

热裂纹、再热裂纹、冷裂纹和层状撕裂，这些你都了解吗？

焊接裂纹就其本质来看，可分为热裂纹、再热裂纹、冷裂纹、层状撕裂等。下面就各种裂纹的成因、特点和防治办法进行具体的阐述。



一. 热裂纹

热裂纹顾名思义，是在焊接时高温下产生的，它的特征是沿原奥氏体晶界开裂。根据所焊金属材料种类的不同（低合金高强度钢、不锈钢、铸铁、铝合金和某些特种金属等），产生热裂纹的形态、温度区间和主要原因也各不相同。目前，热裂纹可分为结晶裂纹、液化裂纹和多边裂纹等三大类。

(1) 结晶裂纹

主要产生在含杂质较多的碳钢、低合金钢焊缝中（含 S, P, C, Si 偏高）和单相奥氏体钢、镍基合金以及某些铝合金焊缝中。这种裂纹是在焊缝结晶过程中，在固相线附近，由于凝固金属的收缩，残余液体金属不足，不能及时填充，在应力作用下产生沿晶开裂。

防治措施为：在冶金因素方面，适当调整焊缝金属成分，缩短脆性温度区的范围控制焊缝中硫、磷、碳等有害杂质的含量；细化焊缝金属一次晶粒，即适当加入 Mo、V、Ti、Nb 等元素；在工艺方面，可以通过焊前预热、控制线能量、减小接头拘束度等方面来防治。

(2) 近缝区液化裂纹

是一种沿奥氏体晶界开裂的微裂纹，它的尺寸很小，发生于 HAZ 近缝区或层间。它一般形成于焊接时近缝区金属或焊缝层间金属，在高温下，这些区域的奥氏体晶界上的低熔共晶组成物被重新熔化，在拉应力的作用下沿奥氏体晶间开裂而形成液化裂纹。这一种裂纹的防治措施与结晶裂纹基本上是一致的。

(3) 多边化裂纹

是在形成多边化的过程中，由于高温时材料的塑性低造成的。这种裂纹并不常见，其防治措施是向焊缝中加入提高多边化活化能的元素如 Mo、W、Ti 等。

二. 再热裂纹

通常产生于某些含有沉淀强化元素的钢种和高温合金（包括低合金高强度钢、珠光体耐热钢、沉淀强化高温合金，以及某些奥氏体不锈钢），在焊后并未发现裂纹，而是在热处理过程中产生了裂纹。再热裂纹产生在焊接热影响区的过热粗晶部位，其走向是沿熔合线的奥氏体粗晶晶界扩展。

防治再热裂纹从选材方面来看，可以选用细晶粒钢。在工艺方面，选用较小的线能量，选用较高的预热温度并配合以后热措施，选用低匹配的焊接材料，避免应力集中。

三. 冷裂纹

主要发生在高、中碳钢、低、中合金钢的焊接热影响区，但有些金属，如某些超高强度钢、钛及钛合金等，有时在焊缝中也产生冷裂纹。一般情况下，钢种的淬硬倾向、焊接接头含氢量及分布，以及接头所承受的拘束应力状态是高强度钢焊接时产生冷裂纹的三大主要因素。焊后形成的马氏体组织在氢元素的作用下，配合以拉应力，便形成了冷裂纹。它的形成一般是穿晶或沿晶的。冷裂纹一般分为焊趾裂纹、焊道下裂纹、根部裂纹。

防治冷裂纹可以从工件的化学成分、焊接材料的选择和工艺措施三方面入手。应尽量选用碳当量较低的材料；焊材应选用低氢焊条，焊缝应用低强度匹配，对于高冷裂倾向的材料也可选用奥氏体焊材；防治冷裂的工艺措施则有合理控制线能量、预热和后热处理等。

