

“数字设计+工业建造”上海建工参建的成都科幻馆惊艳亮相



10月18日，第81届世界科幻大会在成都开幕，这是这一科幻文化主题活动首次走进中国，科幻文学领域的国际最高奖项——“雨果奖”也将在此揭晓。上海建工装饰集团全专业EPC总承包打造、园林集团参建的成都科幻馆，作为世界科幻大会主场馆惊艳亮相。建造过程中，上海建工深度运用BIM技术，大胆进行结构设计优化创新，不断研发应用智能装备，结合AR辅助追求极致工艺效果，以数字设计与工业智造实现可视化施工交底，真正做到“所见即所得”，让“科幻巧思”从设计变为现实。

成都科幻馆总建筑面积5.96万平方米，由上海建工装饰集团以全产业链式（装饰设计-联合上海院、装饰施工、音视频、软装、园林景观、泛光照明）EPC工程总承包模式承建；上海建工园林集团参与实施室外土方工程和软景工程。

建筑外形酷似“星云”，以三星堆金箔意象为灵感，实现现代科幻风格与古蜀文化意象穿越千年的对话。

场馆内部包括时空隧道、中庭、雨果厅、展厅等配套功能空间，具有多层

次、多功能相连的特点。

工业智造 匠心呈现镜像世界·雨果厅

“雨果厅”墙顶采用近6000平方米超大面积双曲异形超高空穿孔银蓝色金属漆GRG，以羽毛搭接的构造灵感，呈现轻盈灵动的韵律层次，地面采用4000平方米超大面积预制环氧磨石地坪，打造镜像世界、视窗舞台。

建设过程中，项目团队对双曲异形GRG设计网格模型进行重构调优，研发自适应的参数化设计技术，建立集成个性化定制、柔性化生产等特定要素的智能建造系统性解决方案，将27块超大板块、其中24片羽毛，近6000平方米异形饰面，调优解构为1160块单元模块。从设计端提升超大面积异形饰面加工和安装效率。

为保证雨果厅多功能剧场顶部吸声效果项目团队在一千多块GRG单元模块上设计45072个大小渐变各不相同的菱形孔，自主研发立体吸声体及其与GRG复合工艺，通过声学性能优化，满足超大大容量多功能剧场声学性能要求。

针对顶部异形饰面与主体结构转换

连接关键问题，研发装配式跌级钢结构转换层，对墙顶一体GRG安装进行施工工艺模拟，通过可视化施工交底，真正做到“所见即所得”，提升超大面积异形饰面从基层到饰面全装配化安装效率。

研发应用并改进智能装备，应用自动化石材铺贴机器人，提升石材铺贴效率。组建产业化工人班组，配备上肢助力外骨骼机器人，提升石材搬运及铺贴工效。真正实现多专业协同交叉施工下超短工期内4000平方米超大面积预制地坪高效铺贴，匠心打造独一无二的多功能双剧场空间。

数字设计 打造镜面无缝不锈钢“飞天梯”

科幻馆主入口中庭是一个灵活流动而又宏伟的空间，顶面宽敞的天窗，与镜面不锈钢及银色金属漆GRG等饰面元素形成图像的连续体，凸显一种零重力和无时间空间的科幻体验。

中庭室内660平方米超大面积、内外双层结构、8K高光洁度的镜面无缝不锈钢装饰艺术表皮，是项目最大的难点也是最大的亮点之一。

飞天梯建造前期最大的突破点，在于表皮系统的结构优化设计创新。项目团队把承担装饰荷载的原非标扶梯方案，优化分解为装饰表皮承重系统和标准扶梯系统两个独立系统，确保项目完工节点的同时，有效降低共振安全隐患。

项目团队基于BIM正向设计指导表皮系统板块数字化拆解、模块化预拼装、现场地面分块组装、工业化整体吊装，结合多轮高精度焊接打磨，最后用3D扫描技术检验最后的尺寸，不合适地方手工打磨，精确到十万分之一平整度，打造8K无缝镜面不锈钢饰面极致工艺效果。

数控加工 毫米级精度建造异形曲面“大眼皮”

