



# 安大略美术馆

翻修与新建

Canadian  
Wood  
Council

Conseil  
canadien  
du bois



**woodWORKS!**  
Project of the Canadian Wood Council



照片： Sean Weaver, 图片来源：安大略省美术馆  
2009 安大略省美术馆

封面照片： Sarah Hicks

## 目录

- |   |                |    |           |
|---|----------------|----|-----------|
| 3 | 简介 - 关于安大略美术馆  | 10 | 防火安全      |
| 4 | 木材使用在新建的安大略美术馆 | 13 | 使用木材的多种理由 |
| 6 | 结构性木材使用        | 15 | 项目团队      |
| 9 | 装饰性木材使用        |    |           |

## 简介 - 关于安大略省美术馆

安大略省美术馆(AGO)的前身是作为多伦多艺术博物馆成立于1900年。1919年，它成为多伦多美术馆，直到1966年改称了现在的名称。最初的美术馆是建造于1817年前后的家庭农庄，它位于现安大略省美术馆的南侧，正对农庄公园(图一)。2008年秋天，由Frank Gehry设计，经过翻新和新建的安大略省美术馆于近期对公众开放后获得了广泛好评。整个工程涉及对现存空间的翻新和新增了一层面积达到9016平方米的楼层空间。

安大略省美术馆的翻新与新建有以下几点理由值得注意。首先，设计将先前1918年，1929年，1970年和1980年代的建筑风格进行统一与加强。设计团队采用大量的结构化和装饰性木材元素来达到该设计目的，同时吸引，平复以及给游客带来惊喜。此外，安大略省美术馆需要再工程施工期间维持正常功能和长时间的正常运营。

最后，木结构设计，制作和安装是非常复杂的。对于安大略省美术馆意大利风雨街廊部分，用胶合木材供应商Structurlam公司的Bill Downing的话来说“这是北美最复杂的木结构建筑”。



