

天气冲击、交通条件和社会冲突^{*}

——基于清代的历史证据（1736—1910）

蔡 杨¹ 赵劲松² 何石军³

（1. 中国人民大学经济学院 北京 100872）

（2. 西南财经大学经济学院 四川成都 611130）

（3. 武汉大学经济与管理学院 湖北武汉 430072）

摘 要：天气冲击是导致社会冲突的主要原因之一，交通条件可能对该因果关系产生异质性影响。本文对1736—1910年的府级面板数据进行检验，结果表明，交通条件能够显著抑制天气冲击引发的农民叛乱。进一步的机制检验表明，在发生天气冲击时，交通条件较好的地区更容易通过贸易获得外界的粮食，从而可以缓解粮食短缺问题。这一结果在替换估计方法和度量指标、对子样本进行回归和增加控制变量之后仍然稳健。

关键词：交通条件 社会冲突 天气冲击 农民叛乱

中图分类号：F129 **JEL 分类号：**N45 D40 O53

一、引 言

近年来，对天气冲击和社会冲突的联系进行因果识别是经济学文献关注的重点之一。大部分研究发现极端天气会引发社会冲突（Miguel 等，2004；Bai 和 Kung，2011），但由于影响社会冲突的因素十分复杂，不同时空下国家的能力、地区的自然资源禀赋不同，对于极端天气引发冲突的因果机制经验研究尚未得出一致结论。针对撒哈拉以南非洲国家的研究指出，天气冲击会影响人口规模并对内战产生影响（Brückner，2010）；针对哥伦比亚内战的研究则发现天气冲击带来的价格变动对社会冲突的影响是不确定的（Dube 和 Vargas，2013）。由此可见，不同时空背景下天气冲击与社会冲突的因果关系和机制仍需进一步研究。

中国地理环境复杂，气象灾害多发。部分研究发现旱灾会加剧游牧民族与中原汉族之间的冲突（Bai 和 Kung，2011），而气温和降雨量的变化也会导致农业社会内部不稳定（孙程九和张勤勤，2019）。有的研究则注意到在同样的天气冲击下，不同时期的社会冲突受到了一些异质性因素的影响，例如儒家文化可以源自农民叛乱概率（Kung 和 Ma，2014）；红薯和玉米等美洲作物引种有助于减少社会冲突（Jia，2014；陈永伟等，2014）。

总体来看，已有文献从多个角度讨论了不同历史时期极端天气和社会冲突之间的因果关系，但对交通条件和社会冲突之间的关系进行系统实证检验的文献较少。当发生天

^{*} 赵劲松感谢国家社科基金重大项目“近代中国经济指数资料整理及数据库建设”（项目编号：16ZDA132）对本研究的资助；何石军感谢教育部人文社科项目“宗族历史、文化规范与中国家庭的资产选择：理论与实证研究”（项目编号：19XJC790007）对本研究的资助。作者感谢匿名审稿人提出的宝贵建议，文责自负。

气冲击时，交通较便利的地区可以通过民间粮食贸易较容易地获得外界的粮食，缓解当地粮食短缺，可能会抑制冲突，这与传统社会对赈灾活动的重视逻辑一致。在清代中国，交通条件对农民叛乱的抑制作用无法忽视：一方面是政府难以有效地应对频繁的天气冲击（弗里斯，2018），另一方面是依赖交通条件的民间粮食贸易在赈灾中发挥重要作用（魏丕信，2006；李明珠，2016）。同时，清代中国疆域辽阔，各个区域之间交通条件表现出较大的差异性。基于此，本文关注粮食贸易所依赖的交通条件缓解天气冲击、抑制农民叛乱的作用，并通过构建 1736—1910 年府级面板数据来识别这一作用。之所以关注农民叛乱这一类型的社会冲突，是因为农民叛乱的逻辑相对简单，更易于识别交通条件和天气冲击的影响。其他类型的冲突，如革命活动和教案等，更容易受到其他因素的影响。机制检验表明，交通条件缓解了天气冲击造成了粮食短缺问题。由于影响冲突的因素很多，例如国家能力和人口等，本文在稳健性检验部分也对这些可能因素进行了排除。

本文从以下两个方面拓展了已有文献：一方面，本文提供了一个认识社会冲突的新视角，并通过实证分析证明了交通条件具有抑制农民叛乱的作用。我们发现，交通条件较好的地区在面临不利的天气冲击时更容易获得外界的粮食，从而可以有效缓解粮食短缺造成的农民叛乱。另一方面，在一般意义上，本文丰富了现有的有关天气冲击、价格冲击与社会冲突因果识别的研究（Dube 和 Vargas，2013）。

本文其余部分结构如下：第二部分对论文的历史背景进行了概述，第三部分详细介绍了本文的数据来源和变量说明，第四部分汇报了主要实证结果，第五部分是机制检验，第六部分是稳健性检验，最后对全文进行了总结。

二、历史背景

农业是前现代社会最重要的经济部门，但非常容易受到天气冲击的影响。当自然灾害造成粮食短缺时，人们很有可能为了获得维持生存的粮食而进行叛乱活动。

（一）清代粮食贸易与赈灾活动

传统的农业社会，对农业生产影响最大的极端天气应属旱灾（何炳棣，2000）。与水灾相比，旱灾的影响范围更大（李明珠，2016）。当极端天气引发灾害时，提供足够的粮食成为政府和社会共同的难题。那么，民间粮食贸易在赈灾活动中扮演何种角色？

