

宇宙在膨胀,幕后“推手”什么样

蔡一夫 李春龙

暗能量的身份,一直是宇宙中最大的谜团之一,吸引科学家做了无数理论推测和研究。比如,科学家近日在《自然·天文》发表论文称,利用钱德拉X射线天文台和

XMM-牛顿天文台的数据进行的研究表明,暗能量很可能随着宇宙时间的推移而增长。那么,这位宇宙中“大主角”的真实面目到底是什么?它为何这么重要?

惊人发现:宇宙加速膨胀是事实

1998年,两个独立的天文观测小组利用宇宙中的Ia型超新星作为标准烛光,发现我们的宇宙正在加速膨胀。这是20世纪天文学最重要的发现之一。

20世纪初爱因斯坦建立了一套基础理论来描述我们这个世界的万有引力行为,这就是广义相对论。在这个理论中,宇宙演化由引力场方程来描述。如果已知宇宙中的物质种类,掌握一定的天文观测结果,利用爱因斯坦引力场方程,便能求解出宇宙当前以及未来的演化状态。不幸的是,所求解出来的结果并不代表一个现阶段能加速膨胀的宇宙,这对我们所能掌握的事实构成了巨大挑战。

为了解释宇宙的加速膨胀现象,我们需要宇宙中有一种成分能够提供一种可以视为“斥力”的相互作用。为了理解这一点,可以设想我们在地面向空中抛出一颗石块,由于地球对石块的吸引作用,石块的速度会越来越小,最终变为零。通常的爱因斯坦理论给出的宇宙命运类似这种情况。现在如果我们给石块装上一个火箭发动机,让它在喷出的气体的排斥作用下飞冲天。那么在脱离地面后,石块的速度便会越来越大并最终脱离地球引力的束缚。同样的,为了使得宇宙能够加速膨胀,我们也需要宇宙中有一种成分能够发挥火箭发动机的作用,物理学家们把这种成分称为暗能量。

因此,找到一种合适的暗能量候选者便成为了一个十分重要的问题。一种最简单的设想是在爱因斯坦引力场方程中增加一个为常数的项,称为宇宙学常数,它的意义在于告诉我们真空实际上并不是真的“空”的,而是有能量的,而真空的能量便可以成为驱动宇宙加速膨胀的动力。

虽然宇宙学常数的想法足够简单并且与现今的天文观测符合得很好,但也存在一些致命的问题。量子场论能对宇宙中的真空能量进行估算。但不幸的是,估算结果比我们的实际观测,即宇宙学常数所对应的真空能量值大120个数量级!因此物理学家们称之为“物理学史上最糟糕的理论预言”。此外,在当今宇宙中,暗能量约占宇宙总能量的70%,为了得到这一比例,在宇宙极早期暗能量所占的比例要出奇地小,而计算结果表明只要当时的暗能量比例稍微偏离这一结果,那么就会大幅度偏离我们当今对宇宙组成的观测结果了。这意味着对宇宙开始时的状态要进行极其精密的微调,从而让我们对宇宙学常数的解释产生怀疑。

态方程参数要小于-1/3。考虑到通常物质的能量都为正数,这意味着该物质的压强需要为负数,从而与我们常见的物质大不相同,而我们前面提到的宇宙学常数的这一比值正好等于-1。

物理学家们提出了多种多样的暗能量物质模型,而按照物态方程参数与-1的比较关系,这些模型又可以大致被分成三大类。第一类叫做精质,英文名称是 Quintessence,对应的物态方程参数大于-1。有趣的是这一名称的含义来自于希腊语的“第五元素”。在古希腊哲学中人们认为世界由四种元素构成——气、水、火、土。而在今天科学家们发现的基本粒子可以分为夸克、轻子和中间玻色子,如果我们再加上暗物质作为第四种元素的话,那么这种暗能量候选者便成为了第五种元素,Quintessence因此得名。第二类称为幽灵,英文名称是 Phantom,该物质的压强与能量的比值小于-1。在日常生活中,幽灵指代的是那些没有物质实体的东西,而为了实现这种暗能量模型的理想,通俗说来我们需要这种物质的动能为负值,而这和我们

