

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：个体自信度对双人决策的影响

作者：余柳涛，鲍建樟，陈清华，王大辉

第一轮

审稿人 1 意见：该研究探讨了个体自信度对双人决策的影响。研究发现自信度对个体决策及决策调整的作用，并证明个体在群体决策中能准确感知自己的自信度，交流自信度以影响对方决策。更重要的是，该结果明显优于“自信度分享模型”和“更自信者主导假说”，有着重要的理论和实践意义。但在前言的问题梳理、实验设计相关细节及讨论 部分还有待完善，具体问题如下。

意见 1：引言部分，在阐述有关群体决策的效果的相关文献时，最好能够理清这些研究之间的关系及逻辑，以免给读者感觉上有些混乱。

回应：感谢评阅人的意见和建议，我们已经根据建议进行了修改。群体决策研究包括群体决策的质量和形成机制两个方面。在引言中，我们先综述了关于群体决策质量的文献，阐述了“目前为止的实验研究表明‘群体决策质量相对于单人决策质量的优劣’取决于具体的情境及诸多相关因素”。然后讨论了群体决策机制方面的文献，综述了“信息交流（特别是自信度交流）对双人决策的影响”的两个工作，并介绍了它们的异同。最后，我们分析已有研究的不足之处，指出现有两种自信度模型只是对来自两个信息源的信号的一次性静态整合过程，然而实际的群体决策往往是一个动态的多次交互的过程，从而提出研究双人决策中动态的信息交互过程对双人决策的影响，以引出本文的工作。

意见 2：引言部分，在陈述完两种自信度模型后，可否总结出两者的异同及各自模型可能存在的问题。以便引出该研究。

回应：感谢评阅人的意见，已经根据建议进行了修改。在新版本中，我们分析了“自信度共享模型”强调直接的口头交流对于“双人决策优势”的重要性，而“更自信者主导决策模型”（被试独立决策并报告自信度，随后随机两两组合，挑选其中自信度高的被试的选择作为群体的选择）实现了在没有直接交流的情况下的双人决策优势。我们认为上述两个模型是对来自两个被试的信息的一次性整合过程，并没有探究双人决策的动态交互机制，这与实际情况是不相符的。因此，本文研究不同信息交互方式下的动态双人决策过程。

意见 3：实验设计部分，该研究涉及双人决策，不可避免的需要控制性别变量的干扰。研究中并没有很好的控制住性别变量可能产生的干扰作用。比如，对于实验中讲述的两人一组，究竟是同性别的两人，还是异性别的两人？因为男性对女性的做题能力感知和女性对男性的做题能力的感知可能会存在差异，这些都可能影响实验的效应。

回应：谢谢评阅人的意见。我们在修改版本中写清楚了被试分组方式，14 组女生-女生组合，5 组男生-男生组合，2 组男生-女生组合。我们分别计算了 12 个男生、30 个女生，5 对男生组合、14 对女生组合和 2 对男女组合在三个实验里的敏感度 s 的均值（见下表），发现表现和性别有关，但这些差异不会改变本文的主要结论：双人合作的决策结果优于单人的决策结果，被试之间通过自信度交流改变各自的决策而达成一致决策。

	男生(12)	女生(30)	男生-男生组合(5)	女生-女生组合(14)	男生-女生组合(2)
实验一	0.5445	0.3132	1.0290	0.4808	0.3901
实验二	0.4827	0.4206	0.8469	0.7218	0.8698
实验三	0.4464	0.4933	0.8035	0.9003	1.2697

意见 4：数据分析部分，该研究用所得数据证明了“自信度分享模型”和“更自信者主导假说”的局限，可否给出作者推测的一个模型假设（比如，作者认为的自信度在双人决策中可能是何种关系），然后用这些数据进行拟合检验？这样分析的意义会更大。

回应：谢谢评阅人的建议。我们在修改版本中提出了一个简单的模型来模拟双人决策的动态交互过程。我们假设被试根据交互信息改变他们选择不同选项的概率，并构建了一个基于马尔科夫过程的状态转移模型：从实验数据获取两人单独决策的正确率；假设两人在某轮未达成一致的情况下，下轮选择各选项的概率根据交互的信息做出改变；改变的规则是——如果被试本轮选择正确，对方错误，被试下一轮选择正确的概率将减小而选择错误的概率将增加；如果本轮选择错误，对方正确，被试下一轮选择正确的概率将增加而选择错误的概率将减小。模拟结果显示这个模型能够较好地再现实验数据，模拟的双人决策质量优于个体的决策质量，实验需要的交互轮次也和实验数据相符，特别是刺激敏感度高的被试较少地改变自己的选择，刺激敏感度低的被试跟随敏感度高的被试的选择。具体细节请参见“3.5 模型”部分。

