



编者按:

我国著名物理学家王淦昌先生极为关心中学英才教育,多次与本刊主编探讨这一关系千秋大业的话题。他在年事已高、科研繁忙之时,还审阅了张大同先生的《论“英才教育”》一文,写下了极为重要的评语,这对搞好英才教育、培养栋梁之材有着积极作用。

王淦昌先生审阅张大同先生此文的意见如下:“当此举国上下都在从事科技兴国的伟大事业时,很重要的一点:是要发现英才、培养英才,以为国家所用。兹介绍关于这方面有丰富经验因而有很大贡献的张大同同志(上海华东师范大学二附中物理学教师)的一篇文章。从这里可以得到启发,如何为国家培养出很多优秀的物理或其他学科的人才。”

最近十多年来,我一直致力于培养优秀学生,并努力探索培养英才的一些规律性的东西。

我校 91 届的王泰然和任宇翔同学,在第 22 届世界中学生物理奥林匹克竞赛中,为我国夺得两枚金牌。在 1992 年的第九届全国物理竞赛上海赛区的比赛中,我校高二年级的李晟、朱锋和杨亮三位同学,夺得了上海的第一、二、四名,这在上海的竞赛史上是前所未有的。在接下来的全国决赛中,朱锋和李晟又分别取得了一、二等奖。在 1993 年 8 月的全国第三届力学竞赛中,杨亮和李晟分别获得全国决赛的一、二等奖。同年 9 月

的第十届全国物理竞赛上海赛区的比赛中,我校同学在前二十名中占了十二席。是年 10 月 8 日,第十届全国物理竞赛决赛在湖南长沙举行,经过理论和实验两轮比赛,杨亮和朱锋一举夺得冠军,杨亮还同时获得理论最佳奖和实验最佳奖。同一学校的同学在全国大赛中取得这样好的成绩,在全国也是第一次。回顾这些成绩的取得,体会到尖子学生是不寻常的,而把这些好学生培养成英才必须有一套不寻常的方法。下面作者试图从英才的发现、英才的教育培养、英才的人格塑造、英才的集体形成等方面探讨一下培养英才的途

作者单位:华东师范大学第二附属中学,上海 200062。

英国人拉塞尔宣称他看到了海王星环)。由于海王星距离遥远,它距太阳约 45 亿千米,从海王星传到地球的无线电信号十分微弱。

飞船在最接近海王星之前 45 小时,在 280 万千米处拍下海王星表面一个显著现象:大黑斑。它在天王星照片上酷似一只大眼睛或鹅卵,它实际上是海王星上的一个巨大风暴——称为“风暴旋涡”或曰“气旋”,大黑斑沿逆时针方向旋转。气流约以每秒 300 多米的速度沿着同自转方向相反的方向运动着。此外,还发现了两个小黑斑和 3 个白斑。看来,海王星的天气非常恶劣、复杂。海王星上的另一特征是卷云,照片展示的卷云所处的位置高度约 50 千米,云形宽度可达 50~200 千米,其温度很低,达 -225°C 。有科学家分析认为,这些白色卷云是甲烷冰的“杰作”。

海王星的自转周期约 16.1 小时,在以氢为主要成分的大气层下面可能是很厚的冰层,冰层下是一个由岩石构成的星核,质量可能与我们的地球相差不多,其核心温度约 $2000\sim 3000^{\circ}\text{C}$ 。看来,海王星这个“大冰球”上是不会有任何高级生物的。此外,发现海王星有 5 个光环,据科学家分析,主要是卫星碎片,其物质颗

粒大小不等。海王星总共有 8 颗卫星,海卫一最大(直径 2720 千米),其温度低达 -236°C ,是太阳系最冷的天体。其他的卫星直径从 50 千米到 420 千米不等,卫星表面有无数陨石撞击的痕迹。

冥王星处于太阳系的边疆区域,迄今为止,人们尚未派出任何探测器亲临考察,这颗“海外行星”是于 1930 年 3 月 13 日由美国青年天文学家汤博发现的。由于它距离太阳遥远,汤博是在检查天文照相底片时发现的。在此之前,像发现海王星一样,人们应用天体力学理论预料了它的存在。由于离太阳遥远,它所得到的太阳光不及地球所得到的千分之一。科学家们普遍认为,那里的最高温度在 -230°C ,这种情况大概只有氢、氮和氖等几种化学元素,且绝大多数物质可能凝结为液态或固态了。1978 年 7 月,美国海军天文台的克里斯蒂发现了冥王星有一颗卫星,后来被命名为“卡戎”。在希腊神话故事中,卡戎是位专管把亡灵摆渡到冥河对岸的艄公。冥王星直径约 2300 千米,卡戎的直径被确定为 1200 千米。虽然“冥府”仍有许多秘密待解,但是可以肯定的是,那里肯定不会有任何智慧生命。

