

对话

# 诊察建筑“病情” 也讲究“望闻问切”

——访同济大学土木工程学院钢结构理论与  
施工技术研究室主任罗永峰教授

我国是一个自然灾害较多的国家，地震、风灾等均可能对建筑物造成严重损坏。目前，我国很多建筑已到了维修改造的时期。值得注意的是，在对既有建筑进行技术改造的施工过程中，往往要涉及增加房屋高度、增加荷载、增加跨度等施工工序，而这些改造施工均可能对既有建筑物的安全造成隐患，因此，对建筑物的“望闻问切”至关重要。为了解更多与建筑安全有关的问题，中国建设报记者与长期从事钢结构及空间结构研究、教学以及工程设计、施工与监测技术、检测鉴定等工作的同济大学土木工程学院钢结构理论与施工技术研究室主任罗永峰教授进行了对话。

**中国建设报记者：**罗教授，为什么要对大型复杂钢结构的施工过程进行监测？

**罗永峰：**对大型复杂钢结构的施工过程进行监测是非常重要的，非常有必要的。

在实际施工中，了解并掌握钢结构在施工过程中的内力和变形状态，是保障钢结构施工过程安全、控制与保证施工质量的前提和首要技术措施。

在大型复杂钢结构施工过程中，结构的内力和变形通常难以通过施工经验判断。此外，由于施工模拟计算模型常采用一些假定和简化的方法，使得计算模型和实际结构之间存在差异，这就可能导致施工模拟计算结果产生偏差，甚至有时不能准确反映施工过程中的结构受力状态，仅仅采用施工模拟计算结果指导和控制施工，无论从安全上还是质量上都是不可靠的，因此，只有通过对结构施工过程的实时监测，才能准确得到不同施工阶段整个施工结构系统（包括已安装的结构部分和临时支撑结构）的内力和变形，才能为保障施工过程安全、控制与保证施工质量提供依据和数据。

**中国建设报记者：**在监测过程中需要得到哪些数据？

**罗永峰：**监测过程中得到的数据主要包括：一是反映施工过程中结构及临时支撑体系的应力、变形、支反力（包括牵引力、顶推力、提升力）及其变化特点的数据，二是反映结构或安装单元的位移与运动状态及其变化特点的数据，三是反映结构施工质量（包括构件安装位置、变形、缺陷等）的数据。

得到这些数据的目的是：为施工过程中结构状态（包括结构安全、施工质量状态）的评估、预警与控制提供依据和数据；为设计单位提供结构施工终态（竣工）的内力状态；为后续结构使用期间健康监测数据库提供基础数据。

**中国建设报记者：**目前，对钢结构工程进行监测都有哪些方法和技术？

**罗永峰：**对工程监测均采用传感器，如振弦式应变计、倾角计、风速风向仪等。将这些传感器安装到预定测点，通过数据采集器采集数据，再传回电脑进行分析处理，得到有效监测数据后，提供给技术人员进行施工管理控制。

目前，对钢结构施工过程的监测主要是监测整个结构施工体系的应力、变形或位移，如果在安装过程中结构或安装块有移动，如滑移、提升、顶升，还需要监测结构移动时的同步性和作用力，如顶推力、提升力及其变化。此外，通常还要监测施工现场的风向、风速。

**中国建设报记者：**请您介绍一下对既有钢结构建筑进行检测、鉴定的重要性？

**罗永峰：**既有钢结构建筑是已投入使用或使用多年的建筑，钢结构建筑在使用过程中可能会出现荷载变化以及因异常天气作用、地震、火灾等事故造成的损伤或

变形，包括表面涂层损坏或失效、钢材锈蚀、构件变形或裂缝、部分连接损坏或失效等问题。即使钢结构建筑在使用过程中未发生自然灾害或事故，长期使用后钢结构建筑的构件表面涂层也会出现老化、变质甚至脱落，这些损伤或变形将直接影响结构的正常使用、使用的安全性。

我们通过分析已发生的既有钢结构建筑或在役钢结构工程事故的原因获悉，多数事故的发生是由于结构的变形或损伤，使建筑结构的受力性态在使用过程中随着时间的增长而劣化导致。更有甚者，一些使用者从来不对结构进行定期或适时的检测、鉴定，根本不了解结构的安全性会随着时间的变化而劣化，错过了对结构进行维护或加固的时机，从而导致工程事故的发生。

我认为，对既有钢结构建筑或在役钢结构工程进行定期的检测、鉴定和维护，是保障钢结构建筑安全使用的前提和必要条件，也是保障社会稳定与经济活动正常运行的技术措施之一。

需要强调的是，钢结构建筑的安全使用不仅依赖于设计时足够的安全系数，制作、安装时的质量保证，同时也依赖于使用过程中的检测、鉴定和维护，这三个环节的规范化保障，是对钢结构建筑在生命周期内的正常、安全使用的必要条件。

