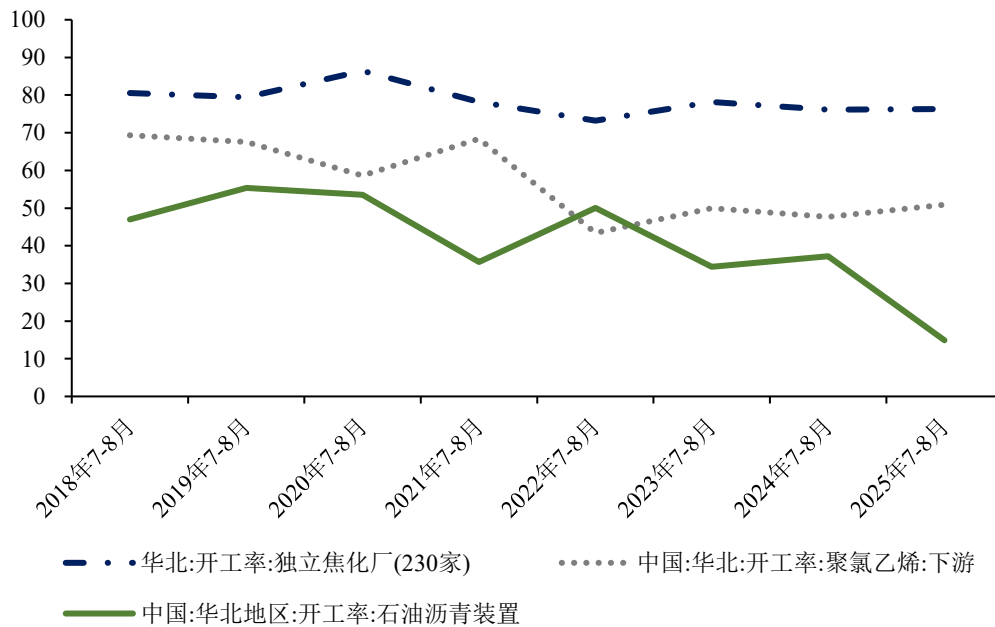
部、西南地区东北部等地高温日数普遍有 10 至 20 天。从高频数据来看，2025 年 7-8 月，华北地区部分领域工业平均开工率明显低于历史同期水平（图 4）。

图 3：北方省份公路货运量变化情况



资料来源：交通运输部

图 4：华北地区部分领域开工率情况



资料来源：Wind

（三）未来需高度警惕极端气候对工业生产和经济社会发展的冲击

全球气候变化背景下，未来各地遭遇极端气候或将愈加频繁，呈现常态化趋势。世界经济论坛（WEF）的《2022 年全球风险报告》指出，未来十年全球面临最严重的两类风险为气候行动失败、极端气候事件（表 2）。世界经济论坛（WEF）与埃森哲联合发布的《刻不容缓：增强企业韧性，抵御气候灾害》⁷指出，极端气候正以远超预期的速度侵蚀企业资产与利润，若不及时行动，到 2035 年，全球上市公司每年因气候灾害导致的固定资产损失将达 5600 亿至 6100 亿美元，相当于每家企业平均年收入减少 6.6%至 7.3%，这一影响远超新冠疫情时期的短期冲击且将长期持续。在此背景下，极端洪涝灾害在每个地区、每个流域、每个年份都有可能发生，我国需高度警惕各类气候变化引起的极端气候风险，避免其对工业生产和经济社会稳定造成的重大冲击。

表 2：未来全球主要风险预测

风险排序	未来 0-2 年		未来 2-5 年		未来 5-10 年	
	风险名称	风险类型	风险名称	风险类型	风险名称	风险类型
1	极端气候	环境	气候行动失败	环境	气候行动失败	环境
2	生计危机	社会	极端气候	环境	极端气候	环境
3	气候行动失败	环境	社会凝聚力侵蚀	社会	生物多样性丧失	环境
4	社会凝聚力侵蚀	社会	生计危机	社会	自然资源危机	环境
5	传染病	社会	债务危机	经济	人类环境损害	环境
6	心理健康恶化	社会	人类环境损害	环境	社会凝聚力侵蚀	社会
7	网络安全故障	科技	地缘经济对抗	地缘政治	非自愿移徙	社会
8	债务危机	经济	网络安全故障	科技	不利的技术进步	科技
9	数字不平等	科技	生物多样性丧失	环境	地缘经济对抗	地缘政治
10	资产泡沫破裂	经济	资产泡沫破裂	经济	地缘政治资源争夺	地缘政治

