



硕士学位论文
MASTER'S THESIS

硕士学位论文

天文科学数据共享政策及基于科学数据的科 普教育研究

论文作者：万望辉

指导教师：乔翠兰 副教授

崔辰州 研究员

学科专业：课程与教学论（物理）

研究方向：课程与教学论（物理）

华中师范大学物理科学与技术学院

2015年5月



硕士学位论文
MASTER'S THESIS

Research on Open Access Policies of Astronomical Science Data and the Popular Science Education based on Scientific Data

A Thesis

Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

For the M.A. Degree in Education

By

Wan Wanghui

College of physics science and technology

Central China Normal University

Supervisor: Qiao Cuilan

Cui Chenzhou

Academic Title: Associate Professor

Signature _____

Researcher

Approved

May, 2015



华中师范大学学位论文原创性声明和使用授权说明

原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下，独立进行研究工作所取得的研究成果。除文中已经标明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律结果由本人承担。

作者签名： _____ 日期： _____ 年 _____ 月 _____ 日

学位论文授权使用授权书

学位论文作者完全了解华中师范大学有关保留、使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属华中师范大学。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许学位论文被查阅和借阅；学校可以公布学位论文的全部或部分内容，可以允许采用影印、缩印或其它复制手段保存、汇编学位论文。（保密的学位论文在解密后遵守此规定）

保密论文注释：本学位论文属于保密，在 _____ 年解密后适用本授权书。

非保密论文注释：本学位论文不属于保密范围，适用本授权书。

作者签名： _____ 导师签名： _____

日期： _____ 年 _____ 月 _____ 日 日期： _____ 年 _____ 月 _____ 日

本人已经认真阅读“CALIS 高校学位论文全文数据库发布章程”，同意将本人的学位论文提交“CALIS 高校学位论文全文数据库”中全文发布，并可按“章程”中的规定享受相关权益。同意论文提交后滞后： 半年； 一年； 二年发布。

作者签名： _____ 导师签名： _____

日期： _____ 年 _____ 月 _____ 日 日期： _____ 年 _____ 月 _____ 日



摘 要

当代天文学已经进入数据密集型和数据驱动的时代。随着我国天文学研究的不断发展，国内自产的天文科学数据呈现出爆炸式增长的趋势。建立健全符合科学发展规律的数据资源开放共享政策与制度，使天文科技资源得到高效有序的管理和使用，对国内天文学研究和科普教育的发展至关重要。

本文在充分调研各国政府、部门和国际组织有关政策的基础上，剖析了国外科学数据“完全与公开”的共享原则，介绍了我国科学数据共享相关的管理规定和当前状况，重点论述国际各大天文望远镜项目和天文数据中心天文科学数据资源开放共享的有关政策。同时介绍了国内天文科学数据资源和开放共享的现状，在对比分析国内外政策的基础上总结我国天文科学数据共享政策所存在的问题，起草并制定《国家天文台天文观测数据开放共享管理办法（征求意见稿）》。最后对我国天文科学数据资源共享工作发展和政策制定提出了具体建议。

完善的天文科学数据共享政策促进科学数据的有效利用，而积极发挥科学数据在天文学研究和教育中的作用，也会督促和推进天文科学数据开放共享政策的制定，两者相互促进、相辅相成。其中 WWT 软件就是天文科学数据共享政策的良好结晶，它将全球最好的天文科学数据资源无缝透明的连接在一起，使天文科学数据得到有效共享利用，并促进国内天文科学科普教育的发展。本文介绍了我们基于科学数据进行科普教育的工作以及所取得成绩，并分析、总结实践经验。着重介绍了基于 WWT 的中小学天文课程体系建设、基于 WWT 的天文教学实践以及中国传统星空数据资源的 WWT 集成与共享三个方面。通过实践可知，基于 WWT 平台下的科学数据的科普教育的优势主要体现在其互动性、合作性、探究性和情境性。总之，在大数据时代，基于科学数据的科普教育响应了教育信息化改革，促进了国内科普教育的改革创新。

关键词：天文科学数据；开放共享；政策；建议；科普教育；WWT



Abstract

Astronomy in the new century is stepping into a data-intensive and data-driven era. Data-intensive scientific discovery becomes the forth paradigm for modern scientific research. With the continuous development of the economy in China, astronomical community and facilities are under fast developing. Data resources from Chinese astronomical projects and facilities are just at the starting point of explosive growth. It is crucial for the long-term development of Astronomy in China to build an open data access environment.

First, this paper investigates open data access laws and policies of different governments and international organizations. Following the principle of "full and open access to data". Policies and rules about astronomical observation data of various astronomical projects, telescopes and data centers are introduced. Several related aspects, including data resource specifications, priority period, archiving rules, publication policies, data citation and acknowledgement, are summarized.

Major astronomical datasets from telescopes and research projects in China and their open data access situation are discussed in the second part of the paper. Difficulties and challenges facing astronomers in China to provide full and open data access for astronomical data archives are summarized.

Six specific recommendations to improve open data access are suggested, including definition and improvement of laws and specifications on open data access, establishment of effective management framework on astronomical data archiving and access in governments and institutes, building astronomical data center(s) for the nation or for the whole community, research on key technologies covering full astronomical data lifecycle (creating-processing-analyzing-preserving-giving access-using), training data scientists and data engineers, popularization of data archives and scientific data based applications.

Perfect astronomical data sharing policies can promote the effective use of scientific data, the positive role of the scientific data in astronomy research and education, will supervise and promote the development of the science data of astronomy open and



sharing policies, they are promote each other, complement each other.

WWT software is a good crystallinity of astronomical data sharing policy. The WWT integrate the world's best astronomy data resources for seamless transparent, promotes the development of popular science education in national astronomy. In this paper introduces some work and achievements in science education based on the scientific data, and analysis, sums up the experiences. Focuses on the construction of astronomical curriculum system of elementary and middle schools based on the WWT, WWT-based astronomy teaching practices, as well as traditional Chinese stars three of WWT integration and sharing of data resources. According to practice, we know that the advantage of science education based on the scientific data in WWT platform is mainly reflected in its interactive, collaborative, exploratory and situational. In short, in the era of big data, science education based on the scientific data in response to the reform of educational information, and promotes domestic science education reform and innovation.

Keywords: astronomical observation data; opening and sharing access; policy; investigation; recommendation; popular science education; WWT



目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	II
1. 绪论.....	1
1.1 天文科学数据共享政策研究.....	2
1.1.1 研究背景.....	2
1.1.2 研究现状.....	3
1.1.3 研究目的.....	5
1.1.4 研究意义.....	5
1.1.5 研究方法.....	6
1.2 基于科学数据的科普教育.....	6
2. 天文科学数据共享政策的相关含义.....	9
2.1 科学数据的含义.....	9
2.2 数据共享的含义.....	9
2.3 天文科学数据的分类.....	9
3. 科学数据共享政策研究.....	11
3.1 国际组织.....	11
3.1.1 CODATA.....	11
3.1.2 OECD.....	12
3.1.3 WDS.....	12
3.2 欧洲.....	12
3.3 美国.....	13
3.4 中国.....	14
4. 国外天文科学数据共享政策研究.....	17
4.1 数据保护期内的出版政策.....	19
4.1.1 数据资源说明.....	19
4.1.2 数据保护期的界定.....	20
4.1.3 参与者的界定.....	22
4.1.4 数据归档管理.....	26



4.1.5 学术论文署名原则及出版	29
4.1.6 致谢及数据引用	30
4.2 公开数据的使用政策	31
5. 国内天文科学数据共享政策研究	34
5.1 国内主要天文科学数据资源	34
5.2 国内天文科学数据共享政策	35
6. 国内外天文科学数据共享政策对比与分析	37
6.1 对比与分析	37
6.2 建议与措施	38
7. 基于科学数据的科普教育	41
7.1 WWT 教学软件简介	41
7.2 基于 WWT 的中小学天文课程体系建设	42
7.2.1 科学课程标准中关于天文的内容	42
7.2.2 学生的特点	43
7.2.3 基于 WWT 小学天文课程建设实践	43
7.3 基于 WWT 的天文教学实践	44
7.3.1 WWT 进入史家	44
7.3.2 教学计划	47
7.3.3 教学实施	48
7.3.4 教学总结	51
7.4 中国传统星空数据资源的 WWT 集成与共享	53
7.4.1 中国传统星空数据资源介绍	53
7.4.2 数据资源集成	54
7.4.3 资源共享与应用	57
7.5 基于科学数据的科普教育的优势	59
7.6 结语	61
附录	62
附录 1	62
附录 2	76
附录 3	79
附录 4	92



参考文献.....	95
攻读学位期间发表的学术论文.....	103
获奖目录.....	104
致 谢.....	105



1.绪论

天文学已经进入数据密集型时期和大数据时期。随着我国天文学研究以及天文观测设备技术突飞猛进的进步与发展，国内自产的天文科学数据资源呈爆炸式增长的趋势。吸取借鉴国外在科学数据资源共享方面所做出的贡献和成绩，有效地将我国天文科学数据资源集成并推动数据资源与应用服务的共建共享，建立健全符合科学发展规律的数据资源开放共享政策与制度，使我国天文科技资源得到高效有序的管理和使用，对国内天文学研究以及科普教育的发展至关重要。

天文科学的发展进步，离不开对科学数据的有效利用，而要使科学数据在科研和教育方面充分发挥其作用，又离不开完善的科学数据共享政策的规范和指引，这两种相互促进、相辅相成。国外建立了比较完善的数据共享政策，促进了科学数据的有效利用，World Wide Telescope（万维天文望远镜，简称WWT）就是在完善的科学数据资源共享环境下以及完备政策的指引下而产生的一款集合全球最好最真实的天文科学数据资源的互动式教学软件。借助WWT可以获得最新的实时的天文科学数据和研究成果，教师和学生可以很方便地利用该软件研究与学习天文，促进基于科学数据的科普教育的发展，作者通过实践总结了WWT在科普教育上的优越性。

本文第二章介绍天文科学数据共享政策的相关含义，包括科学数据、数据共享、天文科学数据的分类以及天文科学数据共享的内涵与特征。第三章从国际组织、欧洲、美国以及中国四个方面阐述科学数据开放共享的政策。第四章主要介绍国外天文科学数据资源保护期内的出版政策（简称出版政策）和公开数据的使用政策。出版政策主要包括数据资源说明、数据保护期的界定、参与者的界定、数据归档管理、学术论文署名原则及出版、数据引用、标准致谢和一般原则等八个方面。公开数据的使用政策主要分非商业目的（包括教育、科研、学术、公益等）和商业目的两个方面。第五章主要介绍国内主要的天文科学数据资源以及开放共享政策。第六章对比分析国内外天文科学数据共享政策的现状，总结我国之所以没有建立完善的天文科学数据共享政策的原因所在，并借鉴并吸收国外制定数据开放共享政策的经验，尝试讨论我国建立完善的天文科学数据资源开放共享政策所必须采取的措施。第七章将着重介绍我们基于WWT进行科学数据的科普教育所做的工作和取得成绩。分别介绍基于WWT的中小学天文课程体系建设、基于WWT的天文教学实践以及中



国传统星空数据资源的 WWT 集成与共享三个方面，进而总结基于 WWT 平台下的科学数据的科普教育的优势。

1.1 天文科学数据共享政策研究

1.1.1 研究背景

首先，现代天文学已成为一门数据密集型和数据驱动的科学，天文学的研究和教育离不开对天文科学数据的利用。

天文学是一门古老并且始终随着时代进步而发展的学科。现代天文学已经进入多波段以及时域天文学时代，成为一门数据密集型和数据驱动的科学^[1]。随着观测设备以及观测技术的发展进步，天文学科的数据资源正呈爆炸式增长。天文学的研究和教育，离不开对天文科学数据的利用。在这种情况下，将天文科学数据资源集成并推动数据资源与服务的共建共享，对天文学研究和教育的发展至关重要。

其次，缺乏完善的明确的国家层面的法律政策的指引，国内天文科学数据的共享并没有制定统一的开放共享政策和制度。

天文学有良好的开放共享的传统，在数据开放共享方面远远走在了其他学科的前面。IVOA^[2]、VizieR^[3]、NED^[4]、Astrophysics Source Code Library (ASCL)^[5]、ADS^[6]、arXiv.astro-ph^[7]都是天文学领域资源共享的成功范例。然而，上面这些成功的范例都是天文学家自发形成的行业传统。如果能通过政策和制度的手段来进行规范和要求，将非常有利于天文数据开放共享的长远发展。因此，创造天文科学数据资源共享平台，建立健全符合客观规律的天文科学数据资源开放政策与制度，通过合理化、公正化的服务平台吸引天文科学数据资源，会使天文科学数据资源得到高效有序的管理，更加合理地更大效率地发挥作用，从而促进天文学科的科学研究的发展。

最后，天文学“科技领域云”项目致力于打造一个高效的科研信息化应用平台，需制定数据共享政策和制度以规范数据的汇交和管理。

在“十二五”信息化发展规划“科技云”整体框架下，结合重点学科领域“一三五”发展规划和整体布局，部署了八个“科技领域云”项目，目标是提升各学科领域的资源与服务的集成度，推动资源与服务的共建共享，支持无所不在的访问与使用，使跨机构、跨地域和跨领域的国际、国内科研合作更为便捷，支撑该学科和领域科技目标的实现，实现信息化与科技活动直接、深度的融合，促进科研模式在信息化环境下的转变和提升。



天文学“科技领域云”项目基于为天文学研究提供一个高效的科研信息化应用平台，利用云技术实现对天文数据、存储、计算、软件、工具等科技资源的集成，支撑从望远镜时间申请、审批，数据汇交与发布，到数据分析处理、挖掘与可视化，再拓展到工具开发与写作的整个科研过程。

着眼于科技领域云平台的长期发展，为了解天文学领域数据资源共享现状、规范科学数据汇交、共享、管理，作者于2013年11月到2014年6月调研了国内外的科学数据和天文科学数据资源的开放共享政策与制度的现状。主要针对国内外相关政府机构与组织有关科学数据共享政策及国内外各大望远镜和天文数据中心的科学数据资源开放共享政策两方面进行调研。采取访问相关网站的方法，收集各个国际科学组织、欧洲和美国等国家有关科学数据资源的共享政策，以及各大天文望远镜项目和天文数据中心关于天文科学数据资源质量控制和开放共享服务政策与制度。

1.1.2 研究现状

天文科学数据是科学数据的一部分，所以各个国家都在建立科学数据共享政策的基础上，以这个为指引，再令各部门和组织分别建立自己所持有的分学科的科学数据的开放共享政策。研究天文科学数据开放共享的政策，首先必须了解国内外关于科学数据开放共享的政策和制度。所以作者在调研天文科学数据开放共享之初，也调研了国内外有关科学数据开放共享的政策和制度的情况。下面将从科学数据和天文科学数据两个方面阐述其研究现状。

1.1.2.1 科学数据共享政策研究现状

(1) 国外的研究现状

通过调研访问国外政府机构与组织的网站可知，国外有完善的科学数据共享系统，并均以国家的法律为基础制定了科学数据共享政策与制度。如国际组织CODATA、OECD、WDS以及英国和美国政府与相关科学组织均以“完全与公开”为原则，在保护科学数据和推动科学数据更广泛地应用与共享方面做出了很大的贡献。

调研期间访问国外政府机构与组织的网站包括国际科学数据委员会(CODATA: The Committee on Data for Science and Technology)^[8]、经济合作与发展组织(OECD: Organization for Economic Co-operation and Development)^[9]、世界数据系统(WDS: World Data System)^[10]、生物技术和生物科学研究委员会(BBSRC: The Biotechnology and Biological Sciences Research Council)^[11]、威康信托基金会



(Welcome Trust)^[12]、美国国立卫生研究院 (NIH: National Institutes of Health)^[13]、美国科学基金会 (NSF: National Science Foundation)^[14]、美国国家科学理事会 (National Science Board, 简称 NSB)^[15]、自然环境研究委员会 (NERC: Natural Environment Research Council)^[16]、欧洲议会和欧盟委员会 (European Commission)^[17]等。

(2) 国内的研究现状

国内对科学数据共享政策的研究已经非常成熟, 在中国知网中搜索关键字“数据共享政策”, 出现 6056 条结果。主要通过引进和翻译国外科学数据共享政策, 从资助机构建立、数据管理制度、数据发布流程等各个环节对比分析, 讨论对我国建立科学数据共享政策法规体系的启示。

通过调研考察发现, 这些工作确实对我国建立科学数据开放共享政策有很好的指导性, 起到了关键性的指引作用。比如通过查阅网络资料的方式, 收集到许多科学数据资源共享政策与制度, 包括地震科学数据共享相关政策与规定、国际科学数据共享原则和政策、基础科学数据共享政策与规范、气象资料共享管理办法、先进制造与自动化科学数据共享规定、遥感数据中心共享协议以及最近的探月工程数据发布政策等等。

1.1.2.2 天文科学数据共享政策研究现状

(1) 国外研究现状

通过调研访问各大望远镜平台和天文数据中心可知, 在国家科学数据共享政策的指引下, 国外的天文望远镜项目和天文数据中心基本上都制定了完善的天文数据资源开放共享政策与制度。

调研访问的各大望远镜平台包括太阳动力学天文台 (Solar Dynamics Observatory, 简称 SDO)^[18]、美国国家太阳天文台 (National Solar Observatory, 简称 NSO)^[19]、美国国家光学天文台 (National Optical Astronomy Observatory, 简称 NOAO)^[20]、三十米望远镜 (the Thirty Meter Telescope, 简称 TMT)^[21]、澳大利亚平方千米阵列探路者 (Australian Square Kilometer Array Pathfinder, 简称 ASKAP)^[22]、澳大利亚国立巨型望远镜 (Australia Telescope National Facility, 简称 ATNF)^[23]、甚大望远镜 (Very Large Telescope, 简称 VLT)^[24]、斯隆数字巡天望远镜 (Sloan Digital Sky Survey/Sky Server, 简称 SDSS)^[25]、阿塔卡玛大型毫米波/亚毫米波阵列 (Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array, 简称 ALMA)^[26]、美国宇宙航局 (National Aeronautics and Space Administration, 简称 NASA)^[27]、



Spitzer^[28] 望远镜、Chandra^[29] 望远镜、欧洲南方天文台（European Southern Observatory, 简称 ESO）^[30]等。

天文数据平台包括美国宇航局红外处理与分析中心的河外数据库（the NASA/IPAC Extragalactic Database, 简称 NED）^[31]、（the Barbara A. Mikulski Archive for Space Telescopes, 简称 MAST）^[32]、SAO 与 NASA 天文数据系统（the SAO/NASA Astrophysics Data System, 简称 ADS）^[33]、钱德拉 X 射线中心（Chandra X-ray Observatory, 简称 CXC）^[34]、高能天体物理学研究中心科学数据库（The High Energy Astrophysics Science Archive Research Center, 简称 HEASARC）^[35]、红外处理和中心（Infrared Processing and Analysis Center, 简称 IPAC）^[36]、斯特拉斯堡天文数据中心（Strasbourg astronomical Data Center, 简称 CDS）^[37]、（VLT Survey Telescope Center at Naples Web Portal, 简称 VSTceN）^[38]、（NOAO/AURA Science Archive, 简称 NSA）^[39]、（Spitzer Science Center, 简称 SSC）^[40]等。

（2）国内研究现状

国内还没有对天文科学数据共享政策的研究的先例，在必应和中国知网中搜索“天文数据共享政策”都没有出现对应的文献。

尽管如此，在调研国内中国科学院国家天文台、上海天文台、紫金山天文台、云南天文台以及新疆天文台等主要望远镜时，发现有包括郭守敬望远镜（LAMOST: The Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope）^[41]、中国科学院紫金山天文台毫米波射电望远镜的数据资源共享现状、数据共享政策和规范。这些规范和政策均在一定程度上反映了国内对天文科学数据共享利用的重视。

1.1.3 研究目的

经调研国外科学数据资源“完全与公开”的共享政策，以及国外天文科学数据资源开放共享政策，发现国外的数据政策相对比较完善，对我国天文科学数据资源的开放共享政策的制定具有很好的借鉴意义。借鉴吸收国外天文科学数据共享政策的经验，制定国内健全符合客观规律的天文科学数据开放共享的政策，通过公正、合理的手段集成天文科学数据资源，打造数据资源与服务共建共享的平台。

1.1.4 研究意义

第一，为制定国内天文科学数据资源开放共享政策与制度提供参考。通过国内天文科学数据资源共享政策制定，维持一个开放共享的数据资源环境，支持数据资源的自由流通，促进科研和教育的发展。使国内有效的天文科学数据资源和产品形成



更加广泛获取。

第二，促进天文科学数据的有效利用，提高其科学价值。最大化支持数据、信息和知识的共享交换，有利于促进科学研究和创新的发展；开放共享天文科学数据并提高天文科学数据的使用效率有利于促进天文科学的进步；开放共享天文科学数据可以使公共投资利益最大化等。

第三，促进天文学自身的发展和社会的进步。科学数据的挖掘和知识发现在数据密集型时代大有可为，有利于促进学科自身的长足发展。面对海量科学数据资源的出现，天文研究与教育面临巨大的挑战，天文学家们会有更宽阔的视野和有效的策略，势必会推动一门新的学科的产生，天文信息学。即将天文学与信息技术以及计算机应用科学结合在一起，互相促进互相进步。

1.1.5 研究方法

(1) 文献调查法

如斯隆数字巡天望远镜 (SDSS)、欧洲南方天文台 (ESO)、美国宇航局 (NASA)、美国国家太阳天文台 (NSO)、美国国家光学天文台 (NOAO)、ADS、NED 等等，主要参考了 13 个天文台和 10 个天文数据中心的数据政策。

(2) 访谈法

给国内各大天文台和观测台站的天文科学家发送邮件，收集各个单位部门和望远镜观测站有关天文科学数据的共享政策。

(3) 比较研究法

通过调研国内外天文科学数据共享政策，并从各个方面比较国内外天文科学数据政策的区别与联系，以借鉴吸收国外天文科学数据资源共享政策的经验。

1.2 基于科学数据的科普教育

随着科学技术的飞速发展，国际科学技术的竞争也日益激烈。为此，各个发达国家都迅速对自己国家的科学基础教育进行改革，以提高公众的科学素养，增强科技竞争实力。发展科学教育，迫在眉睫，利用网络，刻不容缓^[42]。在信息技术迅猛发展的时代，科学数据的产量也正发生巨大的变化，海量数据已经把科学教育带入到数据密集型时代，科学科普教育离不开对科学数据的有效利用。

天文学自身是一门深奥而又通俗的学科，能够激发人们与生俱来的探索和探险的欲望。天文学还有良好的包容性，与物理、化学以及生命科学的关系紧密，可利用科学数据资源非常广泛。现代天文学还是一门和计算机信息技术紧密联系的学科



[43]。现代天文学已成为一门数据密集型和数据驱动的科学，天文学的研究和教育离不开对天文科学数据的利用。依托于信息技术环境而发展起来的虚拟天文台(即 Virtual Observatory, 简称 VO), 是将科学教育与互联网结合在一起而产生的优秀范例。基于 VO 的天文科学数据的科普教育逐渐显出蓬勃发展良好趋势, 并对于提高公众的科学素养, 有着很好的作用。

在我国中小学中天文科学教育越来越受到重视, 但是由于考试招生、天文课本课程和观测仪器设备普遍缺乏等各种因素的影响, 使得天文科学教育的普及性还是有一定的局限性。为了更好利用信息技术和互联网, 加强体验式、互动式教学, 有效地发挥天文科学数据对天文教育的推广促进作用, 微软研究院设计开发了一套架构在虚拟天文理念和信息技术基础之上的虚拟望远镜——World Wide Telescope (万维天文望远镜, 简称 WWT)。它利用先进的信息和网络技术, 将世界上最好的最真实的天文科学数据融合成一个无缝的数字宇宙, 并通过先进的数据可视化功能呈现给天文学习者。实现了国际虚拟天文台联盟致力于将全球范围内的天文研究资源无缝透明连结在一起形成的数据密集型网络化天文学研究和科普教育环境的恢弘构想 [44]。

中国虚拟天文台在国际虚拟天文台理念的支持和指导下, 并在中国科学院国家天文台信息与计算中心的崔辰州研究员长期不懈的努力下, 通过 WWT 将国内天文学家、计算机科学家、软件专家、教育学家、媒体以及公众等很多领域的人聚集在一起, 实现了天文科学研究和教育的多学科、跨领域合作。

由中国虚拟天文台与微软研究院合作建立“WWT 北京社区 (WWT Community Beijing)”, 成为 WWT 官方的中文门户网站, 为国内的 WWT 用户提供最新的信息和资源。为扩大 WWT 在天文科普教育中的影响力, 多次组织举办全国 WWT 教师培训和 WWT 漫游制作大赛, 吸引了大量的天文教育者和学生加入到中国 WWT 团队中。

