

一、FAST项目简介

（一）、科学技术概念

国家九大科技基础设施之一，**FAST**建成后将成为世界上最大口径的射电望远镜，**FAST**与号称“地面最大的机器”的德国波恩100米望远镜相比，灵敏度提高约10倍；与排在阿波罗登月之前、被评为人类20世纪十大工程之首的美国**Arecibo** 300米望远镜相比，其综合性能提高约10倍。作为世界最大的单口径望远镜，**FAST**将在未来20~30年保持世界一流设备的地位。

500米口径球面射电天文望远镜（**FAST**）（见图2）。它具有3项自主创新：利用贵州天然的喀斯特洼坑作为台址；洼坑内铺设数千块单元组成500米球冠状主动反射面；采用轻型索拖动机构和并联机器人，实现望远镜接收机的高精度定位。全新的设计思路，加之得天独厚的台址优势，**FAST**突破了望远镜的百米工程极限，开创了建造巨型射电望远镜的新模式。

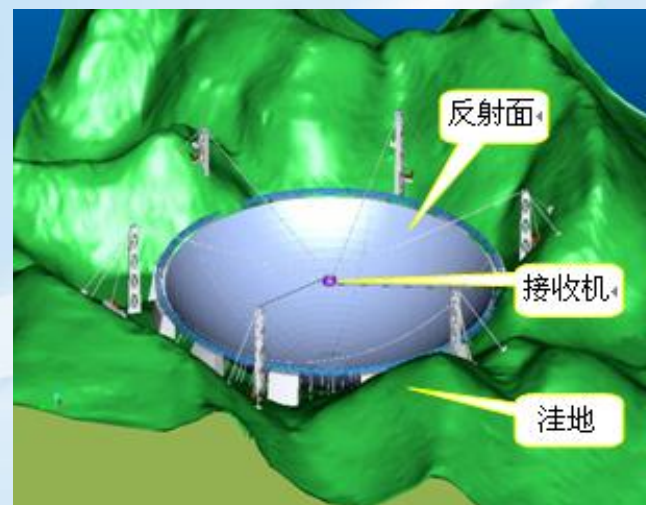


图 2 FAST 总体方案。

（二）、FAST在基础研究领域和国家重大需求方向的意义

基础科学研究领域：中性氢、观测暗物质和暗能量、寻找第一代天体、发现脉冲星、研究极端状态下的物质结构与物理规律、有望发现奇异星和夸克星物质、发现中子星——黑洞双星、精确测定黑洞质量、检测引力波；加入国际网为天体超精细结构成像；可能发现高红移的巨脉泽星系，实现银河系外第一个甲醇超脉泽的观测突破；用于搜寻识别可能的星际通讯信号，寻找地外文明等等。

国家重大需求方面：把我国空间测控能力由地球同步轨道延伸至太阳系外缘，将深空通讯数据下行速率提高100倍。为自主导航这一前瞻性研究制作脉冲星钟。作为被动战略雷达为国家安全服务。提供高分辨率和高效率的地面观测；跟踪探测日冕物质抛射事件，服务于太空天气预报。

FAST研究涉及了天线制造、高精度定位与测量、高品质无线电接收机、传感器网络及智能信息处理、超宽带信息传输、海量数据存储与处理等。FAST技术成果可应用于诸多相关领域，如大尺度结构工程、公里范围高精度动态测量、大型工业机器人研制以及多波束雷达装置等。

(三)、**FAST**的总体技术指标

主动反射面	半径 $\sim 300\text{m}$, 口径 $\sim 500\text{m}$, 球冠张角 $110\text{-}120^\circ$
有效照明口径	$D_{\text{ill}}=300\text{m}$
焦比	0.467
天空覆盖	天顶角 40°
工作频率	$70\text{MHz}-3\text{GHz}$
灵敏度(L波段)	天线有效面积与系统噪声温度之比 $A/T \sim 2000$ m^2/K 系统噪声温度 $T \sim 20\text{K}$
分辨率(L波段)	$2.9'$
多波束(L波段)	19个
观测换源时间	$<10\text{min}$
指向精度	$8''$