资料来源：《2022 年全球风险报告》

⁷ 覆盖全球 20 个行业、5 万余家上市公司。

二、极端气候对工业生产带来的挑战

（一）极端气候对工业生产的量化分析

1. 极端天气指数测度方法

参考Kun（2024）⁸的方法，本研究使用极端低温天数（Extreme Low Temperature Days, LTD）、极端高温天数（Extreme High Temperature Days, HTD）、极端降雨天数（Extreme Rainfall Days, ERD）、极端干旱天数（Extreme Drought Days, EDD）指代极端天气。原始气象数据来自美国国家海洋和大气管理局（NOAA），包含我国 31 个省市自治区 1973-2023 年的日度天气数据。以各省市自治区 1973-1992 年的各类气象数据作为极端气温阈值选取区间⁹，日平均气温低于 10%分位则定义为极端低温；日平均气温高于 90%分位则定义为极端高温；平均降水量高于 95%分位定义为极端降雨；日平均湿度低于 5%分位定义为极端干旱。

以极端低温为例，31 个省市自治区¹⁰1993-2023 年出现极端低温天数的公式如下：

$$LTD_{i,n} = \sum_{t=1}^{365} LT_{i,n,t}$$

$$LT_{i,n,t} = \begin{cases} 1, & \text{if } T_{i,n,t} < T_i^{10} \\ 0, & \text{if } T_{i,n,t} \geq T_i^{10} \end{cases}$$

其中， $T_{i,n,t}$ 为*i*省市自治州在*n*年*t*日的平均气温， T_i^{10} 为 1973-1992 年*i*省市自治州气温数据的前 10%分位。极端高温、极端降雨、极端干旱天数计算方式与此类似。

由于各省市自治州气候条件不一，各类极端天气出现频率不一。为提高数据可比性，进一步对上述极端天气数据进行标准化处理，以极端低温为例，处理方式如下：

$$\overline{LTD}_{i,n} = \frac{LTD_{i,n} - \min_{k=1,\dots,K;l=1,\dots,L} \{LTD_{k,l}\}}{\max_{k=1,\dots,K;l=1,\dots,L} \{LTD_{k,l}\} - \min_{k=1,\dots,K;l=1,\dots,L} \{LTD_{k,l}\}} \times 100$$

⁸ Guo K, Ji Q, Zhang D. A dataset to measure global climate physical risk[J]. Data in brief, 54:110502.

⁹ 历史数据相对近年数据更加平稳，因此以 1973-1992 年数据作为阈值选取区间。

¹⁰ 本文研究统计范围仅限于中国大陆地区 31 个省市自治州，不包括香港、澳门和台湾，后文不再赘述。

其中，K即为我国省市自治州数量，L为样本期限。由此可以得到各省市自治州极端高温、低温、降雨、干旱的可比指数数据，指数越接近 100，气候越为极端。

表 3：1993–2023 年全国 31 个省市自治州极端天气指数均值

地区	极端低温指数	极端高温指数	极端降雨指数	极端干旱指数
上海	19.10	74.33	–	69.34
云南	29.11	84.85	33.56	31.98
内蒙古	40.38	61.50	66.45	25.08
北京	46.52	67.68	28.39	18.28
吉林	43.45	62.58	55.83	30.58
四川	29.23	71.33	35.46	41.71
天津	36.28	68.62	39.51	27.99
宁夏	34.70	82.73	43.42	50.26
安徽	35.32	55.29	46.21	29.22
山东	31.06	64.36	45.47	25.54
山西	25.52	70.07	48.52	36.17
广东	36.32	71.74	45.19	27.21
广西	37.97	61.08	42.59	23.52
新疆	40.40	58.87	82.47	44.07
江苏	29.24	60.88	44.62	36.47
江西	29.72	61.03	46.30	37.97
河北	35.61	57.45	43.72	25.90
河南	30.18	62.70	44.75	41.65
浙江	28.22	61.31	47.34	33.51
海南	53.63	66.36	52.73	20.65
湖北	31.47	57.22	38.55	36.30
湖南	32.50	58.55	39.73	43.32
甘肃	35.96	70.95	36.58	43.86
福建	31.50	72.33	48.55	34.14
西藏	29.90	79.90	36.85	36.85
贵州	37.62	67.92	42.11	25.52
辽宁	42.64	63.26	48.42	22.88
重庆	31.23	58.27	31.69	32.21
陕西	28.94	52.38	30.66	38.93
青海	34.00	71.95	59.49	34.85
黑龙江	45.31	57.14	70.93	17.58

资料来源：作者计算得出

2. 各地极端天气指数典型事实

表 3 为 1993-2023 年全国 31 个省市自治区极端天气指数均值，可以发现，一方面，极端气候风险正在成为制约各地发展的重要变量。计算各地四类极端气候风险平均值，可以发现，除重庆（38.4）、陕西（37.7），国内其他地区均值均高于 40（40.2-56.5），普遍面临较高的极端气候风险影响。另一方面，不同区域面临的极端气候风险呈现多样化特征。若某类极端气候风险超过 50，则定义该极端天气对相应区域冲击程度严重。可以发现，上海、内蒙古、吉林、宁夏、新疆、青海、黑龙江均面临两种极端天气的较强冲击，海南面临三种极端天气的较强冲击。从现实情况来看，海南不仅面临极端高温和降雨风险的影响，也易受极端低温风险冲击。海南极端低温事件主要发生在 12-2 月，特别是近年来低温灾害持续时间和低温灾害强度均呈现上升趋势，对热带农业和社会生产产生严重影响¹¹。新疆虽然地处干旱半干旱地区，年平均降水量与中国东部季风区相比明显偏少，但暴雨的相对强度较大，部分地区单次暴雨降水量能接近甚至超过当地的年平均降水量¹²。

