



国家“世界一流大学”建设高校
全国重点综合性大学
国家首批“211工程”重点建设大学

雲南大學

云南大学天文台导游解说词

受众：接受过高等教育的国内外游客

撰写人/讲解人：汤子凡，李桢锐，折慕凡

指导老师：林文慧

2023年12月

目录

- 一、 开场白-云南大学天文台简介（李桢锐）
 - 二、 太阳历广场（李桢锐）
 - 三、 古天文仪器（折慕凡）
 - 四、 科普展厅（李桢锐）
- 五、 1 米口径光学望远镜（汤子凡，中英双语）
- 六、 12 米口径射电望远镜（汤子凡，中英双语）
 - 七、 结束语（汤子凡）

一、开场白-云南大学天文台简介

尊敬的游客们，大家好！

欢迎大家参观云南大学天文台，我们是大家的导游。今天，我们将带领大家使用太阳历广场，参观一系列古天文仪器，漫游天文科普展厅，并了解云南大学天文台的现代天文观测设备，领略天文学的魅力。接下来，就由我们带领大家，依次游览云南大学天文台的各个部分。

天文台是用来观测和研究天体的，通常位于**远离城市的光污染**的地方。云南大学天文台位于云南大学呈贡校区云山顶，海拔 2009.5 米，是云南大学天文学一流学科建设方案中五大学科平台建设内容之一，同时也是天文学科发展的重要教学科研平台，具备培养天文学高素质人才、开展前沿科学观测以及科普教育的功能。

天文学在云南大学具有悠久的历史。1939 年 7 月，我们的老校长熊庆来先生赞助成立了“昆明凤凰山天文台”。建国之后，更名为**昆明天文工作站**，隶属于南京紫金山天文台。1972 年，中国科学院决定，昆明工作站扩建为天文台，成立**中国科学院云南天文台**，与紫金山天文台脱离隶属关系。

云南大学与云南天文台一直以来合作十分密切。20 世纪 60 年代，参与了中国第一个宇宙线实验室“落雪站”的建设与应用。20 世纪 80 年代，与香港大学联合在云南梁王山建设宇宙线阵列实验，这是中国第一个广延大气簇射实验。2013 年 12 月 27 日，云南大学天文系正式成立，云南大学成为了我国第六个、西南地区第一个**建立天文系的高校**。2015 年，**云南大学天文台**开始建设，2021 年 12 月 27 日正式启用，开始开展天文前沿科学观测及教育科普活动。

二、太阳历广场

首先要为大家讲解的，就是咱们身后的这座太阳历广场。

2.1 设计原理与组成部分

太阳历广场是通过天象测定时间的一种工具。最早的原型应该是**彝族古代“十月太阳历”**中“**十杆测影法**”的 10 根柱子。彝族先人用**立竿见影**的方法来确定回归年、冬至和春秋分。之后再结合**英国的巨石阵**，将竹竿换成了石柱，并融合我国传统的**圭表和地平日晷系统**，最终成就了目前我们所看到的太阳历广场。

太阳历广场的主体是中间的椭圆形平台，平台边缘矗立着 8 根云柱，苍龙盘柱而上。它由两个系统组合而成。其中正南端为圭表系统，用来测节气；东西共 6 根云柱结合日晷上的小球，用来判断日出、日落的方位。平台的正中央为地平日晷系统，用来测时间；中部偏北的地面上用铜条镶嵌着一组标示时间的线条网格以及 5 条横向线。

2.2 系统简介及使用方法

太阳历广场的第一个作用，刚才设计原理的部分也提到了，就是**指明方向**。为了能够准确方便地确定时间，晷针的高端是要指向北天极的，因此我们也就可以用晷针的这个特性来判断方向。

太阳历广场最普遍的用法便是利用**地平日晷系统确定时间**。日晷晷针平行于地球自转轴，高端指向北天极，晷针上镶嵌着一个小球。我们在测量时间的时候，用的就是这个小球和地面网格。通过比对晷针上小球的日影在网格上显示的时间，就可以得到当地当天的**地方真太阳时**。再根据“时差改正表”加上相应的时间，就能换算得到北京时间。值得注意的是，我们常说的北京时间，对应的是**国际时区东八区**，即**陕西蒲城**（东经 120°）的地方时间；而不是北京（东经 116.4°）的地方时间。地面网格上的竖线是时间刻度线，分度值为 15 分钟；五根横向的线自北向南以此为冬至、立冬和立夏、春分和秋分（直线）、立夏和立秋、夏至晷针顶点日影在广场上的移动轨迹。太阳历广场还可以显示日出日落方位。从晷针上的小球处看去，东边的 3 根云柱由北向南分别是当地夏至日、春秋分日和冬至的日出方向；西边 3 根云柱由北向南分别是夏至日、春秋分日和冬至的日落方向。

太阳历广场的第三个用途就是利用**圭表系统确定季节和日期**。每天当地地方真太阳时为正午时（北京时间 13:09 减去当日的地方时差改正时间），表上的横杆投影在圭面上就能指出相应的节气。日影投射位置轨迹为：立春雨水惊蛰春分清明谷雨立夏小满芒种夏至小暑大暑立秋处暑白露秋分寒露霜降立冬小雪大雪等。24 节气又分为**月初的 12 节令**（立春、惊