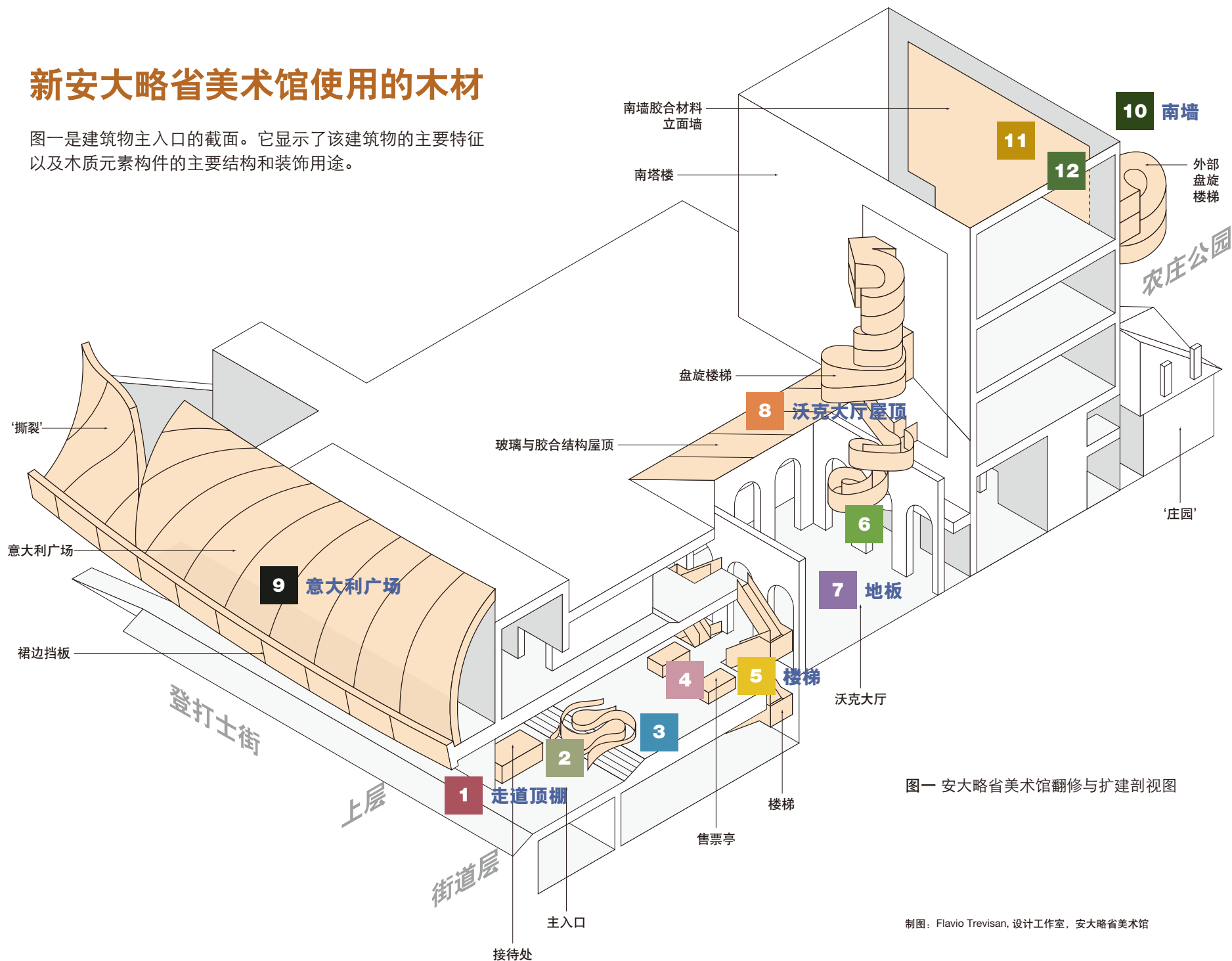
照片：J Burrows

“最终对外开放的安大略美术馆是一个多么美丽的画廊啊。全新的美术馆结合了灯光与木质结构，是多伦多市民必定会喜欢的一个温暖舒适的场所。”

