

# 相对论平均场模型对奇-偶超重核基态性质的系统研究\*

陈鼎汉<sup>1,1)</sup> 邵非<sup>1</sup> 任中洲<sup>1,2</sup>

1 (南京大学物理系 南京 210008)

2 (中国科学院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** 在形变的相对论平均场模型下,采用 NL-Z2, TMA 两套参数对质子数为 103—109 的奇-偶核基态性质进行了系统的计算,并将理论计算的结合能、 $\alpha$  衰变能与已知的实验数据进行对比,发现两者符合得很好,肯定了相对论平均场模型对超重核研究的可靠性.同时对未知核素基态性质的计算结果可供未来的超重核理论和实验研究参考.

**关键词** 超重核 相对论平均场模型 结合能  $\alpha$  衰变能

## 1 引言

近几年,超重元素和超重核的理论以及实验研究成为核物理的一大热点.早在 60 年代,理论物理学家就通过壳层模型预言质子数 114,中子数 184 的核素其附近将存在“稳定核素岛”.这一预言引发了全球范围寻找超重核的浪潮,但过去一直进展缓慢.到了 20 世纪 90 年代,关于超重元素的人工合成出现了突破.1995—1996 年,德国的 Hofmann 等人在 GSI 合成了 110—112 号元素<sup>[1-3]</sup>.1999 年,俄国的 Dubna 实验室合成了 114 号元素<sup>[4,5]</sup>,一年后又宣称合成了 116 号元素<sup>[6]</sup>.并且不少大实验室合成了许多新的超重核素.中国科学院近代物理研究所也加入了该领域的竞争,合成了<sup>259</sup>Db<sup>[7]</sup>,这是我国在该领域的突破.这些新的核素不同于以往  $\beta$  稳定线附近的稳定核,具有新的物理性质.重要的新实验结果大大推动了原子核物理的发展.

另一方面,由于以往的理论模型都是建立在  $\beta$  稳定线附近的稳定核基础上的,对于超重核的理论研究,这些模型必须重新检验其适用性.一个对超

重元素和超重核普遍适用的模型对于理论和实验都是必要的.在众多成熟的多体模型中,相对论平均场理论(RMF)由于相对论条件的考虑,很自然地包含了自旋自由度及自旋-轨道耦合相互作用,而不必再引入唯象的自旋-轨道势,被证明能够很好地描述核的基态和低激发态性质,在  $\beta$  稳定线附近和远离  $\beta$  稳定线的奇特核理论研究中已取得了很多成果,如中子晕、质子晕的预言和深入研究等等,并已被运用到超重核的研究中.

然而到目前为止,对于大范围下的超重核,将相对论平均场模型得到的理论结果与实验值比较印证,这样的工作在文献中还不多见.奇-偶超重核的理论工作更为鲜见,而这项工作对于整体上确认使用相对论平均场模型来研究超重核的可靠性有重要意义.同时,未知核素的结合能、 $\alpha$  衰变能、形变参数的理论计算结果对于将来模型的修正和实验工作也有指导作用.这就是工作的出发点.在相对论平均场模型的框架下,分别采用 NL-Z2, TMA 两套参数对 Lr, Db, Bh 和 Mt(质子数分别为 103, 105, 107 和 109)的同位素链系统地进行了计算,其范围覆盖了

2002-11-13 收稿

\* 国家杰出青年科学基金(10125521),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),中国科学院知识创新工程重点方向性项目(KJCX2-SW-N02)资助

1) E-mail: cdhanl@sina.com.cn

目前已有实验数据的核素.

## 2 相对论平均场模型

相对论平均场模型把核子描述为在介子的经典场中运动的 Dirac 粒子,核子通过交换  $\sigma$  介子、 $\omega$  介子和  $\rho$  介子相互作用(质子还交换光子产生电磁相互作用).由于相对论平均场模型已发展得相当成熟,只简略地叙述其框架,细节可参见文献[8—18].

