

# 美国工程木材 应用于各种建筑设计

明智的选择



ENGINEERED WOOD SYSTEMS  
**APA EWS**

## 经认证的美国工程木材和结构性板材

本册子中所说的“工程木材”产品通常是指依照下面其中一种标准制造的材料：Voluntary Product Standard PS 1 - 95 之建筑和工业用胶合板、Voluntary Product Standard PS 2 - 92 之木基结构性板材的性能标准，或 ANSI Standard A190.1 之结构性胶合木。

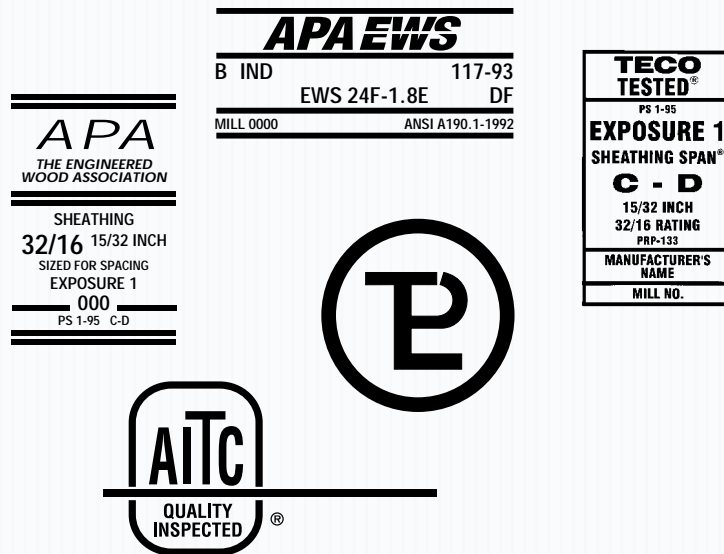
这三个标准概括出最低标准要求，供第三方机构在执行产品合格性评估时参照。每个第三方机构均以商标为其标志，商标一般印在产品上。各机构在工厂执行质检时负责在产品上印上商标。

在美国，有几家独立机构提供合格性评估服务。下面列出这几家美国机构的联络资料：

此外，还有几家美国制造商提供木基结构性板材和工程木材产品，这些产品均符合美国专利标准或其它国际标准。请联系工程木材和板材的供应商，以了解是否有符合这些标准的产品供应。

**APA - The Engineered Wood Association and Engineered Wood Systems** (工程木材协会和工程木材系统) ■ 7011 So. 19th St, Tacoma, WA 98466 ■ 国际电话: 1-253-565-6600  
国际传真: 1-253-565-7265 ■ 网址: <http://www.apawood.org>

**American Institute of Timber Construction** (美国木材建筑协会)  
7012 South Revere Parkway 3140, Englewood, CO 80112 ■ 国际电话: 1-303-792-9559  
国际传真: 1-303-792-0669 ■ 网址: <http://www.aite-glulam.org>



## 胶合木和工程木材

工程木材结构为商业和工业大厦、学校和桥梁的建筑设计之可能性赋予了新的定义。工程木材结构的关键构件是胶合木（亦称胶合层积木）。美国的胶合木是一种工程木材，这种产品优化了木材这种可回收资源的建筑价值。胶合木构件是由规格材木板组成。木板经过端头相接，形成一定长度，然后再用胶粘剂粘合起来，制成所需尺寸的胶合木梁。因为胶合木是合成的，所以可用次生和三生树林和人造林的小树制造大型胶合木构件。有许多材种可以用来制造胶合木。有了胶合木，建筑师和工程规划师便可继续利用大型木材构件的强度和多功能性，而无需依赖以前那种需要较长生长年龄的锯材。

与类似规格的锯材比较，胶合木具有更高的强度和刚度。若重量相同，胶合木的强度要高于钢材。这意味着使用极少量的中间支承，胶合木梁便能实现更大的跨度。此外还意味着设计师和建筑师一旦使用胶合木，不管是用于商业仓库屋顶还是公路桥梁，实际上都能获得无限的设计灵活性。本出版物描述了这种产品的特点，以及使用胶合木的工程木材建筑项目的特色。

## 目录

胶合木的解剖.....	4
结构性胶合材规格指南.....	7
胶合木的商业用途.....	8
工程木材对校区建筑设计的启发.....	12
工程木材用于仓库和工业建筑.....	18
工程木材用于商业建筑.....	23

## 胶合木的百年历史

鉴于目前需要对木材资源进行严格管理，以优化木材产品，因此，胶合木便成为建筑木材产品最具资源效率的方法之一。胶合木是一种工程木材产品，可满足最严格的结构要求。但是胶合木并不是一种新的产品。

早在1900年，瑞士和德国就颁发了胶合木的第一批专利。1906年，德国的一项专利标志着胶合木建筑的真正开始。在美国，最早修建的胶合木建筑物之一是一座研究实验室，即位于威斯康辛州 Madison市的 USDA 林木产品实验室。这座建筑物建于1934年，目前仍在使用。

1942年，胶合木行业引入了可完全防水的酚-间苯二酚胶粘剂，这是一个重大的发展，它使得胶合木能够用于暴露的室外环境，而无需担心胶缝退化。

美国首个胶合木生产标准是商业部于1963年公布的《商业标准CS253-63》，而最新的标准则是1992年生效的《ANSI标准A190.1-92》。

## 胶合木的解剖

胶合木是用以胶粘剂胶合起来的层压材组成，所有层压材的纹理方向都与构件的长度平行。用南部松木做的层压材，厚度通常为35毫米（1-3/8"），而用西部各种木材所做的层压材，厚度通常为38毫米（1-1/2"），但也会有例外。尽管可以根据客户需求生产出几乎任何宽度的构件，但是胶合木产品的净宽一般在63毫米至273毫米（2-1/2" 至10-3/4"）之间。

由于胶合木是工程木材产品，因此可以满足各种设计应力的要求。横梁的底部和顶部采用强度最高的层压材，因为其底部和顶部承受的张力和压力最大。采用这种概念，可以将等级较高的木材用于受力最大的部位，而将结构质量较低的木材用于受力较小的部位，从而能够更有效地利用木材资源。

### 平衡梁与非平衡梁

胶合木可用来制造成平衡梁或非平衡梁。

就强度而言，胶合木弯曲构件最关键部位是其最外层的受力部位。在制造非平衡梁时，在承受张力的一侧使用较高质量的木材，在承受压力的另一侧则使用较低质量的木材，这样便能更有效地使

用木材资源。因此，非平衡梁在承受压力和承受张力的部位具有不同的弯曲应力，而且在安全时必须正确。为确保非平衡梁的正确安装，梁的顶部清晰地印着“Top”（顶部）两字。非平衡梁主要用于简单跨度。

平衡梁在梁的截面上层压板的等级是对称的。平衡梁用于悬臂或连续跨度，在这些用途中，由于工作负载，构件的顶部和底部都可能承受张力。平衡梁也可以用于简单跨度，不过这种用途使用非平衡梁效果会更好。

### 容许应力设计特性

在拟定胶合木的技术规格中，容许应力设计特性是一个关键因素。抗弯构件一般是以其最大允许弯曲应力来确定其技术规格。例如，符号24F表示构件的允许弯曲应力为2400psi（16547千帕）。同样，26F表示构件的允许弯曲应力为2600psi（17926千帕）。改变横梁层压材中高质木材的比例和等级，便能获得不同的应力等级。使用不同的木材也可以获得不同应力等级。

应力组合标记中还包括第二套符号，用以确定胶合木梁所用木材的等级是以目测还是以机械划分。例如，以目测分级的花旗松木所做的非平衡24F胶合木梁，

其标记为24F-V4。其中"V"表示层压材是采用目测分级的木材("E"表示机械分级木材)。数字"4"进一步说明所用木材的具体组合,并为其指定全套设计应力,如水平剪切力、弹性系数等等。表1列出部分最常用的胶合木梁层压材及其相应的容许应力。

### 轴定向

在安装胶合木梁时,通常是将层压材较宽的一面与所施负载成正交(见图1),因此通常被称为水平层压材构件。如果将此构件旋转90度,使层压材的宽面与所施负载平行,则被称为垂直层压材构件。在技术规格表中,胶合木构件具有各种应力特性,使用哪种特性,取决于构件是用于水平方向还是垂直方向。



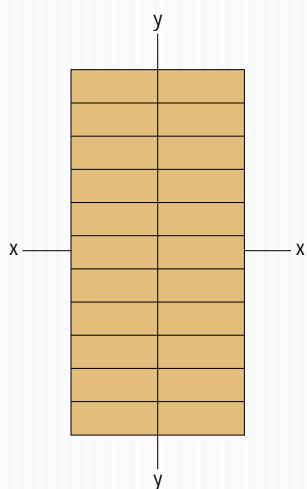
表 1

容许应力 (千帕, kPa)

