

## 暴雨如何冲击城市

——来自极端降水与城投债信用利差的证据

纪洋 吴思思 熊鹏翀\*

**摘要:** 全球变暖背景下,极端气候事件频发,对城市治理与风险防范提出了新的挑战。基于各地级市城投债日度数据,本文检验了 2012—2020 年间极端降水对城市经济风险的冲击。研究发现,极端降水事件会增加城投债的发行信用利差,这体现了金融市场对当地经济风险上升的预期。在地方财政金融能力更强、应急管理能力更强、排水防涝设施更好的地区,极端降水产生的冲击有所缓解。本研究为应对气候风险与完善城市治理提供了新视角。

**关键词:** 极端降水;城市治理;城投债

**DOI:** 10.13821/j.cnki.ceq.2025.02.15

### 一、引言

全球变暖的背景下,极端天气事件频繁发生。在诸多气候风险中,极端降水是最为严重、对我国城市经济建设影响最大的风险之一。<sup>①</sup> 当前,气候变化导致极端降水事件增多趋强,威胁人民生命财产安全,这对于经济发展和金融稳定的影响不容忽视(中国人民银行研究局课题组,2020;Bolton et al., 2020)。

尽管极端降水事件获得了媒体的广泛关注,但相关报道仅仅针对个别事件。比如,2024 年 5 月,广西南宁市遭遇罕见大暴雨,导致城区多路段出现内涝、交通中断;2023 年 7 月,受台风“杜苏芮”影响,北京市遭遇特大暴雨灾害,城市内涝严重,导致约 8.2 万人被转移<sup>②</sup>;2022 年 7 月,河南郑州发生“7·20”特大暴雨灾害,郑州段京广铁路路基下沉<sup>③</sup>,南水北调工程中线常庄水库出现管涌险情,估算直接经济损失达 1 200.6 亿元<sup>④</sup>。关于我

\* 纪洋,中山大学商学院、中山大学·深圳创新创业与科技金融研究中心;吴思思,云南省昭通市人民政府办公室;熊鹏翀,厦门大学经济学院、香港城市大学商学院。通信作者及地址:熊鹏翀,福建省厦门市思明区思明南路 422 号厦门大学经济学院,361005;电话:15710668692;E-mail: pengchong.xiong@my.cityu.edu.hk。作者感谢蒙莉娜、张欣、刘朔(LIU Will)、王鹏、王敏、雷震、Karen Fisher-Vanden 和匿名审稿专家的建设性意见,以及深圳市哲学社会科学 2024 年度项目(SZ2024B018)、中央高校基本业务费(交叉学科培育项目 24WKJC08)和国家自然科学基金面上项目(72073113)的支持。陈颖妍和陈书怡为本文提供了助研工作。文责自负。

① “气候变化和极端天气的影响重创亚洲”,<https://wmo.int/zh-hans/news/media-centre/qihoubianhuahejiduntianqideyingxiangzhongchuangyazhou>, 访问时间:2025 年 3 月 2 日。

② “北京遭遇历史罕见特大暴雨 转移群众 8.2 万余人”,[http://www.news.cn/2023-08/09/c\\_1129794113.htm](http://www.news.cn/2023-08/09/c_1129794113.htm), 访问时间:2025 年 3 月 1 日。

③ “暴雨致郑州京广铁路受损! 轨道路基下沉,正在紧急抢修”,<http://m.news.cctv.com/2021/07/22/ARTIGC21QdvicbRASJb2sKv0210722.shtml>, 访问时间:2025 年 3 月 1 日。

④ “河南郑州‘7·20’特大暴雨灾害调查报告公布”,[https://www.gov.cn/xinwen/2022-01/21/content\\_5669723.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2022-01/21/content_5669723.htm), 访问时间:2025 年 3 月 1 日。

国近年来极端降水事件造成的严峻考验,仍有若干问题有待于系统分析。极端降水是否冲击了城市经济、增加了风险?金融市场是否有相应反应?在定性判断中,是否有数据提供相应证据?在定量分析中,该冲击能达到何种程度?相应的实证分析面临着客观的现实挑战:极端降水具有即时性,特大暴雨的持续时间较短,通常需要与日度数据进行匹配分析,而传统的城市统计年鉴数据以年度为主,无法在高频维度上满足研究需求。因此,为分析极端降水对城市经济、风险的影响,本文将聚焦于城投债市场。

城投债又被称为准市政债,其募集资金多投向于城市基础设施建设,是地方政府债务的重要组成部分(汪莉和陈诗一,2015;罗荣华和刘劲劲,2016;牛霖琳等,2016)。要考察极端降水冲击对当地经济的影响,城投债提供了一个较为理想的分析场景,因为城投债的偿付资金受到当地经济状况的直接影响。参照 Goldsmith-Pinkham et al.(2023)<sup>①</sup>,城投债的利率(也即减去国债利率后的信用利差)反映了违约风险的大小,即当地政府和融资平台能够偿还债务的可能性。城投债所募集的资金多投向市政基础设施建设,担保来源以地方财政为基础,难以在极端降水事件发生时进行迅速转移,具有本地属性。因此,城投债信用利差的变化可以体现当地经济所受到的整体影响,既包括极端降水所导致的直接财产受损,也包括间接的经济活动受阻与税收损失。更关键的是,相比于城市统计年鉴,城投债具有丰富的日度高频信息,能够较好地与极端降水的日度数据相匹配,从而及时地呈现极端降水如何影响市场对城市经济风险的预期。

以郑州市“7·20”特大暴雨事件为例<sup>②</sup>,图1展示了该事件前后的降水量与当地城投债发行市场的信用利差。郑州市于2022年7月20日前后发生了极端降水,随着人员伤亡与经济损失的逐步确认,城投债发行信用利差持续上升,反映了市场对当地经济风险的担忧,因此要求更高的风险溢价作为补偿。在8月初,信用利差仍高于历史水平,但之后逐渐趋于平缓。对比可见,发生极端降水事件之后,城市风险升高,而城投债信用利差同时急剧上升。