蛰、清明、立夏、芒种、小暑、立秋、白露、寒露、立冬、大雪、小寒)和月中以后的 12 中气(雨水、春分、谷雨、小满、夏至、大暑、处暑、秋分、霜降、小雪、冬至、大寒)。

三、古代天文仪器展厅

首先是古天文仪器展厅。

3.1 浑仪

浑仪是以浑天说为理论基础制造的，用来测量天体的位置和两个天体之间角度的天文仪器。在古代，“浑”字含有圆球的意义。古人认为天是圆的，形状像蛋壳，出现在天上的星星是镶嵌在蛋壳上的弹丸，地球则是蛋黄，人们在这个蛋黄上测量日月星辰的位置。因此，把这种观测天体位置的仪器叫做“浑仪”。我国浑仪的发明大约是在公元前四世纪至公元前一世纪之间（即战国中期至秦汉时期），浑仪由方形水趺、龙柱和螭云柱共同托起。现在陈列在南京紫金山天文台的浑仪是明政统四年（公元 1439）自制的。

浑仪从外到里可以分为三重，即：六合仪、三辰仪和四游仪。最内一重为四游仪，由窥管和四游环（赤经环）组成，窥管为一中空的管子，四游环环面刻有周天度数，可以绕着极轴旋转，窥管夹于四游环中，可以在双环里滑动。第二重叫三辰仪，由黄道环、白道环和内赤道环组成，可以绕极轴旋转，黄道环与内赤道环分别相交于春分、秋分。最外面的一层叫六合仪，由固定在一起的地平环、子午环和天常环（即外赤道环）组成，因东西、南北、上下 6 个方向叫六合，故名。使用时，将窥管对准天体，窥管在四游环上对应的刻度，即为“去极度”（天体的赤纬），之后将三辰仪和六合仪按照一定规律对齐，则通过四游环与三辰仪中黄道环和内赤道环的交点，分别读取黄经、赤经。

3.2 简仪

简仪由元代天文学家郭守敬于至元十三年（公元 1276 年）创制。从浑仪的复杂同心环圈中解放出来，不但取消了白道环，还取消了黄道环，并且分解为相互独立的赤道装置和地平装置，每个装置结构都十分简单，除了北天极附件以外，整个天空可一览无余，是一种崭新的测量天体位置的仪器。明英宗正统二年（公元 1437 年）所仿制的简仪现陈列于紫金山天文台。

简仪包括相互独立的赤道装置和地平装置。赤道装置由北高南低的云架支撑，从上至下有四道圈，依次是定极环、四游仪、赤道环和百刻环。位于顶部的是定极环，环口内径约当天球上 6 度。当时，以天枢星为北极星，并测定它离天球北极还有 3 度。在简仪南下方观测时，天枢星恰好沿定极环内缘每昼夜转动一周。与定极环相切的两根档子，相交处有一直径 5 厘米的小孔，这个小孔正对着天球的北极。定极环下是四游仪，四游仪上的窥管两端安有十字丝，用窥管瞄准待测天体，即可从四游环上读出“去极度”（赤纬）。极轴的南端是重叠

放置的固定百刻环和游旋的赤道环，利用四游仪和赤道环及附属的界横，可以测定天体的入宿度（赤经），利用四游仪和百刻环及附属的界横，可以测定地方真太阳时。（通过数学计算，可以推算出黄道坐标来，所以省略了黄道圈）

地平装置称为地平经纬仪。竖直的由东向西转动的是立运环，当旋转窥管瞄准待测天体时，可以测量天体的地平高度。平卧在下面的是阴纬环，用以测量天体的方位角。原先的浑仪只能测天体在中天时的地平高度，无法用来测量天体的方位角和处于其他位置的地平高度。简仪的底座架中装有正方案，用来校正仪器的南北方向。在明制简仪中正方案改为日晷。

3.3 黄道经纬仪

黄道经纬仪是清朝制造的八件大型铜铸天文仪器之一，中国第一台以现代的黄道坐标系作观测的仪器，由南怀仁在 1669~1673 年所制。整个仪器的观测部分放置在一个半圆云座内，由两条背向而立的苍龙托起，苍龙的爪子紧紧抓住雕有云纹斜交的十字交梁上。黄道经纬仪适用于观测太阳和行星等天体的运动。1673 年制成，至今仍完好地保存在北京古观象台台顶的西南角。

观测部分由子午圈、黄道圈、极至圈和黄道经圈共 4 个大圈组成。最外层是南北向正立的子午圈，安放在一个半圆的云座上，子午圈两级安有铜轴，用半圆契合，使它固定。子午圈内是黄道圈和极至圈，二者连为一体，并可共同绕极至圈上的南北两级旋转。黄道圈上刻有度数和黄道十二宫的图案，是黄道经纬仪的基本大圈。黄道经圈固定在极至圈的南北黄级上，在两黄级之间贯有一通轴，通轴中部竖立有一个三寸横表，黄道经圈可绕通轴在黄道圈和极至圈内旋转。在观测天体时，可根据黄道圈和黄道经圈的刻度来定出太阳和行星的位置。

