

现代木结构建筑系统介绍

Introduction of Modern Wood Frame Building



Architecture 2030

我们促进绿色低碳建筑环境的发展。

我们推进实现可持续、韧性和公平的

碳中和建筑与社区

的政策和实践。

我们的作用是推动

行业行动的一致性，

以加速这一发展。



Architecture 2030

目录

> 背景.....	4
> 可持续森林管理	5
> 木材简介.....	6
针叶木规格材.....	6
木基结构板.....	7
工程木产品.....	8
> 木结构建筑体系	11
轻型木结构建筑	11
重型木结构建筑	11
混合木结构建筑	12
> 非承重木骨架节能墙体.....	13
1) 非承重木墙外墙.....	13
2) 非承重木墙内墙.....	13
> 附录一： 轻型木结构房屋施工步骤.....	16
> 附录二： 木结构建筑规范与标准.....	22
> 结语.....	23
> 参考文献.....	24

背景

- ▶ 新时代经济增长需要与环境保护协调发展已经成为全社会的共识，低碳绿色经济的发展也已经逐步成为国家新兴产业增长的引擎和动力。随着国民生活水平的提高、低碳社会的实现、经济的高速发展，以及中国作为新兴大国将承担起更多的节能减排社会责任，中国在快速发展的道路上面临着更多的挑战和机遇。

中国近几十年的房地产行业的发展，建筑行业已成为碳排放大户。根据相关数据显示，在碳排放总量中，传统建筑业排放的碳几乎占到了 50%，这一比例远远高于交通运输和工业领域。中国是一个水泥生产超级大国，在“造城”运动中，人均拥有水泥量已超过一吨，每建成一平方米的房屋就排放出 0.8 吨碳。在北美、欧洲及日本，当地的建筑业十分关注碳约束和循环经济。西方国家的装配式木结构建筑以及混合利用木材作为一种与自然和谐共生的主流的绿色循环低碳建筑形式，已经发展到了非常完善的阶段。它能够最大限度地节约资源、保护环境、减少污染，为人们提供健康、舒适、高效的使用空间。

可持续森林管理

➤ 所谓可持续林业管理，是指允许在采伐资源的安全界限内合理开发森林资源。原住民社区、私人家庭和森林的其他利益相关者也必须参与森林管理过程，以便保护他们的文化遗产。森林管理委员会 (FSC)、森林认证体系认可计划 (PEFC)、可持续林业倡议 (SFI) 和中国森林认证委员会 (CFCC) 等机构的存在，就是致力于促进全球社会责任的森林管理。这些机构的任务是促进对环境负责、对社会有益和在经济上可行的森林经营活动。带有这些机构认证标志的木制品，即产品来自于能满足当代和后代社会、经济、生态需求的森林，而非源于濒危树种或非法砍伐的树种。

森林认证是一种运用市场机制来促进森林可持续经营，从而实现生态、社会效益和经济目标的工具。森林认证通常包括森林经营的认证和林产品产销监管链的认证。

森林以及林产品在帮助减缓气候变化方面发挥着重要作用。森林通过吸收二氧化碳从而减少温室气体的排放，而林产品将固存碳并继续保持储存状态。同时，碳汇密度在较老的森林中通常更高，但这仅仅只是一部分。随着树木逐渐老化，树木中存储的碳会随着树木的腐烂以及野火燃烧而释放。生长的减缓正是采伐成熟树木的最佳时机，因为树木的树龄越大，吸收的碳就越少。另一方面，新种植和正在生长的森林，自种植的那一刻起，就开始吸收碳，并持续到它们达到被采伐的成熟树龄。在采伐后，可持续林业管理法律规定进行再造林，使森林再生。新种植的森林将会立即开始吸收二氧化碳，增加储存的碳库。当林产品应用到建设中时，这些林产品以建筑形式存在并继续存储二氧化碳，甚至直到木材纤维回收再利用之后。

