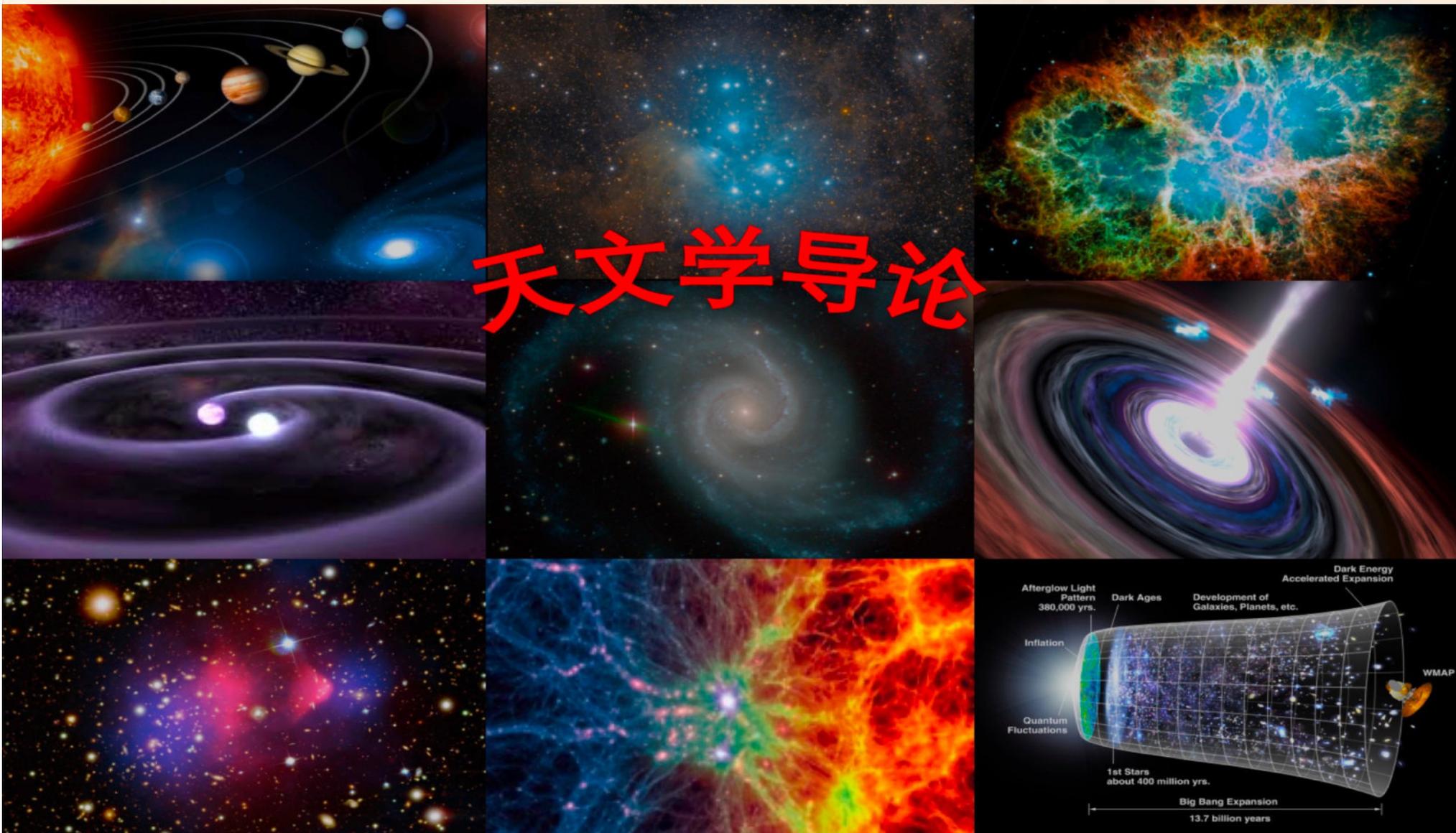


天文学导论



(统一致谢本课程中使用到的来自于互联网的材料)

天文学导论

薛永泉

(https://faculty.ustc.edu.cn/xueyongquan/zh_CN/index.htm)



中国科学技术大学
物理学院天文学系

2024年秋季



请记住课程网址和加入课程QQ群：

<http://staff.ustc.edu.cn/~xuey/IAC/>

QQ群：755267134

0704 一级学科：天文学

070401 天体物理

天文技术

070402 天体测量与天体力学



薛永泉简介



薛永泉简介



● 教育经历

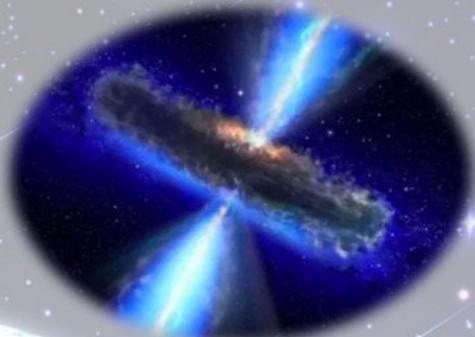
| 时间 | 单位 | 专业 | 学位 |
|-----------------|--------|------|----|
| 1996. 9-2000. 7 | 北京大学 | 天体物理 | 学士 |
| 2000. 9-2003. 7 | 北京大学 | 天体物理 | 硕士 |
| 2004. 1-2008. 5 | 美国普度大学 | 天体物理 | 博士 |

● 工作经历

| 时间 | 单位 | 职位 |
|-----------------|----------|--|
| 2008. 5-2012. 5 | 美国宾州州立大学 | 博士后 |
| 2012. 5-至今 | 中国科学技术大学 | 教授、博导、 国家创新人才计划青年项目入选者、 国家杰青项目资助 |

● 研究方向

X射线高能天体物理与活动星系核的观测研究



我在蜗壳天文

这十年
Ten years

2012 - 2022

鼓励大家课后有看见课件里的二维码就想扫一扫的冲动并付诸于行动哈！



薛永泉

向全宇宙直播：薛老师讲《天文学导论》😊

本周起每周三晚19:30-21:55☕

欢迎大家关注与观看哈😁👉👉👉



【课程】中国科大薛永泉教授：天文学导论

2022年是我第十年教天导课！
向全宇宙直播！



2022年9月5日 10:38 删除

时间都去哪了



(厦大芙蓉隧道@2022.07)



- 《天文学导论》
- 天导
 - 天文学之旅的导游

The Universe, Yours to Discover!

为薛老师的忠实小粉丝点赞！



- Fanny718 2024/4/2 下午 10:05
- 
- Fanny718 2024/4/2 下午 10:05
晚自习了哈哈😄
- YINGHUA 2024/4/2 下午 10:06
这么晚还在自习呀👉娃能看得下去？
- Fanny718 2024/4/2 下午 10:06
我也纳闷 能看得下去 不看不睡觉
- Fanny718 2024/4/2 下午 10:07
薛老师忠实粉
- YINGHUA 2024/4/2 下午 10:07
你家宝将来绝对是当科学家的料，拦都拦不住👍👍👍👍
- Fanny718 2024/4/2 下午 10:07
哈哈哈哈哈但愿吧 能打动薛老师不
- Fanny718 2024/4/2 下午 10:08
回头给粉丝签个名

薛老师讲天文



Department of Astronomy at USTC

1986

CTF 唐仲英基金会 CYRUS TANG FOUNDATION

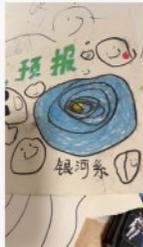
(仅代表个人观点；统一致谢互联网资料)

YINGHUA 2024/4/2 下午 10:09
必须的，薛老师也得找小粉丝要个签名，留着将来娃厉害了，咱也有娃的亲笔签名👉

Fanny718 2024/4/2 下午 10:10
👉👉👉字还不会写

YINGHUA 2024/4/2 下午 10:11
那你赶紧教！争取见面前学会👉

Fanny718 2024/4/2 下午 10:12
他会对着 iPad 喊薛老师 给他看他画的银河系👉



Fanny718 2024/4/2 下午 10:12

YINGHUA 2024/4/2 下午 10:13
我马上发给薛老师，他今天出差了。真人见面赶紧安排上



奇怪的天文知识又增加了。

知乎

本章（第〇章）内容

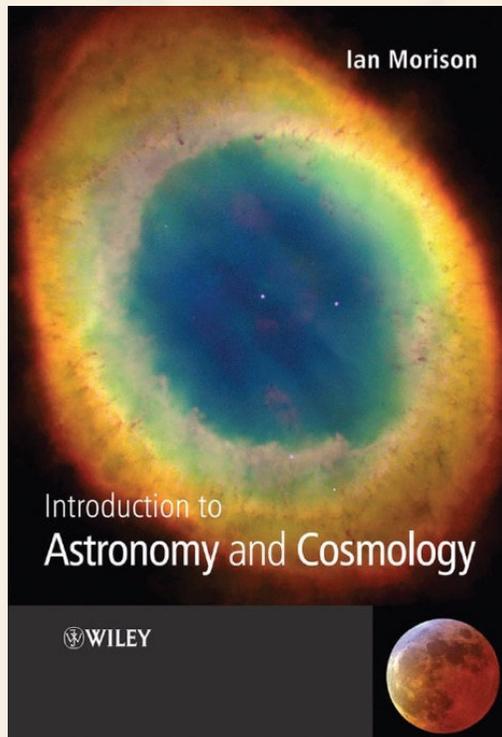
- ❖ 有哪些必须知道的课程相关信息？
- ❖ 天文学：哪些是你所需要知道的？
- ❖ 绪论：
 - 天文学简史是怎样的？
 - 天体物理研究有什么意义和方法？
 - 有哪些知名望远镜呢？
 - 有哪些美丽的天文图片呢？



教材：英文教材、中文授课

《Introduction to Astronomy and Cosmology》

by Ian Morison, Wiley, Dec. 2008



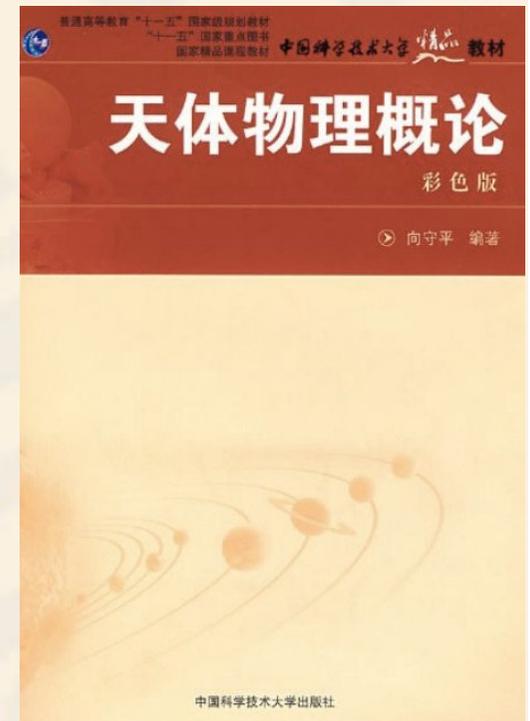
请在以下时间（工作日的
9-11点、15-17点）到理化大楼18007室
找周老师或邢老师(63601861)领取教材、
免费使用；学期结束时请原样归还教材，
以便循环使用

（教材的电子版可以在课程网页下载）

补充“进阶”参考教材：

《天体物理概论》

向守平 编著，中国科学技术大学出版社



学生：“老师，教材好像有点老呢。”
老师：“是的。但是，。。。”

慕课《天文学导论》@智慧树@2020/03上线

< 朋友圈



薛永泉

“千辛万苦”、倾情打造，
慕课《天文学导论》喜上线；
课时所限、“精兵简政”，
还望诸君指正、支持与推广！

(不胜感激! 🙏🙏🙏)

说明：

1、课程免费使用的两个方式：智慧树官网、知到APP。

2、课程网址：

<https://coursehome.zhihuishu.com/courseHome/2063883>

3、课程“参数”：

- 全课程净时长约640分钟（已到允许的上限）
- 共计十章、70节视频
- 共计98道弹题、100道章测试题、30道章讨论题、200道期末题库、6道材料题

4、由于慕课时长约为线下总课时的36%，所以讲解难免有所删节甚至个别地方有点囫圇吞枣，还请大家谅解。

5、特别感谢智慧树科大团队的倾情打造以及科大教务处的大力支持！

6、欢迎大家指正并推广这门慕课，衷心感谢！

康德：世界上有两件东西能够深深地震撼人们的心灵，一件是我们心中崇高的道德准则，另一件是我们头顶上灿烂的星空。

爱因斯坦：宇宙最不可理解的是它是可以理解的。

* 这也算是我为抗疫做的贡献吧。😊

* 武汉加油！中国加油！🙏🙏🙏

* 期盼抗疫的全面胜利！🙏🙏🙏

慕课《天文学导论》@智慧树@2020/03上线

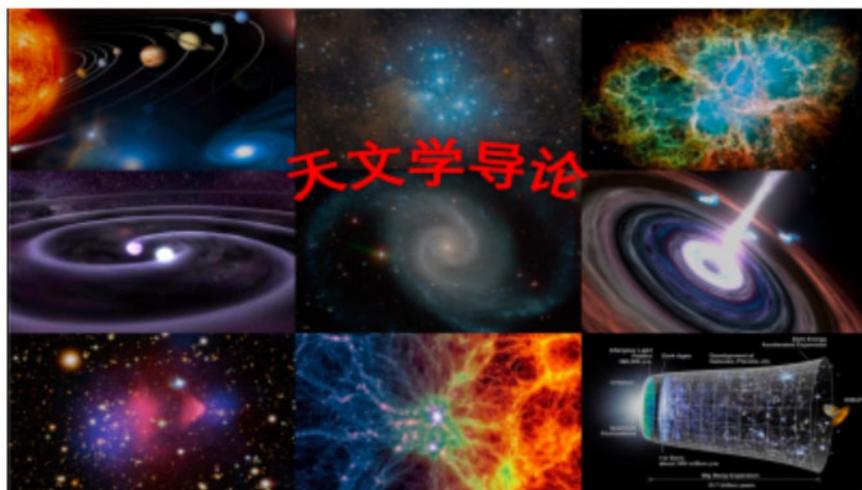


在线学堂



天文学导论

理学



课程介绍

自古以来，人们便怀着好奇的目光仰望天空，人类一直怀有探索宇宙的梦想。在天文学探索的道路上，无数科学家为天文学的发展奉献了一生。《天文学导论》将系统地介绍从太阳系、系外行星、恒星、星系、宇宙大尺度结构到整个宇宙的形成与演化等这些现代天文学的基础知识和最新发展，力求做到内容丰富。 [查看更多>](#)

学分 2.0 学时 35 见面课 4次

教师 薛永泉

学校 中国科学技术大学

教学团队

课程设计

在线教程

学术总策划



薛永泉 · 中国科学技术大学
教授

**欢迎大家尽力扩散这门慕课！
十分感谢！**

免费学习方式（十分感谢大家选学慕课《天文学导论》）：

- 1、在智慧树官网或者知到APP注册帐号（智慧树：<https://www.zhihuishu.com/> 知到APP：<https://www.zhihuishu.com/DownloadApp.html>）
- 2、登录帐号，查找“天文学导论”课程，加入学习后可浏览任意章节（公开课网址：<https://coursehome.zhihuishu.com/courseHome/2091568>）
- 3、在校大学生可以选择“学分课”方式在学习后获得学分：
（学分课网址：<https://coursehome.zhihuishu.com/courseHome/2063883> 具体选课方法请见：<http://staff.ustc.edu.cn/~xuey/MOOC/>）

天文学导论

INTRODUCTION TO ASTRONOMY

现象

机制

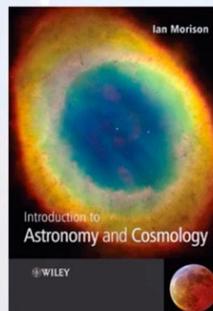
起源

袁业飞：试与爱氏比高低！

王建民：永泉比爱神还高！

薛永泉：我其实就是蹭蹭爱神这个热点啦。

仰望星空
探索宇宙



教材:

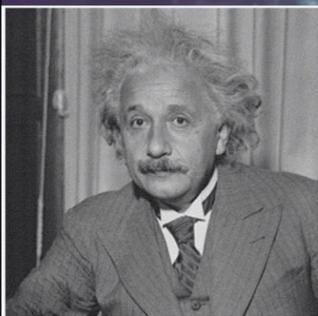
《Introduction to Astronomy and Cosmology》

by Ian Morison, Dec. 2008

课程网址:

<http://staff.ustc.edu.cn/~xuey/IAC/>

感谢袁业飞教授对本课程课件的贡献



宇宙最不可理解的是
它是可以理解的。

——爱因斯坦



Albert Einstein: The most incomprehensible thing about the world is that it is comprehensible.
Yongquan Xue: The most incomprehensible thing to me is that I can go with you side by side. :)



温情 | 唯美 | 理性



熊孩子工作室
温情 | 唯美 | 理性



知到APP

缘于学分课，一路永相随

智慧树：<https://www.zhihuishu.com/>

慕课网址：<https://coursehome.zhihuishu.com/courseHome/2063883>

课程网址：<http://staff.ustc.edu.cn/~xuey/IAC/>

自古以来，人们便怀着好奇的目光仰望天空，人类一直怀有探索宇宙的梦想。在天文学探索的道路上，无数科学家为天文学的发展奉献了一生。《天文学导论》将系统地介绍从太阳系、系外行星、恒星、星系、宇宙大尺度结构到整个宇宙的形成与演化等这些现代天文学的基础知识和最新发展，力求做到内容丰富全面、生动有趣，从而提高学生的相关科学素养并激发学生对于天体物理研究的兴趣。天文学一直为人们所关注，一直是科学研究的前沿之一。本课程将把丰富的天文学知识与趣味性相结合，为学习者的学习探索提供一个更为广阔的视野。

第一章 天体物理简介

- 1.1 课程简介
- 1.2 什么是天文
- 1.3 天文有没有用
- 1.4 怎么做天文
- 1.5 做天文有没有前途
- 1.6 天体物理学简史
- 1.7 天体物理研究的意义和方法
- 1.8 各波段当前的一些知名设备和将来的设备1
- 1.9 各波段当前的一些知名设备和将来的设备2
- 1.10 一些天文图片

第二章 天文学——观测科学

- 2.1 引言、地心说与日心说
- 2.2 星座与星等
- 2.3 天球坐标系与岁差
- 2.4 时间
- 2.5 行星的运动规律
- 2.6 从牛顿万有引力定律到广义相对论

第三章 我们的太阳系 (1) ——太阳

- 3.1 太阳系的形成
- 3.2 行星的形成
- 3.3 太阳的属性
- 3.4 核聚变
- 3.5 太阳中微子问题
- 3.6 太阳大气
- 3.7 太阳风、黑子、日珥、耀斑
- 3.8 日食

第四章 我们的太阳系 (2) ——行星

- 4.1 行星定义与轨道
- 4.2 行星的属性
- 4.3 水星、金星
- 4.4 地球
- 4.5 月球
- 4.6 火星、小行星带、近地天体
- 4.7 木星、土星
- 4.8 天王星、海王星
- 4.9 冥王星
- 4.10 彗星、流星

第五章 太阳系外行星

- 5.1 探测方法简述
- 5.2 视向速度法
- 5.3 脉冲星计时法、类太阳地外行星系统的发现
- 5.4 天体位置测量法、掩食法
- 5.5 微引力透镜法、直接成像法
- 5.6 可居住带、行星发现空间
- 5.7 相关望远镜

第六章 观测宇宙——望远镜

- 6.1 望远镜光学原理、透镜设计方程、色差
- 6.2 极限星等、望远镜效率、分辨率、放大率、视场
- 6.3 望远镜类型、主动光学与自适应光学
- 6.4 光学望远镜
- 6.5 射电望远镜
- 6.6 其他电磁波段的观测
- 6.7 非电磁辐射的观测

第七章 恒星的特性

- 7.1 恒星的光度、距离、自行
- 7.2 恒星的绝对星等、颜色、表面温度、色指数
- 7.3 恒星光谱、分光视差法
- 7.4 赫罗图、恒星的大小
- 7.5 恒星质量、密度、寿命

第八章 恒星的演化

- 8.1 小质量恒星、中等质量恒星 (1)
- 8.2 中等质量恒星 (2)
- 8.3 大质量恒星
- 8.4 中子星
- 8.5 黑洞
- 8.6 伽玛射线暴

第九章 星系与宇宙大尺度结构

- 9.1 银河系
- 9.2 椭圆星系、漩涡星系、不规则星系
- 9.3 星系哈勃分类、可观测宇宙、量天尺
- 9.4 星暴星系、活动星系核
- 9.5 星系群、星系团、超团、宇宙的结构

第十章 宇宙学——宇宙的起源与演化

- 10.1 牛顿与爱因斯坦的宇宙观、膨胀宇宙模型、星系退行
- 10.2 宇宙的膨胀
- 10.3 大爆炸宇宙学
- 10.4 暗物质、暗能量
- 10.5 宇宙的组成、智慧生命存在的原因、宇宙的命运
- 10.6 课程结语

< 见面课详情

保存

< 见面课详情

保存

< 见面课详情

保存

< 见面课详情

保存

丰富多彩的行星世界



薛永泉

中国科学技术大学物理学院天文系
<http://staff.ustc.edu.cn/~xuey>



来自66亿光年外
双中子星合并的磁星之光
Radiance From A Magnetar
As The Aftermath Of
A Binary Neutron-Star Merger
6.6 Billion Light Years Away

Yongquan Xue (薛永泉)
Department of Astronomy
University of Science and Technology of China
<http://staff.ustc.edu.cn/~xuey>



搜寻宇宙中深深“潜伏”着的
超大质量黑洞
Quest for Deeply Buried
Supermassive Black Holes
in the Universe

Yongquan Xue (薛永泉)
Department of Astronomy
University of Science and Technology of China
<http://staff.ustc.edu.cn/~xuey>



Yongquan Xue (薛永泉)
Department of Astronomy
University of Science and Technology of China
<http://staff.ustc.edu.cn/~xuey>



变化莫测的活动星系核： 透视其复杂的光变现象

见面课主题 * 丰富多彩的行星世界

见面课类型 * 直播互动课

主讲人姓名 * 薛永泉

所属机构 * 中国科学技术大学

要求进度 第一章 之后

教学要求 *

本次见面课由专题讲座和讲座后自由互动问答两部分组成。报告将围绕丰富多彩的行星世界展开，主要内容包括：(1) 为什么要研究行星？(2) 行星是如何形成的？(3) 太阳系里的行星有意思吗？(4) 如何探测太阳系外的行星？(5) 有没有别的可宜居行星？(6) 行星世界：“我丰富、我多彩”！

见面课主题 * 来自66亿光年外双中子星合并的磁星

见面课类型 * 直播互动课

主讲人姓名 * 薛永泉

所属机构 * 中国科学技术大学

要求进度 第一章 之后

教学要求 *

本次见面课由专题讲座和讲座后自由互动问答两部分组成。报告将围绕新近发现的首例双中子星合并形成的磁星所驱动的X射线暂现源（简称为XT2）展开，主要内容包括：(1) 中子星、脉冲星与磁星的简介；(2) 双中子星合并的简介；(3) XT2的发现过程；(4) XT2起源的确认及其发现意义；(5) 总结、未

见面课主题 * 搜寻宇宙中深深“潜伏”着的超大质量

见面课类型 * 直播互动课

主讲人姓名 * 薛永泉

所属机构 * 中国科学技术大学

要求进度 第一章 之后

教学要求 *

本次见面课由专题讲座和讲座后自由互动问答两部分组成。报告将围绕如何搜寻宇宙中深深“潜伏”着的超大质量黑洞——高度遮蔽活动星系核展开，主要内容包括：(1) 超大质量黑洞与活动星系核的简介；(2) 高度遮蔽活动星系核的简介；(3) 搜寻高度遮蔽活动星系核的方法；(4) 钱德拉X射线深场巡天在搜寻高度遮蔽活动星系核方面的进展；(5) 未来搜寻高度遮

见面课主题 * 变化莫测的活动星系核：透视其复杂

见面课类型 * 直播互动课

主讲人姓名 * 薛永泉

所属机构 * 中国科学技术大学

要求进度 第一章 之后

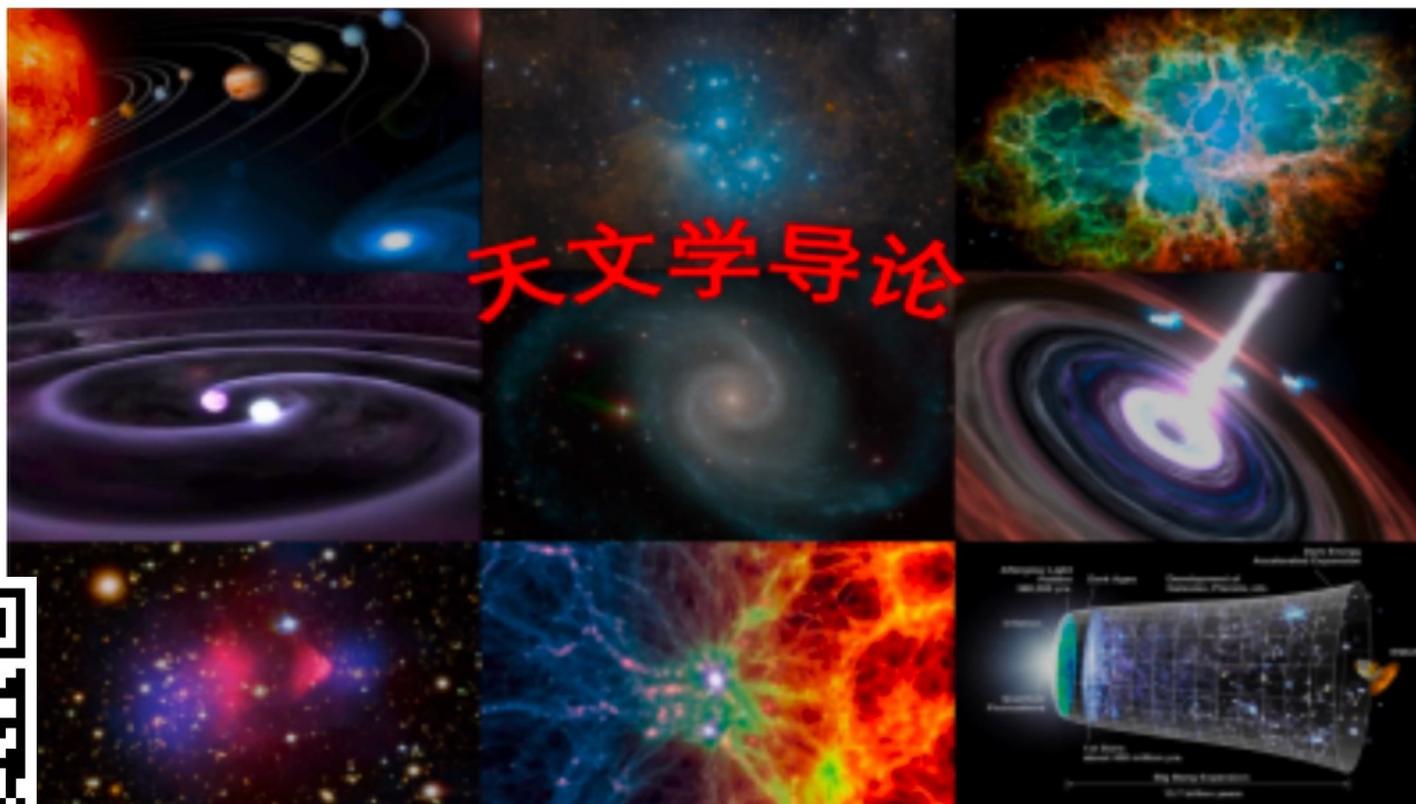
教学要求 *

本次见面课由专题讲座和讲座后自由互动问答两部分组成。报告将围绕活动星系核复杂的光变现象展开，主要内容包括：(1) 活动星系核的简介；(2) 光变的物理原因简介（光变指的是光度或亮度的变化）；(3) 丰富多彩的光变现象简介（例如持续时间极短的耀发现象、变脸活动星系核、超大质量黑洞潮汐瓦解事件、活动星系核的反馈技术等）。

慕课《天文学导论》片花

慕课 《天文学导论》 被认定为 国家级一流本科课程

2023.05



国家级一流本科课程

证书



课程类别：线上一流课程

课程名称：天文学导论

课程负责人：薛永泉

主要建设单位：中国科学技术大学

主要开课平台：智慧树网



证书编号：2023210579

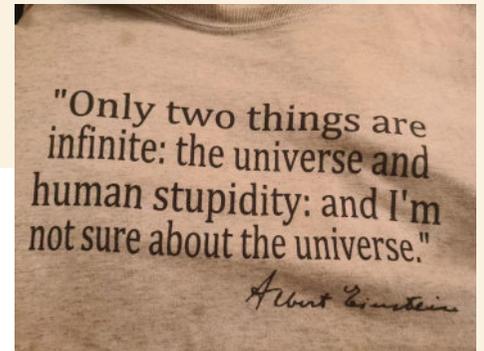
课程定位：“伪装”成公选课的专业课

高级科普（拓宽视野、素质教育、寓教于乐； **step 1**天导, **2**专著, **3**文献 ...）

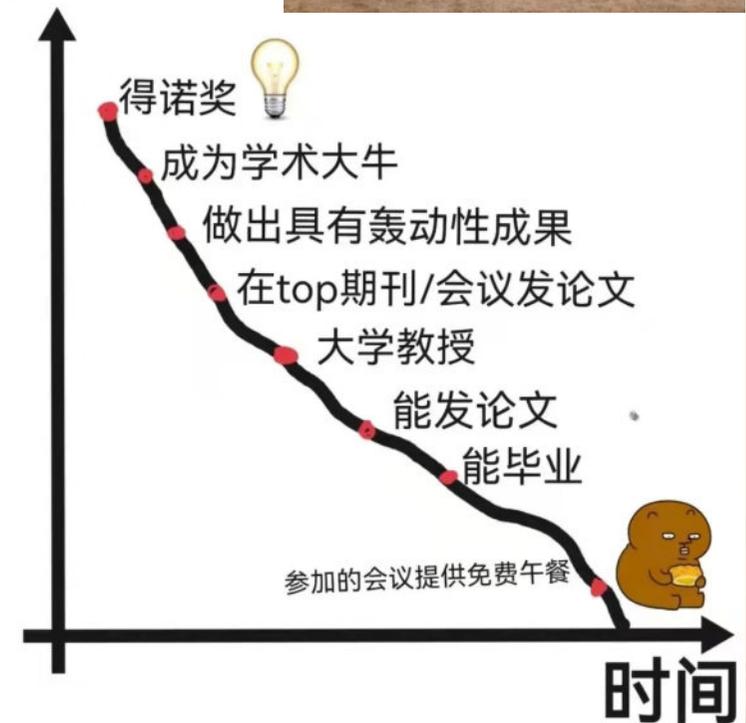
+ 激发兴趣（体会天文之美；追逐梦想、探索宇宙）+ ...

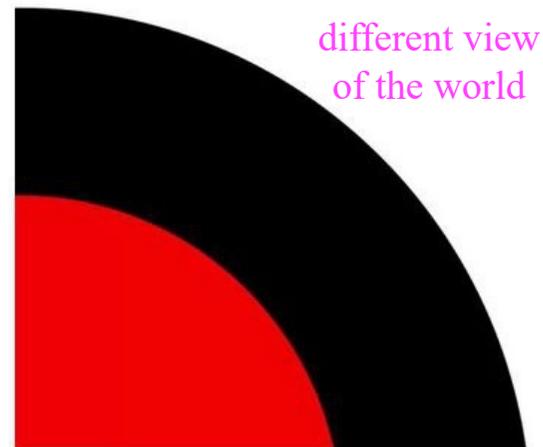
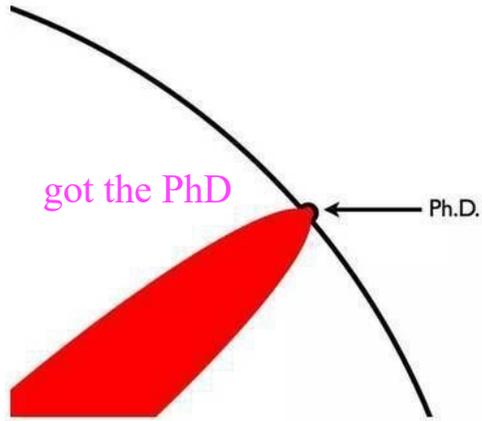
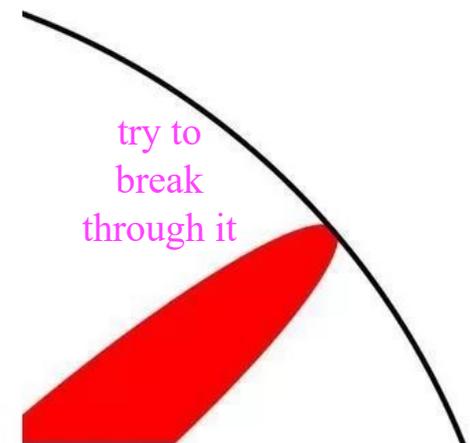
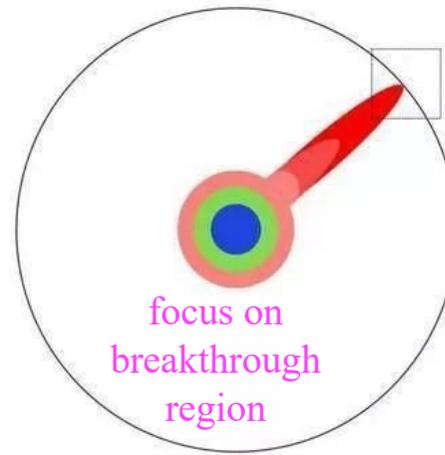
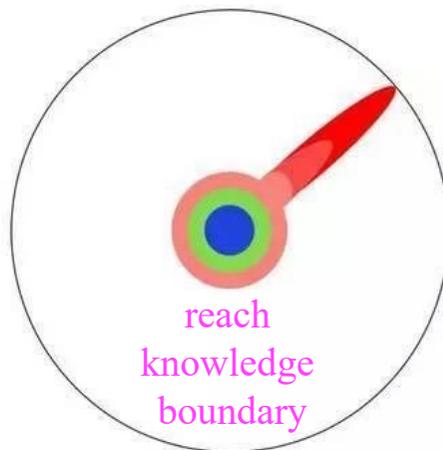
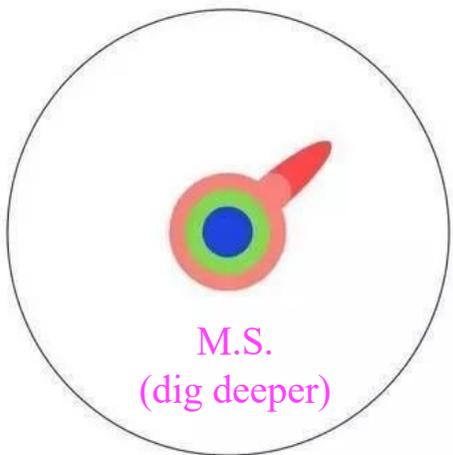
达克效应

The Dunning Kruger effect



你的雄心





A Magical Compound That Paves One's Way to Success!

(by Yongquan Xue)



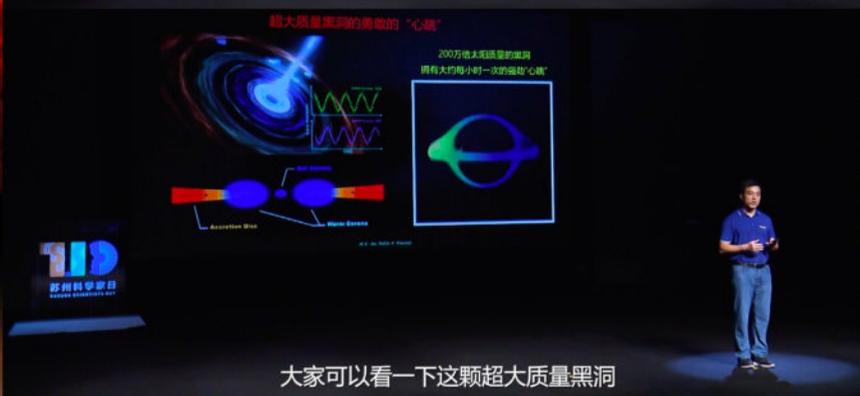
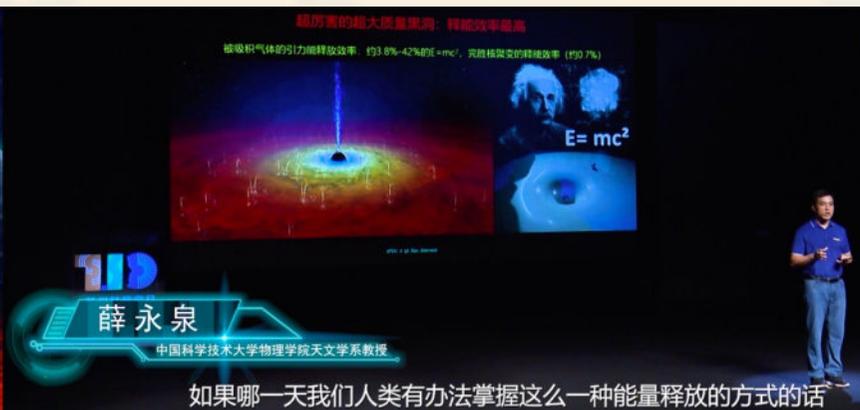
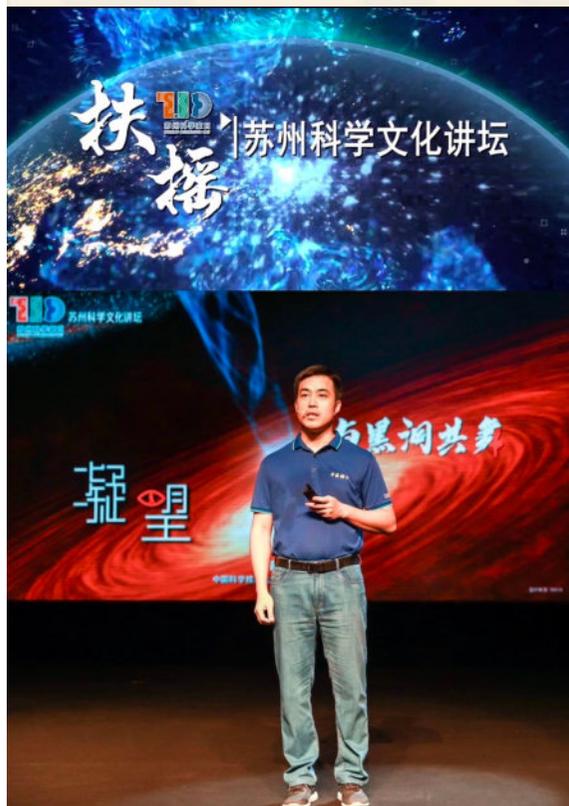
开学大礼包

$(L^3MP^4)^2$

- Linux
(Logical)
- Latex
(Learned)
- Literature
(Liberal)
- Meetings
(Motivated)
- Programming { IDL
python
- Plotting (Passionate)
- Presentation (Painstaking)
- Proposal (Persistent)
- Pathbreaking

高级科普示例

(2020.07.11)



天文学撷英



与超大质量黑洞共舞



薛永泉

(<http://staff.ustc.edu.cn/~xuey>)

中国科学技术大学
物理学院天文学系



(报告中文版)



(报告英文版)

追逐梦想
木月相心



探索宇宙



- 1、与娃们分享的2小时宇宙之旅：序章
- 2、与娃们分享的2小时宇宙之旅：行星形成与演化
- 3、与娃们分享的2小时宇宙之旅：恒星形成与演化
- 4、与娃们分享的2小时宇宙之旅：星系形成与演化
- 5、与娃们分享的2小时宇宙之旅：星系与黑洞协同演化
- 6、与娃们分享的2小时宇宙之旅：大尺度结构形成与演化
- 7、与娃们分享的2小时宇宙之旅：宇宙形成与演化

课程内容

- 第0章：绪论
- 第1章：天文学—观测科学
- 第2章：我们的太阳系（1）--太阳
- 第3章：我们的太阳系（2）--行星
- 第4章：太阳系外行星
- 第5章：观测宇宙--望远镜
- 第6章：恒星的特性
- 第7章：恒星的演化
- 第8章：星系与宇宙大尺度结构
- 第9章：宇宙学--宇宙的起源和演化



Want to eat more?

科学研究的四个范式

(百度文库、简书、风云之声)

第一范式：经验范式

Describing natural phenomena

描述自然现象，是以观察和实验为依据的研究

第二范式：理论范式

Using models, generalizations

是以建模和归纳的理论学科和分析范式

第三范式：模拟范式

Simulating complex phenomena

是以模拟复杂现象为基础的计算科学范式

第四范式：数据密集型范式 科学大数据

Data captured by instruments or generated by simulator; Processed by software; Information stored in computer; Scientist analyzes database

是以数据考察为基础，联合理论、实验和模拟一体的数据密集计算的范式

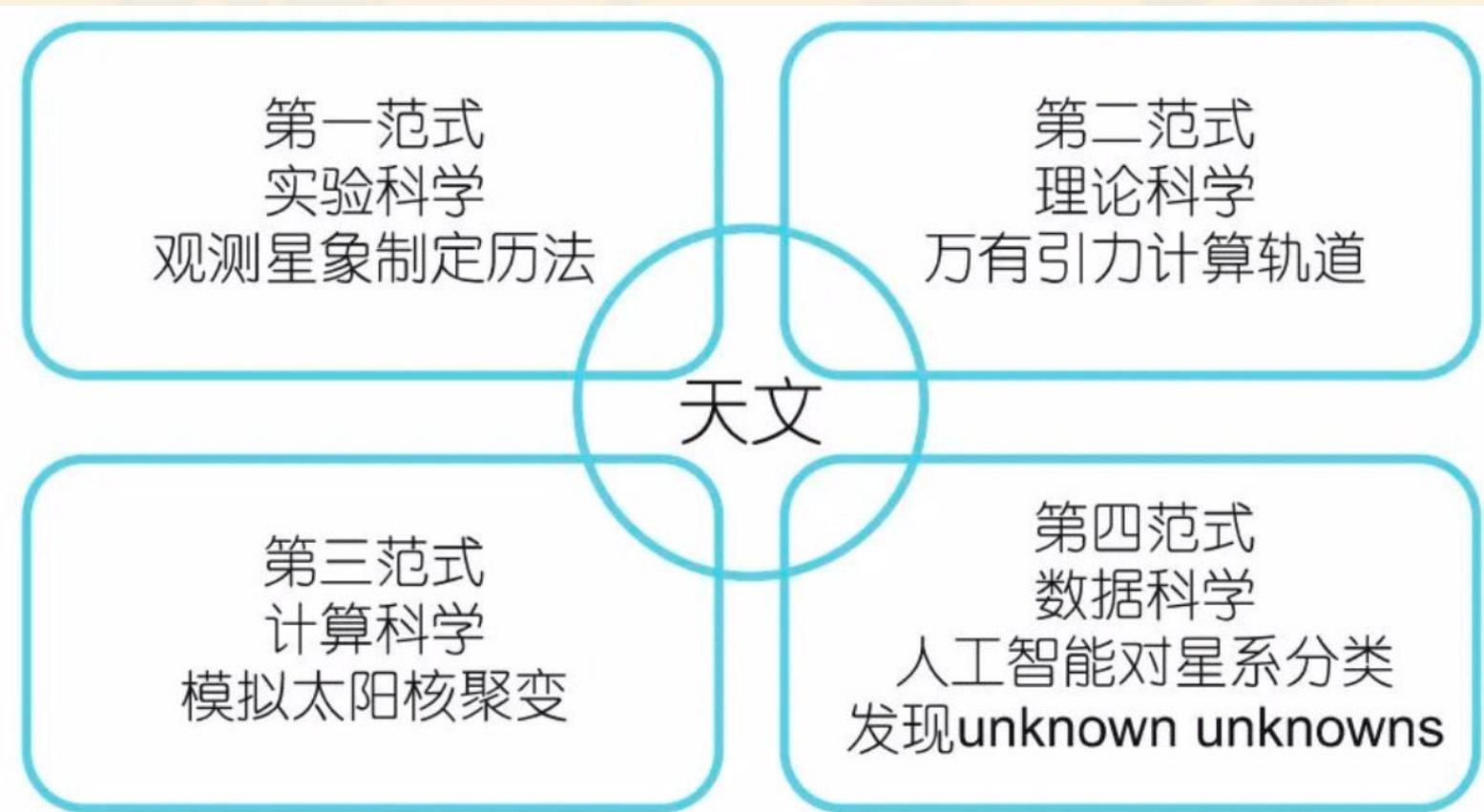


图 1 四大科学范式在天文中的案例

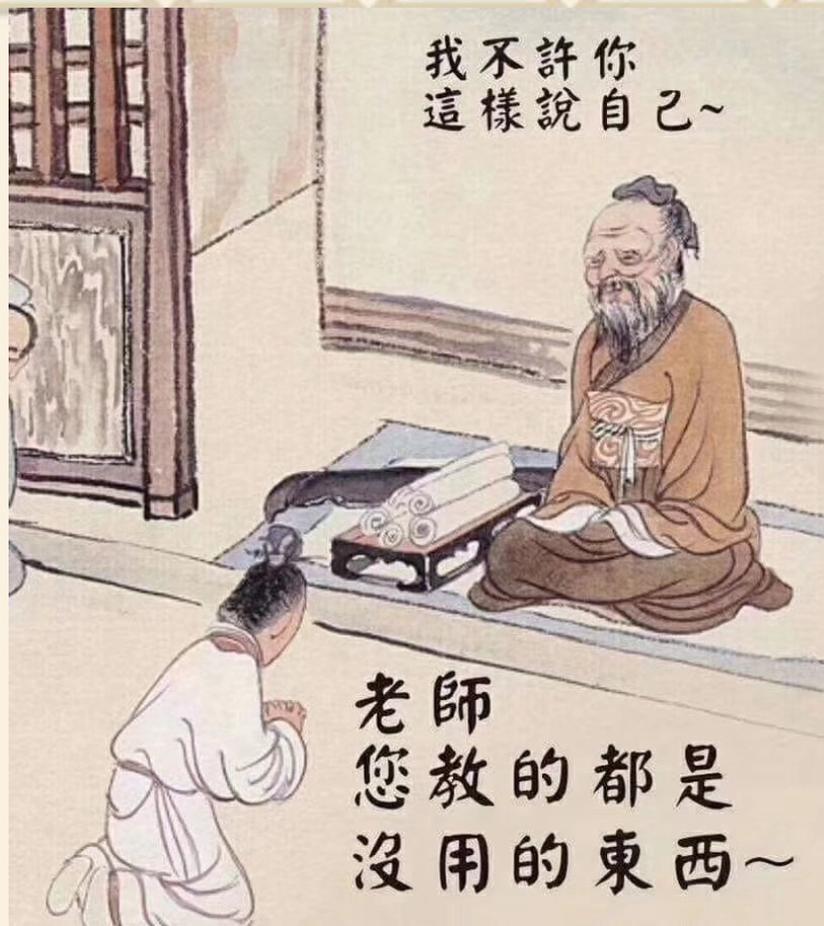
“Warning”

- ❖ Do not expect to learn everything about astronomy in this course (instead, only the tip of the astronomy iceberg)!



- ❖ Rather, do expect to learn everything about astronomy by yourself outside this course (explosive development of astronomical knowledge)!

教师节之际的“免责声明”



日后回答不出/对天导问题时别说我教过你哈☺

知识和我的认识在不断演进!



希望你在这门课上能发现一些有意思的东西☺

课件下载地址：

<http://staff.ustc.edu.cn/~xuey/IAC/>

（感谢天文学系袁业飞教授：基于其2012年版课件而大幅更新、扩展
感谢互联网：许多图片、视频、新结果等）

课程考察方式：

慕课（约30%：视频学习、弹题回答、单元与期末测试、问题发布与共享）

→ 预习或温习作用（精简版；“送分”部分）

（如果没有注册上慕课，请把姓名、学号、手机号、邮箱发送给助教）

+

八次平时作业——两个部分（约30%；切记以中文翻译的题目为准，中文作答）

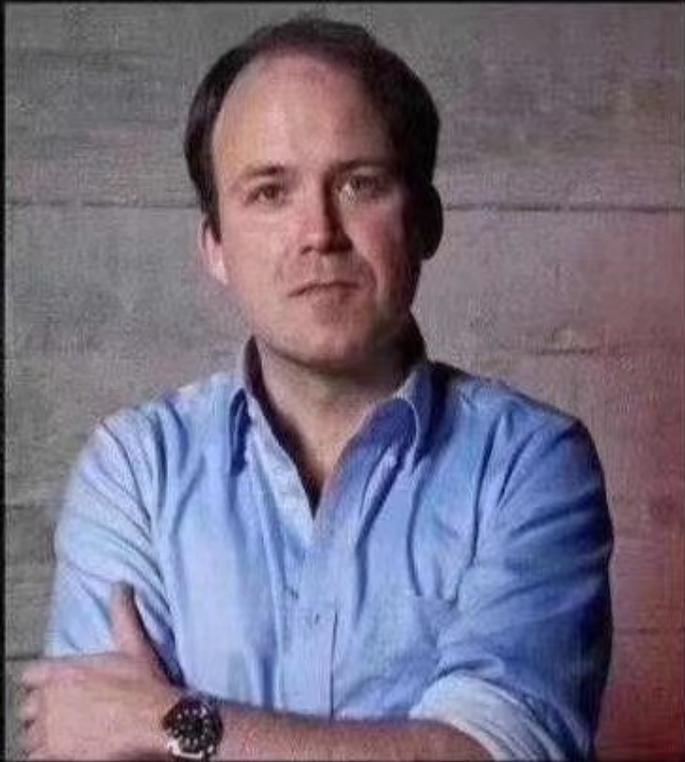
《天文学导论》章后习题的中文翻译

注意事项（非常重要!!!）：1、做题时可以互相讨论，但是需要独立答题，不要抄袭；2、这里的中文翻译相对简略，所以有不太理解或者翻译不够准确的地方，请研读课本里的英文原文；3、题目中所有的数字以这里的中文题目为准！计算结果请根据具体题目尽可能精确到个位、十分位数或者更高的精度！切记！

+

期末开卷考试（题目会比平时作业更为“灵活”——“控制”总评成绩；约40%）
（“弹性”给成绩——申请50%优秀率）

每个人都是才华横溢的，只要。。。



不要谈什么天分、运气，
你需要的是一个截稿日，
以及一个不交稿就能打爆你狗头的人，
然后你就会被自己的才华吓到。

©查理·布洛克/《黑镜》编剧

联系方式:

薛永泉 (主讲) 物质科研楼C-1003-1室

xuey@ustc.edu.cn

夏瑞崧 (助教)

xiars@mail.ustc.edu.cn

物质科研楼C1004

王佳来 (助教)

jialaiwang@mail.ustc.edu.cn

物质科研楼C1002

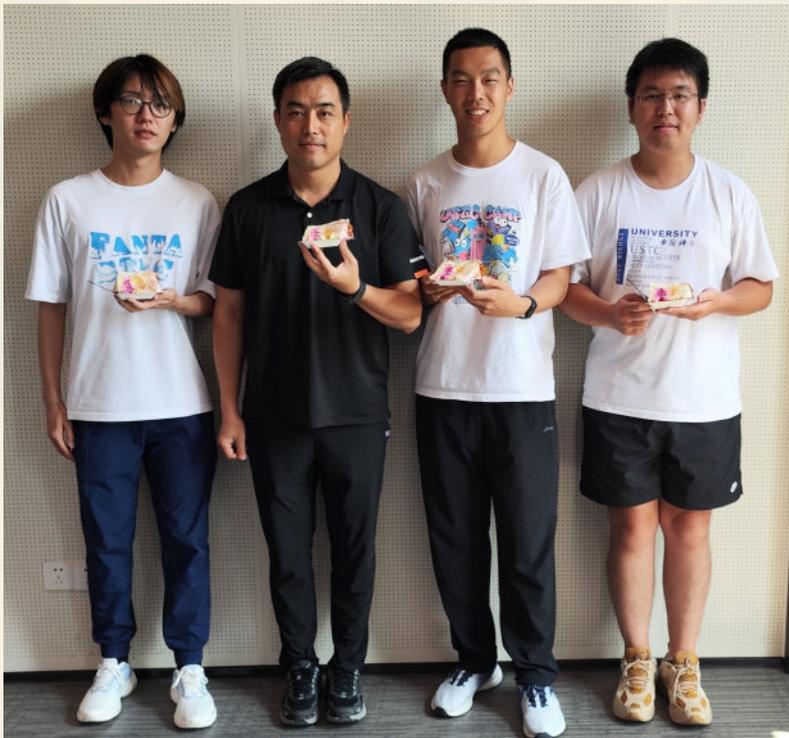
李文楷 (助教)

liwenkai@mail.ustc.edu.cn

本课程QQ群: 755267134

—— 课程通知、回答作业相关问题等

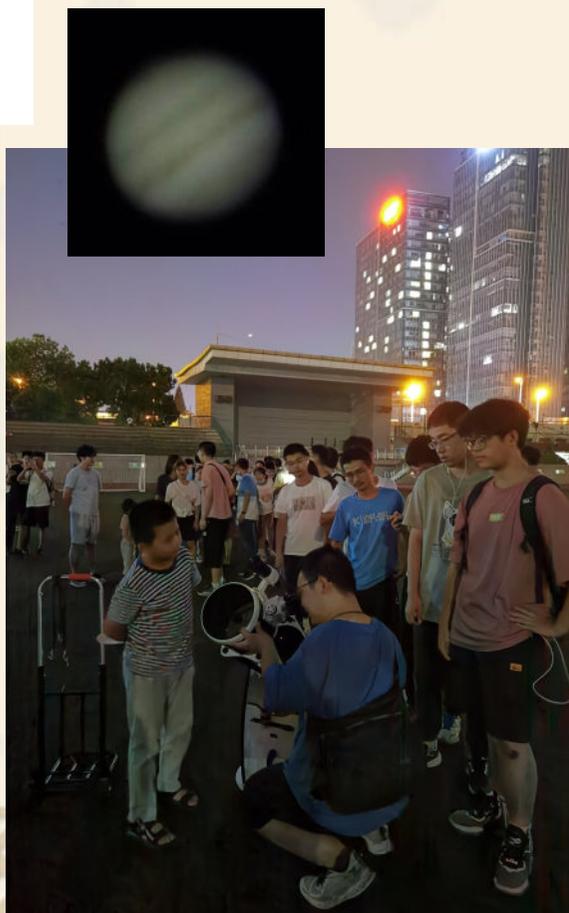
(鼓励大家在智慧树的天导慕课平台上提问)



(天导“四大金刚”：
夏瑞崧、薛永泉、王佳来、李文楷)



由中国科学技术大学天文学系主办、学生主导的天文科普平台



物院太🐼辣
天文系太🐼辣
(第一次见这么好的设备)



2022年9月10日 21:55



中科大天文协会

群号: 348223715



校学生天文爱好者协会是学校天文爱好者相互交流学习的平台，也是面向校内师生及社会大众科普宣传的舞台。在这里，你可以学到许多天文知识：认识全天星座，收揽许许多多深空天体，浪漫地细数流星，看国际空间站划过夜空……

协会拥有10寸道布森式望远镜、80apo望远镜、150mm马卡望远镜在内的多台天文望远镜。校内依靠天文台，组织对月亮、太阳、大行星等的观测及天文科普活动；校外举行露营观测活动，对深空天体、彗星和流星雨等开展观测。同时，协会还依托校管指委、校天文系等提供的优质资源，开展路边天文等丰富多彩的活动。

主要活动：路边天文、外出露营观星、天文科普、学术研讨及装备介绍会、南京&上海游等。



“广告时刻”

史上最最最长

（插播的广告太长了，不得不另开炉灶！）

详见：[ch0_introduction2.pdf](#)