toronto.com, 多伦多星报报业有限公司

# 新安大略省美术馆使用的木材

图一是建筑物主入口的截面。它显示了该建筑物的主要特征以及木质元素构件的主要结构和装饰用途。



图一 安大略省美术馆翻修与扩建剖视图

制图：Flavio Trevisan, 设计工作室，安大略省美术馆

**走道顶棚 1**：安大略省美术馆面向登打士街前的200米长，由伸出的意大利广场和建筑物尾端“撕裂”上的顶棚遮盖。拱腹上的木板形成了混凝土人行道和玻璃幕墙立面的温暖对比。

一进入建筑物内，游客就会被**问讯处**温馨的原木色以及胶合木框架结构的入口墙壁所迎接**2**。

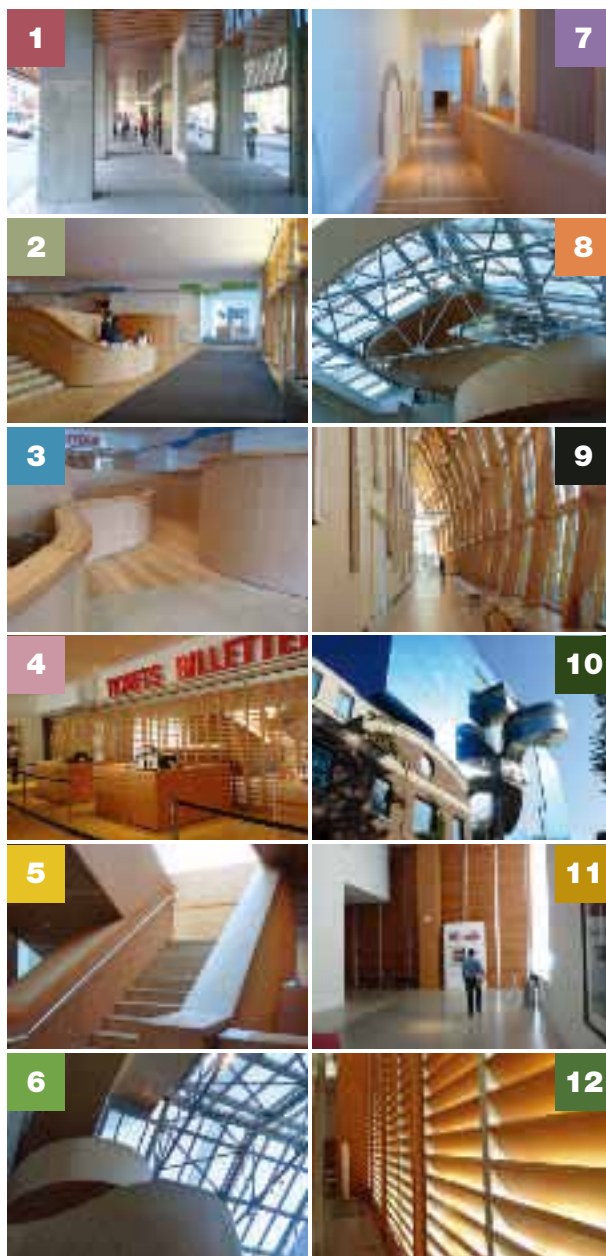
通过楼梯或者依靠表面被木材包裹的**弯曲斜坡**直接进入**3**画廊。

**售票亭**和**折叠安全格栅****4**都是木材贴面制成的。

虽然由于以前整修的限制，入口处的天花板高度较低，木质材料的谨慎使用营造出一个温馨的空间，以及参观者对入口那头的艺术和建筑风格的期待。

**楼梯****5**：一进入画廊内部，可以通过木材贴面的楼梯通往上层或者下层。

在沃克广场内，一个用木材贴面的**螺旋楼梯****6**穿过屋顶到达新的五层展览空间的楼面。



照片：J Burrows

**地板和风格 7**：安大略省美术馆有效地利用木材将墙壁和天花板表面做出对比效果。

**沃克大厅屋顶 8**：支撑沃克大厅屋顶的钢梁檐架被保留下来，新增加的胶合材料框架用以支撑新屋顶。玻璃面板的屋顶结构提供了一个共325平方米(3500平方英尺)的天窗，使整个大厅显得明亮而温馨。

**意大利广场 9**：沿登打士街200米(600英尺)立面的封闭部分被称为意大利广场，一个胶合材料和玻璃长廊提供了一个可以看到下面街道美景的严肃深沉的空间。在长廊的两端的外部区域都被称为“撕裂”，因为他们给了人们一种立面好似被拉离出建筑物的视觉效果。

**南墙 10 11 12**：五层楼的南区展览馆使用定制的钛板进行表面装饰。一个外部的悬臂螺旋楼梯与木质踏板和立管提供四楼和五楼之间的访问。

在南墙和其他区域的玻璃幕墙窗口区域是由胶合框架支持。内侧的木质百叶窗控制着可进入展览区域的光线强弱。

“该意大利广场是北美最复杂的木结构。”

比尔唐宁，总裁，  
Structurlam胶合制品有限公司。

## 结构性木材的使用

胶合材料主要被使用在了安大略省美术馆项目的三个方面：在登打士街门面，沃克大厅的屋顶，和南面墙体。

登打士街立面是一个非常复杂的木结构。Halcrow Yolles公司的项目工程师克里斯平豪斯指出该立面外观共有1800根胶合构件组成并且每根构件作为连接器都是独一无二的。

登打士街立面封闭包裹的建筑部分被称为意大利广场，它是由专门的两层结构构成(见图二)。内层是由47个径向拱形组成。主入口上方的径向是垂直于入口的，从东面到西面的胶合构件，每一根径向斜坡都是以一个随着到主入口的距离增加而增加的角度，改变着空间尺寸和弯曲度。胶合径向给第二层的竖框格提供了侧向的风力负荷。同样这也包括所组成的胶合构件，竖框格支撑了玻璃窗并将其重量负荷垂直传送到地面。由于木结构和其下支撑用的钢结构框架之间的

膨胀系数差异，竖框格被支撑再可滑动的轴承上，这样可以允许玻璃幕墙随着温度变化而进行调整，从而不破话三层玻璃封套。

项目有一个在建筑方面的要求就是最大限度地增强立面的透明度。这一要求导致的结果是需要减小胶合构件的横截面，但同时减小横截面满足隐藏连接目的之后又要达到满足重力，风力和地震负荷的要求。登打士街外墙立面一共有2500根胶合连接器但没有两根是相同的。每个连接器具有独特的几何形状，以容纳所述径向胶合构件斜面的上升角度。建筑设计驱使从外观上做到隐蔽同时在某些情况下，一些胶合构件最终汇聚到一个节点上的要求使得连接器的设计非常复杂。

一共使有了128根横梁的连接来防止径向胶合框条的扭曲。这些连接不太可能被完全隐藏掉。可重复使用的钢连接器的设计包括制造独特的，通过内部螺栓连接并安装在胶合框条两端的连接器。

## 建筑信息模型

考虑到由于是在现有建筑物上新建所带来的复杂度，设计师们使用建模来识别冲突。例如，对于五层南塔楼的结构支撑，涉及对现有建筑的打桩及基础施工。

结构工程师使用建筑信息模型(BIM)，以概念化，分析和设计了意大利广场和螺旋式楼梯的复杂形状，并设计与建筑物的其余部分相整合。线框模型被导入到SAP2000(分析和结构设计集成软件)。专门的电子表格也被用来参与辅助设计。

