

中低纬电离层加热大尺度场向不均匀体的 二维数值模拟*

邓 峰† 赵正予 石 润 张援农

(武汉大学电子信息学院, 武汉 430079)

(2008 年 9 月 2 日收到 2008 年 12 月 19 日收到修改稿)

大功率高频泵波加热电离层中, 泵波反射高度区域是除了 D、E 层外的另一个主加热区. 文中将在磁子午面内建立中低纬度地区泵波加热电离层中泵波反射高度处的二维模型, 分别给出早晚两个时间模拟加热结果. 根据模拟结果可知, 整个泵波反射高度区域电子温度强烈上升, 而泵波反射点周围电子浓度反而下降, 该电子浓度空洞沿磁力线上下区域内电子浓度小幅上升, 呈现出明显的场向特征. 夜间模拟加热效应比早上更加明显. 夜间、早上模拟平面内最大电子浓度变化率分别为 -13% 和 -3.6%, 电子温度变化率分别为 88% 和 22%. 另外在早晚的模拟加热中, 电子浓度稠团和空洞随时间的变化也有明显的不同. 由此可见, 在高频泵波加热电离层中, 加热结果随电离层初始条件的不同而明显不同.

关键词: 中低纬度, 高频加热, 数值模拟

PACC: 9420V

1. 引 言

自 1970 年世界上第一台电离层加热装置 Platteville 在美国 Colorado 的 Boulder (40.18° N, 104.73° W) 建成至今, 世界各地又相继建成了众多的电离层高频人工变态装置, 这其中包括美国的 HIPAS (以及后来的 HAARP), 俄罗斯的 SURA, 欧洲 EISCAT 计划中的 Tromsø 等等. 利用这些大功率加热机得到了很多有价值的实验效应, 包括加热产生的一级时空效应^[1, 2]和二级时空效应^[3-6]. 其中, 对一级时空效应的观测主要是对低电离层电子浓度、电子温度的观测^[7, 8]. 对 F 层电子浓度、电子温度的观测很多都是在极区进行的^[9-12], 而对中低纬度地区电离层 F 层电子浓度电子温度的观测结果不多且基本在 Arecibo 进行^[13-15].

当大功率高频电磁波在电离层中反射时, 在电离层反射高度附近会出现各种电离层等离子体不稳定性 (包括参量不稳定性、谐振不稳定性等), 由这些不稳定性引起的电离层对泵波反常吸收可近似认为与 $\cos\theta$ 成正比^[16], 其中 θ 为泵波矢量与磁力线之间

的夹角, 可以认为它们对中低纬度地区泵波加热电离层中大尺度加热效应的产生是不重要的, 所以本文没有考虑这些不稳定性对一级加热效应的影响. 而此时泵波反射高度处折射率接近于 0, 使得泵波电场强度趋于无穷大, 该因素引起的反常吸收导致泵波反射高度附近区域成为除低电离层外的另一个主加热区. 该反常吸收会导致电离层内泵波反射高度处出现大中尺度的电子浓度和电子温度的变化, 在中低纬度地区, 电子浓度和电子温度大尺度的空间结构的变化会对扩展 F 层的激发产生很大的影响, 进而生成不同尺度的电子浓度的场向不均匀体.

关于加热实验中电离层电子浓度、电子温度的变化的理论以及数值模拟研究已有一些报道^[17-20], 这些结果大多数为一维数值模拟, 对于低电离层是基本适用的. 但是, 在场向扩散系数很高, 且加热对等离子体化学平衡影响较小的 F 层则存在明显的偏差. 尽管已有作者提及高电离层加热结果的二维模拟^[21, 22], 但文献 [21] 是关于高频泵波欠密加热电离层的数值模拟, 而欠密加热与过密加热的加热效应存在着明显不同; 文献 [22] 中所用电离层模型为 Chapman 模型, 该模型在 F 层较低高度处与真实电

* 国家高技术研究发展计划 (批准号 2007AA809302) 资助的课题.

† E-mail: dennis.feng.d@gmail.com

电离层相差甚远.从本文的模拟结果可知,电离层的空间结构对加热结果有很大影响.另外文中假设电离层内仅有一种阳离子 O^+ ,由于与 O^+ 相关的化学方程基本不受电子温度变化的影响,亦即模型中电子浓度的变化不受化学平衡变化的影响,事实上模拟平面较低高度存在一定浓度的 NO^+ 和 O_2^+ ,其存在将导致当电子温度上升时电子浓度的上升,而该因素对加热中电子浓度下稠团的形成至关重要,而稠团的产生可以作为文献 [21] 中实验观测结果的另一种解释.

不同的模拟初始电离层背景(尤其是电子浓度、电子温度的空间结构等)对模拟加热结果的影响是明显的,而电离层背景结构随日出日落的变化最为显著.本文选取一天中电离层背景结构有代表性变化的二个时间点(LT10:00,LT20:00,LT表示本地时间),建立针对中低纬地区的高频电波加热电离层的二维模型,对高频电波加热效应进行二维数值模拟,重点考虑高频电波反射区域附近反常吸收引起的电离层 F 层加热效应.