3.4 赤道经纬仪

赤道经纬仪在康熙八年开始制造，南怀仁监制，历经四年于康熙十二年完成。由子午圈、赤道圈、赤经圈等组成。主要用来侦测太阳时和天体的赤经、赤纬。整个观测部分镶嵌在一个半圆云座内，由一条南北正立、昂首翘尾的苍龙托起，龙的四只利爪分别抓住下面十字交梁的一端，每端都装有调整仪器水平的螺栓。该仪器曾于 1900 年被法国侵略者掠至法国驻华大使馆，后迫于世界舆论，与 1902 年归还我国，现陈列在北京古观象台台顶的南侧东端。赤道经纬仪的用途，根据灵台仪象志所载，共有十四项，实际主要的不过两种，一个是测真太阳时（太阳连续两次通过同一子午圈所需的时间间隔，叫一个真太阳日，一个真太阳日又分为二十四个真太阳时，日晷所指的时刻，就是真太阳时），一个是测星的赤经和赤纬。

整个观测部分由三个大环和一根轴承组成。最外面的大环叫做子午圈，呈正南北方向竖立着，圈东面为证明，两面均刻去极度（赤纬）。赤道圈的内弧面及上侧面刻有周日时刻，外弧面上刻着周天三百六十度。赤道圈里面是一个可绕极轴三百六十度转动的赤经圈，直径五

尺六寸(也叫四游环或过极经圈)。两极之间安有通轴,直径一寸,通轴中部横出一个三寸横表。赤经圈的四面刻着赤道纬度,内外环面每度分为六十分,使用游表可读到十五秒。在赤道圈上的游表叫赤道纬表,用来度量赤道纬度。这些零件在解放前早已遗失,现在的游表,是1983年配制的。

3.5 地平经仪

地平经仪制于康熙八年(公元1669-1673年),由比利时传教士南怀仁监制,是南怀仁设计的六架仪器中唯一的一架从第谷的仪器中找不出样板的仪器。仪器重1811千克,高3.201米,主要用来测量天体的地平经度及方位角等。现位于北京古观象台台顶南侧。

此仪主体是地平圈,圈内设有东西通径,中间为圆盘,用云柱支撑。四隅用三条屈身直立的苍龙和一根铸造精细的铜柱支撑,下面是十字交梁,螺栓用来调整水平。地平圈上刻有度数,以正南、正北为0,分别向东、西刻划度数。在正东和正西两点各树1柱,2条苍龙盘柱而上,约至1.5米处相向合拢,于中心附近两龙各伸出一爪,合捧一个火球,球心表示天顶,与地平圈的中心成一条垂线。沿垂线方向安有一根上指天顶下指地心的中空立表,此表可旋转360度,立表下端设有一个与它垂直的横表,其长和地平圈外经相齐,平放在地平圈上,可以带动立表旋转,横表的两端各有1根直线和立表顶端相连。实际观测时,转动横表,将待测星置于立表的空心处,与横表两端的直线构成同一平面时,就可以从横表所指的刻度盘上读出天体的地平精度。

3.6 象限仪

象限仪又叫地平纬仪,主要用于测定天体的地平高度和天顶距。和地平经仪组成测量地平坐标系的姐妹仪,并与地平经仪于康熙八年(公元1669-1673年)同时制成,由来华的南怀仁监制。1900年曾被法国侵略者掠至法国驻华大使馆内,1902年归还我国,现陈列在北京古观象台台顶西北角。

象限仪的其构造很是巧妙在一对十字底座的两个交叉点上,各树一柱,其柱高九尺四寸,刻于上面的苍龙蜿蜒而上。柱两边又各有一龙扶持,这既是一种装饰,又起到了加固作用。从两柱顶端又向中心平伸出一条长七尺八寸的云形横梁。在两柱的下部也向中间平伸出方形横柱,中心设轴承座,从云柱中央到底部轴座的铅垂线方向,贯有一根可旋转三百六十度的立轴,其长九尺六寸,宽二寸一分,厚一寸七分,整个象限环全部固定在立轴上。象限环中间以一条腾云驾雾的巨龙作为装饰,起到了平衡作用。象限环的立边上指天顶,下指地心,横边与地平线平行,横竖两边相交于圆心。象限环的圆心处立一根垂直于仪面,长三寸一分的短圆柱,这就是横表,其上挂有一个长六尺的窥衡贴在仪面上,窥衡可绕圆心在弧面上上下移动,窥衡下端有立耳,背面设有夹螺子(现已折断),旁边有游表(已遗失)。实际观测时,移动窥衡,使立耳看横表与待测的天体位于一条直线上,这时把窥衡定位,则

游表所指的环弧上的刻度，就是该天体的地平高度或天顶距。如从象限弧的上端向下起算，弧尺面上的刻度为天体的地平高度；如从下向上起算，从弧尺外侧面的刻度上可以读出天体的天顶距。