径。

一、英才的发现

在一般青少年人群中,大约有 2% 的高智商学生。在重点中学中,这个比例要高得多。英才学生除了要有高智商之外,还必须具备其他一些条件。我一般是从以下几个方面来挑选有可能培养成为物理英才的苗子的:

(1) 挑选素质好的学生。良好的素质是能力和发展的自然前提,是培育英才的必要的物质基础。

(2) 有较好的数学基础。物理的思维方式和数学有不少相似之处,在初中数学中,以平面几何最能体现一个学生的思维能力,因此可以把几何成绩作为主要的衡量标准。

以上两个智力因素一般通过考试分数即可予以比较。而其他一些非智力因素就要复杂得多。因此,我从来不用考试来选拔学生,也从来 not 通过考试来淘汰学生。在开始培训时我是来者不拒,首先给同学们讲清楚跟我学习物理的要求和艰巨性,其次就开始高起点、高速度、高强度、高标准的学习。三个月后,我就能物色出几个(一般每一届三到五个)跟得比较紧,甚至超过我要求的进度的同学,就把他们作为第一梯队。这个第一梯队并非一成不变,就象跑马拉松一样,跑不动的自然就掉下去了,赶上来的也就自然加入了第一梯队。对这个第一梯队,我有意识地给予一些优惠,例如较多地进行个别交谈,适当地多给一些参考书,单独安排一些实验等。一个学期以后,第二梯队也自然形成了,其他来得越来越少的同学也就自然淘汰了。用这种方法选拔出来的苗子,一般都同时具备了很好的智力因素和非智力因素,是可以培养成为英才的学生。

二、英才的教育培养

(一) 使同学全身心地投入物理,热爱物理

物理学是一门十分美丽的科学,这是能使学生热爱物理学并能为之献出毕生精力的根本原因。因此,要千方百计地让学生体会到物理学的美妙。在培训初期,我经常给学生们讲一些伟大的物理学家的故事;在日常学习中,也一直注意这一点,我不是单纯地将一个个物理定律教给学生,而是强调要“溯源通今”。“溯源”就是不但注意物理定律的内容,还要重视该定律形成的来龙去脉。为此,我编写了一本小册子《物理定律和研究方法》(已由上海教育出版社出版,定为上海市的选修课教材)。书中结合牛顿运动定律、万有引力定律、能量转化和守恒定律、库仑定律等十九个物理定律的形成过程,介绍了物理学史上科学家们经常用的归纳、综合、类比、理想化、推理、演绎验证等十二种物理思想和研究方法。在这些教育中,同学们看到了牛顿、麦克斯韦、爱因斯坦等大科学家是怎样用他们所掌握的知识,为人类作出伟大贡献,进而就会把这些科学伟人作为自己的楷模。所谓“通今”,就是经常向同学们

介绍一些当今世界物理学最新的研究方向、研究成果以及这些方向一旦能有突破将对人类产生的巨大影响。使学生们能不断地开阔眼界,把自己学习物理学的目标定在最新的坐标点上。

一个人一旦真正体会到了物理学的无穷魅力,将使他得到一种永不枯竭的动力。王泰然和任宇翔赴美留学以后,由于他们良好的基础和出色的学习能力,很多其他学科的教授都热情表示愿意给他们全额奖学金,但他们对物理学仍然是那样一往情深,毫不犹豫地 将物理学作为主修专业,在给我的信中说:“尽管美国人读物理的不多,也常有亲朋好友劝我转学其他专业,但物理学已成了我们生命的一部分,物理学是我们生活开始的地方,我们永远不会离开她”。我想,一个物理老师如果能使他的学生对物理爱得那么深,那么培育物理英才的工作已成功了一半。

(二) 形成物理英才的关键是增强学生的能力

要在物理竞赛中取得满意的成绩,需要一种由各方面的一般能力相互渗透而成的特殊能力。心理学认为各种能力的完备结合称为“才能”,才能的高度发展就是英才。物理竞赛的优胜者必须是一个物理方面的英才。