组合	F <sub>b</sub> ten.	F <sub>b</sub> comp.	F <sub>v</sub>	MOE	F <sub>c//</sub>	F <sub>c⊥</sub>	F <sub>t</sub>
<b>非平衡梁</b>							
24F-1.8E	16547	11031	1344	12.41 x 10 <sup>6</sup>	8273	3447	6550
24F-V4/DF	16547	12755	1654	12.41 x 10 <sup>6</sup>	11376	4481	7584
24F-V3/SP	16547	13499	1861	12.41 x 10 <sup>6</sup>	11721	5102	7928
<b>平衡梁</b>							
24F-V8/DF	16547	16547	1654	12.41 x 10 <sup>6</sup>	11376	4981	7584
24F-V5/SP	16547	16547	1861	12.41 x 10 <sup>6</sup>	11721	5107	7928

图1

梁横截面



### 尺寸

胶合木有自定尺寸和标准尺寸两种。普通胶合木梁按照标准尺寸制造,然后在经销商订购时切割成所需长度。通常,胶合木梁的标准宽度有79毫米、89毫米、130毫米、139毫米和171毫米(3-1/8"、3-1/2"、5-1/8"、5-1/2"和6-3/4"),可以满足大多数住宅建筑用途的需要。

在需要长跨度、特重负载或其它设计时,通常使用定制构件。定制构件可以做成几乎任何尺寸和形状,以满足各种设计条件。

一些常见的定制形状的构件包括曲梁、斜曲梁、径向拱门和英国都铎式拱门。

## 外观分类

胶合木的外观有很多种，表面看来各有不同，但同一强度等级的胶合木，其结构特点都相同。胶合木的外观分类如下：

**框架级。** 此类胶合木仅用于隐蔽用途。属于这种外观类别的胶合木梁，所设计的宽度是专门配合美式建筑所特有的 $2 \times 4$ 和 $2 \times 6$ 墙壁框架系统。

**工业级。** 用于隐蔽用途或不侧重外观的用途。

**建筑级。** 用于构件外露因而侧重外观的用途，因为这种胶合木表面光滑漂亮。标准梁往往都是这种外观，以便暴露在建筑物外，供人观瞻。

**特殊级。** 仅用于侧重外观考虑的定制产品。

所有外观类别均允许木材自然生长特色，并允许各种程度的明孔隙。按照外观等级规定，这些孔隙需用填充物填平。外观分类与层压材的结构强度规格要求无关，因此不影响梁的设计参数。

## 截面特性与负载能力

在选择胶合木构件时，建筑师、设计师或用户必须选择具有所需截面特性的构件，以满足负载要求。含不同应力级组合的胶合木，可以有不同的负载能力。要获得

胶合木的负载能力表，可以向第2页中列出的任何一个机构索取。这些梁的负载能力基于与层压材宽面成正交的负载，即图1中所示的横梁X-X轴的弯曲。

## 弓背（上曲度）

木构造在设计上最重要的考虑之一是挠度。对于较长的跨距，挠度往往是决定性的设计因素。虽然任何木材弯曲构件都可以经过设计挠度达到最小，但是胶合木是唯一能够轻易做成弓背梁的工程木材，以减少挠度对建筑物美观的影响。弓背是指在将构件制造成上曲形（见图2），它与在

重力负载下构件预计挠度的方向和大小相反。

胶合木行业建议，屋顶梁的上曲度应该是预计固定载荷挠度的1-1/2倍，一般情况下，这将足以保证顶梁不会像未经弯曲处理的木材产品那样，在负重多年后出现下垂。为获得平直的外形，建议地板梁的上曲度应该仅为预计固定载荷挠度的1.0倍。

胶合木的上曲度指标可以用“弓背尺寸”或曲率半径（生产中常用）来表示。虽然可以指定任何上曲度，但是商业用途上常用的曲率半径为488米和610米。

图2

梁弯度参数

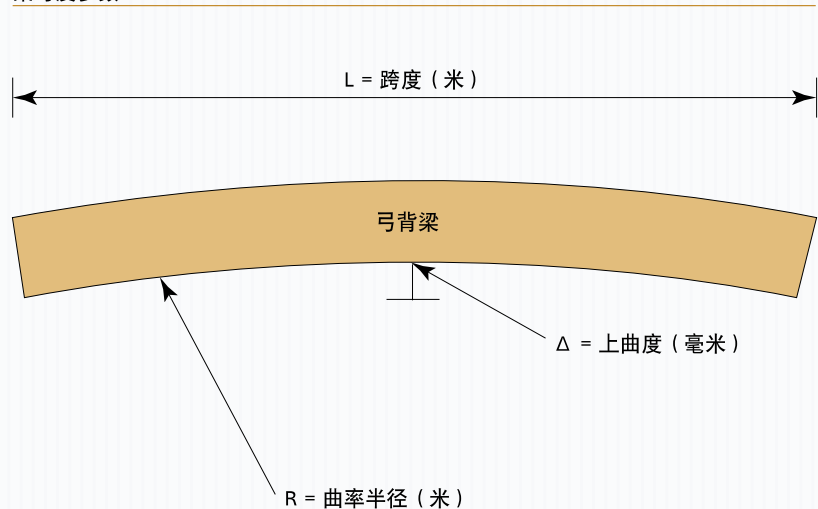


表2

1100米半径的上曲度

跨度 (米)	3.048	3.658	4.267	4.877	5.486	6.096	6.706	7.315	7.925	8.535
上曲度 (毫米)	1.016	1.524	2.032	2.794	3.556	4.318	5.335	6.35	7.366	8.636

## 结构性胶合木 规格指南

### A. 总则

1. 结构性胶合木应按设计图和按以下规格提供。（若有其它用途或要求，可对规格作相应修改。）
2. 制造图和详图应由（制造商）（卖方）提供，并需获得（建筑师）（工程师）（总承包商）（买方）的批准才能开始建造。
3. （制造商）（卖方）（总承包商）应提供钢制连接件和金属件，用于将结构胶合木构件相互连接并将其与支架连接，但不包括预埋在砖石或混凝土结构中的固定装置、垫板以及在施工现场与钢制部件焊接在一起的构件。钢制连接部件应涂有一层防锈漆。

### B. 制造商

1. **材料、生产及质量保证** - 针叶材结构胶合木应符合ANSI标准A190.1、美国结构胶合木国家标准，或其它经建筑规范认可的设计、制造和/或质量保证程序。
2. **最终用途** - 结构性胶合木构件应该用于以下建筑用途：（简单跨度抗弯构件 - B）（连续或悬臂跨度抗弯构件 - CB）（压力构件 - C）（张力构件 - T）。
3. **设计参数** - 结构胶合木应提供在正常的连续负载与干燥条件下使用的设计参数。在干燥条件下使用时，构件的含水率应为16% 或以下。在潮湿条件下使用



胶合木梁在APA研究中心接受测试。

时，含水率应高于16%。若对结构性胶合木构件进行防腐处理，必须指定使用潮湿时用的胶粘剂。除指定所要求的设计应力之外，另一个方法是指定具体的层压材组合符号，如果已知有该符号的话。

4. **外观等级** - （梁）（柱）的（框架级）（工业级）（建筑级）（特殊级）外观等级，应该符合ANSI标准A190.1。

5. **层压材胶粘剂** - 用于制造结构性胶合木的胶粘剂应当符合（潮湿使用）（干燥使用）条件的要求。（见上面“设计参数”项下所规定的要求。）

6. **弯度（如适用）** - 结构性胶合木在制造时（必须）（不得）带有预制的弓背。

7. **防腐处理（如适用）** - 按照《美国木材防腐协会》（简称“AWPA”）标准C28的规定，（梁）（柱）在制成后，如果（与土壤接触）（用于地面之上），应该用（木馏油或木馏油/煤焦油溶液）（含五氯苯酚的油）（含五氯苯酚的轻溶剂）等防腐剂进行加压处理。

8. **防火（如适用）** - （梁）（柱）的尺寸设计和制造工艺，应使其能够防火达一小时。如指定了一小时防火性能，则可制定最小尺寸限制和对层压板的其它要求。钢制的支承连接件和紧固件也应受到保护，使其达到一小时防火级。使用符合防火级（X型）的石膏墙板或覆盖物，或38毫米（1-1/2”）木材覆盖表面，以提供必要的保护。

**9. 保护密封料与末道漆** - 除非另有规定，否则所有构件的两端都必须采用保护密封料。构件表面应该（无需密封）（用渗透型密封剂密封）（用底层涂料/密封涂层密封）。如果末道漆要自然或呈半透明，应指定使用渗透型密封剂。底层涂料/密封涂层的固体物质含量较高，防水性能更好，适合使用不透明或纯色末道漆。

**10. 商标** - 胶合木构件应标明美国第三方机构的商标，表示符合ANSI标准A190.1有关质量保证和标记的规定。

**11. 证书（如适用）** - 合格证应由（制造商）（销售商）提供，表明符合ANSI标准A190.1。

**12. 运输保护** - 构件在运输时（无需包裹），或应采用防水遮盖物（整批包裹）（分捆包裹）（单件包裹）。

## 胶合木的商业用途

### 外观美丽，内含强度

胶合木因用于一些引人注目的工程而著称，例如拱形天花板和其它空间高大开阔的设计。在教堂、学校、酒店和其它商业建筑物中，胶合木往往因其美观和强度而大派用场。事实上，胶合木具有一种典型的自然木材外观的永恒魅力。