相对论平均场理论的出发点是一个有效拉格朗日密度

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & \bar{\Psi}(i\gamma^\mu \partial_\mu - M)\Psi - g_\sigma \bar{\Psi}\sigma\Psi - g_\omega \bar{\Psi}\gamma^\mu \omega_\mu \Psi - \\ & g_\rho \bar{\Psi}\gamma^\mu \rho_\mu^a \tau^a \Psi + \frac{1}{2} \partial^\mu \sigma \partial_\mu \sigma - \frac{1}{2} m_\sigma^2 \sigma^2 - \frac{1}{3} g_2 \sigma^3 - \\ & \frac{1}{4} g_3 \sigma^4 + \frac{1}{4} c_3 (\omega_\mu \omega^\mu)^2 - \frac{1}{4} \Omega^\mu \Omega_\mu + \\ & \frac{1}{2} m_\omega^2 \omega^\mu \omega_\mu - \frac{1}{4} R^{\mu\nu} \cdot R_{\mu\nu} + \frac{1}{2} m_\rho^2 \rho^{\mu a} \cdot \rho_\mu^a - \\ & \frac{1}{4} F^{\mu\nu} F_{\mu\nu} - e \bar{\Psi}\gamma^\mu A^\mu - \frac{1}{2} (1 - \tau^3) \Psi, \end{aligned}$$

其中

$$\Omega^{\mu\nu} = \partial^\mu \omega^\nu - \partial^\nu \omega^\mu$$

$$R^{\mu\nu} = \partial^\mu \rho^{\nu a} - \partial^\nu \rho^{\mu a}, \quad (3)$$

$$F^{\mu\nu} = \partial^\mu A^\nu - \partial^\nu A^\mu, \quad (4)$$

其中介子场分别用  $\sigma$ 、 $\omega_\mu$  和  $\rho_\mu^a$  来标记,其质量用  $m_\sigma$ 、 $m_\omega$  和  $m_\rho$  来标记,光子场则用  $A_\mu$  表示,  $e^2/4\pi = 1/137$ . 核子场及其质量用  $\Psi$  和  $M$  表示,核子和介子场的有效耦合常数分别为  $g_\sigma$ 、 $g_\omega$  和  $g_\rho$ ,  $g_2$  和  $g_3$  是  $\sigma$  介子的自相互作用非线性项耦合常数.  $c_3$  是  $\omega$  介子场的自相互作用耦合常数.  $\tau^a$  是同位旋泡利矩阵,  $\tau^3$  则表示  $\tau^a$  的第三分量.

由变分原理就可以从拉格朗日密度得到各种场的运动方程<sup>[8—12,19]</sup>. 对于核的基态性质的静态解,可以假设介子场和光子场是静态的经典场,核子则在经典场中作独立运动,这就是平均场近似. 将 Dirac 场算符量子化后,略去了费米海的作用,得到  $\Psi = \sum_i \phi_i a_i$ ,  $a_i$  是粒子产生算符<sup>[8,9]</sup>,  $\phi_i$  是单粒子波函数,求和遍及核子所有占据能级. 对称性可以简化计算,由于时间反演不变性,  $\omega_\mu$ ,  $\rho_\mu^a$ , 和  $A_\mu$  的空间矢量部分为零,而电荷守恒使得  $\rho_0^a$  只有第三分量得以保留,为了叙述简单,简记  $\rho_0^a$  为  $\rho_0$ . 最后得到了核子满足的 Dirac 方程和介子场满足的 Klein-Gordon 方程<sup>[8—11]</sup>

$$[-i\boldsymbol{\alpha} \nabla + \beta M^*(\mathbf{r}) + V(\mathbf{r})] \phi_i(\mathbf{r}) = \epsilon_i \phi_i(\mathbf{r}), \quad (5)$$

