



现代木结构

—— 抗震建筑首选



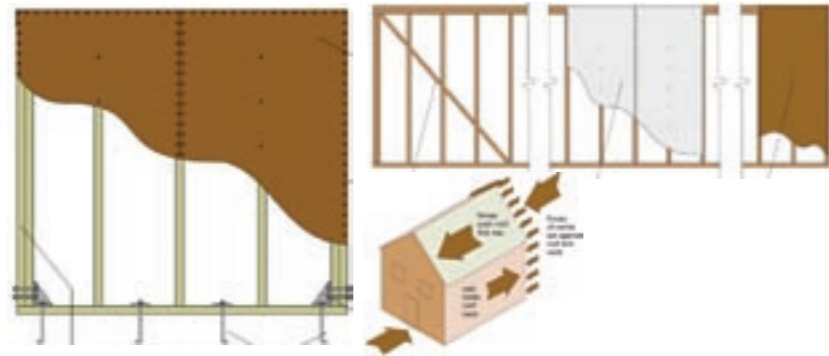
轻型木结构的抗震性能及其构件的多重运用



木结构分传统木结构和现代木结构，轻型木结构属于现代木结构范畴，现代轻型木结构与传统木结构的重大区别在于设计、制造和安装中具备防火、防蚁、防腐和抗震功能。轻型木结构体系，是将小截面规格材构件墙体、楼盖和屋盖构成的箱形建筑体系。

轻型木结构住宅在国外已有数百年的历史，美国、加拿大有95%人住轻型木结构住宅，另外在日本、韩国、台湾、土耳其等国家轻型木结构都广为普及。在国内，轻型木结构住宅近十多年有了较大的发展，建设部近年先后发布了国家标准，木结构工程施工质量验收规范，木结构设计规范，木骨架组合墙体技术规范，进一步促进了我国轻型木结构建筑的发展。在地震多发地区如日本，台湾等地，人们都不约而同的选择轻型木结构住宅作为重建的不二之选。

根据中国工程院院士和建设部专家分析，我国的大地震致死原因，95%的人是被建筑物倒塌压死的。建筑物大部分倒塌除建筑质量，就是建筑结构选择问题，地震带附近地区，应多选抗震型结构建筑。日本在95年神户大地震后广泛的使用了轻型木结构体系，这也是自此后，日本每次大地震都极少发生大规模伤亡的一个重要原因。



从结构设计的角度来看，建筑结构的重量、阻尼、强度、刚度、延性和整体性都是决定建筑物地震反应的因素。地震是一种自然现象，当发生地震时，地面运动决定了其本身的加速度、速度和位移，但是上述结构自身的特性就像一个“转换器”，在各种因素的共同作用下，可以改变地面上建筑物的地震反应，也就是说在同一场地震中，相同的地面运动，不同的建筑结构有不同的地震反应，有的建筑物经过大震依然可用，但有的建筑物已然成为废墟。我们说，根据建设场地地质条件的特征和地震的特点，通过调整“转换器”中各种影响因素的大小，进行合理的设计，是可以做到建筑物大震不倒的设防要求的。

