

文章编号: 1000-8349(2004)04-0350-04



虚拟天文台的科学意义

张彦霞, 赵永恒

(中国科学院 国家天文台, 北京 100012)

摘要: 阐述了虚拟天文台的科学目标和一些基于虚拟天文台的成功范例及其优越性, 以此显示创建虚拟天文台和构想新的研究范例的必要性, 同时也说明虚拟天文台是由需求带动发展, 并逐步由虚拟变为现实的研究途径。作为 21 世纪新的研究平台, 虚拟天文台将在知识和技术等方面对天文学家提出新的挑战, 提供新的机遇。

关键词: 天文学; 虚拟天文台; 数据分析; 数据挖掘; 可视化

中图分类号: P1; N37; TP39 **文献标识码:** A

1 引 言

随着空间和地面技术的发展、地面和空间观测站的建立、探测器技术的进步、网格技术的应用、互联网速度的加快、数据挖掘和可视化技术的引入、存储技术的提高、分布式和并行计算技术的完善, 天文学步入了信息时代, 如其他科学一样日益成为数据丰富的学科, 其数据以 TB 字节计量, 很快将达到 PB 字节。在其他学科开始紧锣密鼓地发起新计划 (如创建网格平台、数字地球、虚拟现实) 以应对新形势发展需要的时候, 天文学界提出了建立“全球虚拟天文台”(Global Virtual Observatory, 简称 GVO) 计划。目前各国都在集中精力创建自己的虚拟天文台, 如美国的国家虚拟天文台 (NVO)、欧盟的天体物理虚拟天文台 (AVO)、英国的天文网格 (AstroGrid)、德国的天体物理虚拟天文台 (GAVO)、法国虚拟天文台、澳大利亚虚拟天文台、印度虚拟天文台、俄罗斯虚拟天文台、意大利虚拟天文台、加拿大虚拟天文台等。我国天文界也不甘落后, 与国际接轨, 创建了中国虚拟天文台 (China-VO), 并成为国际虚拟天文台联盟 (IVOA) 中的一员。

虚拟天文台将各种资源 (如数据资源、计算资源、存储资源) 融合在一起, 提供天文学家可以在线研究的平台。虚拟天文台将对传统天文学提出挑战, 能提供全新的科学发现机遇,

收稿日期: 2004-04-28; 修回日期: 2004-09-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (10273011)

其价值在于本质上区别于传统的天文学发展模式(如建立新的大望远镜和空间计划等),对天文学的发展将产生长期而深远的影响。虚拟天文台的出现,将显著地改变天文研究的方式和方法,促进开辟天文研究的新领域。

本文从虚拟天文台所波及的科学领域展开论述,有关技术方面的问题可参看文献[1,2]。关于虚拟天文台的详细评述请参看文献[3~7]。

2 虚拟天文台的科学目标

天文学“数据雪崩”时代的到来,以及这些数据在虚拟天文台中有效的集成,将驱动全新的天文研究方式。虽然独立的大巡天计划如 SDSS、2MASS、DPOSS 等可以提供新的科学机遇,但是它们在虚拟天文台中的有机融合将覆盖更宽的波长范围,使科学价值在原有基础上大大增加。综合各国的虚拟天文台计划,虚拟天文台的科学目标总结如下^[7,8]:

- (1) 探索多维观测参数空间(包括时间域);
- (2) 寻找稀有的或新类型的天体和天文现象;
- (3) 促进统计天文学的兴起;
- (4) 挖掘海量天文数据;
- (5) 实现巨型的模拟数据与真实数据的对比;
- (6) 有利于统计学、计算机科学及其他数据密集型学科的发展。

虚拟天文台的目的是通过提供数据和计算资源来促进和推动新的科学,发展完善的从全球存档文件和星表中定位、提取、分析数据的工具、交叉证认工具、数据挖掘工具、可视化工具,以及理论模型和模拟数据与观测数据对比的一系列工具。虚拟天文台的结构如图 1 所示。它为用户同时提供软件库和虚拟天文台服务的模板代码。用户可以依据模板来创建自己的