WWT 也是一套由海量数据驱动的互动式数字天象厅系统, 与传统的天象厅不同, 不仅仅局限于播放已有的科学影片, 被动地传授知识, 学生可以利用 WWT 系统自制天象节目, 享受自主学习和探究的乐趣。由微软研究院、国家天文台以及华中师范大学共同合作, 打破传统的天文教学方式, 充分利用海量的天文数据资源, 在国内率先建立了两座 WWT 互动式数字天象厅, 分别建立在重庆市石新路小学和北京师范大学。同时由华中师范大学乔翠兰副教授带领 WWT 团队开发了一套完整的中小学天文教学课程体系, 进一步发挥了 WWT 在天文科学研究与教育中的积极



作用，促进了天文科普教育在中小学甚至大学中的发展。



2.天文科学数据共享政策的相关含义

2.1 科学数据的含义

科学数据，就是人类在认识世界和改造世界时所从事的各种各样的科技活动中产生的原始性、基础性数据、研究数据以及按照不同需求系统加工的数据产品和相关信息，具有科学价值和使用价值。科学数据是信息时代最基本、最活跃、影响面最宽的科技资源，它对于科技创新具有显著的作用。

2.2 数据共享的含义

因为科学研究和学术创新的需求才有开放科学数据资源的趋势^[45]。实现科学数据资源共享有助于减少开发和复制科学数据资源时所花费的费用，同时将数据资源分享给更多需要的研究者和学习者，并减少重复劳动，从而可以将更多的精力放在研究和创新上。

2.3 天文科学数据的分类

不同望远镜获得的数据不一样，对各种数据产品的分类也不一样。国内大型望远镜郭守敬望远镜就将数据产品分为三大类型，如原始数据、天体光谱数据以及星表数据。

NASA 在《数据与信息政策》(Data & Information Policy) 中说明可供分享的数据包括观测数据、元数据、产品、信息、演算法、包括科学资源密码、文书、模型、图像和研究结论，并在《数据权利与相关问题说明》中明确定义相关数据。

ALMA 在数据政策中说明公开共享的数据包括原始的科学数据、数据标准、经加工有质量保证的数据、图像数据以及日志和项目执行和质量保证报告。

CXC 在钱德拉数据产品归档指南中明确说明数据的类别，包括保护期内的数据和公开之后的数据，并采用不同的方式标记不同类别的数据，方便用户查询和利用。

在国际上，对天文科学数据资源的数据类型及定义没有统一的标准，但是有相对统一的数据格式。FITS (Flexible Image Transport System) 是天文学界常用的数据格式之一，它专门为在不同平台之间交换数据而设计。



当然数据的格式也可以根据不同情况分类也不一样，比如探月与航天工程中心在其探月数据政策中就将发布的数据划分为两种数据格式。0 级科学数据采用二进制文件格式，1 级和 2 级科学数据采用 PDS 标准格式^[46]。



3.科学数据共享政策研究

因为科学研究以及学术创新的要求使得开放科学数据成为必要的趋势。推动科学数据开放共享的动力主要来自于政府机构、基金会、学术团体、出版商以及用户的要求。数据资源归档和共享的相关制度和法规能促进科学数据资源的开放和利用,使得科学家可以对已经公布的研究结果进行验证并开展新的研究。科学数据资源开放共享能够营造更丰富有效地科学数据资源环境,使研究人员能够轻松地发布、发现、访问并使用已有的科学数据资源^[47]。本节主要介绍国外政府和单位机构有关科学数据共享的规定和政策。

3.1 国际组织

国际科学数据委员会(The Committee on Data for Science and Technology, 简称 CODATA)^[48]和经济合作与发展组织(The Organization for Economic Co-operation and Development, 简称 OECD)^[49]以及世界数据系统(World Data System, 简称 WDS)^[50]、研究数据联盟(Research Data Alliance, 简称 RDA)^[51]等国际组织在保护科学数据和推动科学数据更广泛地应用和共享方面做出了很大的贡献。在科学数据共享的过程中,不可避免地存在公共领域数据不公开以及收费过高的问题,国际科学组织要求成员国遵守对公共领域的科学数据资源“完全与公开”数据共享政策的承诺。即要求向国际社会提供无歧视的、完全的数据服务,对数据和产品实现自由和无限制的国际交换,促进完全、公开、及时的信息交换。即数据应该以尽可能最低的价格提供给用户,而数据定价首要原则就是不能高于复制和分发数据时所产生的成本。下面以 CODATA、OECD 和 WDS 的数据共享政策为例,具体情况如下。

3.1.1 CODATA

为了“完全与开放”地获取适用于科学研究和教育教学的科学数据资源, CODATA 在 2000 年制定《网络时代的科学原则》,并提出了六条原则:第一条,科学是一项符合公众利益的投资;第二条,科学的进步依赖全面、公开地获取数据;第三条,研究和教育数据的获取不适合市场化;第四条,科学数据资源的发布是科学研究以及知识传播的基础;第五条,数据所有者的利益在一定程度上必须向社会



对开放共享的需求妥协；第六条，立法者要充分考虑知识产权法对研究和教育可能产生的影响。从科学数据共享的意义、方式和过程等亟待解决的相关问题阐述了实现科学数据资源共享的原则。

在 CODATA 的《科学数据的政策声明》(Scientific Data Policy Statements)^[52]中各个国际组织对科学数据政策，包括世界气象组织、第二届国际气候大会科学与技术宣言、国际地圈与生物圈委员会、国际地球观测卫星委员会、经济合作与发展组织(OECD)、联合国 21 世纪议程、国际气候变化框架协议、国际地球观测卫星委员会决议、联合国政府间海洋委员会、全球气候观测系统组织、全球气候计划政府间会议、国际社会科学学会全体会议、国际政府间的海洋委员会以及社会科学数据管理政策等。从各个层面论述科学数据和产品的开放共享政策，为实现国际间完全、公开、有效、无限制、无歧视的数据与信息交换做出了积极有效的贡献。

3.1.2 OECD

OECD 于 2006 年颁布了《公共资金资助的研究数据获取原则与指南》，主要在于指导各个成员国制定完善的科学数据资源开放共享政策。该《原则与指南》要求各个成员国以十三条原则为基准，制定与科学数据开放共享相关的法律及政策，即开放性、灵活性、透明性、法律一致性、保护知识产权、正式性、专业性、协作性、保证质量、安全性、效率、持续性。

3.1.3 WDS

国际科学委员会——世界数据系统(World Data System, 简称 WDS)也早就认识到促进不断增长的科学数据资源的开放与共享的重要性，并采纳以下数据共享原则：

- (1) 完全与公开的交换世界数据系统中的数据、元数据和数据产品，相关国际文书、国家政策与法律；
- (2) 及时地以最低成本提供所有数据、元数据和数据产品；
- (3) 免费提供所有共享的数据、元数据和数据产品，或者只需缴纳不多于数据复制的费用，鼓励将数据资源用于研究和教育。^[53]

3.2 欧洲

首先，欧盟在《开放公共部门的信息数据政策》(Open data policy and public sector information)^[54]指出，希望通过开放共享科学数据和公共部门信息，支持创



新科学数据的再利用和促进民主进程的思维习惯，并实现经济增长。

欧洲国家在科学数据共享方面经历了从最初采取收回成本的数据共享政策到“完全与公开”的数据共享政策的过程。研究与实践表明，收回成本的数据共享模式并不能使科学数据的价值最大化，并且也难以达到减轻资金压力的目的。因此，2013年6月，欧洲议会和欧盟委员会最终规定除非有正当理由，公共部门不得向数据再利用者收取数据生产成本费^[55]。也就是说数据资源的共享几乎是免费的。并规定所有公共信息均可用于任何目的（营利性或非营利性），除非有第三方的版权保护；强制要求数据必须是统一标准的且是通用可读的格式，确保数据的有效共享利用；设置监督管理机制，以保证共享政策的执行；扩大开放与共享科学数据资源的公共部门的范围等。

其次，欧洲国家已经认识到科学数据共享的重要性，资助研究机构和政府单位采取各种措施来促进科学数据的共享。

英国生物医学研究赞助者惠康基金会（Wellcome Trust）在《数据管理与共享政策》（Policy on data management and sharing）^[56]中明确规定资助的个人或机构必须考虑管理和研究计划阶段的数据共享方法，并提交数据的管理与共享计划。基金会承诺将把审核数据管理与共享计划和包括传递数据的任何成本预算作为投资决策的一个部分，并会持续给予研究者基础资助，以最大化其研究过程中产生的重要数据集的长期价值。

英国医学院研究理事会规定受资助者和单位机构在项目申请书中必须制定有效的数据管理费用计划，在年底资助款项的汇报中介绍数据管理和共享的工作^[57]。

3.3 美国

美国科学数据共享政策的制定均以《信息自由法》和《版权法》为法律基础。这两个基本法律明确规定了公众对科学数据资源具有自由获取的权利。为了进一步推动科学数据资源的开放共享和提升数据资源的利用水平，2013年5月白宫颁布了《开放数据政策——将信息作为资产管理》。该政策指出数据开放共享应遵循以下原则：公开、可访问、被充分描述、可重用、完整、及时以及发布后依然管理^[58]。

除了国家层面的法律法规，美国还有研究机构、学术社团、基金会、行业管理部门制定的具体行业数据共享政策和管理办法^[59]。如美国国立卫生研究院（National Institutes of Health，简称NIH）^[60]、美国国家科学基金会（National Science Foundation，简称NSF）^[61]和美国国家科学理事会（National Science Board，简称



NSB)^[62]均根据《信息自由法》制定了相关的数据共享政策。

美国国家卫生研究院(NIH)规定,凡是接受NIH资助或者仅部分接受NIH资助的科学研究项目都必须共享最终研究数据,同时考虑在开放与共享科学数据时可能需要花费时间及金钱,NIH允许受资助者可以直接在资助申请书中向NIH申请项目经费作为共享最终科学研究数据的成本。

美国国家科学基金会(NSF)实施了2006-2011年的全面战略规划,在规划中明确指出,是否能够有效地把握和利用科学数据资源,将决定美国是否能够在国际科学与工程领域中处于领先的地位。同时主张将各个科学数据资源收集和管理的组织以网络的方式联合起来,建立一个覆盖全国的数字化数据资源网络集成体系和框架。NSF在项目管理指南(NSF Award and Administration Guide)^[63]还要求每个项目申请者的项目申请书中必须包含一份“数据管理计划(Data Management Plan),计划中要求申请者必须对项目所产生的科学数据资源的管理与传播的研究进行详细的描述。包括数据的类型、数据的标准以及数据的获取与共享政策、数据的归档与保存计划等等。

美国国家科学理事会(NSB)在《长期保存的数字化数据集》的报告中指出,科学数据资源对日益增长的科学研究和教育十分重要,以及在扩大各类科学研究的参与范围中发挥着巨大的潜力,所以决定会大大地增加对现有数据资源集和新增数据资源集的创造、维持以及长期保存等相关研究领域的资助。

这些政策都从各个方面有效地促进了对科学数据资源的挖掘、整合以及分析和利用,充分体现了对科学数据资源“完全与公开”获取的共享原则。

3.4 中国

我国政府也已经认识到科学数据共享的重要性,《中华人民共和国科学技术进步法》第四十六条规定,“利用财政性资金设立的科学技术研究开发机构,应当建立有利于科学技术资源共享的机制,促进科学技术资源的有效利用。”根据我国目前法制建设和科学数据资源管理的现状,科学数据资源共享法规体系包括三个层次:科技进步法、信息共享法是科学数据资源共享的基本法;与科学数据共享管理相关的行政法规,如共享管理条例;科技部就科学数据资源制定一系列规章制度,如:科学数据共享工程建设与管理规范、共享服务的监督与评价办法,国家科技计划项目科学数据汇交办法等。

国家科学技术部在推动科学数据开放共享方面做出了良好的表率,发挥着不可



替代的引领作用。《国家科技计划项目管理暂行办法（科学技术部令第5号）》^[64]规定在项目实施管理时“各类国家科技计划必须建立相互兼容的数据库，实现信息、数据资源共享”，项目验收时项目的承担者需要提交有关验收资料及数据。

《国家重点基础研究发展计划（973计划）管理办法（国科发计〔2011〕626号）》^[65]规定项目承担单位和课题承担单位按照科技部有关科学数据共享和科技计划项目信息管理的规定和要求，按时上报项目和课题有关数据。同时指出“推动科学数据共享”是项目首席科学家的主要职责之一。

《国家科技支撑计划管理办法（国科发计[2011]430号）》^[66]在“知识产权、技术标准与成果”中规定“建立规范、健全的项目科学数据和科技报告档案，建立项目科技资源的汇交和共享机制。项目组织单位和课题承担单位按照国家有关科学数据共享的规定，按时上报项目（课题）有关数据和成果。建立健全支撑计划项目数据和成果库，实现信息公开、资源共享。”

《国家高技术研究发展计划（863计划）管理办法（国科发计[2006]329号）》^[67]规定“项目（课题）承担单位应按照国家有关科学数据共享和科技计划项目信息管理的规定和要求，按时上报项目（课题）有关科研资料和数据。”

科技基础性工作专项在试行的《科技基础性工作专项项目科学数据汇交管理办法（试行）》^[68]中规定“科技基础性工作专项项目必须在项目验收前按照项目任务书的考核指标和有关要求保质保量地完成数据汇交。科学技术部基础研究司指定相关科学数据管理机构具体负责科学数据汇交、保管、共享与服务工作。”该办法还对组织管理、汇交方案和汇交内容、汇交流程、数据管理与共享服务、监督与处罚等各有关环节做出了详细的规定。

国家自然科学基金委员会2014年5月出台了“受资助项目科研论文的开放获取政策”^[69]，要求“将同行评议后录用的最终审定稿，存储到国家自然科学基金委员会的知识库，不晚于发表后12个月开放获取。”《国家重点实验室建设与运行管理办法》^[70]中要求重点实验室要按照有关规定和要求实施数据共享。《国家自然科学基金条例（国务院令 第487号）》^[71]等条例和规定中提及项目研究形成的论文、专著、软件、数据库、专利等均须标明“国家自然科学基金资助项目”并及时向科学基金委员会申报登记，但略有遗憾的是未对科研数据的开放共享做出明确要求。

为促进科学数据资源的开放共享及有效利用，科技部、中国科学院等部门通过工程项目的方式投资建设以科学数据共享为主要内容的数据库群和服务平台。如基



基础科学数据共享网^[72]建立科学数据共享平台，并研究制定了一系列标准规范，形成标准规范体系，包括《基础科学数据共享管理策略规范》、《基础科学数据的元数据规范系列》等。国家科技基础条件平台下的科学数据共享平台——地球系统科学数据共享平台^[73]，是目前科学数据共享唯一以整合、集成科研院所、高等院校和科学家个人科研活动所产生的分散科学数据为重点的平台，研究制定了相关数据共享标准规范《地球系统科学数据共享平台章程》。另外其他领域也颁布了有关数据共享管理办法或规定，如《地震科学数据共享管理办法》^[74]、《气象资料共享管理办法》^[75]、《先进制造与自动化科学数据中心免责说明》^[76]和《遥感数据中心数据共享协议》^[77]等。

我国在科学数据资源开放与共享方面所采取的战略即为科学家“各自为战”，科学研究项目“各项目组为战”。因此，出现一个单位科学家之间共享数据比外单位难，数据低层次重复开发、数据质量没有保证、不标准等现象就不奇怪了。不过，与欧美发达国家相比，我国尚未完善的明确的国家层面的法律，导致科学数据共享政策和制度体系的不完善。已出台的管理办法、规范等缺少法律效力，执行难度大，发挥的作用有限。



4. 国外天文科学数据共享政策研究

天文学是一门观测的科学。天文科学数据不但是天文学家的科研资源还是人类的宝贵财富。经调研发现，国内外有关天文科学数据开放共享的政策大多体现在各个天文望远镜项目中。国外天文科学数据有较完善的共享使用政策，大多参照国家制定的“完全与公开”数据共享原则，并根据天文学研究的具体情况制定自己的数据资源开放共享规定和规范。这些规定和规范不仅涵盖了数据存储、发布、管理、访问、分析和传播等各个层面，而且还对数据共享活动中所涉及的个人隐私、数据安全、著作权等问题做出了明确的规定。

天文科学数据从取得之后，其生命周期主要分为两个时期，包括数据保护期和公开使用期。鉴于此，各大天文望远镜项目制定的数据共享政策一般包括数据公开前的出版政策（Publication Policy）（以下简称出版政策）和公开数据的使用政策。这些政策不仅涵盖了数据存储、发布、管理、访问、分析和传播等各个层面，而且还对数据共享活动中所涉及的个人隐私、数据安全、著作权等问题做出了明确的规定。其中，国外天文数据中心和天文望远镜项目具有代表性的数据政策如表 1 所示：

表 1 国外部分天文观测数据开放使用政策汇总

类别	数据中心或项目名称	数据政策名称
天文数据中心	ADS	使用 NASA 天文学数据库系统的条款（Terms and Conditions for Use of the NASA Astrophysics Data System） ^[78]
	CDS	标准致谢（Acknowledgment） ^[79]
	CXC	钱德拉保护期数据指南（Handling of Proprietary Chandra Data） ^[80]
		钱德拉数据归档产品指南（A Guide to Chandra Archive Data Products） ^[81]
		使用钱德拉资源的标准致谢（Request for Acknowledgment of Use of Chandra Resources） ^[82]
		图片、产品、技术使用约定（Conditions of Use of Images, Products or Technologies (materials)） ^[83]



		钱德拉科学出版指南 (Guidelines for Chandra Science Publications) ^[84]
		钱德拉数据库中的公共数据说明 (Information about Public Data in the Chandra Data Archive) ^[85]
	HEASARC	高能天体物理学研究中心科学数据库的标准致谢 (Acknowledging the Use of HEASARC Data) ^[86]
	IRSA	美国宇航局红外处理与分析中心的红外科学数据中心的 标准致谢 (IRSA Acknowledgement) ^[87]
	MAST	数据使用政策 (Data Use Policy) ^[88]
		标准致谢 (Acknowledgment) ^[89]
	NASA	数据与信息政策 (Data & Information Policy) ^[90]
		图像使用政策 (Image Use Policy) ^[91]
		数据权利与相关问题说明 (Data Rights & Related Issues) ^[92]
		NASA 对新闻媒体发布信息的政策 (NASA Policy on the Release of Information to News and Information Media) ^[93]
KOA	数据释放政策 (Data Release Policy) ^[94]	
NED	美国宇航局红外处理与分析中心的河外数据库致谢标准 (Acknowledging NED) ^[95]	
天文望远镜项目	NSO	数据政策 (Data Policy) ^[96]
	SDO	版权 (Copyrights) ^[97]
	SDSS	SDSS-III 出版政策 (The SDSS-III Publication Policy) ^[98]
		SDSS-III 致谢标准 (Official SDSS-III Acknowledgement) ^[99]
		SDSS 有关新闻发布的政策 (SDSS Policy for Press Releases) ^[100]
	Spitzer	图像使用政策 (Image Use Policy) ^[101]
	TMT	30 米望远镜图像使用政策 (TMT Image Use Policy) ^[102]
	VLT	VLT 巡天望远镜保证观测时间的出版政策 (VST-GTO Publication Policy) ^[103]
	ALMA	阿塔卡马大型毫米/亚毫米波阵列数据政策 (ALMA Data) ^[104]
	Hubble	图像、视频和网页文献的使用说明 (Usage of images, videos and web texts) ^[105]



	ASKAP	澳大利亚平方千米阵列先导项目用户政策 (ASKAP User Policy) ^[106]
	ESO	图像、视频和网页文献的使用说明 (Usage of images, videos and web texts) ^[107]
		欧洲南方天文台对提案的要求 (ESO Call for Proposals) ^[108]
		甚大望远镜/甚大望远镜干涉仪科研管理政策 (VLT/VLTI Science Operations Policy) ^[109]
	NOAO	数据使用政策 (Data Use Policy) ^[110]
		美国国家光学天文台科学出版档案的标准致谢 (Acknowledging the NOAO Science Archive) ^[111]
	ATNF	出版论文致谢说明 (Publications Acknowledgement Statements) ^[112]
英联邦科学和工业研究组织之天文学和空间科学的出版政策 (CASS Publications Policy) (CASS: CSIRO Astronomy and Space Science) ^[113]		

4.1 数据保护期内的出版政策

天文科学数据资源公开前的出版政策是科学类、技术类及相关数据发布类论文出版的规范和指南。建立出版政策的目的是，在于提升各大望远镜各类产出在科学与技术方面的准确性，并保证出版物作者本人和其他个人贡献者的权利。同时鼓励望远镜参与者利用天文数据库完成优秀的科学研究并及时发表。这类政策相当于发表论文的协议，用以减少未来望远镜参与者中的各种异议。一般情况下，随着项目的进展，政策制定者也需要不断地修订出版政策，以确保工作人和合作者的利益。

出版政策一般适用于利用保护期内的数据所研究分析得出的各类文章。本文主要介绍斯隆数字巡天项目 (The Sloan Digital Sky Survey, 简称 SDSS) 制定的出版政策、欧洲南方天文台 (European Southern Observatory, 简称 ESO) 在甚大望远镜/甚大望远镜干涉仪科研管理政策和 VLT 巡天望远镜保证观测时间的出版政策等各个政策中所包括的内容。保护期内的出版政策一般包括数据资源说明、数据保护期界定、参与者界定、数据归档管理、学术论文署名原则及出版、数据引用、标准致谢及一般原则等内容。

4.1.1 数据资源说明

观测项目获得的数据资源分很多种类，用户根据研究课题的不同，需要的数据



也不相同，所以出版政策中需明确说明项目或数据中心中的数据资源的分类，以方便用户识别访问和查询。如阿塔卡马大型毫米/亚毫米波阵列（Atacama Large Millimeter/submillimeter Array，简称 ALMA）在数据政策（ALMA Data）中说明公开的数据包括原始的科学数据、数据标准、经加工有质量保证的数据、图像数据以及日志和项目执行和质量保证报告，并用不同的方法标记不同类别的数据。

为方便用户识别和使用观测数据，出版政策中需对数据的格式进行说明。如钱德拉 X 射线中心（The Chandra X-Ray Center，简称 CXC）在钱德拉数据归档产品指南（A Guide to Chandra Archive Data Products）中明确说明数据为 FITS 格式。

4.1.2 数据保护期的界定

对于天文望远镜科学项目所产生的数据共享政策主要遵循分阶段释放、课题组优先使用数据权，以保证为望远镜做出各种贡献的科学家和工作者的权益。天文科学数据从取得之后，其生命周期主要分为两个时期，包括数据保护期（Proprietary data）和公开使用期。

规定数据保护期旨在最大效率的提高科学数据的利用和影响。数据保护期的期限一般是由望远镜项目组制定，可以通过不同的参考标准制定合理的期限。经调研总结，主要分以下三种参考标准。

第一，根据观测项目获取数据的难易程度划分数据保护期。如欧洲南方天文台（European Southern Observatory，简称 ESO）在甚大望远镜/甚大望远镜干涉仪科研管理政策（VLT/VLTI Science Operations Policy）中和澳大利亚平方千米阵列先导项目（Australian Square Kilometre Array Pathfinder，简称 ASKAP）在用户政策中均根据天文学研究项目的科学价值和技术操作的可行性决定望远镜的观测时间，并根据使用望远镜观测时间长短分为三类项目，不同项目得到的数据的保护期也不同。具体如下：

（1）Survey Science Projects (>1500hours)，数据和数据产品将由科学家检查并进行质量控制之后，在科学数据中心上及时发布，没有保护期。以提高项目组和其他观测台跟踪观测和档案研究的机会。

（2）Guest Science Projects (<1500hours)，如果在建议书里建立合理的理由，时间分配委员会允许该项目的数据和数据产品由观测执行者专有期为 1 一年，从获得观测数据日开始计算。否则，数据和数据产品将在经过检查和质量控制之后直接向公众公开，没有保护期。

（3）Target of Opportunity 数据和数据产品将在经过检查和质量控制之后直接



向公众公开，没有保护期。

第二，根据长期验证数据质量和利用数据所需要的时间规定数据保护期。大部分望远镜项目设定默认数据保护期，从观测执行者提交数据当日开始计算分别为三个月、半年、一年、一年半甚至两年等。有些观测项目的数据可能需要分好几个阶段提交，这时数据保护期从各个数据集提交日起满默认期限即可。

(1) 凯克天文台数据中心 (Keck Observatory Archive, 简称 KOA) 在数据释放政策中说明相关数据的默认保护期是从观测时间起 18 个月即一年半。

(2) ALMA 在数据政策 (ALMA Data) 中指出项目的数据保护期为一年，从观测执行者提交数据当日开始计算。项目的数据可能分为好几个阶段提交观测数据，这种情况下数据保护期就是从各个数据集提交日算起满一年即可。保护期的数据仅供通过身份验证的用户访问。

(3) CXC 在钱德拉数据产品归档指南 (A Guide to Chandra Archive Data Products) 中明确说明数据一般都是向公众公开开放的，但是如果是项目组外的用户申请使用数据则必须在数据保护期之后才可以，保护期一般为一年。这些数据在数据库中标记为 P，公开之前仅供用户浏览。

第三，根据各个天文台自己的政策规定数据保护期。如美国国家光学天文台 (The National Optical Astronomy Observatory, 简称 NOAO) 的数据使用政策 (NOAO Data Use Policy) 中说明科学数据的保护期取决于天文台的相关政策，在某些情况下可能是不一样的。一般情况下规定数据的默认保护期为 18 个月，从观测日期起计算。