设计师们为每个胶合材料应用开发了三维实体模型和线框模型，完整地计算负载和构件的尺寸。该模型的线框被送往Structurlam胶合材料制品有限公司，它是负责连接工程，详细起草，制造，交付和安装胶合集成材料的外包商。Structurlam

Credit: Halcrow Yolles

图二 意大利广场外立面建筑信息模型



其中包括胶合构件，连接器和硬件。该模型用来创建报备审批的店铺图纸并且最终将数据输入到数字控制计算机(CNC)设备用于按照严格的公差范围加工每个胶合构件并且为每个连接器塑造复杂的结构框架。

## 胶合木材的生产

正如所指出的，因为逐渐增加的倾斜和径向拱形构件的曲率半径变化，所以胶合材料和连接器的安装是非常复杂的。出于这个原因，一个如何处理设计和制造中遇到问题的解释可以有助于其他人考虑更为复杂的木结构。这也论证了通过借助3D建模和计算机化的木成型设备使得对复杂木结构的设计成为可能。

施工图是依据实体模型创建的，然后转换为PDF格式，连同可实施的3D模型图纸一起发布到总承包商的FTP站点，供审核与批准。从结构模型方面，Structurlam将各个部件模型导出并对CrénoLamelle木材加工机器进行编写程序。该CrénoLamelle使用龙门吊车穿行于大型木构件之上，进行精密加工。它通过执行计算机化的指令来结合使用锯，钻和铣刀。Structurlam公司获得了特别定制的Créno工具头从而在径向拱形胶合构件的基座上铣削出最深的口袋。

该CrénoLamelle被用来为每个径向拱型框架制作一个胶合板模板，同时模板被用来定位胶合成型夹具。数控机床被用来对反弹造成的空间尺寸进行微调并且为连接器制作了基座。另一个专门的设备，HUNDEGGER K2，被用于制造更小的部件。Créno五轴机床被使用于较大的部件上以及最复杂的切削工艺。如果没有数控机床能够在几何形状以及精度上满足设计要求，该项目是没有任何



