

第十届全国膜结构技术交流暨学术研讨会在郑州顺利召开

2020年12月20-21日由中国钢结构协会空间结构分会主办，河南汉杰伊膜结构工程有限公司与北京工业大学承办，浙江丹氟斯膜材科技有限公司和河南天朗膜结构工程有限公司协办的“第十届全国膜结构技术交流暨学术研讨会”在郑州顺利召开，来自全国各地近300名代表参加了本次会议。

开幕式

大会开幕式由分会秘书长吴金志主持，分会理事长、膜结构专业组主任委员薛素铎教授致开幕辞，河南汉杰伊膜结构工程有限公司副总经理赵平代表承办、协办单位发言，预祝大会取得圆满成功。

大会特邀报告题目及作者

《膜结构的昨天·今天·明天》——分会理事长、北京工业大学薛素铎

《索膜穹顶结构在足球场罩棚中的应用》——全国工程勘察设计大师、中国建筑西南设计研究院有限公司冯远

《膜结构对话建筑师》——美新莱蒙（北京）膜建筑科技有限公司廖扬
《涂层织物膜结构的研究现状与展望》——同济大学张其林

《海的呼唤——膜结构在世俱杯、亚洲杯专业足球场中的建筑表达与结构创新》——哈尔滨工业大学陆诗亮、武岳
《ETFE充气膜结构建筑创意与工程实践》——STUDIO A+优加建筑设计事务所创始人、水立方项目中方建筑师王敏
《PTFE膜材发展与技术创新》——浙江丹氟斯膜材科技有限公司竺林
《卡塔尔卢赛尔体育场大跨度索膜设计》——北京市建筑设计研究院朱忠义（白光波代）

《从佐治亚穹顶拆除到膜结构振兴之路》——分会名誉理事长蓝天

技术交流与新产品推介

特邀报告之外，各参会单位和企业代表也纷纷展开了热烈的技术交流和建筑膜结构产品推介活动。主要参与单位有纽曼帝、中国矿业大学、华诚博远、

丹氟斯、上海久罗、江西丰利、浙江锦达、浙江宏泰、浙江汇锋、浙江海利得、上海氟洛瑞、广东坚朗、海德思、上海西幔、深圳美卡等。

闭幕式

闭幕式由空间结构分会副秘书长孙国军主持。分会理事长薛素铎教授向代表介绍了中国钢结构协会“技术创新奖”及“创新人才奖”评选办法与此次评审过程，并宣读了获奖名单。分会领导向获奖代表颁发了获奖证书。分会领导向承办单位和协办单位赠送了礼品，河南汉杰伊膜结构工程有限公司总经理赵盟代表承办单位和协办单位发言。

最后，分会前理事长、北京工业大学张毅刚教授做了总结发言，充分肯定了近些年在膜结构领域取得研究进展与工程实践成果，同时结合推介会，也提出了后期膜结构发展应关注的一些问题，并预祝膜结构事业蒸蒸日上。

为支撑大跨度网壳结构工程广泛应用发挥重要作用。

(2) 系统开展空间结构抗爆炸与冲击研究，建立了常用空间结构爆炸荷载模型，揭示了爆炸与冲击荷载下的失效模式及其能量传递机理，提出了系列结构抗爆炸与冲击的防护设计方法与防连续倒塌的技术体系。成果应用于大批典型大跨空间结构及重要能源基础设施，推动了我国大跨空间结构抗爆炸与冲击研究。

(3) 系统开展大跨屋面雪荷载研究，提出了现场实测-风雪联合实验-数值模拟三位一体的研究思想，研发了领先的风雪联合实验系统，提出了改进的多相流高效数值模拟方法，提出了常用大跨屋面雪荷载分布模型，成果被国家行业标准《建筑结构荷载规范》《工程结构通用规范》等全面采用，有力保障了我国空间结构健康发展。

(4) 结合重大工程，研发新型空间结构体系，创建了一批具有典型意义的大跨空间结构代表性工程，提出了“巨型索网主动反射面结构”“巨型网格张弦网壳”“半刚性节点单层网壳结”等结构新体系，积极推动我国大跨空间结构的工程创新实践。



