

建议“测不准”与“不确定”二词并用

王正行

(北京大学物理学院 北京 100871)

量子力学作为物理学最基本的理论已经将近 80 年了。而在物理学家当中围绕量子力学却一直存在激烈的争论，这也是无可回避的事实。争论的根源，在于坐标与动量这一对观测量在量子力学中是不相容的，在原则上就不存在同时对二者进行测量的实验装置。在一个测定了动量的态上去测坐标，得到的是一个概率分布；在一个测定了坐标的态上去测动量，得到的是另一个概率分布；而在一个任意的态上去测坐标或动量，得到的一般也是一个概率分布。这就是所谓粒子的波动性，和对波函数的统计诠释。由于这个统计诠释，量子力学有波包缩编问题，即关系到量子力学客观性的测量问题。也由于这个统计诠释，量子力学在实质上是非决定论的，而不是许多人所期待的决定论性的理论。由测不准和统计诠释引出的这两个问题就是争论的核心。

海森伯于 1927 年发现坐标与动量的测量不相容，1929 年应邀到芝加哥大学进行系列演讲。这次演讲于 1930 年同时用德文和英文发表，这就是他的名著《量子论的物理原理》。在德文版中，他用的词是 *unbestimmtheit*，这相当于英文的 *indeterminacy*。而在英文版里用的词则是 *uncertainty*。由于英文版内容较详，传播广，影响大，所以国际上多数人说 *uncertainty*，而不是 *indeterminacy*。其实这两个词意思差不多，只是 *indeterminacy* 略带哲学味，而 *uncertainty* 更口语化。我国物理学界根据海森伯演讲的基本精神，强调测量的地位和作用，原来一直把这两个词都译成“测不准”（见《英汉物理学词汇》，科学出版社，1975 年），准确地表达了海森伯的本意。例如在吴大猷著《量子力学（甲）》（科学出版社，1984 年）第 78 页的一个小标题就是“测不准原理（*principle of indeterminacy*，但常称为 *uncertainty principle*）”。

国外的情形，其实从 20 世纪 50 年代开始，就有了缓慢的变化。玻姆（D. Bohm）于 1952 年提出了一个可以作决定论诠释的隐变量理论，掀起了关于量子力学新一轮的争论。德布罗意马上跟进，重又捡起他 1927 年在第 5 届索尔维会议上被泡利责难的导波理论。1957 年惠勒（J. Wheeler）的研究生埃弗雷特

（H. Everett, III）发表了对于量子力学的“相对态诠释”，这在后来到 1970 年被德威特（B. S. DeWitt）和他的研究生格拉汉（N. Graham）等人进一步发展，改称为量子力学的“多世界诠释”。埃弗雷特在论文发表前曾把预印本寄给 N. 玻尔征求意见，被玻尔拒绝。

1962 年玻尔去世后，好像闸门被打开了一样，情形有了很大变化。1964 年贝尔（J. Bell）提出了可以具体用实验来进行检验的著名不等式，掀起了从理论和实验上进行研究的热潮。虽然到 1982 年阿斯派特（A. Aspect）等人的双光子实验判定量子力学是对的，但是这股研究热潮并没有减弱，并进一步引发了交缠态、量子计算和量子通信等应用研究的热潮。在理论的物理诠释方面，则是除了玻姆隐变量理论的决定论性诠释和埃弗雷特-惠勒等人的多世界诠释外，又像雨后春笋般地出现了最少诠释（*minimal interpretation*）、实在诠释（*real interpretation*）、经验诠释（*empirical interpretation*）和形式诠释（*modal interpretation*）等一系列与玻尔的哥本哈根诠释和玻恩的统计诠释相竞争的新的诠释（有人以为玻恩的统计诠释属于哥本哈根诠释，这是一个误解，不过这不是本文的话题）。就连 N. 玻尔的儿子 A. 玻尔也参与到这股热潮中来，与莫特森（B. R. Mottelson）等人合作提出了一个支配量子力学的更深层的原理。近年来相继有许多总结介绍这方面工作的专著出版，例如 1998 年剑桥版米泰斯塔德（P. Mittelstaedt）的《量子力学与测量过程的诠释》，2001 年世界科技版奥莱塔（Gennaro Auletta）的《量子力学的基础和诠释》，和 2002 年荷兰克鲁汶科学版德姆英克（W. M. de Muynck）的《量子力学基础，一个经验主义者的探索》。后两本都是 16 开本洋洋洒洒的宏幅巨著，前者近千页，后者也有六百多页。特别是在奥莱塔的书里，专门用了一章来讨论测不准原理。

与这种情形相应地，国外文献在用词上也出现了微妙的变化。玻姆在反戈前，在 1951 年出版的他的著名教科书《量子理论》中，使用的还是 *uncertainty* 这个词。他在反戈后，于 1957 年出版了专著《近代物理中的因果与机遇》，从物理学的历史发展这一更一

