

暴雨洪涝预报 与风险评估

章国材 等著



Baoyu Honglao Yubao yu Fengxian Pinggu

暴雨洪涝预报与风险评估

章国材 等著

福建师范大学
图书馆
藏书印记

1001773



T1001773

 气象出版社
China Meteorological Press

内容简介

本书分为两编:上编从灾害的定义出发,首先介绍了如何进行灾害风险识别,确定产生气象灾害的临界气象条件,然后基于气象灾害的预报分析了灾害影响范围,评估受灾害影响的承灾体数量和价值量以及可能造成的损失;下编为方法实践编,介绍了有关省中小河流洪水、山洪和广州市城市内涝预报和灾害风险评估方法。

本书可供从事气象、水文、地质的科技人员和防灾减灾的有关部门参考。

图书在版编目(CIP)数据

暴雨洪涝预报与风险评估 / 章国材等著. —北京:气象出版社,2012.7
ISBN 978-7-5029-5532-8

I. ①暴… II. ①章… III. ①暴雨洪水—气象预报②暴雨洪水—
风险评价 IV. ①P426.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 153660 号

Baoyu Honglao Yubao yu Fengxian Pinggu

暴雨洪涝预报与风险评估

章国材 等著

出版发行:气象出版社

地址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总编室:010-68407112

网址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:李太宇

封面设计:博雅思企划

印刷:北京中新伟业印刷有限公司

开本:787 mm×1092 mm 1/16

字数:280 千字

版次:2012 年 8 月第 1 版

印数:1~2000 册

邮政编码:100081

发行部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印张:10.5

印次:2012 年 8 月第 1 次印刷

定价:35.00 元

序

受我国特殊的自然地理、地貌地质和气候变化影响,暴雨诱发并呈现多发、频发、重发趋势的中小河流洪水、山洪、地质灾害和城市内涝,已成为我国洪涝灾害损失的主体。据统计,全国流域面积在 200 km² 以上有防洪任务的中小河流有 9000 多条,初步查明的山洪沟约 1.98 万条,滑坡、崩塌、地面塌陷灾害隐患点约 20 万处。近年来,每年由中小河流洪水和山洪、地质灾害造成的损失约占全国洪涝灾害造成损失的 70%,伤亡人数的 80%。

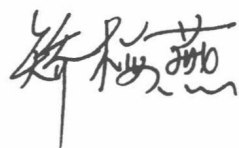
党中央、国务院高度重视中小河流治理和山洪地质灾害防治的气象保障服务工作。2010 年,国务院《关于切实加强中小河流治理和山洪地质灾害防治的若干意见》指出,气象部门要完善暴雨实时监测预报预警及信息发布系统。2011 年,国务院《关于加强地质灾害防治工作的决定》强调,加密部署气象、水文、地质灾害等专业监测设备,加强监测预报,确保及时发现险情、及时发出预警。2012 年,国家发展和改革委员会印发的《全国中小河流治理和病险水库除险加固、山洪地质灾害防御和综合治理总体规划》,对山洪地质灾害防治气象保障工程建设提出了总体要求。

为提高中小流域治理和山洪地质灾害防治气象保障服务能力,把党中央国务院对中小河流治理和山洪地质灾害防治气象保障服务工作有关要求真正落到实处,2011 年,中国气象局组织安徽、江西、福建、湖北、广东五省气象局开展了暴雨洪涝灾害风险评估业务试点。在中国气象局应急减灾与公共服务司的组织领导下,经试点技术顾问章国材研究员的精心指导和试点省气象局的共同努力,暴雨洪涝灾害风险评估业务试点取得了显著成效。在试点工作中,研究了各种实用的确定中小河流洪水、山洪、城市内涝致灾临界降水量的计算方法,引进和自主研发了洪水淹没模型,实现了实时动态模拟洪水的淹没范围和水深,初步建立了试验区基于 GIS 的承灾体数据库,开发了基于致灾临界气象条件和面向实时气象防灾减灾的气象灾害风险评估技术,建立了以 GIS 为平台的气象灾害风险评估业务系统,实现了在中小河流洪水、山洪、城市内涝不同风险等级下,对各种承灾体数量影响的评估,为中小河流洪水、山洪、城市内涝风险评估提供了系统的技术和方法,有力地推进了全国气象灾害风险评估业务快速发展。