3.7 地平经纬仪

地平经纬仪于康熙五十四年(1715年)由德国传教士纪理安设计铸造。该仪器实际上就是将地平经仪和象限仪的功能合于一体,用来测量天体的地平经度和高度。只是该仪在造型结构上采用了欧洲文艺复兴时期的艺术装饰,而且形体巨大(仪高 4.125 米,宽 1.8 米,重 7368 千克)。象限环面的表尺用黄铜制造,嵌入仪器的弧面上,刻度全用阿拉伯数字,不用汉字,完全没有中国传统的游云、升龙等象征皇权的装饰品,是一架完全西化的古典天文仪器。现陈列在北京古观象台台顶南侧正中位置。

地平经纬仪的主体地平圈周围刻四象限度,其下有四根西式圆柱立于底座上托着地平圈,其上有沟槽环。地平圈中心安有一个可四方调节的轴瓦,由立轴支撑的象限弧坐于其中,用四个螺丝杆推动的轴瓦可准确确定象限弧的中心位置。地平圈东西各有一根用铁栓固定在大石座上的立柱,两柱之间有一根二牛抬杠式样的曲梁,梁正中南面有一轴瓦,它卡住下面立轴的上端,象限弧便固定在立轴上。象限弧正面刻 90 度,它的中间部分由正方形及内接圆支撑。窥衡(即游表)以弧尺圆心为轴转动,窥衡形状如一把宝剑,护手和剑尖上的立耳各钻一孔,用来观测天体。剑柄上还有一个半圆筒状挡风罩,使用前,在弧尺的上端系一小铅锤,如垂线位于圆筒中间的刻线上,证明弧面位置正好垂直,小半圆筒起到挡风以稳定铅锤的作用。测某天体的地平经纬度时,先移动象限弧,使天体与弧面保持在同一平面上,并使天体及窥衡两端的窥孔成一直线,将窥衡定位。此时象限弧下半径直角边所指的度数,就是该天体的地平经度,窥衡所指弧尺上的刻度就是该天体的地平高度。

四、科普展厅

看完了这些充满古代智慧的部分以后，让我们一起进入科普展厅，以一个充满活力的新视角，探索天文学的趣味和奥秘吧。

4.1 右方展厅

位于我们右手边的是依次是天球仪、日月地三球和大型太阳系演示仪。

让我们首先来到**天球仪展区**。这个展区仿佛将夜空搬到了眼前，逼真地呈现了星座、行星、恒星和银河系等众多天体。通过旋转天球仪，您可以随时间和位置的变化，感受到星空的变幻与流动。我们可以看到，天球仪外围有一个水平的大圈，它叫做**地平圈**，地平圈以上就是我们所观测的星空。还有一个垂直地平圈的大圈，叫做**子午圈**。子午圈以天顶和天底为分界，经过北点的叫做**子圈**，经过南点的叫做**午圈**。天球仪表面有亮星的位置、星名、星座天赤道和黄道等，其中天赤道表明时刻，黄道上标明太阳在黄道上的节气（日期）。天球围绕天轴转动，天轴是地轴无限延伸与天球相交形成的直线。天轴与子午圈相交于天北极和天南极。**天球仪要怎么使用呢？**我们知道，**不同纬度、不同时间、不同方位，人们看到的星空都会有所区别**。所以要想正确使用天球仪观测星空，就要先对天球仪的纬度、时间和方位进行校正。因为天北极的高度与当地的地理纬度一致，所以我们可以通过调整子午圈上北天极与地平圈的夹角来校正其纬度。之后，我们需要将天球仪的东南西北方位调整为真实的方位。最后，在黄道上找到我们要找的日子太阳所在的位置，并将其转动到子午圈的最下方，此时就是我们想要的日期当天正午 12 点天空星星的分布情况。若是我们要找的时刻不是正午 12 点怎么办呢？此时我们可以旋转天球，早于 12 时往东转，晚于 12 时往西转，每转动 15°就表示调整了 1 小时。以上就是我们天球仪的基本使用方法。

中间这个是我们的**日月地三球演示仪展区**。这个展区将太阳、月亮和地球的运动规律展现得栩栩如生。为了演示更加真实，太阳采用发光的灯泡替代，以此照亮地球和月亮。地球倾斜在绕日轨道上运动，同时月球围绕地球转动。您将亲眼目睹**日食和月食、地球的自转和公转、昼夜交替、四季变迁和月球盈亏**。

紧随其后，我们来到**大型太阳系演示仪展区**。在这个展区，您将置身于一个宏大的太阳系模型中。居于中心的是红球为太阳，由此向外依次是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星。仔细观察，您会发现各行星的轨道、距离和大小都有着独特之处。通过这个演示仪，您将更加直观地了解太阳系的奇妙构成，以及各个行星的特性和行为。