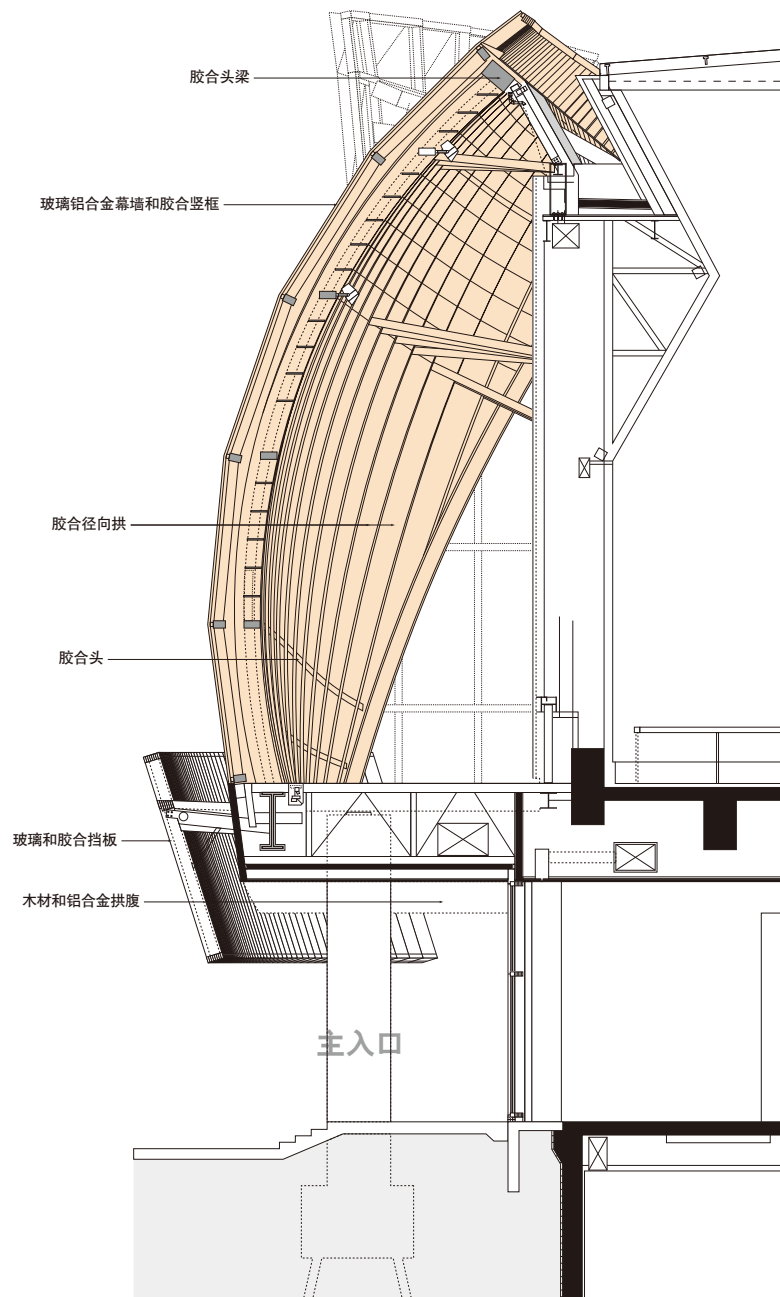
照片：Structurlam胶合制品有限公司

可行性的。

Structurlam公司向均衡咨询公司(Equilibrium)转包了连接器的设计，由于对胶合径向框的建筑设计要求是纤细而优雅，所以连接的设计是一个反复的过程，是由Structurlam公司和平衡咨询公司与建筑师相互交流协作找出解决方案同时又能满足结构和建筑上的需求。为了尽量减少施工现场的装配问题，所有的接头都在交货到现场前完成嵌合测试。

胶合材料内部是使用花旗松木，有非常好的“质量”。所有的胶合材料(内部和外部)都被砂磨至80号粒度的光洁度。采用Sikkens Cetol®I两层光洁度。依照Structurlam公司推荐的做法，每根胶合材料单独涂上6密耳聚乙烯。该涂层是为了保护胶合材料以避免首阳光暴晒和雨水的侵袭，直到建筑物结构封顶，某些安大略省美术馆被包裹的胶合集成材料在被建筑物顶棚保护前暴露在露天环境下将近有一年之久。

所有钢结构的连接器被镀锌或由不锈钢制成，以提供保护，防止木材表面的褪色 - 另一个由Structurlam推荐的做法。一旦该建筑封顶，表面刷上涂层被应用到内部连接器上。



图三 穿过主入口和意大利广场的部分

位于登打士街外墙最末端的'撕裂'部分的胶合胶合构件经过加压处理，以提供保护并保持美观。加压处理由Permapost产品公司在美国俄勒冈州采用HI-CLEAR II™技术完成的，该技术基于石油溶剂，双组分木材防腐体系对于木材，原木，层压梁，胶合板和建筑木材制品的压力处理技术。这种处理的目的是为了对使用在地面上，外部和内部的木材进行保护。它含有杀菌剂和杀虫剂，以防止可能产生的腐烂和虫害。HI-CLEAR™II可用于对外观要求非常重视的高档木制品应用的加压处理。

## 运输和安装

该胶合构件材料的制造和装运是有位于大不列颠哥伦比亚省彭蒂克顿的Structurlam公司负责。该连接器在魁北克生产，大多数被运往彭蒂克顿进行装配测试并且直接在Structurlam的工厂完成装配。每辆卡车通常情况装载五个拱形和直胶合构件以平衡负载。

依照均衡咨询公司开发的安装流程，倾斜的拱形胶合构件以五根为一组的方式由线缆暂时固定就位。沿着登打士街从一条狭窄的舞台区域，径向胶合构件从卡车上被吊起并且旋转使之于钢接头贴合。起重机操作员无法看到构件放置的位置，他是通过声音和手势被指引操作的。定制的索具要求在每根胶合构件上选择唯一的吊起点。纵观登打士街的外墙安装，全站现场测量技术被用来衡量安装的公差并进行调整，以确保小误差不会累积到200米(600英尺)长度的立面。一旦所有胶合构件安装完成，胶合结构就被连接到钢结构两端提供永久的横向稳定性。



## 装饰性木材的用途

除了木材在新安大略省美术馆结构性应用令人印象深刻，木材还被装饰性地使用，以提供视觉亮点。

**楼梯，入口坡道的墙壁，售票处，折叠安全格栅和内部广场的墙壁，**

这些区域都面临着垂直纹，花旗松镶板贴面的MDF(中密度纤维板)或胶合板基材。镶板表面涂层为Sherwin Williams催化漆，平整，五光泽单位。

### 实木地板

新区域的地板采用白橡木实木复合地板(Kultur的™: 14毫米(5-7/8英寸)宽，最小1.3米(4英尺)的长度)。地板使用Fortane™LD木地板胶粘剂直接贴于混凝土基板上。