$M^*(\mathbf{r})$  为有效质量,  $M^*(\mathbf{r}) = M + g_\sigma \sigma(\mathbf{r})$ . 势  $V(\mathbf{r})$  是洛伦兹矢量的时间分量部分

$$V(\mathbf{r}) = g_\omega \omega_0(\mathbf{r}) + g_\rho \tau^a \rho_0^a(\mathbf{r}) + e((1 - \tau^3)/2)A_0(\mathbf{r}), \quad (6)$$

$$(-\Delta + m_\sigma^2)\sigma(\mathbf{r}) = -g_\sigma \rho_s(\mathbf{r}) - g_2 \sigma^2(\mathbf{r}) - g_3 \sigma^3(\mathbf{r}), \quad (7)$$

$$(-\Delta + m_\omega^2)\omega_0(\mathbf{r}) = g_\omega \rho_s(\mathbf{r}) - c_3 \omega_0^3(\mathbf{r}), \quad (8)$$

$$(-\Delta + m_\rho^2)\rho_0(\mathbf{r}) = g_\rho \rho^3(\mathbf{r}), \quad (9)$$

$$-\Delta A_0(\mathbf{r}) = e\rho_p(\mathbf{r}), \quad (10)$$

$\rho_s$ 、 $\rho_v$ 、 $\rho_3$  和  $\rho_p$  分别对应各场源密度,

$$\rho_s(\mathbf{r}) = \sum_{i=1}^A \bar{\phi}_i(\mathbf{r}) \phi_i(\mathbf{r}), \quad (11)$$

$$\rho_v(\mathbf{r}) = \sum_{i=1}^A \phi_i^*(\mathbf{r}) \phi_i(\mathbf{r}), \quad (12)$$

$$\rho_3(\mathbf{r}) = \sum_{i=1}^A \phi_i^*(\mathbf{r}) \tau^3 \phi_i(\mathbf{r}), \quad (13)$$

$$\rho_p(\mathbf{r}) = \sum_{i=1}^A \phi_i^*(\mathbf{r}) ((1 - \tau^3)/2) \phi_i(\mathbf{r}). \quad (14)$$

最后我们得到了一组核子和介子运动方程,它们可以自洽地迭代计算,并进一步计算出结合能、中子和质子密度分布的均方根半径. 对于超重核我们运用了轴对称形变假设,其细节参见文献[8—11, 19].

必须指出的是对于开壳的奇 A 核,由于时间反演对称性的破坏,需要考虑  $\omega$  介子的空间矢量部分和泡利阻塞效应. 本文关注的是超重核的结合能与四极形变,而它们受影响极小,因此可忽略其效应,从而大大简化了计算量.

## 3 数值计算结果及讨论

在形变相对论平均场计算中,我们采用了两套参数:ML-ZZ<sup>[20,21]</sup> 和 TMA<sup>[19]</sup>, 并采用轴对称谐振子基展开的计算方法<sup>[10,12—14,16,19]</sup>. 基底数为  $N_f = N_b = 20$ . 这保证了计算的精度. 对能隙取  $\Delta_n = \Delta_p = 11.2/\sqrt{A}$  MeV. 其他关于形变相对论平均场计算的细节可参见文献[10,12,14,19].

### 3.1 超重核的结合能和 $\alpha$ 衰变能

计算了  $Z = 103—109$  的奇-偶核同位素链,覆盖了目前已有实验数据的核素. 得到的结合能( $B$ )、 $\alpha$  衰变能( $Q_\alpha$ )、中子( $\beta_n$ )和质子( $\beta_p$ )四极形变参数理论值,以及实验结合能( $B_{exp}$ )、 $\alpha$  衰变能( $Q_\alpha(\text{exp.})$ )数