太阳是太阳系的中心星体，质量非常大，占据太阳系**总体质量的 99.86%**，提供了生命

存在的必要热源和光源。水星是太阳系中最小的行星，但表面温度极高，白天可以达到近 500°C，晚上则可降至-170°C，**昼夜温差极大**。金星是太阳系中最接近地球的行星，表面温度高达 462°C，拥有厚厚的**二氧化碳大气**，使得它的大气压力是地球的 90 倍。地球就是我们生存的星球，是**太阳系中唯一已知存在生命的星球**，拥有适宜人类生存的气候环境和资源条件。火星拥有**类似地球**的四季变化和大量的火山、峡谷等地形特征，曾经有可能存在过液态水。木星是太阳系中**最大**的行星，拥有强大的磁场和许多卫星，同时也是太阳系中**最亮**的天体之一。土星是太阳系中最美丽的行星之一，拥有独特的**星环系统**和适宜人类居住的卫星土卫六。天王星是太阳系中**最冷**的行星之一，自转方向与轨道平面相差 98°，拥有独特的环系统和 27 颗卫星。海王星是太阳系中最远离太阳的行星，人们曾在它最大的一颗天然卫星**特里顿卫星**上发现过**地下海洋**。

4.2 中部展厅

往展厅中间走，我们最先看到的，是光学分形仪。打开里面的显示器以后，你会看到内部形成了一个**半球形**的幻影图像。这是光在内部经过多次成像以后，形成的令人惊叹的景象。

第二个仪器叫做**光学幻影仪**。我们利用光源照射，物体反射的光经过仪器内部光学系统以后，就能将其立体成像。它**无需复杂的全息技术**就能达到逼真的**立体效果**，让你体验到光与影的交织之美。

右边这个像哈哈镜一样的镜子，有一个有趣的名字：**同自己握手**。它是根据凹面镜成像原理设计而成的。当物体处在凹面镜中心轴离它**二倍焦距**的地方，就会成**倒立等大的实像**。如果你将手放在镜子中性轴上缓慢向它靠近，会发现镜子中也伸出一只手和自己握手。

偏振光干涉演示仪主要是对偏振光的干涉现象进行演示。其原理为偏振光通过一块均匀或者不均匀的晶体平板后，出射光形成一种新的偏振态分布过程。

接下来，让我们来到**万有引力和空间弯曲展示台**。这个展示台将带您进入爱因斯坦的相对论世界。爱因斯坦的广义相对论认为，**质量和能量会扭曲周围的时空结构**，形成了所谓的**“引力场”**。具体来说，它认为物体不是被牵引在一个引力场中，而是在弯曲的时空中自由运动，一种类似于球在弹性网格上滚动的运动方式。这个弯曲的时空就是所谓的**“时空扭曲”**。当一个物体处于重力场中时，其实是因为空间被扭曲而受到了**“曲率力”**的作用，从而表现为重力加速度。广义相对论中的万有引力理论已经被多次实验验证，并成为现代物理学的核心理论之一。

最边上的这个，是**磁力线演示仪**。磁力线是从**流体力学**中引入，用来描述磁场大小和方向的一系列**假想的线**。本仪器通过周围小磁针受电磁铁磁场变化转动，来模拟磁场中的磁力

线。人们规定，**小磁针北极**所指的方向，就是磁力线的方向。这项展示将帮助您更好地理解自然界中磁场的作用和影响。

4.3 左方展厅

接下来这个仪器叫做**混沌摆**，它由一个主摆和三个副摆构成。我们知道，单摆、复摆都能以**稳定的周期做规则的、可预测的振动**。但混沌摆的运动状态对主、副摆的位置和速度等初始条件极为敏感。当您观察混沌摆的运动时，会发现即使微小的变化也能导致大不相同的结果。小说《三体》中，三体人的恒星系统半人马座 α 就属于多体系统。您可以试着旋转把手然后释放，就能观察到摆的复杂的无规则运动。

现在我们看到的是**粒子加速器演示仪展区**。真实的粒子加速器是一种规模庞大、成本高昂的实验装置，用于将微观粒子加速到极高的能量，然后与其它物质粒子相互碰撞，观察碰撞产物，从而发现新的粒子、探索新物理规律。例如我国的北京正负电子对撞机（BEPC）、欧洲核子中心的大型强子对撞机（LHC）等。这台粒子加速器模拟演示仪用钢球代替粒子，用线圈产生周期性的作用力使其加速作回旋运动，小球会在玻璃管内越转越快，从而模拟真实的加速器中加速粒子的过程。

随后，我们来到**光栅光谱展区**。光是物质原子能量状态发生变化时发出的，某种原子能够发出哪些波长的光与原子的结构密切相关，就像人的指纹一样拥有**高度特征性**。通常我们利用光栅能够将不同波长的光分离到不同角度，帮助我们观察和记录原子的发射光谱。因为各种物质的原子**内部电子运动情况是不同的**，所以它们发出的光波是不同的，不同波长的光呈现出来的颜色也各不相同。

最后，让我们来到**雅各布天梯展区**。雅各布天梯有两个呈羊角状的管状电极，一级接高压电，一极接地。当电压足够高时，管状电极底部会产生电弧，这是由于**高电压击穿空气**产生的现象。在空气中击穿 **1cm** 的空气所需电压大概**一万伏**，我们这套雅各布天体提供了五万伏的电压，因此在高端两管状电极相距大概 **5cm** 的地方，电弧才会消失，之后又重新出现在电极底部。电弧之所以在最低端开始击穿空气，是因为两根杆的电势相同，底部两杆距离最近，**电场最强**，最容易击穿空气。在击穿以后，两电极之间产生大量**等离子体**，温度升高，受到向上的浮力。其次，电弧受到两管状电极所产生的安培力也是向上的，所以电弧表现出向上攀爬的神奇现象，宛如一簇簇圣火向上爬升，如同希腊神话中的雅各布天梯，这也是它名字的由来。

五、1 米口径光学望远镜

- 1) 在游览完古代天文学展厅和科普展厅后，让我们进入现代天文学仪器的介绍！位于天文台顶楼的就是我们的 1 米光学望远镜。

After finishing the Ancient Astronomy and the Popular Astronomy Exhibition Hall, let's take a look at the modern instrument--the 1-meter Optical Telescope at Yunnan University, which sits on the top floor of this building.