绪论

一、天文学简史

- ❖ 古代天文学
- ❖ 中世纪的天文学
- ❖ 二十世纪的天文学

古代天文学

❖ 古埃及的天文学

- 观测太阳、月亮和星星的运动，预报日食和月食
- 认识了北极星（天龙座 α 星）和围绕北极星旋转而永不落入地平线的拱极星；利用北极星定方位：例如金字塔四面正好指向东南西北
- 熟悉了白羊、猎户、天蝎等星座，并根据星座的出没来确定历法，例如大犬座天狼星的出没（“偕日升”）与尼罗河泛滥的关系；把原先一年360日，改正为一年365日（现今阳历的来源）

❖ 迦勒底古天文学

- ▶ 长期的星象观察，对天体运动有丰富多彩的发现：
“日食每18年重复出现一次”
- ▶ 发明了**星座**：白羊、金牛、双子、巨蟹、狮子、室女、天秤、天蝎、人马、摩羯、宝瓶、双鱼这12个星座，是世界上最初诞生的星座

❖ 古希腊的天文学

➤ 总结、概括历代观测，力图建立一个统一的宇宙模型去解释天体的复杂运动！**理性的思想方法**，整个西方文化从这里产生——“希腊人的奇迹”

➤ 爱奥尼亚学派

泰勒斯(Thales, 前640~前560年)：游学并将天文观测介绍到本国；曾经预言了公元前585年所发生的一次日食；

阿那克西曼德 (Anaximander, 公元前611~前547年)：认为天空是围绕着北极星旋转的，天空是一个完整的球体，扁平圆盘状的**大地就处在这个球体的中心**，在大地的周围环绕着做圆周运动的空气天、恒星天、月亮天、行星天和太阳天(距离比为 9 : 18 : 27)。

阿那克萨哥拉（Anaxagoras,公元前499~前428年）：

月亮和行星由岩石构成，月亮上可以住人；

月亮因反射太阳的光而明亮；

月食是因为月亮运行到地球的影子去了

➤ 毕达哥拉斯学派

毕达哥拉斯(Pythagoras, 公元前560~前490年)：

认为数本身、数与数之间的关系构成宇宙的基础；

德谟克利特（公元前460~前370前）等：

地球是圆的：1）出海的船。2）人向南北行，星星的升降。3）月食时，地球的影子是圆的；

天体以等速圆周运动围绕地球运动；

“天球谐和论”，星球的半径和八音的阶程成正比；

银河是众多恒星集合而成的。

➤ 柏拉图学派

柏拉图(Plato, 公元前427~前347年) :

继承毕达哥拉斯学派;

亚里斯多德 (公元前 3 4 8 ~前3 2 2) :

地心说——哲学上不可非难的学说;

赫拉克利德 (Heraclides, 公元前388~前315年) :

地球自转周期为 2 4 小时——天球的周日运动;

金星环绕太阳而非地球运行。

➤ 亚历山大学派

亚里斯塔克 (Aristarchus, 公元前3世纪)

日心说, 测定太阳距离和月亮周长的方法

埃拉托色尼 (Eratosthenes, 公元前276~公元前194)

地球的周长

喜帕恰斯 (依巴谷) (Hipparchus, 公元前2世纪)

“天文学之父”

月亮的周期;

白道和黄道的交角的精密测量

白道的偏心率

白道的拱点与交点的运动

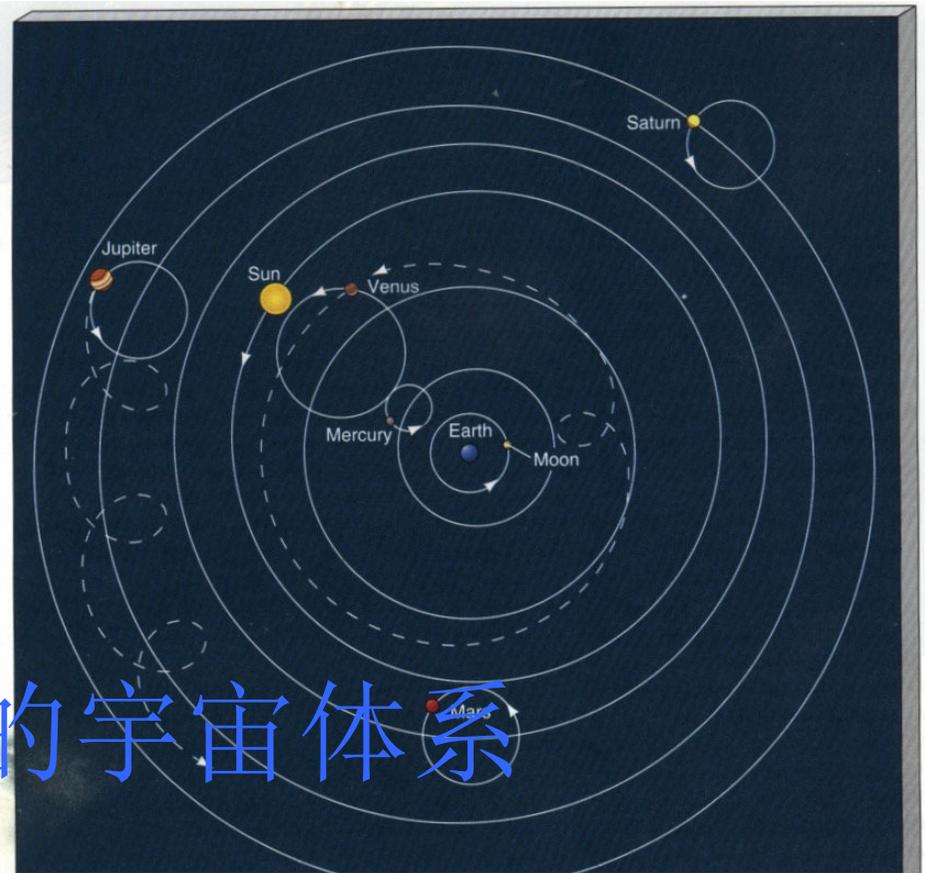
星表及星等

岁差

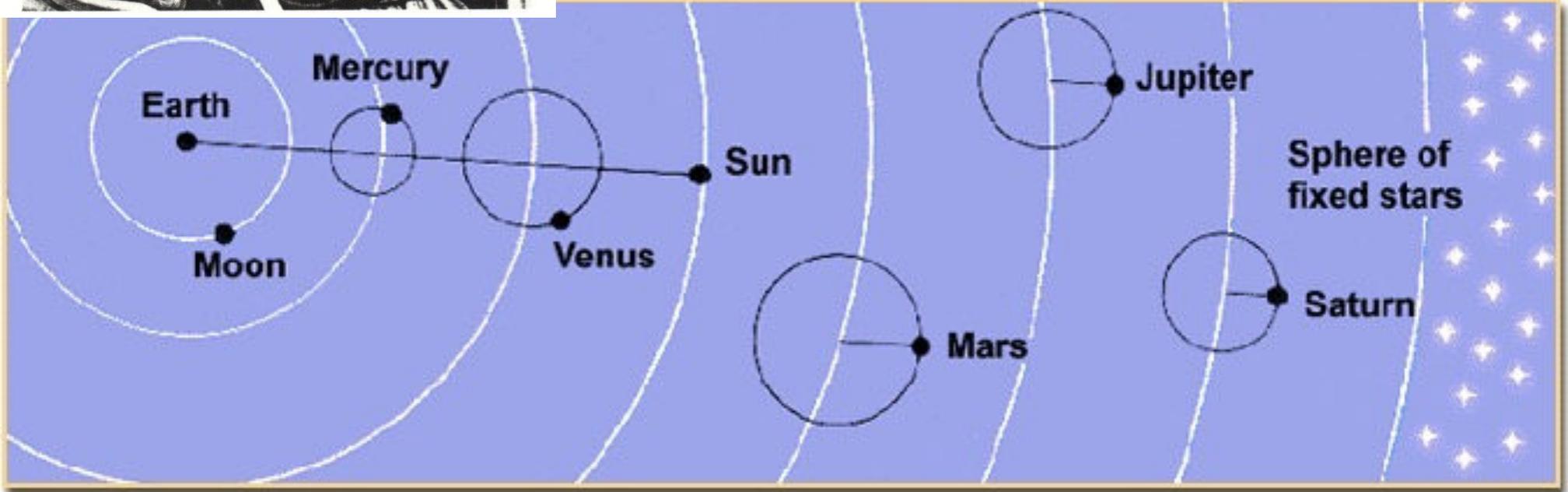
托勒玫 (Ptolemy, 公元后2世纪):

第一次建立科研机构。集大成者。出版他的著作《天文学大成》, 提出完整的“地心说”。

Figure 2.25 Claudius Ptolemy. (The Granger Collection)



托勒密的宇宙体系



❖ 中国古代天文学

- 起源较早：公元前24世纪的帝尧时代，就设立了专职的天文官，专门从事“观象授时”。早在仰韶文化时期，人们就描绘了光芒四射的太阳形象，进而对太阳上的变化也屡有记载，描绘出太阳边缘有大小如同弹丸、成倾斜形状的太阳黑子。
- 我国古代天文学的成就：天象观察、仪器制作和编订历法
- 世界上最早最完整的天象记载：对太阳、月亮、行星、彗星、新星、恒星，以及日食和月食、太阳黑子、日珥、流星雨等罕见天象，都有着悠久而丰富的记载

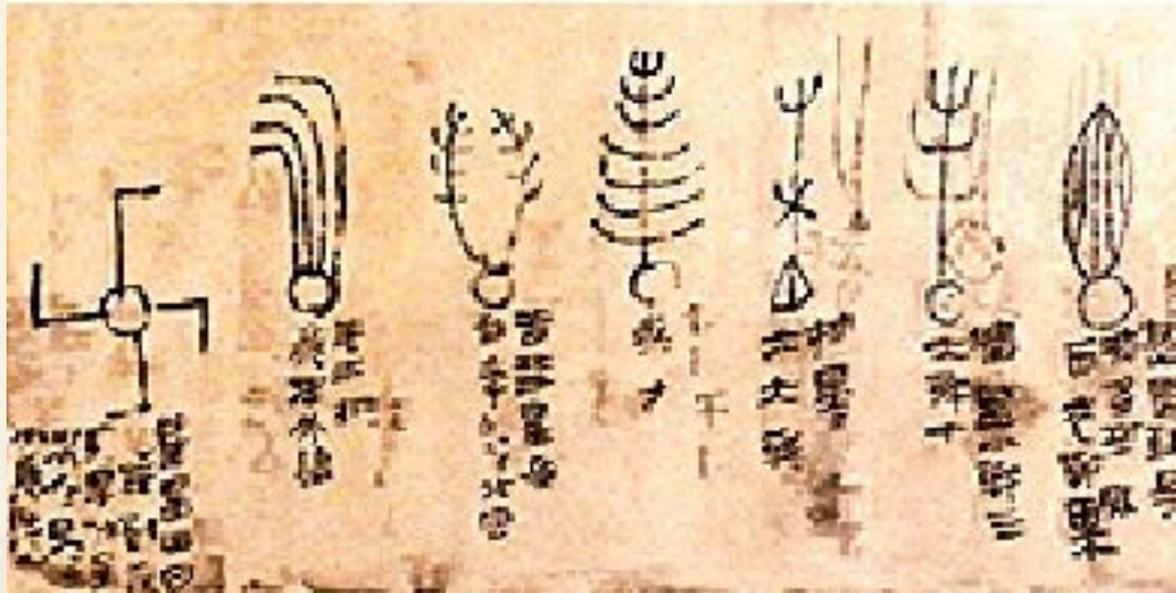
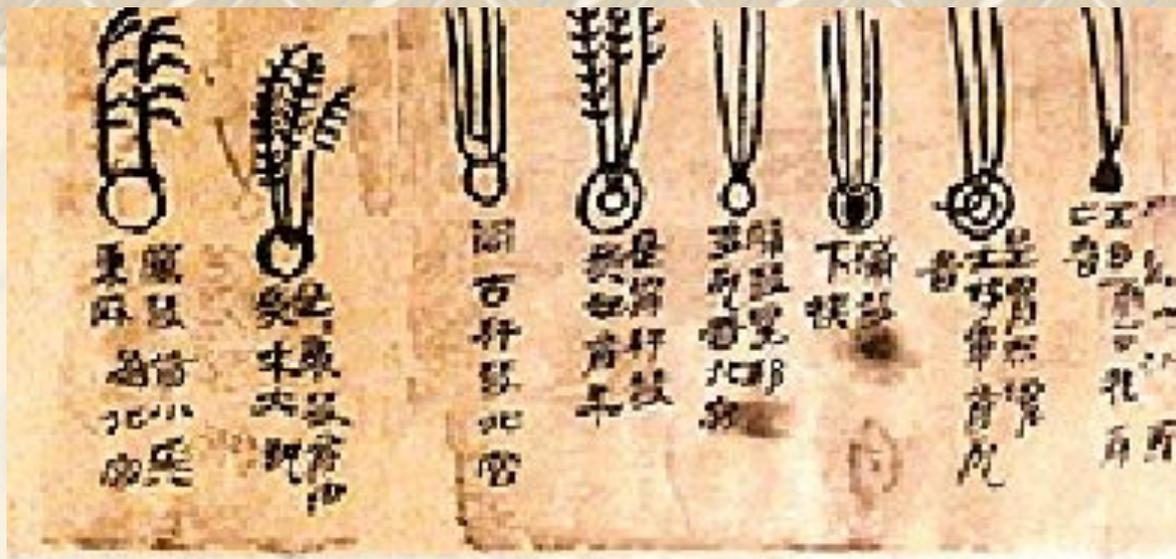
- ▶ **太阳黑子记录**：可以上溯到甲骨文字中有关太阳黑子的记载，离现在已有**3000**多年；对研究太阳物理和太阳的活动规律，以及地球上的气候变迁等，是极为珍贵的历史资料，有着重要的参考价值。
- ▶ **我国对哈雷彗星观测记录**久远、详尽。《史记·秦始皇本纪》记载的秦始皇七年（公元前**240**年）的彗星，各国学者认为这是世界上最早的哈雷彗星记录。
- ▶ 从公元前**7**世纪算起，我国古代至少有**180**次以上的流星雨纪事。



甲骨文干支表



甲骨文记载



中国古代彗星图

长沙马王堆汉墓出土



河南登封观星台



北京古观象台

➤ 仪器制作

我国最古老、最简单的天文仪器是土圭(gui1)，也叫圭表。它是用来度量日影长短；

西汉的落下闳(hong2)改制了浑仪，这种我国古代测量天体位置的主要仪器；

东汉的张衡创制了世界上第一架利用水利作为动力的浑象；

元代的郭守敬先后创制和改进了10多种天文仪器，如简仪、高表、仰仪等。

➤ 历法

郭守敬于公元1280年编订的《授时历》来说，通过三年多的两百次测量，经过计算，采用365.2425日作为一个回归年的长度。这个数值与现今世界上通用的公历值相同，而在六七百年前，郭守敬能够测算得那么精密，实在是了了不起，比欧洲的格里高列历早了300年。

❖ 中国古代天文仪器



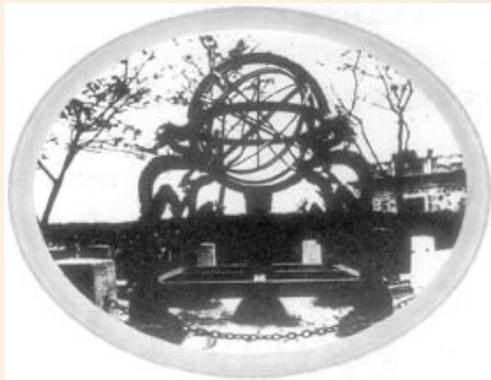
圭表



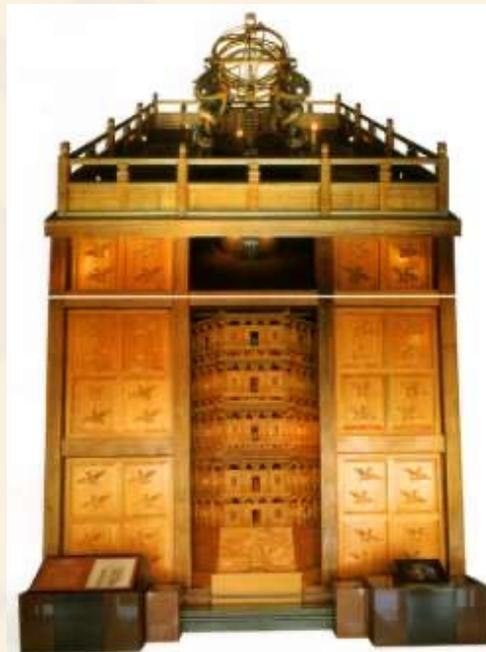
日晷



漏刻



浑仪



水运仪象台



天体仪

❖ 中国古代天文学家

落下闳(hong2)（公元前140—前87年）中国西汉时期天文学家，以历算和天文学的杰出成就著称于世，为我国最早的历算学家。汉武帝元封年间为了改革历法，征聘天文学家，他与他人合作创制新历法，优于其他历法，被汉武帝采用，称《太初历》，共施行189年，是中国历史上有文字可考的第一部优良历法，《太初历》采用的岁首和科学的置闰法，我国的阴历一直沿用至今。落下闳是浑天说的创始人之一，经他改进的赤道式浑仪，在中国用了2000年。在天文学史上首次准确推算出135月的日、月食周期，即11年应发生23次日食。根据这个周期，人类可以对日、月食进行预报，并可校正阴历。



（盖天说—浑天说—宣夜说）

张衡(公元78—139年)，我国东汉时期伟大的科学家、文学家、发明家和政治家。在天文学方面，他发明创造了“浑天仪”(公元117年)，是世界上第一台用水力推动的大型观察星象的天文仪器，著有《浑天仪图注》和《灵宪》等书，画出了完备的星象图，提出了“月光生于日之所照”科学论断。

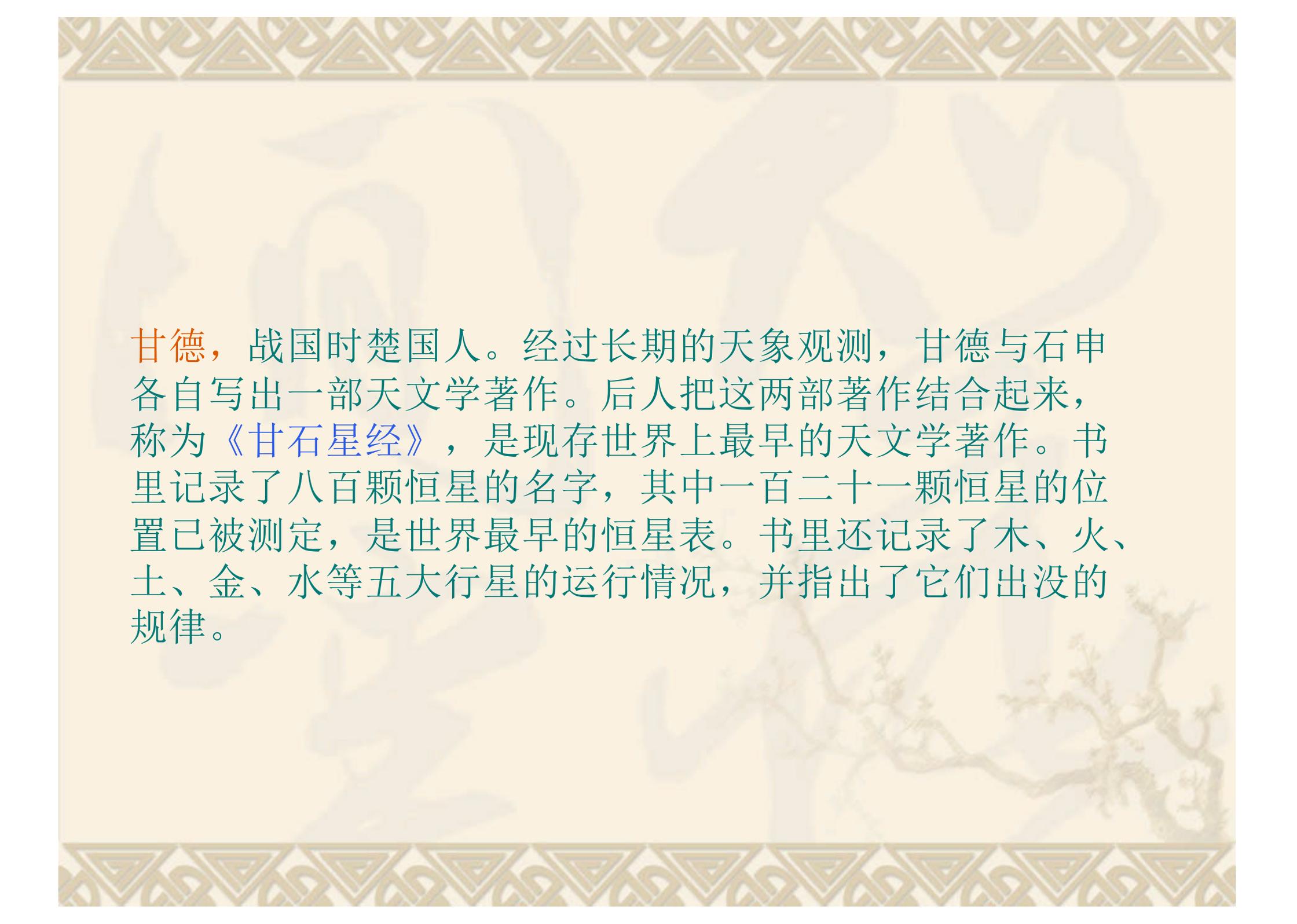
他系统观测天体运行，著《灵宪》等书，创制浑天仪，且在历法方面也有所研究。

《灵宪》是张衡积多年的实践与理论研究写成的一部天文巨著，也是世界天文史上的不朽名作。该书全面阐述了天地的生成、宇宙的演化、天地的结构、日月星辰的本质及其运动等诸多重大课题，将我国古代的天文学水平提升到了一个前所未有的新阶段，使我国当时的天文学研究居世界领先水平，并对后世产生了深远的影响。

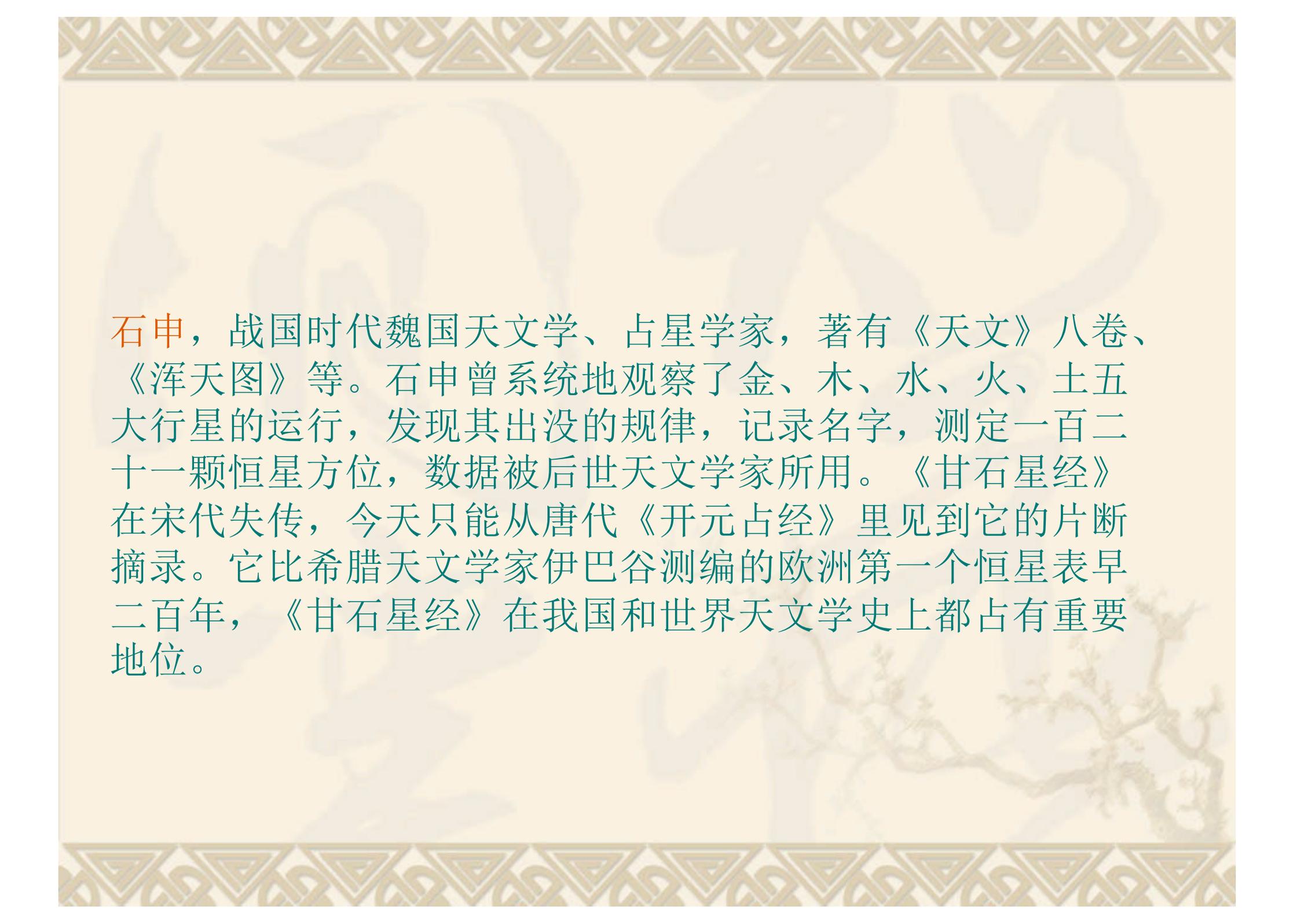


郭守敬（1231—1316），中国古代杰出的八大科学家一。为了精确汇集天文数据，以备制定新的历法，郭守敬花了两年时间，精心设计制造了一整套天文仪器，共13年，其中最有创造性的有3件：高表及其辅助仪器，简仪和仰仪。郭守敬根据观测的结果，于公元1280年3月，制订了一部准确精密的新历法《授时历》。这部新历法设定一年为365.2425天，比地球绕太阳一周的实际运行时间只差26秒。欧洲的著名历法《格里历》也规定一年为365.2425天，但是《格里历》是公元1582年开始使用的，比郭守敬的《授时历》晚了整整300年。郭守敬在天文历法方面的著作有14种，共计105卷。直到很晚，世界各国的科学界才逐渐了解他。



The background features a repeating geometric pattern of triangles and circles at the top and bottom. The central area is a light beige color with faint, large-scale calligraphic characters in a light blue-grey tone. The text is positioned in the lower-left quadrant of this central area.

甘德，战国时楚国人。经过长期的天象观测，甘德与石申各自写出一部天文学著作。后人把这两部著作结合起来，称为《**甘石星经**》，是现存世界上最早的天文学著作。书里记录了八百颗恒星的名字，其中一百二十一颗恒星的位置已被测定，是世界最早的恒星表。书里还记录了木、火、土、金、水等五大行星的运行情况，并指出了它们出没的规律。



石申，战国时代魏国天文学、占星学家，著有《天文》八卷、《浑天图》等。石申曾系统地观察了金、木、水、火、土五大行星的运行，发现其出没的规律，记录名字，测定一百二十一颗恒星方位，数据被后世天文学家所用。《甘石星经》在宋代失传，今天只能从唐代《开元占经》里见到它的片断摘录。它比希腊天文学家伊巴谷测编的欧洲第一个恒星表早二百年，《甘石星经》在我国和世界天文学史上都占有重要地位。

张遂（一行）（683年—727年），唐朝高僧，著名的天文学家。主要成就是主持编制《大衍历》，制造天文仪器、观测天象和主持天文大地测量等方面均有重要的贡献。纠正了我国古天文算学著作——《周髀算经》关于子午线“王畿千里，影差一寸”的错误计算公式，对人们正确认识地球作出了重大贡献。他设计制造了黄道游仪、浑仪、复矩等天文测量仪器。

祖冲之,商朝天文学家祖冲之除了研究数学外,祖冲之还非常注重天文学的研究。他发现前代的历法不够精确,采用历法推算出来的天象有时与实际天象不符。于是,祖冲之博览古历,在吸取前代历法精华的基础上,根据自己长期观测天象的结果,于33岁时创制了《大明历》。在《大明历》中,祖冲之首次引入了岁差,还采用了391年设置144个闰月的精密的新闰周。这些做法,都是对前代历法的重大改革。他在《大明历》中所采用的一个回归年的天数,跟现代科学测定的天数只相差50多秒;采用的一个交点月的天数,跟现代科学测定的相差不到1秒;在制历过程中,他发明了用圭表测量冬至前后正午时日影长度以定冬至时刻的方法,这个方法为后世长期采用。



沈括是北宋时期一位多才多艺的科学家，他精通地理、天文、数学、医学、农业等。30多岁时，他在参中编校昭文馆书籍的工作中，开始学习和研究天文学。他注重实际观测，通过学习和实践，他认识到岁差现象引起天象的变化是一种自然规律；他解释月亮是因为受太阳光照射发光而产生圆缺变化；他科学而生动地描述了常州陨石的坠落过程，并准确地判断出其成分是铁；他还注意到行星的视运动有往复现象。

后来，沈括在主管司天监工作期间，致力于整顿机构，强调实际观测，添置了新的天文仪器。在制造新浑仪时，他对传统的浑仪结构进行改进，简化浑仪的方向。为了测定北极星与北天极之间的距离，沈括亲自参加观测，每天上半夜、午夜和下半夜各观测一次，连续坚持了三个月，画了二百多张图，断定出北极星离北天极“三度有余”。



徐光启（1562—1633）是我国明末著名的科学家，是第一个把欧洲先进的科学知识介绍到中国的人。崇祯帝授权徐光启组织历局，重新编历。徐光启力主在研究中国古代历法的同时，参用西历，吸收西方先进的科学知识，请了三位传教士参与此工作，编译成了《崇祯历书》。这本系统介绍欧洲天文学知识的巨著，包括了欧洲古典天文学理论、仪器、计算和测量方法等。在编历中，他还注重欧洲天文学知识的介绍和西方观测仪器的引进等工作。他所主持的编历工作，为中国天文学古代向现代发展奠定了一定的基础。



李善兰（1811—1882年），清代天文学家、数学家。在天文学方面，他翻译了赫歇耳的《天文学纲要》一书，名为《谈天》，于1859年出版。书中介绍了哥白尼的学说，李善兰在序言中阐述了自己的观点，说明日心体系和行星运动中的椭圆定律等是客观存在，他还批判了前人对哥白尼日心说的攻击。他对天体椭圆轨道运动等的解算进行过研究，提出了自己独特的解算法，其中最主要的是他第一次在中国使用了无穷级数的概念来求解开普勒方程。他的著译甚多，他曾将自己主要的天文、算学著作汇编成《则古昔斋算学》一书。



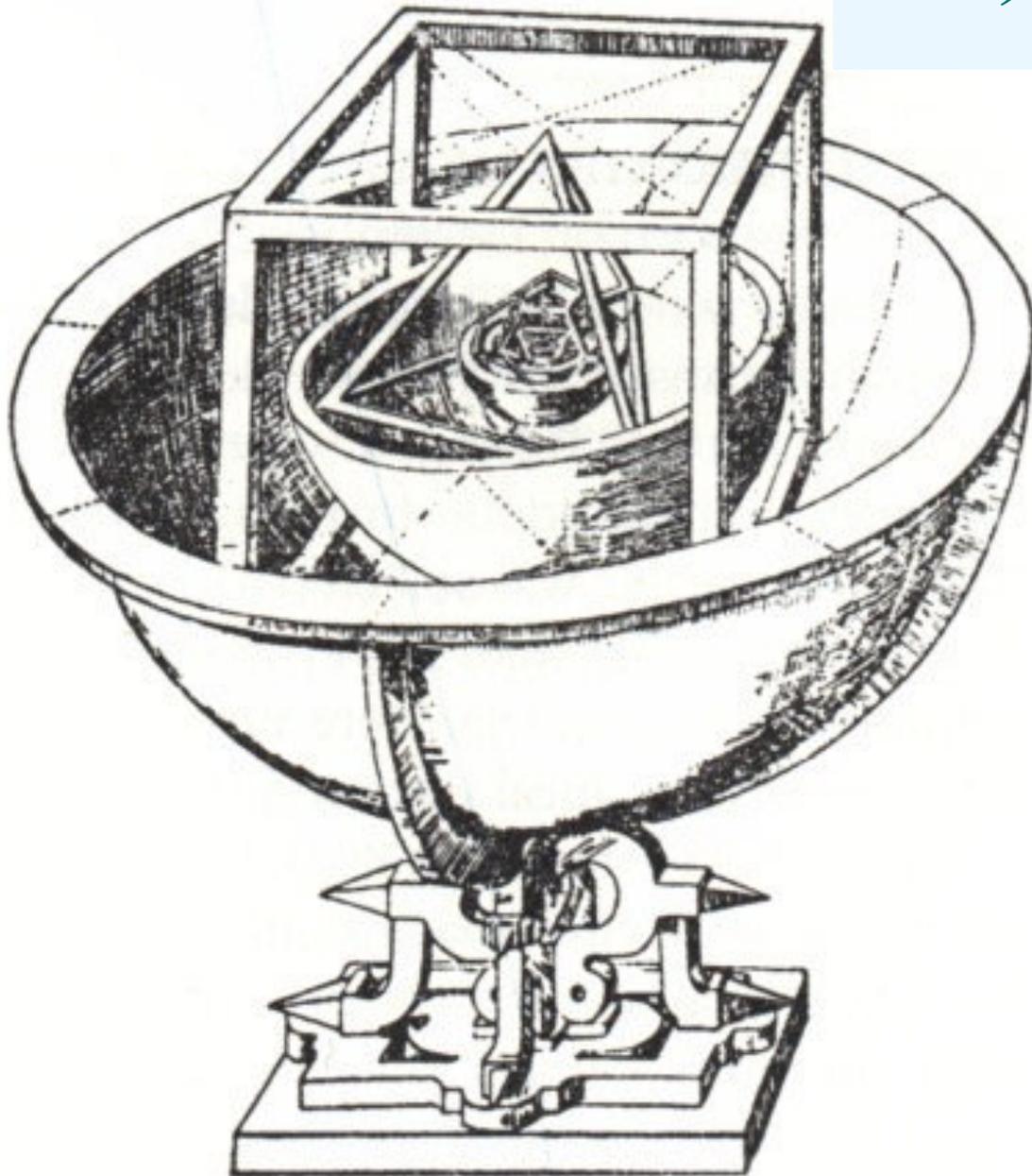
中世纪的天文学

- ❖ 哥白尼的日心学说：《天体运行论》（1543）
布鲁诺
- ❖ 近代力学宇宙体系的确立
 - 第谷肉眼的观测
 - 开普勒的三大定律（1609）
 - 伽利略的惯性定律
 - 伽利略制做望远镜并用于天文观测（1609）
“哥伦布发现了新大陆，而伽利略发现了新宇宙”
 - 牛顿力学的创立：《自然哲学的数学原理》（1687）
 - 牛顿力学的应用：哈雷彗星；海王星的发现

Renaissance astronomers such as Copernicus and Galileo argued that the Earth is not the center of the Universe and that the Universe is vastly larger and more complex than pictured by the Greeks. But old ideas died hard.



开普勒的宇宙



SIGNORVM STELLARVMQVE DESCRIPTIO CANONICA
ET PRIMO QVAE SVNT SEPTENTRIONIBVS PIAGAE

| FORMAE STELLARVM | Longitudo | Latitudo | Magnitudo |
|--|-----------|----------|-----------|
| VRSAE MINORIS SIVE CYTHORAE pars 1 ^a | 82 | 57 | 0 |
| In extremo cauda | 53 | 30 | 3 |
| Sequens in cauda | 55 | 50 | 4 |
| In eductore cauda | 59 | 20 | 4 |
| In latere quadraginti pcedente costibus | 63 | 0 | 0 |
| Eiusdem lateris borea | 87 | 0 | 0 |
| Quae in latere frequens australis | 100 | 30 | 0 |
| Eiusdem lateris borea | 109 | 50 | 0 |
| Stelle septem quae pde magnitudis 1 ^a sunt Et quae circa Cythorae inferens in latere frequens lunari magnae australis | 103 | 20 | 0 |
| VRSAE MAIORIS QVAE ELICEN VOCANT | | | |
| Quae in rostro | 78 | 40 | 0 |
| In limbo oculi praecedens | 79 | 10 | 0 |
| Sequens hanc | 79 | 40 | 0 |
| In fronte duae pcedens | 79 | 30 | 0 |
| Sequens in fronte | 81 | 0 | 0 |
| Quae in extra auricula pcedens | 81 | 30 | 0 |
| Duae in collo antecedens | 84 | 50 | 0 |
| Sequens | 92 | 50 | 0 |
| In potere duae borea | 94 | 20 | 0 |
| Australis | 93 | 20 | 0 |
| In genu sinistro antennis | 89 | 0 | 0 |
| Duae in pede sinistro brevis borea | 87 | 50 | 0 |
| Quae magis ad austrum | 88 | 40 | 0 |
| In genu dextro brevis | 89 | 0 | 0 |
| Quae sub ipso genu | 101 | 10 | 33 |
| Quae in humero | 104 | 0 | 49 |
| Quae in cubito | 106 | 30 | 44 |
| Quae in eductore cauda | 110 | 30 | 51 |



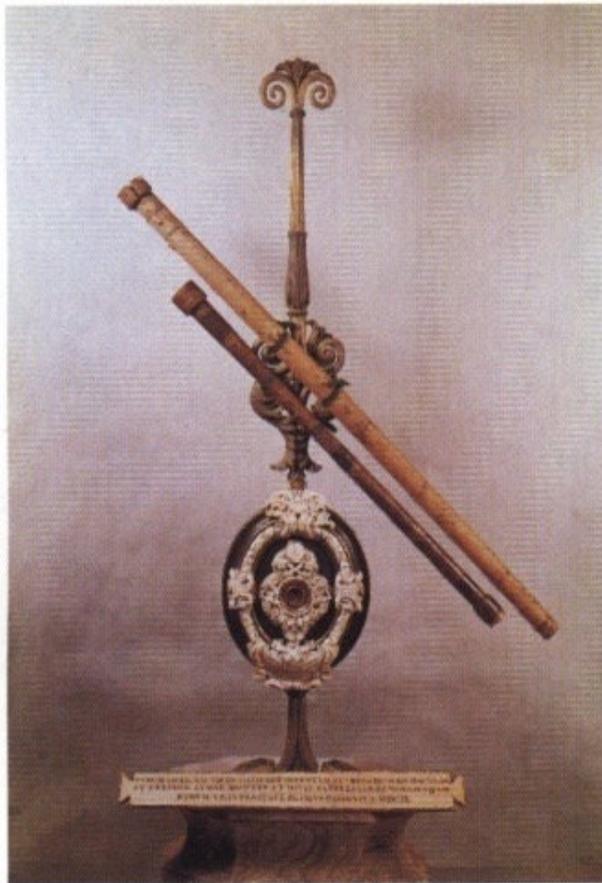


Figure 6.1 The telescope with which Galileo made his first observations was simple, but its influence on astronomy was immeasurable.

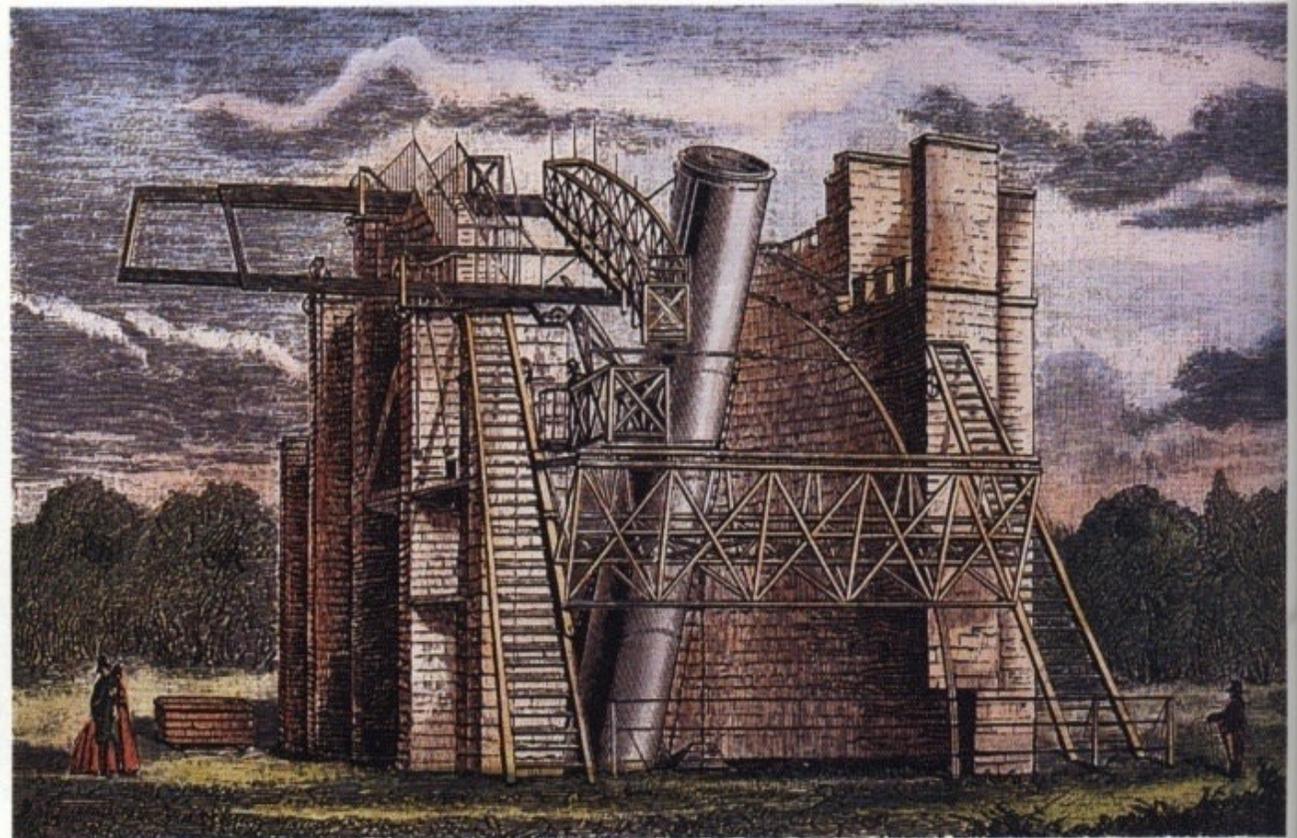


Figure 6.2 By the midnineteenth century, telescopes had improved enormously in both size and quality. Shown here is the telescope built and used by Irish nobleman and amateur astronomer the Earl of Rosse.

❖ 18、19世纪的天文学

- 18世纪是经典天文学（天体测量学和天体力学）蓬勃发展的时代。
- 国立天文台的设立：法国首先于1671年设立了巴黎天文台，英国也不甘落后，于1675年设立了格林威治皇家天文台。后来俄国的普尔科沃天文台、美国的华盛顿海军天文台也相继建成。
- 哈雷与彗星：彗星运动；金星凌日来测定太阳的距离；恒星自行；月亮的运行长期加速现象
- 布拉得雷与光行差和章动
- 测量地球
- 测量太阳的视差
- 太阳系起源理论——星云说（康德、拉普拉斯）

➤ 威廉·赫歇耳与恒星天文学

1781年他发现天王星

发现了土星的两颗卫星和天王星的两颗卫星

1783年赫歇耳发现了太阳的自行，太阳也不是在宇宙的中心

对双星的观测：物理双星，引力的普适性

对星云、星团的研究，堪称是探测星云的鼻祖

对银河系结构的研究

➤ 19世纪的太阳系开拓

➤ 19世纪下半叶，分光光学、光度学和照相术广泛应用导致天体物理学的诞生，从此开始了现代天文学阶段：Josef Fraunhofer--分光光学

➤ 1846年海王星的发现

➤ 太阳物理学：太阳谱线的证认，黑子温度，1865年法国天文学家法伊（1814~1902）发表了太阳的新理论，他认为，整个太阳是一团气体，通过对流的方式由里向外散热。

➤ 恒星物理学：光谱分类

二十世纪的天文学 (天体物理学简史)

- ❖ 1859 太阳光谱吸收线证认 (基尔霍夫)
- ❖ 1864 恒星元素谱线证认 (哈根斯)
- ❖ 1874 日食观测发现氦元素
- ❖ 1905-1913 赫罗图
- ❖ 1915 广义相对论 (爱因斯坦)
- ❖ 1920年代 恒星大气电离理论及内部结构理论
- ❖ 1929 星系红移-距离的哈勃关系
- ❖ 1932-1934 中子的发现及中子星模型
- ❖ 1938 热核反应理论提出——恒星的能源

- ❖ 1948 宇宙大爆炸理论的提出 ($\alpha\beta\gamma$ 理论)
- ❖ 1960年代：类星体 (1963)、脉冲星 (1967)、星际分子 (1963)、微波背景辐射 (1965)
- ❖ 1970年代 太阳 γ 爆和宇宙 γ 爆、空间天文学、双星系统引力波辐射的验证
- ❖ 1980年代 中微子天文学、引力透镜
- ❖ 1990年代 COBE、IRAS、HST、CHANDRA、XMM-NEWTON等相继发射
——对宇宙大尺度、全波段的研究

当前已进入多信使天文观测时代！

从诺贝尔奖看重大成果

1936年以来诺贝尔物理学奖有**14**次属天体物理。

1936 **V.F. Hess**

发现宇宙线

1967 **H. Bethe**

恒星能源

1970 **H. Alfven**

磁流体力学

1974 **A. Hewish**

脉冲星发现

M. Ryle

射电综合孔径技术

1978 **A. A. Penzias**

3K微波背景辐射

R. W. Wilson

1983 W. A. FOWLER 核合成, 核天体物理学
S. Chandrasekhar 恒星结构

1993 R. A. Hulse 脉冲双星发现, 验证了广义相对论的引力波辐射
J. H. Taylor

2002 K. Giacconi 开创 X-ray 天文学
R. Davis 开创中微子天文学

M. Koshiba

2006 约翰·马瑟
乔治·斯穆特

宇宙微波背景辐射的
黑体形式和各向异性

2011 珀尔马特
施密特
里斯

观测超新星发现宇宙
加速膨胀

2015 Takaaki Kajita
Arthur B. Mcdonald

中微子振荡

Gravitational wave detection wins physics Nobel

Rainer Weiss, Barry Barish and Kip Thorne share the 2017 prize for their work at LIGO to detect ripples in space-time.

Daide Castelvechi

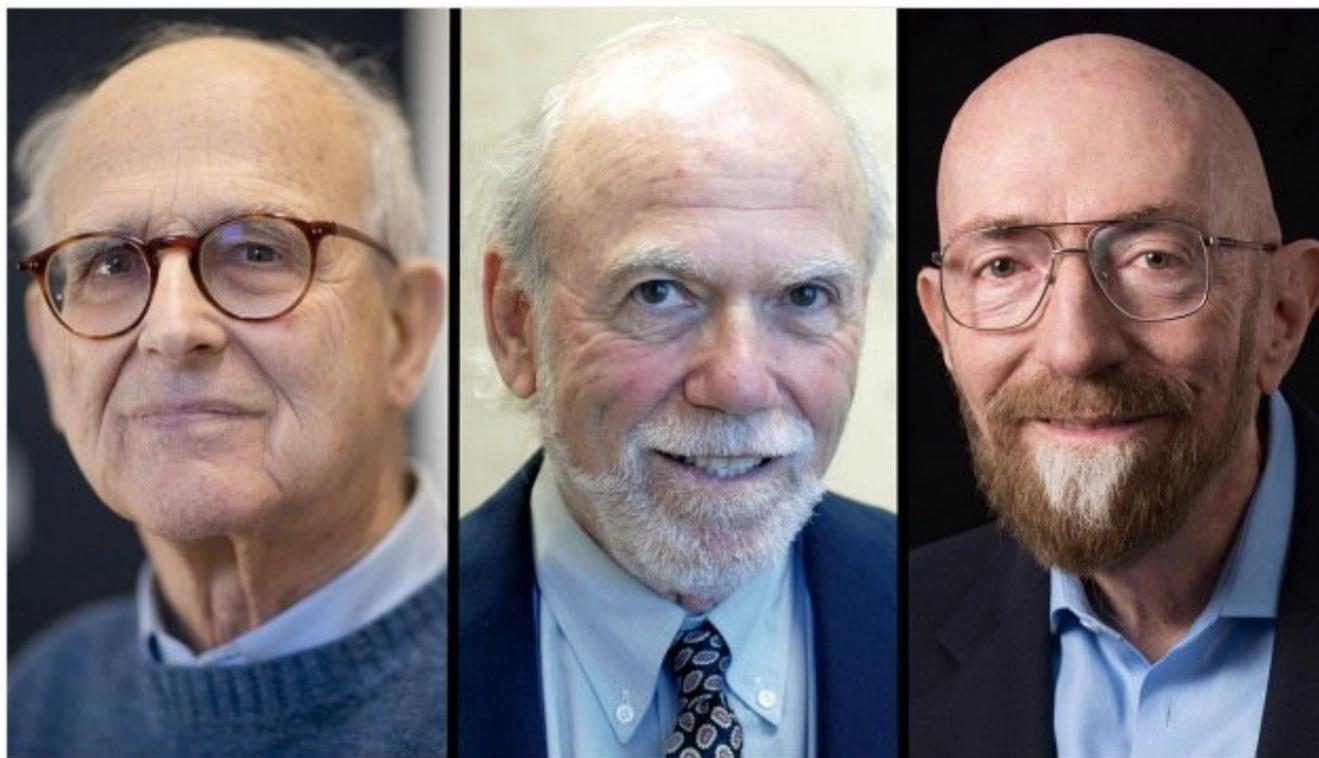
03 October 2017



PDF



Rights & Permissions



Left: Bryce Vickmark/MIT. Centre: Caltech. Right: Caltech Alumni Assoc.

Rainer Weiss (left), Barry Barish (centre), and Kip Thorne (right), who led work to detect gravitational waves.

THE NOBEL PRIZE IN PHYSICS 2019

Illustrations: Niklas Elmehed



James
Peebles

“for theoretical
discoveries
in physical
cosmology”

Michel
Mayor

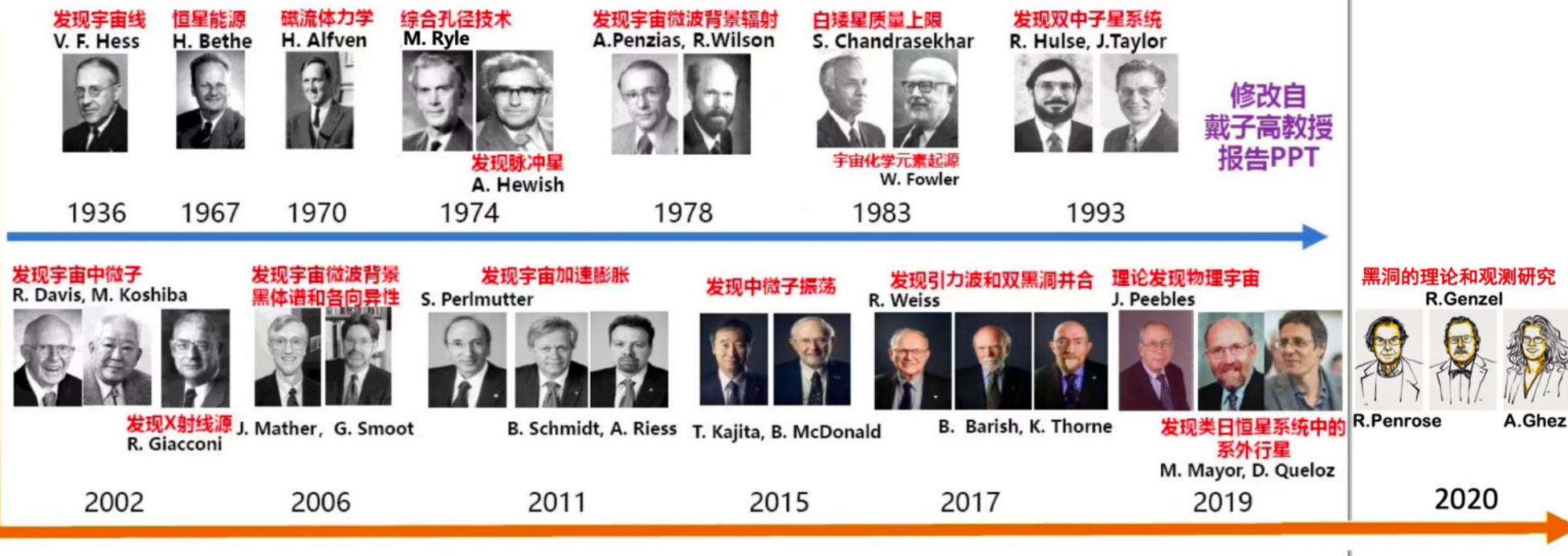
“for the discovery of an exoplanet
orbiting a solar-type star”

Didier
Queloz

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

历届诺贝尔物理学奖颁发给天体物理领域一览

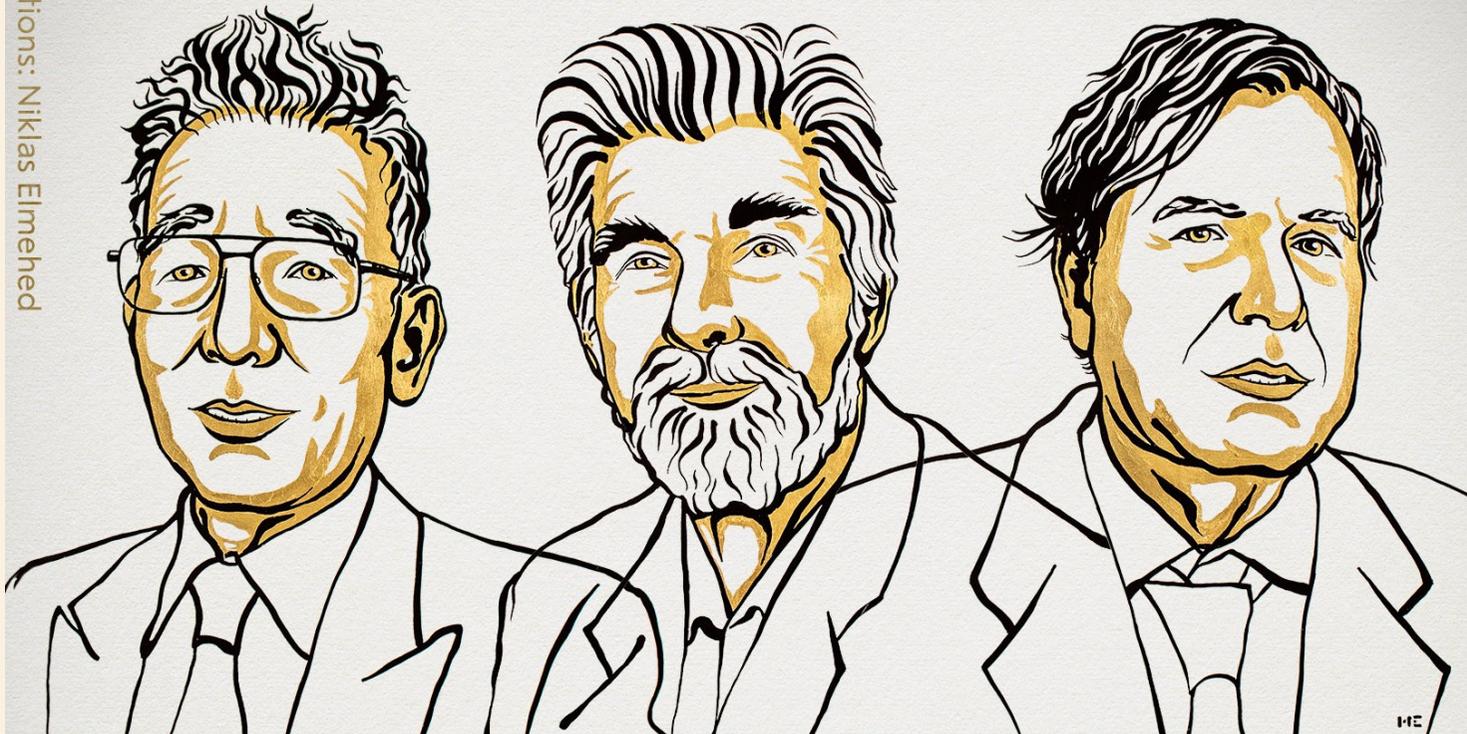
从1936年以来天体物理领域 14次19项30人获诺贝尔物理学奖



修改自
戴子高教授
报告PPT

THE NOBEL PRIZE IN PHYSICS 2021

Illustrations: Niklas Elmehed



**Syukuro
Manabe**

“for the physical modelling
of Earth’s climate, quantifying
variability and reliably
predicting global warming”

**Klaus
Hasselmann**

**Giorgio
Parisi**

“for the discovery of the
interplay of disorder and
fluctuations in physical
systems from atomic
to planetary scales”

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

二、天体物理研究的意义和方法

- ❖ 探索宇宙的奥秘 --The Universe, Yours to Discover!
- ❖ 极端条件下的物理实验室
 - 超强引力
 - 超致密
 - 超强磁场
 - 超高能
 - 超真空
- ❖ 研究方法：以多信使观测为基础，
结合理论与数值模拟

来自宇宙的信息

(天体物理的观测方法)

- ❖ 电磁波辐射 (宇宙信息的主要来源)
- ❖ 陨石和月球上取回的物质
- ❖ 宇宙线粒子
- ❖ 中微子
例如: $4\text{H} \rightarrow \text{He} + 2\text{正电子} + 2\text{中微子}$
(恒星内部的核反应)
- ❖ 引力波辐射



电磁波辐射—走向全波段

| 射电 | 微波 | 亚毫米波 | 远红外 | 近红外 |
|---------|---------|-----------------|----------------|-----------------|
| 3cm-30m | 1mm-3cm | 100 μ m-1mm | 2-100 μ m | 0.8-2 μ m |
| 地面 | 地面 | 高山 气球 火箭 | 地面 气球 卫星 | 地面 |
| 射电接收器 | 射电接收器 | 测辐射热器 | | 照相 像管 CCD |

可见光

紫外

软X射线

硬X射线

γ射线

0.4-0.8μm

100-4000Å

10-100Å

1.2-370keV

>370keV

地面

地面

火箭

气球

气球

(3000-4000Å)

火箭

卫星

卫星

卫星

卫星

卫星

照相

Every photon counts!