在焊接生产中由于采用的钢种、焊接材料不同，结构的类型、钢度，以及施工的具体条件不同，可能出现各种形态的冷裂纹。然而在生产上经常遇到的主要是延迟裂纹。

延迟裂纹的三种形式为：焊趾裂纹、焊道下裂纹和根部裂纹。

四. 层状撕裂

是一种内部的低温开裂。仅限于厚板的母材金属或焊缝热影响区，多发生

于“L”、“T”、“+”型接头中。层状撕裂是一种因为轧制的厚钢板沿厚度方向塑性不足以承受该方向上的焊接收缩应变而产生于母材的一种阶梯状冷裂纹。一般是由于厚钢板在轧制过程中，钢内的一些非金属夹杂物被轧成平行于轧制方向的带状夹杂物，这些夹杂物引起了钢板在力学性能上的各向异性。防治层状撕裂在选材上看可以选用精练钢，即选用 z 向性能高的钢板，也可以改善接头设计形式，避免单侧焊缝、或在承受 z 向应力的一侧开出坡口。

层状撕裂与冷裂不同，它的产生与钢种强度级别无关，主要与钢中的夹杂量和分布形态有关。一般轧制的厚钢板，如低碳钢、低合金高强度钢，甚至铝合金的板材中也会出现层状撕裂。根据层状撕裂产生的位置大体可以分为三类：

第一类是在焊接热影响区焊趾或焊根冷裂纹诱发而形成的层状撕裂。

第二类是焊接热影响区沿夹杂开裂，是工程上最常见的层状撕裂。

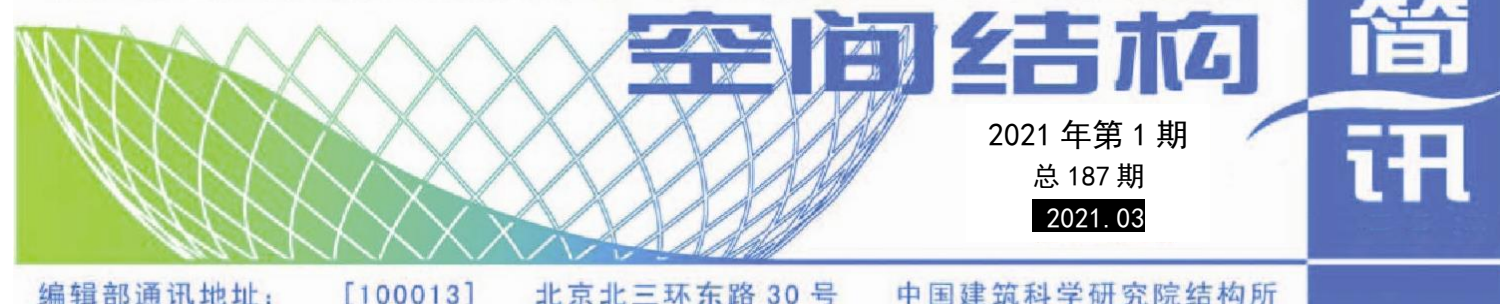
第三类远离热影响区母材中沿夹杂开裂，一般多出现在有较多 MnS 的片状夹杂的厚板结构中。

层状撕裂的形态与夹杂的种类、形状、分布，以及所处的位置有密切关系。当沿轧制方向上以片状的 MnS 夹杂为主时，层状撕裂具有清晰的阶梯状，当以硅酸盐夹杂为主时呈直线状，如以 Al 夹杂为主时呈不规则的阶梯状。

厚板结构焊接时，特别是 T 型和角接接头，在刚性拘束的条件下，焊缝收缩会在母材厚度方向产生很大的拉伸应力和应变，当应变超过母材金属的塑性变形能力时，夹杂物与金属基体之间就会发生分离而产生微裂，在应力的继续作用下裂纹尖端沿着夹杂所在平面进行扩展，就形成了所谓“平台”。

防止层状撕裂应主要从以下方面采取措施：（1）精练钢；（2）控制硫化物夹杂的形态；（3）从防止层状撕裂的角度出发，在设计和施工工艺上避免 Z 向应力和应力集中。

摘自《制造云学堂》公众号



2021 年第 1 期

总 187 期

2021.03

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

第十七届全国空间结构技术交流暨学术研讨会将在桂林召开

IASS 2020/21 国际薄壳与空间结构协会年会暨第七届国际空间结构会议

EXP02020 迪拜世博会主题展馆介绍



热裂纹、再热裂纹、冷裂纹和层状撕裂，这些你都了解吗？



学术 活动

第十七届全国空间结构技术交流暨学术研讨会将在桂林召开

2021 年 5 月 14-17 日在广西桂林召开第十七届全国空间结构技术交流暨学术研讨会。本次大会对空间结构领域的科研、设计、施工以及管理等方面的发展及最新成果进行广泛深入的交流。期间将召开常务理事会、三个专业组以及专家组正副主任工作会议等。望全体会员单位和从事空间结构行业的相关单位届时派代表参会。