毫无疑问,今天的竞赛,明天的事业,都需要知识。在培训英才学生的过程中,既要注意知识和能力的联系,更要注意知识和能力是两个完全不同的概念。知识是人类社会历史经验的总结和概括,而能力是一个人的个性心理特征。对一些高材生来说,获取大量的知识并不困难,但要提高他们的能力就不那么容易了。能力的形成和发展比知识的获得要慢得多。怎样才能使学生在获取知识的同时尽量地增强他们的能力呢?我主要采用了超前自学和实验探究两个方法。

1. 超前自学

我曾经尝试过两种训练方法。有一年我努力地给物理小组上课,每星期活动两次。同学反映很好,但最后只有一个同学在竞赛中得了一个上海市的二等奖,其余都名落孙山。从此,我就放弃了这种方法,改成以同学自学、讨论、研究为主。学生所有的物理知识,其中最多只有 10% 是我在课堂上讲授,其余均为自学。每年都进行物理的免修考试,一经通过,所有的物理课程全部免考。到一定阶段,我开始指定几个同学轮流给其他同学上课,内容分为两部分,前半部是主讲同学讲课,后半部由全体同学提问、讨论。在此工作中,我主要是和主讲同学一起确定讲座的主题,估计同学们会提出些什么问题?怎样解答?课后再和他们一起总结这堂课的成败得失。

我的这种训练方法效果很好。在福州进行的第七届全国物理竞赛的口试中,程序为先由学生讲述,再由评委提问。王泰然和任宇翔二人面对十个评委侃侃而谈从容作答。评委一致认为他们的分析思路十分清

晰。这充分说明这两个同学通过自学和给同学讲课，对物理概念有了透彻的理解和表达能力

这种训练方法也得到了权威人士的肯定。1992年10月在上海召开的全国物理特级教师会议上，全国中学物理竞赛委员会主任，北京大学沈克琦教授在他的题为“国际物理奥林匹克竞赛与中学物理教学”的报告中说：“我听到两名得金牌的上海学生讲他们的老师如何培养他们的情况，我认为这个经验很值得推广”。1993年10月，在长沙的第十届全国物理竞赛决赛期间，沈克琦教授又介绍记者来采访我，推荐了我们的教学方法，使我很受鼓舞。

从心理学的角度来看，自学与听课的不同可能有以下两点：

(a) 当同学在自学某一新的物理内容时，必须思考和理解，其中充满了分析、综合、比较、抽象、概括等思维活动。因此，相对于听课而言，自学对同学提出了更高的要求，使他们得到更大的锻炼。

(b) 人们的注意可分为无意注意、有意注意和有意后注意三种。事先没有预定目标，也不需要作意志努力的注意叫无意注意；有预定目标，在必要时还须作一定的意志努力的注意叫有意注意。学生在自学的时候，目的性十分明确，而且需要一定的意志努力，所以绝大多数时间内都处于有意注意的状态。有的同学在中往往十分投入，进入一种旁若无人之境，而在听课时这种情况就比较少。在坚持自学了一段时间之后，不需要意志努力也能够将注意力长期地保持在某项工作上，这就是从有意注意转化为有意后注意。有意后注意是一种高级类型的注意，它既有明确的目标，又不需要用意志努力来维持。学生一旦进入这种状态，他们的学习效率就会大大提高，学习成绩就会有明显进步。

在采用让学生自学、讨论为主的教学方法中，教师的任务不是轻了，而是更重了。我在辅导学生自学的过程中做的主要工作是：

(1) 根据每个学生的不同情况，给他们制定一个科学的学习计划。整个计划分成五个阶段：学习中学数学和物理、学习大学基础课的数学和物理、综合应用训练、实验训练和赛前热身训练。这五个阶段有时是有些交叉的，对不同的学生，这五个阶段的时间安排和内容要求不完全一样。在每个阶段中还有若干个小的计划。需要注意的是最初开始定的三年计划并非一成不变，随着学生学习的进程，随着学习中出现的各种情况，计划需要不断修订。

(2) 选择合适的教材。我一般选择三类教材：第一类是中国人编的教材，其特征是逻辑清晰易读易懂；第二类是西欧美国人编的教材，特征是内容广泛，思路灵活；第三类是前苏联东欧人编的教材，特点是内容系统，推理严谨。在正式教材之外，还常要补充一些杂志