2. 数值模型

对高频加热电离层的物理模型的建立,在文献 [21-23,24] 中已作了详尽的阐述,在此不作赘述.所涉及的数学方程如下:

动力学方程

$$n_e v_e = -D \left\{ \frac{\partial}{\partial s} [n_e k_B (T_e + T_i)] + \sum_{\alpha} m_{\alpha} n_{\alpha} g_{\parallel} \right\},$$

其中 $v_e = \mathbf{u}_e \cdot \nabla \mathbf{B} / B$, $s = \mathbf{r} \cdot \nabla \mathbf{B} / B$, $g_{\parallel} = \mathbf{g} \cdot \nabla \mathbf{B} / B$;

连续性方程

$$\frac{\partial n_{\alpha}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z} n_{\alpha} v_{\alpha} = S_{\alpha} + P_{\alpha} - \beta_{\alpha},$$

这里 α 分别为 NO^+ , O_2^+ , O^+ , e , 其中 S_{α} , P_{α} , β_{α} 分别为初始源项、产生率和复合率;

电子能量守恒方程

$$\begin{aligned} & \frac{3}{2} k_B \left(n_e \frac{\partial T_e}{\partial t} + n_e v_e \frac{\partial T_e}{\partial s} \right) + k_B n_e T_e \frac{\partial v_e}{\partial t} \\ & = \frac{\partial}{\partial s} \left(k_e \frac{\partial T_e}{\partial s} \right) + Q_{HF} + Q_0 - L_e, \end{aligned}$$

式中, $\frac{3}{2} k_B n_e \frac{\partial T_e}{\partial t}$ 为电子温度改变, $\frac{3}{2} k_B n_e v_e \frac{\partial T_e}{\partial s}$ 为

对流能流, $k_B n_e T_e \frac{\partial v_e}{\partial t}$ 为压缩能流, $\frac{\partial}{\partial s} \left(k_e \frac{\partial T_e}{\partial s} \right)$ 为扩散能流, Q_{HF} 为泵波注入能量, Q_0 为保持温度平衡

的源项, L_e 为由于碰撞等引起的能量损失, k_e 表示与 T_e 对应的扩散系数,在本文模拟区域中,中性气体对热传导项的影响很小,忽略中性碰撞后 $k_e = a \cdot T_e^{2.5}$, 其中 a 为常数 1.232×10^{-11} .

对高频加热电离层的物理模型,在后文中需要用到该模型的其他部分对模拟结果进行分析时再对模型做一定补充,这里不再赘述.

模拟中使用的模拟条件和假设简单介绍如下:

1) 本文加热模拟的二维平面位于磁子午面,这二维分别为高度和磁南北方向.

2) 由于模拟所选用的低纬地区电子浓度存在赤道电子浓度双峰,在本文的模拟中没有采用一维的水平分层模型.模拟高频加热中使用的背景电子浓度、电子温度、 NO^+ , O_2^+ , O^+ 浓度等来自于利用 IRI-2007 得到的模拟加热区域的二维模型,中性大气模型选用了 MIS-95.

3) 由于在高频加热电离层中,电离层 D, E 层电子浓度相对稀薄,该区域内产生的加热效应相对简单,加热引起电子浓度的变化也不会很大,对泵波射线路径的影响更是微弱,另外在低电离层中,稠密的大气将阻碍被加热电子的扩散,此时被加热区域也就是泵波照射区域.基于以上原因,本文将仅仅关注电离层高频电波反射区域附近反常吸收引起的电离层 F 层加热,但是因为反常吸收大小较难确定,且其空间分布随加热持续会不断变化,本文将假设反常吸收满足以加热中心为中心的高斯分布,且加热中心处的能量吸收大小为其对应欧姆吸收系数的 10 倍^[21].

4) 在泵波加热电离层中,电子浓度的改变将导致泵波的反射高度变化,使得对模拟结果的分析相对复杂,但是由于泵波反射高度的变化不会很大,所以本文通过选取不同的泵波频率使得早晚加热泵波反射高度相同.

3. 模拟结果

首先介绍一个夜间的模拟加热实验,然后改变模拟加热时间,将获得的不同时刻的模拟加热结果进行对比分析,更加全面地了解不同加热条件下高频加热效应以及加热时背景电离层条件对加热结果的影响.夜间模拟加热条件如下:

模拟加热地点,武汉(114.7°E, 34°N) 地磁纬度 18.8°, 磁倾角 45°, 加热时间 2007 年 9 月 1 日夜

20 00, 加热有效辐射功率(ERP)100 MW, 为了便于分析, 选取的高频泵波的频率分别为 6.0 MHz, 泵波反射高度都在 240 km 附近. 加热周期为开机 5 min 关机 10 min.

图 1 给出了加热前模拟二维空间区域的电子浓度和电子温度等高线图, 模拟区域水平范围为 -200—+200 km, 高度范围为 150—470 km, r 代表磁子午面内点到加热机的水平距离, 位于加热机以北点处 $r < 0$, 以南 $r > 0$, 从图中可以明显看出电离层电子浓度、电子温度都明显向北倾斜, 这与前文提到的二维 IRI-2007 的使用有关, 也更加与实际情况

相似, 因为武汉地区磁倾角为 45° , 正好位于地球赤道电离层异常双峰北峰北坡. z 表示电离层内点距离地面高度. 图中相邻两条等高线参数之差相同, 电子浓度单位为 10^{11} m^{-3} , 电子温度单位为 K.

从图 1 中可看出 LT 20 00 时, 电离层的电子浓度峰值高度约为 284 km, 临频约为 6.34 MHz, 电子温度有双驼峰结构, 下峰值为 1190 K, 高度为 191 km, 在 300 km 处达到电子温度最小值 887 K, 随着高度上升, 电子温度不断上升, 在 470 km 处已达到 1302 K, 这些结构的变化能极大地影响加热结果, 下面介绍模拟加热结果.

