

Figure 1: 高能粒子 β 值（红色曲线）和安全因子（蓝色曲线）的空间分布特征。

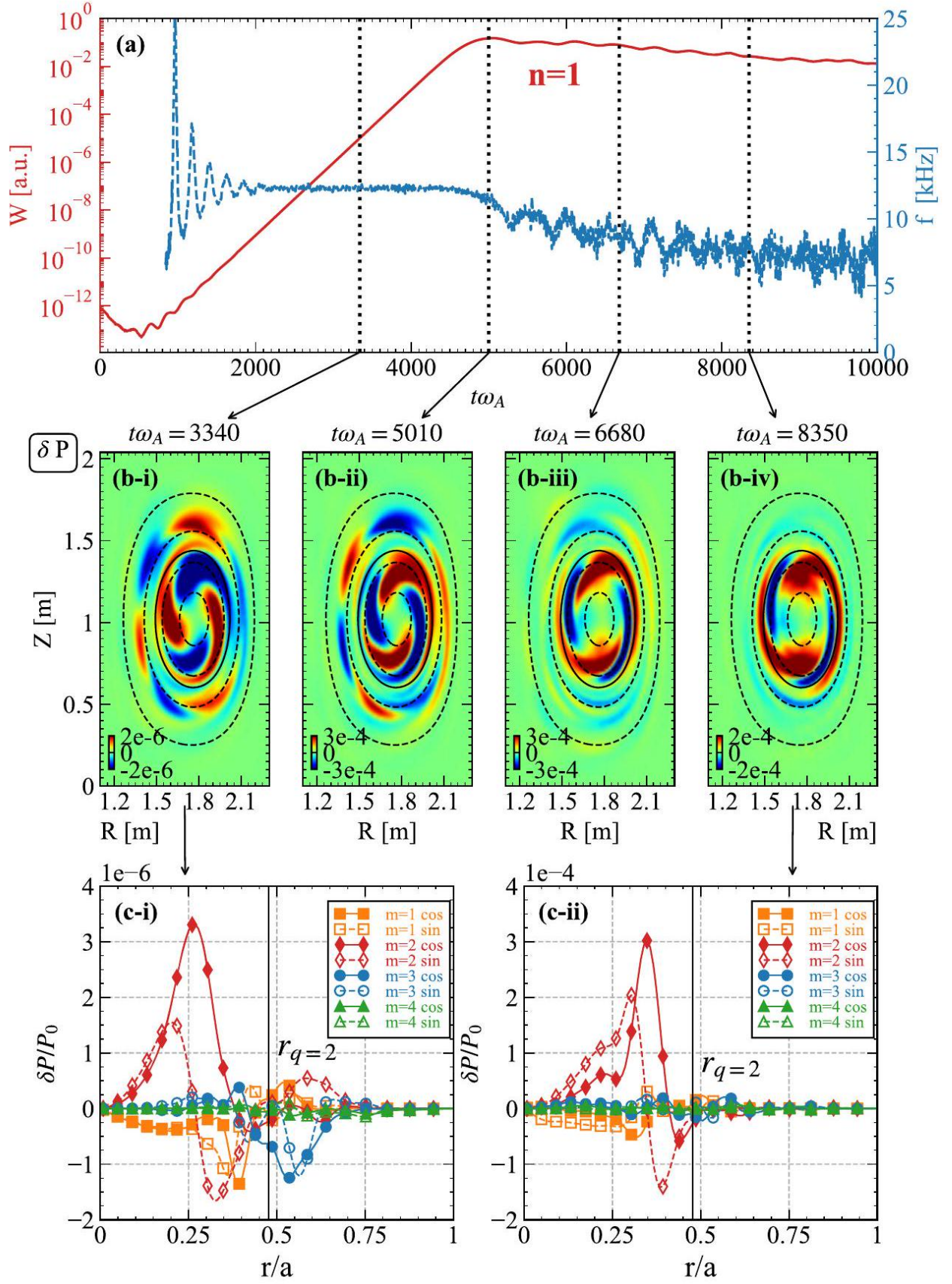


Figure 2: (a) $n=1$ 模式的MHD扰动能量随时间的演化（红色）和具有 $m/n=2/1$ 的径向MHD速度频率（蓝色）。(b) 不同时间点的MHD压力扰动的空间结构。 $q=2$ 磁通面和其他面($r/a=0.2, 0.4, 0.6, 0.8$)分别用黑色实线和虚线表示。(c) 分别是线性增长阶段和非线性阶段的MHD压力扰动的径向结构。实线（虚线）带符号的曲线表示傅里叶分量的余弦（正弦）部分。 $q=2$ 磁通面的位置用黑色实线表示。

