

序

台风，作为源自海洋的磅礴自然力量，犹如一柄高悬于沿海城市上方的“达摩克利斯之剑”，威胁着人民生命与财产安全。在全球气候变化加剧的背景下，台风已不再是单一因素引发的简单灾害，而是多种气象条件相互作用、级联形成的复杂灾害系统。同时，快速城市化进程使得城市“四高”特征显著（人口高度密集、财富高度集中、国家安全核心要素高度聚集、运行系统高度耦合）。二者叠加，导致台风与城市巨系统深度交织，风险耦合链生反应加剧，极端灾害事件频发，严重威胁城市运行与可持续发展。

在此背景下，该书的出版恰逢其时，为科学应对台风灾害提供了重要的知识支撑与实践指引。

该书系统解析了台风作为“风险源”的科学机理，通过通俗的语言和生动的案例，深入浅出地阐释了台风形成的物理条件、能量来源等复杂科学理论，帮助读者准确把握台风的本质与特征。书中构建了多维立体的“减灾力”体系：在监测预警技术方面，介绍了作为台风防御“慧眼、智脑、巧手”的“天空地海”立体监测网络 and 智能预警系统；在应急管理策略方面，强调了韧性城市规划的重要性，提出增强基础设施抗风能力、推广巨灾保险等措施。此外，该书介绍了实用的台风防御经验，如“上游蓄、中游排、下游抽”的系统治理措施，以及气象系统、风险预警联动、金融保险保障等创新实践，为各地开展台风防灾减灾工作提供有益参考。

该书具有重要的社会效益。一方面，通过科普知识增强公众对台风的科学认知，避免盲目恐慌；另一方面，通过介绍具体的防御策略和应急措施，指导公众日常防范，全面提升防灾能力。全书致力于推动形成“全民参与”的防灾减灾氛围，通过公众、政府、企业多方合作，提升“减灾力”效能。

愿读者能从该书中汲取知识与力量，将防灾减灾理念、知识融入实际生活。我相信该书的出版，能够推动防灾减灾体系从“被动应对”向“主动防控”转变，把风险处置关口前移，最大限度降低台风灾害损失。未来，让我们携手共建更具韧性的美好家园，从容应对自然灾害，守护生命和财产安全，实现人与自然的和谐共生。



中国工程院院士

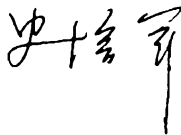
序 二

近年来，在全球气候变化背景下，台风灾害呈现“频发、重发、广域”的新态势，对中国沿海地区可持续发展构成严峻挑战。如何突破“单灾种—单部门—单环节”的传统防控范式，构建多主体协同、全过程覆盖的台风灾害风险防范体系，已成为政府、学界与产业界必须共同回答的时代命题。由北京师范大学、国家气象中心（中央气象台）、中国水利水电科学研究院、自然资源部海洋减灾中心、应急管理部国家减灾中心、海南省灾害监测预警中心等十余家机构共同编写的《台风灾害防灾减灾体系与指南》即将付梓，正是对这一命题的及时而系统的回应。

“从单一灾种应对到综合灾害风险防范”的跃升绝非简单拼接，而是一次跨学科、跨行业、跨层级、跨部门的知识重构与机制再造。该书作者团队汇聚了科研机构，以及气象、水利、海洋、应急、保险等行业部门多个领域的专家，实现了前沿的理论模型与一线实践经验的综合协同与深度融合，把“政产学研用”协同创新从理念变成了可操作的框架与行动。此书的出版，是灾害风险科学领域的一次多学科、多行业知识集成与融合，为我们应对日益严峻的台风灾害挑战，提供了一部体系完整、内容翔实的科学与实践指南。

该书以系统性的综合视角，将台风灾害的认知、监测、应对与保障四大环节融会贯通，形成了一个完整的知识闭环。从第一部分对台风及其次生灾害链的深刻剖析，到第二部分对“空-天-地”一体化监测预警技术的详细阐述，从第三部分对应急响应与场景化风险减量措施的周密梳理，到第四部分对巨灾保险与风险转移机制的前瞻探讨，全书逻辑清晰，层层递进，多有创新。这不仅是一本创新知识的凝练，更是一套技术与方法论的集大成，其所倡导的“综合系统防灾减灾”理念，为应对台风这类多要素叠加、多过程耦合、影响链条复杂的巨灾提供了科学且有效的系统性解决方案。

期待该书能为中国和全球台风防灾减灾工作提供新思路、新方法、新技术、新策略，推动形成更具韧性的沿海城市“除害与兴利”协同发展模式，实现发展与安全双赢。愿广大读者能从中受益，共同筑牢全球台风灾害风险防控的坚固防线，守护好人类美好的家园。



应急管理部-教育部减灾与应急管理研究院执行副院长
第四届国家减灾委员会专家委员会主任
地表过程与水土风沙灾害风险防控全国重点实验室咨询组组长
北京师范大学地理科学学部教授、国际欧亚科学院院士

2025年9月26日于北京师范大学

序 三

人类文明的发展史，是一部与自然灾害不断抗争、寻求共存的漫长历史。我国地处太平洋西岸，拥有约 3.2 万 km 的海岸线，是世界上受台风灾害影响最为严重的国家之一，台风多、强度大、影响范围广、灾害链长。在全球气候变化的背景下，台风的强度与路径不确定性明显增加，破坏力更大，传统“夏台”正悄然变为“四季台”，其引发的复合型灾害链严重威胁人民生命财产安全与国家重大战略区域的高质量发展。