除了美观外，胶合木梁的强度和耐久性使其在许多其它用途中成为理想的建筑选择。典型用途从简单的桁条、脊梁、地板梁和悬臂梁，直到完整的商业建筑屋顶系统。在某些情况下，胶合木框架造被用于建造屋顶面积超过9.3公顷的仓库和物流中心。在空间开阔的建筑工程中，胶合木梁的跨度可超过30米。

胶合木的最大优点之一是它能够被制成各种形状、尺寸和结构。除了直线等截面型材外，胶合木梁还可以被制成各种锥形结构，如单锥脊、双锥脊和偏心脊。此外，还可做成各种拱形，从简单的曲梁，到斜锥形曲梁，再到复杂的拱形结构。

事实上，用胶合木做拱形跨度的例子数不胜数。例如，在用胶合木框架做的圆顶网状结构中，拱形跨度超过150米。

胶合木桁架也可以做成许多种形状，包括简单的坡度桁架、复杂的剪形结构和带有上折弦的大跨度弓弦桁架。当作为空间框架设计时，胶合木桁架系统可以产生很大的净跨度，适用于礼堂、体育馆和其它需要较大开阔地面的建筑。

用防水胶粘剂制成的胶合木，只要经过适当的加压防腐处理，便可完全暴露在外。这种暴露式的用途包括电线杆、横担、码头、船坞以及其它水边建筑和桥梁。

随着供行人和小型车辆行走的溪流天桥和公路天桥的推广普及，胶合木在桥梁方面的应用日益增加。胶合木还用于建造二级公路桥梁，用作直梁和高拱等等。此外，对于要承受重负荷的铁路桥梁，胶合木也是一种可用的建筑木材。

在所有这些用途中，胶合木的强度和硬度给予建筑师和设计师更多的设计自由，这是其它建筑产品所无法媲美的。而且，其成本与其它建筑系统不相上下。





加利福尼亚州 Salinas市的斯坦贝克中心，曲梁决定了这座建筑物的设计。



板块式木制屋顶，使用露天式网状胶合木桁架和梁。



科罗拉多州双车道公路桥，采用胶合木径向拱形。



悬臂铰链连接装置，用于板块式屋顶。



日本广岛采用胶合木为桁架的公路桥。



佛罗里达州 Orlando市高尔夫球场，正在修建供行人与轻型车辆行走的胶合木桥梁。

## 工程木材对校区建筑设计的启发

校区建筑设计早已不是50年代那些“又快又便宜”的混凝土结构了。今天，建筑师已摒弃了传统的教室设计，力求建造开阔的空间，以满足以投影为中心的教学风格。工程木材，如胶合木、工字梁、层积木（LVL）、胶合板和定向刨花板（OSB）等等，因具有良好的保温性、强度、质量和耐久性，使社区建筑能够有效地满足设计标准与现有标准。

### 对木材优点了解的差异

在美国，地区之间对木材优点的了解并不一样。在西部各州，木材常被用于学校建设，但在其它州则较少使用。

Tom Bates是 Burr Lawrence Rising + Bates建筑公司副总裁，该公司位于华盛顿州塔科玛市。他同时任职于两个重要的设计机构：教育建筑委员会（美国AIA委员会）和国际教育设施设计师委员会。

“在国内，人们对在教育设施中采用结构木材产品的态度各不相同，完全根据地区而定。” Bates说道。“在某些州，如得克萨斯州，学校设计师使用砖石，不使用木材，因为他们对砖石熟悉，而且砖石到处都有，因此是种成本功效较高的材料。但在许多其它地区，建筑师却认为木材更具成本功效和设计灵活性。”

### 决定使用工程木材的动机是什么？

一旦了解木材的优点，建筑师便会发现许多理由应该将木材用于教育设施中。

Jonathan Crump是DLR集团在Minneapolis办事处的首席建筑师。他说他们将木材用于新建的Alber Lea市 Minnesota中学，

以增加这座大型建筑（25,083平方米）的保温性能。“这座建筑物采用成本功效较高的向上倾斜式预制混凝土板建造，所以，我们要用一些材料改变其仓库般的外观。使用胶合木，把梁柱暴露在外，我们便能将内部空间的线条变得柔和舒畅。”



印第安纳州 Carmel市 Smoky Row 小学，建筑师为这所小学的餐厅和媒体中心安装了暴露的胶合木桁架和层积木盖板。



华盛顿州 Enumclaw市 Thunder Mountain中学的学生餐厅是650个学生所喜爱的“市中心”。

目前的另一个趋势是使用以永续资源制成的环保型建筑材料。Bates 补充道，“对环境的敏感促使设计师更多地采用工程木材产品，如胶合木和定向刨花板（OSB），这些产品可使用施业林中二次生长树木来制造。”

西雅图的DLR集团采用木材的主要原因是为了结构。“我们将胶合木用于体育馆大跨度的顶部，还用于

斜屋顶和单斜面屋顶，这类建筑我们见到很多。”负责教育设施建设的首席建筑师Craig Mason说道。

“但是，木材具有较高的成本功效高，而且安装简易，也适用于校区建设。”

印地安纳州 Carmel市有两所学校（Cherry Tree小学和Smoky Row小学），其餐厅和媒体中心采用了外露的胶合木屋顶桁架和层压材盖板。

据Carmel市学校局设施建设主任 Ron Farrand说，大型团体活动的空间需要一种更为广阔的感觉，而这是普通下垂式天花板所没有的。“我们想给这些空间多样化的结构和更富内涵的气氛，这是普通体育馆或图书馆所用的标准钢筋混凝土构件或吸音天花板所办不到的。这种开阔的空间增强优美及愉快的感觉，并且非常独特。”



建筑师用暴露的建筑木材配合各种不同的天花板高度，建造出华盛顿州 Tahoma市教育局会议室。

## 木材可增加温暖效果

使用结构性工程木材使得建筑师能够设计高质耐用，温暖舒适的学校供孩子们读书。暴露木材的软化能力是无可置疑的，它能使一座原来是冷冰冰的学校建筑变得柔和温暖。

“我们之所以决定在教育设施中采用工程木材产品，最大的因素是希望建造一个舒适的环境。” Fanning / Howey联合公司的Indianapolis建筑/工程办事处执行主任Bill Payne说。“我们的设计过程非常注重与客户的沟通。当我们知道某个社区希望建造一座更加温暖的建筑 - 不是采用标准吸音天花板的建筑 - 我们便改用木材。”

建造舒适的学校环境的愿望并不局限于新的建筑。Ralph Rohwer在西雅图的Heery International公司工作，他是西雅图公共学校局的建筑经理。他说：“在该地区的改造工程中，我们注意到建筑师喜欢改造旧的体育馆，剥掉中



华盛顿州 Dupont市 Chloe Clark小学的大门欢迎孩子们，同时又与周围的社区相得益彰。

间涂层，让现有的木结构暴露出来。这样可给建筑物带来一种舒服温暖的感觉，而不仅仅是装满日光灯的下垂式天花板。”

## 学校规模缩小的趋势会逐渐增加对木材的使用

还有一个关键因素被作为使用结构性木材建筑系统的标准，那就是建筑物的大小。美国教育部在一份报告 - 《以学校为社区中心：居民计划与设计指南》 - 中指出，人们正在努力将学校的总规模减至800名学生以下，以便形成一个“更积极的学习环境”。小型学校在迅猛增长，从1995年的200所，增加到2001年的近2000所，从而增加了对社区建筑的需求。

Burr Lawrence Rising + Bates建筑公司位于华盛顿州 Tacoma市，该公司的建筑师经常设计木框架结构的学校建筑。他们发现，对于5000至6000平方米或以下的建筑，木材是一种最直接和最划算的选择。



胶合木被用于Cherry Tree小学的图书馆，因为印地安纳州 Carmel市学校局希望有一个比吸音天花板更加温暖的空间。

“该标准是《统一建筑规范》中有关建筑类型和允许面积的要求所规定的，” Tom Bates解释说。

“如果我们要在较大型的建筑物中使用木材，我们只需将它分割成较小的建筑物，以满足规范中该类建筑的允许面积。”

这个方法很管用，因为Bates承认，设计更小规模和更多间隔的学校建筑物已成一种趋势。“目前肯定是有一种观念，就是在学校中建造学校，”他补充说，“我们在不断寻找某种建筑物的设计方法，这种建筑物还能够有助于个人化教育，避免学生失去个性。木材可助我们实现这些目标。”



## 将校区建筑设计融入社区

社区与学校的紧密联系也被美国教育部视作为一个重要目标。专家指出，在更加靠近人们居住的地方建造较小规模的学校，将使社区更加适于居住。但是，学校建筑因此必须更好地融入周围的环境。

华盛顿州 Dupont的Chloe Clark小学便是一个极好的例子。西雅图市的DLR集团位于被称作“西北平台”的一个富裕且规划良好的社区。它需要设计一所学校，该学校的风格必须与该区20年代平房风格的住宅相符。

Mason说：“学校的前门设计成住宅的前门走廊模样，使孩子们有宾至如归的感觉。社区还希望学校有一个斜屋顶，以便与邻近房屋相符。所以，我们用胶合木梁做屋顶结构框架，并将许多梁暴露出来。结果是学校与周围地区很好地融为一体。”