但并不是所有的期限都遵循默认保护期，可以根据不同的情况进行调整。

(1) NSO 在数据政策 (Data Policy) 中提到美国国家太阳天文台的 PI 对其自己观测到的数据拥有保护期为 18 个月，并从观测日开始计算。过了保护期之后，其他有资格的研究员可以通过提交申请获得数据的使用权。同时，这个保护期并不是一定的，特殊情况下 PI 可以提交申请 (In all instances, the investigator can apply to the Director for exceptions to this policy.)。并且用 NSO 设施采取常规获取的天气资料，对于每个有资格的研究员都可以不要通过保护期。

(2) ESO 在提案要求 (ESO Call for Proposals) 中说明 PI 如果希望缩短保护期，可在提案文档中注明，并明确规定公共巡天、标定和技术数据不受保护期限限制，归档后随即公开使用。

(3) CXC 在《钱德拉数据库中的公共数据说明》 (Information about Public Data



in the Chandra Data Archive) 中同样也提及根据不同的观测, 所得到的数据其保护期是不一样的, 有 1 年、3 个月或者其他由个别 PI 申请的时间。同时也并不是所有的数据都有保护期。数据的保护期从 PI 通知数据可以下载开始计算。

(4) KOA 就指出非默认保护期的方案必须遵守以下几点: 这个时间一般是少于或者长于 18 个月; 独立的保护期是以各个雇佣的 CCD 的不同, 这个时间一般是默认的 18 个月或者不同的时间; 所有保护期都是基于观测时间的。

4.1.3 参与者的界定

参与者 (Participants) 定义为长期的科学工作人员, 如教员 (终身的和非终身的), 跟踪研究科学家, 以及等同的人员。

斯隆数字巡天望远镜 (The Sloan Digital Sky Survey Telescope, 简称 SDSS) 的出版政策 (The SDSS-III Publication Policy) 中明确指出参与利用 SDSS 数据进行研究的境外单位或个人, 可以分成三种类型, 即合伙人、参与者、合作者。

4.1.3.1 PI (Principal Investigator)

数据在公开前一般是供 Principal Investigator (PI) 先使用, 这就要求首先要明确谁是 PI。如 CXC 在《钱德拉保护期数据指南》(Handling of Proprietary Chandra Data) 中说明, 每个观测方案有相关联的一个首席观测员和一个观测合作者或者调查合作者, 如果没有合作者, 则首席观测员就是观测者。

(1) 观测者是负责观测参数和与用户支持的工作以确保精确的观测规范的人;

(2) 数据可供下载的邮件通知会发给首席观测员和合作者 (观测者), 如果有困难, 则直接发给首席观测员;

(3) 如果发更换合作者 (观测者), 首席观测员需向主任办公室提交一个更换合作者 (观测者) 的申请。

4.1.3.2 科学发言人 (the Scientific Spokesperson)

SDSS 在出版政策 (The SDSS-III Publication Policy) 中明确指出科学发言人负责更新最新的参与的名单列表和参与机构。所有参与者在访问 SDSS-III 数据之前必须阅读并同意此文件内容。所有参与者必须遵守此文件所述的有关文章作者和出版规定。凡是违犯相应规定的人员将失去其参与者权利。科学发言人负责更新参与者的名单并陈列在科学出版物数据中心中。

4.1.3.3 出版协调员 (Publication Coordinators)

SDSS 在出版政策中明确指出出版物协调员即处理科学、技术和数据发布等三类论文的工作将分别由科学出版物协调员、技术出版物协调员和科学发言人负责。



未解决的关于论文发布的争论问题将由一个监察员（Ombudsperson）来负责。与管理委员会磋商的 SDSS-III 项目主任，将由科学类出版物协调员和技术类出版协调员委派。然而，监察员将由概述关于 SDSS-III 操作原理的天体物理学协会委员会委派。出版协调员必须保证学术论文遵循以下出版物发行政程序的七条。为帮助执行以下程序，我们需要有一个关于 SDSS-III 科学类、技术类、数据发布相关论文的公共的基于 WWW 网页数据中心（a common electronic WWW-based archive），即出版物数据中心（the Publications Archive），包括图形或图表材料。出版物数据中心仅供被核准的项目参与者访问。出版物数据中心包括以下所有公众文档链接：

- （1）正在研究或准备研究的课题；
- （2）可供合作者审核的论文；
- （3）经核准可公开发布或投期刊的论文；
- （4）有人感兴趣的其他 SDSS-III 文件，比如由 SDSS-III 项目参与者撰写的但不基于 SDSS-III 数据的相关的论文，以及一般的设计任务书等等；
- （5）出版物中必须包含的 SDSS-III 致谢标准格式；
- （6）当前 SDSS-III 建设者和参与者名单列表；
- （7）最新版本的出版政策。

此出版物数据中心的经核准可以发布的论文，可以被任何 SDSS-III 参与者用于向公众演讲或写综述等等。

由科学发言人全面负责出版物数据中心。技术类出版物协调员负责罗列出版物数据中心中关于描述硬件、软件等技术出版物的清单，科学类出版物协调员负责保证所有 SDSS-III 论文（科学类、技术类、数据发布类）参阅合适的技术类论文。技术类出版物协调员帮助协调技术类出版物，以保证关于项目的技术文件有效地及时地传播。科学发言人负责协调数据发布相关论文。

4.1.3.4 建设者（Architects）

SDSS 在 The SDSS-III Publication Policy 中明确指出为保证建设及维护 SDSS-III 的硬件、软件和其他基础设施的人员合适的权利，科学发言人需拟定一份建设者的名单并张贴在出版物数据中心的。

申请建设者的身份，需要提交他们对 SDSS 的贡献的简短介绍给 CoCo 来进行评估。理由必须充分，而不仅仅是 SDSS-III 工资单或者是参与 SDSS-III 科学活动的情况。

申请还应包括这四个主要 SDSS-III 调查（MARVELS, BOSS, SEGUE, APOGEE）



建设者身份的请求。请求多个（或所有）SDSS-III 调查是允许和鼓励的，但应该是合理的，例如，人们做出贡献的一般是四个主要的巡天的 SDSS-III 基础设施（望远镜，数据档案等）。然后 CoCo 会将建设者身份的所有请求正式推荐管理委员会（谁作最后审批）。有可能限制特别是基于请求的细节的 SDSS-III 调查，并由 CoCo 讨论。

科学发言人将保持最新的建设者列表（详细调查申请）并张贴到合作的 Web 页。由于个人的工作已经执行并成为上述名单的成员，他们不能除非他们明确要求拔除。当建设者离开 SDSS-III 参与机构其名单还是留在建设者名单中，甚至在不太可能发生的情况下如他们提交足够的违法行为有权撤销他们的数据的权利。

一旦获得批准，建设者可以要求将其名字加入从他们批准参与的调查获得的任何科学论文中。但是并不是所有的技术类论文都能加入其名字，这些论文的作者名单是在一个特定的工作组工作或子系统直接相关的人。建设者应该阅读和大致的了解加上他们的名字 SDSS-III 论文的主要内容和成果，特别是与他们的专业知识和贡献相关的内容。

4.1.3.5 非参与者（Non-Participants）

非参与者可能被要求与研究特殊课题和项目的 SDSS-III 合作者的非参与者分享有限的和被批准的部分 SDSS 保护期内的数据档案。一旦获得有限的的数据访问权利，非参与者必须阅读并同意该文件的内容并遵守这些规定。如果非参与者违犯这些规定就会失去访问数据的权利。有关非参与者或者境外合作者访问保护期内的数据的政策（Early Collaborative Use of SDSS-III Data with Non-Participants）^[115]中规定如下：

（1）内部合作

在实践中，许多 SDSS 数据的科学分析都是交给 SDSS 机构的研究生和博士后来做。这些“内部”合作者通过数据机构的个人权利访问数据。这些人（如研究生和博士后顾问）有责任保证他们的合作者有阅读并同意操作原理和出版政策（the PoO-III and publication policy）。同时有责任遵守数据政策并不把数据发布给外部合作者。他们和他们的机构都有责任提供必要的研究支持：计算、版面费、参加科学会议等等。

由学生和博士后协同工作是常见的并不是特殊情况，所以不需要特殊的许可就可以开始这样的工作。尽管如此，正如 SDSS-III 的研究员，在项目工作开始之前需要通知合作者阅读并遵守 the PoO-III and publication policy。这写通知对博士论文更



为重要，这样可以提醒有关人员关注与其他项目潜在的冲突。研究调查开始的通知中要提交个体的数据权利，并提交所有学生、博士后和其他合作者的名单。提交通知之后，个体的数据权利就必须接受切有责任保证项目的合作者的非参与者遵守 SDSS-III 政策。

(2) 离开 SDSS-III 机构的境外合作

在 SDSS-III 机构中有某些个体曾经利用 SDSS-iii 数据参与工作项目，然后又离开了 SDSS-III 机构，要求其作为特殊项目的境外合作者身份，以便他/她在离开之后还能继续参与项目的工作。由协作委会的主席提交要求，然后由管理委员会与相关项目的领导人磋商，包括相关工作组主席和协作委员会。通常情况下，在授予境外合作者身份的，必须是他/她在离开之前对项目做出了重大的贡献。这政策适用于教员、博士后和研究生。当然，个体已经拥有独立的数据权利（即参与者），则不需要做出这样的要求。

(3) 外部合作

对待与不是 SDSS-III 机构的成员和 SDSS-III 的参观者(以下称非 SDSS 科学家)的合作是不相同的。这些合作者可以再次通过参与者的数据权利再次访问数据。与这些合作者开始合作时，SDSS-III 科学家应该：

首先，告知非 SDSS 科学家有关 SDSS-III 的规定和指南(the PoO, the Publication Policy, and this Collaboration Policy)，并同意且遵守这些政策 (obtain his/her consent to abide by them)。特殊情况下，非 SDSS 科学家应该理解和同意，不论他们以任何方式访问数据都不能散播 SDSS-III 数据，同时因合作而获得的出版物要遵守出版政策。

其次，要求从相关工作组评论和输入（通过电子邮件发给相关工作组），这一步是大力鼓励的；

最后，通过提交计划书而获得协作委员会的许可。发邮件给 SDSS-III 全体和协作委员会的主席，SDSS-III 参与者应该简要描述计划的项目，详细列出合作的名单和机构的清单，并声明其保证遵守 SDSS-III 的相关规定、政策和指南的意愿。最主要的是，应该指明这些外部合作者能给项目所能带来的特殊资源和专业知识（如望远镜观测、特殊分析技术的经验）。这些关于外部合作者的理由应该在计划书中标明并独立成段，以方便做出明确地评估。

只要外部合作者带来的资源和专业知识不是 SDSS-III 自身的合作者现成的，在所有情况下许可都是可以期待的。在这个问题上的规定是，允许 SDSS-III 参与者最



先利用数据，在必要的时候才将数据在发布之前给外部合作者使用。同样多个合作者也是允许的，所以建立合作并不排除其他相类似的。

鉴于非参与者的合作需要得到协作委员会的许可，任命书应该用“提案”而不是“通告”，以免不必要的冲突。

来自合作成员或工作组主席的异议或者关于境外合作者提案的评论，应该在提案张贴在 sdss-general 的两个星期内发送给协作委员会主席。通常，协作委员会主席有两个星期通知许可的提议者或对被提议的合作者的任何异议，与协作委员会的其他成员以及工作组主席等磋商，因为他/她认为是必要的。如果 CoCo 需要更多的时间考虑提案，可以延长时间（在合理的范围内），并通知项目团队新的决策时间。

涉及对时间要求比较严格的“机会目标（targets of opportunity）”项目时，提议境外合作者需要更快的决策时间。在这些情况下，CoCo 应该尽可能在 10 天内回复提议。这些时间要求比较严格的提案应该标明，并写出需要快速时间框架的理由。如果是令人信服的理由将得到更快的许可。如果一个项目中包括许可的境外合作者，参与者则应该：

首先，像往常一样，需在出版物数据中心中张贴提议项目的通知；

其次，将由这些合作获得的论文发送给 SDSS-III 合作者并邀请作者，作为“内部”的 SDSS 的论文，在这发生之前首先保证外部合作者理解。

最后，发送简短的年度进展报告给协作委员会，概述取得的进展，未来的计划以及由境外合作者做出的特殊的贡献。

如果一个项目的境外合作者没得到 CoCo 的同意，项目团队可以向管理委员会提出申诉。

如果项目没有得到许可就向前推进了（如进行跟踪观测），参与者将被视为违犯该政策，即使出版物结果或者将结果公开发布。这时候，CoCo 将把违犯 the PoO-III 的行为通知管理委员会。

4.1.4 数据归档管理

出版政策规定为提高数据资源的价值，观测数据提交归档数据库（Data Archive）存储之前，PI 必须验证数据质量。各大天文望远镜项目组鼓励用户充分利用已有的观测数据，并向 PI 反馈数据资源的情况，以便后期提供更有效的数据资源。同时，有可能要求用户缴纳一定的复制或传输数据的费用。

为有效管理数据资源，用户访问各个数据中心的保护期内的数据必须遵循一定的程序。经调研，主要有以下几种方式。



第一，NSO 在数据政策（Data Policy）中要求用户访问归档数据库时必须登记注册。这样有助于数据管理，同时统计数据的访问量。若要使用保护期数据，需向相关人员（一般是 PI）提交申请，通过审核之后才能获取。

如果用户需要使用还没公开放在 NSO 出版物数据中心中的数据，需在 18 个月后直接向 PI 提出申请。PI 负责共享数据并通知申请者，PI 有任何困难也要及时回复用户。

第二，ALMA 的数据库中保护期内的数据仅供能通过身份验证的用户访问，公开使用的数据不需要注册，可以通过科学门户网站（the Science Portal）直接访问。PI 可以访问一个或多个其他 ALMA 用户的项目的数据。

第三，CXC 的保护期内的数据分别由 WebChaSeR（web-based cousinSearch & Retrieval）和物理介质两种方式发布。WebChaSeR 是基于网页搜索和检索的钱德拉数据归档中心，不同用户通过不同的账户访问。当数据提交数据库时，WebChaSeR 会发邮件通知 PI 和合作者（the Co-Investigator/Observer）。如果有需要，可以用物理介质复制相同的数据，但仅邮递给 PI。WebChaSeR 数据中心设有两个访问保护期内的数据的账户，PI 账户（PI account）和提案账户（proposal account）。通过 PI 账户可访问 PI 所属的全部保护期数据；通过提案账户可访问特定观测提案的保护期数据。

第四，探月与航天工程中心在探月数据共享政策中将科学数据用户分为甲级、乙级和普通用户。甲级用户指承担嫦娥三号任务单机及以上研制任务的单位；乙级用户指探月工程应用专家委员会（以下简称“专家委员会”）成员所在单位；普通用户指以上两级用户之外的单位和个人；

（1）甲级用户可以申请使用与其研制任务相对应和密切相关的所有级别的科学数据；乙级用户可以申请使用 2 级科学数据；

（2）在公开发布期向普通用户开放相关 2 级科学数据；

（3）甲、乙级用户申请数据时，应向工程中心提交《XXXX 任务科学数据用户申请表》（以下简称《申请表》）一式三份；

（4）地面应用系统接到工程中心下达的《申请表》后，10 个工作日内，向用户提供相应的科学数据。地面应用系统每月底向工程中心书面报告当月数据发布情况；

（5）在公开发布期，普通用户可登录科学数据发布网站下载相关数据。

第五，NSO 在数据政策（Data Policy）的用户使用数据的指南（Data Handling for



NSO/SP DST Telescope Users) 部分明确规定了 PI 使用望远镜之后拷贝观测数据的要求。

PI 在观测之后,要及时将观测数据拷贝到自己的存储盘中,禁止将数据保存在望远镜设备上占用客户工作站账户。标准格式的数据需在使用 NSO 转移设备备份好之后再转交给 PI,这时 PI 有可能需要支付一定的费用,如果 PI 不购买标准格式的数据并确信已经备份好原始数据,标准格式的数据将为下一次的观测运行重复利用。如果需要的话,境外观测者可以要求安排足够的时间在观测期间复制数据以便将其转换成标准格式的数据。

(7) CXC 要求如果需要使用钱德拉的图像资料,请提交申请卡^[116]。如图 1。

Permission Information	
Short Request Description*: <small>(e.g. "Image of Cassiopeia A")</small>	<input type="text"/>
Format of Requested Media:	<input type="text" value="Image"/> ▼
Science Category:	<input type="text" value="Normal Stars"/> ▼
Source of Media*: <small>(e.g. "Stellar Evolution Poster" or "http://chandra.harvard.edu/photo/2005/casa/casa.jpg")</small>	<input type="text"/>
Detailed Request Description: <small>(Include purpose, audience, etc.)</small>	<input type="text"/>
Requester Information	
First Name *	<input type="text"/>
Last Name *	<input type="text"/>
Title *	<input type="text"/>
Institution *	<input type="text"/>
Street Address *	<input type="text"/>
City *	<input type="text"/>
Country *	<input type="text" value="Select Country"/> ▼
State:	<input type="text" value="Select A Country First"/> ▼
Zip:	<input type="text"/>
Email *	<input type="text"/>
Phone *: <small>Only enter numbers, no spaces, no dashes/parentheses or periods; Example: 123456789</small>	<input type="text"/>
<input type="button" value="Submit Request"/>	

图 1 钱德拉 X 射线中心许可申请表

尽管数据已经向公共开放,但是为了更有效地利用数据促进科学的发展,数据中心同样要求 PIs 和 Users 遵守一些原则和规范。PIs 有义务提供相同的访问数据方法和工具给 Users,并在程序软件和元数据核准以及其他相关文件更新时,PIs 及时通知 Users;同时也要求 Users 要随时与 PIs 取得联系,确保访问的数据和分析工具最新版本;没有取得 PIs 的同意,Users 不能将浏览过的数据资源随意用于科学分析和出版;Users 在出版物和报告中要对其所使用的数据进行致谢,并提供相关的



数据信息以方便其他阅读者查询访问数据等等。

4.1.5 学术论文署名原则及出版

现代科学研究，学术合作是非常普遍的现象，天文学也不例外。基于望远镜观测数据发表的学术论文通常都是多方合作的成果，这就自然产生了论文署名和知识产权等一系列问题。

SDSS 在出版政策中明确规定了基于观测数据发表科研论文的版权归属原则。指出利用 SDSS 项目观测数据发表的科研论文，除了分析处理数据并撰写论文的研究人员之外，其他执行天文科学的工作人员和参与建设望远镜的技术人员等均可要求署名。除望远镜的建设者之外，其他要求署名的人员需要提交一份简短的报告，阐明其对该项目的贡献。作者署名也需遵循一定的原则，一般分为两组，一组为处理分析组，另外一组是其他人员。处理分析组内成员的名字排序由撰写科研论文的研究人员根据其对论文的贡献决定。其他人员按字母顺序排列在分析组之后。若署名顺序出现争议，则提交项目监察员处理。项目监察员具有最终解释权。

为确保望远镜和观测项目产出的论文公平代表了各类参与者的贡献，望远镜管理机构和项目组需及时有效地审查论文。由论文负责人将论文提交给指定人员，比如出版协调员。他会通过网站、邮件等手段将待投稿论文在规定范围内公示。出版协调员将负责检查署名、致谢等内容是否符合出版政策的要求。公示结束并无异议后才可以投稿。

出版政策一般首先介绍利用望远镜的观测数据资源所产出的成果包括的各类学术论文，然后再针对不同的论文对其署名原则和出版做出相关的要求。另外还有些项目对对论文的版面费也有相关的说明和要求。

如 CASS 出版政策 (CASS Publications Policy) 中说明 CASS 的工作人员可以在任何期刊发表出版物。选择哪个期刊主要由以下几个因素决定，包括：

- (1) 该领域中的其他出版物一般都发表在那些期刊中；
- (2) 期刊的影响参数，这可以由近两年期刊发表的论文引文的平均数量来衡量。最新的数据可以在 ISI 期刊引证报告中得到；
- (3) 是否需要支付版面费；
- (4) 论文发表的速度；
- (5) 是否方便访问期刊杂志的电子版。

并且明确说明作为论文的第一作者应该坚定将其发表在不需要提交稿费的期刊上，如果确实需要提交稿费那就必须获得天体物理学主要领导的允许和合作者的



赞助。

(1) 作为论文的第一作者应该坚定将其发表在不需提交稿费的期刊上，如果确实需要提交稿费那就必须获得天体物理学主要领导的允许和合作者的赞助。

(2) 如果是论文的合作者如果需要提交稿费，则要考虑其费用不要超过 500 美元，否则需要获得天体物理学主要领导的允许。

(3) 其他工作人员和学生请与主要领导磋商。

SDSS 在出版政策中也明确指出 SDSS-iii 项目资金预算中不包含发表科学类论文的版面费，但是可以支持发表技术类论文和数据发布相关类论文。

4.1.6 致谢及数据引用

数据开放共享并不等于完全自由使用。用户在下载或获取数据之后有及时反馈使用情况的义务，并且在科研成果中应该对所利用的数据进行引用并致谢相关望远镜项目组 and 贡献者。这一方面是良好学术道德的体现，另一方面也会营造良好的资源开放共享氛围，有利于学科长远发展。

为方便用户使用同时满足自己的需求，多数望远镜管理者和天文数据中心制定了致谢标准，给出了标准的数据使用致谢内容。致谢的内容大多包括项目描述和参与项目单位清单。望远镜管理者和天文数据中心在制定致谢标准时也有些不同。

同一个望远镜项目不同的致谢方式。根据数据资源用途不同而采用不同的致谢标准，如 SDSS 的致谢标准分非商业用途 (Non-Commercial Use) 和商业用途 (Commercial Use)^[117]。根据不同的数据资源进行致谢，如 NOAO 要求分原始或处理后数据 (raw or pipeline-reduced data)、巡天数据产品 (Survey data products) 两种不同的致谢标准^[118]。

天文数据中心不同的致谢方式，主要有下面几种情形：

(1) 不仅要致谢提供数据和服务的数据中心，还要致谢所用数据对应的项目。如美国空间望远镜科学研究所 (the Space Telescope Science Institute, 简称 STScI) MAST 数据中心 (The Mikulski Archive for Space Telescopes, 简称 MAST) 要求使用开普勒项目 (the Kepler project) 数据资源的用户和哈勃遗珍档案 (the Hubble Legacy Archive, 简称 HLA) 数据的用户在致谢数据中心的同时，还要致谢提供数据的项目组，并给出了致谢标准模板^[119]。

(2) 根据不同资源制定不同的致谢标准，如 CXC 在钱德拉归档数据产品指南中分别列出数据和软件不同的致谢标准内容。

(3) 根据不同服务制定不同的致谢标准，如斯特拉斯堡天文数据中心



(Strasbourg astronomical Data Center, 简称 CDS) ^[120]的 Simbad、VizieR、Aladin 等服务都给出了各自建议的致谢内容。

一般情况下, 科研论文中都必须引用致谢标准的全部内容。对于篇幅小、对字数要求严格的论文, 无法包括完整的致谢内容, 这时候论文作者可以与数据中心或者项目组的相关人员联系, 取得合适的致谢内容。各大望远镜平台和数据中心的标准致谢的具体内容见附录 1。

为有效地再利用数据资源, 方便更多用户查询与阅读相关资料, 同时也更好地承认数据生产者和保管者所做的贡献, 2014 年 4 月 NSF 号召科学界制定针对软件和数据引用的规范和标准 ^[121]。与很多学科相比, 天文学在这方面已经走在前面。如 ESO 在观测提案指南中要求基于 ESO 望远镜观测得到的科学成果需在论文脚注中注明相应的观测提案号。美国宇航局红外处理与分析中心的河外数据库 (the NASA/IPAC Extragalactic Database, 简称 NED) 在致谢标准 (Acknowledging NED) ^[122]中明确指出在论文中对所引用的数据不仅要进行致谢还要添加脚注, 并给出标准脚注模板。

4.2 公开数据的使用政策

为促进天文科学数据资源开放共享, 各大望远镜和天文数据中心都有制定相关的数据资源共享政策。提供、使用、保管天文数据资源, 应当遵守国家有关保密法律法规和规章的规定, 任何单位及个人都不能利用天文科学数据资源以及数据资源共享平台从事危害国家安全、社会公共利益以及他人合法权益等的一切相关活动。

在各大望远镜平台和天文数据共享中心上公开的数据资源, 如图像资料和视频都是没有版权, 除非有特殊标注, 一般都是可以并鼓励公众利用用于非商业目的的教育和公众公益事业, 鼓励社会各界积极参与到天文学数据共享工作中来, 并不需要任何授权。为了有效地管理数据, 一般都会选定相关的负责人管理数据的汇交和维护工作, 有些是由出版物协调员负责, 有些是由 PI 负责。不同的望远镜平台和天文数据共享中心对其共享规则均有相应的规定, 下边就以 CXC、NOAO、ADS 以及 NASA 为例简单介绍其规定。

