第 47 卷 第 1 期 天 文 学 报 Vol.47 No.1
2006 年 1 月 ACTA ASTRONOMICA SINICA Jan., 2006

对 “文 [1,2]” 评论的答复*

宋慕陶 张延安

(中国科学院紫金山天文台 南京 210008)

摘要 对 “关于太阳线性无力场评注和快速傅氏分析法的应用的评论” 一文，提出一些看法和补充，以增进对无力场计算太阳磁场问题的进一步的认识.

关键词 太阳：磁场，太阳：日冕，方法：数值

中图分类号： P 182; **文献标识码**： A

1 引言

我们的文 [1,2] 发表后，收到了好些作者、审者的反映意见和评注 [3]. 感谢大家对问题的深入探讨. 这里就几个方面的问题再补充一些说明.

2 例子

(1) 首先要说的是我们在文 [1,2] 里的主要结论：文 [4] 计算日冕磁场的积分式并不是一个线性无力场解，只能作为计算日冕磁场的一种近似法 — 已为大家所接受. 这里我们仍坚持这个观点，因为磁场三成份 B_x, B_y, B_z, 是互相有关的不能只用 B_x 边值计算 B_x 空间分布、 B_y 边值计算 B_y 和 B_z 边值计算 B_z.

(2) 其次是用 Alissandrakis 快速傅立叶分析计算线性无力场问题 [5]. 文 [3] 说满足线性无力场 ($\nabla \times \boldsymbol{B} = \alpha \boldsymbol{B}$) 的情况下，无散条件 ($\nabla \cdot \boldsymbol{B} = 0$) 是自然满足的. 这话不完全正确，因为这个 “自然满足” 仅对 $\alpha \neq 0$ 时成立，当 $\alpha = 0$ 时 $\nabla \times \boldsymbol{B} = \alpha \boldsymbol{B} = 0$ 仅仅导致 $\boldsymbol{B} = \nabla \Phi$ (Φ 为标量函数) 而 $\nabla \cdot \boldsymbol{B} = \nabla^2 \Phi$ 一般而言是不等于零的，因而验证无散条件仍是有意义的. 文 [1,2] 的 (25) 式里没有包含波数 u, ν 同时为零时对应的傅氏系数解，这是一个不足，现将文 [1] 中 (25) 式改造如下：

$$B_x(x,y,z) = I \cdot \hat{B}_Y(0,0,0) e^{-kz} + \sum_{\substack{u,\nu=0 \\ u^2+\nu^2 \neq 0}}^{N_1-1, N_2-1} \frac{-I(ku - v\alpha)}{2\pi(u^2+v^2)} e^{-kz} \hat{B}_z(u,v,0) \cdot e^{I(ux+vy)2\pi},$$

2005-06-09 收到原稿

* 国家自然科学基金 (10333030) 和 (10273032) 资助项目

$$B_y(x,y,z)=\hat{B}_Y(0,0,0)e^{-kz}+\sum_{\substack{u,\nu=0\\ u^2+\nu^2\neq 0}}^{N_1-1,N_2-1}\frac{-I(ku+u\alpha)}{2\pi(u^2+v^2)}e^{-kz}\hat{B}_z(u,v,0)\cdot e^{I(ux+vy)2\pi},$$

$$Bz(x,y,z)=\sum_{u,\nu=0}^{N_1-1,N_2-1}1\cdot e^{-kz}\hat{B}_z(u,v,0)\cdot e^{I(ux+vy)2\pi},$$

$$I=\sqrt{-1},$$

这里要求 $\hat{B}_z(0,0,0)=0$ 即 $\sum_{\lambda,m=0}^{N_1-1,N_2-1}f\left(\frac{\lambda}{N_1},\frac{m}{N_2}\right)=0$ 穿过光球 $z=0$ 平面，该活动区的总磁流为零，这个条件是相容条件，即能用线性无力场描述该活动区磁场的基本条件. 将上式求导后就可以证明 $\nabla\cdot\boldsymbol{B}=0$. 上式中 B_x,B_y 等式里第一项就是审者要求我们给出的波数 u, v 同时为零时傅氏系数的自洽解. 文 [3] 指出 FFT 的最大采样频率 (即最大波数) 只能是 $\frac{1}{2}(\Delta x)^{-1}=64$, 这是正确的. 我们取 $\alpha=\pm 64$ 进行计算，图形类似，并不影响其结果.

(3) 关于 Aly[6] 工作的评注，我们同意文 [3] 和审者们的看法，即 Aly[6] 在文中首先假设能量有限而后给出文 [6] 里的 (55)—(57) 式解，此解具有等于或高于平方衰减的渐近性态，这样导出的线性无力场自然是能量有限，前后一致不矛盾. Aly 在证明解的唯一性时也是前后一致的. 但这并不能帮助文 [4] 的唯一性证明，因为文 [4] 的磁场积分式其 $r\to\infty$ 时的渐近形态是 r^{-1}, 因而其磁场总能量是无穷大，而不是有限的，所以不管线性无力场的唯一性和存在性是先证明还是后证明，文 [4] 的线性无力场唯一性证明是不成立的.

参 考 文 献

1 Song M T, Zhang Y A. ChA&A, 2005, 29: 159
2 Song M T, Zhang Y A. AcASn, 2004, 45(4): 361 (宋慕陶，张延安. 天文学报， 2004, 45 (4): 361)
3 Li Zhu-heng, Yan Yi-hua, Song Guo-xiang. AcASn, 2006, 47(1): (李柱恒，颜毅华，宋国乡. 天文学报，2006 47(1))
4 Yan Y H. Solar Phys, 1995, 159: 97
5 Alissandrakis C E. A&A, 1981, 100: 197
6 Aly J J. Solar phys, 1992. 138: 133

In Reply to "Comments on the Paper [1,2]"

SONG Mo-tao ZHANG Yan-an

Purple Mountain Observatory, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008

Abstract Some Perspective views and complements on the paper[3] are made,which may improve our understanding the computation problem of solar magnetic field.

Key words sun: magnetic field, sun: corona, methcd: numerical

****