旱灾会造成灾区粮价上涨，这会吸引商人向灾区输送粮食。清朝政府已经认识到粮食贸易应对天气冲击的作用，因此有意识地维护粮食的自然流通（魏丕信，2006）。比如，1738 年长江下游遭受旱灾，为了保障灾区的粮食供应，政府对运往灾区贩卖粮食的船只给予免税优惠^①；1776 年甘肃旱灾，政府也采取了类似的措施^②，即所谓的“举行通商转运之法，广致米谷，惠我烝黎”^③。此外，自 18 世纪 40 年代，政府很少发放实物赈济，而是向灾民发放制钱提高他们的购买力，使得私人商业部门自发地向灾区输送粮食（魏丕信，2006）。但是在不同地区市场的作用是不同的：当发生不利天气冲击时，在交通便利的地区市场机制可以迅速发挥作用，而偏远闭塞的地区则恰恰相反（魏丕信，

① 乾隆帝谕旨指出：“凡商贩米船过关时，询明前往被灾各邑售卖者，给予印照，免其纳税”，参见《清高宗实录》第七十九卷。

② 《清高宗实录》第一千零一十卷。

③ 《清高宗实录》第七十九卷。

2006; 李明珠, 2016)。

相比于民间粮食贸易对自然灾害冲击的缓解作用, 政府的赈灾能力相对有限。在 18 世纪中国的人均税赋是英国的 1/18, 且人均公务员数量仅为后者的 1/30 (弗里斯, 2018)。18 世纪中叶, 民间粮食贸易较发达, 清朝政府将官方的粮食储备数量降至一个较低水平。1840 年后, 清政府面临各方面的挑战, 不可能组织起资源来进行赈灾活动, 使得一些赈灾制度在清代晚期作废 (魏丕信, 2006)。

(二) 交通条件与粮食贸易

清政府对对外贸易和少数商品 (如盐、铁) 的贸易实行干预, 对其他国内商品贸易主要采取自由放任政策 (弗里斯, 2018)。全国性的商品市场已经形成, 其中粮食贸易是重要组成部分。长江下游地区成为全国的粮食消费和转运中心, 发达的长距离贸易网络解决了不少地区的粮食不足问题 (吴承明, 2001)。

交通条件对粮食市场发展程度具有十分重要的意义 (Evans, 1984; 何石军等, 2020)。在清代, 水路交通成本远低于陆路交通成本: Evans (1984) 估计, 在 18 世纪后期中国的陆运成本是水运成本 1.5—5.5 倍。这种差异使得陆路运输处于辅助地位, 各地区的市场贸易主要受水路交通情况的影响, 水运发达地区的市场一体化程度较高 (李明珠, 2016)。Shiue (2002) 利用粮价数据估计出水运不便地区的贸易联系只限于 800 公里以内, 水运较发达地区的贸易联系可达 1 100 公里。颜色和刘丛 (2011) 也发现在水路交通便利的中国南方其市场整合程度高于水路交通不便的北方。

上述主要为 1840 年以前交通条件和粮食贸易的情况, 那么 1840 年以后的情况是怎样的呢? 由于西方新制度的引进和新式交通通信技术的传播, 晚清的商品市场得到了迅速发展。一个重要的制度变化是西方的制度通过通商口岸进入中国, 促进了国内商品市场的整合, 这一效应在河流运输便利的地区更加显著 (李嘉楠等, 2019)。近代的内河航运里程在 5 万公里以上, 这与 1840 年以前的情况相当 (吴承明, 2001), 但随着清末铁路建设的发展, 交通成本显著降低, 粮食贸易得到很大促进。总体来说, 1840 年前后的中国, 粮食贸易是比较繁荣的, 且主要依赖于以水运为主的交通条件, 这为本文的研究提供了较好的历史情境。

三、数据和变量

本文使用的面板数据涵盖 1736—1910 年中国 252 个府。这些府位于长城以南、青藏高原以东, 是清王朝统治的核心地区, 具有较好的代表性。

(一) 社会冲突

文献对于社会冲突有不同定义, 包括民族战争、对外战争和革命活动等。本文关注的社会冲突为农民叛乱, 具体指农民以推翻现政权为目标的暴力活动, 这在史料中通常以“起义”、“起事”等词进行描述。^① 农民叛乱的大小规模不等, 一些较大的农民叛乱通常会有多次较大的战役, 并且除了叛乱初期, 叛乱中后期的战役大都受到军事战略的影响。因此本文只记录每次农民叛乱最开始发生的时间和地点。本文将变量“农民叛

^① 本文讨论的农民叛乱不包括: 清朝政府与外国的战争 (如乾隆征缅甸、鸦片战争等), 中央政府和地方政府的对抗 (如两次金川战役等), 清末革命党的活动 (如黄花岗起义等), 农民的抗租抗税活动, 也不包括 1895 年后台湾地区被日本占领后当地人民反抗殖民统治的武装斗争等。

乱”定义为：若某年某府发生农民叛乱，则赋值为1；反之，则为0。

本文使用的农民叛乱的数据整理自《中国历代战争年表》（中国军事史编写组，2003）、《中国历史大事年表》（沈起炜，1983）以及《中外战争战役大辞典》（陈显泗，1992），这三本专著都记录了农民叛乱中爆发战役的时间和地点，且相互补充。对一些叛乱的重复记录，本文只将其记为一次叛乱。其中，45.6%的叛乱出现在1840—1870年，43.3%的府在1736—1910年间至少爆发过一次农民叛乱。

（二）交通条件

本文选取各府的河流密度作为交通条件的代理变量，河流密度越大的府交通条件越好。河流密度指单位面积上的河流长度，本文基于CHGIS（2007）提供的清代各府河流长度和面积数据得到该变量。选取河流密度作为衡量指标的依据如下：第一，前现代社会中，交通成本在很大程度上决定着商品流通的便利程度，交通成本越低的地区市场发展越好，市场整合程度也越高（Evans，1984）。由于陆运成本远高于水运，因此水运较发达地区的市场一体化程度较高（李明珠，2016）。实证研究也发现水路交通成本低廉的地区贸易更发达、市场整合程度更高（Shiue，2002；颜色和刘丛，2011）。第二，该指标具有较强的外生性。因此，河流密度是一个良好的度量交通条件的指标。