使用木材 缓解全球变暖

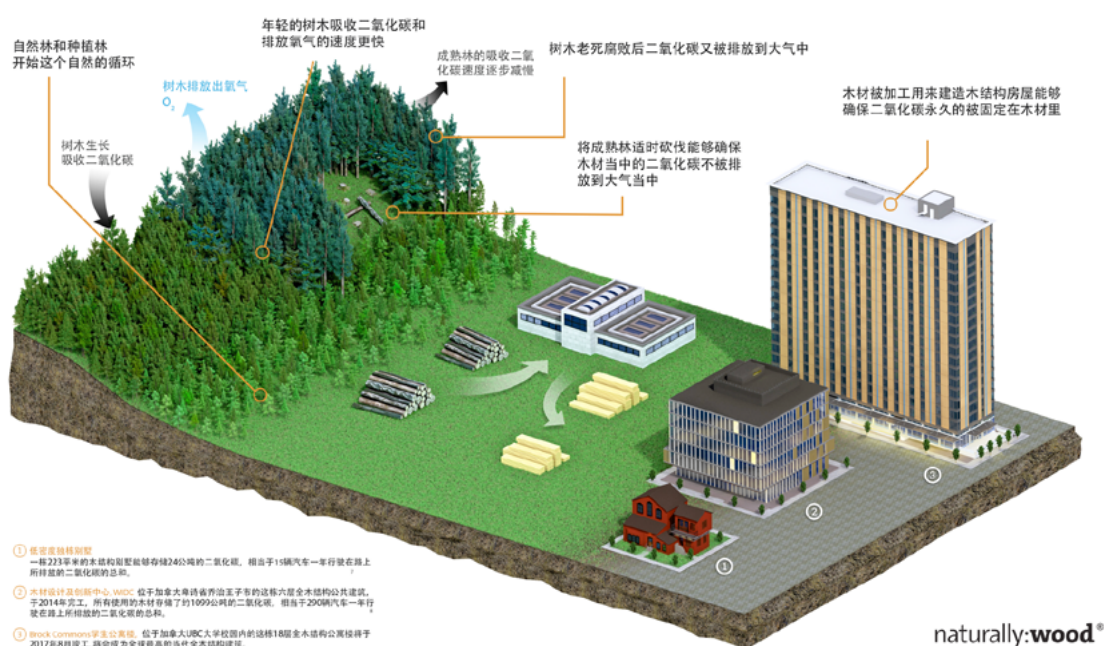


图1 使用木材，缓解全球变暖

木材简介

➤ 针叶木规格材

原木运到锯木厂，去树皮后先切割成等厚但不等宽的的锯材， 随后再切割成特定截面尺寸的锯材， 这些锯材称为毛板 (rough-sawn lumber)。毛板被切割好之后， 就需要通过视觉或激光对其分级 (grading)， 根据材料的强度和外观进行等级区分。检验内容包括锯材表面的节疤的数量与大小、变色位置、虫孔、腐朽以及其它缺陷情况。建筑结构用针叶木锯材的常规等级包括优选结构级 (SS)、一级 (No.1) 与二级 (No.2)。分级后的锯材应根据不同的截面尺寸与长度来进行堆放。锯材可以用垫木或薄木条隔开堆放， 以使其自然风干 (S-DRY)， 或送入烘干窑炉进行窑干 (KD)。对毛板进行干燥处理可以减少真菌产生的可能性， 同时减少干燥过程中出现的收缩或翘曲变形等问题。结构用锯材刨光到特定尺寸前， 需要将其干燥处理到含水率 (MC) 19% 或以下。



图 2 木材 SPF



图 3 木材 SPF

来源：加拿大木业协会

木结构建筑最常用到的木材 SPF。SPF 是树种组合，由云杉 (Spruce)、松木 (Pine) 和冷杉 (Fir) 混合组成。由于这三个树种颜色性能相似、使用特点接近，所以商业上共同种植、采伐、加工成木材并一起销售和使用。

► 木基结构板

木结构施工最初使用实木板来作为楼盖、墙体与屋面的覆面材料。现今木基结构板已占据了统治地位。这些板材和实木板相比具备以下几方面的优势。

首先，单片使用时，木基结构板所覆盖的面积大于实木板，因此板材之间的总缝隙面积要比使用实木板时小；其次，木基结构板更轻，安装更快，需要的连接件也更少；再则，木基结构板的储存和运输更简便。如果储存得当，与实木板相比，它们不仅不会发生收缩、弯曲或扭曲，而且还可以提供更大的侧向支撑力与抗分离强度。实践证明，基于此类板材的结构性能，其厚度可以小于实木板，节约了木材资源。

木结构建筑中最常用的木基结构板是结构定向刨花板（OSB）和胶合板（plywood），最常见的尺寸是 1.22 米 x 2.44 米（4 英尺 x 8 英尺）。



图 4 定向刨花板



图 5 胶合板

> 工程木产品

工程木产品是指利用现代工程技术将小规格木材或木片通过胶合、指接等手段加工成大尺寸高强度的木材构件产品。工程木产品能使我们有效利用木材资源，其加工过程极大地提高了产品的一致性和可供应的长度。同实木建筑木材相比，工程木产品的主要优势是稳定性好以及结构强度高，这意味着很多建筑项目中使用钢材之处，均可用工程木材替代。最为常见的工程木产品是胶合木与交错层积胶合木。

胶合木 (glued-laminated timber, 简称 GLULAM)

胶合木是一种通过胶粘剂将组坯层板胶合在一起的工程木产品。用于制作胶合木的组坯层板由经过干燥、分级和纵向指接接长的规格材组成。对于直线形胶合木，组坯层板的厚度通常为 35–50mm；对于曲线形胶合木，组坯层板的厚度通常为 20–30mm。胶合木的顶面和底面分别为高抗压和高抗拉的层板。胶合木一般作为梁、过梁或柱子用于结构构件裸露在外的重木结构，例如游客中心、图书馆和体育场馆。安装胶合木梁和过梁时，高抗压层板必须位于顶部，以利于发挥其优良的承载性能。胶合木之间、胶合木与混凝土或其他结构之间，以重型钢连接件连接。

现代胶合木在保留了天然木材的纹理和质感的同时，尽可能地消除了木材天然缺陷的影响。所以胶合木产品既可以满足建筑表现的要求，也可以满足结构强度和稳定等要求。概括来说，胶合木与传统的实木锯材相比，具有以下的特点：



图 6 胶合木



图 7 胶合木结构

(1) 强度高，材料的性能更均匀。

胶合木的组坯层板一般由规格材制作。由于在组坯层板的加工过程中剔除了原材料中的天然缺陷，通过胶合工艺按一定的组坯方式进行胶合，所以胶合木材料的强度较原木或锯材更高，材料的性能更均匀。同时，胶合木的组坯层板可根据构件截面应力的分布进行不同的组合，可以进一步提高材料的使用率。

(2) 不受天然木材尺寸的限制，可用于大跨结构。

原木或锯材的构件尺寸受到天然树木的限制，一般无法满足现代大跨度结构的要求。胶合木正好弥补了这一不足。通过对组坯层板在纵向进行指接接长和对组坯层板面层进行胶合，可以根据设计的需要制作构件的长度和截面尺寸，用于各种不同的大跨度结构。

(3) 尺寸稳定性好，不宜开裂和翘曲变形。

用于制作胶合木的层板进行过严格的干燥处理，一般含水率在 15% 以下。由于材质和含水率较均匀，加工制作好的胶合木构件一般不会发生干裂、扭曲、翘曲等变形。在使用过程中具有较好的尺寸稳定性。

(4) 可加工成各种构件，有很强的建筑表现力。

胶合木能够被加工成任何形状与尺寸，包括大型直梁和复杂的曲拱。设计师通过使用胶合木，在满足结构强度要求的同时，还可以充分表达建筑的艺术性。胶合木给人以温暖和舒适的外观感受，在应用过程中，设计师经常特意将胶合木曝露来展现木材的美学以供欣赏。

另外，胶合木还具有良好的保温隔热性能、便于工业化预制、快速施工、自重较轻以及耐火和耐久等许多优点。相对于钢筋混凝土和钢材等主流建筑材料，胶合木无疑是一种绿色、生态以及低碳的建材选择。

交错层积胶合木 (cross-laminated timber, 缩写 CLT)