上的文章和参考书。

(3) 检查学生的学习情况。我检查学生学习情况的主要方式是考试，包括笔试和口试，但不计分。考题要有广泛性和定向功能。所谓广泛性就是要有各种各样风格类型的题目可以检查到所有的知识点；所谓定向功能就是出的题目可以检查出学生是否已经具备某一方面的能力。是否已经掌握某一种解决问题的方法。检查的目的是发现不足，加以强化训练。

(4) 赛前的热身训练。这一工作在大赛前30—40天开始，目的是让学生们逐渐进入竞赛状态。这一训练的强度是比较大的，每周约十到十二小时。

2. 实验研究

物理学的所有定律都是通过实验建立起来的，实验当然是增强物理学习能力的一个必不可少的手段，但做实验可以有不同的方法，我采用的是探究法，即在实验中强调探索过程和研究方法，有利于培养思维能力和创造能力。我训练同学做实验的主要形式有以下几种：

(1) 在物理课上引导同学探索实验的方法。在高中阶段，充分利用物理课中碰到的问题，设计出可供学生们讨论的实验题目，并引导学生一步步地去探索、解决。例如讲到功率这一节课时，设计了这样一个实验题目：要求测定一个人骑自行车的功率。在自行车由静止启动的过程中，人做的功除了增加人和车的动能之外，还要克服空气的阻力和地面的摩擦力。其中哪些因素是主要的，哪些是次要的？同学们根据自己的经验，认为空气阻力是明显的，不能忽略，而地面和车轮之间的滚动摩擦一般较小，可以忽略。接下来的问题是怎样测量人克服空气阻力所做的功？同学都有这样的体会：顶风骑车时，骑得越快风的阻力越大，因此可以设风的阻力和车的速度成正比。车的速度怎样测？风的阻力和车速成正比的系数是多少？问题一个接一个地出现，被大家一个一个地解决，终于找到了一个大家都比较满意的实验方案。于是全班同学就兴高采烈地到操场上去做实验了。最后回到教室，师生共同处理实验数据，作出图象，求得结果。在整个实验过程中，除了实验题目是由老师提出的之外，实验的方案和解决问题的途径都是由同学们讨论研究出来的，因此同学们都觉得很有意思，收获很大。

(2) 在物理小组中对一些重要的实验进行深入研究。物理小组人数较少，学生层次较高，因此对一些实验可以进行较深入的研究。

在做直流电路实验时，我们对伏安法测量导体电阻这一实验进行了深入研究。用简单的伏安法电路，不论是采用安培表内接还是安培表外接，都是有系统误差的。结合这个问题，我给同学们介绍了补偿的思想，然后由同学自己设计了电流补偿和电压补偿两种线路。补偿法解决了由于实验电路不完善带来的系统

误差,但安培表和伏特表不够准确的问题就上升为主要矛盾。经过进一步的研究、改进,大家认为如果用准确度高得多的电阻箱和灵敏度很高的检流计取代伏特表和安培表,便可以明显提高实验结果的准确度,而这就成了现在常用的惠斯通电桥。在这堂课中,同学们经历了发现问题、分析问题、解决问题的完整过程。这样的实验课对增强学生的能力是很有帮助的。

综合这样一类实验,我给学生开设了一门“高中物理实验”的选修课(教材已由上海教育出版社于1989年出版),每周两课时,上一学年。

(3) 给第一梯队的同学安排一些特殊的实验。我们学校有一批进口的物理仪器,性能较好,涉及的实验内容面也较广,这批仪器的说明书都是英文或日文的,我指定第一梯队的同学准备某一个实验,要他先翻译好说明书,准备好器材,然后带领第一梯队的其他同学做实验。主讲的同学还要准备好一些讨论题,在实验后提出来让同学们讨论。学生对这样的实验是非常感兴趣的。这一类实验虽和竞赛无直接联系,但对尖子学生是很有好处的。

三、英才的人格塑造

要成为一个真正的英才,除了要有较多的知识和很强的能力之外,还应该具备一些英才所必备的人格,这也是我们塑造英才的过程中必须注意的问题。我认为一个英才学生应该具有以下几点人格:

(1) 具有强烈的自信心。有一次,我任教的一个理科班的同学要求我给他们的黑板报写一句话,我写的是:“将你们的潜能充分地发挥出来,就有可能取得你们自己也意想不到的成果。”我是想告诉他们,当一个人发奋图强的时候,是能够取得很大的成绩的,希望他们去奋斗!多数中学生,对自己的能力究竟有多强是不清楚的。总觉得自己是一个普通的学生,要在全中国几千万中学生中去拿冠军拿金牌,那是想都不敢想的。王泰然在取得金牌之后写给我的信中说:“……三年的努力,真的把梦想变成了现实!”可见他在刚开始学物理的时候,也是不敢想去拿金牌的。怎样缩短同学心目中的这个差距,使他们敢说:“我的目标就是要去拿金牌!”这是在辅导尖子学生过程中要解决的第一个心理因素方面的问题。每次我接手培养一批新的同学,在第一节课上,总要给他们讲许多以前的优秀学生的事例,讲他们的崇高理想,讲他们的拼搏精神,讲他们取得的成果。讲得同学一个个心里热乎乎的,然后对他们说,既然你们的师兄能做到,你们一定也能做到,而且做得比他们还要好。这样,同学们渐渐地树立起一种很强的自信心,相信自己可能而且应该向很高的目标奋进。这是一种内在的因素,是一种原动力。

(2) 重事业,轻名利。对我培养的每一个尖子学生来说,物理竞赛是一件头等大事,可说是一个“盛大

的节日”。但我又不断地教育他们要正确对待竞赛,在重大的物理竞赛中如果得到好的名次,可以说是名利双收,但是如果一个学生真是只为这一目的而奋斗,那他是很难成功的。每当我接手一批新的尖子学生时,总要问他们:“我们一块儿学习物理的目的是什么?”可能会有一、二个学生回答是为了拿金牌。对这个回答,我首先肯定他的雄心壮志,然后说:“金牌是我们所向往的,但我们的奋斗目标比金牌要高得多,如果你在中学阶段能对物理进行卓有成效的学习,达到我们培养能力提高素质的目的,那么即使在竞赛中什么奖也没有得到,我同样会对你们感到十分满意的。我要求我的学生一定要有远大的理想,要站得高,看得远,立志为伟大的科学事业献身。正因为如此,王泰然和任宇翔获得世界大赛金牌后,并未沾沾自喜。当我问他们挂上金牌后有何感想时,他们说只是感到自己已被推上了一条更加艰苦的道路。我对他们的思想境界感到满意。

(3) 将学习作为一种需要。我要求学生不能把学习作为日后谋求理想职业的一种付出,而要成为自己的一种需要。人的需要可分为物质上的和精神上的两大类。物质上的需要包括食物、水、空气、阳光等等,精神上的需要包括劳动、交往、文化知识、事业求成等等。如果能使一个学生像需要食物、水、空气一样需要学习物理,那将是一个多大的动力!经过孜孜不倦的教育和他们师兄事迹的感化,我所培养的优秀学生一般都能将学习物理变成自己人生的需要。如果有一段时间我没有给他们安排比较多的学习任务,他们会觉得难过。

(4) 具有较强的承受挫折的能力。在物理竞赛中,由于实力暂时还不够,由于竞赛时粗心大意等等原因导致失败的例子是不不少的。作为一个优秀的学生,必须能够正确对待挫折,冷静地分析原因,以利再战。王泰然和任宇翔的成长道路也充满了坎坷曲折。1989年10月底,他俩在上海赛区的比赛中双双落选,听到坏消息时忍不住抱头大哭,但他们并未消沉,而是从失败中看清了自己的弱点,很快以加倍勤奋投入到新的学习中。在接下来的全国大学生物理竞赛中,两人都取得了令人满意的成绩。可见他们俩确实具有比较好的承受挫折的能力。当我的学生碰到挫折时,我从来不安慰他们,因为我把他们看成男子汉,一个男子汉碰到挫折时需要的不是安慰。我总是在帮他们分析了失败的原因之后,给他们提出新的目标,制定新的计划。事实证明,这是使孩子们摆脱苦恼、走出阴影、尽快振奋起来的最好方法。