（四）、FAST的系统构成

FAST的系统构成如图3, 在贵州喀斯特洼地内铺设口径为500米的球冠形主动反射面, 通过主动控制在观测方向形成300米口径瞬时抛物面; 采用光机电一体化的索支撑轻型馈源平台, 加之馈源舱内的二次调整装置, 在馈源与反射面之间无刚性连接的情况下, 实现高精度的指向跟踪; 在馈源舱内配置覆盖频率70MHz—3GHz的多波段、多波束馈源和接收机系统; 针对FAST科学目标发展不同用途的终端设备; 建造一流的天文观测站。

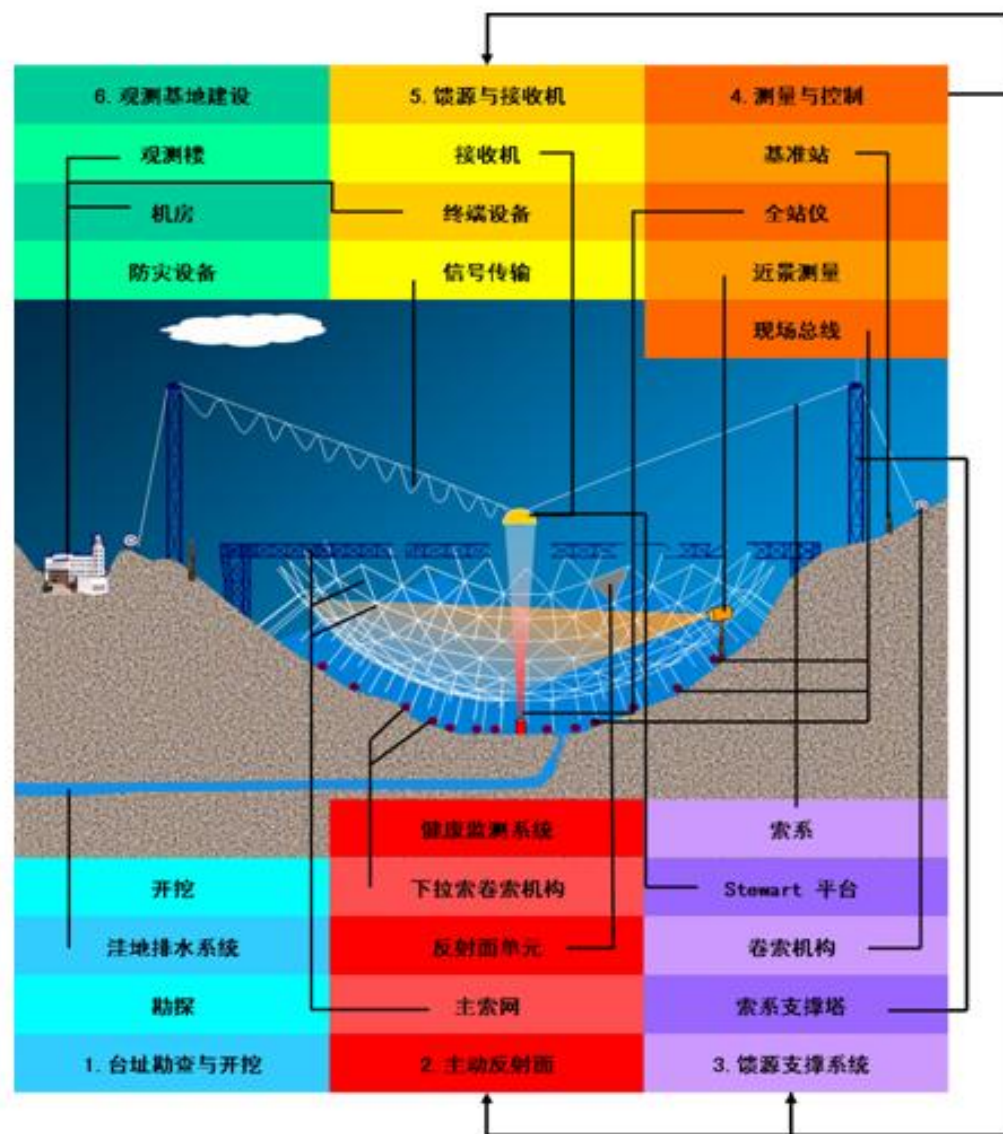