为保护数据提供者的利益, 以维护数据共享系统的正常运转。有些项目要求在图像资料上标明其出处 (credit), 如 CXC 在图片、产品、技术使用约定 (Conditions of Use of Images, Products or Technologies (materials)) 中就要求对被使用的图片添加 “NASA/CXC/SAO” 的标注。



NOAO 在科学数据使用条款(NOAO/AURA Science Archive Conditions of Use)^[123]中确定数据使用类别,主要分为三大类,即教育/研究、商业以及个人 NOAO 科学出版物数据中心的资料一般都应用与教育、学术、研究目的等,不支持应用于商业活动。

天文数据平台 ADS 在使用 NASA 天文数据系统(ADS)的条款(Terms and Conditions for Use of the NASA Astrophysics Data System)中申明数据资源共享原则和条款,不仅有对用户的要求,同时也严格要求数据平台的数据管理,以便为科学家提供更好的共享服务。相关规定如下:

(1) 在 ADS 数据库中的摘要和文章的版权都归作者个人所有,仅仅免费供个人使用。

(2) ADS 的文章的版权是各自作者所有,其著作权受到美国和其他国家的法律的保护。如果需要复制的,必须向作者提交书面申请并取得同意。

(3) 单个用户可以下载、保存或打印这些摘要和文章为个人所用,任何用户都不能以任何方式向第三方转卖、转让、赠送或复制数据。

(4) 不管是否带有商业性质,没有 ADS 的书面许可,用户有可能不能系统地下载文章、摘要或表格。这包括不加选择大量下载搜索结果和利用机器人的情况。

(5) ADS 努力对所有数据进行检查等质量控制,以确保出版物数据中心的数据库内容的正确性。但 ADS 不能保证数据库中的所有数据都有完整性、正确性、有效性。同样,ADS 不会对任何因为延误、停机或其他性能的原因而影响服务负责任。

ESO 在图像、视频和网页文献使用说明(Usage of images, videos and web texts)中指出 ESO 的图像资料、视频向公众开放,并鼓励公众使用,在非排他性的基础上需清楚明显地标识其标志,注明其出处。具体情况如下:

(1) 图像资料上要添加其标志,并还要链接到其网页;

(2) 新闻稿、通知、周刊和标题上要添加 ESO 标志,除了使用多媒体;

(3) 使用 ESO 的材料、图像资料、视频不代表 ESO 和 ESO 的工作人员对其负责任;

(4) 希望用户能将使用的数据产品发一份到 ESO 的出版物数据中心中;

(5) 如果图像资料中有个人的照片,在使用这些图像资料的时候有可能侵犯个人肖像权,所以需要获得个人的许可。

注意:含有 ESO logo 的资料不能随意使用。

NASA 在数据和信息政策(Data & Information Policy)中明确说明公开使用的



天文科学数据资源未经许可只能用于非商业目的，商业目的的用途需要经过许可。任何用户不能以任何方式向第三方出售、转让、赠送或复制所共享的数据。用户使用数据资源应该具有相应的专业知识，能够充分认识和理解数据所存在的问题，并能承担使用数据所带来的各种后果。望远镜项目和数据中心不会对用户使用数据产生的问题负任何责任。



5.国内天文科学数据共享政策研究

5.1 国内主要天文科学数据资源

随着我国天文学研究的不断发展，特别是天文科学设施和观测项目的推进，国内自产的观测数据越来越丰富。中国科学院系统的 5 个天文台，即国家天文台、紫金山天文台、上海天文台、云南天文台、新疆天文台，是国内天文科学设备的主要运行管理机构，同时也是天文科学数据的主要来源。

中国天文数据中心^[124]提供观测数据的归档、存储、备份、使用以及数据产品的发布共享等服务。目前，中国天文数据中心公开释放的数据包括郭守敬望远镜巡天数据、中国之星小望远镜阵（Chinese Small Telescope Array，简称 CSTAR）天体测光数据、云南天文台 2.4 米光学望远镜数据、BATC 多色巡天数据等。表 2 列出了截止 2014 年 5 月中国天文数据中心目前可提供服务的主要数据资源。

表 2 中国天文数据中心可提供服务的主要国内数据资源

数据集	数据量 (2014 年 5 月)
LAMOST 望远镜数据	14TB
南银冠 U 波段巡天数据	6TB
BOOTS-4 望远镜数据	4.5TB
丽江望远镜数据	3.8TB
怀柔太阳射电数据	3.2TB
南极 CSTAR 小望远镜阵数据	2.6TB
BATC 多色巡天数据	2.3TB
南极 AST3 望远镜数据	1.6TB
SONG 50Bin 望远镜数据	600GB
怀柔太阳磁场数据	11GB



根据 LAMOST 的数据使用政策,在与郭守敬望远镜运行和发展中心联系之后,国内的天文学家和国外合作者可以直接获取保护期内的数据资源,而国外其他的天文学家则需要和郭守敬望远镜有共同的合作才能获取。如有用户需要使用其他的数据集,可以通过邮件与中国天文数据中心的管理人员联系申请^[125]。

紫金山天文台毫米波射电天文数据库^[126]有着丰富的数据资源,包括由青海观测站 13.7 米毫米射电望远镜所观测获取的分子谱线数据。按照其数据政策超过保护期的数据除跨年度的长期项目外已全部开放,所有人都能下载使用。中国科学院科学数据云^[127]中的空间科学数据网格^[128],也有丰富的空间科学数据资源。

此外,国内较系统的观测数据还有紫金山天文台行星科学数据、空间碎片数据,上海天文台 VLBI 射电天文和深空测量数据,新疆天文台南山 25 米射电望远镜脉冲星数据,云南天文台抚仙湖太阳观测数据,盱眙近地天体望远镜银河系反银心方向数字巡天数据,21CMA 宇宙第一缕曙光巡天数据等。

5.2 国内天文科学数据共享政策

国内望远镜一般都根据国际惯例设置观测数据的共享政策。郭守敬望远镜制定了详细规范的《郭守敬望远镜(LAMOST)光谱巡天出版政策》^[129]和《光谱巡天数据政策》^[130]。数据政策详细介绍了郭守敬望远镜的基本参数,以及望远镜数据产品类型与发布和数据使用政策。公开数据,不包括原始数据,均可供公众自由使用,但是要求致谢,并规定了具体的致谢内容,否则限制再次使用数据。同时申明数据公开使用,用户有及时(3 个月内)反馈使用情况的义务。公开前的数据出版政策中规定了可以使用数据的参与单位和参与人员的范围,并规定使用数据的相关权利和义务。出版政策是郭守敬望远镜的科学类及技术类产出的指南,包括利用望远镜的相关数据所得到的科学类文章、技术类文章及数据发布类出版物所必须遵守的权利和义务。

中国科学院紫金山天文台 13.7 米毫米波射电望远镜接受国内外专家的观测课题申请,根据国际惯例规定,对一般性课题观测的数据资源将在一年之后开放共享,获取数据所需时间周期比较长的数据资源则需要与课题申请人联系才能获取。将在课题申请者独占使用一年后才能成为开放共享数据;跨年度的长期项目在观测结束日起满一整年以后成为开放共享数据,开放前的数据只有课题申请人在网站登录后才能下载,开放后的数据所有国内外天文研究团体都能检索并下载使用。数据用户



被要求在取得科研成果之后，注明使用了 13.7 米望远镜或毫米波射电天文数据库^[131]。为了更好的体现毫米波实验室工作人员对 13.7 米毫米波射电望远镜的贡献，在科研成果中对观测数据的引文也有相关的要求。对多谱线系统的数据、超导成像频谱仪系统数据以及相关数据的仪器技术方面都有不同的引文说明^[132]。

中国科学院云南天文台抚仙湖太阳观测站的 1 米新真空太阳望远镜（NVST, New Vacuum Solar Telescope）将数据资源分为常规观测数据和课题观测数据两类，常规观测数据有兴趣的天文学家都可以申请使用，而课题观测数据将由课题申请者负责，其原意公开的时候再公开。同时在其数据中心抚仙湖观测站^[133]中明确规定如果在论文中使用 NVST 的数据，要在文章中致谢。

中国科学院上海天文台 1.56 米光学天文望远镜，规定天文科学数据资源由 PI 负责，并规定其数据保护期为 1 年。如有用户需要使用数据，可以向 PI 和望远镜领导小组提出申请，审核通过之后寄送相关数据。同时也有比较小的望远镜，若要获得观测结果需要很长时间的积累，其观测期有可能会超过 10 年以上，一般这种情况下所得到的观测数据不会轻易公开；等等。



6.国内外天文科学数据共享政策对比与分析

6.1 对比与分析

经过比较研究国内外天文科学数据共享政策的现状，发现国内天文数据的开放共享工作仍处于起步和早期发展阶段，这与国内天文学研究的发展状况是一致的。随着观测设施的不断建设，观测项目不断增多，自产的数据资源也会越来越丰富，并将很快进入海量数据时代。观测数据的开放共享对学科发展越来越重要并日益成为用户、资助者、管理者多方关注的焦点。

在参考国际同行做法并充分考虑国内实际情况的基础上，LAMOST 率先制定了比较完善的数据政策，从观测数据的获取、管理、发布、使用到论文发表等各个层面都有明确的规定。但是，与国外相比，我国在天文科学数据的开放共享方面与国外有很多不同的地方，主要体现在如下几个方面。

第一，缺乏明确的国家层面的法律体系。因为缺乏完善的国家层面的法律法规，已制定的相关政策只是天文学界的管理者和用户参照国际同行做法达成的共识，并不具备法律效力，给贯彻执行带来困难。比如，PI 申请使用望远镜获得观测数据后，有可能因为没有在数据保护期内完成既定的研究课题，或者没有取得理想成果，从而不愿意在数据保护期满后公开数据。由于自行制定的数据政策缺乏法律效力，望远镜管理者无法强制要求该 PI 公开数据。

第二，缺乏科研项目资助体系中的制度约束和政策支持。欧美发达国家已经形成了较完善的科学数据共享政策，要求申请者在提交项目申请时就制定好相应的数据管理计划，保证科研过程中产生的数据得到有效管理和保存。我国科研资助机构的项目申请指南和管理办法中基本都未涉及这方面的内容，再加上项目申请困难结题容易的客观现实，使得科研人员普遍缺乏科学数据保存、管理、共享的意识，从而造成数据资源的丢失，数据的科学价值无法得到充分发挥，降低科研投入的效益。

第三，缺乏行之有效的管理体制。目前成功的数据管理和开放共享案例大多是项目组和首席科学家自发努力的结果。没有一个政府、管理机构、科研院所乃至社团组织等组织层面上的管理体制，没有一个完整的天文科学数据生命周期管理环境，限制了数据资源的有效共享。

第四，缺乏完善的数据归档、汇交和开放共享平台。海量的天文科学数据在国



内天文界已经备受关注，但是大部分天文望远镜没有建立独立的数据共享平台发布数据资源。首先科研人员投入很多时间和精力进行长期的观测，所获得数据不能迅速及时地共享给公众，导致科研人员的贡献和付出不能及时获得认可。其次，高价值数据依然分散在不同的机构与组织中，如国内各大天文台或天文望远镜管理组织，只有在特定情况下通过特定的方式被有限的科研人员申请利用。

第五，缺乏数据资源开放共享领域的专业人才。海量数据挖掘分析管理离不开掌握相关知识和技能的人才。现今国内也有一些比较完善的数据共享平台，但是并未上传比较优质的数据资源和服务，其原因主要缺乏分析处理数据的专业人才，大部分数据未能及时处理，从而限制了数据的广泛共享。

第六，数据生产和管理者面临着其他的一些困难，导致不愿意或者不能够将数据开放共享。比如，因为天气、仪器、人员等因素使得观测数据质量差，没有脸面开放共享；因为缺乏必要的人力等资源无法将观测数据加工为数据产品，无法开放使用；因为担心同行竞争，对自身的领域优势造成威胁，不愿意毫无保留的共享等。

通过以上分析，借鉴国外已有的比较完善的天文科学数据共享政策，并基于国内关于天文科学数据共享现有的基础以及中国科学院“天文科技领域云”平台的数据共享技术，作者起草并制定了《国家天文台天文观测数据开放共享管理办法（征求意见稿）》（见附录2）。同时以邮件的方式群发给国内众多权威天文科学家，以征求大家的意见。

6.2 建议与措施

习近平总书记在中国科学院第十七次院士大会、中国工程院第十二次院士大会上的讲话中，要求“着力完善科技创新基础制度，加快建立健全国家科技报告制度、创新调查制度、国家科技管理信息系统，大幅提高科技资源开放共享水平”。在天文学研究已经进入数据密集型和数据驱动的时代，观测数据的开放共享成为天文学发展的基本要求。本文提出以下几条具体建议，希望能够为我国有关政府部门和科研机构在制定科技发展战略和行动计划时提供参考。

第一，推动科学数据开放共享政策的制定。和其他学科、行业、部门与机构合作共同推进国家科技资源开放共享有关法律法规的制定。由中国科学院所属天文台牵头，联合高校、科普场馆等相关机构制定天文科技资源开放共享办法。通过法律法规和管理制度为科学数据的开放共享保驾护航。

第二，建立有效的数据开放共享管理体制。在国家、省市基金管理部门，中国



科学院，天文台站，高校及其有关学院，建立有效的管理体制，将科学数据开放共享的法律法规等政策落到实处。改进科研项目资助管理模式、科研成果评审评价机制、科研人员绩效考核机制，在科研活动的各个环节兑现科学数据开放共享的承诺。

第三，打造国家或行业级天文数据基础设施。借助云计算和网格等先进的信息技术手段，实现物理上数据分布式存储，逻辑上资源统一汇交、管理和使用。规范数据的归档和质量控制，支持国际虚拟天文台联盟数据互操作相关标准，支持元数据的汇交和数据的统一检索访问。通过建设这样的数据基础设施，可以减轻望远镜和观测项目数据归档、管理和发布工作的负担，方便用户对资源的发现和使用。可考虑在中国天文数据中心现有基础上建设总中心，根据观测设施地理分布和网络带宽情况，在南京、上海、昆明、乌鲁木齐等地建设多个数据分中心。

第四，发展数据采集、归档、管理、分析、共享所需要的核心技术。在数据密集型时代，或者说大数据时代，传统的数据采集、处理、分析等手段，乃至整个科研模式在内，都面临着巨大的挑战，同时也存在着重大创新的机遇。为了适应新的挑战，增强从海量数据中获取信息和知识的能力，需要发展数据全生命周期中各环节的核心技术，比如绿色数据存储技术、高速数据传输技术、复杂数据融合和互操作技术、海量数据处理技术、数据挖掘和可视化技术、数据长期保存与使用技术等。

第五，积极培养新的专业人才和研究队伍。为了充分利用现有和未来产生的海量数据和数据技术，必须培养新的专业人才，培养具有数据式思维和计算式思维的下一代科学家。要建立专门从事科学数据开放共享工作的部门和研究队伍，并与学科研究人员深入合作，互助多赢，通过专业的人才完成专业的工作。

第六，加大科学数据资源的宣传和应用推广。综合利用传统和新媒体手段向专业、业务、公众用户宣传优质的天文科学数据资源和使用时所需的相关知识与技术方法，挖掘潜在的用户和应用，充分发挥出数据的科学价值。

经过几代人数十年的不懈努力，我国天文学研究目前正从重点跨越阶段进入整体跨越阶段，以观测数据为代表的天文科技资源开放共享日益成为支撑天文学长远发展的内在动力。在中国科学院“十二五”科研信息化专项和国家发改委高技术服务业研发及产业化专项的资助下，中国虚拟天文台正着力完成“天文科技领域云”项目，有望在中国科学院和各天文台站的共同努力下，制定出切实可行的观测数据等科技资源开放共享政策，并借助这个平台的建设显著推动国内天文数据资源的集成融合和开放共享。





7. 基于科学数据的科普教育

大数据可以改变思维和工作方式，同时也为信息化教学的变革创造便利的条件。当代天文学已经进入数据密集型和数据驱动的时代，同时在开放教育资源蓬勃发展与优质学习资源急需共建共享的背景下，将天文数据资源集成并推动数据资源与应用服务的共建共享，对国内天文学研究和科普教育的发展至关重要。

利用科学数据，可以直接将其加工开发为适用于教学的课程资源，以应用于科普教学，如本文将阐述的基于 WWT 的天文教学。同时我国已经充分意识到共享科学数据资源的重要性，国家各部门和组织均积极建立多种数据开放共享平台，组织各类科技创新竞赛，以促进在校大学生和研究生充分利用国家已有的科技数据资源进行科技创新活动，培养学生的科技创新实践能力，并促进科学数据资源的开放共享。为响应深化促进科学数据资源开放共享工作，作者也充分利用中国传统星空数据在 WWT 平台中进行可视化，制作《漫步中国古星空之紫微垣》漫游作品参赛，并荣获一等奖。

本章节介绍基于科学数据进行科普教学和科技创新两个方面的内容，而基于科学数据进行科普教学又包括基于 WWT 的中小学天文课程体系建设和基于 WWT 的天文教学实践。一为作者总结反思自己的工作；二为抛砖引玉，希望能为今后进行基于科学数据的科普教育的学者和教师提供一些帮助。

7.1 WWT 教学软件简介

World Wide Telescope (万维天文望远镜, 简称 WWT), 是微软研究院设计开发的一套基于虚拟天文台理念以及技术的虚拟望远镜, 并且是一套由海量数据资源驱动的互动式数字天象厅系统。通过先进的计算机信息以及网络技术, WWT 将世界上最好的天文科学数据资源融合成一个无缝透明的数字宇宙, 并以极富创新性的数据可视化技术呈现给学习者以及使用者。

WWT 通过先进的信息技术将全球范围内的真实数据, 如哈勃空间望远镜的数据, 钱德拉 X 射线天文台的数据, 斯隆数字化巡天望远镜的数据等等无缝透明连接在一起, 形成密集型天文研究与科普教育平台, 轻轻挪动鼠标, 就可以找到光学、射电、红外、紫外、X 射线、伽玛射线等不同波段的星空。同时还可以将图像或者数据利用 WWT 的漫游制作功能制作成漫游片, 发布自己对数据的认识、理解、处



理等信息。WWT 是一款有助于互动式教学的天文数字软件，不仅教师可以用该软件教学，学生也可以利用软件制作漫游，而且操作界面友好，简单明了，学生很快就能上手操作。

WWT 不仅拥有最全面的最真实的天文科学观测数据，同时还能直接利用数据制作漫游，制作功能强大、操作简便。利用 WWT 进行天文科普教育，可以获得丰富翔实的和实时动态的天文科学数据资源。学生自己可以利用 WWT 找到与地球、行星、太阳系、星空等相关的数据资源，可以看到由机遇号、勇气号这两个长寿的火星车所传回来的火星数据资源，同时还包括哈勃望远镜和 SDSS、钱德拉望远镜所拍摄的各种天文数据资源等等。学生在动手实践的过程中，了解数据密集型和多波段天文学、天文信息学以及虚拟天文台等最新科学理念。

基于 WWT 的天文教学课堂具有很强的互动性。传统的天文教学仅仅局限于向学生传授天文知识，WWT 可以打破常规教学方式，利用海量的天文数据资源，实现注重参与、注重交互的全新教学模式。学生可以自制天象节目，并在 WWT 互动式数字天象厅播放。利用 WWT 进行天文科普教育，可以克服传统天文课程局限于教室单向教导的方式，通过 WWT 指引天文学习者参与互动学习活动、科学探索活动，并进行简单的天文教学课件的制作。

鉴于 WWT 超前的交互性理念，由微软研究院和国家天文台共同合作，于 2013 年在重庆石新路小学建立国内首座 WWT 互动式数字天象厅，石新路小学的老师利用天象厅向小孩们展示神秘的宇宙，深受小孩的喜爱。小孩也马上就能熟练掌握 WWT 漫游制作的基本技能，并将自己的漫游作品在天象厅播放。随后，2014 年北京师范大学建立另一座 WWT 互动式数字天象厅。

WWT 的 Excel 插件功能非常强大，可以将 WWT 和 Excel 有机结合起来。通过 Excel 插件，可以将 Excel 中的数据在 WWT 中进行可视化，以便生动形象地展示各种与天文、地理、环境等相关的现象。而且插件的安装和使用都非常的方便，安装之后自带可视化实例供大家参考。在本文中也将介绍可视化中国传统星空数据资源的案例。

7.2 基于 WWT 的中小学天文课程体系建设

7.2.1 科学课程标准中关于天文的内容

小学的科学课程是启蒙式的课程，主要培养和激发小学生对自然科学的学习兴趣，引领学生学习和周围世界相关的科学知识，以及体验科学活动的过程和方法。



其内容标准关于天文的内容时“地球与宇宙”，在建设课程内容时，主要可以从地球、太阳系、四季星空的代表星座及宇宙史展开。

初中的科学课程注重学生对科学的本质的认识，即对自然界的规律的认识，包括科学事实、科学概念、科学原理、科学模型和科学理论，这些都对自然现象具有解释和预见的功能。其中关于天文的内容与小学是一样的，地球和宇宙，不同的是主要是从地球在宇宙中的位置和人类生存的地球两个方面展开。

7.2.2 学生的特点

小学生的特点主要表现为：好问，对自己不懂的事物喜欢提出疑问，并穷根究底；活泼好动，不管是在课堂还是在平时都踊跃参加各种活动；好奇，对自然界各种现象充满了好奇。

中学生，喜欢动手操作，思想具有一定的独立性，有探索精神。在认识了中小学科学课程的课标和学生特点的基础上，我们进行了基于 WWT 小学天文课程建设的实践工作，主要分为理论实践和教学实践。

7.2.3 基于 WWT 小学天文课程建设实践

在分析总结中小学科学课程标准中有关天文的内容以及中小学生的特点之后，作者的导师乔翠兰副教授编写了“WWT 平台下小学天文课程内容建议”一书，其内容主要包括：（1）WWT 平台下小学天文课程建设（2）可开设课题建议，包括 22 个课题（3）教学示范教学设计。

其中 22 个课题主要是根据小学科学课程的内容标准要求并结合 WWT 的特点从地球、太阳系、四季星空的代表星座等方面展开。同时根据小学生好问、好动、好奇的特点以及 WWT 生动、形象、资源广等优势，课程内容采取游戏、故事、绘画、视频、音乐等形式与 WWT 整合。整个建议一书有助于小学教师利用 WWT 有效地开展天文教学，从而发挥 WWT 在教育和科普中的作用，激发学生对天文和科学的兴趣，提升其科学素养。

同时建议一书中还选取了《太阳系》、《秋季星空》两个示范性教学设计，主要由作者和严尚哲同学一起完成。同样是结合 WWT、引入游戏和多种动手操作活动进行设计。所做的这些工作仅仅只是供利用 WWT 进行科普教学的老师参考，相信很多一线老师通过多年的教学实践，能够更全面地了解学生，拥有更多的经验，一定会做出更多更优秀的教学设计。

关于理论实践，前期主要是根据建议一书制作 WWT 漫游，同样也选取比较有



特色的课题并利用 WWT 制作成漫游,如《日食与月食》、《火星》、《太阳》以及《遨游太阳系》等等。通过制作漫游积累了适合中小学教学的天文知识内容和漫游制作技巧之后,后期由作者在北京市史家小学进行天文兴趣班的教学,整个课堂积极活跃互动性强,深受老师和学生的欢迎,取得了良好的成绩。

7.3 基于 WWT 的天文教学实践

在 WWT 在中小学天文课程体系的指导下,很多学校均有开展基于 WWT 的天文教学实践。在教学实践中,前期比较有代表性的两所学校分别是武汉的张家湾小学和重庆市的石新路小学。这两所学校的天文老师利用 WWT 进行天文教学,同时与华中师范大学天文协会合作,很多协会的学生采用 WWT 平台在张家湾小学进行趣味天文教学,受到小朋友们的欢迎,课堂上小朋友们都踊跃提问,参与互动教学。

2013 年 10 月,轰动全中国的 WWT 互动式数字天象厅落户在重庆市石新路小学。这对推动我国的天文科普教育有着积极的意义。该小学的杨鹏老师、丁小华老师及金呈老师在经过 WWT 骨干教师培训之后,都能熟练操作 WWT 平台,于 2013 年下学期开始在学校开展了 WWT 的天文教学,并取得了很好的成绩。在 WWT 互动式数字天象厅的落成典礼上石新路小学的学生展示自己完成的漫游作品——《月球》,得到参与落成典礼的各界人士的好评。

以上学校在利用 WWT 进行天文教学实践中取得了优异的成绩,在与这些学校的老师进行交流,吸取经验之后,作者于 2014 年 8 月——2014 年 12 月在北京市史家小学进行基于 WWT 的天文教学。

7.3.1 WWT 进入史家

作者在多次参加北京市史家小学组织的科技活动后,给作者印象最深刻的是史家小学的小孩具有很好的科学素养,热爱科学,乐于探究。不仅有很好的天文基础,而且对前沿科学方面也有所了解,自学能力和接受新知识的能力都很强。在学校科技馆张培华老师的指导下,参与了很多有关天文的活动,富有探究天文科学的好奇心和求知欲。