面对台风这一全球性挑战，中国政府始终秉持“人民至上、生命至上”的理念，将防灾减灾救灾作为治国理政、维护国家公共安全的重要内容，进行了一系列顶层设计与战略部署。近年来，《中共中央 国务院关于推进防灾减灾救灾体制机制改革的意见》明确了“两个坚持、三个转变”的工作方针。《“十四五”国家应急体系规划》进一步将提升台风等自然灾害监测预警和风险防范能力列为重点任务，部署构建精准高效的预警信息发布与响应体系。这些国家层面的重大决策部署，为全社会科学应对台风灾害明确了重点方向，奠定了坚实的政策基础。

保险业作为经济减震器与社会稳定器，在应对台风等自然灾害特别是巨灾风险方面，肩负着不可替代的重要使命。作为国内领先的保险企业，中国平安财产保险股份有限公司（以下简称平安财险）始终在台风灾害风险管理领域不断探索、实践与深化，积累了丰富的经验，让各级政府及社会公众第一时间感受到保险保障的重要作用。平安财险始终恪守“保险姓保”的初心，深知自身在台风等灾害风险管理中所肩负的重任。我们不仅是灾害发生后的“赔付者”，更应充分发挥专业优势，努力成为灾前的“预警者”和“减损者”，积极响应国家加快巨灾保险制度建设的号召，探索运用保险机制分散重大自然灾害风险。

此次，平安财险再度与中国灾害防御协会、北京师范大学等多家单位合作，汇聚多方在灾害研究、风险管理、应急响应和保险保障领域的专业力量，共同编撰该书。书中系统阐述台风科学认知、精准预警响应、高效自救互救及风险保障机制，融合了尖端科技与政策实践。我们希望通过该书的专业知识，赋能公众防灾能力与企业韧性恢复，筑牢全社会台风灾害防御体系，这也是对“人人讲安全，个个会应急”理念的生动实践。

我们深知，知识是防灾减灾的第一道防线，意识是抵御风险的最坚实屏障。防御台风，是一场与时间赛跑、与自然角力的持久战。科学认知是盾，有效行动是矛，而保险机制则是那根能将分散力量拧成一股绳的坚韧之索。我们希望将专业的台风知识、实用的防灾避灾技能和科学高效的保险理念，以通俗易懂的方式传递给最广大的民众、社区管理者和企业经营者。我们相信，当每个人都成为自身安全的第一责任人，当全社会都建立起科学的风险意识和有效的应对能力，当完善的保险保障为灾后重建提供有力支撑，我们就能在台风的肆虐面前，最大限度地守护生命、保全财产、稳定社会。

愿该书能成为您抵御台风的实用“兵器谱”，助您未“风”绸缪，御风而行。让我们

携手，在风起云涌间，筑起守护生命与家园的铜墙铁壁，让每一次风暴过后，希望之光能更快地穿透阴霾，照亮重建之路。



平安财险党委书记、董事长兼 CEO

2025 年 9 月

前 言

台风是自然界最具破坏力的灾害系统之一，其影响远不限于狂风本身，更伴随暴雨洪涝、风暴潮和巨浪等多种致灾因子，且不同因子之间常呈叠加或放大效应，使得致灾成害过程具有多尺度、多要素、非线性耦合的特点。单一视角难以全面把握其致灾机理与影响路径，因此必须以综合性、系统化的视角来识别风险、部署监测预警、组织应急响应与实施风险转移与风险减量措施。基于这一现实判断，笔者牵头撰写本书，旨在为台风灾害的防灾减灾提供理论依据与可操作的技术与业务指引。

在我国，台风防灾减灾工作历来强调多部门、多领域的协同合作。气象部门负责精准预报台风路径与强度，水利部门聚焦洪涝风险的监测与调度，应急管理部门统筹灾害响应与救援，保险机构通过金融手段实现风险分散与转移，科研机构持续深化机理研究和模型开发。本书正是在这一多方协力的背景下诞生的，由相关业务部门、科研单位与保险机构联合编写，凝聚了各方在台风防灾减灾领域的专业知识和实践经验。编写团队既涵盖理论与模型开发的科研力量，也包括一线监测预报、应急处置与保险实务的实践主体，力图将学理性与实务性有机结合，形成面向政府决策、部门联动与保险机构风险管理的参考性指南。

本书致力于推动“综合防灾减灾”理念的落实，突出政府和市场机制的协同发力。在防灾减灾的实践中，政府承担总体规划、组织协调与资源调配的主导责任；企业与市场主体则通过风险管理、工程减损与应急保障参与风险减量；保险行业通过风险定价、损失分担与预防激励等机制促进社会整体韧性提升；公众与社会组织的参与同样是有效减灾的重要组成。为此，本书强调“政府主导-企业参与-社会协同-保险支撑”的综合防灾减灾体系建设路径，提出跨部门、跨行业、跨层级的协作框架与具体工作建议。

在内容体例上，本书从科学知识、关键技术与业务体系三个维度系统梳理了台风灾害管理的各个环节。既有台风本体与次生灾害的科学认知、历史损失分析与风险量化评估方法，也有监测预报预警、损失预评估等关键技术手段，同时对应急响应、场景化减量、风险转移与地方综合规划等业务体系给予操作性指导。我们希望本书既能为政府部门在制度设计与应急演练中提供参考，也能为保险机构在产品开发、巨灾建模与风险管理中提供实用支撑，并作为面向公众的科普资料，提升全社会的防灾减灾意识与自救互救能力。