## 家长和教师一致要求使用木材

随着学校与社区的紧密联系，家长、学校教职员和其它社区负责人深深参与了学校的设计。结果是对设计方法达成非常一致的共识，绝大多数人都赞成使用木材。事实上，参与学校设计过程的家长中，百分之九十要求采用木材来增加保暖效果。

Tom Bates说，他的公司经常举办听证会，征询公众对学校设计的意见。“通常，对于基于社区的建筑设计，人们都要求使用木材，因为大多数人都喜欢自己孩子的学校看上去自然美观，”他说道。“我们把木结构暴露出来，便能使设计反映社区的愿望，同时又不超出预算。”

有许多次，他们之所以对使用木材抱有兴趣，也是由于希望能够反映当地的文化价值观。Burr Lawrence Rising + Bates公司最近建了一所为华盛顿州 Enumclaw和 Black Diamond社区服务的中学。这项7400平方米的工程采用了胶合木桁架和其它天然木材。Bates说：“该社区的经济与木材产品行业紧密联系，所以将这一点体现在我们的设计中很有意义。”该公司用同样的设计，为以林木业为主的俄勒冈州 Astoria市建造了Lewis & Clark小学。

基于社区的设计还经常导致人们要求使用当地的建筑材料。在Albret Lea市 Minnesota中学的设计过程中，一个由家长、管理人员和社区负责人组成的社区设计小组特别要求尽可能利用当地的供应商、劳工和材料。这样，工程胶合木梁和木饰面板便成为必然的选择，因为在Albret Lea市，就有一家生产这些产品的制造商。

对华盛顿州Gig Harbor市 Goodman中学来说，其两层木制框架建筑所用的材料和构件都是经过精心挑选的。



## 将木材与其它建筑材料比较时，应考虑系统成本

西雅图DLR集团的Craig Mason强调指出，作为建筑材料，木材的成本竞争力有赖于许多因素。然而，在计算将工程木材用于屋顶结构的成本时，应考虑整个系统的成本。“例如，钢结构系统要求刚性绝缘，而木制屋顶结构则可使用棉絮绝缘，”Mason说道。“由于棉絮绝缘比刚性绝缘要便宜许多，因此木制屋顶结构可以为学校节省大笔开支，同时能提供同样的能源效率。”

在建造过程中可以进一步节约成本。Heery International公司的Rohwer说，选用重量较轻的工字梁和层合单板材（LVL），他们可以不用重型起重机械而是用一辆吊车来安装屋顶，这样既节约了时间，又节省了金钱。

## 质量与耐久性木材的主要优点，也是选用木材的主要考虑

校区是否有对工程木材的防火安全性、质量或耐久性提出过疑问？

“完全没有”，Farrand在描述他所在的Indiana校区时回答说：“这里的管理人员和家长在这方面有足够的知识，不会提出这样的问题。他们对工程木材能够提供安全和优质的建筑这一事实非常放心。”

Tacoma市的Tom Bates同意这种意见，他说学校管理人员更关心建筑的维护性、耐久性和使用寿命等问题。他承认：“学校受到太多的批评指责。从我们的角度来说，决定学校设计的是对采用易于维护的材料的要求。木材是一种高质耐用产品，成本低，能够满足地震设计要求。所以木材建筑在华盛顿州很受欢迎。”



用暴露胶合木支撑的建筑，欢迎参观者来到明尼苏达州南部 Albert Lea中学的西大厅。

从印地安纳地区 Evansville市的两所学前班至八年级的学校证实，木材的耐火性在美国其它地区获得承认和尊重。Owensville和 Haubstadt社区学校的图书馆和体育馆（面积分别为10700平方米和9800平方米）就是用暴露的胶合木梁和层压盖板建造的。

印地安纳州 Evansville市建筑 PC公司的主要负责人Tim Henning说，那里的管理人员和家长并不因火灾风险而对木材的使用产生忧虑。“然而，如果有人提起这个问题，我总是向人们讲述那张著名照片的故事，那是在芝加哥会议中心火灾后拍摄的，照片上显示胶合木梁支撑着被烧熔的钢梁。”他解释道：“我清楚知道，木材会烧焦，并因此而自我保护。所以，照我看来，在防火安全性方面，大型木材优于钢材。”

Henning继续说道，大型木材的允许高度和面积与II型一小时建筑相同。“耐燃（钢）II型建筑必须用石膏板和灰泥等覆盖，以便达到与暴露的大型木材相同的防火等级，”



明尼苏达州Albert Lea市Albert Lea中学，学生在餐厅/公共区吃饭时可享受美丽的景观。

他补充道。“胶合木能够提供我们需要的防火等级，所以它从来就不是一个问题。”

## 对翻新的永恒需求

往前看，质量和耐久性仍然是学校建设的关键因素。学校建筑会变旧，这增加了对耐久性建筑构件的需求。美国教育部说，使用过度和缺少定期维护已产生不利后果。大多数学校建筑的使用寿命约40年，之后，学校条件便开始迅速恶化。今天，美国学校建筑物的平均年龄已有42岁。

工程木材在翻新过程中扮演什么角色呢？有些人说，对于使用木框架的建筑物，将来的改建和翻新会比较容易。其他人认为翻新的费用会减少。

建筑师利用木材的设计灵活性，为华盛顿州 Puyallup市附近具有历史意义的 Maplewood小学增添了一个多功能室。



“改建木结构的建筑一般要比改建钢结构的建筑容易，不过在很大程度上取决于原来的结构。”西雅图DLR集团的Mason说。

“但这里，许多翻新都要考虑提高建筑的抗地震能力，在这方面，木材是非常合适的。我们用胶合板和定向刨花板作剪力墙，并将屋顶结构连接在一起。工程木材真是太合适了。”

Rohwer表示同意，他说：“一般来说，解决横向负荷和抗震问题的最节省的方法是在原本没有的地方增建胶合板剪力墙。在这里，仅此一项就存在巨大的需求。”

在成本方面，Evansville市的Henning指出，在将木制屋顶系统与其它选择进行比较时，应考虑长期维护的需要。“如果你使用吸音天花板覆盖钢制屋顶结构，你必须考虑到天花板到了一定时

候也必须更换，那可是很花钱的，”他解释道。“如果你决定让钢制屋顶结构暴露在外，你必须考虑为使它更加美观而涂漆的费用，以后时间长了还要重新涂漆。木制屋顶本身看上去就很美观，不用修饰。所以，从生命周期价值工程的角度来看，我们认为使用胶合木，并让梁的自然美和温和外观暴露在外，将会花费较少。”

### 工程木材符合等级要求

“木材是一种极好的建筑产品，成本低，能够满足地震设计要求，所以是这里的校区所寻求的建筑材料，”Tom Bates说。“木材是一种高质耐久产品。我们喜欢使用木材，但是关键是要正确使用，并要考虑周全。如果你做到这一点，它便会给学校空间带来惊人的美感、氛围和总体质量。”



胶合木梁与木制屋顶盖板被用来消除储物柜分隔间的噪音，同时产生一种暖意，增加了学校的整体魅力。

Indianapolis市 Fanning/Howey联合公司的 Bill Payne同意这种说法，他补充说：“在任何建筑物中，特别是当你有小孩时，木材始终是受欢迎的修饰。虽然使用木材是一种直觉，但是从建筑与设计角度来看，工程木材产品使它达到了另一个高度。”



## 工程木材用于仓库和工业建筑物

在仓库和大型工业建筑物中，工程木材产品为设计师提供了一种可进行快速安全施工的选择。木材设计灵活性很大，可以很容易根据防火喷水系统、大型进料台和机械系统来修改。以下案例研究描述了利用木材建筑的优点而建造的各种工业建筑物。

### 百事可乐储运中心

#### 项目概述

地点：加州 Hayward市，  
屋顶面积：27870平方米

位于加利福尼亚州 Hayward市的百事可乐储运中心的原始设计是采用钢材，但是钢材无法及时供货，因此不能满足这项紧迫建筑工程的竣工期限。

这是一间上倾式仓库，有一个板块结构的屋顶系统，采用胶合木桁架檩条和承重梁以及定向刨花板建造。高级项目经理 Vincent Bischof指出了木制屋顶系统的几个好处。他说：“板块结构木制系统的一个好处是可以修改。我们在为某些屋顶结构安装防火喷水系统管道时遇到一些问题。由于屋顶采用了木材，我们可以根据需要修改屋顶，同时保持建筑物的结构完整性。如果屋顶是钢材结构，我们是无法这样做的。”

主要的木框架构件为花旗松胶合木横梁和胶合木桁架檩条的组合。支柱采用了钢材。桁架檩条的间隔为243厘米，而横梁的中心间隔为14.6米或15.2米，以满足所进料台的要求间隔。胶合横梁的厚度在7.9厘米至22.2厘米之间，是按照悬臂梁系统设计的。较小的下降梁按照EWS层压材组合24F-V4规范制造，而较大的悬臂梁构件则按24F-V8平衡层压材规范制造。

屋顶是用尺寸为1.2米×2.4米，厚度为1.3厘米的定向刨花板覆盖。定向刨花板由2x大小的木材支承，其中心间隔为61厘米，这是此类系统常用的结构。将建筑板材覆盖在木框架构件上，可以轻而易举地使盖板达到高承重量，这是钢屋顶框架结构难以做到的，除非加入其它昂贵的支撑。