四、英才的集体形成

要培养出一批英才学生,必须有一个适合英才成长的环境,就是说他们必须生活在一个很好的集体中,在这个集体中,老师和学生的关系,学生和学生的关

系,都有一些特殊的要求。

作为一个尖子学生,一定要有比较高的思想境界,和同伴要能亲密相处,互相帮助,才能有一个比较和谐的心理环境。王泰然和任宇翔两人之间竞争之激烈和关系之亲密,是很令人感动的。他俩自初三毕业立志学物理之后,就成了竞争对手,但他们交流学习,互相切磋,毫无保留。最大的愿望是在竞赛中共同得到好成绩。在第六届全国物理竞赛中,由于竞赛委员的差错,最初宣布王泰然通过而任宇翔落选,当我通知王泰然时,在电话中听到的是一个明显悲哀的声音:“为什么不是两个?”后来他俩共同获得全国一等奖,共同入选国家队,共同得到世界大赛的金牌荣誉而归时,那种欣喜若狂的情景真是无法形容,因为他们共同成功了!杨亮、朱锋和李晟之间的关系也很好,第十届全国物理竞赛李晟未能从上海市出线,杨亮和朱锋多次在不同的场合要求我为李晟想办法。尽管他们很清楚:李晟的实力很强,如能参加集训队,将多一个强有力的竞争者,但他们从内心深处希望自己的伙伴能成功。

为了形成好的集体,教师一定要以身作则。将学生的积极性调动起来之后,要十分爱护他们的积极性。每次活动,教师一定要精心准备,排好的活动计划,不能随意变动。有时学校有会议或其他事情,我总是设法调整时间,尽量不影响物理小组的活动。有时我病了,只要有可能,我总是把学生叫到床边来讨论。这种床边教学,除了传授知识和训练能力之外,更主要是感

情投资,教师用自己的行动作表率,使学生更信赖教师。在这个集体中,教师是一个坚强的核心,学生们紧紧地团结在教师的周围,成为一个有战斗力的集体。

因为教师是这样一个人的核心,所以教师对学生一定要有一颗挚爱的心,对同学要尊重,要推心置腹,以自己的言行影响学生。三年来,王泰然和任宇翔两个同学和我的关系已非一般。在事业上,我们同尝失败的苦涩,共享胜利的快乐;在感情上,我们情同父子。我家是他俩最爱来的地方。一杯咖啡,促膝长谈,谈学业,谈生活,谈理想。王泰然同学对我说:“每次从您家出来,总感到天气特别晴朗,星空格外明亮……”。在第七届物理竞赛全国决赛发奖大会上,王泰然发言说:“更应感谢的是我们的张大同老师,……他将我们领进了物理学的大门,在我们面前展现了一片如此广阔的天地,……他把学生看作自己的孩子一样,关心、爱护,教给我们做人的道理,……对于他的每一点教诲和爱,我们都将终生难忘,我们为遇到这样一位好老师而感到庆幸。”这种纯洁而高尚的友谊,时时激动着我的心,当新华社的电波传来他们的捷报时,我彻夜未眠!

在第八届李政道物理奖学金颁发大会上,评审委员会破例给我颁了一个“伯乐奖”。谢希德教授在颁奖后对我说:“希望你不断地教出好学生来,把这个雪球越滚越大”。我决心不辜负老一辈科学家的期望,争取为祖国培养出更多更好的英才学生。

· 封面说明 ·

太阳对宇宙线粒子遮挡阴影图

封面为太阳对宇宙线粒子遮挡所形成的阴影图,这是由中日合作建造的西藏羊八井空气簇射阵列观测到的。羊八井阵列于1990年初建成,连续稳定运行至今,共收集空气簇射事例约15亿个,峰值能量为8TeV。在此能量附近,宇宙线粒子主要是质子,太阳和月亮对宇宙线粒子的遮挡效应所形成的阴影图,是检验阵列确定簇射入射方向精度和系统偏差的有效手段,也是研究大尺度星际磁场和太阳磁场的直接途径。由于事例率高(每秒平均20个),角分辨率好($< 0.8^\circ$),羊

八井阵列观测到了世界上最清晰的日影(见封面)和月影图,日影还明显地偏离太阳的位置(图中十字线交叉点),表明星际磁场、太阳磁场和地磁场对8TeV附近宇宙线粒子总的偏转效应(详细讨论见文章: *Phys. Rev. D*47(1993)2675和*Astrophys. J.*415(1993)L147)由于世界上其他阵列的峰值能量均高于80TeV,日影的偏离非常小,(在阵列的系统偏离以内),羊八井阵列的这些观测结果均为国际首次。

(张春生)