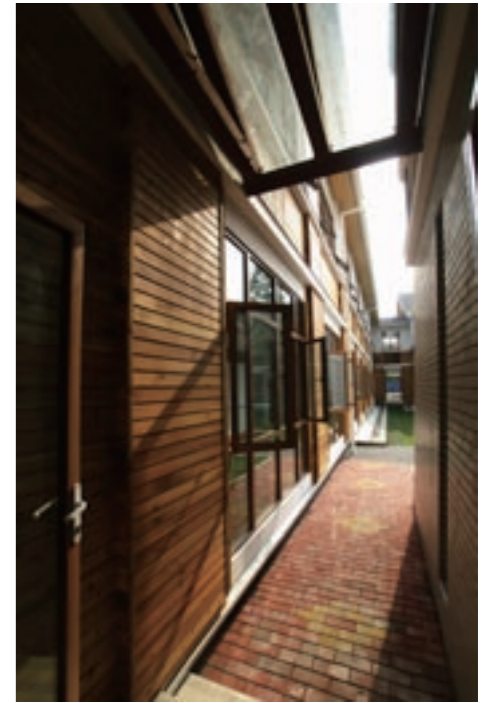
说到木结构，我们不得不提一下中国传统的木结构。木结构在中国的使用和建造有着非常悠久的历史和丰富的经验，其中隼卯连接是传统木结构最典型的连接方法，隼卯节点不用铁钉，不用钢销，通过能工巧匠的刻凿，就能将梁和柱牢固的连接在一起。举个身边的例子来说，就是普通的木椅，其各个构件之间均采用隼卯连接，使用时间久了或使用不当吋，木椅节点会松动，当你用手去摇动木椅时，虽然会有明显的变形，但木椅不会散架破坏。其实这其中蕴含了一个非常重要的抗震思想，就是“以柔克刚”。通过结构在允许范围内的变形和错动来消耗地震的能量，这样就能保证结构的整体安全。

轻型木结构是一种采用小断面规格木材通过钉和金属连接件连接固定建造而成的建筑物。木材本身就具有弹性，在外力作用下有一定的变形和恢复能力；而钉节点和金属连

接件节点和我们传统木结构中的隼卯节点可谓异曲同工，都具有一定的变形能力，这样轻型木结构就形成了一个柔性结构。轻型木结构有三大特点，首先，结构自重轻，木材的重量仅为混凝土重量的1/4到1/5，相同体量的建筑物，结构自重越小受到的地震作用也越小，所以轻质的木结构受到的地震作用比较小；其次，轻型木结构采用规格材做墙体骨柱，定向刨花板或胶合板等结构性能稳定的板材做覆面板，形成具有良好抗侧能力的木剪力墙，这也是结构主要的抗侧力构件；最后，小断面密布的轻型木结构是柔性结构，有很大的结构冗余度以及一定范围内的变形能力，结构可以通过自身的变形来消耗能量，提高整体安全性。当发生地震时，在三大特点的共同作用下，轻型木结构体现出良好的“以柔克刚”的抗震性能。

以世界范围内的几次大震中轻型木结构的实际表现来看，轻型木结构的抗震性能是稳定和经得起考验的。轻型木结构大量的用于北美地区的住宅建筑，所占比例在95%以上，1964年阿拉斯加地震，1971年加州圣佛南多地震，1987年纽西兰艾几次比地震，1988年魁北克萨坤内地震，1989年加州娄玛布理塔地震以及1994年加州北岭地震，20世纪以来的历次大震中，轻型木结构的抗震性能得到了充分的体现和证明。

在汶川地震中，位于震区的轻型木结构再一次经住了里氏8级的大震考验。都江堰青城山前山的中国青城项目中有部分别墅的结构采用了轻型木结构，在灾后的实地调查中发现，建筑面积约200平方米的轻型木结构房屋底层裂缝最多出现了6处，二层的裂缝最多出现了2出，多为门窗洞口等角部的细小裂缝以及厨房卫生转角和镜子周围的裂缝，经过专家的仔细分析，部分裂缝是墙体石膏板覆面在地震中发生错动而引起的表面装修层的开裂，并



不影响结构的安全性以及正常的使用。和轻型木结构别墅相邻的混凝土框架和砌体填充墙结构虽然混凝土主体框架并没有发生严重的破坏，但其间的砌体填充墙却在地震中严重破坏，掉落的砌块和出现的明显裂缝严重影响了建筑物的使用和安全。

通过大量的实际震害调查结果以及这次汶川地震的震害比较，轻型木结构的房屋较同体量的钢筋混凝土或砌体结构具有更好的抗震性能，没有明显和致命的破坏；另外，木结构墙体不会像砌体填充墙那样破坏并大面积的砸落引起伤害事故；根据中国抗震设计规范，轻型木结构的设计相对北美的设计更加保守偏安全，因为不考虑石膏板对抗侧力构件的贡献，但北美的研究表明，石膏板在作为墙体覆面板时，是可以提高墙体抗侧能力的，这无疑提高了轻型木结构的安全储备。