交错层积胶合木的主材是规格材而不是薄木板，每层板材的布置同胶合木一样，但各层相互垂直布置，总层数为奇数。CLT 的生产最初源于 20 世纪 90 年代早期的瑞士，现如今主要在林业资源丰富的国家生产。CLT 竖向安装时可作为墙体，横向安装时可作为楼板，斜向安装时可作为屋顶。

CLT 的出现向建筑师提供了一种全新的建筑材料，开启了用木材建造高层建筑的可能性。目前轻型木结构建筑的最高层数通常是 6 层，而使用 CLT，不少国家已经建成 20 层以上的高层木结构建筑。

其他工程木产品包括单板层积胶合木 (LVL)、层叠木片胶合木 (LSL)、平行木片胶合木 (PSL)、工字搁栅 (I-Joist) 等，也在各类木结构建筑中有较为广泛的应用。

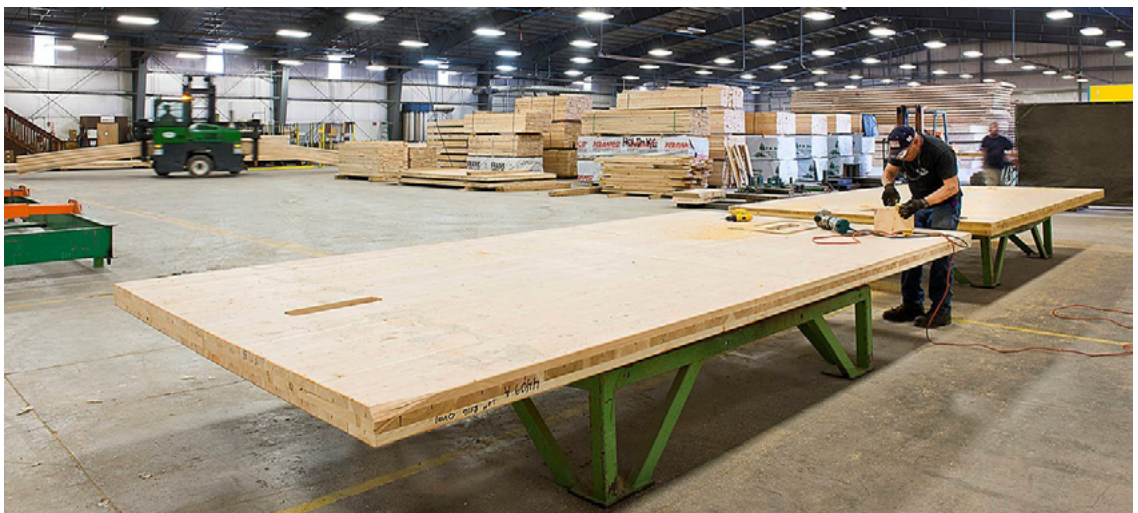


图 8 CLT 的工厂预制

来源：加拿大木业协会



图 9 CLT 楼板的吊装

来源：加拿大木业协会

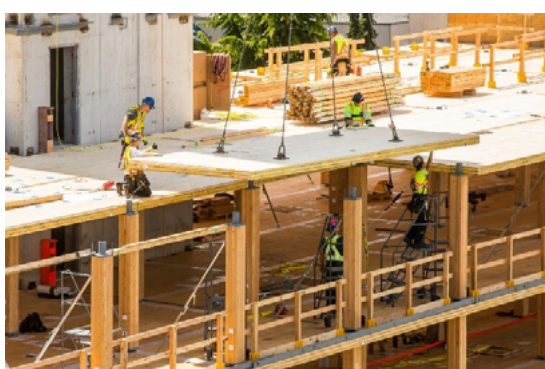


图 10 胶合木柱 + CLT 楼板

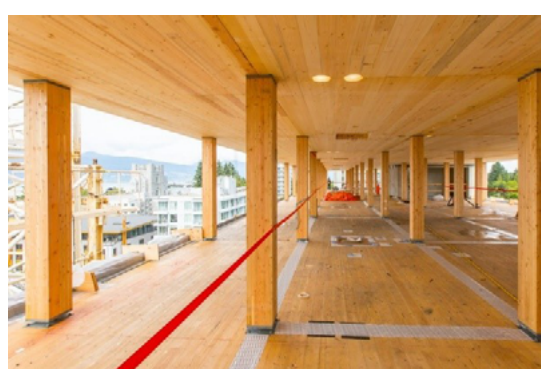


图 11 胶合木柱 + CLT 楼板

来源：加拿大木业协会



图 12 完工后的不列颠哥伦比亚大学 (UBC) 18 层学生宿舍

来源：加拿大木业协会

木结构建筑体系

➤ 轻型木结构建筑

轻型木结构是指用规格材及木基结构板材或石膏板制作的木构架墙体、楼板和屋盖系统构成的单层或多层建筑结构。这些构件共同为结构提供了足够的强度和刚度以抵抗水平和竖向的荷载或作用。墙骨柱、搁栅和椽条通过与结构覆面板材的连接来提高承载力和刚度，并形成围护结构以安装固定外墙饰面、楼板饰面以及屋面材料。承重墙可以将竖向荷载传递到基础，同时也可设计为剪力墙以抵抗侧向荷载。屋盖和楼盖可以承受竖向荷载，同时也将侧向荷载传递到剪力墙。对于竖向荷载，楼盖将竖向荷载（永久荷载和可变荷载）传递到墙骨柱，再传递到基础；对于水平荷载，楼盖将水平荷载（风荷载和地震作用）传递到支撑隔板的剪力墙，再传递到基础。

轻型木结构建筑的基础通常为混凝土基础，一层楼板为木楼板或混凝土楼板，以一层楼板为平台建造一层墙体，然后以此类推。轻型木结构建筑在屋盖和墙体空间填充保温材料以达到良好的保温效果。屋面和墙面铺设防水材料以满足防水、防潮要求。轻型木结构建筑室内墙板采用石膏板以满足防火要求，外墙外侧面可选用涂料、挂板、贴砖等多种外饰面材料。轻型木结构采用小尺寸规格材和钉连接，多条荷载传递路径使其具有较高的结构安全冗余度，在地震和强风作用下结构安全性能高。