本书作为一部跨领域、多机构合作的专著，编写过程面临诸多挑战。涉及部门众多、协调难度大，编写时间亦较为仓促，在统稿与内容整合中难免存在疏漏与不足。恳请广大读者批评指正。

本书相关的基础研究得到了国家重点研发计划课题“海岸带和沿海地区综合风险评估关键技术研究”（课题编号：2017YFA0604903）以及“多灾种重大自然灾害情景构建与动态模拟技术”（课题编号：2018YFC1508803）的资助支持。本书的顺利完成，得益于各参

编单位的通力协作与编写团队的辛勤付出，也离不开大量在台风监测、预报预警、应急救援、保险理赔与地方治理中辛勤工作的同仁提供的第一手资料与经验总结。对未能列入作者名单但在资料收集、案例提供、实地调研、文字校对和同行评审中给予实质性帮助的个人与单位，我们在此表示诚挚的感谢。

本书在撰写与论据引用方面力求严谨，广泛参考了国内外相关文献、技术标准和业务手册，并尽可能标注引用来源。在此向所有被引用和参考过的文献作者、研究机构及相关成果表示由衷的谢意。但由于资料繁多、学科迅速发展，若有遗漏之处，恳请读者批评指正，并欢迎通过各参编单位反馈建议，以便在未来版本中不断完善。

谨以此书，期望为构建更为完善的台风灾害防灾减灾体系、推动政府与企业协同减灾、促进保险与金融工具有效发挥风险缓释功能、增强社会整体韧性，贡献绵薄之力。

作 者

| 目 录 |

序一
序二
序三
前言

第一部分 台风灾害的认知

第1章 台风基本常识	3
1.1 台风概况	3
1.2 台风次生洪涝	8
1.3 台风风暴潮	13
1.4 台风浪	15
参考文献	17
第2章 台风灾害损失	18
2.1 不同对象成灾特点	18
2.2 台风灾情统计报送	22
2.3 历史台风损失情况	36
参考文献	46
第3章 台风灾害风险	47
3.1 台风灾害风险概述	47
3.2 台风巨灾模型	50
3.3 台风巨灾风险评估	52
参考文献	76

第二部分 台风监测预报预警

第4章 台风气象监测预报预警	81
4.1 台风气象监测	81
4.2 台风气象预报	92
4.3 台风气象预警	106

参考文献	110
致谢	110
第5章 台风次生洪涝监测预报预警	111
5.1 台风次生洪涝监测	111
5.2 台风次生洪涝预报	116
5.3 台风次生洪涝预警	150
参考文献	157
第6章 台风风暴潮与海浪监测预报预警	158
6.1 台风风暴潮与海浪监测	158
6.2 台风风暴潮与海浪预报	161
6.3 台风风暴潮与海浪预警	172
参考文献	179
第7章 台风综合监测预警	180
7.1 台风综合监测	180
7.2 台风综合预警	188
第8章 台风灾害损失预评估与复盘模拟	190
8.1 台风灾害损失预评估概述	190
8.2 海洋灾情预评估模型	193
8.3 海南“摩羯”台风复盘与耦合情景模拟	217
8.4 台风灾害损失智能预估模型	246
参考文献	263

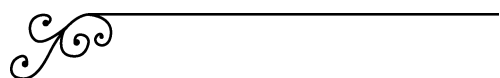
第三部分 台风灾害的应对

第9章 台风灾害应急响应	267
9.1 国家灾害应急响应	267
9.2 省级灾害应急响应	269
9.3 基层灾害应急响应	273
9.4 超强台风摩羯应对	274
第10章 台风灾害典型场景风险减量	278
10.1 家庭	278
10.2 公共服务	285
10.3 交通	297
10.4 商业	306

10.5 农业	313
10.6 在建工程	321
参考文献	332

第四部分 台风灾害保障与综合规划

第 11 章 台风灾害风险转移	337
11.1 灾害风险金融	337
11.2 全球台风巨灾保险制度	340
11.3 中国台风巨灾保险实践	349
参考文献	354
第 12 章 台风综合防灾减灾规划	355
12.1 台风综合防灾减灾规划概述	355
12.2 台风灾害历史特征	355
12.3 台风防灾减灾成效与经验总结	366
12.4 未来台风灾害形势预测	371
12.5 台风灾害防灾减灾救灾规划目标	376
12.6 台风综合防灾减灾规划策略	378
参考文献	395



第一部分 台风灾害的认知



第 1 章 | 台风基本常识

在灾害性天气系统当中，台风是一类破坏性大、致灾性强的天气系统。中国是世界上受台风影响最严重的国家之一，经统计，2000 ~ 2024 年登陆并影响中国的台风数量达 180 个。台风经过的地方常伴随着狂风、巨浪、暴雨或特大暴雨，对环境造成极大的破坏，对生命和财产安全带来极大的危害。台风虽然也有有利的一面，如缓解高温、干旱和补充水库蓄水等，但在应对过程中更注重对其灾害的防御。因此，人们对台风的预报预警、影响评估和灾害防御工作格外重视。

1.1 台风概况

台风是指生成在西北太平洋和南海海域的热带气旋。中华人民共和国国家标准《热带气旋等级》（GB/T 19201—2006）将热带气旋划分为热带低压、热带风暴、强热带风暴、台风、强台风和超强台风 6 个等级（表 1-1），一般将热带风暴、强热带风暴、台风、强台风和超强台风统称为台风。

