

“马赫带”与认识论

萧静宁 戴老红

奥地利著名物理学家、哲学家恩斯特·马赫(Ernst Mach, 1838—1916)是一个在科学上和哲学上有重大影响的人物。近年来,我国理论界对马赫及其认识论正日益予以重视。尽管马赫的自然科学认识论观点曾被人们从不同角度赋予种种不同的名称,但正如董光壁所指出的:“马赫的认识论研究的最大特征在于,他把人类的认识活动看作是一种自然现象,对它进行物理学的和感官生理学的研究,也就是说,他企图把认识论作为一门经验科学来研究”^①。马赫的这种认识论研究的方向体现了他作为一个自然科学家的本色。本文试图从马赫所强调的认识论的生物学特征出发,结合脑科学研究的进展,对马赫从物理学转向感觉的分析,以及他在后一领域内突出的实验成果——鲜为人知的“马赫带”现象进行较为细致的考察,以期从一个侧面揭示马赫认识论观点中至今仍有积极意义的东西。

马赫作为一个物理学家,在四十年的科学生涯中,常常转到感觉的分析这个领域。对于这种转向,1885年11月马赫在《感觉的分析》一书第一版序言中说,这是由于他“深信全部科学的基础、特别是物理学的基础,须等待着生物学、尤其是感觉的分析作进一步的重要阐明”。1900年4月在该书第二版序言中,他把自己的认识论研究直接称之为“认识论的物理学研究”和“对于感官生理学的研究”。马赫强调“感性事实既是物理学家用思想适应经验的一切活动的出发点,也是它们的目的”^②,并认为“表象会多少准确地摹写事实这个问题,象一切其他问题一样,是个自然科学的问题。”^③显然,马赫是要把认识论作为实验科学来研究的。这对于克服自笛卡儿以来把对人的认识的研究局限于思辨哲学的倾向,无疑是有积极意义的。当把认识作为人对客观世界的反映过程来考察时,首先发现的是,无论什么样的认识活动,而特别是科学知识的获得一刻也不能离开观察与实验,即感觉是认识的起点和知识的唯一源泉。马赫对感觉分析的重视与当时物理学尚建立在感性经验的基础上是分不开的,也是与他所从事的物理学研究的实践分不开的。因此,马赫特别注重研究认识的生理基础,他希望把物理学、生理学与心理学联系起来,借助于感官生理学的研究来解释人的认识过程,推动物理学的发展,以克服他所认为的“形而上学”哲学的弊端。同时,他还借助于物理学的概念和方法来推动感官生理学的研究,以建立一个统一的物理、生理和心理的交叉领域。可见,“马赫认识论的大目标是要把认识论提高到新的科学实践的高度”^④。

马赫对认识论所表现出的这种兴趣的思想渊源,是来自康德哲学的启蒙。他十五岁时,如饥似渴地阅读了偶然得到的康德的《未来形而上学导论》后,便对认识论产生了浓厚的兴趣,与哲学结下了不解之缘。后来,马赫“很快就放弃了康德的批判唯心主义”,而“转向了在康德那里已明显含有的贝克莱思想,并且逐渐地转向了一种批判的经验主义”^⑤。但马赫日后仍深为感激地提到康德哲学对他的一切批判思想所给予的不可磨灭的启发。马赫在不知道休谟的情况下,其某些思想与休谟的观点不谋而合。这些表明,马赫在哲学上是沿着唯心方向发展

的，然而他作为一个实验科学家，从自然科学出发，他又不可避免地具有唯物主义观点和辩证法思想。这就使得马赫的哲学体系成了一个混杂的、自身充满矛盾的体系。马赫虽然承认他受到康德的影响，但他具体涉足于感觉分析的领域，则是同他的科学实践活动密切相关的。

马赫是众所周知的熟练的实验物理学家。他在物理学领域的研究中，走过了不平坦的道路，取得了一系列重大成就，并将他的实验研究成果写成了许多物理学著作。他在很多方面的独特建树，表现了他的实验研究才能和科学的思维方式。正是科学研究的实践，使他产生了把物理学应用于生理学和心理学兴趣，并推动着他在这个交叉的领域中坚持不懈地探讨和研究认识论问题。