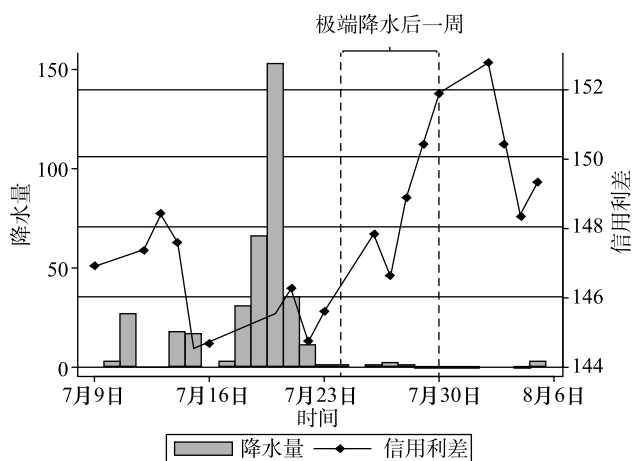


图1 郑州“7·20”特大暴雨事件

① 具体参见 Goldsmith-Pinkham et al. (2023) 的 4.1 部分 Structural model of municipal credit risk。

② 2022年1月国务院灾害调查组发布的《河南郑州“7·20”特大暴雨灾害调查报告》中,共41处提及“风险”二字,强调郑州“7·20”特大暴雨对当地造成了重大风险,致使重大人员伤亡和财产损失。

本文选取2012年至2020年各地级市和省会城市发行的城投债为样本,检验极端降水频次和强度对城投债信用风险的影响。研究发现:第一,在城投债发行日前7天内发生的极端降水事件频次越高,极端降水量越大,城投债的发行信用利差越大,这意味着极端降水会显著增加城投债的信用风险。第二,暴雨对城市的冲击程度受到地方财政、金融市场、城市治理三方面的影响:在地方政府财政兜底能力更强、融资平台盈利情况更好的地区,或在金融发展水平较高、投资者关注度较低的情况下,或是城市应急管理能力强、排水防涝设施更完善的地区,该冲击有所缓解。

本文的贡献主要体现在以下三个方面:第一,关于气候风险与城市治理问题,现有研究主要聚焦于环境污染、环保政策与城市环境(邓辉等,2021;潘郭钦等,2023;王欢欢等,2023),以年度数据的分析为主,对于极端气候的关注较少。本文则重点考虑极端气候,并讨论了当地水利设施建设情况在应对极端气候事件冲击时发挥的作用,为应对气候风险、提高城市治理水平提供经验证据。第二,对于气候风险,现有研究主要讨论了其对经济增长、企业经营、商业银行信用风险、房地产价值等方面的影响(Garmaise and Moskowitz, 2009; Ortega and Taspinar, 2018; Hong et al., 2019; Engle et al., 2020; Choi et al., 2020; 刘波等,2021;潘敏等,2022),鲜有文献探究极端气候事件对中国城市经济、风险的影响。在全球变暖的背景下,极端天气越加频发,理解本地经济所受影响、分析应对策略,是应对气候变化、实现双碳目标的重要基础。本文的分析表明,长期来看,提高城市对突发自然灾害的处置能力,能有效降低极端降水的冲击。本文结论为促进城市发展、防范城市风险提供相应策略。第三,关于影响城投债发行信用利差的因素,现有研究多从经济环境、土地财政、政府担保、官员更替等因素展开讨论(罗党论和余国满,2015;汪莉和陈诗一,2015;钟辉勇等,2016;罗荣华和刘劲劲,2016;张莉等,2018;朱莹和王健,2018;刘晓蕾等,2021)。本文从气候风险角度出发,考虑极端降水事件对城投债发行成本的影响,丰富了城投债定价机制的研究。化解地方政府债务风险是防范系统性金融风险的重要一环,本文以城投债溢价信息为切入点,评估极端降水事件对城投债信用风险的影响,为厘清气候风险与地方债务风险的关系提供了新的视角。

## 二、理论分析与研究假说

极端降水可能对地方政府的财政状况产生显著冲击:为了应对极端降水事件可能引发的灾害,地方政府需要提前采取多种措施,例如加强给排水、堤坝、通信、交通等基础设施的建设,以提高城市洪涝防御能力。在极端降水事件发生后,地方政府还需要承担极端降水事件给各部门带来的直接经济损失,例如公共基础设施恢复、受灾房屋修缮及河道治理修复等灾后重建工作。这都将提高地方政府的财政压力,并对地方政府的现金流及担保能力产生负面冲击(韩鹏飞和胡奕明,2015;罗荣华和刘劲劲,2016)。而地方政府的财政状况与担保能力对于城投债的信用风险具有显著影响(韩鹏飞和胡奕明,2015;汪莉和陈诗一,2015;罗荣华和刘劲劲,2016;钟辉勇等,2016;钟宁桦等,2021)。由此,本文提出待检验假说1:

**研究假说1** 极端降水事件会增加城投债的信用风险,表现为城投债发行信用利差提高。

城投债具有市政债与企业债的双重属性,其信用风险与地方政府的经济财政状况密切相关,也受到地方融资平台的财务能力的影响(曹婧,2023)。地方政府防范风险的能力(某种程度上与健康的财政相关)是提高城市韧性的重要保障,地方政府较强的财政兜底能力可以缓解极端降水带来的风险冲击。同时,当地方政府融资平台具有较高盈利水平时,其对发行债券的信用有更强的保障,能够相应缓解极端降水事件的冲击。基于此,本文提出待检验假说2:

**研究假说2** 地方财政兜底能力越强、地方政府融资平台盈利水平越高,则极端降水事件对城投债信用风险的影响越小。

城投债也是我国债券市场的重要组成部分,金融市场因素与投资者因素也会对其产生重要影响。在金融发展水平更高的地区,信息不对称对融资过程造成的阻碍更小,有利于提高地区资本可得性(Claessens and Laeven, 2003),城投债在受到极端降水冲击后将会有更为完善的市场条件和金融资源来对冲风险(吴文锋和胡悦,2022)。同时,投资者的关注度是金融市场波动的重要因素(Da et al., 2011; Hirshleifer et al., 2012; Lou, 2014; Andrei and Hasler, 2015)。比如,Choi et al.(2020)研究发现,当所在地的气温异常变高时,以谷歌搜索指数衡量的人们对于气候的关注度会增加,散户投资者会在这种天气下抛售碳密集型公司的股票,导致碳密集型公司的股票在异常高温的天气中表现不佳。与此类似,在极端降水发生时,投资者对气候风险事件的关注度可能会提高,并因此导致城投债信用风险有更为显著的变化。基于此,本文提出待检验假说3:

**研究假说3** 区域金融发展水平越高、投资者对极端降水的关注度越低,则极端降水事件对城投债信用风险的影响越小。

除了地方财政因素与金融市场因素,城市对极端降水事件的较高治理、应对能力也能够缓解极端降水的冲击。一方面,具有高效应急管理能力的地方政府能够在极端降水事件发生后迅速启动响应机制,实现资源高效调配、促进灾后恢复重建,最大限度地减轻人员伤亡、经济损失和社会影响。另一方面,在排水防涝等治水能力更为完善的地区,城市排水、防涝、防洪和防灾减灾能力较高,城投债受到的冲击应有所缓解。自新中国成立以来,国家围绕蓄洪、防洪、供水、灌溉等方面,除害兴利,开展了大规模的水利基础设施建设,修复城市水生态、涵养水资源,增强城市防涝能力。截至2020年年底,全国的水库数从新中国成立前的1200多座增加到了9.81万座,总库容从约200亿立方米增加到8983亿立方米,并修建了三峡工程、小浪底水利枢纽等大型水利设施。<sup>①</sup>同时,自2015年起,国家积极推进海绵城市建设<sup>②</sup>,旨在将城市建设成为具有吸水、蓄水、净水和释水功能的海绵体,提高城市防洪排涝减灾能力、改善城市生态环境,预期可有效缓解极端降水带来的负面冲击。基于此,本文提出待检验假说4:

① 资料来源:[https://www.gov.cn/xinwen/2021-09/10/content\\_5636553.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2021-09/10/content_5636553.htm),访问时间:2025年3月1日。

② 《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》,[https://www.gov.cn/zhengce/content/2015-10/16/content\\_10228.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2015-10/16/content_10228.htm),访问时间:2025年3月1日。

**研究假说4** 城投债所属城市的应急管理能力和排水防涝能力越强,地区水利基础设施建设越完善,则城投债信用风险受到极端降水的影响越小。

### 三、实证设计

#### (一) 样本选择与数据来源

本文的城投债样本来自 Wind 数据库,时间区间为 2012—2020 年。由于区县和县级市政府数据存在大量缺失,且极端降水的影响范围往往超越特定的区县,本文在基准回归中主要考虑地级市和省会城市发行的城投债。在剔除了跨市场交易造成的债券重复样本、剔除样本期内控制变量存在缺失值的样本后,本文最终得到了 255 个地级市及省会城市发行的 8 536 只城投债。

关于其他变量,在计算信用利差时,国债数据来自中国债券信息网站;城市相关变量来自《中国城市统计年鉴》;降水数据来自国家气象科学数据共享服务平台-中国地面气候资料日值数据集(V3.0);融资平台财务数据和城投债交易数据来自 Wind 数据库。按照参考文献中的一般做法(钟宁桦等,2021),我们对融资平台财务变量在 1% 和 99% 分位点进行了缩尾处理。

#### (二) 变量定义及说明

本文的被解释变量为城投债的发行信用利差(*Spread*),参照现有文献(杨国超和蒋安璇,2022;邱志刚等,2022;曹婧,2023),该变量定义为城投债发行利率与发行当日同期限的国债到期收益率之差,用以衡量城投债的信用风险水平。参照近两年考察本地经济风险的文献(Gustafson et al., 2023; Goldsmith-Pinkham et al., 2023; Rizzi, 2022; 黄勇等,2022; 顾乃康等,2022),由于城投债的偿付资金受到当地经济状况影响,该利差反映了违约风险,即当地政府与融资平台能够偿还债务的可能性,也整体反映了当地的经济状况与经济风险。另外,需要说明的是,之所以考虑发行市场的信用利差,而不是交易市场的信用利差,是由于仅有一部分城投债公开交易——若仅考虑特定市场的交易数据,会导致较多的样本损失,且交易频率较低,难以获得有效的日度数据。不过,在进一步分析中,我们也考虑了城投债交易的信用利差,以展示结论的稳健性。

核心解释变量为极端降水事件的天数(*Ex\_days*)和降水总量(*Ex\_amount*)。由于气候类型存在明显的地域性差异,极端降水事件不能用统一的日降水量来简单定义。因此,目前国际上普遍采用百分位法来确定极端降水事件的阈值。按照世界气象组织的要求,一般选择 30 年作为气候要素常年值的参考时段。<sup>①</sup> 本文的样本期为 2012—2020 年,因此我们选取 1981—2010 年(共 30 年)作为极端降水指标度量的基准期。参考潘敏等

<sup>①</sup> 在 1956 年,世界气象组织提出了一种气候学方法,即以历史上最近的整 30 年(共 30 个样本)的平均值作为相应气候要素的长期参考点。此方法旨在为气候学研究提供一种基准,每 10 年更新一次以反映气候的长期变化趋势。

(2022)的研究,本文将基准期内每年大于 0 的逐日降水量升序排列,以第 90%分位数降水量的 30 年(1981—2010 年)平均值作为极端降水阈值。当城市某日的日降水量超过极端降水阈值时,认为该城市出现了一次极端降水事件。最后,我们计算样本城市在城投债发行日前 7 天内发生极端降水事件的天数和降水总量,将其作为核心解释变量。

控制变量方面,参考城投债信用利差影响因素的相关研究(罗党论和余国满,2015; Painter, 2020; 钟宁桦等,2021; 曹婧,2023),我们选取债券层面、融资平台层面和城市层面三类控制变量。债券层面的控制变量包括城投债的发行规模( $\ln Size$ )、发行期限( $\ln Term$ )、城投债担保情况( $Grt$ )、回售条款( $Put$ )、赎回条款( $Call$ )、债券类型( $Bondsector$ )、付息品种( $Intrtype$ )和票面品种( $Coupontype$ )。融资平台层面的控制变量包括总资产规模( $Llnasset$ )、资本负债率( $Lleverage$ )、总资产周转率( $Ltturn$ )、总资产回报率( $Lroa$ )和流动比率( $Lcr$ )。城市层面的控制变量包括反映城市发展水平的经济增速( $Lgdpgr$ )、人口规模( $Llnpop$ )、贸易水平( $Ltrade$ )、外商直接投资( $Lfdi$ )、绿化覆盖率( $Lafforest$ )和道路面积( $Llnroad$ )。由于贸易水平和外商直接投资数据在城市层面存在大量缺失,因此我们使用其在省份层面的数据进行替代。