2014 年 8 月,作者通过张培华老师的引荐,给史家天文兴趣小组的学生进行 WWT 培训,兴趣小组的小孩马上被 WWT 中美妙的宇宙和简单的漫游制作功能所吸引,等软件安装成功之后自己就立马开始琢磨该怎么操作,并惊喜的发现只用 WWT 软件就能清楚的展现天象表演,比如模拟已经发生过 09 年的日全食,加深对日全食过程的印象。学生在课堂上用 WWT 认识星空、寻找星云星系、模拟日食……



迅速掌握 WWT 漫游的基本制作方法，并且独立完成“遨游太阳系”的作品。



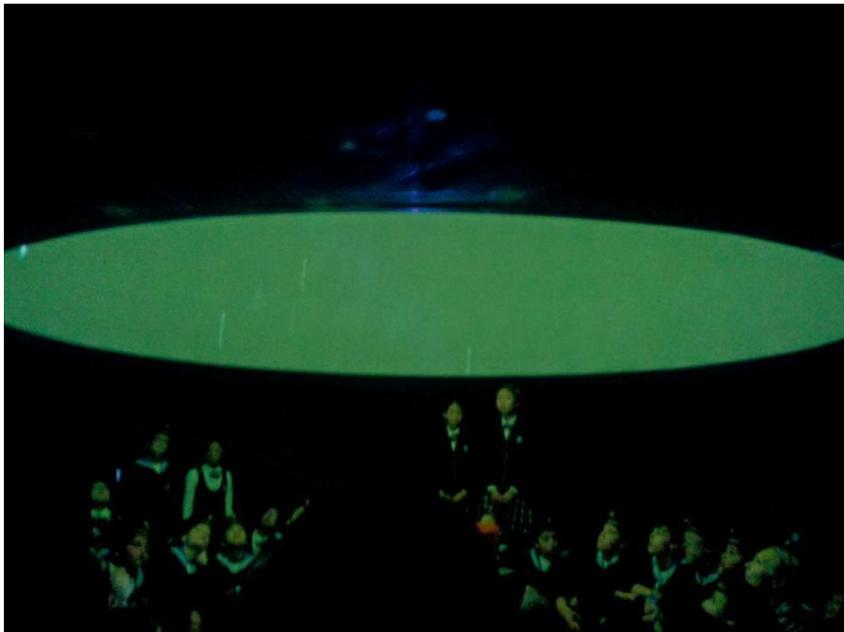
WWT 入门培训

2014年9月12日史家小学举办“航天员进史家”的活动，在基于WWT天文教学的课堂中，学生与航天员一起用WWT探索宇宙，遨游太阳系。深受互动式教学中活跃气氛的影响，杨利伟等航天员很高兴地向同学们介绍太空知识，并与同学们一起利用WWT制作漫游，并在史家天文馆的天象厅中播放，同学们和航天员叔叔一起席地而坐，一起欣赏刚完成的作品。精彩十分的漫游作品深深地吸引了航天员们，WWT的互动式教学方式以及先进的数据可视化技术赢得了航天员们的好评。



杨利伟和王欢校长亲临基于 WWT 的天文教学课堂

2014年10月11日，维也纳合唱团到史家小学天文馆参加，史家天文兴趣小组的小孩非常自豪的替他们介绍自己的天文馆，当走到穹幕馆时，维也纳合唱团的小孩立刻就被正在播放的 WWT 漫游吸引住，跟着漫游认识太阳系、认识行星，并惊喜的发现女神金星竟是如此的漂亮。合唱团的孩子们对史家天文馆之旅流连忘返。



维也纳合唱团观看 WWT 漫游作品



通过这些活动，同学们被 WWT 的互动性以及简易操作性深深地吸引了，天文兴趣班的每个小孩都跃跃欲试，想要自己独立完成更多的 WWT 漫游作品。所以在崔辰州研究员、乔翠兰副教授以及张培华老师的指导下，作者开始制定基于 WWT 的天文教学计划，并根据计划开展了八次教学，每次教学之后都有进行深刻的总结和反思。

7.3.2 教学计划

根据 WWT 软件自身的特点，将 WWT 漫游学习分为 WWT 的介绍和 WWT 的安装、创建基于幻灯片的漫游、创建添加图片、文字及音乐的漫游、创建基于轨道日期、时间和位置的漫游、创建基于画外音的漫游六个部分。以由浅入深的方法引导学生学习 WWT 软件。

每次教学中，都由老师选定几个知识点作为漫游主题，学生自主选择比较感兴趣的或者是比较熟悉的内容作为自己制作漫游的主题，选择相同主题的学生自动组成一个学习小组，通过小组合作的方式完成 WWT 学习和漫游制作任务。将同伴教学中学生自主学习、合作学习、生生互动和师生互动的教学模式应用到基于 WWT 的天文教学中。

同时在漫游完成之后，适当安排时间选择性地展示学生自己做的漫游，激发学生进行探索学习的兴趣。每次作品展示之后，将所有作品提交一个公共的共享平台（如 QQ 群共享或 WWT 北京社区、天之文虚拟天文台），以供每个小孩学习。收集优秀的 WWT 漫游作为基于 WWT 天文课程的 MOOC 资源。

通过基于 WWT 的天文教学，一方面提高学生制作 WWT 漫游的技巧，同时激发学生探究天文的兴趣，培养学生自主学习的能力和创新能力。漫游制作过程帮助学生体验科学活动的过程和方法。另一方面，分组合作有助于培养学生的团队合作精神。学生可能会用不同的方式展示知识点，启发学生可以从不同角度探索科学知识。

漫游制作培养学生学习天文的兴趣，激发 WWT 漫游制作能力。每堂课都适当选择其他相关知识与学生分享，如最新前沿天文热点、现今还未解决的天文疑点等，以便通过不断积累使学生养成科学的认知方式以及自然观。

基于 World Wide Telescope 的天文教学计划的内容具体如下：

第一节 宇宙

——WWT 的介绍和 WWT 的安装

第二节 地球



- WWT 的功能介绍
- 第三节 自转与昼夜更替
 - 展示在 WWT 找到的相关数据
- 第四节 公转与四季变化
 - 创建基于幻灯片的漫游
- 第五节 太阳家族
 - 创建添加图片的漫游
- 第六节 月球
 - 创建基于文字及音乐的月球漫游
- 第七节 日食与日冕
 - 创建基于轨道日期、时间和位置的漫游
- 第八节 月食与血月
 - 创建基于轨道日期、时间和位置的漫游
- 第九节 火星
 - 创建火星漫游
- 第十节 介绍土星、木星的变化
 - 创建其他行星的漫游
- 第十一节 流星、彗星
 - 展示行星漫游，并做简单讲解
- 第十二节 陨石
 - 创建基于画外音的漫游
- 第十三节 星座
 - 创建星座漫游
- 第十四节 中国古星空之紫微垣
 - 创建基于图层的漫游
- 第十五节 四季星空
 - 分别创建四季星空的漫游
- 第十六节 银河系与河外星系
 - 展示四季星空漫游

7.3.3 教学实施

根据学校课程的安排原计划准备十六节课，最后由于史家小学的天文兴趣班还



有其他的学习任务和活动内容,在进行教学实施时,最终只完成了八次教学的内容。而且每次教学内容也根据现实的教学实践,整合 WWT 的教学特点以及学生学习的特点进行不断的调整,在原计划的基础上做很多的变更。具体的基于 WWT 天文教学的教案见附录 3。

首先,基于 WWT 的天文教学在教学内容的选择上,主要考虑激发学生对天文的学习兴趣,而不过于追求体系的完整和深入。

基于 WWT 的天文教学是比较开放性的课程,并没有严格的课程标准,对于教学内容的选取比较灵活。WWT 有丰富的天文科学数据资源,WWT 的数据主要来自国家科研机构 and 学校的望远镜、天文台所取得的数据。包括 SDSS、哈勃、JLP (喷气推进式实验室)、NOAO(美国国家天文台)、STSci(太空望远镜科学研究所)、IPAC(红外处理和分析中心)以及其数据中心(2MASS and IRAS)、CfA(哈佛-史密森天体物理中心)、NASA 等,以及美国海军天文台和各个大学。地球中的数据来自美国地质调查局数字高程模型和必应地图。WWT 数据还得到国际虚拟天文台联盟的支持。这些天文科学数据资源不仅适合天文研究,更适合天文科普教学。在众多的数据资源中,教师可以充分发挥自己的积极主动性,不受传统课程的限制,可以选择自己熟悉了解的方面,同时也是学生感兴趣的方面进行教学。

考虑史家小学的学生对天文知识已经有一定的了解,特别是在天文摄影方面有非常突出的成绩,有很强的课外实践能力。很多小孩在北京市乃至全国组织的摄影活动或竞赛中均获得各种荣誉奖项,有比较高的科学素养。尽管如此,由于天文课程一直以来并不是像自然、社会一样的课程有系统的课程标准,老师在传授天文知识时并不是很系统。另外加上小学生自身的认知特点决定,小孩所掌握的天文知识大多停留在常识性层面,充分考虑学生现有的认知水平,因材施教,紧密联系实际。所以在教学内容的选取上主要还是以太阳系、四季星空、银河系等几个方面为主。

其次,基于 WWT 的天文教学,主要目的在于指导学生利用 WWT 进行自主学习,在教学模式上主要采取以学生活动为主的形式。

传统的天文教学主要是以教师讲授知识、学生接受学习为主。这种教学模式以强调系统完整的天文知识的重要性,但是往往忽略了学生的主体性,忽略了学生在学习过程中的灵活性;更重要的容易忽略了对学生的情感态度价值观的培养,只能让学生自己去体会。在传统的教学模式下,学生是消极和被动地听讲,不利于学生是全面发展。

基于 WWT 的天文教学与传统的教学不同,学习 WWT,就是为了指导学生在



自制天象节目的过程中掌握天文知识以及一定的信息技术手段。在教学方式中注重自主学习、合作学习、生生互动和师生互动等多种方式的结合。始终坚持科学课程的新标准的基本理念，即提高学生的科学素养，满足学生全面发展和终身学习的需要。在教学过程中应充分考虑学生的主体性和积极性，从各方面考虑学生自身的特点，并结合 WWT 中科学数据资源的特点，将其互动性、探究性以及操作性充分利用，促进了天文教学模式的改革，也更容易激发学生学习天文的兴趣。

史家小学有很好的基础设施条件，有非常炫酷的天文馆，包括天文展厅以及适用于 WWT 互动式数字系统的穹幕馆。同时小孩的自学能力、动手能力均很强，在学习 WWT 个过程中，很快就能掌握其操作技能。所以在教学过程中，多层次多角度的调用 WWT 自带的科学数据和科学模型，将其处理成优秀的漫游，利用穹幕播放时，可以给学生一种很强烈地视听觉上的冲击。经过一段时间的培训和操作练习之后，学生自己也掌握了制作漫游的基本技巧，这时候可以选取一些简单的知识点鼓励小孩自己制作漫游，充分利用学校已有的天文穹幕馆，将孩子自己制作的漫游作品拿出来震撼别的学生，调动学生学习的积极性和热情。



小组讨论 1



小组讨论 2

最后，基于 WWT 的天文教学课堂很开放，在教学纪律的维持上也具有很大的挑战性。一般情况下，每个小孩都有自备计算机，还时常安排小组讨论，如果没有良好的课堂秩序会严重影响教学效果。针对这样的情况，作者在实践过程中总结经验，设置一种积分奖励制。作者制作了很多小星星卡片，学生表现优秀、上课积极回答问题、严格遵守纪律者均可以奖励一个小星星，但是如果犯错误影响课堂秩序，或者不完成作业的小孩就要被扣除一个小星星。同时设置卫星、行星、恒星、星系四个等级，最先积累十个小星星的小孩就可以晋级为卫星，然后在卫星的基础上再积累十五个小星星就可以晋级为行星，以此类推。在课堂严格按照惩罚分明的方式促进学生自觉遵守课堂纪律，自觉按照学习任务督促自己的学习。

7.3.4 教学总结

基于 WWT 的天文教学，需要学生掌握 WWT 和互联网等信息技术，要求学生具备一定的计算机素养和相应的知识储备。课后的学习中也需要学生上网搜索大量的图文视频资料，对学生的自控力要求较高。通过教学实践的八次课的总结和反思，在基于 WWT 的天文教学中应该注意以下几个方面的内容。

首先在基于 WWT 的天文教学中，应该重视教师的主导作用。我们认为，将



WWT 带入天文教学课堂中，必须发挥教师的主导作用。基于 WWT 的天文教学中，教师虽然不能系统地教授天文教学内容，但是教学实践的安排、多媒体技术的选择、基于 WWT 的天文教学的课前指导、教学内容的设计、天文知识的传授、组织学生讨论探索及漫游制作等教学环节都需要由教师设计，教师在基于 WWT 的天文教学过程中还是起着主导的作用。

比如在基于 WWT 的天文教学实践中，第一堂课设想着既要学习天文知识，又要学习 WWT 操作技巧，最后由于软件自身的原因以及教学环境的影响，教学内容没有完成。在第二堂课时，教师吸取第一堂的经验，不做过多的内容介绍，直接以介绍 WWT 功能为主，充分利用课堂时间引导学生熟练掌握 WWT 操作技能，效果更明显。

其次，在基于 WWT 的天文教学中，应该注意发挥传统天文课堂的优势。基于 WWT 的天文教学将先进的 WWT 软件引进课堂，丰富了教学内容和教学技巧，增强了师生之间的互动，提高了教学效率。但是基于 WWT 的天文教学课堂更多是由学生自主学习、自主探索，教师在更多时候是在于其引导作用。引导学生在学习中积极的收集资料，提高学生的自主学习能力和漫游制作能力。

比如在基于 WWT 的天文教学中，学生对 WWT 充满兴趣，课堂活跃。但是由于事先没有安装 WWT 的学生居多，导致整个课稍稍有点乱，没有达到理想的效果。这个时候就需要及时根据传统课堂的经验安排调整教学内容，以便更好的调控整个基于 WWT 的天文教学课堂。

最后，在基于 WWT 的天文教学中，要充分发挥学生的主体作用。一方面，学生关于天文知识的储备，往往来源于网络，其知识层次处在常识经验阶段。另一方面，WWT 软件是一款基于真实天文科学数据的教学软件，在应用 WWT 的过程中还需要学生自主收集各种学习资料，以便组织脚本制作漫游，将自己所学通过 WWT 的漫游制作功能进行展示。在整个教学过程中，教师仅仅是引导学生学习，更多时候还需要学生自主学习和探索，所以在进行天文教学时一定要极力创设多种教学情境，调动学生的学习积极性，充分发挥学生的主体作用。对于在课堂中需要利用的资源，教师要事先安排指导学生利用课后时间早些收集，以免影响整个教学课堂。

比如在教学实践中就有过这样的情况，教师没有事先安排学生搜集资料，在介绍添加图片功能时措手不及，通过拷贝资料浪费正常上课的时间。这对于基于 WWT 的天文教学是最大的忌讳。同时，如果学生没有在学习之后积极制作漫游，提交的漫游作品自然就很少。这时候在课堂上需要将学生的作品进行展示进行对比教学



时，整个课堂就会很被动。

7.4 中国传统星空数据资源的 WWT 集成与共享

随着电子计算机技术的介入，为科学数据的整理提供了新的手段和方法，尤其是数据库所具备的强大的数据采集、数据储存、知识发现、知识发掘等功能，能在相对较短的时间内完成相关科学数据的收集整理工作。现我们运用现代天文学观测数据和技术手段，首次以 WWT 先进的数据可视化技术为基础，借助《漫步中国星空》书籍将周琮星表与现代 HR 星表和 SAO 星表一一对应，并加之以生动形象的星官艺术形象，再次呈现恢弘的中国宋代星象。在全球使用的数字天文平台——WWT 中集成中国传统星空数据资源，一方面有利于进一步继承、保护、传播和共享面临失传的中国古星空的传统文化，让更多的人了解中国古天文的辉煌成就；另一方面，有效可视化中国古星空数据，并与现代天文学的最新真实科学数据融合，古今对比；最后，将濒临失传的中国传统文化加工成为科学家、教师乃至学生作为科普和学习的教育资源，使得中国古星空中蕴含的深厚的文化和科学信息得以传播、开发和电子化利用。

中国虚拟天文台（China-VO）借助中国科学院国家天文台深厚的科研水平和技术实力，以 WWT 先进的数据可视化环境为平台，从 2008 年至今一直致力于开展基于真实科学数据的科普教育和科学传播的工作。此次，中国虚拟天文台团队又将齐锐和万昊宜编著《漫步中国星空》一书中恢复的中国古代传统星空原貌数据和徐刚先生绘制的中国古代传统星官艺术形象巧妙地整合在 WWT 的环境中，并通过互联网平台以举办漫游制作大赛的方式向全社会开放。这个成果充分体现了科学、文化、技术以及艺术的深度结合，十分精彩地展现出中国古星空并实现与西方星空以及最新科学数据的深度融合。

7.4.1 中国传统星空数据资源介绍

对于西方星座的“金牛”、“处女”、“天蝎”均能耳熟能详，却很少人知道中国传统的“三垣二十八宿”的含义。不同的文化文明对于我们熟悉的星空均有着不同的解读，从而形成了各种各样的星空文化。中国的先人把古代社会以及传统文化映射到星空，创建了与西方星座完全不一样的星官体系。将“天人合一”的思想在中国传统星象中体现得淋漓尽致，是流传千百年的世界文化瑰宝。

宋代的恒星观测在我国天文史上非常富有成就，为我们留下了大量主要的珍贵的科学遗产。当代著名的天文史学家潘鼐先生汇集皇祐周琮观测的各种相关史料，



与我国古代传统的 283 个星官 1464 颗恒星一一相校，共整理得出 360 颗恒星的数据，并命名为“皇祐星表”。皇祐星表，作为一套完整的古星表，保存了我国传统星象的原貌，它通过实测得到的我国中世纪时期可靠的恒星星表，是验证我国古代中世纪前后恒星星象的基本星表。同时也反映了宋代恒星观测和科技发展的巨大成就。

《漫步中国星空》一书的作者根据以潘先生的研究成果为骨架，参照宋代苏颂《新仪象法要》星图、苏州石刻天文图，同时参考《四库全书》及《灵台秘苑》等文献，再对比近代星图，整理出一套皇祐星官数据，全天三垣二十八宿，共计星官 283 个，恒星 1464 颗。

中国古星图往往只是清一色的星点连线、文字，这点和西方星座很不相同，西方星座主要通过各种神话人物以及动物的图案描绘古典星图。这些古典型图推动了西方星座文化在世界各地的传播，而中国的星官图案却始终没能展现出其特殊风采。为了能让公众充分了解、认识中国古代的传统星官和深厚的文化底蕴，徐刚先生于 2007 年开始着手创作中国传统星官的星图形象，参阅了大量的但是又特别难以寻找的古文献等资料，先后绘制了 170 多个星官艺术图案，第一次让世人完整看到了恢宏的“天上人间”。

如何将资源有效融合和可视化，并开发成有助于学习和研究的优质数据资源，以传承中国古星空的传统文化，促进教育信息化。通过这次实践，不仅可以向公众中传播中国古代传统的天象知识，普及天文科学知识，还可以弘扬在中国传统文化，推动科技和教育“双轮驱动”的发展。

7.4.2 数据资源集成

天文学是一门开放的科学，很多星表数据库都已经向公众开放共享。将宋代皇祐星表数据与现代 HR 星表和 SAO 星表一一对应，利用 Excel 分析和处理数据，结合 WWT 平台的各种可视化技术，将齐锐、万昊宜通过《漫步中国星空》恢复的中国宋代星空，以及徐刚先生绘制的惟妙惟肖的星官形象巧妙地整合在 WWT 平台中。

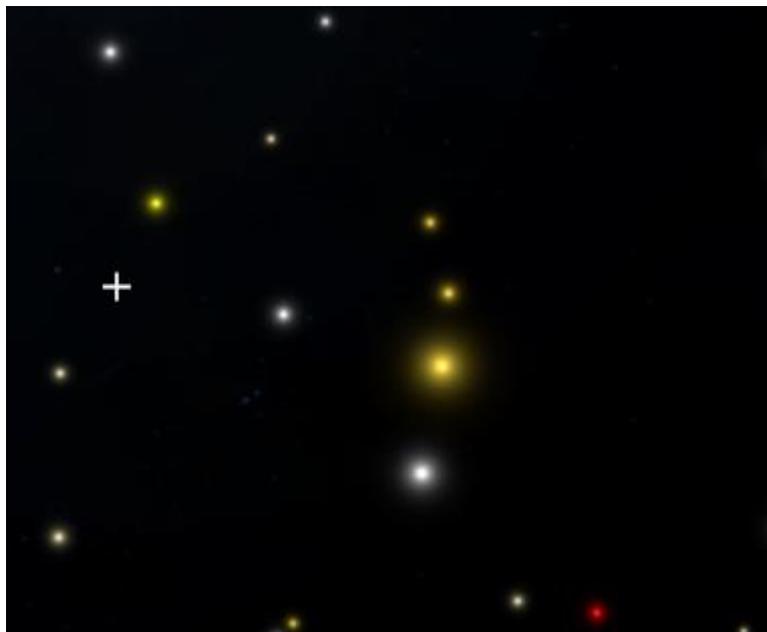
数据资源的集成主要包括星官连线、恒星星等和光谱、星官名称可视化以及星官图案可视化等四个方面。在可视化星官连线和星官名称时，用不同大小和不同颜色的星点分别表示 1464 颗恒星的星等和光谱型。同时利用 WWT 先进的可视化功能将星官图案载入 WWT 平台，并与传统星空数据资源融合一起。同时利用 WWT 自身对数据资源进行图层分类管理的功能，将中国传统星空数据资源进行归类，加工成可供教师和学生简单方便地再次利用的共享资源。



下面将展示利用 WWT 将中国传统星空数据资源可视化集成之后的部分成果：



可视化星官连线



可视化各颗星星的星等和光谱型



可视化各个星官名称



集成可视化各个星官图案之南方朱雀



7.4.3 资源共享与应用

中国古星空的传统文化博大精深，值得我们继续发扬光大。比如可以以《步天歌》为基础，将“三垣二十八宿”的星官和它们承载的故事，通过 WWT 直观、立体、缩放、旋转等功能将其一一呈现。不仅有《漫步中国星空》等介绍中国古星空的书籍的帮助，同时还能在 WWT 的引导下联想星空传说和历史典故，体味中国古代天文折射的传统文化寓意，漫步中国星空，神游天上仙境。

作者根据集成的资源，并利用 WWT 先进的可视化和漫游制作功能，结合《步天歌》以及《漫步中国星空》等书籍完成了部分的教学课件制作工作。首先在整合完中国传统星空数据资源之后，利用 WWT 制作的漫游——《漫步中国古星空之紫微垣》，这个作品获得 2014 年全国第二届共享杯科技制作大赛的一等奖。同时将该作品制作成可供大众分享学习的视频，将其放在网络上，通过新浪微博、QQ 空间、天之文论坛以及微信公众平台等多种网络媒体手段进行传播，以便更多的人了解中国传统星空。其次在后期还陆续完成《北方玄武——女宿》、《东方苍龙——角宿》等漫游作品，其中各个漫游的脚本内容见附件 4。

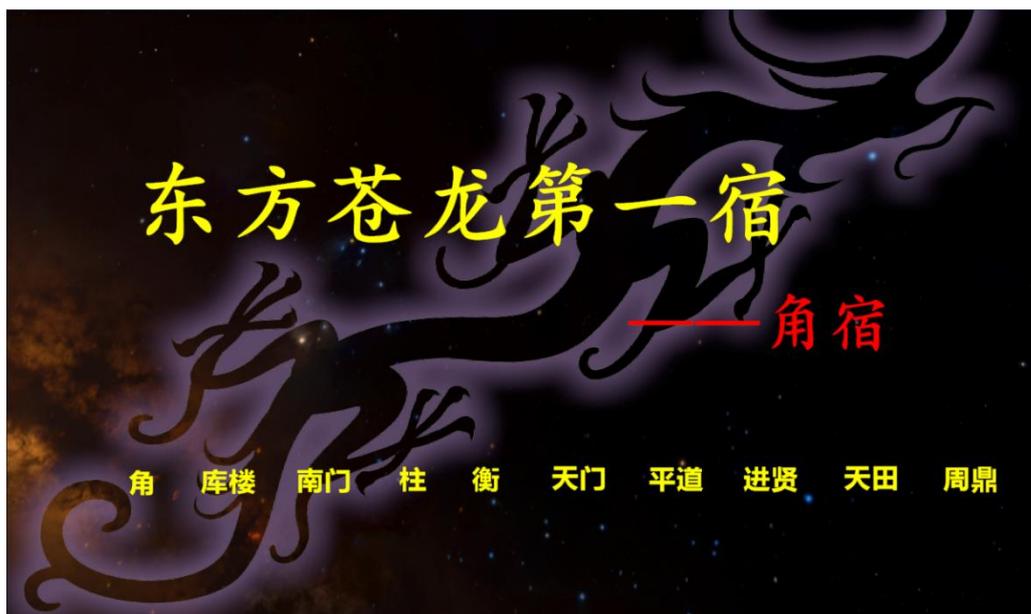
下面将展示利用基于 WWT 的中国传统行星空数据资源制作的相关漫游的截图：



《漫步中国古星空之紫微垣》



《北方玄武——女宿》



《东方苍龙——角宿》

将中国传统星空数据集成在 WWT 中，可以使有限的中国传统星空数据资源开发成为学生自主学习利用的天文数据数字化资源。集成后的数据资源可以重复利用，是可持续发展的资源。有利于培养学生自主学习、独立思考的能力，丰富学习成就感。