2020年第4期

总186期

2020.12

简讯

编辑部通讯地址：[100013] 北京北三环东路30号 中国建筑科学研究院结构所

本期内容

第十八届空间结构学术会议在开封顺利召开

第十届全国膜结构技术交流暨学术研讨会在郑州顺利召开

2020年度“空间结构科技创新奖”颁奖

2023年中国亚洲杯大足球场盘点



让巨轮断裂、大桥损毁，宇宙第一元素竟这么邪门



第十八届空间结构学术会议在开封顺利召开



由中国建筑科学研究院有限公司、中国土木工程学会桥梁及结构工程分会主办，开封市人民政府、河南大学、天津大学中原先进技术研究院承办的第十八届空间结构学术会议于2020年10月31日至11月1日在河南开封如期召开，大会主题为“空间结构：传承与发展”。本次大会是空间结构学术界的又一次盛会，参加本次会议的有来自全国各省、市、自治区的设计单位、科研院所、高等院校、制造和施工企业等百余个单位的代表共310人。会议论文集收录了论文115篇。

10月31日上午举行了简短的大会开幕式，由兰州理工大学副校长陈志华教授主持。浙江大学董石麟院士、哈尔滨工业大学沈世钊院士、中国建筑科学研究院蓝天研究员、中国建筑西南设计院冯远大师、北京工业大学薛素铎教授、浙江大学罗尧治教授、同济大学张其林教授、开封市委组织部副部长焦艳，以及承办单位河南大学土木建筑学院院长李社教、院长岳建伟、科学技术研究院院长胡彬彬在主席台就坐。会议首先由中国建筑科学研究院宋涛研究员宣布大会开幕并致开幕词，随后开封市钱忠宝副市长、河南大学许绍康副校长、中国建筑科学研究院有限公司王俊董事长先后为大会致辞。

开幕式后两天时间，先后由13位空间结构领域的专家就空间结构新体系研究、工程实践、标准编制等带来了精彩的大会报告。在分组交流会议中，共设立了5个平行分会场，有17个主题报告和50余篇会议论文在会上演讲。空间结构业内专家分别就空间结构概念设计、新型空间结构体系、可持续发展、形态创构研究、风工程研究、抗震研究、抗倒塌研究、最新工程实践和施工安装技术等多方面内容作了精彩的报告，

涉及体育场馆、会展中心、航站楼、火车站和大型冷却塔等领域，专家们对空间结构未来发展的思考、探索和展望给与会代表很大的启发，使空间结构焕发出新的生命力。

在11月1日下午的大会闭幕式上，河南大学土木建筑学院院长岳建伟教授代表承办单位致辞。会议颁发了第十七届空间结构学术会议优秀论文奖，会议学术委员会主任委员宋涛研究员为优秀论文奖获得者颁奖，并代表主办单位为承办单位河南大学、天津大学中原先进技术研究院赠感谢牌匾。最后，薛素铎教授做大会总结发言。会议期间还举行了空间结构会议学术委员会全体会议，会上通过了第十七届空间结构学术会议优秀论文奖名单，规划了空间结构领域未来发展的相关问题，讨论并通过了2022年第十九届空间结构学术会议在天津举办的提议。

本次学术会议围绕主题自由充分讨论，充满了浓厚的学术气氛，无论是老一辈的院士、资深专家，还是年轻的空间结构学子们，都欢聚一堂畅谈空间结构领域内的各种创新理论与实践项目，让我们既看到空间结构的发展历程，同时更感受到空间结构未来的希望。会议的召开必将为我国空间结构的发展起到良好的促进作用。

本次会议得到了协办单位浙江东南网架股份有限公司、上海通正铝结构建设科技有限公司/上海建科铝合金结构建筑研究院、河北吴桥盈丰钢结构铸钢件制造有限公司、北京筑信达工程咨询有限公司的大力支持。同时，中国建筑科学研究院有限公司建筑云联盟、北京构力科技有限公司对本次大会进行了全程直播，累计观看人数达五万人次。特向以上单位深致谢意！