目前，在很多国家和地区，轻型木结构都得到了很多的应用和大力的推广，例如地震多发的美国加州地区、新西兰、台湾地区、土耳其以及日本。很多国家或地区都在大震中看到了轻型木结构的优势，所以积极的推广并鼓励人们采用轻型木结构建造房屋，提高建筑的抗震能力。另外，很多实际工程还创新性地将轻型木结构与混凝土框架等不同的结构形式混合使用，既利用混凝土框架开较大洞口满足商业需要，又利用轻型木结构提高了结构整体的抗震性能。最好的例子当属木桁架屋架体系以及木骨架填充墙系统。

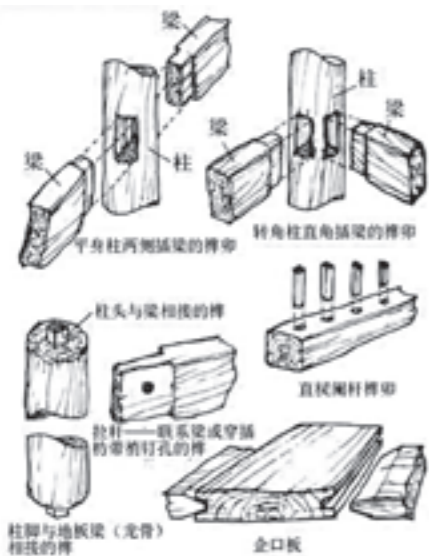
我们认为由于中国现有森林资源宝贵，大力发展木结构建筑一方面完全可以依靠利用国外林产丰富，科学管理，合法来源的森林资源，一方面又可进一步提升国内建筑行业可持续发展水平，提升建筑节能效率。

当然，任何结构都需要进行合理的设计和有良好的施工才能发挥其特点和作用，轻型木结构也不例外。



四大特性决定现代轻型木结构建筑为何抗震：

- 1 典型的木框架房屋具有无数的小连接点，而非少数的几个关键的连接点，从而为地震力提供了附加的转力路径。地震发生时，一旦某连接点超载，其超载部分可由相邻的连接点分担。
- 2 木材具有较高的强度重量比，因而木结构一般比其它类型的结构重量轻。重量轻在地震是一大优势。
- 3 木框架体系采用钉接节点，因而使结构体系有很好的柔性，因此能够在地震中吸收和耗散能量。
- 4 经工程设计建造的木框架建筑，其结构用面板（胶合板或定向刨花板）与墙骨柱组成有效的抗侧向力的建筑组件。



加拿大联邦政府加拿大卑诗省政府 汶川地震援建项目



加拿大联邦政府和加拿大卑诗省于2008年6月13日宣布共同出资为中国四川省地震灾区捐赠价值八百万加元的临时和永久性木结构房屋。

根据计划，加拿大联邦政府出资三百万加元，卑诗省政府出资五百万加元。此援建项目包括学校以及老人院等公共设施。所有房屋都将使用加拿大的结构木材和现代木结构建筑技术，并在中国完成设计和组装。

加拿大木结构房屋具有优秀的抗震性能，是地震多发地区较适合的一种建筑形式。卑诗省林业厅林业发展投资处中国部“林创中国”与中国5.12汶川地震重建总指挥部以及相关合作开展项目实施相关工作，包括提供技术支持和培训等，确保捐赠房屋的建设质量。经过与国家、省及地方各级重建主管部门商讨，三个项目获得批准：

- 都江堰向峨小学
- 绵阳市残疾人学校
- 北川擂鼓中心敬老院



都江堰市向峨小学——全国第一所木结构小学

向峨小学是上海市对口都江堰援建的22所中小学之一，以其中国第一所全木结构学校而闻名。向峨小学按照8度抗震标准建造设计，由加拿大联邦及卑诗省政府捐赠所有木材，同济大学建筑设计院设计，上海绿地建设（集团）有限公司施工的各方面达到国际先进水平标准的震后重建小学。向峨小学凝聚了上海人民和加拿大人民对灾后重建的一片爱心。