表 1-1 热带气旋等级划分

热带气旋等级	底层中心附近最大平均风速/(m/s)	底层中心附近最大平均风力/级
热带低压（TD）	10.8 ~ 17.1	6 ~ 7
热带风暴（TS）	17.2 ~ 24.4	8 ~ 9
强热带风暴（STS）	24.5 ~ 32.6	10 ~ 11
台风（TY）	32.7 ~ 41.4	12 ~ 13
强台风（STY）	41.5 ~ 50.9	14 ~ 15
超强台风（SuperTY）	≥51.0	≥16

注：底层中心附近最大平均风速是指 2min 平均风速。

2000 ~ 2024 年，在西北太平洋和南海海域生成的台风个数平均每年有 24 ~ 25 个（图 1-1），每个月均可能有台风生成。其中，2010 年生成台风个数最少，只有 14 个；2013 年生成台风个数最多，有 31 个。生成最早的首个台风是 2019 年 1 月 1 日生成的第 1 号台风“帕布”（Pabuk），生成最晚的台风是 2000 年 12 月 30 日生成的第 23 号台风“苏力”（Soulik），生成最晚的首个台风是 2016 年 7 月 3 日生成的第 1 号台风“尼伯特”（Nepartak）。生成纬度最低的台风是 2001 年台风“画眉”（Vamei）（生成于 1.5°N），是有记录以来在西北太平洋和南海生成纬度最低的台风，世界气象组织（WMO）和联合国亚洲及太平洋经济社会委员会（UNESCAP）下属的台风委员会决定 2004 年 1 月 1 日起由“琵琶”（Peipah）取代“画眉”，于是“画眉”就成了这个近赤道台风的专属名字。

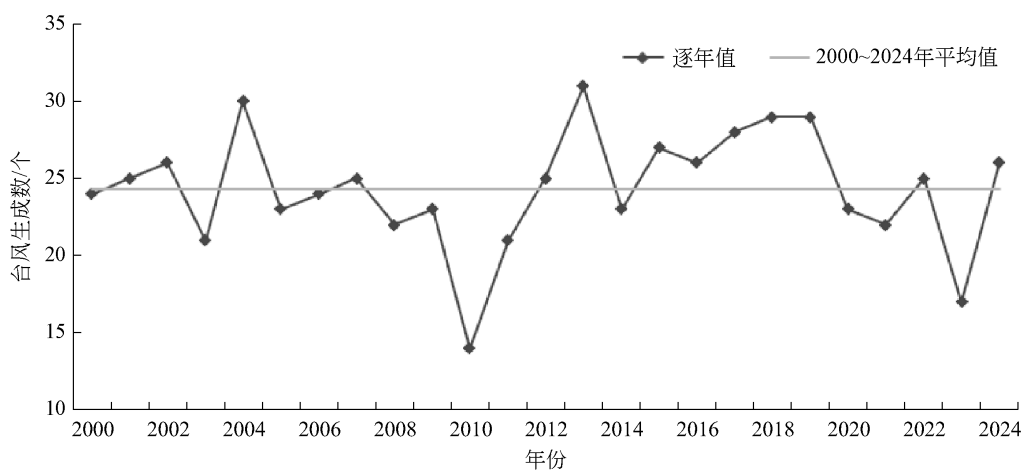


图 1-1 2000 ~ 2024 年西北太平洋和南海台风生成频数变化曲线

2000 ~ 2024 年，登陆中国的台风个数平均每年约有 7.2 个（图 1-2）。其中，2022 年登陆台风个数最少，仅有 4 个；年登陆台风个数最多的有 10 个，分别发生在 2008 年、2009 年和 2018 年。

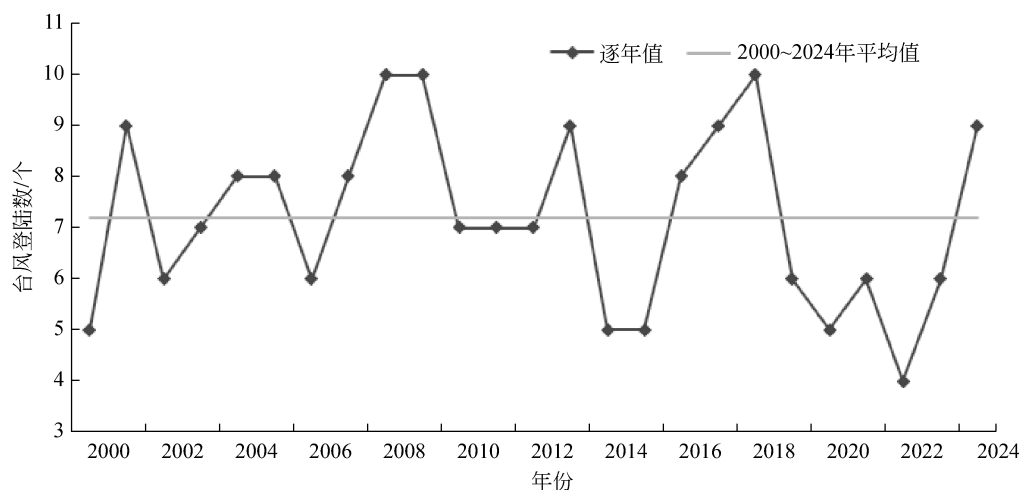


图 1-2 2000 ~ 2024 年登陆中国的台风频数变化曲线

根据 2000 ~ 2024 年登陆中国台风个数的逐月统计，台风登陆主要集中在夏秋季，以 7 ~ 9 月为最多（图 1-3），约占全年登陆台风个数的 76.7%。1 ~ 3 月没有台风登陆中国。登陆最早的台风是 2008 年第 1 号台风“浣熊”（Neoguri），于 4 月 18 日在海南文昌登陆（11 级，30m/s，980hPa，强热带风暴级），也是 1949 年以来登陆中国最早的台风；登陆最晚的台风是 2004 年第 28 号台风“南玛都”（Nanmadol），于 12 月 4 日在台湾屏东登陆（10 级，28m/s，980hPa，强热带风暴级）。