平时看得见摸得着的物质还真是大不相同,因此它被冠以“幽灵”的称号也就不奇怪了。而在第三类暗能量模型当中,宇宙学家将“精质”与“幽灵”这两个理论设想结合在一起,并各取一个字从而提出名为“精灵”(Quintom)的暗能量物质模型。在这种模型中,压强与能量的比值可以在宇宙演化中自由穿越-1的边界,因此可以给出更为丰富的宇宙演化行为。

另一种方案是修改爱因斯坦的引力理论。此外,人们还尝试跳出广义相对论的框架,比如引入更高的时空维度,将我们的三维空间与一维时间镶嵌在一个更高维度的时空上,而引力也变成了一种更高维度的相互作用,在小的距离范围内,它与普通的引力无异,在更大的距离范围内,则会与标准的引力发生偏离,从而解释宇宙的加速膨胀现象。

从上面两种角度出发,人们提出了众多理论模型,每个理论所能自由调整的空间又不尽相同,这给实验检验上带来了巨大困难。人们仍在不断进行尝试。

未来展望:等待更精确的观测

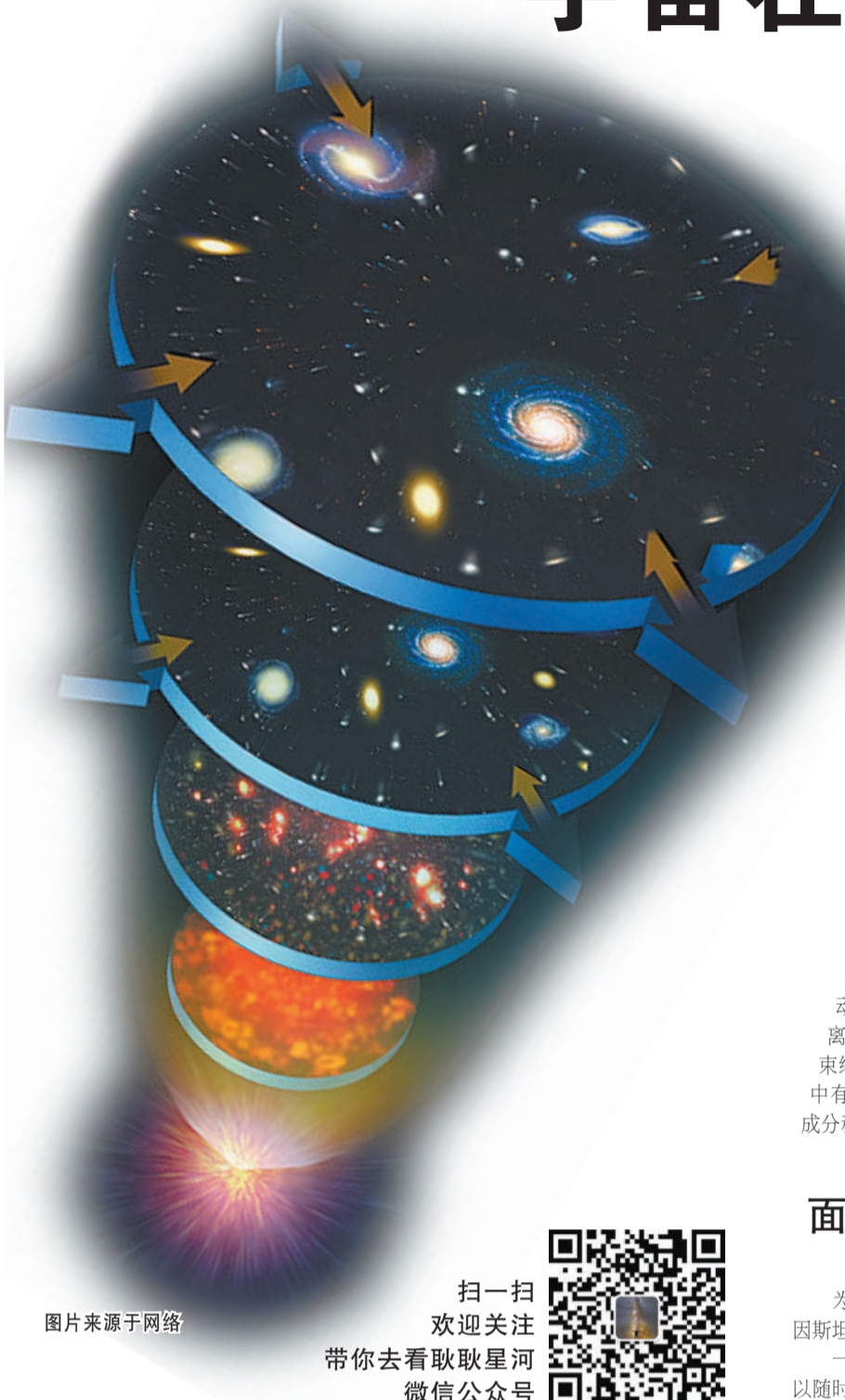
为了揭开宇宙加速膨胀之谜,人们提出了形形色色的方案,但还没有一个完美到让人信服的方案。

