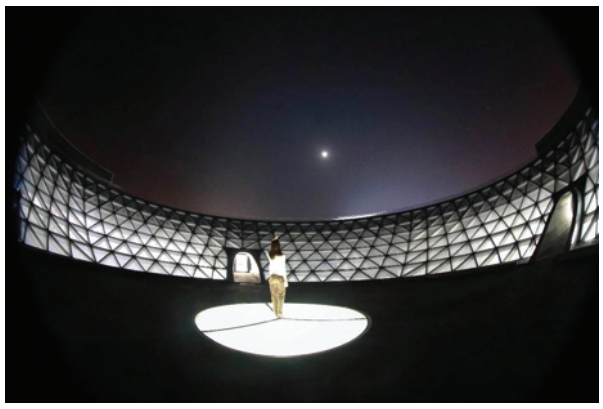
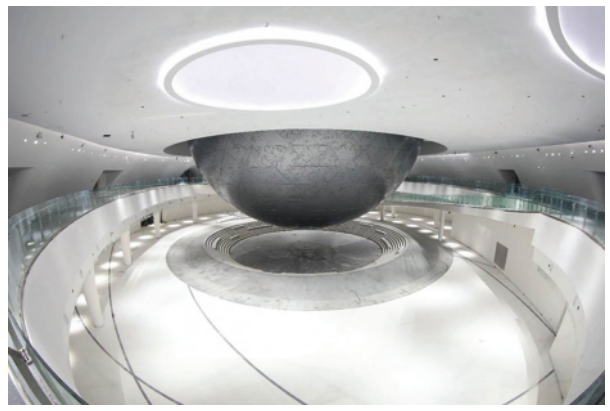
青年报 2021年7月14日 星期三
责任编辑 赵一智 美术编辑 林婕



倒转穹顶。

即将于本周末正式开馆的上海天文馆是如何以独特的建筑空间语言展现出抽象而神秘的天文学概念的？昨天，青年报记者跟随天文馆设计师，在实地走访中揭秘天文馆背后的建筑巧思。

青年报记者 刘晶晶



悬浮球幕。

建筑是上海天文馆最大的“展品”

设计师团队揭秘上海天文馆的建筑语言

天文学概念在建筑中处处可见

看到上海天文馆，第一感觉就是，这儿的建筑体现出了一种“未来感”。曲线、悬浮、轨迹、球体，这些都是天文学的概念，如今，却被“有形化”，形成了天文馆独特的空间形态。

“我们的设计出发点就是以建筑语言来表达天文学概念，让人漫步其中，处处有宇宙。”走在上海天文馆的天庭中，华建集团上海建筑设计研究院总建筑师、天文馆项目中方设计总负责人刘恩芳环顾四周，这样表示。

刘慈欣的“三体”被巧妙地呈现出来。从空中俯瞰建筑，可以看到三个明显的圆形部分，就是“圆洞天窗”“倒转穹顶”“悬浮球幕”，它们是独立的，又是一体的——正是这三个特色设计俨然让建筑本身化身为一台天文仪器。

天文的元素无处不在。主入口的“圆洞天窗”，让穿射而过的日光在下方广场上投射出光斑，每一天从早到晚，光斑会随着阳光移动，静静看一天，就能感受到时间的变幻，正如中国人古时测时的日晷。

进入主体建筑，显示地球自转的经典科学装置傅科摆悬吊在中庭，顶端的倒穹顶同样“收集”着阳光，而整个中庭在视觉上没有任何柱体，空旷如苍穹，被周围的螺旋坡道环绕，有如天体轨道。利用倒穹顶的高差，在顶部重新创造了一个地平线，成为一个可以容纳40人的观星平台，人们可以不受任何周围建筑物的干扰来观察斗转星移。

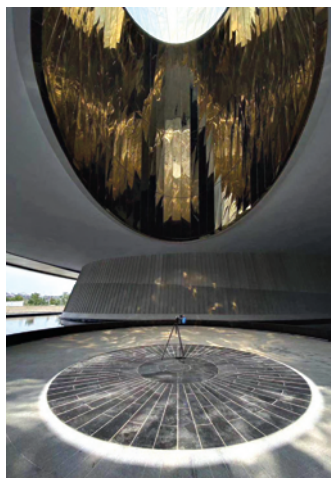
“悬浮”的上海天文馆球幕影院，宛如失重一般。悬浮球体与壳体之间的圆环，“漏入”了日光，在室内的地面上形成了一道“日蚀”。光影迁移，圆月逐渐变新月。

“建筑本身成为了观测装置。”刘恩芳说，观众身处其中，如同置身于天体之中，每时每刻都能感受到天文学的神奇。

天文探索从不囿于一方，而是存在于更广泛的空间。据刘恩芳透露，这也是设计团队的巧思——若是从上空鸟瞰上海天文馆，能看到——天文馆的球体好似地球，在精密的计算下，与滴水湖的大小比例，正与太阳和地球的大小比例相符，而草坪绿化带成为了月亮绕地球的轨道。