2000 ~ 2024 年，登陆中国最强的台风是 2014 年第 9 号台风“威马逊”，也是 1949 年以来登陆最强的台风。“威马逊”于 2014 年 7 月 12 日在西北太平洋洋面上生成，15 日登

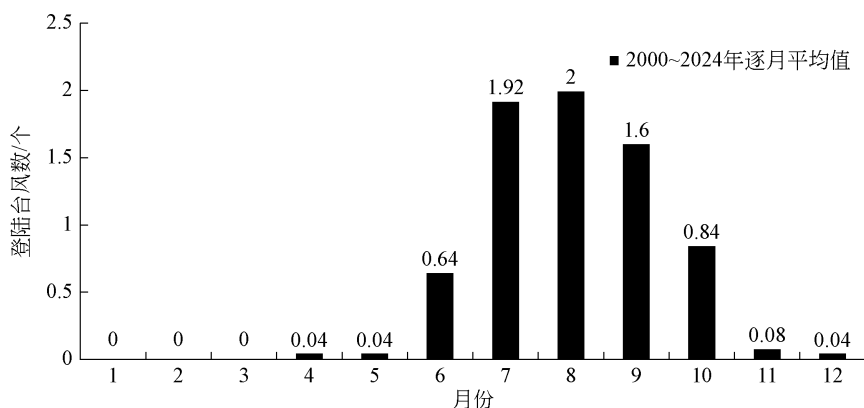


图 1-3 2000 ~ 2024 年登陆中国的台风频数的月季分布

陆菲律宾，并穿过菲律宾中部进入南海，17 日夜间在南海北部海面上加强为超强台风级，18 日 15 时 30 分在海南省文昌市沿海登陆，登陆时中心附近最大风速 70m/s（17 级以上，890hPa，超强台风级）；19 时 30 分再次在广东省徐闻县龙塘镇沿海登陆（17 级以上，62m/s，910hPa，超强台风级），19 日 7 时 10 分在广西壮族自治区防城港市港口区光坡镇沿海第三次登陆（15 级，50m/s，945hPa，强台风级），20 日在云南省境内减弱为热带低压。

2000 ~ 2024 年，造成直接经济损失最多的台风是 2024 年第 11 号台风“摩羯”，也是有气象记录以来秋季登陆中国的最强台风。台风“摩羯”于 9 月 1 日在菲律宾以东的近海海面上生成，2 日 14 时 30 分在菲律宾吕宋岛东部沿海登陆。“摩羯”穿过菲律宾进入南海后强度快速增强，先后增强为强热带风暴级、台风级、强台风级，至超强台风级。6 日 16 时 20 分“摩羯”以超强台风级的强度在海南省文昌市沿海登陆（17 级以上，62m/s，915hPa）。“摩羯”破坏力极强，据《2024 年全国自然灾害基本情况》：“摩羯”造成海南、广东、广西、云南 4 省（区）4 人死亡，倒塌损坏房屋 18.9 万间，直接经济损失 720.3 亿元。

1.1.1 台风预警发布标准

根据国务院办公厅 2009 年 12 月 11 日发布并实施的《国家气象灾害应急预案》中的第 3 条监测预警和第 8 条附则中的有关规定，气象部门根据各类气象灾害的发展态势，综合预评估分析确定预警级别。预警级别分为Ⅰ级（特别重大）、Ⅱ级（重大）、Ⅲ级（较大）、Ⅳ级（一般），分别用红、橙、黄、蓝四种颜色标示，Ⅰ级为最高级别。其中，台风Ⅰ级（红色）预警：预计未来 48 小时将有强台风、超强台风登陆或影响我国沿海；台风Ⅱ级（橙色）预警：预计未来 48 小时将有台风登陆或影响我国沿海；台风Ⅲ级（黄色）预警：预计未来 48 小时将有强热带风暴登陆或影响我国沿海；台风Ⅳ级（蓝色）预警：预计未来 48 小时将有热带风暴登陆或影响我国沿海。

1.1.2 台风编号及命名规则

根据中央气象台的业务规定，对经度 180° 以西、赤道以北的西北太平洋洋面上和南海海面上出现的热带低压（内部编号，不对外服务）和台风进行编号（国内编号）（图 1-4），具体规定如下。

