第7卷 第2期 空间科学学报 Vol. 7, No. 2
1987 年 4 月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE Apr., 1987

·研究简讯·

日球内边界的定义

赵 学 溥
(北京大学地球物理系)

1. 1972 年以来，随着 Pioneer 10、11, Helios 1、2 和 Voyager 1、2 等飞船组先后上天，进入"深空"探测，太阳风等离子体和行星际磁场的实地测量的日心径范围已从以前的 1AU 附近扩展到 0.3—30 AU，太阳纬度范围也从以前的 −7.5°—+7.5° 扩大到 −7.5—+16°. 对天然射电信号和飞船信标信号的行星际闪烁地面观测更使上述径向范围延伸到 0.3AU 之内，太阳纬度范围扩大到 −60°—+60°. 因此，我们的度量参考系自然地从地球转移到太阳，探讨范围从地球周围的行星际空间发展到整个太阳系空间，所谓的日球物理学 (heliospheric physics) 应运而生，它替代原来的作为地球物理学一个分支的行星际物理学，逐渐成为独立于太阳物理学和地球物理学的新学科[1]. 尽管近年来已有许多文章应用"日球"这个术语，分析日球中出现的物理过程，但对日球内边界，即日球和太阳大气层的分界，至今未见有统一的定义.

2. 已有的一些有关日球内边界定义的看法往往含蓄地存在于文献中.

(1) 冕底

太阳大气的分层结构，即色球层、过渡区和日冕层是按太阳大气温度径向分布的层结定义的. 冕底指的是最高太阳大气温度所在高度. 根据太阳风的经典理论，太阳风发源于冕底，若将冕底定义为日球内边界，则日球就是日冕层及其在太阳系空间的延伸[2].

但是，现已确证太阳风是局地起源的[3]. 处于由冕环组成的日冕活动区等离子体是径向静止的，其温度比周围的流动等离子体高得多[4]. 就作为高速流源区的冕洞而言，仅靠热传导不足以提供能量而形成高速风，还必须具有其它能量和动量附加[3,5]; 而且许多迹象表明，这种能量附加和动量附加不应跟过渡区和低日冕的加热问题割裂开来[6]. 因此，将冕底，即最高太阳大气温度所在高度，作为日球内边界显然跟上述最新研究进展和新概念相矛盾.

(2) 源表面

假设源表面存在于 $2.35R_s$ (太阳半径)，计算日冕磁场的位场模式能很好地预测日球电流片与源表面的相交位置. 这些位置跟行星际扇形边界位置相符，因此这些位置可看作是日球电流片的起点[7,8]. 从等离子体和磁场分布特性看，源表面似可用来定义日球内边界，因为源表面之内，包含有开磁区和闭磁区，开磁区中等离子体向外流动，闭磁区中等离子体是静止的；源表面之外所有磁力线都向外开放，所有等离子体都径向向外流动，日球内所有等离子体和磁场都可相对日球电流片来组织[9].

本文于 1986 年 9 月 11 日收到.

但是,源表面只是一种物理假设,并非真实存在,源表面的物理真实性是很值得怀疑的. 事实上,白光K冕综合图上的最大偏振亮度曲线跟源表面模式预测的中性片位置很好符合[10],但K冕的观测位置却是 $1.50R_s$ 和 $1.75R_s$,而不是 $2.35R_s$,因而存在日球电流片起点位置不唯一的问题.

(3) $10R_s$

装在探空火箭和人造卫星上的白光K冕仪所能观测的亮冕结构,最大日心距可达 $10R_s$ 因此称 $10R_s$ 内的区域为白光可见日冕,$10R_s$ 以外的区域为日球[11]或称延拓日冕、不可见日冕等. 这种定义的优点是观测上可明确区分,理论上也大致可将太阳风的主要加速区突出出来.

但是,这种定义难以突出 $10R_s$ 两侧等离子体和磁场的不同特性;且随着观测精度和分辨率的提高,这个内边界就可能外延,如在绕月轨道上日冕仪拍摄到的日冕亮结构可外延到 $25R_s$[12]. 因此这种定义存在不确定性问题.

以上综述了在一些文献中提出的(虽不明确)有关日球内边界的定义方法,并分别分析了各种定义的利弊. 下面提出一种不同于上述的日球内边界的定义.