般的视角来讨论量子力学的非决定论问题。非决定论的英文是 indeterminism。在这本书中他把测不准原理称为 indeterminacy principle，用 indeterminacy 这个词来代替 uncertainty，以表明他对量子力学非决定论性质所持的保留态度。所以他使用的这个 indeterminacy principle，可以译成“非决定性原理”或“非确定性原理”。有意思的是，在德布罗意为玻姆这本书写的序中，还是混合使用 uncertainty 和 indeterminacy 这两个词：他既说 Heisenberg's uncertainty principle，又说 a real indeterminacy of the physical states and of their evolution。德布罗意说 Heisenberg's uncertainty principle，这是对海森伯的尊重，因为这是海森伯自己起的名称。他后一句用 indeterminacy，则是在说量子力学的非决定论性质。

国外的量子力学教科书，现在一般还是采取德布罗意的这种态度，仍然使用海森伯起的 uncertainty principle 这个名称，而在做解释的时候，则也用 indeterminacy 这个词。不过也有像玻姆那样改称 indeterminacy 的，例如巴棱泰(L. E. Ballentine)的《量子力学》，就是把一般的测不准关系称为 indeterminacy relations，而只是对于坐标与动量的测不准关系才附带指出“这个公式通常被称为‘the uncertainty principle’，并冠以海森伯的名字”。巴棱泰因为1970年在美国《近代物理评论》发表“量子力学的统计诠释”而开始出名，是研究量子力学基础方面一位有影响的人物。他的这个“统计诠释”不同于玻恩的统计诠释，而是像莫斯科大学布洛欣采夫的系综诠释那样。巴棱泰并不像玻恩那样把统计性看成是微观物理的基本特征，而认为这仅仅是系综的统计行为。所以，在巴棱泰的统计诠释里，为决定论留有余地，海森伯测不准关系所表示的不确定性，不一定是“不能确定”，而很可能是“没有确定”或“尚未确定”，只是由于还没有建立个别微观过程的决定论理论。巴棱泰的这本书，1990年由Prentice Hall出第一版，到1998年大幅度改写后改由世界科技出版公司(World Scientific)出版，之后多次重印，并授权在我国大陆地区发行，在我国有很大影响。

我国的情形，与国外的这种变化并不完全一致。在1996年公布的《物理学名词》(科学出版社，1997年)中，只保留了 uncertainty 一词，并改译成“不确定性”，而把 indeterminacy 一词删去了。这既没有反映国外的这种变化，而改译成“不确定”也不如原来的“测不准”更符合海森伯的精神。

“测不准”是一个肯定陈述，告诉了读者一件确

定的事，并且点明了这是关于测量的问题，是在测量中发生的。实际上，测不准关系 $(\Delta\hat{x})^2 (\Delta\hat{p})^2 \geq \hbar^2/4$ 中的 $(\Delta\hat{x})^2 (\Delta\hat{p})^2$ 是测量坐标 \hat{x} 与动量 \hat{p} 的均方差或标准方差，也就是测不准量，“测不准”不过是它们的直观说法。所以，“测不准”也是一个口语化的词，更接近 uncertainty。

而如上所述，与 indeterminacy 相对应的是 indeterminism，即哲学中的“非决定论”。所以，在中文里略带哲学味的“不确定性”倒是可以看成 indeterminacy 的译名。不过，与“测不准”和“非决定”或者“非确定”这种明显的学术用语不同，“不确定”是一个常用的生活用语，容易产生歧义。按一般的理解，“不确定”是一个含糊不清和模棱两可的陈述，没有给读者一个肯定的答案，给读者留下了不同理解的空间。通常可以在两种不同含义下使用“不确定”这个词。我们可以把它理解为“不能确定”，这就和“测不准”差不多，但是没有点明是不能在测量中确定。不如说“测不准”直接和清楚。我们也可以把它理解为“没有确定”或“还不确定”，这就暗示了将来也许还可以确定，为量子力学的隐变量理论埋下伏笔。也许这正符合玻姆与巴棱泰使用 indeterminacy 这个词的意思。

“言为心声”，措辞的选择，反映了作者的观点，特别是对量子力学这样长期存在争论的问题。在现在这种情况下，我国老一代物理学家把 uncertainty 与 indeterminacy 都按照海森伯的精神译成“测不准”的做法确实需要修改，以反映国际上的变化。问题是，在中文里主张说“不确定”的人，目的只是为了回避测量问题，其意思倒不一定是玻姆和巴棱泰的 indeterminacy。所以，我觉得最稳妥的做法，还是仍把 uncertainty 与 indeterminacy 并列，译名“测不准”与“不确定”并用，不要指定哪一个译名与哪一个英文对应。这样做，一方面可以保持强调测量的地位和作用这一海森伯本人的基本精神，而又可以体现对此持保留态度的一派的观点。这就把争论双方的观点都照顾到，为不同观点的作者提供了选择措辞的可能。

当然，学术问题本来就是百家争鸣，每位作者都有权选择措辞来表达自己的思想和观念，就像玻姆和巴棱泰那样。问题是这本《物理学名词》具有某种权威性，它在还有争论的学术问题上明显地支持一种意见并不是很明智的做法，会对我国物理学界产生影响。在这种情况下，我建议重新考虑 uncertainty 这个词的译名，并仍然把 indeterminacy 这个词收入。以上意见若有不妥，请指正。