社交媒体与调查数据中的政治态度虽有差异，却呈现共同的低维结构

Antoine Vendeville[a, b]，Hiroki Yamashita[b, c]，以及 Pedro Ramaciotti[b, a]

[a]巴黎政治学院媒体实验室，法国巴黎[b]法国国家科学研究中心巴黎法兰西岛复杂系统研究所，法国巴黎[c]法国社会科学高等研究院，法国巴黎

arXiv:2603.02102v1 [cs.SI] 2 Mar 2026

摘要

网络上的极化是否反映了社会中的极化状况？我们研究了法国多个议题上的意识形态立场和态度。已有研究表明，法国存在议题非对齐现象。我们将 X/Twitter 上的分布与全国代表性样本进行比较，重点考察两项关键特征：意识形态极化和议题对齐。尽管不同议题上的立场存在显著差异，但 X 平台人群和全国代表性样本的立场都呈现出相似的二维结构，沿着两组占主导地位、彼此对齐的议题展开：左—右分野和全球—地方分野。随后，我们考察了在线公共领域的几个关键结构参数——活跃度、受欢迎程度和可见度——如何影响研究结果。我们发现，在选择更活跃的用户时，随着意识形态极化程度上升，态度分布的维度会减少。社交媒体上的政治态度与调查数据之间的差异，在很大程度上受到社交媒体用户活跃度与受欢迎程度共同作用的影响：曝光度最高的用户也最能代表公众。总体而言，我们的研究揭示了社交媒体用户与公众的政治态度在结构上的相似之处与差异。

1 引言

近几十年来，政治极化研究在各学科中引发了广泛兴趣。文献中已识别出不同形式的政治极化[1]，，包括意识形态极化与议题极化，以及议题对齐。前者指个体沿意识形态尺度或议题维度彼此疏离[2]。一些学者认为，左翼和右翼公民已进一步拉开距离[3,4]，，而另一些学者则指出，表明政治极化正在加剧的证据并不确凿[5,6]。议题对齐是指对不同政治议题的态度之间存在相关模式。这些相关性如何划分意识形态群体与党派群体，尤其值得关注[7]。美国学者提出假说认为，党派人士沿单一自由派—保守派轴线的分选加剧，是民主党与共和党选民之间怨恨日增的关键因子[8,9]，，从而将议题对齐与情感极化联系起来[10]。随着态度分布坍缩至单一轴线，美国政治格局通常（尽管并非系统地[3,11]）被视为一个单维空间。

相比之下，学界普遍认为，大多数欧洲国家[12–15]的政治竞争与行为具有多维度特征，这与欧洲政治[16,17]的多党制特征有关。自下而上的社会分裂理论——认为政党与维度之间的关系在于，政党竞争反映了由历史决定的社会经济冲突结构[18,19]。为满足社会分裂组合所产生的多样化利益，政党数量随之增加。从自上而下的战略视角看，多党制使政党能够引入或激活竞争维度[20]，，从而打破主流政党确立的政策联系，并向选民提供替代性的议题组合[21]。

欧洲政治格局传统上被概念化为两个维度：文化维度和经济左右维度。但进入二十一世纪后，社会和经济全球化改变了传统文化与经济维度的含义，反映出全球化的赢家与输家之间新的政治冲突[22]。在欧洲，欧盟一体化问题尤其集中体现了全球化；它既被视为一项社会民主方案，也被视为对国家主权的挑战[23]。近来的两项发展可能进一步凸显了这一全球—地方分野的核心地位。首先，挑战者政党利用了这一新的政治冲突[24]，而在极右翼政党取得成功后，主流政党则采取了调适策略[25]。其次，潜在的社会转型，尤其是传统阶级和宗教分野的衰退[26,27]，为新分野的出现开辟了

条件[28]。

关于政党层面政治竞争结构的大多数研究结果，并不能直接推广到公众。研究表明，选民群体的议题或意识形态立场不如政治精英的立场那样有序[29,30]。此外，公众的部分辩论越来越多地通过社交平台的视角来呈现。研究揭示了社交媒体中意识形态（或议题）极化[31–37]和情感极化[38–41]的反复模式，而议题对齐直到最近才开始受到关注。研究发现，在奥地利、德国和芬兰的线上辩论中，围绕新冠肺炎、移民和气候变化的立场存在一致性模式[31, 33, 42–44]，并揭示了全球—地方分野存在的指标；这种分野与传统的左—右光谱并不一致[42–44]。

社交媒体被广泛用作政治论坛，但往往无法准确呈现政治意见的多元性[45]。其用户群体中年轻人和城市居民的比例过高[46–51]。此外，自我选择过程使活跃用户与被动用户区分开来：意识形态立场更极端的人更倾向于参与线上讨论[47, 52–54]，并且比温和派更容易获得较高的社交反馈[55]。然而，这些观察并未说明社交媒体对更广泛公共辩论的影响[56,57]。

鉴于社交媒体上的辩论对于塑造公众对公共领域的认知——尤其是对极化的认知——十分重要，我们开展了一项研究，比较全国代表性面板与社交媒体面板在意识形态极化和议题对齐方面的差异。本研究聚焦于2023年的法国——一个多党、多维政治体系——以及X（此前称为 Twitter）。当时，该平台在法国的普及程度已相当高，标志着精英、新闻界与公众之间深度交织的政治传播历经十年告一段落。尽管此后公众人物和政治人物逐渐减少对 X 的使用，但本研究所用数据覆盖的时期，仍是线下政治与各类社交平台交织关系史上的一个重要节点。

我们考察了一个X面板，其中包含近百万名法国用户及其在多种政治维度上的立场[58]。这些立场通过意识形态尺度化方法计算得出，该方法利用政治调查数据进行校准和识别[59,]，并通过人工和自动化立场标注加以验证。我们将这些立场分布与欧洲社会调查（ESS）的结果进行比较；后者包含法国人口代表性样本的自我声明立场[60]。我们纳入了八个关注的政治维度，涵盖与法国政治辩论相关的多种意识形态和议题维度。最后，我们分析了决定公众在社交媒体上认知的关键结构变量——活跃度、受欢迎程度和可见度——如何影响极化、维度以及线上和线下政治立场之间的差异。

我们的结果显示，法国X用户在意识形态上的极化程度低于公众。X面板明显偏向右翼和反建制立场，而ESS面板则呈现出更为温和的立场。尽管存在这些显著差异，我们发现两个面板中的政治立场都围绕左—右分野（涉及移民或财富再分配等议题）以及全球—地方分野（涉及欧盟一体化和反精英主义等议题）展开。这一结构在X上明显更为突出，能够解释至少90%的意见方差，而在ESS面板中只能解释50%。最后，我们表明，活跃度更高的用户在意识形态上更加极化，立场更加一致，也较不具代表性。尽管如此，他们中的绝大多数并不十分受欢迎。平台上可见度最高的用户在意识形态上的意见极化程度较低，偏向左翼和全球主义立场，总体上也更接近公众的立场。

2 结果

为研究法国 X 平台人群，我们利用了一个公开数据集[58]，。该数据集于2023年2月收集，涵盖883名法国议会议员（议员）的 X 账号及其978,050名关注者。数据为这些用户赋予了多维政治空间中的空间位置，以反映他们在各个意识形态轴和政治议题上的立场。这些位置以介于0到10之间的连续值表示，通过意识形态尺度化计算，并使用政治调查数据进行校准和识别；此外，还根据用户在个人资料自我描述中声明的政治立场进行验证（见“方法”）。数据集还包含每个账号的活跃度（发推频率、关注对象数量）和受欢迎程度（粉丝数量）指标。我们具体关注议员的关注者，以下称为“X面板”；这是一个与国家政治结构相一致的空间理性个体群体[61,59]。

为比较 X 平台人群与公众，我们采用欧洲社会调查（ESS）的 2023 年调查轮次[60]。ESS 是一项受访者调查，收集欧洲各国具有全国代表性的样本组的社会经济数据、政治态度和信念。政治态度采用长度各异的李克特式量表进行编码。剔除缺失值后，法国样本在 2023 年包含 1,417 名受访者，以下称为“ESS面板”。根据 ESS[62], 的设计，我们在所有计算中均考虑个人权重、分层和初级抽样单位（见“方法”）。

在本研究中，我们选取了八个可在 ESS 和 X 数据集之间进行比较的政治维度：左—右、反精英主义、欧盟一体化、移民、财富再分配、社会自由主义、

环境和直接民主（支持或反对公投）。这些维度的选取基于三个标准：它们与法国政治辩论的相关性、能否在两个数据来源中找到代表各维度立场的代理指标，以及沿这些维度估计 X 用户立场的有效性。我们在表 1中列出了两个数据来源中的政治维度及其排序。有关量表以及与所选维度相对应的具体调查问题的详细信息，见补充材料第1节。

2.1 线上与线下立场的逐维比较

我们首先比较 X 和 ESS 面板中政治立场各维度的分布。为便于比较，我们按照与 ESS 相同的范围对 X 的分布进行离散化，将其划分为适当数量、长度相等的分箱。结果见图1a。

这些分布要么沿着光谱均匀分散，同时温和派用户高度集中（例如 ESS 中的左—右维度），要么偏向一侧（例如 X 中的移民维度）。X 用户总体上倾向右翼、反精英、反欧盟和反移民，在其他维度上的立场则更为温和。ESS 受访者的情况恰好相反：在某些维度上立场明显偏斜，而在其他维度上则较为温和。他们平均而言相当中间派，对移民、欧盟一体化持温和看法，对反精英主义的认同程度也较低（中间选项回答过多，部分可能是有据可查的受访者偏差所致[63]）。在 X 用户立场较温和的领域，ESS 受访者则表现出显著共识，明确支持环保政策、社会自由主义、直接民主和再分配。

两个数据集中均无任何分布呈现明显的双峰形态，这对政治立场高度极化的观点提出了挑战。我们沿每个维度评估极化，采用Bao 和 Gill提出的一种基于熵的非参数测度[64]。取值介于0与1之间：分布仅有单一结果具有正概率时为0，两个结果概率相等时为1。结果见图1b。极化值仅在共享同一支持集的维度之间可比，图中以括号标示。不过，我们仍可对两个面板进行逐维度比较。我们发现，除左—右和社会自由主义外，ESS受访者在所有维度上的极化水平都更高。社会自由主义尤其如此，其线上极化程度远高于线下。观察两个面板沿该维度的分布可见，公众大体持有较为一致的社会自由主义观点，而X用户的立场则分散得多。

为了量化X面板的代表性，我们计算了两个面板在每个维度上的Wasserstein 距离（ W_D ）。Wasserstein 距离也称为推土机距离，它通过计算将一个分布转化为另一个分布所需的单位位移次数，来衡量两个分布之间的距离（见“方法”）。为确保不同维度之间的可比性，我们将 W_D 除以其可能的最大值进行重新缩放，使其取值范围为0（分布完全相同）至1（两个分布的质量分别集中在取值范围的两端）。在社会自由主义（$W_D > 0.4$）这一维度上，X用户与ESS面板成员的差异最大，这与我们先前的观察相呼应。在欧盟一体化和反精英主义（$W_D < 0.1$）方面，两者的差异非常小；在左—右（$W_D < 0.15$）维度上，差异也较小。因此，X用户在这三个维度上最能代表公众。

我们所观察到的较低极化水平，与同类分析并不相符；后者大多在意识形态立场中发现强烈的双峰性[33,38]。这可能是因为现有分析基于转推互动，而转推互动比关注链接具有更强的同质性[65]。此外，转推数据可能因用户间活跃度水平不均而存在偏差[66]（补充材料图 7）。另一方面，大多数用户关注的账号在意识形态上较为多样[57],，且我们对关注链接的采集是穷尽的（见“方法”）。

2.2 政治维度之间的一致性

在揭示线上与线下人群之间重要的维度差异后，我们现在聚焦于维度之间的一致性。

图2 展示了每个面板中各维度之间的皮尔逊相关。ESS面板中呈现强相关的维度对较少（非对角线上显著相关的绝对值平均值：X为0.56，而ESS为0.18）。除对角线外的所有相关性在 $p < 0.001$ 水平上对X面板均具有显著性。因此，X面板中个体的立场受到的约束要大得多。

两个面板呈现出一种共同结构。各维度可以分为两组，每组内部的相关性（按绝对值计）都很高。第一组涉及左—右分野，将文化和经济议题结合起来：移民、环境、社会自由主义、再分配，以及相应的左右意识形态轴。第二组将与民粹主义相关的维度（反精英主义、直接民主）与欧盟一体化议题结合起来。这一轴线将精英主义、亲全球化的小组成员与反精英、保护主义者对立起来。我们仿照先前关于X平台政治维度识别的研究，将第二组称为“全球—地方”分野[67]。

尽管 ESS 受访者和 X用户之间的议题态度约束具有相似的宏观结构，但由于整体相关性更强，这种结构在线上空间中似乎更加显著，且维度更低。平均群体内

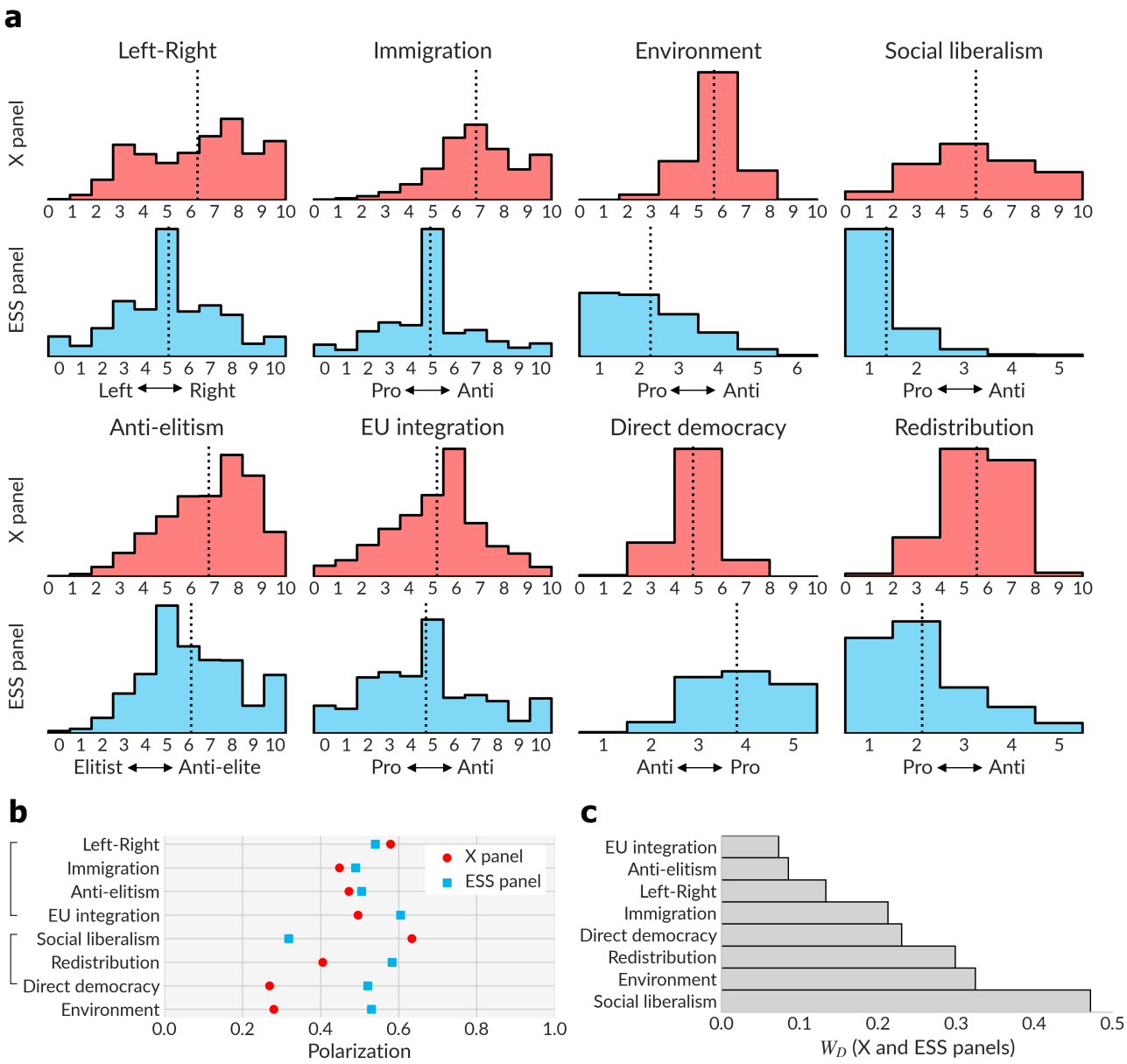

图1：X面板和ESS面板中立场的分布。（**a**）态度和意识形态立场分布的直方图。虚线表示均值。X面板的分布被整理为分箱，以便与ESS面板进行比较。（**b**）各维度的极化值。括号表示共享同一支持集的维度组，在这些维度组内可以比较极化值。（**c**）X面板与ESS分布之间的归一化Wasserstein距离，按从最低（顶部）到最高（底部）的顺序排列。

表 1：关注的政治维度。对所考察政治维度的描述及排序。该排序描述了立场从坐标轴下限到上限的定性变化。

维度	排序	描述（ESS）
左—右	左派 ⟷右派	在左—右尺度上的定位
反精英主义	低 ⟷高	对政治家的信任
欧盟一体化	支持 ⟷ 反对	欧洲一体化应走得更远，还是已经走得太远
移民	支持 ⟷ 反对	移民使国家成为更糟或更好的居住地
再分配	支持 ⟷ 反对	政府应缩小收入水平之间的差距
直接民主	反对 ⟷支持	政治制度让民众能够参与政府决策
环境	支持 ⟷ 反对	关爱自然与环境很重要
社会自由主义	支持 ⟷ 反对	同性恋者可以按照自己希望的方式自由生活