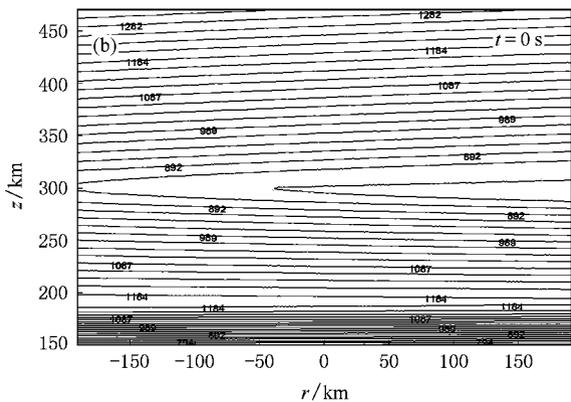
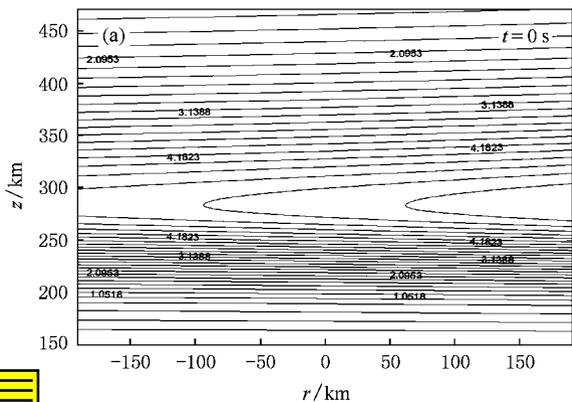


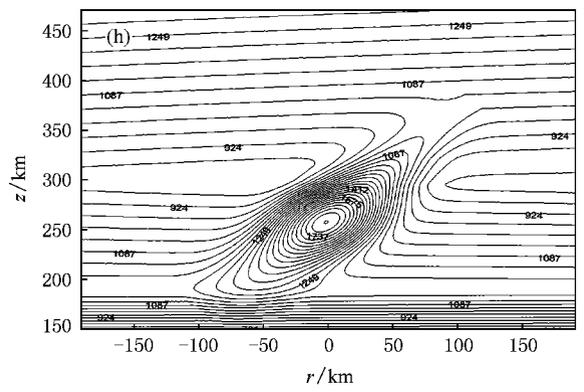
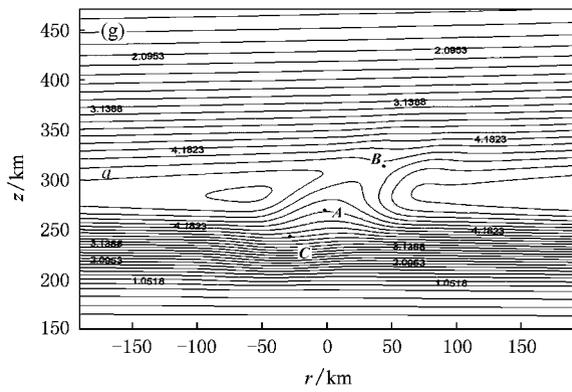
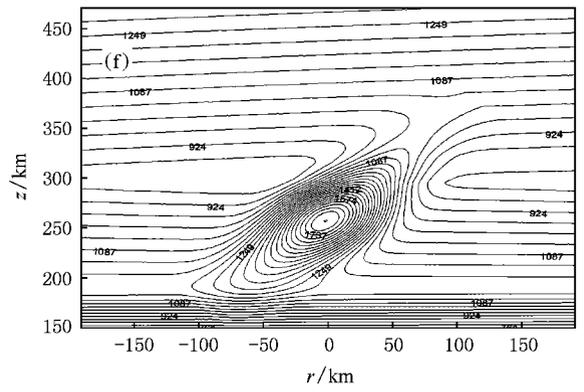
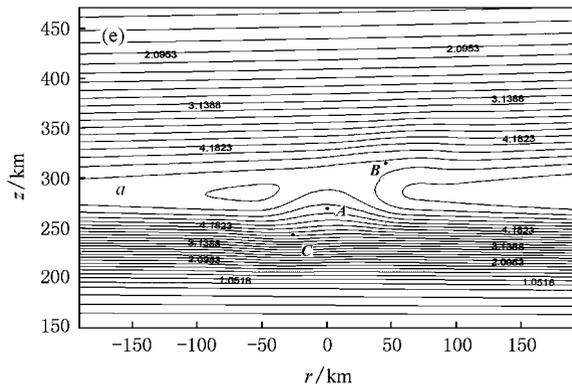
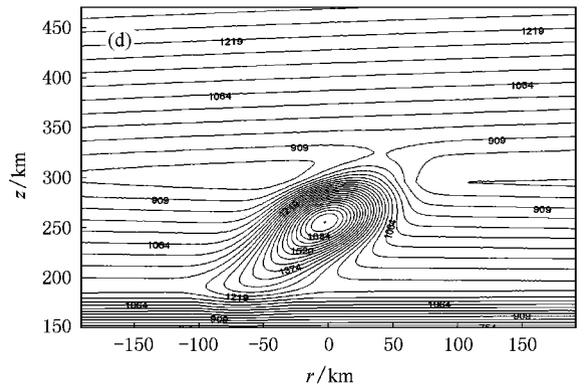
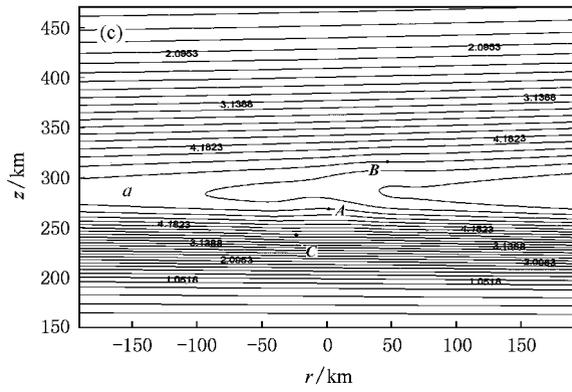
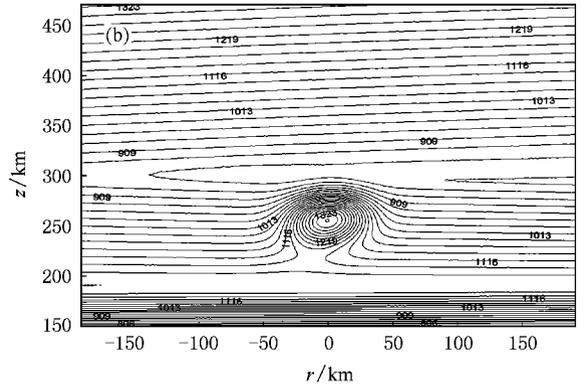
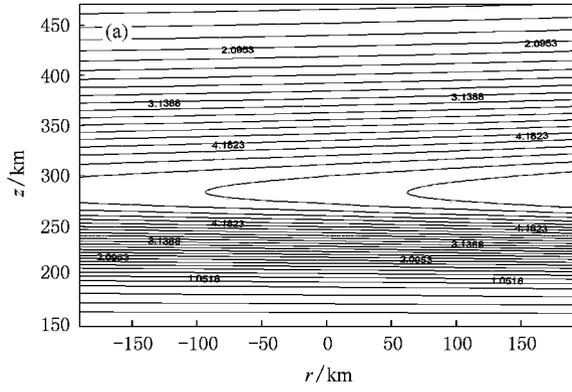
图 1 武汉地区 2007 年 9 月 1 日 LT 20 00 电子浓度和电子温度 LT 的二维等高图 电子浓度单位为 10^{11} m^{-3} , 电子温度单位为 K. (a) 电子浓度 (b) 电子温度

