

## 自然界中存在磁场零点 ---我国发现太空磁重联结构的意义

而鸣

**Abstract:** 2006年以中国科学院国家天文台肖池阶研究员、北京大学王晓钢教授、濮祖荫教授等为主的研究小组,首次发现自然界中存在磁场零点之后,2007年又合作完成三维磁重联完整几何结构的卫星观测研究。这一成果的“亮点”,被称为“朝着太空天体等离子体中的三维磁重联的完整图像更前进了一步”。

**[而鸣. 自然界中存在磁场零点. ---我国发现太空磁重联结构的意义. *Academ Arena* 2026;18(6):118-120].**

ISSN 1553-992X (print); ISSN 2158-771X (online). <http://www.sciencepub.net/academia>. 04.

doi:[10.7537/marsaaj180626.04](https://doi.org/10.7537/marsaaj180626.04)

**Keywords:** 然界; 磁场零点; 三维磁重联; 几何结构; 卫星观测; 太空天体; 等离子体

### 【0、引言】

2006年以中国科学院国家天文台肖池阶研究员、北京大学王晓钢教授、濮祖荫教授等为主的研究小组,首次发现自然界中存在磁场零点之后,2007年又合作完成三维磁重联完整几何结构的卫星观测研究。这一成果的“亮点”,被称为“朝着太空天体等离子体中的三维磁重联的完整图像更前进了一步”。

### 【1、磁零点是什么】

在太阳活动的广阔舞台上,有一处奇特的现象与地球上的台风眼相仿,那就是太阳的“磁零点”。

这个磁零点,犹如太阳风暴中的平静岛屿,尽管周围的电磁风暴强烈无比,足以导致地球磁场的剧烈扰动,甚至影响无线通讯的正常运行,但在这个特殊的区域,磁场强度却骤然降至零。它就像风暴中心的宁静地带,揭示了太阳活动的复杂性与规律性。

在这里科学家们得以窥探风暴的内部构造,研究太阳对地球影响的机制。这一发现不仅深化了我们对太阳活动的理解,也为预测和防御太阳风暴带来的影响提供了新的线索。

即磁零点是指磁场为零的孤立奇异点,在三维空间的测度为零。

磁零点是磁重联的发生地,磁力线在此断开并重新联接。磁零点周围的磁力线存在螺旋结构,这与磁零点的拓扑理论完全相符。它的发现,是中国科学院国家天文台,通过系统分析中国“双星”计划和欧洲宇航局“星簇”计划等多颗卫星的观测数据,首次证明磁零点存在于磁重联中心区域,并发现磁零点周围的磁力线存在螺旋结构。

这一发现对开展三维磁重联理论的下一步研究工作,有重要的启示作用。即它的科学意义是对理解磁场的变化和磁重联过程具有重要意义。因为磁重联是太阳风与地球磁场相互作用的重要过程,了解磁零点的存在和特性,有助于更好地预测和应对太阳风暴等自然灾害。

### 【2、磁重联是什么】

磁重联,或磁力线重联,又称磁场湮灭,是天体物理中一种非常重要的快速能量释放过程,也是磁能转化为粒子的动能、热能和辐射能的过程。普遍认为,太阳上的能量释放就是磁重联导致的。

磁重联,取描述磁力线“断开”再“重新连接”的物理过程的意思;涉及两组具有反向分量的磁力线相互靠近并重新连接的物理过程。在这一过程中,磁力线会在电流片处湮灭,使磁能转化为等离子体的动能、热能和辐射能等。磁重联是科学家迄今知之甚少的神秘领域之一。2016年6月21日中国天文学家,首次观测到太阳上一个全新物理现象---磁重联可以释放磁纠缠。即称磁力线重联或磁场湮灭。

磁重联的基本过程是方向相反的两磁力线靠得足够近时,它们之间形成强电流片,磁力线发生拓扑重构。磁重联在宇宙中普遍存在,是等离子体中一种基本的磁能快速释放过程。它在天体物理、空间物理和实验室等离子体物理中扮演着极为重要的角色。例如,在太阳耀斑、日冕物质抛射以及磁层亚爆等爆发性空间现象中,磁重联是主要的能量释放机制。此外,磁重联还与地球的极光形成有关,并且在地球的磁尾中观测到了其影响。最新研究进展表明,这些研究不仅加深了对磁重联这一基本物理过程的认识,还为研究类太阳恒星、中子星、黑洞等其他天体的耀发和高能辐射提供了重要参考。

### 【3、再议磁零点的发现】

中国科学院 2006 年以国家天文台肖池阶研究员为主的研究小组，通过系统分析中国“双星”计划和欧洲宇航局“星簇”计划等多颗卫星的观测数据，首次证明磁零点存在于磁重联中心区域，发现磁零点周围的磁力线存在螺旋结构，这与磁零点的拓扑理论完全相符。这一发现对开展三维磁重联理论的研究，有重要的启示作用。

磁零点，因为它就像地球上的台风眼---别看台风呼啸横扫数百公里，小小的台风眼里却风平浪静。中国天文学家发现，来自太阳的电磁风暴同样也有台风眼---尽管“太阳风暴”袭击地球磁场时，甚至可以引起无线通讯中断，但在台风眼之中，却有个磁场为零的地方。

科学家只是从理论上推测，在太阳风暴、核反应中，“应该存在”一个非常重要而奇特的“点”---磁零点。中国天文学家通过卫星观测数据，真实地“捕捉”到了宇宙中的磁零点。