X面板的绝对相关性约为0.81（组外分别为0.35），组内与组外之比约为2.32，而ESS面板为2.09（组内0.19，组外0.09）。ESS面板中显著的跨组相关性包括移民与全球—地方态度，以及欧盟一体化与左—右意识形态。

2.3 低维结构

相关性分析表明，两个面板中的政治态度分布具有相似的结构：存在左—右分野和全球—地方分野，其中 X 专家小组成员之间的一致性高于 ESS 专家小组成员。为了揭示态度分布的底层结构，我们尝试为每个面板寻找低维表示。

我们对每个面板进行主成分分析[68]（PCA），在可用维度构成的高维空间中寻找少量正交轴，数据可以投影到这些轴上。这些轴称为主成分，并按解释方差从高到低排序。此外，我们还计算每个面板的有效维度[69]（ED），用于衡量描述多维政治空间结构所需的维度数量；它与主成分分析密切相关（参见“方法”）。 $ED = 1$ 意味着所有政治维度完全相关，小组成员的立场可以在不损失信息的情况下用一条直线表示（例如，自由派—保守派）； $ED = 2$ 意味着政治立场可以用一个二维平面表示（例如，社会议题和经济议题），依此类推。如果各维度之间完全不相关，那么 $ED = 8$，政治立场就无法在不造成重大信息损失的情况下用更低维度的空间表示。

图 3 展示了每个主成分所解释的方差及累积方差，以及每个面板的有效维度。X面板呈现出近似二维的结构，前两个主成分分析分量（下文简称第一主成分和第二主成分）合计解释了超过 90% 的方差，有效维度为 2.55。相比之下，ESS 受访者至少需要七个主成分才能解释 90% 的方差，并需要两个主成分才能解释 50%。

这些观察结果印证了我们此前的发现：X用户的态度分布可以很好地用二维空间来表示，这意味着意识形态沿着两条分界线排列；我们预计这两条分界线分别是左—右分野和全球—地方分野，这一判断是在检查相关矩阵后提出的。尽管此前检查相关矩阵时发现，同样两条分野似乎也适用于ESS面板，但在这些情况下，前两个主成分分析分量所解释的方差要少得多，这是因为ESS面板中个体的立场总体上更加温和。

为了更系统地描述主成分分析揭示的低维空间，我们检查经旋转以提高可解释性的第一主成分和第二主成分的构成（见“方法”）。图4展示了政治维度在第一主成分和第二主成分构成的二维空间中的载荷：箭头显示了小组成员的政治立场在（第一主成分，第二主成分）平面中的排列方式，箭头长度则表示这些维度由主成分概括的程度。例如，对于X面板，左—右维度和环境维度几乎与第一主成分完全对齐，这意味着在低维空间中，X面板受访者在这两个维度上的立场可以用单一轴很好地概括。

在这一低维空间中，政治维度明显分为两个聚类，分别对应假设的左—右和全球—地方分野（分别以蓝—红色和绿—棕色箭头表示）。X面板和ESS面板中还出现了少数起桥接作用的维度。尤其是移民议题在ESS中与两个主成分均有重叠，表明这一维度与两条主要分野都密切相关。在X面板中，再分配和直接民主也发挥了这一作用。X面板较低的有效维度体现在箭头更长，这表明每个维度在第一主成分或第二主成分上的载荷都很大。ESS面板的情况则有所不同，例如社会自由主义。事实上，第三主成分几乎完全由社会自由主义构成，而X面板的第三主成分则几乎完全由直接民主构成（补充图1）。因此，这些维度与其他维度的对齐程度较低，

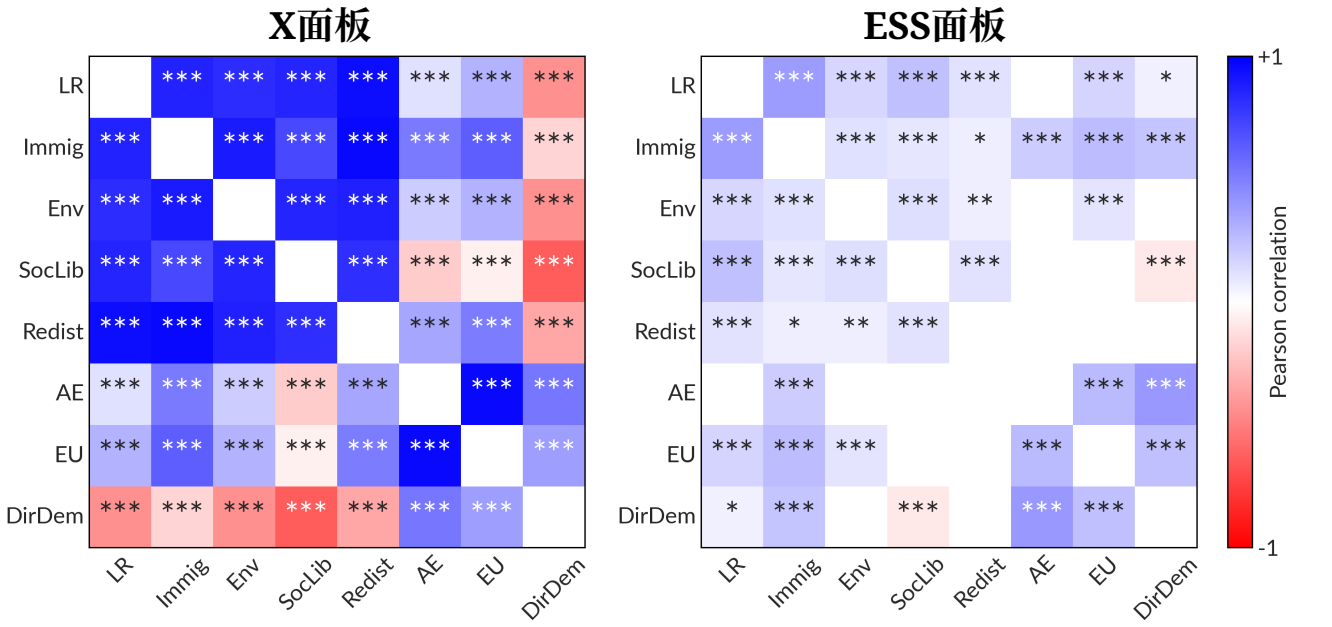

图 2：维度之间的皮尔逊相关。显著性水平 *：$p < .05$，**：$p < .01$，***：$p < .001$。Immig：移民，SocLib：社会自由主义，Env：环境政策，Redist：再分配，DirDem：直接民主。显著相关性的比例：100%（X），71%（ESS）。显著非对角相关性的平均值：0.56（X），0.18（ESS）。最强的非对角相关性：0.97（X，反精英主义和欧盟一体化），0.41（ESS，反精英主义和直接民主）。每个矩阵均不同于单位矩阵（巴特利特球形检验：$\chi_2 > 300$，$p < 0.001$）。不显著的相关性和对角单元格以白色显示。

未能如此清晰地归入（左—右、全球—地方）结构。

我们在图 5中考察了X平台受访者和ESS 专家小组成员在低维空间中的分布。柱高表示个体的密度，颜色渐变则映射左—右维度（左图）和反精英主义维度（右图）的平均值。ESS 专家小组成员呈高斯分布，而立场的高度一致性将X平台受访者划分为三个清晰可辨的极点：反精英左翼极点、反精英立场较低或中等的中右翼极点，以及高度反精英的极右翼极点。这一结果源于结构更为清晰的网络政治空间，与X平台受访者在各个单独维度上较低的极化程度形成对比。

2.4 政治立场随活跃度和受欢迎程度的变化

现在，我们考察 X 用户的意识形态极化、议题对齐程度以及与公众的距离，如何随活跃度和受欢迎程度的不同水平而变化。我们根据发推频率（活跃度）或粉丝数量（受欢迎程度），将 X 平台受访者划分为若干分箱。每个分箱中的受访者人数数量级介于 10^3 和 10^6 之间（补充图 7）。

按活跃度或受欢迎程度对用户排序，会呈现两种截然不同的图景，如图6所示。活跃度似乎与更高的意识形态极化和议题对齐相关，而受欢迎程度则与用户立场更能代表公众立场相关。

用户越活跃，极化程度越高：对于所考察的所有政治维度，意识形态极化和议题极化均随发推频率增加而上升（面板**a**），尽管增幅较小（最大增幅：在长度为 1 的量表上为 0.1）。维度数与发推频率几乎呈单调反向关系（面板**b**），在最活跃的用户群体中降至 2.34。相比之下，活跃度最低的用户，其维度数略高于平均值。维度数的这一下降趋势，或许可以用左—右分野内各维度之间相关性的增强来解释（面板 **c**）；这表明，与以往相比，这一单一分野更能概括个体立场。

按受欢迎程度对用户排序后，图景的对比更加鲜明。关注者最少和最多的用户，其极化程度都低于平均水平；只有环境领域的极化程度随着受欢迎程度持续上升（面板**a**）。极化程度最高的用户位于 $[10^3, 10^4]$ 关注者区间。有效维度随受欢迎程度的变化没有呈现特定趋势，不过我们注意到，最受欢迎的用户具有较高的维度（面板 **b**）。这可能是由于全球—地方分野内部的相关性增强（面板 **c**），同时

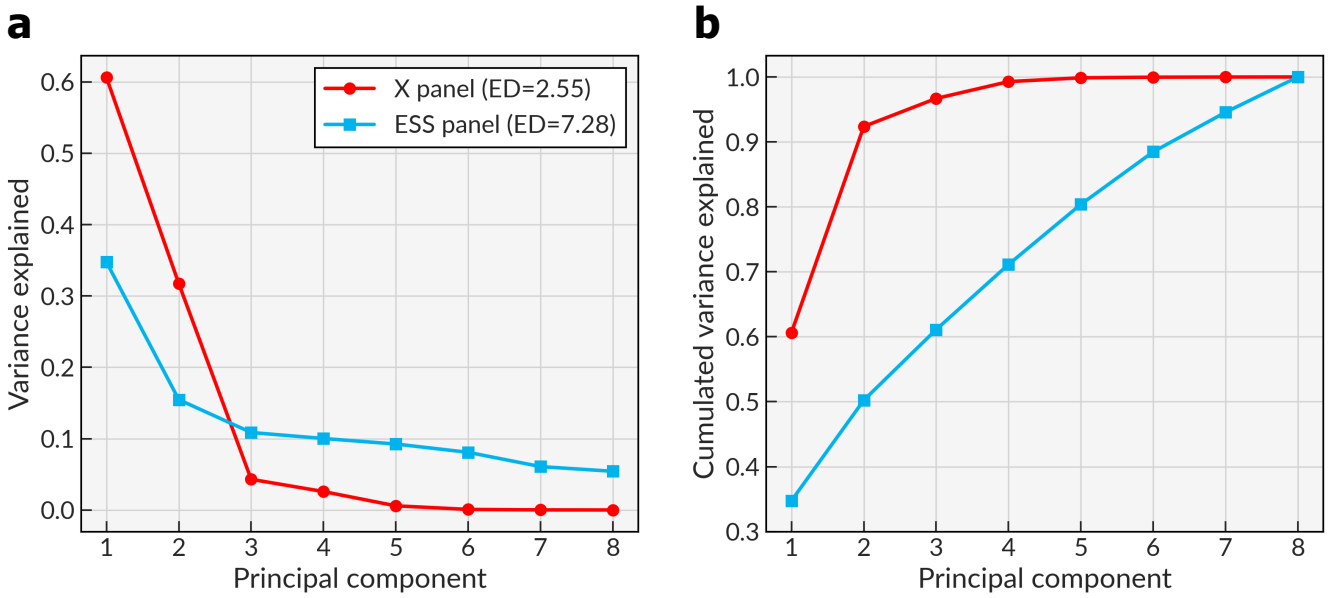

图 3：主成分的解释方差。我们展示了欧洲社会调查（ESS）和 X（前身为 Twitter）各群体的解释方差（**a**）及累计解释方差（**b**）。ED 表示有效维度。

左—右分野与全球—地方分野之间的相关性减弱：这两项观察表明，左—右分野的概括能力有所下降。

就公众的代表性而言，按受欢迎程度对用户排序时，图景最为清晰。受欢迎程度似乎与代表性高度相关，因为最受欢迎的用户也最接近 ESS面板成员（面板**d**）。唯一的例外是直接民主，在较小程度上还有欧盟一体化；它们呈现出相反的趋势。这些结果可能源于随着受欢迎程度上升，用户在第一主成分和第二主成分上的位置呈下降趋势（面板**e**）：用户越受欢迎，就越偏左翼、越倾向全球主义，从而与 ESS面板更加接近。

另一方面，发推频率最低和最高的 X用户，是在大多数维度上最不具 ESS受访者代表性的两组（面板**d**）。这些用户大多是右翼地方主义者（在第一主成分和第二主成分上的值较高，见面板**e**）。每天发推 0.01 至 10 条的用户，是唯一比平均水平更接近 ESS受访者的群体。

举例来说，我们在图 **f** 中展示了 ESS 面板、X面板、最活跃的 X用户和最受欢迎的 X用户在移民问题上的立场分布。最活跃的用户反移民倾向明显更强，而最受欢迎的用户则明显更支持移民，因此他们的立场更接近根据 ESS受访者的分布所描述的公众。

2.5 网络空间中可见的意见

最活跃用户与最受欢迎用户的政治立场之间存在这种差异，这不禁让人提出这样一个问题：普通用户眼中的 X 政治领域是什么样的？我们将 X 用户的可见度定义为 $tweeting\ rate \times followers$。这一数值与用户推文的浏览次数相符；对于 2023 年 1 月和 2 月的一部分用户，我们可以获取这一指标（皮尔逊相关系数为 0.92，见补充材料第 4.4 节）。我们根据用户的可见度赋予权重，并再次测量这一群体的极化程度。这样做让我们更清晰地了解 X 上哪些用户获得了最多曝光，同时不考虑算法效应。根据我们的可见度指标及其背后的假设，没有人关注或不发推文的用户基本上不可见，而非常活跃或非常受欢迎的用户发布的内容则更有可能出现在信息流中。

根据可见度对 X平台受访者加权后，大多数政治立场分布的偏斜程度有所降低，也更加温和（图 7，图 **a**）。因此，意见分布显得较不极化，也更接近 ESS 小组成员的分布（图 **b**,**c**）。因此，X用户可感知的意见格局更接近法国普通民众的意见。不过，在对用户加权后，议题对齐和维度并未发生显著变化（补充图 9）。

3 讨论

本研究评估在线政治圈与更广泛公众舆论之间的异同，聚焦于意识形态极化和议题对齐。我们研究了两个群体的政治立场分布：法国 X 圈中的用户群体，

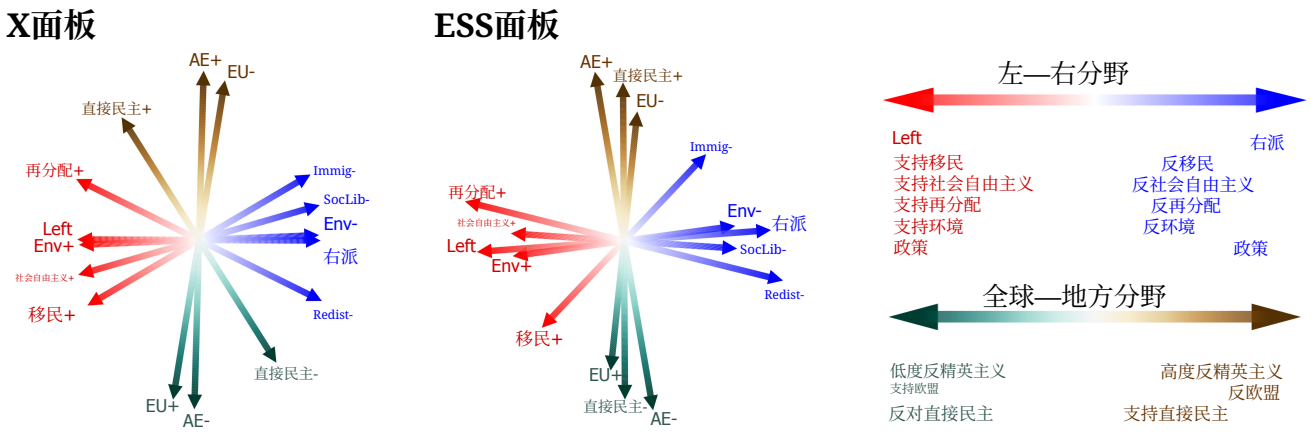

图4：政治维度沿主成分的载荷。 每个箭头表示某一政治维度在第一主成分（x轴）和第二主成分（y轴）上的载荷。箭头长度与载荷的绝对值成正比。红—蓝箭头对应与左—右态度相关的维度，绿—棕箭头对应与全球—地方态度相关的维度。加号（+）表示“支持”，减号（-）表示“反对”。

其意见通过意识形态尺度化方法得出，并使用政治调查数据进行校准[58]，；以及由法国公民组成的全国代表性面板，其自我申报的态度和意识形态立场取自欧洲社会调查[60]。由于 X 平台人群天然缺乏可供参照的群体，因此评估其代表性颇具挑战性；我们使用的面板则代表了与参照政治行为体（法国议会议员）直接关联的用户，构成一个空间上连贯的群体。我们研究了八个相关的政治维度：左—右、移民、环境、社会自由主义、财富再分配、反精英主义、欧盟一体化和直接民主。