轻型木结构建筑最常见的是用于单户（独栋）或二至三层的多户式住宅（联排），也可以用于商业建筑、公共建筑和部分工业建筑。



图 13 轻型木结构建筑

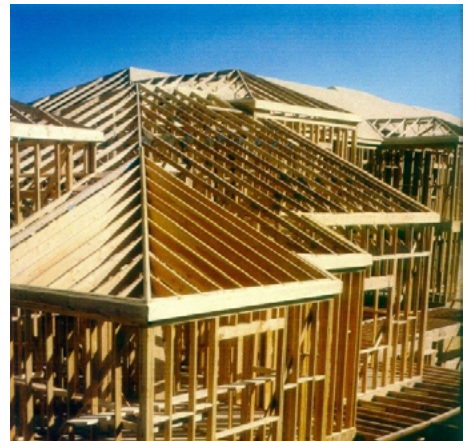


图 14 轻型木结构建筑

➤ 重型木结构建筑

重型木结构体系就是相对轻型木结构体系而言的另外一种木结构建筑体系。主要是采用工程木材料，比如胶合木、CLT 以及其他工程木产品作为主要承重构件，采用梁柱框架承重体系的建造方法。主要用于一些需要大跨度、大挑高、大体量的公共建筑，比如桥梁、餐厅、会所、图书馆、游客中心、体育场馆、机场航站楼等。重型木结构建筑的内外墙体的做法与轻型木结构墙体类似，但重型木结构建筑中的墙体通常只起分割与围护作用，不起承重作用。



图 15 重型木结构建筑室内空间



图 16 重型木结构建筑的外观

来源：加拿大木业协会

➤ 混合木结构建筑

混合木结构建筑结合了各种建材的自身优势，具有实用、高效和经济等优点。混合木结构建筑给了建筑师更大的想象与发挥空间。常见的混合木结构建筑主要有两种：

第一种是砵木混合结构。建筑的下部为混凝土结构，上部为木结构。下部的混凝土结构通常用于商业和办公等用途，而上部木结构部分则用作住宅。



图 17 砵木混合结构



图 18 砵木混合结构

第二种是钢木混合结构。建筑的整体由钢结构和木结构穿插混合而成。比如钢柱木梁、钢梁柱木楼板等形式。

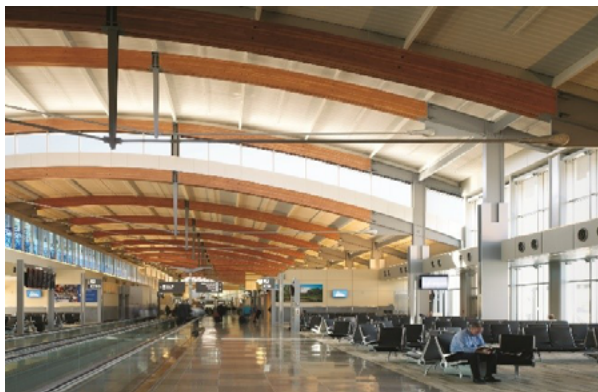


图 19 钢木混合结构航站楼



图 20 钢木混合结构办公室

非承重木骨架节能墙体

在建筑楼宇中，墙体在节能环保中扮演了重要的角色。一方面是建筑材料的使用，是否使用了低碳环保的墙体结构材料；另一方面是墙体整体的保温隔热和气密性是否达到更高的标准，进而减少采暖制冷所需的能耗和费用。

非承重木骨架节能墙体技术在北欧、荷兰、法国、奥地利、瑞士、德国、英国等欧洲国家以及在北美广泛应用于住宅和公建如办公楼、学校、医院等，既用于新建建筑，也用于既有建筑的改造项目。总体而言，在全球很多国家和地区，人们对于使用非承重木墙替代混凝土、砌块或钢结构填充墙的需求与日俱增，以提升提高建筑的保温性能、减少环境污染、减少碳排放。

> 1) 非承重木墙外墙

非承重木墙外墙是在由规格材制作的木骨架外部覆盖墙面板，并可在木骨架之间的空隙内填充保温隔热及隔声材料而构成的非承重墙体。非承重木外墙从室内到室外，主要由以下各层材料构成：耐火石膏板的内墙面板、隔汽层、墙骨柱和保温棉填充、外墙面板、防水层、防雨幕墙外饰面。非承重木墙可替代钢筋混凝土结构或钢结构的非承重外墙。该木墙体系的特点是保温性能较好，相对较薄的木结构外墙能够增加建筑室内使用面积，提高建筑的保温节能性能，以及通过采用预制墙体构件来提高现场施工效率。