“建筑与天文的结合，同样有着很多想象的空间，科学与遐想在此联结。”刘恩芳说，这也是上海天文馆规划设计时的初衷。

俯瞰天文馆。 受访者供图



圆洞天窗。

用非常规的设计和计算撑起非常规结构

非常规的设计，挑战当然很大。1700多天的建设，基本每周必开一次例会，随时解决建造中遇到的问题。

“这个项目在空间上比较复杂，很灵活。建筑元素很多，不像一般的建筑，进来就是梁柱板。曲线、悬浮的空间感，需要整个天文馆几乎所有混凝土和钢结构都采用不规则形状，对于如何选择结构体系、结构材料都是技术难题。”华建集团上海建筑设计研究院结构总工程师、空间结构院院长李亚明告诉记者。

这个复杂的空间结构，结构团队在材料上选择采用了多种材料组合，包括钢筋混凝土、钢结构、铝合金，就比如中庭顶部，用直径约45米的倒覆的铝合金球形网壳结构形成了倒穹顶顶部，轻巧又符合所需的空间未来感。

“入口处的圆洞天窗，悬挑距离超过40米，跨度超过60米，难度在于跨度大，是目前全国最大的悬挑之一，最大处约为36米，悬挑的楼面面积相当于4个标准篮球场，没有一根外露的柱子，是靠弧形桁架在起作用。”李亚明说。

结构还要保证安全和舒适性。悬挑的上面是个二层楼面，观众时常要经过，为了不让结构带给人群明显的振动感，经过精密的计算，结构工程师在这里安装了10个1吨的质量调谐阻尼器，现场调校、同频共振，“吸走”主结构的振动能量，确保展厅使用的舒适性。建筑挑战了技术，技术也成就了建筑。

又如球幕影院的悬浮感，这个直径约30米的球体，如何营造出失去重力的感觉？工程师们在球体侧面，仅靠6个支撑点与下方的混凝土壳体相连，由混凝土厚壳支撑起了钢结构单层网格。

“中庭要求不能有任何柱梁，我们设计了3个巨型混凝土柱，在椎体顶部和中部设置两道环梁，形成了一个稳定的倒锥台，结构稳定安全，但视觉上完全看不出来。”李亚明说。

上海天文馆以曲线形为整体的设计理念，在结构建筑上也只能采取非常规的设计手法、非常规的计算分析，这其中也运用了数字化和信息化的技术来实现。“我们还分别在实验室和现场来进行实验比对验证，一点点试。”李亚明表示，很多点上是对专业上的特殊挑战，都需要用巧劲。建筑因此也成为了上海天文馆最大的一件“展品”。

“我们的建筑设计从2014年、2015年就开始了。”刘恩芳告诉记者。16项授权发明专利、18项实用新型专利、7项软件著作权助力团队最终顺利实现了建筑结构、功能与形态的完美融合。正如上海天文馆内的展示策划也曾修易十几稿，每个布局、每条动线、每个展项概念都经过无数次头脑风暴，形成近5000页的设计方案。创意与科学、精心与精密的结合，才能共同让上海天文馆呈现出最佳的宇宙沉浸感。

对话

不规则的三大天体结构对工程师是极大的挑战

青年报：从结构专业的角度来看，上海天文馆项目的难度体现在哪些方面？

李亚明：从空中俯瞰建筑，天文馆由3大圆形建筑构成，象征了我们熟悉的三体——太阳、地球和月亮。由此产生三个主要区域：(1)大厅及观星平台；(2)球幕影院；(3)圆洞天窗。这类形体极为不规则的建筑，跨度大悬挑大，在设计上如何选择结构体系、结构材料都给结构工程师们带来极大的挑战。

青年报：进入主体建筑，首先映入眼帘的是带有三个倾斜巨柱的中庭和顶部的倒置穹顶，这部分结构有何特别之处？

李亚明：天文馆的结构设计是非常有特点的，包含多种不同材料构成的结构体系，如钢筋混凝土结构、钢结构、铝合金结构等。建筑师为创建新的地平线，顶部设计了一个倒置穹顶作为观测天体的观景台。我们结构设计了3个巨型混凝土柱，倒锥形布置，在椎体顶部和中部设置两道环梁，形成了一个稳定的倒锥台，再在顶部设置一个倒置的铝合金网壳穹顶结构。

青年报：悬浮的球幕影院也是上海天文馆的一大亮点，在实现过程中，结构方面都做了哪些技术支撑？

李亚明：为了体现建筑师构想，将球幕影院表现为悬浮空中的球体，我们将球体设计为钢网壳。在球体水平位置通过6个支撑点支撑混凝土壳体上方，形成球体与周边建筑脱开，在视觉上使人在球体下方有一种失重感。而球体与壳体之间，形成了一道透光圆环，日光可以从圆环处洒向室内，在室内的地面上形成“日蚀”。随着太阳位置的变化，光影也随之改变，从完整的圆环变换到新月形。身处其中，如同置身于天体之中，充满了戏剧性和神秘感。

青年报记者 冷梅