

“硬刚”14级台风

“防风神器”如何稳住摩天大楼？

上海中心大厦

平安金融中心

上海环球金融中心

“摩羯”“贝碧嘉”“普拉桑”……9月以来，我国东部、南部沿海的强台风一个接一个登陆，带来狂风和大量降水。尤其是“贝碧嘉”登陆时中心附近最大风力14级（42米/秒），中心最低气压为955百帕，被称为1949年以来登陆上海的最强台风。

社交媒体上流传的视频显示，“贝碧嘉”登陆时，位于上海著名的地标建筑、上海中心大厦125层的“防风神器”阻尼器出现明显的来回摆动，幅度大约为1米。台风来袭的时候，大楼真的会晃动吗？真的没事吗？重达千吨的阻尼器又是干什么用的？

建筑高度：632米
阻尼器位置：
第125层/583米

建筑高度：599米
阻尼器位置：
第113层/556米

建筑高度：492米
阻尼器位置：
第90层/394米

台北101大楼

吉隆坡石油双塔

600米
450米
300米
150米

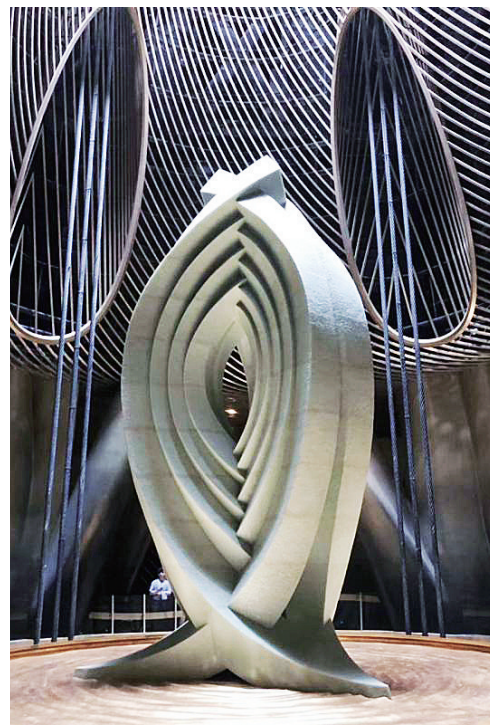
建筑高度：508米
阻尼器位置：
第88层/378米

建筑高度：452米
阻尼器位置：
在天桥下四个支撑
内（离地面约150米）

注：示意图中红圈为大楼阻尼器位置

制图 马超

上海中心大厦阻尼器。



摩天大楼 不只是台风地震期间，平常也晃

摩天大楼在遭遇台风和地震的时候，受到变化的风荷载（即风对结构施加的力）、地震动作用，会产生往复的动力变形，也就是大家感受到的“摇晃”。结构物的振动是无法避免的，是结构在动力作用下的必然反应。

实际上，在平时，大楼也会有振动，只是振动的幅度很小，人们很难注意到。在台风、地震这样的强烈荷载作用下，大楼的振动幅度也就相应增加。此外，摩天大楼也需要通过“摇晃”来消耗掉台风和地震输入的能量。

大楼动工前，都要由工程师进行结构设计。工程师们会根据大楼所处的地理位置，预估大楼可能承受的台风和地震作用，并进行相应的设计，尽量减少大楼在这些外荷载（即所有外部环境对结构作用力的统称）作用下的结构响应。

在沿海强风地区，风荷载往往是结构设计中的控制性因素，所以工程师们往往会采用防风设计。防风设计必须满足结构的强度、刚度、舒适度、抗疲劳破坏等设计要求，确保结构在风荷载作用下不会发生倒塌、开裂。

阻尼器 风不动，我不动 风往南动，我往北动

高层和超高层建筑容易在高空风速影响下产生晃动，不仅会增加结构

疲劳、降低建筑物的安全性，甚至会让高层住户产生明显的眩晕。因此利用物理原理减少振动反应、降低结构疲劳是超高层建筑抗震设计中的重要技术问题，阻尼器就是针对性的解决方案之一。

这种装置早先在航天、航空、军工、枪炮、汽车等行业中有广泛应用，20世纪70年代起开始应用在建筑、桥梁、铁路等结构工程中。特别是一些摩天大楼，当楼体在强风作用下产生摆动时，阻尼器能以产生反向运动的方式来抵消大楼的摆动，利用自身的庞大重量来对抗风力对建筑物带来的影响，从而起到减缓大楼晃动的作用。

上海理工大学物理系副教授、中国人工智能学会科普工作委员会委员田伟在接受媒体采访时进一步解释，阻尼器的运作原理就像身处摇晃的“网红桥”（吊桥）上的人，将身体朝“网红桥”晃动的反方向移动，来取得平衡。他说：“如果强风从某个方向刮来，配重物就好比一个巨大的‘钟摆’摆向风吹来的方向，产生一种与风向相反的力量，从而化解建筑物的摇晃程度，抵消强风对建筑物的影响。”