3. 极端气候对工业生产影响的回归分析

构建如下面板模型，检验不同类型的极端天气对工业产业的影响。

$$\ln y_{i,t} = \alpha + \beta_1 LTD_{i,t} + \beta_2 HTD_{i,t} + \beta_3 ERD_{i,t} + \beta_4 EED_{i,t} + \gamma X_{i,t} + c_i + T_t + \varepsilon_{i,t}$$

其中， i 代表各省市自治区， t 代表时间，被解释变量 $\ln y_{i,t}$ 分别为 i 省 t 年的采矿业产出、制造业产出、电力热力燃气及水生产和供应业产出值对数， $LTD_{i,t}$ 、 $HTD_{i,t}$ 、 $ERD_{i,t}$ 、 $EED_{i,t}$ 分别代表各省市自治区极端高温、低温、降雨、干旱的可比指数， $X_{i,t}$ 为控制变量，包括GDP、人口、固定资产投资、出口增速为控制变量， c_i 为个体固定效应， T_t 为时间固定效应， $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。

¹¹ 徐静颖，吴晶，邢益航，杨德石，焦悦，尚明，白磊. 海南岛近 300 年低温灾害的时空演变特征及其气候背景分析[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(5): 877-891.

¹² 金晨，何清，黄乾. 南疆暴雨研究进展[J]. 大气科学学报, 2023, 46(01): 82-96.

通过固定效应稳健robust回归可以发现，采矿业受极端降雨冲击明显，制造业易受极端高温和降雨干扰，极端干旱会加大对电力热力燃气及水生产和供应业的短期需求¹³（表 4）。

表 4：基本回归结果

	模型一	模型二	模型三
产出对数	采矿业	制造业	电力热力燃气及水生产和供应业
极端低温	-0.0320 (0.228)	0.0397 (0.108)	0.263 (0.301)
极端高温	-0.294 (0.218)	-0.0344* (0.0107)	0.850 (0.544)
极端降雨	-0.319*** (0.0894)	-0.21*** (0.0507)	0.219 (0.213)
极端干旱	0.218 (0.280)	-0.201 (0.128)	1.05*** (0.334)
GDP 增速	0.183 (0.902)	-0.863 (0.510)	-0.799 (0.211)
人口增速	6.66*** (0.0237)	9.97*** (0.0125)	1.40*** (0.0460)
固定资产投资增速	0.154 (0.00280)	-0.00154 (0.00142)	-0.307 (0.00787)
出口增速	-0.0401 (0.000535)	-0.0236 (0.000713)	-0.130 (0.00280)
常数项	-5.916*** (0.163)	-2.254*** (0.0916)	-8.711*** (0.447)
时间固定效应	控制	控制	控制
个体固定效应	控制	控制	控制
N	279	279	279

* p<0.10 ** p<0.05 *** p<0.01

资料来源：作者计算得出

¹³ 极端降雨对采矿业产出具有显著负向影响，极端降雨天数每增加一天，采矿业产出约减少 0.319%。极端高温和降雨对制造业产出具有显著负向影响，极端高温、降雨天数每增加一天，制造业产出约分别减少 0.03%、0.21%。极端干旱对电力热力燃气及水生产和供应业产出具有显著正向影响，极端干旱天数每增加一天，电力热力燃气及水生产和供应业产出约增加 1.05%。

（二）极端气候对工业生产影响的渠道机制

极端气候对工业生产的影响可进一步分为直接影响和间接影响两部分，前者物理性地作用于企业生产过程、设施或人员，导致生产中断、损坏或效率下降，表现为生产设施损毁、原材料特性改变等。后者通过一系列连锁反应、市场变化、政策调整或社会经济因素，间接地影响工业生产，具有一定滞后性，但其影响范围和深度往往更广，表现为供应链中断和重塑、运输成本上升、市场需求变化等。

1. 产业链供应链断裂

为追求规模效应，大部分工业的产业链供应链环节往往集中在某一特定区域或相邻地区，由此可能导致极端天气对工业产出的负面冲击进一步放大，由单点影响转变为沿着产业链供应链上下游进行多维度传导。2021 年，河南特大暴雨对全球汽车生产造成冲击。郑州是众多汽车零部件企业聚集地，特大暴雨使工厂进水、停电、停产，丰田、福特等下游整车厂商生产线的平稳运行也受到干扰。

