

附录

附表 1.主要变量描述性统计

变量名称	变量含义	样本数	平均值	标准差	最小值	最大值
地级市层面						
<i>growthrate</i>	GDP 增长率	5455	0.1102	0.0425	-0.1938	0.3290
<i>ln hardrain</i>	暴雨量（+1）对数值	5495	4.7914	0.9053	0	7.1572
<i>ln loss</i>	暴雨相关灾害直接总损失（万元）对数值	1761	4.8755	4.5380	0	13.5295
	值					
<i>ln affected</i>	暴雨相关灾害影响人口（人）对数值	1761	6.0839	5.5078	0	14.4739
<i>ln newfirm</i>	新设立企业数对数值	5467	9.7540	1.1200	6.9422	12.3750
<i>ln invest</i>	固定资产投资（万元）对数值	4559	15.1332	1.3400	11.1472	18.9657
<i>ln fid</i>	当年实际使用外资金额（万美元）对数	5144	9.4888	2.0182	0.6931	14.9413
	值					
<i>ln output</i>	规模以上工业总产值（万元）对数值	4549	15.8272	1.5109	10.3556	19.5993
<i>ln retail</i>	社会消费品零售总额（万元）对数值	5435	14.8491	1.2618	5.4723	18.8811
<i>ln wages</i>	在岗职工工资（万元）对数值	5422	13.6545	1.1972	4.7362	18.6990
微观层面						
<i>commute_time</i>	通勤时间（分钟）	941150	18.9886	27.8496	0	300
<i>tfp_lp</i>	工业企业生产率（lp 法）	1513633	5.7584	1.0581	2.9150	8.5338
地级市调节变量						
<i>ln drain</i>	排水支出（万元）对数值	4733	8.6756	1.8320	0.6931	14.8460
<i>ln pipeline</i>	排水管道长度（千米）对数值	5409	6.3277	1.1216	1.6094	10.2679
<i>builtupratio</i>	建成区绿化覆盖率	4779	0.3694	0.0894	0.0036	0.9525
<i>ln builtupgreen</i>	建成区绿化覆盖面积（公顷）对数值	4220	7.8407	1.0510	1.6094	11.3788
<i>ln urbangreen</i>	市辖区绿地面积（公顷）对数值	4808	7.9559	1.1477	3.1355	12.0319
<i>ln park</i>	市辖区公园绿地面积（公顷）对数值	4819	6.5400	1.1141	0	10.4676
<i>ecology</i>	水土涵养生态系统面积占比	5467	0.6285	0.2626	0.0097	0.9820
<i>spongecity</i>	海绵城市虚拟变量	5495	0.0266	0.1608	0.0000	1.0000

数据来源：中国科学数据、国泰安数据库、工业企业数据库、2015 年全国 1%人口抽样调查微观数据、爱企查、《中国城市经济统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》《国民经济发展与社会统计公报》。

附录 1 暴雨冲击对城市经济增长影响是否具有持续性？

为考察暴雨冲击对城市经济增长的影响是否具有持续性，我们将关键解释变量

ln hardrain 滞后一至三期，并加入回归。滞后的解释变量的回归系数可以反映当期的暴雨

冲击是否也会影响到后期的城市经济增长,即这种影响是否具有持续性。附表2即相应的回归结果。

附表2第(2)-(4)列的结果表明,滞后一期至三期的解释变量 $L1.\ln hardrain$ 、 $L2.\ln hardrain$ 和 $L3.\ln hardrain$ 的回归系数都为负,但是都不显著;第(3)-(4)列的结果表明,这三个变量的回归系数整体呈现递减的趋势,这表明当期的暴雨冲击对后期的城市经济增长的负面影响并不显著,同时这种负面影响即使存在,也会随着时间的推移而逐渐衰减。附表2的结果证实了,暴雨冲击对城市经济的负面影响更可能是短期的,并不具备明显的持续性。另外,与 Kocornik-Mina 等(2020)和 Naguib 等(2022)的研究结论以及本文正文中有关极端暴雨冲击影响的结论不同之处在于,附表2的回归结果也表明,城市经济在遭遇当期的暴雨冲击后,并不太可能进入一个恢复性增长的过程(如果存在这个过程,则滞后期的暴雨冲击变量应该为正)。

将附表2的结果与 Kocornik-Mina 等(2020)和 Naguib 等(2022)的研究结论以及本文正文中有关极端暴雨冲击影响的讨论进行对比,主要的区别在于,无论是 Kocornik-Mina 等(2020)和 Naguib 等(2022)研究,还是本文正文中有关极端暴雨冲击的讨论,研究的对象都是更极端的自然灾害冲击(洪水、飓风和极端暴雨冲击),这种自然灾害冲击的特征在于,发生的频率更低,对经济发展的负面影响更为强烈但单次影响的持续时间更短,因而地区经济在遭遇这种更短期的负面冲击后的一至两年,在恢复重建过程中,经济发展会有一个明显的恢复阶段;而附表2的研究对象是相对温和的暴雨冲击,其对经济的负面影响也相对温和,因而,这一方面意味着这种负面冲击不会有持续性,另一方面也意味着整体城市经济发展不需要进入明显的恢复重建阶段,因而经济发展不会有一个恢复性增长的过程。