磁零点是磁重联的发生地，磁力线在此断开和重新联接。

磁零点的发现，是中国天文学家在探索太阳物理学领域的重要突破，它挑战了我们对太阳风暴的传统认知，提示了更深层次的物理现象。通过进一步的研究，我们或许能揭开更多关于太阳活动的秘密，从而更好地保护地球上的通信系统和电力基础设施免受太阳风暴的潜在威胁。

### 【4、3-D 磁场零点拓扑结构】

早在 2001 年 10 月 1 日欧洲宇航局卫星簇，就穿越磁尾磁重联区，卫星观测到磁场的  $B_z$  分量存在双极变化，同时伴随着电子密度的增加以及能量大于 keV 的电子通量的增强。重构结果所示的磁零点，快速的运动和演化(移入或移出重构区域，合并消失及成对产生等现象)，使得重构区内磁零点的数目不断变化。磁零点簇的这种急促的演变过程，使得磁场呈现出类似湍动的性质。湍动演化区域的大小在离子惯性尺度以下，因此该湍动特征是离子尺度的一种现象。

这段时间内伴随的电子密度及被加速电子通量的升高，可能与磁零点簇的演化有关。磁重联是能量转换的非常重要的基本等离子体物理过程之一，过去磁场重联的理论、数值模拟和观测研究，大多是集中在二维模型下进行，而实际的磁场重联涉及三维非线性过程，对于三维情况下磁场重联及其相关的奇异结构的基本性质还未完全解决。

当两条磁极方向相反的磁力线与磁零点无限接近的那一瞬间，两条磁力线开始“重新联结”：同时从中断开，并连接成两条新的磁力线---一条带着太阳风暴的等离子体飞向太空，另一条则缩向地球，它所携带的高能粒子“撞”进地球南北两极的大气层，形成极光。

据国家天文台汪景琇研究员介绍，只是在理论上推测磁零点的存在，但利用国家天文台赵辉博士发展的微分拓扑学方法，通过实际观测数据分析，发现了磁重联的中心区域存在磁零点，并计算出磁零点周围的磁力线存在螺旋结构。由于磁重联存在于太阳耀斑、磁约束核聚变等重要物理过程中，是能量转换和加速带电粒子的基本机制之一，因此，这一发现有助于彻底解决磁重联理论中一些长期悬而未决的难题。如 3-D 磁场零点拓扑结构是指磁力线在磁场零点处的特殊排列方式，通常表现为螺旋结构。这种结构在自然界中广泛存在，特别是在太阳风暴和地球磁场相互作用时，磁零点表现得尤为明显。

这一发现对于理解磁场重联等中的磁场零点，即磁场消失为零的点；为了研究零点附近磁场的局部结构，不失一般性。

如将磁场零点取在  $r=0$  ( $r$  是位置矢量  $(x, y, z)$ ) 处，利用泰勒级数展开(将其一阶展开，即假设磁场在零点周围是线性变化的)，可以将零点附近的磁场表达为  $B(r)=\delta B \cdot r$ 。

应用该方法，需要在空间中已知由某种物理量构成的封闭曲面。2000 年发射的欧洲宇航局卫星簇，在空间中构成四面体，同一时刻由它测得的磁场数据形成了空间封闭曲面，可以运用上述方法计算在某时刻是否观测得到磁场零点。该方法可以判断零点的存在，然后通过梯度矩阵特征值特征向量重构出零点附近磁场几何结构。

磁零点研究对深入理解三维磁场重联微观过程有着至关重要的作用，欧洲宇航局星簇提供的空间四点探测数据，为研究磁场重联中奇异点磁场位形结构提供了机遇。将数学上判断奇异点的方法结合到空间多点磁场观测数据，研究了磁场重联扩散区中磁零点结构，通过计算零点位置和轨迹，估算了其运动速度和轨迹；研究表明，在磁场重联扩散区存在磁零点和可能的双零点磁结构。

磁场重联形成的磁岛和等离子体团，随时间而运动。此外，三维非稳态的磁场重联还可以形成磁通量绳。因此结合计算机模拟和卫星观测，深入研究磁场重联扩散区中关于零点和多零点结构和相互关系，伴随零点的粒子的加速和波动过程及其与磁场重联的内在联系，对理解和揭示三维磁场重联的物理实质和微观与耦

合过程具有十分重要的意义。因此这一工作刚一发表，就引起了国际学术界的广泛关注。称这一成果“揭示了前所未见的三维磁场的‘天然舞姿’”；“这一工作确实是朝着（确立）三维磁重联观测基础的重要进展”。

#### References

1. Baidu. <http://www.baidu.com>. 2026.
2. Cancer Biology. <http://www.cancerbio.net>. 2026.
3. Google. <http://www.google.com>. 2026.
4. Journal of American Science. <http://www.jofamericanscience.org>. 2026.
5. Life Science Journal. <http://www.lifesciencesite.com>. 2026.
6. Marsland Press. <http://www.sciencepub.net>. 2026.
7. National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>. 2026.
8. Nature and Science. <http://www.sciencepub.net/nature>. 2026.
9. Stem Cell. <http://www.sciencepub.net/stem>. 2026.
10. Wikipedia. The free encyclopedia. <http://en.wikipedia.org>. 2026.
11. ChatGTP. <https://chat.openai.com/auth/login>. 2026.