2020年度“空间结构科技创新奖”颁奖

“浙江大学董石麟·周定中空间结构科技教育基金”是浙江大学教育基金会“浙江大学土木建筑规划教育基金”下设的专项基金，由我国著名空间结构专家、浙江大学教授、《空间结构》杂志主编董石麟院士及夫人周定中女士捐资贰佰万元人民币设立，旨在激励空间结构科技工作者进行科技创新，加快空间结构领域创新人才培养，促进我国空间结构事业的进一步发展。该基金的奖励范围包括：

(1) 设立“空间结构科技创新奖”，奖励全国范围内在空间结构的科研、教学、设计、施工等方面的科技创新中作出重要贡献的中青年专家；(2) 设立“空间结构科技创新论坛”；(3) 设立专项奖学金，奖励浙江大学空间结构方向品学兼优的研究生。

获奖人员简介：

范峰，1971年生，安徽安庆人，哈尔滨工业大学教授、长江学者特聘教授、国家杰出青年科学基金获得者，哈尔滨工业大学校长助理，结构工程灾变与控制教育部重点实验室主任、寒区低碳建筑技术国家地方联合工程中心主任、国家大科学工程“巨型望远镜FAST”结构系统总工程师。国务院学位委员会学科评议组成员、中国灾害防御协会城乡韧性与防灾减灾专业委员会副主任、中国钢结构协会专家委员会委员、全国超限工程抗震设防审查专家、国际薄壳及空间结构协会 IASS WG8 委员，获国家科技进步二等奖2项（排序1、4）、省部级一等奖2项（排序1）、中国青年科技奖、詹天佑土木工程大奖等奖励。主要创新成果：

(1) 系统开展网壳结构强震失效机理和弹塑性稳定性研究，建立了网壳结构强震失效机理理论框架，提出了网壳结构强震损伤模型和有效的弹塑性稳定性设计方法，被国家行业标准《空间网格结构技术规程》和国际设计指南“Guide to Buckling Load Evaluation of Metal Reticulated Roof Structures”采用，

2023 中国亚洲杯十大足球场盘点

第 18 届亚足联亚洲杯将于 2023 年在中国的北京、上海、天津、成都等 10 个城市举办。根据亚足联要求，所有比赛场地都必须是专业足球场。改建、重建、新建场地，成为亚洲杯筹办工作的一大重点。在 2021 年世俱杯和 2023 年亚洲杯结束后，将给中国留下 15 座国际级、专业级的高质量足球场。

1. 北京工人体育场（改建）



北京工人体育场在 1959 年建成，是新中国成立十周年“十大建筑”之一，坐席容量 65000 座。此次改造由建筑师事务所 MANICA 进行设计，预计工体将增加顶棚并取消跑道，增大观众看台以及观众大厅的容量，以及对贵宾用房设施的升级。

2. 天津滨海泰达足球场（改建）



泰达足球场是 21 世纪之后投入使用的专业足球场，荣获 2005 年度中国建筑工程鲁班奖。主看台共分 4 层，坐席容量 36000 座，70% 的坐席可以被顶棚遮盖，稍加修缮便可作为 2023 年亚洲杯的赛事承办场馆。

3. 上海浦东足球场



设计理念来源于中国传统瓷器，外观好似一块精美的陶瓷器具。屋盖为预应力轮辐状张拉体系，白色屋盖内圈采用半透明阳光板，将使草皮得到充足的日照。球场坐席容量 33000 座，已于 2020 年 9 月完成阶段性交付，预计 2021 年上半年完工。

4. 重庆龙兴足球场



球场以“重庆气质的足球殿堂”为设计理念，规划、景观和建筑设计包含汇聚、旋转、上升的流畅曲线等元素，体现重庆火辣的生活方式、火红的发展势头以及火热的足球激情。预计坐席容量 60000 座。

5. 成都凤凰山体育场



体育场整体造型好似四川的盖碗茶，足球场是茶杯，体育馆是茶盖，下部的大平台是茶托，预计坐席容量 60000 座。其采用的大开口索穹顶结构属国内首创、世界第一，索穹顶结构最大悬挑跨度超过 60 米，目前已顺利完成 ETFE 膜结构封顶。