表 1 NL-Z2, TMA 参数计算的 Lr, Db 超重核同位素链结合能, 衰变能和四极形变参数

核素	NL-Z2				TMA				$B(\text{exp.})$	$Q_\alpha(\text{exp.})$
	$B$	$Q_\alpha$	$\beta_n$	$\beta_p$	$B$	$Q_\alpha$	$\beta_n$	$\beta_p$		
<sup>247</sup> Lr	1826.09	9.35	0.29	0.31	1829.23	9.70	0.23	0.24		
<sup>249</sup> Lr	1842.66	8.63	0.30	0.31	1845.33	9.28	0.24	0.25		
<sup>251</sup> Lr	1858.69	8.06	0.30	0.32	1860.77	9.06	0.25	0.25		
<sup>253</sup> Lr	1873.72	7.99	0.30	0.32	1875.66	8.90	0.25	0.26	1872.730 <sup>#</sup>	8.990 <sup>#</sup>
<sup>255</sup> Lr	1887.72	7.90	0.30	0.32	1890.18	8.42	0.26	0.27	1887.520 <sup>#</sup>	8.620 <sup>#</sup>
<sup>257</sup> Lr	1901.03	7.51	0.30	0.31	1904.14	8.10	0.26	0.27	1901.020 <sup>#</sup>	9.010
<sup>259</sup> Lr	1913.98	6.91	0.30	0.31	1916.71	8.48	0.26	0.27	1913.960 <sup>#</sup>	8.670 <sup>#</sup>
<sup>261</sup> Lr	1926.56	6.45	0.29	0.30	1928.90	7.92	0.21	0.22	1926.420 <sup>#</sup>	8.200 <sup>#</sup>
<sup>263</sup> Lr	1938.35	6.48	0.29	0.30	1940.70	7.38	0.26	0.27	1938.410 <sup>#</sup>	7.730 <sup>#</sup>
	1949.53	6.39	0.28	0.29	1952.03	6.96	0.21	0.21	1950.120 <sup>#</sup>	7.370 <sup>#</sup>
	1959.56	6.84	0.27	0.29	1963.09	6.59	0.20	0.21		
	1968.94	7.02	0.26	0.28	1973.53	6.55	0.19	0.19		
	1978.51	6.55	0.33	0.33	1983.47	6.59	0.17	0.17		
	1987.72	6.46	0.20	0.22	1993.18	6.37	0.14	0.15		
<sup>253</sup> Db	1861.86	9.10	0.30	0.32	1863.66	9.97	0.25	0.25		
<sup>255</sup> Db	1877.79	9.20	0.30	0.32	1879.44	9.63	0.25	0.25		
<sup>257</sup> Db	1892.80	9.22	0.30	0.32	1894.76	9.20	0.25	0.26	1891.720 <sup>#</sup>	9.310 <sup>#</sup>
<sup>259</sup> Db	1907.05	8.97	0.30	0.31	1909.54	8.94	0.26	0.26	1906.120 <sup>#</sup>	9.690 <sup>#</sup>
<sup>261</sup> Db	1920.89	8.44	0.29	0.31	1923.30	9.14	0.26	0.27	1920.040 <sup>#</sup>	9.270 <sup>#</sup>
<sup>263</sup> Db	1934.31	7.96	0.29	0.30	1936.37	8.64	0.26	0.27	1933.220 <sup>#</sup>	9.030 <sup>#</sup>
<sup>265</sup> Db	1946.99	7.87	0.28	0.30	1949.20	8.00	0.26	0.27	1946.060 <sup>#</sup>	8.660 <sup>#</sup>
<sup>267</sup> Db	1959.04	7.61	0.28	0.29	1961.16	7.84	0.21	0.22		
<sup>269</sup> Db	1969.67	8.15	0.27	0.29	1972.95	7.38	0.21	0.21		
<sup>271</sup> Db	1979.52	8.34	0.26	0.28	1984.12	7.27	0.19	0.20		
<sup>273</sup> Db	1989.52	7.71	0.32	0.33	1994.38	7.45	0.18	0.18		
<sup>275</sup> Db	1999.29	7.52	0.19	0.20	2004.37	7.40	0.16	0.16		

# 估计值.

据列于表 1, 2 中, 实验数据来自文献[22], 并将理论平均结合能与实验平均结合能绘制成图 1.

