

# 中国古建筑的防震措施探讨<sup>1</sup>

张志中

(中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

**摘要** 中国的古建筑早在汉代就基本定型, 到唐、宋时期已有明确规制, 而梁思成先生在《图像中国建筑史》中提及到了一些“不守常规”的建筑, 本文调查发现它们分别是1303年洪洞8级地震和1695年临汾7¼级地震之后重建的产物。进一步分析发现, 依现代防震理念, 先人“不守常规”的做法其实是按震害经验采取了有效防震措施。这些防震措施虽然使建筑外观不够美观, 但却增强了建筑物的防震性能。

**关键词:** 中国 古建筑 防震措施

## 引言

中国建筑与中国文明同样古老。所有的资料来源——文字、图像、实例——都有力地证明了国人一直采用一种土生土长的建筑架构体系, 从史前时期直到当代, 始终保持着自己的基本特征(梁思成, 2001)。在中国古建筑中, 尤以木架结构体系为主, 砖石结构为辅。由于木架结构中的木材具有较强的弹性和韧性, 使得梁柱框架结构的整体性较强; 高级古建筑的基础部分采用满堂灰土, 用分层夯实的灰土做地基, 具有较好的整体性, 材料弹性也较好, 因此木构架房屋具有较高的防震性能(罗哲文, 1990)。在众多现今仍保存完好的古建筑中, 有建于公元857年的山西五台山佛光寺大殿, 曾经受过1038年山西忻州7¼级地震和1683年山西原平7级地震的考验, 2次地震对建筑场地的影响烈度达Ⅷ度; 而建于公元894年的天津蓟县独乐寺观音阁及山门, 经受过1679年河北三河平谷8级地震的考验, 该地震对建筑场地的影响烈度达Ⅹ度(鄢家全等, 2011)。探讨古建筑中的防震措施, 是为了更好地继承和发扬这种理念, 总结出适用于现今建筑的防震措施。遗憾的是, 目前还未找到有关古地震中防震理念的文字证据。最近的研究仍以历史文献、考古资料和现存古建筑结构为基础, 进行分析、推论和试验验证等(张鹏程, 2001; 2002; 2003)。本文拟以地震区的典型建筑为例, 探寻古建筑的防震措施。

## 1 典型建筑

中国建筑孕育并发祥于遥远的史前时期, 发育于汉代(约在公元开始之时), 成熟并逞其

**1 基金项目** 国家科技支撑计划课题 2015BAK18B01 “县市防震减灾能力评价模型及风险动态评估系统研发”资助

**[收稿日期]** 2016-07-20

**[作者简介]** 张志中, 男, 生于1954年。高级工程师。早期从事地震仪器研制工作。现从事历史地震和工程地震工作。

E-mail: zhizhong1954@126.com

豪劲于唐代（7 至 8 世纪），臻于完美醇和于宋代（11 至 12 世纪），于明代初叶（15 世纪）开始显出衰老羸直之象（梁思成，2001）。中国古建筑早在汉代就基本定型，到唐代和宋代已经很豪劲而完美了。在宋朝还颁发了长达 34 卷的《营造法式》建筑工程规范，对基础、结构、构件、乃至门岁和砖瓦都有明确的规制。

本文所论之典型建筑，是指在结构上不合常规的古建筑。在梁思成先生著的《图像中国建筑史》（梁思成，2001）中，例有这类典型建筑。

（1）山西[洪洞县]广胜寺的上、下二寺是两组使人感兴趣的建筑，它们全然不守常规（图 1、2）。在这些元末或明初的建筑中可见到巨大的昂，它们有时甚至被用以取代梁。这种结构也曾见于晋南的某些建筑，如临汾的孔庙，但在其他地区和其它时期的建筑中却不曾见。所以，也可能纯系一种地方特色。

