

用宏观-微观模型系统计算偶-偶超重核基态性质*

支启军^{1;1)} 任中洲^{1,2}

1 (南京大学物理系 南京 210008)

2 (兰州重离子加速器国家实验室原子核理论中心 兰州 730000)

摘要 用宏观-微观模型系统计算了 $Z = 94-112$ 偶偶超重核的基态性质. 其中宏观部分基于液滴模型, 微观部分采用改进的谐振子势. 理论计算的结合能、 α 衰变能与已知的实验数据符合, 理论计算结果也与 Möller 的计算结果符合很好. 这肯定了宏观-微观模型对超重核性质研究的可靠性和稳定性. 对一些未知核素基态性质的预言可为将来的实验研究提供理论参考.

关键词 宏观-微观模型 改进谐振子势 结合能 α 衰变能

1 引言

对超重核的研究是当前核物理研究的一个热点. 近几年, 随着现代大型加速器的发展, 超重核的合成取得了重要的进展^[1-10]. 1995—1996年, 德国 GSI 实验室的 Hofmann 等人在 Unilac 上合成了 110—112 号元素^[1]. 1999年俄国的 Dubna 实验室在 U-400 加速器上合成了 114 号元素, 一年后又合成了 116 号元素^[2, 3]. 中国科学院近代物理研究所(兰州)在 2000 年合成了 ²⁵⁹Db^[4]. 2002 年, 110 号元素被美国的伯克利国家实验室^[5]和日本的 RIKEN^[6]分别证实. 2004 年伯克利国家实验室^[7]和日本的 RIKEN 也证实了 111 号元素的实验结果. 同年中科院近代物理所首次观测到 ²⁶⁵Bh 同位素^[8, 9]. 这些新合成的超重核素以及新的实验数据可以用来检验各种理论模型在超重核区域的有效性和可靠性, 这必将大大推动超重核理论研究和实验研究的发展.

理论计算对于超重元素的实验研究是重要的和有意义的, 因为理论计算结果可以建议新的实验来研究超重核. 在过去的几十年里, 对超重核已经有了一些理论研究^[11-17]. 由于以往使用的理论模型是建立在 β 稳定线附近的稳定核的基础上, 因此各种理论模型对超重核研究的可靠性、适用性仍需检验. 相对论平

均场模型被广泛地用来研究原子核的性质^[11-15], 理论研究表明相对论平均场(RMF)对超重核的研究是可靠的和有效的^[11, 12]. 除了相对论平均场外, 宏观-微观模型也被用来研究原子核的性质^[16, 17], Möller 等人用它系统地计算了原子核的基态及激发态性质^[16].

在宏观-微观模型中, 微观修正的关键是微观单粒子势的选择. 在以往的计算中, 一般采用的是汤川势、折叠汤川势或 Woods-Saxon 势. 众所周知, 采用谐振子势的推转尼尔逊模型在高自旋态的研究中取得了很大成功^[18, 19]. 我们认为选用改进谐振子势的宏观-微观模型能可靠地用来研究超重核的性质. 基于这点, 我们用改进谐振子势的宏观-微观模型对质子数 $Z = 94-112$ 的偶-偶超重核的基态性质进行了系统计算. 并将计算结果与实验数据及 Möller 的理论计算做了详细的比较, 以检验采用不同微观势的宏观-微观模型在超重核研究中的可靠性和稳定性.

2 宏观-微观模型理论介绍

宏观-微观模型认为原子核的能量由宏观部分和微观部分共同组成:

$$E_{\text{tot}} = E_{\text{mac}}(Z, N, \bar{\epsilon}) + E_{\text{mic}}(Z, N, \bar{\epsilon}), \quad (1)$$

2005-04-04 收稿

* 国家自然科学基金(10535010), 国家杰出青年科学基金(10125521), 国家教育部博士点专项基金(20010284036), 国家重点基础研究发展规划项目(G2000077400)和中国科学院知识创新工程重点项目(KJ CX2-SW-N02)资助

1) E-mail: qjzhi@hotmail.com

其中宏观部分反映原子核的整体性质. 宏观部分一般采用液滴模型、有限程液滴模型等. 而微观部分主要包括壳效应、对效应. 可写为:

$$E_{\text{mic}} = E_{\text{shell}}(Z, N, \bar{\epsilon}) + E_{\text{pair}}(Z, N, \bar{\epsilon}), \quad (2)$$