找到完美的解决方案,一方面,我们需要更精确的宇宙学观测。在传统的天文学观测中,对天体发出的不同种类光的观测往往是我们获得重要信息的途径。自从成功探测到引力波以来,人们已经进入了多信使天文学时代。与将Ia型超新星作为“光源”类似,人们提出了将引力波源作为“汽笛”来探测宇宙膨胀现象的想法,从而提供与Ia型超新星及其它观测相独立的实验检验途径。此外,对其它可能存在的偏离标准广义相对论现象的观测,比如牛顿引力常数是否是一个真正的常数,也有助于我们从

其它角度来认识我们手头上能够解释宇宙加速膨胀现象的理论。

另一方面,理论也需要得到更充分的发展。人们既可以思考并提出更新颖巧妙的理论来解释天文观测现象,也可以在现有理论的基础上致力于有效理论的发展,从而更好地认识暗能量以及其它与爱因斯坦理论所偏离的现象。一个多世纪以前,物理学上空的一朵乌云——以太漂移学说与激光干涉实验之间的矛盾催生了爱因斯坦的相对论,现在有了暗能量这朵巨大的乌云,这是否意味着我们处在理论和认知的巨大飞跃的前夕呢?

(作者单位:中国科学技术大学物理学院)



扫一扫
欢迎关注
带你去看耿耿星河
微信公众号

图片来源于网络

面对挑战:寻找压强为负的物质

为了更好地解释宇宙加速膨胀现象,人们需要跳出标准的爱因斯坦场方程与物质理论的框架。

一种有效的方案是,在宇宙中引入一种新的物质,这种物质可以随时间缓慢变化,并且在宇宙中的表现类似宇宙学常数,从而可

以解释我们宇宙的加速膨胀现象。宇宙学家用这种物质的压强与能量的比值来刻画这一物质状态,这就是物态方程参数。而为了实现宇宙加速膨胀,这个物

■ 聚焦

柴油机行业仍然大有可为

谭旭光



一、柴油机在国民经济中的重要作用

柴油机是人类历史进程中在动力方面最重要的发明之一。自诞生以来,历经一百多年的发展,柴油机在节能减排技术方面不断取得突破,是商用汽车、工程机械、农业机械、船舶、军用车辆等领域的主要动力源,占据着市场的主流地位。根据交通运输部《2017年交通运输行业发展统计公报》数据,以柴油机为主导动力的公路运输承担了2017年我国客货运总量的78.8%和货运总量的78.0%,支撑着我国经济的高速发展。