本文还使用了另一个交通条件的度量指标：最长河流的密度，即一府中最长河流的长度与该府面积之比。基准回归将一府中所有河流的长度与面积之比作为交通条件的代理变量，但由于一些较短较小的河流可能不具备通航能力，因此有必要单独考察主要河流的影响。该变量数据来自CHGIS（2007）。

此外，驿路既可能是粮食运输的途径之一，也能用于粮价和叛乱信息的传递及军队行军。因此，本文从《明代驿站考：增订本》（杨正泰，2006）中获得《二京至十三布政司主要驿路图》，并将这些主要驿路匹配至1820年行政区划上，得到新变量“驿路”：若某府有主要驿路经过，则该变量取值为1；否则取值为0。由于一些主要驿路是水路，为避免和水路交通条件产生较高相关性，本文还设置了变量“驿路（不含水路）”：若某府有陆路有驿路经过且不位于长江大运河沿线，则该变量取值为1，否则取值为0。^①

（三）天气冲击与粮食短缺

（1）天气冲击。旱灾是传统农业社会面临的最严重的自然灾害（何炳棣，2000），因此本文用降雨量作为天气冲击的度量指标，数据来自《中国近五百年旱涝分布图集》（中央气象局气象科学研究所，1981）。该图集提供了自1470年以来大约500年120个观测站点的年度降雨量情况，并将降雨量分为五级，对应的数字编码为1—5。^②该数值越大，说明降雨量越小。有关中国历史上社会冲突的实证研究已经发现较低的降雨量容易引起各种形式的战争（Bai和Kung，2011；孙程九和张勤勤，2019）。^③因此本文将降雨

① 此处感谢匿名审稿人的建议。

② 由于本文将降雨等级作为天气冲击的代理变量，为行文方便，在数据介绍和实证部分不再区分“降雨”和“天气”。

③ 与涝灾相比，旱灾对传统农业造成负面冲击更严重，可能原因在于后者影响的时空范围更大。在时间方面，涝灾可在数天甚至数小时内结束，旱灾可持续数月甚至一年以上（魏丕信，2006）；在空间方面，涝灾影响地区通常是狭长地带，而旱灾则是大范围出现的，正如民间谚语所说“水荒一线，旱荒一片”（李明珠，2016）。此外，涝灾可能给农业生产带来益处：受洪水浸泡的土地通常会更加肥沃，下一季农作物可能会有更好的收成（李明珠，2016）。

量原始数字编码作为天气的度量指标,并将距离每个府最近观测点的降雨量数值作为该府的降雨量。本文也设置了两个虚拟变量表示旱涝灾害。“旱灾”,若出现4、5级降雨,则取值为1,否则取值为0;“涝灾”,若出现1、2级降雨,则取值为1,否则取值为0。

(2) 粮食短缺。自然灾害通常会造成粮食减产进而粮价飞涨,因此本文将粮价涨幅作为粮食短缺的代理变量。粮价涨幅越高,粮食短缺现象越严重。粮价涨幅指当期粮价与滞后一期粮价之差与滞后一期粮价的比,数据来自台湾地区“中研院”的“清代粮价资料库”。^①考虑到各地主要粮食品种和数据完整性,本文分别选取小麦和中米的府级月度价格,将各府12个月中的最高价和最低价作算术平均得到府级年度均价,并通过个体固定效应控制粮食品种差异。

(四) 影响社会冲突的其他因素

(1) 国家能力。叛乱和政府赈灾活动可能受国家能力的影响。一般而言,离首都越远的地区国家能力越薄弱(Sng, 2014),因此本文将各府府城到首都的距离作为国家能力的代理变量,该数据来自CHGIS(2007)。此外,国家能力也受各地区行政级别的影响,省会的国家能力通常强于其他地区,因此本文定义了变量“省会”:若某府是省会所在,则赋值为1;否则赋值为0。政府还可能利用常平仓干预粮食供给。本文从《钦定户部则例(乾隆朝)》中获得了各府常平仓粮食储量的数据,并根据该档案中关于粮食品种折算的规定,将计量单位均折算为“谷”。^②

(2) 经济发展水平。清代尚不存在系统的GDP或收入数据,本文沿用已有文献的做法,使用人口来度量经济发展水平(孙程九和张勤勤, 2019)。人口会影响粮食的供给和需求,并且人口压力是可能导致社会冲突的原因之一(Brückner, 2010)。人口数据来自曹树基(2001),本文选取1776年、1820年、1851年、1880年和1910年各府人口数量,对其取对数后插值再取反对数。^③

(3) 儒家文化。Kung和Ma(2014)发现儒家文化可以抑制农业歉收带来的叛乱,因此有必要将儒家文化的影响纳入稳健性检验。本文参考Kung和Ma(2014)的方法,用儒庙和烈女的数量衡量儒家文化的强弱,这些数据均来自嘉庆重修《大清一统志》。

(4) 社会流动性,本文采用各地府学学额和书院数量来度量。Bai和Jia(2016)发现,清末废除科举制度带来的社会流动性降低会导致人们参加反清革命。本文参考Bai和Jia(2016)的方法,将府学学额作为社会流动性的代理变量。此外,本文还使用各地区书院数量来度量社会流动性。这些数据来自嘉庆重修《大清一统志》。