飞天梯旁映入眼帘的就是状如“大眼皮”的中庭异形曲面结构。整体造型最大难点在于适配双曲GRG饰面的异形钢结构体系建造。

工业加工中建立参数化程序，自动化批量生成龙骨模型。对每个构件输出带编号的工业格式模型，导入数控激光切割设备，自动生成切割路径及特征标记；按照模型设计的角度进行精准下料和坡口切割；激光雕刻构件编号及定位标记，辅助现场精准定位和有序组装。

施工过程中，将现场已完成的结构进行三维扫描，数据导入BIM模型进行比对；结合智能放样机器人测量定位放样，对有误差的钢架位置进行补偿修正。结合AR辅助可视化验收，实现适配多饰面异形钢结构体系毫米级精度建造。

面向未来 以景观绿化墨画“星云”巧思

针对成都科幻馆的功能定位，以及场馆设计的“神秘感”“未来感”特质，项目园林团队以满足项目设计需求，在空间、质感、体验等多个维度上，最大限度地体现灵活性和适应性，将室外和室内空间融合在一起，通过外部景观与主会场设计的呼应，形成多层次的感知效果，实现城市文脉与科幻文化的对话。成都科学馆建作为大会主要载体，将在会后持续发挥科学展览功能，助力成都建设“中国科学之都”。

(张婷 钟珂 刘苗苗)



成都科幻馆中庭

以创新突破局限 攻克六大世界技术难关

世界级工程长河坝水电站荣获国际奖项

近日，集特高土石坝、深厚覆盖层、高地震设防烈度、狭窄河谷四大建设特点于一体的世界级工程——长河坝大坝工程荣获第五届堆石坝国际里程碑工程奖。

2005年，一群来自天南地北的大唐人（四川大唐国际甘孜水电开发有限公司工作人员），为了“建设世界级工程，造福一方百姓”的共同梦想，汇聚在大渡河流域旁，拉开了大渡河干流水电规划“三库22级”的第10级电站——长河坝水电站的建设帷幕。

5000多个日夜，攻坚克难、开拓进取的大唐人会同设计、监理、施工单位，以匠心铸就精品，突破六大世界技术难关：一是大坝设计建设难度大。作为高地震烈度区、河床深厚覆盖层上的世界第一高坝，国内外无经验借鉴。二是大坝料源开采及运输难度大。大坝填筑总量3417万立方米，施工高峰期月均填筑强度85万立方米，单月最大填筑强度137万立方米，大坝平均及单月填筑强度均居世界同类大坝前列。三是泄洪消能设施施工难度大。电站泄洪功率大、流速高，汛期最大泄量1.04万立方米/秒，最大流速每秒49米，施工难度大、施工质量要求高。四是地下厂房围岩稳定及加固处理难度大。电站地下厂



长河坝大坝航拍 袁豪之摄

房洞室群规模巨大，地质条件复杂，施工期高地应力问题突出。五是施工布置难度大。场内公路达120公里，交通洞室纵横交错，达45公里，施工布置极为复杂。六是安全风险管控难度大。高边坡遍布枢纽区，围岩风化严重，地质灾害频发，500米高的汤坝料场土边坡国内罕见。

以创新突破局限，攻克深厚覆盖层上建造250米级高坝的关键技术，将防渗墙“一主一副”分开布置并组合帷

幕，成功解决了250米级高坝基础覆盖层联合防渗，以及1.4米厚高强度混凝土防渗墙难题。在世界范围内首次实现了深厚覆盖层上建设高土石坝从200米级至250米级的历史跨越，让“中国制造”在世界坝工中开拓出新的里程碑，极大地推动了我国乃至世界深厚覆盖层上高土石坝筑坝技术的发展。

一座坝体+坝基保留覆盖层组合高度达300米级的世界级工程就此诞生，成为当时已建成深厚覆盖层上的世界第

一高土石坝，被国家能源局给予“可以复制、难于超越”的高度评价。

以科技引领未来，先后斩获国家发明专利14项、优秀勘察设计类奖5项、科学技术进步奖13项、工法44项、国家实用新型专利40项、软件著作权10项、QC成果20项，共计146项。其中，多项创新成果被写入修编的国家能源行业技术标准(NB系列)《碾压式土石坝设计规范》，为两河、双江口、如美等300米级在(拟)建高土石坝工程提供了借鉴和参考，为雅鲁藏布江水电开发等国家战略工程和“一带一路”倡议提供了重要技术支撑。

