

如何进行经济分析中的因果识别（下）

——关于损害赔偿计算的对谈之 5

对谈人：

龙小宁 厦门大学“长江学者”特聘教授、本刊专栏作者

宋 健 江苏省高级人民法院原资深法官、全国审判业务专家、本刊专栏作者

宋 健：龙老师，在对谈 4 中，您重点讨论了因果识别以及工具变量法，本期对谈我们接着聊。

龙小宁：在上期对谈中，我最后提到的观点是，工具变量法这种研究方法已经开发出来了，接下来的应用应该会比较容易了，但这种判断还为时过早，因为在实践中应用这些方法仍然是非常具有挑战性的工作，其过程充满了艰辛。

在工具变量法中，正如我们之前所讲到的，要求找到一个变量，它对方程 $y=a+bx+cz$ 中的解释变量 x 有直接影响，却对结果变量（或称被解释变量） y 没有直接影响；但实际上到最后它又是对 y 有影响的，只是它必须通过 x 来对 y 产生影响！仍以教育和收入的例子来说明，教育时长是 x ，收入水平是 y ，现在找到了出生日期这样一个变量，我们称之为 w ，这个 w （也即出生日期）得对教育时长有直接影响，对收入没有直接影响，但 w 最终还是会对收入产生影响，只是这种影响必须通过对教育的影响而发生作用！

所以您看，合格的 w 需要满足这些看起来相互掣肘的条件，也正因如此 w 这样的变量其实非常非常难找。通常找到的或者是既与 x 有关系又与 y 有关系，例如家长的教育水平，这个变量符合相关性要求，因为家长的教育水平可能会通过智力基因的遗传或家庭环境的影响而与孩子的教育水平 x 呈正相关关系；但它不符合外生性要求，因为家长的教育水平同样会通过基因或环境的渠道影响孩子的收入 y 。或者找到一个跟孩子收入 y 没有直接关系的变量，例如孩子的头发颜色，它符合外生性要求；但它跟孩子教育时长 x 也没有关系，不符合相关性要求。

经济学家们就是要在这种两难境地中，竭力找到好的工具变量，这对于研究者来说是难度很高的挑战！具体来说，这要求研究者对自己所研究问题中的各个因素及其相互关系和作用机制有全面和深刻的把握，这样才能厘清各种直接和间接的因果关系，从而找到可能的工具变量。因此，经济学家不仅需要掌握经济分

析的方法和工具，还需要对研究问题所涉及的行业和产业以及其他相关领域有尽可能深入的了解。

显然，这个工作实际上是非常困难的，因为需要研究者深入下去，认真地了解所研究的问题，只有在了解清楚行业、企业、产品背景的情况下，才可能发现某个外生冲击，例如某个政策的实施，进而找到一个好的工具变量。

宋 健：关于一个好的工具变量应当同时满足相关性和外生性两个要求，通过您结合上述例子所作阐述，我想我已经能够理解了，但如何理解您所提到的“某个外生冲击”的术语含义以及它跟工具变量之间的关系呢？

龙小宁：经济学中讲到的外生冲击，是指来自经济体系之外的人们没有预料到的变化，可能对应某个自然现象、政治事件，也可能来源于某项政府政策，这些变化会对经济体系中的变量产生影响。例如，1970年代的伊朗革命即是对全球经济的一个外生冲击，它引起了原油价格和生产成本的上涨。

至于外生冲击和工具变量之间的关系，这要回到前面讲到的随机实验设计。为了研究某个变量 x 对结果变量的影响，需要随机分配变量 x 的取值，但在社会科学研究中不能真正去进行随机实验，所以需要找到可以作为替代的“自然实验”。恰好上面讲到的外生冲击来源于经济体系之外，它的发生和影响大小都独立于体系内的各个变量，具有一定的随机性，可以作为“自然实验”或“准自然实验”。

具体到我们的例子中，需要寻找一种能够给儿童随机分配教育时长的方法，并且通过观察这种情况下教育时长与收入水平之间的关系来识别教育与收入之间的因果关系。今年诺贝尔经济学奖获得者之一的安格里斯特（Angrist）教授和合作者找到的“自然实验”是美国《义务教育法》中关于入学和辍学年龄的规定，就是那个合适的外生冲击。在这个“自然实验”中，上述法律规定对于我们所关心的解释变量即教育时长是否产生影响是具有随机性的，而可以反映这种随机性的那个变量就可以作为工具变量，也即儿童的出生日期。