伴随着改革开放的进程,我国柴油机行业取得了长足的发展和进步。国内市场的车用柴油机销量从2000年的63.11万台提升至2017年的357.52万台。柴油机行业通过自主创新,大踏步赶超国际先进水平,完成了从跟跑到并跑甚至领跑的转型。柴油机行业的技术进步,支撑了我国自主品牌商用车占据国内市场99%以上份额,将国际商用车巨头的产品挡在了国门之外,并实现了批量出口。

二、柴油机产品所具有的不可替代性

近年来,新能源技术的高速发展给柴油机行业带来了巨大压力,但必须认识到,新能源技术在未来很长一

段时间内仍无法实现对柴油机的全面替代。

柴油机广泛应用的领域普遍存在着整车整机连续工作时间长、功率需求大等特点。新能源受自身技术发展限制,目前只能在特定的细分市场,如公交车、市政车辆、码头牵引车等领域取得广泛应用。

由于目前的锂电池能量密度不足,纯电动技术在重型商用车领域还难以推广应用。以总重49吨的重型牵引车为例,按照当前市场的实际使用条件,如采用纯电动技术,则整车使用的锂电池电量需要达到3000度,即使按照国家规划目标,锂电池总重仍达到约11吨,成本约300万元,且充电时间很长,不具有实用价值。

氢燃料电池技术被认为是重型商用车动力领域可能的技术发展方向,但目前氢的制备、运输、存储、加注等环节难以支撑氢燃料电池的大量推广应用。按照国际氢能组织的预估,到2050年燃料电池在重型商用车领域的占比不会超过20%。

新能源技术的高速发展,客观上倒逼柴油机行业加快了技术升级和产品换代工作。新能源和柴油机在很长一段时间内都将会是互补的关系,两者之间并非简单的零和博弈。

三、柴油机在节能减排领域作用巨大

柴油机技术的不断进步,使其已经在节能减排方面

发挥了重要作用,且进一步实现节能减排的潜力巨大、技术的可实施性强。

柴油机油耗不断降低。柴油机作为能量转化效率最高的热机,相比于其他动力机械,具有显著的节能效果。根据最新的研究成果,柴油机的热效率由当前的45%提升到50%、排放趋近于零已经具有商业化的可能性。如柴油机的热效率由45%提升到50%,整车油耗可以降低11%,全社会每年可以减少柴油消耗量约1900万吨,减少二氧化碳排放约6000万吨。未来进一步通过采用高效燃烧、余热回收等技术,柴油机的热效率进一步提升达到55%也是可以做到的,从而可以将整车油耗在当前基础上降低22%,全社会每年可以减少柴油消耗量约3800万吨,减少二氧化碳排放约1.2亿吨。

柴油机污染物排放量不断降低。自2000年我国开始实施国I排放法规到2019年实施国6排放标准,我国柴油机产品的排放水平从世纪之初法规落后欧洲两个阶段,到现在的国6排放法规实现了对全球机动车污染控制规范的引领。同2000年的国I柴油机相比,国6柴油机产品的颗粒物排放量减少了97%、氮氧化物排放量减少了95%。根据最新的研究成果,柴油机排放趋近于零已经具有商业化的可能性,可以进一步降低污染物排放。下一步,将通过全面实施道路用柴油机国6排放法规和非道路用柴油机四阶段排放法规,加快置换市场现有的高排放柴油机产品,以更低的油耗和排放推动消费者的需求升级。

四、总结

柴油机技术日新月异,柴油机行业大有可为。随着技术的不断突破,在未来若干个技术发展周期内,柴油机在重型运输动力、大型工业用固定动力、船用动力、工程机械、农业机械、军用车辆等应用领域,仍将占有主要支配地位,具有广阔的市场需求和顽强的生命力。柴油机的技术进步在实现节能减排、应对气候变化中,仍将发挥不可或缺的基础性作用。柴油机行业仍具有旺盛的生命力,在可预期的未来50年内仍然大有可为。

(作者系潍柴集团董事长、中国内燃机工业协会名誉会长)



潍柴动力发动机生产线



潍柴动力二号工厂一线员工



潍柴动力智能化发动机生产线