

以柔克刚——传统木构建筑的抗震特性

庄裕光 唐明媚 (西南建筑设计院)

摘要：本文从传统木构建筑榫卯连接、斗拱、平面布局、侧脚、收分等方面分析其抗震特性，证明了传统木构建筑构造具有较强抗拒地震之能力。

关键词：木构建筑；抗震；分析

中图分类号：K879.1 文献标识码：A 文章编号：1003-6962(2009)02-0088-03

中国木构建筑，从浙江余姚河姆渡使用穿逗榫卯结构开始，距今已有六、七千年的历史。进入先秦时期已较为成熟，宏伟的秦都咸阳宫殿连弥山跨谷绵延 300 里的阿房宫，证明秦国建造技术在战国晚期居其他各国的领先水平。秦统一后，集六国之精英，建筑技术有了更好的发展，从咸阳一号宫殿的想像复原图，可以看出秦国已具有解决大体量高台座的技术难题。秦汉唐宋到清末的两千多年间，中国建筑在多民族和外来文化的渗透、融合后，技术和艺术都不断成熟，成为独具风貌的中国传统建筑。为了有别于以希腊、罗马为代表的欧洲古典建筑，中国建筑被公认为亚洲文化圈的典型代表。

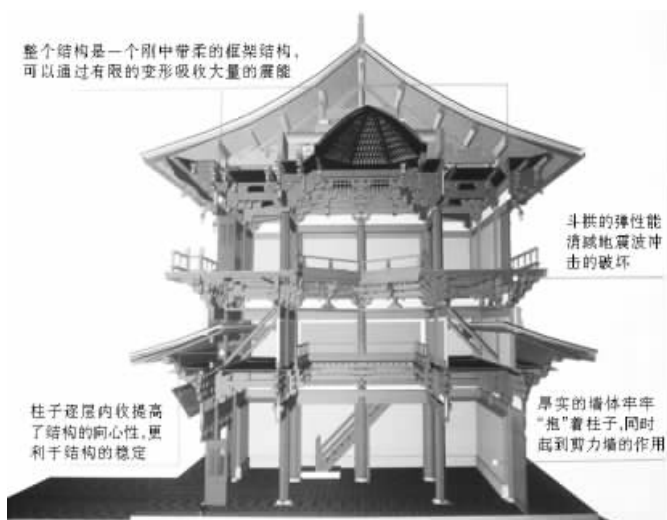
中国传统建筑就结构形式分类，可分为砖石结构、木结构、砖木混合结构和生土建筑等几种形式。砖石结构多用于陵墓和高塔；砖木混合结构多用于民居和祠堂，尤以安徽、浙江、福建使用较多；生土建筑主要指西北黄土高原的窑洞和夯土建筑；木结构是中国传统建筑使用最多的结构形式，是中国传统建筑的精华。所谓砖木结构，一般是指以木排架为受力系统，以砖石砌自承重的山墙（它的功能是防止火灾蔓延和抵抗飓风的袭击）或局部外隔墙及窗台以下用砖石砌墙群。砖木混合结构的结构主体是木结构排架，由于砖墙不承担上部屋顶的荷载，它只担负隔墙的功能，因此，即使墙壁倒塌，也不影响主体建筑的使用，故民间有“墙倒屋不塌”之说。

纵观历史，中国传统木结构建筑因地震原因

而倒塌的记载，极为少见，查阅史书或地方志，木建筑的毁坏主要是天灾（雷击起火），人祸（战争、兵燹、焚香烧纸失火），或因潮湿、虫蛀，导致木构架糟朽、倾覆。北魏洛阳的永宁寺塔，高数十丈，天晴时百里之外可见。因雷击起火，无法救助，全城百姓流着泪看它变成了灰烬。楚霸王攻陷秦都咸阳后，一把火把咸阳烧成焦土，大火三月不绝。历代的农民起义，无不是把封建帝王的宫室、城池肆意毁坏，陈胜、吴广如此，张献忠有过之而无不及，天府之国的成都，被破坏成虎狼横行的废墟。堂堂一省的行政中心，被迫借阆中办公。紧临地震区的山西应县佛宫寺释迦塔，高 30 多米，全木结构，建成至今 900 余年，经多次地震，至今尚在。四川平武报恩寺，建成迄今 500 余年，经历数次强烈地震，包括松潘 7.2 级地震和今年 5.12 汶川 8 级地震，报恩寺虽有破损，但无大碍。都江堰二王庙是此次地震的重灾区，由于震害严重，屋顶大部分损坏，小青瓦屋顶滑落，隔墙倒塌。只要没有台地滑坡，木构架只是歪斜变形，很少全部震塌。由此可以证明，全木结构的传统建筑，确实具有较强抗拒地震的能力。