（2）自 1234 年金亡之后，密檐塔突然不再流行，而被多层塔取代。在明代，这类塔的特点是塔身更趋修长，而各层更显低矮。在外形上，塔身中段不再凸出，较少卷杀，通体常呈直线形收分僵直；屋檐的比例比原来木构小得多，出檐很浅，而斗拱纤细甚至取消，使屋檐沦为箍状。这类塔实例很多。建于 1515 年[明正德十年]的山西洪洞县广胜寺飞虹塔（图 3）是一个特例。塔共 13 层，塔身逐层收分甚骤，毫无卷杀，形成一座比例拙劣的八角锥体。尤为拙劣的是，在其底层周围，环有一圈过宽的木构回廊。塔的外面以黄绿两色玻璃砖瓦赘饰，各层出檐则交替地以斗拱和莲瓣承托。在结构上，全塔实际上是一座实心砖墩，仅有一道楼梯盘旋而上，后者的结构颇有独到之处，全梯竟无一处供回的平台（图 3）。西临汾县大云寺方塔（图 4）大体也属这个类型，其外观也同样不佳。此塔重修于 1651 年[清顺治八年]，共 5 层，上更立八角形顶一层，是刹的一个新奇变体。底层内有一尊巨大的佛头像，约 20 英尺（约 6m），直接置于地上。这种做法犹如放置此像的塔的设计一样，全然不合常规。



图 1 广胜寺下寺前殿建于 1319 年（元延祐六年），可见巨大的昂

Fig. 1 Lower temple interior hall, 1319 in temple of the dragon king, showing huge ang

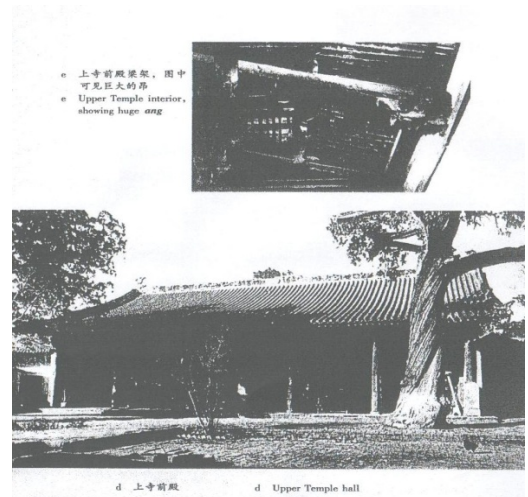


图 2 广胜寺上寺前殿，可见巨大的昂

Fig. 2 Upper temple interior hall, 1319 in temple of the dragon king, showing huge ang

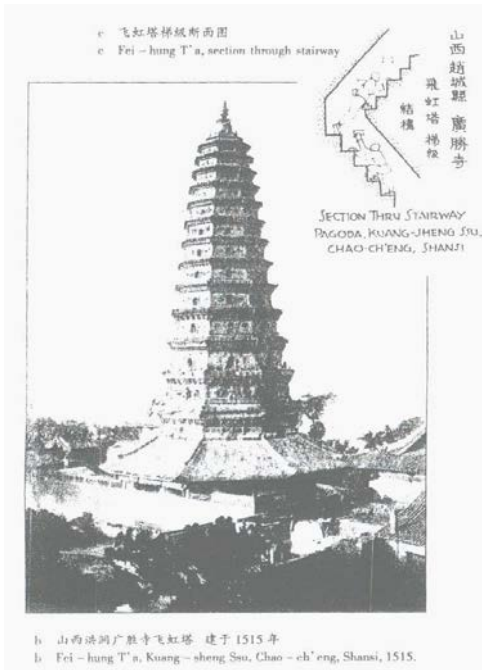


图3 山西洪洞广胜寺飞虹塔建于1515年  
Fig. 3 Fei hong pagoda in Temple of Guangsheng, Shanxi, 1515



图4 山西临汾大云寺方塔建于1651年  
(重建于1728年)  
Fig. 4 Square pagoda, Tayun si, Lin fen, Shanxi, 1651

值得注意的是，被梁思成先生视为不合常规的这些典型古建筑，都在山西省的临汾地区。而临汾地区又是中国大陆上地震活动最频繁、最强烈的地区之一，曾发生过1303年的洪洞赵城8级地震和1695年的临汾7¾级地震，以及多次6级地震。这些典型古建筑是否同大地震后的重建有关呢？值得关注。

## 2 与大地震后的重建有关的典型古建筑

1303年发生在山西省洪洞赵城一带的8级地震，是中国历史上文字记载史料较多的大地震之一。经考证研究后给出的该震等震线分布图表明，广胜寺所在洪洞赵城一带的地震烈度达XI度；临汾市位于X度重破坏区内（国家地震局地球物理研究所等，1990a）。该次地震曾造成大量房屋建筑和农田水利设施被破坏，死亡人数超过20万，因此，地震灾区的恢复重建是个艰难而漫长的过程。