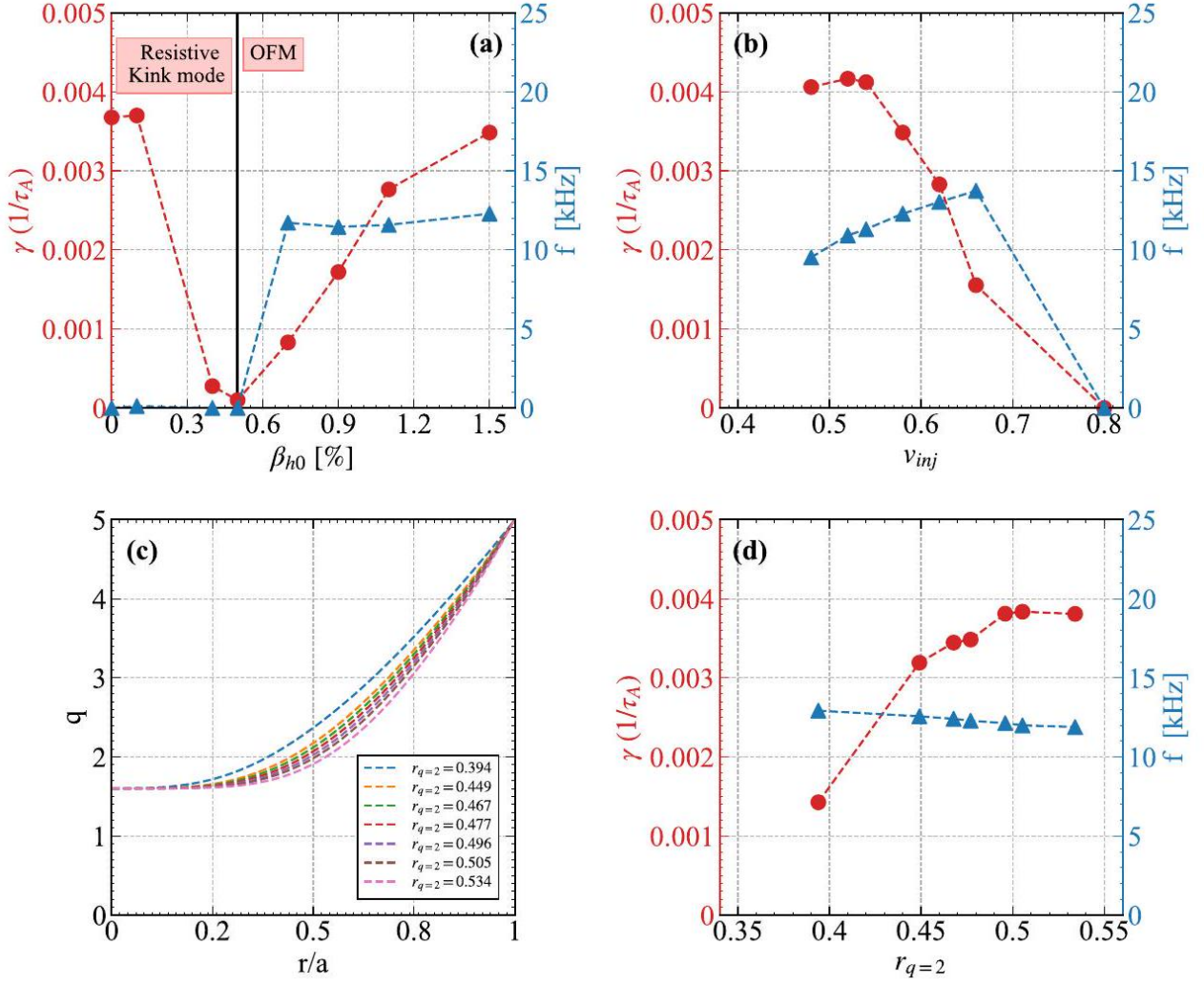


Figure 3: 线性增长率（红色圆圈）和模态频率（蓝色三角形）与(a) β_{h0} ，(b) v_{inj} 和(d)归一化的 $q=2$ 磁通面的半径($r_{q=2}$)之间的关系。在图(d)中显示的数据点是通过使用图(c)中显示的安全因子轮廓进行研究得出的。