意见 5：讨论部分，该部分基本上是对引言部分的重复陈述，没有实质的内容。建议作者可从以下方面入手讨论：实验数据为何不支持“自信度分享模型”和“更自信者主导假说”、两个模型究竟有何不足之处、作者推测的自信度和双人决策的实际关系如何、研究的理论和实践意义如何等。

回应：根据评阅人的建议，我们在修改版本中首先总结了本文的工作，在随后的讨论中分析了“自信度分享模型”或“更自信者主导决策模型”无法完全解释我们实验数据的原因：在“自信度分享模型”中(Bahrami et al., 2010)，尽管强调了口头交流对提高群体决策质量的重要性，但其模型还是以 Z 分数的绝对值大的个体的选择作为群体决策。在“更自信者主导决策模型”中(Koriat, 2012b, 2015)，甚至可以不通过交流，直接采用最自信的个体的选择作为群体决策。从本质上来说，这两个模型都是对来自不同信息源的信号进行一次性的整合，忽略了群体决策是一个动态过程。正如我们实验显示的那样，群体决策既不是由最自信者代替群体来决策，也不是由敏感度最高的个体来代替群体做出决策，而是两个被试之间相互调整各自决策进而达成一致的结果。因此，实验中双人决策的质量要高于这两个模型的预期。与此同时，我们根据实验中个体独立决策的行为和互动过程中决策行为改变特征，建立了一个简单的马尔科夫状态转移模型。由于考虑到动态交互的过程，模拟结果比较好地符合了实验数据。最后，我们认为本项研究有助于建立更好的群体决策方式，即优质的个体决策和良好的信息交流方式是有效群体决策的重要部分。

审稿人 2 意见：本研究探索了自信度对双人决策的影响，选题有意义，但还存在以下一些问题。

意见 1：作者关于实验过程的描述令人费解，在“2.1 被试数量与分组”这一部分中，作者提到，“所有被试 2 人一组被分成固定的 21 组进行 3 种共 5 次的实验。”但是，在后文中，作者又说“我们设计了 3 个实验”。因此，无法判断作者究竟进行了几个实验。

回应：感谢评阅人的细心指正，并对表述不清带来的困惑表示歉意。我们已在文中做出修改。

具体是，我们进行了3个实验，分别是“两选项+选项反馈”实验、“四选项+选项反馈”实验和“四选项+选项反馈+自信度反馈”实验。第1个实验一次完成，第2、3个实验分别需要分两次完成。

意见 2：此外，该文的结果存在一定的矛盾，“3.1 双人决策的实验结果”这一部分的分析结果表明“双人决策显著优于所有的个体决策，也要优于“自信度分享模型”和“更自信者主导假说”的结果”。但是，对于“3.3 自信度对决策调整行为的影响”这一部分的分析结果，似乎是支持“更自信者主导假说”的。因此，该文的结论应该是什么？

回应：我们的结论是：双人决策的效果优于所有的单人决策结果，同时也优于“自信度分享模型”和“更自信者主导决策模型”的预期结果。“更自信者主导决策模型”是指双人决策的最终结果仅由两人各自独立决策时更自信者的选择决定。而“3.4 自信度对决策调整行为的影响”（原 3.3）的分析结果只是表明了自信度信息在交互过程中的影响（图 9）：在对方自信度高于己方自信度的条件下，被试不仅有更高的概率改变自己选择，还有更高的概率将对方上一轮的选择作为自己本轮的选择；在己方自信度高的情况下，也会受到对方的影响改变选择特定选项的概率，同时也可能改变对自信度的判断，从而对后续的选择及交互过程产生影响。这是描述了自信度如何在双人决策的互动过程中如何发挥作用，不同于由更自信者代表群体做出决策。