3. 包含行星际磁场效应的太阳风理论模式表明:日冕等离子体加速成太阳风,除通过 Parker 预测的临界声点(流速等于声速的日心径位置)外,还需通过临界阿尔芬点和临界快磁声点[13]. 由于临界阿尔芬点附近的阿尔芬速度比声速大得多,临界阿尔芬点和临界快磁声点几乎重合. 因此,若以临界阿尔芬点作为日球内边界,则阿尔芬点外的日球内存在的是超阿尔芬流动等离子体,那里流动能占主导地位,等离子流动规定了日球磁场的 Parker 螺旋场位形. 阿尔芬点内的日冕层包含的是非超阿尔芬流动(静止或亚阿尔芬流动)等离子体,这里磁场能为主,等离子体分布完全由磁场规定,即等离子体近乎随磁场作刚性转动. 这样定义日球内边界还有如下三点好处.

(1) Helios 观测表明,阿尔芬临界点的位置出现在 $13—30R_s$ 之间. 各种理论和观测分析表明各种太阳风速度的主要加速区都出现在这一距离之内. 因此临界阿尔芬点是主要加速区和常速(确切地说是渐近速区)风区的分界. Parker 近来称日球为风球 (wind sphere)[14], 这里提出的内边界定义显然与风球定义一致,而且跟习惯上将太阳风加速问题说成是日冕膨胀问题的说法相符.

(2) 临界阿尔芬点之外,太阳自转引起的定常流相互作用渐见重要和突出,理论上可较为简单地处理为三维超声流动——双曲型偏微分方程,便于数值求解[15].

(3) 太阳风中每单位质量总角动量可用 Ωr_A^2 代表,这里 Ω 是太阳自转角速度,r_A 是临界阿尔芬半径. 注意,其中同时包括粒子运动角动量和磁角动量. 这样,若将临界阿尔芬点定义为日球内边界,则太阳风引起的太阳角动量损失可方便地用日球内边界量来计算.

鉴于上述理由,我们认为以临界阿尔芬点作为太阳大气和日球的分界位置,将比其它上述定义更合理些,更有利些.

参 考 文 献

[1] Burlaga, L. F., *Rev. Geophys. Space Phys.*, Vol. 21, p. 363, 1983.

[2] Hundhausen, A. J., Coronal Expansion and Solar Wind, Springer-Verlag, Chap. III, 1972.
[3] Axford, W. I., *Solar Phys.*, Vol. **100**, p. 575, 1985.
[4] Zirker, J. B., *Solar Phys.*, Vol. **100**, p. 281, 1985.
[5] Pneuman, G. W., *Space Sci. Rev.*, Vol. **43**, p. 105, 1986.
[6] Hollweg, J. V., *J. Geophys. Res.*, Vol. 91, p. 4111, 1986.
[7] Hoeksema, J. T., et al., *J. Geophys. Res.*, Vol. **87**, p. 10331, 1982.
[8] Hoeksema, J. T., et al., *J. Geophys. Res.*, Vol. **88**, p. 9910, 1983.
[9] Saito, T. and D. B. Swinson, *J. Geophys. Res.*, Vol. **91**, p. 4536, 1986.
[10] Wilcox, J. M. and A. J. Hundhausen, *J. Geophys. Res.*, Vol. **88**, p. 8095, 1983.
[11] Bohlin, J. D., Recent Advances in the Understanding of Structure and Dynamics of the Heliomagnetosphere During the Current Maximum and Declining Phase of Solar Activity, Nagoya Uni., p. 172, 1984.
[12] Dollfus, A. and Z. Mouradian, *Solar Phys.*, Vol. **70**, p. 3, 1981.
[13] Weber, E. J. and L. Davis, *Trans. Ann. Geophys. Union*, Vol. **48**, p. 171, 1967.
[14] Parker, E. N., The Sun and the Heliosphere in Three Dimensions (Ed. by R. G. Marsden), D. Reidel Pub. Co., p. 33, 1986.
[15] Pizzo, V. J., Solar Wind Fire, NASA Conference Publication-2280, p. 675, 1983.

Inner Boundary of the Heliosphere

Zhao Xue-pu

(Department of Geophysics, Peking University)

Abstract

There is no extensively accepted definition for the inner boundary of the heliosphere although the nomenclature——heliosphere——is increasingly used in the scientific presentations in the space physics. After commenting some definitions of the inner boundary, the alfvenic points are suggested to be the inner boundary of the heliosphere. The definition is consistent with the concept of the wind sphere, and convenient for determination of the angular momentum loss of the Sun by the solar wind.