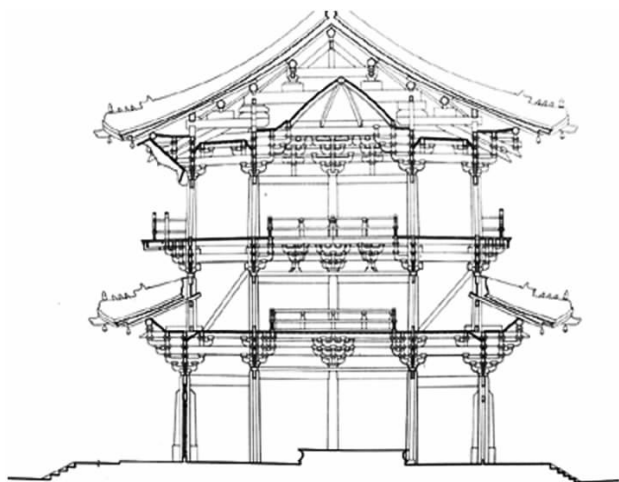
木结构为什么具有抗震能力呢？依笔者愚见，有如下的一些措施，对抗拒震害是有益的；

1、以柔克刚，消解地震破坏力：以柔克刚是东方哲学的基本理念。大禹治水用疏不用堵；汉张良，以乡音瓦解楚霸王十万雄兵；诸葛亮用兵“攻心为上，攻城次之”；清初孝庄皇太后一



图一

杯酒劝降洪承畴，为清初的社会稳定奠定基础；看似柔软的东方太极拳，却可对抗西方如狼似虎的拳击等等，皆是“以柔克刚”的典型例子。中国传统木结构的接头，不用刚接用榫卯，不加铁钉用木肖，使榫卯连接处具有一定的延伸性，可以消解外力（图一、二）。斗拱更是消震的重要

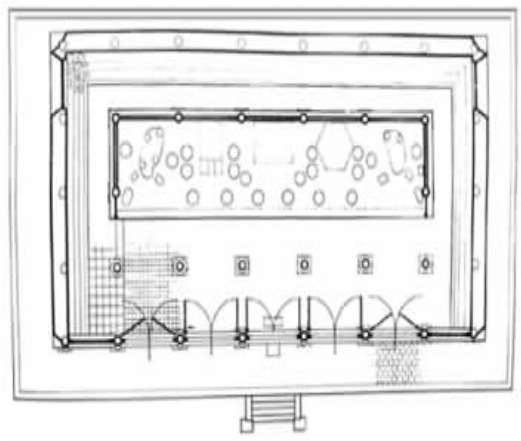


图二

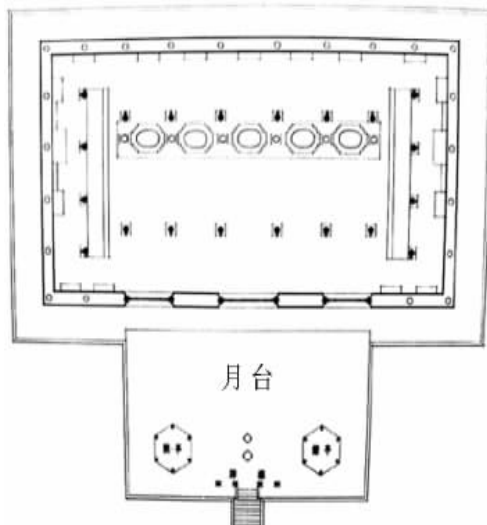
构件，它像汽车的减震器一样，当遭受地震时，破坏力从地基开始，通过柱子、斗拱、梁架、穿枋等多个接点的释放，传达到屋顶时，震害已大大减轻，因此，只要地基不出现滑坡，一般都只会构架偏移，瓦面滑落，不会整体倒塌。此次汶川8级强震，青城山的古建筑受震害破坏较小，由于没有出现山体滑坡，建筑受损多是木构架倾斜，屋顶瓦片滑落。但后世用砖混结构添建的建筑，反而倒塌较多，青城后山农民自建的餐馆、旅店，就属此种情况。二王庙震害严重，主要是