为进行进一步的渠道分析和异质性分析,本文还使用了以下指标,包括:投资者关注度( $Attention$ ),反映地区财政状况的财政自给率( $Deficit$ ),反映地区金融发展水平的金融机构贷款总额与地区生产总值之比( $Ratio$ ),融资平台盈利水平( $Lroe$ ),地方应急管理水平和( $Emergency$ ),水库总库容( $\ln Capa$ )和海绵城市( $Sponge$ )。具体的变量说明如表 1 所示。

表 1 变量说明

	变量名称	变量符号	具体含义
被解释变量	城投债发行信用利差	$Spread$	城投债的发行票面利率减去同期限的国债到期收益率,单位:BPS
	极端降水天数	$Ex\_days$	城投债发行日前 7 天内,其发行主体所在城市日降水量大于极端降水阈值的总天数,单位:天
解释变量	极端降水总量	$Ex\_amount$	城投债发行日前 7 天内,其发行主体所在城市日降水量大于极端降水阈值的总降水量,单位:mm
	发行规模	$\ln Size$	城投债发行规模,原变量单位:亿元,变量取对数
	发行期限	$\ln Term$	城投债发行期限,原变量单位:年,变量取对数
	担保情况	$Grt$	是否存在抵质押担保或者不可撤销连带担保责任,若存在取 1,否则取 0
债券层面控制变量	回售条款	$Put$	是否包含回售条款,若包含取 1,否则取 0
	赎回条款	$Call$	是否包含提前偿还或赎回条款,若包含取 1,否则取 0
	债券类型	$Bondsector$	城投债类型,包括中期票据、企业债、公司债、定向工具和短期融资债
	付息品种	$Intrtype$	城投债付息方式,包括固定利率、浮动利率和其他
	票面品种	$Coupontype$	若城投债票面品种为付息则取 1,若为到期一次性还本付息则取 0

(续表)

	变量名称	变量符号	具体含义
融资平台 层面控制 变量	总资产 规模	<i>Llnasset</i>	融资平台资产总计,原变量单位:亿元,变量取对数
	资本负 债率	<i>Lleverage</i>	融资平台负债总额/总资产,单位:%
	总资产周 转率	<i>Ltturn</i>	融资平台营业总收入/(期初资产总额+期末资产总额)/2
	总资产回 报率	<i>Lroa</i>	融资平台净利润 $\times 2$ /(期初总资产+期末总资产),单位:%
	流动比率	<i>Lcr</i>	融资平台流动资产/流动负债,单位:%
城市层面 控制变量	经济增速	<i>Lgdpg</i>	发行主体所在城市的 GDP 增长率
	人口规模	<i>Llnpop</i>	发行主体所在城市的人口,原变量单位:万人,变量取对数
	贸易水平	<i>Ltrade</i>	发行主体所在省份的进出口总额/全省 GDP,单位:%
	外商直接 投资	<i>Lfdi</i>	发行主体所在省份的外商直接投资额/全省 GDP,单位:%
	绿化覆 盖率	<i>Lafforest</i>	发行主体所在城市的绿化覆盖率,单位:%
	道路面积	<i>Llnroad</i>	发行主体所在城市的道路面积,原变量单位:万平方米,变量取对数
机制变量	财政自 给率	<i>Deficit</i>	城投债发行主体所在城市的财政收入与财政支出的比值,单位:%
	金融发展 水平	<i>Ratio</i>	城投债发行主体所在城市的金融机构贷款总额与地区生产总值之比
	投资者关 注度	<i>Attention</i>	若城投债发行日前 7 日“暴雨”的百度搜索指数之和(包含移动端和 PC 端搜索量)大于样本中位数则变量取 1,否则取 0
	融资平台 盈利水平	<i>Lroe</i>	归属母公司股东净利润/(期初归属母公司股东的权益+期末归属母公司股东的权益)/2,单位:%
	地方应急 管理水平	<i>Emergency</i>	若城投债发行主体所在省份的应急管理水平较高,则变量取值为 1,否则取值为 0,数据来源为陈安和冯佳昊(2019) <sup>①</sup>
	海绵城市	<i>Sponge</i>	若城投债发行主体所在城市属于“海绵城市”建设试点城市,则变量取值为 1,否则取值为 0 <sup>②</sup>
	水库总 库容	<i>lnCap</i>	城投债发行主体所在省份当年的水库总库容,原变量单位:亿立方米,变量取对数

① 陈安和冯佳昊(2019)对全国 31 个省区应对自然灾害灾情的应急表现能力评价进行打分,将 31 个省区的应急能力分为四个等级,等级越高则应急表现能力越高。本文按照应急能力排名,将应急能力等级为三和四的省区分为高应急能力,等级为一和二和省区分为低应急能力。

② 数据来源:[https://jjs.mof.gov.cn/tongzhigonggao/201504/t20150402\\_1211835.htm](https://jjs.mof.gov.cn/tongzhigonggao/201504/t20150402_1211835.htm) 和 [https://jjs.mof.gov.cn/zxzyzf/csgwzzzj/201604/t20160425\\_1964216.htm](https://jjs.mof.gov.cn/zxzyzf/csgwzzzj/201604/t20160425_1964216.htm),访问时间:2025 年 3 月 1 日。

### （三）实证模型

本文参考 Painter(2020)的做法,采用多重固定效应模型进行分析。基准模型设定如下:

$$Spread_{i,j,k,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Rain_{i,k,t} + \alpha_2 Bond\_Control_i + \alpha_3 Control_{j,k,t-1} + Quarter_t + Year_t + Issuer_j + \epsilon_{i,j,k,t}, \quad (1)$$

其中, $i$ 标识城投债, $j$ 标识城投债*i*所对应的发行主体,即地方政府融资平台, $k$ 标识城投债发行主体所在的地级市或省会城市, $t$ 标识城投债的发行日期。 $Spread_{i,j,k,t}$ 为被解释变量,表示地级市或省会城市*k*的融资平台*j*在*t*日期发行的城投债*i*的信用利差。 $Rain_{i,k,t}$ 为关键解释变量,表示*t*日期发行的城投债*i*所在地级市或省会城市*k*在发行日前7天的极端降水情况,如果该城市发生了极端降水,则该变量取值为极端降水天数( $Ex\_days$ )和极端降水总量( $Ex\_amount$ ),如果该城市未发生极端降水,则该变量取值为0。需要注意的是,Pendergrass(2018)发表在《科学》杂志(*Science*)上的论文明确指出极端降水比极端温度更加难以预测。<sup>①</sup>特别是,在具体定义极端降水时,本文已经参照文献剔除了其中“可能预测的部分”,即根据每个地级市或省会城市过去30年的降水记录预测该地的降水分布情况,将超过该分布90%分位数的降水情况定义为“极端降水事件”,因此将极端降水变量聚焦于预期之外、难以预测的极端状况。这意味着本文的关键解释变量具有一定的随机性与外生性,形成了外生冲击。 $Bond\_Control_i$ 为债券层面的控制变量。 $Control_{j,k,t-1}$ 为债券发行日期*t*所对应年份滞后一年的发债主体融资平台层面、城市层面的控制变量。考虑到我国大部分地区在不同季节的降水量有显著差异,因此,我们在模型中加入季度固定效应 $Quarter_t$ 。此外,我们还控制了年份固定效应 $Year_t$ 和发债主体固定效应 $Issuer_j$ 。 $\epsilon_{i,j,k,t}$ 是随机扰动项,在城市层面聚类。

