

632米高的中国第一高楼何以在风雨大作中泰然处之 专家揭秘高层建筑抗台风“镇楼神器”

科学·揭秘

□揭秘者(本文作者):周颖
(同济大学特聘教授、土木工程防灾减灾全国重点实验室常务副主任)

受台风“白海豚”影响,上海风雨大作。高达632米的中国第一高楼——上海中心内置的“镇楼神器”,再次成为热点。

在刷屏的现场画面中,这个位于大厦125层到126层之间的千吨阻尼器,带动艺术雕塑“上海慧眼”,以巨大惯性势能反向将狂风中摆动的大楼不断“拉扯”回正。

作为同济大学研发团队成员之一,这几天我一直在密切关注着它的表现。热搜视频上的单边摆幅,虽然离2米多的单边极限尚有较大余量,但还是有很多人担心:极端天气越来越频发,超高层建筑如何确保安全?

这也是我们工程师正努力攻克的问题。从本土到全球,抗震减灾研究正用一项项“刚柔并济”的发明创造,为城市超高层建筑的安全保驾护航。

千吨巨摆“以动制动”的力学原理

很多人误以为阻尼器是一个靠质量压住大楼的“大秤砣”,其实它更像一个“大摆锤”。只不过平时微风天,阻尼器位移不到1毫米,肉眼很难察觉而已。

它的学名是“电涡流摆式调谐质量阻尼器”,核心原理是“以动制动”。

这套系统由12根长约25米的特种高强度钢索,将重达1000吨的质量块悬吊于大厦顶部。当强风推动大楼向一侧倾斜时,质量块凭借巨大惯性向反方向摆动,通过钢索产生反向拉力,直接抵消一部分风致振动。

关键在于,工程师通过精确测试与调节,将阻尼器的调谐周期与大楼的自振周期(约9秒)进行匹配,直到两个数值基本吻合,两者形成反相位共振,从而将大楼的振动幅度减小近一半。

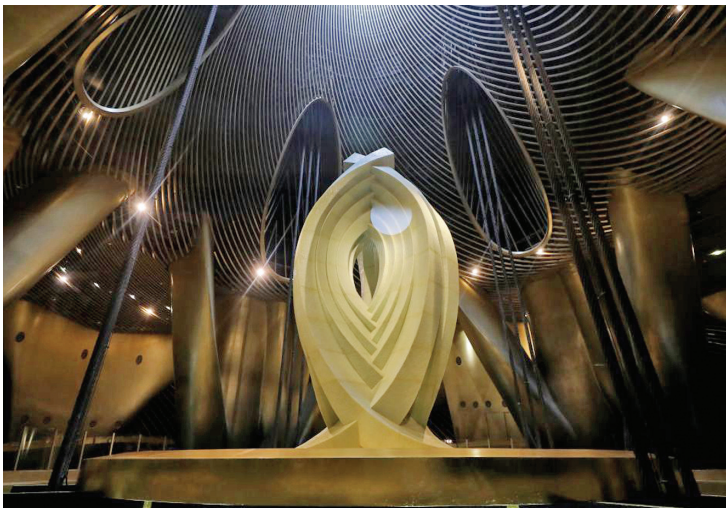
根据单摆原理,摆动周期仅取决于摆长与重力加速度,与质量无关。由大楼约9秒的自振周期可推算,实现同频摆动所需的悬吊长度在21米至25米之间。工程实际采用了近25米钢索,以提供足够的安全冗余。

既然同频摆动与质量无关,为何阻尼器重达千吨?

这涉及惯性原理:质量越大,惯性越强,产生的反向拉力越显著。

该阻尼器早期方案为1200吨,结构工程与防灾减灾专家吕西林教授带领团队反复计算分析、开展动力试验,发现过度增加质量反而会加重结构负担。最终优化为1000吨,在减振效果与结构负荷之间取得平衡。

计算分析表明,该系统可将大楼峰值振动加速度降低45%



上海中心大厦阻尼器上方的“上海慧眼”艺术雕塑(资料图片)
新华社记者 方喆 摄

以上,即使遭遇14级强风,楼内人员也基本感觉不到强烈晃动。

电涡流阻尼“黑科技”降本增效

巨型摆锤摆动后如何平稳衰减?答案藏在质量块底部的“黑科技”——全球首个应用于超高层建筑的摆式电涡流阻尼技术。

在阻尼器质量块的底部,安装有125块强力永磁体,正对着铺设在楼板上的铜板。当质量块相对楼体运动时,永磁体与铜板发生相对位移,铜板内部因电磁感应产生涡电流(电涡流)。涡电流形成与原运动方向相反的磁场,产生阻碍运动的阻尼力,同时将机械动能转化为电阻热能,最终耗散到空气中。

如此一来,结构的动能不断被吸收耗散,其振动也就慢慢衰减,就像荡秋千不停蹭到空气,越荡幅度越小。

这一过程无需液压油,几乎无需机械接触,几乎零磨损,系统响应速度仅0.01秒。

值得一提的是,下一代产品已经在路上。我们团队与上海材料研究所有限公司联合,为在建的480米“浦西第一高楼”——北外滩中心大厦,紧锣密鼓地研发“半主动控制阻尼器”。

新一代阻尼器能实时感知振动变化,自动调节阻尼,风大风小都能匹配最佳工作状态。更神奇的是一套特殊油膜机构,上百吨重的质量块,几个人徒手就能推动,就像玩“乐高”一样。让我们拭目以待!