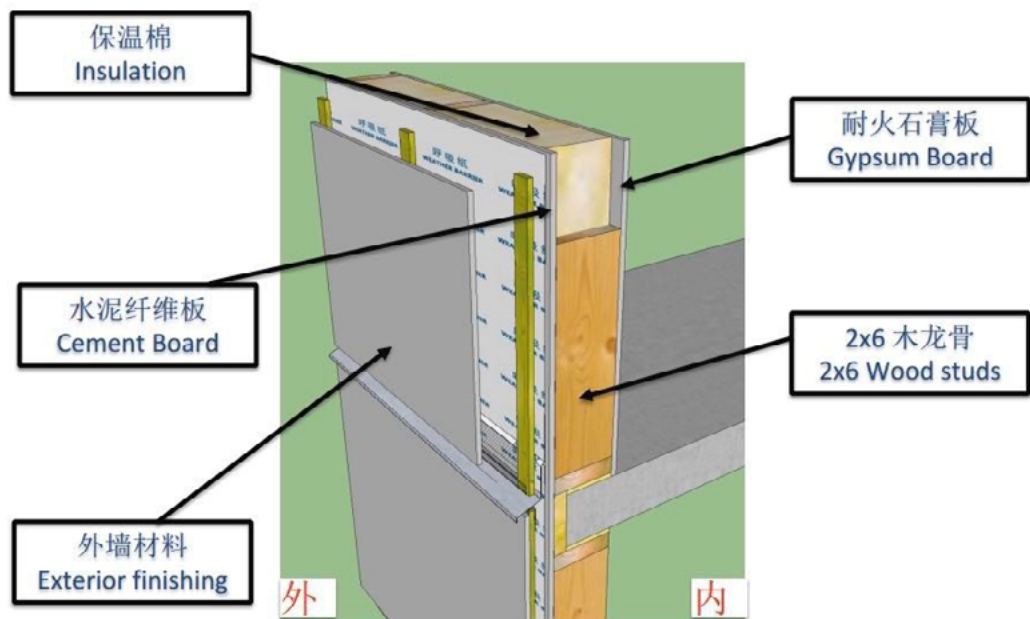


图 21 非承重木墙外墙

来源：上海韩进建筑有限公司

> 2) 非承重木墙内墙

非承重木墙内墙是在由规格材制作的木骨架外部覆盖墙面板（一般为耐火石膏板），并可在木骨架之间的空隙内填充保温隔热及隔声材料而构成的非承重墙体。非承重木墙内墙可替代钢筋混凝土结构或钢结构的内隔墙。与传统内隔墙相比，非承重木墙有着墙体更薄、得房率更高、施工速度更快二次装修简易方便、轻质墙体抗震更安全、综合成本更低优势。

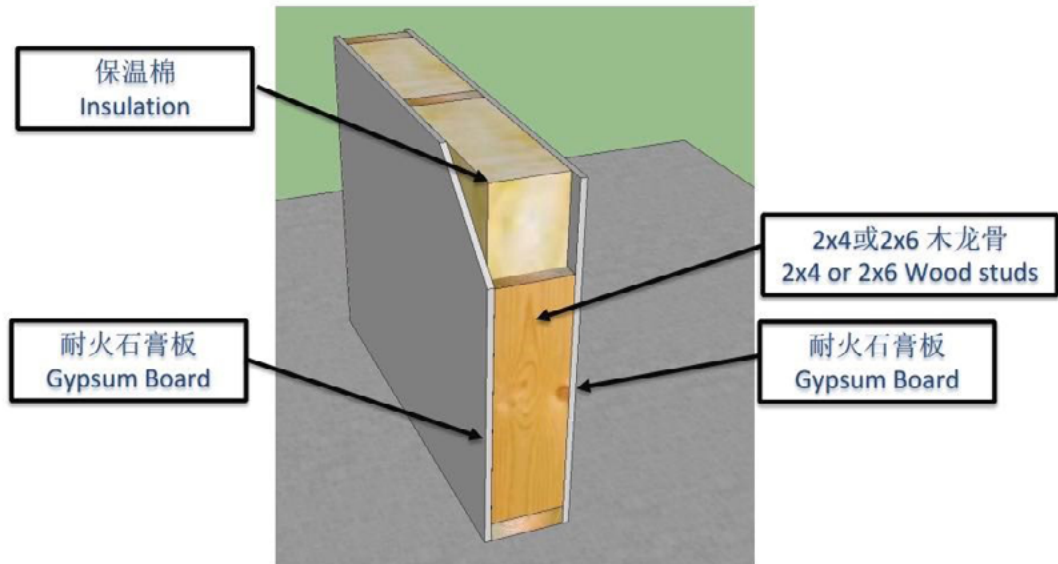


图 22 非承重木墙内墙

来源：上海韩进建筑有限公司

木结构建筑的产业化带来了模块化，促进了住宅建造的效率 and 效益的提升。住宅部品的集中生产和集中装配，促进了生产的规模化、装配的效益化。传统的混凝土湿作业灌完需要养护时间，而把生产好的木构墙体直接运到现场进行拼装连接，在缩短建设工期、节约劳动成本和提升企业效益等方面，有着显著的优越性。

预制化节能木墙墙体的主要优势：

- 安全：对于建筑工人而言，工厂中相对稳定的工作环境比复杂的工地作业安全系数更高；
- 质量：建筑构件的质量和工艺，通过机械化生产能得到更好的控制；
- 速度：预制件尺寸及特性的标准化，能显著加快安装速度和建筑工程进度；
- 成本：与传统现场拼装相比，规模化的工厂预制综合成本更低；机械化生产对人工的需求更少，随着人工成本的不断升高，规模化生产的预制件的成本优势会愈加明显；
- 环境：采用预制件的建筑工地，现场作业量明显减少，粉尘污染、噪音污染显著降低。