意见 3：本研究与 Bahrami et al. (2010)的研究颇为类似，作者在“自检报告”中指出不同之处在于 1) 在实验操作上给出被试反馈对方的自信度；2) 实验结果更好。但从研究结论和研究意义来看，本研究只是在前人研究基础上的小修小补。心理学报提倡发表“心理学各领域具有原创性的研究报告和研究综述”，从目前来看，该文的创新点不足。综上所述，建议该文发表在其他期刊上。

回应：非常抱歉我们没有在文章中把我们的创新之处说明清楚。尽管我们采用了与 Bahrami et al. (2010)相似的知觉辨别任务，但是有以下几点重要的区别：1) 我们通过屏幕反馈信息给两个被试，可以控制被试交流的信息，或者仅仅交流各自的选择，或者在交流选择的基础上加上各自的自信度等。在 Bahrami et al. (2010)的实验中，两个被试直接讨论，没有控制交流的信息和方式。对信息交流的控制为研究群体决策形成过程中的要素提供了条件，这是原有实验范式无法完成的任务。2) 我们的实验设计可以清楚地展示两个被试达成一致的动态过程，例如在图 3, 4, 9 三个图中，展示了做出一致决策所需的轮数，被试在各轮次选择的正确率的变化，被试在动态交互过程中的决策的改变等。但是 Bahrami et al. (2010)将双人决策作为一个静态的两个信息源的信号整合问题，没有考虑动态过程的重要作用，从而无法刻画正确率的进步程度。我们的实验范式为从实证角度研究双人决策中如何达成一致决策提供了基础。3) 现实中的群体决策往往是一个动态的过程：每个成员独立地提出自己的选择；经过讨论与交流（包括观点及对应的自信程度），再次做出选择；如此反复多次，直至达成集体同意的选择。Bahrami 等人的工作无法分析这个过程，而我们改进后的范式和本文的研究工作正是讨论这一点。

审稿人 3 意见：本文从两人交流自信水平的情况来探讨自信心在双人决策中的作用，对两个自信心在决策中作用的相关模型进行了验证，有助于人们对决策信心的认识。

意见 1：中文摘要部分，作者给出“证实了个体在群体决策中能准确感知自己的自信度”的结论，但是在数据分析中只能看到自信度与正确率的相关很高，并不能支持该结论。若要对此

个结论进行验证，只能从偏差入手（偏差=自信度-正确率）。如果偏差不显著才能说明是准确感知。

回应：评阅人的意见是正确的，仅从自信度与正确率的相关性上无法得到“个体准确感知自己自信度”的结论。因此，在新的版本中我们将这个表述修改为：个体的自信度与选择的正确率高度正相关。同时，我们还统计了实验一、二、三中被试 VA、VB 选择正确和选择错误时的自信度，*t* 检验结果表明选择正确时的自信度显著高于选择错误时的自信度（图 7）。这样就从两个方面说明了自信度与正确率的关系，一方面，正确率与自信度正相关，自信度高则正确率就高；另一方面，选择正确时自信度高，而选择错误时自信度低。

意见 2：摘要中，“实验结果明显优于“自信度分享模型”和“更自信者主导假说”的结果”这句话表述不清，应该是“实验结果表明，双人实际决策质量明显优于...”

回应：感谢评阅人的细心指正，已在摘要中做出修改。

意见 3：文章的 introduction 读起来意犹未尽，感觉作者欲言又止，很多重要信息没有交代清楚。如，作者花了很大篇幅在讨论群体决策的决策质量，对于本文明确要进行验证的两个模型仅进行了简短介绍。

回应：在修改版本中较为详细地介绍了 Bahrami 和 Korait 的实验和结论，并指出这两项工作“主要是从概率统计的角度，静态地分析双人决策中的信息整合和群体决策的形成机制（把来自两个信息源的信号一次性地整合），忽略了群体决策是一个动态过程的现实”，进而引出本文的实验工作——关注群体决策的动态过程，以及自信度在这个过程中发挥的作用。

意见 4：有些结论似乎欠妥，如“自信度分享模型”和“更自信者主导假说”没有信息交互？如何定义信息交互？）本文的实验结果不应作为综述写在中。）introduction 最后一部分内容重复：实验结果表明。。。。。