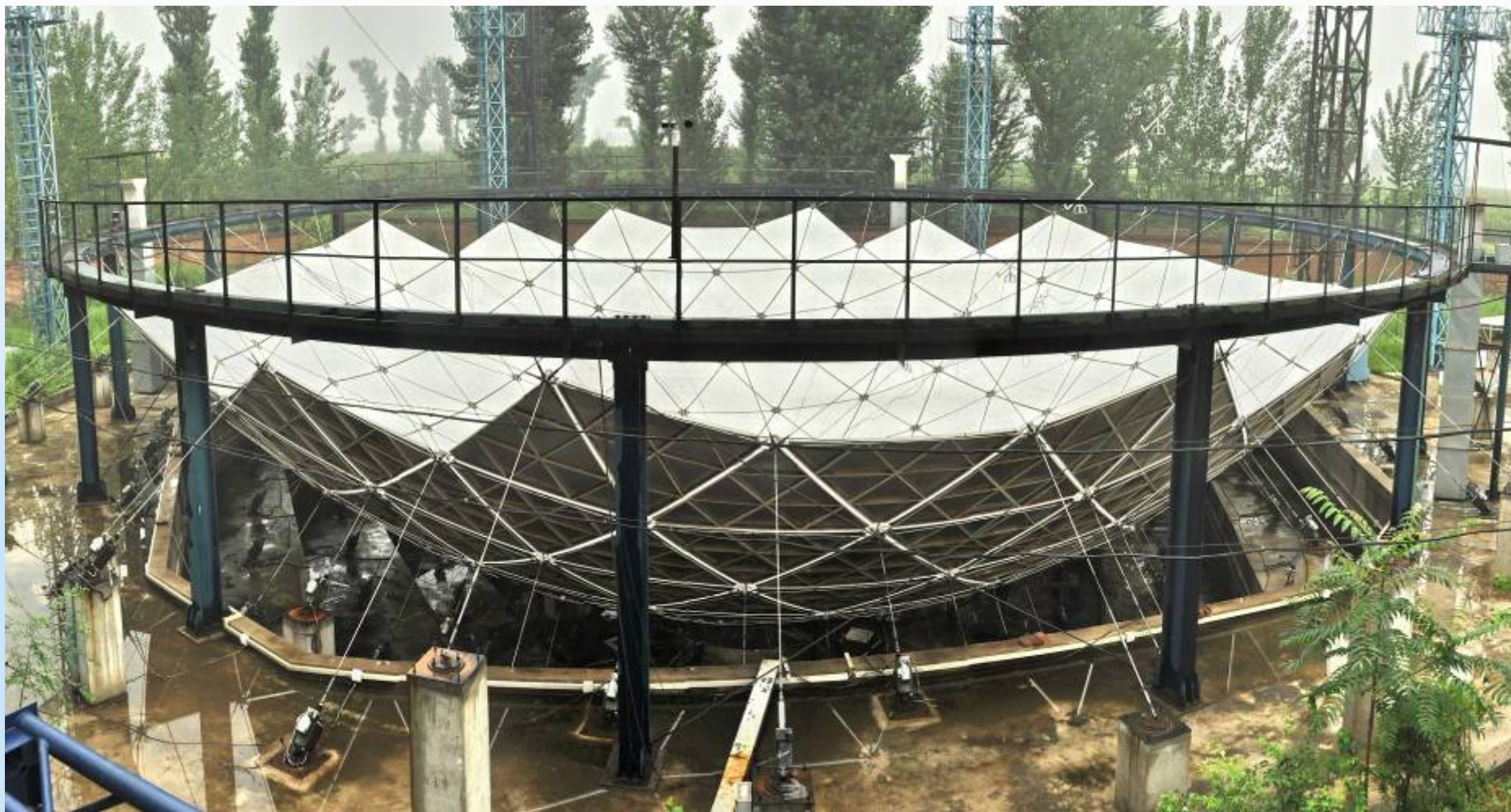
图 3 FAST 系统构成。

（五）、**FAST**项目进展情况

FAST的预研究历时**13**年，由中国科学院国家天文台主持，全国**20**余所大学和研究所的百余位科技骨干参与了此项工作。得到了中科院知识创新工程首批重大项目和重要方向性项目以及国家自然科学基金会重点项目的经费支持。**FAST**有**5**项关键技术，包括贵州喀斯特洼地台址评估、主动反射面、光机电一体化的馈源支撑系统、高精度的测量与控制和接收机系统等，都已完成了分析论证和模型实验。