照片：Sean Weaver, 图片来源  
安大略省美术馆  
©2009 安大略省美术馆



## 消防安全

安大略美术馆是基于1997年安大略省建筑规范(OBC)标准进行设计的。主要占用类型归类为一组，2类，6层高度，任何区域都需要安装防火喷淋设备(3.2.2.24条)。根据Leber Rubes(LRI)公司高级助理和防火/生命安全法律顾问大卫·加尔旺所说，由于这栋大楼及其建筑设计目标的复杂性，在设计过程的前期就与多伦多市政府召开过建筑规范咨询会议，对要求进行审核并对能够满足或超过法规条款的要求提供替代的解决方案。

例如，先前对安大略省美术馆的修改导致在新建区域安装了防火

洒水喷头，新装防火洒水喷头区域和旧区之间一小时的防火隔离区并没有要求加装洒水喷头。同样的方法被应用于最近翻新的现有主要楼面区域和扩展区域。这意味着建筑物内大多数区域都装有洒水喷头，那些没有洒水喷头的原来空间区域都被一小时防火隔离隔开了。通过近期的翻修升级结果是，建筑物在对火灾防御和隔离的总体表现水平上已经发生了较大提升。

以下各章节审视木材使用的区域以及为符合建筑规范要求而采取的措施。

## 人行道树冠拱腹

沿着安大略省美术馆登打士街的长度沿伸的人行道顶棚拱腹是由铝和木材面板包层组成的(图1和图3)。



照片：J Burrows

安大略省建筑规范允许在不可燃建筑内安装可燃的顶盖。在顶盖上面的美术馆二层空间安装有洒水喷头为直接在顶盖上方暴露的墙体提供所需的保护。虽然第二层并不是所有区域都有洒水喷头，但紧邻顶盖的美术馆空间安装有喷头，以满足建筑法规的要求。

## 外墙安装

重型木结构被用于意大利广场(图2)外墙及南楼(田庄公园)南墙上的玻璃幕墙区域。外立面幕墙并不要求依照耐火等级建造，被允许使用百分之百的无耐火保护的材料建造。重型木结构的使用基于其固有的火焰蔓延等级，等值耐火等级，以及建筑法规许可的相似木材特性比如可燃的木制品和不可燃建筑内的实木分隔的使用被认为是可以接受的。

重型木结构所支撑的屋顶可用于建筑物内达到最多两层的高度。虽然安大略省美术馆高度要高于两层，但它表明了采用重型木结构的区域满足了法规条款的意图。这种等同在设计过程的早期就被解释过并被采纳，同时允许木结构在意大利广场沿登打士街的立面和南侧外墙立面中大量使用。

虽然不是必需的，但该建筑内安装有烟雾检测系统，它可以提供早期预警，并启动第一级火灾报警信号，该系统可以在洒水喷头被激活之前允许对潜在问题进行监测。这套具有两个阶段的火灾报警系统提供了对防盗安全，对洒水喷头不必要的被激活时对艺术品的保护，以及对建筑使用者的保护这三者之间达到最佳平衡。

南侧立面上重型木结构墙的组装不是持续不断地从地面到地面。一种经过特别批准的阻燃材料使用在楼板和幕墙之间，从而实现了地板到地板间地防火分离。

## 沃克大厅屋顶地组装

安大略省美术馆超过两层楼高。1997年和当前2006年地安大略省建筑规范 OBC允许在超过两层楼建筑高度的建筑内使用重型木结构屋顶(和支撑元件)，无论建筑面积大小，假使建筑物装配有洒水喷头。安大略省建筑规范要求天花板表面的火焰蔓延等级不得超过25，除非火焰蔓延等级不超过150的可燃天花板饰面用于大于10%的天花板面积。沃克广场是建筑内的一个二层部分并配有洒水喷头。基于洒水保护，该屋顶的安装没有耐火等级要求。考虑重型木结构具有的固有特性所使用的方法 - 45分钟的耐火等级 - 并且限制重型木材的使用而采用胶合檩条，其并没有超过10%的天花板面积，同时它由旧的钢桁架支撑，这些桁架在安大略省美术馆的新建与翻修过程中被整修过。