图 23 非承重木骨架节能墙体的工厂预制



图 24 非承重木骨架节能墙体的工厂预制



图 25 混凝土结构 + 预制木骨架非承重墙体

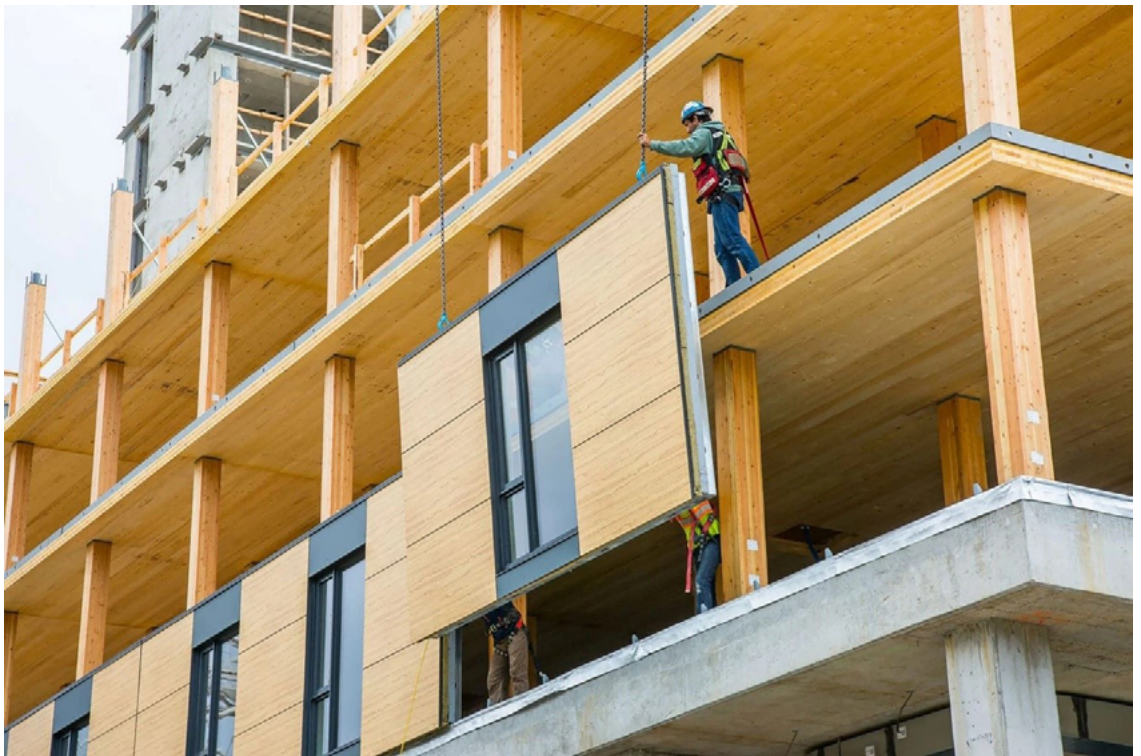


图 26 重型木结构 + 预制木骨架非承重墙体

来源：加拿大木业协会

附录一：轻型木结构房屋施工步骤

每一施工阶段都必须系统规划、有效组织并合理实施。每一施工阶段的顺利程度一般取决于前一阶段的完成情况，但有时也可有两个或多个施工阶段同时进行以节省时间。以下以建造一幢 200 平方米左右的独栋房屋为例，对每个施工阶段所需时间进行了归纳。实际的建造速度会因建筑物的结构大小、施工人员的熟练程度和建造细节程度的不同而形成差异。拥有建造木结构房屋的知识 and 经验会有助于确保施工的快速高效。从目前在中国进行的一些木结构项目中可以看到，国内施工人员的技能已经相当娴熟，与那些已经有多年木结构经验的国家和地区相比，水平相当接近。

前期准备

该阶段指的是规划设计、筹集资金及获取许可证。不同地区、不同发展水平和不同房屋类型的设计规划、材料和成本估算、资金筹集，以及获取各种必需的许可证和其它审批文件所需的时间会截然不同，有时可能会耗时数周甚至数月。正因为如此，建造一栋典型的木结构房屋的时间规划一般并不包括前期准备。场地规划指的是决定房屋在建筑现场的拟建位置。对于单体设计相同的大片住宅场地规划选择余地较少，故无需多少时间。房屋必须满足消防规范与相邻建筑最小间距的要求，以及消防通道等要求。对于较为开阔的场地和按客户要求设计的房屋，房屋的位置确定应充分利用阳光和主导风向的资源以利节能，同时具有良好的排水功能和景观视野也是重要的考虑因素。

现场放样

首先应在施工场地标记建筑物的位置，以便地基的开挖和基础施工。在这一阶段，合理的布置比精度更为重要。其次，对于所要开挖的区域，必须矫正对角线尺寸，以保证所开挖区域方正。最后，应注意建筑物和建筑红线之间的距离。

地基开挖

地基开挖可在现场放样后立刻进行。开挖的深度要参照设计图纸，且满足一切排水要求。基础和基础底板（若需要的话）的开挖区域应平整，并在其周边为排水留 1 米作业空间，还应保证基础下的土壤为原状土，否则应采取包括夯实在内的一些必要措施。开挖所需时间因建筑物的大小、地基的土质状况，以及地沟的开挖量和对各种预埋设施要求的不同而制定相应措施。如果遇到软土地基或排水糟糕的土质状况，必须考虑其它的解决办法，否则可能会耽误工期。施工监理可能会要求对这一阶段的施工进行验收，需要岩土工程师提出相应的建议。

基础、基础墙与基础底板

基础施工所需的时间通常取决于基础的类型。基础一般由钢筋混凝土结构的基脚和基础墙组成。基础施工通常分为两个阶段，第一阶段先做混凝土基础，第二阶段再砌砖作为基础墙体。但对于单块现浇混凝土筏板基础来说，则可作为一项作业来完成这种，这种基础施工所需的时间也相对较少。对于砌块或砖基础来说，所需的时间可能会较长。

在中国，特别是在地下水位较高或排水不畅的地区，一般会在基础墙上设置架空混凝土板作为首层楼盖，而非使用木质楼盖。这种混凝土板可以是预制的，也可现场浇注成型，下方一般是通风的爬行空间。除了基脚加基础墙的基础做法，还有一种做法是将整体式

的基础板直接浇筑于地面并对需要提供更大基础承载力的部分进行加厚处理。常用于地下水位高、土壤排水不畅和地震高发地区。

与基础有关的各项作业包括：

- 基础的放线
- 水平校准
- 混凝土支模
- 预埋水电管线
- 预置钢筋
- 混凝土搅拌和浇筑
- 找平并安装锚栓
- 混凝土养护
- 拆除模板

基脚和基础墙的所有尺寸及平整度应精确，尺寸若不精确的基础将极大地影响建筑物结构的规整和水平度。浇筑混凝土墙之前，监理应对整个地基基础进行验收。

接下来的作业包括基础墙外部的防潮和防水，与基础墙周边和其它排水系统的安装，以及对基础墙的土方回填。基础墙土方的回填必须在混凝土具有一定硬度后进行。基础和排水性能的验收通常在回填之前进行。

地下室地面混凝土板的浇筑必须在铺设砾砂层和防潮层、布置地下室排水系统和埋设钢筋之后进行。在有地下室和爬行空间的情况下，混凝土板的浇筑在木结构结构框架建造的前后进行皆可。在木结构框架建造后进行浇筑的优点在于混凝土板的浇筑可不受气候干扰，但不利之处在于混凝土的搅拌、运输和浇筑受到空间限制。

基础和混凝土板施工的时间取决于建筑物的大小、土质和施工现场的情况（包括排水、基础和混凝土板的类型等）。然而，不能因赶速度而牺牲质量。基础必须正确建造，因为其决定了上部木结构框架结构的质量，而且基础一旦建造好就不可再改变。

框架建造

在中国许多地区，木框架搭建开始于架空式混凝土底板、整体浇筑混凝土底板或混凝土地板的边缘墙上。底板为首层墙体的建造提供了施工平台。防腐处理的地梁板通过锚栓锚固于混凝土板（或边缘墙），构成木结构框架与基础墙的连接。要求在地梁板和混凝土板之间铺一层防潮垫。