6. 西安沣东国际足球中心



设计融入了“周秦汉”高台建筑的元素符号，通过大跨度的屋檐和通高的立柱，将西安历史文化底蕴的内容巧妙的融入设计之中，通过现代时尚的流线型的建筑语言重新诠释了中华的悠久文化。结构方案中创新提出了环壳钢结构金属屋面和双层双向索网的屋面结构。预计坐席容量 59000 座。

7. 大连梭鱼湾专业足球场



设计理念为“炫彩叠浪”。建筑立面定妆色“海洋蓝”，顶棚呈白色。从造型上看，看台上方的屋顶是一个放射状的环形杆壳结构，屋顶的表面接近圆锥体。建筑外部结构螺旋上升，辅以 2.2 公里长的螺旋坡道。预计坐席容量 63000 座。

8. 青岛青春足球场



青岛青春足球场以“跃动海浪 荣耀青岛”为设计理念，造型设计灵感由海而来，取意跃动海浪，标准形态的足球场芯外围环以跃动的层层海浪，仿如海风轻抚，上下穿梭，飘逸、动感。预计坐席容量 50000 座。

9. 厦门白鹭体育场



设计理念中以“凤凰·厝 白鹭·梅”为主题，整体形状就像一只展翅高飞的白鹭，突出了闽南古厝和厦门市花三角梅的设计元素。内部采用可移动式看台，同时满足专业足球比赛和其它赛事的需求。预计坐席容量 62000 座。

10. 苏州昆山足球场



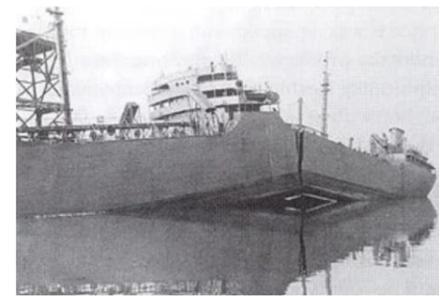
苏州昆山足球场外观设计源于中国传统折扇。立体结构犹如扇骨，整体如一副扇面，呈轮辐状徐徐展开。周边景观延续轮辐状辐射风格，从主体建筑出发，以林荫大道的形式向四方辐射，意指“朝阳”预计坐席容量 45000 座。

让巨轮断裂、大桥损毁，宇宙第一元素竟这么邪门

氢原子是元素周期表里最轻的元素，也是宇宙中最早诞生、最多的元素，数量占比达到 91.2%。

氢的性质活泼，燃烧后形成水，因此氢能源也是备受期待的清洁能源。不过，氢并没有我们想象的那么“干净”，它曾经让美军造价为 3600 万美金油轮以一个月 140 艘的速度沉没，让加州海湾大桥差点报废，并且阻止氢能源汽车成为主流。为了驯服这个顽皮的元素，甚至还出现了一个专门学科分支。今天，我们就来了解一下这个奇异元素的你不知道的另一面。

二战时，为了运输士兵和物资，美军建造了数千艘油轮——自由轮。不过，自由轮很快成了灾难片现场。在 2710 艘自由轮中，近 1500 艘出现了严重的裂缝。在严寒而又波涛汹涌的海面上，一些自由轮甚至断成了两节。



自由轮以一个月 140 艘的速度沉没。每艘自由轮在当时的造价是约 200 万美金，相当于现在的 3600 万美金。这种沉船速度为美军带来了巨大的损失。问题究竟出在哪儿了呢？战争时期没有人知道答案，只能通过在裂缝处用钢板打补丁的办法，防止轮船进一步开裂。

二战后，美国海军研究实验室的物理学家 George Irwin 利用自由轮的数据进行研究，终于找到了让轮船开裂沉没的凶手——氢。

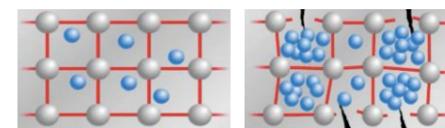
原来在 20 世纪初，焊接技术被发明了出来，比如手工电弧焊（SMAW）和焊条焊接。电焊时，电弧或乙炔燃烧的热量会熔化金属，让两块金属焊接在一起。在电焊技术出现前，拼接轮船的金属板用的是铆接技术。铆接技术有不少缺点，比如需要受过专门训练的技工，这让铆接工的成本占到轮船组装人力成本的三分之一。此外，铆接时需要把几块金属板交叠，这不但会增加船体的重量，还会增加成