所以我们可以这样理解工具变量的概念：在用“自然实验”来替代随机实验的过程中，需要在样本中对外生冲击进行随机分配，此时被用来决定如何分配的那个变量就是“工具变量”。实证经济学家需要花费大量的时间来寻找这样的工具变量。以后有机会，我可以跟您聊聊我们研究团队的一些研究成果，很多都是建立在发现了一种好的工具变量的基础之上的。

正像安格里斯特（Angrist）教授在他著名教科书《基本无害的计量经济学》（Mostly Harmless Econometrics）结尾处所写的那样：“如果计量经济学的应用研究很容易做，那么理论家早就去做了。”浙江工商大学的李井奎教授在他介绍今年诺贝尔经济学奖和经济学因果推断方法的文章中也有很好的总结：“如何发掘能够作为类似随机实验情境的自然实验或准实验，从而用于所关心的经济问题的研究，需要我们的经济学家深入探寻制度细节，寻找内在的理论逻辑，并不是一般人所称跑跑数据就可以轻易得到答案的！”

宋 健：听了您的介绍，我深刻体会到，实证经济学家们寻找和发现好的工具变量的确非常不容易，正如您所言需要付出艰辛的努力，我想这也是之前您谈到经济分析方法有优劣之分的原因。

龙小宁：是的。工具变量法只是因果推断方法中的一种，下面我介绍另一种常用方法，也即双重差分法。关于双重差分法的理论逻辑，简单来说，就是为了准确衡量某一政府或其他机构所实施政策的作用，需要给政策的实施对象找一个对照组来进行对比分析。¹相应地，我们把作为政策实施对象的某一群人或者某一组公司叫做处理组。

表面上看，为了衡量政策的作用，一个似乎合理的方法就是比较处理组在政策实施前后的变化，比如为了考察税收补贴是否提高了企业的创新产出，可以比较得到税收补贴的企业专利申请量是否在补贴后有所增加。但是如果我们只看处理组在政策前后的变化，那么可能反映的只是一个时间上的大势所趋，就是说可能即使没有受到这个政策影响，企业也会发生同样的变化，因为在政策实施前后这段时间里发生的其他事件，也可能造成了我们观察到的现象。比如上面讨论的企业专利申请量，可能原本已经为应对行业发展、企业转型等变化而在逐步提高了，因此专利数量的增加并不是或者不完全是税收补贴的作用。

所以，要想令人信服地衡量政策实施的效果，就需要把这个政策本身的影响从其他事件的影响中分离出来，比如上面谈到的税收补贴政策需要对比行业发展、企业转型等其他因素引起的变化。双重差分法的解决思路，就是要给处理组寻找到一个控制组。这个控制组要在政策发生之前跟处理组有相同的变化趋势，然后

¹ 经济学中的政策评估方法适用范围很广，其中的政策可以指政府和其他机构采纳的任何法律、法规、程序、行政行为、私人激励或自愿行为，因此不仅可以用来分析政府政策等公共政策，也可以分析社会组织采取的社会政策、以及企业和个人采取的行为和措施等。

发现在政策发生后，控制组和处理组这两组的变化趋势开始分道扬镳。这时候，政策发生前后处理组和控制组之间变化趋势的差异，才能准确反映出实施这个政策的影响。

宋 健：我理解，控制组其实就是为了给受到政策影响的处理组提供对照，是用来更准确评估处理组是如何受到政策实施影响的效果的？

龙小宁：是的，所以控制组也被称为对照组。上面提到了那种简单比较处理组在政策实施前后变化的方法，虽然看似合理，但会忽略掉其他影响因素的作用，所以是不正确的方法。这些影响因素也就是咱们对谈 4 中提到的混杂因素（confounding factors），它们也会对结果变量产生影响，如果被忽略，就会将它们的作用错误地归功于所要研究的政策上，从而导致政策的影响被高估。因为这一问题起源于对混杂变量的遗漏，所以通常也称为“遗漏变量”偏差（omitted variable bias）。在上面的例子中，“遗漏变量”偏差会导致将企业原本由于宏观经济状况、行业发展和自身转型等因素影响而增加的创新行为都错误地归结于税收补贴政策的结果。

因此，为了准确评估政策的效果，除了要比较处理组在政策前后的变化，还要比较对照组在政策前后的变化，再将两组变化进行比较。每一组前后变化是一重差分，因为在评估过程中做了两次差分，所以叫“双重差分法”。其中，第一重差分是每一组自己跟自己在政策前后做差，即计算处理组在政策实施前后发生的变化，同样计算对照组的前后变化；然后再做第二重差分，即针对上述两个分别计算出来的差分再做差，即用处理组的前后之差，减去控制组的前后之差，这样就得到了双重差分的结果，详见表 1。