该书系统地总结了试点工作取得的技术成果。全书分为上、下两编。上编

为理论篇，阐述了气象灾害及其风险的定义及数学表达式，对国内外风险评估模型进行了理论和实用评价；研究了致灾临界气象条件和确定方法，并根据试点成果，系统介绍了确定山洪、河流洪水、城市内涝临界（面）雨量的统计方法和水文模型方法。该书还研究了两类可以用于实时防灾减灾的气象灾害风险评估方法：一类是基于气象灾害预报和承灾体易损性的风险评估；另一类是基于气象灾害预报和历史灾损资料的风险评估。下编为方法和实践篇，介绍了在有水文资料和无水文资料情况下，确定山洪临界面雨量的不同方法；介绍了应用回归模型、聚类模型和神经网络等统计方法和水文模型确定河流雨一洪的方法，阐述了应用淹没模型进行山洪和河流洪水风险评估的技术；介绍了确定城市内涝临界雨量的统计方法和城市内涝模型方法，并给出了利用统计和内涝模型进行城市内涝风险评估的方法。本书介绍的研究成果既是开创性的，又具有很强的实用价值；既可以成为气象部门的培训教材，又是灾害风险研究者重要的参考书。

今年，中国气象局启动了暴雨诱发中小流域洪水和山洪地质灾害气象风险预警服务试验业务。此项试验业务是在综合利用去年全国暴雨洪涝风险评估业务试点以及中小河流防汛和山洪地质灾害防治精细化气象预报业务成果基础上开展的。希望该书的出版有助于推动暴雨诱发中小流域洪水和山洪地质灾害气象风险预警服务试验业务的实施，推动气象部门由灾害性天气预报向气象灾害风险评估的拓展，推动气象部门由过去只关注气象灾害的自然属性向关注气象灾害的自然属性和社会属性转变，推动气象部门的气象灾害风险管理工作。



（中国气象局副局长）

2012 年 7 月

前 言

经过几十年的建设，我国大江大河已经具有很强的防洪能力，但是中小河流洪水，特别是山洪、地质灾害每年都造成一些人员伤亡，对人民生命财产构成重大威胁。洪水和绝大多数地质灾害都是由降水引发的，为了防御这些灾害，除了进一步提高降雨预报准确率之外，开展暴雨洪涝风险评估十分重要。下多大的雨才会产生灾害？灾害对人类社会可能会产生什么影响？是否会对人的生命构成威胁？这些便是风险评估的主要内容。

由于国内外的学者对于自然灾害风险的理解和研究目的不同，造成了自然灾害风险表达式、评估模型、指标和方法各异，对风险区划亦是如此。其中不少风险表达式、评估模型和方法不能达到以上目的，不能用于防灾减灾。为了使风险评估和区划能真正用于防灾减灾工作，推动全国气象灾害风险评估和区划业务工作的开展，促使作者曾于2010年1月出版了《气象灾害风险评估与区划方法》（气象出版社，2010）。该书从识别可能出现的风险出发，研究了自然灾害风险数学表达式和能用于实时防灾减灾的气象灾害风险评估和区划方法。例如，提出了识别风险（确定致灾临界气象条件）的统计分析法、物理模型法、数值模拟法和实验模拟法等方法，研究了在致灾临界气象条件预报基础上的两种风险评估方法：基于当前承灾体脆弱性和基于历史灾损资料的风险评估方法。