本。由于缺乏熟练的铆接工，美国联邦海事委员要求美国的造船厂用焊接替代铆接。这样一来，轮船的交货速度迅速提高了。在 1930-1937 年间，美国的造船厂才制造了 71 艘船。但是用上电焊技术后，在 1939-1945 年间美国造船厂造了 5777 艘船。



但是，当时的人们并不知道，焊接时会产生单原子氢，而单原子氢会钻入金属中形成氢气。氢气在金属晶粒附近聚集起来，破坏金属的结构，让金属胀气变脆，这个现象被命名为氢脆。有时氢气在金属内能累积成 18.7 兆帕，也就是地表气压 187 倍的高压。此外在高温下，被钢铁吸收的氢原子还可能和钢材中的碳原子形成甲烷气体（CH₄），使钢材脱碳变脆，这被称为氢腐蚀。

在使用的过程中，发生氢脆和氢腐蚀的焊接部位很容易开裂。油轮运输的重物和海浪的拍打会加速裂痕的扩张。更可怕的是，已经发生氢脆的金属表面看起来和普通金属没有什么不同，不会引起制造和使用者的警觉，这就增加了氢脆的危险性。



在自由轮大量出事时，大家还不知道氢有这么强的破坏力。此后，科学家们开创了断裂力学和材料强度的学科分支，建筑业和制造业也开始重视这种邪门的元素。需要指出的是，直到现在，研究人员还没有完全搞清楚氢脆的原理，也无法预测材料在何时何处会出现氢脆，因此最好的方法还是预防。

前文提到，电焊尤其容易释放氢原子，这是因为电弧和焊条表面的纤维素涂层或空气中的水蒸汽接触，会产生单原子

氢。现在出现了一种叫做低氢焊条的材料，它可以减少单氢原子的产生，适用于焊接高强度的钢材。

有时，氢是在制造过程中扩散到金属里的。电镀和清洗的过程也可能产生单原子氢，这些单原子氢就有可能污染金属。比如，为了防腐蚀，一些螺栓常会做一层镀镉。在镀镉的时候就有可能产生单原子氢。为此，美国空军设立了低氢脆性镀镉的标准，要求承包商遵照执行。

在氢的真面目被揭发后，现在氢脆引发的大灾难比较少见，但也并未彻底消失。

2013 年，美国的旧金山-奥克兰海湾大桥为即将到来的通车进行测试。这座大桥是加州历史上最昂贵的公共建筑，也是被吉尼斯世界纪录收录的最宽的桥。然而，在通车前的测试中工程师发现了问题：负责把桥面架设在水泥柱上的保险螺



栓在测试运行 2 周后就出现了裂痕，测试期间，96 个保险螺栓里 30 个坏掉了，这让旧金山-奥克兰海湾大桥险些变成美式断桥。后来发现，这就是氢脆引起的。更换螺栓花费了加利福尼亚州运输部 2500 万美金，是预估的 5 倍，引发舆论哗然。

氢的讨厌性质也成了氢能源广泛使用的最大阻碍之一。氢气（H₂）虽然不能被金属直接吸收，但在某些条件下（如高压），金属表面的氢气分子会拆解成两个单原子氢，然后被金属吸收，引发氢脆。换言之，用金属材料长期储存高压氢气就相当于养了个不定时炸弹。1988 年，法国里昂附近圣丰的一个 3 千升的金属氢气罐发生爆炸，方圆 500 米内的财物都受到波及。这个氢气罐最早在 1939 年投入使用，后来的检测表明爆炸就是氢脆引起的。

虽然氢气的燃烧产物只有水，但氢带来的这些麻烦使能够安全压缩氢气燃料的商业技术难产，这就导致氢气运输管网成本居高不下，氢能源汽车也没有成为主流。

（转自 中科院物理所公众号）