表 1：双重差分法

	政策前	政策后	差异	
控制组	y_{01}	y_{02}	$y_{02}-y_{01}$	$(y_{12}-y_{11})-(y_{02}-y_{01})$ 即为双重差分
处理组	y_{11}	y_{12}	$y_{12}-y_{11}$	

这样计算出的双重差分才可以准确反映出政策的影响，而在具体分析中则需要使用相应的面板数据进行估计，而面板数据是常见的数据形式之一。

常见的三种数据形式分别是：时间序列、横截面和面板数据。时间序列数据是指一个个体随时间变化对应的数据，截面数据是指多个个体在同一个时间点对

应的数据，而面板数据是前两种数据的综合，指多个个体由于个体不同及时间变化而对应的数据。举个例子来说，时间序列数据是北京一年来每天的平均温度，截面数据是北京、上海、深圳、广州某一天分别对应的平均温度，而面板数据则是北京、上海、深圳、广州这一年来每天分别对应的平均温度。显而易见，面板数据对信息量的要求远远高于其他两种数据。

当然，就像工具变量的选择需要满足一定的条件一样，双重差分法的使用也需要满足一些条件，其中最重要的条件是“平行趋势”假设成立，就是要求处理组和对照组在政策发生之前应该有相同的变化趋势，这并不是说在冲击发生前两组一定要保持数值不变，它们的取值都是可以变化的，但要求它们的变化趋势是基本相同的。

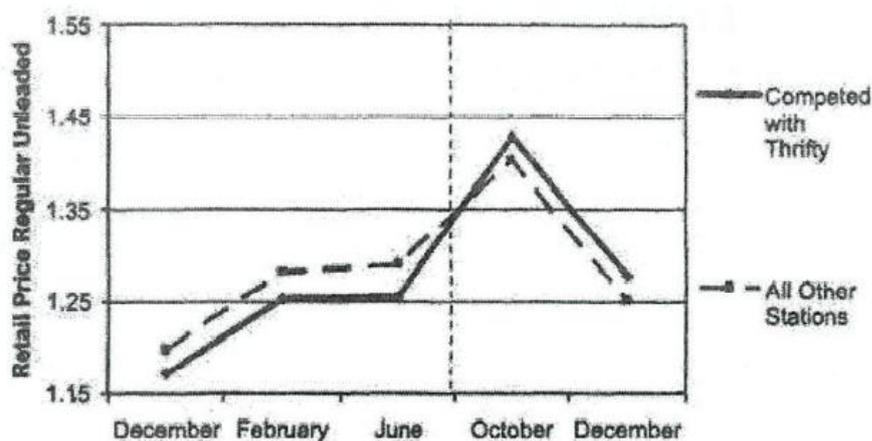


图 1：双重差分法和平行趋势检验图示 (Hastings 2004)

我们用一个考察企业并购行为影响效果的经典经济文献来说明双重差分法中的平行趋势要求。Hastings (2004) 应用双重差分法来研究美国加州南部地区连锁加油站并购的后果，为准确分析并购对汽油价格的影响，作者把被并购方 Thrifty 加油站附近 1 英里内的加油站作为处理组，把其他加油站作为对照组，其中处理组会受到并购行为的影响，而对照组不受影响。

图 1 中展示的是基于洛杉矶地区数据的分析结果，作者收集到处理组和对照组加油站在 1996 年 12 月、1997 年 2 月、6 月、10 月和 12 月各月中的月度平均价格，在图中实线和虚线分别表示处理组和对照组的平均价格，竖直虚线对应并购事件的完成时间在 1997 年 9 月。从图中可以看到，在并购事件发生之前，处理组和对照组的价格平行趋势非常明显，表明两组加油站的价格波动受到相同因

素的影响，这些因素包括原油价格波动、当地市场需求情况变化、市场竞争变动等，因此对照组为处理组提供了有效的参照。事实上，在并购发生之前处理组加油站的平均价格低于对照组，但到了并购完成之后的10月，实线的高度超高了虚线，对应的是处理组加油站价格的更快提高。可见，并购行为明显提高了处理组的价格水平。

图1给出的是一个平行趋势假设条件明显得到满足的例子。而通常情况下，平行趋势假设这个条件是否满足，需要通过相应的统计检验方法进行判断，称为平行趋势检验，比如说使用p-检验或做出两组结果变量各自对应的置信区间并加以比较，等等。换句话说，就是要比较处理组和对照组的变化趋势在政策前是否足够相似。我们用下面的图2来图示说明如何进行平行趋势检验，其中实线对应的是处理组的变化趋势，水平虚线对应控制组的变化趋势，因为控制组被作为比较的标准，故取值为0。竖直的长虚线对应政策的发生时点，用t表示，在它左边的t-1, t-2, t-3分别表示政策发生前一期、前两期、前三期，而在它右边的t+1, t+2, t+3分别表示政策发生后一期、后两期、后三期，等等。