(5) 近代西方的影响。1840年后,传统中国社会面临来自西方的冲击,本文通过两个指标对此进行控制:各府到海岸线的距离和是否是通商口岸。由于近代西方的影响大都是从沿海进入内地,因此到海岸线距离越近受到西方的影响越大,该数据来自CHGIS(2007)。通商口岸也对中国产生了重要影响(李嘉楠等, 2019),本文设定变量“通商口岸”为:若某年某府是通商口岸,则赋值为1;反之赋值为0。该数据来自严中平等(2012)。

(6) 铁路。颜色和徐萌(2015)发现铁路凭借其低廉的交通成本促进了粮食贸易的发展,因此本文需要控制铁路的影响。铁路数据来自严中平等(2012),若某年某府已经

① 清代粮价资料库, <http://mhdb.mh.sinica.edu.tw/foodprice/>。

② 此处感谢匿名审稿人的建议。

③ 这种插值方法使得相邻两个原始人口数据间的增长率保持不变;我们将1736—1775年的人口数据赋值为1776年的人口数据。

开通了铁路，则该变量取值为 1；反之则为 0。

本文所使用变量的描述性统计表 1 所示。

表 1 描述性统计

变量名	观测值	均 值	标准差
农民叛乱 (0—1)	43 225	0. 005	0. 070
河流密度 (千米/平方千米)	43 225	0. 056	0. 028
最长河流的密度 (千米/平方千米)	43 225	0. 017	0. 010
天气 (等级)	34 393	2. 883	1. 042
旱灾 (0—1)	34 393	0. 258	0. 437
涝灾 (0—1)	34 393	0. 350	0. 477
粮价涨幅	35 705	-0. 003	0. 126
到首都的距离 (千米)	43 225	1 206. 026	558. 705
省会 (0—1)	43 225	0. 069	0. 253
常平仓储量 (万石, 谷)	43 225	11. 773	10. 102
人口 (千人)	43 225	1 406. 259	1 240. 020
儒庙 (个)	43 050	12. 764	10. 699
烈女 (个)	42 875	324. 820	558. 019
学额 (个)	43 050	17. 390	12. 082
书院 (个)	43 050	5. 923	4. 555
到海岸线的距离 (千米)	43 225	490. 587	341. 140
通商口岸 (0—1)	43 225	0. 022	0. 145
铁路 (0—1)	43 225	0. 007	0. 083

四、基准回归

本文对天气冲击和农民叛乱的关系进行实证检验，并说明这一关系是否会因为地区交通条件的不同而发生变化。基准回归模型如下：

$$Rebellion_{it} = a_1 + b_1 Riverden_i \times Weather_{it} + b_2 Weather_{it} + s_i + l_t + trend_{it} + e_{it} \quad (1)$$

其中， $Rebellion_{it}$ 表示 i 府第 t 年是否爆发农民叛乱； $Riverden_i$ 是 i 府的河流密度； $Weather_{it}$ 是 i 府第 t 年的天气情况，取值范围在 1 到 5 之间，数值越大表示降雨量越少；系数 b_2 捕捉了除交互项外天气对农民叛乱的影响；系数 b_1 是本文关注的重心，它捕捉了交通条件对天气冲击的缓冲作用，故预期 b_1 为显著负数； s_i 是府级（个体）固定效应， l_t 是年份固定效应； $trend_{it}$ 是府级异质的时间趋势，即府级固定效应与时间趋势的交互项，用以控制每个府不同的随时间变化的因素； a_1 为常数项， e_{it} 是随机扰动项。

在估计方法上，虽然被解释变量是 0—1 虚拟变量，但是普通最小二乘法（OLS）估计得到的平均边际效应与 Probit 等限制因变量模型相近，并且 OLS 对随机扰动项的假设相对宽松。此外，天气和河流密度具有较强的外生性，这也为使用 OLS 提供了前提。因此，本文的基准回归采用 OLS 进行估计，结果如表 2 所示。

表 2 考察了交通条件缓冲天气冲击、抑制农民叛乱的作用。从面板 A 第（1）、（2）列可以看到，河流密度与天气交互项的系数一直是负向显著的，初步验证了良好的交通条件能够缓冲降雨量的减少对农民叛乱的影响。第（3）列单独考察了天气的影响，结论与第（1）、（2）列一致，说明降雨量减少能够显著增加农民叛乱。第（4）列单独考察了河流密度的影响，结果显示，即便在不考虑天气冲击的情况下，河流密度与农民叛乱

的负相关关系仍然显著。

上述交通条件的缓冲作用还具有经济意义上的显著性。以第（2）列为例，河流密度与天气交互项的系数是-0.024，意味着在天气等级的均值（2.883）附近，河流密度每上升一个标准差（0.028），农民叛乱的概率会下降0.002，这大约相当于农民叛乱均值（0.005）的40%。^①这个结果表明，粮食贸易所依赖的交通条件能够显著减少天气冲击带来的农民叛乱。^②由于天气和河流密度均是外生的，因此基准回归的估计结果具有大样本下的一致性。

但上述结果还可能受到一些异质性因素的影响。面板A第（5）、（6）列报告了异质性检验的结果，这两列划分了南北方两个样本。^③之所以这样划分，是由于南方的河流运输能力优于北方（颜色和刘丛，2011），因此南方的河流对农民叛乱的抑制作用可能会更强。与面板A第（2）列的基准回归结果相比，第（5）列交互项系数的绝对值出现上升，而第6列的交互项系数绝对值出现下降，并且不显著，这印证了颜色和刘丛（2011）的观点。^④

天气与冲突的关系可能是非线性的，因此面板B设置了两个虚拟变量：旱灾和涝灾。面板B的结果显示，旱灾对农民叛乱存在显著的正向影响，但涝灾对农民叛乱的影响不显著。另外，河流密度只能缓冲旱灾的冲击，对涝灾与农民叛乱的关系无影响。面板B的结果表明，将线性的天气等级作为解释变量是合理的。