同时，极端天气导致原材料和基础设施损毁、运输延迟与中断后，生产资料短缺导致价格推高，局部市场需求发生剧变。上游难以感知真实需求，从而引发“牛鞭效应”（即上游企业过度生产或停产，企业无法准确掌握在途物资、在产状态和供应商的真实情况，导致决策失灵）。2022 年 8 月，巴基斯坦遭遇特大洪水，棉田毁损率高达 45%。该国占全球医用纱布原料棉纱出口的 28%，灾害导致主要纺织厂停产。同时，灾区爆发大规模创伤感染，本地医用纱布需求暴涨 300%，国际援助订单激增，信德省医院纱布库存 3 天内耗尽，药店单日采购量达平日的 20 倍。

2. 企业尤其是中小企业预案不足，被动应对风险过程中易出现混乱现象

多数工业企业，尤其是中小企业对极端气候的“风险预判”和“应急准备”不足，导致灾害来临时准备不足、仓促应对。据国际劳工组织统计，2022 年极端气候导致中小企业平均运营中断时间达 47 天，恢复成本占年利润的 35%，显著高于大型企业的 19 天和 12%，主要原因在于，73%的中小企业未接入气候预警系统，依赖天气预报等初级信息源，难以预判微气候突变。2021 年，德国西北部阿尔河谷因持续强降雨引发特大

洪灾，多家汽车工厂生产线被毁，头部企业大众集团通过调配全球资源仅用 7 天恢复生产，而其他中小企业复产平均时间高达 43 天。

表 5：全球中小企业气候韧性评估结果

维度	关键指标	2024 年基准值
风险识别	气候数据接入率	发达国家 42% 新兴市场 11%
应急响应	预案覆盖供应链中断场景比例	全球均值 29%
恢复能力	现金流支撑中断天数	制造业 34 天 服务业 22 天
适应转型	气候技术投资占营收比	0.7%（目标阈值 \geq 2.5%）

资料来源：世界经济论坛《中小企业气候韧性白皮书》（2024）

对气候风险的被动应对可能通过“停产损失、成本上升、订单违约”等路径抬升企业财务压力，最终导致企业倒闭。国际货币基金组织（IMF）研究结果显示，被动应对气候风险的中小企业倒闭风险增加 4.7 倍。全球仅 12% 的中小企业保单覆盖营业中断损失，且理赔周期平均为 92 天，远高于企业现金流断裂临界点（56 天）。

3. 环境污染与次生灾害冲击工业系统运行

极端气候对工业系统的冲击并非一次性，还会通过环境污染和次生灾害，引发链式反应，持续并深层次毁坏工业系统的根基。工业设施经历极端气候的首次物理打击后，可能进一步引发危险物质泄漏的风险，以及火灾、爆炸、公共卫生事件等次生灾害。2021 年美国德州极寒天气导致化工厂管道冻裂，为防止爆炸，工厂被迫进行“燃烧排放”，将大量有毒化学品直接排入大气，造成严重的局部空气污染。

此外，全球“气候鞭打”¹⁴现象高频出现，工业系统平稳运行受到反复干扰。2023 年美国得州半导体工厂因 72 小时内从 -18°C 骤升至 35°C ，晶圆生产车间恒温系统崩溃，良品率下降 22%。长江流域 2024 年 3 月经历“旱涝急转”，武汉港集装箱周转效率下降 57%，汽车零部件多式联运延误触发主机厂 JIT 系统失效。有研究发现，极端高温下，户外和没有空调的室内工作效率大幅降低，中暑风险增加。而突如其来的寒

¹⁴ “气候鞭打”指某一地区在短时间尺度内从一种极端天气状态迅速转变为另一种相反的极端状态。

潮又会导致员工出行困难、冻伤和流感传播。员工在反复的极端天气中，身心健康受损，病假率上升。

三、极端气候常态化背景下工业增长的新空间

（一）区域空间：具备特殊气象条件的地区迎来产业发展新空间

极端气候将提升对各类工业品的可靠性和安全性要求。在航空、航天、军事、造船、电子、医疗、仪器仪表、化工等工业品领域，试验材料或产品都必须满足诸多极端的环境试验要求（表 6），以验证材料或产品的稳定性，确保其在应对极寒低温、强风暴雪、极端紫外线等复杂气象环境中的安全可靠。据国家市场监督管理总局数据，2024 年，全国检验检测行业共实现营收 4875.97 亿元，同比增长 4.41%。

表 6：主要工业品常见极端环境测试

环境测试维度	应用领域	测试内容
高温测试	航天、航空	依托高温环境，检测材料的超高温力学、抗氧化、抗热震性能及损伤演化
低温测试	汽车	确定产品在低温气候环境条件下储存、运输、使用的适应性
高压测试	机械	检器械在制造或检修中的潜在缺陷：考核容器的宏观强度
低压测试	军事、航空	检验兵器在低压环境中的使用性能以及压力迅速下降对兵器性能的影响
光照测试	仪器仪表	针对不同器件，进行光照老化测试，耐光照测试，光照稳定性测试