### （四）描述性统计

表2展示了主要回归变量的描述性统计。基准回归样本中共包含8536只城投债,平均每个城市每年发行了3.72只城投债。每只城投债发行日前7天发生极端降水事件的平均天数为0.52天,极端降水总量为13.39mm。极端降水天数的最小和最大值分别为0天、7天;极端降水总量的最小和最大值分别是0mm、351.77mm。这说明无论是从极端降水天数还是极端降水总量来看,变量最小值与最大值都存在较大的差异。债券变量中,城投债担保情况( $Grt$ )的均值为0.13,意味着12.65%的城投债存在抵质押担保或者不可撤销连带担保责任;回售条款( $Put$ )的均值为0.21,意味着20.98%的城投债包含回售条款;赎回条款( $Call$ )的均值为0.26,意味着26.49%的债券包含提前偿还或赎回条款。

<sup>①</sup> Pendergrass(2018)摘要部分原文提到,全球变暖背景下,极端降水与极端高温频发,而极端降水更加难以预测(“A warmer atmosphere has more water vapor. Scientists have been trying to predict what this means for precipitation, but this is more complex and harder to model than temperature.”)。



表2 主要变量的描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
<i>Spread</i>	8 536	247.5743	118.8571	-102.7600	239.4100	707.3300
<i>Ex_days</i>	8 536	0.5201	0.9287	0.0000	0.0000	7.0000
<i>Ex_amount</i>	8 536	13.3910	28.7365	0.0000	0.0000	351.7725
<i>Interm</i>	8 536	1.1349	0.8787	-2.5257	1.6094	2.9957
<i>Insize</i>	8 536	2.0431	0.6474	-2.3026	2.0794	4.3820
<i>Grt</i>	8 536	0.1265	0.3325	0.0000	0.0000	1.0000
<i>Put</i>	8 536	0.2098	0.4072	0.0000	0.0000	1.0000
<i>Call</i>	8 536	0.2649	0.4413	0.0000	0.0000	1.0000
<i>Bondsectorcd</i>	8 536	1.9124	1.4642	0.0000	2.0000	4.0000
<i>Intrtyp</i>	8 536	1.0009	0.0405	0.0000	1.0000	2.0000
<i>Couponsyp</i>	8 536	0.7615	0.4262	0.0000	1.0000	1.0000
<i>Llnasset</i>	8 536	5.9124	1.0761	3.5120	5.8596	8.9139
<i>Lleverage</i>	8 536	54.4456	13.7133	15.3455	56.7992	79.6060
<i>Ltturn</i>	8 536	0.0719	0.0582	0.0064	0.0566	0.3393
<i>Lroa</i>	8 536	1.1406	1.0672	-0.1244	0.8076	5.9246
<i>Lcr</i>	8 536	3.9809	3.2247	0.4655	3.0283	19.5904
<i>Lgdpgpr</i>	8 536	0.0852	0.0508	-0.7714	0.0851	0.2772
<i>Llnpop</i>	8 536	5.5566	1.0490	2.7726	5.4072	7.8292
<i>Ltrade</i>	8 536	28.8547	21.9975	1.2672	23.1086	155.6675
<i>Lfdi</i>	8 536	2.2175	1.4090	0.0103	1.9764	7.9594
<i>Lafforest</i>	8 536	41.1076	4.5864	0.3800	41.6000	82.3200
<i>Llnroad</i>	8 536	8.0935	1.0516	4.3438	8.0112	9.9222

## 四、实证分析

### (一) 基准回归结果

我们基于基准模型(1)的设定,考察极端降水对城投债发行信用利差的影响。回归结果如表3所示,第(1)列和第(2)列分别关注极端降水天数(*Ex\_days*)和极端降水总量(*Ex\_amount*)对城投债的影响,均未添加季节固定效应,第(3)列和第(4)列添加了季节固定效应。回归结果显示,在不同的回归设定下,极端降水天数(*Ex\_days*)和极端降水总量(*Ex\_amount*)的系数均显著为正,即城投债发行前7天内极端降水事件发生的频次越高,或极端降水量越大,则城投债发行的信用利差越大。具体而言,以第(3)列的结果为例,当极端降水事件发生频次提高一个标准差时,城投债发行信用利差将会提高1.92

个基点<sup>①</sup>；以第(4)列的结果为例，当极端降水总量提高 100 mm 时，城投债发行信用利差将会提高 6.80 个基点，且系数均在 1% 的水平上保持显著。这一结果意味着，极端降水冲击使城投债违约风险上升，反映了市场对当地经济风险上升的预期，从而验证了本文的研究假说 1。在后文的分析中，我们以第(3)列的结果为基准结果进行进一步分析。

表 3 基准回归结果

变量	Spread	Spread	Spread	Spread
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Ex_days</i>	2.1228** (0.8368)		2.3678*** (0.8103)	
<i>Ex_amount</i>		0.0550** (0.0265)		0.0680*** (0.0246)
观测值	8 536	8 536	8 536	8 536
调整后 R <sup>2</sup>	0.7197	0.7196	0.7363	0.7363
控制变量	是	是	是	是
季度固定效应	否	否	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
发债主体固定效应	是	是	是	是

注：括号内为城市层面聚类的稳健标准误；\*\*\*、\*\*、\* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著。下同。