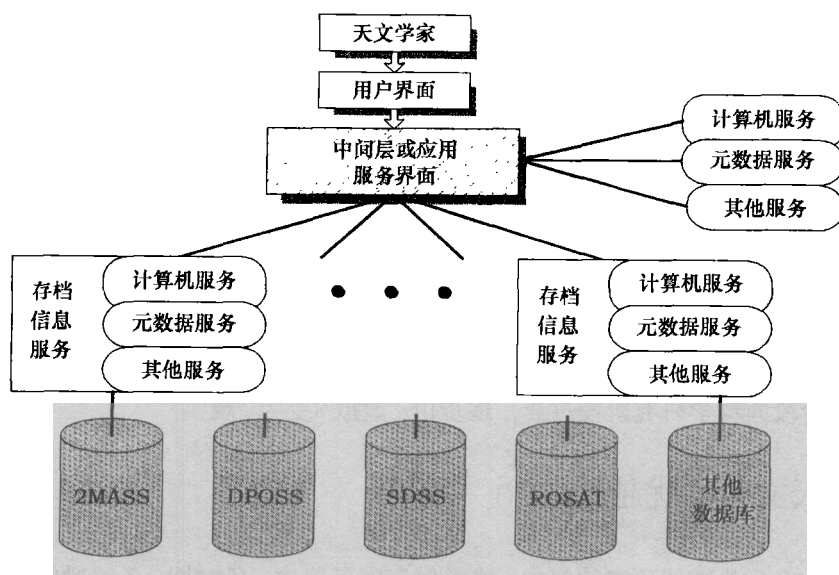


图 1 虚拟天文台结构示意图

应用程序。例如：美国虚拟天文台用 VO Spectrum Services 来分析 50 余万条光谱；用 SkyQuery 交叉相关来自多于 15 个波段的天体观测数据；用基于 DPOSS 或 2MASS 数据库的 YourSky 来构建红外天空图像^[9]。通过标准的虚拟天文台协议，用户可以获得自己需要的数据或发布自己的数据，包括图像数据、光谱和星表。研究所和巡天项目组也可以利用虚拟天文台界面和协议来支持数据的处理、分析和发布。所有的数据和服务需通过虚拟天文台的资源注册与发现 (resource registry and discovery) 来实现。

3 虚拟天文台的科学范例

虚拟天文台是技术使然，而非技术驱动。它的构架和演化完全由科学和科学社会的需求所驱动。虚拟天文台首次在全波段和多维空间中展示已获得宇宙信息，这将导致科学发现时代的到来。为了充分展示虚拟天文台的科学潜力，不同的虚拟天文台工作组设想了许多科学范例，以范例带动虚拟天文台的发展，即以需求带发展。具体的范例有：美国虚拟天文台工作组提出的活动星系核的多色统计、大尺度结构的形成和演化、数字化星系等^[10]。更详细的各个学科范例及相关的虚拟天文台功能可参考文献 [7]。英国的 AstroGrid 项目列举了 10 个科学范例^[11]：高红移类星体的发现、一定红移范围内的星系团定位、褐矮星的寻找、深视场巡天、低表面亮度星系的发现、超新星星系环境的研究、类太阳恒星耀发的对比、太阳冕的起伏、STP (Solar-Terrestrial Physics) 太阳事件的的同时性以及磁暴的发生。Borne^[12]提出了两个范例：估计星系相互作用率、寻找宇宙红外背景。德国天体物理虚拟天文台也提出了两个范例^[13]：交叉相关 ROSAT 和 SDSS 数据，并用星系团来探测宇宙大尺度结构；研究 Sachs-Wolfe 积分效应。

为了进一步证明虚拟天文台的功能和潜力，现以成功的科学范例来说明。Hendrickson 等人^[14]制作了一个基于网页的 SDSS 和 2MASS 数据库的查询工具，这个工具具备数据提取、处理和显示功能，目的是为了通过颜色截断在 SDSS 数据库中寻找褐矮星候选体。2003 年 1 月在美国天文学会上，美国虚拟天文台项目组展示了通过虚拟天文台发现的一些新的褐矮星。Berriman 等人^[15]也利用该工具发现了一些迄今为止未被发现的褐矮星。Padovani 等人^[16]利用虚拟天文台工具，在 GOODS (Great Observatories Origins Deep Survey) 的两个大视场中，通过证认可见光弱的暗类星体，发现了 68 个 II 型活动星系核候选体。2004 年 5 月 28 日，英国天文学家利用欧洲的天体物理虚拟天文台发现了 30 个以前由于尘埃遮挡而未被探测到的超大质量黑洞，他们号称这是来自虚拟天文台的“第一个科学成果”^[17]。Padovani 等人^[16]认为，这个结果表明天文学家过低地估计了超大质量黑洞的数目，其实际数目可能是以前估值的 2~5 倍。上述成果充分显示了虚拟天文台的科学潜力，标志着虚拟天文台已经从单纯的演示阶段向科学研究阶段过渡，逐步由“虚拟”变为“现实”。