实际上,暴雨冲击对城市经济发展最大的威胁在于,暴雨冲击发生的频率非常高,同时随着全球气候变化,气候风险加剧后,城市遭遇暴雨冲击的频率还会明显上升(见正文图1)。因而,即使单次暴雨冲击对城市经济发展的冲击比较温和,但是多频率的冲击之下,负面效应叠加,对城市经济的发展就会产生不可忽视的负面影响。本文正文第四部分第(二)小节基于夜间灯光值的稳健性检验中长时间差分回归检验的结果有可能恰好就是这种累积效应的反映。

附表 2.暴雨冲击与城市经济增长率：持续性讨论

	(1)	(2)	(3)	(4)
变量	growthrate			
ln hardrain	-0.0035*** (0.0010)	-0.0033*** (0.0010)	-0.0034*** (0.0011)	-0.0029*** (0.0011)
L1.ln hardrain		-0.0007 (0.0008)	-0.0009 (0.0009)	-0.0006 (0.0008)
L2.ln hardrain			-0.0004 (0.0015)	-0.0008 (0.0014)
L3.ln hardrain				-0.0001 (0.0015)
常数项	0.1105*** (0.0049)	0.1292*** (0.0068)	0.1469*** (0.0113)	0.1633*** (0.0159)
样本量	5 455	5 166	4 879	4 585
拟合优度	0.5858	0.5938	0.6053	0.6278
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes

注：表中括号内为聚类到城市的标准误 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1。

附录 2 城市实际 GDP 增长率测量误差的讨论和稳健性检验

2018 年全国经济普查结束后国家统计局对各省区 GDP 的历史数据进行了修正，GDP 的修正带来的问题是本文的被解释变量可能存在测量误差，这有可能影响本文基准实证结果的可信度。

首先，我们在实证上做进一步稳健性检验，以提高本文基准实证结果的可信度。同一省份内各城市经济活动往往互相影响，从而省内各城市的 GDP 修正行为可能也具有较强的相关性，鉴于此，附表 3 第（1）列在基准回归的基础上将回归标准误的聚类层次调整到省份层面，核心解释变量的系数依然显著为正。考虑到 GDP 修正行为具有一定的时间趋势性，这表明 GDP 实际增长率与真正实际的 GDP 增长率的测量误差也存在一定的时间趋势性，同时如果城市 GDP 实际增长率与真正实际的 GDP 增长率的测量误差存在着地区聚类现象，则控制不同地区的固定效应×时间趋势可以很大程度上缓解其引起的基准实证结果有偏和不一致的严重程度。附表 3 第（2）-（3）列，分别在基准回归基础上控制了区域×时间趋势项和气候区×时间趋势项，第（4）列则进一步控制了省份×时间趋势项。控制地区×时间趋势

后，虽然核心解释变量估计系数的绝对值大小有所下降，但是在经济意义上和统计意义上依然显著。这进一步增强了本文基准实证结果的可信度。

附表 3 暴雨冲击与城市经济增长率				
被解释变量:	聚类到省份	控制区域×时间趋势	控制气候区×时间趋势	控制省份×时间趋势
<i>growthrate</i>	份	势	势	(4)
	(1)	(2)	(3)	
<i>ln hardrain</i>	-0.0035** (0.0016)	-0.0021** (0.0009)	-0.0024** (0.0010)	-0.0017* (0.0009)
常数项	0.1105*** (0.0082)	4.8125*** (0.5713)	-1.4398*** (0.2561)	3.2075*** (0.5349)
样本数	5,455	5,455	5,455	5,455
拟合优度	0.5858	0.6266	0.6180	0.6575
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
个体固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes

注：第 1 列的标准误聚类到省份层面，第 2-4 列的标准误聚类到城市层面，*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1。

其次，我们可以随机去掉某个区域的样本重新进行回归，如上文所言，城市 GDP 实际增长率与真正实际的 GDP 增长率的测量误差可能存在着地区聚类现象，因此如果子样本回归结果保持一致，则同样可以很大程度上缓解本文被解释变量度量误差引起的基准实证结果有偏和不一致的严重程度。

附录 3：暴雨冲击与城市经济增长率

附表 4 第（1）-（7）列中，报告了随机去除某个区域的样本后的回归结果，所有实证结果与基准结果保持一致。这部分的检验也很大程度上提升了本文基准实证结果的可信度。