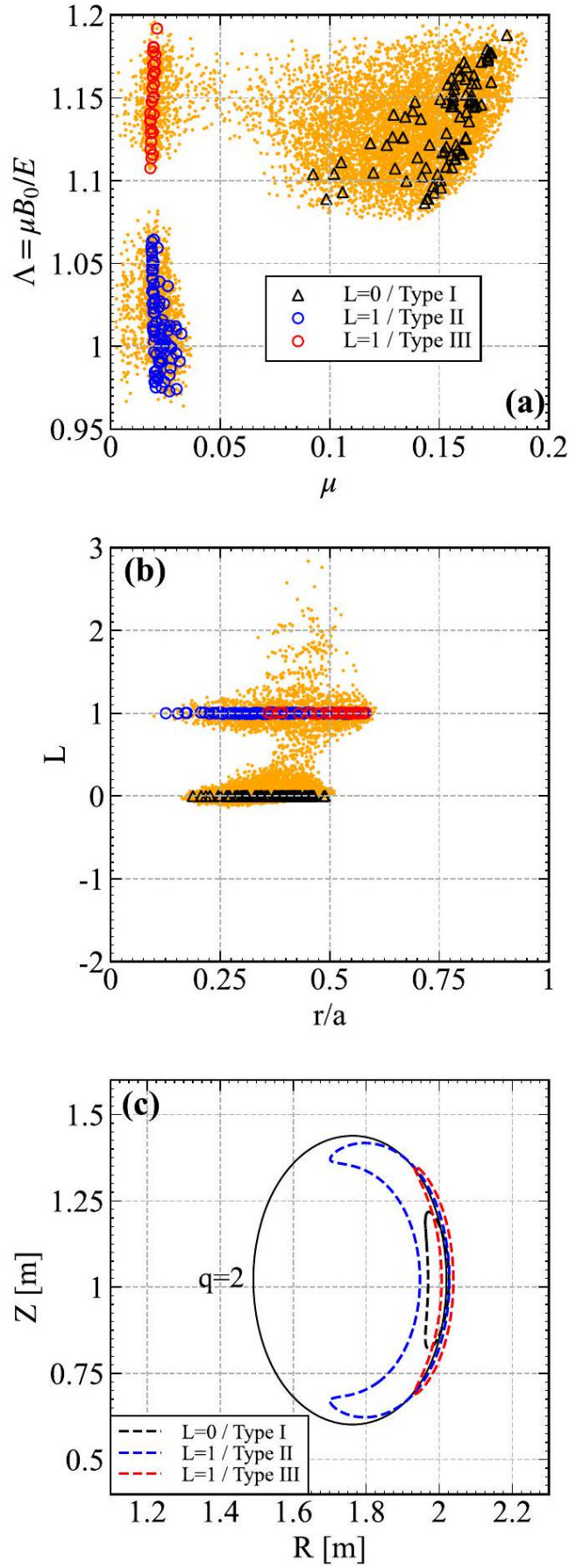


Figure 4: (a) 在 (μ, Λ) 空间中，选取能量最高的8000个具有较大 $|\delta f|$ 的粒子，其中 μ 通过 $m_h v_A^2 / B_0$ 进行归一化。黑色三角形、蓝色圆圈和红色圆圈分别代表类型 I、II 和 III 的粒子。(b) 在 $[r, 4\omega_0 - n\omega_\phi) / \omega_0]$ 空间中，展示了前8000个粒子的分布情况。(c) 显示了三种类型共振粒子和 $q=2$ 磁通面的典型轨道。