向峨小学全部采用现代木结构建筑技术，完美地展示木结构建筑在抗震，节能，环保，设计灵活及施工迅速方面的各项优势。学校建筑面积占地5749平方米，主体建筑由一栋二层教学楼及行政中心大楼，一栋三层学生宿舍以及食堂组成。学校建筑全部采用来自加拿大卑诗省的高品质SPF、铁杉、花旗松以及西部红柏等木材建造，并由来自卑诗省林业厅林业发展投资处的建筑专家提供技术支持和现场质量监督。

学校木结构援建工作于2008年12月份开工，学校建筑主体占地5300平方米，包括一栋多层教室，宿舍和行政中心。木结构建筑部分于7月底完工，整体项目于8月份通过了消防验收以及施工验收。



中加合作出精品 沪都情谊结硕果



2008.8.1
加拿大卑诗省林业厅（林创中国）和上海同济大学签署了向峨小学合作备忘录



2009.2.9
韩正市长视察向峨在建工地



2009.8.28
上海对口支援都江堰市灾后重建学校项目移交仪式



2009.9.1
向峨小学开学仪式

绵阳市特殊学校



地震造成绵阳市超过13000名儿童和成人因地震成为残疾。为了帮助当地群众，绵阳市政府与卑诗省计划合作建造一所设施完备的残疾人学校，预计项目木结构建筑面积约为5300平方米，其中包括教室以及康复设施。加拿大和卑诗省将捐赠项目所需木材以及所有相关的设计建筑、技术支持等一系列服务。设计方案已得到当地政府审批，预计于2009年秋季开工。

北川擂鼓中心敬老院



中国养儿防老的传统观念使得中国的老年人依赖自己的孩子来安度晚年。对于那些孤寡老人，中国相关民政部门为他们提供了一些基本衣食，住房，医疗保障或其他一些财政补助。

北川县离绵阳市约一小时车程，也是此次地震的重灾区之一。擂鼓镇养老院在被损毁之前能够安置75名孤老。地震过后，当地约有200名孤老需要及时安置和照料。作为北川县政府的第一轮重建项目之一，县政府对于该养老院项目给予了高度重视。

重建的养老院将包括4800平方米住宅楼、医疗中心、餐饮、休闲、办公、会议等公共设施及花园、户外健身设施。绵阳市政府要求重建设计中要把当地羌族传统木结构特色和加拿大现代木结构特点有机结合。设计方案已得到当地政府审批，预计于2009年冬季开工。



1 预埋锚栓



2 安装地梁板



3 竖墙体



4 屋架，楼盖安装



5 室内外装修



6 竣工

木结构建筑 施工流程



青川“小温哥华” 低成本农民房重建项目



目前在四川青川县正在大力推广北美现代轻型木结构建筑运用到农民房重建项目中，由加拿大林木业协会牵头建造三栋样板房已经完工，当地农户对此表现出了极大的认同和热情。轻型木结构建筑作为一个成熟建筑体系，其实不仅仅可以用于高档住宅，成本是根据装修程度及结构复杂度而异的。在四川青川等重灾区，成本还是老百姓一个很关心的问题。在青川推广的低成本木结构建筑可谓是木结构的“经济适用房”，每平方米约700元的造价完全能够达到当地农户重建预算的要求。更为重要的是，这样的房屋更为抗震耐用，节能环保，建造更为迅速。用来建造轻型木结构的木材全部来自加拿大高质量的SPF规格材。和其他规格不同，加拿大的SPF规格材经过窑干和干燥，含水率达到了18%以下，不易弯曲和变形，是建造木结构建筑的不二之选。目前在青川县约有超过150栋低成本轻型木结构房屋已经完工。