经过6年运行，长河坝水电站先后历经地震、洪水、干旱等自然灾害考验和丰水期、枯水期等运行考验，截至今年8月，累计送出清洁能源588.91亿度，相当于节约标煤约1840万吨，减少二氧化碳排放4969万吨。最终，以大坝应力变形小、渗流监测成果优、工程质量强、经济效益好、社会贡献大、电能质量优、环保效果佳的七大特点，成功斩获第五届堆石坝国际里程碑工程奖，成为国内第14名取得国际大坝里程碑奖的大坝，中国大唐集团第一座取得该项荣誉的堆石坝。

(黄双湖 张志银 廖茂 王应红)

国内第一、世界第三大跨度悬索桥

南京仙新路过江通道跨江大桥成功合龙

日前，南京仙新路过江通道跨江大桥成功合龙，标志着这个世界级工程朝着2024年建成通车的目标又迈出坚实一步。

仙新路过江通道位于南京市东北侧，上游距八卦洲长江大桥约6.2公里，下游距栖霞山长江大桥约4.3公里，全长约13.17公里，通道主线设计时速80公里，为双向六车道，按城市快速路标准建设，由南京市公共工程建设中心负责建设。该通道关键控制性工程——仙新路长江大桥，主跨1760米，主塔高263.8米，建成后将成为国内第一、世界第三大跨度的悬索桥。

如果按照南京跨江大桥建设的时间顺序来命名，仙新路跨江大桥应算“六桥”，在“二桥”（八卦洲长江大桥）和“四桥”（栖霞山长江大桥）之间，“小六”正好处在长江南京段航道的一个拐弯处。从设计到建造，“小六”的诞生过程凝聚着设计者和建设者的创造力和

创新力。

设计新颖，功能强劲

与双塔三跨悬索桥栖霞山长江大桥不同，仙新路长江大桥是“一跨过江”的双塔悬索桥，263.8米的主塔为目前南京所有（包括在建）跨江桥梁中塔柱第一高。南北主塔上部结构设计建造了一个字母“N”的结构体，其外形取自“宁”的拼音首字母，造型新颖优美。

由于化工园区位于仙新路长江大桥附近，该大桥未来将成为南京首个可通行危化品车辆的过江通道。考虑到危化品运输车辆过江需求，大桥功能强劲，仅南锚碇的总重量就达50余万吨，可以装上一整个黄鹤楼，这样的“大秤砣”确保其可以稳稳地拉住桥面，实现车辆平稳行驶。

不仅如此，为保证大桥跨越能力强、桥面稳固，大桥还首次采用抗拉强度2100兆帕的钢丝，这是目前国内最新

研发的、强度等级最高的悬索桥主缆钢丝。大桥的两根主缆，每根都由169股127丝直径5.4毫米的钢丝组成，长度约3110米，主缆总重量达到1.25万吨，拉力约4万吨。

克服困难，实现桥面吊装精准归位

“大桥主梁采用钢箱梁形式，分为6种类型、97个节点，由2台500吨缆载吊机由跨中向主塔方向依次对称吊装，按作业区域划分为浅水区和深水区。”仙新路长江大桥承建单位、中交二航局项目负责人张国浩介绍，浅水区共计36个节点，最大箱梁重量约333吨，相当于200多辆小轿车的重量。深水区共计61个节点，最大箱梁重约270吨。

负责桥面施工的中交二航局项目副经理李向阳说，仙新路长江大桥所处的航道比较特殊，江面偏窄又处于长江南京段的一个拐弯处，如果中跨同时吊装，需要封航的时间较长，将给船舶通

航带来很大影响，也存在安全隐患。经过专家不断论证，最终决定仙新路长江大桥的钢箱梁在江面区域，采用“异步吊装”的方式进行桥面架设。

“异步吊装”给建设者带来很大挑战。每一幅钢箱梁在吊装完成再准备吊装下一幅箱梁时，都有很多穿插工序，需要大量的沟通和协调，不仅要确保航道不受影响，每个环节都要进行全流程的安全控制。