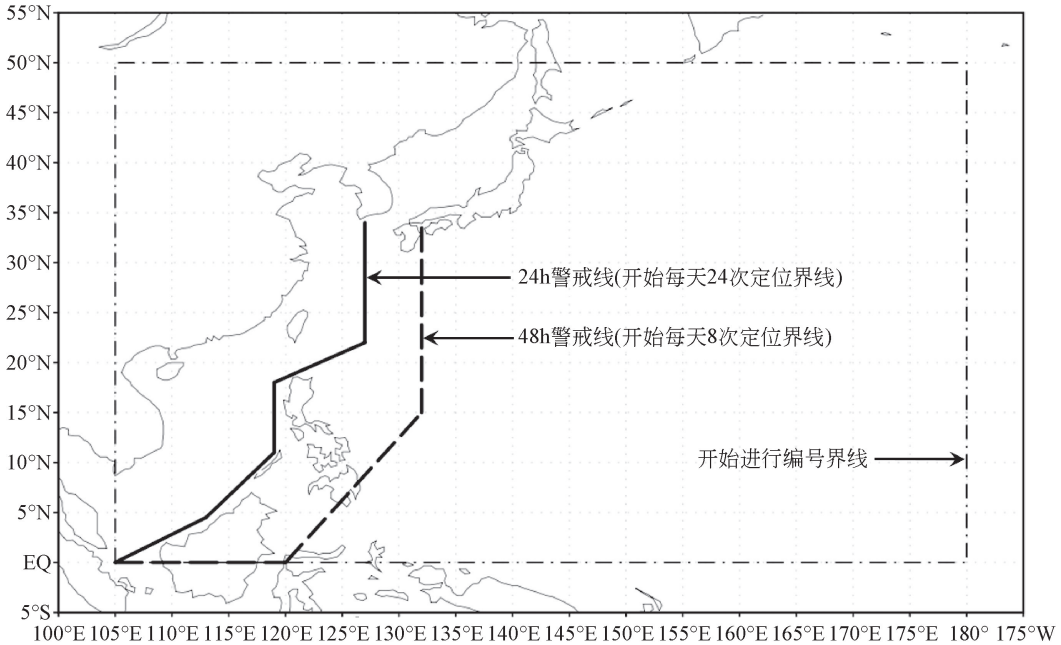


图 1-4 国家气象中心（中央气象台）台风编号、定位及警戒区

—— 24h 警戒线 (0° , 105°E ; 4.5°N , 113°E ; 11°N , 119°E ; 18°N , 119°E ; 22°N , 127°E ; 34°N , 127°E)
- - - 48h 警戒线 (0° , 105°E ; 0° , 120°E ; 15°N , 132°E ; 34°N , 132°E)

(1) 热带低压编号规则。在 48h 警戒线内出现的中心附近最大平均风力达到 6~7 级的热带低压，中央气象台按照其当年出现的先后次序进行编号。如“TD04”号热带低压，“TD”表示热带低压，即热带低压（tropical depression）英文字母缩写，“04”表示当年出现的第四个达到编号热带低压的顺序数。热带低压编号仅供气象部门内部使用，对公众只提某海域（如南海）的热带低压，不提编号。

(2) 台风编号规则。在经度 180° 以西、赤道以北的西北太平洋洋面上和南海海面上出现的中心附近最大平均风力达到 8 级及以上的热带气旋（统称台风），中央气象台按照其出现的先后次序进行国内编号。如“2411”号台风，是指 2024 年出现的第 11 个达到编号标准的台风；前两个数字表示年，即“24”是指 2024 年，“11”是指当年出现的第 11 个编号台风。由于上述编号仅采用年份的后两位数字，在跨世纪后，21 世纪的台风编号（如“2411”）会与 20 世纪的历史记录（如 1924 年的“2411”号）发生重复，从而在查

阅和对比长时序历史数据时造成歧义。在实践中，也使用6位编号，将4位数的完整年份和台风出现的先后次序结合，即将2024年的第11个编号台风表示为“202411”号台风。

(3) 由台风减弱为热带低压时，仍维持原台风的编号和命名，直到停止编号。

(4) 当台风在海上减弱为热带低压后，再度发展为台风时，则延续原有的台风编号和名称。例如，2025年第8号台风“竹节草”，7月23日在南海东部海面生成，中央气象台对其编号为“2508”号台风，25日夜间该台风减弱为热带低压，26日11时中央气象台对其停止编号；27日晚上其减弱后的低压环流再度发展为台风，中央气象台则继续维持原有的台风编号（2508）和名称（竹节草）不变。

台风编号（国际编号）和命名。在西北太平洋和南海海面上生成的台风，其国际编号和名称统一由东京台风中心按照出现的先后顺序给出，台风编号同样由四位数字组成，前两个数字表示年，后两个数字表示当年台风出现的先后次序。中央气象台根据其给出的名称，对外发布热带气旋公报和警报时使用，并且台风在其整个生命史中名称保持不变。名称同时用于国内各级基层气象台站、媒体以及向国内航空和航海界发布的公报和警报中，也用于向国际社会发布的公报和警报中。

另外，由中太平洋生成的台风西行越过 180° 经线进入西北太平洋后，其名称维持美国中太平洋飓风中心的原有名称不变；从西向东越过 180° 经线进入中太平洋的台风，维持东京台风中心的原有名称不变。