木结构混合建筑项目

常见的混合建筑是指底层为混凝土结构，二楼至四楼为木结构建筑。这种结构使得两种建筑用途共存于一栋建筑之中，通常下面一层可以作为商店，餐馆和其它商用设施，上面几层则可作为住宅。多层混合木结构是一种轻型、经济实用的建筑技术，把混凝土结构和木结构的优点很好地结合起来。这种建筑结构形式在北美非常常见，通常被用在沿街商铺的建设中。目前在上海，北京和四川都有类似已完工或正在进行的木结构混合结构项目。

木结构混合结构建筑优势卓越。主要体现在：混凝土结构在强度，门窗敞开度以及防火性能方面比较突出，木结构则在抗震、保温、施工速度和隔音方面效果最好，把木结构和混凝土结构结合在混合建筑当中，可以最大限度得发挥两种结构的各自优势，既可以满足强度、防火、抗震、保温、隔音性能的要求，又由于木结构在对地基的负荷大大减低，可以降低基础的成本。木结构得房率高的特点使得住户可以得到更加宽敞的住房，享受实实在在的实惠。所以木结构混合建筑可以产生1+1>2的良好效应。



世界最大规模木结构抗震实验证明 中高层木结构建筑抗震性能优越

2009年7月14日，在日本神户三木市日本和美国的科学家进行了一次迄今为止世界上规模最大的7层木结构建筑振动台实验。此次试验模拟的人造地震强度相当于里氏7.5级，持续震动了约40秒钟。测试结果表明中等高度的木结构建筑物对强烈的地震有较高的耐受力。

该次测试是一个名为“NEESwood”项目的一部分，该项目由美日两国科学家主持，主要研究中等高度的木结构建筑对地震活动的反应。项目有美国国家基金会提供资金，美国日本多所大学联合出资出力。进行试验的木结构建筑内，共有23套住房，是科学家花费数月建成的，也是为地震试验建造过的最大的建筑物。而完成本次测试的工作台，也是世界上最大的震动试验工作台。美国科罗拉多州立大学和一家美国的建筑公司参加了这次试验。研究人员希望，这些试验能够为在地震多发的日本神户以及美国洛杉矶地区建造防震住房获得更多资料。

作为处于地震环带的岛国日本，每年大大小小的地震余千次，所以日本政府对于建筑物抗震性能有着非常严格的规定。神户大地震后，轻型木结构作为抗震性能较好的结构形式被日本政府采纳并大规模推广，目前在日本每年新建住宅建筑中，有约40%采用北美的轻型木结构体系。

关于卑诗省林业厅林业发展投资处中国部

卑诗省林业厅林业发展投资处是加拿大卑诗省为推动该省森林产品、提高符合环保便准的良好森林实践而建立的机构。卑诗省林业厅林业发展投资处的中国部与加拿大林木业协会携手与中国政府、重要学术机构以及行业合作伙伴共同开发和建造现代木结构建筑方案的展示项目，以满足中国建筑部门对高效节能、抗震及环保方面的需求，致力于在中国开展以一个全方位的项目——引进加拿大可持续的木产品，适合中国的木结构房屋建造技术、以及园林景观和木产品加工技术。

关于加拿大林木业协会

加拿大林木业协会是代表加拿大木材行业的非盈利性组织。加拿大林木业协会致力于通过技术转让，培训和质量保证，展会研讨会等项目推广开采自加拿大可持续管理森林的木材在中国建筑行业，景观以及加工和半加工制造业的应用。加拿大林木业协会与中国政府和中国的学术机构建立起了合作关系，以帮助中国发展木材在建筑业中的应用。

上海办事处

地址：中国上海市浦东新区红枫路425号

邮编：201206

电话：86-21-5030-1126

传真：86-21-5030-2916

北京办事处

地址：北京市朝阳区朝外大街乙12号昆泰国际大厦1507室

邮编：100020

电话：86-10-59251256

传真：86-10-59251259



www.canada-bc-512quakereconstruction.org



www.canadawood.cn