图中的每条竖直短虚线分别对应一个置信区间²，区间上的中心（也即小圆点）对应处理组的平均取值。当置信区间包括水平虚线时，结果变量在处理组样本中的取值与控制组样本中的取值没有显著的差别，也就是说处理组的变化趋势跟对照组的基本相同。在下图中，因为竖直长虚线左边的各个置信区间都包括了水平虚线，这就表示在政策前处理组和对照组的变化趋势没有显著差别，通过了平行趋势检验，也即平行趋势的假设条件得到了满足。

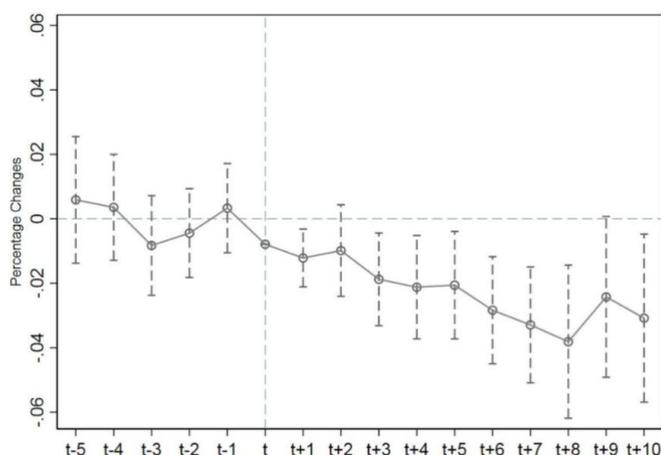


图2：平行趋势检验的图例(注:引自网络资料)

² 置信区间是指随机变量的取值以给定的概率出现在某个区间中，例如x的95%的置信区间对应的区间大致如下：以随机变量的均值为中心，宽度为四倍的标准差（也即s，详见对谈1）。

宋 健：这部分内容比较学理化，有些烧脑。我理解，双重差分法就是通过处理组和控制组的比较，来更准确地找到政策实施的影响效果，而这个过程是基于数据计算出来的。当然，非经济学家可能看不太懂计算公式或者计算过程，但这完全没有关系，法律人重在了解经济分析的逻辑和原理，至于具体计算过程和计算结果是否妥当，在个案中可以交给双方当事人及其专家证人来进行抗辩，对此我们之后还可以专门讨论。现在，我提出的问题是，这些经济分析的理论模型是怎么设计出来的？

龙小宁：关于这个问题，以后咱们也可以专门讨论一次。

宋 健：此外，我更关心的是，这些经济分析中的因果识别和各种推断方法，在个案诉讼中会有哪些具体应用呢？换句话说，与对谈主题——损害赔偿计算有何关联？

龙小宁：我认为，至少有两个方面的具体应用：

第一个场景，就是侵权案件中的因果关系推断。例如，事件 A 即侵权行为发生了，然后观察到 B 结果即经济损失，然而 B 的发生可能有多个因素共同引起，那怎么知道 A 是结果 B 的原因呢？这时就需要让人信服地建立起两者之间的因果关系。可见，在侵权案件中，需要认定涉案侵权行为是引起损害发生的原因。

第二个场景，实际上也跟第一个场景相关，比如近年来有关专利侵权诉讼损害赔偿计算中的“技术贡献率”或“技术贡献度”问题。在进行因果推定时，确定了事件 A 是结果 B 的原因，但是除了 A 之外可能还有其他因素也会对 B 产生影响。为了方便讨论，用原告的利润损失 y 来具体衡量结果 B 的严重性，用被告的侵权行为时长 x 来衡量事件 A 的持续时间。那么， x 与 y 之间的关系可以用我们之前讨论过的估计方程来表示，其中左手侧的被解释变量（也就是结果变量） y 是利润损失；但是右手侧除了侵权时长 x 这个解释变量之外，可能还包括 x_2 ， x_3 等其他解释变量，比如由于原告公司的经营问题导致的利润下滑，再比如宏观经济形势下滑导致的市场需求降低等等。这时候，需要推断的是，被告侵权行为 x 对原告经济损失 y 的影响占到 y 的总变化的百分之多少，这就是“贡献率”确定，如果被侵权的对象是专利技术，那么就是要确定专利技术对原告利润的“技术贡献率”。