表2 基准回归

	面板 A					
	叛 乱					
	全样本 (1)	全样本 (2)	全样本 (3)	全样本 (4)	南方 (5)	北方 (6)
河流密度 × 天气	-0.023 ** (0.012)	-0.024 ** (0.012)			-0.036 ** (0.016)	0.011 (0.025)
天气	0.003 *** (0.001)	0.002 ** (0.001)	0.001 *** (0.000)		0.003 ** (0.001)	0.001 (0.002)
河流密度				-0.043 *** (0.016)		
府级固定效应	Y	Y	Y		Y	Y
时间固定效应	Y	Y	Y	Y	Y	Y
府级时间趋势		Y	Y		Y	Y
观测值	34 393	34 393	34 393	43 225	21 122	13 644
R ²	0.028	0.037	0.037	0.014	0.047	0.043

① $(0.024 \times 2.883 \times 0.028) / 0.005 \times 100\% \approx 40\%$ 。

② 民间粮食贸易和政府赈灾都依赖于交通条件，但在将国家能力的度量指标进行控制后（“附录与扩展”中表A2第（1）列），系数几乎没有发生变化，这说明以河流密度代理的交通条件主要反映了民间粮食贸易的情况而非政府赈灾；此外，虽然基准回归只考察了当期天气的影响，但是控制滞后的天气并不影响回归结果，因篇幅限制未汇报这一结果。

③ 本文将江苏、安徽、浙江、江西、湖南、湖北、四川、云南、贵州、广东、广西和福建等省份的府定义为南方，将其余府定义为北方。

④ 本文还划分了南北方两个子样本来考察天气与叛乱的关系，检验结果显示，在北方天气系数的数值更大且更显著，这意味着北方的干旱会对社会经济造成更严重的冲击。

(续表)

面板 B				
	叛 乱			
	(1)	(2)	(3)	(4)
旱灾 × 河流密度	-0.061 [*] (0.035)	-0.060 [*] (0.034)		
涝灾 × 河流密度	0.020 (0.030)	0.021 (0.031)		
旱灾	0.006 ^{**} (0.003)	0.006 ^{**} (0.003)	0.003 ^{**} (0.001)	0.003 ^{**} (0.001)
涝灾	-0.002 (0.002)	-0.002 (0.002)	-0.001 (0.001)	-0.001 (0.001)
府级固定效应	Y	Y	Y	Y
时间固定效应	Y	Y	Y	Y
府级时间趋势		Y		Y
观测值	34 393	34 393	34 393	34 393
R ²	0.028	0.038	0.028	0.037

注：因篇幅限制，本表未汇报常数项；括号内为在府层面聚类的稳健标准误；***表示 $p < 0.01$ ，**表示 $p < 0.05$ ，*表示 $p < 0.1$ ；后同；本表汇报的估计系数均由 OLS 估计得到。

五、交通条件对天气冲击的缓冲机制

交通条件之所以可以减少天气冲击带来的农民叛乱，可能是因为良好的交通条件可以减轻天气冲击对粮食短缺的影响。机制检验的回归方程如下：

$$Price_growth_{it} = a_2 + b_3 Riverden_i \times Weather_{it} + b_4 Weather_{it} + s_i + l_t + trend_{it} + e_{it} \quad (2)$$

其中， $Price_growth_{it}$ 是 i 府在第 t 年粮价的上涨幅度，代表该府粮食短缺程度。发生天气冲击时交通条件较好的区更容易获得外界的粮食，因此本文预期 b_3 是显著的负数。

表 3 给出了影响机制的回归结果。第 (1)、(2) 列将河流密度与天气的交互项和天气作为解释变量，第 (3)、(4) 列的解释变量只有天气。交互项的系数一直显著为负，表明河流密度较高的地区，降雨量减少造成的粮价上涨幅度会相对较小。天气的系数一直显著为正，表明降雨量减少会带来较严重的粮食短缺。^① 上述结果印证了魏丕信 (2006) 和李明珠 (2016) 的观点：不利天气冲击发生时，在交通便利的地区市场机制可以迅速发挥作用，而在偏远闭塞的地区则相反。^②

表 3 交通条件对粮食短缺的缓解

	粮价涨幅			
	(1)	(2)	(3)	(4)
河流密度 × 天气	-0.108 ^{***} (0.037)	-0.113 ^{***} (0.039)		

① Jia (2014) 发现涝灾也会造成粮价上涨，这可能是由于其使用的是每年 8 月份的粮价数据，而本文使用的是年平均价格数据；本文参考了 Jia (2014) 的方法设置了涝灾虚拟变量，未发现涝灾会造成粮价上涨。

② 本文还使用 OLS 和 2SLS (以河流密度 × 天气、天气为工具变量) 检验了粮价涨幅与叛乱的关系，发现前者对后者存在显著正向影响。这部分内容因篇幅限制未列出。

(续表)

	粮价涨幅			
	(1)	(2)	(3)	(4)
天气	0.014 *** (0.002)	0.015 *** (0.002)	0.008 *** (0.001)	0.008 *** (0.001)
府级固定效应	Y	Y	Y	Y
时间固定效应	Y	Y	Y	Y
府级时间趋势		Y		Y
观测值	28 290	28 290	28 290	28 290
R^2	0.172	0.176	0.171	0.176