图 2(a)–(f) 分别表示加热机开机 2 s, 20 s, 120 s, 300 s (此时加热机关机), 关机 300 s, 关机 600 s 后电离层电子浓度和电子温度的二维等高线剖面. 从图 2(a) 中可以看出, 加热 2 s 后, 电子浓度还没有明显的变化见图 2(b), 但是泵波反射高度处电子温度已经有相当明显的变化, 加热中心处的电子温度从背景的 987 K 变为 1323 K, 变化率为 34%, 被加热范围接近关于泵波电场为以泵波反射高度为中心的高斯分布的假设. 但是还是可以从图中看出被加热区域出现微弱的倾斜, 这与磁场对加热的影响有关.

如图 2(d) 所示, 加热 20 s 后, 加热中心区域处的电子温度已经达到了 1764 K, 变化率为 82.3%, 对比图 2(f) 电子温度等高线剖面可知, 在加热机开机 20—120 s 时间内, 电子温度仅仅上升了 50 K 左右, 相对于开机 2 s 后电子温度上升 336 K 相比, 可以认为电离层电子温度已经基本达到饱和, 电子温度对大功率高频泵波开机的响应迅速, 很短时间内即饱和. 其次电离层被加热区域电子温度呈现明显的倾斜, 且倾角接近于武汉地区的磁倾角 45° , 可见

磁场在泵波反射高度处高频加热中起到了重要的作用. 另一个值得注意的特征是以电离层加热中心为中心, 电子温度向下扩散的速度更快, 这是由于加热区域沿磁力线往上区域中性气体更加稀薄, 其热传导率更大, 导致此处的电子温度的上升幅度反而比加热中心沿磁力线往下处的电子温度的变化幅度小.

此时电子浓度也出现明显变化, 但是并不是模拟平面内每个点都同时增大或减小. 为了便于分析, 在模拟平面内选取三个点, 它们的坐标分别为 $A(0, 268)$, 其位于加热中心附近, $B(45, 313)$, $C(-25, 243)$. 从坐标可知, A, B, C 位于一条磁力线上, 为了便于以后分析, 电子浓度剖面中经过 $(-200, 300)$ 等高线称为曲线 a . 下面将通过通过对这三点处电子浓度的变化来描述整个模拟平面内电子浓度的变化. 如图 2(c) 中的 A 点, 其相邻两条等高线在 A 附近向上弯曲, 亦即本来位于某等高线上方的点现在却落于等高线上, 加上该区域位于电子浓度峰值以下, 电子浓度空间梯度为正. 综上所述, A 附近区域电子温



