

《广州城镇内涝气象风险等级划分标准》 编制说明

一、项目的目的和意义

城市内涝是指由于短历时强降水或连续性较强降水超过城市排水能力致使城市内产生积水灾害的现象。近年来，由于气候变暖及城市快速发展导致的热岛效应、雨岛效应，使得广州市突发性、局地性、高强度的强降水事件呈现明显的增多增强趋势，加上城市扩张导致的蓄水面率下降、地面硬化导致的径流系数升高、城市排水管网设施落后等因素，致使广州城市内涝灾害发生的频率、强度日益加剧。另一方面，城市由于人口和产业高度密集，使得城市内涝灾害具有明显的连锁性和放大性特点，常常造成交通拥堵、车辆被淹、房屋进水、商铺受浸、人员被困以及水利电力通讯设施被毁等。2010“5.7”特大暴雨过程中广州 35 个停车场、1400 多台车辆被淹，经济损失达 1.7 亿元。2014 年白云区棠乐路京广铁路涵洞水浸，一辆小车误入致车上 7 人死亡。2018“6.8”特大暴雨过程中广州出现大范围内涝，34 条道路严重水浸，多处路段交通断流，白云区一名学生在涉水时触电死亡。2020“5.22”特大暴雨过程中，开源大道隧道 2 人溺亡，地铁十三号线被淹停运。暴雨内涝已经成为影响广州城市运行、安全生产最主要灾害之一，涵隧立交、地铁、道路、内巷小区成为内涝重灾区。

为科学应对城市内涝灾害，广州市采取了一系列措施，包括：进行海绵城市试点建设，通过生态修复增加透水层，从源头减少雨水径流量；启动深层排水隧道建设，加强城市雨洪调蓄能力；逐步改造排水管网，加大内涝黑点整治力度，提高城市排水能力等等。这一系列举措取得了一定成效，但是由于这些工程耗资巨大、耗时长久，难以大范围展开，内涝灾害仍然层出不穷。因此，在未来很长一段时间内，城市内涝防治除了强调“治”之外，应更多侧重“防”，体现为防灾和应急模式从被动反应向主动引导的方向转变。2021 年，广州市先后出台《广州市自然灾害防治能力建设行动实施方案》、《关于以碧道建设为引领全面加强我

市防洪排涝基础能力建设的实施意见》、《广州城市水浸点、涵洞、隧道内涝风险区域划定和治理工作方案》、《广州市防汛防旱防风总指挥部关于印发广州市地铁防洪排涝应急联动工作方案的通知》等文件，要求气象部门基于降水预报开展内涝气象风险预警研究，优化水浸点、涵洞、隧道、地铁等内涝易涝点气象风险评估能力，推进易涝点潜在气象风险预警系统建设。

要开展内涝气象风险预警评估研究，首先得明确什么内涝气象风险？怎么划分等级？内涝气象风险意为特定气象条件下内涝灾害出现的可能性及影响大小，风险等级越高，代表内涝灾害出现的可能性越大、影响越重。内涝气象风险等级的划分应遵循因地制宜的原则，依据每个城市的降雨特征及内涝致灾机理来制定。同时，标准还应注重实效，明确不同风险等级对应的内涝灾害发生可能性和影响情况，为政府决策部门、相关行业、社会公众抢险避险提供有效参考。然而，目前我市及国内外尚无明确的内涝气象风险等级划分标准。为规范内涝气象风险预警业务，提升内涝气象风险预警水平，急需制定一个符合广州实际的《广州城镇内涝气象风险等级划分标准》，这对于气象部门发挥早期预警优势，助力广州内涝防御工作从“事中、事后”处置向“事前”风险管理转变具有重要意义。

本标准制定的目的就是要从强降水这一触发内涝灾害的关键气象条件出发，结合广州内涝致灾机理，回答不同降雨强度下各类型易涝点内涝灾害出现的可能性及影响程度问题，应用于内涝易涝点气象风险预警预报服务。

二、工作情况介绍

1. 前期调研

2021年7月，为落实市里关于开展内涝气象风险预警研究的相关工作部署，广州市气象局制定《广州市城市内涝气象风险评估预警工作实施方案》（穗气[2021]119号），要求广州市气象台制定内涝气象风险等级标准。