资料来源：根据公开资料整理

具备特殊气象条件的地区通过提供实体极端环境测试场景，将迎来产业发展的新空间。大部分现实环境模拟需要巨大的场地载体或者资源消耗作为支撑，测试环境难以完全实现与实际环境相同的测试效果。据中国汽车工程研究院数据，复杂气象环境中智能新能源汽车的各项性能明显低于实验室模拟的最优数据。在雾天、逆光、雪天等环境中，汽车辅助安全功能测试通过率不足 40%；在平均温度-20℃的高寒环境下，汽车空调采暖通过率仅 50%。

我国不同地区特殊的气象条件能够为工业品提供现实应用的检测场景，以更好满足极端气候条件下产品的使用需求。例如，在最低气温零下 53 摄氏度的黑龙江省漠河市，围绕汽车性能测试、光伏发电测试、空调热泵测试等产品寒地测试项目持续开展。

2025 年初，漠河市已有 6 家寒地测试企业，年测试车辆数量超过 1200 台，测试新材料、电子元器件、车衣车膜等品类数量高达 2.3 万件。吐鲁番作为全国极端高温干燥环境的天然试验场，已建成中国最大的极端环境汽车检测基地、国内首个低空飞行器高温干热环境检测测试空域，形成覆盖高温测试、特色农业、文旅康养等多元化产业体系，“热经济”年产值已突破 100 亿元，带动 3 万余人就业。此外，强化极端气候的适应能力，也将提升国内产品出海竞争力。近年来，中国新能源汽车加速进军全球市场，而寒带国家的电池保温需求、热带国家的高温散热挑战、多山国家的动力性能要求、欧盟严格的安全标准等差异性条件，构成了新能源汽车出海的隐形门槛。通过实地检测进行针对性、系统性的全球适应性开发，有望进一步将这些挑战转化为市场空间。

表 7：安全应急装备产业链

一级分类	二级分类			
安全防范类	监测预警类	安全生产专用装备类	安全材料类	个体防护类
	包括地质灾害、地震、气象水旱、森林草原灾害等监测预警装备，生产安全、城市公共安全、交通安全、家用等领域的监测预警产品	智能安全侦检、防护系统、作业装备、无人驾驶装备、专用安全生产装备、交通专用安全装备、城市基础设施专用安全产品等	加防火阻滋、隔热、防水、耐高（低）温、耐压、耐腐蚀、防静电、阻隔防爆等材料及产品	通过配备防护服、呼吸器、安全帽、护目镜等装备，为个体提供抗冲击、阻燃隔热等防护功能
应急处置类	抢险救援处置类	消防灭火类	应急保障类	紧急生命救护类
	包括工程抢险装备、专业抢修器材、排水设备、排烟设备、堵漏器材、救生产品等	涵盖灭火器及灭火剂、消火栓、固定灭火系统、消防车、航空消防装备、消防机器人等	涉及现场信息快速采集装备、应急通信与指挥产品、应急定位导航授时产品、应急交通运输装备、应急动力能源、应急环境处置产品、应急后勤保障产品等	包括生命探索探测产品、紧急医疗救护产品、家用应急处置产品等
安全应急服务类	咨询服务类		金融服务类	
	安全风险评估评价、管理与技术咨询、安全应急装备技术检验检测、安全认证、导航测绘服务、专业安全培训、大众普及安全培训等		包括保险、担保服务、政资租赁服务等	

资料来源：应急管理部，智研咨询

表 8：我国无人机在消防及应急救援领域潜在市场规模测算

场景		说明	
消防站	国内消防站数量(万个)	1	23 年中国消防救援站数量为 9657 个，假设 1 万个
普通无人机			
	单个消防站需要普通监控无人机数量	1	无人机可以实现火患排查，应急救援指挥监控及通信保障等功能
	对应普通无人机需求量(万)	1	
	单价(万元)	6	
	总市场空间(亿元)	6	
系留消防无人机			
	单个消防站需要系留消防无人机数量	1	系留无人机是一种通过系留线缆从地面获取电力并传输数据，从而实现长时间滞空、稳定飞行的多旋翼无人机
	对应系留消防无人机需求量(万个)	1	
	单价(万元)	30	系留消防无人机价格昂贵是因为其需配备大载重能力、长续航的系留供电系统、高精度的消防设备及避障等先进技术
	市场空间(亿元)	30	
救援队	消防救援支队(个)	407	
	其他森林消防支队、航空救援支队和机动支队(个)	93	
	总救援支队数量	500	
普通无人机			
	单个支队需要普通监控无人机数量	1	
	对应普通无人机需求量(个)	500	
	单价(万元)	5	
	市场空间(亿元)	0.25	
	总市场空间(亿元)	36.3	
加总	折旧周期(年)	2.5	由于消防类无人机使用环境较恶劣，假设折旧周期为 2.5 年
	平均每年市场空间(亿元)	15	

资料来源：中金公司研究部

（二）产业空间：对安全应急装备行业提出新需求

极端气候多发频发对安全应急装备提出更高要求。2021 年河南郑州“7·20”特大暴雨灾害、2022 年四川泸定 6.8 级地震、2023 年以来北京和河北等北方地区频发特大暴雨灾害等灾害事故，对发展先进适用的安全应急装备，提升高危行业安全水平和