1.1.3 台风路径综合图

影响中国的台风主要有三条路径（国家气候中心，2018）（图1-5）：一是西北路径，台风从源地（指菲律宾以东洋面）一直向西北方向移动，大多在台湾、福建、浙江一带沿

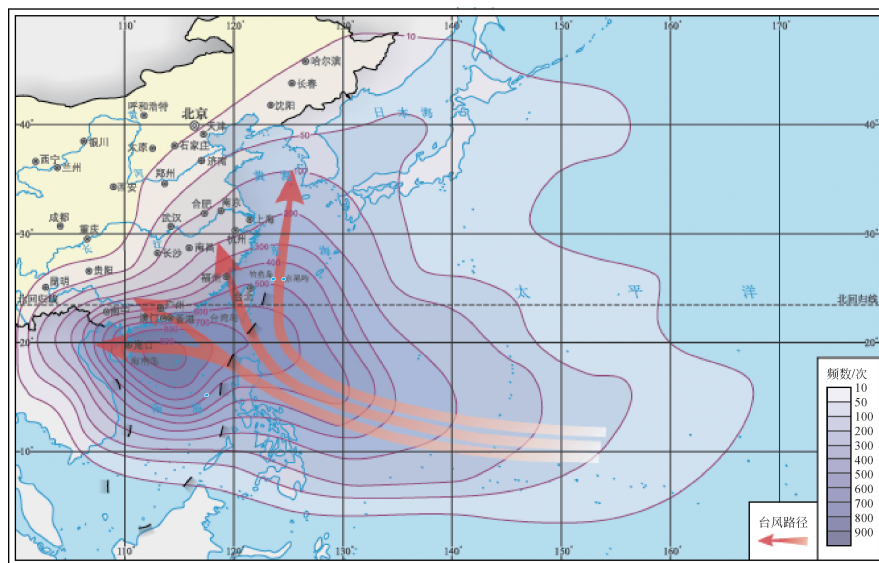


图1-5 影响中国的台风主要路径（1981~2010年）

海登陆。如果台风的起点纬度较高，就会穿过琉球群岛，在浙江、上海、江苏一带沿海登陆，甚至到达山东、辽宁一带。沿此路径移动的台风对台湾、广东东部、福建和浙江影响最大，这类台风多见于7月下半月到9月的上半月；二是西移路径，台风从源地一直向偏西方向移动，往往在我国广东、海南及越南一带沿海登陆。沿此路径移动的台风对海南、广东、广西沿海地区影响最大，经常在春、秋季发生；三是近海转向路径，台风从源地向西北方向移动，当靠近中国东部近海或登陆时，转向北或东北方向移动，向山东半岛、辽东半岛、朝鲜半岛或日本方向移去。这种转向台风又可以分为三类：东转向、中转向、西转向。其中的西转向类，尤其是在近海或东部沿海地区登陆后，再转向北或东北移去，路径呈抛物线状，沿此路径移动的台风对东部沿海地区影响最大，这类台风多发生于夏、秋季节。

1.2 台风次生洪涝

1.2.1 台风引发的洪水灾害

我国幅员辽阔，自然地理和气候条件复杂，形成洪水的原因也较为多样，包括暴雨洪水、风暴潮洪水、融雪洪水、冰川洪水、冰凌洪水、溃坝洪水等（吕娟，2023）。其中，台风暴雨是洪水灾害的主要成因之一。当台风挟带大量水汽深入陆地时，在其移动路径上会形成不同强度、不同覆盖范围的降水，经产汇流过程形成山洪、中小河流洪水、大江大河洪水，甚至流域性的特大洪水。

1. 台风引发洪水的形成过程

台风引发洪水的形成过程是多重因素的叠加效应。台风作为热带气旋，自身挟带的巨量水汽是洪涝的“源头”，地形地貌则是洪水形成过程的“加速器”。当台风登陆后，受到地形抬升或冷空气影响，水汽迅速凝结，易形成持续性暴雨。台风影响通常持续24~72小时，持续性强降雨导致地表径流增加，进而引发洪水。

人类活动进一步放大了洪水风险。城镇化进程中，不透水区域面积增加，雨水下渗量减少，地表径流速度加快；部分地区围湖造田、侵占河道，削弱了天然调蓄和行洪能力，使洪水峰现时间提前、洪水总量增大。

2. 台风引发的不同尺度洪水灾害及案例

在山洪灾害易发的小流域范围内，台风带来的短时强降雨或持续性降雨会导致地表径流快速汇集。由于流域面积小、地面和河床坡降大，汇流时间短，极易造成突发性、暴涨暴落的洪水。当洪水中挟带石块、植被等固态物质时，会进一步加剧其破坏力，容易造成人员伤亡。台风降雨还会引起中小河流干支流水位快速上涨，当降雨持续时间长或强度大，超过河段的行洪能力时，发生漫溢或溃堤，对沿岸居民地、耕地等造成淹没影响。大江大河洪水通常由流域性台风降雨引发，其特点是降雨强度大、影响范围广。台风降水通

过地表径流和支流汇入干流，叠加前期降水及上游来水，导致干流流量增大、水位持续升高。

以2006年台风“碧利斯”为例，7月14日12时50分，该台风在福建霞浦登陆。登陆后强度维持8级风力以上，时间长达31h，深入内陆直接影响9省（区）长达120h，是历史上在我国登陆并深入内陆维持时间最长的台风。受其影响，7月13~18日，我国江南大部、华南大部和西南东部出现了大范围持续强降雨。受持续强降雨影响，湖南湘江上中游干流发生了有实测记录以来的第二大洪水，支流耒水发生了超历史纪录的特大洪水，广东北江发生了有实测记录以来最大流量的大洪水，支流武水发生了超历史纪录的特大洪水，福建诏安东溪发生了超历史纪录的大洪水。京广铁路、京珠高速公路等多条重要交通干线一度中断，全国还有近30个机场临时关闭，大量水利、交通、通信、电力设施损毁。湖南湘江干流堤防出现险情134处，70余座水库不同程度地出险，湖南郴州发生特大山洪灾害；广东有16个县级以上城区受淹，乐昌、韶关等市区最大水深超过5m，被洪水围困群众多达173万；福建相继发生250多起山洪灾害。此次洪涝灾害农作物受灾面积1.35万km²，其中成灾7285km²，受灾人口2955.4万人，因灾死亡843人，倒塌房屋27.8万间，直接经济损失351.0亿元。