### (1) 洪洞广胜寺

据（明）洪武《平阳志》记：“广胜寺在霍山南岭上，归有阿育王所建舍利塔，……至元大德地震，庙、塔倾颓，遂移寺山下。当霍泉之北，归寺遗址尚存。”又记：“元大德间地震，将北霍渠郇堡等村渠道陷裂，斗门壅没不存。泉水减少”（王汝鹏，2003）。

又据《重修明应王殿之碑》记载：“……泉之北，古建大刹精蓝，揭名曰‘广胜’，不虚誉耳。视其佳丽绝秀，非大雄能栖此乎？殿廊、斋舍仅可百楹，僧行称是。世祖薛禅皇帝御容，佛之舍利、恩赐藏经在焉，乃为皇家祝寿之所。……缘其归，殿宇、门廊、像绘尤备。不幸至大德七年八月初六日夜，地震河东，本县尤重，靡有子遗。书云‘火炎昆岗，玉石俱

焚’。奚尝有二哉！上下渠堰陷坏，水不得通流。当年十一月，渠长廊下郭髦，告蒙本路总管府差委霍州倅李承务、县尹刘承事董其役，开淘依归浇灌。至大德九年秋，本路万僧都宣差祀香，省会渠长史珪并本县官，将殿即便重盖。县委主簿申公，提调珪与南霍杜玉、胡福渠长鸠工，各量使水村，分计置修造，富有者施财，贫薄者出力，创起正殿木装，始经营之也。时有寺僧聚提点亦尝施工。继而刘思直塑像结瓦，郭景信造门成趣。至延佑六年，渠长高仲募工，殿内砌造沙壁完备。南霍渠长王显、许亨同心津助，及山之僧妙潜添力赞其事，焕然为之一新，谤者杜其万口。……”（王汝鹏，2003）。

以上文献资料说明：

①位于霍山南岭上，气势宏伟的皇家寺庙广胜寺，在元大德七年（1303年）地震时，曾遭受到“庙、塔倾颓”的毁灭性破坏。震后移寺山下重建。

②震后3个月，先修复上下渠堰，使之依归浇灌。震后2年才开始重建寺庙，经14年即1319年才修建成今下寺。

③直到大地震后80年的明洪武年间，山上的归寺遗址尚存，上寺和塔还未重建。据梁思成先生考证（本文前述），上寺建于元末明初；飞虹塔建于1515年。

这就是说，当今誉满中外的广胜名寺，是在遭受1303年大地震的毁灭性破坏之后，经过200年的时间重建的。其上、下寺和飞虹塔等典型建筑，均属地震后的重建产物。

## （2）临汾孔庙

中国从宋朝开始推崇儒学，以孔庙为代表的庙学盛行。临汾孔庙在1303年大地震后是否重建，未见到确切的文字记载。但从《山西地震碑文集》中（王汝鹏，2003）可见，位于该地震影响Ⅷ度区（文水、安邑等）刚重建过的文庙又遭严重破坏，不得不再次重建，而且临汾城南规模宏伟的尧庙，直至1447年还未重建到震前的规模（王汝鹏，2003）。因此，位于该次大地震Ⅹ度区的孔庙，震后重建是难免的。现有资料表明，在1695年临汾地区又遭受7 $\frac{3}{4}$ 级地震后，该庙不得不再次重建。

据清康熙三十五年《临汾县志》和康熙四十七年《平阳府志》记：“康熙三十四年四月初六戌时地震，府城并东关城垣、楼堞、衙署、神佛、庙宇、民舍、仓库尽行倒塌，压死城乡人民贰万柒仟捌佰肆拾柒人。……”。“平阳知府清发蒲州、河津仓米煮粥，……。又发西安库银贰拾万两修理城垣、府县两学并文武各衙门、仓库、监狱”（谢毓寿等，1987）。

又据清·平阳府学文庙祭器乐器仪注碑（1708年）记：“康熙甲申冬，余承乏平郡，初谒圣庙，见学宫当地地震之后，俱系新建，规模整饰，而木主已朽坏。……”（王汝鹏，2003）。

再据清·平阳重修郡学碑（1734年）记：“学校设于郡、于州、于县，一也。而郡学为支属所观法，尤郡政之先务。……。平阳郡学修于国朝康熙三十四年地震圯后，一切祭祀陈设、礼乐诸器，则备于四十七年间前守东武刘君之手，详郡乘所载刘君碑记中。……”（王汝鹏，2003）。