像管

光子计数器

CCD

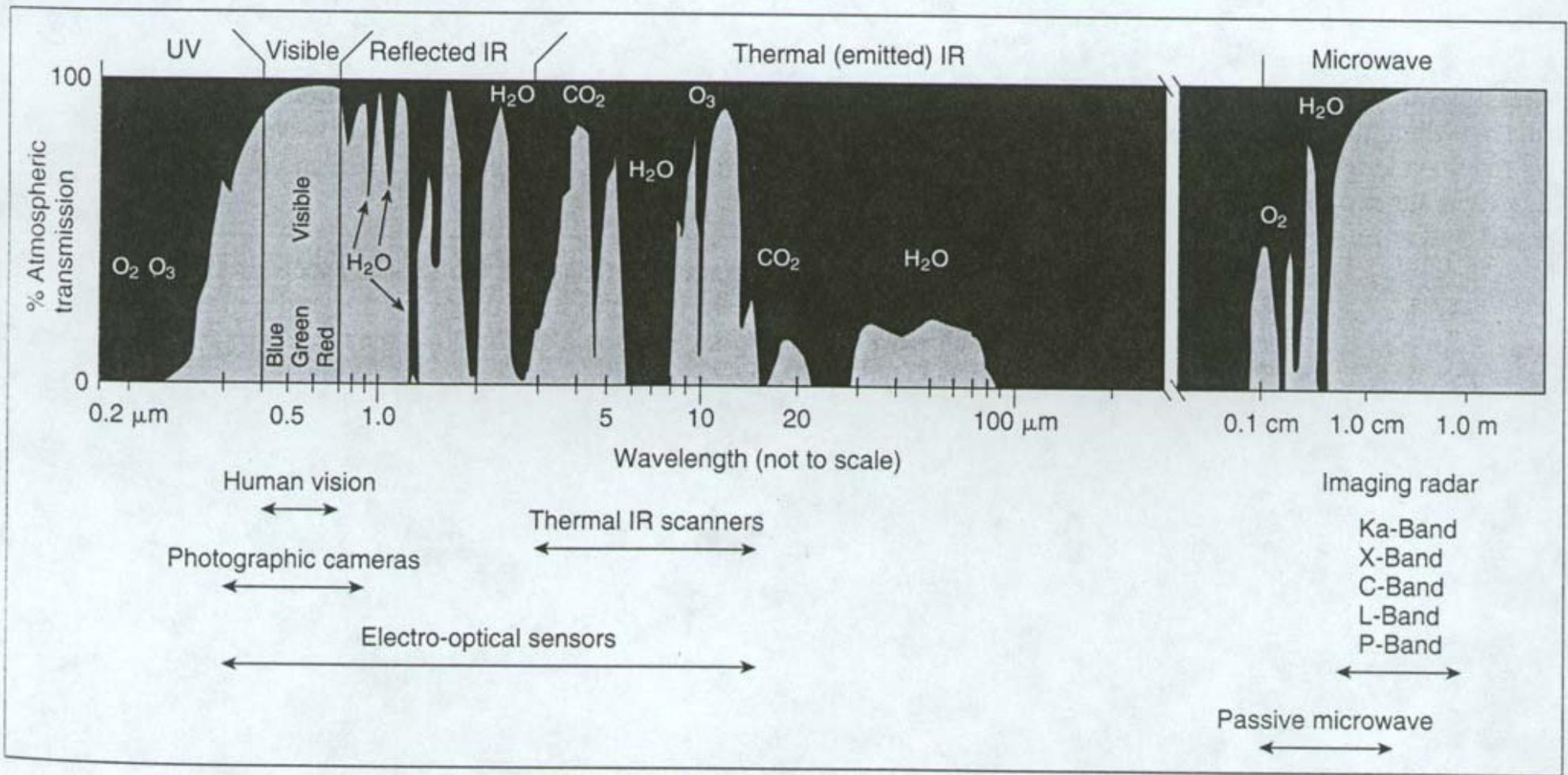
哈勃太空望远镜：长： 13.2米

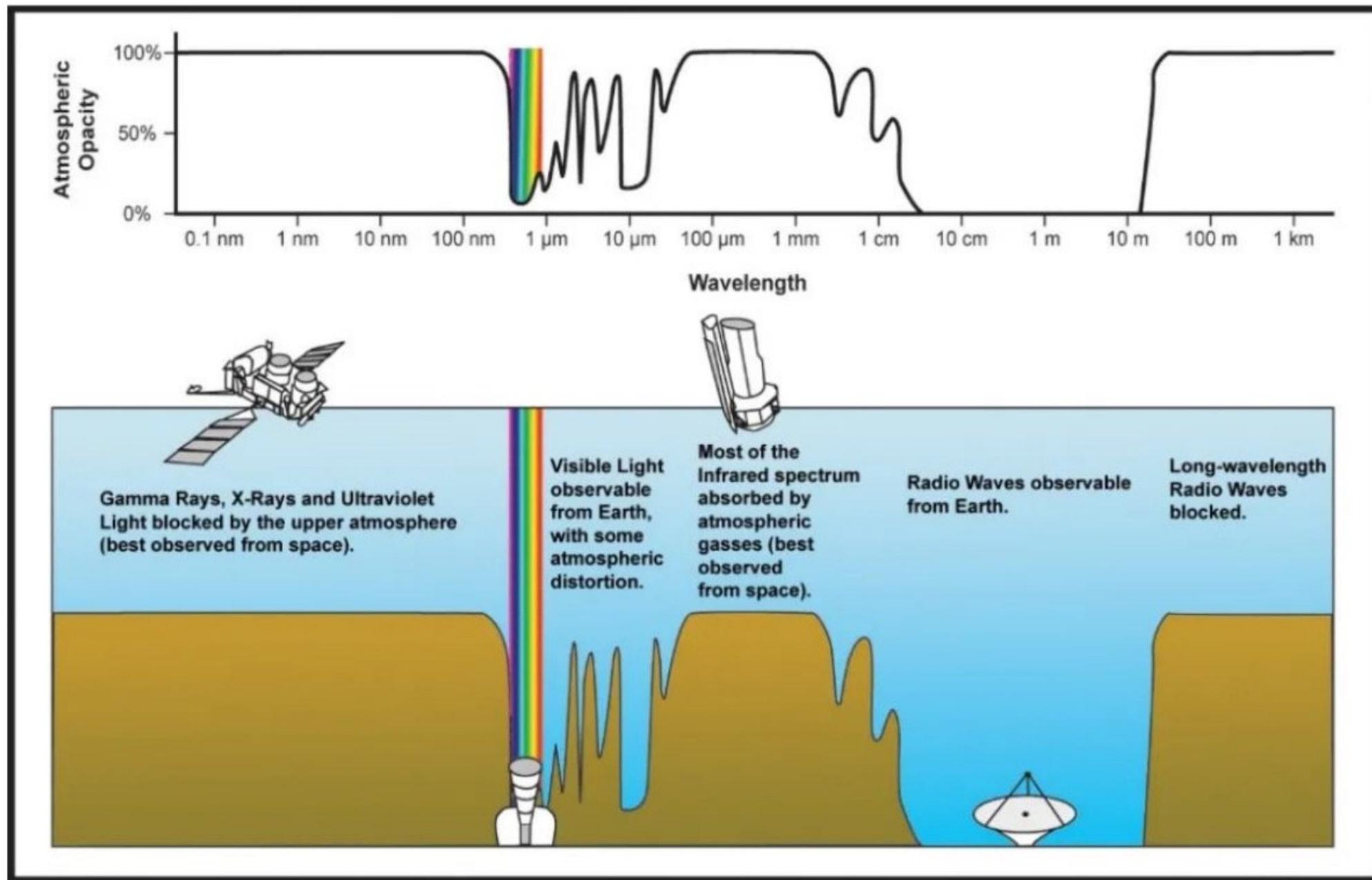
直径： 2.4米

重： 11.1吨

耗资： >15亿\$@1990

大气透射窗口





地球大气层对电磁波的不透明度，及相应的可见光、红外、与射电窗口。图中从左到右电磁波波长逐渐增大、频率从高频到低频，即光子能量从高到低。来源 / 美国航天局（NASA）

鸿蒙开辟——打开超长波天文的新窗口 | 赛先生天文

原创 陈学雷 赛先生 8月25日 2021年

这里的“超长波”一词，是指30MHz以下的射电天文频段。

波长10米以上

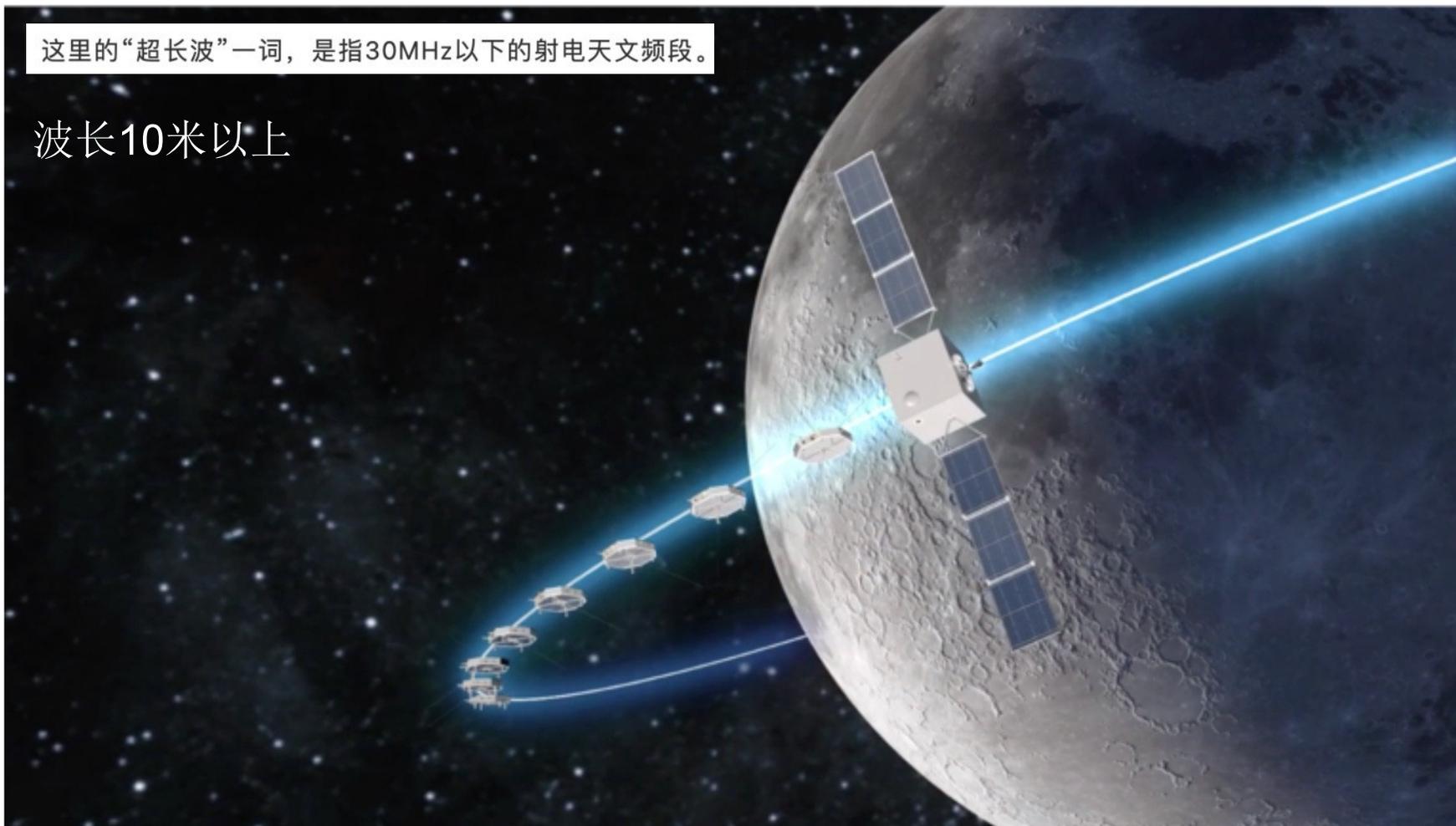


图4. 鸿蒙超长波阵列艺术想象图

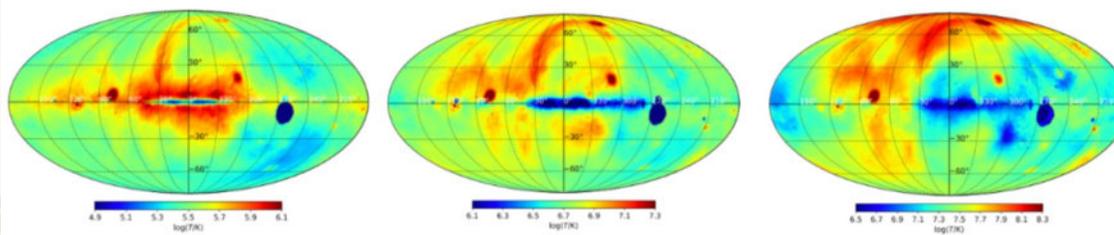
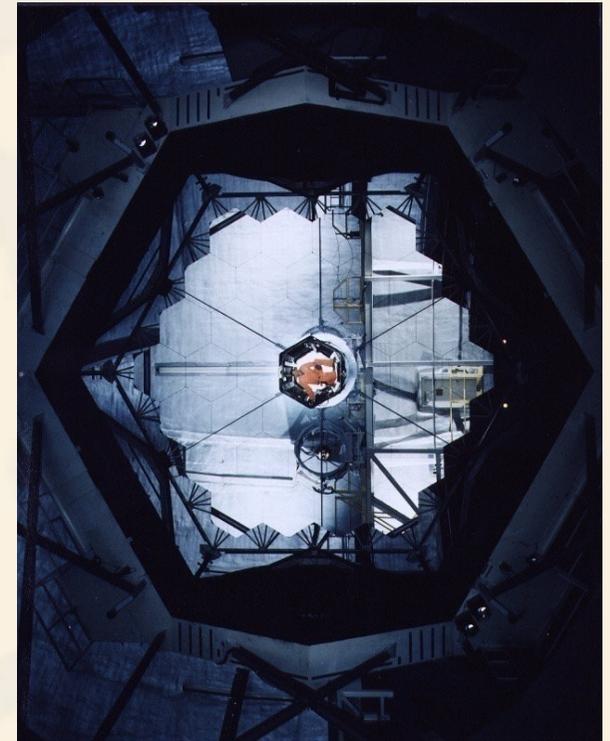


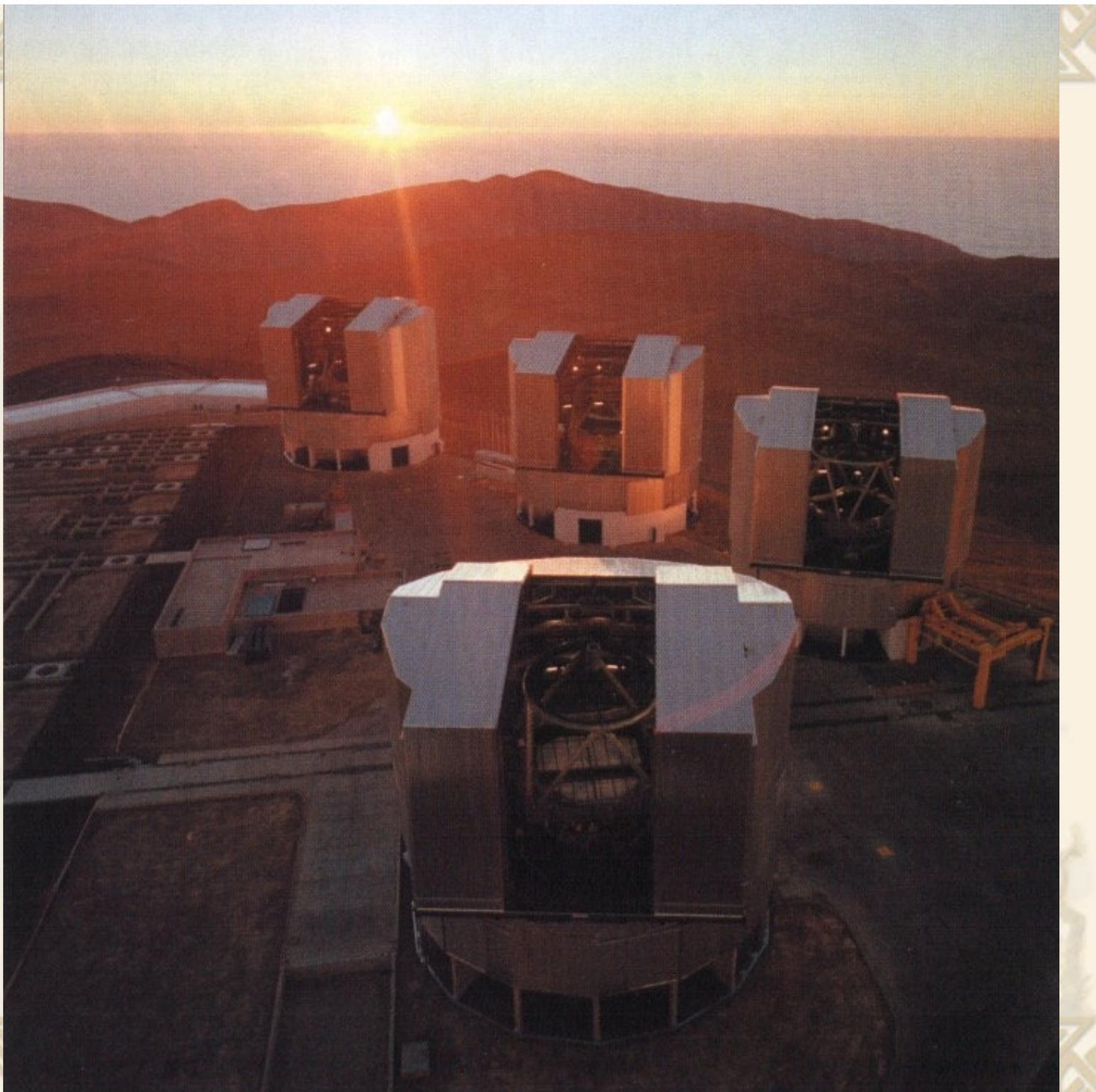
图8. ULSA模型预测的10MHz (左), 3MHz (中) 和1MHz (右) 天图[10]。

三、各波段的一些知名设备和将来的设备

• 美国夏威夷的凯克望远镜由两个10米口径的望远镜组成，每个10米望远镜不是单一片的反射镜，而是由36片反射镜拼嵌成的反射望远镜，镜片下方利用计算机进行安装和调整，能够增强观测能力。



VLT
甚大望
远镜（4台
8.2米的望远
镜；ESO）



| # | Image | Name | Aperture (m) | Area (m ²) | Primary mirror | Altitude (m) | First light |
|---|---|---------------------------------|--|------------------------|------------------------------|--------------|-------------|
| 5 |  | Extremely Large Telescope (ELT) | 39.3 | 978 | 798 × 1.45 m hexagonal (f/1) | 3060 | 2024 |
| 4 |  | Thirty Meter Telescope (TMT) | 30 | 655 | 492 × 1.45 m hexagonal (f/1) | 4050 | TBD |
| 3 |  | Giant Magellan Telescope (GMT) | 24.5 | 368 | 7 × 8.4 m circular (f/0.71) | 2516 | 2021 |
| 2 |  | Large Binocular Telescope (LBT) | 11.8 <i>equiv area</i> 22.8 <i>equiv detail limit</i> | 111 | 2 × 8.4 m circular | 3221 | 2008 |
| 1 |  | Gran Telescopio Canarias (GTC) | 10.4 | 74 | 36 × 1.9 m hexagonal | 2275 | 2008 |

三十米望远镜 (TMT)



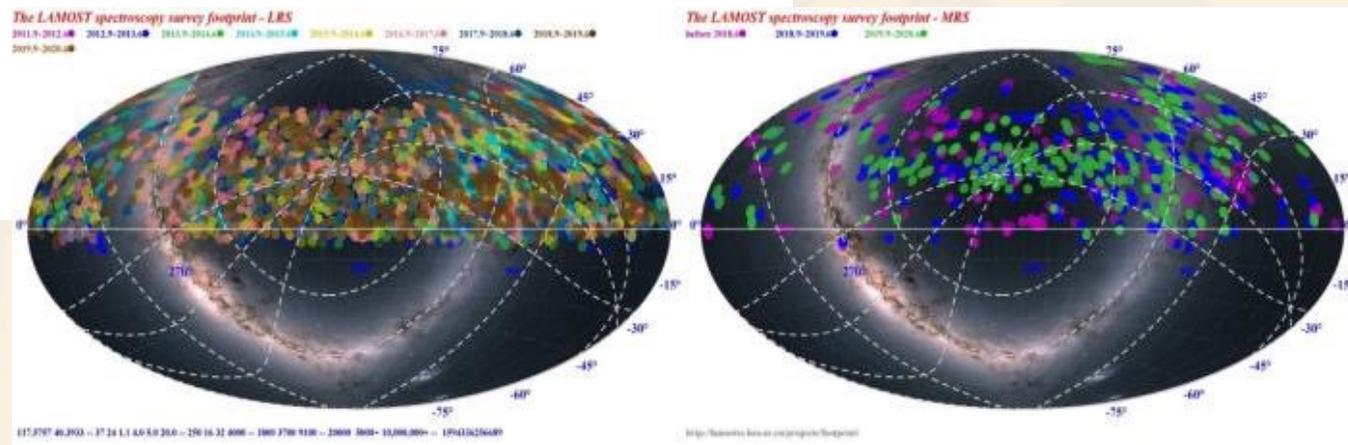
大面积多目标光纤光谱望远镜 (LAMOST; 郭守敬望远镜)



中国LAMOST巡天光谱总数达1723万条 成“数字银河系”基石

中国新闻网

2021-04-02 16:42:59



左图为LAMOST先导巡天和低分辨率巡天前八年天区覆盖图，右图为LAMOST两年中分辨率光谱巡天天区覆盖图。
袁海龙 绘制，中科院国家天文台 供图

| 分类 | 低分辨率数据 | 中分辨率非时域数据 | 中分辨率时域数据 | DR8总数 |
|----------------|--------|-----------|----------|-------|
| 发布光谱总数 | 1121万 | 147万 | 455万 | 1723万 |
| 高质量光谱 (S/N>10) | 968万 | 97万 | 263万 | 1328万 |
| 恒星参数 | 647万 | 75万 | 53万 | 775万 |

| 项目 | 位置 | 望远镜口径 | 光纤数目 | 初光时间 |
|--------------------------|-----------|-------|------|------|
| LAMOST | 中国 | 4.9 m | 4000 | 2008 |
| DESI | 美国亚利桑那 | 4 m | 5000 | 2019 |
| SDSS-V | 美国新墨西哥、智利 | 2.5 m | 800 | 2021 |
| WEAVE | 西班牙 | 4.2 m | 1000 | 2021 |
| 4MOST | 智利 | 4.1 m | 2400 | 2023 |
| MOONS | 智利 | 8.2 m | 1000 | 2023 |
| Prime Focus Spectrograph | 美国夏威夷 | 8.2 m | 2400 | 2022 |

国际上最新采用可自动控制光纤定位技术的大型巡天项目与LAMOST对比表(Clery, 2021, Science, 371, 550)。中科院国家天文台 供图



(The Innovation)

郭守敬望远镜发布光谱数据破两千万

文章来源：光明日报 齐芳

发布时间：2023-04-01



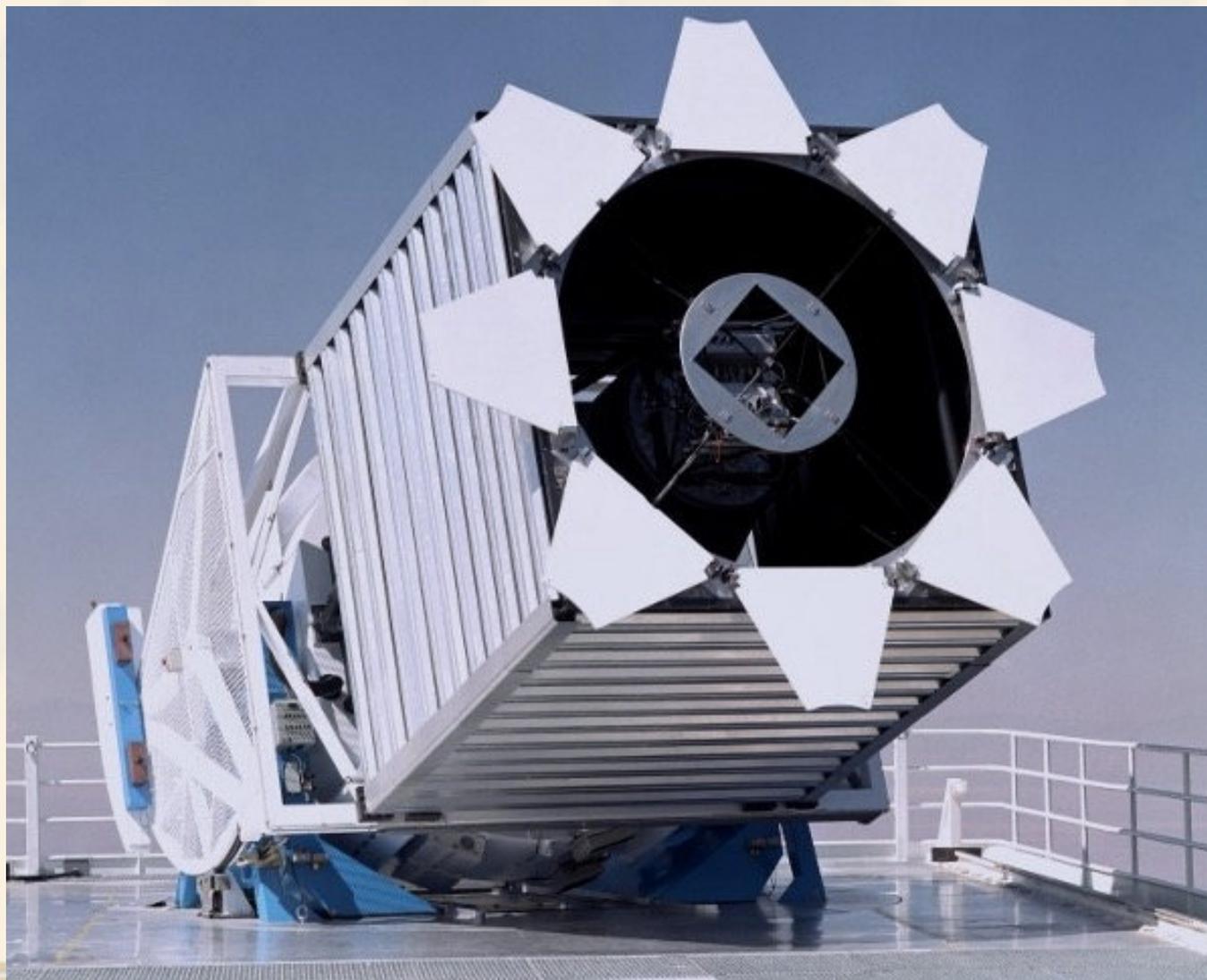
郭守敬望远镜与银河 中科院国家天文台供图

3月31日，中国科学院国家天文台对国内天文学家和国际合作者发布了郭守敬望远镜（以下简称“LAMOST”）取得的巡天数据集——LAMOST DR10（v1.0版本）数据集。该数据集包含光谱总数2229万余条，是目前国际上其他巡天望远镜已发布光谱数之和的2.9倍。至此，LAMOST成为世界上首个发布光谱数突破两千万的巡天项目。

十年数据，世界之最

据LAMOST运行和发展中心常务副主任赵永恒研究员介绍，此次发布的DR10数据集是LAMOST于2011年10月至2022年6月观测获取的光谱数据，其中包含5923个低分辨率观测天区，1951个中分辨率观测天区。发布的2229万条光谱数据包括1181万条低分辨率光谱，1048万条中分辨率光谱，中、低分辨率光谱均突破千万。此外，DR10数据中还包括一个约961万组的恒星光谱参数星表。LAMOST发布光谱数和恒星参数星表数量，连续十年稳居国际第一，也使中国在该领域处于国际领先地位。

斯隆数字化巡天 (SDSS)



哈勃太空望远镜





Hubble Space Telescope Hidden Gems

2020

30 years of the NASA/ESA Hubble Space Telescope



“哈勃星空（舒缓版）”

（哈勃星空动画 POCKN）

中国的“哈勃”

中国空间站望远镜 CSST



CSST在轨运行效果图

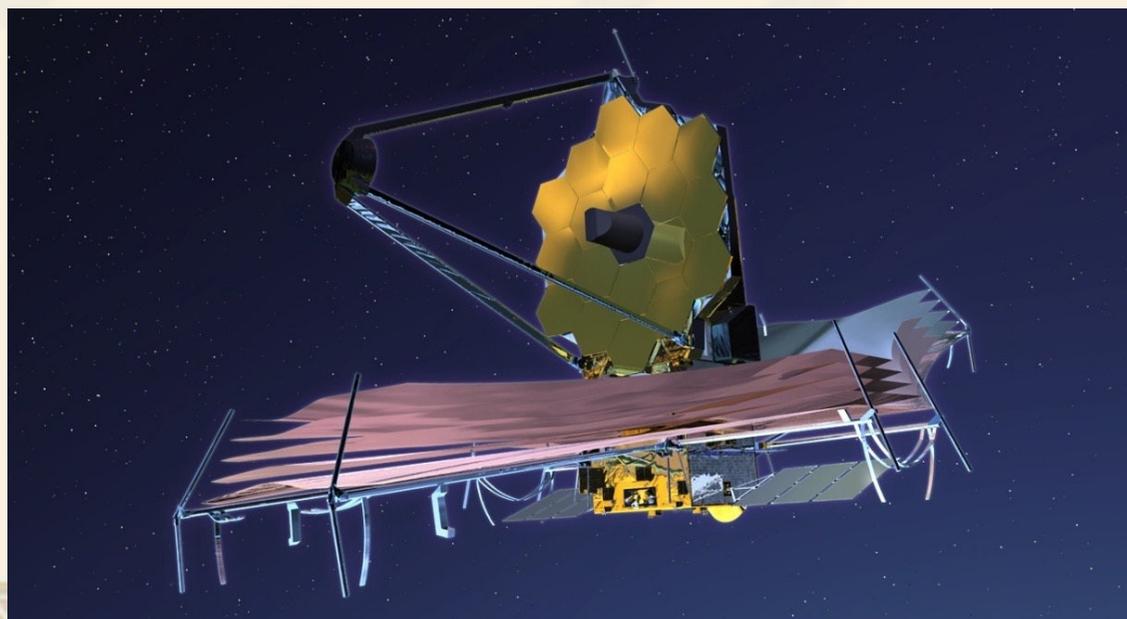
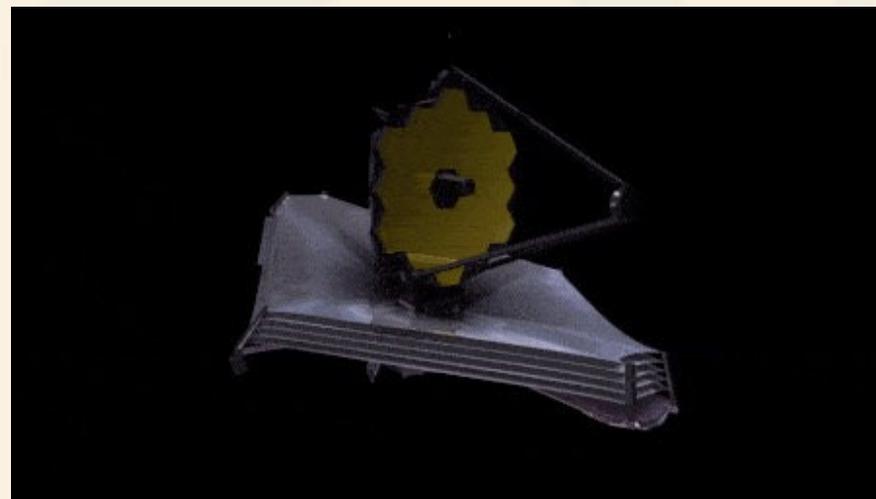
| 项目 | 轨道/ 台址 | 发射/ 运行 | 视场 | R_{EEBO} | 像元 数量 | 巡大 面积 | 观测波长 | 滤光 片 | 光谱 能力 |
|----------------|-----------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|----------------------|---------|----------|
| | | | deg ² | " | 10 ⁹ | deg ² | nm | | |
| CSST 2m | LEO | ~2024 | 1.1 | 0.15 0.074/pix | 2.5 | 17500 | 255—1000 | 7 | 有 |
| Euclid 1.2m | L2 | 2022 | 0.56 0.55 | >0.2 pix lmt | 0.61 0.07 | 15000 | 550—920 1000—2000 | 1 3 | 无 有 |
| WFIRST 2.4m | L2 | 不 早于 2025 | 0.28 | >0.2 | 0.3 | 2400 | 927—2000 | 4 | 有 |
| LSST 8.4m | 智利 | 2023 | 9.6 | 0.54 | 3.2 | 18000 | 320—1050 | 6 | 无 |

和国际同类项目的参数相比

【PPT来源：詹虎.国家天文台】

哈勃的接班人/继任者——韦布

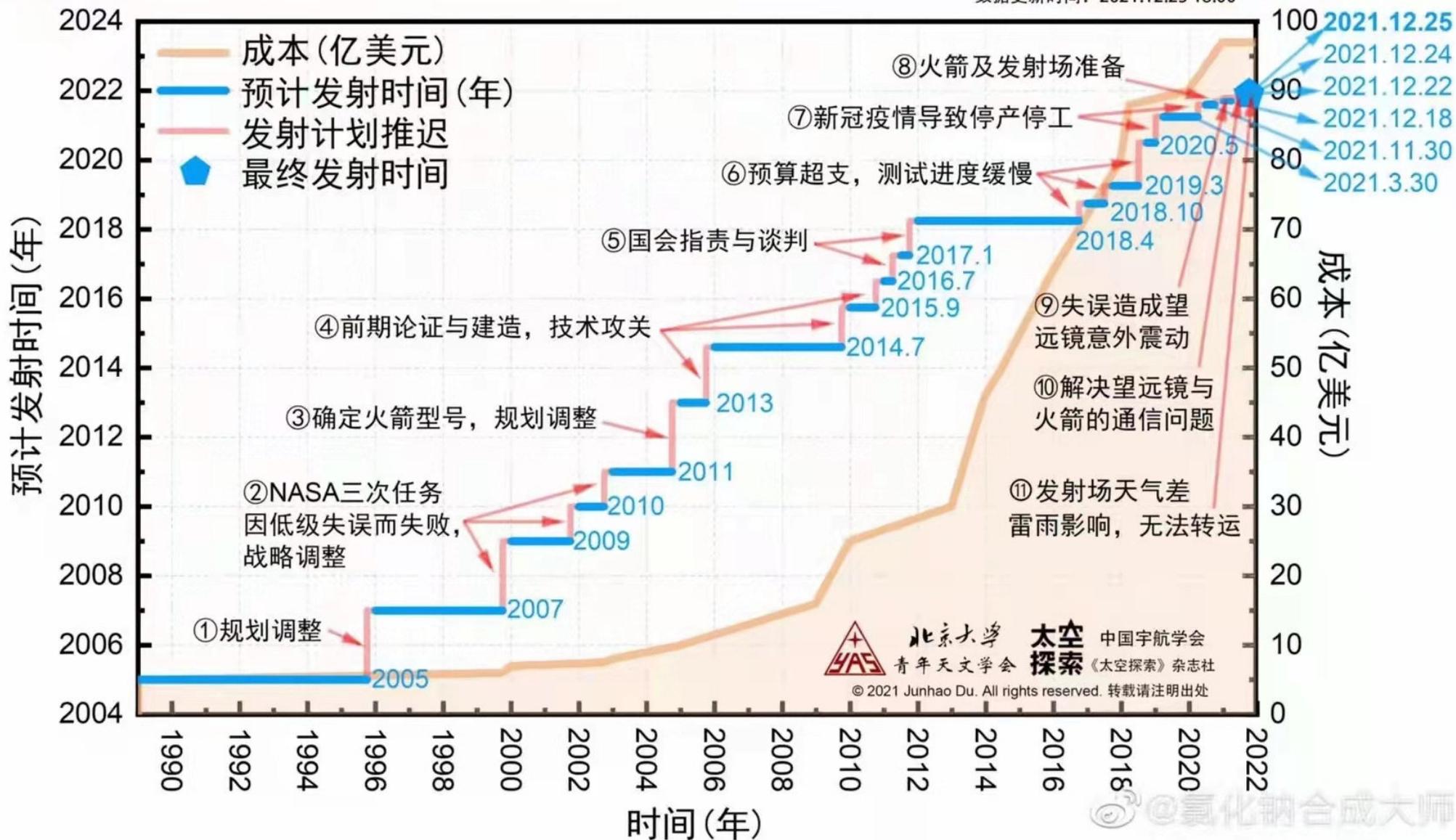
第二代太空望远镜“韦布”是为了纪念美国宇航局第二任局长詹姆斯·韦布。按照设计，它的主镜直径6.5米，运行在距地球150万公里的“第二拉格朗日点”上。“韦布”装备的仪器将包括近红外和中红外照相机。它强大的红外观测能力可以帮助科学家对宇宙早期星系的诞生等进行更深入研究。





“鸽王”詹姆斯·韦伯空间望远镜成本及发射时间示意图

数据更新时间：2021.12.23 18:00



@真化纳合成大师

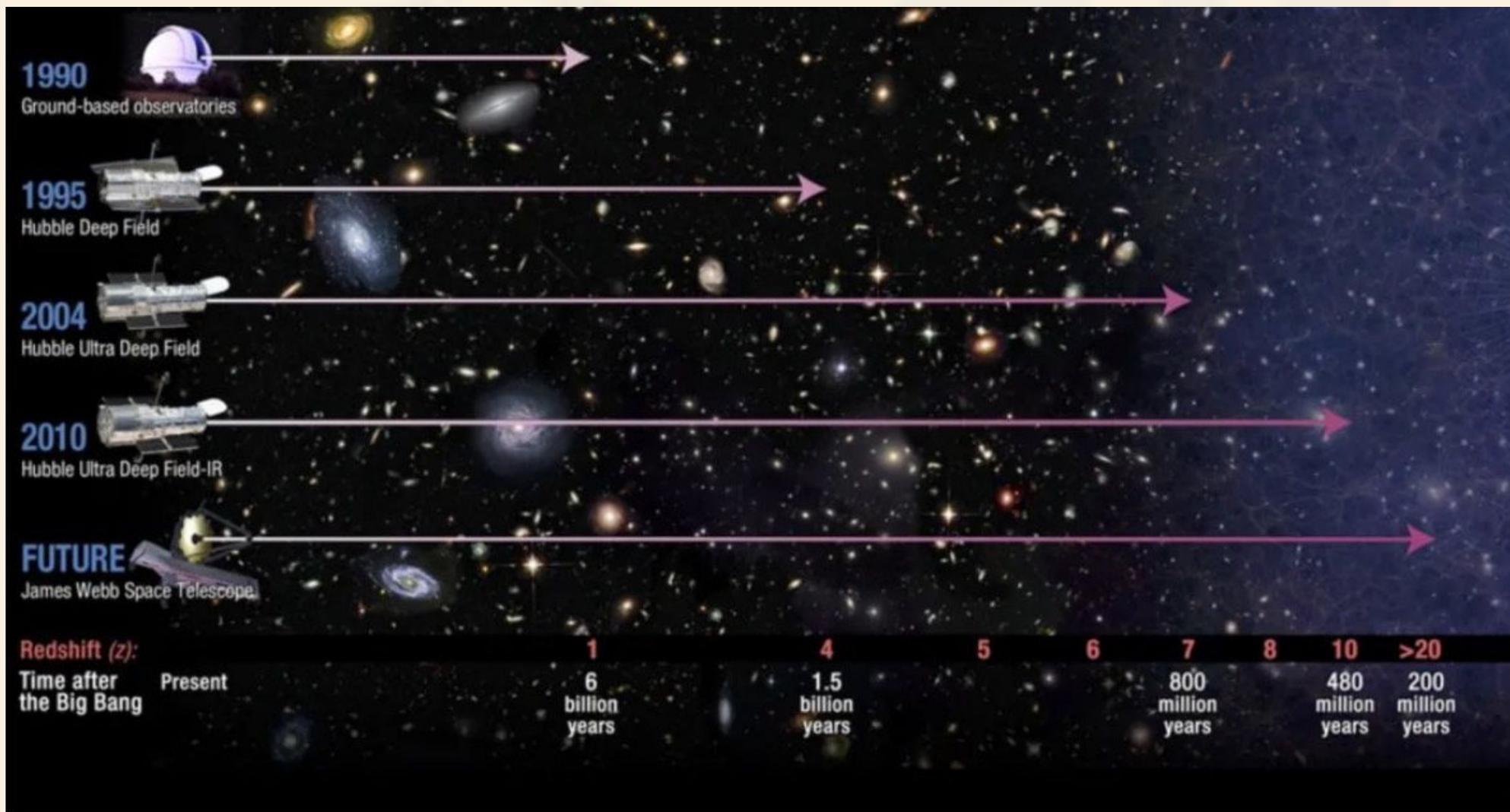
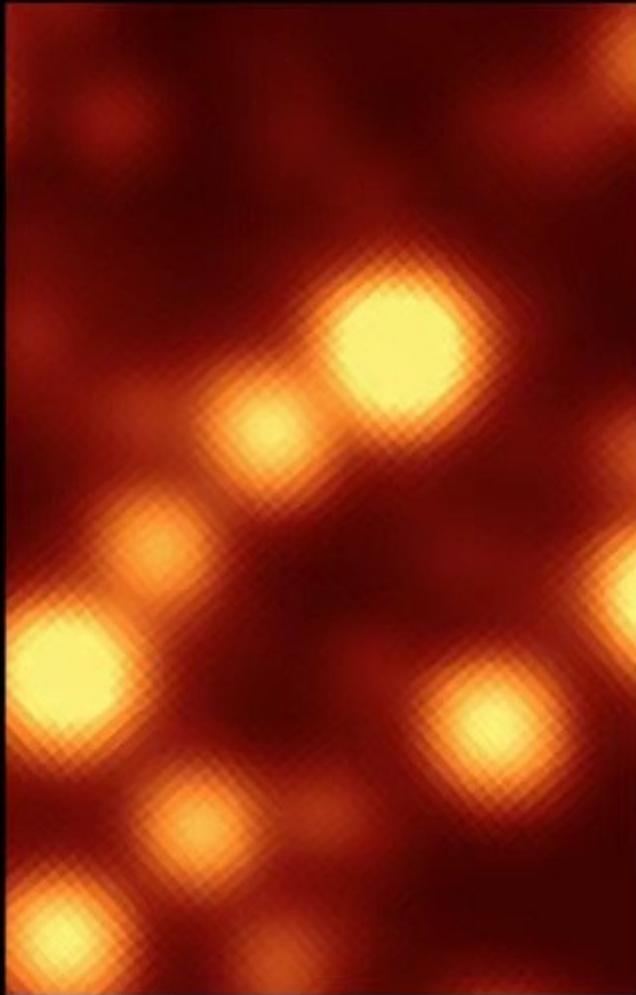
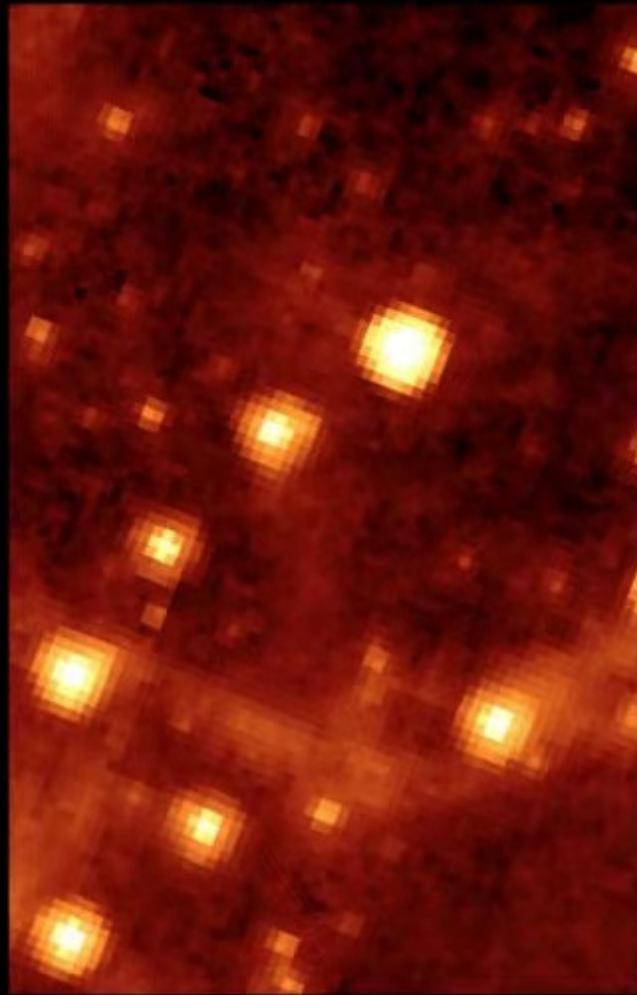


图4：詹姆斯·韦伯望远镜（JWST）的探测范围可以达到红移约20，有可能捕捉到第一代恒星的信息（图源：NASA）

The Evolution of Infrared Space Telescopes



WISE W2 4.6 μm

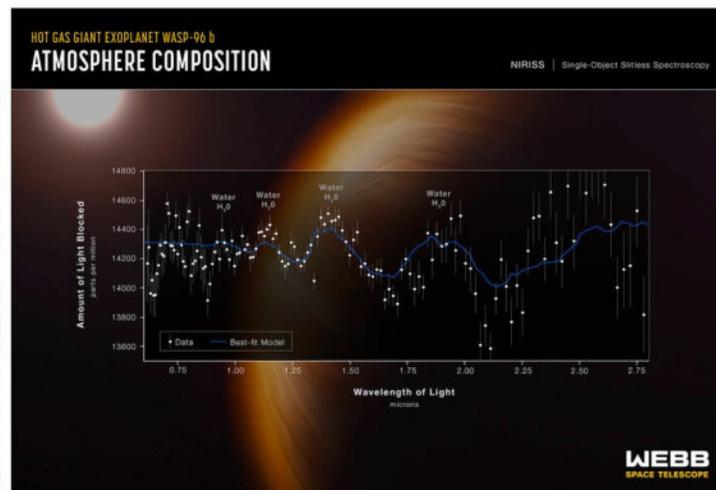
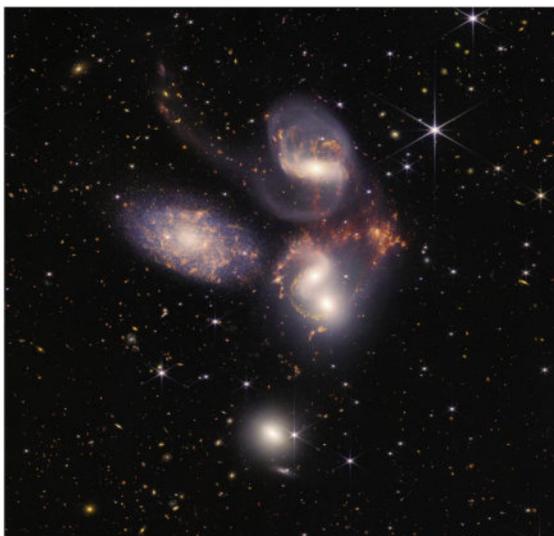
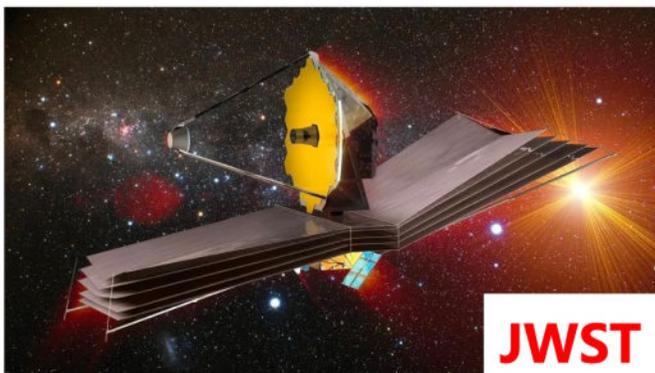


Spitzer/IRAC 8.6 μm



JWST/MIRI 7.7 μm

詹姆斯·韦布空间望远镜：价值连城的宇宙靓照



(NASA, ESA, CSA, STScI)



韦布空间望远镜
将全面、深刻地影响
天体物理研究的方方面面！



没有对比就没有伤害...



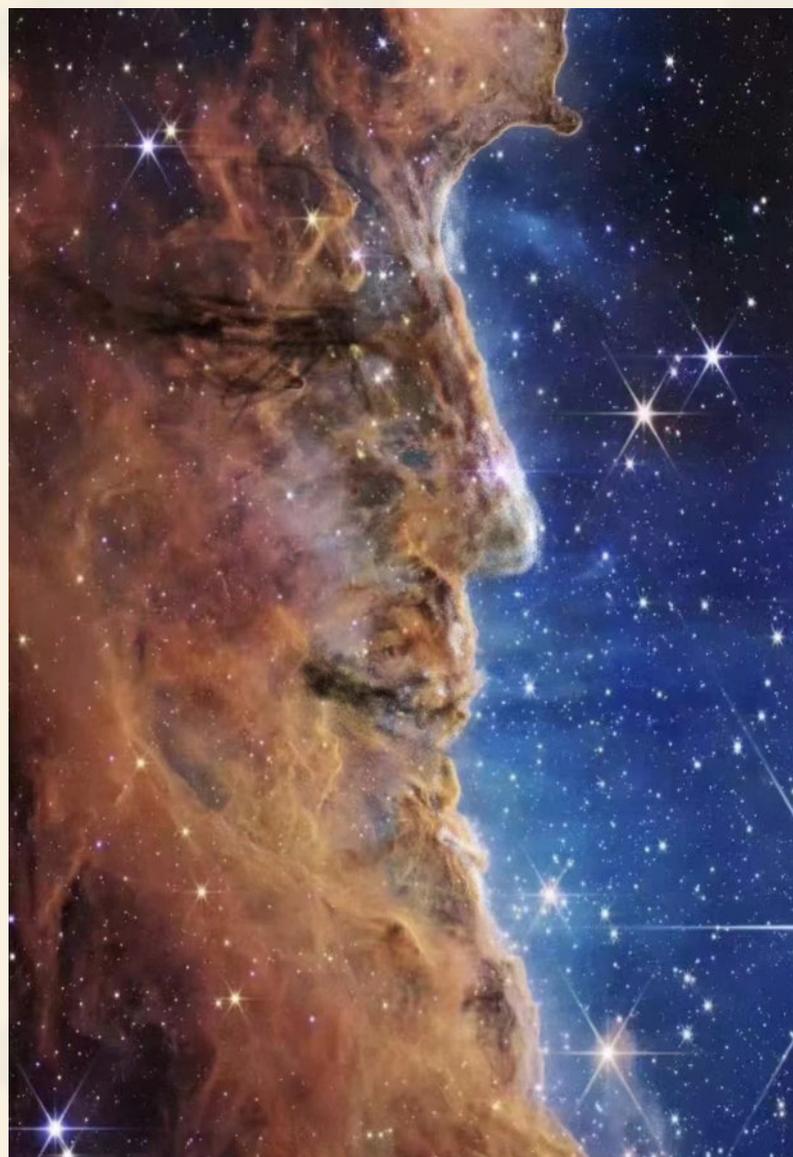
哈勃
空间望远镜

VS.