会议时间及日程

会议时间：2021 年 5 月 14-17 日

会议日程：

- 14 日全天报到及工作会议；
- 15 日上午：大会开幕式及大会特邀报告；
- 15 日下午：大会特邀报告；
- 16 日上午：分会场技术交流；
- 16 日下午：大会特邀报告及闭幕式；
- 17 日：工程及生产企业参观（漓江歌剧院、柳州欧维姆公司）

技术交流内容

交流内容：包括空间结构所涉及的网格结构、索结构和膜结构等的科研、设计、施工以及管理等方面的工业化与信息化的发展及最新实践。包括但不限于下列内容：

- 1) 空间结构新体系、新节点的研发、分析、试验、设计、加工及工程应用；
- 2) 空间结构设计、施工中的新技术，BIM 技术的应用与实践；

IASS 2020/21 国际薄壳与空间结构协会年会暨第七届国际空间结构会议

国际薄壳与空间结构协会（International Association for Shell and Spatial Structures）简称 IASS，创立于 1959 年，是土木及建筑领域最具影响力的国际组织之一。IASS 年会已在西班牙、中国、德国、日本、荷兰、波兰、韩国、美国和巴西等国家成功举办了 50 余届。国际空间结构会议是由英国萨里大学空间结构研究中心组织的国际会议，创立于 1966 年，每 9 年举办一次，第七届国际空间结构会议将与 IASS 2020/21 共同举办。此次会议经过延期，将于 2021 年 8 月 23 至 27 日举行。

目前该会议已开启会议注册，主要适用于希望线上参会的代表，注册费用为线下参会的 50%。本届会议主办方特别设立了旁听学生类代表。对于没有在会议上发表论文的学生，仍可线上参加开幕式、技术会议、全体会议和闭幕式等。为了鼓励下一代空间结构青年学者，对旁听学生类代表，仅收取低额的注册费用。更多详情请关注会议官方网站：<https://www.surrey.ac.uk/iass2021/registration>，欢迎广大空间结构专家学者同行注册参会。

3) 空间结构防灾减灾技术及工程实践。
会议交流方式：会议将采取专家大会特邀报告和分组交流的方式进行。

论文征集及发言稿征集

本次大会将编辑印刷论文集。

论文摘要收集工作已于 2021 年 2 月 28 日截止，秘书处组织专家评阅后将通知按要求格式提交全文。如有疑问请发邮件至分会秘书处（cassmeeting@163.com），注明作者的电话及邮件等详细联系方式。

会议地址

会议地点：桂林大公馆
具体地址：广西壮族自治区桂林市秀峰区中隐路 2 号

空间结构分会秘书处联系方式：

地址：北京市朝阳区平乐园 100 号北京工业大学西校区基础楼 808

电话：010-67391496

联系人：孙国军（18810182552）

张秀华（13552811737）

胡洁（13051180870）

网址：www.cnass.cn

承办单位联系方式：

桂林理工大学：李明霞（18977309367）

沈全喜（18577383360）

EXPO 2020 迪拜世博会主题展馆介绍

2020 世博会的主办城市是迪拜，主题是“沟通思想，创造未来(Connecting Minds, Creating the Future)”，三个副主题分别是“机遇”“流动”和“可持续性”(Opportunity, Mobility and Sustainability)，旨在凝聚国际社会力量、促进全球合作创造美好未来。

本届世博会将于 2021 年 10 月 1 日至 2022 年 3 月 31 日举办。



迪拜世博会将在一个 438 公顷(1083 英亩)的区域举办，该区域位于迪拜市和阿布扎比之间，靠近迪拜与阿布扎比的南部边界。总体布局由美国公司设计，组织围绕一个中心广场，由三个大型主题区包围。每个主题都致力于 2020 年世博会的子主题之一：机遇，流动和可持续性。