马赫在科学生涯的早期就致力于感觉的分析，并提出了三条可行的途径，即从心理方面分析；或按照物理学的方法研究与感觉相对应的物理或生理过程；最后也可以追究从心理方面可观察的东西和相应的物理（生理）过程的联系。他希望在心理学对感觉分析的细节上，尽可能找到同样多的、相对应的神经过程的细节。这些具有远见卓识的观点，实际上正是目前脑科学、实验心理学研究感觉所遵循的一般原则。

马赫进入感觉分析的领域，显然受到创立心理物理学的关键人物费希纳的最大鼓舞，但他并不赞成费希纳提出的物理的东西和心理的东西是同一个实物的两面这种看法，而提出了心理的东西与物理的东西完全平行的原理。他依据这一原理实地作了大量有关感觉分析的实验研究，并取得了多种重要成果（其中关于“马赫带”的发现我们将要在下面着重加以说明）。上世纪六十年代，马赫发表了他关于视觉的空间感觉、时间感觉以及有关听觉的研究成果。七十年代，他出版了《运动感觉学说》一书，对他有关旋转知觉的著名研究进行了总结。他通过实验研究而提出的一种说明内耳三个半规管在身体转动知觉中的作用的学说，至今仍保持着生命力。马赫关于视觉、听觉、体觉、平衡觉等的多种实验研究以及他提出的经验整体不等于各部分知觉总和的重要思想，使这位一再声称不是心理学家、生理学家的马赫，当之无愧地跨入了感觉生理学和心理学家的行列。

马赫不仅是一位熟练的实验物理学家，而且也由于他对感觉分析的如此倾心而成了一位锐敏的感觉生理学和心理学家。他对感觉分析的实验结果的一般原理所作的扼要概述和总结，多被编入实验论文集出版问世，为后人所引证。他还以生动明晰的文笔，深入浅出、引人入胜的思想专门写了他最重要的科学哲学著作《感觉的分析》。该书在十余年间共版六次，其受欢迎的程度完全出乎马赫本人的意料。这本书中除对认识论作了哲学上的分析外，还有第六、七、八、十、十一、十二、十三章是大量关于认识的感官生理学和神经过程的专门知识。在《感觉的分析》一书中，有关哲学上的表述显然是与唯心主义死死纠缠在一起的。关于这方面列宁已进行了坚决的抨击。对此，爱因斯坦也曾深刻地指出：“一位胆大心细的研究者在解释事实上也可能受到哲学偏见的阻挠”^⑥。马赫自己也承认：“我的由要素（感觉）构成的世界，不特自然科学家，而且职业哲学家，都觉得太轻浮。”^⑦是的，我们不应该原谅科学家马赫在哲学上的拙劣和偏见，但也不应该一看到唯心主义的表述就将马赫哲学思想中合理的东西全部抛弃。列宁在尖锐批判马赫的同时曾合乎实际地指出，马赫“机械地把贝克莱主义的一些片断言论和自发地站在唯物主义认识论立场上的自然科学的见解掺杂在一起”^⑧。马赫的要素说就明显地表现了他的这种不彻底性和思想混乱。因此，我们在批判要素说中的唯心主义观点的同时，也应当看到其中所包含的有积极意义的方面。

马赫有一句名言：“凡是科学莫不为观察的，而观察的主要资料莫不为感觉的。”^⑨他认为

一切知识、经验的获得都来自感觉，感性世界既属于物理学研究的范围，同时也属于心理学研究的范围。他出自将物理的和心理的这两种经验事实联系起来的愿望，提出了“要素”这个他认为在所有科学领域中都能坚持的概念。在马赫看来，世界是由要素构成的，要素既构成物理世界，也构成心理世界，因此他希望通过要素把物理世界与心理世界统一起来，形成一元论的宇宙结构，以摆脱恼人的、引起思想紊乱的二元论概念。他企图用要素说来探讨科学概念的起源和发展，把研究要素的结合、联系和相互依存关系当作科学的唯一任务，从而把认识论研究具体化了。可以认为，马赫是从“统一科学”的目标出发提出要素说的，而统一的科学观是把认识论作为实验科学来研究的一个重要原则。尽管要素说中有同贝克莱遥相呼应的“物是要素的复合”这一唯心主义命题，但马赫用要素来探讨科学的产生与知识的统一则是可取的，难怪有人称他为“统一科学运动”精神的创始人之一。马赫的这种科学观也反映出他力求找出客观物理世界与人的身体、主观意识之间的联系规律，这恰恰抓住了认识论中的一个最基本的问题。