## (二) 机制分析

基准回归结果表明，极端降水显著提高了城投债的信用风险。那么，极端降水具体如何影响城投债信用风险？接下来我们依次检验后三个研究假说。

### 1. 地方财政兜底能力与城投平台盈利水平

本文基于城投债发行主体所在城市的财政自给率水平中位数，将城投债样本分为两组：兜底能力较强（高财政自给率）组与兜底能力较弱（低财政自给率）组，对基准结果进行子样本检验。分组回归结果如表 4 所示，第(1)列结果对应较高的财政自给率，极端降水的冲击并未产生显著影响，第(2)列结果对应较低的财政自给率，极端降水对城投债的影响保持了显著性。

由此可见，地方财政兜底能力是极端降水影响城投债信用风险的重要渠道。对于财政兜底能力较弱的城市，极端降水事件对城投债发行信用利差的影响更为显著；而对于财政兜底能力较强的城市，更有能力防范和处理好极端降水事件带来的各类风险事件，从而缓解极端降水带来的冲击。

① 计算过程为：2.3678(解释变量系数)×0.8103(解释变量标准差)=1.9186。

表 4 机制检验:地方财政与融资平台

变量	Spread			
	财政状况		融资平台	
	高财政自给率	低财政自给率	高盈利水平	低盈利水平
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Ex_days</i>	1.7922 (1.1481)	2.3949** (1.1867)	0.8635 (1.2071)	2.8788*** (1.0479)
观测值	4 250	4 286	4 268	4 268
调整后 R <sup>2</sup>	0.7715	0.7250	0.7559	0.7551
控制变量	是	是	是	是
季度固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
发债主体固定效应	是	是	是	是

在表 4 的后两列,本文以融资平台的净资产收益率为平台盈利水平的衡量指标,按融资平台的盈利水平将样本分为两组:高盈利水平组和低盈利水平组。回归结果分别报告在表 4 第(3)列和第(4)列。对比表 4 第(3)和第(4)列结果,在平台盈利水平较高的城投债样本中,极端降水(*Ex\_days*)变量系数不显著;仅在平台盈利水平较低的城投债样本中,极端降水(*Ex\_days*)的系数显著为正。以上结果验证了本文的假说 2,即融资平台盈利水平和地方财政兜底能力是极端降水影响城投债信用风险的重要机制。如果地方政府融资平台的经营情况较差,或地方财政兜底能力较弱,极端降水事件对城投债券的冲击将更为明显。

## 2. 金融市场与投资者关注

为了考察金融市场的影响,本文基于城投债发行主体所在城市的金融发展水平的中位数,将城投债样本分为两组,对基准结果进行子样本检验。分组回归结果报告在表 5 的第(1)列和第(2)列。回归结果表明,对于低金融发展水平组,极端降水保持了显著影响,但在高金融发展水平的样本中,极端降水变量的系数不显著。由此可见,地方金融发展水平会影响极端降水对城投债信用利差的冲击,即较高的金融发展水平能够缓解极端降水对城投债带来的冲击;对于金融发展水平较低的城市,极端降水事件对城投债发行信用利差的影响更为显著。

表 5 机制检验:金融市场与投资者

变量	Spread			
	金融市场		投资者	
	高金融发展水平	低金融发展水平	高关注度	低关注度
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Ex_days</i>	1.2871 (1.1652)	2.8493** (1.3098)	4.1941*** (1.0888)	2.5720 (2.6874)

(续表)

变量	Spread			
	金融市场		投资者	
	高金融发展水平	低金融发展水平	高关注度	低关注度
	(1)	(2)	(3)	(4)
观测值	4 268	4 268	4 267	4 269
调整后 $R^2$	0.7677	0.7172	0.7526	0.7538
控制变量	是	是	是	是
季度固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
发债主体固定效应	是	是	是	是

接下来,本文以城投债发行日前 7 天的“暴雨”百度搜索指数之和作为投资者对极端降水事件关注度的代理变量,若搜索指数之和大于样本中位数,则投资者关注度(*Attention*)变量取值为 1,对应样本归入高关注度组,否则投资者关注度(*Attention*)变量取值为 0,对应样本归入低关注度(*Attention*=0)组。分组回归结果如表 5 第(3)列和第(4)列所示,在高关注度样本中,极端降水变量保持显著,但在低关注度样本中,极端降水的系数不显著,即投资者对极端降水的关注是影响城投债信用利差变化的机制之一。

上述结果验证了本文的研究假说 3,城市金融发展水平越低、投资者对极端降水的关注度越高,则极端降水事件对城投债的冲击越显著。

### 3. 当地应急管理能力和排水防涝能力

为探究城市应急管理能力的的作用机制,本文按照城投债发行主体所在城市的应急管理水平,将城投债分为高应急能力组和低应急能力组,进行分组检验。实证结果展示在表 6 第(1)列和第(2)列。结果显示,在低应急能力组中,极端降水(*Ex\_days*)的系数为正,且在 1%的水平上保持显著。在高应急能力组中,极端降水(*Ex\_days*)的系数不显著,意味着当城市对极端降水事件具有更高的应急处置能力时,极端降水对城投债信用利差的冲击越小。

接下来我们考察城市排水防涝等治水能力对极端降水影响城投债信用利差的作用机制。本文考虑了两个维度上的衡量,其一是计算地区已建设的水库总库容(*lnCapa*)。由于《中国统计年鉴》中只统计了省级层面的水库总库容,因此本文使用省级层面的数据进行分析。我们基于各省份已建设的水库总库容的中位数,将城投债样本分为两组,对基准结果进行分组检验。结果展示在表 6 第(3)列和第(4)列中,仅在低水库库容样本中,极端降水的系数保持显著,而在高水库库容样本中,极端降水的系数不显著。回归结果验证了本文预期,当地区内水库总库容越大,具有的调蓄雨洪、排水防涝能力越强时,极端降水对城投债信用利差的冲击越小。

其二是考虑城投债发行主体所在的城市是否为“海绵城市”。本文预期,被列为“海绵城市”试点的城市可以通过加强城市规划建设管理,发挥建筑、道路和绿地、水系等生

态系统对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用,具有更强的排涝能力,从而缓解极端降水对城市的冲击,降低极端降水对城投债信用利差的影响。按照海绵城市试点的公示文件<sup>①</sup>,我们将城投债样本划分为海绵城市( $Sponge=1$ )和非海绵城市( $Sponge=0$ )两组,结果展示于表6最后两列。在海绵城市样本中,极端降水变量系数不再显著,表明海绵城市缓解了极端降水的冲击。

