



科技进步特等奖

■ 上海中心屹立于浦东
上海建工供图



■ 70米高、2700吨重的天马望远镜是科学家探索太空的重要助手之一
上海天文台 供图



创造了无数个 NO.1 的中国第一高楼,上海中心大厦,这次终于登上了上海科技创新的巅峰——在今天上午刚刚揭晓的 2018 年度上海市科学技术奖励大会的榜单上,“上海中心大厦工程关键技术”荣获科技进步特等奖。

世界上第一次在软土地基上建造重达 85 万吨的单体建筑,世界上第一次在超高层安装 14 万平方米的柔性幕墙,世界上最高的绿色建筑……一系列科技创新的壮举,让超高层建筑由内而外成为巅峰之作。

“上海高度” 不断突破天际线

在上海中心大厦外,有一面琉璃荣誉墙,上面镌刻着 4200 多位参与上海中心建设的设计者和普通劳动者的名字。“每个‘超级工程’的背后都是千万普通劳动者的智慧、创新、努力和辛劳,我们用这种方式记录、感谢他们的付出。”上海中心大厦建设发展有限公司董事、总经理顾建平告诉记者。

从金茂大厦、环球金融中心再到上海中心大厦,“上海高度”以每十年约百米的速度,一次次突破天际线。这背后正是中国本土建筑企业从观摩、参与到主导不断崛起的脚步。特别是上海中心大厦的建设,全面展现了中国企业的科技创新能力——

这是中国人首次将建筑造到 600 米以上的高度。这个“超级工程”也在很多方面创造了“中国第一”和“世界之最”:世界上第一次在软土地基上建造重达 85 万吨的单体建筑;世界民用建筑一次性连续浇筑方量最大、达到 6 万立方米的基础底板工程;世界上第一次在超高层建筑中使用 14 万平方米的柔性幕墙……

然而在 11 年前上海中心大厦动工之时,现今每一项“第一”都是一个巨大甚至无解的难题。

钻孔灌注 近90米地基桩

上海中心大厦是浦东陆家嘴地区超高层建筑的收官之作。在它之前,陆家嘴已经双塔林立,高层建筑鳞次栉比,这决定了上海中心大厦施工时不能大开大挖、大噪音。但是,建造上海中心大厦需要打下一根根近 90 米的地基桩,相当于地下 9 层楼高。如果按照传统操作,必然噪声震动,尘土飞扬。

为了让“施工噪音尽量小”,上海建工人“不走寻常打桩路”:通过研究首次在 350 米

以上的超高层建筑中使用了钻孔灌注桩工艺,即先用钻机在地基上钻孔,把钢筋笼放下去后,再用混凝土灌注。为了提高桩基的承载力,采用了桩底注浆工艺,使桩基极限承载力提高近 4 倍。承载力与传统钢管比较地基持平,但造价节省 60% 以上。“钻孔灌注桩技术被之后软土地基许多超高层建筑所采用,现在城市超高层建造都听不到打桩声了。”建工集团技术党委副书记、总裁卞家俊说。

高层建筑的玻璃幕墙,现代时尚感十足,是国际大都市一道亮丽的风景线。然而在上海中心大厦之前,双层幕墙还从未出现在 350 米以上的超高层建筑中。十年间,上海建工人用科技“绣花针”,将 20357 多块不同大小曲面的玻璃幕墙严丝合缝地悬挂在建筑外立面,成就了上海中心的美丽霓裳。上海建工集团技术总监朱毅敏至今还能牢牢记得两万多块玻璃幕墙,每一片的施工精度误差都在 1.5 毫米以内。“上海中心大厦率先引进国际建筑业最尖端的数字化建造技术,每一块部件、每一块玻璃幕墙、每一条电线、每一个水阀都在电脑中三维建模、标号。”朱毅敏告诉记者。

立体“外滩” 化身艺术“天梯”

在上海,外滩如一条万国建筑艺术博览走廊,上海中心则架起了一道融合绿色与人文的艺术“天梯”。“上海外滩第一排建筑面积总和在 60 万平方米左右,上海中心大厦相当于一座竖起来的外滩。”顾建平说。

很难想象,在这座摩天大楼里藏着 21 个空中花园。大厦 37 层更拥有世界上最高室内中式园林“半亩园”。“随着城市发展,绿色、人文不再是束之高阁的口号语录,而成为滋养心灵、慰藉灵魂的必需品。”

更有意思的是,上海中心大厦将安放在 125 层的“定楼神器”——高 20 米、重达 1000 吨的阻尼器,艺术化为一件巨型雕塑作品“上海慧眼”。它是世界上首个用于超高层建筑的电涡流摆式调谐质量阻尼器,可削弱强风下高层建筑的晃动,增加大楼里人们的舒适度感受。

就在这个科技神器周围,三层 3D 四维音响总共 240 个高级音响喇叭,缓缓流淌出美妙的旋律。坐上每秒爬 4 层楼的超快电梯,直达世界最高的音乐厅。在摩天大楼顶层上,你可以聆听世界顶级音乐厅最佳座位才能享有的天籁之音……
本报记者 马亚宁