正是通过要素说，马赫将最广义的物理学同心理学联系了起来，为他所主张的心理—物理相平行的原理提供了理论基础。马赫从自己的科学实践出发，对心理的东西和物理的东西的关系、心理学和物理学的关系作了许多明晰的阐述。他反复强调生理学研究具有绝对的物理学性质，一切心理的事实都有物理的根据，为物理现象所决定，虽然心理的东西与物理的东西不同，但二者之间没有任何不可逾越的鸿沟。他举例说：“我们一俟注意到一个颜色对其光源（其他颜色、温度、空间等等）的依存关系，这个颜色就是一个物理学的对象。可是，假如注意这个颜色对网膜（要素 KLM…）的依存关系，它就是一个心理学的对象，它就是感觉了。在物理学领域和心理学领域里，并不是题材不同，只是探求的方向不同罢了。”^⑩马赫在感觉分析的领域中致力于寻找心理活动的物理（生理）基础，他提出“假使正当我感觉着什么东西的时候，我自己或别的什么人能用一切物理和化学的方法来观察我的头脑，那就可以确定一定的感觉和有机体中所发生的哪些过程有联系”^⑪。在这里马赫完全正确地指出我们的感觉不仅同客观的物理世界相联系，也同我们的整个身体和头脑中发生的过程相联系。

马赫作为一个物理学家，一贯热心于把物理学的概念和方法运用于生物学和感觉的分析，并提出如果物理学能顺从生物学的进展，那末物理学在生物学中所起的作用就会更大。另一方面，他也认识到生物学的发展对物理学发展的影响。他举出众所周知的伽瓦尼发现生物电的事实说明了物理学和生物学之间含有同样的基本事实。生物学的研究能促进物理事实的发现，开辟物理学的新领域。

马赫在上世纪末所倡导的心理—物理平行的原理和他依此所进行的大量实验研究，完全符合神经科学（脑科学）、认知科学发展的进程。本世纪以来，随着数理化和新兴技术科学的迅速发展及其向生命科学的渗透，给脑研究带来了新的实验手段和新的概念。对脑活动基础的种种物理学和化学程序的揭示，在探索大脑奥秘的进程中树起了一座又一座重要的里程碑，从而不断用新的事实表明马赫的“实证主义在科学中是一股生气勃勃的力量”^⑫。从马赫带现象的发现到侧抑制作用的揭示，就是一个有力的证明。

“马赫带”（Mach bands）是上世纪六十年代马赫在感觉的分析中首次发现的一种视觉生理心理现象。马赫以他独特的思维方式科学地预见到这种现象是视网膜神经组织功能活动的表现和相互作用的结果。一百多年后，美国著名神经生理学家、诺贝尔奖金获得者哈特莱（H. K. Hartline）等通过对蛙的视觉信息的精密分析，从微观领域成功地证明和按马赫的预见科学地解释了古老的马赫带现象。这一富有戏剧性的科学进程是耐人寻味的，它为马赫

认识论的生理基础提供了现代实验科学的新证据。

马赫带是鲜为人知的。我们不妨先从日常生活中的现象谈起。当你背对太阳仔细观察自己的身影时，就会发现一种有趣的现象：太阳地里的光线很强，亮度是均匀的；你的身体的全阴影区亮度很低，也是均匀的；而在这明暗交界的半阴影区，你会发现靠近亮区有一条更亮的亮带，靠近暗区有一条更暗的暗带。如果你晃动身体，这种亮带和暗带就更明显。这说明“人的眼睛有一种倾向，能在照明显著不同的区域之间的边界附近看到亮带或暗带。”^⑬这种亮带或暗带是马赫首先发现并研究的而被后人称之为“马赫带”。

马赫带的发现多少带有一点偶然性。马赫在进行有关视觉的空间感觉实验时，设计了一个白色圆盘，并在上面画有不同大小的黑色扇形，当此圆盘作快速旋转时就可以产生各种光亮的空间分布。结果发现，当此圆盘旋转时，盘上的黑色扇形不见了，而呈现出均匀的浅灰色；随着黑色扇形面积的加大，旋转后的均匀灰色相应变暗。在这里，并没有什么特别的地方。但是，当采用黑色组合扇形人为地造成白圆盘内圈与外圈亮度的空间分布具有从强到弱的明显梯度变化，再进行旋转时，马赫意外地发现，在亮度明显变化的交界处不是意料中的那种亮度的连续对比变化，而出现了明显的亮带和暗带。马赫以作图的方法对这种由心理物理实验获得的主观感觉曲线同他实测计算的物理学亮度分布曲线——客观亮度曲线进行了对比^⑭，非常清楚地显示出两者的差异。以纵坐标代表亮度，横坐标代表距离，发现客观亮度曲线同主观感觉曲线基本上相平行，只是在亮度的空间分布从高水平陡峭地转到低水平的转折区，主观感觉曲线在亮度的高水平处出现了一个向上偏转的小波，而在低水平处则出现了一个向下偏转的小波。这两个方向不同的小波相应代表更亮（最大值）和更暗（最小值）的两个光带。这就是马赫用实验方法所显示的鲜明的马赫带现象。