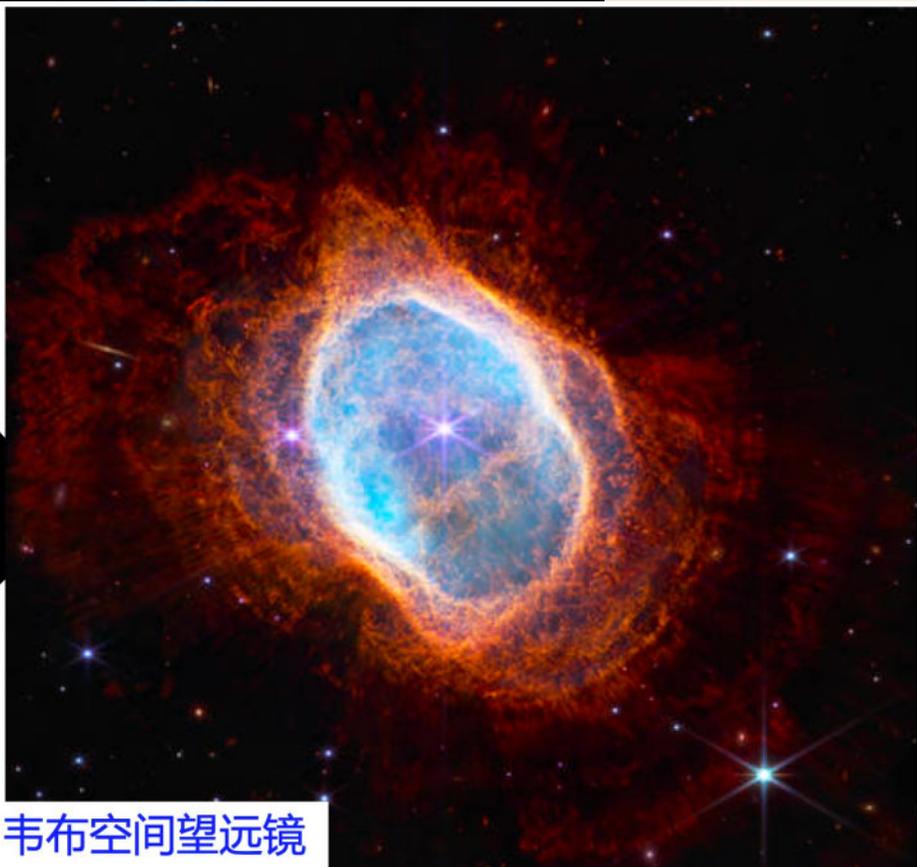
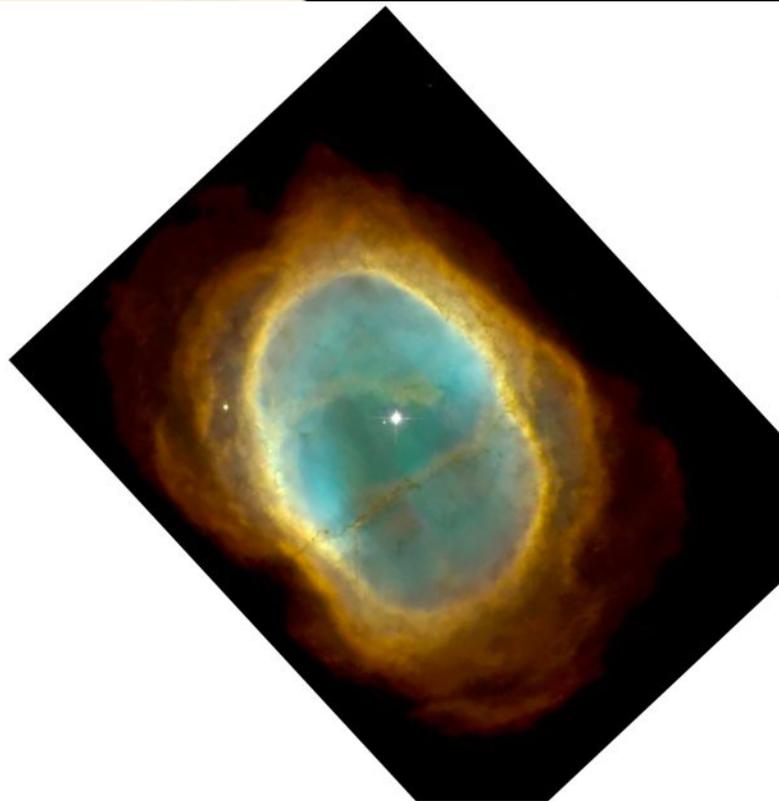
韦布
空间望远镜

(NASA, ESA, CSA, STScI, internet)



“须髯大汉微笑浅睡”

(NASA, ESA, CSA, STScI, internet)



(NASA, ESA, CSA, STScI)

哈勃空间望远镜 vs. 韦布空间望远镜

Bhauvik Breakthrough of the
Year Award launches p. 1145

Policy reform for pathogen
research oversight p. 1170

Monopoles hopping on a
fractal cluster pp. 1177 & 1218

Science

\$15
16 DECEMBER 2022
science.org

AAAS



2022

BREAKTHROUGH
OF THE YEAR

Great Paris Exhibition Telescope
(lens at the same scale)
Paris, France (1900)

Yerkes Observatory
(40" refractor lens at the same scale)
Williams Bay, Wisconsin (1893)

Hooker (100")
Mt Wilson, California (1917)

Hale (200")
Mt Palomar, California (1948)

(1979-1998) **Multi Mirror Telescope**
Mount Hopkins, Arizona

BTA-6 (Large Altazimuth Telescope)
Zelenchuksky, Russia (1975)

Large Zenith Telescope
British Columbia, Canada (2003)

Gaia
Earth-Sun L2 point (2014)

Kepler
Earth-trailing solar orbit (2009)

James Webb Space Telescope
Earth-Sun L2 point (planned 2018)

Hubble Space Telescope
Low Earth Orbit (1990)



Tennis court at the same scale

Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope
Hebei, China (2009)

Gran Telescopio Canarias
La Palma, Canary Islands, Spain (2007)

Keck Telescope
Mauna Kea, Hawaii (1993/1996)

Gemini North
Mauna Kea, Hawaii (1999)

Subaru Telescope
Mauna Kea, Hawaii (1999)

Thirty Meter Telescope
Mauna Kea, Hawaii (planned 2022)

Hobby-Eberly Telescope
Davis Mountains, Texas (1996)

Southern African Large Telescope
Sutherland, South Africa (2005)

Gemini South
Cerro Pachón, Chile (2000)

Large Binocular Telescope
Mount Graham, Arizona (2005)

Large Synoptic Survey Telescope
El Peñón, Chile (planned 2020)

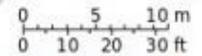
Very Large Telescope
Cerro Paranal, Chile (1998-2000)

Magellan Telescopes
Las Campanas, Chile (2000/2002)

Giant Magellan Telescope
Las Campanas Observatory, Chile (planned 2020)

European Extremely Large Telescope
Cerro Armazones, Chile (planned 2022)

Human at the same scale



Overwhelmingly Large Telescope
(cancelled)

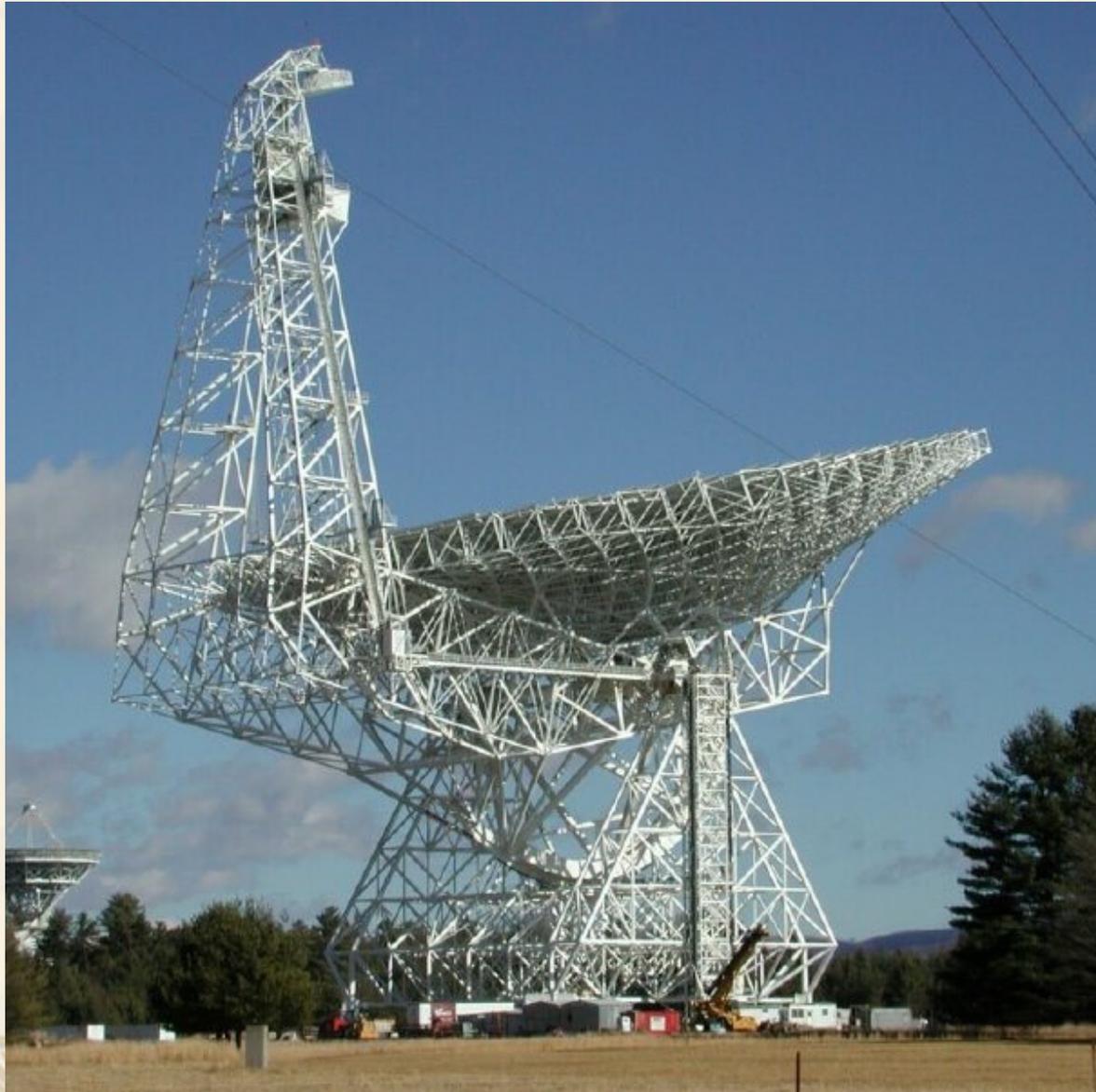
Arecibo radio telescope at the same scale



Basketball court at the same scale

世界上最大的可动单天线望远镜（100米）

Green Bank Telescope, USA



DOI: 10.1360/SSPMA2014-00039

新疆奇台110米射电望远镜

王娜

中国科学院新疆天文台, 乌鲁木齐830011; 中国科学院射电天文重点实验室, 南京210008

 原文传递

 引用

 收藏

 分享

摘要: 计划在新疆奇台建设的110米射电望远镜(简称QTT)将位居国际一流大科学装置之列, 成为世界最大的全向可转动射电望远镜. QTT在引力波探测、黑洞发现、恒星形成、星系起源等基础科学研究领域将发挥重要作用, 并可发展应用于深空探测, 如探月工程和火星、金星探测. QTT设计方案考虑多种科学目标的需求, 其关键技术包括: 大口径天线结构设计技术、天线主动面技术、大惯量机架精密伺服控制技术、超宽带馈源技术、低噪声放大器技术、多波束接收技术等. QTT关键技术的突破与应用, 将促进我国信息、精密机械加工和自动控制等工程技术领域的发展. QTT各系统建设将以自主创新为主, 通过国际合... 

关键词: 射电望远镜和仪器; 外差接收机; 天文观测; 台址测试

机标分类号: TN722.3(基本电子电路); TN82(无线电设备、电信设备); TP311.5(计算技术、计算机技术)

我国天文领域重大科技基础设施110米口径全向可动射电望远镜项目在新疆奇台奠基

石榴云/新疆日报原创 2022-09-22 00:30:34

大国科技重器！目前世界上口径最大全可动低频射电望远镜项目在云南景东启动

2020-09-29推荐新闻 2.84w



景东120m脉冲星射电望远镜(JRT)

中国的500米口径球面射电望远镜

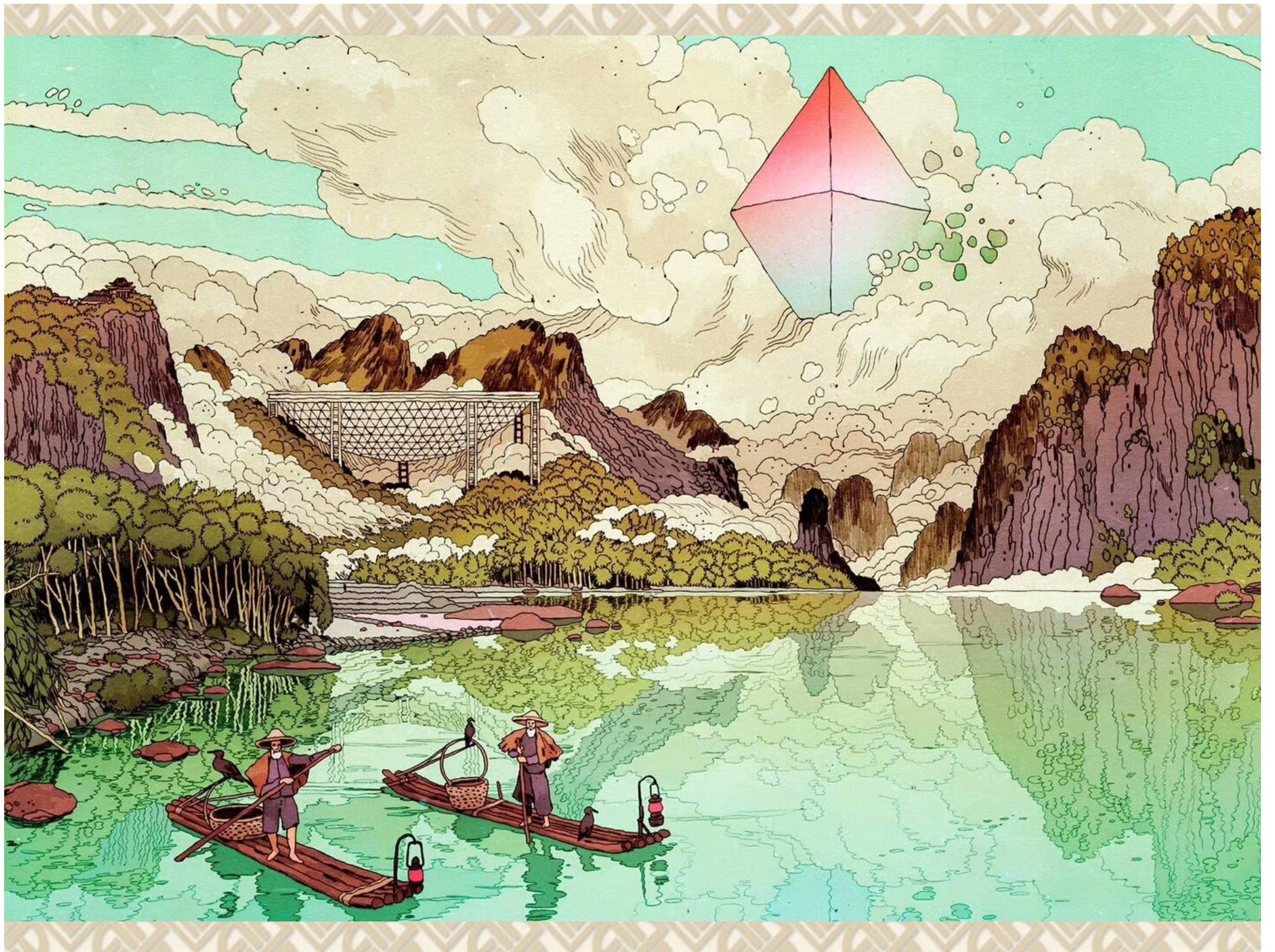
(Five hundred meter Aperture Spherical Telescope)



中国的500米口径球面射电望远镜

(Five hundred meter Aperture Spherical Telescope)





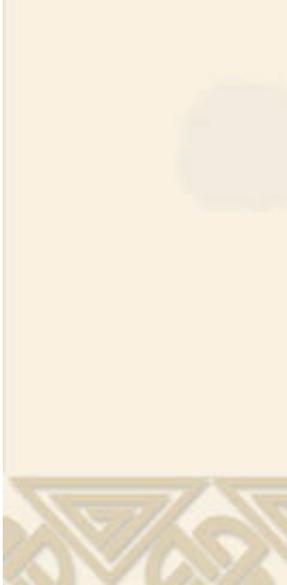
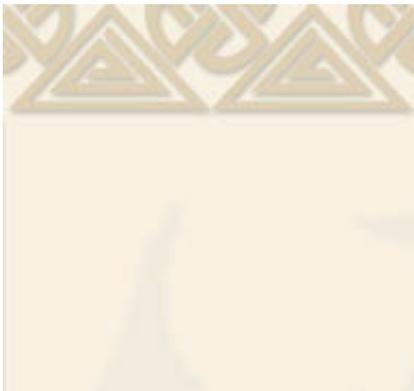
深切缅怀FAST之父南仁东先生

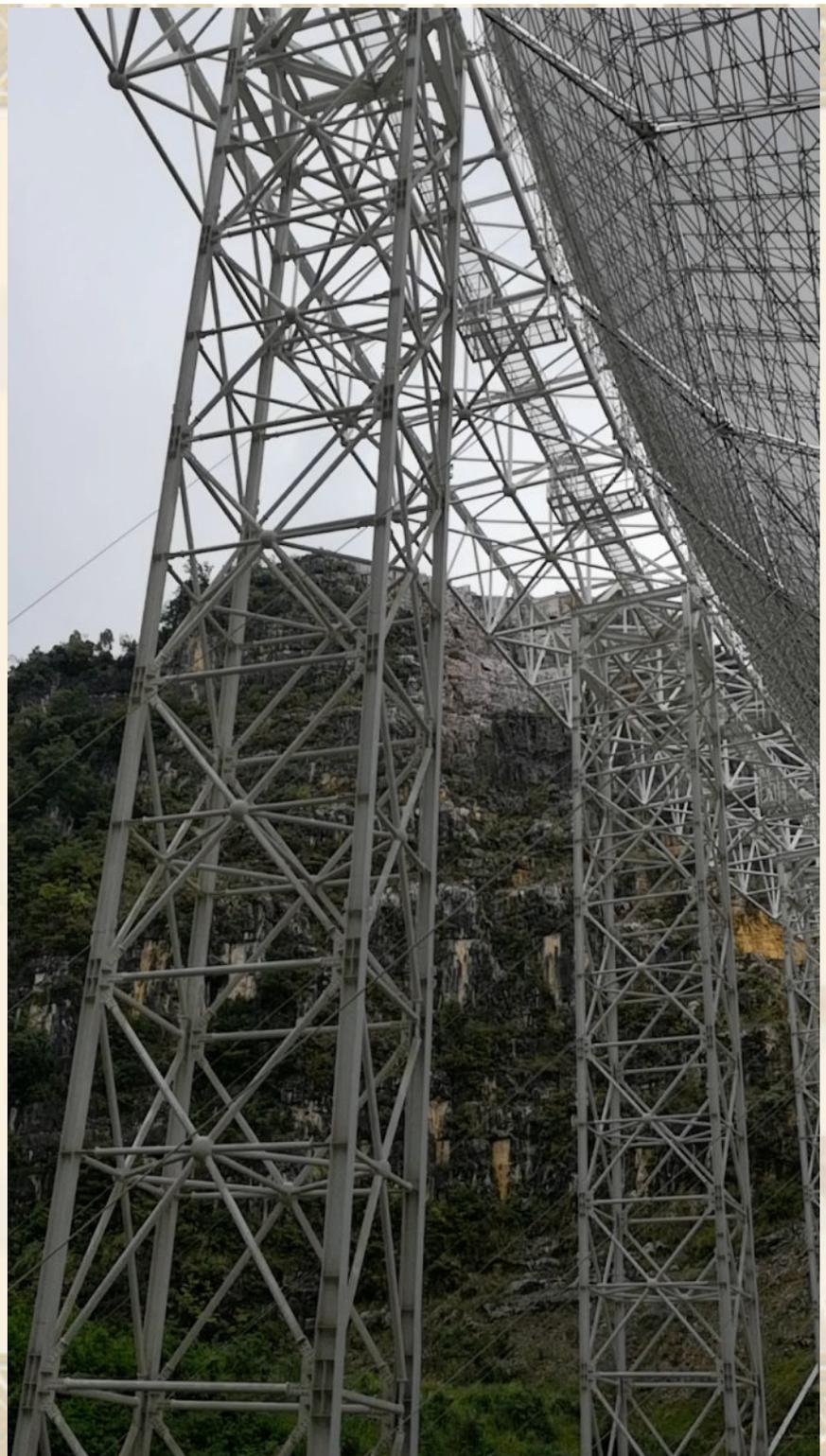


我国著名天文学家、中国科学院国家天文台研究员，国家重大科技基础设施500米口径球面射电望远镜（FAST）工程首席科学家、总工程师，北京天文台原副台长南仁东于北京时间2017年9月15日23时23分因病逝世，享年72岁。

作为FAST工程的发起者和奠基人，自1994年起，南仁东一直负责FAST的选址、预研究、立项、可行性研究及初步设计工作；负责编订FAST科学目标，全面指导FAST工程建设，并主持攻克了索疲劳、动光缆等一系列技术难题，为FAST工程的顺利完成作出了卓越贡献。



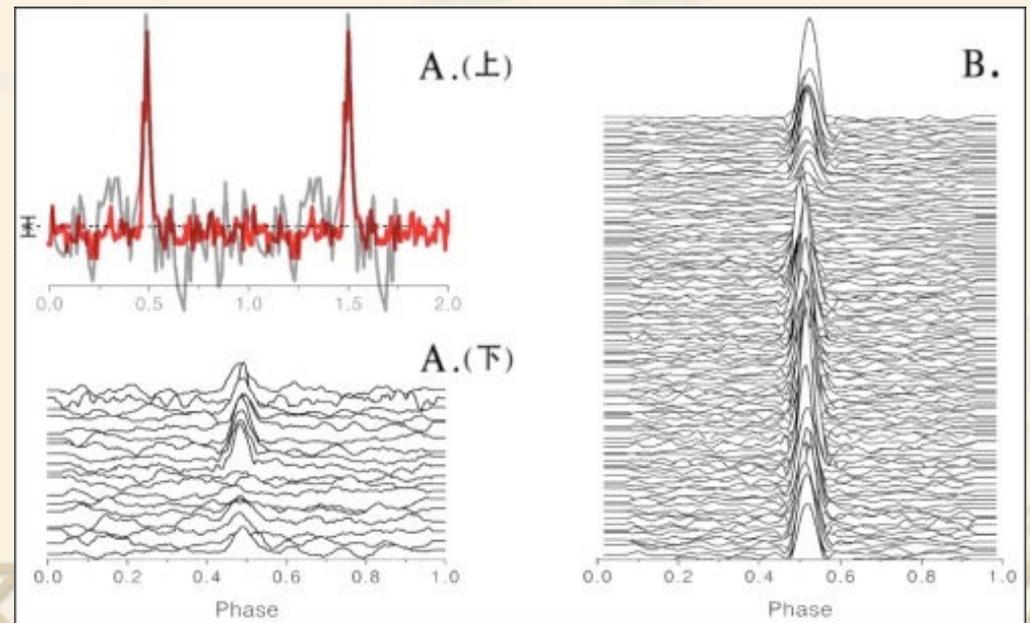
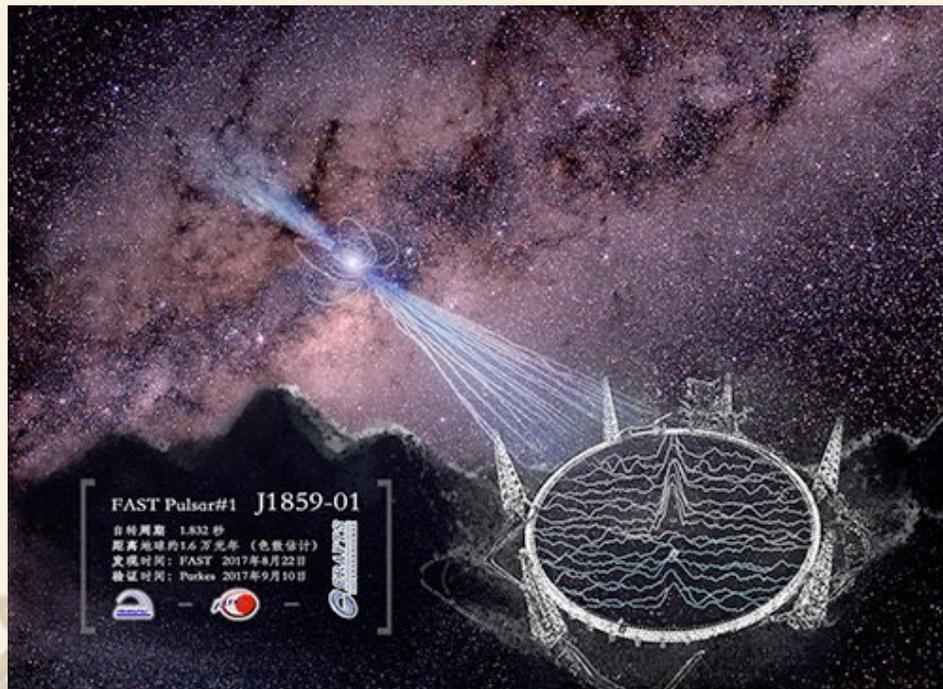




500米口径球面射电望远镜取得首批成果

文章来源：国家天文台

发布时间：2017-10-10



解密宇宙神秘信号FRB 中国天眼有奇招

原创：段然、李菡 中国科学院国家天文台 前天

(2019/09)

↑ 点击上方蓝字关注我们



● 头

● 条

最近，中国天眼FAST探测到了快速射电暴FRB121102大量重复爆发，其捕捉的爆发数量为目前全世界已知最多（点击阅读原文了解更多）。快速射电暴是目前已知宇宙中射电波段最明亮的爆发现象，那么FAST在快速射电暴的研究上有哪些优势呢？一起来看看吧~

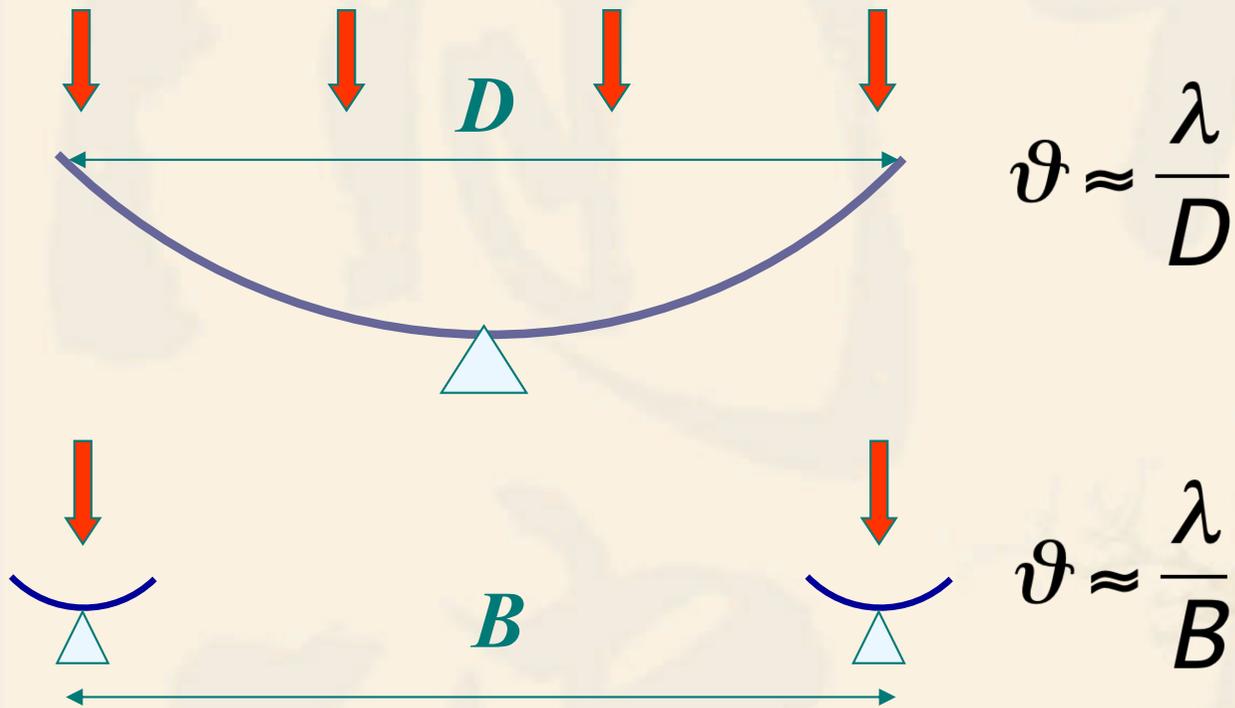
FAST对FRB的研究 具有独特的重要意义

快速射电暴起源于遥远的星系，是射电波段最亮的信号。据估计，每天抵达地球的爆发脉冲多达几千到上万次，而我们对于其物理机制只有猜测，远远没有定论。据FRBCAT统计，截止目前已经近有近百个FRB的发现，其中10多个被认定为重复爆发的快速射电暴。FAST视场相对较小，在发现新的FRB上和大视场望远镜如CHIME比，不占优势。但是它的灵敏度极高，对FRB的研究具有重大意义。FAST是理想的重复暴观测设备，可以得到全世界最好的爆发信噪比及爆发率统计数据。此外，FAST将有可能探测到宇宙中最遥远的FRB。几天以来，我们已经探测到数百次的重复爆发，是已知最多的。目前仍在数据处理中。

FASTA!

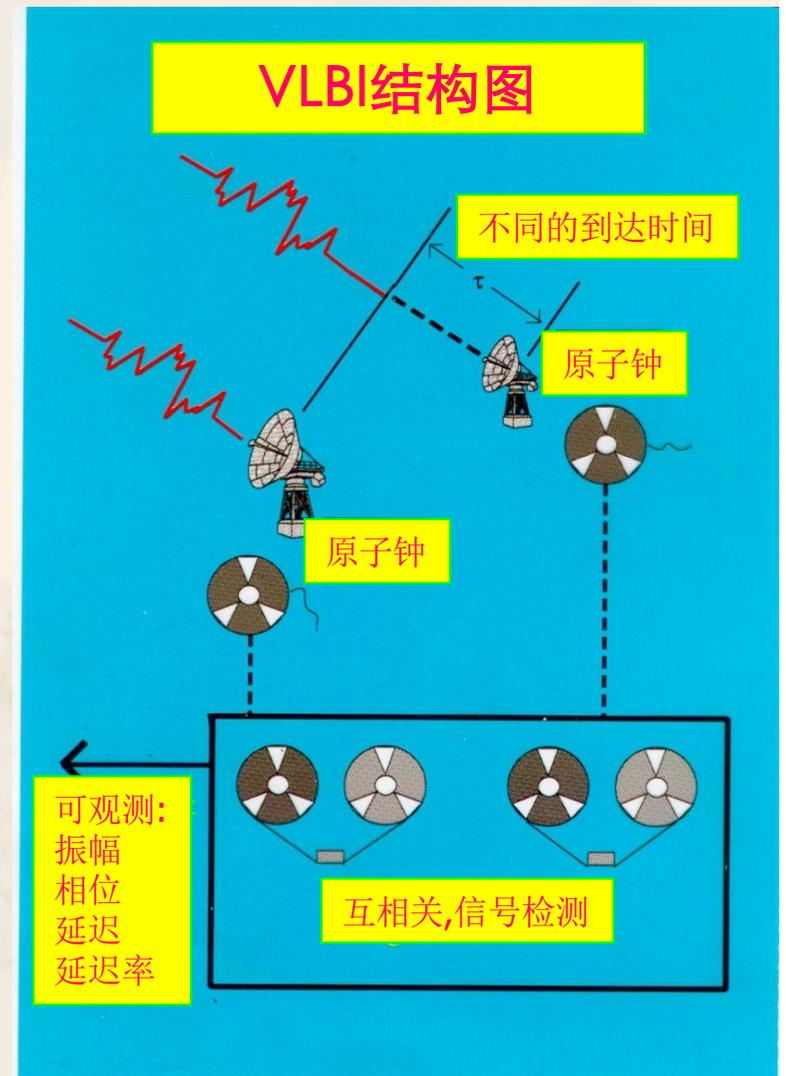


VLBI(甚长基线干涉测量): Very Long Baseline Interferometry



- 高分辨率的天文观测
- 高精度的大地测量和天体测量
- 高精度的航天器的导航

VLBA



中国参与VLBI联测的射电望远镜

❖ 上海天文台—佘山



❖ 国家天文台—南山



扩展的甚大天线阵



Atacama Large Millimeter Array (ALMA)

Y. Beletsky/ESO

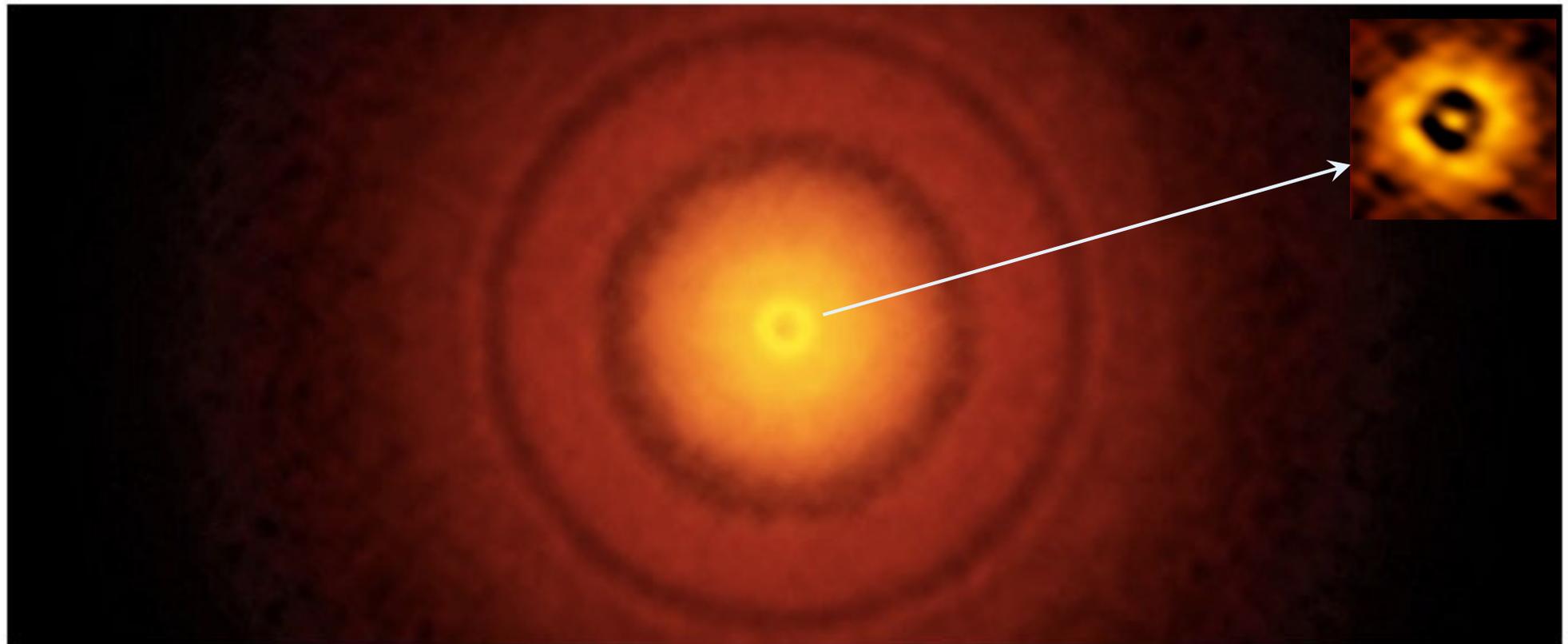


The groundbreaking ALMA array is composed of 66 giant antennas situated on the Chajnantor Plateau in the Chilean Andes.

ALMA's Most Detailed Image of a Protoplanetary Disc

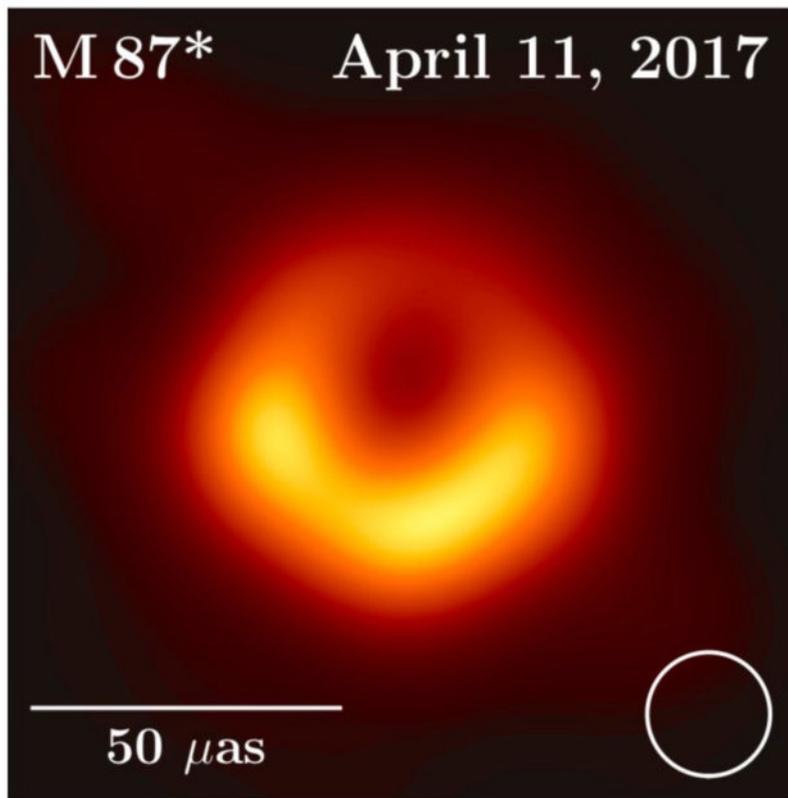
Evidence for planet formation in Earth-like orbit around young star

31 March 2016

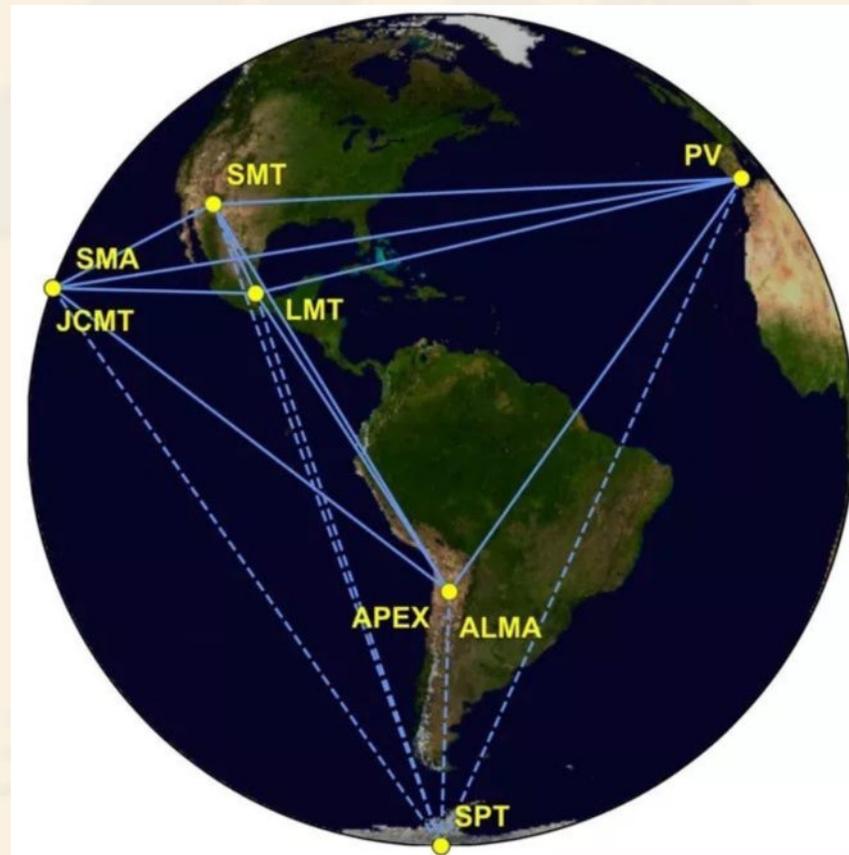


This new image from the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) shows the finest detail ever seen in the planet-forming disc around the nearby Sun-like star TW Hydrae. It reveals a tantalising gap at the same distance from the star as the Earth is from the Sun, which may mean that an infant version of our home planet, or possibly a more massive super-Earth, is beginning to form there.

M 87* April 11, 2017

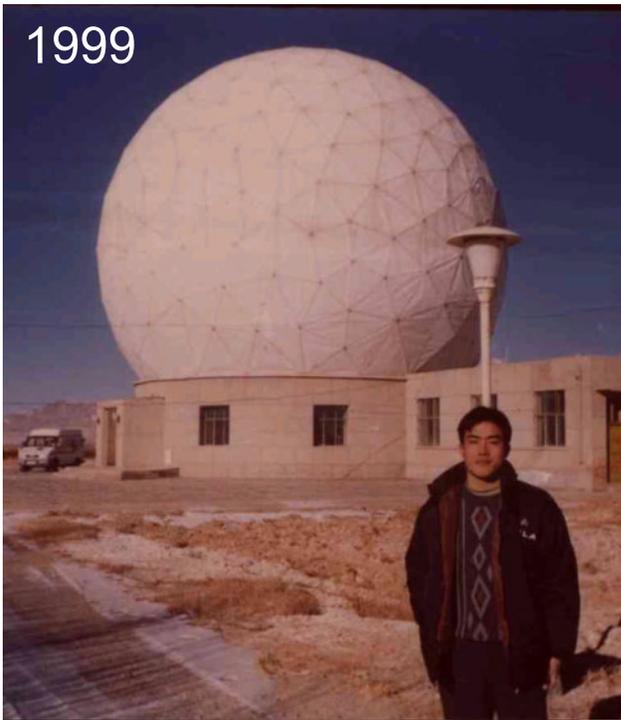


EHT项目团队在2017年4月5日到11日之间对M87进行了4次非常成功的联合观测，并经过近两年的数据处理，呈现给人类首张黑洞照片，如上图所示。照片中最明显就是圆环状结构，中心比较灰暗，这个阴影区域就是人们梦寐以求的黑洞影子。需要指出由于光线弯曲等效应和望远镜的分辨率还不足够高，我们观测到的黑洞视界区域并不会完全黑暗，而是灰暗。这个圆环大小约为40个微角秒，与广义相对论预言几乎完全一致。此外，这个亮环呈不对称结构，左下角比右上角亮10倍以上，这也与广义相对论预言一致，由多普勒效应导致，其中朝向我们运动的等离子体辐射会变亮，而远离我们的辐射会变暗。



“视界”望远镜是世界各地200多名科学家组成的一个重要国际合作项目。全世界横跨几大洲近10台毫米波望远镜（或阵列），组成了一个相当于地球大小的超级虚拟望远镜（相当于一台上万公里巨型望远镜），如上图所示。其分辨率达到了20微角秒，比哈勃望远镜高近2000倍，可以分辨出38万公里外月球上的一个乒乓球大小。这台超级望远镜分辨率基本达到了我们银河系和M87中两个超大质量黑洞在天空投影的角分辨率，因此被形象的称为“视界”望远镜。中国团队参与运行的JCMT是“视界”望远镜阵列之一，同时参与了部分数据和理论分析工作。

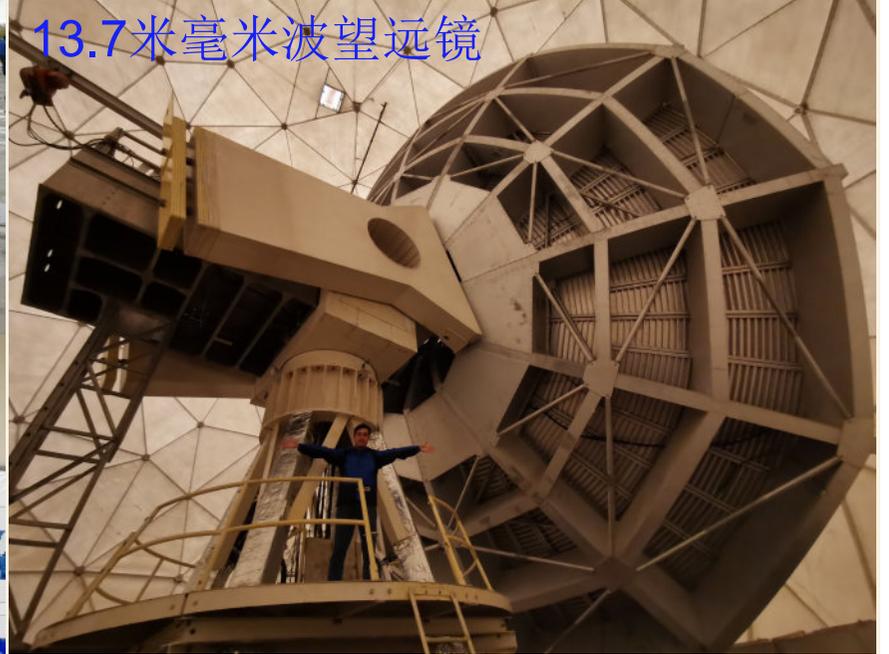
1999



2019



13.7米毫米波望远镜



20年前千禧年之交，观测于德令哈站；
20年后天文学年会，重访故地与故人。

1999



2019



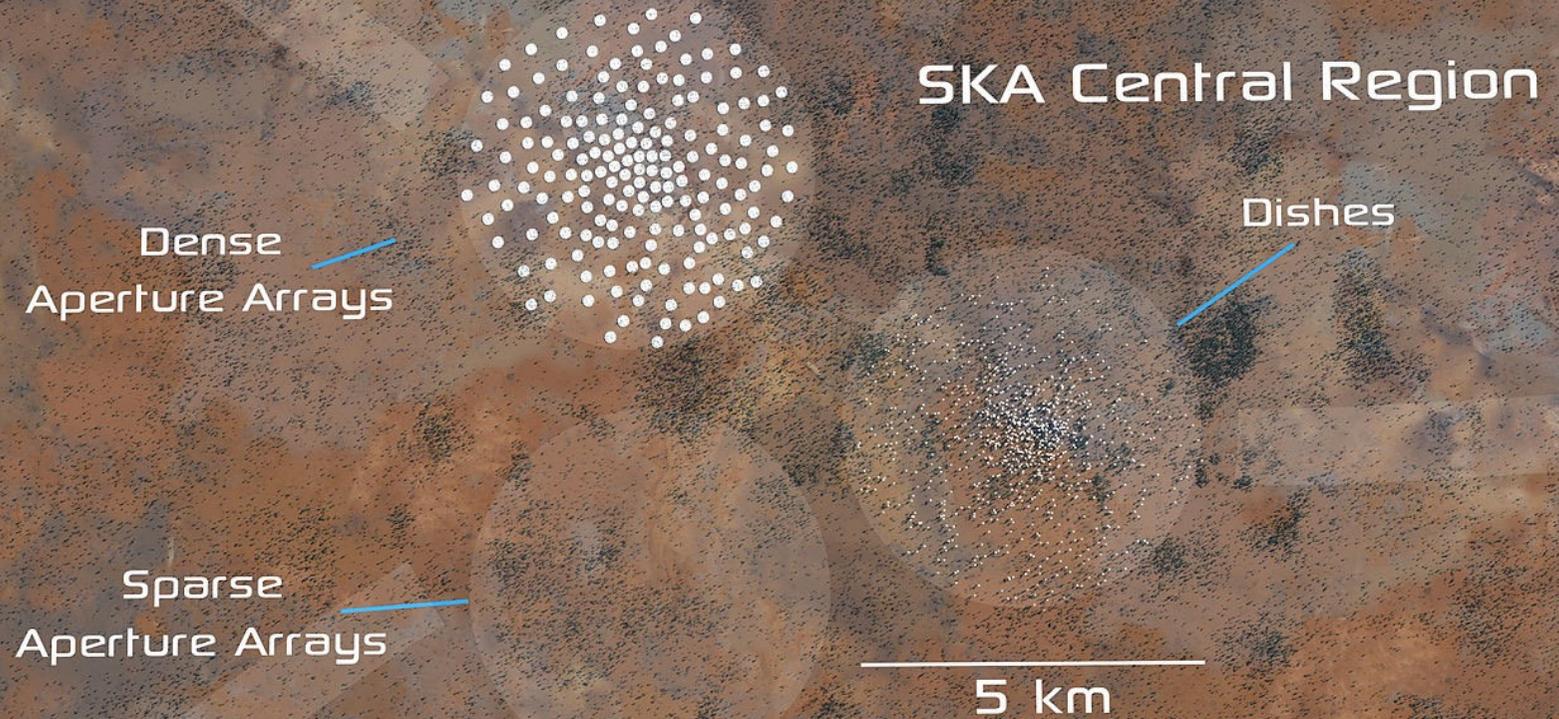
银河画卷计划

银河画卷计划，即银道面CO及其同位素分子的系统巡天计划。该项目计划覆盖北天银道面+/-5度范围内约2700平方度天区以及近邻的恒星形成区、高银纬星际分子云等其它感兴趣的区域。项目于2011年9月开始，每年完成约250平方度，截止2019年7月，已完成计划天区的71.4%。

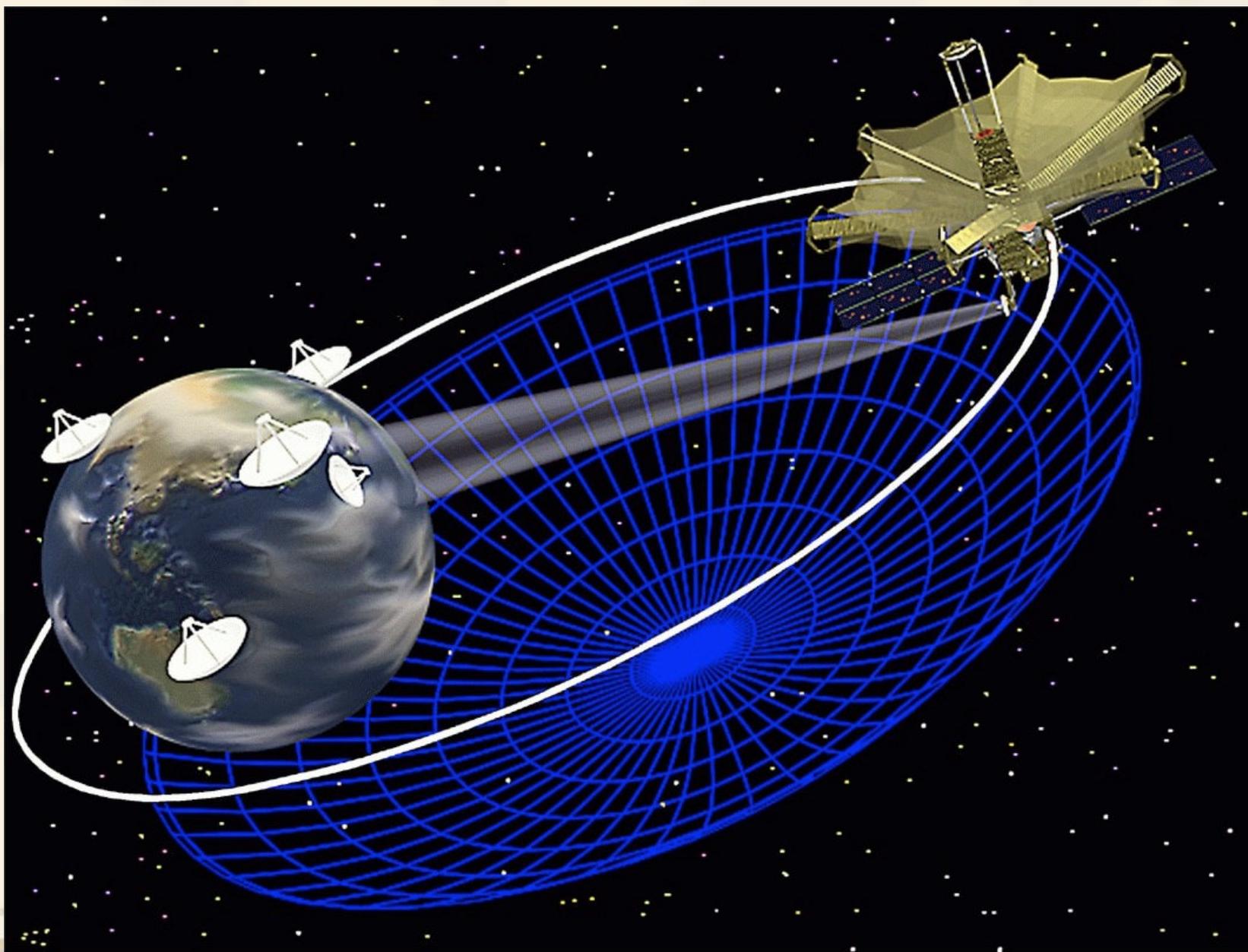
形态各异的分子云



平方公里阵列望远镜(SKA)



空间VLBI



H₂O MegaMaser emission in NGC 4258 indicative of a periodic disc instability

[Willem A. Baan](#) , [Tao An](#), [Christian Henkel](#), [Hiroshi Imai](#), [Vladimir Kostenko](#) & [Andrej Sobolev](#)

[Nature Astronomy](#) (2022) | [Cite this article](#)

2 [Altmetric](#) | [Metrics](#)

Abstract

H₂O MegaMaser emission may arise from thin gas discs surrounding the massive nuclei of galaxies such as NGC 4258, but the physical conditions responsible for the amplified emission are unclear. A detailed view of these regions is possible using the very high angular resolution afforded by space very long baseline interferometry (SVLBI). Here we report SVLBI experiments conducted using the orbiting RadioAstron Observatory that have resulted in detections of the H₂O 22 GHz emission in NGC 4258, with Earth-space baselines of 1.3, 9.5 and 19.5 Earth diameters. Observations at the highest angular resolutions of 11 and 23 μas show distinct and regularly spaced regions within the rotating disc, at an orbital radius of about 0.126 pc. These observations at three subsequent epochs also indicate a time evolution of the emission features, with a sudden rise in amplitude followed by a slow decay. The formation of these emission regions, their regular spacing and their time-dependent behaviour appear consistent with the occurrence of a periodic magneto-rotational instability in the disc. This type of shear-driven instability within the differentially rotating disc has been suggested to be the mechanism governing the radial momentum transfer and viscosity within a mass-accreting disc. The connection of the H₂O MegaMaser activity with the magneto-rotational instability activity would make it an indicator of the mass-accretion rate in the nuclear disc of the host galaxy.