以上文献资料记载说明，在1695年大地震时，临汾文庙再次遭到“尽行倒塌”般的毁坏，震后由政府出资重建。在重建中可能使用过旧材料，10年后（1708）又见有木柱朽坏的现象。临汾城内就一座孔庙。梁思成先生所见到有巨大昂的孔庙，当是该庙。

## （3）临汾大云寺分塔

临汾大云寺始建于唐贞观六年（632年），曾多次重修。现今屹立的古塔，是1695年大地震后重建的产物。

据清·平阳府城大云禅寺重修碑记：“平阳府郡城西南隅，古有大云禅寺，俗曰铁佛寺。肇自大唐贞观六年建寺，屡代重修。中有金顶宝塔一座，上出重云。偶于大清康熙乙亥岁夏四月六日戌刻，忽遭震变之灾，寺庙倾塌，民居无存，压死男女不可胜记。地声如雷，经年不息。至五十四年乙未岁，复有善士陈国信，始发慈念，请设会教，督工尽力，兼募四方檀越，谨卜是年春二月一日，命工起建，始立宝塔根基，层层日葺，修至年月日，工成告俊。……”（王汝鹏，2003）。

再据清·平阳府重修大云禅寺浮图碑记：“……。按郡志，浮图建于唐贞观六年。……。由唐而五代、而宋、而元、而明、历千两百载，浮图有无修殿，当亦无关兴废，都不知载。……。岁在康熙乙亥，坤维偶而失奠，浮图随毁。毁三十年，而余来守兹土。省问疾苦，比多旱干，岁屡不登，胶痒之士亦鲜获隽。……。嗟乎！士为民首，民为邦本，食为民天。……。爰集诸绅士，鸠工庀材，度其费亦不甚巨。……。计工起于雍正五年二月，迄于六年三月。……”（王汝鹏，2003）。

已有文献资料说明：①临汾大云寺、及金顶塔始建于唐贞观六年，曾历代重修（其中包括梁思成先生提到的1651年重修）；②1695年大地震时，庙宇、宝塔倾塌，民居无存；③大地震20年后（1715年），才重建寺庙，并始立宝塔根基；④因连年旱干等原因，直到1728年春，大云寺内的宝塔才完成重建。这就是说，梁思成先生所见到的大云寺方塔，应该是在1695年临汾7 $\frac{3}{4}$ 级地震之后重建的产物。

本节所述内容表明，洪洞广胜寺（包括上、下寺及飞虹塔）、临汾孔庙和大云寺方塔等，这些曾被梁思成先生认为是“不守常规”的古建筑，都是遭受大地震毁坏后重建的产物。

### 3 探讨

现今，防震措施是指根据抗震理念设计原则，进行建筑和结构总体布置、地基处理、选择材料并确定细部构造的过程。各类工程结构的防震措施要求，都是根据地震灾害的特点和工程经验等所形成的基本原则而规定的。中国的古建筑虽然具有较强的防震性能，但大地震灾害仍属于偶然事件，难以避免，大量的古建筑不得不在大地震后重建。在重建工作中，先人们有可能根据震害经验采取某些“不守常规”的措施，以图更有效地防御和减轻地震灾害。本文拟针对前述震后重建的古建筑，探寻其防震措施。

#### （1）巨昂的防震作用

昂是指外檐柱顶端华拱上部从内面向下斜伸的悬壁长木构件（图5，梁思成，2001）。昂的上端称为昂尾，常由梁或枋的重量将其下压，从而成为支承排出的屋檐的一根杠杆。有的古建筑，如山西五台山的佛光寺大殿，屋檐排出达4米，可以见昂的作用很重要。木结构房屋自身具有较好的耐震柔性性能，在遭遇大地震时，屋架经反复摇摆，可能倾斜，但不会像砖石结构那样容易倒塌。但是，人们受到地震惊吓都会仓皇外逃，而檐瓦掉落或屋檐垮塌，却成为伤亡的主要原因。由巨大的昂支撑的屋檐，比常规的昂要稳固一些，不易垮塌。当由巨大的昂取代梁时，屋檐的整体性更好，屋檐不会因昂尾同梁之间脱节而垮塌。

