

Team North

University of Waterloo, Ryerson University
and Simon Fraser University

The North House 北方住宅

“北方住宅”建筑设计重点在于五个关键策略的应用：第一，这是一座能抵御加拿大极端严寒气候的住宅；第二，整体依靠太阳能的生活空间，形成最大程度利用太阳能的新的生活方式；第三，通过多层建筑表皮（分布式响应系统表皮）的应用达到良好的性能与舒适性；第四，生活自适应接口系统（ALIS），使居民可以参与内部系统控制并及时得到反馈；第五，定制化组件使得“北方住宅”超越了仅仅作为简单住宅的功能，它成为了一系列组件模式的范例。

1 整体太阳能生活

我们的团队把整体太阳能生活定义为一种建造和生活的方法，通过所有可能的方法利用太阳能源。天然光、被动系统、小气候生成、维护，食物生产、太阳能相变材料、以太阳能为能源制造出的天然材料以及太阳能的响应等都是设计方法的一部分。“北方住宅”拥有开放的设计概念，厨房和餐厅与户外用餐空间毗邻，南向居住空间被整片玻璃包围，保证了全天最大采光。高性能玻璃结合动态遮阳和太阳能发电装置一体化设计保证了住宅虽然处于北方寒冷的气候之中，但仍是一个能够满足自我能源需求的建筑。

整体太阳能生活还包括利用太阳能种植粮食，在室外以及室内沿东向的窗台均有抬起的种植床。景观设计还为烘干和存储种植的食物提供了空间，减少了对冰箱使用的需求。



效果图

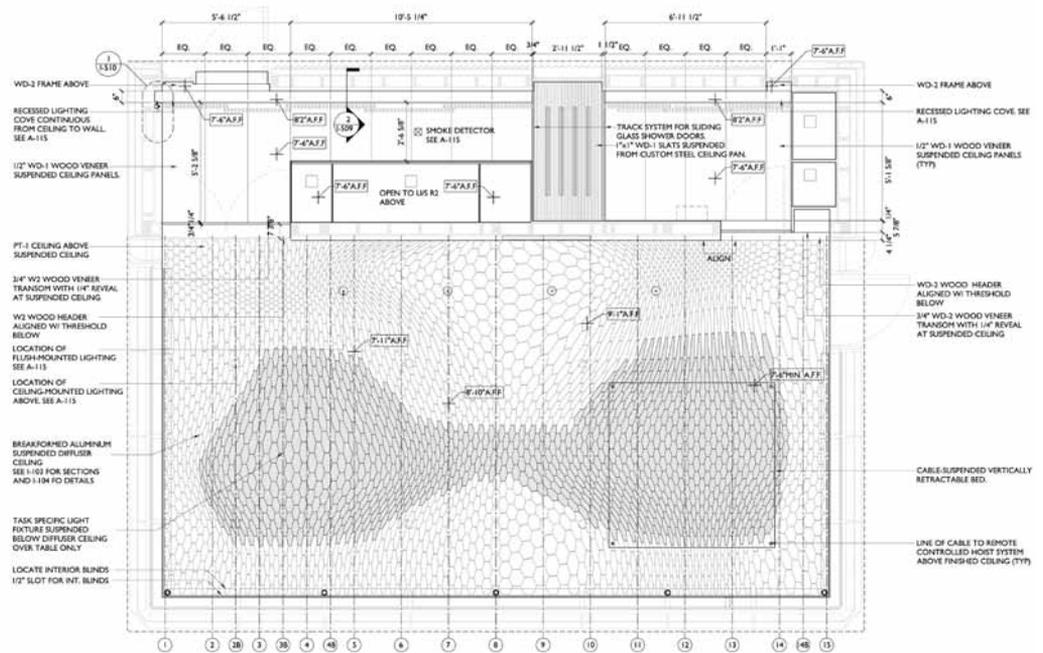
2 分层设计 | DReSS (分布式响应表皮系统)

“北方住宅”的结构和构造也是分层设计的，每一层都有不同的作用，比如，根据需要获得被动式太阳能，其他时间遮阳，引入室外景观，生产能量，在空调开启状态密闭以减轻极端气候变化的影响，温和季节开启让建筑呼吸等。我们把整个分层系统称之为分布式响应系统表皮或DReSS。