主观感觉曲线同客观亮度曲线为什么会有这样的差异？这在当时还不能解释，人们对此亦有不同的看法。有人认为这只不过是一种“光学上的错觉”、“无意识的推论”或“判断错误”，不值得深入研究。也有一些人则由于马赫带是如此鲜明，而把它误解为一种新性质的光波。如在X射线发现后不久，有的研究者把马赫带误解为X射线衍射图中的最大值和最小值，并试图进行测量，由这些值推算X射线的波长。这当然是错误的，因为这种明暗带实际上并不存在，而只是一种视觉的生理心理现象。在马赫看来，“一切科学总是以事实在思想中的模写为其出发点”^⑮的，“精确的观察和巧妙的本能是科学家完全可以信赖的导师。”^⑯他据此大胆提出这种明带和暗带是由于网膜网上相邻部分之间相互作用的结果，并说明了马赫带产生的原因和意义：“视网膜上任何一点，只有当它的活性高于或低于其附近点时，才能被感知。如果它与周围情况一样就不起作用，如果它高于（或低于）周围情况就突出出来。人们可以把这种现象比拟为：视网膜在画漫画。这一过程的目的论意义是很明显的。这类似于一种抽象和概念形成过程。”^⑰马赫说视网膜在画漫画，实际上就是说通过视网膜的活动把物体的最主要特征勾画出来了，从而使人们看到物体的最醒目之处，对之加以强调与抽象，这对于认识事物的特征是至关重要的。在1865—1867年的三年中，马赫关于这种奇异的发现写下五篇论文，进一步肯定了神经抑制在视网膜相互作用中重要性。这正如哈特莱所说，“马赫已经清楚地认识到了抑制在视觉中的作用。”^⑱

关于抑制在神经整合机能中的意义是神经生理学中的一个重要问题。马赫作为一个物理学家，能根据马赫带这种简单的现象，提出了关于视网膜中存在相互作用的想法，并强调抑制在相互作用中的意义，这不能不令人十分钦佩。只是限于当时的科学水平，马赫未能深入进行这方面的研究，而且他提出的完全正确的关于神经抑制的科学预见或假说也被忽视了近

三分之一世纪。直到上世纪末,一些科学家又独立地重新发现了这些视觉中的明带和暗带,其中温德(C. H. Wind)在偶然得知马赫的工作时,才将其命名为马赫带。至今国外仍有以马赫带为主题的著作出版。马赫不仅把马赫带产生的原因归于视网膜的抑制作用,他还提出“二次微分数学模型”对马赫带作了宏观的、近似的、定性的描述。这也是最早以数学模型表达感觉器官的“勾边”效应,从而开创了数学向感觉生理学渗透的先例,具有重要的意义。

科学是有继承性的。一项重大的科学成果往往可以追溯到历史上的先驱者的业绩。哈特莱等通过对鲎眼视觉的近四十年的电生理学研究,提出了“侧抑制”这一重要概念,完善地解释了一百多年前发现的马赫带现象,从而开创了用神经生理学完满解释心理现象的先例。1967年,哈特莱在获得诺贝尔奖的著名演说中这样说道:“在视觉生理中‘同时性反差’和‘边界反差’之类是大家所熟知的。一个世纪以前马赫就正确地把它们的原因归之于视觉系统中的抑制性相互作用。”^⑩众所周知,现代神经生理学是建立在谢灵顿整合概念基础之上的,而神经系统活动的兴奋和抑制的相互作用是整合功能的基础。哈特莱的主要合作者、美国洛克菲勒大学生物物理学和生理心理学教授雷特利夫(F. Ratliff)对马赫带有深入的研究,对视网膜的神经整合功能颇感兴趣。他在《视网膜的逻辑》^⑪一文中追溯侧抑制概念形成的历史背景时,指出关于视网膜有着自身的、基于相反相成的某种逻辑的思想首先应归功于十九世纪在此领域中的包括马赫在内的四位巨匠的贡献,认为正是由于马赫等人独立发现的视网膜的相邻部分之间存在着互补的或相反的相互作用的概念,奠定了正确理解视觉系统心理生理学的基础。可见,哈特莱关于侧抑制概念的提出,是受到马赫等先驱者关于视网膜存在着相互作用这一思想的启发的,是对马赫带现象的创造性的深入研究的成果和成功的现代科学的证明,是科学自身合乎逻辑发展的结果,是遵循着马赫的天才预见从视网膜本身的活动中去揭开马赫带现象之谜的令人鼓舞的事件。