2007年**7**月**10**日，国家发展和改革委员会原则同意将**FAST**项目列入国家高技术产业发展项目计划（发改高技[**2007**]1538号文件），要求抓紧开展可行性研究工作，在条件具备后上报可行性报告。

(六)、密云30米口径模型



密云30米口径模型





节点

二、**FAST**主动反射镜面简介

FAST工程的核心是主动反射面。与机械分块式结构相比较，整体索网结构有设计简单、运动部件少、所需洼地土木工程量小、造价比较低等优点，因而被选定为最终主动反射面建设方案。由于照明区与球形中性面之间微小的差别，可以通过索网上控制点的切向位移加之钢索在弹性区内的轴向形变，不附加任何伺服机构来改变索长，完成抛物面拟合。新的工程概念将机构由压力主导转化成张力主导，充分利用了材料和结构的性能。

从若干索网构型中选择了三角形短程线分割。反射面将使用弹性模量为 $147\sim 170\text{ kN/mm}^2$ 的钢索，主索网有约7000根索段，下拉索约2300根，将整个反射面分割成约4600个三角形单元。

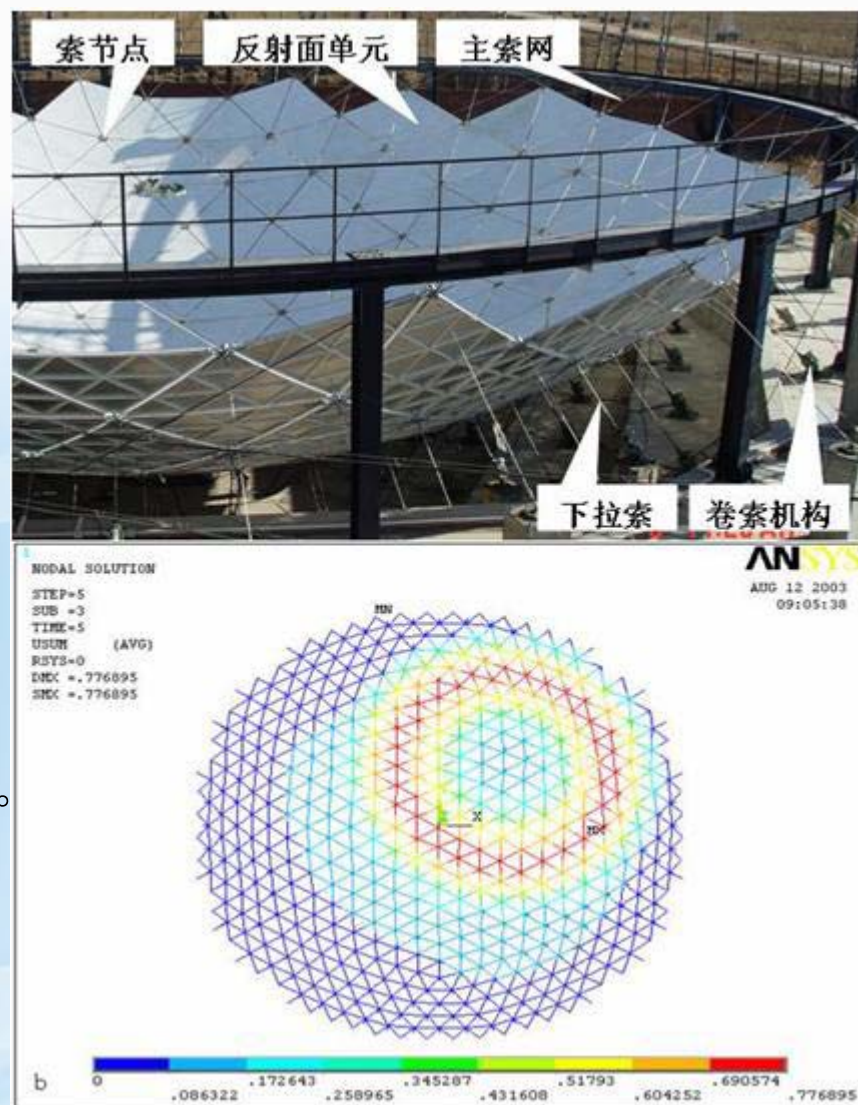


图4 整体索网反射面模型和索网张力的ANSYS力学分析

观测时通过固定在洼地中的卷索机构控制下拉索长度，使索网变形。根据图4所示的仿真分析，主索和下拉索的最大拉力估计分别为37吨和4.5吨。反射面单元通过有自适应功能的索节点与索网连接，对由球面变换成抛物面时引起的长度和角度的变化得到自动补偿。在模型试验过程中对索网结构、索节点、索具、卷索机构以及整体索网变形测量与控制做了大量的理论分析计算、同时对它们分别进行了多种设计和试验研究。