附表 4 暴雨冲击与城市经济增长率：针对测量误差的稳健性检验							
被解释变量:	去除东北	去除华北	去除华东	去除华南	去除华中	去除西南	去除西北
<i>growthrate</i>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>ln hardrain</i>	-0.0020** (0.0010)	-0.0039*** (0.0012)	-0.0029** (0.0012)	-0.0045*** (0.0011)	-0.0032*** (0.0011)	-0.0032*** (0.0011)	-0.0052*** (0.0012)
常数项	0.1028*** (0.0048)	0.1124*** (0.0059)	0.1050*** (0.0056)	0.1150*** (0.0051)	0.1087*** (0.0052)	0.1109*** (0.0050)	0.1195*** (0.0057)
样本数	4,811	4,834	3,965	4,754	4,657	4,828	4,881
拟合优度	0.5992	0.5867	0.5664	0.5836	0.5900	0.5972	0.5942
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
个体固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

注：表中括号内为聚类到城市的标准误 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1。

附录 4：基于城市夜间灯光值增长的稳健性检验

最后，我们使用更客观的城市夜间灯光增长率替代城市实际 GDP 增长率进行稳健性检验。

附表 5 基于城市夜间灯光值增长的稳健性检验

被解释变量:	(1)
<i>deltadn</i>	
<i>ln hardrain</i>	-0.0080** (0.0041)
常数项	0.1037*** (0.0187)
样本数	6,992
拟合优度	0.2719
年份固定效应	Yes
个体固定效应	Yes

注：表中括号内为聚类到城市的标准误 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1。

附录 5 控制变量说明

附表 6 暴雨冲击与微观个体通勤实证回归中相关控制变量

变量层次	控制变量名称
个体层面	通勤交通工具
	受教育程度
	是否为常住人口
	工作地点
城市层面	道路密度
	河网密度
	平均坡度
	行政区划面积

附录 6 基于百度指数的检验

附表 7 暴雨冲击与通勤效率：基于百度指数的检验

	年度指数检验			日度指数检验	月度指数检验
	<i>ln hardrainindex</i> (1)	<i>ln congestindex</i> (2)	<i>ln congestindex</i> (3)	<i>ln congestindex</i> (4)	<i>ln congestindex</i> (5)
<i>ln hardrain</i>	0.0925** (0.0362)	0.0794* (0.0471)			
<i>ln hardrainindex</i>			0.6227***	0.0103***	0.0861***

常数项	-0.9657 (2.1086)	-5.1231* (2.9257)	(0.0840) -4.2930* (2.3328)	(0.0014) 0.6299*** (0.0014)	(0.0111) 3.4908*** (0.0563)
样本数	2 617	2 617	2 617	972 952	31 968
拟合优度	0.8599	0.8494	0.8781	0.3775	0.6199
样本期	2011-2019	2011-2019	2011-2019	2011-2019	2011-2019

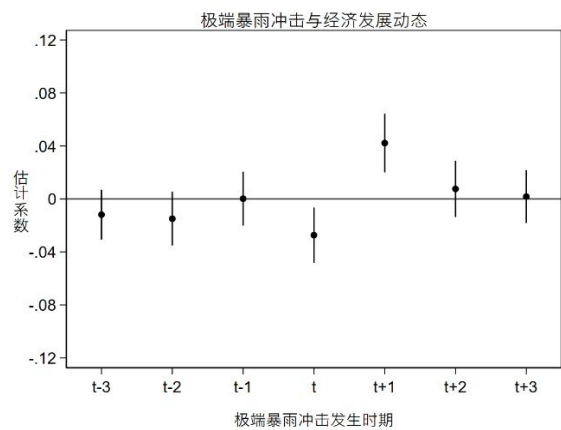
注：表中括号内为聚类到城市的标准误，第（1）-（3）列控制了城市年度 GDP 对数值和城市-年份固定效应，第（4）列控制了城市-日度固定效应，第（5）列控制了城市-月度固定效应。

附录 7 暴雨冲击与工业企业生产效率

附表 8 暴雨冲击与工业企业生产效率

	<i>tfp_lp</i> (1)	<i>tfp_op</i> (2)	<i>ln iav</i> (3)	<i>tfp_lp</i> (4)	<i>tfp_op</i> (5)	<i>ln iav</i> (6)
<i>ln indhardrain</i>	-0.0027** (0.0011)	-0.0031*** (0.0011)	-0.0032*** (0.0011)	-0.0028*** (0.0009)	-0.0033*** (0.0009)	-0.0034*** (0.0009)
常数项	5.4375*** (0.0058)	6.4925*** (0.0058)	8.3580*** (0.0060)	5.7773*** (0.0045)	6.8645*** (0.0045)	8.7737*** (0.0046)
样本数	1513633	1 511 951	1 513 637	1 503 407	1 501 512	1 503 413
拟合优度	0.7461	0.7809	0.8306	0.7446	0.7798	0.8300
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
行业×年份固定效应	No	No	No	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本期	2001—2007	2001—2007	2001—2007	2001—2007	2001—2007	2001—2007

注：表中括号内为聚类到企业的标准误 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1。



附图 1 极端暴雨冲击与经济发展动态