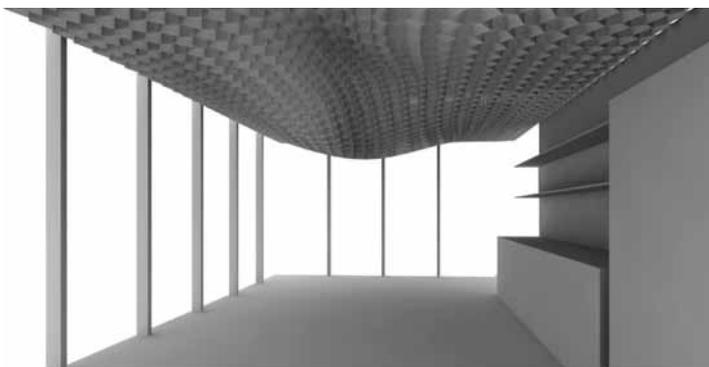
最外层围护结构集成了太阳能光伏电池板玻璃幕墙、平板式光伏电池和太阳能热水技术屋顶、动态遮阳系统中的被动式太阳能加热管理等。这些外层表皮与结构和房子的热围护结构独立。第二层着重高性能、高保温的玻璃系统，具有较高的太阳能得热系数，最大限度地提高南向和北向R60固体围护结构的太阳能增益。东面和西面的可操作单元考虑到被动通风，玻璃系统的内侧为室内遮阳、平衡隐私保护与观景需求。

我们采用的最重要的技术策略是使用高性能的玻璃，冬天被动式加热房间，动态的遮阳系统包裹玻璃体防止过热。北方住宅项目的设计团队进行了重要的玻璃研究并开发了一个定制的木材幕墙系统，预计可以实现R8.6的总体热阻。这种玻璃元件是一个四面玻璃构造，即两片玻璃夹两层表面涂有Low-e涂层的塑料薄膜。在此构造中的Low-e涂层限制了大量室内长波热辐射外泄，同时仍允许大量的太阳能热量透过玻璃进入室内。为了实现高性能的框架设计，团队已经开发出定制的带有保温边缘垫片的木质幕墙窗框。

当前能源模型表明，高达30%的冬季采暖负荷可通过高性能玻璃以被动式太阳辐射形式进入房间获得抵偿。然而，进入建筑的太阳辐射必须经过主动遮阳系统调节以避免过热。仿真建模显示动态遮阳系统与地板和天花板中的相变材料(PCM's)大大降低了制冷负荷，同时最大程度利用了被动式采暖的优势。动态外部遮阳系统为定制的室外百叶，包裹着房子的玻璃体量，通过选择控制模式和参数配置来管理建筑的被动式采暖与制冷，无论是完全开启或全遮阳的状态，居住者都可以根据需要进行选择。