山体滑坡造成的。离堆公园内的伏龙观古建筑群，由于地基未出现滑坡，木构架仅有少量变形，屋面瓦片大面积滑落。但无倒塌迹象。只要将排架扶正，对松动的榫卯适当修理，重新盖上瓦顶，就可继续使用。

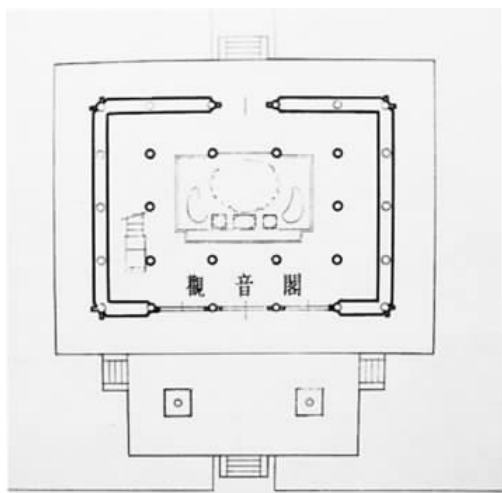
2、传统木建筑的平面，图形规整、简洁，一般均为矩形，进深较大，符合现代抗震规范的要求。保存迄今有500年以上历史的建筑：唐代山西五台山南禅寺大殿，佛光寺大殿；山西应县佛宫寺释迦塔；河北蓟县观音阁山门及大殿；四川平武报恩寺和新津观音寺；以及北京明清故宫等建筑，都具有这样的特点（图三、四、五）。



图三

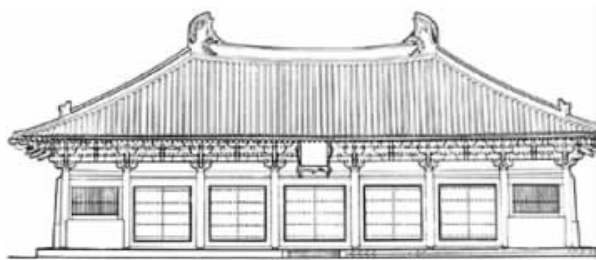


图四

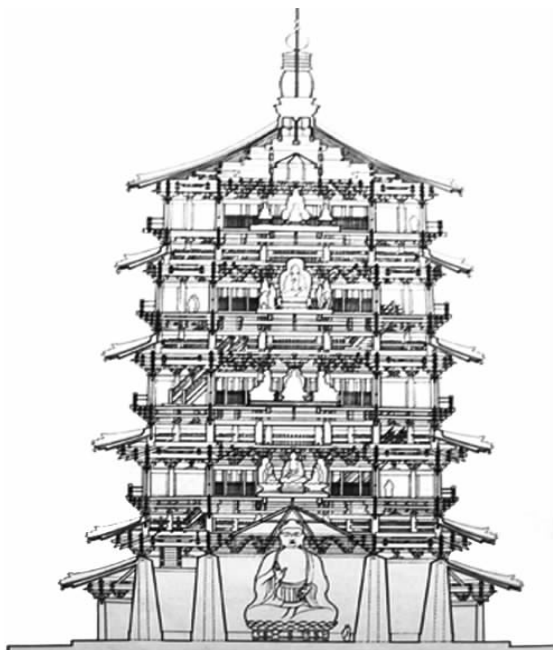


图五

3、重视侧脚、收分：传统木结构的檐柱和金柱，在垂直方向大都向房屋的中心倾斜；高层楼阁建筑，柱子层层内收，使建筑立面呈下大上小之势。再加上屋顶采用比较稳定的三角形，更增强了建筑的稳定性（图六、七）。

