

疫苗接种、人力资本积累及其经济收益

何凡 王姣 黄炜

目录

附录 I 排除同期干扰因素稳健性检验.....	1
附录 II 替换核心变量衡量方式稳健性检验.....	3
附录 III 人力资本积累对流脑疫苗接种影响劳动力市场表现的解释力测算.....	5
参考文献	6

附录 I 排除同期干扰因素稳健性检验

尽管本文在基准模型中加入了一系列固定效应，能够最大化消除城市层面不随时间变化因素和省级层面政策的干扰，但本文的结论依然面临着其它同时期干扰因素的影响。

第一，“文化大革命”可能对本文结果造成干扰。其一，正如背景介绍中所述，我国流脑大流行与人口流动密切相关，不同城市流脑发病率可能反映的是当地人口流动的严重程度。其二，“文化大革命”期间的人口流动还可能影响当地未来发生流脑的概率，从而影响不同地区流脑疫苗接种时间。其三，在“文化大革命”初期，我国几乎所有城市中的学校都暂时性关闭了 2-3 年。因此，其还恶化了对照组人群的教育环境，可能导致本文结果高估。为排除“文化大革命”的影响，我们参考 Chen et al. (2020) 做法，直接在模型中加入反映个体受其影响强弱的队列双重差分变量¹。表 I1 列 (1) 结果显示，核心解释变量系数依然显著为正，且系数大小与基准结果差异不大，说明本文结论不受“文化大革命”的影响。

第二，另一个可能对本文结果造成干扰的历史事件是 1959-1961 年的三年大饥荒。由于本文对照组个体的出生年份区间为 1954-1970 年，部分对照组人群的人力资本积累可能受到大饥荒的影响，从而影响本文估计结果的准确性。由于 1962 年后出生的样本不受大饥荒的影响，为此，我们直接剔除 1962 年前出生的样本，表 I1 列 (2) 结果显示，本文主要结论依然存在。

第三，除重大历史事件外，同期我国还存在其它传染病防治运动。一是上世纪 60 年代左右开展的传染病防治运动，如 1957 年的防疟运动，1964 年的预防儿童脊髓灰质炎运动和 1965 年的麻疹疫苗接种运动等。由于本文使用的疫苗接种前后队列的个体都能从中受益，本文识别策略一定程度上可以排除该时期传染病防治运动的干扰。但仍需注意的是，疫苗接种前队列群体在这一时期的年龄更大，受益时间比疫苗接种后队列群体更短，可能导致本文结果产生偏误。为此，本文进一步以流脑疫苗接种时 0-7 岁的个体为流脑疫苗接种后的队列，8-15 岁为政策干预前的队列识别流脑疫苗接种对个体教育成就的影响。这一做法的逻辑在于，其一，可以保证疫苗接种前后队列的个体出生年份都在 1964 年及之后，从 60 年代传染病防治运动中的受益时间一致。其二，由于年龄越小的个体感染流脑的概率越高，病情越严重，而 7 岁及以下儿童是受流脑侵害最严重的群体 (Li et al., 2018)，因此，与 8-15 岁个体相比，0-7 岁个体从流脑疫苗接种中受益更多。表 I1 列 (3) 结果显示，核心解释变量系数依然显著为正。

二是 20 世纪 60 年代末期和 70 年代初期开展的疟疾防治运动。这一时期，长江以北五省（山东、河北、河南、江苏、安徽）疟疾爆发。1974 年五省展开疟疾联防运动（黄树则和林士笑，1986），取得了良好的效果。为排除该运动对本文结果的干扰，我们直接剔除上述五省样本重新进行回归。表 I1 列 (4) 结果显示，本文主要结论依然存在。

第四，本文结论还可能仅仅反映的是城市趋势的影响，而非流脑疫苗接种的作用。为此，我们进一步在正文模型 (1) 中加入城市与年份趋势和城市与年份趋势平方的固定效应。表 I1 列 (5) 结果显示，核心解释变量系数仍然显著为正。系数大小表明，考虑城市趋势后，流脑疫苗接种对受益群体教育年限的提高降至约 0.4 年。

第五，尽管本文的队列双重差分模型并不需要满足城市流脑发病率是随机外生的，只需

¹ “文化大革命”队列双重差分变量=不同城市非正常死亡人口比例*受影响队列。本文使用是否出生在 1970 年之前区分是否为受影响队列，原因有二：其一，“文化大革命”期间大多数暴力事件均发生在早期，而在 1969 年之后便没有发生任何暴力事件 (Walder, 2014)。其二，“文化大革命”初期我国城市几乎所有学校都暂时性关闭，1968-1969 年学校陆续开放 (Deng and Treiman, 1997)。与 1970 年之前出生的个体相比，1970 年及以后出生的个体受暴力事件和学校关闭的影响都较小。不同城市非正常死亡人口比例数据源于 Walder (2014)。