在 Lr ( $Z = 103$ ) 和 Db ( $Z = 105$ ) 的同位素链中, Lr 的中子数  $N = 144-170$ , Db 的中子数  $N = 148-170$ , NL-Z2 和 TMA 计算的理论值列在表 1 中. 从表 1 中可见 NL-Z2 理论值与实验值符合得非常好, 平均误差大约在 0.5MeV, 最大也不过是 1MeV 左右, 其误差小于 0.1%. 对于 TMA 参数, 同样地, 理论值与实验值也符合得很好, 最大误差为 3.42MeV, 平均小于 0.2%, 因此对于 103, 105 号元素, 可以肯定相对论平均场模型是很精确的.

而且很明显地从表 1 可以看到 TMA 参数计算的理论值稍比实验值略大, NL-Z2 参数计算的理论值要与实验值更接近些. 这从图 1 中看更加明显. 图 1 是 3 组平均结合能图, NL-Z2 和 TMA 两组理论值分别用四边形和空心三角标示并用曲线连接,

实验值用黑点标示. 对于 103(Lr) 和 105(Db), 实验值比较靠近 NL-Z2 值曲线. 由于 NL-Z2 与 TMA 之差已经很小, 所以相对论平均场模型的 NL-Z2 和 TMA 参数均能很好地给出 103 和 105 号元素的结合能.

对 Bh ( $Z = 107$ ) 和 Mt ( $Z = 109$ ) 的同位素链, Bh 的中子数  $N = 152-170$ , Mt 的中子数  $N = 156-170$ , NL-Z2 和 TMA 计算的理论值分别列在表 2 中. NL-Z2 参数的理论值, 同样地可以看到 107 的理论值与实验值相差不大, 最大误差在 1.2MeV, 小于 0.1%. 由于 109 号元素的实验值比较匮乏, 这里只列出了理论值. 而 TMA 参数的结果, 107 的理论值与实验的最大差距是 4.3MeV, 小于 0.2%. 这对于相对论平均场模型是很精确的. 同样我们绘制了 107, 109 的平均结合能图(见图 1), 很明显, 107 号元素的实验值更接近 NL-Z2 理论值, 但是与 TMA 也相差不远.

表 2 NL-Z2, TMA 参数计算的 Bh, Mt 超重核同位素链结合能, 衰变能和四极形变参数

核素	NL-Z2				TMA				$B(\text{exp.})$	$Q_\alpha(\text{exp.})$
	$B$	$Q_\alpha$	$\beta_n$	$\beta_p$	$B$	$Q_\alpha$	$\beta_n$	$\beta_p$		
<sup>239</sup> Bh	1895.29	10.80	0.30	0.31	1898.01	9.74	0.25	0.26		
<sup>261</sup> Bh	1910.46	10.64	0.29	0.30	1913.79	9.27	0.25	0.26	1909.460*	10.560
<sup>263</sup> Bh	1925.23	10.13	0.29	0.30	1928.26	9.58	0.25	0.25	1924.180*	10.230*
<sup>265</sup> Bh	1939.56	9.62	0.28	0.30	1942.18	9.42	0.25	0.25	1938.370*	9.970*
<sup>267</sup> Bh	1953.30	9.32	0.28	0.29	1955.67	9.00	0.22	0.23		
<sup>269</sup> Bh	1966.36	8.93	0.27	0.29	1968.73	8.77	0.22	0.22		
<sup>271</sup> Bh	1977.75	9.59	0.27	0.28	1981.17	8.29	0.21	0.21		
<sup>273</sup> Bh	1988.34	9.63	0.25	0.27	1992.91	8.34	0.20	0.20		
<sup>275</sup> Bh	1998.94	8.88	0.21	0.22	2003.78	8.65	0.19	0.19		
<sup>277</sup> Bh	2009.72	8.10	0.19	0.20	2014.14	8.55	0.18	0.18		
<sup>265</sup> Mt	1927.80	10.96	0.27	0.28	1931.19	10.89	0.24	0.25		
<sup>267</sup> Mt	1942.79	10.73	0.27	0.28	1945.86	10.69	0.24	0.24		
<sup>269</sup> Mt	1957.41	10.45	0.27	0.28	1960.19	10.29	0.22	0.23		
<sup>271</sup> Mt	1971.50	10.10	0.26	0.27	1973.99	9.99	0.21	0.22		
<sup>273</sup> Mt	1983.77	10.89	0.26	0.27	1987.23	9.79	0.21	0.21		
<sup>275</sup> Mt	1995.62	10.43	0.22	0.23	1999.76	9.71	0.20	0.20		
<sup>277</sup> Mt	2007.30	9.34	0.20	0.21	2011.32	9.89	0.19	0.19		
<sup>279</sup> Mt	2018.82	8.42	0.19	0.20	2022.31	9.77	0.18	0.18		