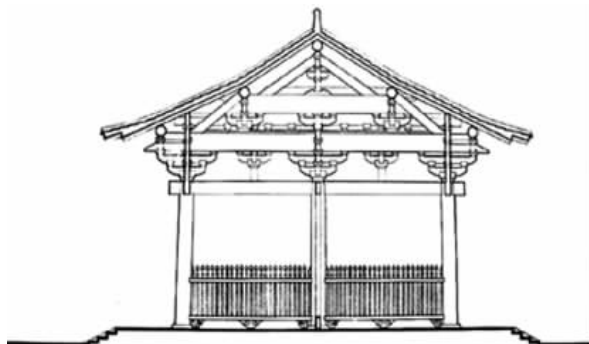


图六

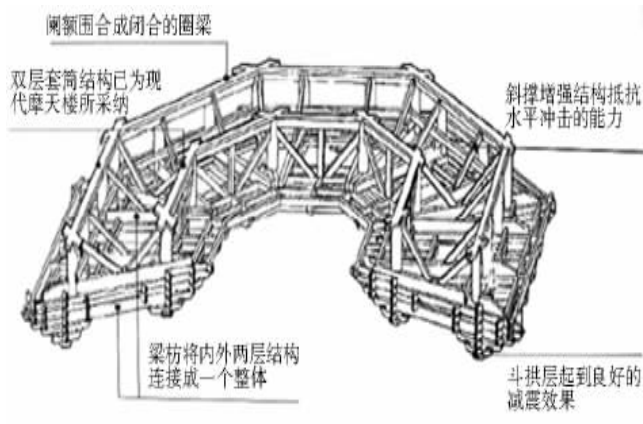


图七

4、重视对水平风力的转递、消解：大式（有斗拱）木构建筑一般都是采用抬梁式结构，“横梁纵枋”结构体系明晰，梁架主要承担荷载，拉枋主要是加强梁架间的连接，使之成为整体。比较考究的木建筑，在檩条下还另加一根比受力檩条小一些的拉枋，四川工匠称拉纤，有的叫牵条，大式建筑称攀间。它与排架上的短柱用榫头连接，以使排架增强横向刚度。当建筑跨度较大时，在相当于屋架下弦之处，还要增加几根拉纤，以加大屋架的横向刚度（现代建筑常在屋架间增加剪刀撑，用以抵抗从山墙方向传来的横向荷载，与此同理）。山西应县释迦塔采用“明五暗四”增加结构刚度的措施，创造了经历多次六级以上的地震，九百年不倒的世界奇迹。近代欧美国家的高层建筑设计规范，有可能是借鉴了该建筑的构造措施而发展成为框筒结构的（图八、九）。



图八



图九

5、门槛（又称地扶，有的大型建筑还专门作藏于地面以下的暗地扶。日本木建筑的抗震措施之一，就是室内地平以下，用地扶纵（转 54 页）

复杂,制作也比较精致。邯郸百家村 M3 虽然出土铜器不多,但仿铜陶礼器数量多,种类多,“体形较大,敦实厚重”,也远非秦墓可比。

总体来说,秦国青铜器在数量和质量上均逊于中原青铜器。器形较小,纹饰简单,铸造较为粗糙。很少出类拔萃的器物。传世的秦公簋,上有长篇铭文,但论品相则一般。这一差别到了战国更明显。如凤翔高庄 M10 出土的铜器,制作草率,日趋明器化^[8]。这一点与铜釜的简陋、粗糙但又实用正相吻合,铜釜入主秦国便是很自然的事情了。

在秦国墓葬中,铜釜成为常用炊器还有一个原因。这与秦国青铜器组合形式的变化有关。春秋时期,在秦墓中,饪食器的组合是鼎、甗,鼎、甗、簋或鼎、甗、簋,甗为常见之器,这一点与东方诸侯国墓中多见甗是相同的。不同的是,东方诸侯国墓葬中饪食器的组合丰富,除了鼎、甗、簋,还有鬲、簋、豆、敦,而秦国墓葬中几乎仅有鼎、甗、簋,所以甗对于秦墓饪食器的组合来说非常重要。