沃克大厅和南塔楼之间的地板被要求采用一小时的防火分隔标准。这是通过安装一种窗户洒水喷头系统来实现的，该系统由两层，一排在另一排之上的窗户洒水喷头组成。玻璃的每一行都由一排喷头保护。玻璃窗单元在每一层被水平框条隔离开。该深套框提供了一个“雨罩”从而保护了下层的洒水喷头不被冷焊。冷焊接可以是湿润和冷却的未激活的喷头被邻近的已经被先激活的喷头洒水导致的结果。在此情况下，上层激活的洒水喷头有可能将底层的洒水喷头进行冷焊料，从而阻止了它们被正常激活。此外，为了满足相联地板空间之前的开口要求，沃克大厅和南塔楼之间的门道开口被限制为十平方米(在这种情况下，适用于一个垂直平面内)。



照片：Craig Boyko，图片来源，  
安大略省美术馆  
2009 安大略省美术馆

## 装饰性木材使用

装饰性木饰面被大量地使用在安大略省美术馆安装有防火洒水喷头区域内。1997年和2006年的安大略省建筑法规OBC允许墙体饰面材料使用火焰蔓延等级不超过150，只要它们的厚度不超过25毫米，同时不是发泡的塑料材料。对于木材的火焰蔓延等级，花旗松胶合板(无纤维素树脂覆盖)，和胶合板云杉贴面都满足这一要求，无论是未完工的或用油漆或清漆的材料厚度都不超过1.3毫米。

沿登打士街外拱腹的下部采用32毫米(1.25英寸)厚的海洋级固边胶合板建造。在北侧外立面顶盖采用重型木结构建筑的做法被多伦多市政府所接受。按照安大略省建筑法规OBC3.1.4.6条的规定，固体边缘胶合板的使用被认为能够满足重型木地板和屋顶组件的尺寸空间要求。

基于安大略省建筑法规OBC3.1.13.2条规定，内墙和天花板饰面的火焰蔓延等级最大不能超过150。此外，对一栋要求为不可燃结构的建筑物，室内的装饰材料的火焰蔓延等级必须符合分项第3.1.5条的规定。按照第3.1.5条规定，在不可燃结构建筑物内允许使用可燃天花板饰面(除了发泡塑料以外)以及墙体饰面，只要它们：

- 厚度不超过25毫米
- 任何暴露的表面上火焰蔓延等级不超过25，除了至多10%的天花板饰面火焰蔓延等级达到150。

螺旋楼梯使用的花旗松单板覆层满足这些要求。根据第3.1.5.8(4)条规定，可燃地板元件饰面是被允许使用的。

在南北侧内立面上的木格遮阳片和入口大厅的木框架被认为是可燃的木制品，依照安大略省建筑法规第3.1.5.7条规定只有在非可燃结构建造的建筑物内被允许使用。

## 使用木材的多种原因

联合国气候变化政府间小组认为建筑是可大量减少二氧化碳排放的最大机会。使用可持续采伐的木材作为建筑材料是在这个方向上迈出的简单和具有成本效益的一步。

### 二氧化碳

二氧化碳是全球变暖的一个关键因素，同时它也是木材的主要成分。随着树木生长，它们吸收大气中的二氧化碳，利用太阳能，将二氧化碳转化为木纤维(木材中的50%是碳)的同时释放氧气回到大气中。如果树木在被烧毁或腐烂之前被采伐，碳将被无限期地储存在木制品中，同时新种植地树木重新开始该循环。

木制品封存的二氧化碳比在收获，运输和制造时所产生的排放量要多，这意味着他们实际上有负数的温室气体排放量。

“政府采购指定木材可以帮助满足国家和地方应对气候变化的方案。鼓励使用木材产品可以作为比石燃料密集型材料更环保的替代选择。使用以立方米木材替代其他建筑材料(混凝土，方块或砖)最终导致平均减少0.75到1吨的二氧化碳排放量。”

国际环境与发展  
<http://www.iied.org>



照片：肖恩·韦弗，图片来源，安大略省美术馆  
2009 安大略省美术馆

## 木材和生命周期评估

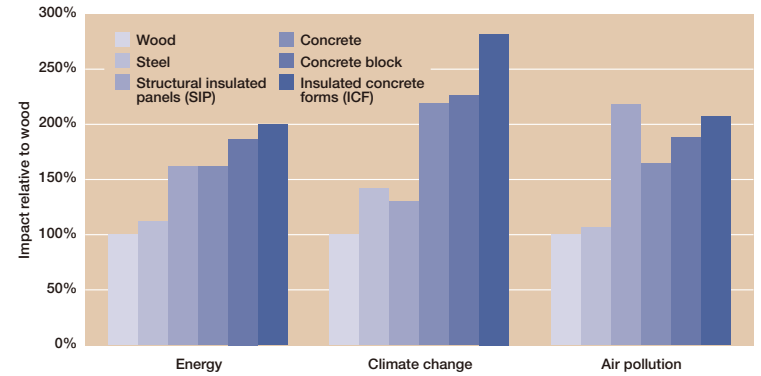
生命周期评估是一个产品在其整个生命周期内对环境影响的科学手段 - 从对资源的开采指导产品的制造，现场建筑施工，占用，并最终拆除，以及处理，再利用或回收。全球大量的生命周期评估研究显示，木材产品在每一个阶段都比其他建筑材料拥有明显的环境优势。