有关宏观-微观模型的具体讨论参见文献[16]. 在本文的计算中, 宏观部分采用Myers的形变液滴模型^[17].

$$E_{\text{LD}} = -a_v \left(1 - K_v \left(\frac{N-Z}{A}\right)^2\right) A + \frac{3}{5} \frac{e^2 Z^2}{R_c} \left(B_c(\bar{\epsilon}) - \frac{5\pi^2}{6} \left(\frac{d}{R_c}\right)^2\right) + a_s \left(1 - K_s \left(\frac{N-Z}{A}\right)^2\right) A^{2/3} B_s(\bar{\epsilon}). \quad (3)$$

式中 $\bar{\epsilon} = (\varepsilon_2, \gamma, \varepsilon_4)$. $\varepsilon_2, \gamma, \varepsilon_4$ 分别代表原子核的四极形变、三轴自由度和十六极形变. 式中各参数的选取如下:

$$a_v = 15.4941 \text{ MeV}, \quad a_s = 17.9439 \text{ MeV},$$

$$K_v = K_s = 1.7826, \quad d = 0.546 \text{ fm}, \quad R_c = 1.2249 A^{1/3} \text{ fm},$$

在本文中我们选取改进的谐振子势作为微观单粒子势来计算微观修正. 其形式可表为^[20]:

$$h = h_{\text{ho}}(\varepsilon_2, \gamma) + 2\hbar\omega_0 \rho^2 \sqrt{\frac{4\pi}{9}} \varepsilon_4 V_4(\gamma) + V' - \omega j_x, \quad (4)$$

由于考虑的是偶偶核的基态性质, 因此计算中舍去最后一项. $h_{\text{ho}}(\varepsilon_2, \gamma)$ 为各向异性谐振子势

$$h_{\text{ho}}(\varepsilon, \gamma) = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2} m (\omega_x^2 x^2 + \omega_y^2 y^2 + \omega_z^2 z^2), \quad (5)$$

其中 $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ 由形变参数 ε_2 和 γ 决定, 具体形式参见文献[19, 20]. $V_4(\gamma)$ 为十六级形变势:

$$V_4 = a_{40} Y_4^0 + a_{42} (Y_4^2 + Y_4^{-2}) + a_{44} (Y_4^4 + Y_4^{-4}), \quad (6)$$

a_{4i} 的选取见文献[19, 20], Y 为球谐函数. V' 项的引入是为了得到实验能级, 其形式如下:

$$V' = -\kappa(N)\hbar\omega_0^{\circ} \left\{ 2l_t \cdot s + \mu(N)(l_t^2 - \langle l_t^2 \rangle_N) \right\}, \quad (7)$$

式中 ω_0° 的选取如下:

$$\hbar\omega_{0p/n}^{\circ} = \frac{41}{A^{1/3}} \left(1 \mp \frac{N-Z}{3A} \right) \text{ (MeV)}, \quad (8)$$

对质子取-号, 对 neutron 取+号. κ, μ 依赖于壳层量子数, 不同的壳层应取不同的值. 对角化(4)式的哈密顿即可得到单粒子能级, 然后采用壳修正和对修正的方法计算微观能. 在本文的计算中采用Strutinsky提出的壳修正方法, 有关壳修正的具体细节见参考文献[21]. 对于修正我们采用常用的BCS近似, 具体公式和参数的选取参见文献[19, 20].

通过以上的计算, 我们可以得到原子核在不同形变下的能量. 对于原子核基态, 能量应当最低, 找出最小能量即可确定原子核的基态能量和形变, 进而计算原子核基态的 α 衰变能和半衰期等性质.

3 计算结果及讨论

在本文的计算中, κ, μ 采用Lund标准参数^[19], 限定 $\gamma = 0$ (即假定超重核是轴对称形变). 具体对质子数 $Z = 94-112$ 超重核同位素链进行了系统计算. 限于篇幅, 我们只列出了部分理论计算结果.