另一种施工方法是，直接将经防腐处理过的地梁板（加防潮垫）锚固在基础墙的顶部。地梁板之上是木结构搁栅，搁栅横跨楼层空间（中间按支撑要求设置梁或承重墙）。搁栅顶部覆以木基楼面板形成第一层木结构楼盖系统并为第一层墙体的建造提供作业平台。

随后即可利用混凝土底板或木结构楼板作为作业平台，平放地拼装外墙和内墙结构，拼装好之后即可立起就位并安装固定。在继续上层楼盖或屋盖的建造之前，应将本层各墙体利用第二层顶梁板彼此连接。如有更多的楼层时，只要重复第一层的建造步骤即可。屋盖将和顶层墙体连接后再覆盖屋面板。屋盖通常使用工厂预制的木结构桁架。也可用

屋脊板和木椽条来建造屋盖，但其建造速度往往要比使用桁架慢得多。复杂的屋盖结构可能同时采用桁架和椽条体系。

木结构框架部分通常还包括楼梯建造以及在楼梯周围确保安全的临时扶手安装。在结构框架完成后应立即在屋面板上正确安装防水层、泛水材料与屋面瓦，以保证整体结构的干燥，这一点非常重要。檐底板、天沟和落水管排水系统的安装可以在此阶段进行，或在外墙装修之后进行。与主体建筑物相连的经防腐处理的木结构露台，通常在主体结构完工后建造。

木结构框架建造是一个系统工程，规划、设计、选材、施工、监理、交付必须有条不紊的运作，才能保持其品质及制造周期的完善。

轻型木结构房屋框架建造所需的时间取决于建筑物的大小、施工人数的多寡、设计的复杂性、天气情况以及电力供应等许多因素。

对木结构构件进行工厂化预制，在许多国家都较为普遍。工厂预制的范围可包括搁栅和过梁的预切割；桁架、楼梯的预制以及墙体（有开口和无开口两种）的预制。构件在工厂预制后再被运至施工现场安装，从而达到节省工时，增加效益的目的。

门窗

木结构框架施工人员、木工或者专业人员可用钉子或螺钉将外门和窗通过钉连接方式和结构框架连接在一起。另外必须安装五金件，使用预装门会简化五金件的安装。

水电设备

水电设备的前期安装工作可紧接在木结构框架完成之后进行。风管、水管和电线的安装必须尽量保证不破坏木结构框架的整体性。关于墙骨柱、顶梁板和底梁板、搁栅和梁上所允许的开槽和钻孔的最大尺寸，规范 GB50005 第 9 章作了规定。用作结构构件的工程木产品中开槽和钻孔的尺寸应根据产品说明确定。水电设备初步安装完成后需进行验收。

住宅内所需安装的水电系统包括：

- 暖气炉和热水炉，燃气和废气管道
- 建筑物内空气循环管道
- 制冷设备
- 热泵
- 用于浴室以及其他潮湿区域的专用排气扇
- 暖气或能量回收的新风系统
- 供水管接头到卫浴设备的上下水管道系统
- 浴缸和淋浴房
- 燃气管线
- 电力、加热、烟雾探测器、保安系统的配线
- 电话线和电缆线

管道的安装一般比配线早，上述的多项作业可以同时进行。

外部装修：屋顶和外墙

屋面材料应在屋面板铺设完成后立即安装，以避免或尽量减少内部结构暴露于雨水的时间。如木构件表面偶尔有少量受潮或雨水，并且很快干燥，一般没有大碍。因此根据设计要求在屋面板上尽快铺放防水卷材，并且应在建筑物构件交界处以及屋檐檐口安装泛水板。屋面材料的选择包括玻纤沥青瓦、粘土瓦、混凝土瓦，以及各种形式的金属屋面材料等。

建筑物外墙应安装防潮层（如呼吸纸），以抵抗风和雨的侵袭。在墙体开口处的上方应设置泛水，有些泛水还会装在窗体之下。在多风雨的地区，我们推荐使用防雨幕墙系统。

理想状态下，外墙外饰面应在填充外墙保温材料和室内装修完成之前进行，以保证外界的潮气不会进入并滞留在墙体的空腔里。不过，这在很大程度上取决于工程进度。实践当中，由于各种原因，外墙装饰的施工晚于保温材料和室内装饰的施工。但不管情况如何，应确保防潮层在保温材料和石膏板墙安装前一定到位，防止水分在墙体空腔内滞留，并减少由此引起的保温性能的降低。

外墙外饰面材料包括灰泥涂料、瓷砖、石材、木挂板或 PVC 挂板。门窗及其它开口周围的缝隙，应使用专用填缝材料处理。门窗及其它装饰线条的上色、上漆也应在此阶段完成。

保温层、气密层及防潮层

外墙墙体和阁楼的空腔内应填充保温材料。通常可用玻璃纤维或矿棉材料填充，材料可以是块状填充至墙体或阁楼空腔，阁楼空间也可以吹入絮状保温材料。

在寒冷地区，水汽主要运动方向是从内向外，因此应在外墙的内侧，石膏板后方安装聚乙烯薄膜，以阻挡建筑物内的水蒸气进入墙体空腔。聚乙烯薄膜的另一个作用是气密层。另外应特别注意所有开口处的密封（例如电气盒和窗框架周边的开口），确保所有开口处有一个连续的密封层以阻挡湿空气进入墙体空腔。

在湿热气候类型或者混合式气候下，情况又有不同，此类气候条件下，水汽传播方向主要为从外向内，所以水蒸汽阻隔层应铺设在外墙的外侧。如此一方面可阻挡来自室外的水汽进入墙体空腔；另一方面还可以使空腔内可能存在的水汽向较干燥的室内一侧蒸发。聚乙烯薄膜绝不能安装在外墙靠室内一侧，因为这将严重影响上述的水分干燥过程。

根据施工进度及构件类型，水蒸汽阻隔层的安装在外装施工前、施工中、施工后均可进行。但矿棉类保温隔热材料不应暴露于风雨环境中，否则其保温性能会大大降低，因此最好先安装防潮层。