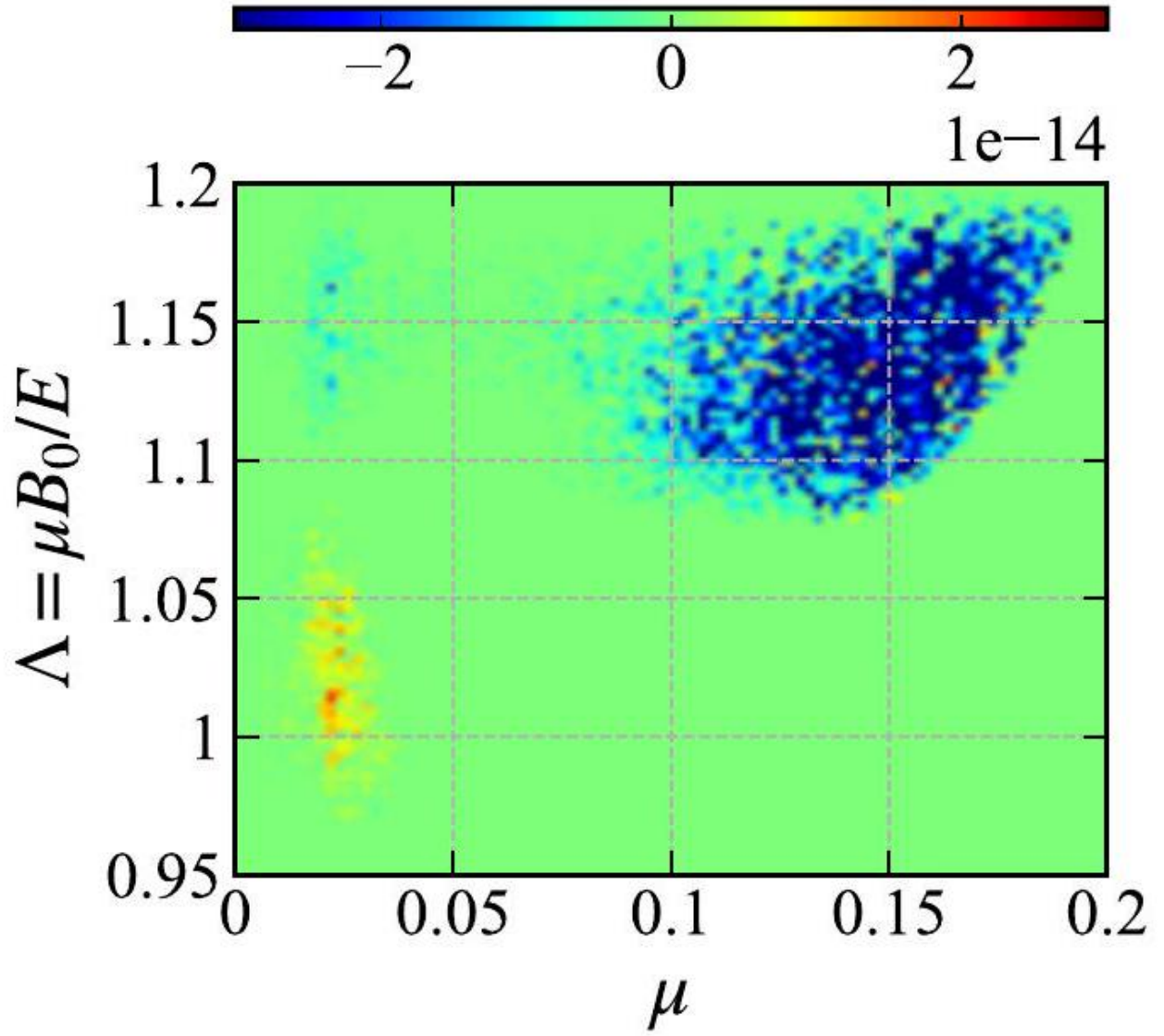


Figure 5: 在 (μ, Λ) 空间中，能量转移率 w_d^{DE} 的分布，对应于图4(a)。蓝色表示粒子向等离子体介质（OFM）的能量转移，而红色表示等离子体介质（OFM）向粒子的能量转移。