2011年，国家发展和改革委员会批准的《山洪地质灾害防治气象保障工程》，对中小河流洪水、山洪、地质灾害预报和风险评估提出了很高的要求，迫切需要在《气象灾害风险评估与区划方法》的基础上细化中小河流洪水、山洪、地质灾害预报和风险评估可操作性的方法。2011年，中国气象局组织安徽、江西、福建、湖北、广东五省气象局开展了暴雨洪涝灾害风险评估业务试点，江西、福建负责山洪风险评估试点，湖北、安徽负责中小河流洪涝风险评估试点，广东负责城市内涝风险评估试点。在中国气象局应急减灾与公共服务司强有力的组织领导下，我与这些省的业务技术人员开展了卓有成效的合作，从统一思路到研发具体的方法进行了详尽的讨论，形成了一整套确定暴雨洪涝致灾临界（面）雨量和风险评估的技术和方法。尤其值得称道的是，武汉区域气候中心与中国地质大学合作，自主研发了暴雨洪涝淹没模型，为开展河流洪水、山洪和城市内涝预报和风险评估奠定了技术基础。

本书是我们共同研究的成果，分为理论编和实践编。理论编由我撰写，其中第3和第4章的很多内容是试点成果的总结。下编第5、6、8、9、10章收录了有关试点省研究成果的学术论文。贵州省气象局虽然不是中国气象局应急减灾与公共服务司的试点单位，但却是中国气象局预报与网络司“中小河流防汛和山洪地质灾害防治精细化气象预报业务”的试点单位，我们也将他们的有关研究论文收入本书第7章。

书中不妥之处请参加试点工作的同志和读者指出。在此，我对参加试点工作的同志对本书所做的贡献表示衷心的感谢，也祝愿他们在未来暴雨洪涝预报和风险评估业务中取得好成绩，为气象防灾减灾做出新贡献。

章国材
2012年5月

目 录

序 前言

上编 理论篇

1 气象灾害	(3)
1.1 自然灾害	(3)
1.2 气象灾害含义	(3)
1.3 气象灾害等级划分原则	(5)
2 自然灾害风险	(8)
2.1 自然灾害风险定义	(8)
2.2 与灾害风险有关的因素	(8)
2.3 风险分析	(11)
2.4 自然灾害风险表达式	(12)
2.5 国内外风险评估模型评述	(15)
3 致灾临界气象条件	(19)
3.1 致灾临界气象条件和确定方法	(19)
3.2 面雨量的计算方法	(20)
3.3 山洪临界面雨量的确定方法	(22)
3.4 确定河流雨—洪关系的方法	(27)
3.5 城市暴雨内涝数学模型	(30)
4 气象灾害风险评估方法	(34)
4.1 基于气象灾害预报和承灾体易损性的风险评估	(34)
4.2 应用统计模型的洪水风险评估	(36)
4.3 应用水文淹没模型的洪水风险评估	(37)
4.4 城市内涝风险评估	(40)
4.5 基于气象灾害预报和历史灾损资料的风险评估	(41)
4.6 分布函数评估法	(42)
4.7 历史情景类比法（历史相似评估法）	(44)
4.8 致灾因子与灾损相关型风险评估模型	(44)
参考文献	(45)

下编 方法和实践篇

5	福建省中小河流、山洪灾害风险评估方法	(49)
5.1	水文模型与淹没模型相结合的风险评估方法	(50)
5.2	统计方法与淹没模型相结合的风险评估方法	(56)
5.3	典型个例考察和淹没模型相结合的风险评估方法	(65)
	参考文献	(72)
6	江西省暴雨山洪灾害风险评估方法	(73)
6.1	总体思路	(73)
6.2	数据库建设	(74)
6.3	致灾临界降水量的确定	(77)
6.4	山洪灾害风险评估模型	(81)
6.5	讨论	(82)
	参考文献	(83)
7	贵州省中小河流洪水、山洪监测预警	(84)
7.1	望谟河洪水监测预警	(84)
7.2	湄江河洪水监测预警	(88)
7.3	小结	(95)
	参考文献	(95)
8	安徽省流域暴雨洪涝灾害风险评估方法	(96)
8.1	背景与目的	(96)
8.2	思路与方案	(97)
8.3	研究区与基础资料	(99)
8.4	风险评估关键技术研究及成果	(101)
8.5	小结	(114)
	参考文献	(115)
9	湖北省流域暴雨洪涝灾害风险评估方法	(116)
9.1	总体思路	(116)
9.2	咸宁淦河流域洪水溃坝模拟	(125)
9.3	漳河流域溃坝过程模拟	(128)
9.4	2010年武汉江夏特大暴雨洪涝灾害模拟	(132)
9.5	模型结果验证	(136)
9.6	小结	(138)
	附录 相关模型	(138)
	参考文献	(142)
10	城市内涝灾害风险评估方法	(143)
10.1	研究区域概况	(143)
10.2	城市内涝的成因分析	(144)