我们发现，在几乎所有维度上，公众都比参与政治领域的X用户较为极化。不过，X用户始终偏向右翼、民粹主义立场，而公众则表现出更为中间的立场。在议题对齐方面，X用户表现出非常受限的立场，这体现为各政治维度之间强烈且高度显著的相关性；公众的相关模式与之相似，但显著性较低。这些相关模式似乎划分出两组政治维度，组内相关性高、组间相关性低。因此，线上与线下政治领域都适合用更低维的表示来刻画。

通过对数据应用标准降维程序，我们揭示了每个人群的二维表示。这一表示围绕典型的左—右分野和全球—地方分野展开：前者涉及移民和财富再分配等社会与经济议题，后者则体现了保护主义、民粹主义态度与全球主义、精英主义态度之间的对立。由于相关性更强、显著性更高，这一表示保留了原始 X 数据中 90% 以上的变异，而公众仅保留了 50%。公众在这一二维空间中的分布近似高斯分布，而 X用户则集中在三个极点附近：左翼地方主义极、中右翼极点和极右地方主义极。我们采用另一种降维方法后，结果依然稳健（补充图4）。

最后，我们分析了这些结果如何随X用户的活跃度和受欢迎程度而变化，后两者分别以发推频率和粉丝数量衡量。选择更活跃的用户会使所得立场分布的极化程度上升，政治意见空间的维度则缩小，这表明议题对齐程度提高。另一方面，选择更受欢迎的用户，则会增强样本对公众的代表性，且低维空间中出现更多左翼、全球主义立场。为揭示X用户所接触的意见图景，我们重复了此前的分析，同时根据用户在平台上的估计可见度（发推频率乘以粉丝数量）对样本加权。由此呈现的图景总体上极化程度较低，也更接近公众的立场；但在维度和议题对齐方面，我们未观察到显著变化（补充图 9）。

我们的研究发现必须结合法国的政治局势加以理解。在2023年数据收集期间，政治格局呈三方结构：一方是以埃马纽埃尔·马克龙为首的执政联盟（中右翼），另一方是右翼政党国民联盟（RN，国民集会），还有一方是由激进左翼政党不屈法国（LFI）领导的左翼联盟。执政联盟与两个反对派（LFI和RN，二者均持有反精英立场）的分歧

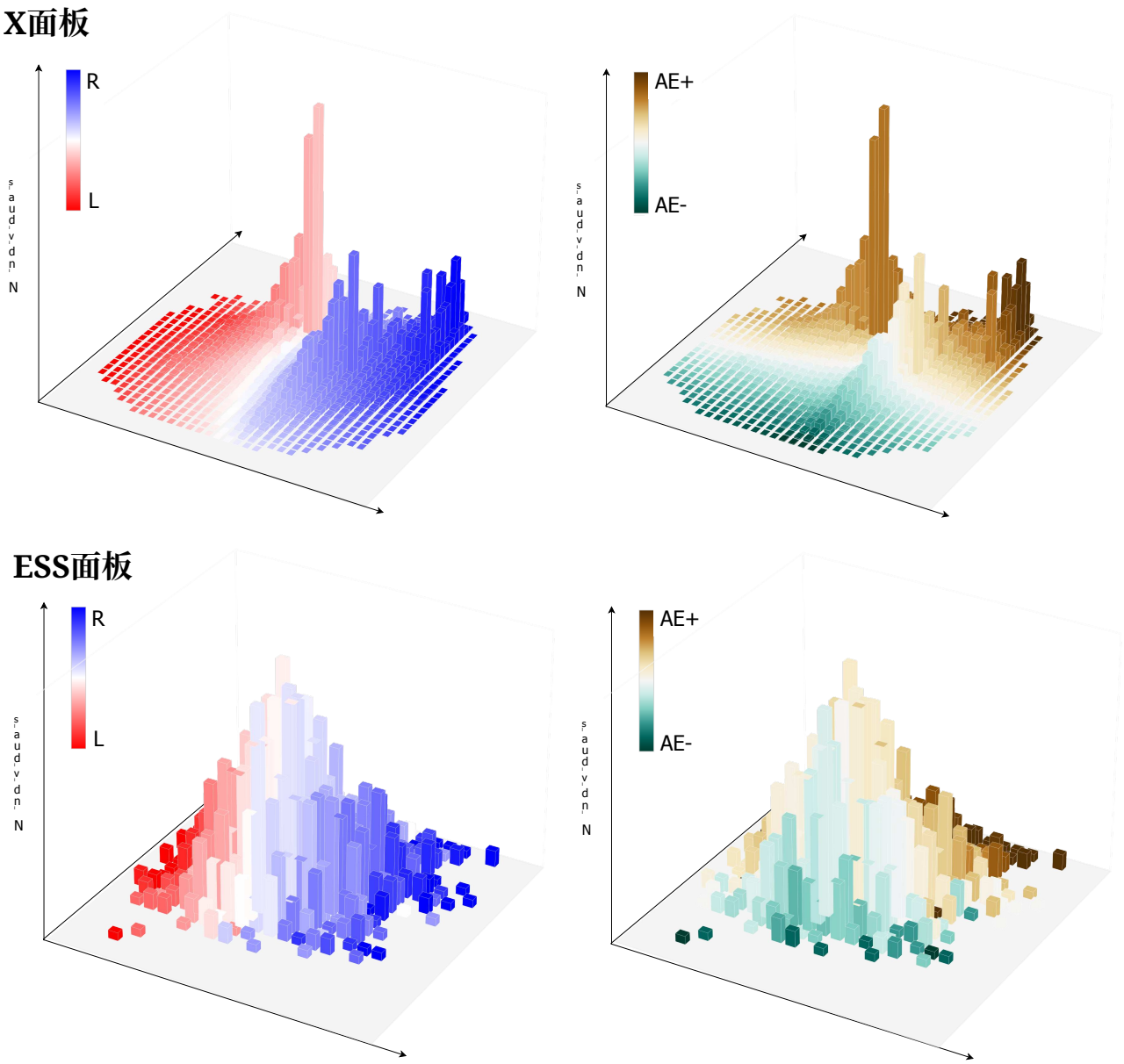

图 5：小组成员在低维空间中的分布。（第一主成分，第二主成分）平面被划分为网格。竖条表示每个单元格中的人数。条形颜色映射个体在左—右和反精英主义维度上的平均位置。（**a**，**b**）X面板，网格大小为 30×30。（**c**，**d**）ESS面板，网格大小为 20×20。

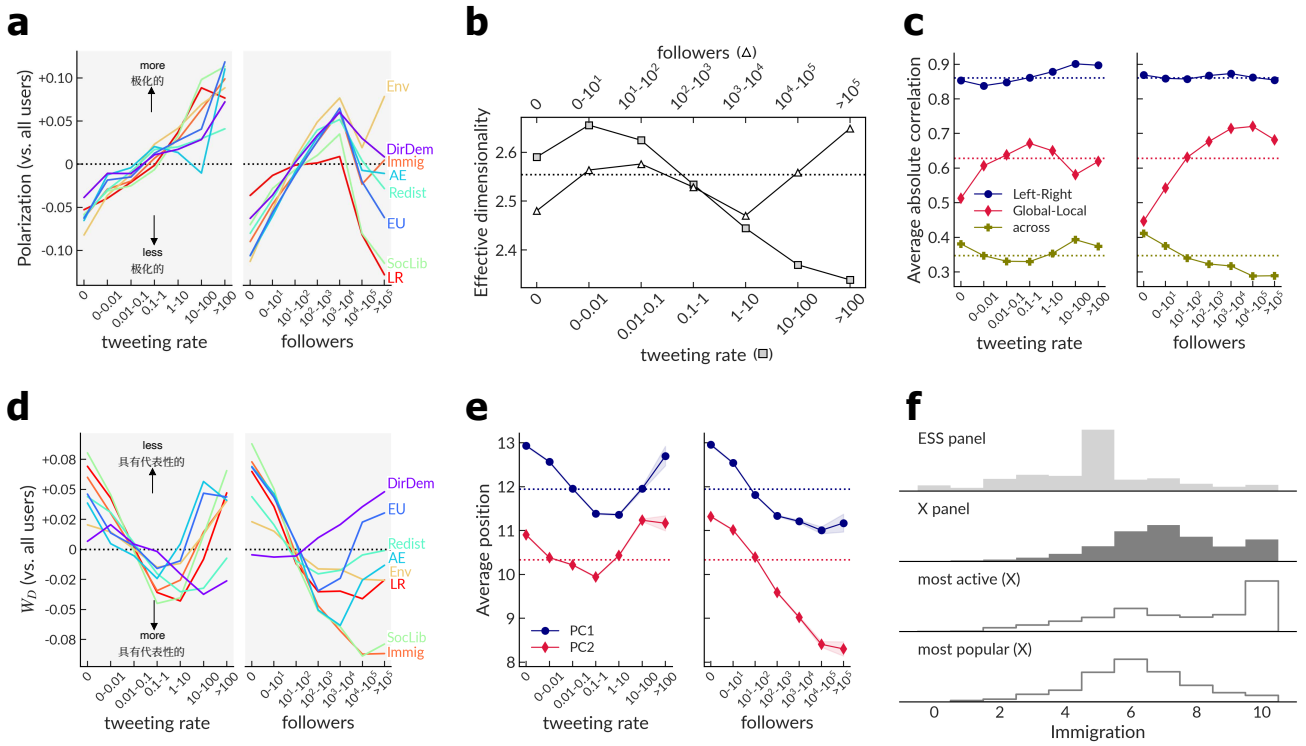

图6：X平台受访者的极化、代表性和维度随活跃度与受欢迎程度的变化。用户按其活跃度（发推频率）或受欢迎程度（粉丝数量）分组。虚线表示按整个面板计算的数值。**（a）**不同维度上的极化：组内数值减去总体数值。**（b）**有效维度。灰色方块表示处于同一活跃度组的用户，白色三角形表示处于同一受欢迎程度组的用户。**（c）**左—右分野内（蓝色圆圈）、全球—地方分野内（红色菱形），以及左—右与全球—地方分野之间（绿色叉号）的维度间平均绝对相关性。**（d）**X用户与ESS受访者立场之间的Wasserstein 距离：组内数值减去总体数值。**（e）**用户沿第一主成分（蓝色圆圈）和第二主成分（红色菱形）的平均立场，附95%置信区间。**（f）**ESS面板、X面板、最活跃的X用户（发推频率 >100）和最受欢迎的X用户（关注者 $>10^6$）在移民议题上的立场分布。

（根据政党立场专家调查）由对全球化的态度所界定[70]，而 LFI 与 RN 在文化议题上则强烈对立。因此，这三个极点的立场无法简化为单一的左—右轴。

我们的研究发现为理解在线政治辩论提供了两个相互关联的关键见解。首先，它们再次凸显了在研究在线政治辩论时考虑多维态度和意识形态分布的重要性。我们表明，单一维度的在线用户政治立场表征并不充分，因为这种表征可能会忽略多达 40% 的意见变异（图 3）。许多关于在线辩论的研究都聚焦于单维政治框架（自由派—保守派或左派—右派量表），原因有二：难以获取大规模在线人群的精细政治立场，以及研究普遍聚焦于美国。更广泛的国家情境，包括大多数欧洲国家，需要采用多维量表来分析政党竞争[12,13,15,71]和公众舆论[29,30]。由于大多数在线研究都聚焦于意识形态极化和情感极化，我们的方法论可作为研究议题对齐的工具。具体而言，先前一篇论文[58]，中介绍的从互动数据推断多维意见的方法，很容易应用于海量在线数据语料。

我们研究的第二项发现涉及参与在线公共辩论的行动者，相较于公众是否具有代表性。许多研究揭示，与公众相比，在线人群存在显著的社会人口学选择偏差[46–51]，而活跃用户与非活跃用户之间也存在额外的选择差异[47, 52–55]。结果的最后一部分表明，尽管我们面板中的 X 用户，尤其是高度活跃的账户，存在显著的政治倾斜，但可见度最高的账户——即既活跃又受欢迎的账户——所勾勒出的政治格局，与公众舆论极为接近。后续研究应探讨活跃度、受欢迎程度与可见度之间复杂的相互作用，以更好地理解在线社交媒体中的曝光机制。

我们的研究也并非没有局限性。

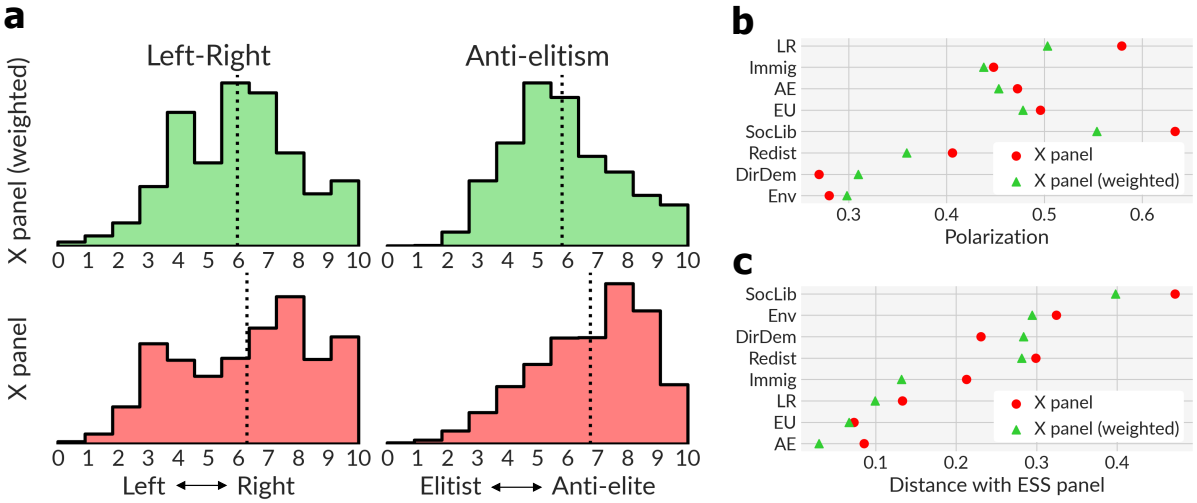

图 7：X 上意见的可见度。我们比较了 X面板（红色）与按用户可见度加权的 X面板（绿色）中的政治立场。**(a)** 左—右和反精英主义维度上的立场分布。**(b)** 各维度上的极化。**(c)** 与 ESS面板的 Wasserstein 距离。

首先，X 数据集与 ESS 之间的可比性存在问题。X用户的政治立场是根据其在平台上与议员互动的情况计算得出的。因此，这些立场源自对用户政治行为的观察。相比之下，ESS受访者的政治意见是自我申报的。由于X用户的立场与其自我申报的观点一致（这些观点是在可能的情况下从用户的在线个人资料中获取的），这一局限有所缓解[58]。我们研究的第二个局限涉及对X用户可见度的分析。可见度不仅取决于活跃度和受欢迎程度，还高度依赖于算法效应。对这些效应的研究本身就是一个重要的研究领域，已有大量针对X的深入[72–74]分析。我们认为，不考虑算法效应是本研究的特点，而非缺陷。我们特意将重点放在行为指标上，以更好地理解在线行为与政治立场之间存在的相关性。我们的可见度指标直接对应于在推荐按时间顺序进行时的潜在浏览量，而这正是人们经常用来比较算法推荐系统的常见基准。纳入算法效应将大幅扩展本文的研究范围，因此更适合作为一项独立研究。

我们希望，我们的结果和观察能够推动未来的研究。这些发现表明，有必要开展更多研究，专门探讨社交媒体上意见的维度，并进一步评估总体人口在网络空间中的代表性。未来的研究应努力在其他国家开展类似分析。由于相关政治议题和意识形态轴的范围可能有所不同，因此，将这些考量扩展到单一国家之外尤为重要。在条件允许时，此类研究还应努力评估这些结果可能如何随时间变化。最后，应纳入更多平台，尤其是鉴于近期关于“回声平台”的观点[45]。

4 方法

4.1 X 数据集

构建 X 数据集所采用的流程详见相应文章[58]。我们首先收集了 2023年2月平台上所有法国议员的 X 账号资料及其关注者的元数据。筛除连接数不足的账号后，我们构建了一个连接议员及其关注者的二分网络。该网络包含 883 名议员和 978K 名关注者。

我们采用 Barberá[75]，最初提出的意识形态标定方法，将议员及其关注者嵌入多维潜在意识形态空间。该空间中的距离反映用户之间的意识形态接近度：多项独立研究表明，该空间第一维上的立场通常与左—右意识形态高度相关[75,76]。为超越左—右轴并推导个体在多个政治维度上的立场，我们利用了教堂山专家调查（CHES）2019年和2023年调查轮次的数据[77,78]。CHES 收录了欧洲国家（包括法国）主要政党的政治立场，数据以 0 到 10 之间的浮点数表示，涵盖多个关键意识形态轴和政治议题，例如左—右、反精英主义、移民和欧盟一体化。

因此，CHES 数据可以看作是将政党嵌入多维超立方体$[0,10]^d$中的结果。我们建立了这一空间与

通过意识形态尺度化得到的潜在空间之间的映射：我们首先对议员的立场按政党求平均，以此估算政党在潜在空间中的立场；随后，在这些估算值与 CHES 空间中的政党立场之间拟合惩罚线性回归。我们将所得映射应用于所有议员和关注者的潜在立场，最终得到他们在 CHES 各维度上的个人立场。换言之，每位议员和关注者在 CHES 测量的每个政治维度上都有一个介于 0 到 10 之间的连续立场，包括左—右轴、反精英主义、移民、欧盟一体化等。为便于分析，本文将超出 $[0, 10]$ 范围的数值替换为 0 或 10；每个维度中受此影响的用户均不到 5%。详细统计数据见相应文章 [58]。