7.5 基于科学数据的科普教育的优势

通过实践证明，基于科学数据的科普教育，充分体现了科学数据在科普教学和科技创新中优势，主要体现在 WWT 的互动性、合作性、探究性、情境性。

第一，互动性。基于 WWT 的天文教学的整个过程，都是教与学相互作用相互影响的过程。在这个过程中，通过 WWT 简易方便的漫游制作功能以及先进的数据可视化技术调节师生关系，形成和谐的师生互动、生生互动以及学习主体与教学媒介的互动，强化人与科学数据环境的交互影响，并产生天文科普教学时教师与学生、学生与学生、学生与科学知识之间的共振共鸣，以达到提高科普教学效果。教师可以事先准备与课堂相关的 WWT 漫游课件以及丰富的适合在 WWT 环境中展示的教学资源，包括图片、文字、音频等数据资源。而学生在教师的指引下，利用 WWT 积极主动地开展天文知识的学习，并自己制作漫游节目，其漫游的可展示性能够很迅速地、直观地体现教师的教学效果。基于 WWT 的天文教学改变了传统的被动式教学方式，更注重学生参与、师生交互。特别是在建立 WWT 互动式数字天象厅之后，WWT 的互动性更是体现得淋漓尽致。

第二，合作性。WWT 系统有简易方便的漫游制作功能，学生在经过基本的学习之后就能够自制天象节目，享受自主动手科学实践之后所带来的成就和喜悦。而要成功地制作一个漫游，包括很多环节，如漫游脚本的制作、漫游课件的制作以及漫游介绍的录音制作等等。整个过程对学生的知识储备和实践能力的要求比较高。而在现实情况下，有些学生知识储备多，语言组织能力强，文采好适合做前期的漫游准备工作，即漫游脚本的制作。而有些学生动手能力强，对计算机信息技术的操作技巧掌握比较快，这些学生就适合制作 WWT 漫游节目。在一个班级中，不排除还有一部分学生语言表达力强，说话声音沉稳、甜美或者吐词清晰，这些学生当然比较适合录音。教师在教学中应该充分了解学生，将兴趣班的学生按各自所擅长的方面交叉分成多个小组，充分带动学生与学生之间的合作，引导每个小组中的各个成员齐心协力完成一个漫游或者一系列漫游。通过学生与学生之间共同参与、共同创作、相互依赖的合作学习，培养学生的团队合作意识以及与他人合作的能力，从而提高全体学生的天文科学素养。

第三，探究性。基于 WWT 的天文教学，最主要的方面就在于引导学生充分利用 WWT 中现有的科学数据资源，并将这些优秀的真实的数据资源转化成适合自己的或者是适合展示给其他同学的漫游节目。而在制作 WWT 漫游的过程中，学生经



常性的会碰到很多的问题，包括 WWT 操作技巧、天文知识理解与运用、科学数据资源的收集与分析处理等等各方面的问题，这些都能够激发学生不断地自主学习、自主创新以解决所碰到的各类问题，或者是通过师生之间或者生生之间相互分析探讨以解决问题，这充分体现了 WWT 教学的探究性。在这种探究性的 WWT 天文教学过程中，不仅提高学生的表达与沟通交流的能力，更重要的是能够使学生会科学的学习方法和技能、科学的思维方式，树立科学的观点和勇于探索创新的科学精神，进而提高每个学生的科学素养。

第四，情境性。基于 WWT 的天文教学，可以利用 WWT 现有的科学数据资源轻松方便地为学生创设情境。首先，在基于 WWT 的天文教学课堂中，学生不再是单纯的学生，学生可以充分发挥自己的主体性和创造性，将可以充分展示自己思维独立性的漫游节目向教师或者其他同学展示，这时候学生马上就转为“教师”，可以体会如果自己是教师，该如何组织语言并制作漫游以便其他人能够更充分的理解自己，理解自己对天文知识的理解。其次，WWT 中含有的丰富的图片、数据模型等资源，利用 WWT 学生可以模拟许多天文现象，将各种天文现象直观地进行展示并运用，学生立马就能够直观地观看或者感受到很多难以用肉眼发现的天文现象。比如，有学生在学习了 WWT 漫游节目——“日全食”之后，发出感慨：“我惊地发现，利用 WWT 我竟然可以在时过几年之后再次看到 2009 年 7 月 22 日发生的日全食，弥补当时不能亲临现场的遗憾，太棒了！”WWT 中丰富的翔实的数据资源，给学生以直观的冲击力，以激发学生学习神秘而深邃的天文知识的兴趣，活跃天文课堂的气氛。

总之，基于科学数据的科普教育能够紧跟现代天文学科发展趋势，对促进天文科学数据资源开放共享和天文学科的发展均有积极意义。如利用 WWT 平台将中国传统数据资源开发加工成可重复利用的教学资源，方便社会大众所获取、利用。既提高其科学价值，又有利于传承中国传统文化。

基于科学数据的科普教育有助于改变传统教学观念，采用不同的教学理念培养学生创新能力。传统的天文科普教育仅仅基于知识讲座、知识竞赛、天文摄影实测或者现有的科普影片，而基于 WWT 的天文教学重在引导在学生自制天象节目学习天文知识，有助于培养学生动手能力、探究和解决问题的能力，也提高了天文知识的掌握程度。另外基于 WWT 的天文教学更便于创设情景进行科普教学，启发学生积极的思维活动，培养学生创新思维。

最后，基于科学数据的科普教育响应了国务院要求教育信息化的政策，有利于



促进科普教育的全面改革。基于科学数据的科普教育利用计算机、多媒体技术和先进的数据可视化等现代信息技术，促进科普教育的改革，适应正在到来也已经进行的信息化社会提出的新要求，对深化教育改革，实施素质教育，具有重大的意义。

7.6 结语

在 WWT 团队中每个成员的努力下，越来越多的学者和教师加入基于科学数据的科普教育的队伍中。期待通过大家的实践，以越来越丰富的科学数据资源打造一种新的科普教育模式，探索新的思维模式和教学方法。同时以天文学科为切入点，将基于科学数据的科普教育模式逐渐深化拓展到地理、生物等领域。



附录

附录 1

各大望远镜平台和数据中心的标准致谢内容

(1) ADS Acknowledgement

If you wish to acknowledge the services provided by ADS in a publication, kindly use a phrase such as the following:

This research has made use of NASA's Astrophysics Data System Bibliographic Services. ^[134]

(2) ALMA acknowledgement

Publications making use of ALMA data must include the following statement in the acknowledgement: "This paper makes use of the following ALMA data: ADS/JAO.ALMA#2011.0.01234.S . ALMA is a partnership of ESO (representing its member states), NSF (USA) and NINS (Japan), together with NRC (Canada) and NSC and ASIAA (Taiwan), in cooperation with the Republic of Chile. The Joint ALMA Observatory is operated by ESO, AUI/NRAO and NAOJ."

Please substitute the place-holder project code 2011.0.01234.S with the code(s) of the data used.

In addition, publications from NA authors must include the standard NRAO acknowledgement: "The National Radio Astronomy Observatory is a facility of the National Science Foundation operated under cooperative agreement by Associated Universities, Inc." ^[135]

For Science Verification data, the codes have the following form: ADS/JAO.ALMA#2011.0.0000X.SV, where X=1 for the TW Hya dataset, X=2 for the NGC3256 dataset, X=3 for the Antennae mosaic, etc. ^[136]

(3) IRSA Acknowledgement

If you use IRSA in your research, please include the following acknowledgment in your paper:

"This research has made use of the NASA/ IPAC Infrared Science Archive, which is



operated by the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, under contract with the National Aeronautics and Space Administration."

Please include also in your paper acknowledgments requested by individual missions and data providers. ^[137]

(4) KOA Acknowledgement

Please acknowledge the use of KOA by including this text: "This research has made use of the Keck Observatory Archive (KOA), which is operated by the W. M. Keck Observatory and the NASA Exoplanet Science Institute (NExScI), under contract with the National Aeronautics and Space Administration."

Please also acknowledge the PI(s) of datasets that have been obtained through KOA.

The Keck Observatory Archive (KOA) is a collaboration between the NASA Exoplanet Science Institute (NExScI) and the W. M. Keck Observatory (WMKO). NExScI is sponsored by NASA's Origins Theme and Exoplanet Exploration Program, and operated by the California Institute of Technology in coordination with the Jet Propulsion Laboratory (JPL). ^[138]

(5) NASA Acknowledgement

Acknowledging the NASA Exoplanet Archive

Please include the following standard acknowledgment in any published material that makes use of the archive's services:

"This research has made use of the NASA Exoplanet Archive, which is operated by the California Institute of Technology, under contract with the National Aeronautics and Space Administration under the Exoplanet Exploration Program." ^[139]

(6) SDSS Acknowledgement

Acknowledging SDSS: Non-Commercial Use

Non-commercial scientific and technical publications using SDSS data should include the following acknowledgment:

Funding for the SDSS and SDSS-II has been provided by the Alfred P. Sloan Foundation, the Participating Institutions, the National Science Foundation, the U.S. Department of Energy, the National Aeronautics and Space Administration, the Japanese Monbukagakusho, the Max Planck Society, and the Higher Education Funding Council for England. The SDSS Web Site is <http://www.sdss.org/>.



The SDSS is managed by the Astrophysical Research Consortium for the Participating Institutions. The Participating Institutions are the American Museum of Natural History, Astrophysical Institute Potsdam, University of Basel, University of Cambridge, Case Western Reserve University, University of Chicago, Drexel University, Fermilab, the Institute for Advanced Study, the Japan Participation Group, Johns Hopkins University, the Joint Institute for Nuclear Astrophysics, the Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology, the Korean Scientist Group, the Chinese Academy of Sciences (LAMOST), Los Alamos National Laboratory, the Max-Planck-Institute for Astronomy (MPIA), the Max-Planck-Institute for Astrophysics (MPA), New Mexico State University, Ohio State University, University of Pittsburgh, University of Portsmouth, Princeton University, the United States Naval Observatory, and the University of Washington.

Please also refer to the appropriate SDSS technical publications.

Acknowledging SDSS: Commercial Use

Data from the SDSS public archive may not be used for any commercial publication or other commercial purpose except with explicit approval by the Astrophysical Research Consortium (ARC). Requests for such use should be directed to the ARC Corporate Office via ARC's Business Manager as follows:

Michael L. Evans

ARC Business Manager

c/o University of Washington

Office of Research, Box 351202

Seattle, WA 98195

Phone: 206-685-7857

Email: evans@astro.washington.edu.^[140]

(7) SDSS-III Acknowledgement

Official Acknowledgement

We request that the following be added to the acknowledgement section of any paper using data from the SDSS-III.

Funding for SDSS-III has been provided by the Alfred P. Sloan Foundation, the Participating Institutions, the National Science Foundation, and the U.S. Department of



Energy Office of Science. The SDSS-III web site is <http://www.sdss3.org/>.

SDSS-III is managed by the Astrophysical Research Consortium for the Participating Institutions of the SDSS-III Collaboration including the University of Arizona, the Brazilian Participation Group, Brookhaven National Laboratory, Carnegie Mellon University, University of Florida, the French Participation Group, the German Participation Group, Harvard University, the Instituto de Astrofísica de Canarias, the Michigan State/Notre Dame/JINA Participation Group, Johns Hopkins University, Lawrence Berkeley National Laboratory, Max Planck Institute for Astrophysics, Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, New Mexico State University, New York University, Ohio State University, Pennsylvania State University, University of Portsmouth, Princeton University, the Spanish Participation Group, University of Tokyo, University of Utah, Vanderbilt University, University of Virginia, University of Washington, and Yale University.^[141]

(8) NSO Acknowledgement

Required Acknowledgment in Publications of Results

We expect that visitors using National Solar Observatory facilities will publish any research based on their observations. All publications describing NSO activities of research must acknowledge NSO and the sponsorship of the NSF. Scientific publications by non-staff astronomers of such research should carry an asterisk by the author's name referring to the a footnote with the following credit lines:

*Visiting Astronomer (or student), National Solar Observatory, operated by the Association of Universities for Research in Astronomy, Inc. (AURA), under cooperative agreement with the National Science Foundation.

Similarly, any publication of material based upon or developed at NSO, other than scientific articles or papers published in refereed journals, must contain an acknowledgment of NSF support and disclaimer in the following terms:

This material is based upon work supported by the National Science Foundation under a Cooperative Agreement/Grant. Any opinions, findings, and conclusions or recommendations expressed in this material are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of the National Science Foundation.

Visitors who use NSO facilities for only a small part of a larger program should



include suitable acknowledgment to the Observatory and the National Science Foundation in their publication or dissertation.

Please notify the NSO Director of any papers that you publish using NSO facilities. This will help to keep continuing NSO publications records accurate and current. All staff-authored papers submitted for Internal Refereeing are eligible for inclusion in the NOAO Preprint Series. Visitors co-authoring papers with NSO staff are encouraged to participate in the Internal Refereeing Program and may do so if they wish. Those interested should contact the Director's Office for full information.^[142]

(9) NOAO Acknowledgement

Acknowledging the NOAO Science Archive

Scientific publications that use data retrieved from the NOAO Archive, or services provided by the Archive Portal, should a statement of acknowledgement.

Use of archived raw or pipeline-reduced data

If your paper uses raw or pipeline-reduced data retrieved from the NOAO Science Archive, this statement should read as follows:

This research uses services or data provided by the NOAO Science Archive. NOAO is operated by the Association of Universities for Research in Astronomy (AURA), Inc. under a cooperative agreement with the National Science Foundation.

Use of archived NOAO Survey data products

If your paper uses archived data products from NOAO Survey Programs, please use the following statement:

This research draws upon data provided by [Survey PI] as distributed by the NOAO Science Archive. NOAO is operated by the Association of Universities for Research in Astronomy (AURA), Inc. under a cooperative agreement with the National Science Foundation.

The name of the "Survey PI" may be obtained from the Survey Data Archive Holdings web page.^[143]

How to Acknowledge NOAO

When you publish results based on data obtained from a proposal submitted to NOAO or make use of NOAO archival data, please acknowledge NOAO in your paper. Click on the '+' sign next to the appropriate source for the data below to view the



suggested acknowledgement.

KPNO

Visitors are asked to add a Kitt Peak byline on the title page, as a footnote to the author, that reads:

Visiting Astronomer, Kitt Peak National Observatory, National Optical Astronomy Observatory, which is operated by the Association of Universities for Research in Astronomy (AURA) under cooperative agreement with the National Science Foundation.

WIYN

In addition to the Kitt Peak Credit line, the WIYN Observatory Corporation has requested that the following acknowledgement be included in any paper using WIYN data. The acknowledgement should be included as a footnote on the title page. The WIYN Board also encourages the mention of WIYN in the title or abstract of the paper:

The WIYN Observatory is a joint facility of the University of Wisconsin-Madison, Indiana University, Yale University, and the National Optical Astronomy Observatory.

CTIO

It is expected that visiting observers making use of CTIO facilities will utilize the observations they obtain for the preparation of a publication describing their research activity. Publications by visiting observers should carry the following credit lines:

Visiting astronomer, Cerro Tololo Inter-American Observatory, National Optical Astronomy Observatory, which are operated by the Association of Universities for Research in Astronomy, under contract with the National Science Foundation.

Visiting observers who use CTIO facilities for only a small part of a larger program should include suitable acknowledgement to the Observatory in their publication or dissertation.

SOAR

In addition to the CTIO Credit line, the SOAR Telescope Corporation has requested that the following acknowledgement be included in any paper using SOAR data. The acknowledgement should be included as a footnote on the title page. The SOAR Board also encourages the mention of SOAR in the title or abstract of the paper:

The SOAR Telescope is a joint project of: Conselho Nacional de Pesquisas Cientificas e Tecnologicas CNPq-Brazil, The University of North Carolina at Chapel Hill,



Michigan State University, and the National Optical Astronomy Observatory.

Gemini

Papers containing data from the Gemini telescopes should include the following general acknowledgment as a footnote on the first page or in the last section before the references:

Based on observations obtained at the Gemini Observatory, which is operated by the Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., under a cooperative agreement with the NSF on behalf of the Gemini partnership: the National Science Foundation (United States), the Science and Technology Facilities Council (United Kingdom), the National Research Council (Canada), CONICYT (Chile), the Australian Research Council (Australia), Ministério da Ciência e Tecnologia (Brazil) and Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (Argentina).

Authors are also asked to give the identification number ("Program ID") of the program(s) under which their data were obtained, e.g. GN-2004A-Q-10, or GS-2003B-C-1, or GN-2002B-SV-78 or GS-2005A-DD-96. We recommend that this reference to the Program ID be made in the acknowledgement section at the end of the paper or in the Observations section of the paper.

For papers using data obtained from the Gemini Science Archive:

Based on observations obtained at the Gemini Observatory (acquired through the Gemini Science Archive), which is operated by the Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., under a cooperative agreement with the NSF on behalf of the Gemini partnership: the National Science Foundation (United States), the Science and Technology Facilities Council (United Kingdom), the National Research Council (Canada), CONICYT (Chile), the Australian Research Council (Australia), Ministério da Ciência e Tecnologia (Brazil) and Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (Argentina).

TSIP observing time

Please acknowledge NSF-TSIP support by including the following in all publications relating to TSIP observing time (preferably as a footnote on the title page):

[Keck, LBT, MMT, Magellan] telescope time was granted by NOAO, through the Telescope System Instrumentation Program (TSIP). TSIP is funded by NSF.



Observers should also note their NOAO proposal ID and observing dates in their publications either in the same footnote, or in the observations section or acknowledgments sections of their papers.

Hale Telescope

Any publication that results from NOAO-allocated time on the 200-inch Hale telescope should acknowledge the NSF/NOAO ReSTAR program, in addition to a Hale/Palomar acknowledgment. The requested wording for ReSTAR acknowledgements is:

This material is based upon work supported by AURA through the National Science Foundation under AURA Cooperative Agreement AST 0132798 as amended.

NOAO Science Archive

Please include the following acknowledgement in publications resulting from data acquired from the NOAO Science Archive:

This research draws upon data provided by [Survey PI] as distributed by the NOAO Science Archive. NOAO is operated by the Association of Universities for Research in Astronomy (AURA) under cooperative agreement with the National Science Foundation.

IRAF

A footnote describing IRAF may be used when appropriate:

IRAF is distributed by the National Optical Astronomy Observatory, which is operated by the Association of Universities for Research in Astronomy (AURA) under cooperative agreement with the National Science Foundation.^[144]

(10) NED Acknowledgement

If your research benefits from the use of NED, we would appreciate the following acknowledgement in your paper: This research has made use of the NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) which is operated by the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, under contract with the National Aeronautics and Space Administration.^[145]

(11) MAST Acknowledgement

Although there is no cost involved in retrieving data from MAST, researchers are requested to include an acknowledgement (as shown below) in any publications that make use of data obtained from MAST:



"Some/all of the data presented in this paper were obtained from the Mikulski Archive for Space Telescopes (MAST). STScI is operated by the Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., under NASA contract NAS5-26555. Support for MAST for non-HST data is provided by the NASA Office of Space Science via grant NNX13AC07G and by other grants and contracts."

Users wishing to use documents obtained from the MAST web site for other than personal use, should first contact the MAST staff at archive@stsci.edu regarding necessary permissions and acknowledgements.^[146]

Although there is no cost involved in retrieving data from MAST, researchers are requested to include an acknowledgement (as shown below) in any publications that make use of data obtained from MAST:

"Some/all of the data presented in this paper were obtained from the Mikulski Archive for Space Telescopes (MAST). STScI is operated by the Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., under NASA contract NAS5-26555. Support for MAST for non-HST data is provided by the NASA Office of Space Science via grant NNX13AC07G and by other grants and contracts."

Users wishing to use documents obtained from the MAST web site for other than personal use, should first contact the MAST staff at archive@stsci.edu regarding necessary permissions and acknowledgements.

Note for Kepler Users:

Publications based on data obtained from the Kepler project are requested to include the additional acknowledgement:

"This paper includes data collected by the Kepler mission. Funding for the Kepler mission is provided by the NASA Science Mission directorate."

Note for HLA Users:

All refereed publications based on data obtained from the Hubble Legacy Archive (HLA) are requested to carry the following footnote:

"Based on observations made with the NASA/ESA Hubble Space Telescope, and obtained from the Hubble Legacy Archive, which is a collaboration between the Space Telescope Science Institute (STScI/NASA), the Space Telescope European Coordinating Facility (ST-ECF/ESA) and the Canadian Astronomy Data Centre (CADM/NRC/CSA)."



In addition, publications of research supported by an STScI grant must carry the following acknowledgment:

"Support for Program number _____ was provided by NASA through a grant from the Space Telescope Science Institute, which is operated by the Association of Universities for Research in Astronomy, Incorporated, under NASA contract NAS5-26555." ^[147]

(12) CXC Acknowledgement

Request for Acknowledgment of Use of Chandra Resources

Chandra users are asked to acknowledge, in the acknowledgment section of any resulting publications, their use of Chandra data (new or archived), the Chandra Source Catalog, and/or CXC software. Acknowledgment of relevant CXC-issued NASA grants would also be appreciated.

This will help us greatly to keep track of software usage, archive and catalog access, etc. - information that is essential for our providing full accountability of our work and services.

The following language is suggested (to be adapted as applicable, of course):

This research has made use of data obtained from the Chandra Data Archive and the Chandra Source Catalog, and software provided by the Chandra X-ray Center (CXC) in the application packages CIAO, ChIPS, and Sherpa.

We would like to remind you that it is also very helpful for us if you could list the actual ObsIds of the observations that were used, or include Dataset Identifiers in the manuscript. And please include NASA grant numbers, if applicable. ^[148]

Acknowledgment of the Use of Chandra Funding

Funding

All publications of material based on or developed under a Chandra Award must carry an acknowledgment of the Chandra Program as below, incorporating the relevant Chandra Award Number. Such numbers usually begin with GO, AR, TM or DD.

"Support for this work was provided by the National Aeronautics and Space Administration through Chandra Award Number _____ issued by the Chandra X-ray Observatory Center, which is operated by the Smithsonian Astrophysical Observatory for and on behalf of the National Aeronautics Space Administration under contract



NAS8-03060."

All releases of photographic or illustrative data products should include the following acknowledgment on the credit line:

"Photograph [or illustration, figure, etc.] courtesy of the Chandra X-ray Observatory Center, which is operated by the Smithsonian Astrophysical Observatory on behalf of NASA, and [the Principal Investigator's Institution]."

Data

Authors of publications which use Chandra data (whether new or archived) are asked to include an acknowledgement similar to the following:

The scientific results reported in this article are based [if applicable: in part or to a significant degree] on observations made by the Chandra X-ray Observatory [for articles by the PI team], data obtained from the Chandra Data Archive [for articles based on archival data], observations made by the Chandra X-ray Observatory and published previously in cited articles [for articles based on published results].

Please also include a list of the ObsIDs and/or Dataset Identifiers for the data reported in your manuscript to ensure that archive users can easily find and cite your results (see Linking Data section below).

Software

Please acknowledge in the acknowledgment section of any resulting publications use of CXC software. This will help greatly to keep track of software usage, etc.

As an example, the following language is suggested (to be adapted as applicable, of course):

"This research has made use of software provided by the Chandra X-ray Center (CXC) in the application packages CIAO, ChIPS, and Sherpa." ^[149]

(13) CDS Acknowledgment

If the Simbad database was helpful for your research work, the following acknowledgment would be appreciated:

This research has made use of the SIMBAD database, operated at CDS, Strasbourg, France. ^[150]

(14) VizieR Service Acknowledging

If the access to catalogues with VizieR was helpful for your research work, the



following acknowledgment would be appreciated:

The research has made use of the VizieR catalogue access tool, CDS, Strasbourg, France. The original description of the VizieR service was published in A&AS 143, 23. ^[151]

(15) the Aladin sky atlas Acknowledgment

If the Aladin sky atlas was helpful for your research work, the following citation would be appreciated: 2000A&AS..143...33B.

The Aladin Java applet can be started from the CDS (Strasbourg - France), from the CFA (Harvard - USA), from the ADAC (Tokyo - Japan), from the IUCAA (Pune - India), from the UKADC (Cambridge - UK), or from the CADAC (Victoria - Canada). ^[152]

(16) Cross-match service acknowledgement

If this service was useful to your research, we would appreciate the following acknowledgement:

This research made use of the cross-match service provided by CDS, Strasbourg. ^[153]

(17) SIMBAD acknowledgement

If the Simbad database was helpful for your research work, the following acknowledgment would be appreciated:

This research has made use of the SIMBAD database, operated at CDS, Strasbourg, France. ^[154]

(18) VizieR acknowledgement

If the access to catalogues with VizieR was helpful for your research work, the following acknowledgment would be appreciated:

This research has made use of the VizieR catalogue access tool, CDS, Strasbourg, France.