3.1 结合能和 α 衰变能

表1列出了 Cm 和 Cf, $Z = 110$ (Ds) 和 $Z = 112$ 偶偶核同位素链的计算结果. 表1中选取的数据分为两部分: 一部分是实验数据相对多一些核 (Cm, Cf), 这有利于通过比较理论值与实验值来检验计算的可靠性; 另一部分是相对重一点的核 ($Z = 110$ (Ds), $Z = 112$), 这部分的实验数据很少, 理论计算结果可为这些核素将来的实验研究提供参考. 对质子数 $Z = 94-108$ 的有实验数据的核素, 我们计算的结合能理论值与实验值的均方根偏差为 0.412 MeV, Möller 的为 0.404 MeV, 两者非常接近, 这肯定了我们计算的可靠性和宏观-微观模型的稳定性.

下面具体来分析计算结果与实验数据. 从表1中看到, 对 Cf 和 Cm 的同位素链来说, 我们的计算结果非常接近实验数据. 在有实验数据区域, 结合能的计算值与实验数据的最大偏差为 0.7 MeV, 相对偏差不超过 0.1%. 在该区域, Möller 的计算值与实验值的最大偏差为 0.4 MeV, Möller 的理论计算比我们略好. 将我们的理论结果与 Möller 计算值比较, 发现符合得非常好, 二者之间的偏差在有实验数据区域不超过 0.5 MeV. 在未知实验区域偏差稍大一些, 约为 2 MeV, 但由于总结合能也非常大, 约为 2000 MeV, 所以相对偏差也不超过 0.1%, 这在理论上是接受的. 从上面的分析可见我们的理论计算准确地给出了超重核 Cm, Cf 同位素链基态的结合能, 这表明采用改进谐振子势的宏观-微观模型对超重核 Cm, Cf 的研究是可靠的和有效的. 对稍重一点的核 ($Z = 110$ (Ds), $Z = 112$), 我们的理论计算结果与 Audi 的理论估计值非常接近, 二者的最大偏差为 1.1 MeV, Möller 的计算结果与实验的最大偏差为 2.2 MeV. 我们的计算结果与实验估计值和 Möller 理论值在该区域符合较好, 这进一步证实了我们计算的可靠性. 在该区域, 似乎我

们的计算结果与Audi估计值符合得更好. 诚然, 由于该区域的结合能没有实验数据, 因此, 到底哪一个理论结果更接近实验值仍需要新的实验数据来检验.

Viola-Seaborg公式常被用来估计原子核的半衰期^[11, 12]. 对²⁷²110, ²⁷⁴110和²⁷⁶110 3个未知超

重核素, 我们计算的 α 衰变能分别为10.83, 10.87, 10.57MeV, 相对论平均场TMA参数的计算结果^[12]为11.06, 10.67, 10.36MeV, 两组理论值符合得很好. 我们用Viola-Seaborg公式计算了它们的半衰期, 计算结果分别为 6.3×10^{-4} s, 5.03×10^{-4} s和 2.79×10^{-3} s. 相对