对于 16 个最相关的政治维度（包括本研究所依据的维度），其立场与用户个人简介中自我申报的观点一致，证明了结果的有效性。用户活跃度和受欢迎程度的个体指标，即发推频率（每日推文均值）以及每位用户的粉丝数量，均从 API 提供的账户元数据中提取。我们缺少 156 名用户的元数据，约占完整数据集的 0.015%，因此不应对结果产生任何显著影响。

我们将分析重点放在关注者上，因为我们承认，议员是一个非常特殊的群体。将其与法国公众意见进行比较或许有意义，但这属于另一个研究问题。

4.2 欧洲社会调查

ESS 定期在欧洲各国开展调查。在每个国家，研究人员都会询问全国代表性面板中的受访者，了解其社会经济状况、宗教信念、政治意见等。我们利用 2023 年调查轮次[60],第 4.1 版的结果，将法国广大人口的意见与 X 平台人群的意见进行比较。政治意见由受访者自行申报，以整数形式按照范围各异的李克特式量表给出。

2023年，ESS 法国样本中有 1,771 名受访者。我们剔除了在与我们关注的政治维度对应的列中至少有一个缺失值的受访者。缺失值包括“不可用”“拒绝回答”“无回答”和“不知道”等答案。最终，ESS 面板中有 1,417 名受访者。

最后需要指出，ESS 包含一个与线上政治活动相关的问题。我们在补充材料第 5 节中展示，只考虑那些表示自己在线上政治活动中积极参与的受访者时，我们得到的结果在定性上相似。

4.3 在 ESS 数据中考虑调查设计

由于 ESS 的实施方式具有成本效益，数据原样 存在偏差。例如，相较于其他人群，某些个人和社会人口类别更有可能被调查或作出回应。为确保我们对 ESS 面板的分析稳健且能代表法国人口，我们必须将调查设计考虑在内，该设计包含三个校正变量：权重、聚类和分层。如需了解更多详情，请参阅 ESS 关于此事的指南[62]。

R 的 survey 软件包提供了多种函数和算法，可将调查设计纳入考量。我们使用它来计算 ESS 面板的相关矩阵、对该面板进行主成分分析，并评估单维分布。对于后者，我们创建表格，列出各维度李克特量表每个取值对应的校正后答案数量。我们根据这些表格绘制直方图，计算意识形态极化，并计算与 X 面板之间的 Wasserstein 距离。

4.4 对 X平台受访者进行分箱

在各个维度上，ESS 专家小组成员的意见取整数值，而X平台受访者的意见在 $[0, 10]$ 中是连续的。为便于比较，我们按照与 ESS 相同的取值范围，将 X 的意见分布离散化，分入适当数量的等长分箱：左—右、移民、反精英主义和欧盟一体化维度各分 11 箱；社会自由主义、再分配和直接民主维度各分 5 箱；环境维度分 6 箱。例如，左—右维度立场介于 0 和 $10/11 \simeq 0.91$ 之间的 X用户被分入第一箱，立场介于 0.91 和 $2 \times 10/11 \simeq 1.82$ 之间的用户被分入第二箱，以此类推。我们使用这些分箱后的分布绘制直方图、计算意识形态极化，并计算与 ESS 面板之间的 Wasserstein 距离。

4.5 测量意识形态极化

关于如何测量单维意识形态极化[79]，学术界仍存在持续的争论。我们采用近期提出的一种度量方法[64]„ 该方法基于累积熵的概念。此度量方法仅适用于顺序数据，但其优点是能够同时考虑分散程度和双峰性。假设某个分布的取值范围为 1，..... k。例如，某个调查问题的答案分布，其 k 个可能答案。该分布的极化定义为

$$E_c = \frac{H(S_1, 1 - S_1) + \ldots + H(S_{k-1}, 1 - S_{k-1})}{k - 1}, \quad (1)$$

其中 $S_j = \sum_{i=1}^{j} p_i$，H 表示二元熵：

$$H(p, 1 - p) = 2^{-p \log_2 p - (1-p) \log_2 (1-p)} - 1. \quad (2)$$

我们假设 $0 \times \log_2 0 = 0$。二元熵$H(p,\ 1-p) \in [0,1]$用于测量二元结果随机变量的不确定性。 p 越接近 0。5，各种可能结果发生的概率就越相等。现在，S_j 是截至点j的累积分布质量。因此， $H(S_j,\ 1-S_j)$用于测量所关注分布两半之间的质量差异：小于或等于 j的值，以及严格大于该值的值。 E_c对所有可能的值 j的这种差异取平均值。如果一个分布的所有质量都集中在一个点上，那么其 $E_c = 0$将为零，因为对于每个 j， S_j 或 $1-S_j$必有一个为零，因此 H 始终为零。相反，如果质量均分在取值范围的两端，那么每个 S_j 都恰好为 0.5，使每个 H 项达到最大值 1，最终得到 $E_c = 1$。

4.6 Wasserstein 距离

Wasserstein 距离（W_D），也称为推土机距离，通过计算将一个分布转变为另一个分布所需的单位位移数量，来量化两个分布之间的距离。它使我们能够简单地评估 X 与 ESS 面板的意见相差多远。其定义如下：

$$W_D(p,q) = \inf_{\gamma \in \Gamma(p,q)} \mathbb{E}_{(x,y)\sim\gamma}|x-y|, \tag{3}$$

其中， $\Gamma(p,q)$ 表示所有边缘分布为 p 和 q的联合分布集合。我们用其最大值对 W_D 进行缩放；当 p 和 q 的质量分别集中在取值范围的两个相反极端时，该值达到最大。因此，对于所有维度，我们得到介于 0 和 1 之间的数值，从而可以跨维度进行比较。我们使用 Python 的 SciPy 库中现成的实现来计算 W_D 。

4.7 主成分分析（PCA）

为降维，我们采用了主成分分析（PCA）。PCA 利用相关矩阵的特征空间，推断数据集的低维表示。相关矩阵的特征向量表示数据中方差最大的两两正交方向。它们就是主成分，我们根据其所捕获的数据方差对其排序，该方差由相应的特征值给出。因此，第一个主成分是与相关矩阵最大特征值相对应的特征向量，它描述了原始数据方差最大的方向。

解释方差（图 3，面板 **a**）是每个特征值与所有特征值之和的比值。面板**b** 显示了这些比值的累积和，表明 k 前几个主成分共同解释了多少方差。

原始变量在某个主成分上的载荷量化了各变量对该主成分的贡献。它们表明各变量对主成分的影响有多强，以及影响的方向，从而有助于根据原始数据解读该主成分所代表的含义。载荷的绝对值较高，表明变量与主成分之间的关联较强；载荷值较低，则表明变量与主成分的关联较弱。

4.7.1 预处理

在执行主成分分析之前，我们会对数据集进行标准化，以确保高方差变量不会仅仅因为尺度较大而主导分析。标准化会将所有变量转换为均值为 0、标准差为 1 的形式，使它们处于可比尺度上。这一步至关重要，因为原始取值范围较大的变量会对主成分产生不成比例的影响。对于 ESS面板而言，标准化更加不可或缺，因为其中的变量取值范围各不相同。

4.7.2 主成分旋转

选定前两个主成分进行检查后，我们使用最大方差法对其进行旋转。这一步旨在增强低维空间的可解释性。在某些情况下，大多数变量（甚至全部变量）都会载荷于前几个主成分上。这会使解释变得困难，因为每个维度都与每个主成分相关。最大方差旋转的做法是为这些主成分寻找不同的正交基，在保持相同相关结构的同时，使方差在各主成分之间分配得更加均衡。最大方差旋转通过提高高载荷并降低低载荷来实现，从而有效增强对变量与主成分之间关联的解释。请注意，旋转后第一主成分与第二主成分之间的排序，并不代表原始数据方差在二者之间的分配情况。为进一步提高可读性，我们反转 ESS面板中每个主成分的排序：将（第一主成分，第二主成分）平面中的坐标 (x,y) 替换为 (-x,-y)。这样可以确保政治维度沿旋转后主成分的排序与 X面板一致。

需要注意的是，这些步骤不会改变数据的低维结构，只是让两个面板中的结果更易于直观解读。旋转和反射前的载荷见补充材料第2.4节。

4.7.3 稳健性

我们选择使用 PCA，而不是其他降维方法，尤其是因为它能够将 ESS 的调查设计纳入考量，从而确保我们的结果能够代表法国人口。采用探索性因子分析[68],这一广泛用于降维的程序，也能得出类似结果

用于政治调查的分析[13,80]（补充图4）。

4.8 有效维度

令 $M = 8$ 表示数据中的变量数量，即关注的政治维度数量。面板的有效维度定义为

$$ED = \prod_{m=1}^{M} (\lambda_m / M)^{-\lambda_m / M}, \tag{4}$$

其中，λs 是变量间相关矩阵的特征值。如果所有变量完全相关，则只有一个非零特征值，等于 M，且 $ED = 1$。如果所有变量完全不相关，则有 M 个等于 1 的特征值，且 $ED = M$。最后，考虑数据包含四个变量 x_1，x_2，x_3，x_4 的情况。假设前两个变量完全相关，且与后两个变量正交；后两个变量之间也完全相关。相关矩阵为

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}. \tag{5}$$

特征值为 2，2，0，0，因此得到 $ED = 2$。因此，数据可以在不损失信息的情况下概括为一个二维空间。例如，每个数据点都可以用其 (x_1，x_3) 坐标完整描述，无需知道 x_2，x_4 的取值。

我们建议感兴趣的读者参阅文献[81]，了解有效维度的技术性介绍；参阅文献[69]，了解其在欧盟国家政党立场维度研究中的应用。

数据可用性

本文使用的数据集可在线获取，网址为 https://osf.io/at5q2/ （X 数据集），以及 https://ess.sikt.no/en/（欧洲社会调查）。

代码可用性

用于分析数据的代码可在线获取，网址为 https://github.com/AntoineVendeville/political-attitudes-socmed-survey。

参考文献

1. J. T. Jost、D. S. Baldassarri 和 J. N. Druckman。《社会传播语境中的政治极化认知—动机机制》。《自然评论：心理学》**1,** 560–576（2022年8月）。

2. P. DiMaggio、J. Evans 和 B. Bryson。美国人的社会态度是否变得更加极化？《美国社会学杂志》**102,** 690–755（1996年）。3. J. Ojer、D. Cárcamo、R. Pastor-Satorras 和 Starnini。《描绘美国人口群体间的多维意识形态极化》。《自然·人类行为》（2025年7月）。4. A. I. Abramowitz 和 K. L. Saunders。极化是个神话吗？《政治学杂志》**70,** 542–555（2008年4月）。5. M. P. Fiorina 和 S. J. Abrams。《美国公众的政治极化》。《政治学年度评论》**11,** 563–588（2008年6月）。6. D. Traber、L. F. Stoetzer 和 T. Burri。《多党制中的群体型公众舆论极化》。《西欧政治》**46,** 652–677（2023年6月）。7. D. Baldassarri 和 A. Gelman。《不受约束的党派人士：美国公众舆论中的政治极化与趋势》。《美国社会学杂志》**114,** 404–446（2008年）。8. E. J. Finkel等。《美国的政治宗派主义》。《科学》**370,** 533–536（2020年10月）。9. L. Mason。《我不情愿地同意》：党派分选对社会极化和议题极化的不同影响。《美国政治学杂志》**59,** 128–145（2015年）。10. S. Iyengar、Y. Lelkes、M. Levendusky、N. Malhotra 和 S. J. Westwood。《美国情感极化的起源与后果》。《政治学年度评论》**22,** 129–146（2019年5月）。11. J. E. Uscinski等。《二维视角下的美国政治：党派与意识形态身份认同和反建制倾向》。《美国政治学杂志》**65,** 877–895（2021年）。12. J. McCoy、T. Rahman 和 M. Somer。《极化与全球民主危机：民主政体中的共同模式、动态及其有害后果》。《美国行为科学家》**62,** 16–42（2018年1月）。13. R. Bakker、Jolly, S. 和 J. Polk。《欧洲政党空间的复杂性：借助专家探索维度》。《欧洲联盟政治》**13,** 219–245（2012年）。

14. Stoll, H. 西欧精英层面的冲突显著性与维度：概念及实证发现。西欧政治**33,** 445–473（2010）。

15. Bornschier, S.《新文化分裂与西欧的二维政治空间》。《西欧政治》**33,** 419–444（2010）。16. Lijphart, A.《民主政体：二十一个国家的多数制与共识型政府模式》（耶鲁大学出版社，纽黑文、伦敦，1984）。17. Taagepera, R.《政党数量作为异质性与选举制度的函数》。《比较政治研究》**32,** 531–548（1999年8月）。

18. Lipset, S. M. & Rokkan, S.《分裂结构、政党体系与选民结盟》（自由出版社，纽约，1967年）。19. Bartolini, S. & Mair, P.《身份认同、竞争与选举可供性：欧洲选民群体的稳定化，*1885—1985*年》（欧洲政治研究联合会出版社，科尔切斯特，2007年）。20. De Vries, C. E. & Hobolt, S. B. 当维度发生碰撞：议题企业家的选举成功。en.《欧洲联盟政治》**13,** 246–268（2012年6月）。21. Rovny, J. & Edwards, E. E.《维度性之争：西欧和东欧的政党竞争》。《东欧政治与社会》**26,** 56–74（2012年2月）。22. Kriesi, H.等《全球化与国家政治空间的转型：六个欧洲国家比较》。en.《欧洲政治研究杂志》**45,** 921–956（2006年10月）。23. Marks, G. & Wilson, C. J.《当下中的过去：政党回应欧洲一体化的分裂理论》。《英国政治学杂志》**30,** 433–459（2000年7月）。24. De Vries, C. E. & Hobolt, S. B.《政治企业家：挑战者政党在欧洲的崛起》（普林斯顿大学出版社，S.L.，2023年）。25. Abou-Chadi, T. & Krause, W. 激进右翼成功对主流政党政策立场的因果效应：回归不连续设计方法。eng.《英国政治学杂志》**50**。出版方：剑桥：剑桥大学出版社，829–847（2020年）。26. Kriesi, H.等《全球化时代的西欧政治》（剑桥大学出版社，2008年9月）。27. Marcinkiewicz, K. & Dassonneville, R. 宗教选民是否支持民粹主义激进右翼政党？西欧和中东欧的相反效应。《政党与政治》**28**。出版方：SAGE 出版公司，444–456（2022年5月）。28. Bornschier, S., Haffert, L., Häusermann, S., Steen-bergen, M. & Zollinger, D.《*21*世纪的分裂形成：社会身份认同如何在选举重组背景下塑造投票行为》第1版（剑桥大学出版社，2024年12月）。29. Wheatley, J. & Mendez, F.《重新概念化欧洲政治竞争的维度：需求侧方法》。en.《英国政治学杂志》**51,** 40–59（2021年1月）。30. Kurella, A.-S. & Rapp, M.《展开绿色—另类—自由意志主义／传统—威权主义—民族主义维度：西欧公众舆论的多维性质》。en.《西欧政治》，1–26（2025年2月）。31. Salloum, A., Chen, T. H. Y. & Kivelä, M.《社交网络中精英与大众极化的剖析》。《网络科学》**13,** e18（2025年）。

32. Quelle, D. 与 Bovet, A. Bluesky：网络拓扑、极化与算法策展。*PLOS ONE***20,** 1–10（2025年2月）。

33. Loru, E.等人 意识形态与极化决定社交媒体议程。科学报告 **15,** 35816（2025年10月）。34. Flamino, J.等人 2016年与2020年美国总统选举期间Twitter上新闻媒体与影响者的政治极化。《自然·人类行为》 **7,** 904–916（2023年）。35. Falkenberg, M.等人 社交媒体上围绕气候变化日益加剧的极化。《自然·气候变化》**12,** 1114–1121（2022年12月）。36. Waller, I. 与 Anderson, A. 量化在线平台中的社会组织与政治极化。《自然》 **600,**264–268（2021年12月）。37. Cinelli, M.等人 2019冠状病毒病社交媒体信息疫情。科学报告 **10,** 16598（2020年10月）。38. Falkenberg, M.、Zollo, F.、Quattrociocchi, W.、Pfeffer, J. 与 Baronchelli, A. 党派毒性与参与度模式揭示各国在线政治传播的共同结构。《自然·通讯》**15,** 9560（2024年11月）。

39. Lerman, K., Feldman, D., He, Z.,等在线网络中的情感极化与信息传播动态。 *npj Complexity* **1,** 8（2024年）。

40. Efstratiou, A.等. 非极化的对立面：分析 *Reddit* 上回音室与敌对群际互动之间的关系载于第十七届*AAAI*网络与社交媒体国际会议（*ICWSM2023*）论文集**17**（2023年6月），197–208。41. Williams, H. T., McMurray, J. R.,Kurz, T. & Hugo Lambert, F. 网络分析揭示了社交媒体气候变化讨论中的开放论坛与回音室。《全球环境变化》**32,** 126–138（2015年）。42. Fraxanet, E., Pellert, M., Schweighofer, S., Gómez, V. & Garcia, D. 剖析极化：在线互动符号网络中的对立与一致性。*PNAS Nexus* **3,** pgae276（2024年7月）。43. Pournaki, A., Gaisbauer, F. & Olbrich, E.影响者与传播者如何推动 *Twitter/X* 上的极化与议题对齐载于. **19** （2025年），1599–1615。44. Chen, T. H. Y., Salloum, A., Gronow, A., Ylä- Anttila, T. & Kivelä, M. 气候政治的极化源于党派分选：来自芬兰推特圈的证据。《全球环境变化》**71,** 102348（2021年11月）。