天花平面



铝板散射效果图

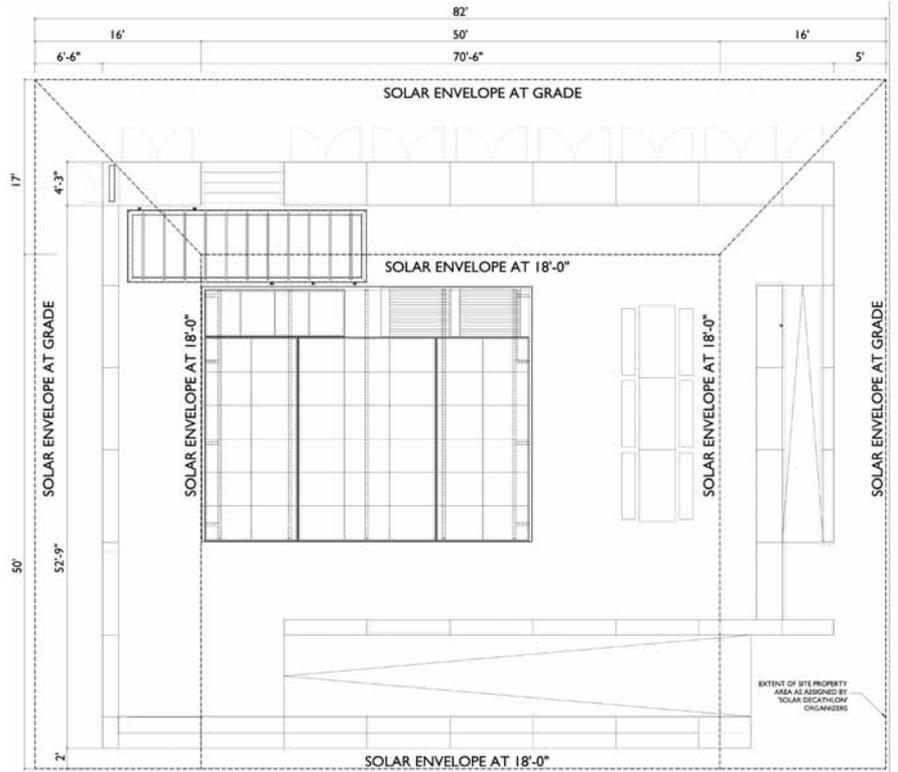


起居室效果图

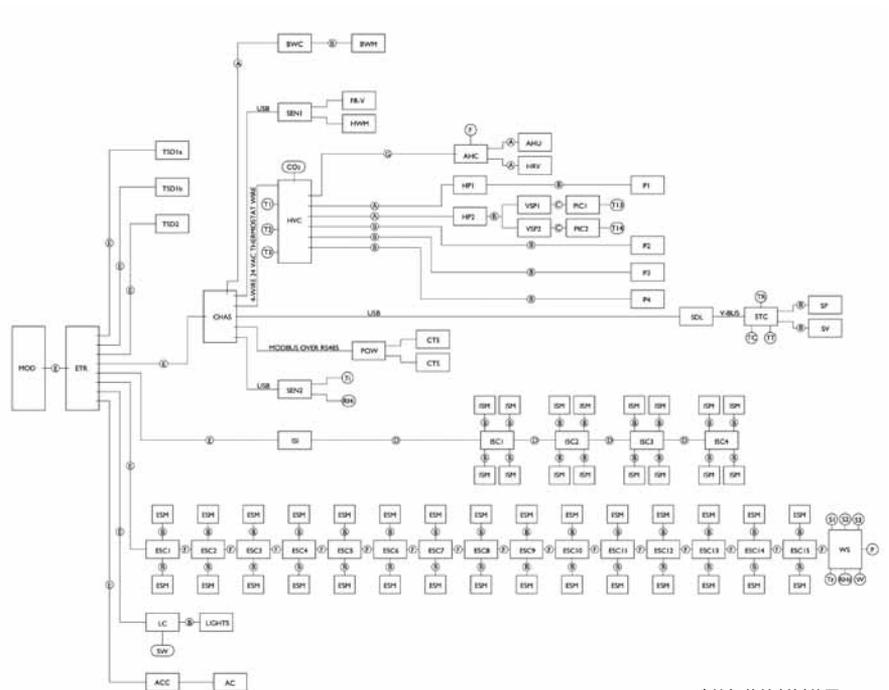
4 自定义的组件

北方住宅的设计关键是流程化制造。“北方住宅”作为一个大规模定制范例，每个系统都可以彻底移除或被修改、替代。例如，展示的动态遮阳帘只是小组研究过的几个可能选择之中的一个，遮阳系统安装的每一个方面，包括安装、支撑、间隙、接线和控制，都设计得便于二次装修。同样，屋顶安装的光伏阵列、光伏覆面系统以及玻璃系统在可更换性方面都得到同等的重视。

允许系统根据前一状态的情况在相同的温度与湿度范围内有着多样的运行状况。基于居住者设定的温度和相对湿度，CHAS会自动调节机械系统，达到满足住户热舒适要求的环境条件。CHAS同样也提供可选的居住者调节以达到对温度和通风率的良好调整。