表1 宏观-微观模型计算的超重核同位素链的形变、结合能和衰变能

核素	ε_2	ε_4	B/MeV	Q_α/MeV	$B(\text{Mol.})/\text{MeV}$	$Q_\alpha(\text{Mol.})/\text{MeV}$	$B(\text{exp.})/\text{MeV}$	$Q_\alpha(\text{exp.})/\text{MeV}$
²³⁶ Cm	0.190	-0.045	1781.36	7.15	1781.82	7.12	1781.80 [#]	7.10 [#]
²³⁸ Cm	0.204	-0.038	1795.79	6.54	1796.19	6.82	1796.50	6.62
²⁴⁰ Cm	0.216	-0.035	1809.62	6.31	1809.98	6.52	1810.30	6.40
²⁴² Cm	0.222	-0.035	1822.93	5.86	1823.05	6.16	1823.10	6.22
²⁴⁴ Cm	0.221	-0.027	1835.71	5.45	1835.79	5.65	1835.90	5.90
²⁴⁶ Cm	0.218	-0.020	1847.76	5.40	1847.86	5.18	1847.80	5.48
²⁴⁸ Cm	0.220	-0.010	1859.21	5.22	1859.28	4.92	1859.20	5.16
²⁵⁰ Cm	0.226	-0.003	1870.21	4.79	1869.39	5.53	1869.70	5.17
²⁵² Cm	0.227	0.013	1880.70	4.49	1879.23	5.04	1879.80	
²⁵⁴ Cm	0.215	0.015	1890.74	4.18	1888.77	4.44		
²⁵⁶ Cm	0.218	0.019	1900.34	3.91	1898.31	3.84		
²⁵⁸ Cm	0.209	0.024	1909.50	3.64	1907.49	3.45		
²³⁸ Cf	0.193	-0.043	1786.63	7.98	1787.12	7.95	1787.10 [#]	8.06 [#]
²⁴⁰ Cf	0.208	-0.035	1802.01	7.62	1802.41	7.70	1802.40 [#]	7.72
²⁴² Cf	0.218	-0.030	1816.70	7.39	1817.16	7.33	1817.30	7.52
²⁴⁴ Cf	0.227	-0.020	1830.83	7.09	1831.38	6.90	1831.30	7.33
²⁴⁶ Cf	0.230	-0.015	1844.40	6.84	1844.84	6.50	1844.80	6.86
²⁴⁸ Cf	0.231	-0.013	1857.37	6.65	1857.82	6.27	1857.80	6.36
²⁵⁰ Cf	0.235	-0.001	1869.69	6.37	1870.29	5.87	1870.00	6.13
²⁵² Cf	0.230	0.007	1881.52	5.99	1881.32	6.25	1881.30	6.21
²⁵⁴ Cf	0.225	0.013	1892.81	5.70	1891.69	6.00	1892.10	5.93
²⁵⁶ Cf	0.226	0.027	1903.61	5.38	1902.01	5.51	1902.60 [#]	5.56 [#]
²⁵⁸ Cf	0.227	0.022	1913.98	5.06	1912.32	4.75		
²⁶⁰ Cf	0.213	0.027	1923.89	4.75	1922.28	4.33		
²⁶⁸ 110	0.227	0.043	1943.78	11.27	1944.97	10.94	1943.12 [#]	11.92 [#]
²⁷⁰ 110	0.217	0.050	1958.91	11.02	1960.53	10.31	1958.40 [#]	11.20
²⁷² 110	0.211	0.054	1973.46	10.83	1975.53	10.04	1973.05 [#]	10.76 [#]
²⁷⁴ 110	0.205	0.054	1987.21	10.87	1989.21	10.51	1986.24 [#]	11.40 [#]
²⁷⁶ 110	0.184	0.051	2000.52	10.57	2001.77	10.73	1999.08 [#]	10.60 [#]
²⁷⁸ 110	0.159	0.044	2013.41	10.07	2013.80	10.41	2012.03 [#]	10.00 [#]
²⁸⁰ 110	0.133	0.044	2026.02	9.58	2026.28	9.05	2025.07 [#]	9.30 [#]
²⁸² 110	0.121	0.042	2038.31	8.98	2038.74	7.76		
²⁸⁴ 110	0.101	0.037	2050.20	8.56	2050.75	7.57		
²⁸⁶ 110	0.040	0.007	2061.97	7.86	2061.99	7.60		
²⁷² 112	0.211	0.044	1960.08	12.00	1961.66	11.61		
²⁷⁴ 112	0.200	0.058	1975.42	11.79	1977.44	11.39		
²⁷⁶ 112	0.187	0.048	1989.97	11.79	1991.99	11.84		
²⁷⁸ 112	0.178	0.048	2004.08	11.43	2005.21	12.29	2003.15 [#]	11.38 [#]
²⁸⁰ 112	0.140	0.040	2017.82	11.00	2018.94	11.12	2016.74 [#]	10.62 [#]
²⁸² 112	0.126	0.034	2031.44	10.27	2032.68	9.42	2030.36 [#]	9.96 [#]
²⁸⁴ 112	0.105	0.032	2044.33	9.80	2045.88	8.69	2044.07 [#]	9.30
²⁸⁶ 112	-0.022	0.003	2057.53	9.09	2058.56	8.48		
²⁸⁸ 112	0.001	-0.001	2070.25	8.25	2070.7	8.34		
²⁹⁰ 112	0.003	0.001	2082.44	7.83	2082.64	7.64		

注: Mol.代表Möller的计算结果^[16], exp.代表实验值^[22](#为估计值). 计算给出^{272,274,276}110的 α 半衰期分别为 6.3×10^{-4} s, 5.03×10^{-4} s和 2.79×10^{-3} s.