45. Martino, E. D., Galeazzi, A., Starnini, M., Quattrociocchi, W. & Cinelli, M. 社交媒体生态系统的意识形态碎片化：从回音室到回声平台预印本，网址：https://arxiv.org/abs/2411.16826。2025年。46. Mellon, J. & Prosser, C. Twitter 和 Facebook 并不代表总体人口：英国社交媒体用户的政治态度与人口统计特征。*Res. Polit.***4,** 2053168017720008（2017年）。47. Barberá, P. & Rivero, G. 理解 Twitter 用户的政治代表性。*Soc. Sci.Comput. Rev.***33,** 712–729（2015年12月）。48. Filho, R. M., Almeida, J. M. & Pappa, G. L.*Twitter*人口样本偏差及其对预测结果的影响：选举案例研究载于*2015*年*IEEE/ACM*社交网络分析与挖掘进展国际会议论文集（ACM，法国巴黎，2015年8月），1254–1261。49. Malik, M., Lamba, H., Nakos, C. & Pfeffer, J.带地理标签推文中的人口偏差载于第五届*AAAI*网络与社交媒体国际会议论文集（*ICWSM2021*）**9**（2021年8月），18–27。50. Mislove, A., Lehmann, S., Ahn, Y.-Y., Onnela, J.-P. & Rosenquist, J. 了解 Twitter 用户的人口统计特征。第五届*AAAI*网络与社交媒体国际会议论文集（*ICWSM2021*）**5,** 554–557（2021年8月）。51. Vaccari, C. 等.社交媒体与政治传播：2013年意大利大选期间对 Twitter 用户的调查。意大利。*Ital. Polit. Sci. Rev.***3,** 381–410（2013年）。52. Chen, Y., Kmetty, Z., Iñiguez, G. & Omodei, E. 隐性参与的公众：显性参与未能捕捉到的在线政治传播现象。*Commun. Methods Measures* **19,** 294–312（2025年）。53. Bessi, A. 等.错误信息时代的同质性与极化。英语。*Eur. Phys. J. Spec. Top.***225,** 2047–2059（2016年10月）。54. Vaccari, C. 等.回音室与反对派俱乐部：德国和意大利 Twitter 用户接触政治分歧的情况。*Soc. Media.Soc.***2**（2016年）。55. Garimella, K., De Francisci Morales, G., Gionis, A. & Mathioudakis, M.社交媒体上的政治话语：回音室、把关人与两党合作的代价载于*2018*年万维网大会论文集（国际万维网会议指导委员会，日内瓦共和国和州，瑞士，2018年4月），913–922。56. Guess, A. M. 等.社交媒体上的转发会放大政治新闻，但未能显著影响信念或意见。《科学》**381,** 404–408（2023年7月）。57. Barberá, P.社交媒体如何降低大规模政治极化：来自德国、西班牙和美国的证据 发表于2015年美国政治学会年会的论文。2015年。58. Vendeville, A.等 利用数据痕迹描绘政治格局：X平台上用户、政治人物和媒体机构的多维意见。*Data in Brief*, 112615（2026年）。59. Ramaciotti, P.等 描绘社会网络中的态度空间。*Soc. Netw. Anal. Min.* **13,** 14（2022年12月）。60. 欧洲社会调查欧洲研究基础设施（ESS ERIC）。*ESS*第*11*轮——*2023*年。健康领域的社会不平等、当代欧洲的性别 2025年。61. Luskin, R. C. 解释政治成熟度。*Polit. Behav.***12,** 331–361（1990年）。62. Kaminska, O. *ESS*数据权重与抽样设计指标使用指南*v1.1*。2020年。63. Baka, A., Figgou, L. & Triga, V. “‘既不同意，也不反对’：对投票建议应用中间答案类别的批判性分析”。*International Journal of Electronic Governance* **5,** 244–263（2012年）。64. Bao, L. & Gill, J. 一种基于熵的非参数测度，用于测量大规模政治极化。*Polit. Sci.Res. Methods* **12,** 821–840（2024年）。65. Vendeville, A. 投票者模型能够准确预测在线人群中的个体意见。*Phys. Rev.E* **111,** 064310（2025年6月）。66. Bona, G. D. 抽样数据集可能导致社交媒体政治极化识别结果存在严重偏差 预印本，见：https://arxiv.org/abs/2406.19867。2024年。67. Morales, P. R., Cointet, J.-P. & Zolotoochin, G. M.揭示意识形态嵌入中社会网络的维度结构 载于*2021*年*IEEE/ACM*国际社会网络分析与挖掘进展会议论文集（计算机协会，线上会议，荷兰，2022年），333–338。68. Jolliffe, I. T.主成分分析 第2版（施普林格出版社，纽约，2002年）。69. Koedam, J., Binding, G. & Steenbergen, M. R. 欧洲政党的多维极化：交叉分歧与有效维度。*Br. J.Polit. Sci.***55,** e24（2025年）。70. Gougou, F. 新选举秩序的巩固？从重新结盟的视角看2022年法国选举。*Revue française descience politique* **第72卷,** 915–943（2024年1月）。

71. Dolezal, M., Eder, N., Kritzinger, S. & Zeglovits, E. 重新审视议题态度的结构：对奥地利选民和政党精英的维度分析。*J. Elect. Public Opin. Parties* **23,** 423–443（2013年）。72. Piccardi, T.等 在算法驱动的社交媒体信息流中重新排序党派敌意会改变情感极化。《科学》 **390,** eadu5584（2025年11月）。73. Bouchaud, P., Chavalarias, D. & Panahi, M. 对Twitter推荐系统进行众包审计。科学报告**13,** 16815（2023年10月）。74. Huszár, F.等 Twitter上的政治内容算法放大。《美国国家科学院院刊》 **119,** e2025334119（2022年1月）。75. Barberá, P. 物以类聚，人以群分：使用Twitter数据进行贝叶斯理想点估计。*Polit. Anal.***23,** 76–91（2015年）。76. Bond, R. & Messing, S. 量化社交媒体的政治空间：基于Facebook上公开表达的偏好估算意识形态。*Am. Polit. Sci.Rev.***109,** 62–78（2015年）。77. Jolly, S.等 教堂山专家调查趋势数据文件，1999—2019年。*Electoral Stud.***75,** 102420（2022年）。78. Hooghe, L. 等 俄罗斯威胁与西方巩固：民粹主义和欧盟怀疑主义如何影响政党对乌克兰的支持。*Eur.Union Polit.* **25**（2024年）。79. Martino, E. D., Cinelli, M., Cerqueti, R. & Quattrociocchi, W. 量化极化：测量指标与方法的比较研究预印本，见：https://arxiv.org/abs/2501.07473。2025年。80. Stimson, J. A., Thiébaut, C. 和 Tiberj, V.《法国政策态度的演变》。《欧洲联盟政治》**13,** 293–316（2012年6月）。81. Giudice, M. D.《有效维度：教程》。《多元行为研究》**56,** 527–542（2021年）。

致谢

我们感谢 Alexander T. Kindel 就方法论提出的宝贵建议，也感谢 Max Falkenberg 进行的有益讨论。本研究部分经费由 CIVICA Research 的“欧洲极化观测站”（EPO）提供，该项目由欧盟地平线 2020 计划依据资助协议编号 101017201 共同资助；另有欧盟地平线计划项目“社交媒体促进民主”依据资助协议编号 101094752 提供资助（www.some4dem.eu），以及超大型研究基础设施（TGIR）法国国家科学研究中心 Huma-Num、艾克斯-马赛大学和孔多塞校区，并由自由计划研究所项目“AI 政治机器”（AIPM）提供资助。

作者贡献

A.V.处理了数据并进行分析。A.V.、H.Y.和P.R.参与了研究设计、结果解读以及手稿撰写。

利益冲突

作者声明不存在利益冲突。

政治态度虽各不相同，但在社交媒体和调查数据中共享共同的低维结构

Antoine Vendeville[a, b]、Hiroki Yamashita[b, c]和Pedro Ramaciotti[b, a]

[a]巴黎政治学院媒体实验室，法国巴黎[b]法国国家科学研究中心巴黎法兰西岛复杂系统研究所，法国巴黎[c]法国社会科学高等研究院，法国巴黎

目录

1 感兴趣的变量 **1**

2 低维结构 1 2.1 各维度对主成分的贡献 .1 2.2 用户沿主成分的分布 .4 2.3 探索性因子分析 .4 2.4 未旋转主成分 .4

3 活跃度、受欢迎程度和可见度的分布 **4**

4 可见度分析 **5**
4.1 立场的各维度分布.5 4.2 低维结构 .5 4.3 可见度值的变化 .5 4.4 可见度指标的稳健性.5

5 在线政治活跃的 ESS受访者 8

1 关注的变量

我们详细列出了与关注的政治维度相对应的变量，见表 1 （X 数据）和 表 2 （ESS数据）。对于 ESS 数据，我们未列出权重、分层和初级抽样单位变量（`anweight`、`stratum`、 `psu`，依次对应）。对于 X 数据，我们标明了用于校准 X 数据的 CHES 2019年和 2023 年调查轮次中相应的问题[1,2], 。表中标示的量表均为原始数据所采用的量表。在分析中，我们对其中一些量表进行了反向编码，具体如表所示：欧盟一体化（对 X 和 ESS 面板均反向编码）、反精英主义、移民、直接民主（仅对 ESS 面板反向编码）。

2 低维结构

我们展示了有关意见空间低维结构的补充结果。

2.1 各维度对主成分的贡献

图1展示了各维度对各主成分的贡献（归一化平方载荷）。由于旋转取决于旋转后的主成分数量，若对本文分析的前两个主成分之外的其他主成分进行旋转，所得结果将与其余分析不一致。因此，我们在此展示未旋转主成分上的载荷——请注意，这些载荷与 X 面板的旋转主成分基本相同（图 5）。第三主成分几乎完全由直接民主（X 面板）或社会自由主义（ESS 面板）构成。这与正文中关于这些维度在前两个主成分上的载荷的观察相呼应。

表 1：X 数据集中关注的变量。 X 数据集中与关注的政治维度相对应的变量。量表为 0 到 10 之间的连续值。

维度	变量	问题（CHES）	量表
左—右	lrgen_19	政党在2019年整体意识形态立场上的位置 其整体意识形态立场。	0 = 极左，.....， 10 =极端 右派。
反精英主义	反精英议题显著性 23_ –	How 显著 has 反对- 建制 and 反对 精英修辞曾对每个 政党?	0 =一点也不重要，.....， 10 = 极其重要
欧盟一体化	欧盟_立场_23	您会如何描述该政党 在欧洲一体化问题上的总体立场 领导层所采取的 立场 在过去三年中 个月?	0 = 强烈反对，.....， 10 = 强烈赞成（反向）。
移民	移民_政策_19	对移民政策的立场。	0 = 强烈支持自由主义移民政策 移民政策，.....， 10 = 强烈支持 限制性移民政策。
再分配	lrecon 23_	政党可根据.....进行分类 他们在经济议题上的立场 例如私有化、税收、监管、 政府支出，以及 福利国家。 左派政党 经济左派希望政府 在经济中发挥积极作用， 经济议题。经济右翼人士 希望政府减少干预。 政党在以下问题上的立场是什么： 过去三个月的经济议题 ?	0 = 极左，.....， 10 = 极 右。
直接民主	民众_对_精英_1	对民众与当选代表之间关系的立场- 代表。一些政党 认为“人民” 应对最重要的 议题拥有最终决定权，例如 by 直接投票参与公投。在 与之相对的是政党， 它们认为民选代表—— 代表应作出最重 要的政治决策。	0 = 民选公职人员应 作出最重要的决策， .....， 10 =“人民”，而非政客 cians，应该做出最重要 的决定。
环境	环境 19_	对环境可持续性的立场 性。	0：强烈支持环境保护 即使要以牺牲经济 增长为代价，.....，10：强烈支 持经济增长，即使要以牺牲 环境保护为代价。
社会自由主义	社会生活方式_19	对社会生活方式的立场（例如同性恋者权利 、性别平等）。	0 =强烈支持自由主义政策， .....， 10 = 强烈反对自由主义政- 策。

表2：ESS 数据集中关注的变量。 ESS 数据集中与关注的政治维度相对应的变量。量表为离散型。“拒绝回答”、“不´知道”、“无回答”、“不适用”计为缺失值。

维度	变量	问题	回答量表
左—右	左右量表	在政治领域，人们有时会谈到「左派」和「右派」。您会把自己置于这条量表的哪个位置？ ，其中 0 表示左派，10 表示右派？	0：左派，...，10：右派， 77：拒绝回答，88：不知道，99：无回答。
反精英主义	对政治的信任	请用 0 至 10 分告诉我，您有多信任我逐一读出的各个机构。0 表示您完全不信任某个机构，10 则表示您完全信任。首先.....政治人物？	0：完全不信任，.....，10：完全信任，77：拒绝回答，88：不知道，99：无回答。（反向）
欧盟一体化	euftf	现在谈谈欧盟，有人认为欧洲一体化应该进一步推进。 另一些人则认为它已经走得太远了。 量表上的哪个数字最能描述您的立场？	0：统一已经走得太远，.....，10：进一步统一，77：拒绝回答，88：不知道，99：无回答。（反向）
移民	imwbcnt	法国是否因为来自其他国家的人来此定居而变得更糟或更好？	0：更不宜居，.....，10：更宜居宜居，77：拒绝回答，88：不知道，99：无回答。（反向）
再分配	收入差距	请说明您在多大程度上同意或不赞成——同意以下各项陈述。政府应采取措施缩小收入水平差异。	1：非常同意，2： 同意，3：既不同意也不反对，4：不同意，5：不同意非常不同意，7：拒绝回答，8：不知道，9：无回答。
直接民主	psppsgva	您认为政治体制在多大程度上——法国允许像您这样的人拥有对政府施政发表意见的机会？	1：完全没有，2：很少，3：有一些，4：很多，5：非常多，7：拒绝回答，8：不知道，9：无回答。（反向）
环境	impenva	现在我将简要描述一些人。请听每段描述，并告诉我每个人与你有多相似，或者有多不像你你。他/她坚信人们应该关爱自然。照料环境对他/她很重要。	1：非常像我，2：像我，3：有些像我，4：有一点像我，5：不像我，6：一点也不像我，66：不适用，plicable，77：拒绝回答，88：不知道，99：无回答。
社会自由主义	freehms	请说明您在多大程度上同意或不同-意以下各项陈述。男同性恋者和女同性恋者应该有自由，按照自己的意愿生活。	1：非常同意，2：同意，3：既不同意也不反对，4：不同意，5：非常不同意，7：拒绝回答，8：不知道，9：无回答。

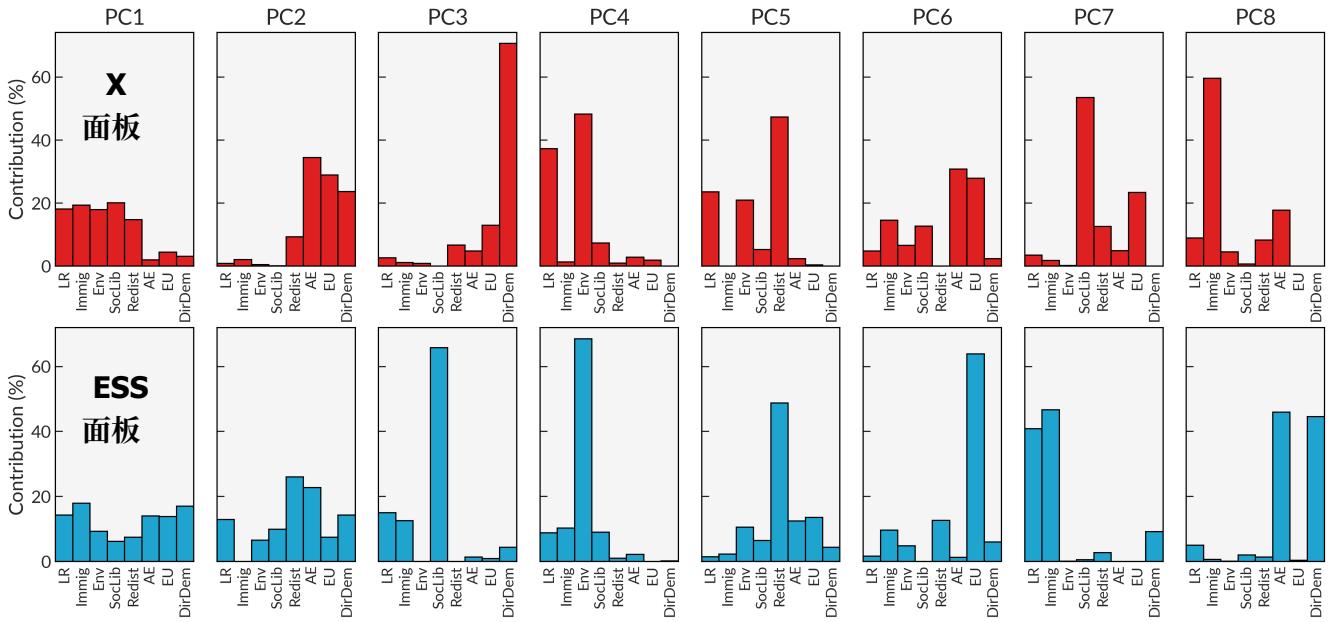

图1：维度对主成分的贡献。 对于每个主成分，我们首先对载荷取平方，然后将结果除以这些平方之和。这些计算是在对主成分进行旋转和反射之前完成的。

2.2 用户沿主成分的分布

图 2 展示了用户在二维（第一主成分、第二主成分）平面上的对数密度，并划分为一个 30×30 网格。 图 3展示了每个政治维度上，用户在（第一主成分、第二主成分）平面中的平均意见。