生命周期评估，通过计算基于对环境影响的量化指标，比如全球变暖趋势，资源利用，蕴藏能源，空气污染，水污染和固体废物的实际成果，排除了对环保性能的猜测。

雅典娜的建材生态计算器是一种基于生命周期评估的工具，可以让建筑师，工程师和其他使用者对数以百计普遍使用于建筑项目的建筑材料组件进行快速评估和比较其对环境的影响。雅典娜生态计算器EcoCalculator可以免费在网站[www.athenasmi.ca](http://www.athenasmi.ca)上获取。

建筑材料的科学分析表明，木材具有所有主要建筑材料中最低的环境影响(见图4)。

图4体现了各种外墙组件材料对环境的影响



随着环保意识的增强，建筑专业人士发现木材是绿色建筑的设计理念 - 最小化对能源，水和材料的使用，并减少对人类健康和环境负面影响的最佳选择。木材对任何新建项目或者翻新项目都是一种高性能，多用途的选择。木材重量轻但强度高。它具有优良的承重和热属性，非常容易使用，并且非常适合用于大或小的项目。木材为建筑物增添了温情和美感，提高了使用者的福祉。



Photo: Craig Boyko, Images Resources, Art Gallery of Ontario  
©2009 Art Gallery of Ontario

## Project Team

### Architect Team

Gehry International Architects Inc.  
(architectural design)  
12541 Beatrice Street  
Los Angeles, CA 90066 USA  
Tel: 310-482-3000  
[www.foga.com/contact.asp](http://www.foga.com/contact.asp)

Adamson Associates Architects  
(on-site architects)  
401 Wellington St. W., 3rd Floor  
Toronto, Ontario M5V 1E7  
Tel: 416-967-1500

项目团队

建筑设计师团队

Gehry国际建筑设计有限公司  
(建筑设计)

Beatrice街12541号  
洛杉矶 加利福尼亚州 邮编: 90066

### Structural

Halcrow Yolles  
Queen's Quay Terminal  
Suite 550, 207 Queen's Quay West  
Toronto, ON M5J 1A7  
Tel: 416-363-8123  
[www.halcrowyolles.com](http://www.halcrowyolles.com)

### Fire Protection and Building Code Engineers

Leber Rubes Inc.  
2300 Yonge Street, Suite 2100  
Toronto, ON M4P 1E4  
Tel: 416-515-9331  
[www.leber-rubes.com/](http://www.leber-rubes.com/)

### Glulam Supplier

Structurlam Products Ltd.  
2176 Government St.  
Penticton, BC V2A 8B5  
Tel: 250-492-8912  
[www.structurlam.com](http://www.structurlam.com)

### Glulam Connection Design

Equilibrium Consulting Inc.  
405-19 Duncan Street  
Toronto, ON M5H 3H1  
Tel: 416-255-3337  
[www.eqcanada.com](http://www.eqcanada.com)

### Glulam Erector

Spring Valley Classic Custom Corp.  
635 Trinity Road, RR 1  
Jerseyville, ON L0R 1R0  
Tel: 905-648-1881

### Millwork

Provincial Store Fixtures Ltd.  
895 Meyerside Drive  
Mississauga, ON L5T1R8  
Tel: 905-564-6700  
[www.psf ltd.com](http://www.psf ltd.com)



Canadian  
Wood  
Council

Conseil  
canadien  
du bois



[www.wood-works.org](http://www.wood-works.org)

Wood WORKS! 是由加拿大木业协会倡导发起  
[www.cwc.ca](http://www.cwc.ca)

安大略省项目: 1-866-886-3574

阿尔伯塔项目: 780-392-1952

不列颠哥伦比亚省项目: 1-877-929-WOOD (9663)

魁北克项目: 418-650-6385 ext 310

Wood WORKS! 国家办公室: 1-800-463-5091

美国项目: 1-866-966-3448

照片: Craig Boyko, 图片来源, 安大略省美术馆  
2009 安大略省美术馆

## 国内合作伙伴



## 省内合作伙伴