在先驱者的启发下,哈特莱等之所以能成功地把视网膜信息分析的研究推进到一个崭新的水平,揭示出侧抑制作用这一神经系统处理信息的基本原则之一,这首先是同他们选择鲎作为实验动物分不开的。哈特莱曾不止一次地提到选择鲎这种奇特的实验动物是一件极大的幸事。鲎是一种原始而古怪的海洋节肢动物,个大,背甲直径可达1—2尺,用鳃呼吸,形态似蟹,又酷似一只马蹄,故也称马蹄蟹。据考证,在四亿年前鲎即在地球上出现,但繁衍至今,其形态与地层中的鲎化石一模一样,故有“活化石”之称^⑫。鲎最奇特之处在于它有四只眼,中央前端是一对单眼,两侧各有一只复眼。复眼是鲎的主要视觉器官。复眼很大,长约2厘米,宽约1厘米;每只复眼约由1000只小眼组成;每只小眼都由自己的光学系统、感觉细胞和神经纤维组成,各是一个独立的视觉感受单元。小眼的神经纤维较粗,便于分离出来进行电生理实验。用微电极插入单根神经纤维内记录小眼在受光照时的电信号的发放,可以精确地考察各小眼的相互作用。因此有人认为鲎的复眼好象是大自然专门设计出来用以研究侧抑制作用的。哈特莱早在1931年就选中鲎作为理想的实验材料。虽然鲎是非常低等的动物,其眼的结构和功能比人眼简单得不可比拟,但科学实践证明,对低等动物某一生理机能的研究则往往为高等动物和人的同一生理机能的研究提供必不可少的基础。

哈特莱的成功可以说是生命科学研究中的还原方法的又一胜利。他精心设计了巧妙的实验方法,分析光照刺激与小眼反应之间的关系。为了考察各小眼间的相互作用,哈特莱首先用一束光集中照射某一只小眼,而将周围其他小眼遮盖起来,使之不受照射。这时只有从光照小眼的神经纤维中才能记录到一定频率的电脉冲。如果以该小眼为中心,扩大光照面积,

则该中心小眼的发放频率比单独受光照时降低。这是一种用已有知识所不能解释的奇特现象，研究者对此激动不已，因为这往往意味着可能有新的突破。这种新奇的现象因具有确定的可重复性而被肯定。据此，哈特莱合乎逻辑地提出：中心小眼电脉冲发放的降低是由于周围小眼对它的抑制作用所引起的。进一步研究表明，这种抑制作用在各小眼之间是相互存在的。在对两只小眼的定量分析时发现，当 A 眼和 B 眼分别受到光照时，各具有一定的放电频率（分别为每秒 53、46 次）；当 A 眼和 B 眼同时受照射时，其发放频率均明显下降（分别每秒 43、35 次）。对多只小眼的研究进一步证明了相互抑制作用的存在。哈特莱认为，这种由电生理学实验所发现的抑制作用必定有其结构上的基础。通过深入细致的组织学研究，在微细结构上弄清了鲎复眼中各小眼之间有许多侧向神经联系，它们形成了一个网络系统。正是鲎眼的这种神经网络构成了实现抑制作用的通道。哈特莱和他的合作者将这种通过侧向神经联系而实现的抑制作用称为侧抑制作用，将这种实现侧抑制作用的神经网络称为侧抑制网络。