让李向阳记忆犹新的是，6月20日开始吊装第一幅箱梁时，当时预计4小时完成，但实际上从运梁船开始定位到吊装结束，历时5小时30分钟。中间遇到的主要困难是运梁船定位，首幅箱梁吊装水域较深，水流湍急，给首次吊装船定位带来巨大挑战。吊装过程也是对设备和作业人员的首次磨合，稳中求进，最终圆满完成首幅箱梁吊装。

意义重大。将提升江北和龙袍与仙林副城及主城联系。作为联系江南和江



潘俊

日前，记者有幸在上海市静安碳中和研究院进行了一次关于光伏建筑一体化(BIPV)新能源绿色建筑发展趋势为主题的独家专访。接受专访的是《碳中和甲醇水燃料电池智能无人船研发及产业化》团队、项目的科学整合创意及负责人，率队勇夺2021上海融合发展创新专业赛人工智能领域唯一金奖、2022年获得科研立项与百万资助、上海市静安碳中和研究院创始人崔进院长。崔进院长就“会发电的绿色建材”与光伏建筑一体化发展的昨天、今天与明天作了详细的解答。

问：碲化镉光伏发电技术是怎么引入中国的？

崔：2006年美国即将跨过碳达峰转入碳中和时代时，现为吾院首席科学家潘锦功博士、首席研究员周华康博士，当时敏锐发现美国太阳能碲化镉技术是“挂在墙上的油田”，是实现“双碳”的利器，必然是缺少的中国未来碳达峰、碳中和的迫切需要，共同毅然决然把他们在美国十几年拼搏积攒拿出来投资这一技术并引入中国。同时，共同开始了中国碲化镉光伏里程碑式的发展。2009年与中国建材集团合作发展，先后开发出世界最新碲化镉太阳能电池，并于2018年，在成都建成了中国第一条100兆瓦碲化镉发电玻璃生产线，打破了美国在此领域10年的独家垄断。在彭寿院士、潘锦功博士团队艰苦努力下，首创全世界最大单体面积的碲化镉薄膜发电玻璃，面积1.92平方米、重量30公斤，年发电量在260~270度，比美国研发的面积要大3倍，且完全享有自主知识产权。

问：怎么理解BIPV与单纯光伏发电的不同？

崔：光伏建筑一体化(BIPV)是一种将太阳能发电产品集成到建筑上的技术。BIPV与单纯光伏发电有诸多的不同与差异，后面我还会选择讲到，这里我先从政策层面举个上海的例子。2023年9月20日，上海市浦东新区政府发布关于组织开展浦东新区2023年第二批光伏发电专项资金项目申报的通知，在申报范围内的项目，按照装机容量给予补贴，补贴0.40元/瓦；而可出示光伏建筑一体化(BIPV)整体设计与投资的相关证明的应用，即光伏组件作为建筑构件的项目，补贴标准为1元/瓦。可见BIPV光伏建筑一体化，就比单一的光伏发电的补贴就多了0.6元/瓦。因为BIPV是融入绿色建筑的整体设计。碲化镉发电玻璃又是列入“绿色建材”序列进入市场的，上海市明文规定，融入绿色建筑的“绿色建材”每平方米可补贴三百元，是全国“绿色建材”补贴最高的。

问：光伏建筑一体化在上海有哪些代表性的工程项目？

崔：二十多年来，世界各地出现了不少太阳能光伏建筑一体化建筑物。中国也不例外，在借鉴国外发达国家推行太阳能光伏建筑一体化技术经验的基础上，开始发展太阳能光伏建筑一体化建筑物。还是拿上海举例，上海世博会前建成的地标性工程，虹桥交通枢纽庞大的主体建筑上，顶面和部分外立面均安装了太阳能发电装置，总量达6.5个兆瓦，每年为虹桥高铁客运站提供650万度清洁电力，可减少二氧化碳排放5000吨左右。上海虹桥枢纽西南方向，2021年上海有座专注于研发、设计工业机器人智能装备的产业集群建设，乃是当年安装容量最大的薄膜光伏一体化单体公共建筑应用。项目超前引入了绿色建筑评定标准指导设计施工，大胆突破、打破藩篱，把装配式建材、薄膜太阳能发电建材和高保温隔热建材有机融合，实现了上海市范围内应用薄膜太阳能发电材料实现建筑光伏一体化(BIPV)功能的多个突破。和传统的晶硅光伏材料相比，这种通过在普通玻璃衬底上沉积化合物薄膜得到的光伏器件，有着弱光环境下发电性能优越、高温环境发电折损小、无惧局部遮挡导致的“热斑效应”安全隐患、长期衰减率低以及在透光率和色彩上灵活定制等一系列特点，成为BIPV领域首选的新能源发电材料。在这座建筑物的东、西、南三个立面装置的薄膜太阳能发电幕墙，总面积3000多平方米，发电玻璃的装机功率400千瓦。这套幕墙系统给建筑带来的收益是实实在在的，实现年平均发电量23万度，每年可以节约80吨标准煤的使用，实现227吨二氧化碳的减排。