4 虚拟天文台的优越性

虚拟天文台作为在线研究的门户，将提供宇宙各层次、各时期、各波段的全貌，为科学家打开一个对宇宙中所有源的、真正的、连续的、全波段的视野。科学家无需知道虚拟天文台内

部各种资源是如何配置的, 只需点击鼠标, 就可以做自己想做的事了。虚拟天文台将启动更新的、更多的、更好的、更容易的和更快的科学研究: 来自多种仪器设备的数据对比研究将推动新的研究方法和新的多波段数据探测方法的发展; 通过提高数据管理和现有天文数据库的大规模分析的效率, 虚拟天文台使用户研究起来更容易、更方便, 科学成果也相应更多; 科学家能够做出更加完美的科学研究, 他们通过分析数据提出正确的科学问题, 然后找到并发表这些问题的答案。这样, 天体物理学家可以集中全部精力去揭开宇宙的奥秘, 而非忙碌于查找和收集数据。因此, 虚拟天文台必将作为 21 世纪新的研究平台, 推动新的科学发展, 促进新的发现。

参考文献:

- [1] <http://us-vo.org/pubs/files/fy2003q31.pdf>
- [2] 崔辰州, 赵永恒, 赵刚等. 天文学进展, 2002, 20(4): 302
- [3] http://www.astro.caltech.edu/nvoconf/white_paper.pdf, 2000
- [4] Szalay A S, Gray J. *Science*, 2001, 293: 203
- [5] Szalay A S, Brunner R J. In: Brian J M, Daniel A G, Jeffrey J E H et al. eds. *Proc. of IAU Colloq.* 179, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998: 455
- [6] <http://us-vo.org/pubs/files/Y1-annual-report.doc>
- [7] <http://www.astro.caltech.edu/~george/sdt/sdt-final.pdf>
- [8] 张彦霞. 博士论文, 北京: 中国科学院国家天文台, 2003: 13
- [9] <http://www.us-vo.org/>
- [10] NVO Interim Steering Committee. In: Brunner R J, Djorgovski S G, Szalay A S eds. *Virtual Observatories of the Future*, ASP Conf. Proc. 225, San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2001: 353
- [11] Walton N A, Lawrence A, Linde A E. *ASP Conf. Ser.*, 2003, 295: 25
- [12] Borne K D. In: Brunner R J, Djorgovski S G, Szalay A S eds. *Virtual Observatories of the Future*, ASP Conf. Proc. 225, San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2001: 333
- [13] <http://www.xray.mpe.mpg.de/~whv/gavo.ps>
- [14] Hendrickson M, Uomoto A, Golimowski D. *ASP Conf. Ser.*, 2003, 295: 305
- [15] Berriman B, Kirkpatrick D, Hanisch R et al. In: Genova F, Su D Q eds. *Large Telescopes and Virtual Observatory: Visions for the Future, 25th meeting of the IAU, Australia: Sydney*, 2003: 60
- [16] Padovani P, Allen M G, Rosati P et al. 2004, preprint (astro-ph/0406056)
- [17] http://www.pparc.ac.uk/Nw/AVO_first.asp

The Science of the Virtual Observatory

ZHANG Yan-xia, ZHAO Yong-heng

(National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: We review the scientific aims of the Virtual Observatory and some successful scientific cases and advantages of the Virtual Observatory. Such cases and advantages demonstrate the necessity of the Virtual Observatory, as well as the creation of new research paradigms, and show that the Virtual Observatory is developed by requirements and is turning into realization from the virtual period gradually. The Virtual Observatory will provide new challenge and opportunity for astronomers in knowledge and technology.

Key words: astronomy; Virtual Observatory; data analysis; data mining; visualization