为了阐明鲎眼的侧抑制作用对鲎的视觉机能的意义，哈特莱进行了独具一格的实验设计。他用一种特殊的光照刺激分别考察在没有侧抑制作用和有侧抑制作用参与下鲎的小眼的电脉冲发放的特征，并用作图方法表示两者的差异。他采用一种明暗阶跃图形的小光带（一端亮，一端暗，中间有明显的强度梯度变化）先扫描一只小眼，其他小眼均遮盖起来。这时所记录到的该小眼的发放频率分布即是没有侧抑制作用参与下的反应，它与光强度的物理分布基本一致，此即是实验对照。当撤去遮盖物，所有小眼均受到光带扫描时，由于侧抑制作用的参与，该小眼发放频率降低，模式改变，与光照强度的物理分布有很大差异，差别最大处是在光照强度明显变化之处，神经冲动频率发放出现了一个最大值（曲线出现向上偏转的小波）和一个最小值（向下偏转的小波）。有意思的是，作图表示的神经脉冲出现最大值和最小值的地方，也就是在对人的心理生理实验中所看到的知觉的明带和暗带（马赫带）的地方^②。这就令人信服地表明：由鲎眼视网膜侧抑制神经网络产生的视觉生理现象和人眼主观感觉到的马赫带现象是极其相似的；或者说，哈特莱用神秘的科学实验方法在鲎的实验小眼上直接观察到了由于侧抑制作用参与所致的“马赫效应”。这就从细胞水平上成功地证明了马赫带现象的存在，并解释了它形成的原因，从而雄辩地证实了马赫的科学预见。

那末，侧抑制作用有什么意义呢？对于鲎来说，在侧抑制作用参与下，它的小眼在对光线的反应中，在光强度发生明显变化的地方出现了最大值和最小值。这就意味着外界景物在鲎眼中所形成的映象亮的地方更亮些，暗的地方更暗些。这对于生活在昏暗水中的鲎能看清外界物体轮廓以准确觅食避敌，具有重要的生物学意义。正是由于侧抑制作用的存在，才能使眼睛对所接受到的光学信息予以抽提加工，从而增强边缘反差，并通过侧抑制作用而略去细节，突出轮廓，使图像更加清晰，因为物体的轮廓能够提供认识对象的最主要的信息。

轮廓与反差在图像识别中具有重要意义。画家只用寥寥数笔即可勾画出一匹马的轮廓，它所提供的信息量同真实的一匹马相比少得无可比拟，但却使人有栩栩如生的感觉。若用淡淡的水墨在所画的一轮明月周围涂上几笔，虽然实际上画上的明月与夜空的光亮度是一致的，但却使人产生月更明夜空更黑的生动印象。这就充分表明了轮廓与反差在图像识别中的重要作用。事实上，这正是利用马赫效应所产生的特殊艺术效果，而这种特殊艺术效果的产生也恰恰是由于侧抑制的作用。侧抑制在神经网膜中的功能之一就是增强反差，通过侧抑制作用对感觉信息的畸变达到突出视觉景色的重要特征和增强空间分辨的目的。对此，哈特莱是这样说的：“抑制在视觉中就如同在神经功能的其它地方一样，起着一种普遍而又微妙的作用。视网膜抑制在由光所产生的基本兴奋之上又加上了一种造型性的影响，增强了空间变化和时间

分辨,并且提供了一种增强反应灵活性的机制。”^②这表明了视网膜是一个十分活跃的器官,而不是一个被动的、机械的传感器,它具有灵活接受信息的能力,能在十分复杂的信息中识别出特定的图像模式。

侧抑制作用的揭示是一项获得1967年度生理学或医学诺贝尔奖的重大的突破性成果。目前已清楚地知道,从萤这种古怪的低等动物到人,从外周神经系统直至中枢神经系统的各级水平,从视觉到其他各种感觉系统都普遍存在着侧抑制作用,它是神经系统处理信息的一项基本原则。由于侧抑制作用是侧抑制网络的一种重要的功能特征,所以凡是同人的感觉器官打交道的科学技术领域以及模仿人的智能活动的研究领域都在考虑利用这一原理。目前对侧抑制网络中的信息处理的研究已由生物原型进入到数学模型与电子模型的理论 and 实践的研究,成为生物学同工程技术科学互相渗透、相互结合的一个范例。这反映了马赫所追求的统一科学的发展趋势。