软土上筑就——超级工程

上海中心大厦工程关键技术

如果说,“上海中心”代表了上海创新发展不断突破天际的新高度,那么松江的天马望远镜,就像不断开阔的“上海视野”,放眼未知,望向未来。今天上午召开的上海市科技奖励大会上,“天马”一举捧回上海科技进步特等奖的另一只奖杯——上海 65 米射电望远镜系统研制,荣获 2018 年上海市科技进步特等奖。

“上海视野” 攻克系列技术难题

大型射电望远镜是深空探测器导航和天文学研究等领域的关键基础设施,代表了一个国家的综合创新能力。我国先后建设了口径为 25 米至 50 米等 4 面射电望远镜。2007 年,它们和上海数据处理中心组成的甚长基线干涉测量(VLBI)网,作为探月工程 VLBI 测轨分系统,对探月工程国家重大专项(嫦娥一号)的精密测定轨任务做出了重大贡献。但是,当探索太空的视野需要望向宇宙的更深远处时,我国射电望远镜与国际先进水平的差距,大大制约了“中国视野”。

从 2008 年起,中科院、上海市和探月工程联合出资,由上海天文台负责开始研制一台具有多种科学用途的世界级大型射电望远镜系统即上海 65 米射电望远镜,建设地点在上海市松江佘山基地。十年后,当记者站在 70 米高、2700 吨重的“天马”脚下,清晰地看到望远镜底部旋转的轨道和主反射面下的俯仰装置,才明白天马望远镜所获一切殊荣的意义。

建设大型射电望远镜,需要攻克高精度指向、高接收效率、低带宽频带接收、复杂灵活控制、综合性能测试和模型建立等一系列技术难题,是一个国家综合创新能力的集中体现。上海天文台联合中电 54 所、上海交大等单位,攻克 40 多项关键技术和集成创新,建成了我国第一台性能先进功能齐全的全可动大型射电望远镜系统,实现了我国建设世界级大型射电望远镜的目标。该系统综合性能指标在同类望远镜中位列世界前三,极大提升了我国探月卫星和深空探测器测定轨能力、国际 VLBI 和射电天文观测能力。

自主创新 首次无缝轨道焊接

作为一台全方位可转动的望远镜,天马望远镜的硬件和软件系统实现了多项自主创新。其工作波长从最长 21 厘米到最短 7 毫米

共 8 个波段,是我国目前工作波长可覆盖全部厘米波段的高性能射电望远镜。据天马望远镜首席科学家、上海天文台台长沈志强介绍,设计之初经过国际专家的评审和论证,“天马”采用了我国自主研发的第一个大型天线主反射面主动调整系统。

登上天马望远镜,距地面高约 30 多米的五层楼处是馈源舱,8 个波段的信号接收机就在这里。沿着陡峭楼梯再爬三层,向下俯视,正好面对 1008 块面板组成的巨大“大锅盖”——直径为 65 米的白色主反射面。我国自主研发的第一个大型天线主反射面主动调整系统就在这里。通过连接着面板的 1104 台促动器,将每块面板定位精度控制在 15 微米,补偿天线在俯仰角度上的重力形变,使天线保持标准的抛物面形状。保证望远镜实现不同的“视角”和转速,完成高效率跟踪观测。

同时,天马望远镜在国内首次采用了无缝轨道焊接技术。焊接后轨道整体平面度达到 0.46 毫米,好于设计要求,不仅提高了轨道精度和承载力,而且延长了轨道、滚轮以及地基的使用寿命。天马望远镜首席科学家、上海天文台台长沈志强告诉记者,天马望远镜每年运行时间长达 7000 小时(包括维护保养时间),已有十多家单位数十名科学家利用天马望远镜进行观测,在相关领域观测水准达到国际先进水平。

深空观测 提高探测灵敏度

天马望远镜作为主力测站先后参加并成功完成了 2012 年的嫦娥二号奔小行星探测、2013 年的嫦娥三号月球软着陆、2014 年的嫦娥五号飞行试验器、2018 年嫦娥四号中继星和嫦娥四号探测器的 VLBI 测定轨任务,使我国 VLBI 观测网的灵敏度提高至 2.6 倍以上,时延测量误差由嫦娥二号时的 1.77 纳秒降至 0.67 纳秒,大幅提高 VLBI 系统的测量能力,为探月系列卫星 VLBI 测定轨做出卓越贡献。

随着我国对以火星为代表的更加遥远的深空科学探测活动日益增多,综合性能位于世界前列的天马望远镜不仅可以为深空探测器的测轨和数据接收服务,而且地处几个国际上主要 VLBI 网的交汇处,能有效提高国际 VLBI 网的探测灵敏度。与此同时,天马射电望远镜在脉冲星和谱线射电天文研究中取得一系列原创性观测成果,赢得了国际同行瞩目。
本报记者 马亚宁

天马擦亮慧眼探宇宙

上海六十五米射电望远镜系统研制