安涛（上海天文台）：

【科研进展】著名的漩涡星系 NGC4258，对，就是那个通过水脉泽精确测量超大黑洞质量的明星星系，又有了新发现！天文学家找到周期性吸积盘不稳定性的观测证据。

由Willem Adrianus Baan教授领导的一个国际团队利用最高分辨率的空间VLBI对黑洞周围的吸积盘中的水超脉泽进行了多次观测（水超脉泽存在于这个气体盘中最致密的气体云中），成功探测到多个随吸积盘旋转的致密云团，这些云团在速度上呈现出有规律的变化。这些观测特征与吸积盘中发生的磁旋转不稳定性相一致。长期以来，有理论研究认为，吸积盘中的校差旋转会驱动产生剪切不稳定性，吸积盘通过这种类型的不稳定性调节径向动量传递和粘滞。这不仅创造了VLBI最高分辨率的记录，达到11微角秒，能够分辨出这个星系中62个天文单位大小的天体的结构（这个尺度相当于从太阳到海王星距离的两倍），而且还代表了空间VLBI在黑洞吸积盘研究领域的一个突破，使人们能够首次了解到吸积盘的最精细的动力学特性。



1983: IRAS (Infrared Astronomical Satellite)于1983年升空,在随后的8个月内,完成了12,25, 60 和100 microns四个波段的测光巡天,覆盖了96%天区并绘制了高质量的天图。观测到35万个红外源,使红外波段发现的天体数目增加了70%。IRAS的发现还包括:在织女星周围发现尘埃颗粒构成的盘,新发现6颗彗星,宇宙中存在着大量的由温暖尘埃构成的卷云。IRAS的最重要发现是相互作用星系有非常强的红外发射。此外,IRAS第一次观测到银河系中心。

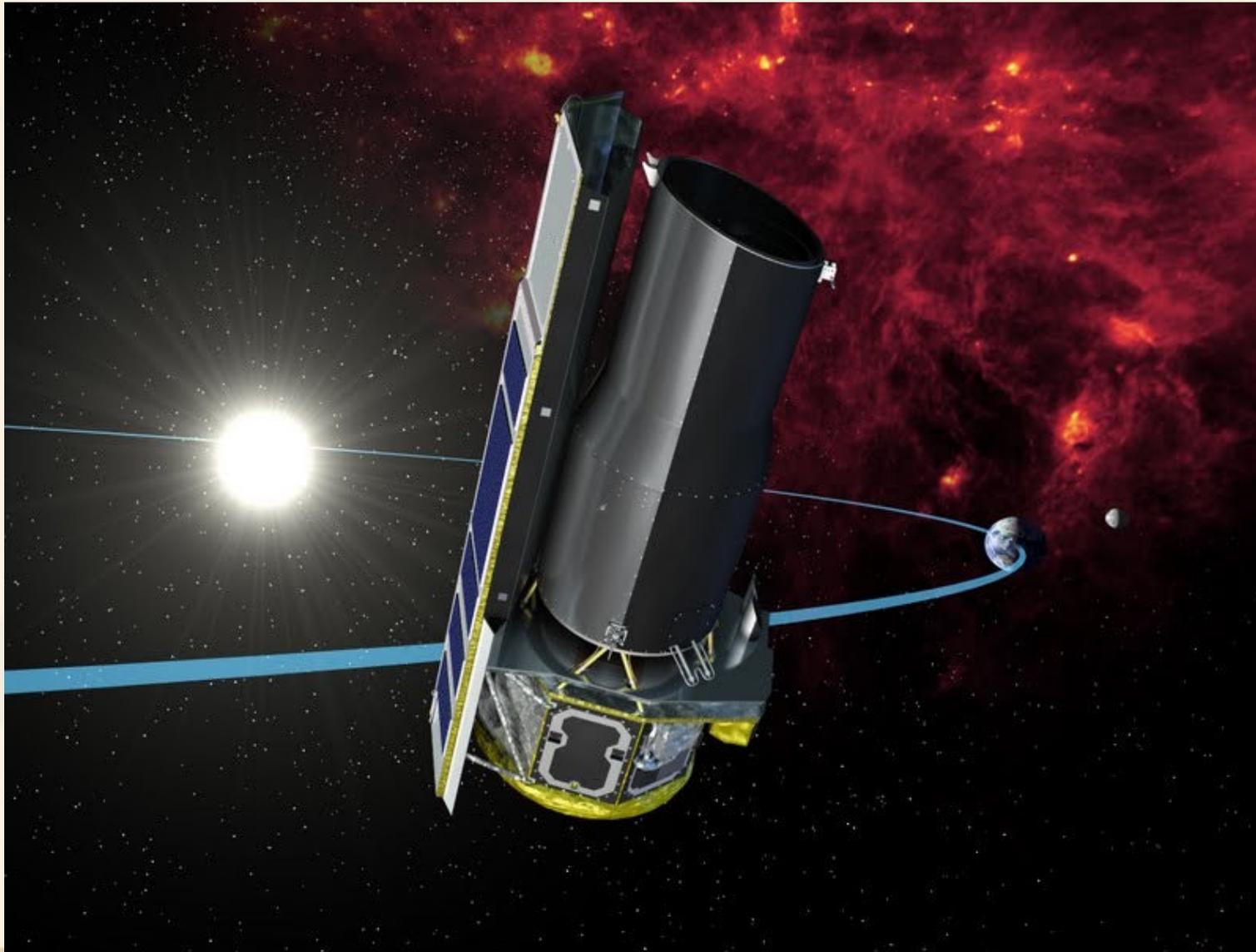


1995: ISO (the Infrared Space Observatory) 由欧洲空间局发射，工作波段 **2.5-240 microns** (IRAS 为 **12-100 microns**)，不但覆盖的波长范围比 IRAS 大得多，灵敏度也是 IRAS 的数千倍。ISO 工作了 **2.5 年** (直到 1998 年初液氦用尽)，服役时间是 IRAS 的 **3 倍**。

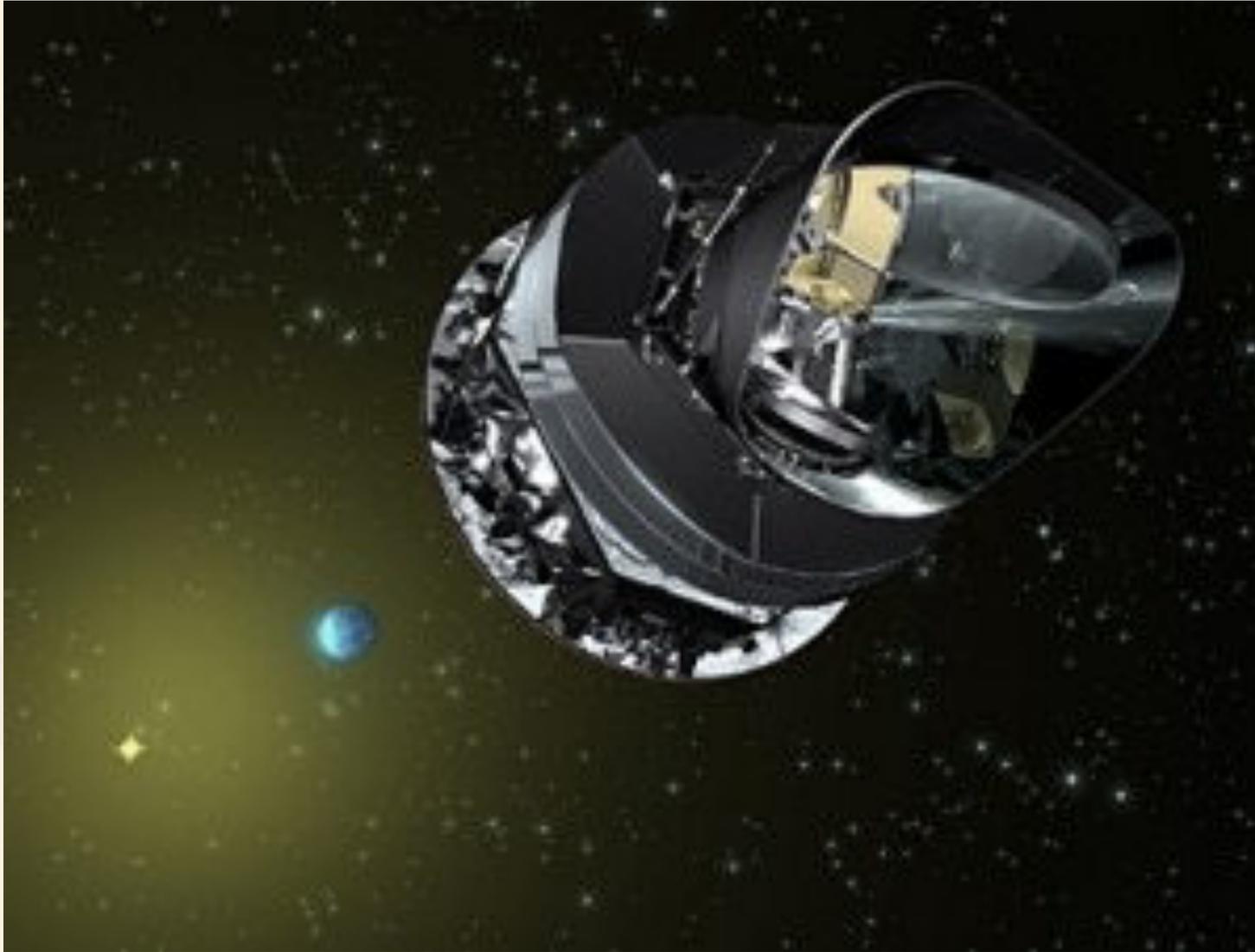


1996: MSX (the Midcourse Space Experiment), 1996年发射, 空间分辨率是IRAS的30倍, 在其工作的10个月内 (所携带的液氮蒸发完) 完成了对IRAS尚未覆盖天区的巡天。

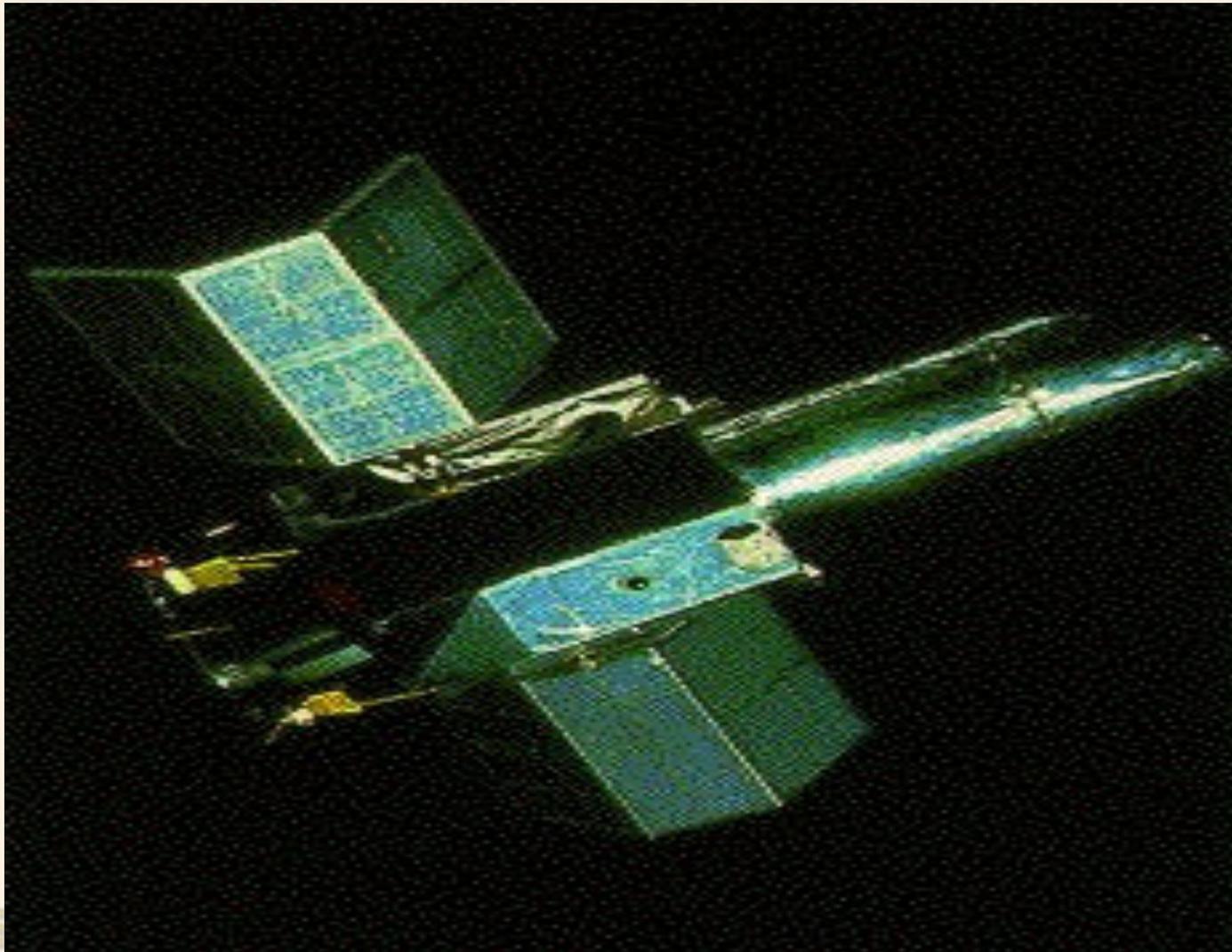
Spitzer Telescope



Planck Observatory



International Ultraviolet Explorer Satellite

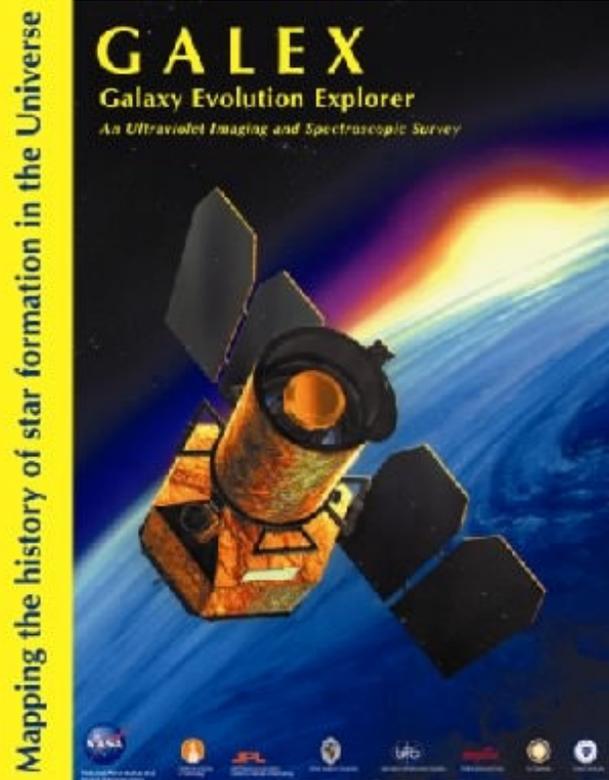


FUSE

(The Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer)(NASA)

寿命：1999年6月24日 – (至少三年)

波段：900-1200 Å



GALEX (the Galaxy Evolution Explorer)(NASA)远紫外

2003年春在肯尼迪航空中心
(Kennedy Space Center) 用
Pegasus XL火箭发射,轨道高度
670km , 倾角28.5度 ; 计划运行28个
月, 晚间曝光 , 全天深度巡天.

世界空间天文台/紫外



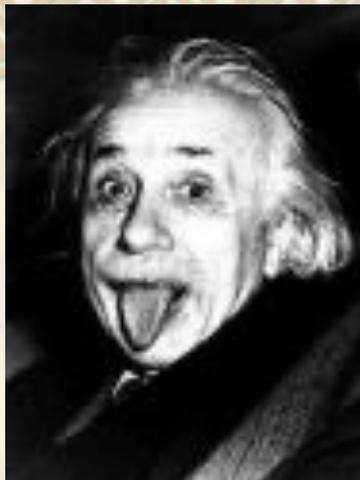
X射线高能天体物理：始终处于现代天文学的研究前沿

X射线高能天体物理领域一直充满活力



2002诺贝尔物理学奖：
X射线天文学的开创

| (预计) 发射年代 | X射线太空望远镜/探测器 | 国家(组织) |
|-------------|--|----------------------------|
| 1940s-1960s | 搭载气球、火箭的探测器 | 多国 |
| 1960s | Vela, OAO-1, OAO-2 | 美国 |
| 1970s | Uhuru, Ariel 5, Ariel 6, ATM, ANS, Copernicus, Cos-B, Einstein, Hakucho, HEAO-1, HEAO 3, OSO 7, OSO 8, SAS-3 | 美国、欧空局、英国、日本 |
| 1980s | Tenma, Hinotori, Granat, Ginga, EXOSAT | 欧空局、苏联、日本 |
| 1990s | Chandra, RXTE, XMM-Newton, ASCA, ALEXIS, DXS, BeppoSAX, BBXRT, CGRO, HETE, ROSAT, Yohkoh | 美国、欧空局、英国、日本、德国、意大利、荷兰 |
| 2000s | Suzaku, Fermi, Swift, RHESSI, MAXI, INTEGRAL, Hinode, AGILE | 美国、欧空局、日本、意大利 |
| 2010s | HXMT(慧眼) , Astrosat, Hitomi, NICER, NuSTAR, Spektr-RG | 中国 、美国、日本、俄罗斯、德国、印度 |
| 2020s | EP(爱因斯坦探针) , eXTP(增强型X射线时变与偏振望远镜) , HUBS(宇宙热重子搜寻计划) , XPoSat, XRISM, ATHENA | 中国 、欧空局、日本、印度 |
| >2030 | HEX-P, Lynx | 美国 |



HEAO-2 (Einstein Observatory)

寿命：1978年11月12日 – 1981年4月

波段：0.2 - 20 keV

负载：一个I型Wolter掠入射式望远镜(0.1-4 keV),比例计数器(1.5 - 20 eV), 物镜光栅分光计($dE/E \sim 50$)

科学成就：

- 第一次对超新星遗迹进行了高分辨率的谱和形态上的研究。

第一次研究了星系和星系团中发射X射线的气体，揭示了星系中冷物质的内流和星系团的演化。

- 探测到Cen A和M87中沿射电喷流方向的X射线喷流。

- 第一个中度和深度X射线巡天。

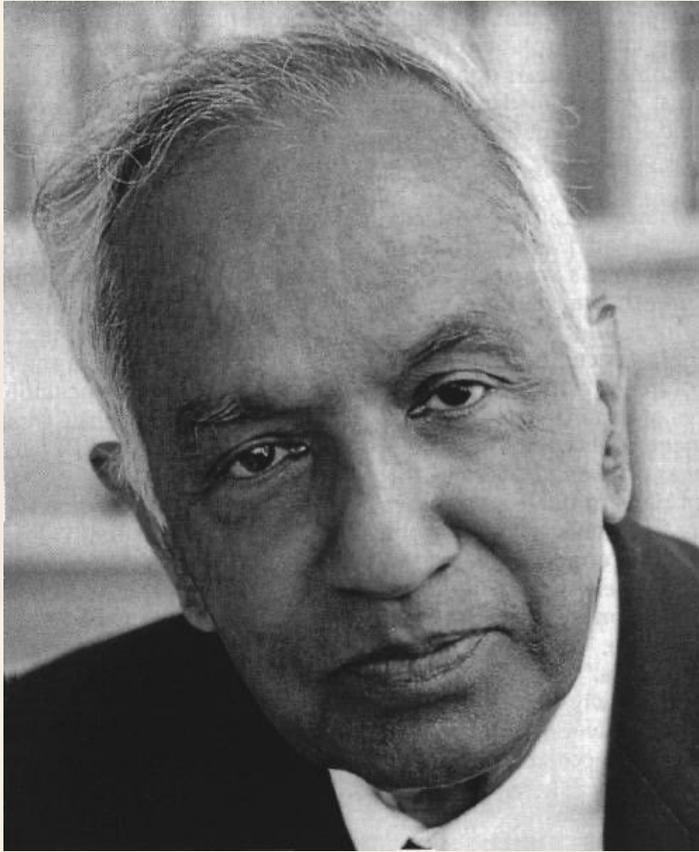


BeppoSAX

寿命：1996年4月30日 – 2002年4月

波段：0.1 - 300 keV

- 得到伴随有伽马射线暴的源的X图像，并以空前高的精度确定其位置。
- 监测伽马射线暴的X射线余辉。



Chandra X-ray Observatory

(NASA's Advanced X-ray Astrophysics Facility, AXAF)

寿命：1999年7月23日 - (计划5年寿命；仍在工作中)

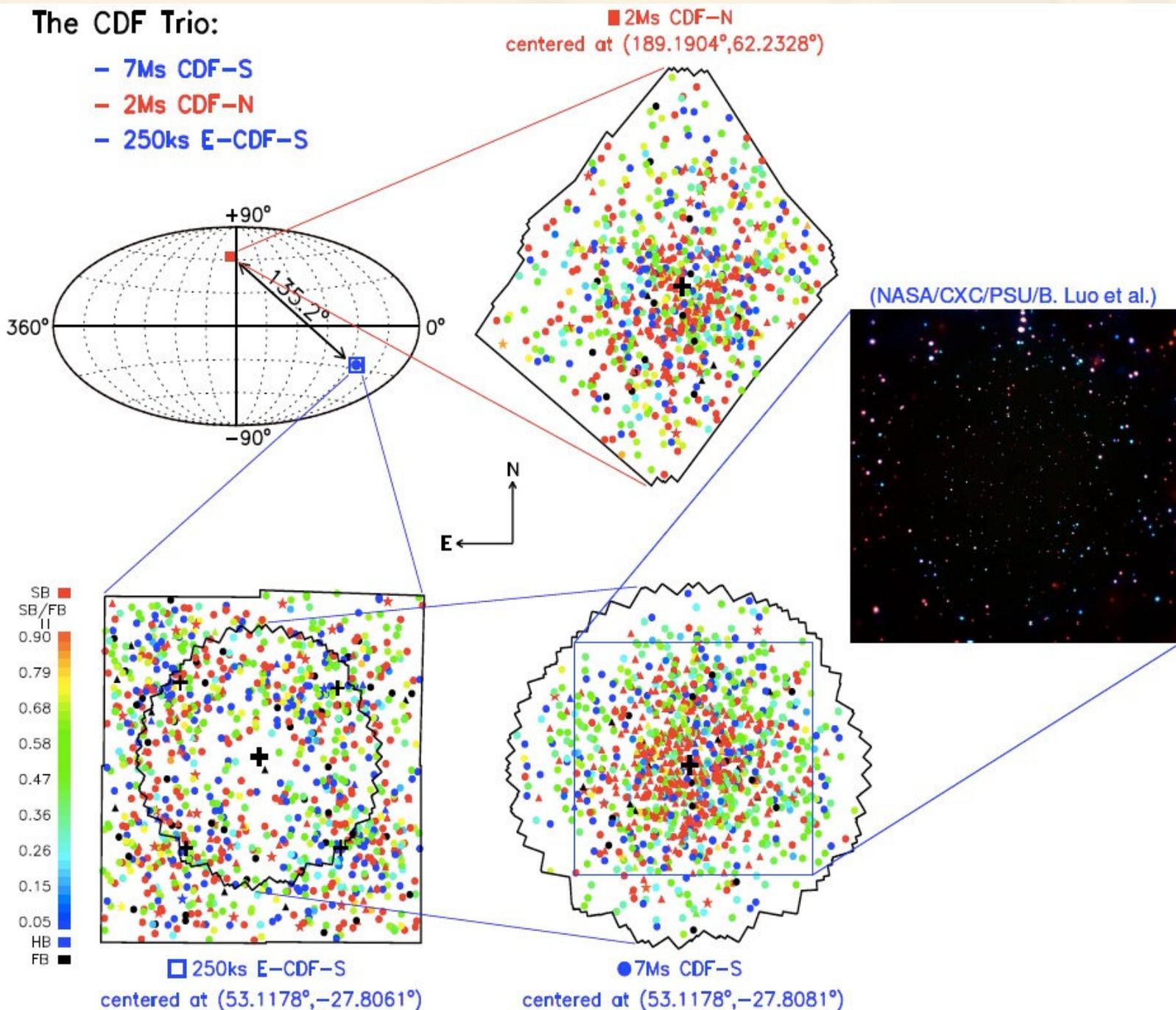
波段：0.1 - 10 keV

特性：周期为64 Hours的高椭圆率地球轨道；空间分辨率 <1 角秒

钱德拉深场巡天

The CDF Trio:

- 7Ms CDF-S
- 2Ms CDF-N
- 250ks E-CDF-S



用X射线透视炽热、高能的宇宙

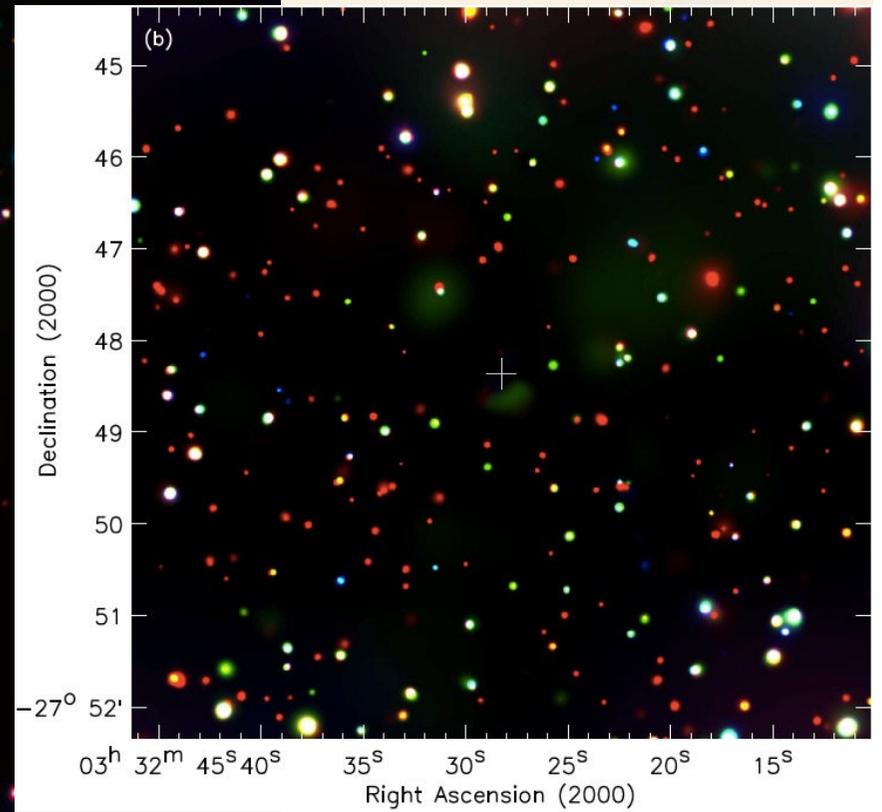


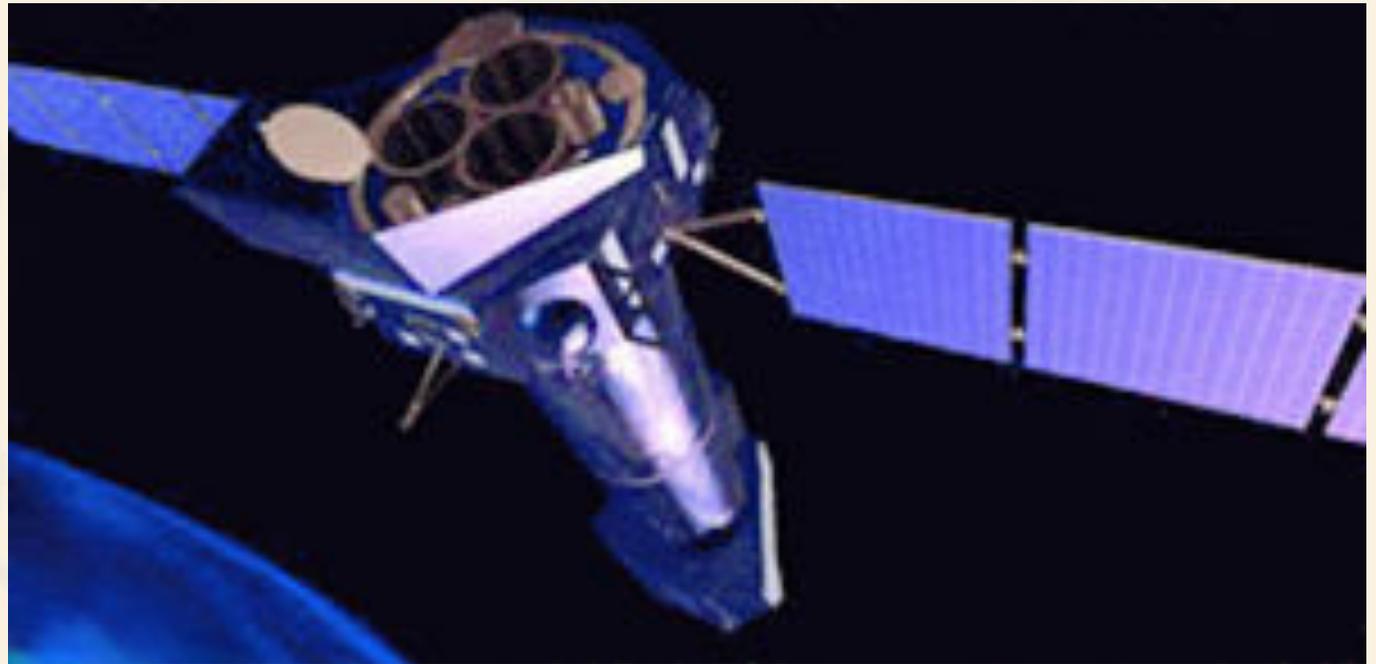
X射线高能天体物理的观测研究：
个人研究回顾



钱德拉深场：我的第一个“五百里路”

7Ms CDF-S





XMM-Newton

X-ray Multi-Mirror (ESA)

寿命：1999年12月 - (计划10年寿命；仍在工作中)

波段：0.1 - 15 keV

特性：大的有效面积；X射线谱和光学观测同时进行

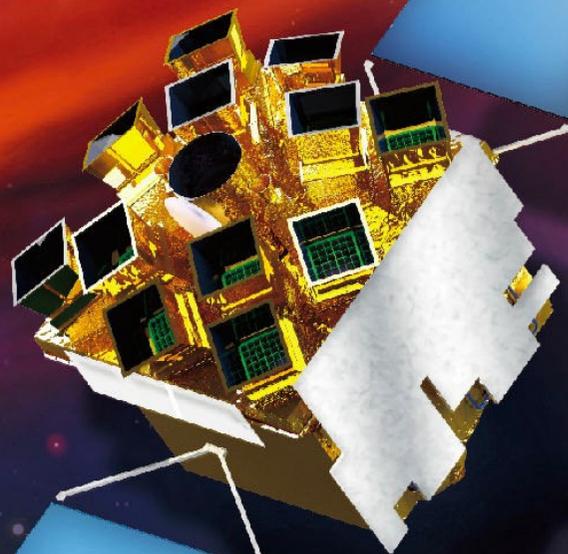
www.scichina.com physcn.scichina.com

SCIENTIA SINICA Physica, Mechanica & Astronomica

中国科学 物理学 力学 天文学

第48卷 第3期 2018年3月 CN 11-5848/N ISSN 1674-7275 eISSN 2095-9478

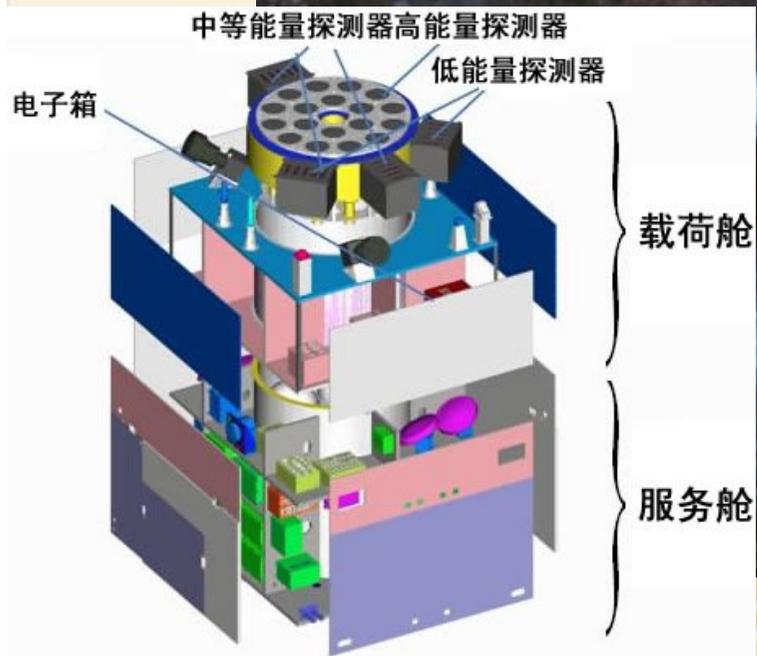
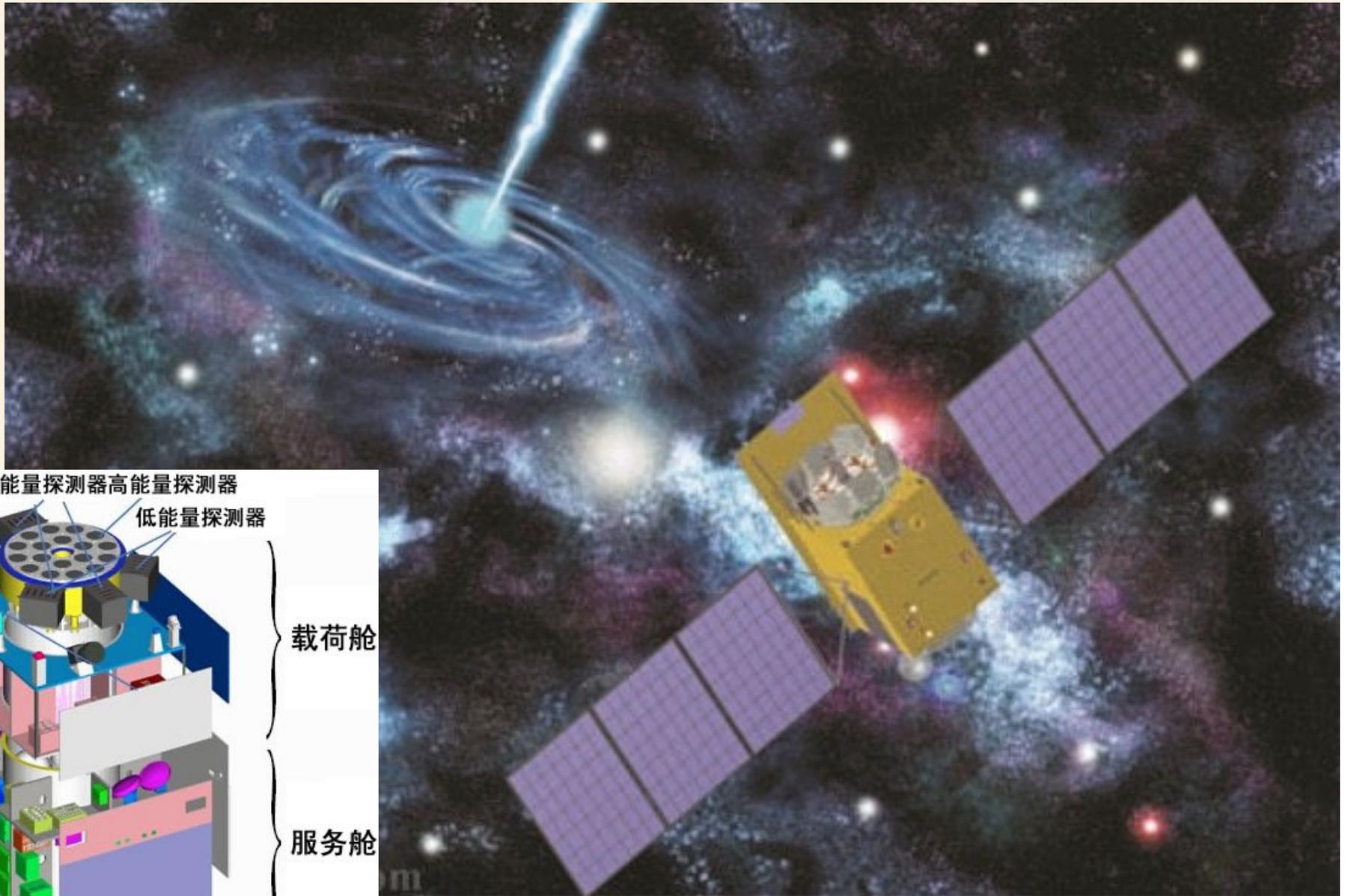
爱因斯坦探针：
探索变幻多姿的 X 射线宇宙专题



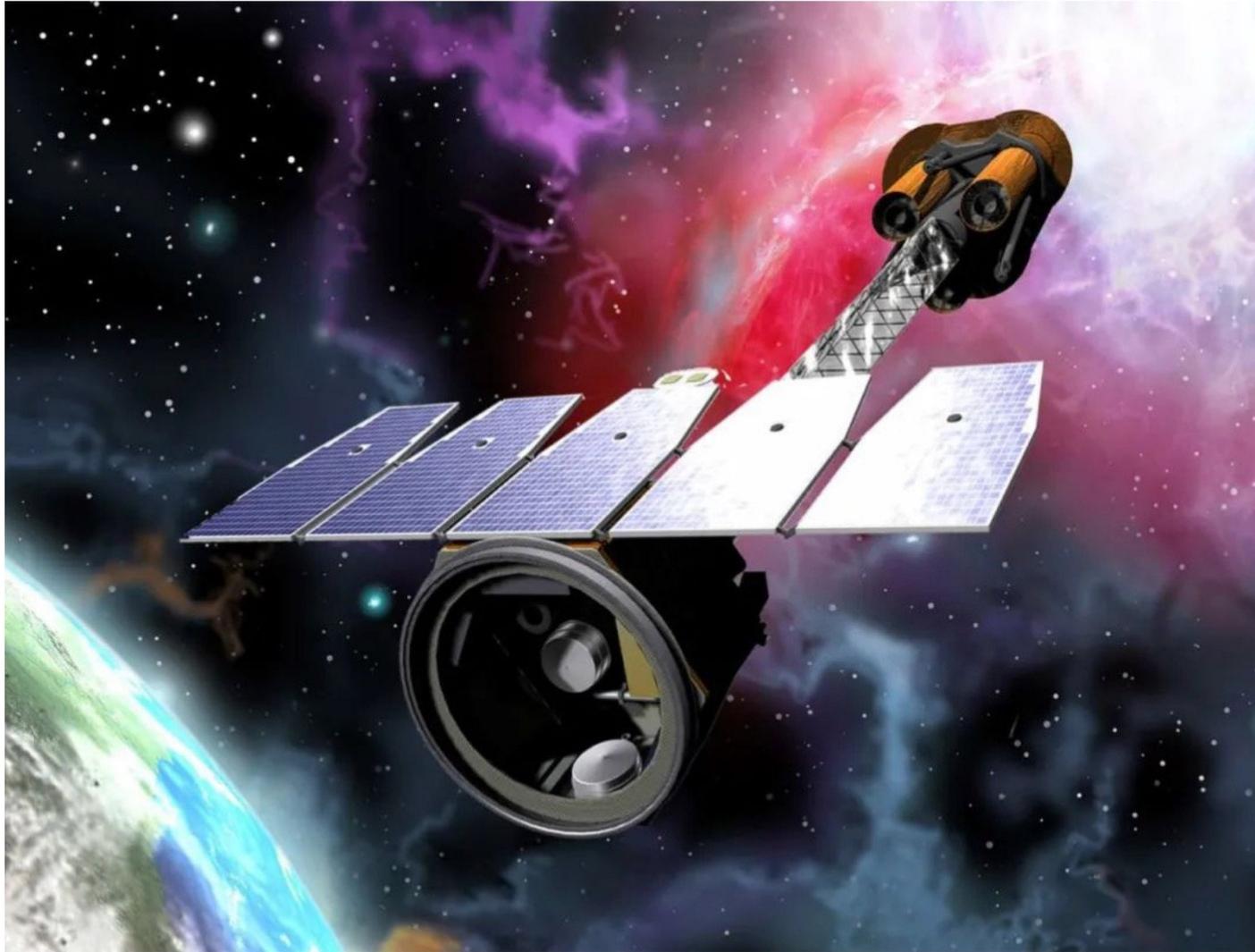
中国科学院主办
国家自然科学基金委员会



硬X射线调制望远镜(HXMT)

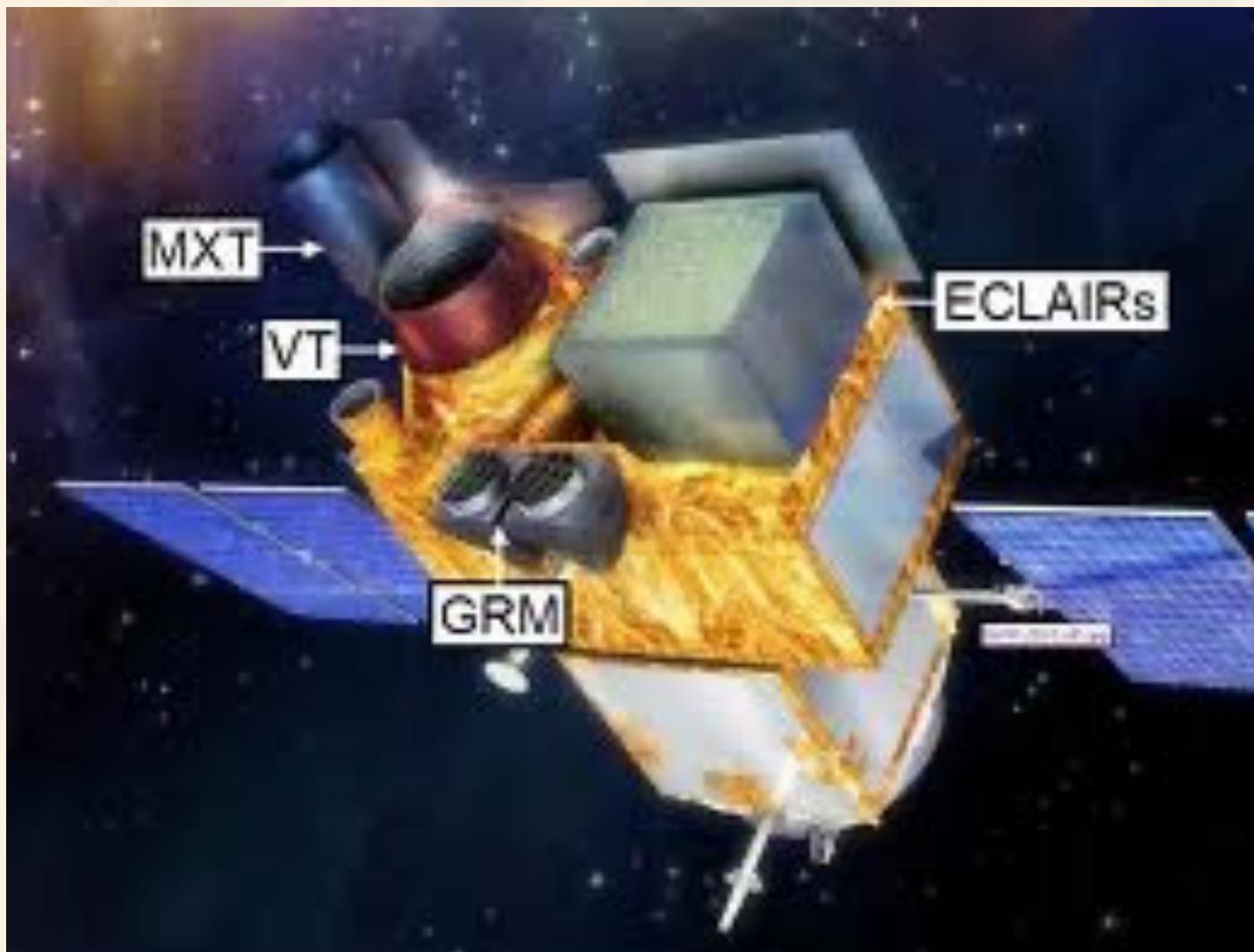


尽管X射线辐射的探测已经有了众多望远镜，然而对于X射线辐射的偏振探测几乎还是一片空白。就在2021年12月9日，美国航天局和意大利航天局利用猎鹰9火箭在肯尼迪航天中心联合成功发射了第一个专门用于X射线偏振测量的探测器——X射线偏振成像探测器（Imaging X-ray Polarimetry Explorer, IXPE）。



IXPE将扩展我们对于X射线宇宙的认识，它能够探索中子星和黑洞等物体附近的极端物理条件下如何产生X射线辐射，从而打开认知的新维度。版权 / NASA

SVOM





CGRO

■1991.4.5日CGRO(Compton Gamma-Ray Observatory)的发射，使伽玛射线天文学长期以来有了自己的“旗舰”，该卫星携带的四个设备极大地提高了 γ 射线观测的空间和时间分辨本领。尽管CGRO于2000.6.4坠入了大气层，天文工作者仍然还在研究它的观测数据，来提高我们对宇宙中高能现象的认识。

1991.4.5—2000.6.4，NASA在哈勃之后的又一个大型望远镜，20keV-30Gev，重17吨，是此之前最重的，由Atlantis航天飞机带上天。

the GREAT OBSERVATORIES

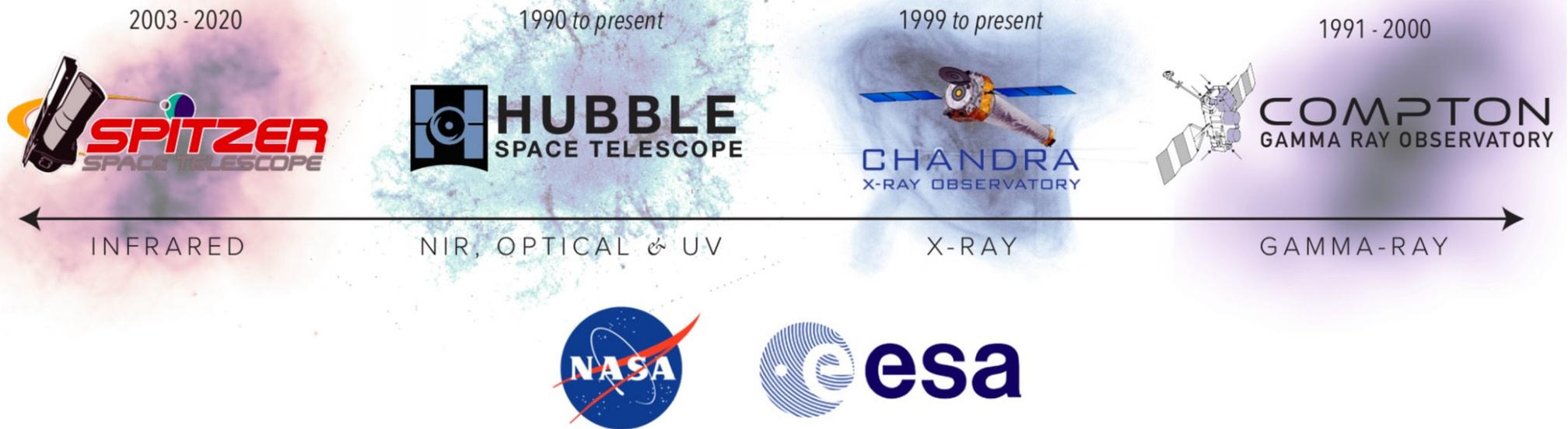
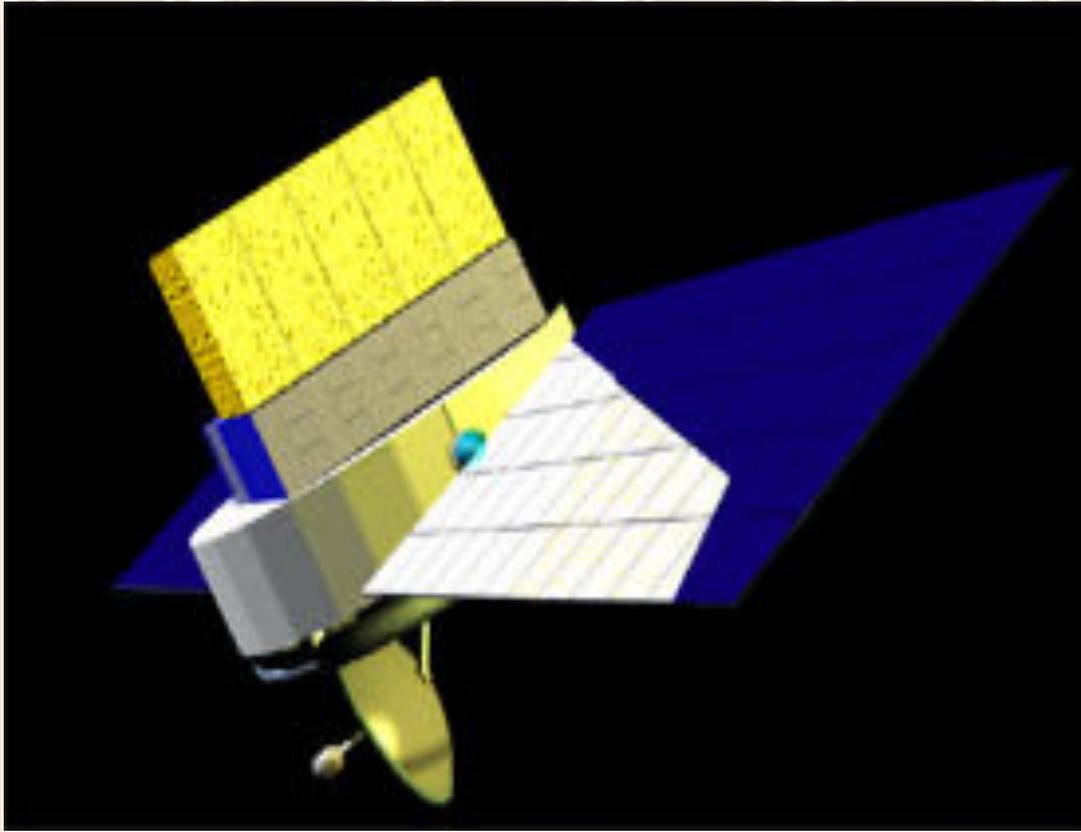


Fig. 1—1. The Great Observatories. *Spitzer, Hubble, Chandra, and Compton, arranged according to the part of the electromagnetic spectrum they observe.*



GLAST



INTEGRAL

Fermi-GLAST (2008.6.11), INTEGRAL (2002.10.17) INTEGRAL 研究许多伽玛射线源如超新星; GLAST 以更高的精度 (比CGRO上的EGRET 高10-30倍) 得到全天的图。

(My INTEGRAL story)

高海拔宇宙线观测站

语音

编辑

讨论

上传视频

高海拔宇宙线观测站（LHAASO, Large High Altitude Air Shower Observatory）是世界上海拔最高、规模最大、灵敏度最强的宇宙射线探测装置。

高海拔宇宙线观测站位于中国四川省稻城县海子山，占地面积约1.36平方公里。其核心科学目标是探索高能宇宙线起源以及相关的宇宙演化和高能天体活动，并寻找暗物质；广泛搜索宇宙中尤其是银河系内部的伽马射线源等。

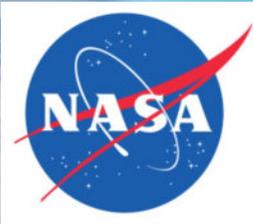
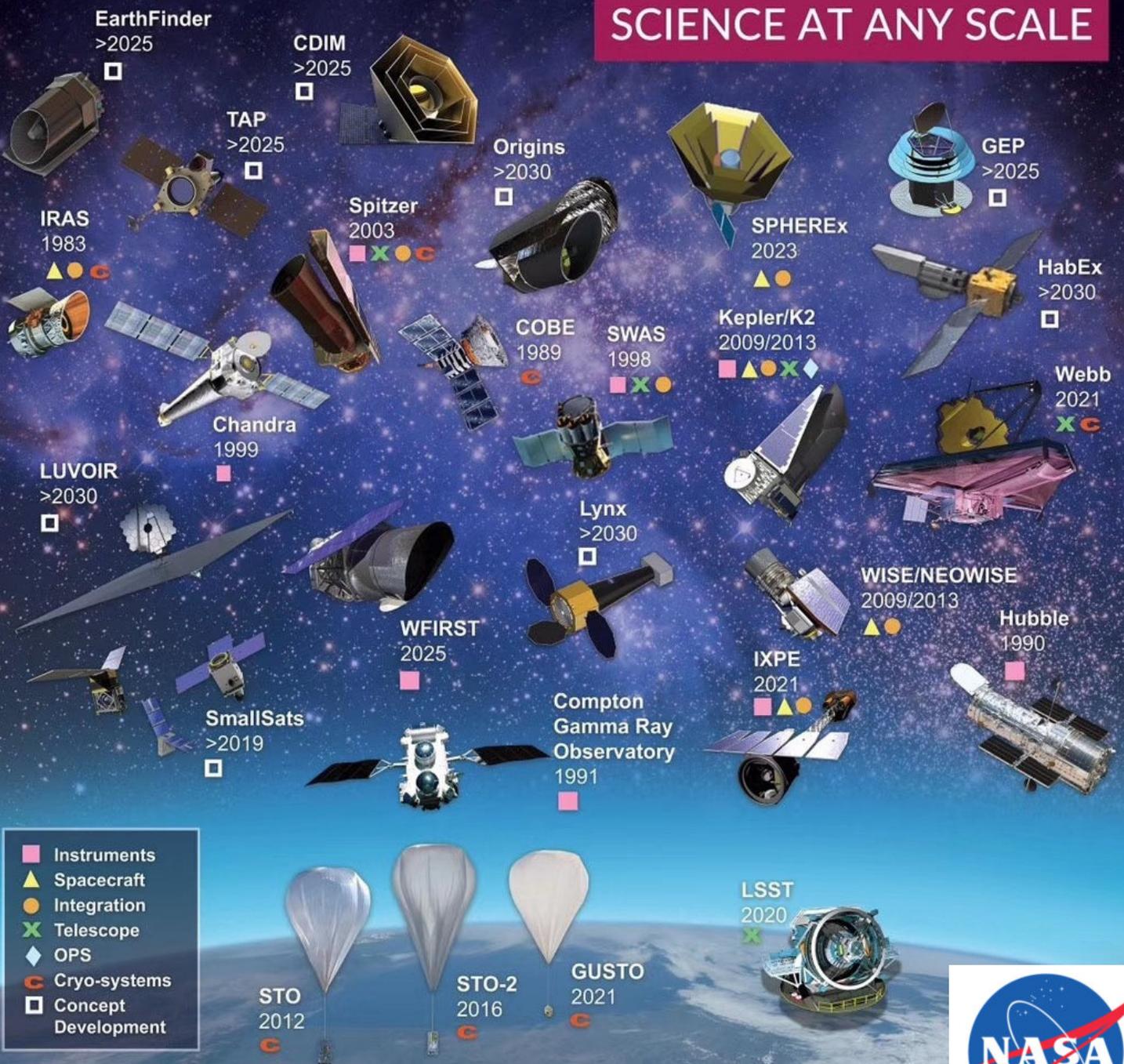
2016年7月，高海拔宇宙线观测站开始基础设施建设；2018年6月19日，高海拔宇宙线观测站正式开工。^[1]

2021年5月17日，中国科学院高能物理研究所、施普林格·自然出版机构在北京联合发布：国家重大科技基础设施“高海拔宇宙线观测站”在银河系内发现大量超高能宇宙加速器，并记录到能量达1.4拍电子伏的伽马光子（拍=千万亿），这是人类观测到的最高能量光子。^[7]

| | | | |
|-----|--|-----|--|
| 中文名 | 高海拔宇宙线观测站 | 地点 | 中国四川省稻城县海子山 |
| 外文名 | LHAASO | 目的 | 探测宇宙射线 |
| | Large High Altitude Air Shower Observatory | 经纬度 | N 29°21'31", E 100° 8'15" ^[2] |



SCIENCE AT ANY SCALE





TIMELINE

The missions to be launched by ESA in the next 15 years



2020

Solar Orbiter: a Sun orbiter, examining the inner heliosphere – the bubble created by the solar wind. It will be the first mission to explore the Sun's poles.



2020

Rosalind Franklin: a Mars rover with a 2m-long drill to look below the planet's surface, where biomarkers could survive the Sun's radiation.



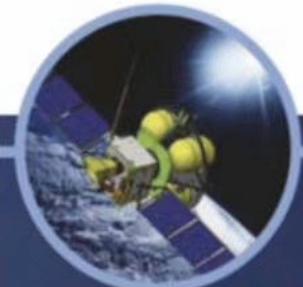
2022

Euclid: will study cosmic structure from the second Lagrangian point (L2), looking at galaxies and clusters to a distance of 10 billion years.



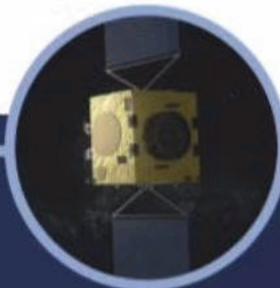
2022

Jupiter Icy Moons Explorer (JUICE): a spacecraft that will examine the gas giant and its three largest icy moons; Ganymede, Callisto and Europa.



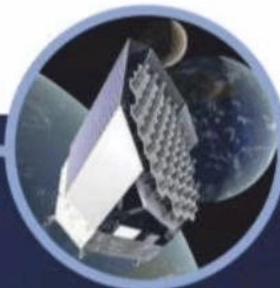
2023

Solar Wind Magnetosphere Ionosphere Link Explorer (SMILE): a joint mission with China to explore the connection between Earth and the Sun.



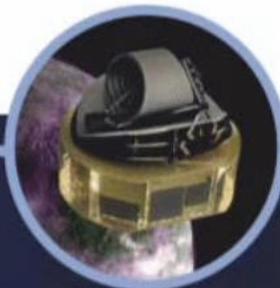
2024

Hera: bound for asteroid Didymos, the spacecraft will investigate how a future mission could one day deflect a civilisation-killing asteroid.



2026

Planetary Transits and Oscillations of Stars (PLATO): exoplanet-hunting mission based at L2, looking for worlds in the habitable zone of Sun-like stars.



2028

Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey (ARIEL): will examine the atmospheres of 1,000 exoplanets from L2.



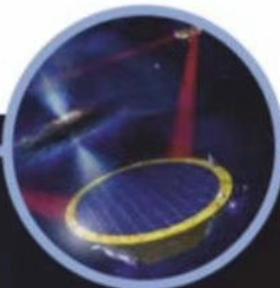
~2030

Mars Sample Return: a multi-part mission bound for the Red Planet, which will return the rock and dust samples cached by Mars 2020.



2031

Athena: X-ray telescope based at L2 that will map out hot clouds of gas throughout the Universe and around black holes.