回应：这两个模型中也有信息交互。即使在“更自信者主导决策模型”中，用自信度高的被试的选择作为群体决策，衡量自信度本身也是一种信息交互。此外，我们的本意是“自信度分享模型”和“更自信者主导决策模型”没有研究双人决策过程中信息交互的动态过程。这两个模型考虑的是如何一次性地从两个被试的信息整合起来形成群体决策，而未考虑真实群体决策中往往存在的动态交互（反复讨论以形成集体同意的结果）过程。引言中的重复部分已经改正。

意见 5：本文研究者如何设计的实验，被试如何进行实验，交代模糊。有关实验设计共两处信息。

回应：感谢评阅人的意见，我们重新撰写了实验设计和实验流程，请参考正文“2 实验设计与实施”部分。

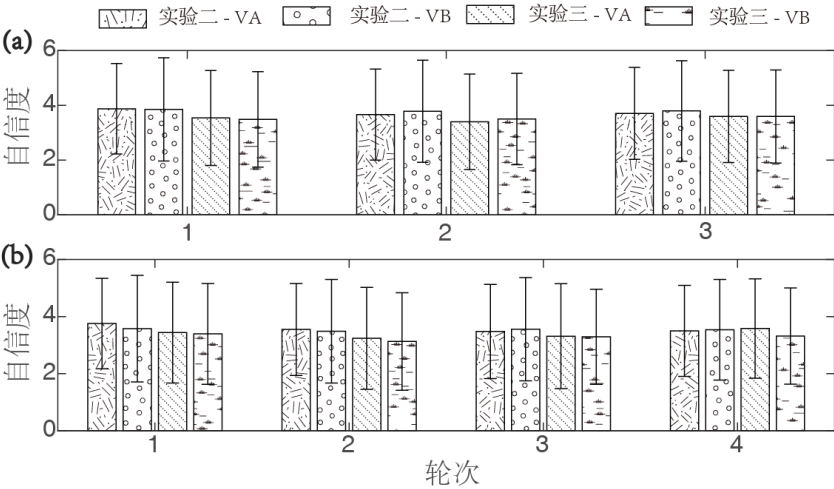
意见 6：结果部分，被试性别是否会对结果产生影响？随实验进行，被试的自信心是否有变化，正确率在多次反馈后可有提高？被试正确率若随实验进行，随着反馈增加而提高，就不能说明本文你的关键问题，信心交流提升了决策质量。如何排除掉该因素？

回应：感谢评阅人的意见。

a) 随机点阵运动方向辨别实验中，对刺激的敏感度与性别有关系（详见对评阅人 1 意见 3 回答的表格），但是这个性别差异不会影响本文的结论。

b) 在同一次任务中，随着互动交流次数的增加，敏感度高的被试报告的正确率随着报告轮次增加而增加（正文图 4）。但是，自信度在多次反馈过程并没有显著差异，只是自信度的

均值略微有些下降。下图是被试在三个实验中都需要三次或四次报告才能达成一致的任务中自信度随着报告次数的变化。



c) 我们对比了有自信度反馈和没有自信度反馈的情况，即实验二和实验三。我们针对 21 组被试数据进行统计，估计了每个被试独立决策，集体决策和更自信者主导决策的敏感度，发现有自信度交流和无自信度交流时存在显著的差异，且有自信度交流时敏感度更高。因此，自信度交流提升了决策的质量。

意见 7: 多个关键术语突然出现在结果中，而作者并未进行解释，导致结果的可能性很差。如 a.协同度的具体含义是什么？作者在实验程序中介绍了 5 种协同度，但无一为负，但在结果中出现“负”的协同度代表什么？ B.感知偏差是什么，具体怎么计算？ C. 敏感度是什么，是否代表正确率？ d.正方向是什么？

回应: 感谢评阅人的建议，我们对类似问题进行了修改，在第一次出现这些词汇的时候给出说明。

a)协同度是指随机运动点阵中朝给定方向运动的点数目占点阵中所有点的百分比。例如 25.5%的协同度就表示点阵中 25.6%的点朝一个方向运动，其余点随机运动。协同度越高，越容易辨别协同方向。在心理物理曲线中，纵坐标表示被试报告某一指定的方向（例如，朝右）的概率或比例，协同度的符号代表协同运动的方向。横坐标的正半轴代表呈现的随机运动点阵的协同运动方向与指定方向（朝右）相同。横坐标左半轴代表随机运动点阵的协同运动方向与指定方向相反（朝左），这时候的纵坐标的值显示的是“给定与指定方向相反的随机运动点阵，但是报告方向与指定方向相同（朝右）”的比例。

b) 感知偏差 b 是累计正态分布函数 $p(c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{c+b} \frac{1}{\sigma} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} dt$ 最小二乘法拟合心理物理曲