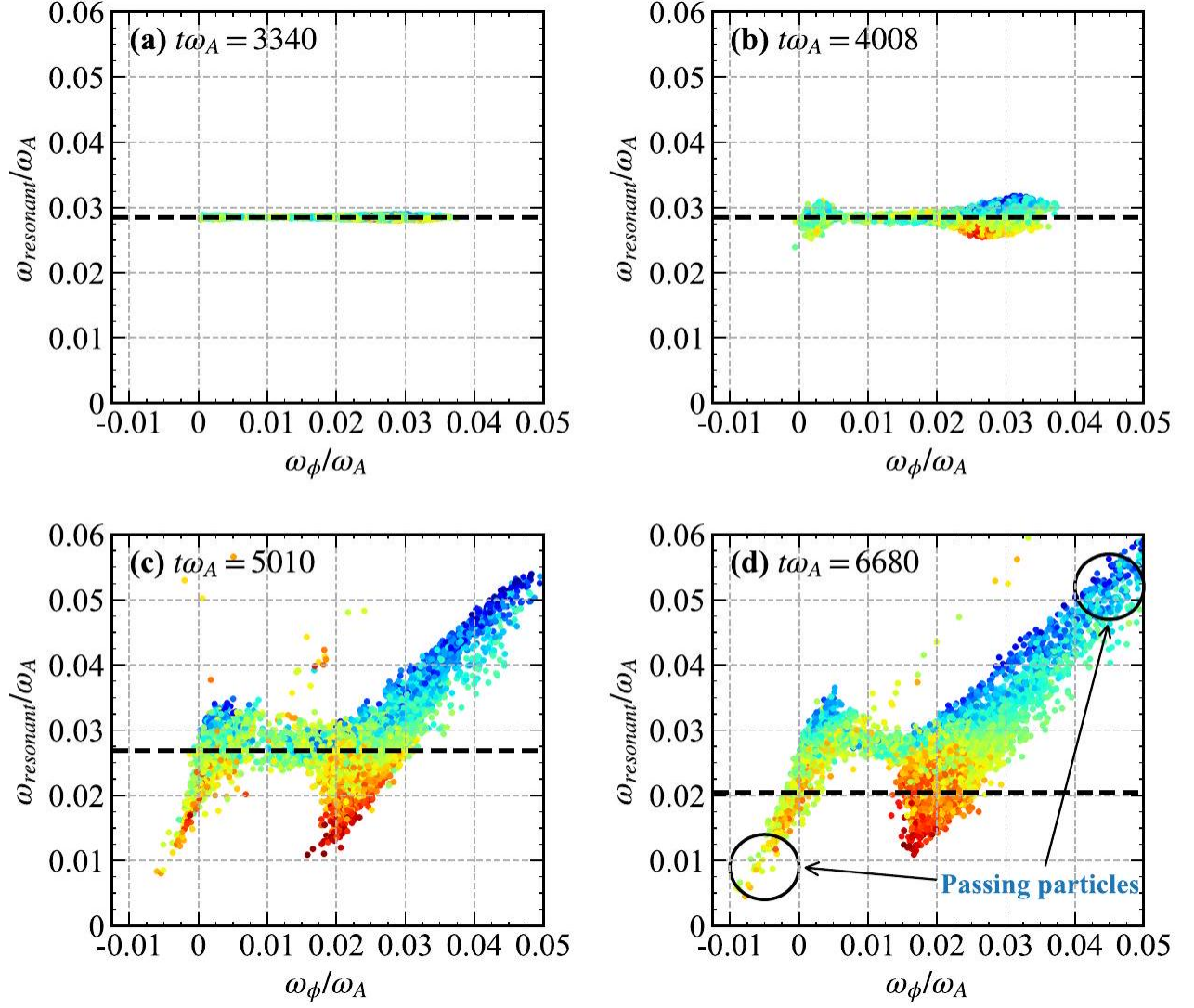


Figure 6: 在 $(\omega_\phi, \omega_{\text{resonant}})$ 空间中，以大 $|\delta f|$ 为特征的前8000个能量较高的粒子的分布如下：(a)时刻 $t\omega_A = 3340$ ，(b)时刻 $t\omega_A = 4008$ ，(c)时刻 $t\omega_A = 5010$ 和(d)时刻 $t\omega_A = 6680$ 。红色（蓝色）表示正（负）的 δf 。每个时刻OFM的模式频率用黑色虚线表示。在(b)图中， $L = 0$ 粒子和 $L = 1$ 粒子分别位于 $\omega_\phi = 0.0285\omega_A$ 和 $\omega_\phi = 0.004\omega_A$ 附近。