2034

Laser Interferometer Space Antenna (LISA): a trio of spacecraft that will trail behind Earth, detecting small and weak gravitational waves.

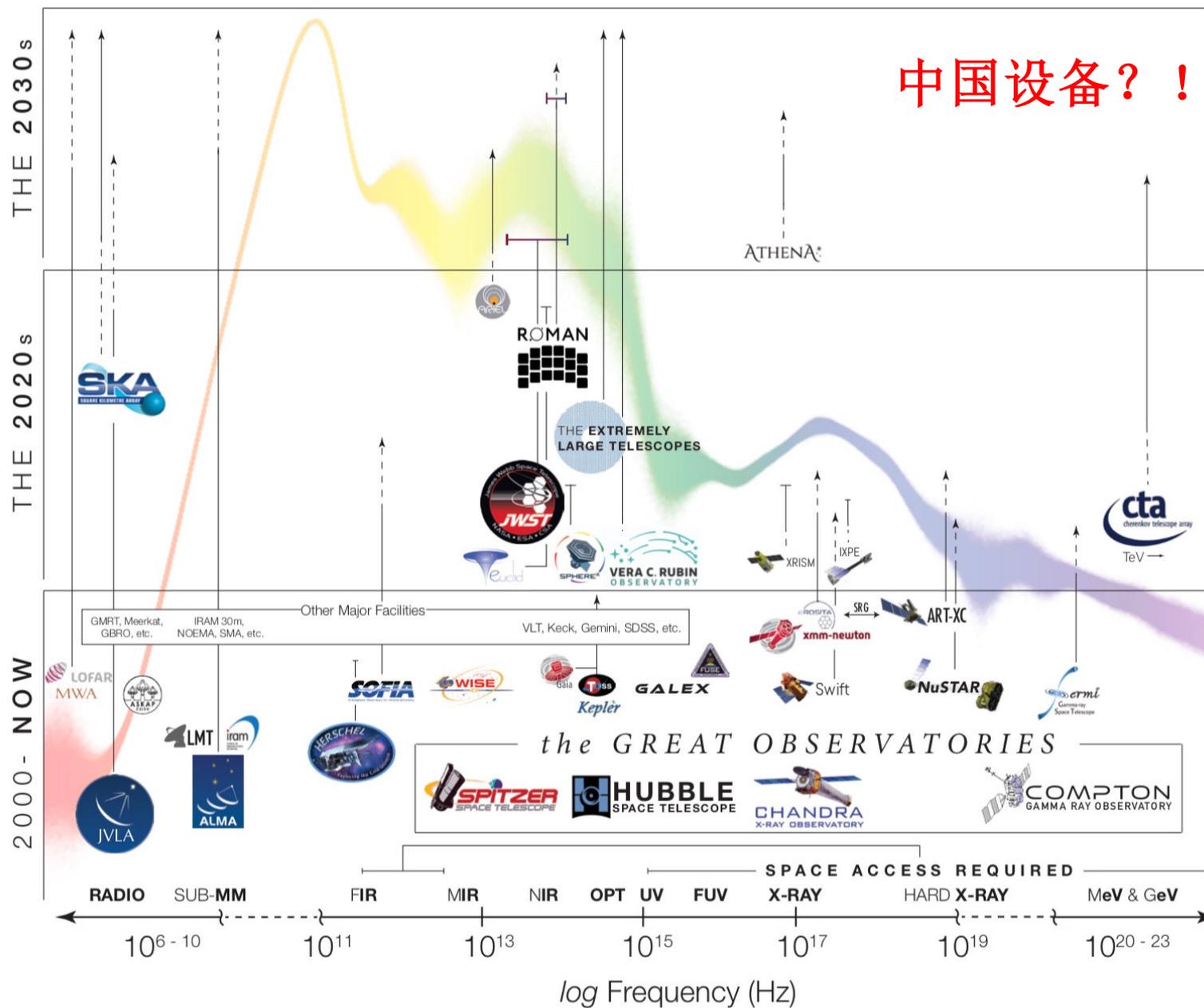
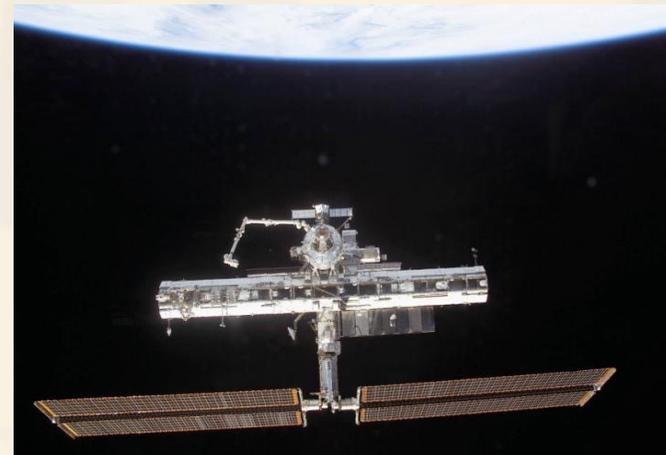
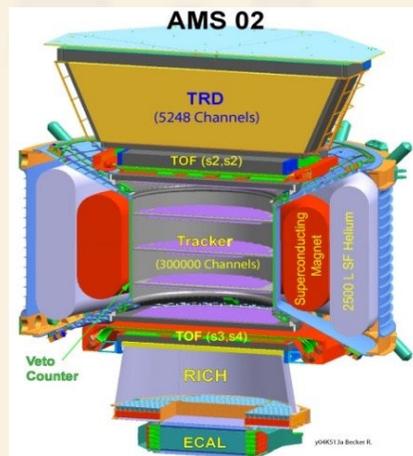


Fig. 3.1. The Current & Future Mission Landscape. The current and expected coverage of major NASA, international and ground-based observatories through the 2030s. Colored horizontal bracketed lines are used to indicate spectral coverage for NASA's next flagship missions, JWST and Roman (previously known as WFIRST). To reduce visual clutter, all other black horizontal end-points to lines are used to indicate approximate end-of-operations. In some cases, dashed vertical lines are used to indicate possible extended missions. The plot shows significant gaps in wavelength coverage in the far-IR and in the UV through the X-ray and gamma-ray regimes for the coming decade and beyond. The total integrated spectrum of the Universe (Hill et al. 2018) is shown to emphasize the broad wavelength coverage needed to study most astrophysical phenomena.

阿尔法磁谱仪 (AMS)



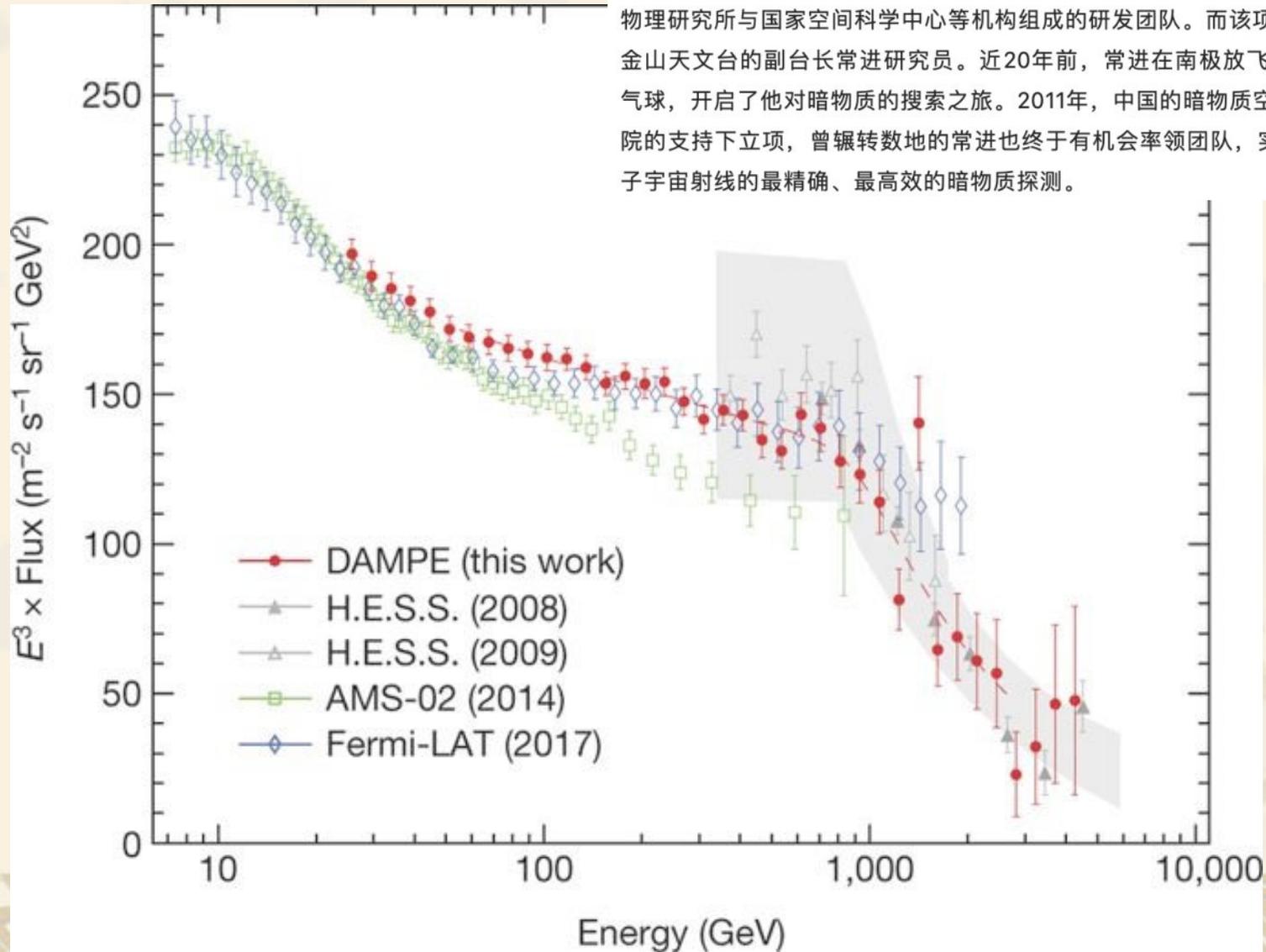
- ❖ 直接探测宇宙空间中的高能粒子（反物质）
- ❖ 大型国际合作项目（丁肇中教授领导）
- ❖ AMS-01曾于1998.6.2-12日由美国发现号航天飞机搭载
- ❖ AMS-02于2008年被送到国际空间站运行3-5年
(取自：http://ams.cern.ch/AMS/ams_homepage.html)

暗物质探测卫星（悟空）



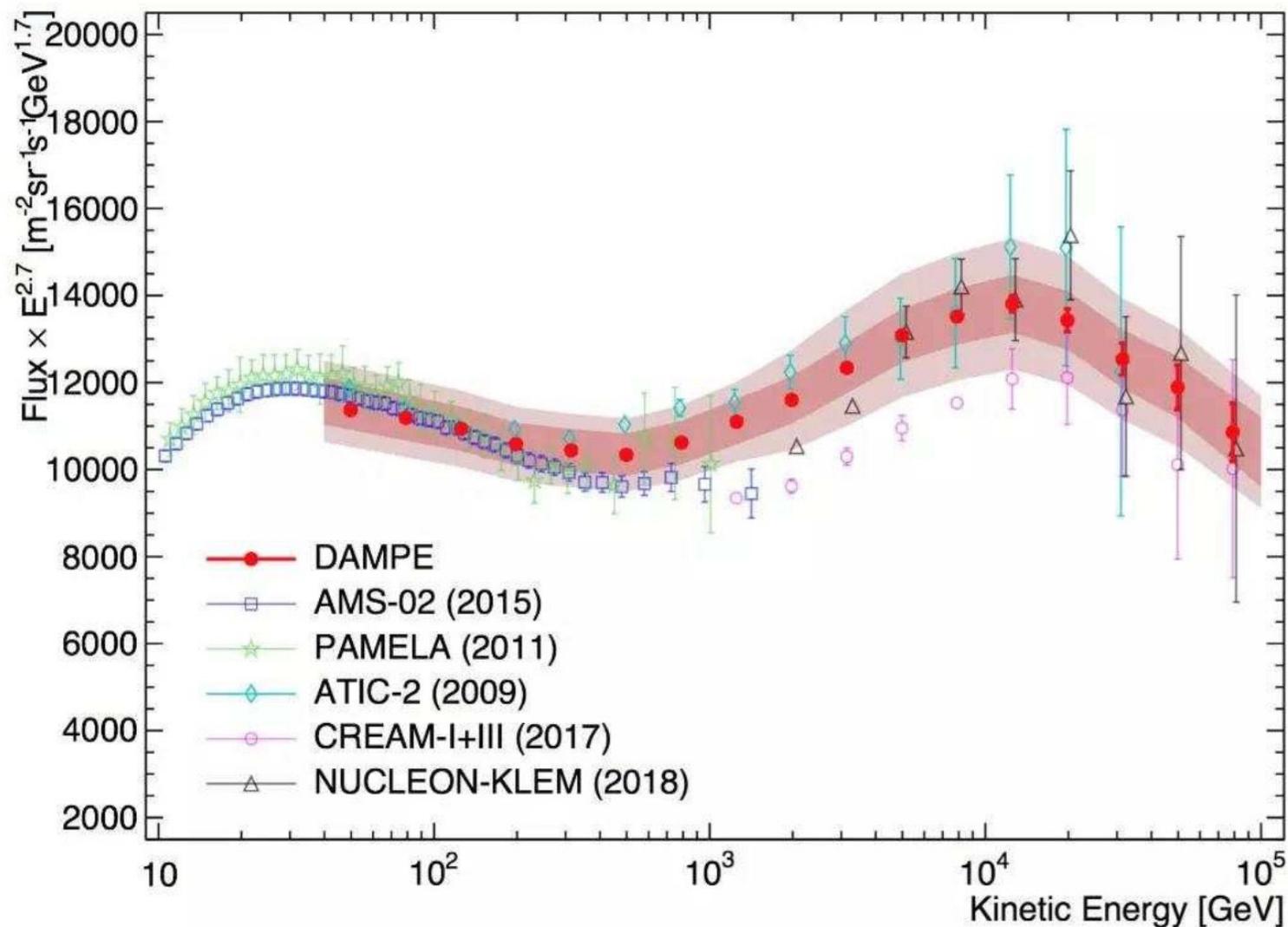
北京时间2017年11月30日,《自然》杂志在线发表了中国暗物质粒子探测卫星“悟空”号(DAMPE)的首批成果。2015年12月17日,肩负着寻找暗物质粒子重任的“悟空”号从酒泉卫星发射中心成功发射。在近两年的在轨运行期间,“悟空”号采集了约28亿例高能宇宙射线,并基于这些数据获取了目前国际上精度最高的TeV电子宇宙射线探测结果。持续累积的数据有可能为我们带来暗物质或天体物理领域的重大发现。

在“悟空”号背后,是一支由紫金山天文台、中国科学技术大学、近代物理研究所、高能物理研究所与国家空间科学中心等机构组成的研发团队。而该项目的首席科学家,是紫金山天文台的副台长常进研究员。近20年前,常进在南极放飞了一枚探测高能电子的气球,开启了他对暗物质的搜索之旅。2011年,中国的暗物质空间探测计划在中国科学院的支持下立项,曾辗转数地的常进也终于有机会率领团队,实现了国际上基于TeV电子宇宙射线的最精确、最高效的暗物质探测。



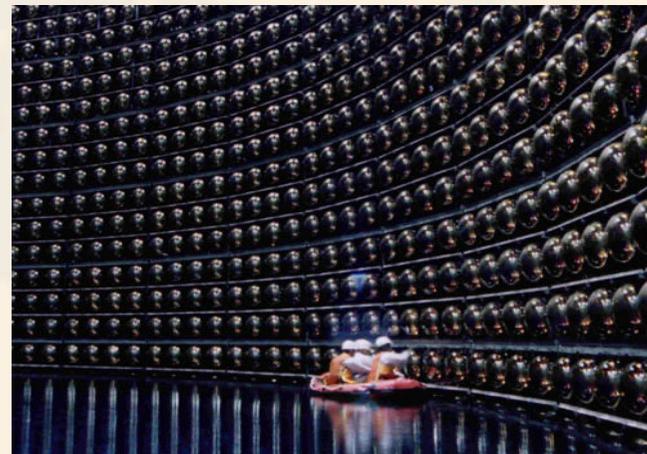
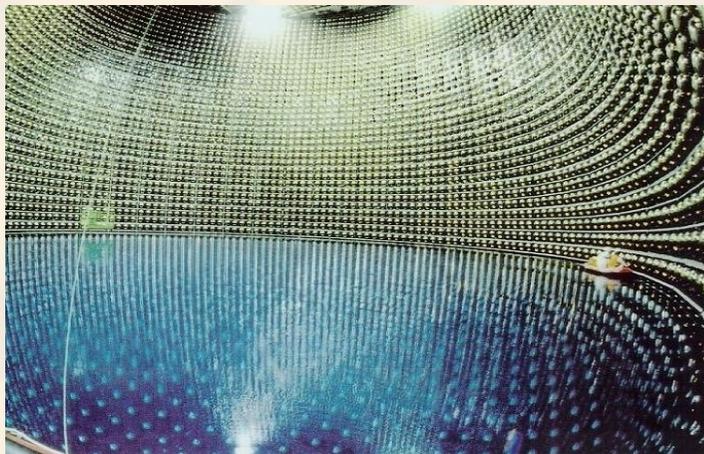
“悟空”号新成果：首次精确绘制超高能宇宙线质子能谱

人民日报客户端 姚雪青 2019-09-28 14:29



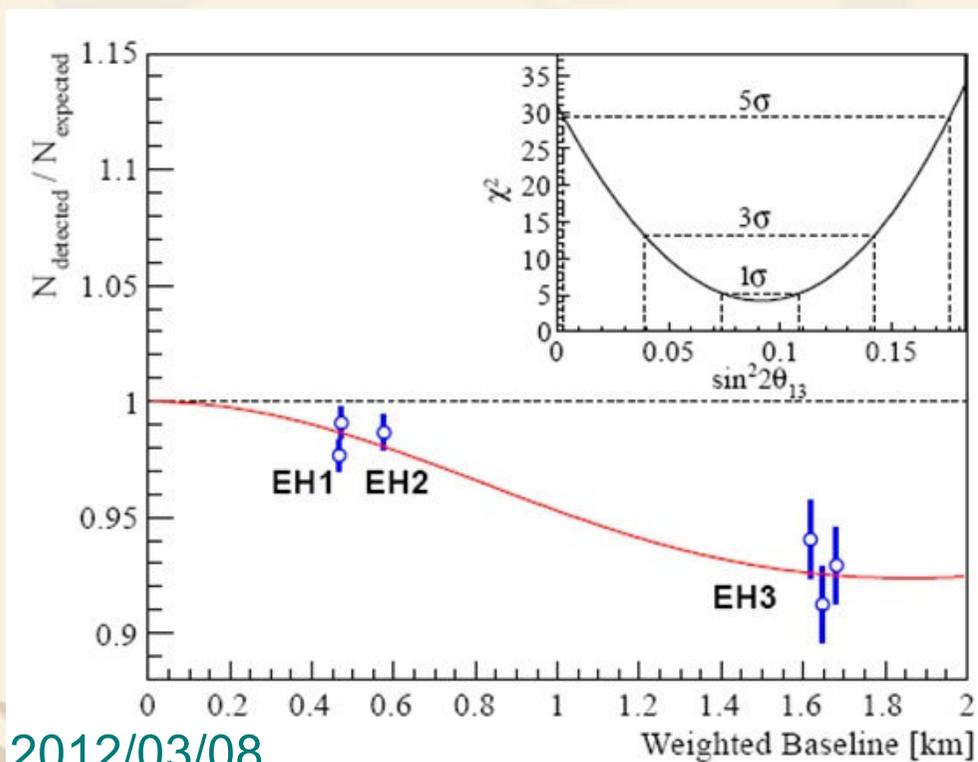
“悟空”号探测的40 GeV–100 TeV能段宇宙线质子能谱。

中微子望远镜（Super-Kamiokande）



- ❖ 基本原理：中微子与带电粒子的散射
 - ❖ 主要的科学成就：
 - 探测到来自太阳和超新星爆发的中微子
 - 解决了太阳中微子短缺的问题
 - 获2001年Nobel物理奖
（东京大学Masatoshi Koshiwa教授）
- （取自：<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/sk/index.html>）

大亚湾中微子实验



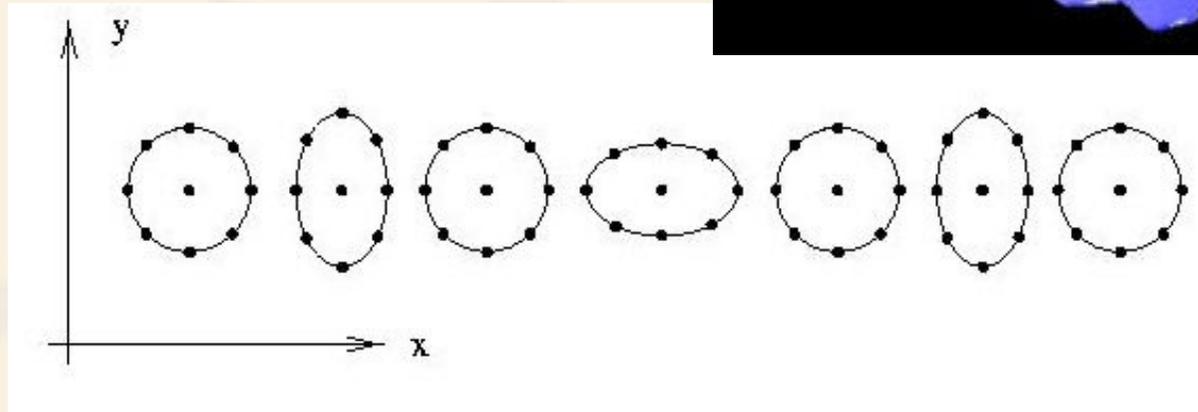
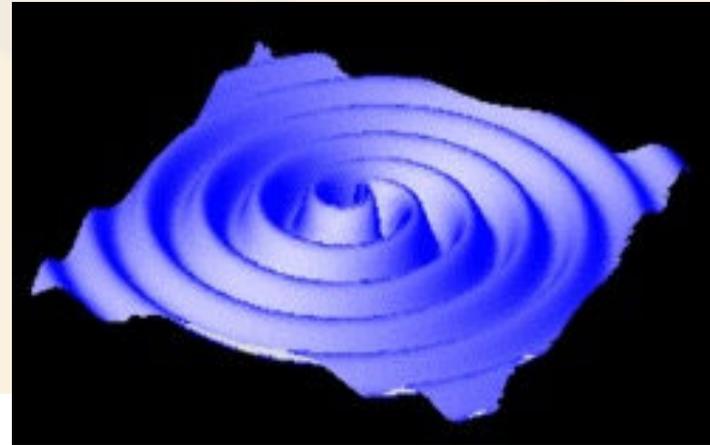
2012/03/08



2015/11/10: 王贻芳作为负责人获科学突破奖

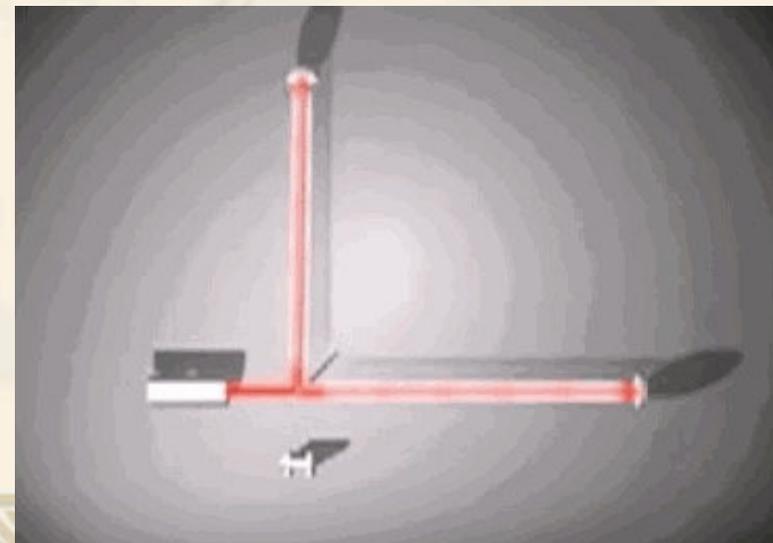
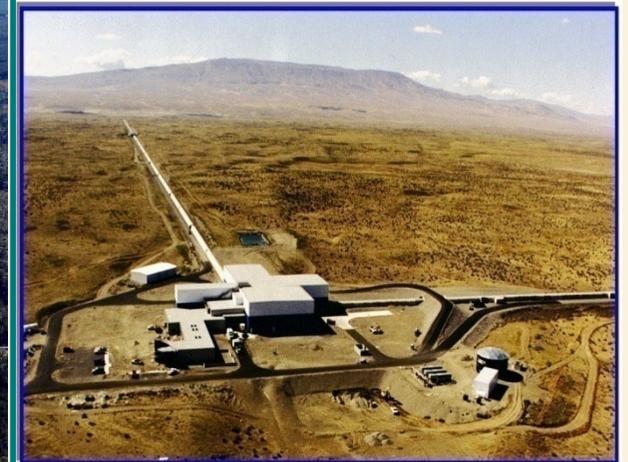
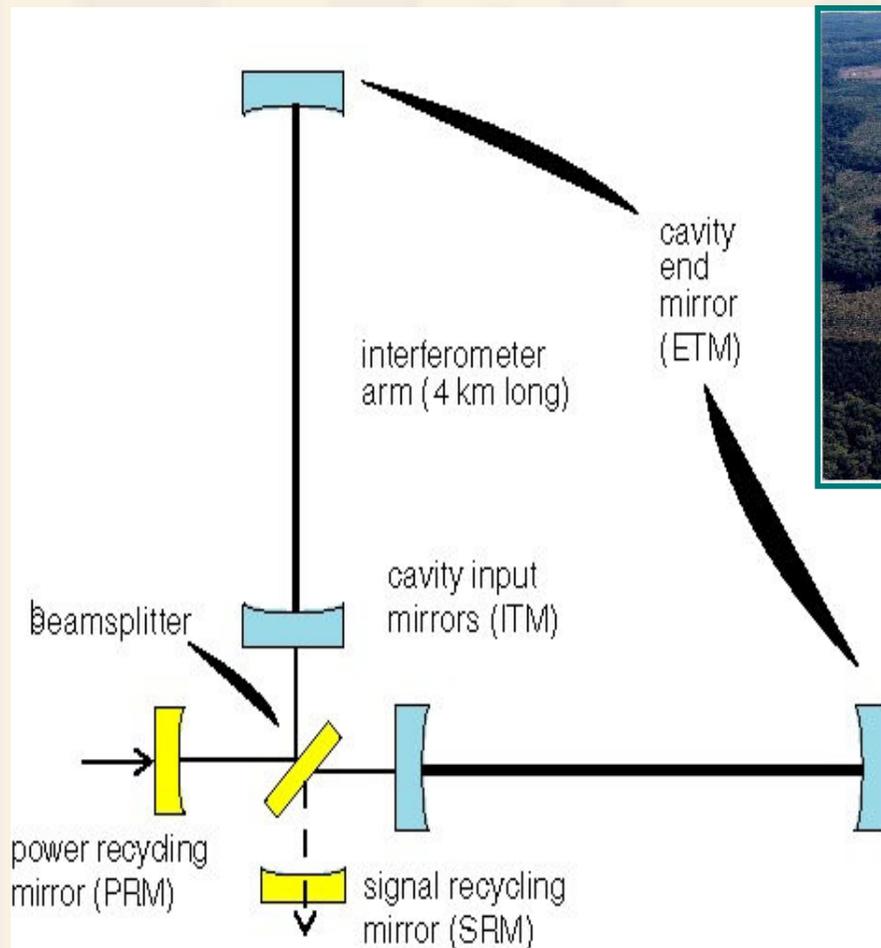
引力波

- ❖ 什么是引力波？
- ❖ 引力波的特性



- ❖ 引力波存在吗？

引力波望远镜 激光干涉引力波天文台 (LIGO)



LIGO是地球上最精密的测量仪器



10^{-18} 米

(取自陈雁北)

头发丝
 10^{-6} 米

一万倍!



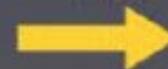
氢原子
(电子云)
 10^{-10} 米

十万倍!



氢原子核
(质子)
 10^{-15} 米

一千倍!



10^{-18} 米

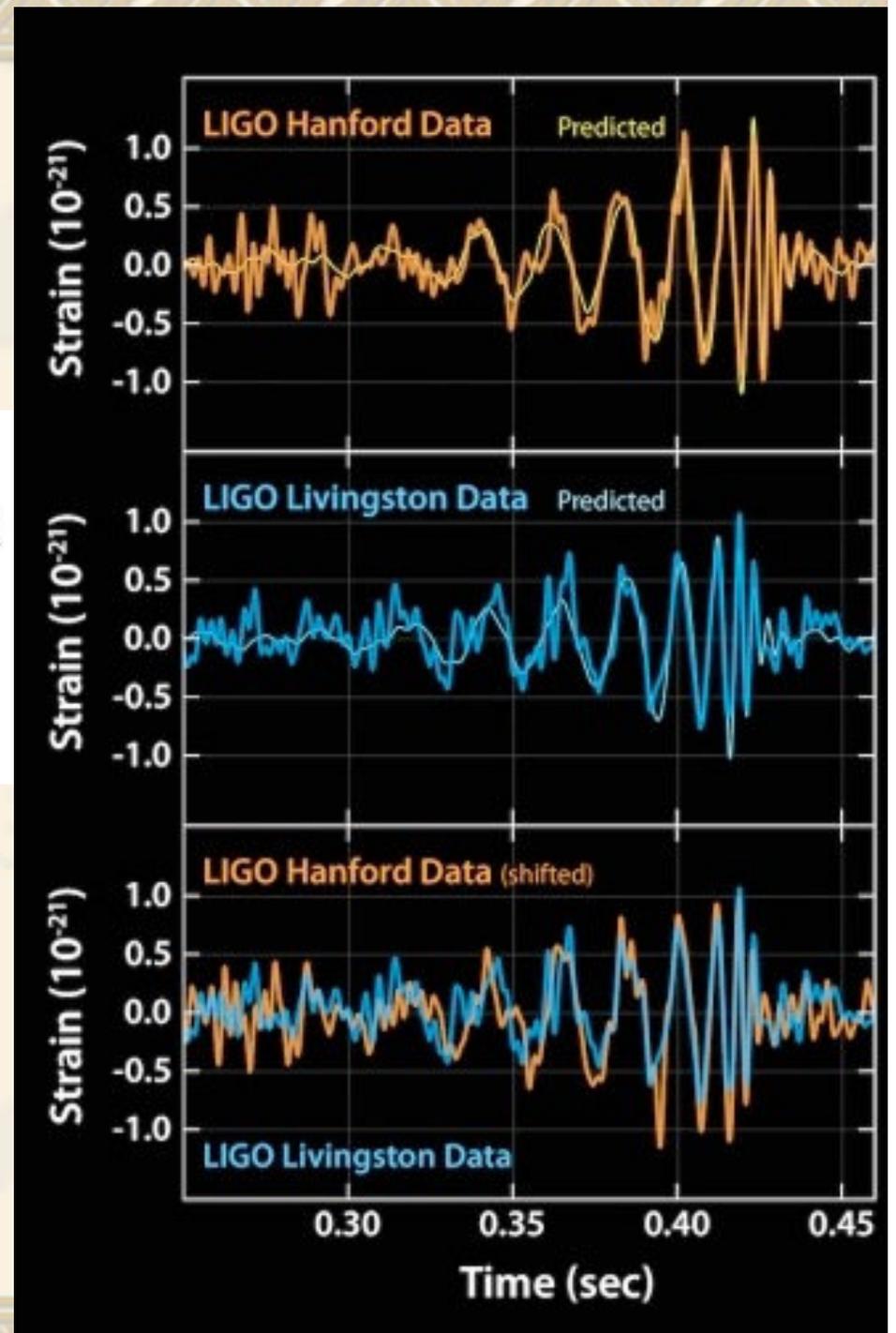
NATURE | NEWS

Einstein's gravitational waves found at last

LIGO 'hears' space-time ripples produced by black-hole collision.

Daive Castelvechi & Alexandra Witze

11 February 2016

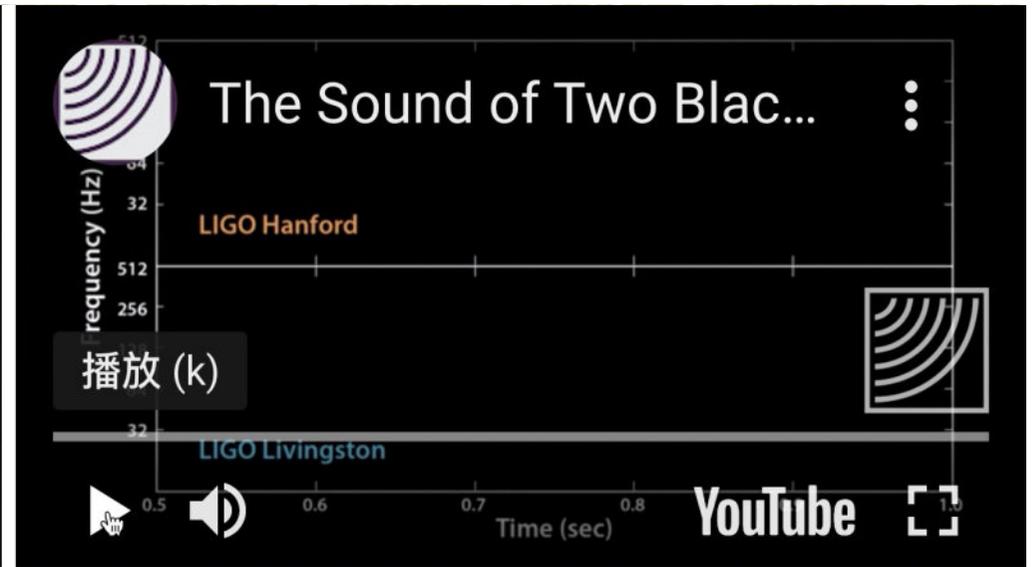




Computer simulation showing the collision of two black holes and lensing of the background star light. LIGO detected gravitational waves, or ripples in space and time generated as the black holes spiraled in toward each other, collided, and merged. This simulation shows how the merger would appear to our eyes if we could somehow travel in a spaceship for a closer look. It was created by solving equations from Albert Einstein's general theory of relativity using the LIGO data.

The two merging black holes are each roughly 30 times the mass of the sun, with one slightly larger than the other. Time has been slowed down by a factor of about 100. The event took place 1.3 billion years ago. The stars appear warped due to the incredibly strong gravity of the black holes. The black holes warp space and time, and this causes light from the stars to curve around the black holes in a process called gravitational lensing. The ring around the black holes, known as an Einstein ring, arises from the light of all the stars in a small region behind the holes, where gravitational lensing has smeared their images into a ring.

The gravitational waves themselves would not be seen by a human near the black holes and so do not show in this video, with one important exception. The gravitational waves that are traveling outward toward the small region behind the black holes disturb that region's stellar images in the Einstein ring, causing them to slosh around, even long after the collision. The gravitational waves traveling in other directions cause weaker, and shorter-lived sloshing, everywhere outside the ring. (Credit: [SXS](#), the [Simulating eXtreme Spacetimes \(SXS\) project](#).)



The Sound of Two Black Holes Colliding. Gravitational waves sent out from a pair of colliding black holes have been converted to sound waves, as heard in this animation. On September 14, 2015, LIGO observed gravitational waves from the merger of two black holes, each about 30 times the mass of our sun. The incredibly powerful event, which released 50 times more energy than all the stars in the observable universe, lasted only fractions of a second.

In the first two runs of the animation, the sound-wave frequencies exactly match the frequencies of the gravitational waves. The second two runs of the animation play the sounds again at higher frequencies that better fit the human hearing range. The animation ends by playing the original frequencies again twice.

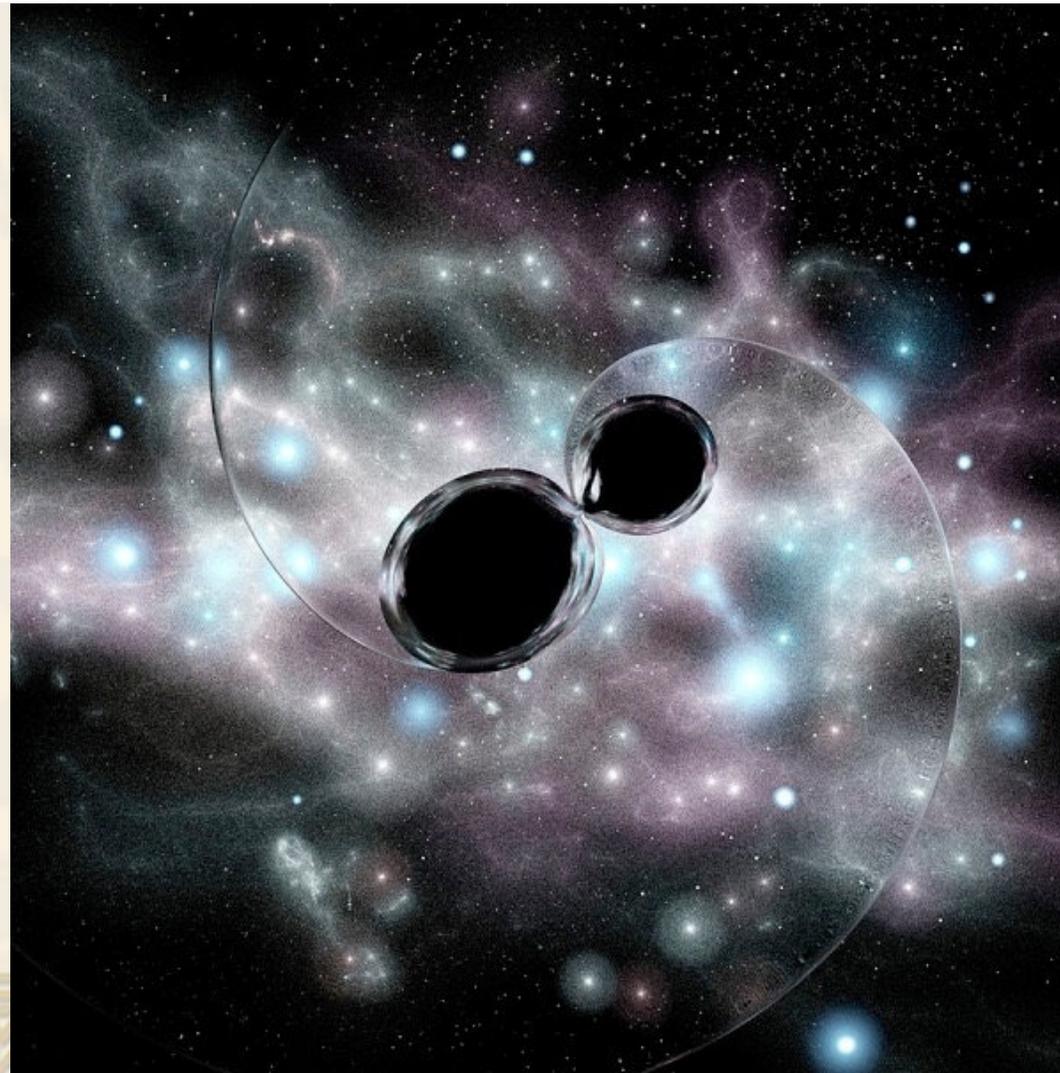
As the black holes spiral closer and closer together, the frequency of the gravitational waves increases. Scientists call these sounds "chirps," because some events that generate gravitation waves would sound like a bird's chirp. (Audio Credit: Caltech/MIT/LIGO Lab.)

LIGO detects whispers of another black-hole merger

After historic first discovery last September, twin observatories detected gravitational waves again on Boxing Day.

Daide Castelvechi

15 June 2016

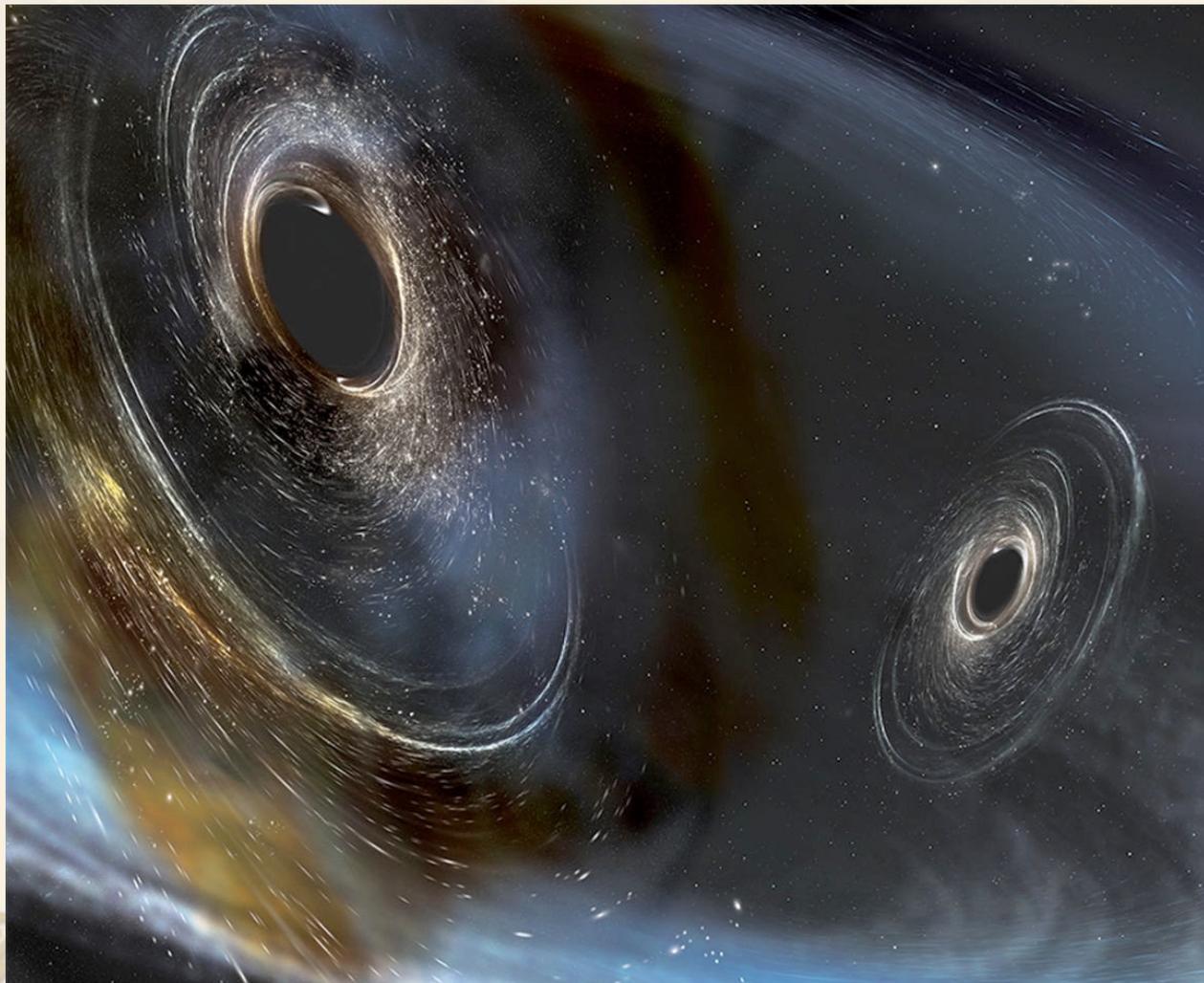




NEWS • 01 JUNE 2017

LIGO spots gravitational waves for third time

Detection made from another black-hole merger – but physicists are now keen to see such waves from different types of event.

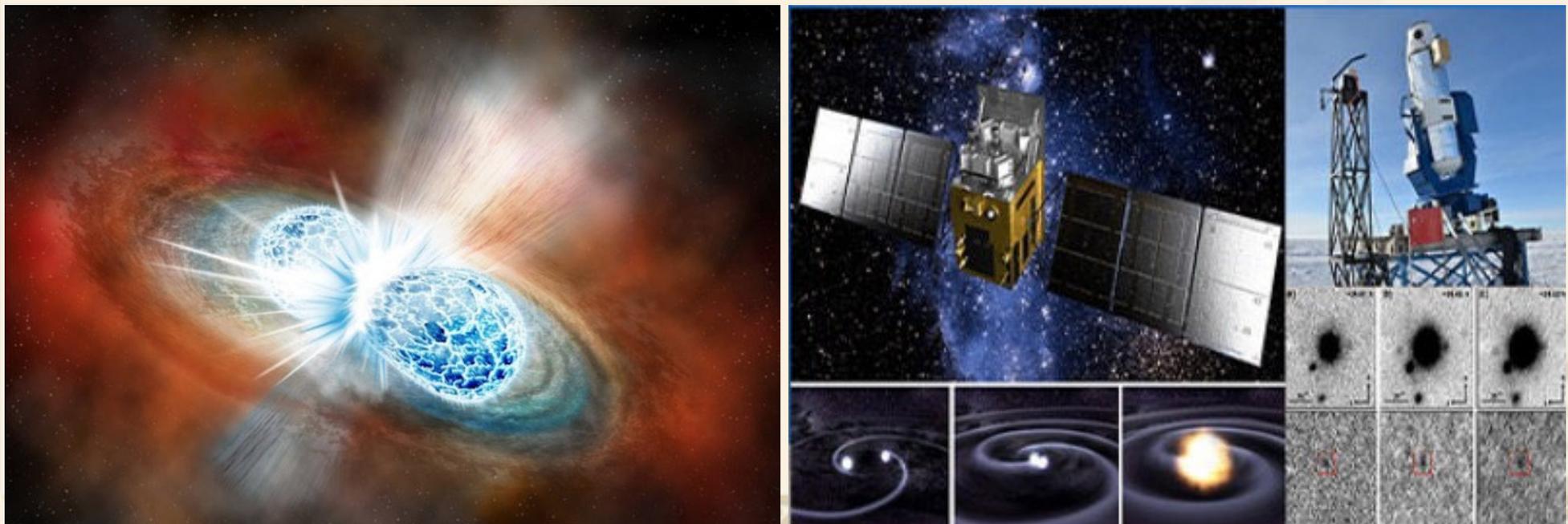


GW170817: ~4500 authors from ~1000 institutes!

Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger

LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration, Fermi GBM, INTEGRAL, IceCube Collaboration, AstroSat Cadmium Zinc Telluride Imager Team, IPN Collaboration, **The Insight-Hxmt Collaboration**, ANTARES Collaboration, The Swift Collaboration, AGILE Team, The 1M2H Team, The Dark Energy Camera GW-EM Collaboration and the DES Collaboration, The DLT40 Collaboration, GRAWITA: GRAvitational Wave Inaf TeAm, The Fermi Large Area Telescope Collaboration, ATCA: Australia Telescope Compact Array, ASKAP: Australian SKA Pathfinder, Las Cumbres Observatory Group, OzGrav, DWF (Deeper, Wider, Faster Program), **AST3**, and CAASTRO Collaborations, The VINROUGE Collaboration, MASTER Collaboration, J-GEM, GROWTH, JAGWAR, Caltech-NRAO, TTU-NRAO, and NuSTAR Collaborations, Pan-STARRS, The MAXI Team, TZAC Consortium, KU Collaboration, Nordic Optical Telescope, ePESSTO, GROND, Texas Tech University, SALT Group, TOROS: Transient Robotic Observatory of the South Collaboration, The BOOTES Collaboration, MWA: Murchison Widefield Array, The CALET Collaboration, IKI-GW Follow-up Collaboration, H.E.S.S. Collaboration, LOFAR Collaboration, LWA: Long Wavelength Array, HAWC Collaboration, The Pierre Auger Collaboration, ALMA Collaboration, Euro VLBI Team, Pi of the Sky Collaboration, The Chandra Team at McGill University, DFN: Desert Fireball Network, ATLAS, High Time Resolution Universe Survey, RIMAS and RATIR, and SKA South Africa/MeerKAT

(See the end matter for the full list of authors.)



(Credit: Robin Dienel et al. & Internet)

FIRST COSMIC EVENT OBSERVED IN GRAVITATIONAL WAVES AND LIGHT

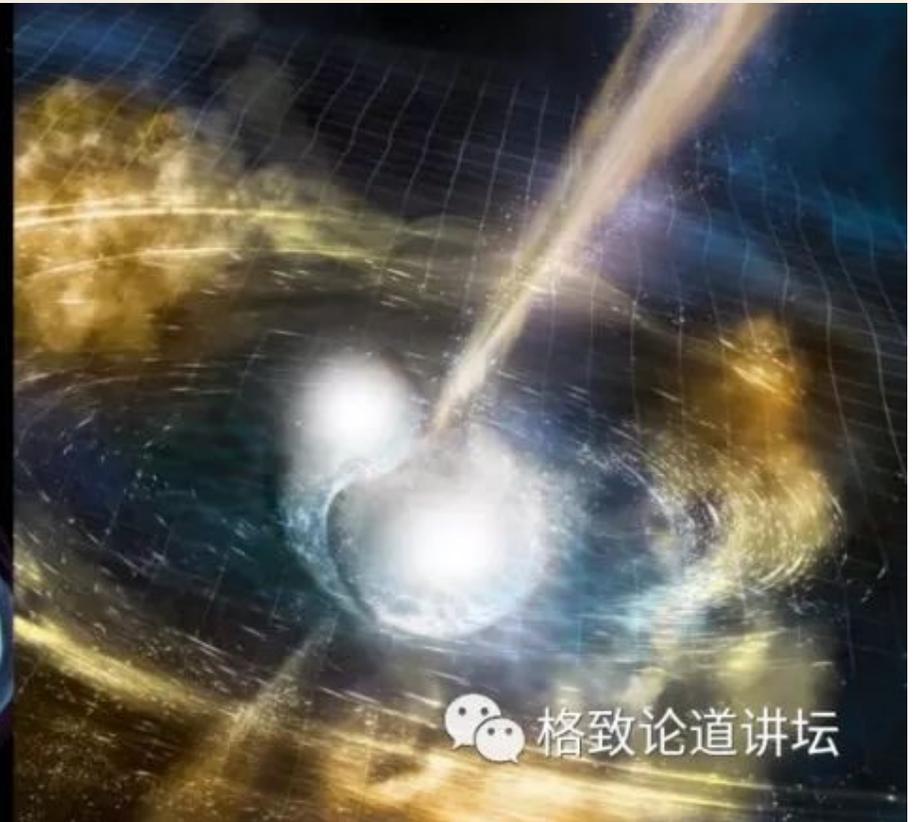
Colliding Neutron Stars Mark New Beginning of Discoveries

Collision creates light across the entire electromagnetic spectrum. Joint observations independently confirm Einstein's General Theory of Relativity, help measure the age of the Universe, and provide clues to the origins of heavy elements like gold and platinum

On August 17, 2017, 12:41 UTC, LIGO (US) and Virgo (Europe) detect gravitational waves from the merger of two neutron stars, each around 1.5 times the mass of our Sun. This is the first detection of spacetime ripples from neutron stars.

Within two seconds, NASA's Fermi Gamma-ray Space Telescope detects a short gamma-ray burst from a region of the sky overlapping the LIGO/Virgo position. Optical telescope observations pinpoint the origin of this signal to NGC 4993, a galaxy located 130 million light years distant.

LIGO Gravitational-Wave Detector for Advanced



格致论道讲坛

GW170817: era of multi-messenger astronomy

GW170817

Binary neutron star merger

A LIGO / Virgo gravitational wave detection with associated electromagnetic events observed by over 70 observatories.



Distance
130 million light years

Discovered
17 August 2017

Type
Neutron star merger

12:41:04 UTC
A gravitational wave from a binary neutron star merger is detected.

gravitational wave signal
Two neutron stars, each the size of a city but with at least the mass of the sun, collided with each other.

gamma ray burst
A short gamma ray burst is an intense beam of gamma ray radiation which is produced just after the merger.
+ 2 seconds
A gamma ray burst is detected.

GW170817 allows us to measure the expansion rate of the universe directly using gravitational waves for the first time.

Detecting gravitational waves from a neutron star merger allows us to find out more about the structure of these unusual objects.

This multimessenger event provides confirmation that neutron star mergers can produce short gamma ray bursts.

The observation of a kilonova allowed us to show that neutron star mergers could be responsible for the production of most of the heavy elements, like gold, in the universe.

Observing both electromagnetic and gravitational waves from the event provides compelling evidence that gravitational waves travel at the same speed as light.

kilonova
Decaying neutron-rich material creates a glowing kilonova, producing heavy metals like gold and platinum.

radio remnant
As material moves away from the merger it produces a shockwave in the interstellar medium - the tenuous material between stars. This produces emission which can last for years.

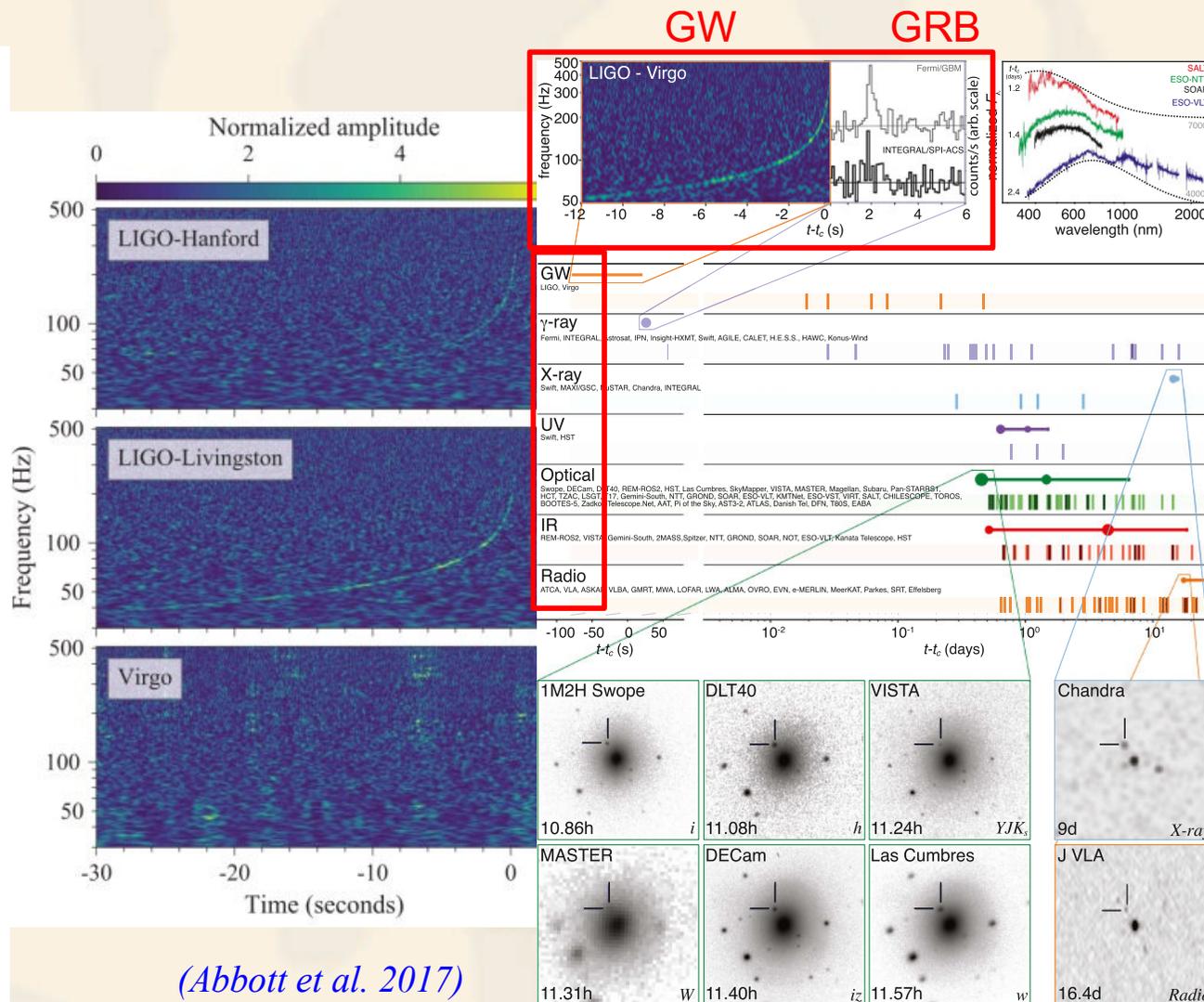
+10 hours 52 minutes
A new bright source of optical light is detected in a galaxy called NGC 4993, in the constellation of Hydra.