Bischof说，全木板屋顶结构的另外一个好处是它的建筑速度。就这项工程来说，27870平方米的屋顶仅用6周半的时间便盖好，只用了极少的加班时间。由于屋顶建筑工人的施工速度快，其它行业，比如电工，在屋顶施工时就可以进场，由此加快了整个工程的进度。此项工程用了大约6个月就竣工了。

屋顶建筑商 Hubbard Structures公司指出，板块式木制屋顶的施工是最安全的，因为多数工作都是在地面上拼装大块预制屋顶板时完成的。在这些大块木板被吊至适当高度的正确位置后，只需1到2个工人在屋顶完成最后的檩条连接和盖板固定。

安全，快速，加上多功能性和低成本是这项大型板块式木制屋顶工程能够顺利竣工的关键因素。



在已完工的屋顶系统中可以见到胶合木桁架。

## 波特兰市矿产储运库

### 项目概述

地点：俄勒冈州波特兰市，  
建筑面积：21925平方米

来自加拿大的运载碳酸钾的火车缓缓驶入俄勒冈州波特兰市巨型矿物出口储运库附近的车站，这座建筑物的规模和复杂程度十分引人注目。坐落在火车铁轨和 Willamette 河岸之间，胶合木为拱顶，胶合板和绿色木瓦为盖板，高高耸立，气派宏伟。这座令人印象深刻的建筑物有49米宽，450米长，建筑面积达21925平方米，是俄勒冈州最大的木框架建筑之一。

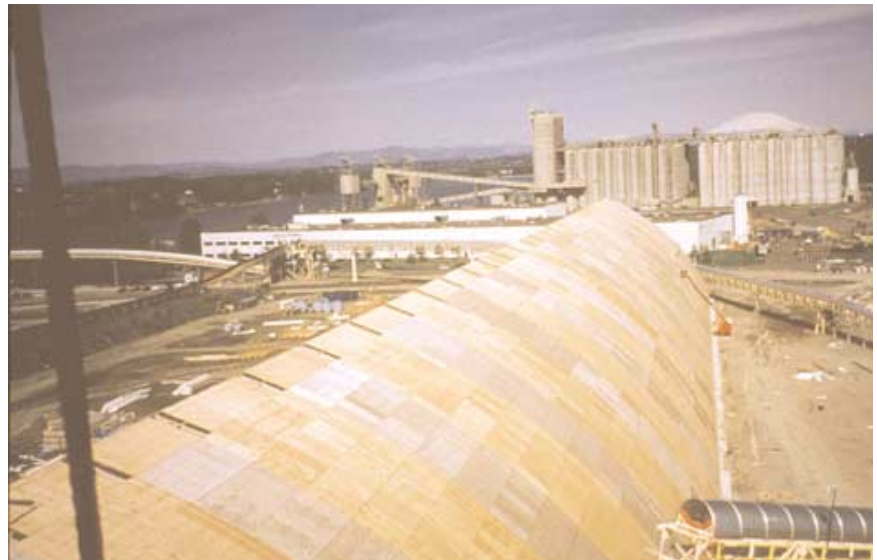
这个矿物出口储运库位于波特兰港，专门用于储存向太平洋彼岸出口的碳酸钾。碳酸钾是一种高腐蚀性的盐状化肥成份，其储存对任何暴露的建筑框架都是一个挑战。例如，钢框架需要采用三道环氧涂层才能抵抗碳酸钾的腐蚀。虽然可以使用不锈钢，但是成本太高，而且交货期往往很长。

工程木材成为必然的选择，因为它货源充足，可以暴露于此类腐蚀性环境中而无需特别处理。胶合木梁、木结构盖板和其工程木材产品经常被用于要求使用抗防腐性材料的工程。

这座建筑物的独特风格在很大程度上要归功于其气势恢宏的胶合木拱顶结构。它由100块拱顶构件组成，构件之间的中心间隔为9.8米，构件的平均尺寸为横截面22厘米（8.3/4"）×1.4米（55-1/2"），长度35米。



俄勒冈州波特兰市21925平方米的碳酸钾储运大楼采用了APA EWS胶合木拱形设计。



该工程使用了近35万平方尺的2.9厘米舌榫APA胶合板盖板。

根据这些尺寸，就不难明白为何用了1276立方米的胶合木拱顶构件才建成这座建筑。所有胶合木均为花旗松。拱顶高度达26米，能够储存10万吨碳酸钾。这座建筑之所以设计得如此之高，原因之一是它要容纳专用的运输设备。

用销钉连接起来的胶合木拱顶结构，其基座为现场浇筑的2.5米高的混凝土墙壁和板块。选择混凝土是因为它不受碳酸钾腐蚀。

拱顶基座使用了7.6厘米直径的钢销钉，将拱顶与混凝土支承结构连接起来。每处连接皆可抵御24947公斤至29483公斤力。每个拱顶构件都在顶部和底部用销钉固定，形成一个三重铰链的拱顶结构。拱顶还用对角接铁支柱支撑，以防构件旋转。拱顶之间的胶合木檩条的中心间隔为122厘米，支撑着2.9厘米的舌榫胶合板盖板。在吊装这些巨大的拱顶时，使用了起重机。

## FRED MEYER 物流中心

### 项目概述

地点：华盛顿州 Puyallup 市，  
建筑面积：5.57公顷

不同的建筑产品、风格和系统经常能够彼此配合，以保存和保护储存的食品和储运设施。华盛顿州 Puyallup 市的 Fred Meyer Inc. - 北方食品物流中心在同一座建筑物中有三种不同的屋顶风格，每种设计都能够最好地服务于特定的食品或功能。

整座建筑物的面积为5.57公顷，包括3.53公顷的木材和钢材混合屋顶系统，用于储存干货；1.81公顷的全木制屋顶系统，用于储存易腐货物；2320平方米的钢屋顶系统，用作办公室。每个屋顶均用钢柱支撑，其分布呈一个12.2米 × 14.3米的方

格。外墙为脱模施工混凝土，在易腐货物与干货区之间有分隔墙。

常规全板材屋顶系统用以保护易腐货物区，其结构采用2.4米 × 2.4米定向刨花板 (OSB)，2x或3x (3.8厘米或6.4厘米厚) 锯木副檩条，间隔为61厘米。该屋顶系统的主框架用胶合木檩条和24F-V4及24F-V8 (带悬臂) 胶合木梁组成。此全木制屋顶系统的预制框架用重型叉车送至屋顶位置，然后将板块安装到胶合木主梁上。然后在每个板块框架上，将木盖板的非连接边缘用钉子钉在前一板块框架的边缘。最后将预制框架盖板的末端装到胶合木主梁，从而完成组装。

干货区混合屋顶系统的结构也是采用2.4米 × 2.4米定向刨花板，2x或3x (3.8厘米或6.4厘米厚) 锯木副檩条，

中心间隔为61厘米。主框架为2.4米中心间隔的钢筋托梁，配以钢梁桁架作为主要建筑构件。如同全木制屋顶一样，该系统也是在地面上组装好整个板块框架，然后将其送到屋顶位置，再把钢筋托梁焊接到或用螺钉连接到主钢梁桁架。然后在每个板块框架上，将木盖板的非连接边缘用钉子钉在前一板块框架的边缘。最后将预制框架板的末端连接到主钢梁，从而完成组装。

决定使用多屋顶系统的原因是因为建筑物用以储存多种货物。Epstein Construction Inc. 的 Rick Bush说，从成本和货源的角度来看，“鉴于木材货源充足，价格具竞争力，美国西岸的大多数工程设计都采用木制或混合系统。在西岸，建筑钢板材和金属板材的成本通常较高。”



Rainier山俯瞰着华盛顿州 Puyallup 市的 Fred Meyer 物流中心。



全木屋顶为易腐货物提供了最佳保护。

然而，不论成本如何重要，它都不是使用多屋顶系统的主要原因。

在易腐货物区，之所以采用全木系统，是因为它最能满足对货物提供适当保护和保存的要求。Bush说：

“与钢制系统相比，木制系统更合适做冷藏防潮隔板。”此外，政府有关易腐货物存储区的集尘规定也使防尘性能好的木制屋顶系统成为最佳选择。

易腐货物区安装了干式顶部和货架防火喷水系统。在干货区，存储货架占据了大部分地板空间，因此混合式屋顶系统可用ESFR喷淋器，从而无需用货架防火喷水系统。

Bush说，这座建筑物的另一个特点是有一个“特长跨度（深度）的码头区分隔间。”易腐货物区有一个18米深的码头区分隔间。如同对多数大跨距建筑一样，悬臂胶合木框架系统成为不争的选择。对于干货区24米深的码头区



板块式木制组件很容易安装。

分隔间来说，混合系统证明是一种高效率的方法。

在全木制屋顶系统中，板块式木材可加快施工速度，并增加屋顶的强度、尺寸稳定性和模板容量。由于能够预制大型屋顶板块框架，因此可以降低成本、缩短施工时间、提高施工现场的安全性，因为在屋顶工作的工时减少了。

在混合系统中，大跨距的钢制框架很容易与效率和性能都得到证实的木板屋顶盖板组合。如同所有木制系统一样，混合系统板块框架的安装与传统的全钢屋顶相比，所需时间更少，施工成本更低。