注：本表汇报的估计系数均由 OLS 估计得到。

六、稳健性检验

(一) 替换估计方法

农民叛乱作为基准回归的被解释变量，是一个取值为 0 或 1 的虚拟变量。前文只采用了线性模型进行估计，为确保实证结果的稳健性，这里采用限制因变量模型进行回归。表 4 的第 (1)、(2) 列和第 (3)、(4) 分别给出了 Probit 模型和 Logit 模型估计的平均边际效应。由于农民叛乱的概率 (0.005) 较低，第 (5)、(6) 列还采用了可以处理稀有事件偏差的补对数——对数 (Cloglog) 模型。其中第 (1)、(3)、(5) 列中解释变量包括河流密度与天气的交互项和天气，第 (2)、(4)、(6) 列中的解释变量只有天气。交互项和天气的系数分别是负向和正向显著，而且显著性比前文线性模型的估计结果更高。这些结果增强了基准回归的稳健性。

表 4 替换估计方法

	叛 乱					
	Probit (1)	Probit (2)	Logit (3)	Logit (4)	Cloglog (5)	Cloglog (6)
河流密度 × 天气	-0.020 *** (0.007)		-0.020 *** (0.007)		-0.020 *** (0.007)	
天气	0.002 *** (0.001)	0.001 *** (0.000)	0.002 *** (0.001)	0.001 *** (0.000)	0.002 *** (0.001)	0.001 *** (0.001)
观测值	34 393	34 393	34 393	34 393	34 393	34 393

注：本表汇报的是平均边际效应；模型均采用随机效应模型。

(二) 子样本回归

前文的回归结果还存在一种竞争性假说：河流密度还可能代表了一地获得水源的难易程度。当降雨量较低时，容易获得水源的地区（河流密度较大）受到的影响自然会比较小。为排除这一假说，本文将 5 级天气（降雨量最少）的样本剔除后进行回归。如果竞争性假说成立，那么此时交互项系数的绝对值会变小，或变得不显著。回归结果如表 5 第 (1)、(2) 列所示。与全样本相比，剔除 5 级天气的回归中，交互项系数的绝对值有明显上升。这可能是因为降雨量较少削弱了河流的通航能力，导致全样本中河流密度的作用偏小。这一回归结果表明河流密度与获得水源的难易程度无关。

降雨量过多也可能损害河流的运输能力，使得全样本中交互项系数偏小。表 5 第 (3) 列将 1 级天气（降雨量最多）的样本剔除后进行回归，结果与预期一致。第 (4)

列则将 1 级和 5 级天气都剔除，此时系数绝对值与基准回归相比有所上升。此外，一些府的河流密度可能不完全由外生因素决定，比如京杭大运河沿线的府。人工兴建的河流使我们的识别结果存在内生性问题。因此本文将运河沿线地区剔除后进行考察，表 5 第（5）列汇报了回归结果。从中可以看到，剔除运河沿线地区后结果依然稳健。此外，前文将河流密度作为交通条件的代理变量，但后者可能还会受到海运的影响（Shiue, 2002）。为排除海运的干扰，本文将沿海的府从样本中剔除进行回归，结果如表 5 第（6）列所示。此时交互项的系数仍然是高度显著的，且与基准回归相差不大。总之，表 5 的结果都支持基准回归的结论：良好的交通条件可以缓冲天气冲击对农民叛乱的影响。^①

表 5 子样本回归

	叛 乱					
	基准 回归 (1)	剔除 5 级 天气 (2)	剔除 1 级 天气 (3)	剔除 1、 5 级天气 (4)	剔除运河 沿线 (5)	剔除沿海 地区 (6)
河流密度 × 天气	-0.024 ** (0.012)	-0.038 ** (0.016)	-0.026 * (0.014)	-0.051 ** (0.021)	-0.024 * (0.013)	-0.023 * (0.012)
天气	0.002 *** (0.001)	0.004 *** (0.001)	0.003 ** (0.001)	0.005 *** (0.002)	0.002 *** (0.001)	0.002 *** (0.001)
府级固定效应	Y	Y	Y	Y	Y	Y
时间固定效应	Y	Y	Y	Y	Y	Y
府级时间趋势	Y	Y	Y	Y	Y	Y
观测值	34 393	31 999	31 151	28 757	31 487	29 346
R ²	0.037	0.039	0.039	0.041	0.038	0.038

注：本表汇报的估计系数均由 OLS 估计得到。

（三）其他度量指标^②

基准回归将一府中所有河流的长度与面积之比作为交通条件的代理变量，但可能不是所有河流都有通航能力。因此本文将一府中最长河流的密度作为交通条件度量指标进行检验。结果表明以最长河流的密度来度量交通条件时，交通条件仍然可以缓解粮食短缺问题，显著减少天气冲击带来的农民叛乱。

粮食可能通过驿路运输，并且驿路还可用于政府传递信息和镇压叛乱，我们对此进行了检验。结果考察了“驿路”的影响，但由于部分驿站是水路驿站，为单独考察陆路交通条件的影响，我们将“驿路”替换为“驿路（不含水路）”。估计结果显示，“驿路”和“驿路（不含水路）”的影响都是不显著的，并且其交互项系数数值十分接近 0，但河流密度与天气交互项的系数一直保持显著。这一结果意味着，主要驿路或者陆路交通条件没有发挥抑制叛乱的作用，本文考察水路交通条件是合理的。^③

（四）其他影响因素^④

本文还考察除交通条件之外的其他因素对基准回归的干扰，这些因素大都是在现有

① 由于不少农民叛乱分布在西南西北，我们还尝试将甘肃、四川、云南、广西和贵州剔除进行重新估计，估计结果与基准回归相似。感谢匿名审稿人指出这一点。

② 因篇幅所限，本文省略了其他度量指标的回归结果，感兴趣的读者可在《经济科学》官网论文页面“附录与扩展”栏目下载。

③ 驿路既代表国家能力（传递信息和军队行军），又代表陆路交通条件。由于本文关注水路交通条件，这里没有进一步考察驿路所代表的国家能力和陆路交通条件各自的影响。

④ 其他影响因素的估计结果请见《经济科学》官网“附录与扩展”。

研究中已经发现的可能影响冲突或粮食贸易的因素。我们分别将国家能力（到首都的距离、省会和常平仓储量）、经济发展（人口）、儒家文化（儒庙、烈女）、社会流动性（学额、书院）、近代西方影响（到海岸线的距离、通商口岸）和铁路等变量的影响纳入回归方程，同时还控制了上述所有因素进行回归。^①