太阳能表皮平面展开图

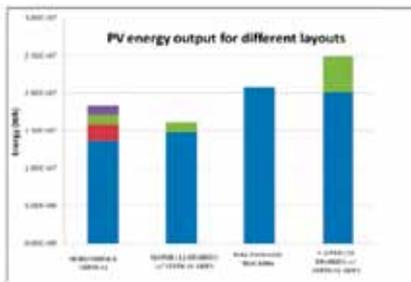


建筑智能控制树状图

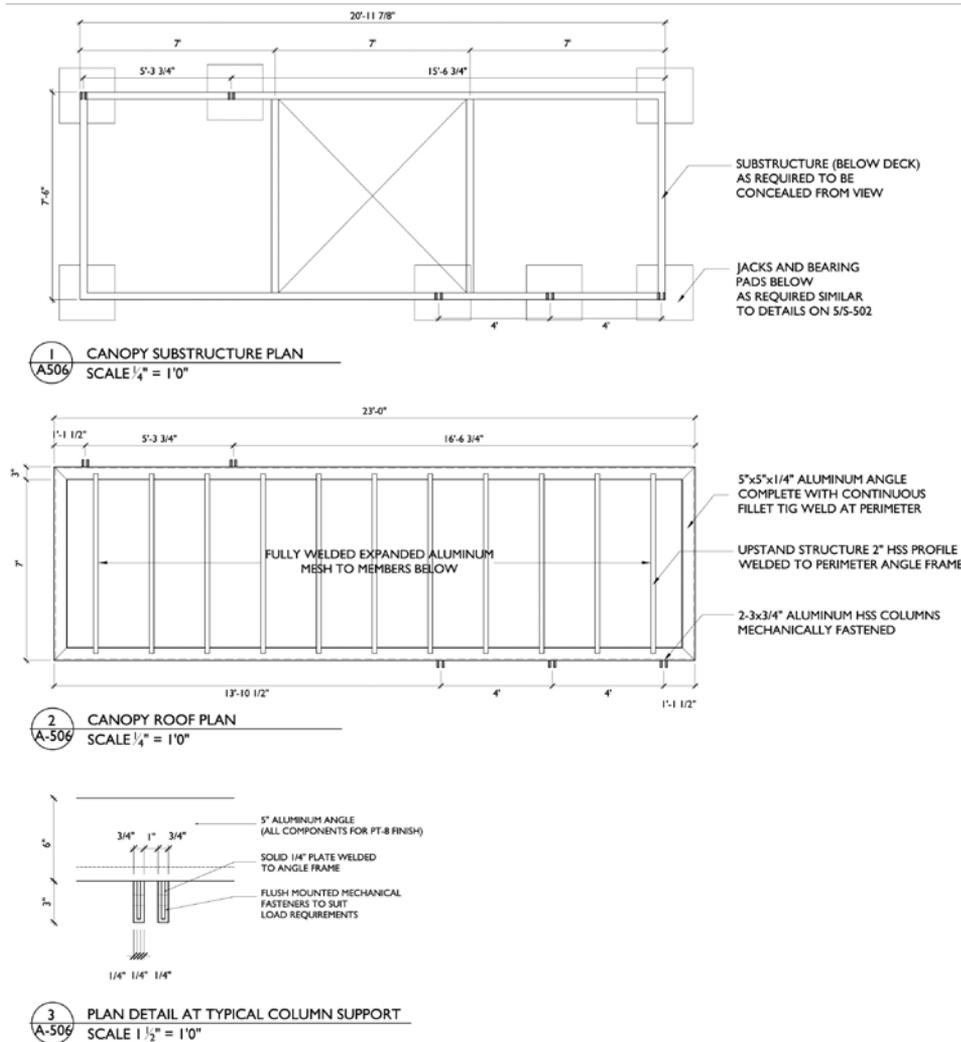
5 分布式光电系统

5.1 设计演化

在项目初期，我们便对光电阵列构型进行了许多不同的研究。柱状图所示为四种不同布局条件下年度能源输出的初步比较。在表格中每一列的蓝色部分都代表了屋顶输出的能量。在第一列中红色是南面外墙的能量输出，绿色和紫色是东面和西面的能量输出。第二和第四列的绿色部分代表着面东和面西的光伏电池能量输出。第一列由光伏电池覆盖的水平屋顶和一个位于东、西、南三面外墙顶部的5英尺高的频带组成。第二列代表一个向南倾斜12°的（维持在太阳能外壳内的最大倾斜）由光伏电池覆盖的屋顶以及在可能处均安装了光伏电池的东西外墙。第三列代表着一个屋顶大小的区域，以两轴追踪太阳（所有时间都保证零入射角）。这种情况下光伏电池由于屋顶的尺寸大小将很难生产，也与太阳能外壳大小不相符。同样，假如两轴追踪被限制在太阳能外壳内，在发电量上与有着垂直墙的静态屋顶相比没有任何增加。最后一列与第二列相同，但是代表有着更大的斜坡屋顶。列三和列四所代表的情况相比之下不会被采用，但它们的对比用意来讲是好的。