10.3	城市内涝致灾临界降水条件.....	(144)
10.4	城市积涝淹没模型.....	(147)
10.5	城市内涝预警和灾害风险评估.....	(151)
10.6	城市内涝灾害风险等级判别标准.....	(152)
10.7	城市内涝调研方法.....	(152)
10.8	广州市城市内涝灾害风险评估业务系统.....	(153)
10.9	实例.....	(154)
	参考文献.....	(155)

上编 理论篇

气象灾害风险评估是气象防灾减灾工作的重要组成部分。虽然自然灾害风险评估从20世纪30年代就开始了,也取得了一些成果,但在评估理论、模型、指标和方法上学术界并未达成完全的共识:一是将灾害与风险混为一谈;二是对风险定义、风险度的表达式和评估模型,学术界也有多种的理解。

因此,开展气象灾害风险评估业务,首先必须明确风险评估的目的。很显然,风险评估的出发点和归宿是如何减少自然灾害对人民生命财产和社会经济效益的破坏和损害。具体来说,风险评估是为了预防风险,我们需要的是能用于气象防灾减灾的风险评估方法,而不是其他方法;需要回答何种灾害在何时、何地、以何种规模发生,对某地或某区域有可能发生的风险是什么,找出引起这些风险的原因,只有这样才能对自然灾害早期预警,并提出防御措施,即提出把损失控制在最低限度的具体有效对策。

本编从灾害的定义出发,先介绍灾害风险识别方法,确定产生气象灾害的临界气象条件,然后在气象灾害预报的基础上分析灾害影响范围,评估受灾害影响的承灾体数量和价值量以及可能造成的损失。事实证明,这种思路和方法不仅能够科学回答风险的来源,而且能够用于实时气象防灾减灾。

在讨论气象灾害风险之前,有必要首先弄清楚什么是气象灾害。目前仍有不少人将气象灾害与灾害性天气混为一谈,也分不清气象灾害、次生灾害和衍生灾害。本章先从自然灾害的定义入手进行讨论。

1.1 自然灾害

自然灾害的定义有多种:

(1)自然灾害是与自然现象有关的灾害;

(2)自然灾害,指自然界中所发生的异常现象,这种异常现象给周围的生物直接造成悲剧性的后果,相对于人类社会而言即构成灾难;

(3)自然灾害是由自然危险导致的灾害;

(4)自然灾害是能够直接造成灾难性后果的任何自然事件或力量;

(5)自然灾害是指自然界中发生的、能够直接造成生命伤亡与人类社会财产损失的事件。

上述定义中的第1和第3种定义并未真正说清楚自然灾害是什么,因为这两个定义本身并未对灾害进行定义。在第3种定义中虽然增加了“自然危险”,却未对危险性进行定义,因此这两种定义不能称之为真正定义。其他三种定义虽然用词各异,但是意思是基本相同的,它们都包含两个要素:自然灾害是自然事件,这个自然事件能够直接造成生命伤亡和人类社会财产损失。第2种定义还将这种影响扩展到生物界。本书取第5种定义,即只考虑对人类社会的影响。