从实证结果我们可以看到，在考虑其他因素对农民叛乱的影响后，河流密度与天气的交互项和天气的系数没有发生较大变化。交互项的系数一直是显著的负数。回归结果说明，国家能力、经济发展、儒家文化、社会流动性、近代西方影响和铁路等因素没有对本文的基准回归产生较大干扰。以河流密度衡量的交通条件仍然能够显著减少天气冲击带来的农民叛乱。^②

（五）其他难以量化的因素

第一，美洲作物可能影响叛乱（陈永伟等，2014；Jia，2014）。据咸金山（1988）的研究，玉米于16世纪进入中国，在本文研究的时间段内（1736—1910），玉米已经遍布内地十八省，因此是否种植玉米对本文的结果不存在干扰；而红薯的种植时间比玉米稍晚，但在1768年以前就已经遍布内地，且1750年以前已经有15个省种植红薯（陈树平，1980）。故在本文研究的时间段内，是否种植玉米和红薯对农民叛乱的影响是很小的。从另一个方面来说，能够抑制农民叛乱的玉米和红薯通常种植在偏僻地区（陈永伟等，2014；Jia，2014），这类似于本文提到的河流密度较小的地区。因此实际的系数应该比估计值更小（绝对值更大），这种偏误不会对回归结论产生较大影响。玉米和红薯只会使本文对交通条件抑制农民叛乱的作用处于实际水平的下限。

第二，交通条件还可能影响叛乱的组织。叛乱会面临集体行动的困境：由于协调成本或者搭便车问题，很可能出现大家都希望叛乱但最终没有人叛乱的局面。如果潜在的叛乱领导者前往其他地区组织当地农民进行叛乱，由于双方互不了解且语言、风俗、文化等存在差异，叛乱的组织、协调成本非常高，搭便车现象会很严重，叛乱领导者在外地组织农民叛乱是十分困难的。另外，如果这个机制发挥了重要作用，那么检验结果应该发现河流密度较高的地区更容易出现叛乱，这与估计结果相反。这意味着相对于缓解粮食短缺的机制来说，交通条件方便叛乱组织的机制没有产生重要影响。

至此，本文从估计方法、子样本回归、其他度量指标和其他影响农民叛乱的可能因素对基准回归结果进行了检验，并定性分析了美洲作物和叛乱组织问题，这些检验和分析结果都表明了我们结论的稳健性。

七、结 论

理解社会冲突产生的原因是现代社会科学的重要研究话题。研究者对世界上不同地区和国家出现的不同类型冲突的分析表明，天气冲击往往会引发社会冲突，但这一因果关系可能因时因地而异。本文使用清代中后期1736—1910年的府级面板数据检验了交通

① 对有时变的变量（人口、通商口岸和铁路），我们加入了这些变量及其与天气的交互项；对其余无时变的变量，我们只加入了这些变量与天气的交互项。

② 值得一提的是，民间粮食贸易和政府赈灾都可能依赖于河流运输。但在控制了国家能力变量后，河流密度与天气的交互项系数（-0.032）与基准回归（-0.024）相比，没有发生较大变化。这说明河流密度主要反映了民间粮食贸易的作用，而非政府赈灾。

条件缓解天气冲击、抑制农民叛乱的作用。实证结果表明,不利的天气冲击会导致粮食短缺,具备良好交通条件的府可以缓解当地粮食供给约束,从而减少农民叛乱。

在以往文献中交通条件在社会冲突中的作用讨论相对较少,一方面由于历史数据可得性较低,另一方面需要有设定恰当的历史情境。这不仅要求依赖于交通条件的粮食贸易在社会经济生活中占有重要地位,而且还需要其他因素对社会冲突的影响比较小。这些因素中十分重要的一个方面是国家能力,因为政府通常是赈灾的主体,积极的赈灾行动也会缓解社会冲突。清代发达的粮食贸易和清朝政府相对有限的赈灾能力为我们进行这一研究提供了可能,本文首次实证考察了交通条件抑制社会冲突的作用,为理解历史上农民叛乱的发生提供了新的视角。

在全球气候变化的背景下,如何应对极端天气、维持社会稳定成为关乎人类福祉的全球性议题。本文的发现证明,良好的交通条件对应对自然灾害、实现社会稳定有积极作用。因此,对于政策制定者而言,改善交通条件是全球气候变化背景下维持社会稳定的一个可能选项。

本文的结论也存在一定局限性。首先,本文采用河流密度度量水路交通条件,但基于此的水路交通工具可能在研究时间段(1736—1910)发生变化,这意味着水路交通条件(河流密度)所产生的作用会因时间而异。此外,除农民叛乱外,清代的社会冲突还包括革命活动、教案、中央政府与地方政府的战争(如两次金川战役)和中国与外国的战争(如鸦片战争)等。不同类型社会冲突的成因存在较大差异,如近代的革命活动可能更容易受到西方政治思想传播、留学生归国和国内外通信组织因素的影响,交通条件和天气冲击的交互影响可能十分微弱。本文的发现可能更适用于农民叛乱这种容易被粮食短缺引发的社会冲突,其他社会冲突是否或在多大程度上受到交通条件和天气冲击的交互影响尚需进一步研究。

参考文献:

1. 曹树基:《中国人口史(第5卷)》[M],复旦大学出版社,2001年。
2. 陈树平:《玉米和番薯在中国传播情况研究》[J],《中国社会科学》1980年第3期,第187—204页。
3. 陈显泗:《中外战争战役大辞典》[M],湖南出版社,1992年。
4. 陈永伟、黄英伟、周羿:《“哥伦布大交换”终结了“气候—治乱循环”吗?——对玉米在中国引种和农民起义发生率的一项历史考察》[J],《经济学》(季刊)2014年第3期,第1215—1238页。
5. 弗里斯:《国家、经济与大分流:17世纪80年代到19世纪50年代的英国和中国》[M],中信出版集团,2018年。
6. 何炳棣:《明初以降人口及其相关问题(1368—1953)》[M],生活·读书·新知三联书店,2000年。
7. 何石军、蔡杨、高明:《清代前期交通成本与粮食市场整合的再估计——基于第二次金川之役自然实验的量化考察》[J],《经济科学》2020年第4期,第125—136页。
8. 李嘉楠、代谦、庄嘉霖:《开放、市场整合与经济空间变迁:基于近代中国开埠的证据》[J],《世界经济》2019年第9期,第27—51页。
9. 李明珠:《华北的饥荒:国家、市场与环境退化》[M],人民出版社,2016年。
10. 沈起炜:《中国历史大事年表·古代史卷》[M],上海辞书出版社,1983年。
11. 孙程九、张勤勤:《气候变迁、政府能力与王朝兴衰——基于中国两千年来历史经验的实证研究》[J],《经济学》(季刊)2019年第1期,第311—336页。
12. 魏丕信:《十八世纪中国的官僚制度与荒政》[M],江苏人民出版社,2006年。
13. 吴承明:《中国的现代化:市场与社会》[M],生活·读书·新知三联书店,2001年。
14. 咸金山:《从方志记载看玉米在中国的引进和传播》[J],《古今农业》1988年第1期,第99—111、

- 118 页。
15. 严中平等:《中国近代经济史统计资料选辑》[M], 中国社会科学出版社, 2012 年。
 16. 颜色、刘丛:《18 世纪中国南北方市场整合程度的比较——利用清代粮价数据的研究》[J], 《经济研究》2011 年第 12 期, 第 124—137 页。
 17. 颜色、徐萌:《晚清铁路建设与市场发展》[J], 《经济学》(季刊) 2015 年第 2 期, 第 779—800 页。
 18. 杨正泰:《明代驿站考: 增订本》[M], 上海古籍出版社, 2006 年。
 19. 中国军事史编写组:《中国历代战争年表》[M], 解放军出版社, 2003 年。
 20. 中央气象局气象科学研究院:《中国近五百年旱涝分布图集》[M], 地图出版社, 1981 年。
 21. Bai, Y., Kung, J., 2011, “Climate Shocks and Sino-nomadic Conflict” [J], *Review of Economics and Statistics*, Vol. 93, No. 3: 970-998.
 22. Bai, Y., Jia, R. X., 2016, “Elite Recruitment and Political Stability: The Impact of the Abolition of China’s Civil Service Exam” [J], *Econometrica*, No. 84, No. 2: 677-733.
 23. Brückner, M., 2010, “Population Size and Civil Conflict Risk: Is There a Causal Link?” [J], *The Economic Journal*, Vol. 120, No. 544: 535-550.
 24. CHGIS, 2007, www.fas.harvard.edu/~chgis/, Harvard Yenching Library.
 25. Dube, O., Vargas, J., 2013, “Commodity Price Shocks and Civil Conflict: Evidence from Colombia” [J], *Review of Economic Studies*, Vol. 80, No. 4: 1384-1421.
 26. Evans, L., 1984, “Junks, Rice and Empire: Civil Logistics and the Mandate of Heaven” [J], *Historical Reflections/Reflexions Historiques*, Vol. 11, No. 3: 271-313.
 27. Jia, R. X., 2014, “Weather Shocks, Sweet Potatoes and Peasant Revolts in Historical China” [J], *The Economic Journal*, Vol. 124, No. 575: 92-118.
 28. Kung, J., Ma, C., 2014, “Can Cultural Norms Reduce Conflicts? Confucianism and Peasant Rebellions in Qing China” [J], *Journal of Development Economics*, Vol. 111: 132-149.
 29. Miguel, E., Satyanath, S., Sergenti, E., 2004, “Economic Shocks and Civil Conflict: An Instrumental Variables Approach” [J], *Journal of Political Economy*, Vol. 112, No. 4: 725-753.
 30. Shiue, C., 2002, “Transport Costs and the Geography of Arbitrage in Eighteenth-Century China” [J], *American Economic Review*, Vol. 92, No. 5: 1406-1419.

Weather Shocks, Transport Conditions and Social Conflicts: Evidence from the Qing Dynasty of China (1736-1910)

Cai Yang¹, Zhao Jinsong², He Shijun³

(1. School of Economics, Renmin University of China)

(2. School of Economics, Southwestern University of Finance and Economics)

(3. Economics and Management School, Wuhan University)

Abstract: Weather shock is one of the main causes of social conflicts, and transport conditions may have heterogeneous effects on this causal relationship. Based on the prefecture-level panel data from 1736 to 1910, this paper tested the relationship and the results showed that the transport conditions could significantly inhibit the peasant rebellions caused by weather shocks. Further mechanism test showed that in the event of weather shocks, prefectures with better transport conditions were more likely to obtain external food through trade, which alleviated the problem of food shortage. This result was still robust after the replacement of the estimation method and the measurement index, regression for sub-samples, and the adding of control variables.

Keywords: transport conditions; social conflicts; weather shocks; peasant rebellions

JEL Classification: N45; D40; O53