2.3 探索性因子分析

为确认通过主成分分析（PCA）得到的结果具有稳健性，我们也进行了探索性因子分析（EFA）。探索性因子分析与主成分分析不同，因为它明确提出了一个潜变量模型，用以在低维空间中表示数据。其假设是，数据中的每个变量都可以表示为若干因子的线性组合，再加上一个误差项。这意味着必须事先选定因子的数量，因为新增因子会改变前面因子的结果——这与主成分分析不同。此外，探索性因子分析侧重于再现变量之间的协方差，而主成分分析则侧重于捕捉各个变量的方差。有兴趣的读者可参阅文献[3] （第 7 章），了解探索性因子分析的入门介绍。

我们将因子数设为两个。与主成分分析一样，我们采用最大方差旋转[1], ，并对因子进行反射以增强可解释性。图4显示了政治维度在各因子上的载荷。我们得到的结构与主成分分析相似，不过需要指出的是，ESS面板中载荷绝对值的变异性更大。

2.4 未旋转的主成分

图 5显示了前两个主成分在进行最大方差旋转和反射之前的载荷。图6通过在未旋转的主成分分析空间中绘制旋转后的坐标轴，并同时展示维度的（未旋转）载荷，显示了主成分如何经过最大方差旋转。

3 活跃度、受欢迎程度与可见度的分布

图 7 展示了按对数尺度划分的各活跃度、受欢迎程度和可见度区间中的用户数量。

[1]请注意，对因子进行旋转是探索性因子分析的标准做法。

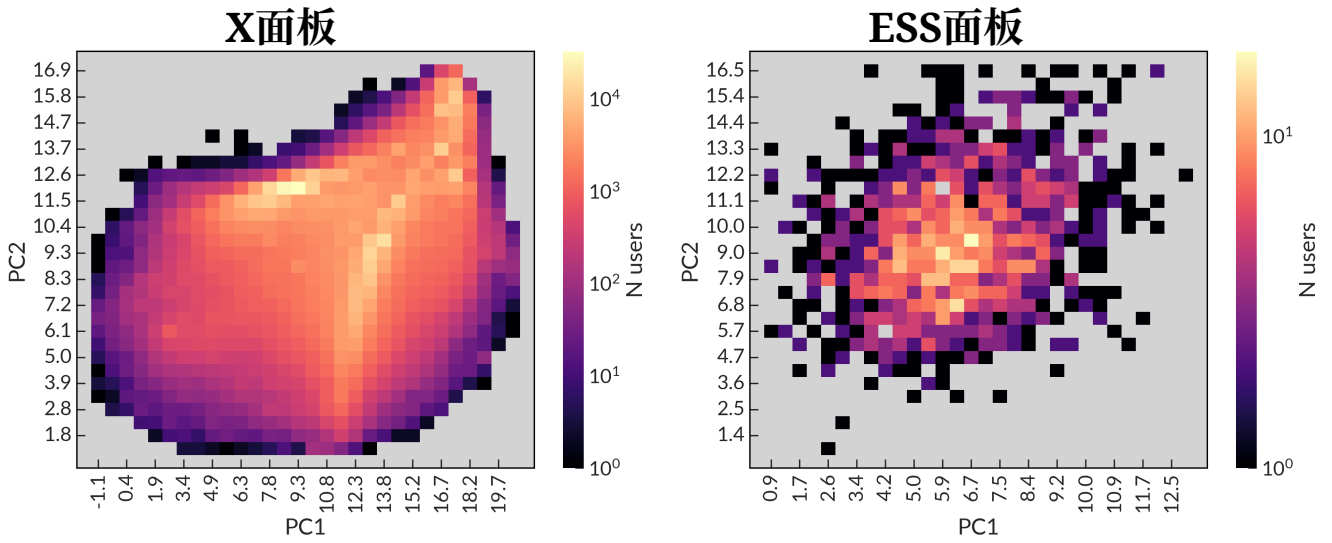

图2：主成分空间中用户的分布。(第一主成分,第二主成分)平面被划分为一个 30×30 网格。各单元格根据其中用户数量的对数着色。

4 可见度分析

本节分析 X面板，其中小组成员的权重根据其在平台上的估计可见度确定。我们首先补充关于立场分布以及加权X面板低维结构的结果。随后，我们将可见度估计与部分用户所发推文获得的曝光次数进行比较，以说明该估计的合理性。

4.1 立场的分维度分布

我们展示了X平台受访者沿八个关注的政治维度的加权分布，并与未加权面板进行比较。结果显示，所有维度上的分布都更接近相应立场。

4.2 低维结构

当按可见度对X平台受访者进行加权时，政治立场的低维结构并未出现重要变化。为识别该结构，我们首先计算加权相关矩阵。随后，我们对该相关矩阵进行主成分分析，并在之后对成分进行反射旋转，以增强可解释性（见正文中的“方法”）。加权X面板的低维结构见图9。

4.3 沿可见度值的变化

图10展示了我们所关注的指标（极化、Wasserstein 距离、维度、第一主成分和第二主成分分布）如何随可见度变化。可见度最高的用户，其意见分布更接近ESS面板（子图b）。他们的可见度越高，就越偏向左翼和全球主义者。唯一令人意外的结果是有效维度更低，而第一主成分的解释方差随可见度减小，第二主成分的解释方差则随可见度增大。

4.4 可见度指标的稳健性

为论证我们选择的可见度指标，我们利用了一个推文数据库，其中收录了2023 年 1 月和 2 月期间收集的推文，这些推文是通过查询所有包含 URL 的法语推文获取的。其中包括包含图像或视频的推文。如果某条推文是回复，我们也会收集整条推文串及其原始推文。该数据库共包含约 790 万条推文，涵盖 X面板中 97,947 名用户（10%）。具体而言，该数据库包含每条推文的展示次数 [2]。

[2]根据 API 的说明：“帖子被查看的次数（不按用户去重）。只要帖子有任何部分显示在屏幕上，就会计为一次查看。”（https://docs.x.com/x-api/fundamentals/metrics）。

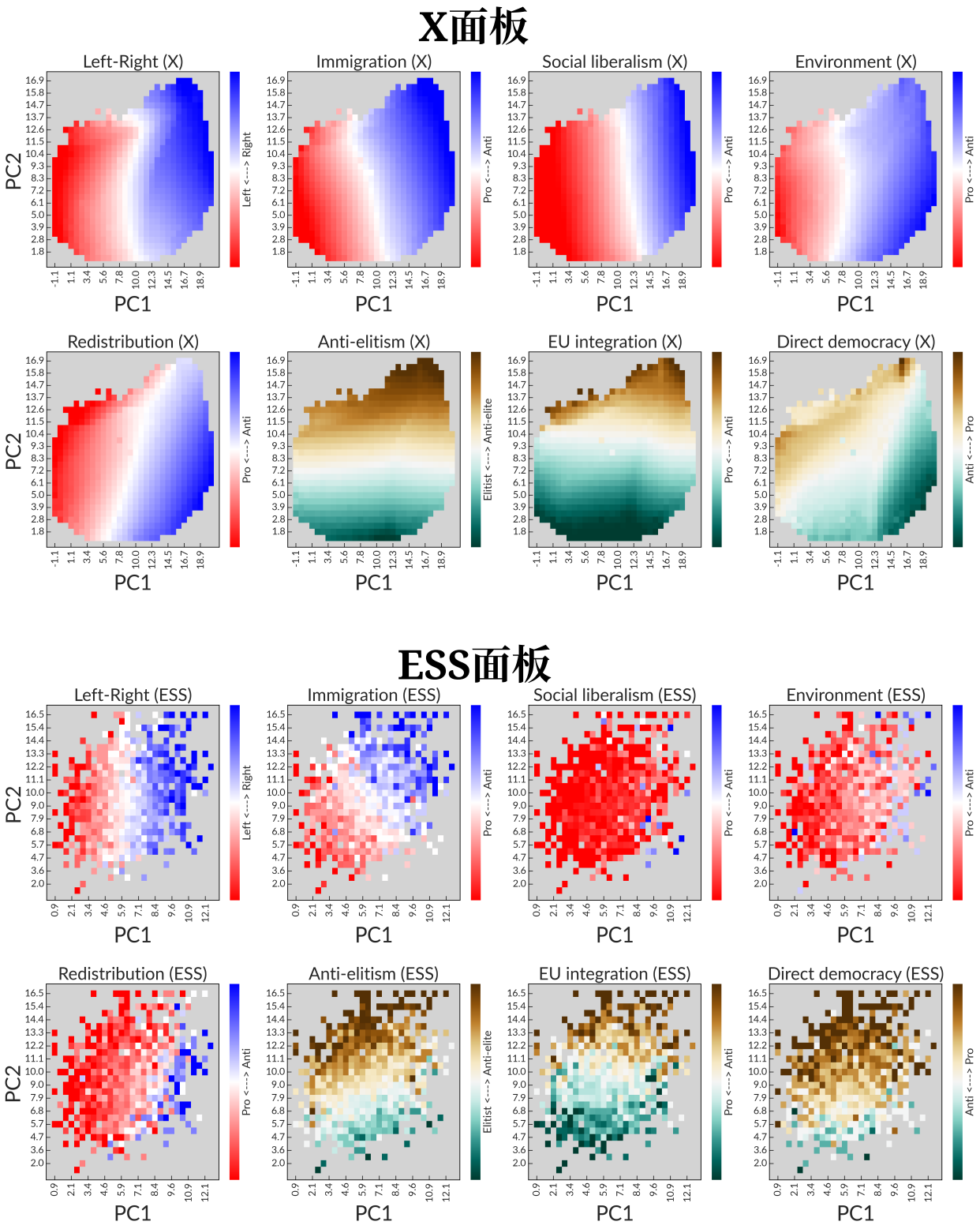

图 3：意见分布沿第一主成分和第二主成分的分布。（第一主成分，第二主成分）平面划分为一个 30 × 30 网格。各单元格根据小组成员在相应维度上的平均位置着色。

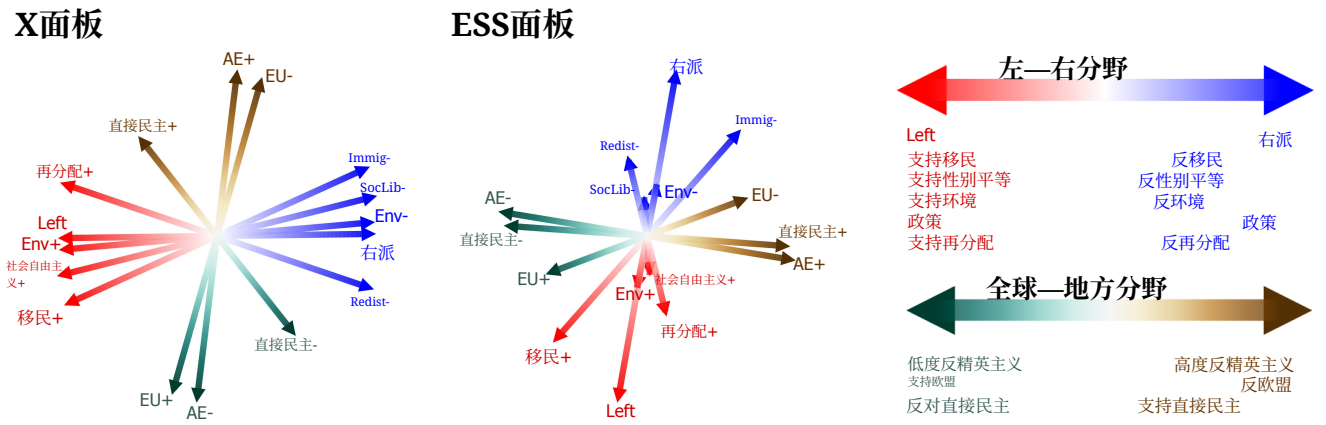

图4：通过探索性因子分析获得的政治维度载荷。每个箭头表示某一政治维度在前两个因子上的载荷。箭头长度与载荷绝对值成正比。红蓝箭头对应左—右态度相关维度，绿褐箭头对应全球—地方态度相关维度。加号（+）表示“支持”的简写，减号（-）表示“反对”的简写。

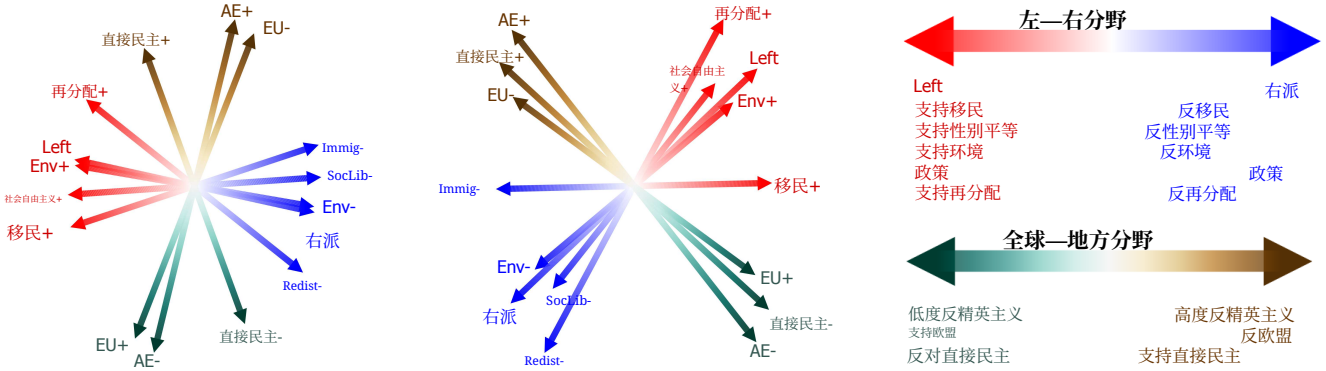

图 5：未进行旋转或反映时，政治维度在各主成分上的载荷。每个箭头表示一个政治维度在前两个主成分——第一主成分（横轴）和第二主成分（纵轴）上的载荷。箭头长度与载荷绝对值成正比。红蓝色箭头对应左—右态度相关维度，绿棕色箭头对应全球—地方态度相关维度。加号（+）表示“支持”，减号（-）表示“反对”。

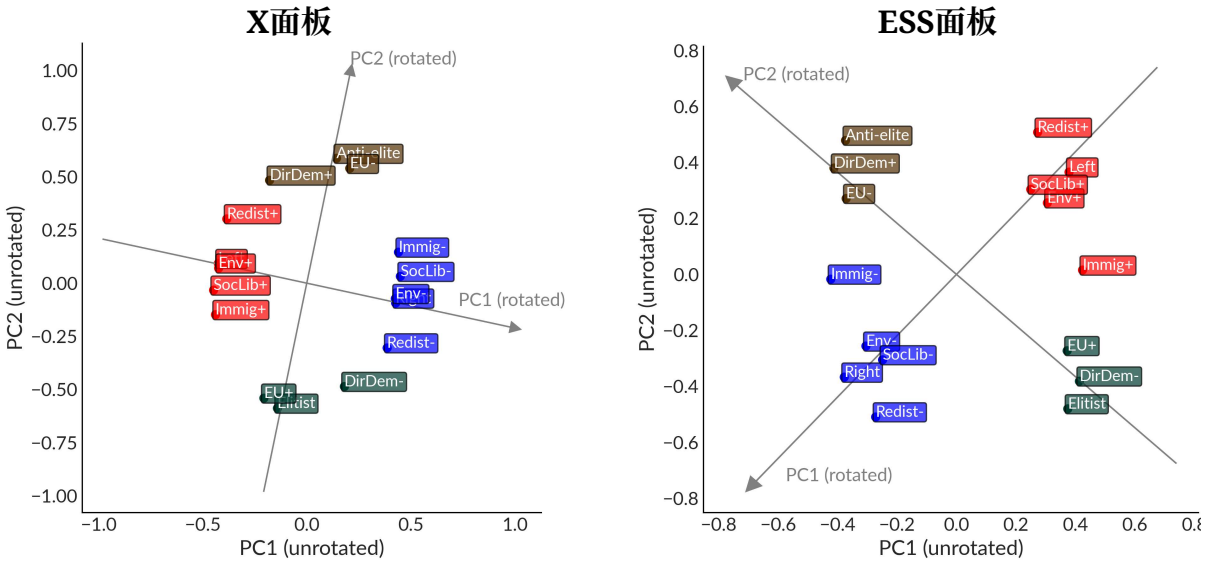

图6：旋转与未旋转主成分。 x 轴和 y 轴表示未旋转主成分。方框的坐标对应于各维度的载荷，并以原点为中心对称。箭头表示旋转主成分的坐标。

我们计算了数据库中 X 面板用户的总曝光次数，并将这些次数与我们的可见度指标进行比较，该指标定义如下： $tweeting_rate \times followers$。发推频率根据有曝光次数记录的推文数量计算，再除以数据涵盖的天数（1 月为 31 天，2 月为 28 天）。我们发现，皮尔逊相关为 0.92 ($p < 0.001$)，斯皮尔曼相关为 0.74 ($p < 0.001$)。我们在图 11 中对可见度与曝光次数进行回归。由于数值跨越了多个数量级，我们必须采用对数尺度。因此，我们剔除了可见度=0 的用户（最终用户数：97,848）。