这个Fred Meyer物流中心成为全木制和混合型屋顶系统的强度、成本效率及总体性能的一个明证。由于施工质量高，采用了有商标的板材和胶合木，以及将不同屋顶类型融合在一起，从而建造出一个极高效率和多功能的储存环境。

## VAN NORMAN 水库顶盖

### 项目概述

地点: 加利福尼亚州洛杉矶市  
Granada山,

建筑面积: 61780平方米

修建61780平方米的顶盖, 其覆盖面积为6公顷, 以胶合木梁作支撑, 而且要在十周内完成。这正是洛杉矶市水电部和S.J. Amoroso 建筑公司所做的工程, 他们合作修建了位于加州 Granada山的Van Norman 水库顶盖。

设计和建造这座独特的圆拱形建筑, 旨在将水的蒸发减至最低, 隔离空气传播的污染物, 提高水库的安全性。这座水库负责提供洛杉矶市90% 的饮用水。将水库覆盖起来, 可以减少净化水用的化学品数量, 并能防止人畜进入敏感地区。

Van Norman水库是将水输送到用户之前的最后储水区, 因此, 在为该项目选定设计特色时, 有几个主要的考虑。最后决定使用工程木材框架系统, 主要是考虑该结构具备抵御地震和上升风力的能力, 并且经久耐用。

在项目的设计阶段, 该市的工程师遇到了一些难题。S.J. Amoroso 建筑公司是Van Norman水库工程的总承包商, 其项目经理 Jeff Dale说: “由于其独特性质, 工程师提出了一些创新的规范。”

在设计规定的使用寿命中, 屋顶应能保护水源不受污染, 这一点是至关重要的。但是, 同样重要的是, 建筑材料本身不得造成任何污染。因此选用阿拉斯加黄松作为主框架构件和次框架构件的材料。选用这个种树木, 是由于它既具天然耐久性, 又有强度的特点。

水库顶盖坐落在约1.2米高的混凝土外围上, 其中央部分比外围部分高大约2.4米。水库顶盖高出水库地面13.4米, 用阿拉斯加黄松制成的胶合木横梁组成, 作为架设在支柱上的主要构件。这些主梁的截面积为27厘米×99厘米, 支撑着18.3米长的桁架。桁架为129厘米深, 由带有管状金属网, 尺寸为5×15厘米的双重阿拉斯加黄松桁材组成。

混凝土柱子之间用截面积为17厘米×99厘米的小型胶合木梁作支撑构件, 形成一个18.3米×18.3米方格系统。顶盖采用91厘米×609厘米的铝板, 安装在建筑系统的

顶部, 以便最大限度地降低总净负荷, 提供连续的防渗层。

虽然项目难度很大, 但是工程人员每周安装的顶盖达5574平方米以上, 在10周内完成。

该工程自1992年竣工以来, 洛杉矶市一直在监控其效果。该顶盖系统在各方面一直能够满足该市的预期效果。洛杉矶水电部工程师Kevin Brown说: “我不断收到从各地打来的电话, 询问该项目的情况。我十分肯定地告诉他们, 项目运行良好。”

1994年1月17日, 里氏震级达6.8级 Northridge地震就在水库附近地区发生。虽然震级很高, 但没有报告说该次地震对该建筑物产生不利影响。

由于工程木材产品在Van Norman 水库顶盖工程中的卓越表现, 使得其它城市也开始探索在将来修建类似的工程。其成功清楚说明能够用木材修建的工程种类繁多。



从空中鸟瞰, 这座61780平方米的整体框架系统一览无遗。

## 工程木材用于 商业建筑

在新建和大量的改建工程中，工程木材产品因其设计灵活性、强度高和美观而被选用。以下的案例研究，侧重说明胶合木和其它木材产品是怎样用来实现各种商业建筑物的设计目的。

### NORTHGATE 商业中心翻新

#### 项目概述

地点：华盛顿州西雅图市

位于华盛顿州西雅图市的 Northgate 商业中心于1950年开业，是世界上第一个这种类型的购物中心。但该中心的公共区自70年代初以来就没有翻新过，因此业主决定对其面貌进行更新。

业主 - Somon DeBartolo集团 - 所面对的难题是要在不打扰其120个零售租户业务的情况下完成翻新。而且工程要在11月下旬开始的购物旺季之前完成。业主还想将购物中心内部变得更加明亮，更现代化，同时要给它添加一种温馨舒适的氛围。

Callison建筑公司的项目建筑师 Jim Westcott说：“我们用胶合木梁做了一条脊柱，从商场内部一直延伸到外部入口。在外面，让胶合木梁暴露出来，入口镶上玻璃框，十分显眼。由于入口对于商业中心的形象来说非常重要，因此我们采用了木材来创造夸张的效果。” Titmas同意这种说法，他说：“木材确实给予我们所希望的外观效果。”



暴露的APA EWS胶合木构成Northgate商业中心的入口门框，格外醒目。

“从历史上看，木材在太平洋西北部一直被广泛使用，我们注意到一种绝对的倾向，就是越来越多地使用工程木材，因为它们更加环保的建筑材料，” Westcott补充说。

“但是，在施工中，真正的好处来自木材的设计灵活性。”

Northgate商业中心的翻新采用了一种独特的施工程序，即在现有的混凝土梁和金属盖板上修建新的木制屋顶。然后，小心翼翼地拆卸下旧的金属屋顶结构，露出新的三角形屋顶，新屋顶由暴露的胶合木梁、橡和木盖板构成，仅覆盖商业中心的公共区，此项翻新并未改变任何店铺的屋顶。

该项工程使用了640多立方米的13厘米×42厘米花旗松胶合木梁，以及518立方米的8.9厘米×19厘米阿拉斯加黄桧胶合木橡，这两种木材

都是暴露的，购物者都能看见。此外，还选用了5厘米×15厘米花旗松盖板，但是上面用1.3厘米胶合板覆盖。胶合板提供了所需的剪力值，使模板设计符合西雅图较高的抗震要求。现有的混凝土梁柱被涂上油漆，留在原地。

从实用结果来看，木材的灵活性，使该项屋顶安装的承包商 - Wood-Lam 建筑公司 - 得以完成此项复杂的安装工程。公司总经理兼工地总监 Mike Nelson说：

“建造一个不能从下面上来的屋顶结构使我们只有一种选择，那就是木材。”他在三个半月内安装了3530平方米的木制屋顶结构，而施工人数一直不超过15人。

## WIEDEN & KENNEDY 大楼翻新

### 项目概述

地点：俄勒冈州波特兰市，  
建筑面积：17187平方米

胶合木制造商：American Laminators, Inc.、Stimson Lumber, Western Structures, Inc.

Pearl区是一个历史悠久的工业中心，从俄勒冈州波特兰市繁荣的市中心自东向西穿城而过。波特兰人喜爱该区的工业特点，开发商与此相呼应，翻新了许多较老的建筑物。

Wieden & Kennedy大楼便是这种保存工作的一个很好例证。

这座建筑物是由 Fuller公司在1910年建造的，最初用来储存油漆，后来被用于存放羊毛，1949年被改造成冷藏仓库。从此，大楼一直作为一个巨大冷库使用，没有进行过任何大修，直到1996年被废置不用。

Wieden & Kennedy是一家成功的广告公司，它慧眼识珠，于碎砖烂瓦中看出了大楼的魅力，于是对它进行大规模翻新。翻新后的大楼依然保留了灰泥粉刷的外表，楼顶增建了第五层的阁楼。在大楼内部，旧仓库的某些原有特色与一个新建中庭的明亮与开阔感融合在一起。

中庭像是一个巨大的建筑用混凝土箱子，在大楼中从上到下高28.3米。Wieden先生把中庭中间的圆形露天剧场叫作“创始中心”，它位于三楼，顶部为阁楼的玻璃天花板。建筑师非常重视木材的美学价值，因此他们没有考虑用钢梁。九根胶合

木梁横越中庭，每根梁有30厘米宽、1.3米厚、31米长。一种建筑的外观通过暴露的胶合木梁表现出来。

Wood-Lam建筑公司负责提供屋梁，该公司的Leroy Condon说：“那些屋梁均为24F-V4不平衡胶合木梁，每根梁的上曲度稍有不同，取决于它们在大楼中的位置和负载。在这些梁上面，胶合木立柱支撑着18根略微小一些的胶合木梁，每根有23厘米宽，与下面的梁成直角，形成新阁楼的屋顶。

出于抗震的考虑，需要加固砖石结构的外墙。解决办法是将旧的锯木梁尾端切除，用墙里面的胶合木做一个新的内框架，用以支撑切短的梁。旧梁和梁上的盖板形成内部空间大部分的天花板。新框架采用30厘米×30厘米胶合木立柱建造，用25厘米×30厘米胶合木横梁连接，以配合大楼内部的天花板和原来的

木柱。砖石外墙用螺栓与新的胶合木框架固定在一起，这样，框架就不仅支撑着内部梁的尾端，而且也支撑着外墙。

经过这次成功的翻新，Wieden & Kennedy大楼保持了原来的特点，同时满足了今天对结构与美学的需要。工程胶合木产品与其它现代建筑技术的创造性结合，解决了现代与传统之间的矛盾。