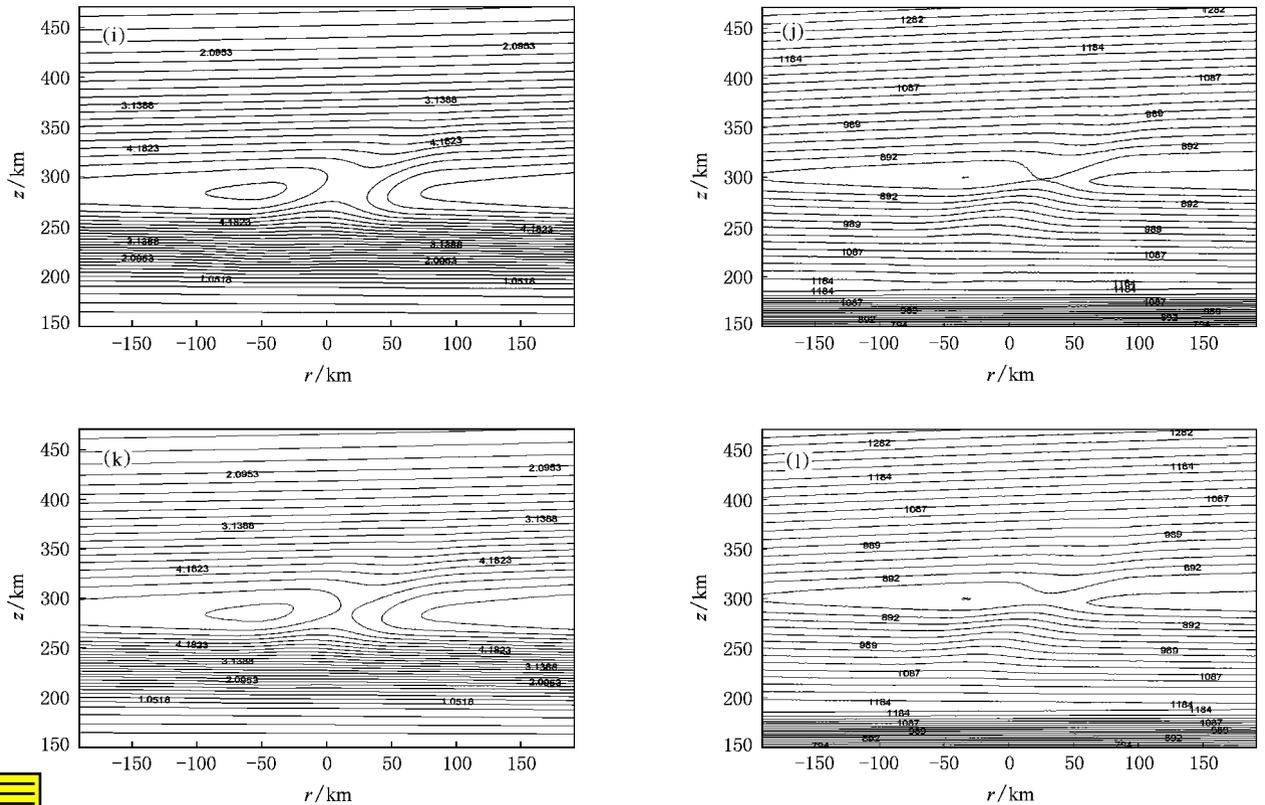


图2 武汉地区夜间 $LT 20:00$ 模拟加热不同时间后电子浓度、电子温度的二维空间剖面等高图。每图中相邻两条等高线之差相等。图中标数值为该等高线代表的数值,电子浓度和电子温度的单位分别为 $10^{11} m^{-3}$ 和 K 。(a) $t = 2 s$ 时的电子浓度 (b) $t = 2 s$ 时的电子温度 (c) $t = 20 s$ 时的电子浓度 (d) $t = 20 s$ 时的电子温度 (e) $t = 120 s$ 时的电子浓度 (f) $t = 120 s$ 时的电子温度 (g) $t = 300 s$ 时的电子浓度, (h) $t = 300 s$ 时的电子温度 (i) $t = 600 s$ 时的电子浓度 (j) $t = 600 s$ 时的电子温度 (k) $t = 900 s$ 时的电子浓度 (l) $t = 900 s$ 时的电子温度