阻尼器一般可分为两种，一种是耗能阻尼器，一种是调谐阻尼器。从能量的观点看，台风或者地震输入到建筑物中的能量是一定的，因此，耗能装置耗散的能量越多，则结构本身需要耗散的能量就越小，耗能阻尼器就是利用这样的原理减轻建筑物的振动。位于马来西亚吉隆坡的石油双峰塔采用的就是耗能阻尼器，它利用两

栋大楼间的空桥来平衡大楼间的摇晃，耗能阻尼器设置在空桥和大楼的连接点。在地震或台风的作用下率先进入非弹性状态，大量消耗地震能量，从而减轻结构的振动。

调谐阻尼器则是通过增加一个子结构，把建筑的能量向子结构转移。这些子结构往往都重达数百吨，当台风或地震将大楼晃到一边时，阻尼器也会发生运动，其惯性运动方向和大楼运动方向正好相反。

根据子结构的不同，调谐阻尼器又分为调谐质量阻尼器（Tuned Mass Damper，简称TMD）和调谐液体阻尼器（Tuned Liquid Damper，简称TLD）。由于调谐质量阻尼器具备对高层建筑结构控振效果好、对建筑功能的影响较小、成本低、占地少且便于安装、维修和更换等优点，在实际的高层建筑结构风振控制工程中得到了广泛的应用。

上海中心大厦高度达到了632米，是中国第一高楼，也是我国唯一突破600米高度的建筑。其上层部分平时也要承受每秒数十米的大风。当台风来袭，上海中心大厦会出现晃动，顶部最大幅度可达1.4米。它的阻尼器“上海慧眼”就属于电涡流调谐质量阻尼器，是我国的一项创新技术，具有响应灵敏度高、耐久性强、可实现变阻尼和维护成本低的优点。这个阻尼器也是目前世界上最重要的，达1000吨，约占大厦重量的0.118%，由12根长达25米的钢索吊在大厦内部，单边摆动幅极限为2米。

这个阻尼器被安装在大厦的倒数第三和第四层，距离地面583米。当强风来袭时，这个巨型复摆会摆向风吹来的方向，从而通过自身的摇摆来削弱大厦的晃动幅度。根据上海中心大厦施工方上海建工提供的数据，这种阻尼器可以降低风致峰值加速度，降低的幅度超过43%，可以令大厦内90%的人感受到较大的舒适度。

既然阻尼器可以削减大楼晃动，是不是超高层建筑都要装？有专家表示，超高层防风抗震主要依靠大楼结构和外形设计，需要“自身硬”。阻尼器的作用更像是“锦上添花”，一方面削减晃动，优化体验、提高大楼品质；

另一方面，增加结构的耐久性。根据我国相关规范，并没有强制大楼安装阻尼器。

另外，阻尼器的作用范围也有上限。例如上海中心大厦阻尼器设定的极限值是单边摆动两米。当阻尼器的摆动超过一定幅值时，限位保护装置就会将其锁定，保护大楼结构以及周边的装饰部件不会受到撞击。

轻微晃动 不会影响楼房结构

那么对于未安装阻尼器的高层建筑，面对台风时需要担心吗？

防城港市住房和城乡建设委员会一位张姓总工程师在接受媒体采访时表示，台风来时，在一些楼层较高的建筑物内居住的公众感觉到有轻微的晃动，这是正常的现象，台风不会对楼房本身的结构产生不利影响。按照楼房设计的相关规定，在强风来袭时，高层建筑是允许有微幅晃动的，超过30层的大楼往往都会产生几厘米的偏幅。楼层晃动的程度与面积的比值有关，平面建筑面积较大时，晃动的幅度就会比较小；而一些平面建筑面积比较窄小的楼层就会晃动得厉害些。

据建筑专家介绍，通过气象方程式可以计算出，城市高空确实要比近地面的风速大。因此，当狂风吹过时，高层建筑受到的影响就较大，这在建筑学上称为“风振效应”。

高空风力增大的另一个原因是高楼林立的“狭管效应”。由于高楼阻挡，如果风的通行面减小一半的话，其穿行速度则会增加约一倍。遇见高楼狭小的通道，风就更猛烈了。因此，超高层建筑顶部一般都会有位移表现，只是幅度不同。楼层越高，幅度越大。因此，住在顶楼的居民感觉“晃动”是正常的，但这不会影响楼本身结构的安全。

在建造高层建筑时，风是首先要考虑的要素之一。对于防风要求，一般建筑物要求能够抗50年一遇的大风；高层建筑要求更高，一般是要能够抵御百年一遇的大风。因此，只要楼房的建设是严格按照防风设计来建造的，就不会有危险。 据北京科技报

台北
101大楼
阻尼器。