+11 hours 36 minutes
Infrared emission observed.

+15 hours
Bright ultraviolet emission detected.

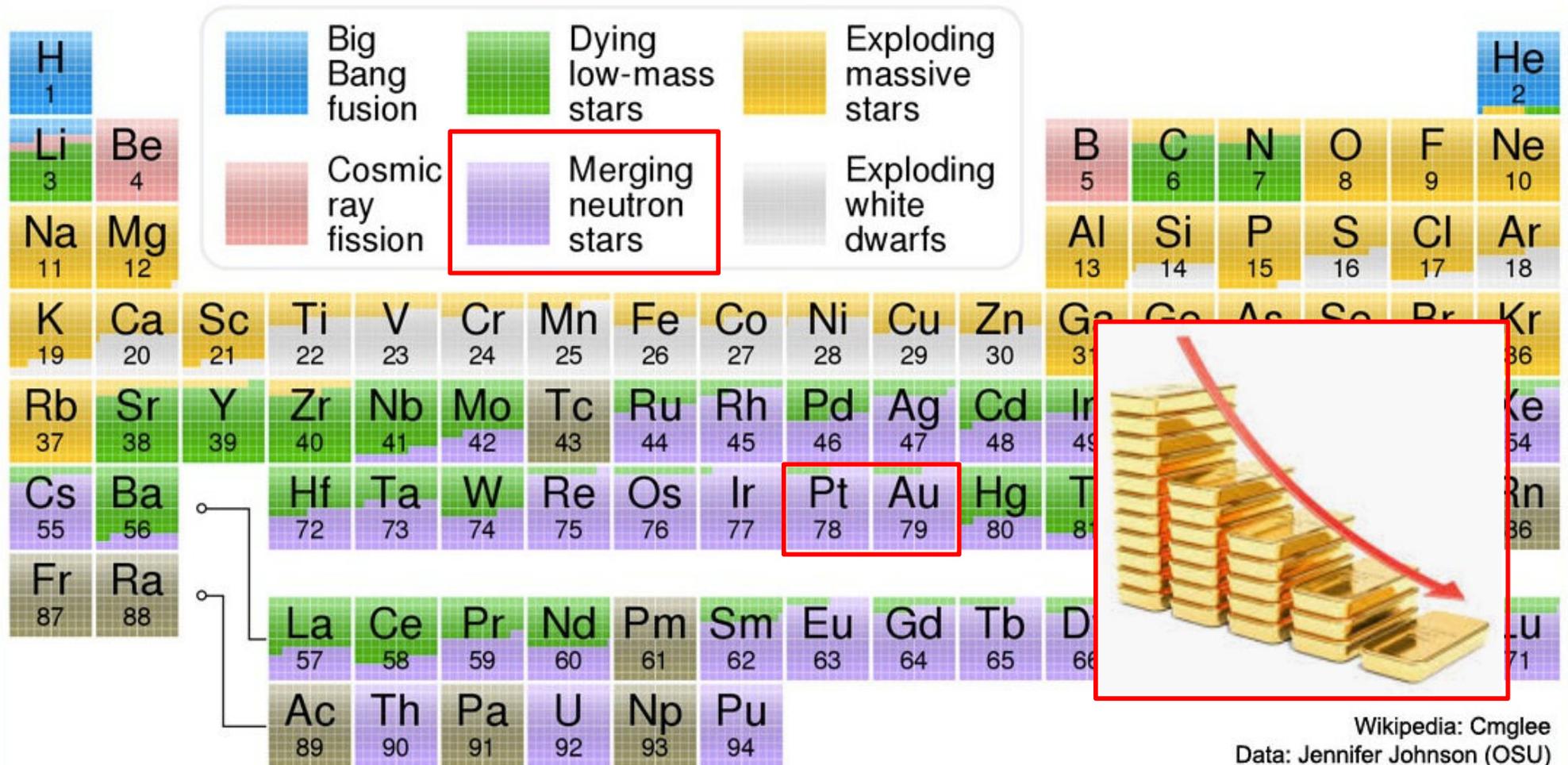
+9 days
X-ray emission detected.

+16 days
Radio emission detected.



(Abbott et al. 2017)

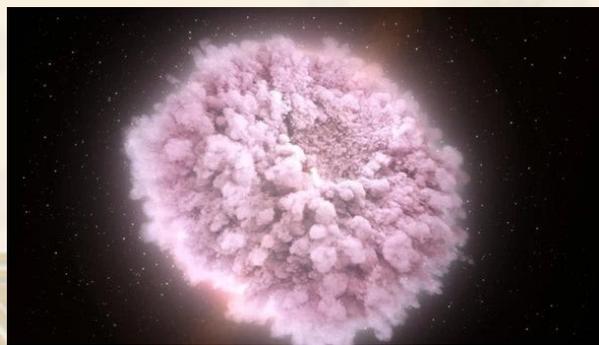
(LIGO)



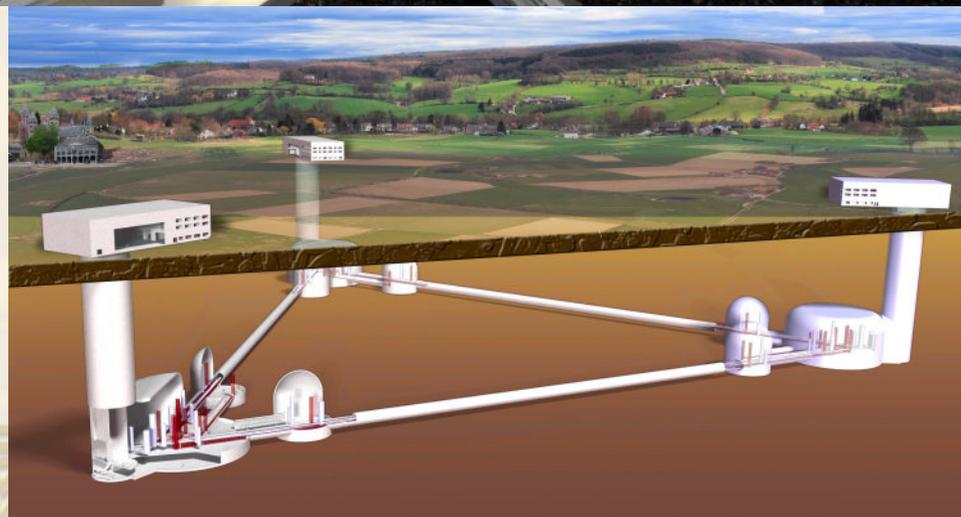
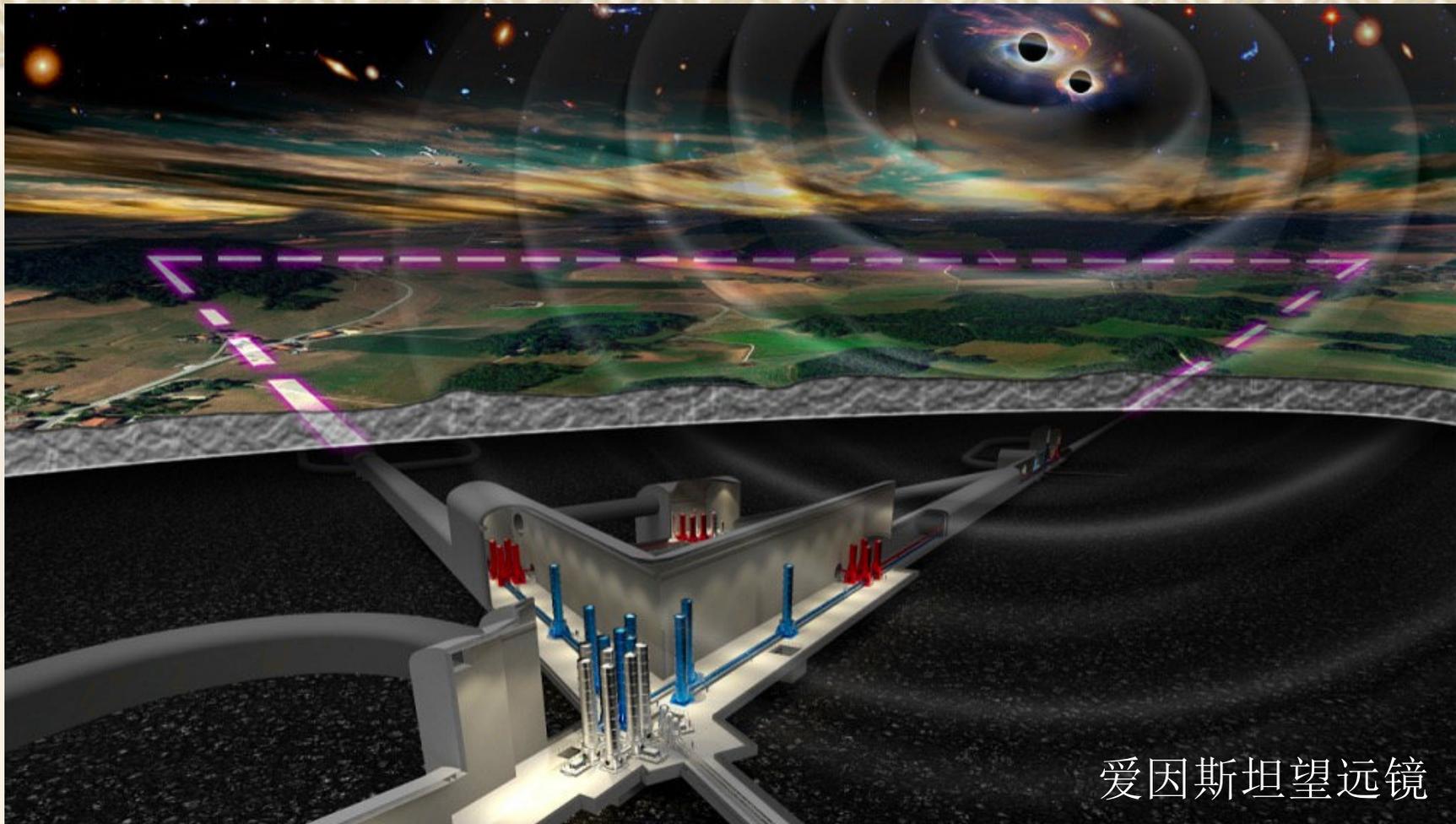
Where Your Elements Came From

Image Credit & License: Wikipedia: Cmglee; Data: Jennifer Johnson (OSU)

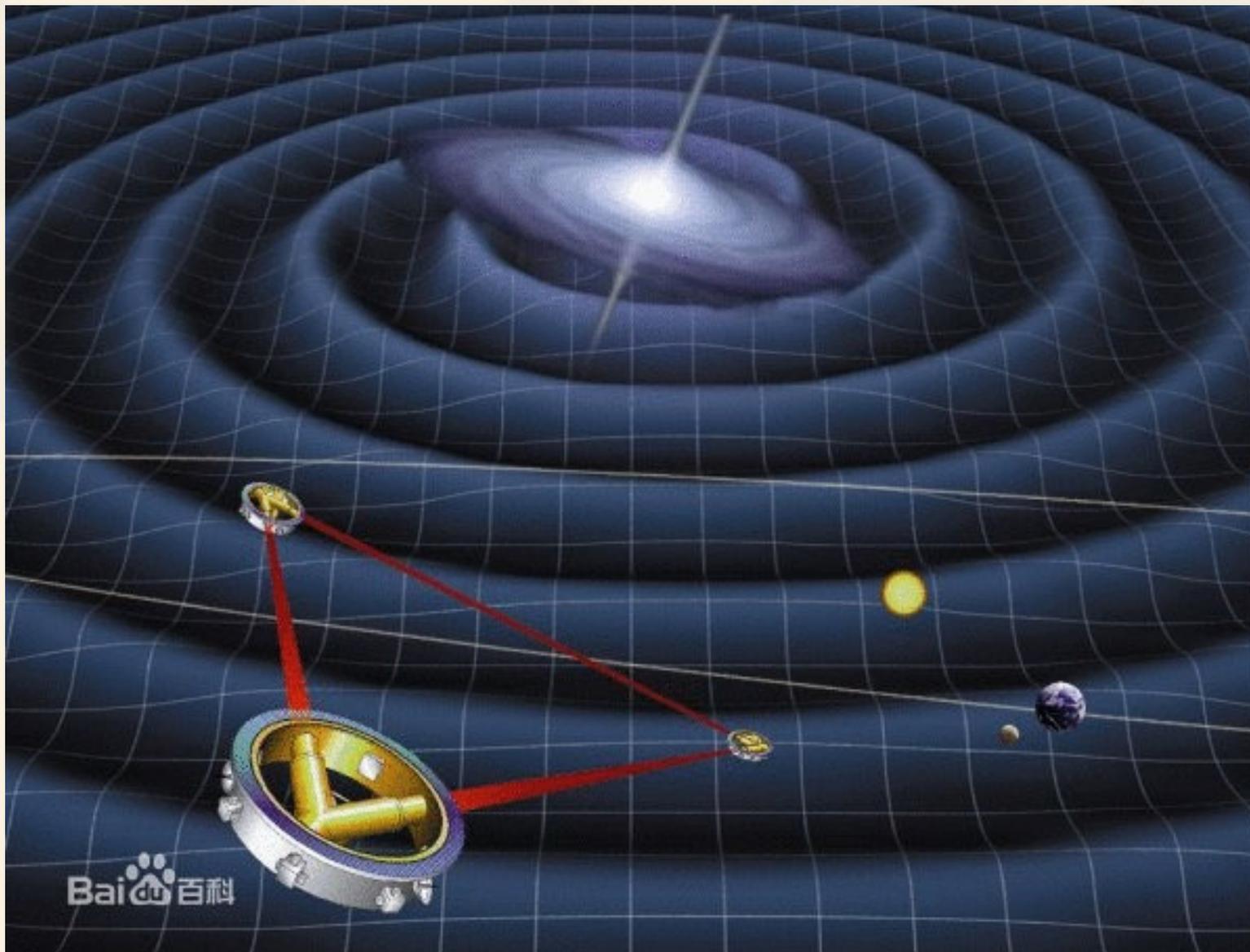
Explanation: The hydrogen in your body, present in every molecule of water, came from the [Big Bang](#). There are no other [appreciable](#) sources of [hydrogen](#) in the universe. The [carbon](#) in your body was made by [nuclear fusion](#) in the interior of stars, as was the [oxygen](#). Much of the iron in your body was made during [supernovas](#) of stars that occurred long ago and far away. The gold in your jewelry was likely made from neutron stars during collisions that may have been visible as short-duration [gamma-ray bursts](#) or [gravitational wave events](#). Elements like phosphorus and copper are [present in our bodies](#) in only small amounts but are [essential to the functioning](#) of all known [life](#). The [featured periodic table](#) is [color coded](#) to indicate [humanity's](#) best guess as to the [nuclear origin](#) of all known elements. The sites of [nuclear creation](#) of some elements, such as [copper](#), are not really well known and are continuing topics of observational and computational research.



千新星

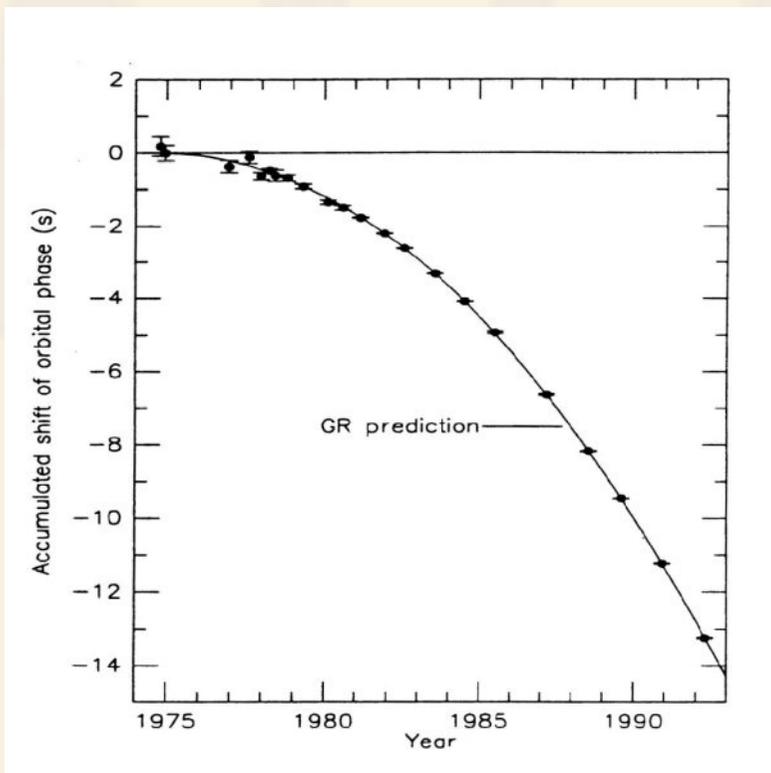


激光干涉空间天线（LISA）



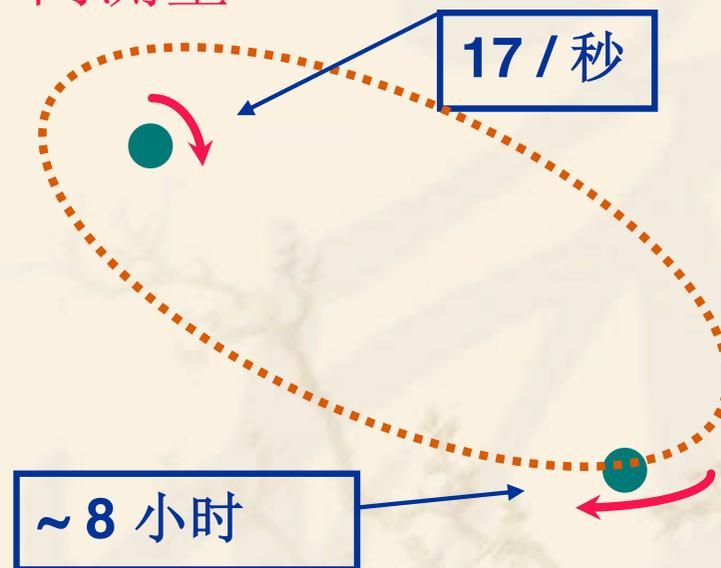
中国：太极与天琴！

引力波存在的间接证据 (Hulse-Taylor 双脉冲星)



双中子星系统

PSR 1913 + 16 -- 脉冲星的时间测量



Hulse和Taylor获1993年Nobel物理学奖

原初引力波的存在证据？

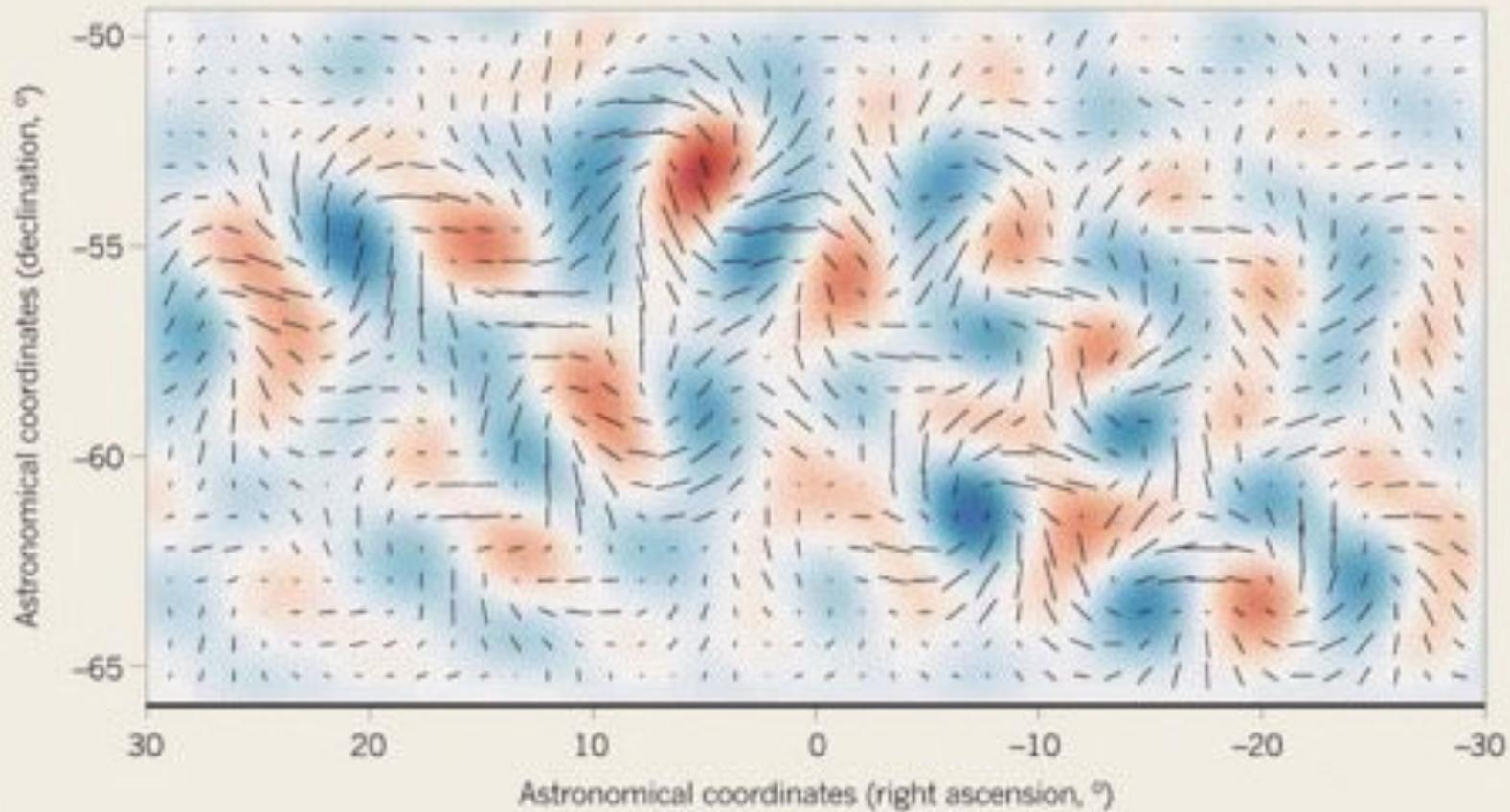
COSMIC CURL

The BICEP2 instrument observed a faint but distinctive twisting pattern, or spin, known as a curl or B-mode, in the polarization of the cosmic microwave background. This is the first evidence for gravitational waves generated by rapid inflation of the Universe some 13.8 billion years ago.

Spin intensity

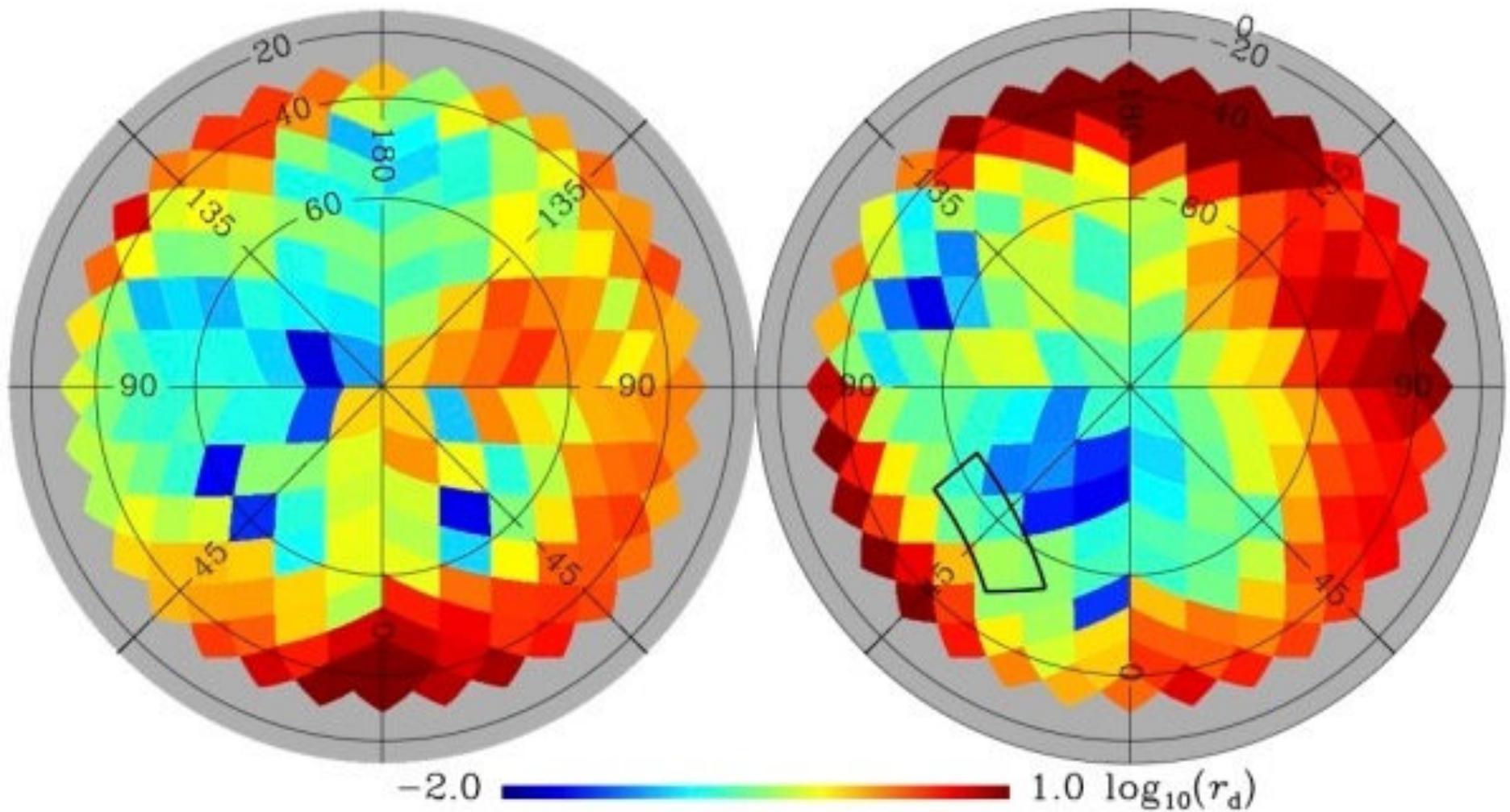
■ Clockwise ■ Anti-clockwise

— Polarization strength and orientation at different spots on the sky.

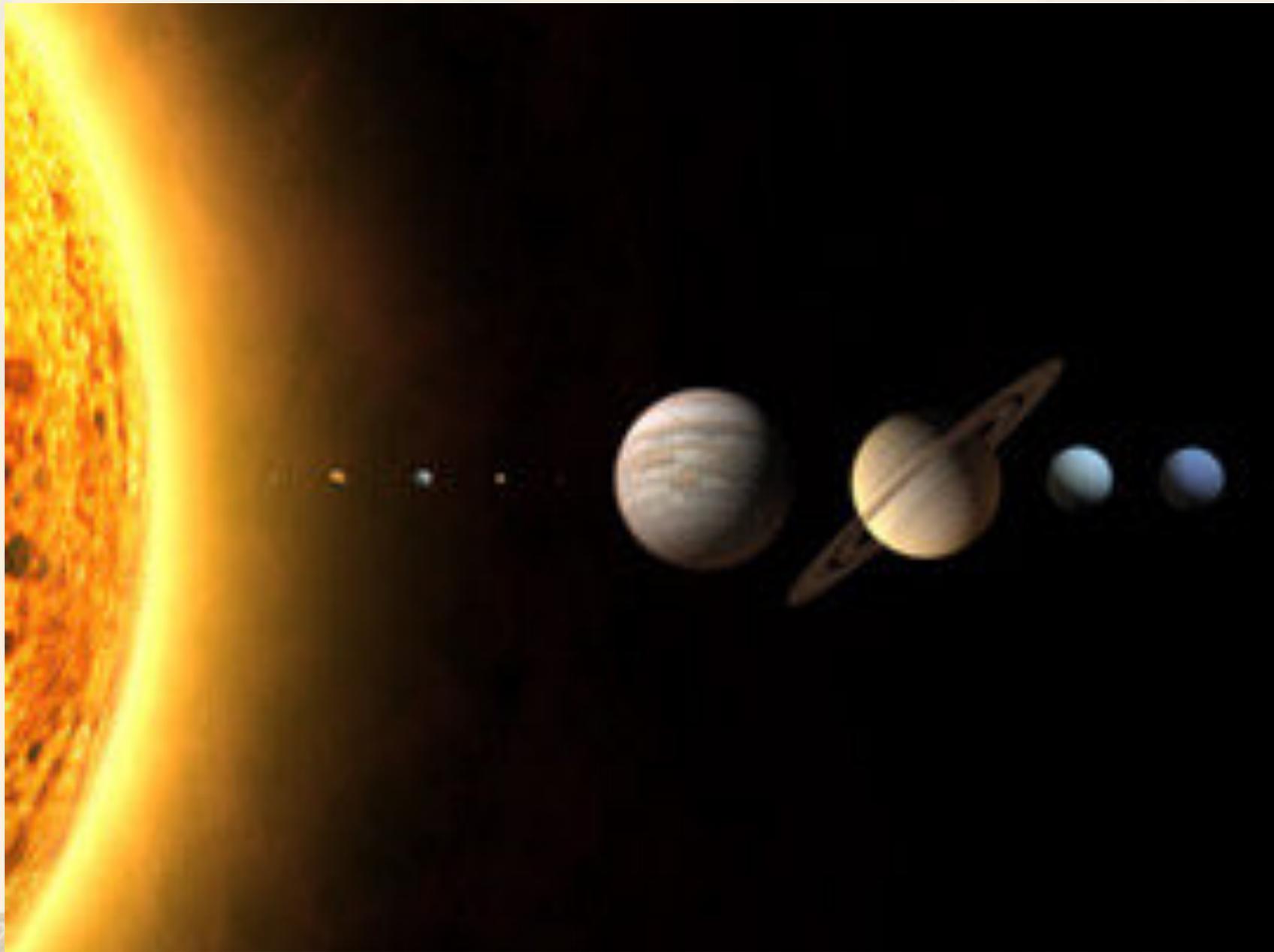


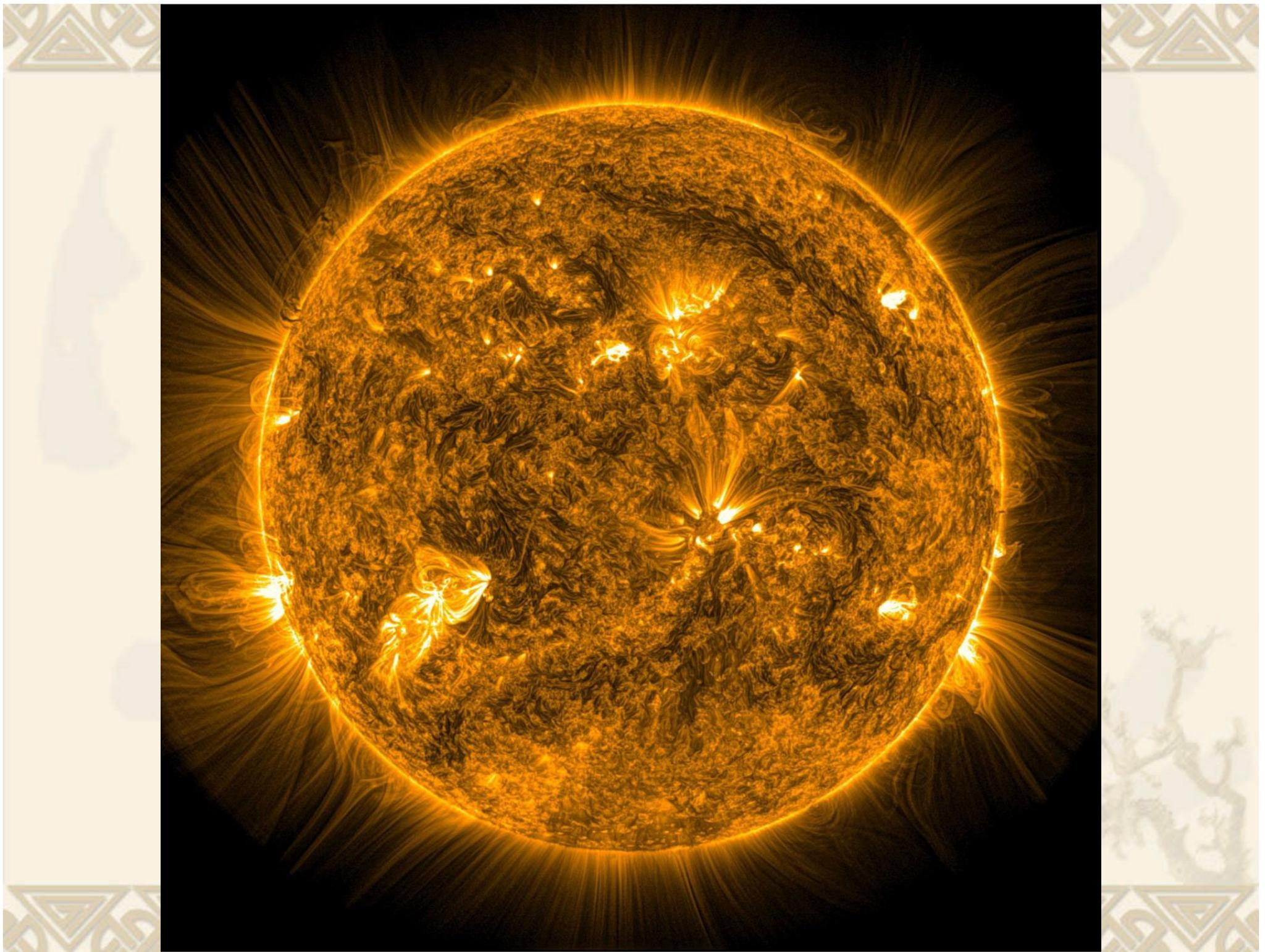
2014/03

原初引力波的存在证据？



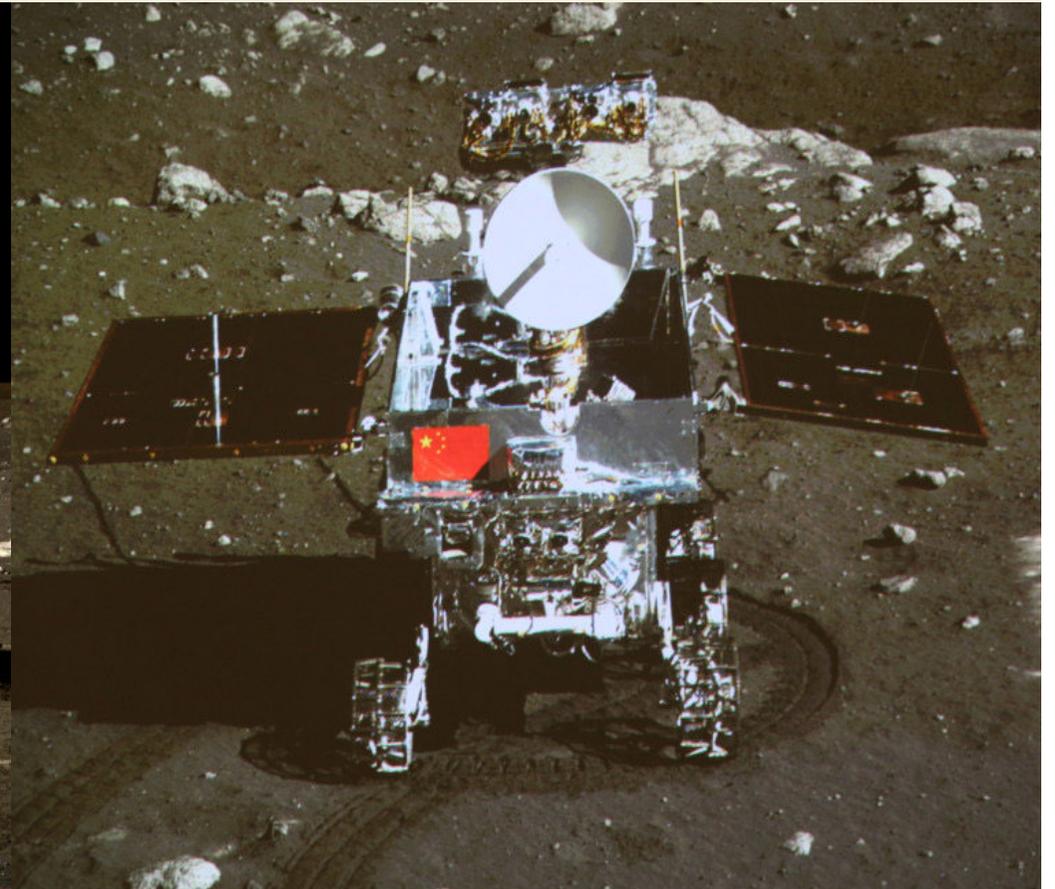
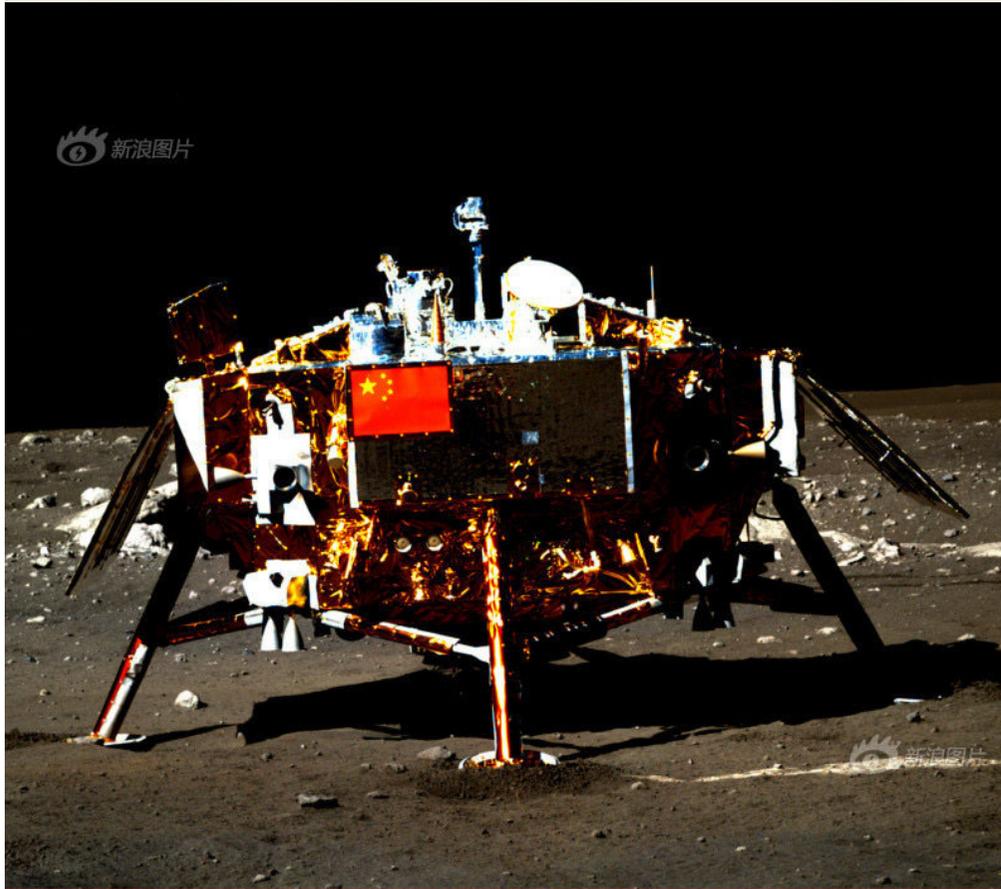
四、一些天文图片







2013/12: 嫦娥三号 着陆器和巡视器成功互拍





中国探月工程三步走



2020年前:



中国空间站
进行时.....
咱们上边有人啦!

绕

落

回



嫦娥一号
2007.10



嫦娥三号
2013.12



再入返回试验
2014.10

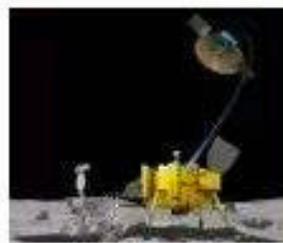


嫦娥五号
2020年

嫦娥二号
2010.10

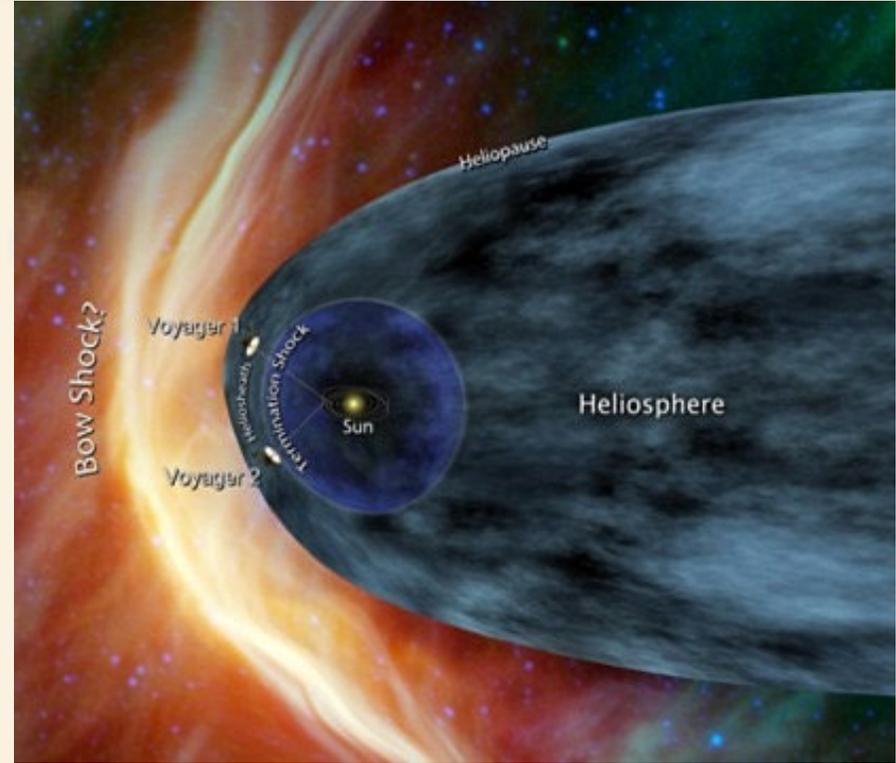


嫦娥四号
2018.12



中国探月
CLEP

天文茶餐厅



❖ 有史以来最伟大的旅行者-旅行者一号

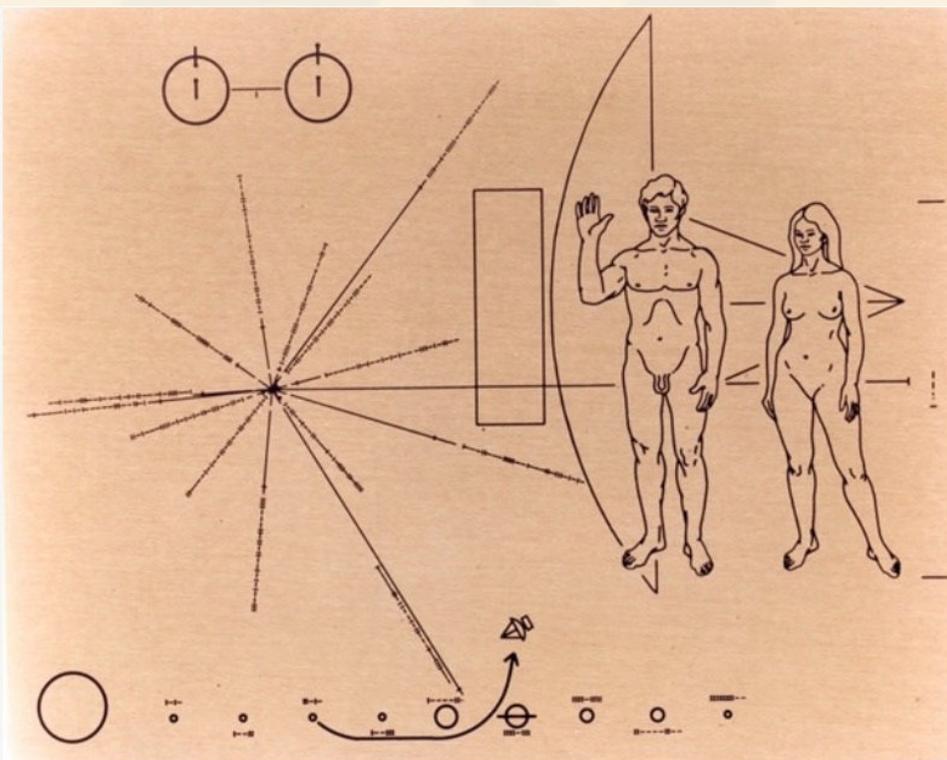
- 1977/09/05发射，发射后的第39年~190亿公里
- 第一个进入**星际空间**的人造物体（2012/08/25）
- 携带“地球之音”问候外星文明
- 需要4万年接近另一颗恒星（2025失控）

太空中的“漂流瓶”

概念既已界定，便可聊聊“漂流瓶”了。那些“漂流瓶”中最早的两个是1972年3月2日升空的“先驱者10号”和1973年4月6日升空的“先驱者11号”。这两个探测器的核心任务都是探测木星，但“先驱者11号”中途增加了探测土星的使命。这两个探测器还都利用所谓的“引力助推”效应，从探测目标——前者为木星，后者为木星和土星——的引力场中借了力，成为人类航天史上最早达到太阳系逃逸速度的航天器，从此踏上了“飞出太阳系”的“不归路”。

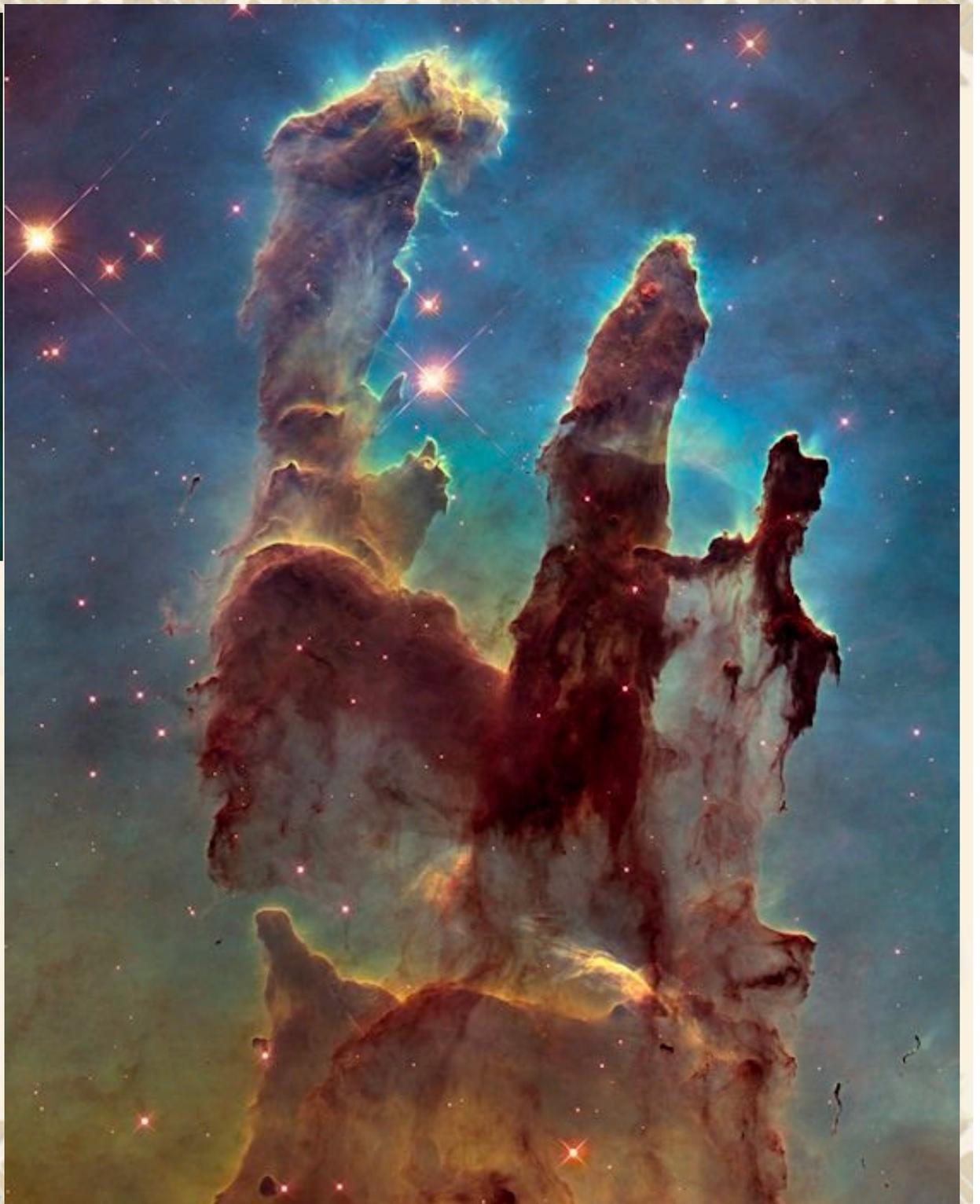
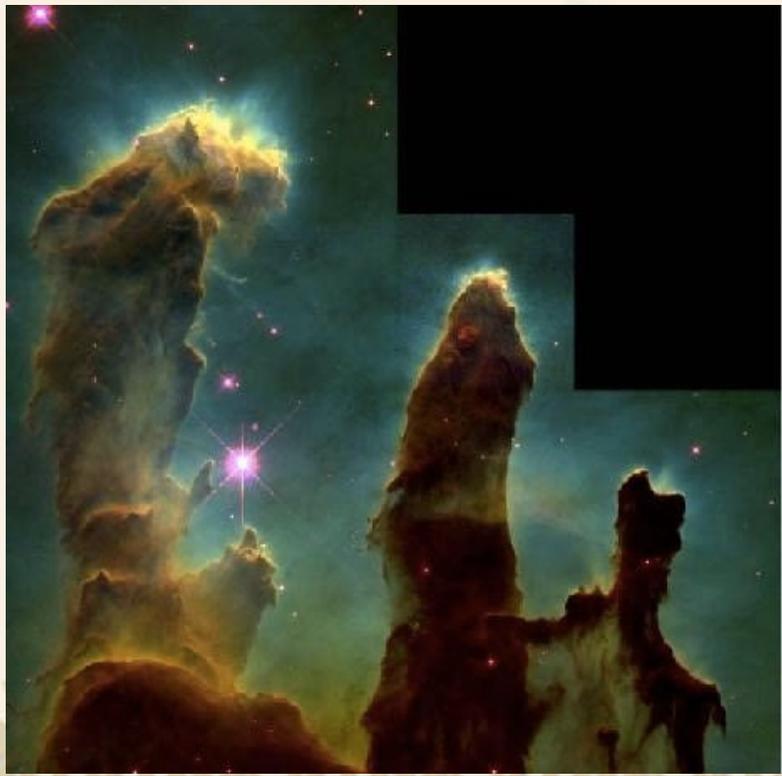
先驱者镀金铝板

简单地说，刻在“先驱者镀金铝板”上的信息既包含了直观部分——比如右侧的人类男女裸体，及下方的由地球（第三颗行星）出发，在木星（第五颗行星）附近绕行的探测器运动轨迹；也包含了抽象部分——比如左上角的波长21厘米的氢原子谱线示意图；左侧中部的太阳系附近14颗脉冲星的周期和距离示意图（其中周期为二进制数，以前述氢原子谱线的周期为单位，距离则正比于线段长度）。从这些抽象信息中，科学家们期待“外星人”能推测出太阳系的位置。



先驱者镀金铝板

截至目前（2020年），“先驱者10号”和“先驱者11号”与太阳的距离分别约为190亿公里和157亿公里，并且仍在以每秒约11公里的速度远离。按我们前面界定的太阳系边界，前者已“飞出太阳系”，后者也已游弋到了边界附近，再过几年也将“飞出太阳系”。



JAMES WEBB SPACE TELESCOPE

PILLARS OF CREATION | M16



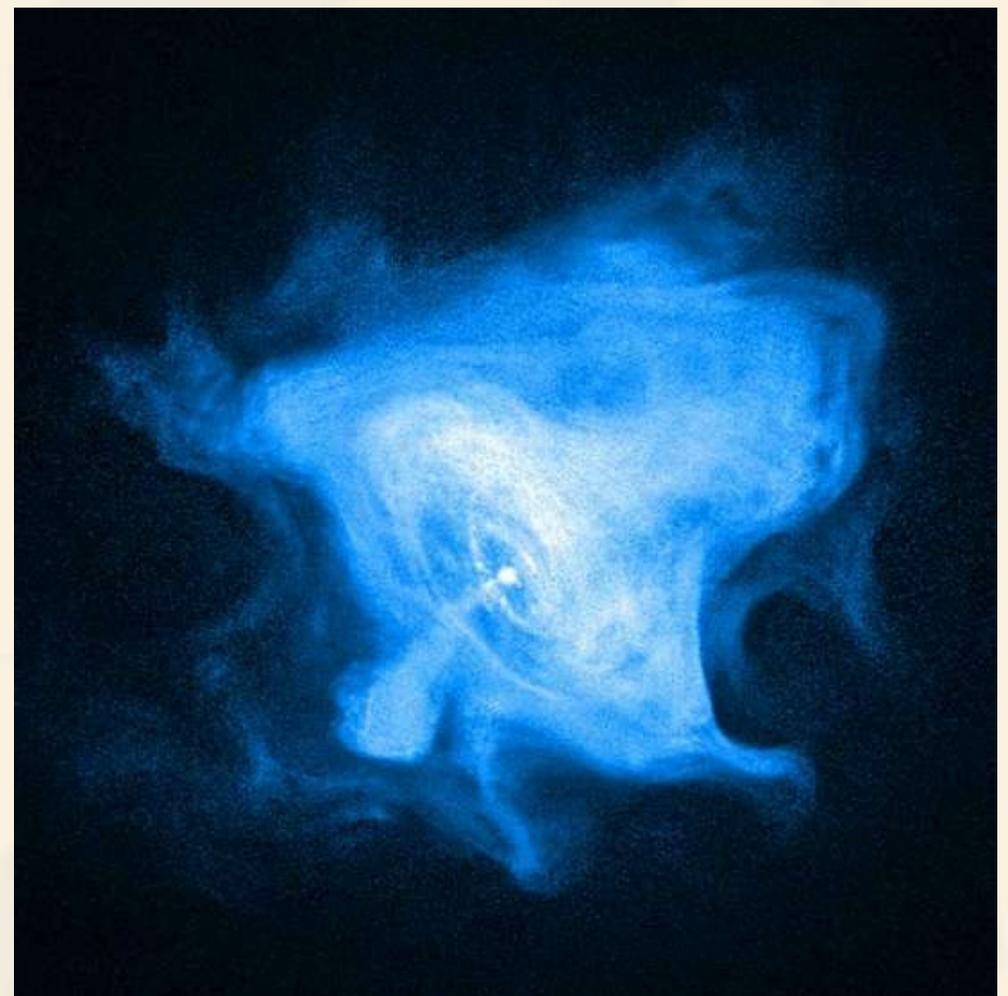
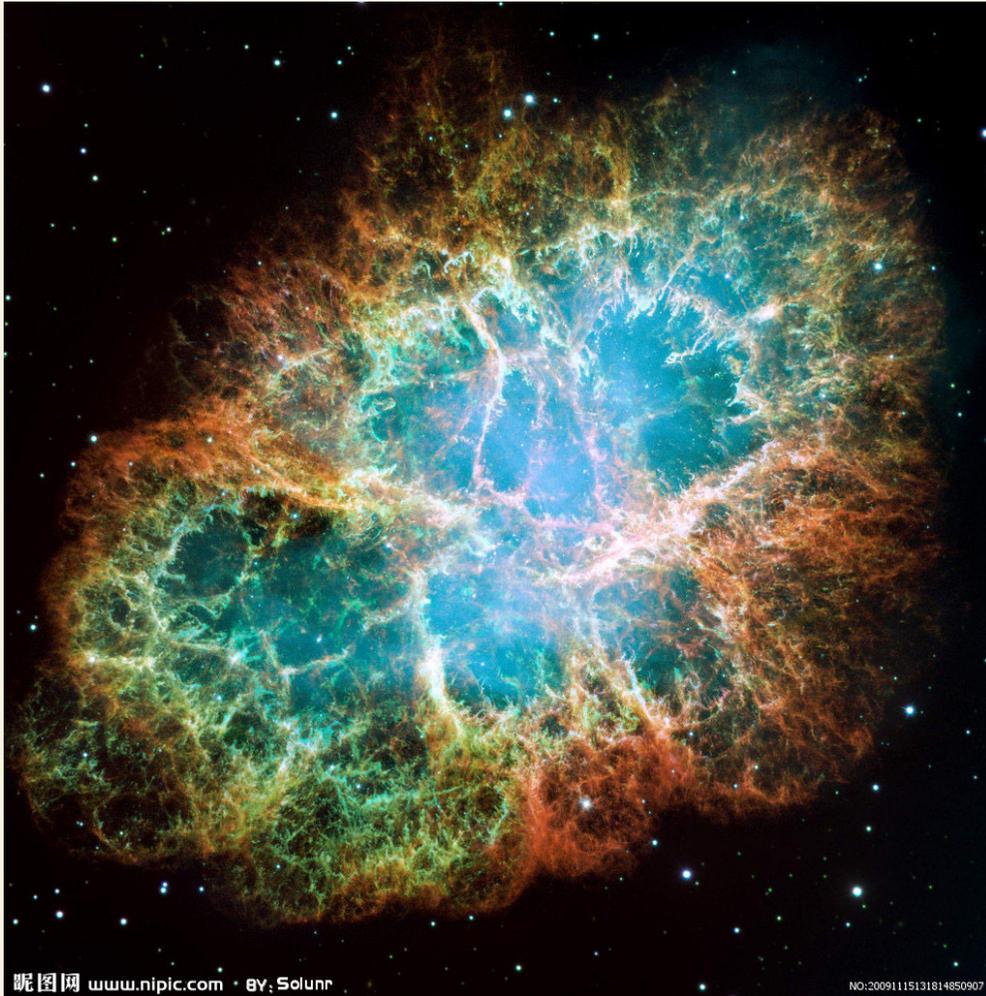
图：哈勃的WFC3于2014年拍摄的创生之柱的近红外图像。

