

## 二级图对微观光学势实部径向形状的修正

申庆彪 田野 卓益忠  
(中国科学院原子能研究所)

### 摘 要

本文应用 Skyrme 相互作用  $SK_8$ , 通过色散关系和定域密度近似由二级图所贡献的 off-shell 单粒子位虚部研究了二级图对  $^{40}\text{Ca}$  在  $E - E_F \leq 50\text{MeV}$  情况下的微观光学势实部径向形状的修正。计算结果表明这种修正使光学势实部略微变深, 当能量较低时在核表面附近修正较大, 当能量较高时则在核中心区域修正较大。

### 一、引 言

在我们以前的文章<sup>[1-5]</sup>中引进了一种由 Skyrme 相互作用通过核物质近似计算微观光学势的方法, 在这种方法中只用一级质量算符来等价光学势实部, 忽略了高级图对光学势实部的贡献。后来我们在对称核物质中通过色散关系由二级图所得到的 off-shell 单粒子位虚部计算了二级图对光学势实部的修正<sup>[6]</sup>, 研究了这种修正随能量的变化关系。本文通过定域密度近似研究了在有限核中二级图对微观光学势实部径向形状的修正, 分析了这种修正随能量和原子核半径的变化关系。

### 二、计算公式

用以下色散关系可以由二级图的 off-shell 单粒子位虚部计算二级图对单粒子位实部的修正<sup>[6]</sup>:

$$V_{p_0}(K, E) = \frac{P}{\pi} \int_{E_F}^{E_C} \frac{W_{p_0}(K, E')}{E - E'} dE', \quad (1)$$

$$V_{c_0}(K, E) = \frac{P}{\pi} \int_{-E_C+2E_F}^{E_F} \frac{W_{c_0}(K, E')}{E - E'} dE', \quad (2)$$

$p_0$  和  $c_0$  分别代表极化和关联, off-shell 单粒子位虚部  $W_{p_0}(K, E)$  和  $W_{c_0}(K, E)$  的表达式已在参考文献 [6] 中给出。为了克服  $W_{p_0}(K, E)$  发散的困难, 我们引入了截断参数  $Z_c$ :

$$Z_c = E_C - E_F. \quad (3)$$

二级图对单粒子位实部总的修正为:

$$V_2(K, E) = V_{p_0}(K, E) + V_{c_0}(K, E). \quad (4)$$

我们知道,光学势对应于正能量的 on-shell 单粒子位,  $K$  和  $E$  的 on-shell 关系为:

$$E = \frac{\hbar^2 K^2}{2m} + V_{HF}(K), \quad (5)$$

$V_{HF}(K)$  的表达式也已在参考文献 [6] 中给出. 费米能量  $E_F$  和费米动量  $K_F$  也满足 (5) 式所给出的关系. 修正后总的单粒子位实部为:

$$V(E) = V_{HF}(K(E)) + V_2(K(E), E). \quad (6)$$

为了得到有限核的光学势实部的径向形状,我们引入定域密度近似<sup>[7,8]</sup>.  $N=Z$  的原子核的核密度取如下经验公式<sup>[1,7]</sup>:

$$\rho(r) = \frac{\rho_0}{1 + \exp[(r - c)/a]}, \quad (7)$$

$$\rho_0 = \frac{3A}{4\pi c^3(1 + \pi^2 a^2/c^2)}, \quad (8)$$

$$c = (0.978 + 0.0206A^{1/3})A^{1/3}, \quad a = 0.54 \quad (9)$$

而费米动量  $K_F(r)$  和核密度  $\rho(r)$  的关系式为:

$$K_F(r) = \left[ \frac{3\pi^2}{2} \rho(r) \right]^{1/3}. \quad (10)$$

### 三、计算结果和分析

根据上一节所给出的计算公式,我们利用 Skyrme 相互作用  $SK_a$  对  $^{40}\text{Ca}$  进行了计算. 图 1 给出了  $Z_c = 70\text{MeV}$  和  $E - E_F = 20\text{MeV}$  时  $V_{p_0}$ 、 $V_{c_0}$  和  $V_2$  的径向关系,可以看出  $V_{p_0}$  贡献负势,  $V_{c_0}$  贡献正势,二者都有表面峰,但是  $V_{p_0}$  的绝对值明显大于  $V_{c_0}$ ,所以  $V_2$  也是负势,而且也有表面峰. 图 2 给出了

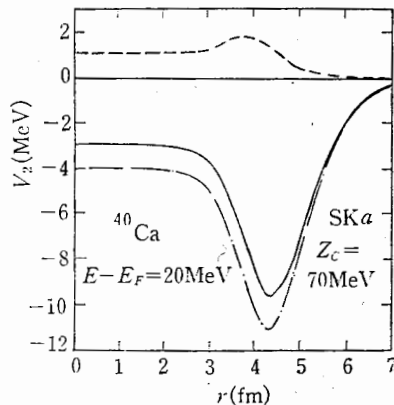


图 1  $E - E_F = 20\text{MeV}$  时二级图对光学势实部的极化修正、关联修正和总修正的径向关系

---  $V_{p_0}$ ; - · -  $V_{c_0}$ ; —  $V_2$

$Z_c = 70\text{MeV}$  时在不同的  $(E - E_F)$  值情况下二级图对光学势实部的贡献  $V_2(r)$  的径向形状,可以看出在  $E - E_F = 1 - 50\text{MeV}$  范围内  $V_2(r)$  均为负势,当能量  $E - E_F$  为 1, 10, 20, 30MeV 时,  $V_2(r)$  具有明显表面峰;当  $E - E_F = 40\text{MeV}$  时  $V_2(r)$  的表面峰变得不突出了;而当  $E - E_F = 50\text{MeV}$  时,  $V_2(r)$  的表面峰消失了,在核中心区域较大,而在核表面区域较小. 可见  $V_2(r)$  的径向形状随能量的变化趋势与微观光学势虚部  $W(r)$  相同<sup>[1-3]</sup>, 这是因为  $V_2(r)$  是通过色散关系 (1) 式和 (2) 式由  $W(r)$  计算出来的. 图 3 画出了  $Z_c = 70\text{MeV}$  和  $100\text{MeV}$  时  $E - E_F = 1, 10, 20, 30, 40, 50\text{MeV}$  六种能量修正前后的光学势实部的径向形状,虚线代表修正

