

无粒子数反转光放大的研究

Progress in the Investigation on Light Amplification without Population Inversion

高锦岳

(吉林大学物理系,教授 长春 130023)

激光(LASER)是通过辐射的受激发射而实现的光放大(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)英文字头的缩写。1958年,肖洛(Schawlow)与汤森(Townes)提出,受激发射可能成为可见光谱区电磁辐射放大的有效途径。梅曼(Maiman)于1960年做出世界第一台波长为694.3纳米的激光器。从此,各种类型的激光器接踵而至。由于激光与普通光相比具有单色性好,强度高,发散角小,相干性好等一系列优点,已被广泛用于科学研究、国防武器、工农业生产、医疗卫生等许多领域。激光已成为本世纪科学技术的最伟大成就之一,为推动人类社会的发展做出了巨大贡献。可以预见,在下一个世纪,激光将会显示出更大的威力。

一个激光器通常主要由工作介质和光学谐振腔两部分组成。激光器工作时,首先通过放电、辐照或其他能量传递方式,将工作介质中的原子、分子或离子(统称粒子)激发至较高能级。经弛豫过程后,在两个激光能级间形成粒子数反转分布。也就是使处在激光上能级的粒子数大于处在激光下能级的粒子数。由于在通常情况下,原子的受激发射与受激吸收速率与相应能级的粒子数成比例。所以,实现了粒子数反转分布的系统就可以对频率与原子相应能级跃迁频率相同的入射光进行受激放大。将实现了粒子数反转分布的工作介质置于光学谐振腔内。后者由两块相互平行的反射镜组成,其作用是将腔内的光在两块镜子之间来回反射。这样,被放大的光就可以在腔内来回振荡,反复放大。当总的放大率超过总的损耗时,就可以输出激光。为获得粒子数反转,激光上能级必须是亚稳态,具有比较长的能级寿命。然而,这一要求对激光工作介质的选择及激光波段的开拓是一个很大的限制。特别是在光的短波长区域,实现粒子数反转分布很困难。目前,工作在红外及可见波段的激光器比较多,而工作在短波长波段的激光器屈指可数,一个

重要原因就在于此。

由于上述原因,科学家们从60年代初就开始了关于实现无粒子数反转光放大的研究,也就是希望找到一条适当的途径,以便在两个激光能级间无需实现粒子数反转的条件下,也可以对某一频率的光进行放大,并渴望进而研制出无粒子数反转条件下的激光器。从原则上讲,只要实现了对光的放大,就可以研制出相应的激光器。1963年,马库塞(D. Marcuse)提出利用原子的recoil效应产生的发射光谱与吸收光谱的微小移动,实现无粒子数反转光放大的设想。质量为M的原子,吸收或发射一个波数为k的光子时,对应的频移分别是 $+hk^2/2M$ 和 $-hk^2/2M$ 。由于这一效应,可以使原子的吸收光谱和发射光谱不完全重合。这样,就有可能在无粒子数反转的条件下,在某一频率处使受激发射大于受激吸收,实现光的受激放大。1962年,苏联学者S. R. Pantian提出了强相干场驱动下的二能级原子无粒子数反转光放大方案。1977年吴(F. Y. Wu)等人从实验上给予了证实。这一模型中,由一个共振或近共振的强相干光与二能级原子相干作用,原子全部处于基态,同时使一束频率与强相干光频率相近的探测光通过作用区。利用钠原子束作为工作介质,吴等人发现了在波长589.0纳米处的光放大现象。但是,由于这一方案中,放大光的频率与驱动相干光的频率相同或非常接近,使得这一光放大方案没有多少实用价值。近年来,哈里斯(Harris)、斯卡利(Scully)、库恰罗夫斯卡娅(Kocharovskaya)、Narducci等几位学者先后提出了三能级和四能级无粒子数反转光放大的理论方案,并进行了深入的理论分析。这些方案中,利用原子不同能级间的干涉效应使激光上下能级间的受激发射与受激吸收不再对称的原理,实现无粒子数反转条件下光放大的目的。1991年美国斯坦福大学的哈里斯研究小组,在铯原子束蒸汽中第一次利用原子能级间的干涉效应,观察到强相干光驱动下的光透明现象,在

这个领域的研究中走出了重要的一步。

1992年,笔者的研究小组在钠原子蒸汽中,首先观察到无粒子数反转条件下的光放大讯号,为进一步研究无粒子数反转光放大迈出了重要的另一步。在上述钠蒸汽实验中,采用四能级工作方案。通过放电过程将钠原子从 $3S_{1/2}$ 基态激发至 $3P_{3/2}$ 激发态一部分,但并不需要实现 $3P_{3/2}$ 态与基态 $3S_{1/2}$ 之间的粒子数反转。用一个YAG泵浦的脉冲染料激光与上述原子系统相互作用,其激光波长为589.6纳米,对应于钠原子 $3P_{3/2}$ 激发态与基态 $3S_{1/2}$ 之间的跃迁。然后用一个氩离子泵浦的可调谐环形染料激光器产生的探测光对上述无粒子数反转系统进行探