**中国建设报记者：**“轻、快、好、省”是您的导师、已故中国工程院院士沈祖炎教授对钢结构建筑特点最精炼的总结。您在理论与实践密切结合方面也有不少体会吧？

**罗永峰：**是的。长期以来，我们研究团队，包括沈院士负责的团队、同济大学教授李国强负责的团队、我负责的团队参加过一些重大钢结构工程项目的设计预研究、施工过程模拟计算、施工过程监测等，如500米口径球面射电望远镜（FAST）工程的反射面结构系统、上海世界博览会场馆、国家大剧院大屋顶壳结构、上海南站大屋顶结构、浦东机场航站楼等工程，在研究和实施过程中，我们遇到了很多课堂上或书本上学不到的理论和技术问题，通过分析和解决这些实际问题，为我们在教学、科研方面提供了丰富的资料。

通过工程实践，我在自己开设的“土木工程施工力学”研究生课程的授课时，无论是从理论方面还是实际应用方面，都能通过丰富且珍贵的数据资料，使课堂教学更生动、更具体、更易懂。此外，我在“网格结构非线性稳定性分析”研究生课程、“空间结构”本科生课程授课时，均是通过我参与的实际工程，不仅形象、准确地解释书而理论的意义，还能说明如何应用并直观地将实际工程的照片、数据和技术资料展示出来，通俗易懂。

**中国建设报记者：**2010年12月15日，内蒙古鄂尔多斯市伊金霍洛旗赛马场西侧看台钢结构单棚发生局部塌落并造成

3000多万元的损失。尽管此事故已经过去快10年了，业内人士还会经常提起。请问，钢结构建筑在什么情况下会失稳？

**罗永峰：**一般来说，导致钢结构工程失稳有两种原因：一种是构件失稳，包括构件的整体失稳和板件局部失稳；另一种是结构整体失稳，包括结构的整体失去稳定和结构的某个或多个局部失去稳定。简单地说，当结构或构件承受的压力超过其临界荷载时，建筑就会失稳。

**中国建设报记者：**有什么方法可以规避建筑失稳？

**罗永峰：**目前，钢结构构件的稳定性计算理论方法已经很成熟，通常设计时按照现行国家标准设计就能够保证构件稳定。但是，结构整体稳定理论计算难度较大，如果计算模型不准确、荷载考虑不完全、计算方法不合适，设计计算结果就可能产生偏差，在后期使用时就可能造成结构失稳，这类事故是有先例的，如发生在1963年1月的罗马尼亚首都布加勒斯特穹

顶的整体失稳事故。

当前，我国钢结构工程在施工过程中出现的事故，很多原因是由于施工时结构或构件失稳导致的，这主要是由于在施工过程的模拟计算时，没有特别注意计算施工状态的已安装结构部分和临时支撑结构在荷载状态下的稳定性所致。在钢结构施工时，需要特别注意构件内力性质的变化，如原设计的拉杆在施工时变为压杆、原设计单一内力的构件在施工时额外增加其他内力分量以及施工时构件的内力状态与设计时差异很大等，这些变化都可能导致施工时构件或结构失稳。通常情况下，施工状态的结构体系、荷载工况与结构设计时不同，因此，不能按照设计时的结构稳定性来判定施工时的结构稳定性，必须进行施工状态结构体系的稳定验算，否则，很容易造成施工时的结构失稳事故。

**中国建设报记者：**请介绍一下您和您的团队。

**罗永峰：**我们研究室的工作主要以教学和科研为主，除我以外，我们团队还有谢强教授以及郭小农副教授、冯虹副教授、强旭红副教授。在教学方面，主要有本科生和研究生结构工程方向的课程，包括钢结构基本原理、建筑钢结构设计、结构概念分析等。在科研课题方面，一类是国家自然科学基金项目以及“十一五”、“十二五”国家科技支撑计划、国家重点研发计划课题等；另一类是与国内外企业合作的研究项目。钢结构理论与施工技术研究室的主要研究方向包括：大跨度及空间钢结构的整体稳定性、大跨度及空间钢结构的抗震反应分析方法和抗震设计方法、大型复杂钢结构施工技术、施工力学计算理论与施工监测技术等。此外，我们研究室也承担一些大型复杂钢结构工程项目的设计、施工过程分析、施工监测、既有钢结构工程检测与鉴定等工作。

通过多年研究与工程实践，我们研究室主编、参编了多本著作、标准，如《建筑钢结构施工力学原理》《建筑钢结构稳定理论与应用》《钢结构制作安装手册》《钢结构检测鉴定指南》等著作和《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》《钢结构检测与鉴定技术规程》《空间格构结构工程质量检验及评定标准》《铝合金格构结构技术规程》等著作和国家、地方标准。

**本报记者 宋京平**



罗永峰（左一）在郑州新郑国际机场二期扩建工程屋面观摩。 宋京平 摄



罗永峰（前排左二）与毕业生在一起。 罗永峰 供图

风信子

## 安徽省装配式产业基地和示范项目将获资金奖励

**本报讯** 安徽省住房和城乡建设厅联合安徽省发展和改革委员会、安徽省教育厅等16个部门联合发布的《关于进一步培育和壮大建筑业企业的若干意见》（以下简称《意见》）明确，对建设装配式产业基地、示范项目，财政部门按照规定给予资金奖励，并按国家政策规定分期缴纳土地出让价款。