Note that acknowledgements for specific catalogues might be found in the ReadMe file. ^[155]

(19) Large catalogues acknowledgement

Some of the large catalogues have specific acknowledgements, as listed below.

2MASS

The primary journal reference for 2MASS and its image and catalogue data products is: The Two Micron All Sky Survey (2MASS)



M.F. Skrutskie, R.M. Cutri, R. Stiening, M.D. Weinberg, S. Schneider, J.M. Carpenter, C. Beichman, R. Capps, T. Chester, J. Elias, J. Huchra, J. Liebert, C. Lonsdale, D.G. Monet, S. Price, P. Seitzer, T. Jarrett, J.D. Kirkpatrick, J. Gizis, E. Howard, T. Evans, J. Fowler, L. Fullmer, R. Hurt, R. Light, E.L. Kopan, K.A. Marsh, H.L. McCallon, R. Tam, S. Van Dyk, and S. Wheelock, 2006, AJ, 131, 1163.

Please include the following standard acknowledgment in any published material that makes use of 2MASS data products:

"This publication makes use of data products from the Two Micron All Sky Survey, which is a joint project of the University of Massachusetts and the Infrared Processing and Analysis Center/California Institute of Technology, funded by the National Aeronautics and Space Administration and the National Science Foundation."^[156]

(20) Acknowledging the Use of HEASARC Data

If using the HEASARC service made a significant contribution to a research project, please make the following acknowledgement in any resulting publication:

"This research has made use of data and/or software provided by the High Energy Astrophysics Science Archive Research Center (HEASARC), which is a service of the Astrophysics Science Division at NASA/GSFC and the High Energy Astrophysics Division of the Smithsonian Astrophysical Observatory."^[157]

(21) CASS Publications Acknowledgement Statements

Users of the Australia Telescope national Facility are requested to acknowledge the Australia Telescope National Facility in any publications resulting from use of ATNF facilities, as follows:

The Australia Telescope Compact Array (/ Parkes radio telescope / Mopra radio telescope / Long Baseline Array) is part of the Australia Telescope National Facility which is funded by the Commonwealth of Australia for operation as a National Facility managed by CSIRO.

Publications which include data obtained through the National Facility archives for the Compact Array, Parkes spectral line or continuum data, or Mopra should include an additional statement as follows:

This paper includes archived data obtained through the Australia Telescope Online Archive (<http://atoa.atnf.csiro.au>).



Publications which include archived Parkes pulsar data should include an additional statement as follows:

This paper includes archived data obtained through the Australia Telescope Online Archive and the CSIRO Data Access Portal (<http://data.csiro.au>).

Publications that use data from ASKAP or the Murchison Radio-astronomy Observatory should include an additional statement as follows:

The Australian SKA Pathfinder is part of the Australia Telescope National Facility which is funded by the Commonwealth of Australia for operation as a National Facility managed by CSIRO. This scientific work uses data obtained from the Murchison Radio-astronomy Observatory (MRO), which is jointly funded by the Commonwealth Government of Australia and State Government of Western Australia. The MRO is managed by the CSIRO, who also provide operational support to ASKAP. We acknowledge the Wajarri Yamatji people as the traditional owners of the Observatory site. Observers who have used the Mopra digital spectrometer (UNSW-MOPS) are requested to add the statement:

The University of New South Wales Digital Filter Bank used for the observations with the Mopra Telescope was provided with support from the Australian Research Council. ^[158]



附录 2

国家天文台天文观测数据开放共享管理办法

(征求意见稿)

第一章 总则

第一条 为推动天文观测数据（以下简称观测数据）的开放共享，使之更好服务于天文学研究、教育科普和社会需求，依据《中华人民共和国科学技术进步法》和科学技术部、国家自然科学基金委员会、中国科学院有关规定，制定本办法。

第二条 由国家财政资金投资建造和运行的天文观测设备所收集的科学数据属于国家财产，国家天文台及其下属单位、部门有义务对这些数据进行归档、保存和开放使用。

第三条 国家天文台信息化工作领导小组为天文观测数据开放共享工作的管理与监督机构，国家天文台信息与计算中心为归口管理部门，通过“中国天文数据中心（以下简称天文数据中心）”平台贯彻执行。

第四条 天文数据中心承担天文观测数据的归档、管理、开放共享和有关技术服务工作，通过制度和技术等必要手段保护观测数据各方权益和单位的合法权益。

第五条 任何单位和个人不得利用天文观测数据及其开放共享平台从事危害国家安全、社会公共利益和他人合法权益的活动。

第六条 鼓励社会各界积极参与国家天文台观测数据开放共享工作。

第二章 观测数据归档

第七条 各天文台站科学观测所得以及利用政府财政资金和通过政府间的国际合作项目获得的原始观测数据，都需要完整归档并长期保存。

第八条 天文台站和科学项目负责人，既是数据生产者和拥有者，同时也是数据归档责任人；天文台站所属单位和科学项目承担单位为数据归档责任单位，负责敦促归档责任人履行数据归档的义务。

第九条 数据归档责任人对数据质量负责，数据归档责任单位对数据质量有监督责任。禁止伪造观测数据和在数据归档过程中弄虚作假。

第十条 天文数据中心针对不同类型观测数据制定切实可行的归档技术规范，指导和协助归档责任人完成数据归档工作。



第十一条 天文数据中心有义务保证归档数据的安全和完整。

第三章 观测数据开放使用

第十二条 根据开放共享的范围，观测数据分为三种状态：私有数据、内部数据、开放数据。私有数据仅为数据拥有者及其指定人群使用，内部数据可为单位内部和特定科研人员群体使用，开放数据即为社会公众均可使用的数据。观测数据的状态可能依据存档时间的不同发生改变。

第十三条 数据归档责任人有权为所归档的观测数据制定数据发布政策。天文数据中心依据数据发布政策提供相应数据服务。

第十四条 原始观测数据可以长期处于私有数据或者内部数据状态。产品数据的保护期原则上不超过 18 个月。数据归档责任人如果要求延长数据产品的保护期，必须向国家天文台信息化工作领导小组提出书面申请，获得正式批复后交由天文数据中心执行。

第十五条 天文数据中心依据用户的工作单位性质、利用观测数据的目的、数据提供的形式，无偿或者有偿提供数据。免费向从事天文学研究工作的机构、事业单位所开展的研究工作和公益服务，非营利性科研和教育机构或个人从事的非商业活动提供数据，或收取不超过数据复制和交付成本的费用。为企业、事业单位和个人从事的经营性活动提供数据，除可以收取数据复制和交付成本费外，还可以补偿性收取一定服务费。

第十六条 天文数据中心有义务定期向数据归档责任人和责任单位汇报数据归档和使用情况。

第十七条 天文数据中心向用户提供国内外其他单位和个人交换来的科学数据，应遵守交换协议的有关条款。

第十八条 数据用户应尊重数据提供者、贡献者等各方的权益，按照数据使用政策等的有关要求，在科研论文等应用成果中注明数据来源并给予致谢。

第十九条 数据用户违反本办法的规定，有下列行为之一的，天文数据中心有权停止对其提供数据服务：

- (一) 采用非法手段取得未经授权数据的；
- (二) 将所获得的观测数据直接或者变相转让，致使数据提供者的权益受到损害的；
- (三) 应用成果未注明数据或来源，或者未致谢，引发纠纷的；



(四) 以非营利性活动无偿获取观测数据但用于营利性活动的。

第四章 附则

第二十条 国家天文台为天文数据中心开展上述观测数据开放共享工作提供基本的运行经费。

第二十一条 天文数据中心通过争取科研项目和信息化专项等途径筹集发展资金以完善和提升观测数据开放共享工作。

第二十二条 天文台站、重要观测设施、观测项目可根据本办法制定必要的实施细则。

第二十三条 在国家天文台从事观测数据的采集、处理、归档、管理、使用和服务的部门和个人，应遵守本办法。

第二十四条 本办法解释权归国家天文台信息化工作领导小组所有。

第二十五条 本办法自 XXXX 年 XX 月 XX 日起施行。



附录 3

基于 Worldwide Telescope 的天文教学教案

——史家小学

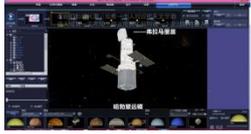
第一讲 上知天文

日期：2014 年 10 月 27 日

教学目标：1.通过介绍天文学的一些基本常识激发学生学习天文学的兴趣。
2.简单介绍 WWT 软件。

教学重点：介绍 WWT 软件的安装和设置。

教学过程：

教学环节	科学探究	教学活动		媒体选择	点评设计意图
		学生活动	教师活动		
引入新课		观看“上知天文”漫游 （从地球到太阳系到银河系再到宇宙，在不同的体系中寻找我们的家园） 	演示漫游并提出问题： 1. 漫游中介绍了什么内容？ 2. 观看漫游的感受？	WWT 漫游	点评：激发学生利用 WWT 探索浩瀚宇宙的欲望。
探讨天文学		3.在探讨中过程向学生介绍一些关于天文学的基本常识。 		PPT 课件	点评： （1）从天文学研究方法引导学生体会 WWT 环境的先进； （2）介绍古代天文学观测到现代天文学观测的变化，进一步强调 WWT 作为全球第一个数字天文



		<p>.....</p> <p>4.WWT 中传播的有关天文学的最新研究方法。</p>		<p>宇宙的魅力;</p> <p>(3) 介绍历届天文学诺贝尔奖, 激励学生探索宇宙, 热爱科学, 树立正确的科学观。</p>	
介绍 WWT		部分学生已经学习过 WWT	<p>5.介绍 WWT 的安装和设置</p> <p>6.WWT 北京社区网站的相关资源</p>	WWT	初步感受 WWT 先进的功能以及优越的探索宇宙的软件环境。
布置作业	体验 WWT 环境	下载并安置 WWT 软件			为下堂课做准备

第二讲 话说地球

日期: 2014 年 11 月 3 日

教学目标: 1.介绍地球的基本特性, 以及在 WWT 环境中的地球资源。

2.介绍制作 WWT 漫游的基本步骤

教学重点: 制作 WWT 漫游的基本步骤

教学过程:

教学环节	科学探究	教学活动		媒体选择	点评设计意图
		学生活动	教师活动		
引入新课		观看“话说地球”漫游 (希腊有关地球的神话故事, 地球在太阳系中的位置, 地球的基	演示漫游并提出问题: 1. 漫游中关于地球的哪一个特征印象最深? 2. 如果是自己	WWT 漫游	点评: 以漫游的形式引入新课, 调动学生学习 WWT 漫游制作技巧的兴



		本特性, 自转和公转, WWT 中的地球数据资源, 地球的卫星)	制作有关地球的漫游, 希望 WWT 中有哪些资源?		趣。
介绍 WWT 漫游制作的基本步骤		<ol style="list-style-type: none"> 1. 创建基于幻灯片的漫游 2. 为幻灯片增加一个标题 3. 为幻灯片加入文字 4. 设置摄影位置 5. 控制是否显示星座连线 6. 创建缩略图 7. 轨道日期、时间和位置 		WWT 软件	<p>点评:</p> <p>引导学生一步步操作, 体验制作漫游的乐趣, 同时了解 WWT 中有关地球的数据资源</p>
布置作业	制作 WWT 漫游	根据课堂练习继续完成漫游			<p>点评: 通过完成作业, 熟练掌握制作漫游的基本步骤。</p>

第三讲 探索火星

日期: 2014 年 11 月 17 日

教学目标: 1. 以 WWT 为基础, 学习人类探索火星的历史, 并探讨探索火星的意义。

2. 掌握漫游中添加图片、艺术字等技能。

教学重点: 在漫游中添加图片、艺术字等技能

教学过程:

教学环节	科学探究	教学活动		媒体选择	点评设计意图
		学生活动	教师活动		

<p>引入新课</p>		<p>观看“Feynman 的火星梦”漫游 (Feynman 与火星来往通信, 以了解火星的特征, 以及探索火星需要做的准备)</p>	<p>演示漫游并提出问题: 1.人类为探索火星做了什么? 2.某一天我们要登陆火星需要提前做哪些准备?</p>	<p>WW T 漫游</p>	<p>点评: 以漫游的形式引入新课, 调动学生学习 WWT 漫游制作技巧的兴趣, 激发学生探索火星的热情。 通过思考登陆火星所需要做的准备, 引导学生认真学习科学知识, 树立正确的学习观和科学观。同时理解锻炼身体的重要性。</p>
<p>网络资源</p>		 <p>1.写一封信给火星</p>  <p>2.登陆火星</p>		<p>WW T 软件</p>	<p>点评: 引导学生充分利用网络资源学习。 写信给火星的游戏, 加深学生对火星的特征的理解, 同时锻炼词语组织能力, 为今后独立完成漫游奠定基础。 模拟登陆火星, 激发学生学习科学的兴趣。</p>



					
介绍 WWT 漫游制作的基本步骤		分组合作 制作漫游	<ol style="list-style-type: none"> 1. 复习创建漫游的基本步骤 2. 添加图片 3. 添加艺术字 		分组合作，培养学生团队合作精神。 练习添加图片和艺术字的技能。
布置作业	制作 WWT 漫游	根据课堂练习继续完成漫游			点评：通过完成作业，熟练掌握制作漫游的基本步骤。

第四讲 火星的特征

日期：2014 年 11 月 24 日

教学目标：1.介绍火星的特征

2.将火星与地球相比较，进一步了解火星

3.比较的同时学会在 WWT 漫游中以更多方法展示行星特征。

4.在漫游中添加画外音

教学重点：学习以多种方法进行对比不同行星的特征；在漫游中添加画外音。

教学过程：

教学环节	科学探究	教学活动		媒体选择	点评设计意图
		学生活动	教师活动		



<p>引入新课</p>	<p>观看火星漫游</p>	<p>提问： 火星与地球的同点</p>	<p>WW T 漫游</p>	<p>点评： 引入新课</p>
<p>火星与地球的对比</p>		<p>PPT 课件</p>	<p>点评： 通过对比，加深对火星特征的了解。</p>	



全景模式	3D眼镜的原理	<p>用 3D 眼镜观察火星全景图</p>	WW T 软件	<p>点评:</p> <p>通过实践研究 3D 眼镜的原理, 培养学生科学探究能力</p>
漫游制作		<ol style="list-style-type: none"> 1、 在漫游中添加全景图 2、 添加画外音 		
布置作业	制作 WWT 漫游	根据课堂练习继续完成漫游		<p>点评: 通过完成作业, 熟练掌握制作漫游的基本步骤。</p>

第五讲 火星漫游评价

日期: 2014 年 12 月 1 日

教学目标: 1.展示学生的漫游

2.了解适合天象厅播放的漫游的特点



教学重点：了解适合天象厅播放的漫游的特点

教学过程：

- 1、在实验室收集并播放学生自己做的漫游。
- 2、学生相互评价各自的漫游。在学生与学生之间的探讨中吸取经验，取长补短。
- 3、在天象厅展示漫游。介绍适合天象厅播放的漫游需要注意的事项。
- 4、根据建议修改漫游。

教学环节	科学探究	教学活动		媒体选择	点评设计意图
		学生活动	教师活动		
引入新课		观看同学自制的火星漫游	播放学生自己做的火星漫游	WWT 漫游	点评： 给学生展示的机会，对他们的努力表示鼓励，同时也激励其他学生。
相互点评		漫游的特点： 1、 科学性：主题是否明确 2、 漫游的流畅性 3、 漫游的视效性：字体设置、色彩搭配等 4、 是否添加图片和艺术字			点评： 通过学生与学生之间的相互评价，吸取经验，取长补短。
天象厅展示		1、在天象厅播放学生自制的漫游 2、总结适合天象厅播放的漫游的特点			点评： 通过展示引导学生自己总结制作漫游需要注意的事项。
修改漫游	制作WWT漫游	根据讨论所总结的经验自我修改漫游			点评： 通过完成作业，熟练掌握制作漫游的基本步骤。

第六讲 嫦娥奔月

日期：2014年12月8日



教学目标：1.了解月球的特征
2.通过嫦娥奔月漫游的制作，熟练掌握在漫游中给图片、文字等添加动画的技巧
3.在 Photoshop 中处理图片（抠图）

教学重点：漫游中添加动画功能；在 Photoshop 中处理图片（抠图）教学过程。

教学过程：

教学环节	科学探究	教学活动		媒体选择	点评设计意图
		学生活动	教师活动		
引入新课		观看“月球”漫游	提问： 1. 漫游中所包含的制作技巧？ 2. 有关月球的故事？		点评： 通过引导学生点评所观看的漫游，复习漫游制作技巧。 组织学生探讨，提高学生的学习热情
阅读		阅读嫦娥奔月的故事 用五句话介绍故事	指导学生阅读嫦娥奔月的故事 请个别学生分享将自己的阅读结果		点评： 通过阅读故事、用语言组织故事，锻炼学生的词语组织能力，为后期独立完成漫游的脚本制作奠定基础 激发学生认真学习，积极探讨的学习精神
WWT漫游制作		1、介绍 WWT 中所包含的月球数据资源 2、为文字、图片添加动画		WWT 软件	点评： 了解月球的特征 熟练掌握在漫游中添加动画、画外音功能



3、在 Photoshop 中处理图片（抠图）



原图



处理之后的图

学会处理图像
在漫游中添加干净整洁的图片，增强漫游的
画面感和视觉效果。

为漫游加上配音和背
景音乐。



		4、添加画外音和音乐			
嫦娥奔月漫游制作		学生分组合作 录音 制作漫游	指导学生制作漫游		点评： 培养学生团队合作精神 通过实践，锻炼动手能力
漫游展示		对同学的漫游进行点评	展示学生的漫游作品		在对比中强化学生对WWT漫游制作技巧的应用
布置作业	制作WWT漫游	根据课堂练习继续完成漫游			点评：通过完成作业，熟练掌握制作漫游的基本步骤。

第七讲 冬季星空

日期：2014年12月15日

教学目标：1.了解冬季星空的特点

2.掌握WWT中有关星座的数据资源，并利用其资源制作漫游

教学重点：在漫游中设置人物形象

教学过程：

教学环节	科学探究	教学活动		媒体选择	点评设计意图
		学生活动	教师活动		

引入新课	观看“星星去哪儿之冬夜星空”漫游 (引入比较热门的综艺节目“爸爸去哪儿”中的人物形象,以故事的方式介绍冬季星空的特点)	提问: 1. 此漫游的特色? 2. 在漫游中如何添加图片并设置动画?	点评: 引导学生在制作漫游时添加人物形象,增强漫游的视效和故事性。 复习 WWT 制作技巧
阅读	阅读冬季星空的介绍资料	指导学生阅读冬季星空资料	点评: 了解冬季星空的特点
WWT 漫游制作	 <ol style="list-style-type: none"> 如何在漫游中设置人物形象 脚本设计 <p>组织学生分组讨论,分角色进行对话。角色可以是自己喜欢的动漫人物,或者是自己崇拜的名人。</p> <ol style="list-style-type: none"> 为文字、图片添加动画和画外音 		点评: 将每个学生定位成小导演,培养学生在学习中树立主人翁精神。 引导学生探讨,在学生与学生之间,学生与教师自己的互动中,激发学生的想象力,培养学生的组织能力。
冬季星空漫游制作	学生分组合作 设计脚本 制作漫游	指导学生制作漫游	点评: 培养学生团队合作精神 通过实践,锻炼动手能力



布置作业	制作 W WT 漫游	根据课堂练习继续完成漫游		点评：通过完成作业，熟练掌握制作漫游的基本步骤。
------	---------------------	--------------	--	--------------------------

第八讲 中国传统星空

日期：2014年12月29日

教学目标：1.介绍中国传统星空数据在 WWT 中的集成
2.介绍第二届漫游制作大赛

教学重点：掌握“中国星空@WWT 数据资源”的使用

教学过程：

- 1、观看“走进中国星空”漫游
- 2、介绍“中国星空@WWT”数据资源，包括
 - (1) 中国星空星官名称、连线、图片图层文件：
chineseheaven.wwtl 的使用方法
 - (2) 中国星空图片资源 WWT 收藏夹：chineseheaven.wtml 的使用方法
- 3、介绍 WWT 北京社区网站 <http://wwt.china-vo.org/> 中的资源
- 4、介绍《漫步中国星空》书籍
- 5、介绍第二届 WWT 宇宙漫游制作大赛



附录 4

漫游脚本

1、《漫步中国星空之紫微垣》

探星斗奥秘、览传统文化，从漫步紫微垣开始。

不同大小的彩色光点代表每个恒星的亮度和光谱。

西方星座以神话中的神和人，或动物来为星座命名，如仙王座、仙后座，小熊座。

中国星官的特点：

在天成象

在地成形

中国星官主要是社会和文化在星空中的映射，体现天人合一的思想，将中华文明祖先的智慧体现得淋漓尽致。

先人把夜空中的繁星划分成群，将一群之内的星用假想的线连接起来，组成了各种形状，并将全天星空分为“三垣二十八宿”。

中国古人观测“天文”的主要任务在于观象以授人时，观象以辨吉凶。

其中最著名的当属北斗七星，先人将这七颗星从勺头开始依次命名为【天枢】【天璇】【天玑】【天权】【玉衡】【开阳】【摇光】。

每天的黄昏时候观察北斗七星，人们发现在不同的季节，【北斗】的方位和斗柄的指向不同，北斗成为指示季节的星空标志。

中国的星空紧凑，看着繁琐难以辨认

不着急，我们先人还著有《步天歌》，它以生动的韵文，将周天恒星连缀在一起。

现在我们就跟着《步天歌》辨认紫微垣的部分星官

勾陈尾指北极巔

勾陈六星六甲前

天皇独在勾陈里

五帝内座后门是

华盖并杠十六星

杠作柄象华盖形

它“句中有图，言下见象”，辅以文图，把星空世界中描绘得具体生动又形象，



使人如同漫步其间，繁难而神秘的星空，竟因它而变得平易且充满诗意。

我们先人用他们的智慧将地上王国、山川百物、人间百业都搬上了天际。

在世界几大文明中，中国星象十分独特，是历经千百年时代相传的世界文化瑰宝。

欲知更多，请听下回分解。

2、《北方玄武——女宿》

女宿为北方第三宿，共星官 8 个。其星群组合状如箕，亦似“女”字。

女宿共四星，古时妇女常用簸箕颠簸五谷，去弃糟粕留取精华，故女宿多吉。

《石氏星经》曰：离珠五星，在须女北，须女之藏府，女子之星也。

扶筐包含七颗恒星，意为盛桑叶的器具。靠近紫微左垣，在天棂以东，北纬四十度以上地区终夜不落。

奚仲，含 4 星。《石氏星经》称：奚仲古车正也；夏有车正名曰奚仲。

奚仲，东夷薛国人，发明了世界上的第一辆马车，其贡献不亚于“四大发明”，被夏王禹封为“车服大夫”（亦称“车正”）。

过世后被百姓奉为车神，以求出行平安，“祭拜奚仲，平安出行”的民谚流传至今。

天津，含有 9 颗恒星，在奚仲南边。

天津四的视星等为 1.25 等，为全天第十九亮星。

在中国神话故事中，牛郎（牛郎星）及织女（织女星）在七夕通过鹊桥跨过银河来相会，而这座桥梁即被称为天津。

所以天津也被称为：“银河渡口”，

瓠（hù）瓜，含有五星，在离珠之北，瓠瓜即葫芦。

败瓜五星，在瓠瓜南，它与瓠瓜相连，且在其下，当为瓠瓜腐败所生。

十二国意为战国时的十二个国家，分别为越、赵、周、齐、郑、楚、秦、魏、燕、代、韩、晋。除赵、周、秦、代各有二星外，其余只得一星。

当然，我们也可以借助《步天歌》当中这首女宿词辨认各个星官。

3、《东方苍龙——角宿》

角宿，又名角木蛟，位于东方苍龙之首，主春生之权，为苍龙之角。

角宿，含两星，象征着东方苍龙的两只龙角。

角宿位于室女座，其中角宿一和角宿二分别是一等和三等星。

春末夏初的日落后，出现在南方天空，是闪烁着银白色的光芒的星斗。



黄道从角宿二星之间穿过，中国古代称角二星为天关或天门。

库楼，含十星，在角宿之南。

《石氏星经》称：“库楼十星，其六大星弯曲为库，西南四星，方斜为楼。”