在确定贡献率的过程中，实际上也会遇到因果推定的问题。首先，需要确认

x 是 y 的原因，然后需要分析清楚 x 作为原因之一，它对结果 y 的影响到底占到百分之多少。这个分析过程就涉及到经济学中更基本也更常用的方法即多元线性回归分析。上面讨论的工具变量法、双重差分法都是在这种方法的基础上进行的，所以多元线性回归是一个更基础性的方法。

简单来说，多元线性回归方法就是在上面估计方程 ($y=a+bx$) 的右侧包括多个解释变量 (x_1, x_2, x_3 等)，用来作为方程左侧被解释变量 (y) 的决定因素。也就是说，估计方程变成了 ($y=a+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3$)，方程中有多个 x 同时决定 y，那么其中每个 x 对 y 的变化都是有一部分贡献的，需要确定它对应的贡献率，可以通过多元线性回归方法计算得出。准确应用这种方法的关键是要把右侧的这些解释变量尽可能全面地包含在分析中。

比如，专利侵权案件中需要计算被侵权专利在原告损失中的“技术贡献率”。这时首先需要考虑产品的利润率是如何决定的，右侧肯定会包括相关的专利技术，这个解释变量对利润率的影响作用也就对应专利的“技术贡献率”。但还有其他因素也会决定产品的利润率，如果企业自身的生产管理能力和质量控制能力、产品销售能力等都比较强，也都会提高产品的利润率。而在有些行业中，技术之外的因素还可能是更重要的产品利润率的决定因素，例如我国的医药行业中产品销售能力是药品利润率的非常重要的决定因素。所以需要把这些因素都控制住，才能更准确地估算出各个因素分别对于原告利润的贡献率。

这样处理之后得到的专利技术对应的贡献率，才能比较准确地衡量专利侵权行为对产品利润造成的损失。否则，就有可能过高地估计侵权行为对应的经济损失。比如说，我们把所有涉及侵权行为的产品对应的利润全都归功于技术的贡献，有可能实际上就是忽略了其他因素对产品利润的影响。

宋 健：关于“技术贡献率”对判赔额的影响，其实在我国司法实践中一直是被关注的问题。我注意到，有些案件中法院认定技术贡献率就是确定判赔额的主要因素，其他原因可以忽略不计，但有些案件中可能因为不考虑技术贡献率而导致所确定的判赔额过高，不够合理。例如，在最高人民法院公布的“卡波案”中，最高人民法院二审认为，涉案技术秘密包括两部分，一是工艺部分，二是配方部分，被告的配方没有被认定构成侵权，而配方和工艺都对商业利

润产生贡献，因此本案中综合考虑案情确定为技术贡献率为 50%。³当然，“卡波案”技术贡献率的确定相对简单，但如果是一个比较复杂的案件，尤其是双方对此争议极大，且原告主张的损害赔偿数额特别高，此时运用经济分析方法确定技术贡献率，对于判赔额的确定就能够起到更大作用。那么，经济分析在司法实务中还可能有哪些运用呢？

龙小宁：在其他司法诉讼场景中，是否会运用到经济学中因果推断方法，我感觉应该还有更多，因为法律人是非常讲逻辑的，法律讨论中的每一个逻辑链条都要求完整。相对应地，在其他要求建立逻辑因果关系的场合中，经济学中的因果推断方法也应该能够派上用场，但具体的应用场景，我还需要继续向司法领域的实践者和研究者了解和请教。

宋 健：是的，随着对经济分析意义和价值的更多了解，可预期的是，今后在一些重大疑难复杂案件中经济分析方法的运用会逐渐增加。我理解，经济分析方法本质上是增加了法院查明事实的手段，当然从另一角度看，更是丰富了当事人的举证手段。

龙小宁：我完全同意您关于经济分析方法可以为法院查明事实和当事人举证提供更多手段的观点，也希望看到经济分析方法在更多司法案件中的应用。

宋 健：回到对谈 4，您谈到，经济学家的研究工作，除对理论假设进行定性检验外，还包括定量测度理论推论中涉及影响效果的大小。我进一步的问题是，经济学的理论假设是怎么推导出来的，以及如何理解“定性检验”与“定量测度”的关系？

龙小宁：这又是一个好问题，我们留待下一期再谈。

文献列表：

[1]澎湃新闻：《浙江工商大学李井奎谈经济学诺奖：因果推断革命让经济学家越来越像侦探》，2021 年 10 月 16 日，
https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_14919888.

³ 最高人民法院（2019）最高法知民终 562 号民事判决书：上诉人广州天赐高新材料股份有限公司、九江天赐高新材料公司与上诉人安徽纽曼精细化工有限公司、华某、刘某等侵害技术秘密纠纷案。