

国家重点基础研究发展规划项目

21 世纪天体物理重大问题: 星系形成和演化^{*}

关键词 天体物理, 星系形成和演化

1 首席科学家

陈建生 中国科学院院士。1963 年北京大学地球物理系毕业。同年到中国科学院北京天文台工作至今。中国科学院数学学部副主任, 中国科学院天文学科专家委员主任, 中国科学院-北京大学联合北京天体物理中心主任, 国家大科学工程 LAMOST 科学技术委员会委员, 北京大学天文系主任, 中国科学技术大学兼职教授, 国际天文联合会专门委员会组委, 美国 *Fundamental Cosmic Physics* 学报 *Co-editor*。1979—1980 年在澳大利亚英-澳天文台、澳大利亚国立大学 Mt. Stromlo 天文台访问学者, 1982—1983 年在欧洲南球天文台访问。其后曾访问北美、欧洲、南美、日本及亚洲等 20 多个国家。

2 科学内涵及意义

该项目研究当代天体物理前沿最重大问题之一: 星系以及星系的组成单元——恒星是如何形成的。按照科学内容和研究层次分为 6 个子课题:

(1) 宇宙学模型。利用国外各种先进设备所取得的大量数据和样本(包括各电磁波段), 引力透镜、S-Z 效应等的观测资料, 综合多种手段进行数据分析和理论研究, 更准确地确定星系团中的物质含量和组分, 由此确定宇宙的物质组成(包括恒星、气体和暗物质)。利用国内设备系统地开展近邻星系中的超新星巡天、准确测定从光度极大前开始的光

变曲线。建立 Ia 型超新星光变曲线样本, 开展 Ia 型超新星分类、定标、光变曲线修正和前身星的研究; 进行蓝矮致密星系巡天, 测定宇宙原初化学丰度; 测定不同红移类星体吸收线系统中的金属丰度, 研究它随宇宙时间的变化; 综合利用 MAP 卫星和气球对微波背景辐射的观测资料、Ia 型超新星巡天样本以及 SLOAN、2DF 等大规模的星系、类星体的红移巡天, 开展宇宙学参数消简并的研究; 并探讨可能得出的对暴胀宇宙模型的限制, 探讨相互作用统一模型的线索。

(2) 宇宙大尺度结构与星系形成的理论和样本研究。利用国内望远镜以及与独联体 2.6m 及 6m 望远镜合作在 LAMOST 工程完成前先期开展有特色的红移巡天, 特别是高红移天体的搜寻; 发展研究宇宙大尺度结构的统计方法并应用于各类观测样本; 利用半解析模型研究宇宙物质扰动处于线性和准线性阶段时的结构形成问题; 对宇宙物质扰动进入非线性阶段时开展数值宇宙学研究, 发展自调整数值宇宙学方法, 实现不同类型星系形成的数值模拟; 利用大量高红移天体多波段射电偏振观测数据, 研究宇宙尺度的弥漫磁场及其在星系形成和演化中的作用。

(3) 星系层次的剧烈活动现象。通过多波段手段建立有特色的活动星系核样本; 活动星系核的多波段连续谱的观测性质和辐射机制的研究; 光学紫

^{*} 修改稿收到日期: 2001 年 12 月 19 日

外和 X-射线的谱线研究;活动星系核中心区的动力学模型和观测对证;吸积盘理论及其在活动星系核和其它高能天体中的应用;伽玛暴和其它高能天体的理论和观测研究;活动星系核的演化;活动星系核的统一模型和大统一模型。

(4) 星系相互作用、并合和环境对星系形成的影响。利用国内外多波段高分辨成像资料研究星系形态和演化;利用星族合成方法研究这类星系中大规模恒星形成过程;研究星系相互作用和并合过程与星系核活动间的关系;开展星系相互作用与并合过程的动力学数值模拟研究;星系团、群和空洞等环境因素对星系性质的影响。

(5) 星系中的恒星形成和演化。多波段观测研究恒星形成和早期活动、恒星形成的统计规律;恒星的结构演化和脉动的理论研究;测定行星状星云及不同年龄星族恒星化学丰度;恒星的晚期演化。

(6) 星系结构与动力学。研究不同红移的星系结构与星族组成;建立贫金属星样本,开展贫金属星化学丰度研究;星团基本参数确定;用大样本恒星的各类观测资料探索银河系不同成分恒星的运动学和银河系整体动力学演化;超新星遗迹与星际介质;星系形成、结构和演化的动力学过程。

6 个部分有密切的内在联系。子课题(1)中宇宙学模型将作为整个课题的框架,为(2)中的数值模拟提供初始条件,并受样本统计的检验。在(3)中活动星系核是星系演化进程的重要阶段。在(4)中,星系的环境及相互作用涉及的是星系形成与演化的外因。(5)研究的恒星是构成星系的基本成分。研究其形成和演化是研究星系形成和演化的前提。(6)是星系形成与演化的宏观整体表征。整个项目的研究以大爆炸宇宙学(1)和恒星结构的基本理论(5)为框架,以大样本和大尺度为线索,每个课题的成果互相印证。

3 研究的创新点

星系形成与演化研究在科学方面的意义重大,我国已在建造以该领域为主要目标的国家大科学工程——LAMOST。我们必须在 LAMOST 建成之前,全面提高研究水平,在某些优选课题先期做出

高显示度的成果,为 LAMOST 建成之后,全面完成 LAMOST 科学目标,步入国际先进行列奠定基础。

我们目前的整体实力明显严重落后。在设计总体研究方案时,从战略上通过大样本的全局性的研究,探讨星系形成与演化的整体行为的规律性认识。我们所追求的成果也是以规律性的认识为目标,而不仅是一些只注重新闻效应的发现。(1) 发挥小型设备的作用。小型设备投资少,专用性强,有很大优势。可称为 1999 年重大发现的伽玛暴 GRB990123 就是用口径只有 0.2 米的光学望远镜首先发现的。一般说来,大型设备适于开展小尺度、乃至单天体的精细研究,而小设备则适于大空间尺度以及巡天型的样本统计研究以揭示整体行为的规律性和大时间尺度的时变与突变事件(如伽玛暴和超新星巡天)。(2) 课题选择以样本研究为突破口。宇宙对象的多样性及复杂性决定了研究方法的多角度及全方位的特点。它需要对典型天体进行详尽的研究,需要高空间分辨本领的成像,高光谱分辨率的精确信息;它也需要大样本的统计,获得对整体行为的了解。它需要各个波段的配合,因而任何一个手段或设备都不可能单独解决我们所列举的重大课题,这就从本质上决定了合作的互补性,也决定了资料的开放性。相对来说样本研究更适合发展中国家。我国建造 LAMOST 就是以开展大样本的观测和统计研究为主要目标,因而我们的选题的突破口也从样本研究入手。既利用自己设备建立的样本,也利用开放的数据库构建我们需要的样本。(3) 解决优秀青年人才短缺。把一切学有所成、因各种原因尚不能回国,又积极愿报效祖国的学子的积极性和聪明才智调动起来,充分利用他们现在在国外的有利条件,如接触第一手重要科研数据,学术信息快,可使用大设备的便捷条件等为我所用。

在具体实施中通过以下措施实现:

(1) 解决样本问题;(2) 发挥中小型设备的作用;(3) 开展数值模拟;(4) 发挥数理学科交叉;(5) 加强国际合作;(6) 搞好网络建设;(7) 数据库建立;(8) 发挥人才,特别是杰出青年人才的作用;(9) 实现与 LAMOST 的连接;(10) 保持各课题之间的内在联系。