- 2) 当你沿着旋转楼梯往上走时，你可以看到一些奇妙的图片挂在墙上，我会挑一些有代表性的和大家分享他的故事。

When we get to the top floor through the Spiral Stairs, we can see some marvelous pictures hanging on the wall. I will pick up and introduce some representatives for you.

5.0 旋转楼梯上的画 Picture on the Spiral Stairs.

5.0.1 哈勃空间望远镜和詹姆斯·韦伯空间望远镜 (Hubble Space Telescope , HST & James Webb Space Telescope, JWST)

- 3) 空间望远镜的历史可以追溯至 1946 年，天文学家**莱曼·斯皮策**指出了太空中的天文台相对于地面天文台的优势，包括不受地球大气的扰动。据此，人类发射了一系列火箭搭载望远镜运行在太空中，Hubble 望远镜和 James Webb 空间望远镜是最为著名的两个空间望远镜，先后于 **1990 年**和 **2021 年**发射升空。Hubble 的主要任务之一是更加准确的定出**哈勃常数**的数值范围。Hubble 拍摄的最著名的影像之一就是**创世之柱**。我们待会儿会在楼上见到他。James Webb 则是哈勃空间望远镜的**继任者**，携带了比 Hubble 的面积大 5 倍的观测镜，却仅有 Hubble 一半的重量，在最近几年已逐渐成为太空红外观测的主力。

The history of Space Telescope can be traced to 1946. An astronomer Lyman Spitzer's discussed the advantages of a space-based telescope, including not suffering from the turbulence of the atmosphere. Thus, people launched several rockets carrying telescopes and flew them into space. The Hubble Space Telescope and James Webb Space Telescope are the two most famous space telescopes, launched in **1990 and 2021** respectively. One of Hubble's main tasks is to determine the value of the **Hubble constant** more accurately. You may also hear about a famous image, *the Pillars of Creation*, taken by Hubble. We will see it upstairs. The James Webb Telescope is the **successor** to the Hubble Space Telescope, carrying an

observation mirror five times larger than Hubble's, but only half the weight. It has become the mainstay of the space infrared observation.

5.0.2 创世之柱 Pillars of Creation

- 4) 创生之柱是由哈伯太空望远镜拍摄的，位于巨蛇座的老鹰星云内由星际气体和尘埃构成的四个象鼻管结构，距离地球 6,500-7,000 光年。它们之所以如此命名，**是因为气体和尘埃正在创造新的恒星**，同时也被在附近形成的恒星发出的光侵蚀。该图像以其对全球文化影响而闻名，美国国家地理在其 20 周年纪念日指出，该图像已经出现在"**从 T 恤到咖啡杯**"的所有东西上。这幅影像被评为哈伯望远镜最著名的十大照片之一。

Pillars of Creation is a photograph taken by the Hubble Space Telescope. It shows the elephant trunks of interstellar gas and dust in the Eagle Nebula of the Serpens constellation, some 6,500–7,000 light-years from Earth. They are named so because **the gas and dust are in the process of creating new stars**, while also being eroded by the light from nearby stars that have recently formed. The image has a great global culture impact, with *National Geographic* noting on its 20th anniversary that it had been featured on everything "**from T-shirts to coffee-mugs**". It was named one of the top ten photographs from Hubble.

5.1 设计构造与工作原理（需借助 Laser Pointer）

- 5) 第一，我们来看一看这望远镜的**设计构造与工作原理**，它的主体就是一台反射式 1m 口径光学望远镜，一台 4K*4K 科学级 CCD 相机，一张滤光片，以及最上面的高精度 10 米随动穹顶。

Firstly, I would like to introduce its construction details and working principle. Its mainbody is a reflective 1-meter optical telescope, together with a 4K*4K scientific-grade CCD camera, a filter, and the uppermost, a high-precision adjustable 10-meter dome.

- 6) 这是望远镜筒内部的示意图，它采用了**地平式装置**安装，有相对于地球重力对称的两根相互垂直的轴，口径较大的望远镜宜采用这种装置，有利于解决镜筒的**变形**问题。

The Schematic picture inside the telescope is shown here. In order to solve the **deformation** issues addressed by the large diameter, the telescope takes the **horizontal installation**, which has a unique feature of two perpendicular axes - the vertical and horizontal axes - providing excellent symmetry in the face of gravity.