2021年8-10月，广州市气象台从易涝点内涝灾害易发程度和致灾降雨等级两个方面初步制定了内涝气象风险等级标准。

2021年11月，广州市气象局向广州市规划和自然资源局、广州市水务局、广州市交通运输局发送《广州城市内涝气象风险等级划分标准（征求意见稿）》征集意见，根据地铁、水务等部门的反馈意见对标准进行修改。11月23日，广州市气象局组织召开标准专家论证会，广东省气象局、广州市城市规划勘测设计

研究院、广州市城市排水监测站、广州市交通运输局相关专家与会。专家组认为标准有很好的政策支持并进行了前期调研和意见征集，采用的技术路线可行，算法合理，为广州内涝防御工作从“事中、事后”处置向“事前”风险管理转变提供了技术支撑，一致同意标准通过论证。

2021年12月至2022年1月，广州市气象台联合广州市城市规划勘测设计研究院，按照专家提出的意见修改和完善标准。24日，标准修改稿再次发送市规划和自然资源局、交通运输局、水务局、应急管理局征集意见，并根据反馈意见对标准再次进行修改完善，形成标准初稿。

2022年2月，广州市气象局与广州市规划和自然资源局、广州市交通运输局、广州市水务局、广州市应急管理局联合印发了《广州城镇内涝气象风险等级划分标准（试行）》（穗气[2022]37号）。

2. 项目申报立项

2022年3月，委托标准化研究院开展标准技术查新，起草申报稿，进行广州市地方标准立项申请。

2022年7月12日，收到广州市市场监督管理局下达2022年第一批广州市地方标准制修订计划项目的通知，《城镇内涝气象风险等级划分标准》获批立项。

3. 成立工作小组

2022年8月，成立了由广州市气象台为主，广州市城市规划勘测设计研究院、广州市标准化研究院参与的标准起草工作小组，明确目标任务，确定编写技术方案与分工，制定工作进度计划。

4. 研究编制工作

2022年9月至2023年10月，项目工作组通过实例验证研究，评估标准初稿的合理性并进行修改，形成了征求意见稿和标准编制说明。

2023年11月至2023年12月，标准编制单位发函向57家相关行业主管部门、科研院校、企事业单位征集意见，收到8个单位回函，其中回函并提出意见的单位3个。

2024年1月，针对收集到的7条意见，对标准进行修订，形成新版征集

意见稿。

三、项目涉及技术在广州市的基本情况

《广州市气象灾害防御规定》第12条指出，针对气象因素可能引发的城市积涝等灾害，气象应当会同水务部门开发影响预报和风险预警产品，引导社会公众科学防御。目前，市水务部门出台了《广州市城镇内涝等级划分标准（2022版）》，但没有与城镇内涝等级相对应的气象风险等级划分标准，不利于气象部门在内涝灾害防治中发挥早期预警优势，无法实现有效的部门联动和公众避险指引。

四、广州市地方标准起草过程中的编制原则和主要内容的确定论据

1. 编制原则

本标准遵循“协调性、统一性、适用性、科学性及规范性”的原则，严格按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求进行编写。

协调性原则：本标准在引用其它国家规范和行业规范的过程中，注意相同技术指标间的协调性，避免发生技术冲突。

统一性原则：标准制定尽量与相关行业的技术规范保持统一。

适用性原则：标准说明了不同内涝气象风险等级对应的内涝灾害发生可能性和影响情况，编写了相应的防御指引，适用于广州城镇主次干道、涵隧立交、内巷小区、地铁站口部等内涝易涝点气象风险预警预报服务。