因此，无论是1303年洪洞8级地震后广胜寺的重建，还是1695年临汾7 $\frac{3}{4}$ 级地震后孔庙的重建，所采用的不守常规的巨大昂构件，有时甚至取代梁的做法，实际是提高屋架的稳固性，也就是增强了防屋檐垮塌能力，减少地震伤亡的防震措施。

## (2) 飞虹塔的防震特点

建于1515年的山西洪洞县广胜寺飞虹塔，曾被梁思成先生视为“特例”（梁思成，2001）。但用现代防震理念来看待，该塔的特例却具有防震的特点。

首先，“在结构上，全塔实际上是一座实心砖墩，仅有一通楼梯盘旋而上”。这种实心砖墩增大了横截面积，对比“空心”塔来具有更强的防震性能。“塔共十三层，塔身逐层收分甚骤，毫无卷杀，形成一座比例拙劣的八角锥体”。八角锥体比四角或六角锥体具有更好的轴对称性。收分甚骤的八角锥体，虽然不够秀美，但相对于同样高度的塔却降低了重心，减少了地震作用下的摇摆力矩，增强了防震能力。

从飞虹塔结构受力示意图（图6）中可以看出，其重心高度约为全高的 $2/5$ 左右，若为追求外形的优美而采取较小的收分或上下收分，将会显著提高重心高度，造成在地震力的作用下底部弯矩增大，由于砖砌体本身的强度特性，边缘一旦出现拉应力则可能迅速导致塔的破坏。

图中 $F$ 为水平地震力， $C$ 为质心位置， $G$ 为重力， $H_c$ 为质心高度。这个时期的塔普遍出檐很浅，而斗拱纤细甚至取消。而飞虹塔却“各层出檐则交替地以斗拱和莲瓣承托”。仍然采用斗拱和莲瓣承托其屋檐，必然使其屋檐更加稳固，在地震中不易塌落。尤其是在其底层周围，环有一圈过宽的木构回廊，在梁思成先生看来很不美观，甚至很“拙劣”，但其在地震时可以起到很好的防护作用，万一塔身某些不坚固的物体掉落下来，不至于伤及塔下的人员。

该塔虽然建在霍山南端山脊之上，地震中受弧突地形加鞭稍效应的影响较大，由于具有上述防震的特点，经受住了多次大地震的考验。在1556年陕西关中 $8\frac{1}{4}$ 级地震时，影响到洪洞广胜寺一带的烈度为VII度（国家地震局地球物理研究所等，1986），飞虹塔安然无恙。1695年临汾 $7\frac{3}{4}$ 级地震时，广胜寺所在的洪洞赵城位于VIII度影响区内（国家地震局地球物理研究所等，1990b）。据实地考察、考证，飞虹塔只是塔顶4个小金顶中的2个被震坏，并于1703年修复（王汝鹏，2003）。

所以说，在1303年山西洪洞8级地震之后重建的广胜寺飞虹塔，采取了一些不符合建筑美学的做法，但却是该塔的防震特点。

## (3) 大云寺方塔的防震优点

现存的大云寺方塔，是1695年临汾 $7\frac{3}{4}$ 级大地震后重建的产物。方塔底层供奉有高约6米的巨大佛头像。整座塔逐层收分甚骤，像四面锥体，被梁思成先生视为外观不佳，全然不合常规。因该塔底层供奉有巨大佛头像，若按常规设计建造，塔高将难以实现。收分快，降低了塔高，也降低了塔的重心，缩短了塔的自振周期，塔的底面积又大，这就提高了塔的稳定性和防震能力。同时由于尽可能降低塔身整体的重心，这就在一定程度上弥补了塔底部大开间造成的重心升高的不利特性，从而实现了结构与功能的统一，满足既定功能的同时保证了塔身整体的在水平地震力作用下的刚度和强度，牺牲外观美观的代价也是能够接受的，大云寺方塔结构受力示意图如图7所示。