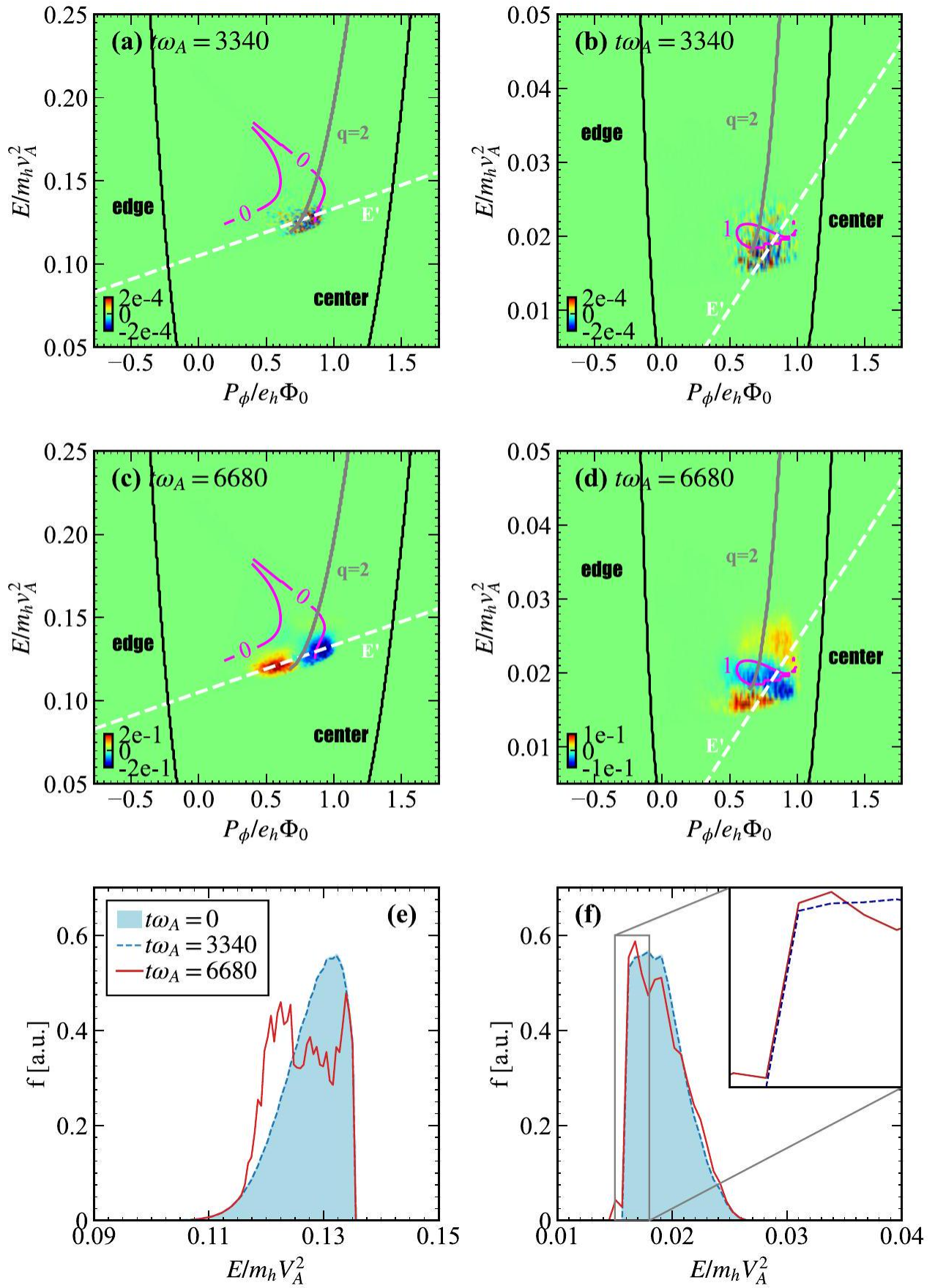


Figure 7: 在 (P_ϕ, E) 空间中，以 $\mu = 0.14 (L=0)$ 和 $\mu = 0.02 (L=1)$ 为参数的能量粒子分布函数扰动分别显示在左列和右列中，分别对应于 ((a) 和 (b)) 时刻 $t\omega_A = 3340$ ，以及 ((c) 和 (d)) 时刻 $t\omega_A = 6680$ 。品红色线表示与 OFM 的共振条件，其中共振整数 L 被标记出来。白色虚线表示 $E' = \text{const.}$ 。灰色线表示 $q=2$ 磁通面的位置。对于 (e) $\mu = 0.14$ 和 (f) $\mu = 0.02$ ，在 $E' = \text{const.}$ 线上比较不同时刻的能量粒子分布函数。