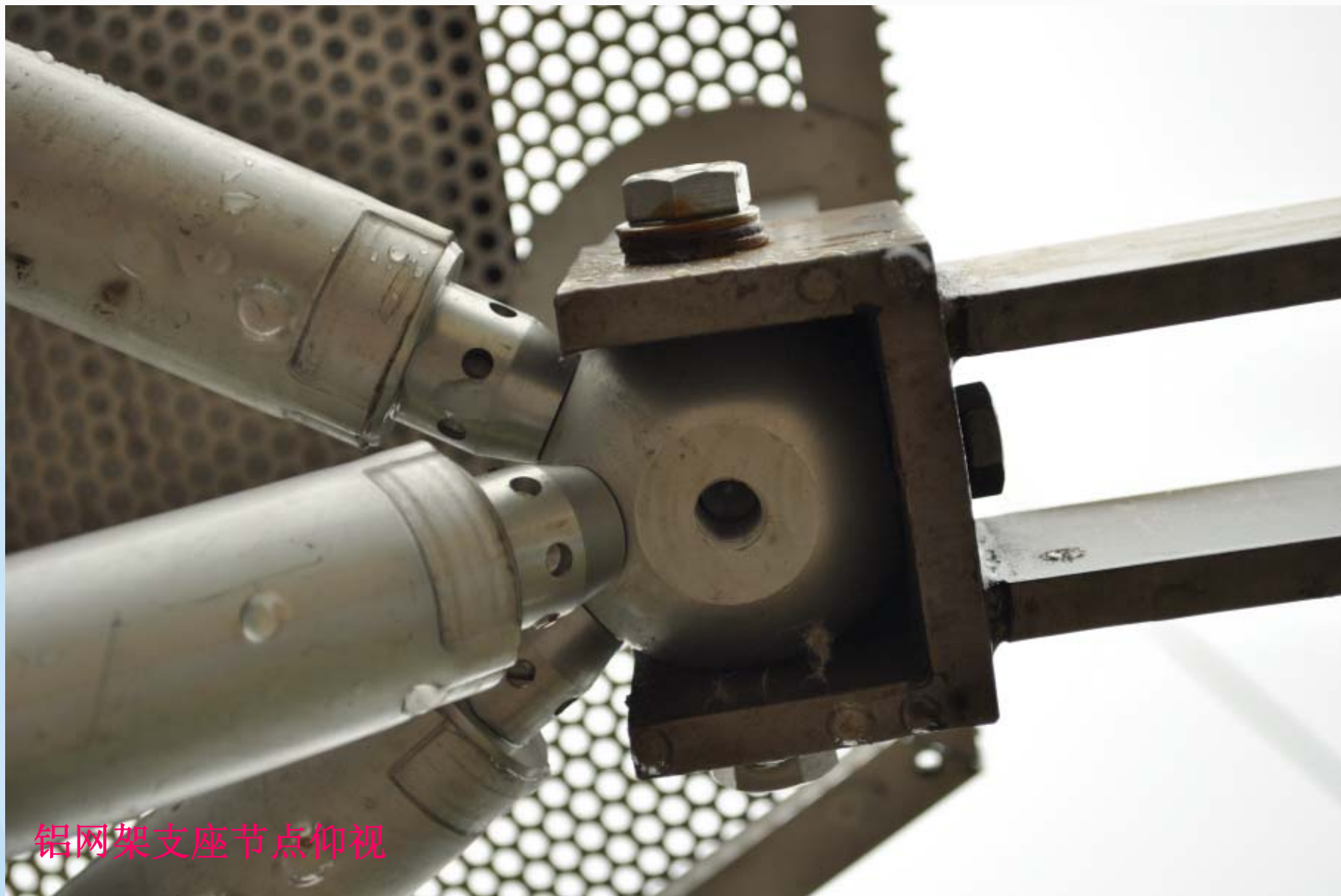
铝网架镜面样板



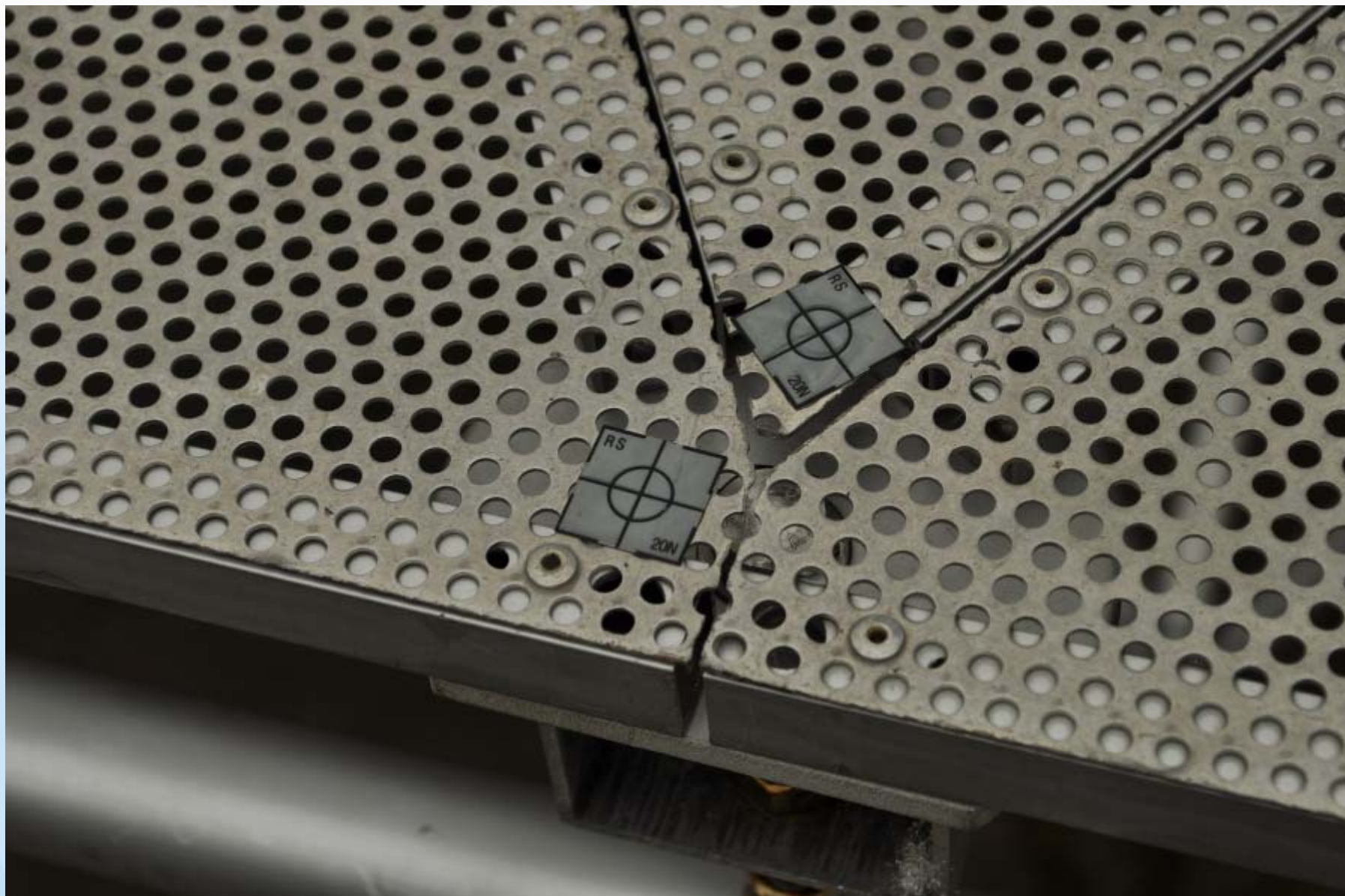
铝网架节点



铝网架支座节点平视



铝网架支座节点仰视



钢网架镜面样板

张弦桁架镜面样板

矩形钢梁镜面样板





钢网架局部