《意见》提出，发展装配式建筑，应加快完善装配式建筑技术标准体系、市场推广体系、质量管理体系和监测评价体系。重点培育设计、生产、施工全产业链的装配式建筑业企业，提高装配式建筑在新建建筑中的比例。在大力发展装配式混凝土建筑的同时，积极推广装配式钢结构建筑和装配式木结构建筑。积极推动装配式建筑产业园区、示范基地和项目建设，形成规模化的装配式建筑产业链。有条件的旅游设施、园林景观、特色小镇等应采用装配式建造。在农村地区试点推进木结构、轻钢结构、混凝土结构装配式住宅，提高农村建筑品质、安全性和居住舒适度。

《意见》要求，加大金融支持力度。金融机构要积极开发适合建筑业特点的保函、保理、保险、担保等金融产品。对建筑业企业融资到期需要续贷且符合无还本续贷条件的，按无还本续贷政策办理。对生产经营正常、暂时遇到困难的建筑业企业续贷、续贷，不盲目抽贷、压贷。落实好企业利用多层次资本市场直接融资奖补政策，支持建筑业企业挂牌或上市、发行债券融资。对新成立的装配式建筑等新型企业，金融机构要给予适当的信用类综合授信支持。 **（宋 贇）**

## 四川省为装配式建筑 高质量发展绘蓝图

**本报讯** 四川省经济和信息化厅、四川省住房和城乡建设厅、四川省生态环境厅等5个部门联合印发的《关于推进四川省装配式建筑工业化部品部件产业高质量发展的指导意见》（以下简称《意见》）提出，通过3年~5年的努力，初步建成产品体系完善、质量优良、“两化（信息化和工业化）”有效融合、环保安全、绿色高效的装配式建筑工业化部品部件产业及配套的建材产业，培育10家以上龙头企业，形成1000亿以上规模的装配式建筑工业化部品部件产业。

《意见》明确了“优化产业布局、制定规范条件、完善标准体系、提升装备水平、推进‘两化融合’、完善产业链条、发展工业化装配式装修、培育龙头企业、发展绿色产品、推进品牌建设、加大培训力度”11项重点任务。

在优化产业布局方面，要合理布局各地装配式建筑工业化部品部件及配套建材生产基地，降低物流成本，提高产业集聚度，逐步形成与工程建设规模相匹配的部品部件生产能力。

在完善产业链条方面，不断完善装配式混凝土、钢结构、木结构等结构体系的部品部件产业链发展，统筹推进部品部件研发、设计、生产、检验、运输、施工以及装备制造、智能化、信息化服务、运行维护等全产业链发展。引导钢铁产业积极优化产品结构，推广使用高强度、耐腐蚀等高性能钢材，开发钢材防火、防腐产品和标准化型钢。

在完善标准体系方面，围绕装配式建筑结构系统、外围护系统、内装系统、设备与管线系统，不断完善标准部品部件体系。结构系统以标准化结构部品部件为重点，形成标准化的预制混凝土楼梯、叠合板、叠合梁、隔墙板、空心板及标准化的钢构件、木构件等产品系列。 **（王玉华 薛学轩 赵太均）**

## 钢管混凝土束结构岩棉薄抹灰 外墙外保温工程技术规程发布

**本报讯** 在中国工程建设标准化协会主办的2019中国工程建设标准化技术年会暨协会成立40周年纪念活动中，由杭萧钢构股份有限公司（以下简称杭萧钢构）、中国建筑标准设计研究院有限公司共同主编的《钢管混凝土束结构岩棉薄抹灰外墙外保温工程技术规程》正式发布。

本次会议以“标准科技创新，建设质量强国”为主题，旨在以建设推动高质量发展标准体系为中心，着力提升标准化水平，促进建筑工业化蓬勃发展。据悉，中国工程建设标准化协会自成立以来，已正式批准、发布了700余部中国工程建设标准化协会标准，对我国工程建设的发展起到了重要的支撑和引领作用。

会上，杭萧钢构工业化绿色建筑研究院院长陈勇敢分享了基于BIM的钢管束构件智能化制造模式实践。BIM（建筑信息模型）是通过建立虚拟的建筑工程三维模型，利用数字化技术，为该模型提供完整的、与实际情况一致的建筑工程信息库。陈勇敢介绍说，基于BIM的钢管束构件智能化制造，可以简化钢结构构件的加工制造流程，提高生产效率、节省资源、降低成本，实现钢结构的生产加工数字化和智能化，促进建筑业可持续发展。

陈勇敢说，由杭萧钢构自主研发的钢管混凝土束组合结构住宅体系具有抗震性能优越、建设周期短、得房率高、绿色环保等特点，目前已成功应用在浙江省杭州市的天阳融信·东方邸和钱江世纪城人才专项用房等项目。

杭萧钢构副总裁兼董事会秘书周滨表示，本次会议不仅是标准科技创新的交流盛会，也是为钢结构建筑的发展注入强大动力的盛会。杭萧钢构将以此为契机，积极推动钢结构行业的标准化水平，提升智能制造水平，为行业的创新发展贡献杭萧钢构的力量。 **（武则虹）**