柱状图



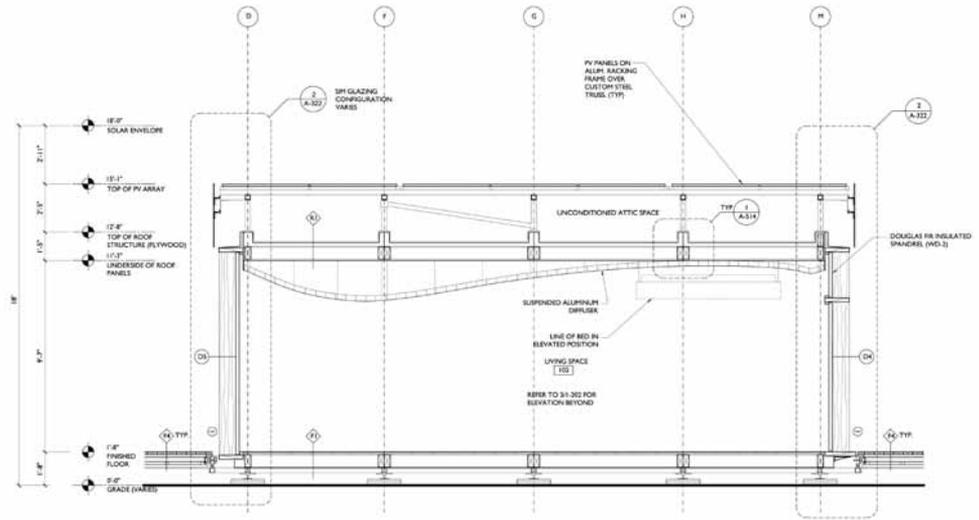
雨篷平面

“部分追踪”系统概念中的阵列被分为四个部分且会一直都处于太阳能外围护之内。清晨，房屋西面的两个部分会向东方倾斜；中午，房屋北面的两个部分会向南方倾斜；夜晚，房屋东面的两个部分会向西面倾斜。这是一个有趣的概念，但是这被证明与固定倾角为11.5°的屋顶产生的电能产量几乎完全相同。