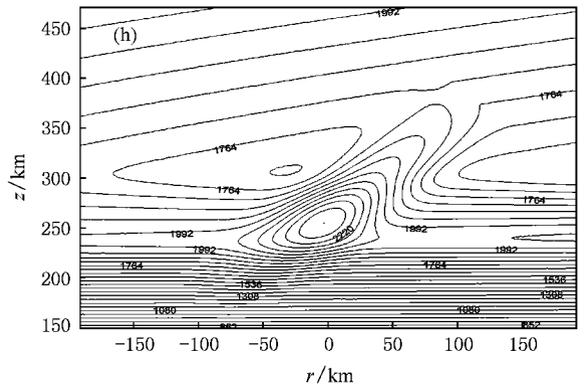
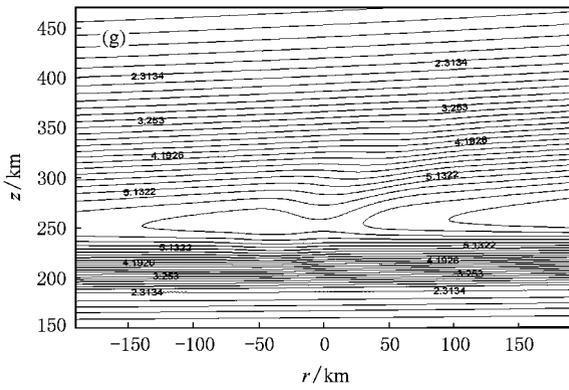
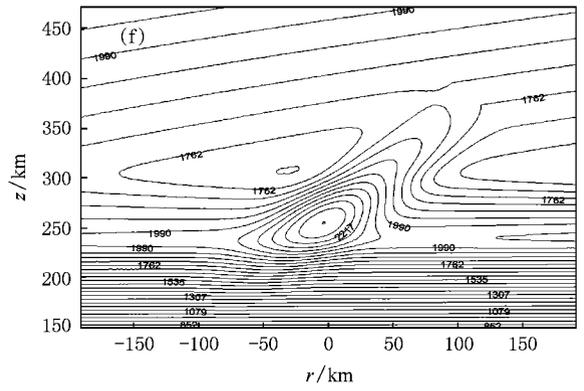
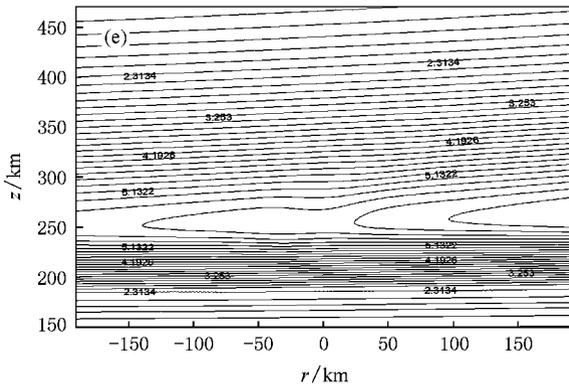
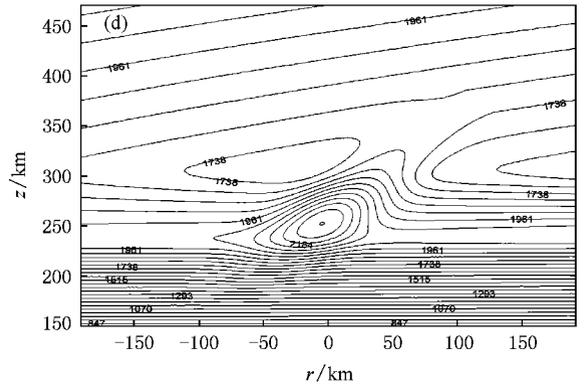
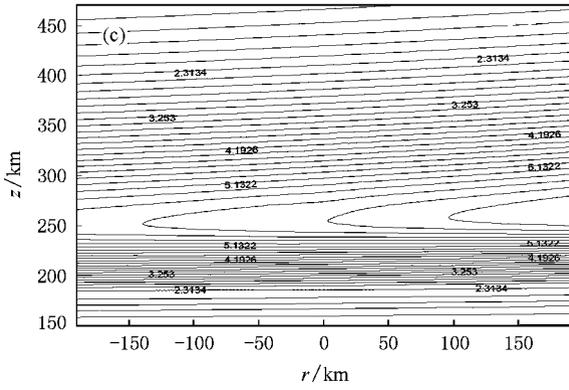
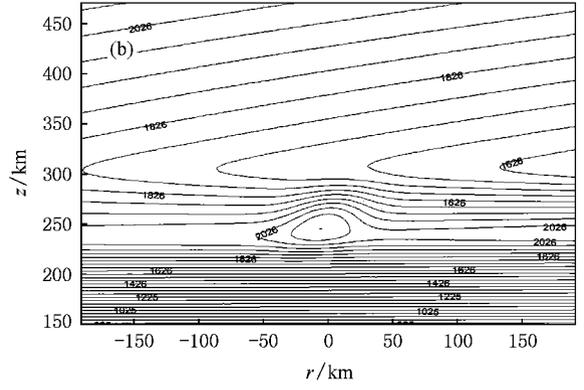
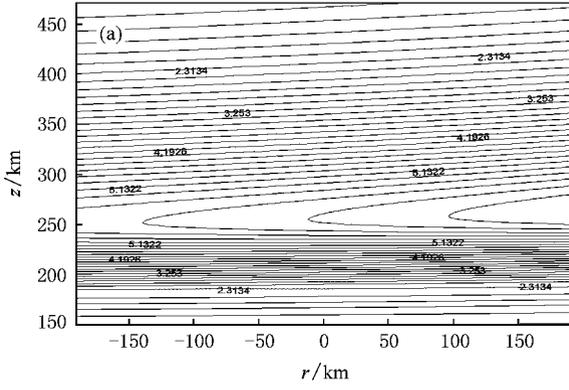
度在下降。图中 B 点使用类似的分析方法可知,曲线 a 小幅上凸,本为位于曲线 a 上方的点现在位于曲线 a 上,可知该处电子浓度有所上升, C 点变化虽然还十分微弱,其电子浓度小幅上升。

通过 A, B, C 三点电子浓度的变化可以认为,电离层内电子浓度在加热中心区域出现了电子浓度的空洞,而在该空洞沿磁力线往上和往下的地区出现了电子浓度的稠团。这一现象是由于在电离层 F 层较高地区(250 km 以上), O^+ 开始成为正离子的主要成分,而在该区域控制电子浓度的主要的化学反应是 $O^+ + N_2 \rightarrow NO^+ + N$ 和 $O^+ + O_2 \rightarrow O_2^+ + O$,这两个化学反应受加热的影响比较小,此时电子浓度主要受电子温度上升引起的加热区域膨胀致电子浓度减少这一机制控制,而位于电离层被加热中心沿磁力线往上和往下的地区反而会因为压缩出现浓度的稠团,尽管这一稠团可能不十分明显。计算可知,反射高度处空洞最大的相对变化率为 -2.1% ,稠团则分别为 1.2% (上)和 1.0% (下),相比于电子温度约

82.3% 的变化很小。

当加热 $120 s$ 后,电子温度彻底饱和,其最大相对变化率为 88% 。而图 (e) 中 A 点电子浓度进一步下降, B, C 点则继续升高,等高线的弯曲也更加明显,部分等高线开始断裂重连。经计算,此时空洞的最大相对变化率为 -7.6% ,稠团则分别为 2.4% (上)和 5.5% (下),下面稠团变化率更大,这与加热 $20 s$ 结果正好相反。

上述差异可能由以下机制引起:首先从源上来比较,下稠团有两种源,加热中心处的等离子体膨胀源项,下稠团 NO^+, O_2^+ 的浓度占所有阳离子一定百分比(10%左右,随时间地点不同可能更高),电子温度上升导致等离子体内化学平衡的变化,上稠团处则只有膨胀引起源项,但是电离层内高度越高,其扩散系数越大,上稠团膨胀源项更大。损失机制分为两种:1)下稠团电子寿命比上稠团处短(阳离子全部是 O^+ ,而电子与 O^+ 的反应速度慢得多);2)位于空洞上方的稠团,其受到重力的影响更大,亦即等离子