库楼在骑官的西面，即库楼指驻扎官兵的地方。

南门，含两颗星，其中南门二，是全天第三亮星。

南门二星在库楼南，被认为是南天门，即库楼的南门。

《丹元子步天歌》：库楼十星屈曲明 楼中柱有十五星，三三相着如鼎形。

其中四星别名衡。意为殿边的栏杆，即士兵操练的地方。

天门，含两颗星，其南面是平二星。

石氏星经曰：左右角间二星曰平道。

进贤一星，在平道西垣，卿相荐举逸士学官等职。

天田，角北二星曰天田。汉代对于西域未开垦的地的称谓。

周鼎，含有 3 颗恒星。即周朝的神鼎，代表皇权。

接下来，我们再根据《步天歌》中的角宿词回顾角宿中的各个星官。



参考文献

- [1]崔辰州,李建,蔡栩等,程控自主天文台网络的发展,天文学展,2013(2):141~159
- [2]IVOA:The International Virtual Observatory Alliance,<http://www.ivoa.net/>,2014
- [3]VizieR Service,<http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>,2014
- [4]NED:The NASA/IPAC Extragalactic Database,<http://ned.ipac.caltech.edu/>,2014
- [5]ASCL:Astrophysics Source Code Library,<http://asterisk.apod.com/wp/>,2014
- [6]ADS:The SAO/NASA Astrophysics Data System,<http://www.adsabs.harvard.edu/>,2014
- [7]arXiv.astro-ph,<http://arxiv.org/archive/astro-ph>,2014
- [8]The Committee on Data for Science and Technology. <http://www.codata.org/>,2014
- [9]Organization for Economic Co-operation and Development. <http://www.oecd.org/>,2014
- [10]World Data System,<https://www.icsu-wds.org/>,2014
- [11]The Biotechnology and Biological Sciences Research Council.<http://www.bbsrc.ac.uk/home>
- [12]/home.aspx,2014
- [13>Welcome Trust. <http://www.wellcome.ac.uk/>,2014
- [14]National Institutes of Health. <http://www.nih.gov/>,2014
- [15]National Science Foundation. <http://www.nsf.gov/>,2014
- [16]NSB, National Science Board ,<http://www.nsf.gov/nsb/>,2014
- [17]Natural Environment Research Council. <http://www.nerc.ac.uk/>,2014
- [18]European Commission,http://ec.europa.eu/index_en.htm,2014
- [19]Solar Dynamics Observatory. <http://sdo.gsfc.nasa.gov/>,2014
- [20]National Solar Observatory. <http://www.nso.edu/>,2014
- [21]National Optical Astronomy Observatory.<http://www.noao.edu/>,2014
- [22]the Thirty Meter Telescope.<http://www.tmt.org/>,2014
- [23]Australian Square Kilometer Array Pathfinder.<http://www.atnf.csiro.au/projects/askap/index.html>,2014
- [24]Australia Telescope National Facility. <http://www.atnf.csiro.au/>,2014
- [25]Very Large Telescope.<http://www.eso.org/public/teles-instr/vlt/>,2014
- [26]Sloan Digital Sky Survey/Sky Server.<http://www.sdss.org/>,2014
- [27]Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array.<http://www.almaobservatory.org/>,2014



- [28]National Aeronautics and Space Administration.<http://www.nasa.gov/>,2014
- [29]Spitzer Space Telescope. <http://www.spitzer.caltech.edu/>,2014
- [30]Chandra X-Ray Observatory.[http://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/main /](http://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/main/),2014
- [31]European Southern Observatory.<http://www.eso.org/public/>,2014
- [32]NED:The NASA/IPAC Extragalactic Database,<http://ned.ipac.caltech.edu/>,2014
- [33]the Barbara A. Mikulski Archive for Space Telescopes. <http://archive.stsci.edu/index.html>,2014
- [34]the SAO/NASA Astrophysics Data System. <http://www.adsabs.harvard.edu/>,2014
- [35]Chandra X-ray Observatory. <http://chandra.harvard.edu/>,2014
- [36]The High Energy Astrophysics Science Archive Research Center, <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/>,2014
- [37]Infrared Processing and Analysis Center,<http://www.ipac.caltech.edu/>,2014
- [38]Strasbourg astronomical Data Center. <http://cds.u-strasbg.fr/>,2014
- [39]VLT Survey Telescope Center at Naples Web Portal. <http://vstportalocn.inaf.it/>,2014
- [40]NOAO/AURA Science Archive.<http://archive.noao.edu/nsa/>,2014
- [41]Spitzer Science Center.<http://ssc.spitzer.caltech.edu/>,2014
- [42]The Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope.<http://www.lamost.org/public/>,2014
- [43]乔翠兰, 吴娟, 刘高潮, 郑小平.虚拟天文台与科学教育.天文研究与技术, 2004(9)
- [44]崔辰州.中国虚拟天文台系统设计[D].国家天文台 2003.4 -5
- [45]崔辰州; 于策; 肖健; 何勃亮; 李长华; 樊东卫等.大数据时代的天文学研究.科学通报.2015(60):445~449
- [46]黄永文, 张建勇等, 国外开放科学数据研究综述 [J], 现代图书情报技术, 2013(5):21~27
- [47]探月工程数据发布政策.<http://moon.bao.ac.cn/cweb/datasrv/datareqpolicy.jsp>,2014
- [48]黄永文, 张建勇等, 国外开放科学数据研究综述 [J], 现代图书情报技术, 2013 (5):21~27
- [49]CODATA, The Committee on Data for Science and Technology, <http://www.codata.org/index.html>,2014
- [50]OECD, The Organization for Economic Co-operation and Development ,[http //www.oecd.org/](http://www.oecd.org/),2014



- [51]WDS, World Data System ,<http://www.icsu-wds.org/>,2014
- [52]RDA, Research Data Alliance ,<http://www.rd-alliance.org/>,2014
- [53]Scientific Data Policy Statements.http://www.codata.org/resources/databases/data_access/policies.html,2014
- [54]Data Policy.<http://www.icsu-wds.org/services/data-policy>,2014
- [55]Open data policy and public sector information,<http://ec.europa.eu/dgs/connect/en/content/open-data-policy-and-public-sector-information>,2014
- [56]European Commission. http://ec.europa.eu/index_en.htm,2014
- [57]Wellcome Trust,Policy on data management and sharing.<http://www.wellcome.ac.uk/about-us/policy/policy-and-position-statements/wtx035043.htm>,2014
- [58]刘细文,熊瑞,国外科学数据开放获取政策特点分析,情报理论与实践,2009(9):5~9[1]
- [59]刘闯,美国国有科学数据共享管理机制及对我国的启示,中国基础科学中国科学数据共享学术讨论会专辑,2003(1):34~39
- [60]李娟等,国际科学数据共享原则和政策研究,图书情报工作,2008(12):77~80[1]
- [61]NIH, National Institutes of Health. <http://www.nih.gov/>,2014
- [62]NSF, National Science Foundation. <http://www.nsf.gov/index.jsp>,2014
- [63]NSB, National Science Board. <http://www.nsf.gov/nsb/>,2014
- [64]NSF Award and Administration Guide .http://www.nsf.gov/pubs/policydocs/pappguide/nsf13001/aag_1.jsp,2014
- [65]国家科技计划项目管理暂行办法. <http://most.gov.cn/kjzc/gjkjzc/kjjhgl/201308/P020130823577294215924.pdf>
- [66]国家重点基础研究发展计划管理办法. <http://most.gov.cn/kjzc/gjkjzc/kjjhgl/201308/P020130823577272814774.pdf>
- [67]国家科技支撑计划管理办法. <http://most.gov.cn/kjzc/gjkjzc/kjjhgl/201308/P020130823577273283118.pdf>
- [68]国家高技术研究发展计划(863 计划)管理办法. <http://most.gov.cn/kjzc/gjkjzc/kjjhgl/201308/P020130823577292654471.pdf>
- [69]关于开展对科技基础性工作专项项目验收工作的通知(国科基函〔2014〕11号).
<http://program.most.gov.cn/htmledit/0984A2B1-6B3B-70EB-1CC0-AE4D6D2C9418.html>
- [70]国家自然科学基金委员会关于受资助项目科研论文实行开放获取的政策声明.
<http://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab87/info44471.htm>



- [71]国家重点实验室建设与运行管理办法. <http://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab220/info24194.htm>
- [72]国家自然科学基金条例. <http://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab220/info24216.htm>
- [73]基础科学数据共享网,<http://www.nsd.cn/index.html>,2014
- [74]地球系统科学数据共享平台,<http://www.geodata.cn/Portal/indexjsp>,2014
- [75]地震科学数据共享管理办法,<http://data.earthquake.cn/policy/gxbf.htm>,2014
- [76]气象资料共享管理办法(2008年3月),<http://www.escience.gov.cn/article/article2897.html>,2014
- [77]先进制造与自动化科学数据中心免责说明,<http://www.amadata.net.cn/mzsm.aspx>,2014
- [78]遥感数据中心数据共享协议,<http://rsdc.bnu.edu.cn:8080/rsdac/modules/apply/>,2014
- [79]Terms and Conditions for Use of the NASA Astrophysics Data System,http://doc.adsabs.harvard.edu/abs_doc/help_pages/overview.html#use,2014
- [80]Acknowledgment,<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/#acklab>,2014
- [81]Handling of Proprietary Chandra Data. <http://cxc.harvard.edu/cda/proprietary.html>,2014
- [82]A Guide to Chandra Archive Data Products. <http://cxc.harvard.edu/cda/DataProd.html>,2014
- [83]Request for Acknowledgment of Use of Chandra Resources, <http://cxc.harvard.edu/cda/acknowledgment.html>,2014
- [84]Conditions of Use of Images, Products or Technologies (materials).http://chandra.harvard.edu/photo/image_use.html,2014
- [85]Guidelines for Chandra Science Publications. <http://cxc.cfa.harvard.edu/cdo/scipubs.html>,2014
- [86]Guidelines for Chandra Science Publications, <http://cxc.cfa.harvard.edu/cdo/scipubs.html>,2014
- [87]HEASARC: The High Energy Astrophysics Science Archive Research Center, Acknowledging the Use of HEASARC Data, <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/acknow.html>,2014
- [88]IRSA: the NASA/ IPAC Infrared Science Archive, IRSA Acknowledgement, <http://irsa.ipac.caltech.edu/about.html#ack>,2014
- [89]MAST: Mikulski Archive for Space Telescopes, Data Use Policy, <http://arch>



- ive .stsci .edu/ data_use.html,2014
- [90]Investigators using these scans are requested to include these acknowledgments in any publications as appropriate, <http://archive.stsci.edu/dss/acknowledging.html>,2014
- [91]Data & Information Policy, <http://science.nasa.gov/earth-science/earth-science-data/data-information-policy/>,2014
- [92]Image Use Policy, <http://www.earthobservatory.nasa.gov/ImageUse/>,2014
- [93]Data Rights & Related Issues, <http://science.nasa.gov/earth-science/earth-science-data/data-information-policy/data-rights-related-issues/>,20
- [94]NASA Policy on the Release of Information to News and Information Media,http://www.nasa.gov/audience/formedia/features/communication_policy.html, 2014
- [95]KOA: Keck Observatory Archive, Data Release Policy, https://koa.ipac.caltech.edu/UserGuide/proprietary_policy.html,2014
- [96]Acknowledging NED. <http://ned.ipac.caltech.edu/>,2014
- [97]NSO Data Policy. http://www.nso.edu/data_policy,2014
- [98]SDO: Solar Dynamics Observatory, Copyrights, <http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/rules.php>,2014
- [99]The SDSS-III Publication Policy. <http://www.sdss3.org/collaboration/publication.php>,2014
- [100]Official SDSS-III Acknowledgement, <http://www.sdss3.org/collaboration/boiler-plate.php>,2014
- [101]SDSS Policy for Press Releases, http://www.sdss.org/policies/press_release_policy.html,2014
- [102]Image Use Policy, <http://www.spitzer.caltech.edu/info/18-Image-Use-Policy>,2014
- [103]TMT:Thirty Meter Telescope, TMT Image Use Policy, <http://www.tmt.org/gallery/image-use-policy>,2014
- [104]VST-GTO: the VLT Survey Telescope - Guaranteed Observing Time, VST-GTO Publication Policy, <http://vstportal.oacn.inaf.it/node/91>,2014
- [105]ALMA Data. <http://almascience.nao.ac.jp/alma-data>,2014
- [106]Usage of images, videos and web texts, <http://www.spacetelescope.org/copyright/>, 2014
- [107]ASKAP User Policy. <http://www.atnf.csiro.au/projects/askap/policy.html>,2014
- [108]ESO: European Southern Observatory, Usage of images, videos and web texts, <http://www.eso.org/public/outreach/copyright/>,2014
- [109]ESO Call for Proposals.<http://www.eso.org/sci/observing/phase1/p94/CfP94>.



- pdf,2014
- [110]VLT/VLTI Science Operations Policy.<http://www.eso.org/sci/observing/policies/Cou996-rev.pdf>,2014
- [111]NOAO Data Use Policy. http://archive.noao.edu/doc/NOAO_DHB/NOAO_Data_Handbookv1.1.pdf,2014
- [112]Acknowledging the NOAO Science Archive. <http://ast.noao.edu/data/archives/acknowledgement>,2014
- [113]ATNF: the Australia Telescope national Facility, Publications Acknowledgement Statements,<http://www.atnf.csiro.au/research/publications/Acknowledgements.html> , 2014
- [114]CASS : CSIRO Astronomy and Space Science, CASS Publications Policy,<http://www.atnf.csiro.au/research/publications/policy.html>,2014
- [115]Pence W D, Chiappetti L C, Page C G, et al. A&A, 2010, 524: A42
- [116]Early Collaborative Use of SDSS-III Data with Non-Participants. http://www.sdss3.org/collaboration/ext_collaborator.php,2014
- [117]Chandra EPO Permission Request Form Conditions of Use of Images, Products or Technologies (materials).http://chandra.harvard.edu/edu/request_perm.html,2014
- [118]Acknowledging SDSS. <http://www.sdss.org/collaboration/credits.html>,2014
- [119]Acknowledging the NOAO Science Archive. <http://ast.noao.edu/data/archives/acknowledgement>,2014
- [120]MAST Data Use Policy. http://archive.stsci.edu/data_use.html,2014
- [121]CDS, Strasbourg astronomical Data Center. <http://cds.u-strasbg.fr/>,2014
- [122]Supporting Scientific Discovery through Norms and Practices for Software and Data Citation and Attribution. <http://www.nsf.gov/pubs/2014/nsf14059/nsf14059.pdf>,2014
- [123]Acknowledging NED. <http://ned.ipac.caltech.edu/>,2014
- [124]NOAO/AURA Science Archive Conditions of Use. <http://archive.noao.edu/nsa/conditionsOfUse.html>,2014
- [125]中国天文数据中心. <http://casdc.china-vo.org/>,2014
- [126]LAMOST 数据共享. <http://casdc.china-vo.org/data/lamost/pilot>,2014
- [127]毫米波射电天文数据库. <http://www.radioast.csdb.cn/>,2014
- [128]中国科学院数据云. <http://www.csdb.cn/>,2014
- [129]空间科学数据网格. <http://www.space.csdb.cn/?About>,2014
- [130]郭守敬望远镜 (LAMOST) 光谱巡天出版政策, <http://www.lamost.org/public/scie>



- nce/policy/publication,2014
- [131]郭守敬望远镜（LAMOST）光谱巡天数据政策, <http://www.lamost.org/public/science/policy/data>,2014
- [132]13.7 米毫米波射电望远镜数据政策, <http://www.radioast.csdb.cn/shujuzhengce.php>,2014
- [133]13.7 米毫米波射电望远镜观测数据引文说明, <http://www.radioast.csdb.cn/ywsm.php>,2014
- [134]抚仙湖观测站. <http://fso.ynao.ac.cn/cn/index.aspx>,2014
- [135]SAO/NASA ADS Help Pages,ADS Acknowledgement. http://doc.adsabs.harvard.edu/abs_doc/help_pages/overview.html#use,2014
- [136] ALMA acknowledgement. <http://almascience.nao.ac.jp/alma-data>,2014
- [137]Science Verification Information. <http://almascience.nao.ac.jp/alma-data/science-verification>,2014
- [138] IRSA Acknowledgement. <http://irsa.ipac.caltech.edu/about.html#ack>,2014
- [139] KOA Acknowledgement. https://koa.ipac.caltech.edu/UserGuide/proprietary_policy.html,2014
- [140]NASA Acknowledgement. <http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>,2014
- [141]SDSS Acknowledgement. <http://www.sdss.org/collaboration/credits.html>,2014
- [142]SDSS-III Acknowledgement. <http://www.sdss3.org/collaboration/boiler-plate.php>,2014
- [143]NSO Acknowledgement.<http://www.nso.edu/puback>,2014
- [144]NOAO Acknowledgement.<http://ast.noao.edu/data/archives/acknowledgement>,2014
- [145]How to Acknowledge NOAO.<http://ast.noao.edu/observing/acknowledge>,2014
- [146] NED Acknowledgement.<http://ned.ipac.caltech.edu/>,2014
- [147]MAST Acknowledgement. http://archive.stsci.edu/data_use.html,2014
- [148]Data Use Policy. http://archive.stsci.edu/data_use.html,2014
- [149]CXC Acknowledgement. <http://cxc.harvard.edu/cda/acknowledgment.html>,2014
- [150]Acknowledgment of the Use of Chandra Funding. <http://cxc.cfa.harvard.edu/cdo/scipubs.html>,2014
- [151] CDS Acknowledgment. <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/#acklab>,2014
- [152]VizieR Service Acknowledgment. <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>,2014
- [153] the Aladin sky atlas Acknowledgment. <http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>,2014



- [154]Cross-match service acknowledgement. <http://cdsxmatch.u-strasbg.fr/xmatch/doc/xmatch-ack.html>,2014
- [155]SIMBAD acknowledgement. <http://cdsxmatch.u-strasbg.fr/xmatch/doc/sect0010.html>,2014
- [156]VizieRacknowledgement. <http://cdsxmatch.u-strasbg.fr/xmatch/doc/sect0011.html>,2014
- [157]Large catalogues acknowledgement. <http://cdsxmatch.u-strasbg.fr/xmatch/doc/sect0012.html>,2014
- [158]Acknowledging the Use of HEASARC Data. <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/acknow.html>,2014
- [159]CASS Publications Acknowledgement Statements. <http://www.atnf.csiro.au/research/publications/Acknowledgements.html>,2014



攻读学位期间发表的学术论文

1、万望辉; 崔辰州; 乔翠兰; 赵永恒; 郝晋新; 薛艳杰.天文观测数据开放共享政策与策略分析研究.2015. <http://www.cnki.net/kcms/detail/53.1189P.20150312.1037.004.html>

2、崔辰州; ..., 万望辉; ..., 乔翠兰; ...大数据时代的天文学研究.2015,科学通报, Volume 6,445~449

3、Chenzhou Cui, ..., Wan Wanghui, ... AstroCloud, a Cyber-Infrastructure for Astronomy Research: Overview. 2015. In: Taylor, A. R. and Stil, J. M. eds. Proceedings of ADASS XXIV. ASP Conf. Ser. In Print.

4、Changhua Li, ..., Wan Wanghui, ... AstroCloud, a Cyber-Infrastructure for Astronomy Research: Cloud Computing Environments. 2015. In: Taylor, A. R. and Stil, J. M. eds. Proceedings of ADASS XXIV. ASP Conf. Ser. In Print.

5、Dongwei Fan, ..., Wan Wanghui, ... AstroCloud, a Cyber-Infrastructure for Astronomy Research: Data Access and Interoperability. 2015. In: Taylor, A. R. and Stil, J. M. eds. Proceedings of ADASS XXIV. ASP Conf. Ser. In Print.

6、Jian Xiao, ..., Wan Wanghui, ... AstroCloud, a Cyber-Infrastructure for Astronomy Research: Architecture. 2015. In: Taylor, A. R. and Stil, J. M. eds. Proceedings of ADASS XXIV. ASP Conf. Ser. In Print.



获奖目录

漫游作品：《漫步中国古星空之紫微垣》，荣获全国第二届“共享杯”大学生科技资源共享与服务创新实践竞赛一等奖；指导老师：崔辰州。



致 谢

在硕士学位论文即将完成之际，我想向在我求学路上给予我支持和鼓励的人们表示我最真挚的感谢和祝福。

感谢乔翠兰副教授，感谢上天让在我三年的研究生时代碰到您，不论在学习还是生活上，您都给予我悉心的帮助和指引。为了帮助我们快速成长，为我们提供许多出外学习的机会，以及创造优良的科研环境。特别感激您给我到北京中国科学院国家天文台学习的机会！三年里我真的成长了，从刚开始在组会上做工作汇报紧张得说不到重点，到今天能够独立完成课题研究和教学实习任务，谢谢您！在此祝愿您身体健康，全家幸福平安！

感谢崔辰州研究员，您亲切和蔼，亦师亦友，感谢您带我来到梦寐以求的北京学府学习。我一定会铭记我人生当中最为珍贵的这段学习时光。在台里近两年的学习，我深刻的认识到自己的不足。每次迷茫和挣扎时候，您都能及时地给予我教诲和指引，甚至耐心倾听我遇到的一些困难。因为您的鼓励，我不断地挑战自己，在各类课题学习中锻炼自己，收获满满，谢谢您！在此祝愿您万事顺心，也祝我们的WWT事业蒸蒸日上！

感谢黄致新老师、郑小平老师、冯秀梅老师、王建中老师、熊水兵老师、余兰山老师、李中年老师等等。感谢老师们在学习上对我的指导，让我的专业知识和技能得到很大的提高。

感谢 China-VO 全体同事在学习和工作上对我的帮助和关爱。感谢樊东卫师兄每次都能不耐其烦地在课题中帮我分析各类问题，祝早日找到自己的另一半！感谢李长华、何勃亮、米琳莹、李珊珊、杨丝丝、王甲卫、谌悦、李正、藤一民、曹子皇、杨阳、张亚、徐鹏飞等等，在这个温暖的大家庭中，一起搞科研，一起出差，一起郊游，十分开心，谢谢你们！在此祝愿大家工作顺心，幸福美满！

感谢 WWT 团队中其他的成员，朱鸣罡、段毅、万昊宜、齐锐、徐刚等等，感谢朱总带我们尝遍美食，感谢万老师在非常忙碌时还抽时间帮我修改参赛漫游，感谢齐锐老师、徐刚先生提供的资料，正因为如此，我们的中国星空是那么的炫酷！谢谢你们，真诚地祝福你们！

感谢中科院宿舍的室友胡静静、艾美、潘元月、胡晓明在生活上对我的包容与帮助，祝福你们！感谢我的朋友周彪，是你在生活上给予我莫大的照顾和支持，谢



谢你！感谢杨华利，一起去宜昌参加会议，那时就被你朴实真诚的心给感动了，我知道你就是我生命中的好友。谢谢你在这几年中对我的帮助和支持，祝你工作顺利，爱情甜甜蜜蜜！

感谢我的学姐秦艳、陈平，在我找工作期间，你们给予我很大的支持和鼓励，特别是秦艳学姐，一直帮我关注北京各类教师招聘信息，真诚地感谢你！祝愿你全家幸福开心，也祝你家小宝贝健康茁壮地成长！

感谢华师南湖宿舍 206 的室友们，红、Q 博、姗姗，初到华师是你们陪伴我一起走过，谢谢你们带给我很多的欢乐，在你们身上我也学到了很多，我很珍惜我们之间的这份友谊！在此祝愿你们爱情美满，心想事成！

感谢华师的那一群可爱的朋友们，周亚琼、莫辉、谢娅、袁瀚、Sam、周长林、尹玉丽、冯丽霞、樊丽丽、王杰、石镇等等，在与你们一起学习、玩耍的过程中，我不断地成长，谢谢你们！因为有你们，我在华师的研究生生活是那么的多姿多彩。真挚地祝福你们！

感谢我的学妹学弟们，周珊珊、丁萌、严尚哲、张扬、杜康玉，今生咱们有缘成为乔家弟子，这是一件非常幸福的事，谢谢你们在平时给我的帮助。也祝愿你们今后事事顺利，心想事成！

感谢北京市史家小学张培华老师给我进行基于 WWT 的天文教学实践的机会，在这次教学中学习很多在书本上学不到的内容，更深刻的认识到科普教学在实践中特点，以及小学生学习的特点，这些都有助于我今后的工作。

感谢我敬爱的爸爸，是您在我人生的选择上给予我最大鼓励和支持。很多时候想过要放弃赶紧工作来帮助父母支撑家庭，而每次都是爸爸及时地给予我精神上的鼓励，告诫我不要因为暂时的生活压力而放弃追逐梦想，因为您我一直坚定地坚持着。老爸，谢谢您，您辛苦了！

感谢我亲爱的妈妈，您身体一直不大好，但是您一直无怨无悔在照顾着这个家，让我们能够安心地在外边工作学习，谢谢您，您辛苦了！感谢我的弟弟和妹妹，也希望你们今后的人生更顺利更幸福！

还有很多我无法一一列举姓名的师长和友人给了我指导和帮助，在此衷心的感谢，祝福你们！

当然我也要感谢自己在最珍贵的青春年华里选择了学习。因为自己的坚持，能够在不断地学习和工作中更深刻的认识自己。因为自己的坚持，可以追逐梦想不给自己的人生留下遗憾，也许在自己老年的时候再回忆，我的嘴角一定是往上扬的对



吗！因为自己的坚持，我才能够在人生路上碰到我敬爱的导师们和亲爱的朋友们，才得以收获成长路上的各种温暖。希望在今后的工作中，能够继续坚持，收获最好的自己，加油！

感谢中国虚拟天文台理事会、学术委员会及研发团队为本文完成提供的大力支持！感谢中国天文数据中心（国家科技基础条件平台——地球系统科学数据共享平台——天文科学数据共享平台）的数据资源支持。

最后，感谢在百忙之中抽出时间审阅本论文的专家教授！