增强突发事件应急处置能力提出了更高要求。通过拆解产业链来看，安全应急装备产业可以划分为安全防范、应急处置、安全应急服务三大类（表 7）。据赛迪智库数据，我国安全应急产业规模从 2020 年的 1.5 万亿元增长至 2024 年的 2.4 万亿元，年均增长率达 11.75%。据工业和信息化部等五部门联合印发的《安全应急装备重点领域发展行动计划（2023—2025 年）》，预计 2025 年安全应急装备重点领域产业规模超过 1 万亿。

同时，安全应急领域将进一步向高端化、智能化方向发展。2025 年 7 月 18 日，工业和信息化部印发《安全应急装备产业分类指导目录（2025 版）》，对原《安全应急产业分类指导目录（2021 年版）》进行了修订，其中增加了大量高端科技类装备¹⁵指引。未来，无人机救援等高端产品市场前景广阔。据中金公司研究部测算，目前无人机在消防及应急救援领域潜在市场规模预计为 36.3 亿元（表 8）。

（三）转型空间：为工业细分领域提供结构性转型新机遇

一方面，全球气候治理必要性持续提升背景下，工业企业坚持绿色转型是应对转型风险、推动竞争力持续提升的重要路径。极端气候风险已经成为困扰全球经济社会发展的重要问题之一，在全球低碳转型趋势下，各国可能出台化石燃料限制性政策、对企业征收碳税、建立碳排放交易系统、加强环境规制（如对污染物征税以及处罚污染性企业）等，由此可能进一步形成转型风险¹⁶，影响金融稳定。从工业企业角度来看，对气候风险的管理不仅可以减缓气候风险进而提升资产保值能力，也能够将气候风险转化为机遇，创造实际价值（表 9）。据世界银行发布的《中国国别气候与发展报告》，若优先考虑大自然，全球企业有机会增值 10 亿美元，并在 2030 年前增加 3.95 亿个就业机会。

¹⁵ 包括探地雷达仪、脑机接口安全装备、应急机械化桥、大型灭火飞机、北斗卫星通信设备及系统、北斗短报文终端、北斗智能安全帽等。

¹⁶ 指各经济体为向低碳经济转型的过程中，因政策、技术、投资者、消费者意识等变化带来的冲击和影响而导致的金融风险。

表 9：工业行业常见的气候变化机遇类型

行业	政策鼓励行业	“绿色”产品及服务	低碳及负碳技术	长期气候变化适应方案
火电	风能、光伏、光热、生物质能、氢能	余热充分利用等	CCUS 等	能源工程气候灾害安全设施等
钢铁	氢能、光热	低碳钢铁、再生钢铁等	CCUS、流程改进、碳吸收技术等	
石油石化	氢能、生物质能、风能、光伏、地热能	先进储能材料、高端碳材料等	CCUS、甲烷回收技术等	海洋及地质灾害预警等
化工	氢能、风能、光伏、生物质能	生物基材料、废塑料利用等	绿氢耦合、碳捕集材料等	
建材	分布式光伏、分布式风能	绿色建材等	碳吸收技术、电气化技术等	耐腐蚀性新型筑坝材等
民用航空	可再生燃料			航空保险、技术培训等
有色金属	氢能、光热	再生金属等	循环再生技术等	
煤炭	氢能		甲烷化反应、CCUS 等	场地生态修复等

资料来源：《工业企业气候信息披露指南及指导手册》

另一方面，针对极端气候进行前瞻性产品创新，为企业寻求差异化发展、破除“内卷式”竞争提供了新方案。近年来，全球不同地区均受到不同极端气候影响，不同细分场景需求趋于多元化。据可再生能源保险公司GCube Insurance发布的数据显示，2018-2023年，其承保的40个国家、总装机超100吉瓦的清洁能源发电项目中，气候相关理赔案件激增280%；其中冰雹灾害以54%的索赔占比高居首位，强风、暴雪分别以23%、15%位列第二、三位。北美大平原等大型集中式光伏发电项目中，受损光伏组件中约70%因遭遇直径超3厘米的冰雹冲击，这种规格的冰雹在气候模型中的出现概率较10年前提升3倍。在以场景为导向的发展思路下，未来全球光伏电站或将面临越来越严重的极端气候，相应的应对和解决方案势在必行，由此也将为企业创新发展和结合所在区域差异化竞争提供新的空间。