此外，我们分析立场的单维分布（图12）以及按曝光次数加权的X面板低维结构（图13）。因此，该分析仅限于我们能够获取该指标的9.8万名用户。结果与使用我们的可见度指标所得结果高度相似，表明它是展示次数的良好代理指标。

5 政治活跃在线ESS受访者

我们通过仅纳入自称发布过与政治相关在线内容的ESS受访者，构建了一个名为*ESS-PAO*（“政治活跃在线”）的次级数据集（变量名： `pstplonl`）。我们预期该子群体所表现出的意见会更接近我们的X 平台人群。

图14 展示了X平台受访者与ESS-PAO面板成员各维度的意见分布。X平台受访者的意见分布通过分箱进行离散化，以便与ESS-PAO面板成员进行比较。结果与整个ESS面板相似，但有两处明显差异。ESS-PAO面板成员的意见分布并未反映X用户以右翼立场为主的特点，但更好地反映了他们的反欧盟情绪。ESS-PAO的极化水平略高于ESS。令人惊讶的是， W_D 值在大多数维度上也（略微）更高，这意味着X面板的单维意见分布与政治活跃在线的ESS受访者子样本距离更远，尽管我们注意到超过10,000 （在900,000名X平台受访者中）并未发帖（图 7）。

图15展示了 ESS-PAO 面板成员政治立场的低维结构。与完整的 ESS 面板相比，ESS-PAO 面板的相关性更强，但显著相关性较少；左—右态度与全球—地方态度之间显著相关性极少，且仅限于欧盟一体化。这使我们认为，相较于整个 ESS 面板，假设的左—右分野和全球—地方分野在 ESS-PAO 受访者中似乎更为突出。ESS-PAO 的维度略低于 ESS，只需六个成分便足以解释 90% 的方差，这意味着在线政治活跃公民的意见受到的限制略多。由主成分载荷所表示的维度总体配置与

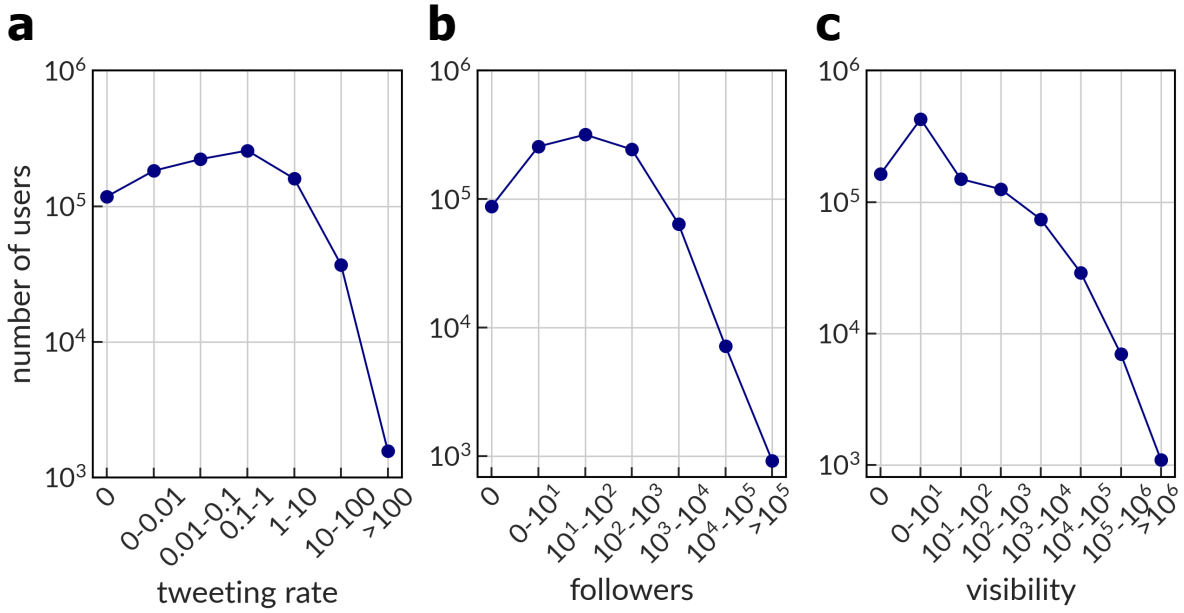

图 7： 各活跃度 (a)、受欢迎程度 (b) 和可见度 (c) 区间中的用户数量。

ESS 面板成员的情况相似。

参考文献

1. Jolly, S. 等人 教堂山专家调查趋势文件，1999—2019年。选举研究。 **75,** 102420 (2022年)。2. Hooghe, L. 等人。俄罗斯威胁与西方巩固：民粹主义和疑欧主义如何影响政党对乌克兰的支持。欧洲联盟政治。**25** (2024年)。3. Jolliffe, I. T. 主成分分析 第2版。（施普林格出版社，纽约，2002年）。

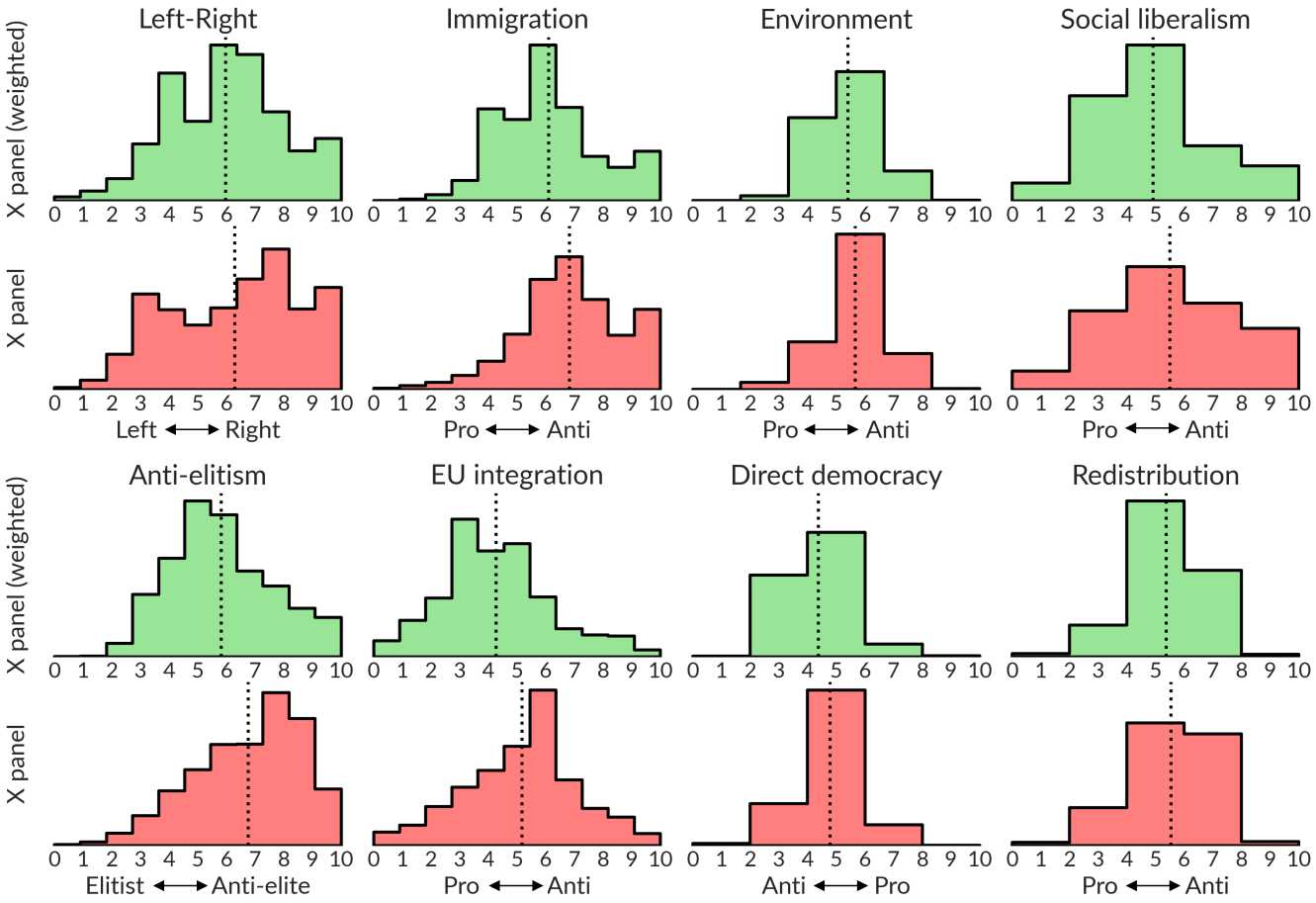

图8：按可见度加权的X面板意见分布。虚线表示均值。绿色：加权X面板；红色：未加权X面板。

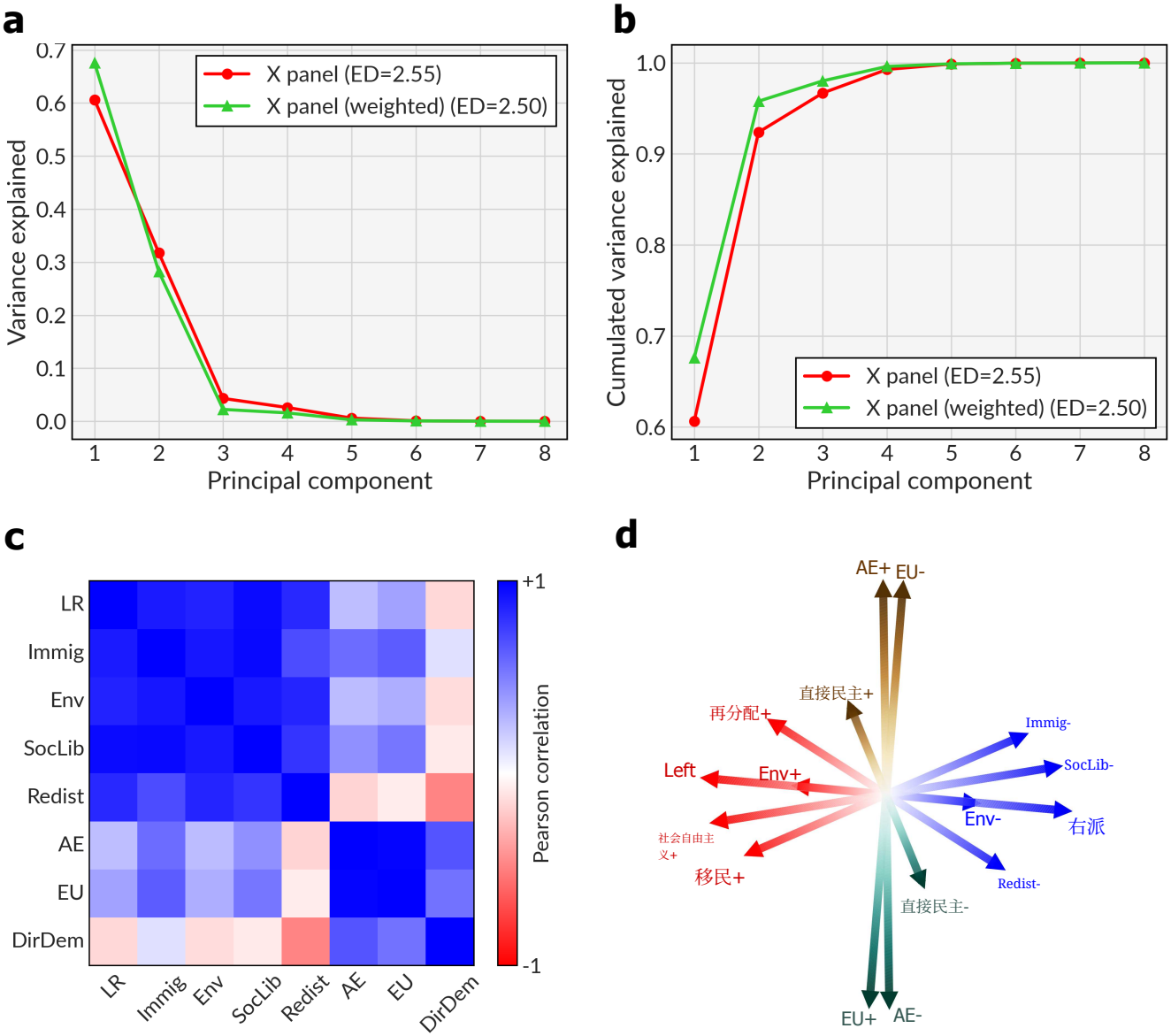

图9：按可见度加权的X面板低维结构。（**a**）主成分解释的方差。（**b**）主成分累计解释的方差。（**c**）加权皮尔逊相关矩阵。所有相关性均在 $p < 0.001$ 水平上显著。（**d**）政治维度在前两个主成分上的载荷。

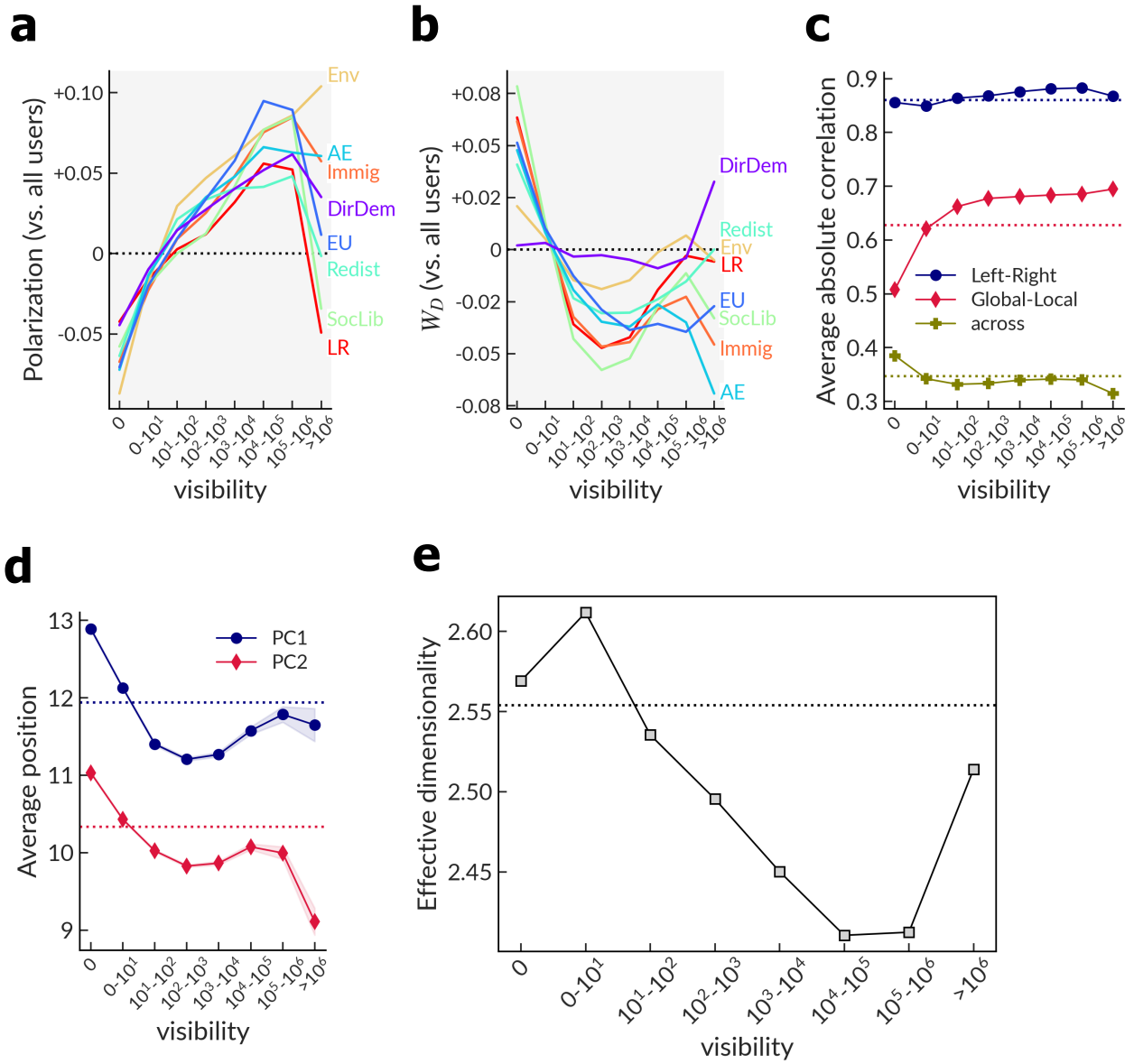

图10：X平台受访者的极化、代表性和维度随可见度的变化。用户根据估计的可见度（$tweeting_rate \times followers$）分组。虚线表示针对整个面板计算的数值。**(a)** 不同维度上的极化：组内数值减去总体数值。**(b)** X用户与ESS受访者立场之间的Wasserstein 距离：组内数值减去总体数值。**(c)** 左—右分野内（蓝色圆圈）、全球—地方分野内（红色菱形）以及左—右分野与全球—地方分野之间（绿色十字）的平均绝对相关性。**(d)** 用户沿第一主成分（蓝色圆圈）和第二主成分（红色菱形）的平均立场，及其95%置信区间。**(e)** 有效维度。

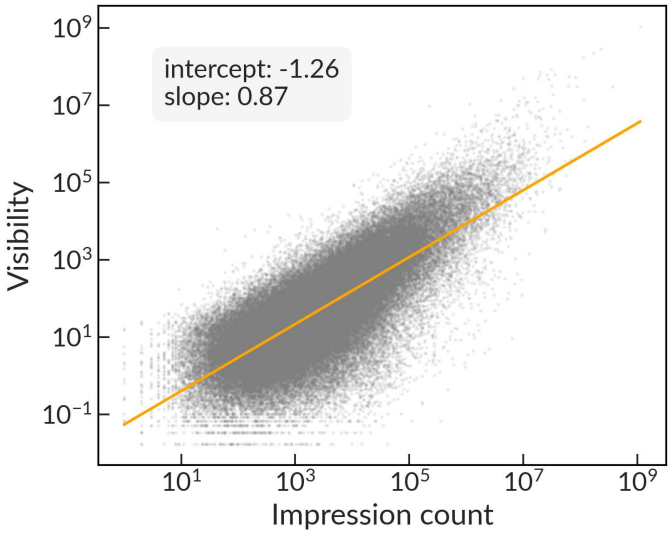

图11： 回归图 b 展示次数（x轴）与可见度（y轴）之间。灰色圆点表示各个数值 es.