满足平行趋势假定即可。但现实中我们只能观察政策实施前不同发病率地区是否存在显著差异，无法检验政策实施后的差异，因此，我们观察到的结果依然可能受到不同城市发病率非随机的影响。为此，我们参考 Huang and Liu (2023) 做法，通过控制影响城市流脑发病率的前定变量与个体出生年份的交互固定效应城市流脑发病率可能存在的非随机问题对结果的干扰。具体地，我们还从各个城市编撰的地方志（包括人口志、财政志、经济志、农业志、卫生志和教育志等）和新中国五十年系列丛书中全面收集了各城市在疫苗接种前的一系列社会经济指标，包括反映经济发展的人均 GDP、年末总人口、人均粮食产量和是否沿海或港口城市；反映卫生健康水平的每千人病床数、每千人卫生技术人员数和死亡率；反映教育水平的每千人拥有小学学校数、每千人拥有中学学校数、每千人拥有小学教师数、每千人拥有中学教师数和人均科教文卫事业费支出。我们将这些指标与个体出生年份进行交互放入正文模型（1）中进行检验²。表 I1 列（6）结果显示，本文主要结论依然成立。

以上检验说明，本文基本结论不受干扰因素的影响，具有高度的稳健性。

表 I1 干扰因素排除

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
“文化大革命”		大饥荒	60 年代传染病防治	五省疟疾防治	城市趋势	发病率非随机
因变量：教育年限						
疫苗接种前流脑发病率	5.617*** (1.275)	5.200*** (1.433)	1.816** (0.846)	5.640*** (2.032)	4.141** (1.672)	6.955*** (1.921)
*疫苗接种队列						
“文化大革命”	-0.015** (0.007)					
城市*年份趋势	否	否	否	否	是	否
城市*年份趋势平方	否	否	否	否	是	否
城市前定变量-出生年份 交互固定效应	否	否	否	否	否	是
观测值	8519	6972	5463	5744	8519	3597
R 方	0.395	0.409	0.412	0.423	0.409	0.422

注：本表所有列均已加入控制变量、城市固定效应和省份-出生年份交互固定效应。括号内为在城市层面聚类估计的稳健标准误。*、**、***分别表示在 10%、5% 和 1% 水平下统计显著。

² 需要说明的是，由于在改革开放前我国各城市并没有逐年公布当地的社会经济指标，因此，如果我们采取疫苗接种前单一年份的数据进行分析将导致我们的样本量出现严重的缺失。例如，如果我们仅使用 1978 年上述指标数据的话，将会导致我们的样本量包含 15 个城市 1465 个样本。为此，我们采取与计算流脑发病率同样的方法进行分析。首先，收集 1975-1978 年间上述指标；其次，计算每个城市在 1975-1978 年间指标均值，在此计算过程中，我们除以的是城市公布数据的年数，而非整个区间持续的年数，以克服部分地区在部分年份存在数据缺失的问题。最终得到用于分析的数据。其中，人均指标使用的均为数据中报告的当年地区人口数量。感谢审稿专家的宝贵意见。

附录 II 替换核心变量衡量方式稳健性检验

我们还替换了基准模型中核心解释变量的衡量方式。第一，使用 1966-1968 年间和 1967 单年度流脑发病率重新进行检验。与基准模型中计算方式相比，1966-1968 年记录的流脑发病人数更加详细，尤其是 1967 年最为详细³。表 II1 列（1）和列（2）分别报告了上述两个衡量方式的估计结果，核心解释变量依然显著为正，进一步验证了本文基本结论。从经济意义上来看，由于样本中 1966-1968 年和 1967 年发病率均值分别为 0.13 和 0.37，意味着使用以上两种方式衡量发病率得到流脑疫苗接种分别使受益群体的教育年限增加了约 0.5 和 0.4 年，与基准结果相近。

第二，直接使用疫苗接种后流脑发病率下降幅度表示城市受流脑疫苗接种的影响程度。具体地，我们使用疫苗接种前两次大流行期间城市流脑发病率，即正文模型（1）中的城市在疫苗接种前发病率减去接种流脑疫苗 6 年后的流脑发病率，得到城市流脑发病率下降幅度。表 II1 列（3）结果显示，核心解释变量系数显著为正，结合样本中城市流脑发病率下降幅度均值约为 0.06 可以得到，接种流脑疫苗使受益群体教育年限增加了约 0.4 年，与基准结果相近。