（四）基建空间：强化事前预防为基础设施建设完善提供了新方向

极端天气事件对城市的影响较广，特别是对城市供电、供水、通信等基础生命线工程影响显著，亟需完善城市相关基础设施。全球城市治理实践表明，提前对灾害预防、灾害准备等进行“灾害前”投资，能够以较低支出取得良好的风险治理效果。例如，2024 年 9 月上海以充分的准备工作成功应对了建国 75 年来登陆上海的最强台风“贝碧嘉”。据世界资源研究所等测算结果¹⁷，各地在气候韧性基础设施上每投资 1 元（如宁夏的节水灌溉措施、武汉的海绵城市基础设施和深圳的灰绿结合海堤等），除本身的经济效益外，加上避免干旱、城市内涝、风暴潮等灾害对经济活动和基础设施造成的不利影响以及调节气候等社会环境效益，未来 30 年共计可产生 2-20 元的投资收益（即投资回报率为 100%-1900%）。例如，在容易汇聚各种环境风险的内涝地区强化海绵城市建设，提升基础设施的蓄水、净水、绿化等功能，不仅能够有效减少应对自然灾害时的损失，也能够通过雨水回收等循环经济创造经济效益，借助项目建设所实现的环境质量优化全方位提升城市品牌价值。

此外，突发性极端气候事件引发的能源短缺问题，也有望推动新型电力系统建设加快落地。国家发展改革委、国家能源局印发《新型储能规模化建设专项行动方案（2025—2027 年）》，明确到 2027 年，全国新型储能装机规模达到 1.8 亿千瓦以上，带动项目直接投资约 2500 亿元。同时，我国可再生能源资源区域异质性强，能够充分发挥大电网的“空间平滑”效应，增强对极端天气条件下风光出力波动的应对能力。研究表明，通过特高压通道实现西南水电与西北风光互补互济，可在枯水期增加系统风光出力，削减约 40%的季节性电力缺口。

¹⁷ 世界资源研究所、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、中央财经大学绿色金融国际研究院，《加速气候韧性基础设施建设》，2021 年。

四、对策建议

（一）国家层面：分类施策，充分提升应对极端气候事件的韧性

近年来，极端气候风险频发，国家应高度重视，树立底线思维，强化对各类极端气候的适应能力。在防灾减灾和应急体系规划中加强中长期气候变化风险评估，提升多灾种早期预警系统的覆盖面与准确性，实现科学应急、智慧救灾。从每一次灾害应对中汲取经验、查漏补缺，提高防灾、减灾、救灾能力。

根据极端气候风险发生频率、防范周期、危害风险等特点，可分为三类（表 10），针对不同类型极端气候风险可分类施策。

表 10：极端气候风险分类和对应特点

类型	代表事件	发生频率	防范周期	风险影响
突发性局地极端气候风险	短时强降雨引发的城市内涝、山洪、滑坡、泥石流；地震等突发灾害	中高	短期（从预警发布到灾害发生，窗口期往往只有几十分钟到数小时）	若防范不及时，风险巨大；若应对得当，风险可控
区域性/周期性极端气候风险	长江、淮河流域性洪水，华北“七下八上”主汛期暴雨，南方持续性高温干旱，东南沿海台风登陆	高	中长期（数周至数月，气象部门通常能提前 3-7 天对台风路径、区域性强降雨过程做出较准确预报，为防灾准备提供了相对充裕的时间）	影响范围广，持续时间长，可造成数百亿甚至上千亿元的经济损失，严重影响工业生产、能源供应（如水电）和城市运行
持续性/系统性极端气候风险	鄱阳湖、洞庭湖等大型淡水湖提前进入枯水期、低枯水位持续时间破纪录、湖体萎缩、水质恶化、湿地退化；“雨热同现”（如华北雨季提前且与高温并存）、长时间极端高温、高温干旱复合灾害	相对低，但如果发生将是长期持续性风险	长期（数月至跨年度。复合型、系统型极端气候成因复杂，例如淡水湖水量减少涉及流域降水持续偏少、上游来水减少、气候变化导致蒸发量增加等多重因素，防范需跨季节、跨区域、跨部门协同	系统性风险极高，不仅直接威胁公众健康，还与干旱、森林火险、能源危机等风险交织叠加，形成“复合型灾害”，对社会经济系统构成严峻挑战

资料来源：作者整理

一是针对突发性局地极端气候风险，提高安全隐患及时预警和事故应急处置能力。此类风险突发性强、强度大，若防范不及时，山区“小流域、短历时、高强度”降雨极易在 1-2 小时内形成致命山洪，城市则面临“看海”式内涝，威胁生命财产和基础设施。首先，应强化风险预测能力和应急机制。融合人工智能、大数据等技术，加大

对 12 小时以内突发风险（0-12 小时）预警方面科技投入，提高对小尺度、突发性极端天气的捕捉和预测能力。形成“分钟级”预警与“叫应”机制，将极端天气影响“最小化”。各地可借鉴福建省的“1262”递进式服务模式¹⁸，实现 12 小时预警、6 小时预置、2 小时叫应。针对农村地区，可利用“闪信”、应急广播等强制手段，确保预警信息直达基层责任人和受威胁群众。其次，应补齐各地防灾短板。在山洪易发区布设自动水位、雨量监测站和视频监控，实现自动预警。开展“暴雨-山洪-滑坡”链式风险演练，普及“河水变浑、山体异响”等前兆知识，提升公众自救互救能力。逐步搬迁位于行洪通道、地质灾害隐患点的房屋，从源头上规避风险。最后，应推动安全应急产业快速发展。从补齐安全应急基础短板、鼓励家庭安全应急消费、构建完整安全应急产业链、推动产品高端化发展等角度探索增量。