科学性原则：标准依据广州市的降雨特征及内涝致灾机理来制定，有充分的数据支撑和实例验证。

本标准严格按照《广州市公共服务类地方标准管理办法》的规定进行制定。项目预研、标准起草、意见征求和申报评审本着公开公正、遵循上级要求和协调一致的原则展开。

2. 主要内容的确定论据

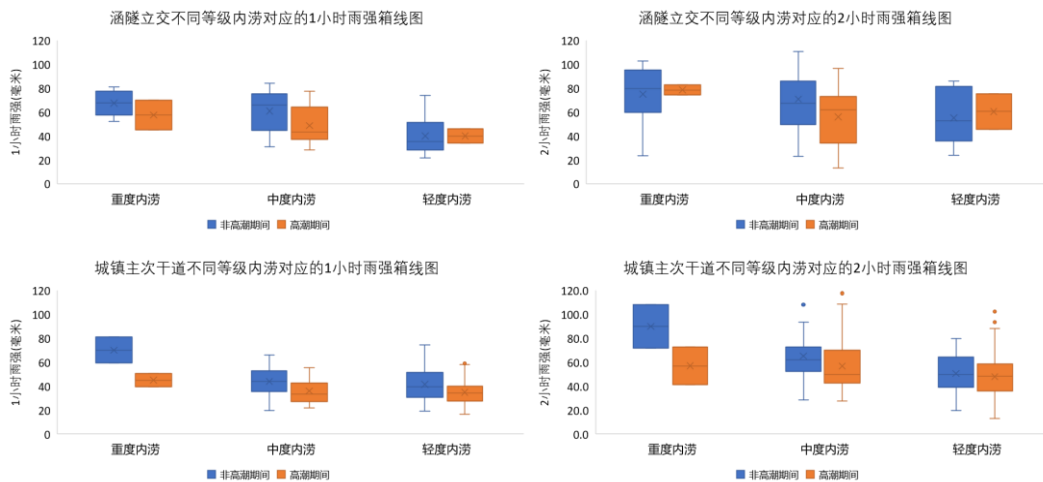
1) 城镇内涝等级划分

内涝灾害损失程度与淹没水深、淹没时间、淹没范围有关，不同类型区域，内涝灾害造成的影响也不同。因此，标准依据《广州市城镇内涝等级划分标准

(2022 版)》，选取积水深度、最大允许退水时间、积水范围作为内涝等级划分指标，将城镇主次干道、涵隧立交、居住区和工商业区（含街坊）、地铁出入口内涝等级划分为重度内涝、中度内涝、轻度内涝三级。其中，积水深度为第一影响因子，第二影响因子为最大允许退水时间，最后考虑积水范围，积水深度满足条件后若最大允许退水时间或积水范围不满足条件则相应降低一个等级。

2) 内涝降雨等级划分

为研究内涝等级与降雨强度的关系，根据水务部门提供的 2017-2021 内涝个例信息（含时间、位置、积水深度、积水面积、积水时间等）计算了个例的内涝等级，同时基于气象观测站降水监测数据计算了内涝发生时易涝点周边 3km 范围内的最大 1 小时雨强、2 小时雨强、3 小时雨强、4 小时雨强、5 小时雨强、6 小时雨强。统计表明，内涝发生时平均有 60% 的过程雨量集中在 1 小时内，80% 的过程雨量集中在 2 小时内，即内涝与两个小时内的短历时强降水密切相关，因此标准选取 1 小时雨强和 2 小时雨强作为表征内涝降雨等级的气象指标。另一方面，由于广州珠江水系为感潮水系，高潮位会对内河涌形成顶托，影响排涝能力，进而对内涝的形成和严重程度产生重要影响，标准在统计内涝个例降雨情况时分为高潮期（含天文大潮和风暴潮影响时段）和非高潮期两类。图 1 为各类型易涝点不同内涝等级对应的 1 小时雨强和 2 小时雨强箱线图，将图中 25% 百分位对应的雨量值作为不同内涝等级的最低降雨阈值，由此划分内涝降雨等级。降雨等级 1 对应重度内涝、降雨等级 2 对应中度内涝、降雨等级 3 对应轻度内涝。由于同样等级内涝在高潮期间对应的雨强明显小于非高潮期间，因此内涝降雨等级划分也分为高潮期和非高潮期两种情况。