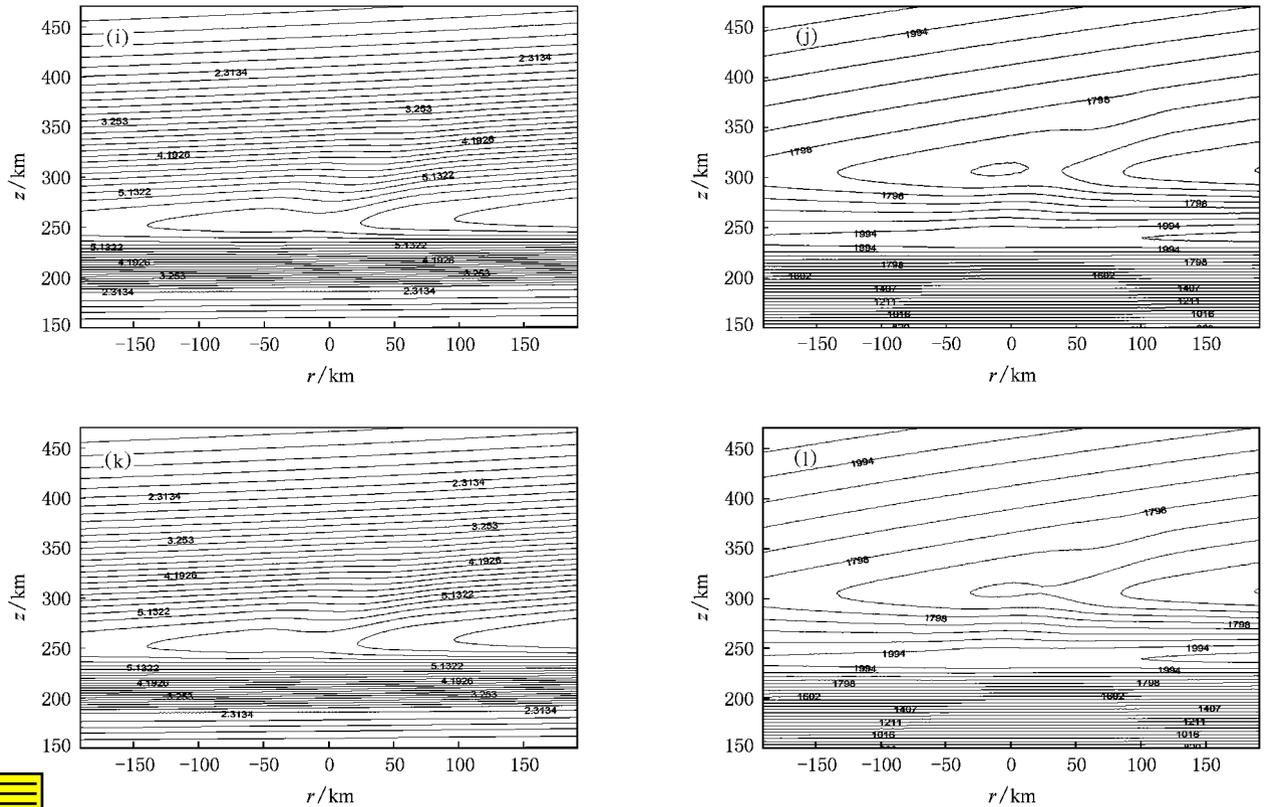


图4 武汉地区早上 10:00 模拟加热不同时间后电子浓度、电子温度的二维空间剖面等高图。每图中相邻两条等高线之差相等,图中所标数值为该等高线代表的数值。电子浓度和电子温度的单位分别为 10^{11} m^{-3} 和 K。(a) $t=2 \text{ s}$ 时的电子浓度 (b) $t=2 \text{ s}$ 时的电子温度 (c) $t=20 \text{ s}$ 时的电子浓度 (d) $t=20 \text{ s}$ 时的电子温度 (e) $t=120 \text{ s}$ 时的电子浓度 (f) $t=120 \text{ s}$ 时的电子温度 (g) $t=300 \text{ s}$ 时的电子浓度 (h) $t=300 \text{ s}$ 时的电子温度 (i) $t=600 \text{ s}$ 时的电子浓度 (j) $t=600 \text{ s}$ 时的电子温度 (k) $t=900 \text{ s}$ 时的电子浓度 (l) $t=900 \text{ s}$ 时的电子温度

1) 从几个不同加热时间的电子温度剖面可知,早上电子温度的变化从加热 20 s 升高 19%,到加热 120 s 后稳定在 22.2%,比夜间要小得多,这是因为早上电子温度更高,其初始能量源项 Q_0 和能量损失 L_e 都比较大,泵波源项相对它们来讲较小,其引起的电子温度上升有限。

2) 电子温度剖面图中,电子温度在加热到 120 s 后,虽然电子温度的上升幅度不大,但是其场向比夜间还要明显得多,从 220 km 一直沿场向延伸到接近 400 km 高空,这是由于电子温度在 230 km 的温度梯度分界线上电子温度梯度很小,电子温度较小的扰动就会引起其等高线强烈的变化,而分界线下方的扰动不明显。

3) 早上模拟加热中电子浓度的变化相对简单得多,基本上没有发现夜间加热中电子浓度上稠团的存在以及其分裂。由图 4 可知,此时加热导致的电子浓度的变化非常微弱,没有出现电子浓度等高线断裂,加热 300 s 后电子浓度空洞和稠团的最大相对