塔式起重机和吊杆起重机共同将重达6.4公吨的梁吊装到楼顶。



仰视巨大的30厘米×135厘米×31米胶合木梁。在照片中间靠左的位置可以见到一座天桥横跨木梁。



## BEAVERTON 市图书馆

### 项目概述

地点：俄勒冈州 Beaverton市；

建筑面积：6410平方米；

胶合木制造商：华盛顿州

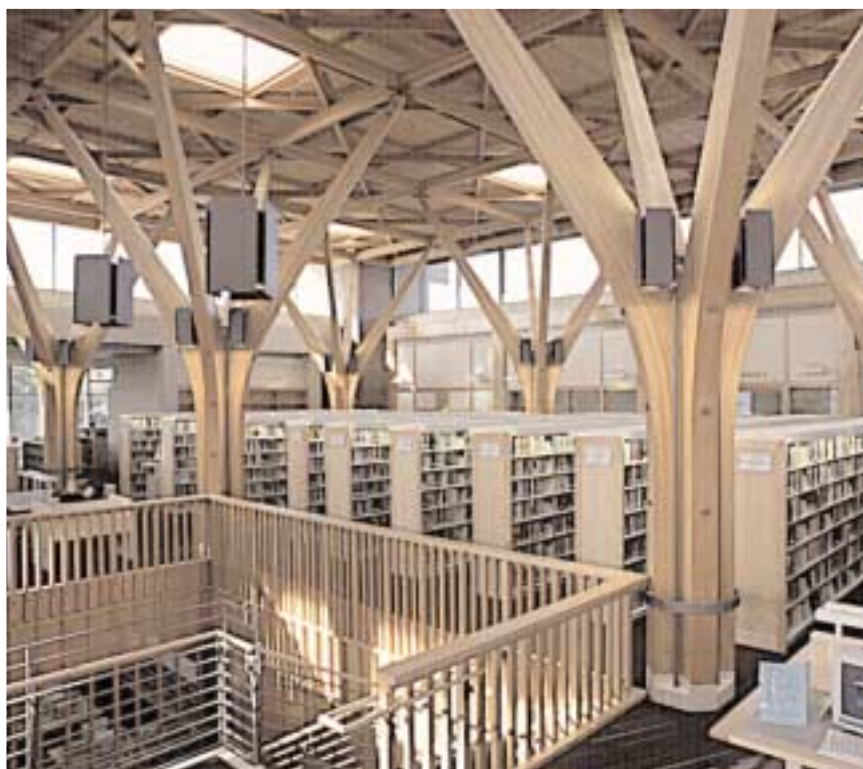
Chehalis市 Stimson木材公司

在Beaverton市图书馆里，有一丛高高挺立的胶合木树，象征性地将图书馆建筑与周围的城市联系起来。这丛胶合木树的建筑表现了 Beaverton 市的特点，该城的别称就是“树城”。

Beaverton市图书馆由Thomas Hacker and Associates设计公司设计，Drake建筑公司承建，这两家公司都位于俄勒冈州的波特兰市。图书馆具有强烈的城市特点，是Beaverton市新市中心开发的一个主要建筑。

创新地使用弧形胶合木立柱，造成树形外观，这使Beaverton市的新图书馆有别于许多没有任何特色的城市建筑。受到图书馆前面巨大的美国枫树的启发，4根弧形胶合木立柱形成了4棵大树，每棵高7.9米，支撑着图书馆大厅上的花旗松天花板。这些树是用19毫米厚的花旗松层积板材制成，只有常规层积板材一半的厚度，以便获得所需的弧形半径。胶合木树的间隔为8.5米，其张开的枝杆支撑着13厘米×31厘米的胶合木檩条，檩条的中心间隔为4.3米。

“决定以树为设计主题后，设计小组研究了几个方案，最后选用大型弯曲梁来创造树的形状，”项目经理David Shelman解释道。他说，“使用薄层积板制成的胶合木具有所有结构特性的要求，同时又具有一种



图书馆的二楼生长着一片虚拟树林。

坚固的构件外观。”灯具被精巧地安装在树上。

这座6410平方米的图书馆，计划将来再扩建2787平方米，盖以胶合板屋顶，并用对角胶合木和实木檩条支撑。

这个全功能的中心图书馆配备全套电子网络设施，有光线充沛的开阔空间供人们阅读和浏览。两层的建筑包括一个150个座位的礼堂、会议室、个人计算机室和大型儿童阅览区。图书馆位于Beaverton市中心，这提高了它作为社区中心和信息资源中心的地位。

在设计新图书馆时，Thomas Hacker and Associates建筑公司力图创造一种整洁的感觉，重点放在图书馆的核心功能上：图书和人。



7.9米高的胶合木树和胶合木檩条支撑着胶合木盖板。

Beaverton市幕僚长 Linda Adlard表扬了图书馆的设计。她热情地赞扬说：“这座建筑宏伟华丽，20年后，它将依然像开馆日那样美丽动人。”

## REI 旗舰商店

### 项目概述

地点：华盛顿州西雅图市；

屋顶面积：3716平方米

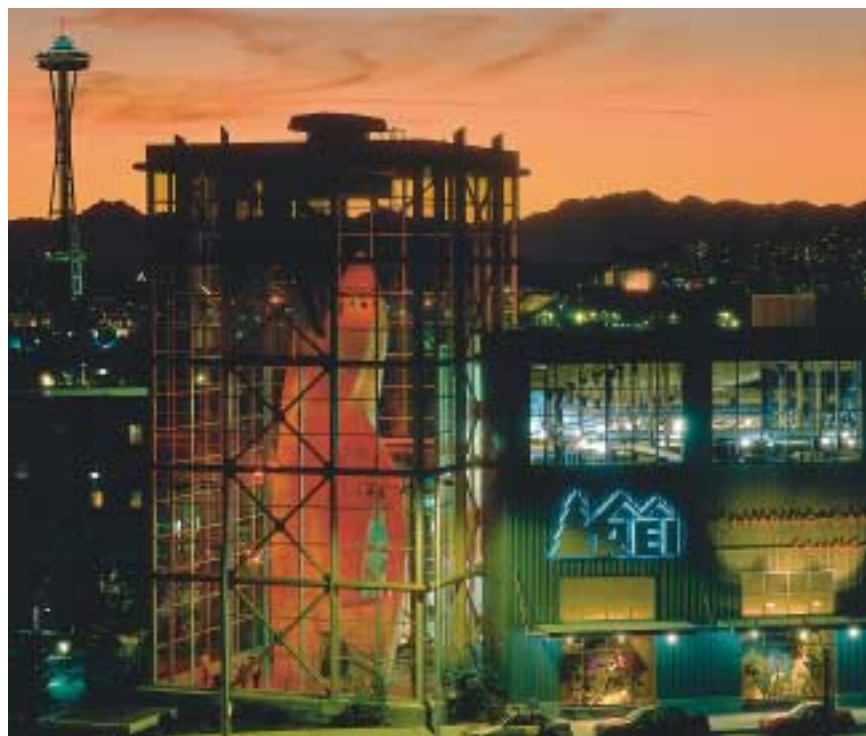
该商店自1938年开张以来，娱乐设备公司（更多人叫它REI）一直是热爱户外活动人士所喜爱的购物场所。这家以西雅图为本营的连锁店现有44家零售分店和一个国际邮购企业，并计划在今后几年继续扩张。兴旺的生意和不断增多的商品最终使这座人们喜爱的建筑 - REI具30多年历史的西雅图总店 - 变得太小了。结果，建造一家新的REI旗舰店的想法便应运而生。

REI希望有一个更大的空间来提供客户互动机会，同时保留老店原有的那种温馨舒适的感觉。除环保方面的考虑之外，其它工程目标包括建造人工山水、野外风光、自然光线、一个俱乐部会所、一个壁炉、岩石、大石、树林、客户服务部、估价部和一个瀑布。

建筑方面的挑战是在预算之内为一个户外家用器具零售商建立合适的特征，同时达到资源效率的目标。

Mithun Partners公司REI项目建筑师Bert Gregory说，这家商店“原本可以用实心锯材或钢材来建造，但是实心锯材不是最有效利用木材资源的方法，而钢材又没有所需的那种整体特征。”

Gregory说，胶合木被用作屋顶桁架、屋顶檩条和地板梁，也被用作外部的立柱和梁。他指出：



黄昏降临华盛顿州西雅图市REI旗舰店。

“胶合木是建筑工程中利用木材资源最有效的方法。我们采用胶合木，还因为木材具有的内在特点，这种特点适合商店的环境。”

商店还采用了其它胶合工程木材产品。胶合板被用作地板和某些地方的墙板。墙壁装饰材料 and 广告装置使用定向刨花板（OSB）。墙壁和收款区的隔板是用APA商标的19毫米OSB做的。胶合板和OSB的表面涂上五种土壤色调水性漆，产生出一种类似磨光大理石的效果。

商店只能够从一个地方进入，而且进入前必须经过1950平方米的园景和一个瀑布，瀑布利用屋顶流水来加倍暴雨时的水流量。进门后就是REI的传统设计：一座20米高的攀登墙，顾客可以一试身手。这是美国全国最高的室内攀登墙。