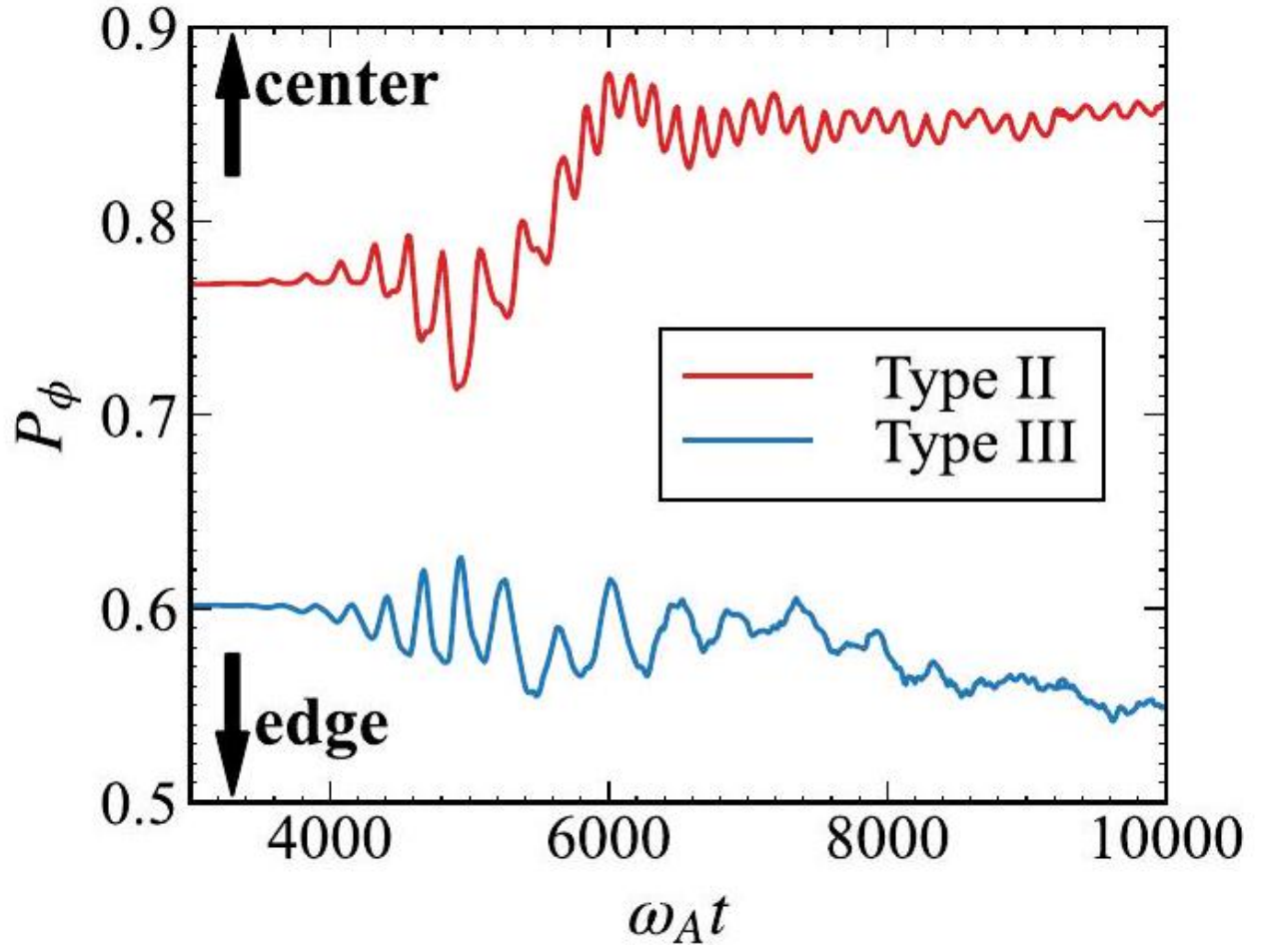


Figure 8: 具有正 δf 的类型 II（红色曲线）和类型 III（蓝色曲线）粒子的 P_ϕ 随时间的演化。

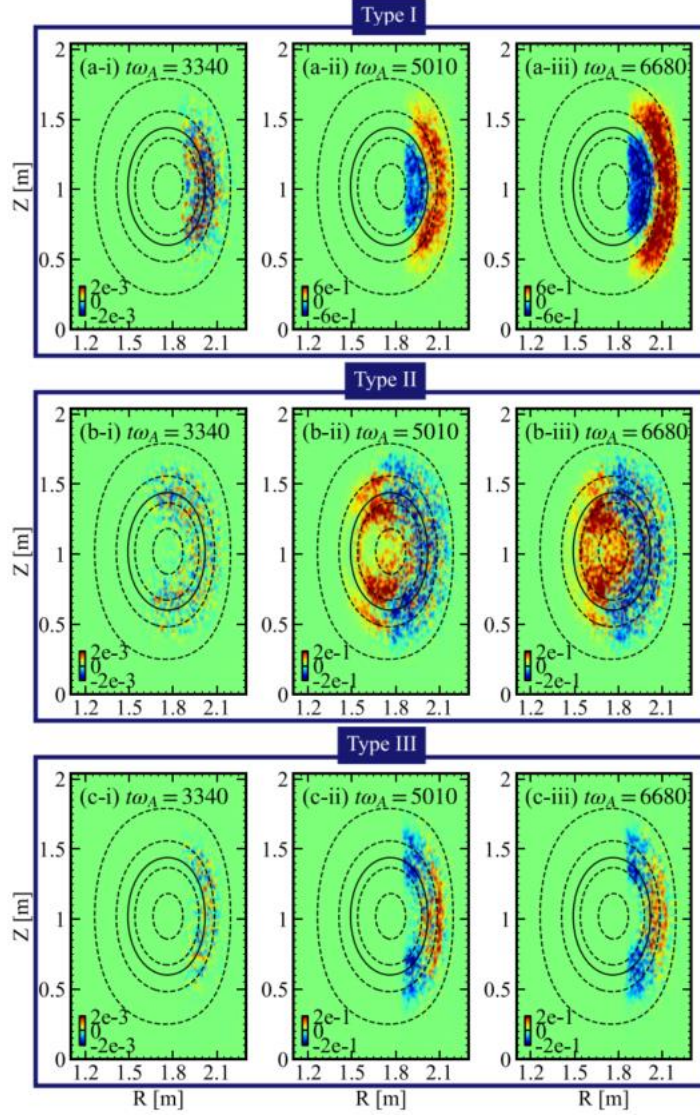


Figure 9: 展示了具有大 $|\delta f|$ 的前8000个粒子的能量粒子分布扰动的一系列极向快照，其中(a)表示类型I粒子($L=0$)，(b)表示类型II粒子($L=1$)，(c)表示类型III粒子($L=1$)，分别在(a-i)-(c-i) $t\omega_A = 3340$ ，(a-ii)-(c-ii) $t\omega_A = 5177$ ，(a-iii)-(c-iii) $t\omega_A = 6680$ 的情况下。图中红色（蓝色）表示正（负）的 δf 。 $q=2$ 磁通面由实线黑色表示，其他磁通面由虚线表示，对应 $r/a = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ 。