马赫从物理学转到感觉的分析,无论他对马赫带的发现和研究,还是他关于马赫带产生原因的科学预见,都充分证明了马赫把认识论作为实验科学来研究这一思想的正确性。脑科学正沿着马赫的心理—物理平行的路线大步向前。继哈特莱的杰出研究之后,八十年代初,在哈特莱等对侧抑制和外周感受野研究的基础上,休贝尔和韦塞尔又在大脑皮层水平上进一步阐明了视觉信息的编码方式,从而大大加速了揭示大脑——人类认识器官奥秘的进程。现代科学所提供的新概念和新资料正在使人们对认识论的理解和研究不断深入。可见,马赫把认识论同自然科学的关系提到十分重要的地位,把他的认识论研究建立在实验科学的基础上,这在认识论研究中,是一个大的进步。

恩格斯曾赋予科学以崇高的地位,把科学看作是推动哲学发展的真正动力。他指出,推动哲学家前进的不只是纯粹思想的力量,而“主要是自然科学和工业的强大而日益迅速的进步”^③。随着社会实践和科学技术的发展,认识论研究已成为哲学研究中的主题;而主体和客体的关系问题是认识论的基本问题,因此,科学地说明主体和客体的关系,就成为认识论研究中的一个迫切问题。马克思主义认识论一贯坚持从主体同客体的相互作用中来理解人的认识过程,不仅肯定了客体决定和制约着主体的活动,而且十分强调主体的主动的、创造性的活动,把人的认识看作是具有某种选择性的能动的分析与整合的过程。尽管人的认识具有鲜明的社会性,人的思维具有极大的能动性,但它们决不能离开人的认识器官的主动、积极的活动,而这种活动正有待于科学加以研究、揭示和说明。马赫带现象的发现和侧抑制作用对它的证明,从科学的一个侧面为主客体关系提供了重要的科学依据,这不能不引起我们的重视。

从以上的分析中可以看出,马赫带现象在认识论上的功绩就在于它第一次以实验科学证明了主体在认识过程中的积极作用。马赫发现人眼对外界事物的视觉映象与光度的物理强度并不是一致的,而这种“不一致”正是由于主体视觉器官的神经抑制作用造成的,从而肯定了人的主观感觉对于客观事物来说,发生了某种“畸变”,因而它不是对外界事物的呆板的模写,而是一种“漫画式”的表达。这样一来,人对外界事物的视觉映象似乎发生了某种“扭曲”,但正是这种“扭曲”才使人们看清物体的最醒目之处,从而提取出最少量的信息来把握事物的最主要特征。卡尔·波普尔在谈到认识过程时曾形容说,认识与其说是“随机摄影”,不如说更象一种有选择的“作画过程”。在这里,波普尔同马赫完全不谋而合。他们所强调的“画漫画”、“选择性作画”都要以客观存在的模特儿为前提,同时又都是一种能动性的创作而不是机械的随机摄影。这正如列宁所说的“模写决不会和原型完全相同”^④,表现了主体在认识过程中的能动

作用。所以，不管马赫本人如何解释，而他从科学实验中概括出来的这种观点，是有利于从唯物和辩证两方面来考察认识过程的。

注释：

① 董光壁：《马赫哲学评述》，《自然辩证法通讯》1986年第1期，第12页。

②③⑦⑩⑮⑯ 马赫：《感觉的分析》（洪谦等译），商务印书馆1986年版，第251、262、279、13、241、240页。

④ 见A·奈格利：《马赫与唯物主义》，《哲学译丛》1982年到1期，第77页。

⑤⑥ 转引自弗·赫尔奈克：《〈马赫自传〉遗稿评介》，北京大学外国哲学研究所编《外国哲学资料》第5辑，商务印书馆1980年版，第75、96页。

⑧⑯ 《列宁选集》第2卷，第39、241页。⑪ 转引自同书第38页。

⑨ 转引自E·G·波林：《实验心理学史》下册，商务印书馆1982年版，第445页。

⑫ 见周林东：《略论马赫的认识论与近代物理学》，《哲学研究》1981年第3期，第53页。

⑬ 引见《简明不列颠百科全书》第5卷“马赫”，中国大百科全书出版社1986年版，第53页。

⑭ 见F. Ratliff: Contour and contrast, Sci. Amer. 226(6), P. 91, 1972.

⑰⑱⑲⑳ 转引自顾及凡等编译：《侧抑制网络中的信息处理》，科学出版社1983年版，第121、33、21、22页。

㉑ 此文见上书第115—139页。

㉒ 见王谷岩等：《视觉与仿生学》，知识出版社1983年版，第121页。

㉓ 见W. N. Dember and J. S. Warm: Psychology of Perception, P. 226, 1979, New York.

㉔ 《马克思恩格斯选集》第4卷，第222页。