以上结果验证了本文的研究假说4,当城市对极端降水事件具有更高的应急管理水平,并具有更好的蓄洪、排水、防涝等治水能力时,极端降水对城投债信用风险的冲击有所缓解。

表6 机制检验:城市应急治理和排水防涝能力

变量:	Spread					
	城市应急管理		水利设施		城市排涝	
	高应急能力	低应急能力	高水库库容	低水库库容	海绵城市	非海绵城市
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$Ex\_days$	0.0797 (1.4307)	2.9549*** (1.0391)	1.4917 (1.1686)	2.6367** (1.0100)	1.2764 (1.1451)	2.1741** (1.0008)
观测值	3 406	5 130	4 177	4 359	2 208	6 328
调整后 $R^2$	0.7330	0.7402	0.7476	0.7407	0.7446	0.7421
控制变量	是	是	是	是	是	是
季度固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
发债主体固定效应	是	是	是	是	是	是

## 五、进一步分析

为缓解潜在的内生性问题,本文使用城投债发行前7天其发行主体所在地级市的平均云量作为工具变量。如附录I表I1所示,在缓解了潜在的内生性问题之后,本文的主要结论依然成立。<sup>②</sup>其次,我们将发行市场的信用利差更换为交易市场的信用利差,结果展示于附录II表II2中,主要结论保持不变。此外,考虑到极端降水会对城市经济的各方面造成损失,那么,为了进行灾后重建、加强城市治理能力等工作,极端降水可能会催生对城投债的发行需求。我们展开相应检验,结果展示于附录III表III3中。回归结果显示,极端降水在一定程度上提高了城投债的发行次数和单次发行金额。

<sup>①</sup> 此处以2015年和2016年国家级试点公示名单为准,即《2015年海绵城市建设试点城市名单公示》, [https://jjs.mof.gov.cn/tongzhigonggao/201504/t20150402\\_1211835.htm](https://jjs.mof.gov.cn/tongzhigonggao/201504/t20150402_1211835.htm);《2016年中央财政支持海绵城市建设试点城市名单公示》, [https://jjs.mof.gov.cn/zxzyzf/csgwzxzj/201604/t20160425\\_1964216.htm](https://jjs.mof.gov.cn/zxzyzf/csgwzxzj/201604/t20160425_1964216.htm),访问时间:2025年3月1日。

<sup>②</sup> 限于篇幅,附录未在正文列示,感兴趣的读者可在《经济学》(季刊)官网(<https://ceq.ccer.pku.edu.cn>)下载。

## 六、结论与政策建议

近年来,由全球变暖引起的极端气候事件发生强度和频次明显增加。过去几年里,极端降水对北京、郑州等城市都产生过严重的冲击。那么,暴雨如何影响了城市经济,如何缓解暴雨对城市发展的影响?这些重要问题的实证分析尚不充足,一个重要的瓶颈在于极端降水具有即时性,需要匹配高频数据展开分析,而传统的城市统计年鉴局限于年度数据,无法满足分析要求。在此背景下,本文借助地级市城投债的日度市场数据,检验极端降水对城投债发行信用利差的影响,进而反映暴雨如何影响金融市场对城市经济的预期。结果显示,第一,极端降水会显著提高城投债发行时的信用利差,这反映了金融市场对城市经济风险上升的预期;第二,城投债所在城市的经济条件与综合能力会影响暴雨的冲击,在财政金融情况良好、应急管理能力强、水利设施完善的地区,极端降水的冲击将得到显著缓解。

在全球变暖的背景下,极端天气已成为影响城市经济建设的重要因素。基于实证结果,本文提出以下政策建议:第一,开展极端降水风险压力测试。评估极端降水风险对地方政府财政的中长期潜在影响,将极端降水风险作为一项重要的风险纳入金融、财政风险管控过程。第二,持续提升城市应急处置能力。加强跨地区、跨部门的极端天气信息交流合作,及时向社会公众发布预报、预警,提升应急预案、应急管理机制。第三,增强应对极端降水的基础设施建设。一方面,极端降水会对基础设施工程建设和运营带来冲击,另一方面,水利基础设施建设对缓解极端降水的负面影响至关重要,包括建造高效的排水系统、加强抗洪能力、扩大水库和蓄水池的规模等。

## 参考文献

- [1] Andrei, D., and M. Hasler, “Investor Attention and Stock Market Volatility”, *The Review of Financial Studies*, 2015, 28(1), 33-72.
- [2] Bolton, P., M. Despres, L. Silva, F. Samama, and R. Svartzman, “The Green Swan: Central Banking and Financial Stability in the Age of Climate Change”, BIS Books, Bank for International Settlements, 2020, No. 31.
- [3] 曹婧,“刚兑信仰分化:隐性担保预期与城投债定价”,《世界经济》,2023年第6期,第85—107页。
- [4] 陈安、冯佳昊,“2018年中国31个省市区应急表现能力评价”,《科技导报》,2019年第16期,第30—37页。
- [5] Choi, D., Z. Gao, and W. Jiang, “Attention to Global Warming”, *The Review of Financial Studies*, 2020, 33(3), 1112-1145.
- [6] Claessens, S., and L. Laeven, “Financial Development, Property Rights, and Growth”, *The Journal of Finance*, 2003, 58(6), 2401-2436.
- [7] Da, Z., J. Engelberg, and P. Gao, “In Search of Attention”, *The Journal of Finance*, 2011, 66(5), 1461-1499.
- [8] 邓辉、甘天琦、涂正革,“大气环境治理的中国道路——基于中央环保督察制度的探索”,《经济学》(季刊),2021年第5期,第1591—1614页。
- [9] Engle, R. F., S. Giglio, B. Kelly, H. Lee, and J. Stroebe, “Hedging Climate Change News”, *The Review of Financial Studies*, 2020, 33(3), 1184-1216.
- [10] Garmaise, M. J., and T. J. Moskowitz, “Catastrophic Risk and Credit Markets”, *The Journal of Finance*,