超高层减震的多元技术体系

并非所有摩天大楼都需要安装此类阻尼器。一般而言,建筑高度超过100米即进入超高层范畴,但是否设置阻尼器,需

通过理论分析、风洞试验与仿真计算综合决定。

且超高层减震技术也不止一种:台北101大楼采用悬挂式钢球阻尼器,靠660吨钢球摆动配合黏滞阻尼抵消风振;深圳平安金融中心采用主动调谐质量阻尼器,通过主动发力减小振动;不少建筑还采用调谐液体阻尼器,利用水箱内水体晃动减振,成本较低且可兼作消防水源。

上海中心大厦的抗风设计更是一套“组合拳”。除千吨阻尼器外,通过对大厦建筑造型的优化,确定了建筑外表皮旋转120°,平面尺寸沿竖向收缩到底部尺寸的55%的最优结构受力形式,并应用基于空气动力学造型抗风技术,让塔楼整体风荷载相比同等高度建筑减小25%;柔性钢结构允许适度形变以缓冲外力;传感器系统实现实时监测,为阻尼系统提供现场数据。

从全球视野看,超高层减震技术已发展近百年。

日本东京晴空塔借鉴五重塔智慧的“芯柱减震”、美国波士顿约翰·汉考克大厦的数百吨调谐质量阻尼器……各国工程界不断探索创新。

我国也在该领域快速创新:广州塔利用水箱液体振动实现“以水镇楼”;重庆来福士以柔性减震方案,完成四塔连体的“空中牵手”……

同时,AI赋能智能防灾前景广阔,如基于大模型的结构动力响应智能预测系统,可实现高层建筑群动力响应的秒级计算分析,为防灾减灾提供智能决策支持,助力未来“韧性城市”建设。

高楼外,风声呼啸;大楼里,人员安稳如常。这背后,是工程科学以精妙力学制衡风雨湍流,以硬核科技守护城市安宁,让摩天楼宇向高生长、向稳而立,构筑起韧性十足的城市安全屏障。

新华社

热搜·热点

在韩国骚扰中国女游客 日本男子被判刑了 受害者称通过媒体才得知消息

韩国釜山地方法院8月12日宣布,对因强制猥亵等嫌疑被起诉的30多岁日本籍男子A某判处有期徒刑6个月,缓刑2年。13日,当事人张女士从记者口中才得知此消息。

“此前没有任何官方渠道通知我。”张女士告诉记者,“从事发到现在已经四个月了。整件事下来我一直很被动,很多信息我都无从得知,今天通过媒体才知道审判结果,感觉既失望又无力。”

张女士说:“案发后我一直希望加害者得到实刑处罚,为自己的行为承担责任,我自始至终从未原谅对方。当初身在异国,受语言和司法流程的限制,我并不清楚法律后果,误签了刑事谅解书,这份文件客观上对被告人量刑起到从轻作用,但并非我的本意。”

张女士表示,意识到问题后,她查阅相关法律,了解到满足条件可以撤回谅解书,便整理材料交给律师委托办理。可律师只告知资料已收到,“既没有给我看过撤回申请书,也没有告诉我是否已经提交法院,我无法确认这项申请有没有实际处理。”

她说,此后自己还遭遇了原律师辞任,接手的新律师始终没有联系自己。“作为被害人,我没有接到任何宣判通知,还是通过媒体报道才知晓一审判决。此前我投诉出警警察,调查组也认定警方无过错。”

张女士认为,最终被告人被判缓刑,不用实际服刑。即使自己主动去争取补救,却始终被隔绝在案件流程之外,缺少必要的知情与协助。“判决已经落地,我也清楚,想要改变现有结果存在不小的现实阻碍。但接下来我会先厘清剩余可行的法律选项,再做后续打算。”

此前报道>>>

4月16日晚,去韩国旅游的张女士在社交平台发文称,15日凌晨她在釜山一家青旅的客房内被一名日本籍男子骚扰与侮辱。惊醒制止后,对方竟故意将污秽物排到她身体、床铺及行李上。

张女士称,事发后该男子态度嚣张,对其进行言语嘲讽与挑衅,还试图再次靠近,但被其他住客阻止。她对现场痕迹及涉事日本男子拍照记录,随后报警。

但是,张女士的报警求助却遭遇韩国警方消极处置。在现场人证物证齐全、涉事男子自认过错的前提下,警方既未及时固定证据、制作笔录,也未对嫌疑人采取管控措施,致使涉事男子顺利离境返回日本,当事人海外维权一度陷入困境。无奈之下,张女士向中国驻韩国釜山总领馆求助,并通过国内网络平台发声寻求关注与支持。

综合红星新闻、九派新闻

炸鸡店员工手伸进裤子抓屁股 然后继续拿夹子取餐食 当地市监局:已对门店进行行政处罚

近日,有网友发布视频反映,浙江温州柠檬队长韩式炸鸡(万象城店)一名后厨员工在工作过程中,将右手伸进裤子内抓挠臀部20多秒,随后在未清洗消毒的情况下,继续拿起夹子夹取餐食。画面显示,整个过程被该炸鸡门店在外卖平台的“明厨亮灶”厨房工作区直播,相关内容引发关注。

8月13日,扬子晚报/紫牛新闻记者在外卖平台查看发现,目前已搜索不到该炸鸡门店。

据该网友发布的视频及企查查信息显示,涉事门店位于浙江温州瓯海区。13日下午,



厨房工作区直播

记者致电瓯海区市场监督管理局,工作人员回应称,发现该问题后已第一时间前往现场调查处理,已经对该门店作出警告的行政处罚决定,并责令其进行整改。

见习记者 鲁玥