论平均场计算结果为 1.761×10^{-4} s, 1.57×10^{-3} s 和 9.71×10^{-3} s, Möller 的理论估计值为 7.08×10^{-2} s, 4.07×10^{-3} s 和 1.09×10^{-3} s. 可见我们的计算结果与相对论平均场的计算符合很好, 与 Möller 的理论估计值也比较接近. 这充分肯定了我们计算的可靠性. 另外, 这 3 个核素的裂变寿命分别为 13.6min, 1.2min, 20.9ms^[23], 与 α 衰变半衰期相比, 我们的预言对 $^{272,274}110$ 来说仍以 α 衰变为主. 对 $^{276}110$ 来说裂变寿命比 α 半衰期略长, 仍以 α 衰变为主, 但也有可能产生自发裂变现象. 我们对这 3 个核素 α 衰变半衰期的理论估计可为中国科学院近代物理研究所即将开展的相关实验提供理论参考.

图 1 给出了质子数 $Z = 94-108$ 偶偶核同位素链的平均结合能随核子数的变化图. 从图中也可以看到, 我们的计算结果与实验值(包括估计值)和 Möller 的计算值非常接近. 在稍轻一点的核中, 两组计算结果与实验值符合得非常好. 在稍重一点的核中, 我们的计算结果与实验值(包括估计值)的符合比 Möller 的要好一些, 这在 Hs 的同位素链可以清楚地看到. 但哪一个结果更好还有待于新的实验数据来检验. 另一方面我们对这些未知核素基态性质的理论预言可为将来的实验研究提供理论参考.

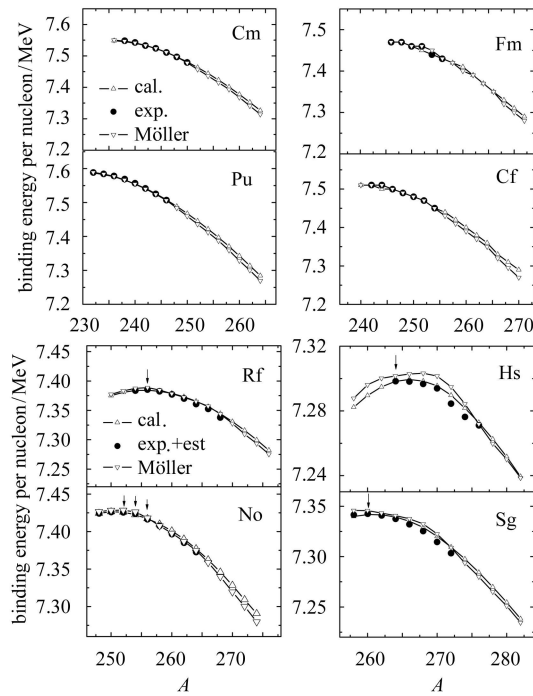


图 1 $Z = 94-108$ 偶偶核同位素链平均结合能理论值与实验值的比较图
图中的箭头所指为实验值.

α 衰变能对超重核的研究具有重要意义, 表 1 中

也给出 α 衰变能的计算值. 从表 1 中可以看出, 对于 Cm 和 Cf 同位素链来说, 我们的计算与实验值符合较好, 最大偏差不超过 0.4MeV, Möller 的为 0.4MeV. 对 $Z = 110$ (Ds) 和 $Z = 112$ 的同位素链来说, 我们的计算值与实验值的偏差最大为 0.6MeV, Möller 的为 1MeV. 总的来说计算很好地给出了 α 衰变能实验值, 在此基础上对未知核素 α 衰变能的理论预言是可靠的. 表 2 中列出了最近发现的一些核素 α 衰变能的实验值及相应的理论计算值. 从表 2 中也可看到, 对更重一点的核理论值与实验值符合得也很好, 这更进一步说明了理论计算的可靠性.