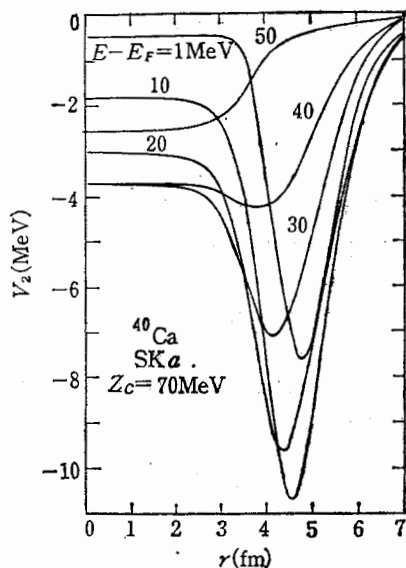


图 2 在不同的  $(E - E_F)$  值情况下二级图对光学势实部的贡献  $V_2(r)$  的径向形状

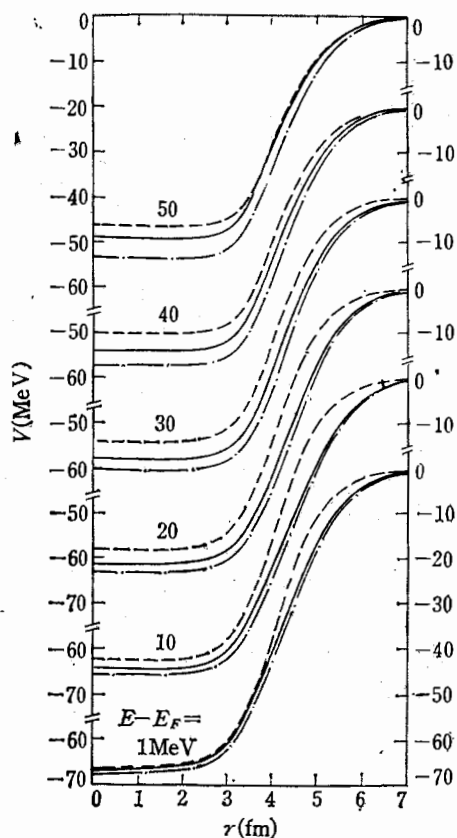


图 3 在不同的  $(E - E_F)$  值情况下光学势实部被二级图修正前后的径向形状的比较  
---  $V_{HF}$ ; —  $Z_c = 70\text{MeV}$ ; - - -  $Z_c = 100\text{MeV}$

前的  $V_{HF}(r)$ , 实线和点虚线分别代表取  $Z_c = 70\text{MeV}$  和  $100\text{MeV}$  时修正后的  $V(r)$ 。由图 3 不仅看出当能量较低时在核表面附近修正较大, 当能量较高时在核中心区域修正较大, 而且还可以看出截断参数  $Z_c$  越大二级图对光学势实部的修正也就越大, 特别是当能量较高时这种差别就更加明显。由于计算结果在一定程度上依赖于截断参数  $Z_c$ , 因而我们可以把它看成可调参数, 为了定量符合实验可以对  $Z_c$  进行适当调整。

### 参 考 文 献

- [1] 申庆彪、张竟上、田野、卓益忠、高能物理与核物理, 6(1982), 91.
- [2] 申庆彪、田野、马中玉、张竟上、卓益忠, 高能物理与核物理 6(1982), 185.
- [3] 田野、申庆彪、卓益忠, 高能物理与核物理, 6(1982), 616.
- [4] 申庆彪、田野、卓益忠, 高能物理与核物理, 7(1983), 618.
- [5] Shen Qingbiao et al., Nuclear Data for Science and Technology, Proc. Int. Conf., Antwerp, 6-10 Sept. 1982, p. 565.
- [6] 申庆彪、李祝霞、施向军、田野、卓益忠, 高能物理与核物理, 9(1985), 220.
- [7] J. W. Negele, *Phys. Rev.*, C1 (1970), 1260.
- [8] J. P. Jeukenne, A. Lejeune and C. Mahaux, *Phys. Rev.*, C16 (1977), 80.

## MODIFICATION OF THE RADIAL SHAPE OF THE REAL PART OF MICROSCOPIC OPTICAL POTENTIAL BY SECOND-ORDER DIAGRAMS

SHEN QING-BIAO    TIAN YE    ZHUO YI-ZHONG

(*Institute of Atomic Energy, Academia Sinica*)

### ABSTRACT

The modification of the radial shape of the real part of the microscopic optical potential by the imaginary part of the off-shell single-particle potential from second-order diagram contributions is discussed by using the Skyrme interaction  $SK_4$ , and by means of the dispersion relation and local density approximation. As an example, the modified values for  $^{40}\text{Ca}$  at  $E - E_F \leq 50$  MeV are calculated. The calculated results lead to slightly deeper real part of the optical potential. The modification is larger near the nuclear surface at lower energies, and is larger in the nuclear center region at higher energies.