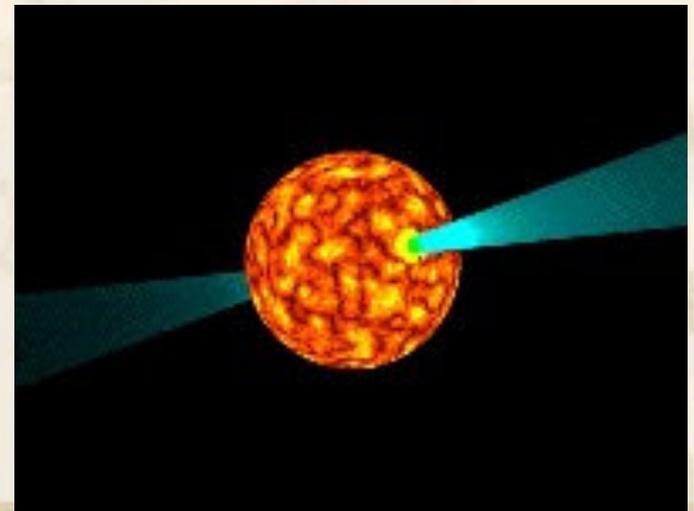
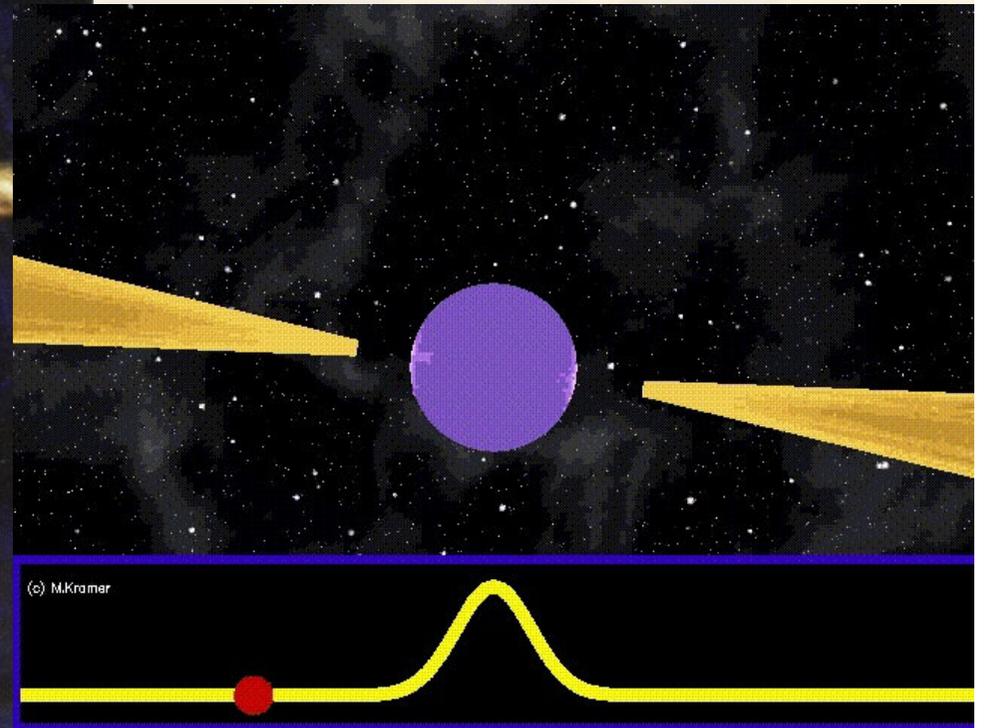
原创 王善钦 天文之心



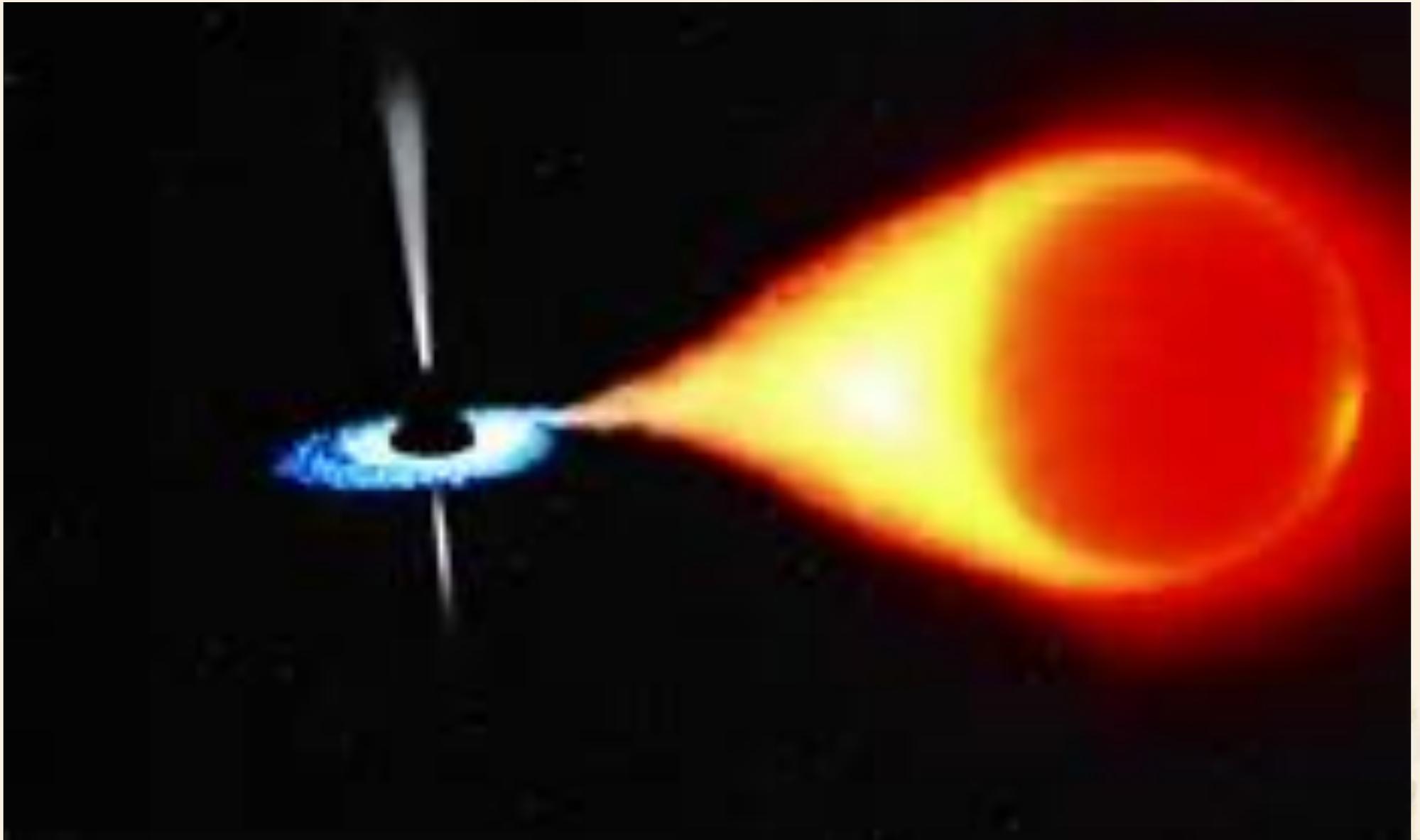
NIRCam Filters | F090W F187N F200W F335M F444W F470N





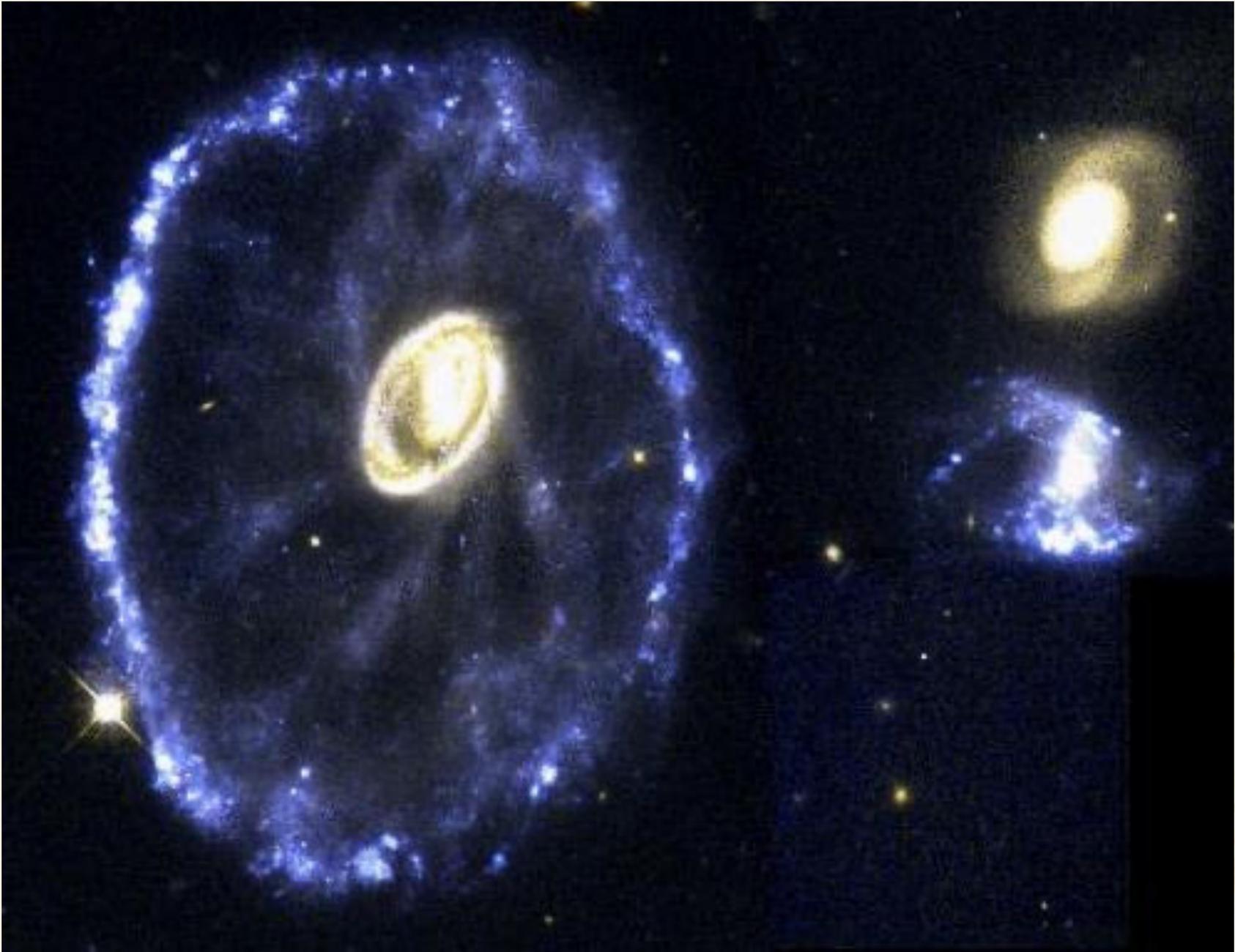














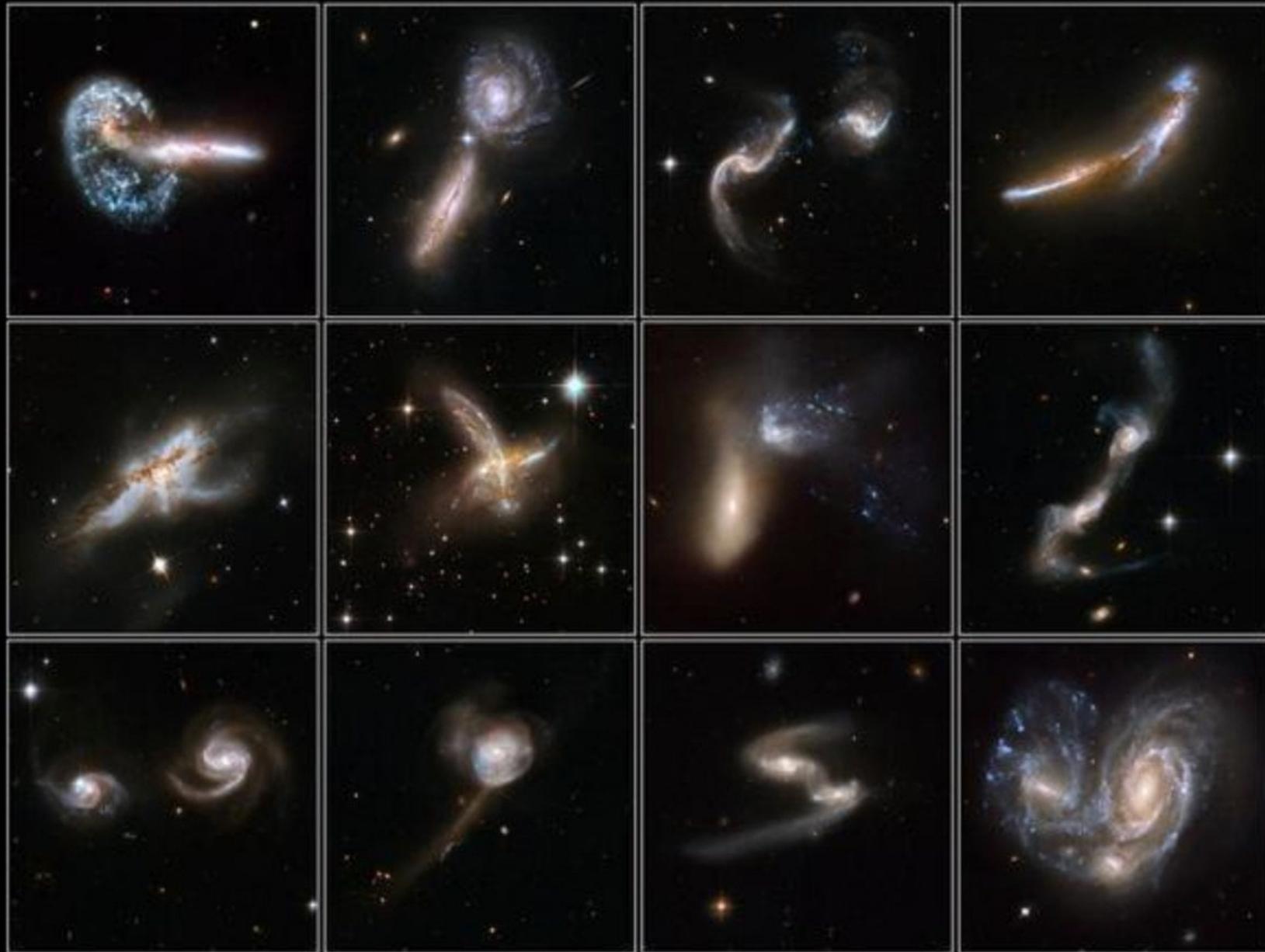




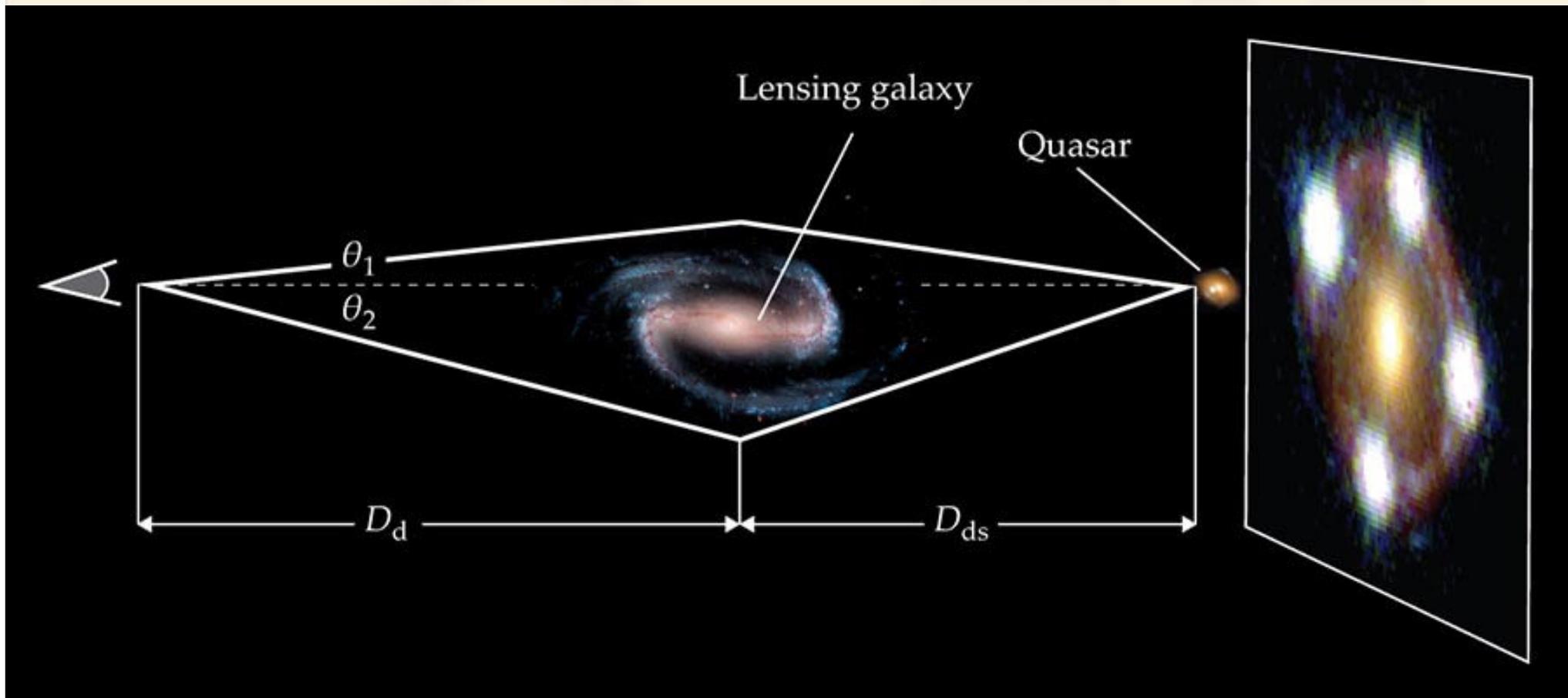


© NASA

kejixun 科技讯

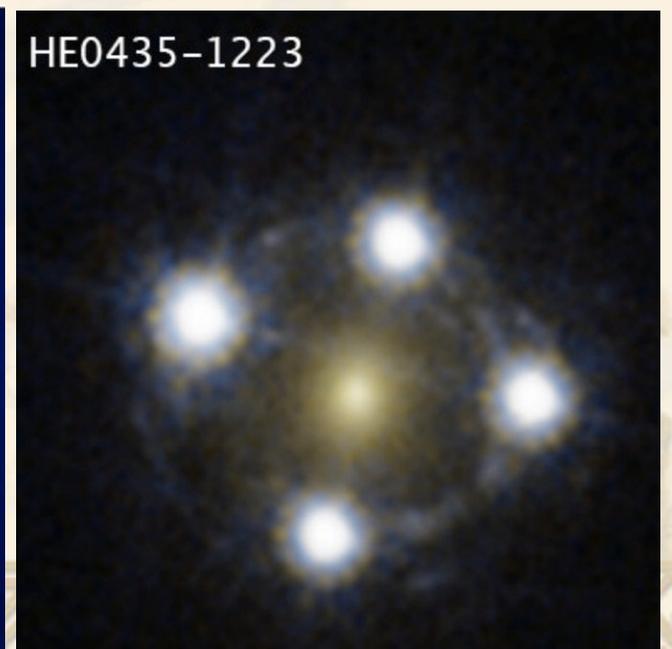
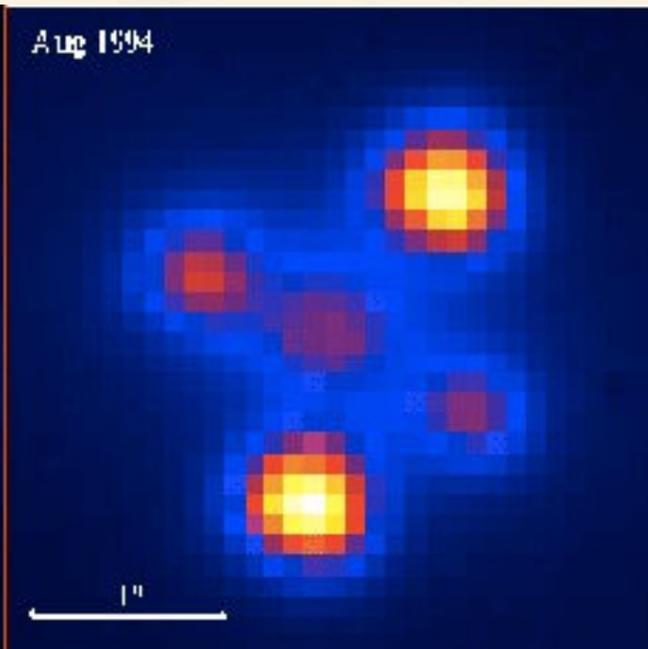
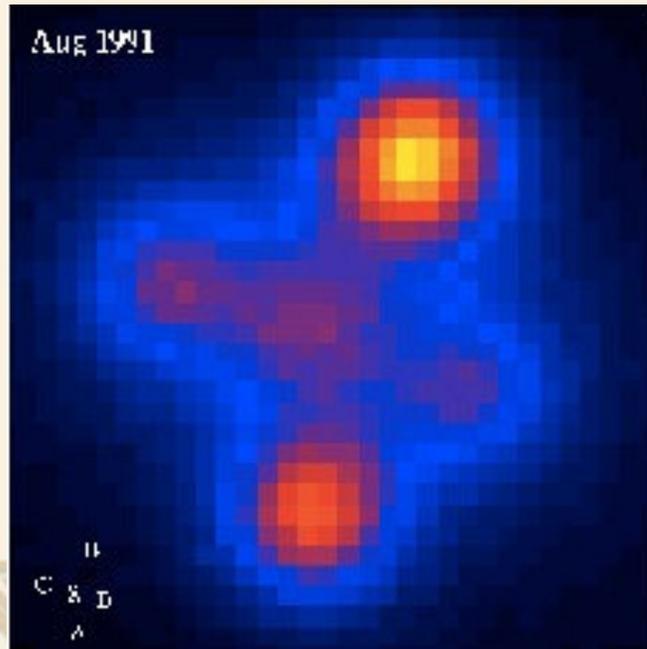
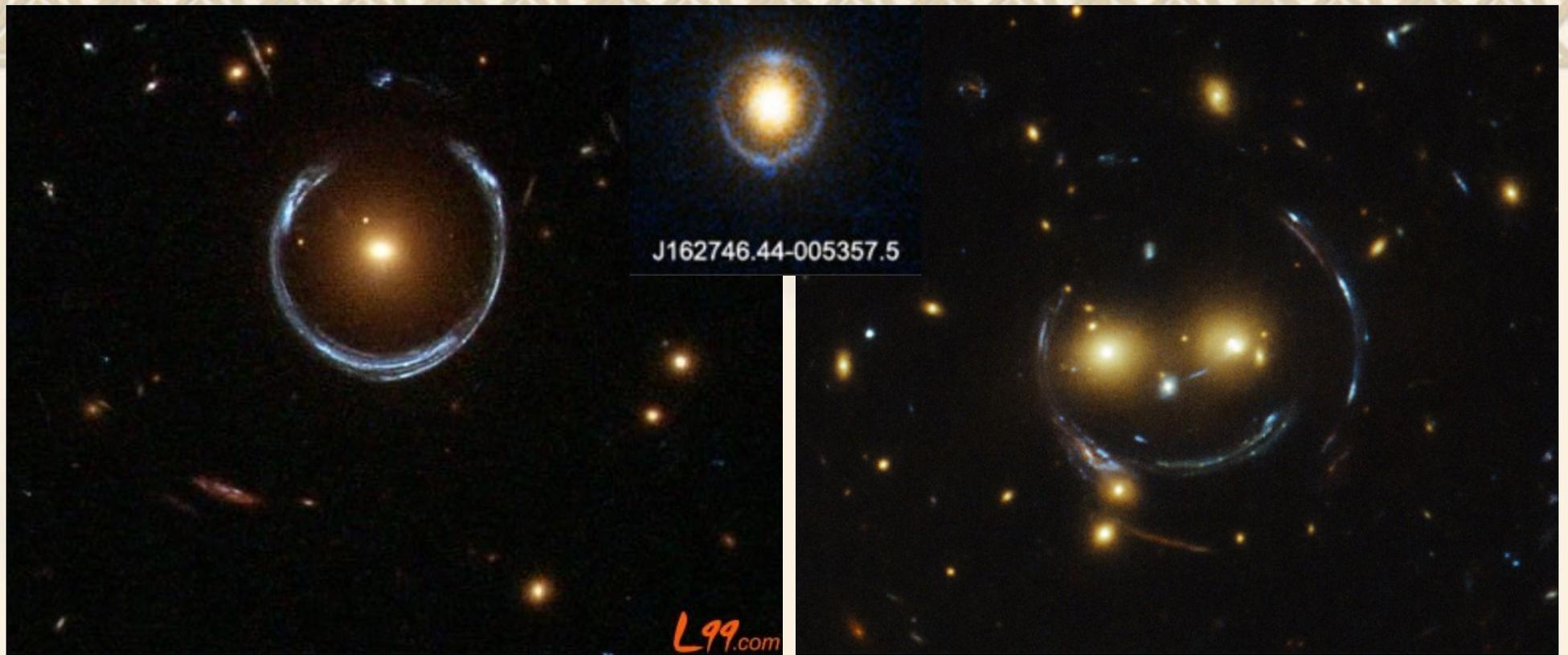


合并中的各个星系



图：引力透镜形成原理的示意图。图中，观测者、充当透镜的星系 (lensing galaxy)、充当光源的更远的类星体 (Quasar) 几乎在一条直线上，星系的强大引力使遥远的类星体产生了四重像。实际上，充当透镜的可以是星系团、星系、恒星甚至行星，光源可以是类星体、星系、恒星甚至超新星，见下文叙述。

Image Credit: Freddie Pagani <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.6.1.20200210a/full/>

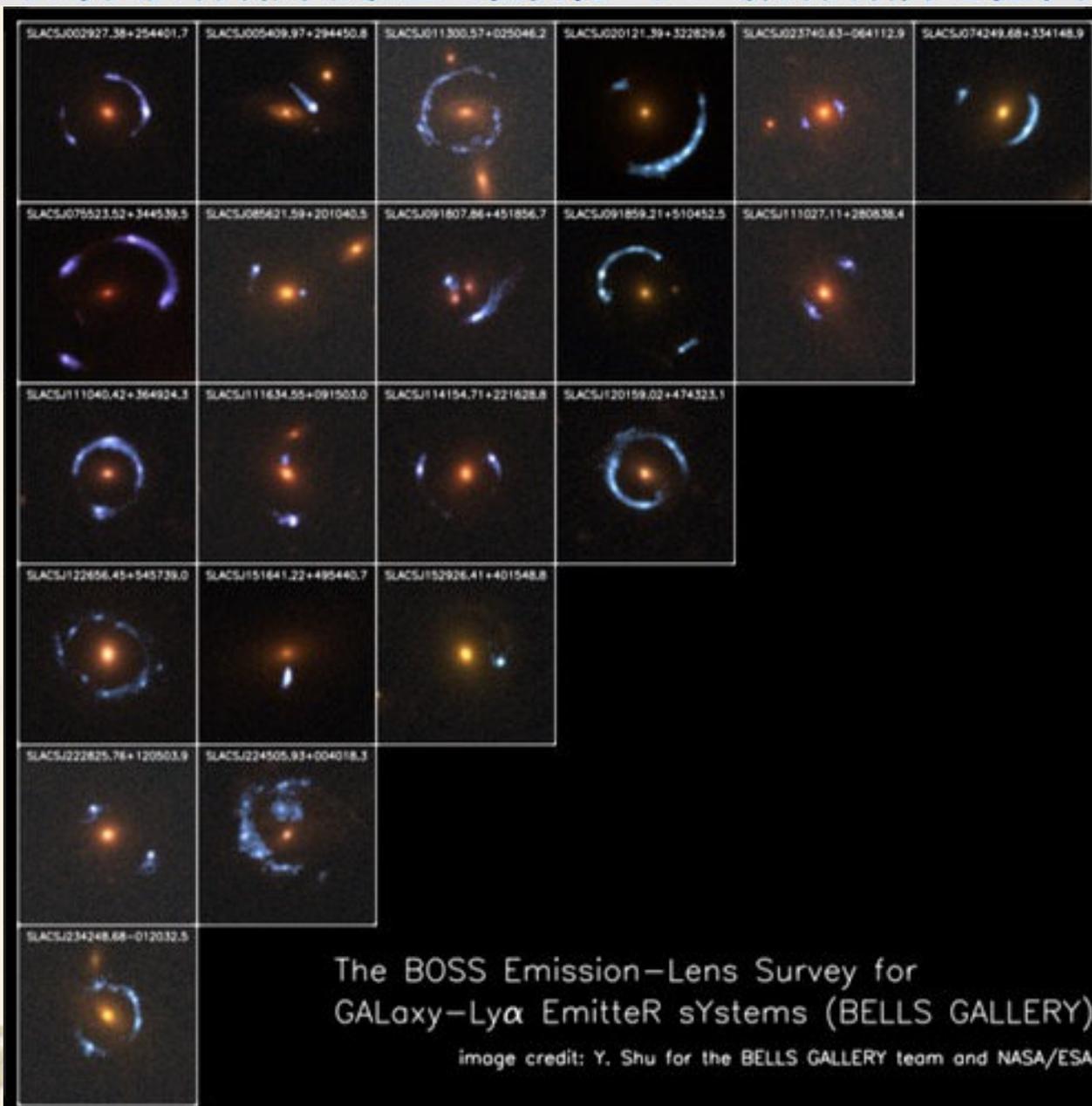


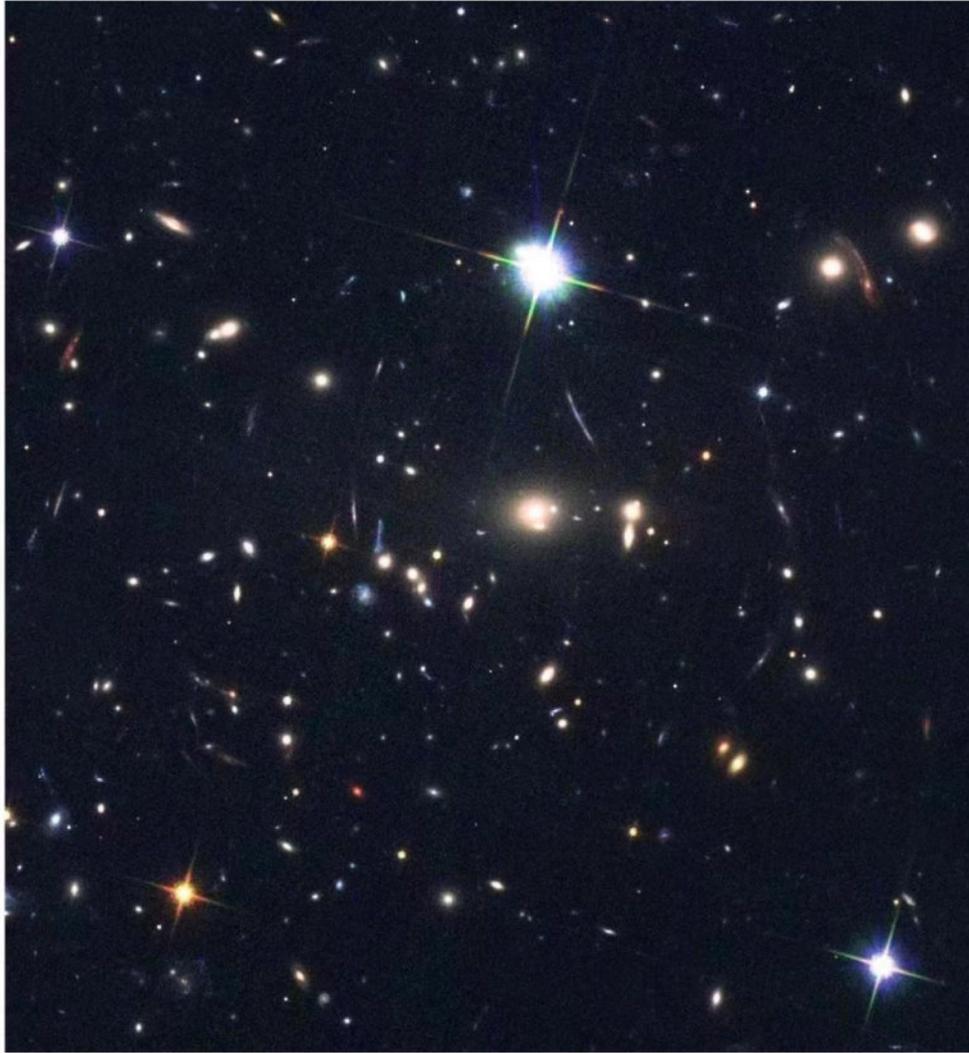


图：“哈勃”的第三代宽场照相机拍摄的星系团MACSJ1149+2223内的超新星四重像。（来源：NASA, ESA, S. Rodney and theFrontierSN team; T. Treu, P. Kelly and the GLASS team; J. Lotz and the FrontierFields team; M. Postman and the CLASH team; and Z. Levay)



国家天文台利用哈勃望远镜发现一批全新的强引力透镜系统

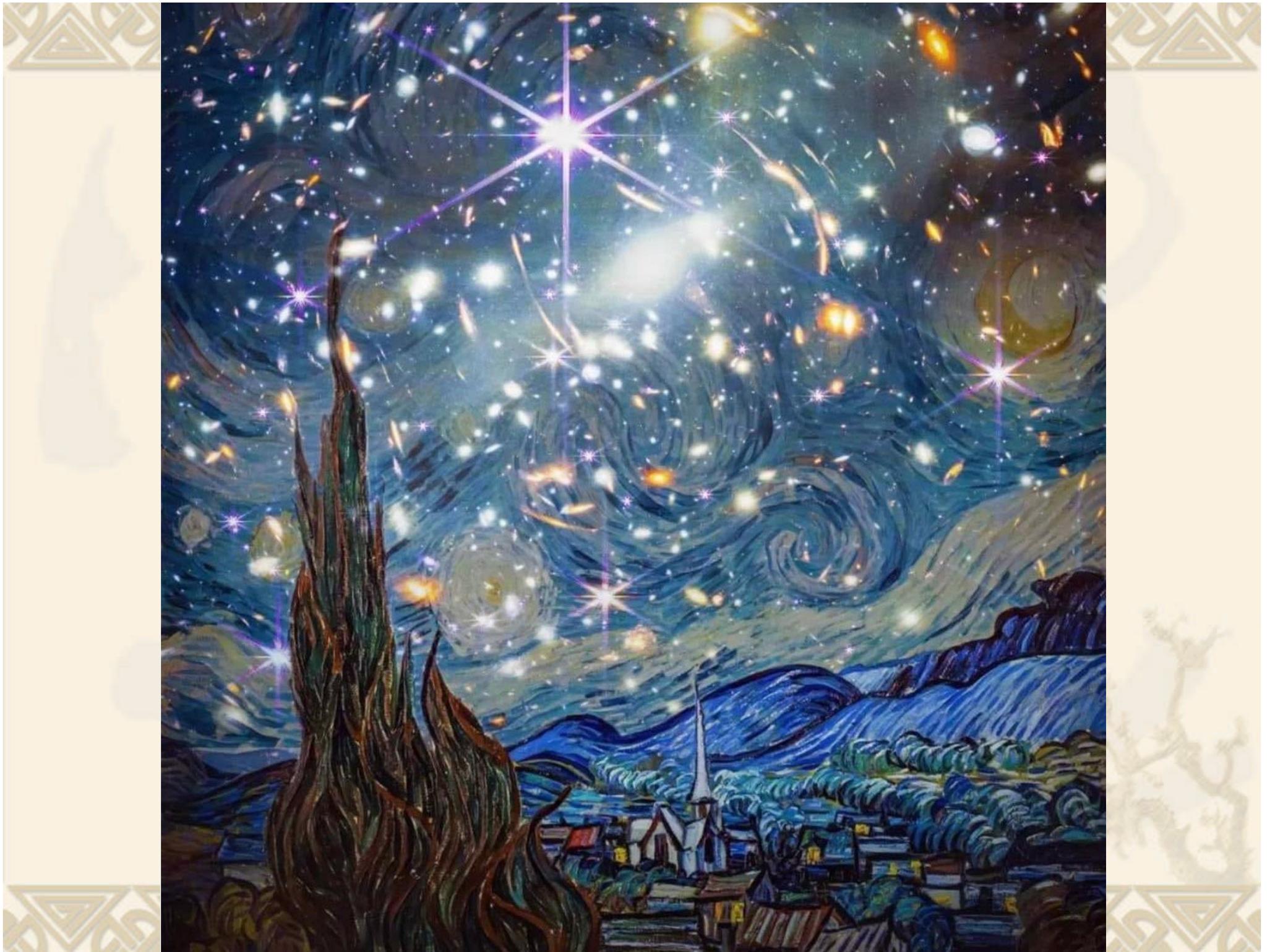


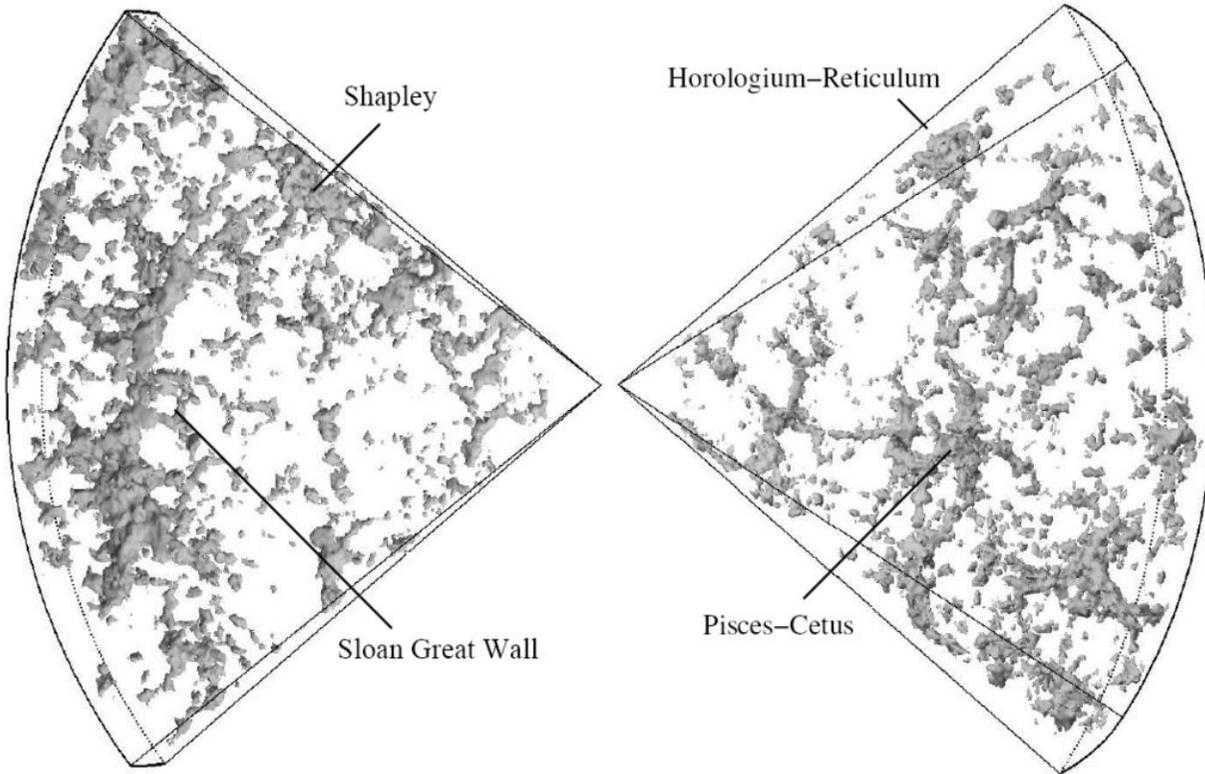
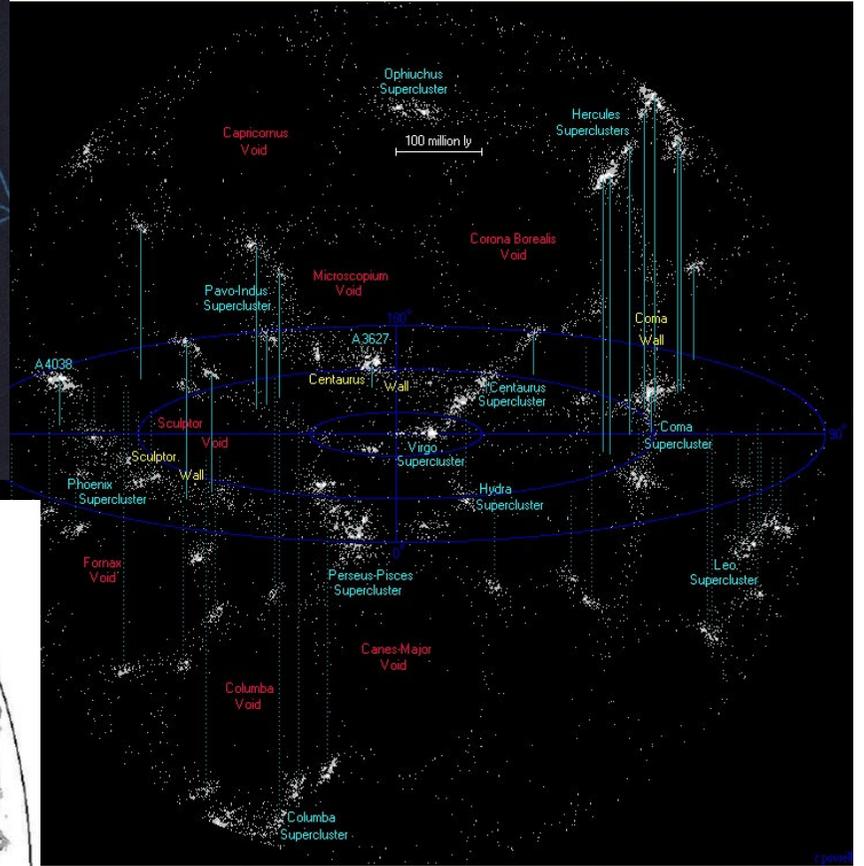
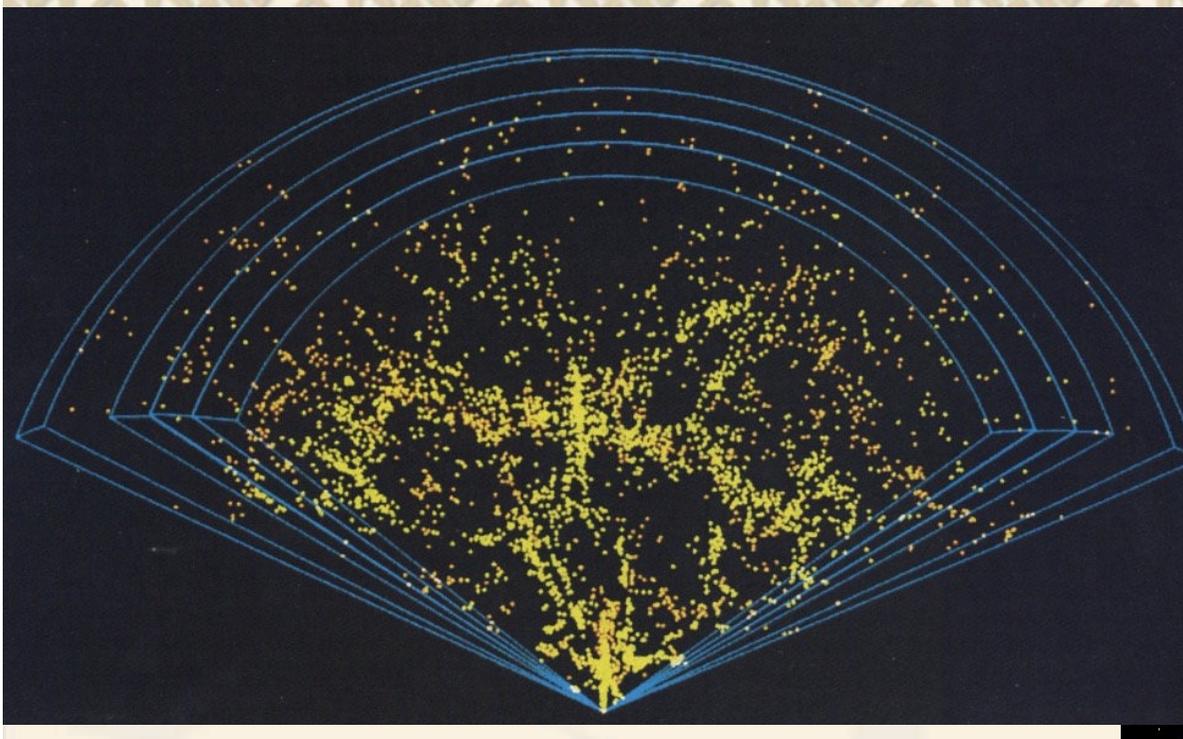


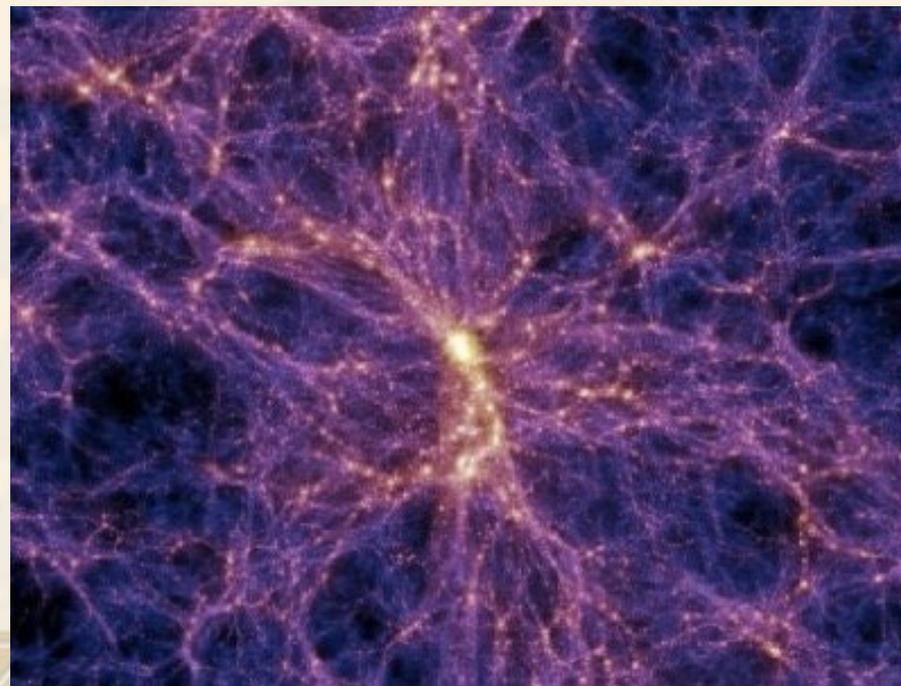
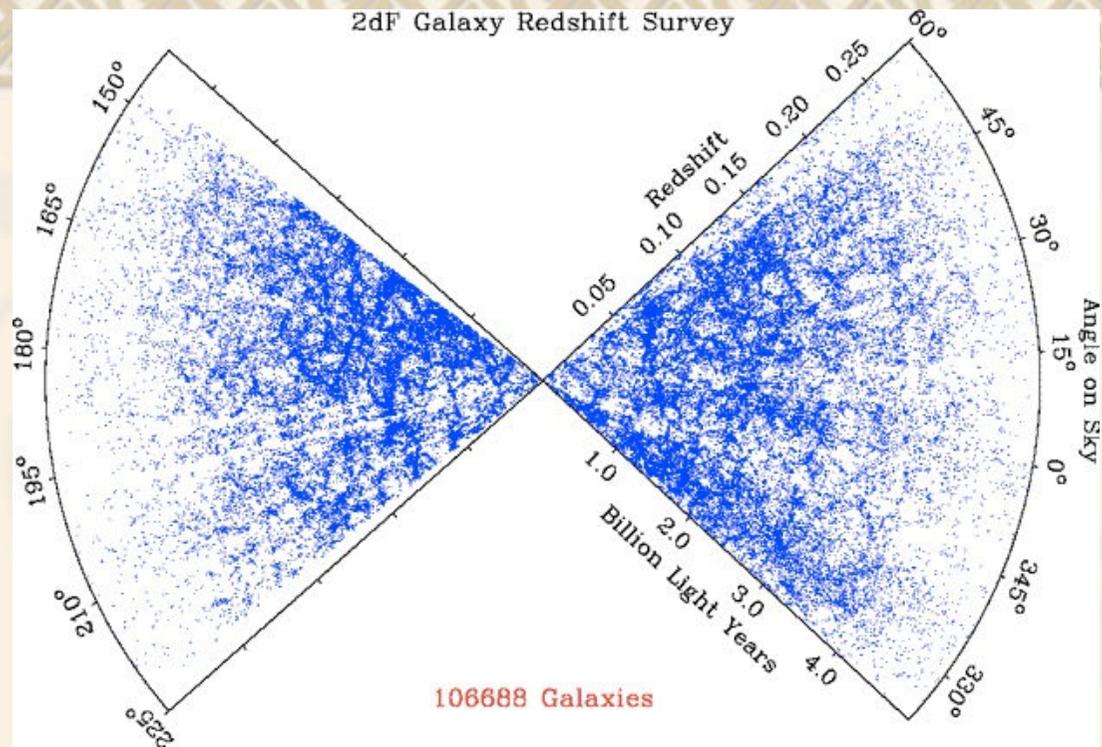
哈勃空间望远镜 vs. 韦布空间望远镜

(NASA, ESA, CSA, STScI)

100h vs. 12 h







“宇宙网
(cosmic web)”

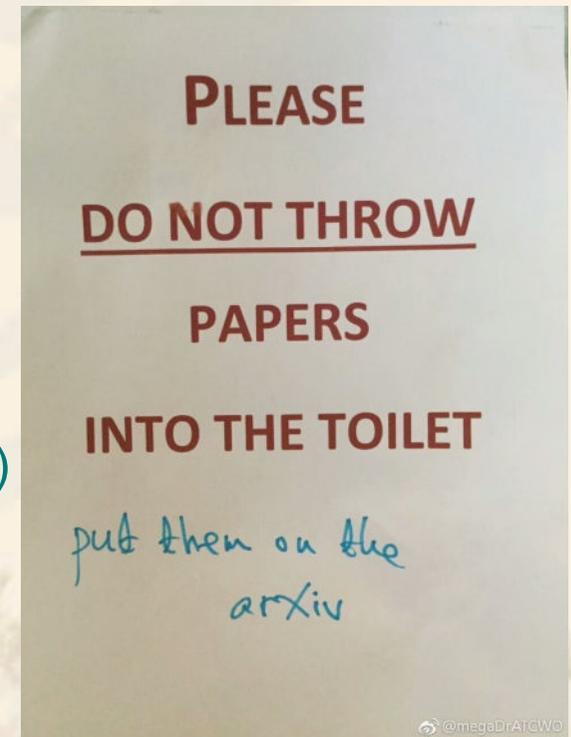
The Observable Universe

Illustration Credit & Licence: [Wikipedia](#), [Pablo Carlos Budassi](#)



天文网上资源

- ❖ 美国宇航局天体物理数据系统
The NASA Astrophysics Data System (ADS)
<http://ui.adsabs.harvard.edu/>
- ❖ 美国电子预印本网站
e-Print archive
<https://arxiv.org/archive/astro-ph>
- ❖ 法国斯特拉斯堡天文数据中心
Centre de Donnees Astronomiques de Strasbourg (CDS)
<http://cdsweb.u-strasbg.fr/>
- ❖ 英汉天文学网上词典
中国天文学会天文学名词审定委员会提供的电子版
<http://www.lamost.org/astrodict/>



天文图片、动画和著名天文台站

- ❖ 美国宇航局
NASA (National Aeronautics and Space Administration)
<http://www.nasa.gov/>
- ❖ 美国宇航局喷气动力实验室
JPL (NASA's Jet Propulsion Laboratory)
<http://www.jpl.nasa.gov>
- ❖ 空间望远镜
STSCI (Space Telescope Science Institute)
<http://www.stsci.edu/>
- ❖ 美国国家空间科学数据中心
NSSDC (National Space Science Data Center)
<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/>
- ❖ 每日天文图片
APOD (Astronomy Picture of the Day)
<http://apod.nasa.gov/apod/astropix.html>

“哈勃星空（劲爆版）”

哈勃发射三十周年纪念混剪
1990-2020（制作：渊默）

The Hubble Space Telescope

Three Decades of Discovery

哈勃空间望远镜
——三十年发现之旅

世界上有两件东西能够
深深地震撼人们的心灵，一
件是我们心中崇高的道德准
则，另一件是我们头顶上灿
烂的星空。

----- 康德



爱因斯坦：宇宙最不可理解的是它是可以理解的。



Albert Einstein: The most incomprehensible thing about the world is that it is comprehensible.
Yongquan Xue: The most incomprehensible thing to me is that I can go with you side by side. :)

追
逐
梦
想

探
索
心
田