- 2009, 64(2), 657-707.
- [11] Goldsmith-Pinkham, P., M. Gustafson, R. Lewis, and M. Schwert, "Sea Level Rise and Municipal Bond Yields", *The Review of Financial Studies*, 2023, 36(11), 4588-4635.
- [12] Gustafson, M., P. H. Haslag, D. Weagley, and Z. Ye, "A Flash in the Pan (demic)? Migration Risks and Municipal Bonds", *Migration Risks and Municipal Bonds (August 24, 2023)*. Georgia Tech Scheller College of Business Research Paper, (4029984), 2023.
- [13] 顾乃康、邱奇唯、陈黄庆, "气候风险被定价了吗——基于地方债发行定价的证据", 2022 年中国金融学术年会论文, <https://cfrc.pbcsf.tsinghua.edu.cn/cn2022/hyrc.htm>.
- [14] 韩鹏飞、胡奕明, "政府隐性担保一定能降低债券的融资成本吗? ——关于国有企业和地方融资平台债券的实证研究", 《金融研究》, 2015 年第 3 期, 第 116—130 页。
- [15] Hirshleifer, D., A. Low, and S. H. Teoh, "Are Overconfident CEOs Better Innovators?", *The Journal of Finance*, 2012, 67(4), 1457-1498.
- [16] Hong, H., F. W. Li, and J. Xu, "Climate Risks and Market Efficiency", *Journal of Econometrics*, 2019, 208(1), 265-281.
- [17] 黄勇、余宣颖、高昊宇, "洪水风险被定价了吗? ——来自中国城投债的证据", 2022 年中国金融学术年会论文, <https://cfrc.pbcsf.tsinghua.edu.cn/cn2022/hyrc.htm>.
- [18] 刘波、王修华、李明贤, "气候变化冲击下的涉农信用风险——基于 2010—2019 年 256 家农村金融机构的实证研究", 《金融研究》, 2021 年第 12 期, 第 96—115 页。
- [19] 刘晓蕾、吕元稔、余凡, "地方政府隐性债务与城投债定价", 《金融研究》, 2021 年第 12 期, 第 170—188 页。
- [20] Lou, D., "Attracting Investor Attention through Advertising", *The Review of Financial Studies*, 2014, 27(6), 1797-1829.
- [21] 罗党论、余国满, "地方官员变更与地方债发行", 《经济研究》, 2015 年第 6 期, 第 131—146 页。
- [22] 罗荣华、刘劲劭, "地方政府的隐性担保真的有效吗? ——基于城投债发行定价的检验", 《金融研究》, 2016 年第 4 期, 第 83—98 页。
- [23] 牛霖琳、洪智武、陈国进, "地方政府债务隐忧及其风险传导——基于国债收益率与城投债利差的分析", 《经济研究》, 2016 年第 11 期, 第 83—95 页。
- [24] Ortega, F., and S. Taspinar, "Rising Sea Levels and Sinking Property Values: Hurricane Sandy and New York's Housing Market", *Journal of Urban Economics*, 2018, 106, 81-100.
- [25] Painter, M., "An Inconvenient Cost: The Effects of Climate Change on Municipal Bonds", *Journal of Financial Economics*, 2020, 135(2), 468-482.
- [26] Pendergrass, A. G., "What Precipitation Is Extreme?", *Science*, 2018, 360(6393), 1072-3.
- [27] 潘郭钦、包群、黄睿, "随风而动: 环境监管规避与企业选址调整", 《经济学》(季刊), 2023 年第 3 期, 第 913—928 页。
- [28] 潘敏、刘红艳、程子帅, "极端气候对商业银行风险承担的影响——来自中国地方性商业银行的经验证据", 《金融研究》, 2022 年第 10 期, 第 39—57 页。
- [29] 邱志刚、王子悦、王卓, "地方政府债务置换与新增隐性债务——基于城投债发行规模与定价的分析", 《中国工业经济》, 2022 年第 4 期, 第 42—60 页。
- [30] Rizzi, C., "Nature as a Defense from Disasters: Natural Capital and Municipal Bond Yields", 2022, Available at SSRN 4038371.
- [31] 汪莉、陈诗一, "政府隐性担保、债务违约与利率决定", 《金融研究》, 2015 年第 9 期, 第 66—81 页。
- [32] 王欢欢、樊海潮、陈诗一, "污染物总量控制与结构调整", 《经济学》(季刊), 2023 年第 4 期, 第 1495—1512 页。
- [33] 吴文锋、胡悦, "财政金融协同视角下的地方政府债务治理——来自金融市场的证据", 《中国社会科学》, 2022 年第 8 期, 第 143—162+207 页。
- [34] 杨国超、蒋安璇, "债券投资者的‘保护盾’还是债务违约的‘多米诺’——对债券交叉违约制度的分析", 《中国工

- 业经济》，2022 年第 5 期，第 140—158 页。
- [35] 张莉、年永威、刘京军，“土地市场波动与地方债——以城投债为例”，《经济学》(季刊)，2018 年第 3 期，第 1103—1126 页。
- [36] 中国人民银行研究局课题组，“气候相关金融风险——基于央行职能的分析”，《中国人民银行工作论文》，2020 年第 3 期，第 1—24 页。
- [37] 钟辉勇、钟宁桦、朱小能，“城投债的担保可信吗？——来自债券评级和发行定价的证据”，《金融研究》，2016 年第 4 期，第 66—82 页。
- [38] 钟宁桦、陈姗姗、马惠娴、王姝晶，“地方融资平台债务风险的演化——基于对‘隐性担保’预期的测度”，《中国工业经济》，2021 年第 4 期，第 5—23 页。
- [39] 朱莹、王健，“市场约束能够降低地方债风险溢价吗？——来自城投债市场的证据”，《金融研究》，2018 年第 6 期，第 56—72 页。

## When Cities Soak: The Impact of Torrential Rain on Urban Investment(Chengtou) Bonds

JI Yang

(Sun Yat-sen University)

WU Sisi

(General Office of Zhaotong Municipal People's Government)

XIONG Pengchong\*

(Xiamen University; City University of Hong Kong)

**Abstract:** Extreme climate events have become more frequent under global warming, posing new challenges for urban governance and systemic risk prevention. Based on Chengtou bonds data from 2012 to 2020, we empirically examine the impact of extreme precipitation on the credit risk of Chengtou bonds. The research findings indicate that higher frequency or more significant precipitation of extreme rainfall events leads to larger credit spreads for Chengtou bonds. Additionally, better fiscal conditions, well developed financial markets and water management facilities can mitigate the impact. These findings provide a new perspective for addressing climate risks and mitigating local government debt risks.

**Keywords:** extreme precipitation; urban governance; Chengtou bonds

**JEL Classification:** Q54, R11, G18

---

\* Corresponding Author: XIONG Pengchong, School of Economics, Xiamen University, Siming South Road, Xiamen, Fujian 361005; Tel:86-15710668692; E-mail: pengchong.xiong@my.cityu.edu.hk.