问：光伏建筑一体化的未来发展会怎样？

崔：2023年10月1日《建筑用太阳能光伏夹层玻璃》最新国标正式实施，碲化镉发电玻璃已然成为新能源绿色建筑高级标配逐渐深入人心。本月中旬，上海市几块土地竞拍，尤其静安区中兴路地块，将“竞价与竞品”并驾齐驱，明确“绿色建筑与超低能耗建筑”列为高品质。这些都让我们欣喜的看到BIPV已经站到新能源绿色建筑风口上，一个万亿级蓝海市场正在形成。正是新能源分布式光伏的推广催生出BAPV和BIPV两类建筑光伏形式。

太阳能光伏作为重要的可再生能源技术之一，在过去主要以集中式电站的形式在西北地区落地应用。近年来随着光伏项目向人口密集的东部地区推广，分布式光伏开始扮演愈加重要的角色。而建筑作为分布式光伏在城镇中的主要载体，其与光伏的结合逐渐催生出了BAPV与BIPV两类不同的光伏应用形式并逐渐推广开来。其中BAPV技术已经成熟，目前是国内建筑光伏的主要形式，大量相关项目正在广泛建设中；BIPV技术则展现出晶硅型和薄膜型两类不同的技术路线，并以与绿色建材结合的形式体现出相较BAPV更多的优点，展现了更广阔的应用空间。正是作为“绿色建材”，2021年在国家“十三五”科技创新成就展上，彭寿院士、潘锦功博士团队自主研发的中国首片8.5代TFT-LCD玻璃基板、碲化镉发电玻璃作为“会发电的绿色建材”与中国空间站、“九章”1量子计算原型机、“嫦娥五号”“奋斗者”号全海深载人潜水器等国之重器并列展出，成为本次展览的亮点，共同受到习近平主席等党和国家领导的关注及赞誉。随着绿色建筑政策性规定必须融入一定比例新能源要求后，BIPV作为可再生的清洁能源的光伏建筑一体化的发展，“十四五”时期，国家鼓励发展光伏产业和绿色建筑，光伏建筑一体化将迎来发展新机遇，必然会被更多的业主所认识了解，必然会成为绿色建筑设计与建造施工的常态，必然会有越来越多的建筑设计、建筑施工的创新未来绿色建筑越来越多的形态与绿色建筑案例，在实现中国2030年前碳达峰、2060年前碳中和历史进程必将形成新蓝海市场，焕发出光伏与建筑的科技结晶的创新智慧与辉煌成就。



南京仙新路过江通道跨江大桥 张园浩摄

北地区的重要通道之一，也是实现南京都市圈功能的重要交通基础设施之一，仙新路过江通道对于持续推进南京国家新区江北新区的建设，加快产业和人口集聚，辐射带动淮安等南京市都市圈城市融合发展，打造区域性创新创业高地和金融商务服务集聚区有非常重要的意义。

据悉，作为“十四五”期间南京城市发展重大工程项目以及南京“高速铁路系统”的重要组成部分，项目的建成将是贯彻落实长三角一体化发展、长江经济带发展等国家战略的有力举措，并有利于缓解过江交通压力，提升江北和龙袍与仙林副城以及主城联系的便捷性，届时从栖霞大道到江北大道车程将由原来的1小时缩减至10分钟。

(冯兴 张园浩 王昊)

光伏建筑一体化是新能源绿色建筑的必然

访上海市静安碳中和研究院首席研究员、院长崔进

□本报记者 张玉明