测。探测光经光电转换,取样积分平均后进入记录系统。实验发现,当脉冲染料激光的峰值功率为7兆瓦/厘米²和14兆瓦/厘米²时,出射的探测光在波长为589.0纳米的钠原子共振线附近观察到两个放大峰,其间隔分别为2.09吉赫及2.90吉赫。上述无粒子数反转光放大实验的成功,为进一步研制无粒子数反转激光器提供了实验依据。特别是为短波长激光的发展开辟了一条新的物理途径。此外,该项研究对光与物质相互作用、光的受激发射机理、非线性光学等学科的基础理论研究也具有重要意义。

(责任编辑 蔡德诚)

农 业

减少饲料出口有利于发展我国畜牧业

Reduction of Feed Export Will Favour the Development of China's Animal Husbandry

张 桐

(农业部农业政策研究会,高级经济师 北京 100026)

蛋白质是人体赖以生存的最基本的重要物质,是维持人体健康和发育的生活资料。我国是蛋白质短缺的国家,人均蛋白质消费水平还较低,每年又出口大量饲料,其中蛋白质含量高达47.2%的豆粕,出口比重最大,造成经济上的巨大损失。如果减少饲料出口,发展我国的畜牧业,不但可获得明显的经济效益,而且可以改善食物结构,提高营养水平,这对提高人体素质,实现小康生活水平具有重要的现实意义。

一、我国饲料出口大幅度增加

1985年以来,我国饲料出口量大幅度增加,由1985年的193万吨增加到1990年的437万吨,增加1.3倍。1987~1990年四年累计出口饲料1676万吨,平均每年出口419万吨;1988年出口量曾达463万吨。1989年出口饲料单价平均每吨226.7美元,1990年下降到202.8美元。豆粕出口单价,每吨由231美元下降到194美元,造成经济上巨大损失。

我国饲料出口中,豆粕所占比重最大。1990年出口豆粕、豆饼247.3万吨,占57%;出口棉籽仁饼53.1万吨,出口甜菜粕43.9万吨,出口菜籽饼28.2万吨。此外,还有芝麻饼、花生饼、薯干、麦麸等出口。

我国饲料出口主要输往日本、香港、菲律宾、泰国、马来西亚、新加坡、前苏联、波兰、捷克、斯洛伐克、德国、法国、意大利、荷兰、英国、丹麦、瑞士、古巴等30多个国家和地区。

二、减少饲料出口发展畜牧业效益显著

我国人均蛋白质消费水平还较低,平均每人每天不到70克,低于世界平均水平。美国、法国、德国、意大利等国每人每天蛋白质消费都在100克以上,日本90克左右,香港88克。我国要实现小康生活水平,还需增加蛋白质的消费,估计每人每天需要增加蛋白质7克以上。

饲料出口属于初级产品,经济效益低,如能利用饲料转化增值,出口畜产品,经济效益高。许多发达国家大量进口饲料发展畜禽生产,比进口畜产品经济效益高,

即使畜产品出口国,如泰国、荷兰、丹麦、法国、捷克、斯洛伐克等,都进口我国饲料转化为畜产品再出口赚取外汇。我国有丰富而廉价的劳动力,又有饲料资源,工厂化养猪养鸡技术已经基本过关,具有良好的生产经验和条件,在国际市场上具有竞争能力。我国是世界猪肉产量最多的国家。1990年出口冻猪肉11.32万吨,创汇1.89亿美元;出口活猪218万头,创汇2.4亿美元;出口乳猪20万头,出口猪肉制品1万多吨,出口活家禽3900万只,创汇8567万美元;出口冻家禽5万吨,出口蛋品3.2万吨。香港、澳门是我国出口猪肉的稳定市场;前苏联、东欧、西欧也是出口的重要市场;此外还出口东南亚及南美国家。因此,我国有条件拓展畜产品国际市场。

我国1990年出口饲料437万吨,如果利用这些饲料发展养猪,可养猪1196万头,可转化猪肉88万吨,出口猪肉比出口饲料可多换取外汇5.82亿美元。多饲养1196万头猪,所增加的有机肥相当于103.8万吨化肥,这些肥料可增产粮食208万吨。如果维持1985年出口饲料193万吨的水平,用1987~1990年四年多出口部分的饲料发展国内养猪,出口猪肉,可以增加外汇收入14.45亿美元,平均每年3.6亿美元。同时养猪增加的有机肥相当于218万吨化肥,又可增产粮食430多万吨。

三、建议实行限制饲料出口和扶持发展畜牧业的政策

我国应当制定限制饲料出口和扶持发展畜牧业的政策,这不仅使畜牧业增值和出口创汇,同时可以扩大劳动就业,增加有机肥,提高作物产量。实现这一战略决策,可以获得明显的经济效益和社会效益。

我国猪肉出口量只占世界市场容量的3%左右,禽肉出口量只占国际市场容量的2%左右,我国扩大畜产品出口是有国际市场的。为此,国家应从整体利益出发,协调部门之间的利益。建议国家计委、对外贸易部、农业部、国内贸易部、财政部等有关部门协调联合,制定政策,实行宏观调控,限制饲料出口,扶持畜牧业的发展,参与国际市场竞争,拓展国际市场,增加外汇收入。同时改善国内食物结构,提高营养水平,实现小康生活目标。

(责任编辑 蔡 今)