表 2 新发现偶偶超重核 α 衰变能理论计算结果与实验数据

Z	A	$Q_{\alpha}(\text{the.})$	$Q_{\alpha}(\text{Mol.})/\text{MeV}$	$Q_{\alpha}(\text{exp.})/\text{MeV}$	Ref.
118	294	12.12	12.28	11.81 ± 0.06	[3]
116	292	11.07	10.82	10.80 ± 0.07	[3]
	290	11.22	11.12	11.00 ± 0.08	[3]
114	288	9.17	9.16	10.09 ± 0.07	[3]
	286	9.99	9.39	10.35 ± 0.06	[3]
112	284	9.80	8.69	9.35 ± 0.05	[3]
	282	10.27	9.42	9.96 ± 0.02	[22]
110	282	8.98	7.76	< 10.82	[3]
	270	11.02	10.31	11.24 ± 0.05	[10]
108	270	9.67	8.69	9.30 ± 0.01	[22]
	266	10.17	9.69	10.38 ± 0.02	[10]
	264	10.41	10.57	10.59 ± 0.01	[22]

图 2 是 α 衰变能理论值与实验值的比较图. 对 Pu 和 Cm 同位素链, 包含了所有的实验数据. 对 Sg 和 Hs 同位素链, 包含了实验值和估计值^[22], 实验数据用箭头特别标出. 从图 2 可以清楚地看到, 两组理论计算结果与实验数据符合较好, 对质子数稍大一点的核, 我们的计算结果似乎更好一些. 另外, 从图 2(b) 中可以看到 $N = 162$ 为一个形变次壳层, 这与其他的理论预言一致^[11, 12, 14].

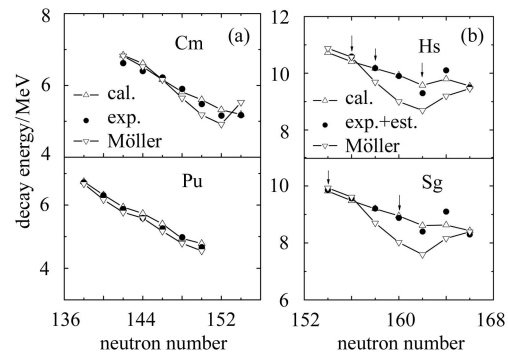


图 2 Pu, Cm, Sg, Hs 偶偶核同位素链 α 衰变能理论计算值与实验值及 Möller 理论计算值的比较图

在我们的计算中,只考虑了 ε_2 和 ε_4 ,且令 $\gamma = 0$,若计及其他自由度如三轴不对称性(即 $\gamma \neq 0$),相信计算结果会有稍许改进.同时若对 κ, μ 进行更加优化的选择,相信会有更好的计算结果.因此可以肯定用微观谐振子势的宏观-微观模型对超重核基态结合能和 α 衰变能的研究和理论预言是可靠的.

3.2 原子核的形变

为了展示微观壳修正和对修正的影响,有必要给出一些核的位能变化图^[20].图3是Cm和Cf同位素链核素的位能变化图,从图中可以看见Cm和Cf同位素链基态的形状为长椭球,同时可以看出图3中的核素存在裂变同质异能态,对应于超形变,这是超铀核

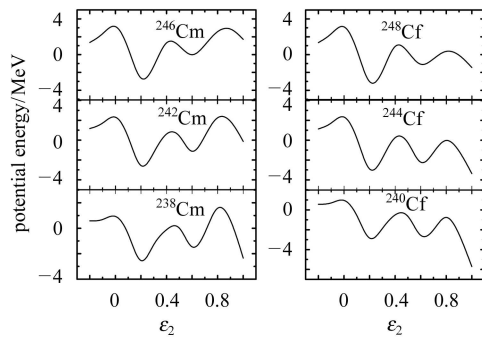


图3 Cm和Cf同位素链位能变化图
图中每点的位能相对十六极形变取极小.

众所周知的现象.从表1也可看出超重核基态形状主要为长椭球.在每一个同位素链里,基态的四极形变随中子数的增加有先增加而后减小的趋势.当 N 增大到170附近时,原子核基态四极形变可以小于0,预示扁椭球的出现.而且在 $N = 170$ 附近,原子核处于长椭球极小点的能量只比基态高零点几个MeV,因而可能出现长椭球与扁椭球相互竞争处于原子核基态,这表明重核和超重核有形状共存现象^[13, 14].这个问题留待将来详细讨论.