线得到的一个参数，反映了在给定的随机运动点阵的协同度为 0%，也就是所有点都是随机运动的情况下，被试偏向于报告出一个特定的运动方向。

c) 敏感度与正确率相关，但不同于正确率。它反映心理物理曲线的倾斜程度，与被试感知随机运动点阵刺激时的不确定程度 σ 成反比。心理物理曲线越陡，敏感度越大，说明被试对刺激运动方向的变化越敏感，表现越好。

d) 正方向是指随机运动点阵运动方向与指定方向相同的方向。在修改后的版本中已经不用这个容易引起混乱的表述，改为：指定方向。

意见 8: 作为本文的关键技术, 虚拟配对是如何实现的?

回应: 实际上本文并未使用虚拟配对, 之前的表述是不对的, 在此对于造成的困惑表示抱歉。在 Koriat 2012b 的工作中, 虚拟配对指的是“随机选取两个被试组成一个小组, 而后选取其中自信度高的成员的选择作为集体的答案”。实际上, 本文只是将实验之前已经确定的小组中的具有更高自信度的成员的选择作为“更自信者主导决策模型”对于双人决策结果的预期, 以进一步和小组真实的合作决策进行对比。

意见 9: 作者得到“自信度是有效的”结论, 但是, 自信度和正确率之间是否有偏差?

回应: 自信度是被试评价自己选择的一个心理变量, 我们用“自信度是有效的”这个表述想要表达的意思是, 被试在评价自己决策时是比较准确的, 并不是盲目自信。自信度和正确率之间存在很高的正相关关系, 但并不完全一致。

意见 10: 本文的结果不支持“更自信者主导假说”, 但研究者仅从决策质量角度考虑, 认为真正的双人决策质量高于更自信者的决策。但, 个人认为, 是否是更自信者主导, 应亦从以下两个方面考虑随时间进行, 更自信者的影响力变化; 更自信者主导决策的比例。

回应: 感谢评阅人的意见。我们考察了需要多次报告才能达成一致的雙人决策任务。我们发现在两个被试报告不一致的情况下, 被试改变自己选择的概率与双方自信度的差异有密切关系。如果双方自信度差异很大时, 自信度较低的被试改变选择的概率高(见正文图 9)。实际上, 这体现了更自信者在互动过程中的影响力。尽管表现较好和表现较差的被试在每一轮报告的自信度之间没有显著差异(对所有任务进行统计), 但是在一次具体的任务中被试每一轮报告的自信度都有波动, 两个被试报告的自信度也是高低交错的, 因此, 不能说某一个被试在某一次任务中始终是更自信的。

第二轮

审稿人 1 意见: 感谢作者听取上次审稿建议, 并认真做出修改。这一次改稿比上一次有非常大的进步, 特别是根据建议建立的“马尔科夫状态转移模型”, 比较有创新价值。建议修后发表。需要小修的两个地方。

意见 1: 前言部分中, 提出研究问题时完全是以开放探究的形式提出问题的, 最好能够根据一定的理论或文献支持, 简单提出研究假设。

回应: 感谢评阅人的意见和建议, 我们根据建议修改了前言部分最后一段。同时, 在文章中 3.3, 3.4 节和结论部分第一段对提出的假设做出呼应。具体内容如下:

引言最后一段: 上述工作重点讨论了个体自信度对最终合作结果的影响, 主要是从概率统计的角度, 静态地分析双人决策中的信息整合和群体决策的形成机制(把来自两个信息源的信号一次性地整合), 忽略了群体决策是一个动态过程的现实。在实际的群体决策中, 往往是每个成员首先独立地做出选择; 然后经过讨论与交流(包括观点及对应的自信程度), 再次做出选择; 如此反复多次, 直至达成集体一致的选择。在反复交流的过程中, 决策个体对自己认为正确的选择更可能表现出自信的态度, 而自信度也会影响对方后续的判断和选择。因此, 我们提出假设: 1) 在群体决策中, 个体的自信度和个体决策的正确率正相关; 2) 对方的自信度会影响决策者的判断, 对方越自信, 决策者越容易跟随对方的决策。为此, 本文在要求被试判断随机点协同运动方向的任务中, 控制被试的信息交流, 特别是自信度的交流, 考察被试通过多轮次的信息交流不断调整各自决策并形成一致决策的过程。最后, 本文