商店拥有五个户外专用设备店、自行车试骑径、长筒靴试穿区、炉子试用区、一个可容纳250人的会议室和一个咖啡厅。另外还有租赁店、修理店、儿童玩乐区、美术走廊和办公室。地下停车场有400多个停车位。

整个结构由三座建筑组成，屋顶系统是板块式盖板结构，用胶合木和钢制桁架、花旗松胶合木横梁和实心花旗松副檩条组成。桁架的中心间隔为7.8米，支撑着中心间隔为2.4米的檩条，檩条又支撑着间隔为0.6米的5×15厘米副檩条。支柱采用钢材、胶合木和混凝土，根据美学要求与承载的负荷而定。胶合木构件印有APA EWS商标，按照EWS花旗松层积木组合标准24F-V4生产。屋顶用印有APA商标的16毫米胶合板覆



施工中的胶合木檩条和桁架。



从商店入口处可以看到胶合木支柱。



板块式屋顶系统采用了胶合板盖板。

盖。胶合板的底面暴露在外，仿真 REI旧店那种乡村式的温馨感觉。

有趣的是，从一楼上二楼的楼梯也采用了胶合木。楼梯踏板用8.9厘米胶合木制做，用锯木作梯级竖板。

在楼顶的设计与建造中，通过采用“模板设计”来利用木材较高的横向抗负载能力。模板利用结构性板材的能力来抵御强风和地震引起的横向负载，将这些短促而巨大的负载安全吸收。木制模板符合现代的抗震设计规范，而且使用结构性板材、结构木框架、钉子和金属连接装置，建造起来较为简单。

唯一的特殊设备是架设楼顶时使用的一部塔式起重机，整个商店在16个月内竣工。

由于使用了工程木材建造，REI旗舰店完全迎合了热爱户外运动人士的要求——对环境的尊重和对自然美的敬仰。

## 迪斯尼溜冰场

### 项目概述

地点：加利福尼亚州 Anaheim市；  
屋顶面积：8175平方米

当迪斯尼开发公司想建造一座既美观又不超出预算的溜冰场时，他们选择了工程木材。按照迪斯尼溜冰场的建筑设计师的话说，其结果该溜冰场成为加州 Anaheim市“商业区的一个迷人的中心点”。

迪斯尼溜冰场是一座双冰场设施，可进行与溜冰相关活动和滑冰，包括“迪斯尼目标”青年冰球赛，同时还是Anaheim市 Mighty Ducks NHL冰球队的永久性练习与训练场。在溜冰场前门的一个大广场上，还可以举行各种社区活动与冰球活动。

Tomaso Bradshaw是 Frank O. Gehry & Associates 公司负责起建迪斯尼溜冰场的工程建筑师，他说溜冰中心采用了马鞍形双曲线设计，旨在产生一种强烈的雕塑效果。从外部看，这座建筑物散发出一种冷色调。溜冰场前面的广场用沥青铺地，刷上黄色、紫色和浅蓝色条纹。这些条纹通向浅灰色的铝制建筑的入口。但是在里面，冷色调被木材的温暖取而代之。

Bradshaw说：“每个冰场的内部空间都设计成拱形，用互相连接的大型胶合木梁做成，与弧形的外部轮廓相配合。内部和外部形状设计成雕塑效果，具有优美的形状和线条，宛如滑冰者优美的舞姿。”

Bradshaw指出：“暴露的胶合板天花板营造出温暖的环境，使人想起传统的木制溜冰场。”他所指的梁是定制的胶合木，是按照工程木材系统公司的规定生产并印上商标的，这是APA - 工程木材协会的一家关联公司。

Bradshaw描述道，从入口处开始，一个弧形带天窗的大厅通向NHL和奥林匹克规模的溜冰场。大厅是活动中心，内有一间快餐店、溜冰鞋出租台和一间大型溜冰装备商店。在二楼，有一间可以俯瞰两个溜冰场的餐馆，是一个温暖的观看溜冰的地方。露天看台可为NHL溜冰场提供大约800个座位，为奥林匹克溜冰场提供200个座位。二楼尽可能地设计为透明，使两个溜冰场的空间融合起来。



胶合木和胶合板产生了一种现代雕塑效果，令人回想起传统的木制溜冰场。

该项目在建筑和施工方面都提出了挑战：设计与结构要求如何才能相互结合，而又不超出预算呢？项目总承包商 Matt 建筑公司的东主 Paul Matt说，最初是选用钢材来建造屋顶系统。但是项目小组发现，使用钢材就无法保持预算。

执行建筑商 Langdon Wilson 联营公司考虑用木材取代钢材。总裁 Steve Turner说，项目小组与俄勒冈州 Tualatin市的西部木材建筑公司 (Western Wood Structures, Inc.) 联系，该公司建议此项目可以采用胶合木。项目小组了解到，如果采用胶合木，他们便可保持预算，同时又可满足城市建筑规范的要求。所以，Frank O. Gehry and Associates公司对图纸做了相应的修改，并聘用了西部木材建筑公司修建屋顶。

屋顶系统用南方松胶合木梁和实心花旗松锯木檩条组成，中心间隔为1.2米。弯曲支柱使用外包混凝土的钢筋。拱形胶合木梁的截面为22厘米×1.3米，按照EWS层积木组合24F-V5规范生产。弯曲梁的中心间隔为6.7米，跨度为35米。为了方便运输（从制造商 Alamco 木材产品公司（EWS成员）的所在地明尼苏达州 Albert Lea市运到施工工地），使用了快速拼接安装法。整个溜冰中心的面积为60米×88米，约8175平方米。

Matt建筑公司以前曾使用过胶合木，但这次是他们首次采用弯曲胶合木的工程。Matt说，胶合木



胶合木拱顶弯成一个23米半径，形成溜冰中心的屋顶系统。

的拼装速度比预期要快。西部木材建筑公司的施工人员以前曾采用过弯曲胶合木，他们比预计完工时间提前1~2天就完成了屋顶的架设。整个溜冰设施用了10个月建成。

屋顶的盖板采用了28毫米舌榫 APA商标胶合板。西部木材建筑公司工地服务副总裁 Terry McKee说，用手将28毫米厚的胶合板在胶合木梁上弄弯曲非常困难，因为拱顶的弧度达23米半径。采用28毫米厚的胶合板，是为了满足“类型III 1小时建筑” (Type III 1-hour construction) 对此类建筑物的要求（这意味着木制屋顶系统符合该市的防火等级），以及满足檩条之间1.2米跨度的要求。

屋顶外覆层和外墙采用光亮的阳极电镀酸洗铝板，有助于产生一种强烈的雕塑外形。直立的接



用手将胶合板在弧形胶合木梁上弄弯曲非常困难。

照片承蒙 Lori J.P. Stocker惠赠。

缝覆层增强了溜冰场的“曲线”形状。

这座建筑引起全国建筑师与施工人员的兴趣。其现代化的巧妙的设计将肯定永远是Anaheim市商业中心充满生气的一部分。

**木材的优点。** 木材是地球自然生长的，具有能源效率和可再生的建筑材料。

**工程木材是更有效地使用木材的方法。** 这种方法可用较小量的木材制造出更多的木材产品。因此，使用美国制造的工字梁、胶合木、积层木、胶合板以及定向刨花板是正确的选择。

木材资料点滴：

■ **我们的林木取之不尽。**

美国有三分之一的土地（七亿三千一百万英亩）被森林覆盖着。在这七亿三千一百万英亩的土地中，约有三分之二可以用来重复造林和伐木。但是，在可以造林的土地中，只有一半允许伐木。而在可以采伐的森林中，大部分还有其它用途，例如供人们野营、徒步旅行、狩猎，等等。

■ **我们每天都在造林。**

美国的林地业主每年种植的树木超过二十亿棵。此外，还有数百万棵树木自然地播种和生长。林木产业是由约15%的林地业主组成，占有41%的可再造林地。他们每年植树达十亿棵，换言之，他们每天种植的树木约为三百万棵。这种高比例再造林的结果，使得每年的造林量比伐木量高出27%。

■ **工程木材具有能源效率。**

1987年进行的一项研究指出，在美国生产的工业原料比重中，木材产品占47%，而在生产所有工业原料所需的全部能源中，木材产品仅消耗了其中的4%。

材料	生产百分比	能源使用百分比
木材	47	4
钢	23	48
铝	2	8

■ **有利于一个健康的地球。**

对于一个年轻的森林，每生长一吨树，便能产生1.07吨氧气，并吸收掉1.47吨二氧化碳。

木材是保护环境的好产品。

本出版物内的产品使用推荐是基于APA - 工程木材协会不断进行的各种项目，如实验室试验、产品研究和大量现场经验所拟订的。但是，由于协会无法控制工艺的质量和工程木材使用的环境条件，所以对实际建筑中的产品性能或设计概不负责。因为各地区对工程木材产品的性能要求不一样，所以请咨询您当地的建筑师、工程师或专业设计人员，以确保所用产品符合规范、建筑和性能的要求。

Web Address:  
  
[www.apawood.org](http://www.apawood.org)

产品支持帮助台  
电话: (253) 620-7400  
电邮地址: [help@apawood.org](mailto:help@apawood.org)

手册编号EX D470 CH  
2003年9月发行

**ENGINEERED WOOD SYSTEMS**  
**APA EWS**