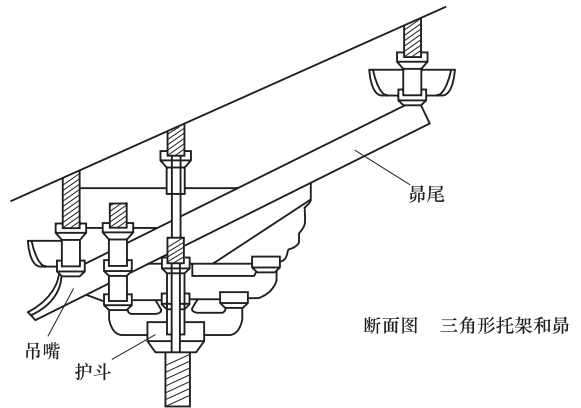


图5 斗拱托架和昂

Fig. 5 Showing bracket set and ang

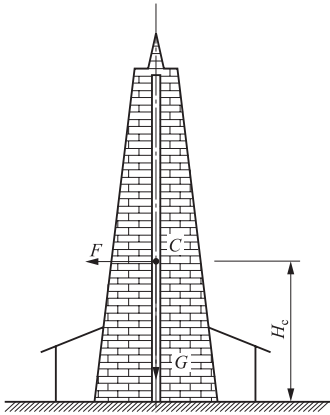


图6 飞虹塔结构受力示意图

Fig. 6 Feihong tower structure stress diagram

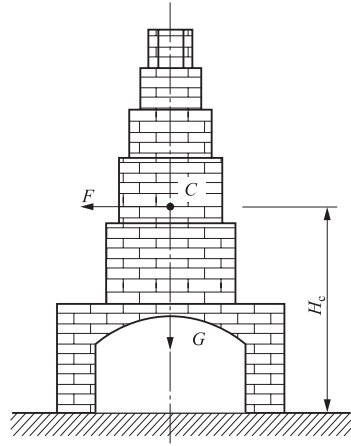


图7 大云寺方塔结构受力示意图

Fig. 7 Dayun temple tower structure stress diagram

图中  $F$  为水平地震力,  $C$  为质心位置,  $G$  为重力,  $H_c$  为质心高度。虽然该塔重建后未经大地震的考验, 但类似的震害经验可以间接证明。在 1556 年陕西关中 8¼ 级地震时, 西安的影响烈度为 IX 度 (国家地震局地球物理研究所等, 1986)。其外形与大云寺方塔类似, 建于 701—704 年的西安慈恩寺大雁塔, 经地震后完好无损。而外观秀美的西安荐福寺小雁塔 (建于 707—709 年), 却在地震时遭到塔顶垮落, 塔上部沿岁口产生贯通裂缝。(梁思成, 2001)。

所以, 大云寺方塔的外观虽不佳, 但其结构形式具有底面积大、重心低、自振周期短等防震优点。

## 4 结论

综上所述, 可得如下结果:

(1) 中国的建筑一直采用着一种土生土长的构造体系, 从史前时期以来, 始终保持着自己的基本特征。中国的古建筑早在汉代就基本定型, 到唐代和宋代已经豪劲而完美了。在宋朝还颁发了长达 34 卷的《营造法式》工程规范, 对基础、结构、构件、乃至门岁和砖瓦都有明确的规制。

(2) 在中国的古建筑中, 尤以木架结构体系为主, 砖石结构为辅。而木构架房屋具有较高的防震性能。在众多至今保存完好的古建筑中, 有经受过 VIII 度、甚至 X 度地震影响的实例。灾害性地震仍属偶然事件, 难以避免。大量的古建筑不得不在大地震后重建。先人们在大震后的重建中, 可能会根据震害经验采取某些“不守常规”的防震措施, 以图避免和减轻地震灾害。因此, 拟以地震区典型的古建筑为例, 探寻其防震措施。

(3) 在梁思成先生所著《图像中国建筑史》中, 曾指出一些“不守常规”的古建筑。其中包括山西洪洞县广胜寺上、下二寺和临汾孔庙等建筑结构, 可见到巨大的昂, 昂有时甚至被用以代替梁; 广胜寺的飞虹塔则是一座比例拙劣的八角形实心砖墩锥体, 在其底层周围, 环有一圈过宽的木架回廊; 临汾大云寺方塔, 其结构和外观也全然不合常规。值得注意的是, 这些被梁思成先生视为不合常规的古建筑, 都在山西省的临汾地区。而临汾地区又是中国大