- 7) 顾名思义，该设备主要用于观测**光学波段**，即波长位于 400 纳米至 800 纳米的光波。它主要采用**反射式结构**，光子经由反射进入到观测通道，观测通道分为两种，一种是通

过 CCD 收集信息并记录数据，另外一种则是目镜通道，可通过肉眼直接观测天体。两种观测通道可以由操作室**切换**。

As the name suggests, this equipment is primarily used for observing the **optical band**, specifically light waves with wavelengths ranging from 400 to 800 nanometers. Employing a **reflective structure**, photons are directed into two channels, one is for collecting information and recording data through the CCD, and the other is for direct visual observation through an eyepiece. Both modes can be seamlessly **switched** from the control room.

5.2 观测能力

- 8) 第二，如何衡量其**观测能力**？单纯用**观测距离**来描述它的观测能力是不合适的，因为如果天体的亮度非常暗，即便他离地球很近，我们也观测不到。所以天文学中一般用**星等**（**视星等**）来定义测量能力。视星等是指星体在天空中的相对亮度，在地球上看起来越亮的星体，其视星等数值就越低。对于我们这台一米口径光学望远镜，它可以观测的**极限星等是 12-13 星等**。这是什么概念呢？作为对比，夜晚在地球上看月亮的最大亮度约为**-13**。按照星等的定义，这台望远镜可以看到比满月还暗**66**倍的星星。所以这台望远镜的眼睛相比于一般的望远镜是**十分敏锐**的。

Second, how to measure its **observational capability**? It is not appropriate to solely describe its observational capability based on the **observation distance** because if a celestial body's brightness is very faint, we may not be able to observe it even if it is very close to the Earth. Therefore, in astronomy, the measurement capability is generally defined using **apparent magnitude**. For this 1-meter optical telescope, the limiting apparent magnitude it can observe is around **12-13** magnitudes. What does this concept mean? As a comparison, the maximum brightness of the Moon seen at night on Earth is approximately **-13 magnitudes**. According to the definition of apparent magnitude, this telescope can observe stars that are **66 times** fainter than the full Moon. Therefore, compared with general telescopes, the eyes of this telescope are **highly sensitive**.

5.3 使用方式

- 9) 具体如何使用望远镜进行观测呢？穹顶与望远镜都是可以**转动**的。当夜晚进行观测的时候，首先将制冷系统、CCD 相机等**开机**，然后在操作室进行设备的**控制**。在操作室的电脑，将穹顶与望远镜进行**连接**，打开**穹顶的天窗**（让望远镜能接收到源的信息）。在电脑控制软件上**输入选定的目标源的赤经赤纬**，此刻望远镜与穹顶便会转动，自动**追**

踪目标源。

Finally, what is the observation procedure? Both the dome and the telescope are **adjustable**. During nighttime observations, the cooling system and the CCD camera are **activated**, followed by **control operations** conducted from the control room. Using the computer in the control room, the dome and the telescope are **synchronized**, allowing the telescope to receive celestial signals through the dome's skylight. At last, by inputting the selected target's right ascension and declination into the control software, the telescope and the dome will then automatically **track** the target source, ensuring precise observation.

- 10) 以上就是光学望远镜的全部内容了。现在，让我们原路返回。看一看天文台外面的观测设备吧！

That's the end of the 1-meter Optical Telescope. Now let's go back to where we started and take a view of the instrument outside.

六、12 米口径射电望远镜

6.1 射电望远镜的历史

- 1) 首先,射电天文的是如何发展起来的呢?从 **1609 年伽利略**制作出第一架光学望远镜后,光学望远镜一直是天文观测最重要的工具。不过,受可见光的局限,光学望远镜对宇宙深空探测就显得无能为力。另一方面,人们注意到无线电波可穿透宇宙中大量存在的星际尘埃,所以射电望远镜受光照和气候的影响很小,可以**全天候不间断地工作**。**20 世纪 30 年代**,美国年轻的工程师**央斯基**,在研究无线电干扰噪声源时,首次发现了来自天体的无线电波。到了 **1937 年**,他们又架设了一个金属抛物面天线,**收到了**来自银河系的无线电波。至此世界上第一台射电望远镜诞生了。

First, let's review the history of radio telescopes. Since Galileo crafted the first optical telescope in the 17th century, optical telescopes have been the **primary tool** for astronomical observation. However, due to the limitations of visible light, optical telescopes are unable to further explore the universe. In the 1930s, a young American engineer named Jansky first discovered radio waves originating from celestial bodies while studying sources of radio noises. In 1937, they erected a parabolic metal antenna and successfully received radio waves from the Milky Way, marking the birth of the world's first radio telescope.

6.2 外观构造和工作原理

- 2) (到达射电望远镜前)现在在我们眼前矗立的庞然大物就是云南大学的 12m 射电望远镜。射电望远镜与光学望远镜不同,既没有高高竖起的望远镜镜筒,也没有物镜、目镜,主要是由天线系统、接收系统和记录系统组成。巨大的天线是射电望远镜最显著的标志。天线的种类很多,有抛物面天线,球面天线,螺旋天线等(3 种)。我们这台是抛物面天线,它的天线口径是 12 米,可以实现 360 度旋转接收无线电信号,(第二部分,工作原理)然后把信号传送到接收系统中。

This colossal object standing before us now is the 12-meter radio telescope of Yunnan University. Unlike an optical telescope, the radio telescope does not have an upright telescope tube, objective lens, or eyepiece. It is primarily **composed of an antenna system, receiving system, and recording system**. The massive antenna is the most distinctive feature of a radio telescope, and there are **many types of antennas**, such as parabolic, spherical, and helical antennas. (Function) Our radio telescope, equipped with a parabolic antenna, can rotate 360

degrees to receive radio signals and transmit them to the **receiving system**.