1.2 气象灾害含义

气象灾害是自然灾害的一种,而且是全球发生面最广、出现最频繁的自然灾害,是由气象条件引发的灾害。那么,灾害性天气与气象灾害又有什么关系呢?按照自然灾害的定义,灾害性天气显然是自然事件,因此它们符合自然灾害的第一要素的要求。另外,大多数灾害性天气都能够直接造成生命伤亡与人类社会财产损失。例如,大风都能够对一些建筑物和船舶等直接产生破坏作用,风力越大破坏力越大。冰雹会砸伤人、畜,砸坏车辆、建筑物等。浓雾、沙尘暴对交通安全造成巨大威胁,沙尘暴还对人畜、精密仪器有不利的影 响。雷击已经成为造成人员死亡的主要杀手,大雪和道路结冰造成交通堵塞,冻雨导致架空输电线结冰,架空输电线覆冰厚度超过设计标准时会造成输电线断线。霜冻对农业生产都有不利的影响,干热风使小麦产量下降,雪崩常造成登山和滑雪人员的伤亡,霾对人体健康有害等等。这些影响都是直接的,因此,气象学上定义的这些灾害性天气都应当是气象灾害。

但是,气象上定义的有些灾害性天气并非气象灾害。例如,暴雨虽然是非常重要的灾害性天气,但是暴雨并不一定会直接造成生命伤亡和人类社会财产损失,暴雨造成的灾害是通过暴雨引起的次生灾害产生的,暴雨引起的次生灾害很多,例如洪涝、地质灾害等。除此而外,24小时累积降水达到50 mm在我国南方绝大多数地方并不会造成灾害,但是在北方地质条件和生态环境差的地方,小于50 mm的降雨量也可能引发地质灾害或山洪。即使是在南方,当河流达到保证水位之后,流域面雨量小于50 mm也会引发洪水。因此,严格讲暴雨并非气象灾害。又如,气象上定义高温为日最高气温大于等于 35°C ,但它不一定产生灾害;农业上的高温灾害对不同农作物的不同生育期其温度阈值都是不一样的。低温灾害亦有同样的问题。因此,气象上定义的高温和低温都不是气象灾害。

另外,干旱不是灾害性天气,但是重要的气象灾害,它是由长期降水少引起的。干旱可分为气象干旱、农业干旱和水文干旱。气象干旱也称大气干旱,根据气象干旱等级的中华人民共和国国家标准,气象干旱是指某时段内,由于蒸发量和降水量的收支不平衡,水分支出大于水分收入而造成的水分短缺现象。气象干旱通常主要以降水的短缺作为指标。由于气象干旱并不与承灾体的脆弱性挂钩,气象干旱并非真正的气象灾害。农业干旱对不同农作物的不同生育期,其干旱指标都是不一样的,水文干旱对于不同河流也是不一样的,每种干旱的指标都很复杂,都需要进行系统的研究才能得到正确有用的结果。另外,农业气象灾害、生态气象灾害也是气象灾害,但不是灾害性天气。

总之,我们把由于气象原因能够直接造成生命伤亡与人类社会财产损失的灾害称之为狭义的气象灾害,它们是原生灾害。灾害性天气并非都是气象灾害,一些气象灾害也不是灾害性天气,不能把灾害性天气与气象灾害混为一谈。

自然灾害是在由自然系统和人类社会系统组合成的高度复杂系统中发现的现象,所以,一种自然事件或力量常常会导致另一种自然事件或力量的出现。当一种自然事件导致另一种自然灾害事件出现时,我们将后一种自然灾害称之为次生灾害。

由气象原因引发的次生灾害有地质灾害,江河洪水、山洪、城市暴发性洪水、积(渍)涝,海浪和风暴潮等海洋灾害,森林和草原火灾,空气污染,农林病虫害等。这些灾害由于与气象条件关系十分密切,离开致灾气象条件的分析和研究,不可能得到这些灾害的风险,因此,我们把由气象原因引发的次生灾害称为广义的气象灾害,也应当成为气象灾害风险评估业务的内容。