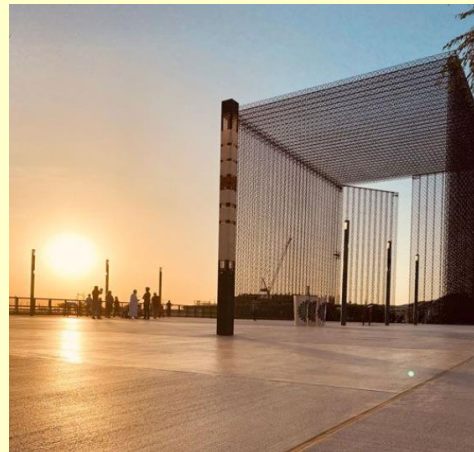


本期介绍以下几个引人注目的建筑。

世博之门

2020 年世博会入口分别位于三大主题展区的进场处，每个入口均由两扇 21 米高的大门组成，每天早晨，大门将打开，象征着 2020 年世博会欢迎全世界人们的到来。

该世博之门由英国建筑师阿西夫·汗(Asif Khan)设计，他形容这是他迄今为止“最好的作品”，灵感来自阿拉伯 Mashrabiya 建筑。他为广阔的活动场地带来三个主题鲜明、令人惊叹、革新认知的入口通道，创造性地运用光影艺术，在一天内的不同时段给游客提供不同的体验。



从工程设计的角度来看，这些入口的外观令人瞩目。高级碳纤维和树脂经由独特工艺纺成细线，如首尾相连，可绕地球 5000 圈。

这些门引导参观者进入机会、流动性和可持续发展三个主题展区。阿西夫·汗说：“当你走近世博园时，你首先

看到的就是入口，因此它们是你 2020 世博会旅程的起点和终点的标志性建筑”，“从门通过代表着一种从过去走向未来的物理和象征行为”。

中心广场阿尔·瓦索穹顶



阿尔瓦索(Al Wasl)，在阿拉伯语中意为“连接”，是迪拜的历史名称，体现着本届世博会“沟通思想，创造未来”的主题，旨在成为东西方之间的纽带。阿尔·瓦索穹顶以阿联酋国家馆为中心，通过由三个主题馆引领的三个区域，将所有展馆连接成一个整体。

该穹顶由轻巧、透明的材料制成，高 67.5 米，直径 130 米，重达 500 多吨。预计可容纳 10000 名访客。穹顶内部将充满喷泉，瀑布，而公园和棕榈树成荫的庭院，顶部将部分向天空敞开。

迪拜世博会期间，阿尔瓦索穹顶将成为世界上最大的 360 度环绕投影面，为数百万游客提供无与伦比的体验。该穹顶将在夜间变成 360 度屏幕，向国内外成千上万的游客投射图像。

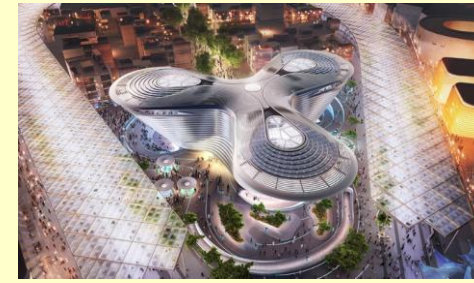


阿尔瓦索穹顶由 Adrian Smith + Gordon Gill 建筑事务所设计，高圆顶格子的灵感来自 2020 年迪拜世博会徽标的形状，该徽标是在沙漠中的萨鲁克·哈德(Sarouk Al Hadeed)考古现场发掘时发现的具有 4000 年历史的金戒指。



EXPO 2020 迪拜世博会主题展馆介绍

主题展馆：流动馆



流动馆由英国 Fosterand Partners 建筑事务所设计，螺旋和弯曲外观的移动馆类似于一个巨大的坐立旋转。一系列的不锈钢鳍片环绕着建筑，屋顶安装了光伏和太阳能热水板。