二是针对区域性/周期性极端气候风险，应构建应对风险的灵活“屏障”。此类风险影响范围广、持续时间长，严重影响工业生产、能源供应（如水电）和城市运行，可能造成数百亿甚至上千亿元的经济损失。但由于该类风险可预测性较强，为防灾准备提供了相对充裕的时间。短期应形成多部门协同的风险防御系统。建立跨部门（气象、水利、应急、交通、电力等）的部际联络员制度，确保预警信息短时间直达应急责任人，高效转化为防御行动。定期开展多部门灾害风险会商，基于预报提前预置救援力量、物资和设备。完善各级应急预案，并加强实战化演练，确保响应流程顺畅。中期应着力提升各领域应对极端气候风险的能力。科学调度水库，在确保安全前提下，利用降雨预报优化蓄泄方案（如密云水库案例），发挥防洪抗旱双重效益。完善沿海防潮工程体系，加强海上作业船只、人员回港避风管理，做好危旧房屋、高空构筑物的隐患排查。长期应加快建设城市基础设施生命线安全工程。推动重要设施、能源、水源等分布式布局，完善抗灾设防标准，提高安全保障能力。推动新一代信息技术与城市基础设施建设深度融合，因地制宜对城镇市政基础设施进行数字化改造升级和智能化管理。完善“里子”工程，推进海绵城市建设，逐步对超过设计使用年限、材质

¹⁸ 根据气象部门 12 小时、6 小时和 2 小时的递进式滚动预报，相应作出提前划定防范重点区域、提前预置救援力量和提前部署人员转移等行动举措。

落后、功能失效的老旧管道进行更新改造，提升排水管网标准，打通城市通风廊道缓解热岛效应。

三是针对持续性/系统性极端气候风险，应推动“减缓+适应”双重战略。此类风险发生频率相对低，但如果发生将是长期持续性风险，对此应提前研判和部署。一方面，应尽量延缓极端气候的概率。遏制极端事件加剧的根本在于控制温室气体排放。各国需要协同推动能源系统低碳转型以及碳定价机制等有效实施，以确保《巴黎协定》目标的顺利实现。我国要进一步加强和拓展联合国气候变化框架公约下的国际合作机制，包括国家间的气候谈判、技术交流、信息共享、融资机制等，推动各国以更具体、切实可行的方式实施《巴黎协定》的承诺。同时，依托“一带一路”、全球发展倡议等国际合作平台，推进气候南南合作、拓展气候南北合作、增进气候区域合作。另一方面，应加强各区域对气候变化的适应性规划。保障能源安全与稳定，充分利用不同省区用电负荷、可再生能源发电的错峰特性，挖掘跨省区调节潜力；建立区域电网调节资源和备用共享机制，增强送受地区盈缺互济能力。同时，在湖泊管理、水利工程建设、城市发展规划中，充分考虑未来气候情景下的生态压力，预留弹性空间。例如，针对鄱阳湖、洞庭湖等大型淡水湖缺水及蓄洪能力问题，考虑清淤、挖掘扩充蓄水容量，并联合运用湖泊流域和湖区各类水利工程，科学实施江、湖、河协同调度，合理调配上、中游水资源，保障用水需求。

（二）企业层面：立足安全生产实际，寻求创新发展和突破

一是开展全面脆弱性评估，识别关键设施的风险薄弱点。建立气候风险评估机制，定期分析区域气候变化趋势及其潜在影响，尤其要关注极端高温、暴雨洪涝、干旱等极端天气灾害对生产设施、有害物质泄漏和员工健康的影响。建立灾后评估和学习机制，通过复盘不断完善应对策略，重点优化早期预警、应急响应和灾后恢复等关键环节。对厂房、仓库、管线等重要建筑进行抗灾加固，采用更高标准的防洪、防风、防雷设计规范。建立基础设施的定期检测维护制度，确保抗灾设施始终处于正常运营状态。

二是增强供应链韧性，保障生产节奏相对稳定。优化供应链管理，提升极端天气灾害中企业的风险应对能力。综合选择多元化的供应商和客户，减少对特定企业的依赖，从而分散风险。在库存管理中，根据对极端天气灾害影响范围的预估，制定关键原材料和零部件的应急储备计划，适量生产。与上下游联系紧密的企业建立有效的信息沟通平台，发挥供应链协同优势，共享极端天气灾害信息和应急处置方案，及时调整生产。

三是推进各环节智能化、创新型改造。应对风险方面，加快智能监测预警系统的建设和应用，建立灾害早期分析预警机制。同时要重视技术装备的适灾性测试，确保在极端条件下仍能保持基本功能。**推动创新方面**，面向全球市场和国内需要，结合对未来潜在极端气候风险的研判，适当开发相应场景应用的解决方案，寻求差异化、多元化竞争。

