# 以径向基函数法进行核质量预测

在径向基函数（RBF）和Garvey-Kelson关系的帮助下，一些全局核质量模型的准确性和预测能力得到了显著的提高。从4个模型到2149个已知质量的预测之间的偏差值下降到200 keV。ame95-03和ame03-边界测试表明，RBF方法是进一步提高质量模型可靠性的一个非常有用的工具。同时，对未知质量的不同模型预测的差异显著减小，当RBF外推组合在一起时，等自旋对称得到了更好的表示。

核质量预测和评估不仅对各种应用，而且对核理论的测试和发展都是非常重要的。未测量的质量通常是通过使用一些全局的核质量模型来预测的，在这些模型中，一些物理量被考虑，模型参数是由已知的质量决定的，或者根据其相邻的测量质量来采用一些局部的质量关系。一些全局的核质量模型，如有限范围的液滴模型（FRDM）、Weizs acker-Skyrme（WS）质量模型、Hartree-fock-bogobov（HFB）模型和Duflo-Zuker（DZ）质量模型，成功地在300-600 keV的水平上成功地重现了测量的质量。然而，从这些不同的全局质量模型中，描述了极其中性的原子核的质量，表明在模型中应该考虑更多的物理量和更多关于核力的信息。核力的不确定性和计算资源的限制，给进一步改善这些可用的全局核质量模型带来了巨大的困难。另一方面，我们可以利用局部的质量关系，比如isobaric多重态方程（IMME），Garvey-Kelson（GK）关系，以及剩余的质子-中子相互作用，来预测未测量的质量。发现在这些局部质量关系以迭代方式被用来预测原子核的质量时，固有的误差由于下列原因增长迅速:(1)局部质量关系只是近似的满足于已知的核质量；(2)每次先前被预测的核质量被用于每次新的迭代，系统误差积累(see Table I in Ref. [14] and the expressions σpred in Ref. [13]).。为了提高核质量预测的准确性，在基于傅里叶变换（清洁算法）的图像重建技术中，结合一些全局核质量模型，分析了核质量曲面的系统学。与之前提到的其他局部质量关系相比，**图像重建技术通过使用更多已知的质量而不仅仅是它的相邻的质量来预测一个未测量的原子核的质量。**因此，从实验数据中获得的更多信息可以参与到大规模预测中。研究结果表明，在不同模型的预测中，对不同模型的预测进行了重要的改进。

在这种快速通信中，我们试图提出一种基于径向基函数法的更有效的系统方法，以及现有的核质量模型，以进一步改进核质量预测。对未测量的原子核的质量预测可以被看作是由分散的实验数据进行的大规模表面外推的问题。最显著的全局插值和外推方案是径向基函数（RBF）方法来源于哈代的二次曲面插值。摘要径向基函数作为解决离散数据拟合问题的有力解决方案，在表面重构中得到了广泛的应用。RBF解决方案最简单的形式是

，其中xi表示测量的点，wi是中心xi的权重，是基函数，是欧几里得范数，m是合适的离散数据的个数。给定m个样本（xi，fi），我们希望用 重建平滑函数S（x）。由插值条件产生的线性系统的解，确定了RBF的权重wi。标准基函数包括：曲线或;高斯形式，c>0;二次曲面，反多重二次曲面。

利用RBF方法，在计算全局核质量模型理论值Mth与实验数据Mexp之间的差值R（N、Z）=Mexp-Mth可以重建实验数据。一旦得到重建的函数S（N，Z），未测量的原子核的修正质量是由MthRBF=Mth+S给出的，在这里我们为每个质量模型执行三个测试，对于所有的测试，我们只考虑中子数N≥ 8和质子数Z ≥8的原子核。第一个是，我们重建一个已知的已知核的函数S（N，Z）和一个特定的全局质量模型。换句话说，我们将已知的2148个核，用于测试RBF（m=2148），并使用AME2003中2049核中剩下的一个核作为测试。相应的这种交叉验证的结果将显示在图1和表1。第二个是我们使用AME1995中质量测试RBF(m = 1760)并预测了AME2003“中389号新的质量,相应的结果将被列在表二。第三个是,我们使用β-稳定线附近的核质量(核的中子能量分离能5≤Sn≤ 12MeV)测试RBF(m = 1700)并预测剩余的449个接近滴线的核质量,结果将表3所示。我们发现利用，可以使质量偏差R（N，Z）可以相对更好地被重建。这是一种自然的曲线函数。因此，我们在计算中采用了基函数。

在图1，我们对比了通过WS3模型计算的质量与实验数据之间的差别。重建函数S（实心圆）同时也被用来比较。我们看到RBF产生的误差Mexp-Mth具有高品质和好的估计属性。通过估计函数S(N,Z)，预估质量和实验质量之间的误差明显减小。在表I中，我们列出了2149个已知质量和5个质量模型的预测之间的偏差：WS3、DZ28、FRDM、HFB17和WS。Model+RBF列表示用RBF方法重建的函数S与5个模型一起被添加到计算的质量中。Model+rbf+gk12表示Garvey-Kelson关系，它包含了对一个有21个相邻值的原子核的12个估计值，也被用于进一步改善函数S（N，Z）的平滑度。在RBF和GK关系的帮助下，所有5个模型的来自于2149个核的均方根偏差急剧减少，4个模型的结果达到200 keV。在图2中，我们展示了在WS3的第一个测试中获得的均方根偏差，但是作为原子核中平均中子-分离能量的函数。利用RBF方法，明显减少了均方根偏差，特别是对于接近滴线的原子核而言。

第二个测试，AME95-03测试，通常被用于检查质量模型的可预测的能量。图3中的交叉表示在ame95-03测试中预测的原子核位置。表II列出了AME2003的基于5个质量模型的389个“新”质量和AME1995的测量质量的均方根误差。当RBF方法组合在一起时，对于WS模型的均方根误差降低到18%，DZ28模型为21%，FRDM为35%，HFB17模型为27%，WS\*模型为31%。我们注意到，在这个测试中，通过CLEAN重建结合了31个参数的Duflo-Zuker（DZ31）质量模型，均方根偏差（N，Z≥8）的减少是12%。与RBF方法相对应的结果显著达到23%。结合参考文献中提到的液滴模型（LDM），在AME95-03测试中，CLEAN重建与RBF方法的均方根误差分别降低了54%和72%。径向基函数法似乎是提高核质量预测准确性的一种更有效的工具。此外，在CLEAN算法中，需要执行一系列的迭代，直到给定的停止标准（例如，=100 keV），这在RBF方法中是不需要的。在RBF方法中，我们只需要计算权重wi，它可以用线性最小二乘的矩阵方法来估计，因为近似函数S（N，Z）在权重中是线性的。