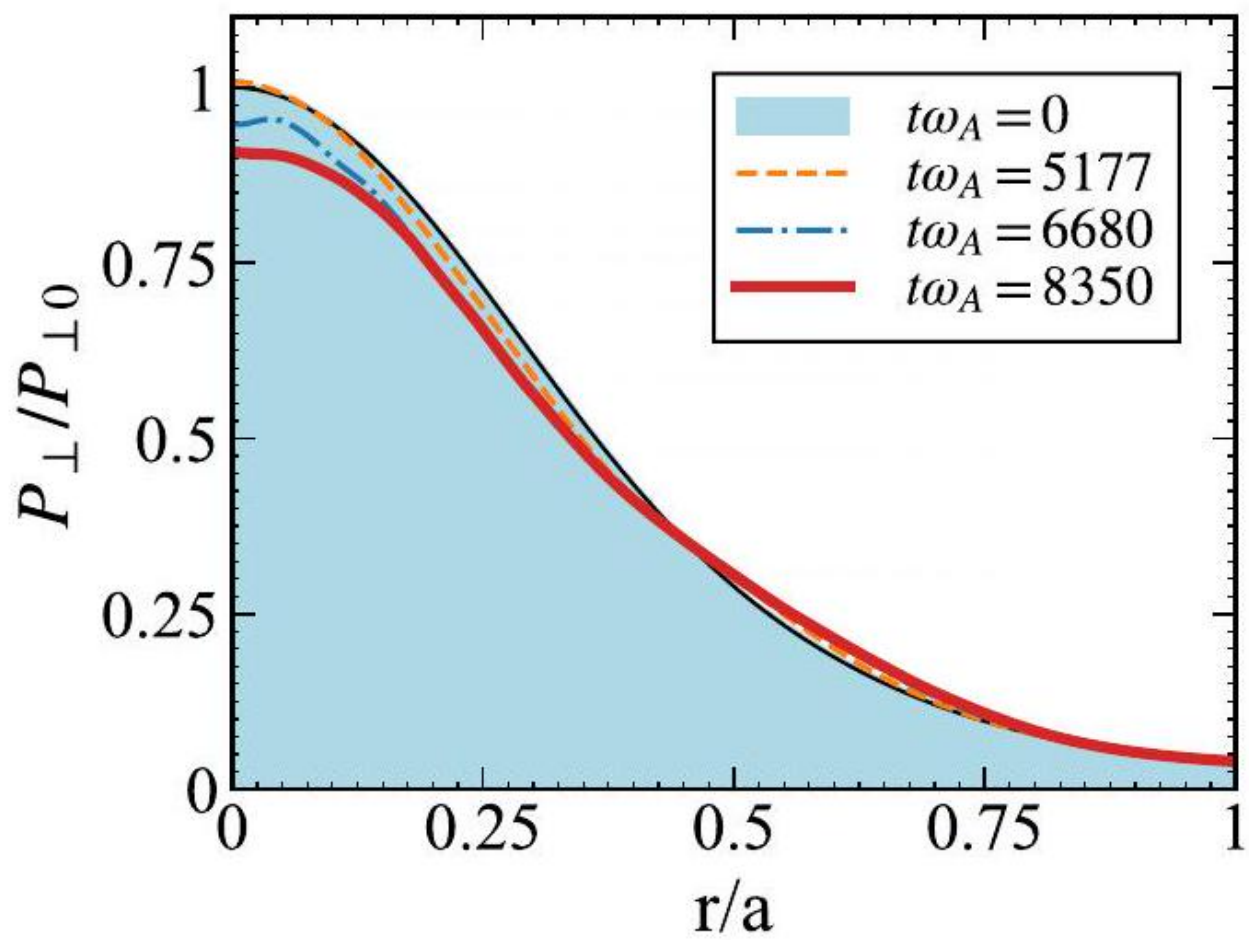


Figure 10: 不同时间点的垂直能量粒子压力轮廓。*OFM*在 $t\omega_A = 5010$ 时饱和。