变化分别为 -3.6% 和 1.7%,其在加热机关机后的恢复同样很慢。

4. 结 论

本文给出了早上、夜间模拟加热中加热机开机后不同时间 (0—900 s) 电子浓度、电子温度的二维剖面,从模拟结果中可以看出,早上、夜间模拟加热中在加热机开机后,电子温度上升,电子浓度在加热中心附近形成空洞,在空洞沿磁力线向下出现稠团,电子温度经过一段时间后稳定,夜间模拟区域内不同点处电子温度饱和时间介于 30—50 s 之间,而早上饱和时间最长达 75 s,而电子浓度则仅仅有稳定的趋势,当加热机关机一段时间后,电离层电子温度迅速恢复,电子浓度的恢复则相对缓慢。

本文同样模拟过下午 16:00 模拟加热结果,但其电子浓度和电子温度均不会饱和且当加热机关机后并没有趋于稳定,某种非线性机制被激发,在另文

中将做详细的分析.

当电离层内电子浓度相对变化较大时,其显著改变泵电场的空间分布,当电离层内产生等离子体稠团时,能使泵电场分散在更大的空间范围内,

而当出现电子浓度空洞的时候,将对泵波起到汇聚的作用^[21, 22],这种汇聚可能导致等离子体空洞的进一步加强,这将是我们将要关注的重要问题.

-
- [1] Burns C J , Hargreaves J K 1996 *J. Atmos. Terr. Phys.* **58** 217
- [2] Rodriguez P , Kennedy E J , Keskinen M J , Siefing C L , Basu S , McCarrick M , Preston J , Engebreston M , Kaiser M L , Desch M D , Goetz K , Bougeret J L , Maning R 1998 *Geophys. Res. Lett.* **25** 257
- [3] Stubbe P 1996 *J. Atmos. Terr. Phys.* **58** 349
- [4] Hagfors T , Kofman W , Stubbe P , Aijanen T 1983 *Radio Sci.* **18** 861
- [5] Showen R L , Duncan L M , Cragin B L , 1978 *Geophys. Res. Lett.* **5** 187
- [6] Rietveld M T , Kohl H , Kopka H , Stubbe P 1993 *J. Atmos. Terr. Phys.* **55** 577
- [7] Warner L S , Goldstein J A , Lind R W , Wong A Y , McCarrick M J 1990 *Radio Sci.* **25** 1251
- [8] Stubbe P , Kopka H 1983 *Radio Sci.* **18** 831
- [9] Jones T B , Robinson T R , Stubbe P , Kopka H 1986 *J. Atmos. Terr. Phys.* **48** 1027
- [10] Honary F , Stocker A J , Robinson T R , Jones T B , Stubbe P 1995 *J. Geophys. Res.* **100** 21489
- [11] Robinson T R , Honary F , Stocker A. J , Jones T B , Stubbe P 1996 *J. Atmos. Terr. Phys.* **58** 385
- [12] Tereshchenko E D , Kozlova M O , Evstafiev O V , Hkudukon B Z , Nygren T , Rietveld M , Brekke A 2000 *Ann. Geophysicae* **18** 1197
- [13] Mantas G P , Carlson H C , Lahoz C H 1981 *J. Geophys. Res.* **86** 561
- [14] Duncan L M , Sheerin J P , Behnke R A 1988 *Phys. Rev. Lett.* **61** 239
- [15] Hansen J D , Morales G J , Duncan L M , Dimonte G 1992 *J. Geophys. Res.* **97** 113
- [16] Robinson T R 1989 *Phys. Rep.* **179** 79
- [17] Gurevich A V 1967 *Geomagn. Aeron.* **7** 291
- [18] Muldrew D B 1986 *J. Geophys. Res.* **9** 4572
- [19] Blaunstein N S , Vaskov V V , Dimant Y S 1992 *Geomagn. Aeron.* **32** 95
- [20] Blaunstein N 1996 *J. Atmos. Terr. Phys.* **58** 1345
- [21] Berhardt P A , Duncan L M 1982 *J. Atmos. Terr. Phys.* **44** 1061
- [22] Hansen J D , Morales G J , Maggs J E 1992 *J. Geophys. Res.* **97** 17019
- [23] Hansen J D , Morales G J , Duncan L M , Dimonte G 1992 *J. Geophys. Res.* **97** 113
- [24] Banks P M , Kocharts G 1973 *Aeronomy (Parts A and B)* (New York :Academic Press)

Two-dimensional simulation of high-frequency-induced large-scale irregularities in F region ^{*}

Deng Feng[†] Zhao Zheng-Yu Shi Run Zhang Yuan-Nong

(School of Electronic Information , Wuhan University , Wuhan 430079 , China)

(Received 2 September 2008 ; revised manuscript received 19 December 2008)

Abstract

When the high-power high frequency (HF) wave is pumped into the ionosphere , the pump wave reflection region is another main heated area . We setup a two-dimensional model of HF ionospheric heating in the magnetic meridian at lower latitude , and obtain results according to the background parameters of the morning and evening . We find that the electronic temperature around the pump wave reflection region increases intensively , and the electronic density decreases in the same area . The electronic density increases in the areas above and under the magnetic line of the electronic density hole . The ionospheric heating effect in the evening is much obvious than that in the morning , for which the maximum change rates of electronic density are -13% and -3.6% respectively , and the maximum change rates of electronic temperature are 88% and 22% , respectively .

Keywords : mid-lower latitude , high-frequency heating , numerical simulation

PACC : 9420V

^{*} Project supported by the National High Technology Research and Development Program of China (Grant No.2007AA809302).

[†] E-mail : dennis.feng.d@gmail.com