# 估计值.

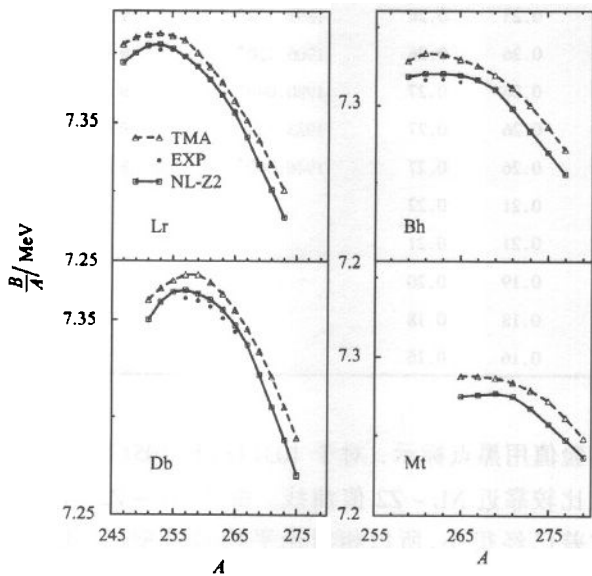


图 1 Lr, Db, Bh, Mt ( $Z = 103, 105, 107, 109$ ) 的奇-偶超重核同位素链平均结合能理论值与实验值对比图  
理论值采用 NL-Z2 和 TMA 两套参数计算.

由于对于超重元素的同位素,目前的实验工作正在开展之中,这里的实验数据<sup>[22]</sup>以#标记的仅是估计值,期望将来的实验数据可以更精确地印证理论数据.同时给出的理论值,像 Mt ( $Z = 109$ )元素的核素尚缺乏实验值对比,可以为实验提供理论估计.

$\alpha$ 衰变能是超重核的重要属性,通过 $\alpha$ 衰变能可以估计核的寿命及其他性质.在这里给出了 $\alpha$ 基态衰变能的 NL-Z2 和 TMA 理论值,并将其与实验

值比较,由表中看出理论衰变能与实验值符合得很好,一般在 2MeV 的误差范围,通常重核的衰变能理论值与实验误差也不过如此,这对于超重核的大结合能(1870MeV 以上),其结果令人很满意.

需要指出的是在计算中,并没有特别地调节对能和力参数,如果把对能的调节考虑进去,可能会得到更好的结果.因此可以肯定相对论平均场对于结合能和衰变能的预言是有效的.

### 3.2 四极形变参数

由表 1,2 看出,在我们计算的核素中,四极形变参数在奇-偶超重核的基态主要表现为长椭球的形变值,在 0.14—0.33 之间.随着中子数的增加,四级形变参数也在逐渐地变化.在中子数  $n = 170$  附近,出现了长椭球、扁椭球和超形变的共存竞争现象,表现在计算中出现多解.3 种形变参数分别对应的结合能值相差很小,甚至小于 1MeV,取结合能最大的为基态.这种超重核中的形变共存竞争基态现象由作者之一在文献[19]也作过详细的讨论.