内部装修

在油漆、安装橱柜及卫浴设备之前，需完成房屋内部的装修。内部装修包括：

- 吊顶和墙面板的安装，通常为石膏板
- 石膏板（包括吊顶）表面处理
- 室内房间和储藏室门的安装
- 门窗室内线条的安装
- 木质、PVC、复合材料地板、瓷砖或地毯等地板材料的铺设
- 楼梯与扶手的安装

- 踢脚线的安装

上述大部分工作可同时进行，工期因选材和细节程度而异。

油漆、橱柜及电气设备

各项作业包括：

- 墙和吊顶的油漆
- 硬木地板和楼梯的饰面
- 厨房和浴室的橱柜、橱柜台面及防溅板的安装
- 上下水管道、电气插座、开关和灯具的安装
- 暖气炉、热水炉、通风设备的连接
- 炉灶、电冰箱、微波炉、洗碗机、洗衣机和烘干机等电器设备的安装
- 冷暖空调的送风回风口的盖板安装
- 住宅的最后清理

上述大部分工序可同时进行，一般需要大约两周时间。该阶段是房屋建造的最后阶段，总验收可以在此阶段完工后进行。

景观施工

景观施工是整个施工过程的最后阶段，此阶段主要包括建造车道、台阶、人行道、地面、草坪，以及种植灌木和树木等工作。其他作业可能还包括露天阳台及围栏的建造，以及安装喷水系统。此阶段一般在房屋主体施工完毕后进行。

施工进度表

下图概述了房屋施工各阶段的顺序及所需的时间

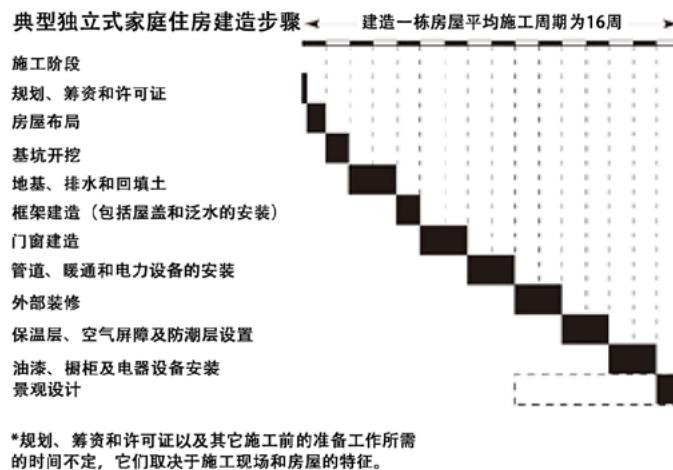


图 27 房屋施工各阶段的顺序及所需的时间

同其它类型房屋相比较，轻型木结构房屋的一个优点在于它提升了施工速度。数十年来加拿大和美国建造木结构房屋的经验，以及近几年来日本和英国大量建造所积累的经验都证实了这一点。

木材本身所具有的特性是上述施工优势的一个极为重要因素。木材轻巧、坚固。这使得木产品在施工现场易于搬运。木材也易切割，锯、刨和其他各种工具都能轻易改变木材

的形状。另外，可以用钉子、螺钉、胶和其他的一些连接方法很快将木材连接在一起。木材可以制成不同类型的产品，也可制成具有特殊性能的工程木产品。

附录二：木结构建筑规范与标准

国家标准

- 《木结构通用规范》（GB55005-2021）
- 《木结构设计标准》（GB 50005-2017）
- 《建筑设计防火规范（2018年版）》（GB 50016-2014）
- 《木结构工程施工质量验收规范》（GB 50206-2012）
- 《装配式木结构建筑技术标准》（GB 51223-2016）
- 《多高层木结构建筑技术标准》（GB/T 51226-2017）
- 《木骨架组合墙体技术标准》（GB/T 50361-2018）
- 《胶合木结构技术规范》（GB/T 50708-2012）
- 《木结构工程施工规范》（GB/T 50772-2012）
- 《结构用集成材》（GB/T 26899-2011）
- 《结构用集成材生产技术规范》（GB/T 36872-2018）
- 《木结构试验方法标准》（GB/T 50329-2012）

行业标准

- 《轻型木桁架技术规范》（JGJ/T 265-2012）

地方标准

- 《上海市轻型木结构建筑技术规程》（DG/TJ 08-2059-2009）
- 《上海市工程木结构设计规范》（DG/TJ 08-2192-2016）
- 《天津市民用建筑施工图设计审查要点（轻型木结构篇）》（DBJT 29-183-2018）
- 《吉林省低层木结构建筑设计规程（试行）》（DB 22/JT 159-2016）
- 《吉林省多层木结构建筑设计规程（试行）》（DB 22/JT 160-2016）

国家建筑标准设计图集

- 《木结构建筑》（14J924）

结语

对于中国来说，木结构建筑的各类规范和标准已经相对完善，木结构建筑的设计、材料、施工等都已经不存在障碍。采用木结构建筑形式是节能环保的需要：

第一，能够减少混凝土和钢材等高耗能建筑材料的使用，缓解国内建筑行业碳排放和污染；

第二，能够催生从木材贸易、木构件加工制造销售等新环保产业链，并且促进林业的发展；

第三，能够提高建筑工业化和预制化水平，并提升建筑质量和标准；

第四，能够利用木结构建筑的特点，拓宽建筑设计的多样性，增强建筑设计的美感。

随着中国旅游业的蓬勃发展，旅游地产是木结构下一个发展方向。同时木结构在城镇化的推进过程中，众多中小型城市的公共建筑上会有一些发展前景。此外，木结构混合（钢木混合和砼木混合）建筑也比较符合中国现实的发展国情。

参考文献

- [1] 《现代木结构建筑一百问》加拿大木业协会
- [2] 《轻型木结构施工指南》加拿大木业协会

本文件由建筑 2030 的中国团队于 2023 年编写。

审阅者
李培新，上海木材行业协会秘书长

如果您对指南的内容有任何问题和建议，
欢迎联系：info_china@architecture2030.org。



Architecture 2030

www.architecture2030.org

China.architecture2030.org



建筑 2030 微信公众号