但是从战国中期开始,在秦墓中青铜器组合形式发生变化,甗的数量减少,同时,形制也有

了很大变化,三足逐渐退化,这为铜釜的介入提供了很好的机会。釜与甗无论在形态还是功能方面都很相似。从此釜取代甗与鼎形成稳定的饪食器组合。

注释:

[1] 陈文领博:《铜釜研究》,《考古与文物》1994 年第 1 期 66~76 页;刘弘:《巴蜀铜釜与巴蜀之师》,《四川文物》1994 年第 6 期 16~19 页。

[2] 陈平:《试论关中秦墓青铜容器的分期问题》,《考古与文物》1984 年第 3 期 58~74 页,1984 年第 4 期 62~71 页。

[3] 俞伟超:《秦汉青铜器概论》,《古史的考古学探索》202 页,文物出版社,2002 年。

[4] 魏怀珩:《甘肃平凉庙庄的两座战国墓》,《考古与文物》1982 年第 5 期 21~33 页。

[5] 秦都咸阳考古队:《咸阳市黄家沟战国墓发掘简报》,《考古与文物》1982 年第 6 期 6~15 页。

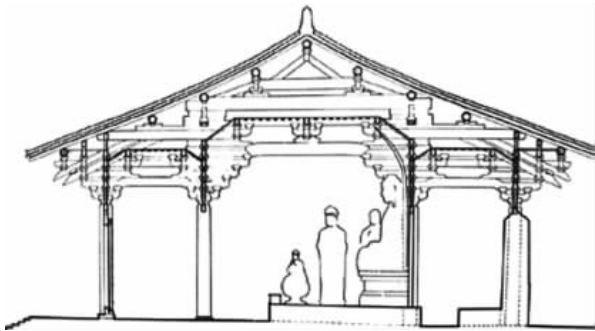
[6] 山西省文物管理委员会、山西省考古研究所:《山西长治分水岭战国墓第二次发掘》,《考古》1964 年第 3 期 111~137 页。

[7] 河北省文化局文化工作队:《邯郸百家村战国墓》,《考古》1962 年第 12 期 613~634 页。

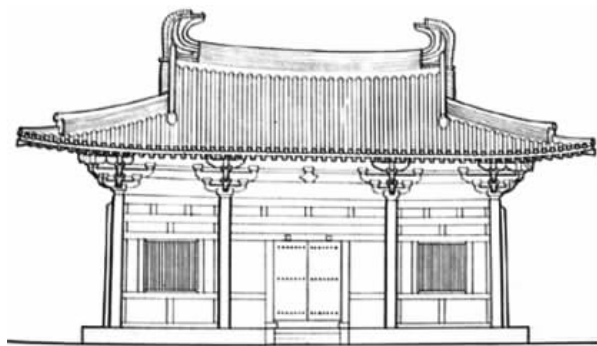
[8] 吴镇烽、尚志儒:《陕西凤翔高庄秦墓地发掘简报》,《考古与文物》1981 年第 1 期 12~38 页。

(接 90 页)

横连接,以加强整体刚度。清水寺是最典型的例子),是约束变形的关键:传统建筑的门槛,用料粗壮结实,它位于檐柱或金柱之间,把柱子紧紧的卡住,与上部额枋的共同作用,犹如现代抗震设计规范规定的圈梁,使建筑物的整体性能更为加强(图十、十一)。



图十



图十一

6、柱子与柱础(四川叫礅蹬)之间不用嵌入,而是采用较光滑的平接。北方大式建筑采用较为平整的石板或金属蹶板;四川采用硬木作软礅过渡。此种连接方式,能显著减少柱底和柱础表面的摩擦力,避免水平剪切力的破坏。5.12 汶川 8 级地震,成都有明显震感,文殊院藏经楼石柱础受地震水平力的影响,位移 1 厘米左右,但上部结构完好无损,证明传统构造的优越性。