## 4 结论

用形变的相对论平均场模型,取 NL-Z2 和 TMA 两套参数,在没有对参数和对能隙特别调整的情况下,系统地计算了  $Z = 103-109$  的奇-偶超重核同位素链,得到了结合能、衰变能、中子和质子四

极形变参数等基态性质的理论值. 结合能和衰变能与实验值十分符合, 从而肯定了相对论平均场对于研究奇-偶超重核的可行性. 在计算的核素范围内, 四极形变参数在 0.14—0.33 之间, 说明长椭圆

形变在基态占主导地位. 同时本文给出的各同位素链未知核素的理论值可以供将来的理论和实验研究参考.

## 参考文献 (References)

- 1 Hofmann S, Ninov V, Heßberger F P et al. *Z. Phys.*, 1995, **A350**: 277
- 2 Hofmann S et al. *Z. Phys.*, 1995, **A350**: 281
- 3 Hofmann S, Ninov V, Heßberger F P et al. *Z. Phys.*, 1996, **A354**: 229
- 4 Oganessian Yu Ts et al. *Nature(London)* 1999, **400**: 242
- 5 Oganessian Yu Ts et al. *Phys. Rev. Lett.*, 1999, **83**: 3154
- 6 Oganessian Yu Ts et al. *Phys. Rev.*, 2001, **C63**: 011301(R)
- 7 GAN Z G, QIN Z, FAN H M et al. *Eur. Phys. J.*, 2001, **A10**: 21
- 8 Serot B D, Walecka J D. *Adv. Nucl. Phys.*, 1986, **16**: 1
- 9 Reinhard P G et al. *Phys. Rev.*, 1999, **C60**: 014316
- 10 Gambhir Y K *Ann. Phys. (N. Y.)*, 1990, **198**: 132
- 11 Marcos S *Nucl. Phys.*, 1992, **A549**: 143
- 12 Hirata D, Toki H, Tanihata I et al. *Phys. Lett.*, 1993, **B314**: 168
- 13 REN Zhong-Zhou et al. *Phys. Lett.*, 1996, **B380**: 241
- 14 Werner T R et al. *Phys. Lett.*, 1994, **B333**: 303
- 15 REN Zhong-Zhou, Amand Faessler, Bobyk A. *Phys. Rev.*, 1998, **C57**: 2752
- 16 CHEN B Q et al. *Phys. Lett.*, 1999, **B455**: 13
- 17 Lalazisis G A et al. *Nucl. Phys.*, 1996, **A608**: 202
- 18 Patra S K et al. *Nucl. Phys.*, 1999, **A651**: 117
- 19 REN Zhong-Zhou, Toki H. *Nucl. Phys.*, 2001, **A689**: 691
- 20 Bender M. *Phys. Rev.*, 2000, **C61**: 031302
- 21 Bender M et al. *Phys. Rev.*, 1999, **C60**: 034304
- 22 Audi G, Bersillon O, Blachot J et al. *Nucl. Phys.*, 1997, **A624**: 1

## Systematic Calculation on the Ground State Properties of Odd-Even Superheavy Nuclei with Relativistic Mean-Field Theory \*

CHEN Ding-Han<sup>1,1)</sup> TAI Fei<sup>1</sup> REN Zhong-Zhou<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> (Department of Physics, Nanjing University, Nanjing 210008, China)

<sup>2</sup> (Center of Theoretical Nuclear Physics, National Laboratory of Heavy-Ion Accelerator, Lanzhou 730000, China)

**Abstract** The ground state properties of the odd-even nuclei with proton number  $Z = 103—109$  have been systematically calculated in the deformed relativistic mean-field (RMF) theory with two sets of force parameters, NL-Z2 and TMA. When comparing the calculated binding energies and alpha-decay energies with the experimental ones, we find that the theoretical results are in good agreement with the experimental data. The reliability of the RMF model for odd-even superheavy nuclei has been tested by this comparison. The properties of some unknown nuclei are predicted and they will be useful for future theoretical and experimental researches of superheavy nuclei.

**Key words** superheavy nuclei, relativistic mean-field theory(RMF), binding energy, alpha-decay energy

Received 13 November 2002

\* Supported by 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), Knowledge Innovation Project of The Chinese Academy of Sciences(KJ92-SW-N02)

1) E-mail: cdhanl@sina.com.cn