我国七大流域中，长江流域东南部、淮河流域、海河流域、松花江流域东南部、辽河流域、珠江流域和太湖流域均会遭受台风引发的洪涝灾害影响。历史上发生的很多典型场次流域性洪灾均是由台风引发的（骆承政，2006），举例如下。

1) 海河流域“23·7”流域性特大洪水

受2305号台风“杜苏芮”北上与冷空气共同影响，2023年7月28日至8月1日，海河全流域出现强降雨过程，累计面降雨量155.3mm，其中北京市83h面降雨量达到331mm，为常年面降雨量的60%。受其影响，海河流域有22条河流发生超警戒以上洪水，8条河流发生有实测资料以来的最大洪水，大清河、永定河发生特大洪水，子牙河发生大洪水，该场洪水是1963年以来海河流域最大的场次洪水。

2) 淮河流域“75·8”特大洪水

受7503号台风带来的暴雨影响，洪汝河、沙颍河上中游出现历史罕见洪水，设计标准较低的板桥和石漫滩两座大型水库和其他60座中小型水库相继垮坝，溃坝洪水以6~8m/s的速度冲出河道冲向下游，下游7座县城遭到毁灭性灾害。1133万hm²耕地受淹，1100万人受灾，京广线被冲毁102km，中断行车18天，影响运输48天，是世界上较为严重的溃坝事件之一（河南省水利厅，2005）。

3) 松花江流域1953年洪水

1953年8月中旬，受台风影响，第二松花江流域普降大雨，暴雨中心位于上游辉发河平安川站，8月18~20日三天降雨量达328.6mm，最大一天降雨量179.1mm。同期，嫩江、松花江干流洪水也较为严重，暴雨主要分布在嫩江右侧支流科洛河、讷谟尔河、乌裕尔河及松花江干流呼兰河上游通肯河一带，引发嫩江中游洪水，富拉尔基站8月17日洪峰流量为6500m³/s。由于第二松花江与嫩江洪水遭遇，松花江干流哈尔滨站9月3日实测洪峰流量达9530m³/s。根据《松花江流域防洪规划》，该场洪水造成第二松花江及其主要支流堤防漫溢及决口共404处，洪水淹地7.7万hm²，下游有9个市（县）共27万人受

灾，死亡 18 人，倒塌房屋 7000 余间。

4) 太湖流域 1931 年洪水

影响太湖流域的台风频繁，局部地区成灾严重，平均每年 2~3 次。1931 年太湖流域发生了大范围洪涝灾害，受西南气旋及东部气流的影响，6~7 月降雨偏多，梅雨期偏长，加之 7 月 3~8 日及 21~25 日两次降雨量均超过 200mm 的台风雨，流域内绝大部分地区水位超过当时的历史纪录。此次降雨主要分布在长江中下游及江淮之间，导致长江水位大涨，太湖水位抬高 1.3m，江湖水位齐涨，流域排水困难，灾情极为严重。

近年来，受气候变化影响，超强台风出现频率上升，且台风登陆后“滞留时间长、降雨强度大”的特征更加明显，导致台风次生洪水灾害的极端性显著增强。

1.2.2 台风引发的内涝灾害

1. 台风引发内涝的形成过程

灾害过程中，台风不仅带来狂风，还伴随着极端强降雨和风暴增水。台风是否成灾，在很大程度上取决于最大风暴潮位是否与天文潮高潮相叠加，还与受灾地区的地理位置、海岸形状、岸上地形及海底地形，以及滨海地区的社会经济情况有关。我国沿海区域经济社会发展发达，人口众多，财产密度大，台风灾害对这些区域造成严重的影响。随着风暴潮发生频次增多和强度变大，台风灾害发生的频率也将上升，对沿海地区的影响将更为严重。

台风引发的内涝灾害是沿海及近海地区最为频发和严重的次生灾害之一。伴随台风而来的极端强降雨和风暴增水是引发沿海和沿江地区严重内涝的直接原因。我国沿海部分潮位站的风暴增水统计见表 1-2（李健生，1999）。这种灾害特性在城市区域尤为明显，受城市化效应影响，大面积的不透水路面（沥青、混凝土）取代了原有的植被和土壤，地表下渗率显著降低，径流系数增大，汇流时间缩短，洪水总量和洪峰流量显著增加；应对强降雨时，城市排水系统能力往往不足，许多老城区的排水管网建设标准偏低（如仅能应对 1~5 年一遇的降雨），难以承受台风引起的超标准降雨，而管网淤塞、设施老化等问题进一步降低了实际排水能力；河道与调蓄空间萎缩，城市扩张侵占自然水体（填湖、填河）和洪泛区域，导致天然的雨洪调蓄功能丧失，洪水排泄受阻。

表 1-2 我国部分潮位站典型增水值

省（市、区）	站名	站址		增水值 /m	时间 （年.月.日）	原因或 台风编号
		纬度	经度			
广西	白龙尾	21°30'N	108°12'E	1.86		198303
	北海	21°29'N	109°07'E	1.61	1965.7.22	196509
	石头埠	21°36'N	109°35'E	2.33		197109
海南	八所	19°08'N	108°37'E	1.15		198007
	海口	20°02'N	110°21'E	2.49	1980.7.22	198007