衍生灾害既不是原生的,也不是次生的,而是通过灾害链的传递产生的灾害。例如地震诱发的崩塌、滑坡、海啸是次生灾害。但是地震发生后,如果处置不当,灾区还可能出现瘟疫、饥饿、社会动乱、人群心理创伤等社会性灾害,它们不是次生灾害而是衍生灾害。衍生灾害暂时不宜列入气象灾害风险评估业务的内容。

自然灾害按其属性又可以分为突发性灾害和缓变性灾害。突发性灾害有火山爆发、地震、滑坡、泥石流、风灾、雹灾、洪水等,缓变性灾害有干旱、土壤侵蚀、地面沉降、荒漠化、岩漠化、海平面上升等。缓变灾害发展至一定危险度后又可诱发突发性灾害,例如二氧化碳等温室气体增加引起的气候变暖,当二氧化碳等温室气体的浓度积累到某个临界浓度后,可能引起气候态的突变,从而造成自然灾害的强度和分布发生重大变化。

1.3 气象灾害等级划分原则

气象上对灾害性天气等级的划分完全是为了观测和预报的需要,这些等级并不与实际发生的气象灾害的等级有任何联系。前面已经指出暴雨的等级与灾害是否发生无关。又如雾的等级划分也存在同样的问题,在高速公路上,能见度小于 200 m 时汽车必须限速,能见度小于等于 50 m 高速公路关闭。但是,在以前的气象观测规范中却没有能见度为 50 m 这个等级,造成能见度观测历史资料欠缺能见度为 50 m 这个重要的资料,给雾的风险区划带来困难;好在安装了能见度自动观测仪的地方,可以得到各种能见度的观测资料,为雾的预报和风险评估奠定了基础。

更为重要的是,自然灾害是自然力超出人类社会(承灾体)承载力时发生的事件,因为不同承灾体的易损性是不同的,因此,对于不同的承灾体,致灾的自然力的阈值是不同的。就气象灾害而言,对于不同的承灾体,致灾的临界气象条件是不同的。因此,不宜把灾害性天气等级作为气象灾害等级的划分标准。那么应当如何划分气象灾害的等级?划分气象灾害等级的原则是什么呢?划分气象灾害等级只有一个原则:致灾原则。即根据可能发生的灾害的严重程度划分灾害的等级。对于气象灾害而言,即出现某个等级的气象条件便会出现这个等级的灾害。

例如风力的分级应当根据船、车、房屋可以承受的风力来确定,浪的等级应当根据船舶和防浪堤的防风浪能力进行划分,能见度等级应当根据内河航运和高速公路管理的需要来确定等级,农业气象灾害等级应当根据对农作物的损害程度来确定。还有一些对人工工程造成损害的气象灾害,应当根据工程设计标准去研究致灾临界气象条件,并将得到的致灾临界气象条件作为气象灾害的标准,例如电线覆冰的等级划分应当根据电力部门的设计标准确定,雪压的分级应当根据设施农业的设计标准来确定等等。这样划分的好处是气象灾害的等级与气象灾害预报的等级和风险评估紧密挂钩,当预报某等级气象条件出现时,就可能出现某种灾害。例如,预报最低气温低于 $-7^{\circ}\text{C}/-9^{\circ}\text{C}/-11^{\circ}\text{C}$ 时,柑橘就可能出现轻度/中度/重度冻害,这便将天气预报转化为灾害预报了。

对于山洪灾害,可以山洪的影响程度划分山洪的等级,例如,可以粗略地将山洪划分为三个等级:洪水漫出山洪沟为低风险等级、淹没农田为中风险等级、淹没村镇为高风险等级。城市积涝应当根据积涝对交通、商业和住宅、车库等不同承灾体的影响程度划分等级(见下面(3))。水文部门对流域洪水是按照水位高低和流量大小来划分洪水等级的,但是,只要没有溃堤,即使水位达到保证水位也不会产生灾害,我们要做的工作实际上是洪水漫堤的预报和风险评估;洪水未漫堤而垮坝具有很大的不确定性,只能通过监测管涌等隐患来做决口的临近和短时预报,此时的风险评估则是根据缺口时的流量模拟洪水淹没的范围和水深。

