

芦山 7 级地震对隔震技术思考

北京清华同衡规划设计研究院

北京清城华筑建筑设计研究院

徐 珂

2013 年 4 月 20 日，芦山发生 7 级地震，相对于五年前汶川地震，震害表现远不如汶川地震来得刺激，加上五年间全国各地发生很多大小地震，建筑界对此次地震已经有些司空见惯的感觉，倒是芦山县人民医院中一栋楼采用隔震技术，引起大家的兴奋点，似乎是发现新大陆一般，震后我去震区有几次，每次经过芦山县人民医院都在想，隔震技术真的很好吗？这是我写这篇文章的初衷，原本某报社邀我刊发，后来觉得我写得过于悲观没有采用，在我看来这就是国人对生命安全的态度：重要的是新闻热点，而不是为什么做这些事。

隔震技术在中国大面积推广有三方面阻力：地震意识、经济因素、技术因素。

一、

日本是地震多发国家，经常会出现一天内遇到数次地震的情况，因此地震意识是日本人很重要的生活态度，从小接受地震求生训练，在房屋建设上追求绝对安全目标，教育广大民众在地震来临时要呆在房屋里，如果跑出房屋可能会被落物伤害。日本人在购买房屋时很重视地震安全性，这与中国民众购买商品房更关心投资价值差异很大。

由于中国数次地震电视报道给民众造成一个错误印象，地震来了房子一定会倒，于是纷纷夺门而出，照成很多次生地震伤害，例如本次地震中成都一名死者在地震时从四楼跳下摔死，这本可避免的。包括中小学生定期进行地震演练，主要以跑出教学楼为目的，在大的指导方向上可能是错误的，实际上地震发生时间很短暂，汶川地震主震时间不过 20 秒，人的反应时间和逃生时间往往长于地震晃动，甚至还没开始跑地震已经结束。在汶川地震中很多学校案例可知，教学楼并未倒塌而学生在奔跑中互相踩踏造成伤害甚至死亡。

回到隔震技术，就会存在普通抗震结构都可以达到抗震设计目标，为何还要搞复杂的隔震技术的疑问。隔震技术是采用弹簧效应，由弹簧机制过滤大的地震动效应，传导到上部建筑晃动就会大幅减少，这与传统抗震建筑通过结构身板去生抗硬顶地震冲击完全不同，相当以一两拨千斤的方式面对地震冲击。同样按 8 度设防设计的房屋，当遭遇超 9 度地震作用时，传统抗震结构可能发生倒塌，隔震结构的实际地震效应可能只有 7 到 8 度，仍有安全富裕度，这就是差异，认识不到这个优势就不会选择隔震设计方案。

二、

经济因素决定建筑物地震安全的重要因素。在地震中场地烈度按照划分标准分为 1 至 12 度，12 度的语言描述是天崩地裂、山河改观，汶川地震极震区接近这个烈度，很多房屋直接被山体滑坡、泥石流掩盖摧毁。如果想抵抗这样级别的地震作用，需要投入巨额资金来实现，对于国家和个人是难以承担的，因此参考国外经验和以往地震灾害经验，中国抗震设防烈度主要以 6 至 9 度为标准，不同地域依据地震断裂带、经济能力划分，此次芦山 7 级的中心场地烈度为 8 至 9 度，芦山的设计设防烈度为 7 度。地震设防烈度每提高一度，相同的建筑在地震增加一倍的地震力，11 度的地震力相当于 6 度的 32 倍，对于地震安全投资需求量影响巨大。通过隔震

技术可以将场地烈度传导到建筑物反应烈度降低 1 至 2 度，意味着相同的上部结构可以有更多安全储备，可以迎接更大的地震冲击，此时传统的抗震建筑可能受损严重不能继续使用。

使用隔震技术要比传统抗震技术要增加 10~50%的结构造价，这对于很多房地产开发商和政府部门是难以接受的，开发商的出发点在于经济利益，政府部门的难处在于投资概预算限制以及其它项目投资类比。相比较而言，建筑造型和装修档次更容易吸引眼球和赢得绩效，抗震、隔震资金是属于看不见的投入，能省则省甚至要求降低结构材料投入。

隔震技术的使用除建设时一次性投入外，还有日常维护成本，需要定期进行隔震性能检测，到达使用年限后还需要进行更换，这对用户来讲都是需要资金支持的。在日本有专门机构对隔震建筑进行强制检测评估工作，中国并没有建立这方面的机制，从一些检测报告中可以看出，很多隔震建筑在建成后未进行有效的保护、检修工作，可能存在安全隐患问题，隔震垫属于“养兵千日，用兵一时”的技术，如果隔震垫失效，地震时将是毁灭性的破坏，后果比传统抗震结构更严重。

在 2013 年中日抗震交流会上，双方对于隔震技术的关注点可以看出彼此差异，中方的关注点是：1、中国日新月异的建筑和超高层建筑如何使用隔震技术？2、采用隔震技术后，上部结构可以降低几度设防标准，也就是综合造价能降低多少。日方的关注点是：1、隔震技术应用应该是在大量科学实验和工程案例总结的基础上推进，超高层隔震技术仍是技术难点。2、采用隔震技术后并不主张降低上部结构设防标准，经济性是重要因素，但更关心采用隔震技术后结构安全提高水平。

三、

技术方面，尽管隔震技术早已写入国家设计规范中，但结构设计人员在实际设计中应用比例较少，主要原因是隔震设计比常规抗震设计的工作量大，而设计周期和设计费用并不增加情况下，设计单位自然不愿意投入更多精力去做隔震设计。

隔震技术还有技术门槛，需要设计者对结构动力学、非线性力学、地震工程学等知识有足够的知识储备，并且掌握有限元软件计算分析方法，因此做隔震设计多集中在高校科研团队、大型设计院复杂结构设计团队及专业隔震设计机构进行。此外工程经验也是决定设计能力的一个重要因素。

隔震技术应用还有限制条件，例如房屋高度与宽度之比不能太大，建筑的平面布局规则等，当建筑造型超过各种限制时，隔震设计就可能不满足安全标准。由于抗震意识的差异，日本很少出现标新立异的建筑，大多数建筑都是方正造型，有利于隔震设计。

还有一个中外设计差异可以帮助我们理解结构设计的技术困境，在欧美国家，建筑设计由建筑师总体负责，包括结构安全和地震安全，建筑物在使用中出现安全问题时，建筑师与结构工程师共同承担设计责任，因此建筑师非常慎重选择结构工程师和结构设计方案。中国目前实行建筑与结构分开负责的方式，出现安全问题时由结构工程师承担设计责任，因此中国的建筑师在整体上不关心建筑物的安全设计原则，潜意思里认为有结构工程师设计就可以，因此中国虽然经历惨痛的汶川大地震，建筑设计并未从根本上反思如何“以人为本”去设计建筑，相反“新、奇、怪、险”的建筑不断涌现，这与建筑师为了吸引眼球有很大关系。

隔震设计不仅仅是结构单专业的事情，因为建筑物加装隔震垫后，需要在隔震层增加隔震沟，当地震来临时允许建筑物来回晃动，那么隔震沟的设计就与建筑布局有冲突，像楼、电梯、设备电气管线在隔震层都需要特殊设计，去适应地震晃动的变化，传统的设计方法在隔震层是不适用的，因此隔震设计简单看是结构工程师的事情，但要想做好隔震设计需要建筑师、设备工程师、电气工程师全面更新设计理念。