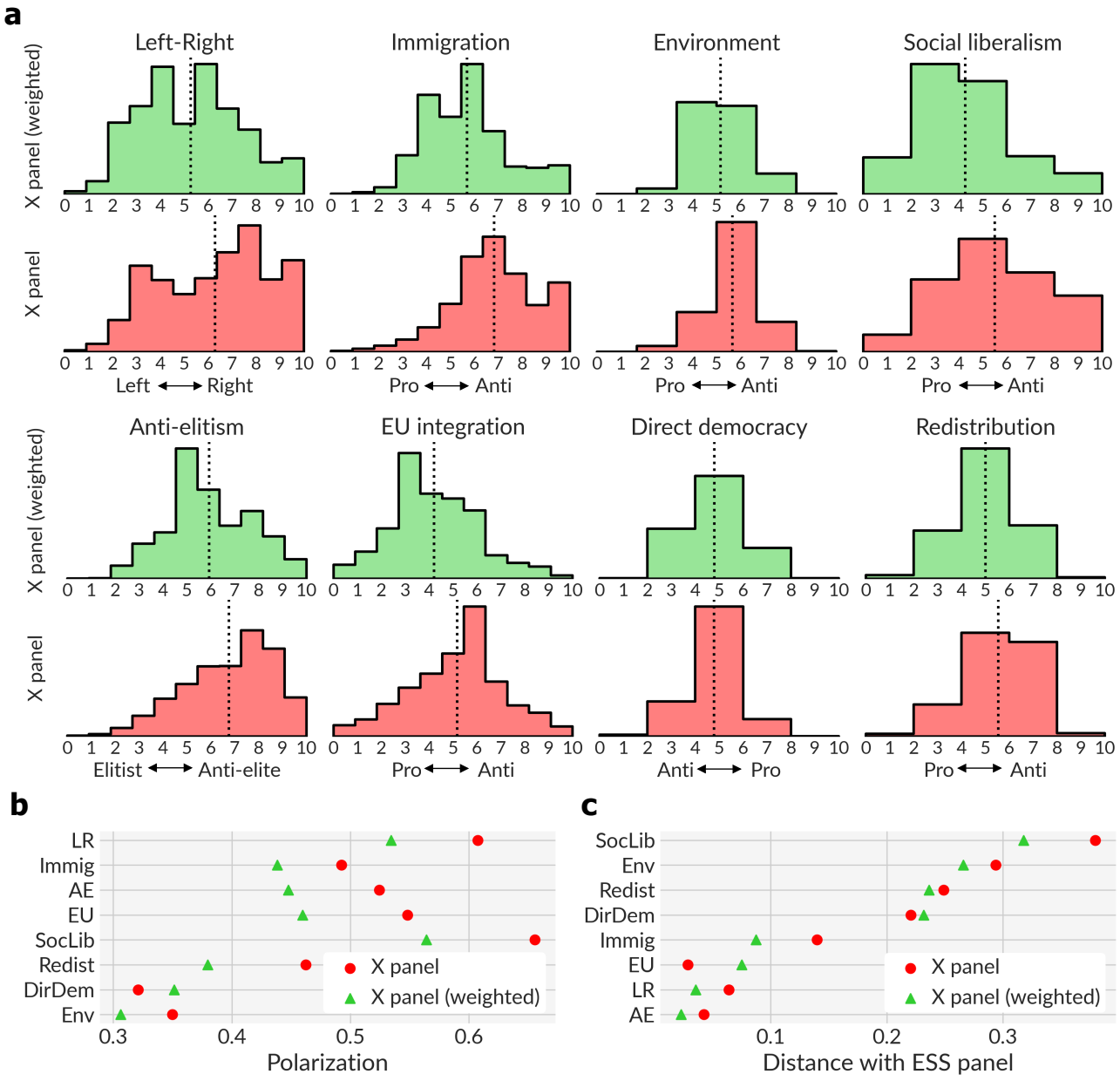

图12：按曝光次数加权的X面板意见分布。虚线表示均值。绿色：加权X面板；红色：未加权X面板。

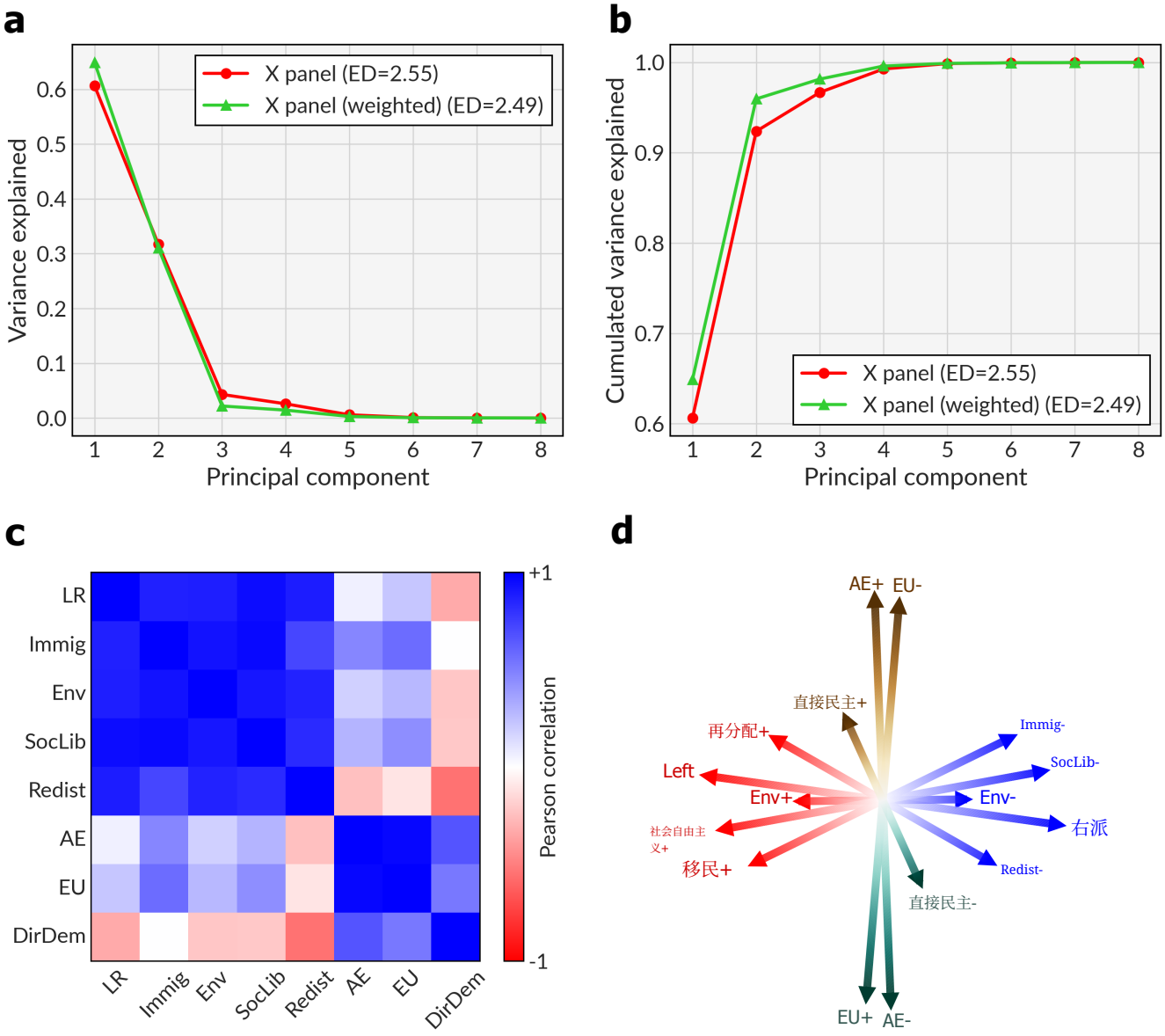

图13：按展示次数加权的 X 面板低维结构。(a) 主成分解释的方差。**(b)** 主成分解释的累积方差。**(c)** 加权相关矩阵。所有数值在显著性水平 $p < 0.001$ 上均显著。**(d)** 政治维度在前两个主成分上的载荷。

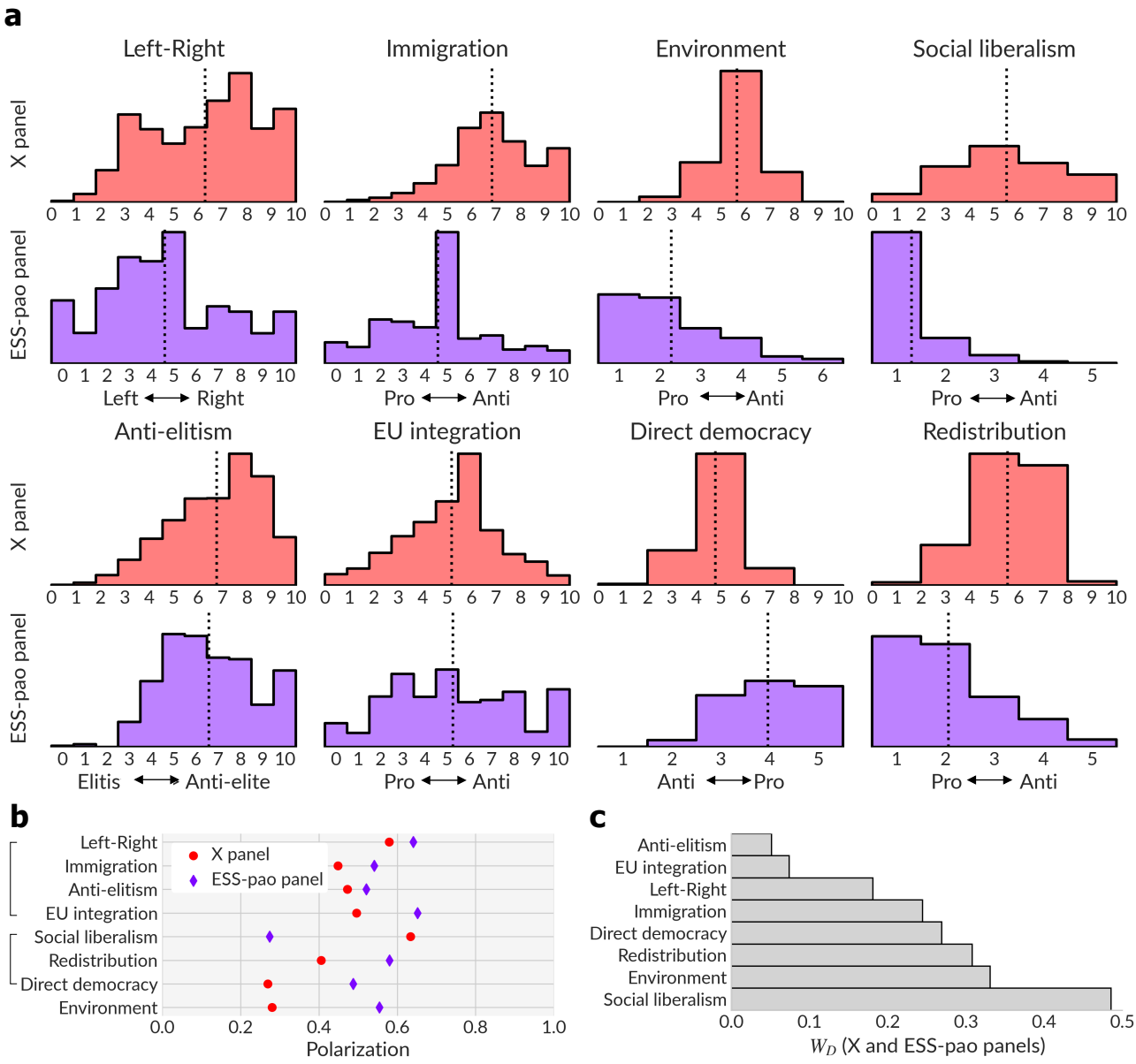

图14：X用户与ESS-PAO受访者的意见对比。(a) 意见分布的直方图。虚线表示平均值。背景中的彩色半区标示分布集中的一侧。为便于与ESS面板进行比较，X面板的分布按分箱排列。(b) 各维度的极化值。括号标示支持集相同的维度组，在这些组内可以比较极化值。(c) X用户与ESS-PAO面板成员（紫色菱形）之间，以及X用户与ESS面板成员（蓝色方块）之间的归一化Wasserstein距离。

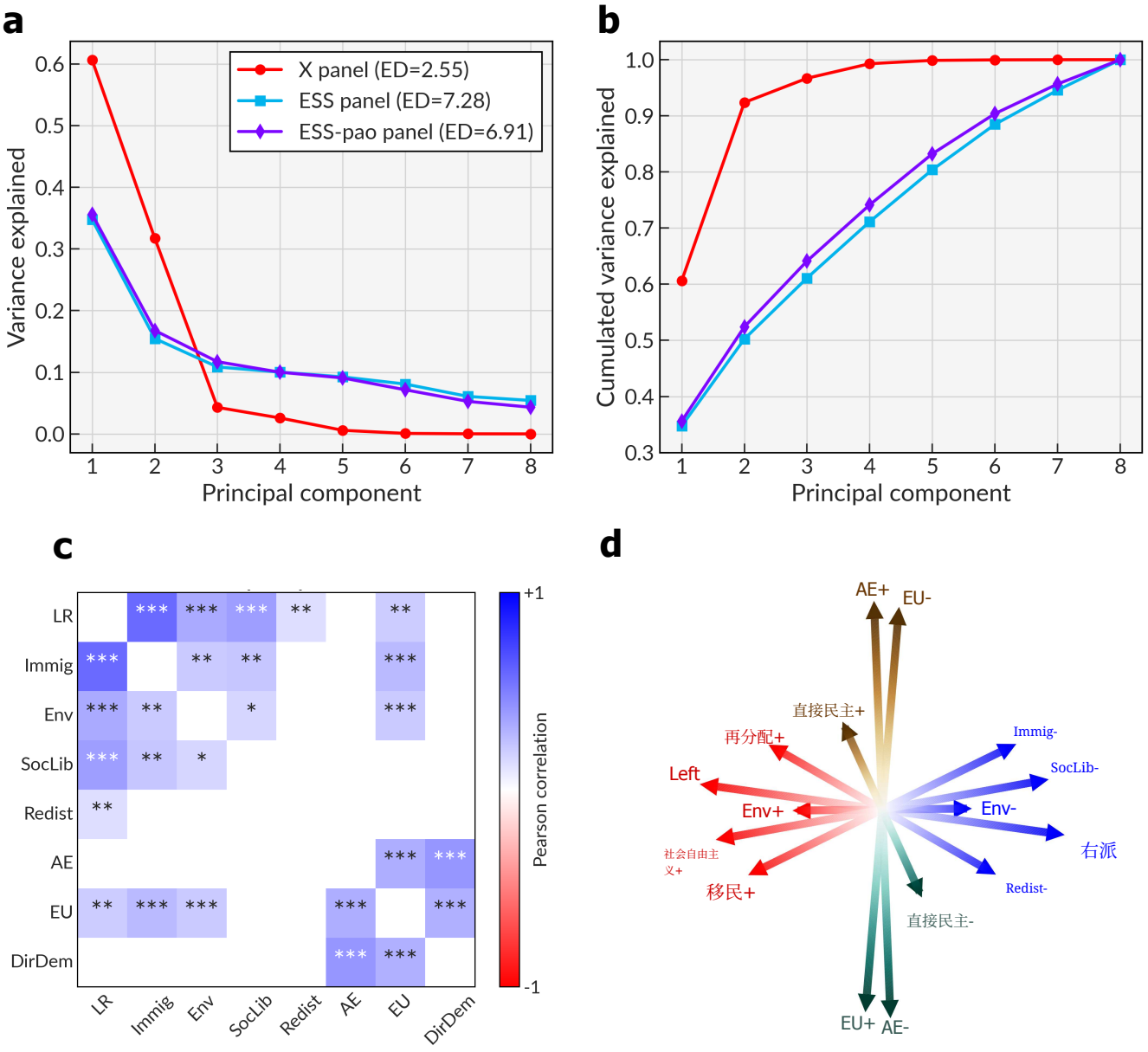

图15：ESS-PAO受访者意见的低维结构。 (a) 各主成分的解释方差和有效维度。(b) 累积解释方差。(c) 相关矩阵。显著相关性的比例：46%，显著非对角相关性的平均值：0.29，最强非对角相关性：0.58（左派-右派和移民）。(d) 政治维度在各主成分上的载荷，经旋转和反射处理以增强可解释性。