根据实验观察的结果，提出基于马尔科夫过程的动态交互模型，进一步加深了对双人决策动态过程的理解。

在 3.3 节最后增加蓝色部分：因此，无论是一轮报告达成一致还是多轮报告达成一致的任务，正确率和报告的自信度都存在正相关关系，也证明我们的假设 1）是正确的。

在 3.4 节最后增加蓝色部分：另外，无论是在有自信度反馈（实验三）还是没有自信度反馈（实验二）的实验中，表现较差的被试（VA）改变自己选择的概率更高，也更倾向于跟随表现较好的被试（VB）的选择。这也说明我们提出的第二个假设是正确的。

结论部分第一段蓝色部分：这些结果证实了我们在引言中提出的两个假设。同时，本文还以实验中个体独立决策的正确率为基础，考虑被试交互后改变选择的行为特点，建立了一个服从马尔科夫状态转移的动态模型，并利用该模型重现了实验观察到的主要结果。

意见 2：实验设计中作者设计了采用 2 人一组分成固定的 21 组进行实验，请给出性别搭配不均衡的原因（14 组女生-女生组合，5 组男生-男生组合，2 组男生-女生组合）。

回应：本文中实验的目的是考察双人合作决策过程中自信度交流如何改变个体的判断而最终达成一致的决策。因此，在实验前我们估计性别因素可能不会对这个问题产生重要影响，因而没有特意控制性别因素。实验结果也显示，无论是男生-男生组合，男生-女生组合，还是女生-女生组合都给出了相同的结论，即正确率与自信度高度正相关；对方越自信越容易跟随对方的判断；双人合作决策的质量比单人决策的质量高。但是，这并不是说性别对决策没有影响。我们根据实验数据计算了 12 个男生、30 个女生，5 对男生组合、14 对女生组合和 2 对男女组合在三个实验里的敏感度 s 的均值（表见对第一轮返修时对第一个评阅人问题 2 的回答），发现敏感度 s 和性别有关。不过这没有影响本文的结论。最后，我们很感谢评阅人的意见，为不引起困惑，即使不影响结论，我们在以后的实验中也需要控制性别因素。

审稿人 2 意见：经修改，文章的可读性明显增强，研究问题有意义，数据结果可靠，建议发表。

回应：感谢评阅人为提高文章质量所做的贡献。

第三轮

编委复审意见：根据审稿人 1 意见做出相应修改后可以发表。另外请作者在讨论部分指出研究的局限性。研究的结论基于随机运动点阵任务，这一知觉判断的任务相对中性，不涉及社会因素和价值判断。

回应：感谢编委对本工作的认同以及为本研究质量提升所做的贡献。按照编委的意见，我们在讨论部分增加了一段内容来讨论了该研究的局限性。具体内容如下：最后，本文使用的知觉决策任务是一个中性的任务，不涉及日常群体决策中的社会特性和价值判断等要素。这为我们的研究带来了方便，也带来了局限性。一方面，我们可以较好地控制实验中的信息交流，从行为上研究单纯的信息交流对双人决策过程和决策质量的影响。鉴于以非人灵长类为被试的电生理实验已经揭示了这个知觉决策任务的神经机制(Churchland, Kiani, & Shadlen, 2008)，采用这个任务有利于我们在后续研究中利用非侵入的脑电或核磁功能成像手段研究双人决策的神经机制。另一方面，本文采用的知觉决策任务和日常生活中的群体决策任务存在较大的差别，没有反映社会地位、价值偏好和先验知识等决策个体的特征属性以及决策者规模对决策的影响。因此，在将来的研究中还需要考虑决策者的规模、决策个体之间可能存

在的利益关系和决策个体的特性(Yu, 2015; Khasawneh & Abu-Shanab, 2013), 改进实验范式, 更深入地讨论群体决策的机制, 以帮助构建适当的群体决策框架而提升群体决策的质量, 增进群体的福利。