第三，为减少城市流脑疫苗接种前发病率数据测量误差，参考 Bütkofer and Salvanes (2020) 做法，根据中位数生成疫苗接种前城市流脑发病率的虚拟变量进行回归，将大于等于中位数的城市视为发病率较高的样本，否则为发病率较低样本。表 II1 列（4）结果显示，疫苗接种对流脑发病率较高城市受益群体教育成就具有显著的提升作用，与基准结果一致。

第四，我们还通过重新设置队列虚拟变量进行稳健性检验。由于不同省份流脑疫苗接种的时间并不一致，疫苗接种队列变量实质是一个渐进性双重差分变量 (Staggered DID)。由于异质性处理效应，渐进性双重差分模型使用双向固定效应进行估计可能存在估计偏误 (De Chaisemartin and d'Haultfoeuille, 2020)。为此，本文使用两类方式进行缓解，一是将多糖疫苗 1980 年被正式批准推向全国的时间视为全国所有地区疫苗接种时间，此时模型中的疫苗接种队列变量不再是一个渐进性双重差分变量，而是一个“一刀切”的变量，能够有效避免渐进性双重差分模型可能导致的估计偏误问题。表 II1 列（5）结果显示，流脑疫苗接种平均使受益群体教育年限增加了约 0.5 年，与基准结果基本一致。

表 II1 替换核心变量衡量方式的稳健性检验

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
因变量：教育年限						
疫苗接种前流脑发病率					5.298***	
*疫苗接种队列					(1.494)	
疫苗接种前流脑发病率 ₁₉₆₆₋₁₉₆₈	3.812***					
*疫苗接种队列	(1.072)					
疫苗接种前流脑发病率 ₁₉₆₇		1.145**				
*疫苗接种队列		(0.508)				
流脑发病率下降幅度		6.756***				
*疫苗接种队列		(2.069)				
疫苗接种前流脑发病率			0.880***			
虚拟变量*疫苗接种队列			(0.293)			
疫苗接种前流脑发病率				5.388***		
*疫苗接种队列 ₁₉₈₀				(1.247)		

³ 同样的，我们使用 1982 年人口普查公布的城市总人数计算发病率。

观测值	8276	7443	6484	8519	8226	4061
R 方	0.396	0.396	0.380	0.394	0.386	0.305

注：本表所有列均已加入控制变量、城市固定效应和省份-出生年份交互固定效应。括号内为在城市层面聚类估计的稳健标准误。^{*}、^{**}、^{***}分别表示在 10%、5% 和 1% 水平下统计显著。

二是参考 Bütkofer et al. (2018) 做法，只保留 1980 年接种流脑疫苗的地区样本进行分析。表 II1 列 (6) 报告了仅使用疫苗接种时间为 1980 年地区的样本估计结果，可以发现，交互项变量系数依然显著为正。由于样本中 1980 年接种疫苗地区流脑发病率均值为 0.077，意味着流脑疫苗接种平均使受益群体教育年限增加了约 0.4 年，与基准结果相近⁴。

⁴ 由于 1980 年是根据疫苗研发与试验进度国家层面统一批准的接种时间，与地区层面的社会经济因素无关，因此这一检验结果还能够进一步帮助我们排除不同地区社会经济因素对疫苗接种效果的干扰。

附录 III 人力资本积累对流脑疫苗接种影响劳动力市场表现的 解释力测算

我们参考 Bleemer and Mehta (2022) 方法考察了人力资本积累对流脑疫苗接种影响个体劳动力市场表现的解释力度。其方法的思路为, 第一, 将个体劳动力市场表现对人力资本积累和其他个人特征回归, 拟合出在个体教育年限和其他特征条件下的劳动力市场表现⁵。第二, 将拟合得到的劳动力市场表现对流脑疫苗接种变量和其他个人特征进行回归, 得到流脑疫苗接种对考虑了个体人力资本积累情况下的劳动力市场表现影响大小。第三, 将真实的劳动市场表现对流脑疫苗接种变量和其他个人特征进行回归, 得到流脑疫苗接种对个体真实劳动力市场表现的影响大小, 即暗含了所有渠道在内的疫苗接种对劳动力市场表现的影响。第四, 将第二步和第三步得到了流脑疫苗接种系数相除便得到了人力资本积累对流脑疫苗接种与个体劳动力市场表现关系的解释力度。由于在此过程中没有在解释变量中包含任何机制变量, 因此能够有效避免之前中介效应模型中存在的“坏的控制变量”问题, 得到较为干净的中介结果。