4 结论

我们利用宏观-微观模型,选取改进的谐振子势作为微观单粒子势,对质子数为 $Z = 94-112$ 的偶偶超重核基态性质进行了系统的理论计算.计算给出了原子核基态的结合能、形变以及 α 衰变能等.计算结果表明在质子数 $Z = 94-112$ 的区域,大多数超重核的基态为长椭球形变.理论计算的结合能、 α 衰变能与实验值符合,也与Möller理论计算结果很好符合.这表明在研究超重核时改进的谐振子势作为微观单粒子势是可靠的;用宏观-微观模型来研究偶偶超重核是可信的.同时我们对未知超重核素基态性质的预言可为将来的实验研究提供理论参考.

参考文献(References)

- Hofmann S, Münzenberg G. Rev. Mod. Phys., 2000, **72**: 733
- Oganessian Yu Ts et al. Nature, 1999, **400**: 242
- Oganessian Yu Ts et al. Phys. Rev., 2004, **C70**: 064609
- GAN Z G, QIN Z, FAN H M et al. Eur. Phys. J., 2001, **A10**: 21
- Ginter T N et al. Phys. Rev., 2003, **C67**: 064609
- Morita K et al. Nucl. Phys., 2004, **A734**: 101
- Folden III C M et al. Phys. Rev. Lett., 2004, **93**: 212702
- GAN Z G, GUO J S, WU X L et al. Eur. Phys. J., 2004, **A20**: 38
- GAN Z G, FAN H M, QIN Z et al. HEP & NP, 2004, **28**(4): 332(in Chinese)
(甘再国, 范红梅, 秦芝等. 高能物理与核物理, 2004, **28**(4): 332)
- Hofmann S et al. Eur. Phys. J., 2001, **A10**: 5
- REN Zhong-Zhou et al. Phys. Rev., 2003, **C67**: 064302
- REN Zhong-Zhou et al. Phys. Rev., 2002, **C66**: 064306
- REN Zhong-Zhou et al. Phys. Rev., 2002, **C65**: 051304(R)
- Cwiok S, Heenen P H, Nazarewicz W. Nature, 2005, **433**: 705
- PEI J C, XU F R, Stevenson P D. Phys. Rev., 2005, **C71**: 034302
- Möller P et al. At. Data & Nucl. Data Tables, 1997, **66**: 131
- Myers W D et al. Ark. Phys., 1967, **36**: 343
- Andreoiu C et al. Phys. Rev. Lett., 2003, **91**: 252502
- Bengtsson T, Ragnarrson I. Nucl. Phys., 1985, **A436**: 14
- Nilsson S G et al. Nucl. Phys., 1969, **A131**: 1
- Strutinsky V M. Nucl. Phys., 1968, **A122**: 1
- Audi G, Bersillion O, Blachot J et al. Nucl. Phys., 2003, **A729**: 3
- XU C, REN Zhong-Zhou. Phys. Rev., 2005, **C71**: 014309

Systematic Calculation on Ground State Properties of Superheavy Even-Even Nuclei with Macroscopic-Microscopic Model^{*}

ZHI Qi-Jun^{1,1)} REN Zhong-Zhou^{1,2}

1 (Department of Physics, Nanjing University, Nanjing 210008, China)

2 (Center of Theoretical Nuclear Physics,

National Laboratory of Heavy-Ion Accelerator Lanzhou, Lanzhou 730000, China)

Abstract Based on the macroscopic liquid drop model and microscopic model with the modified single-particle oscillator potential, we have systematically calculated the ground state properties of superheavy even-even nuclei with proton number $Z = 94—112$. The theoretical binding energies and alpha-decay energies are in good agreement with the experimental data. They also agree well with Möller's theoretical results. The reliability of macroscopic-microscopic model when it is used in superheavy nuclei is confirmed by our calculation and comparison. The properties of some unknown nuclei are predicted and they will be useful for future experimental research.

Key words macroscopic-microscopic model, modified single-particle oscillator potential, binding energy, α decay energy

Received 4 April 2005

^{*}Supported by National Natural Science Foundation of China (10535010), National Natural Science Funds for Distinguished Young Scholar (10125521), Doctoral Fund of Ministry of Education of China (20010284036), Major State Basic Research Development Program (G2000077400) and Knowledge Innovation Project of the Chinese Academy of Sciences (KJCX2-SW-N02)

1) E-mail: qjzhi@hotmail.com