它还拥有世界上最大的载客电梯，一次可运送 160 多人。人们可以在一条长达 340 米的轨道上观看移动设备的运行，这条轨道环绕展馆，部分被地下和室外遮蔽。人们将进入一个以移动平台为特色的中心区域，该平台将他们带到第三层。从这里，观众将通过一系列相互连接的画廊向下移动到较低的楼层。



当游客进入三个区域时，无人机或机器人就可以为他们提供服务。

他们将在示范区看到自动驾驶汽车、悬浮滑板和喷气背包，甚至可以看运行中的超级高铁胶囊。

在一个凸起的舞台和一个圆形剧场上将会有大型演讲，500 人可以在那里休息，然后继续前进。

宣传中称，这个展馆将是热衷于建造属于自己机器人的技术爱好者的理想选择。被命名为“智慧之家”的地方将给大家提供向科学家学习的机会，科学家的创新为我们今天使用的智能设备铺平了道路。学习内容包括人工智能和太空探索。



穹顶所用的轻质材料可减少热量和辐射进入，除了由凉亭的太阳能电池板顶篷产生可再生能源之外，建筑收集的水也将用于灌溉。在博览会之后，展馆内部区域将用作天然花园。

主题展馆：机遇馆



机遇馆是迪拜世博会的三个主题馆之一，其昵称是金色的吉祥物奥普提(Opti)。奥普提是机遇馆的守护者，象征机会和希望，体内蕴含着穿越时空之门的力量。

机遇展馆由 Agi Architects 建筑事务所设计，馆内有两个广场，一个是传统的阶梯式圆形大剧场，一个是可塑性的大空间，以广场在城市中的丰富历史及其普遍意义为基础打造，再现人们跨越年龄、语言和文化沟通交流及颂扬人类共同经验之地。从迪拜世博会“最佳实践案例项目”中精选出的 45 个可复制、可推广的精彩案例将在机遇馆展出。

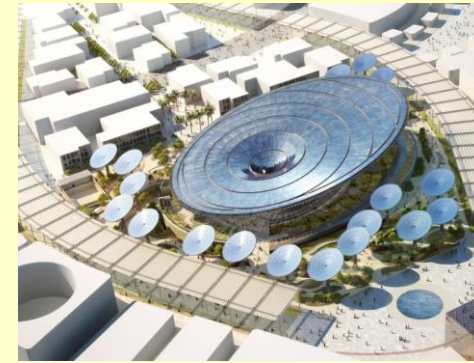
机遇馆建筑面积 8784 平米，建筑高三层，外加降温层及通透敞亮的屋顶。这座由 Agi 设计的寓意“创意无边，展翅翱翔”的建筑，将充分激发参观者的想象力和创造力，并使他们意识到自己能够通过自身的行动，在人类发展中发挥重要的作用。



参观者可在三位智者马里亚姆、亚伯和法特玛的带领下展开自我发现之旅。沉浸式互动游戏和深入观察，将引发人们对于水、食物和能源等人类基本生存需求问题的思考。

同时本馆主题将人类生存中的课题与联合国可持续发展目标结合起来，让人们在寻找自己在创新发展中位置的同时，致力于投身其中，成为全球行动中的一部分。

主题展馆：可持续发展馆



可持续发展馆由英国 Grimshaw Architects 建筑事务所设计，探讨设计创新如何在充满挑战的沙漠环境中实现。

灵感来自光合作用这一自然过程，展馆从太阳吸收能量，从潮湿的空气中捕捉水分。

巨大的天篷不仅仅是吸引人的东西，也是一座 100% 可持续的建筑，位于沙漠中部，既发电又供水。



一个巨大的遮阳伞把水从空气中拉出来，上面覆盖着太阳能电池，为建筑物提供动力。

这座展馆 130 米宽的檐篷上有 1055 块太阳能电池板，每年产生 4 千兆瓦时的替代能源，足以为 90 多万部手机充电。

“我们认为这是一个绝佳的机会，可以证明即使在炎热和干旱的环境中也可以实现什么，”格林肖的副主席 Andrew Whalley 说。

随着地球变暖，世博会旨在激励你成为保护地球行动的一部分。

(整理自：2020 迪拜世博会中华文化馆官方网站，迪拜中华网，主题公园设计公众号，新浪网等)