表 III1Panel A 和 Panel B 的列 (2) 分别报告了就业和收入的第一步的结果; 列 (3) 分别报告了第二步的结果; 而第三步的结果便是之前估计得到的列 (1) 结果。通过计算我们可以发现, 人力资本积累大约分别能够解释流脑疫苗接种对个体就业和收入影响的 18.4% 和 60.7%, 说明人力资本积累在改善个体劳动力市场表现中发挥了重要作用。

表 III1 人力资本积累对流脑疫苗接种影响个体劳动力市场表现的解释力度

	(1)	(2)	(3)
Panel A. 以就业衡量的劳动力市场表现结果			
因变量:	有无工作	有无工作	有无工作拟合值
疫苗接种前流脑发病率	0.342** (0.133)	—	0.063*** (0.017)
*疫苗接种队列			
解释力		0.063/0.342=0.184	
观测值	8519	8519	8519
R 方	0.226	0.240	0.681
Panel B. 以收入衡量的劳动力市场表现结果			
疫苗接种前流脑发病率	0.798** (0.333)	—	0.484*** (0.137)
*疫苗接种队列			
解释力		0.484/0.798=0.607	
观测值	6794	6794	6794
R 方	0.355	0.411	0.765
教育变量	否	否	是
健康变量	否	否	是
认知能力变量	否	否	是

注: 本表所有列均已加入控制变量、城市固定效应和省份-出生年份交互固定效应。括号内为在城市层面聚类估计的稳健标准误。*、**、***分别表示在 10%、5% 和 1% 水平下统计显著。

⁵ 我们使用教育年限、身高、CES-D 得分、健康水平、字词和数学测试得分衡量个体人力资本积累。同时, 我们还在每一步中都加入了正文模型 (1) 中的固定效应。

参考文献

- [1] Chen, Y., Fan, Z., Gu, X. and Zhou, L., "Arrival of Young Talent: The Send-Down Movement and Rural Education in China", *American Economic Review*, 2020, 110(11), 3393-3430.
- [2] Li, J., Shao, Z., Liu, G., Bai, X., Borrow, R., Chen, M., Guo, Q., Han, Y., Li, Y., Taha, M., Xu, X., Xu, X. and Zheng, H., "Meningococcal Disease and Control in China: Findings and Updates From the Global Meningococcal Initiative (GMI)", *Journal of Infection*, 2018, 76(5), 429-437.
- [3] 黄树则、林士笑,《当代中国的卫生事业》。北京:中国社会科学出版社, 1986年。
- [4] Walder, A. G., "Rebellion and Repression in China, 1966-1971", *Social Science History*, 2014, 38(3-4), 513-539.
- [5] Deng, Z., Treiman, D. J., "The Impact of the Cultural Revolution on Trends in Educational Attainment in the People's Republic of China", *American Journal of Sociology*, 1997, 103(2), 391-428.
- [6] Huang, W., and Liu, H., "Early Childhood Exposure to Health Insurance and Adolescent Outcomes: Evidence from Rural China", *Journal of Development Economics*, 2023, 160, 102925.
- [7] Bütkofer, A. and Salvanes, K. G., "Disease Control and Inequality Reduction: Evidence from a Tuberculosis Testing and Vaccination Campaign", *Review of Economic Studies*, 2020, 87(5), 2087-2125.
- [8] De Chaisemartin, C. and D'Haultfoeuille, X., "Two-Way Fixed Effects Estimators with Heterogeneous Treatment Effects", *American Economic Review*, 2020, 110(9), 2964-2996.
- [9] Bütkofer, A., Molland, E. and Salvanes, K. G., "Childhood Nutrition and Labor Market Outcomes: Evidence From a School Breakfast Program", *Journal of Public Economics*, 2018, 168, 62-80.
- [10] Bleemer, Z., and Mehta, A., "Will Studying Economics Make You Rich? A Regression Discontinuity Analysis of the Returns to College Major", *American Economic Journal: Applied Economics*, 2022, 14(2), 1-22.

注: 该附录是期刊所发表论文的组成部分, 同样视为作者公开发表的内容。如研究中使用该附录中的内容, 请务必在研究成果上注明附录下载出处。