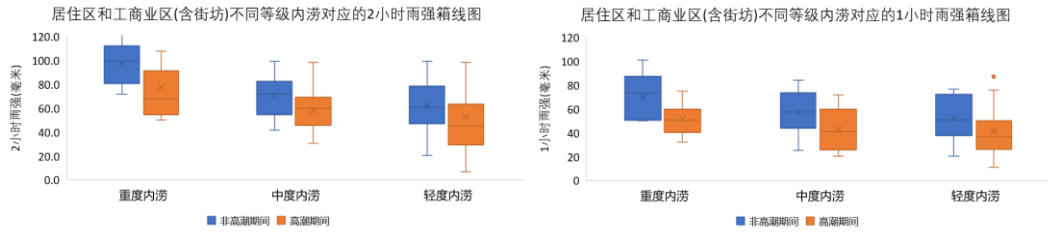


图1 各类型易涝点不同内涝等级对应的1小时雨强、2小时雨强箱线图

3) 潜在内涝风险等级划分

个例分析时发现，个别个例降雨强度很大却只出现一般积水或轻度内涝，降雨强度较小却出现重度内涝，表明除降雨强度外，易涝点周边孕灾环境也对内涝有重要影响。通过对全市近三年曾经发生内涝地点的成因调查和复核，发现导致内涝的主要有下垫面、雨洪滞蓄空间、地面高程、防洪排涝系统、施工破坏排水设施和维护管理等方面原因。其中，下垫面透水性能减弱、雨洪滞蓄空间少、地面低洼的地区，在超标降雨中极易受灾。因此，本标准重点将下垫面和地面低洼作为主要风险因子识别潜在内涝风险。具体做法是：采用遥感技术识别全市不透水地面；基于高分辨率数字高程和地理信息系统水利分析模型，采用最大坡降法识别地面洼地；叠加不透水地面和地面洼地两类主要影响因子，综合计算易涝点孕灾环境风险指数（F），划分出五类潜在内涝风险区域。

4) 内涝易发等级划分

对比易涝点潜在内涝风险等级计算结果和实际内涝情况，发现一些高风险点实际只出现过轻度内涝，一些低风险点也曾出现重度内涝。说明影响内涝的因素错综复杂，难以全面掌握真实情况。因此，标准根据易涝点实际出现的最严重内涝等级，采用就高原则对潜在内涝风险等级进行修订，最终得到易涝点内涝易发等级。

5) 内涝气象风险等级划分

标准采用风险矩阵法，基于内涝降雨等级和内涝易发等级计算内涝气象风险指数，并根据风险指数设计了多个等级划分方案，最终通过历史内涝个例的验证将内涝气象风险等级由高到低划分为三级：一级（高风险，内涝气象风险指数分值6-9，对应重度内涝）、二级（中风险，内涝气象风险指数分值3-4，对应中度内涝）、三级（低风险，内涝气象风险指数分值1-2，对应轻度内涝）（详见标准表8、表9）。

6) 标准检验及应用情况

依据标准回算了 2017-2021 年 754 个内涝个例的内涝气象风险等级，并与实况内涝等级进行对比检验，其中 55.2%的内涝个例评估的内涝气象风险等级与实况内涝等级一致，41.2%的内涝个例评估的内涝气象风险等级与实况内涝等级误差 1 级，即 96.4%的内涝个例评估的内涝气象风险等级与实况内涝等级误差在 1 级以内。

依据标准，结合降水实况及未来 2 小时降水预报，广州市气象台针对全市易涝积水点研发了内涝气象风险预警模型，并自 2023 年 3 月开始开展了“灾前预估、灾中预警、灾后检验”的内涝气象风险预报预警服务：灾前，向相关部门发布《广州内涝气象风险影响专报》，提示未来 24 小时街镇、排涝片区、易涝点内涝气象风险预估信息；灾中，通过“广州城市气象影响服务网”，面向联动部门和社会公众发布未来 3 小时易涝点内涝气象风险预警信息；灾后，针对水务部门提供的积涝实况开展检验，制作检验报告。检验表明内涝气象风险预警提前量 0.5-2 小时，预警等级与实况相比 2/3 的点误差在 1 级以内，基本无漏报过程，但存在一些空报。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准、行业标准、广东省地方标准及广州市地方标准的关系

经检索，目前尚不存在与本标准的名称、内容相近或相同现行有效的国家标准、行业标准、广东省地方标准和广州市地方标准。标准与现行法律法规、强制性标准等上位标准无冲突。

六、重大分歧意见的处理经过、结果和依据

本标准在起草过程中暂未出现重大意见分歧。

七、贯彻广州市地方标准的要求和措施建议

标准依据中国国家标准《标准化工作导则—第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》(GB/T 1.1-2020) 规则起草，广泛征求行业部门和社会意见，认真修改。如标准获批实施，由广州市气象局负责向下级单位和相关行业部门宣贯，同时加强与媒体沟通，将标准的推行使用情况及时快捷地进行报道宣传。另外，将基于标准向政府部门和社会公众提供内涝气象风险预警产品，切实为内涝灾害防治工作提供气象支撑，让该标准真正具有生命力。

八、其他应予说明的事项

暂无。