- 3) **射电望远镜的接收系统**的作用又是什么呢？其作用是从噪音中分离出有用的无线电信号，并把这**微弱的信号放大**。工作原理和普通收音机差不多，但是它比收音机具有**更高的灵敏度和稳定性**。随后这信号被**传给后端计算机并记录**下来。科研人员通过分析数据，得到天体送来的无线电波段的信息。接收和记录工作都可在室内完成，不需要放置在室外。

What is the function of the receiving system? It aims to separate radio signals from the noise and amplify them. Its function is similar to a conventional radio, but with extremely **high sensitivity and stability**. Then, these signals are sent to the **computer for recording** and are **analyzed** by the researchers, obtaining radio band information sent by celestial bodies. Therefore, both the receiving and recording systems can be controlled indoors, without the need for outdoor placement.

- 4) 我相信，大家在第一眼看到这个天线的构型时会觉得它和雷达好像！的确，射电天文技术最初的起步和发展得益于**二战后**大批退役雷达的“**军转民用**”，**但是**射电望远镜和雷达的**工作方式不同**，雷达是先**发射**无线电波再**接收**物体反射的回波，射电望远镜只是**被动地接收**天体发射的无线电波。

I believe that when you first see this antenna, you will find that it resembles a radar! Indeed, the initial development of radio astronomy technology benefited from the **post-war conversion** of a large number of retired radars from military to civilian use. **But** radio telescopes operate differently from radar; while radar **emits** radio waves and then **receives** the reflected echoes, radio telescopes **passively receive** radio waves emitted by celestial bodies.

6.3 承担的科研课题与展望

- 5) 这台望远镜承担了哪些具体的任务呢？由于其**工作频率在 1.3GHz-1.7GHz**，可完成脉冲星搜寻和检测、快速射电暴长期检测、中性氢谱线观测、太阳射电辐射观测等(4种)。该望远镜在去年年底已经完成**初验**，目前正在测试阶段，预计明年年初可以完成初光观测。该 12 米射电望远镜的建设和应用可以培养大量射电天文学**实测人才**，实现射电天文学本科教学和科研一体化。

Thirdly, what are **the specific missions** of this Radio Telescope? The 12-meter radio telescope **operates at frequencies** between 1.3GHz and 1.7GHz, enabling it to carry out tasks such as searching and detecting pulsars, long-term monitoring of fast radio bursts, observing neutral

hydrogen spectral lines, and monitoring solar radio emissions. The telescope completed its **initial testing** at the end of last year and is currently in the testing phase, with initial observations expected by early next year. The construction and application of the 12-meter radio telescope will cultivate **practical talents** for radio astronomy work, integrating undergraduate teaching and scientific research in radio astronomy.

- 6) 对这台 12 m 射电望远镜的介绍就到这里了，今天的参观也接近尾声。云南大学天文学科正在与很多国内外项目合作，例如参与了 FAST、SKA 以及正在普洱市景东县建设的景东射电望远镜。景东射电望远镜是一台 120 米脉冲星射电望远镜，由中国科学院和云南省人民政府合作共建，建成后将成为世界上最大的 单口径 全可动 中低频 射电望远镜。

That's all for the introduction to this 12-meter radio telescope, and today's visit is also coming to a close. The Astronomy Department at Yunnan University **collaborates with numerous international projects**, including participation in the construction and application of the FAST, the Square Kilometer Array, and the construction of Jingdong Radio Telescope(JRT) for pulsar observations in Puer city. Jingdong Radio Telescope is a scientific facility jointly built by the Chinese Academy of Sciences and the Government of Yunnan Province. Once completed, it will become the world's largest fully steerable single-dish low-frequency radio telescope.

七、结语

今天的天文台导览与讲解就到此结束了。我们三位讲解员带大家参观了云南大学的太阳历广场、古代天文仪器模型、科普展厅和 1m 口径光学望远镜、12m 口径射电望远镜，带大家领略了天文学从古至今的发展历程，这发展历程也意味着人类对宇宙的了解程度逐渐深入。天文学发展到如今已拥有庞大的分支，而且由于观测手段的不断增加，研究内容也逐渐转向多信使天文学，吸引了众多年轻人投身研究；同时，天文学拥有数量最庞大的业余爱好者群体，他们也为天文观测做出了巨大贡献。

相信今天通过我们三人的讲解，大家也对云南大学天文学科的发展有了更加深刻的认识。如果大家想了解更多内容，欢迎登录云南大学官方网站和微信公众号。云南大学天文社定期举办观星活动，同时在中国航天日和国际天文日等重要节日也会举办参观活动，欢迎大家前来体验。感谢大家今天的到场，祝大家生活愉快，工作顺利！

我们的模拟讲解到此结束，谢谢老师！（完）