陆上地震活动最频繁、最强烈的地区之一。

(4) 地方志书和地震碑文记载的史料表明：①洪洞广胜寺上、下寺及飞虹塔，是在 1303 年 8 级地震时遭受“庙、塔倾颓”的毁灭性破坏后，经 14 年才建成下寺，到 1515 年才建成飞虹塔；②临汾孔庙在 1695 年大地震时又遭到“尽行倒塌”般的毁坏，震后由政府出资重建；③临汾大云寺及金顶宝塔在 1695 年大地震时遭到“庙宇、宝塔倾塌，民居无存”的毁坏，震后 20 年才重建寺庙并始立宝塔根基，直到 1728 年春才建成现存的方塔。所以说，这些“不守常规”的古建筑，都是遭受大地震毁坏后重建的产物。

(5) 用现代防震理念来看待上述古建筑中不守常规的做法，恰恰是防御和减轻地震灾害的有效措施。其中：①在庙宇大殿中采用巨大的昂构件，有时甚至取代梁的做法，实际上是提高屋架的稳固性，也就增强了房屋檐的抗垮塌能力，可减少地震造成的人员伤亡。②飞虹塔的实心砖墩增大了横截面积；八角锥体具有更好的轴对称性；收分甚骤降低其重心；各层出檐则交替采用斗拱和莲瓣承托，使其屋檐更加稳固；底层周围过宽的木构回廊，有很好的防护作用。③大云寺方塔的外观虽不佳，但其结构上具有底面积大、重心低等防震优点。这就是说，先人们在大地震后的重建中，可能会按震害经验采取某些不守常规的防震措施，虽然在结构外观上不够美观，但却增强了建筑物的抗震性能。可以推想，如果梁思成先生注意到这些不守常规的建筑都是大地震后重建的产物，有可能就不再将其视为另类，也许会从抗御地震灾害的角度得出更为合理的解释。

**致谢：**李小军、刘爱文、吴健研究员对本文提出了宝贵的意见和建议，吴健研究员为本文提供了结构动力图件，已故工程地震专家鄢家全先生在生前将梁思成的著作推荐给许多同事和研究生阅读，并就书中的一些观点展开过讨论，对本文的撰写思路很有启发，在此一并表达谢意！

## 参考文献

- 国家地震局地球物理研究所，复旦大学中国历史地理研究所，1986. 中国历史地震图集（明时期）. 北京：地图出版社.
- 国家地震局地球物理研究所，复旦大学中国历史地理研究所，1990a. 中国历史地震图集（远古至元时期）. 北京：中国地图出版社.
- 国家地震局地球物理研究所，复旦大学中国历史地理研究所，1990b. 中国历史地震图集（清时期）. 北京：中国地图出版社.
- 梁思成，2001. 图像中国建筑史. 梁从诫译，天津：百花文艺出版社.
- 罗哲文，1990. 中国古代建筑. 上海：上海古籍出版社.
- 王汝鹏，2003. 山西地震碑文集. 太原：北岳文艺出版社.
- 谢毓寿，蔡美彪，1987. 中国地震历史资料汇编第三卷（清时期）. 北京：科学出版社.
- 鄢家全，张志中，王健等，2011. 中国历史地震烈度表研究. 地震学报，34（4）：515—531.
- 张鹏程，赵鸿铁，薛建阳，高大峰，2001. 中国古建筑的防震思想. 世界地震工程，17（4）：1—6.
- 张鹏程，赵鸿铁，薛建阳，高大峰，2002. 中国古代大木作结构振动台试验研究. 世界地震工程，18（4）：35—41.
- 张鹏程，赵鸿铁，薛建阳，高大峰，2003. 斗拱结构功能试验研究. 世界地震工程，19（1）：102—106.



## Discussion on the Earthquake Prevention Measures of Ancient Architectural Buildings in China

Zhang Zhizhong

(Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China)

**Abstract** China's ancient architecture as early as the Han Dynasty on the basic stereotypes, to the Tang, Song period there is a clear regulation, and Mr. Liang Sicheng in the "A Pictorial History of Chinese Architecture", referring to some of the "non-conventional" of the building. In this paper, we find that they are the product of the 1303 Hongdong  $M 8$  earthquake and the  $M 7\frac{3}{4}$  Linfen earthquake in 1695. Further analysis found that, with the concept of modern shock to treat, the first people "not to observe the conventional" approach is actually based on the experience of earthquake damage to take effective measures. These protective measures for consideration. Although the appearance of the building is not good, but enhance the shockproof performance of buildings.

**Key words:** China; Ancient architectural buildings; Earthquake prevention measures