以灾损程度划分自然灾害等级是一种常用的方法,应急预案中灾害等级的划分便是这种思路。以灾损资料划分灾害等级的最大问题是灾损资料时间序列不是平稳马尔科夫过程。这是容易理解的,我国改革开放 30 年来,经济快速发展,同样强度的自然灾害造成的经济损失绝对值大大增加了,同时防灾抗灾能力也大大增强了,因此,以经济损失划分灾害等级必须进行有关的订正。

下面我们举几个气象灾害等级划分的例子。

(1)能见度灾害等级划分

表 1.1 能见度灾害等级

能见度灾害等级	I 级	II 级	III 级	IV
能见度/m	201~500	101~200	51~100	≤50
影响和措施	车辆时速不要超过 80 km, 跟车距离在 150 m 以上;对港区船舶和进出船舶有影响;客轮停航	车辆时速不超过 60 km, 跟车距离要在 100 m 以上;船舶停止进出港口	车辆时速不能超过 40 km,跟车距离 50 m 以上	高速公路封闭

(2)风灾等级划分

根据山东省人民政府 1990 年发布的“山东省海洋渔业安全生产管理规定”和中华人民共和国江苏海事局 2002 年发布的“水上防风管理规定(试行)”,风灾等级规定如下:

表 1.2 水上风灾等级

风灾等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	其他
风力/级	5	6	7	8	调查确定
影响和措施	挂机渔船和木帆渔船不得出海	60 马力以下渔业船舶不得出海;内河:抗风能力小于 6 级的船舶(队)应及早选择安全地段避风	400 马力以下渔业船舶不得出海;内河:小型船舶(队)停止航行,进入夹江、河口、港池避风;禁止小型船舶(队)出闸入江	所有渔业船舶均不得出海;内河:除担任巡逻、抢险或经主管机关特许的船舶可以航行外,其他船舶一律停航	依房屋、设施农业、广告牌、临时搭建物实际防风能力而定

表 1.2 中水上风力等级虽然与气象观测规范相同,但是因为它与不同马力的船舶(承灾体)的防风能力联系起来了,赋予了它新的含义,便成为水上风灾等级了。

(3)城市内涝等级划分

根据内涝对交通等承灾体的影响,将城市积涝按积水深度分为三个等级。

表 1.3 城市积涝等级标准

承灾体	城市内涝等级	低风险	中风险	高风险
交通要道	积水深度	5~20 cm	20~60 cm	>60 cm
	灾害影响	机动车尚可行使,但行车缓慢,影响道路交通畅通	交通部分阻断,小车无法通行	交通完全阻断
商业、居民社区	积水深度	5~20 cm	20~60 cm	>60 cm
	灾害影响	影响居民生活,可能造成财产损失	影响居民生活,造成部分财产损失	严重影响居民生活,造成较严重财产损失
地上、地下车库	积水深度	5~25 cm	25~60 cm	>60 cm
	灾害影响	对部分排气管较低车型可能影响	水浸超过排气管高度,对发动机可能有影响,车厢内可能进水	水浸高度超过进气口,发动机进水,车厢浸泡

(4)温州密橘冻害等级划分

根据日最低气温对温州密橘的伤害程度划分其冻害等级。

表 1.4 温州密橘冻害等级

冻害等级	轻度	中度	重度
日最低气温 $T_{\min}$ / $^{\circ}\text{C}$	$-9 < T_{\min} \leq -7$	$-11 < T_{\min} \leq -9$	$T_{\min} \leq -11$
影响	出现枝条因冻干枯	枝条因冻严重干枯	植株因冻死亡