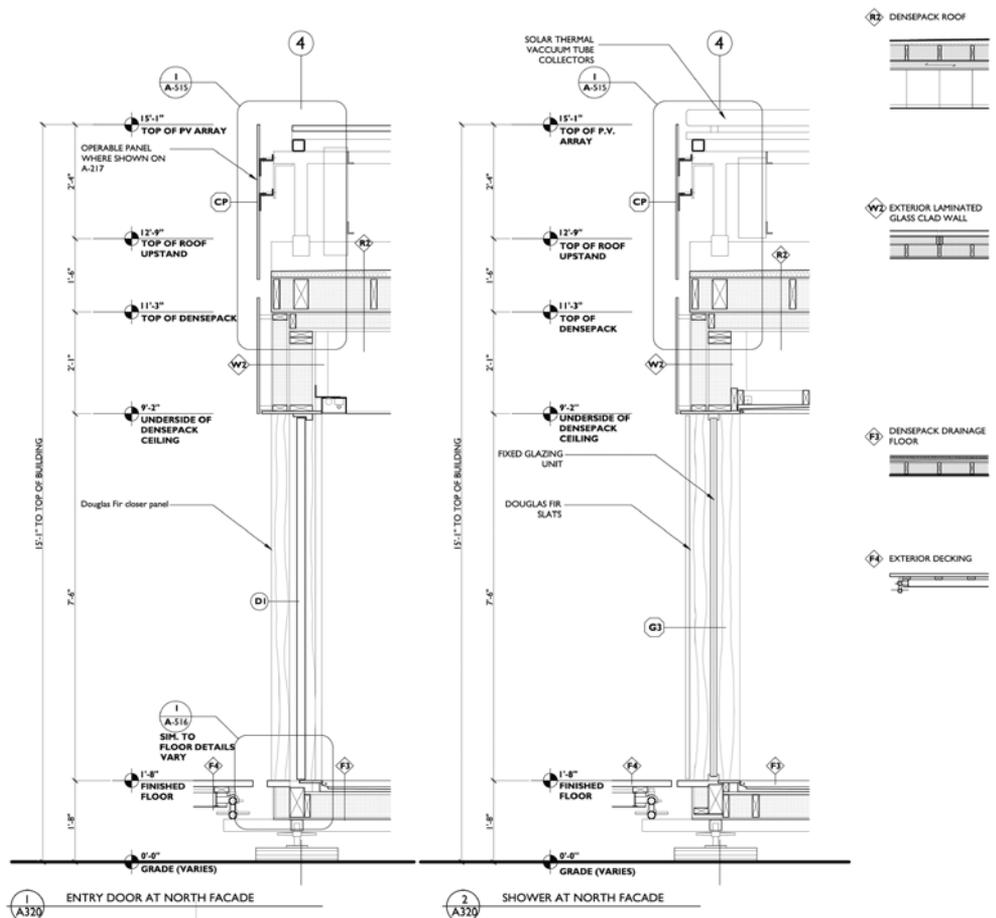
5.2 最终设计

从这些分析可以发现，光伏电池能源生产的一个最重要的变量是光伏电池板的总面积。基于这些发现，我们选择了以下的光伏电池布局。能源生产系统集成到建筑外围护结构几乎每一个表面，避免了大型光伏装置在寒冷地带中复杂的太阳能跟踪问题，房屋的精确朝向和太阳能曝光也不再成为问题。

一个典型的光伏电池（PV）板的大阵列被安置于屋顶之上，生产了约74%的房屋电能生产总量。其余的能量



南北向剖面



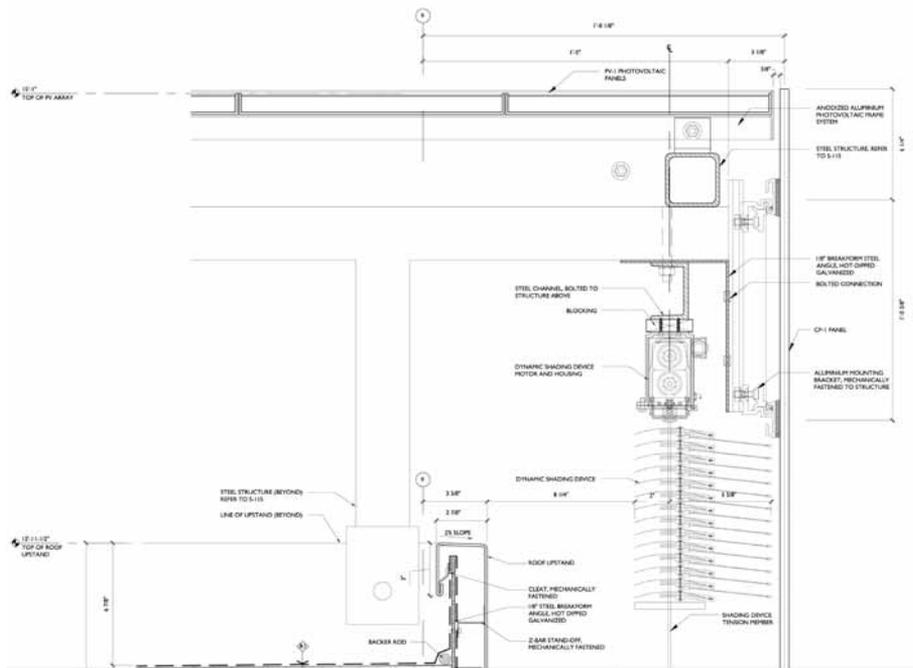
墙体剖面

生产来自于位于南、东、西侧外墙的建筑一体化光伏（BIPV）板。当太阳入射角较小时开始运转，同时水平和垂直光伏电池板的结合，使得“北方住宅”无需重新定向就可以利用其表面面积收集太阳能。整个光伏板阵列及建筑一体化光伏板预计每年将产生约10 450kWh的电能及10kW的峰值功率。这个阵列的所有能量生产将通过逆变器转化为电网优质能量并将直接进入电网。这种阵列的结合使用预计将生产两倍于预算用电量的电能。

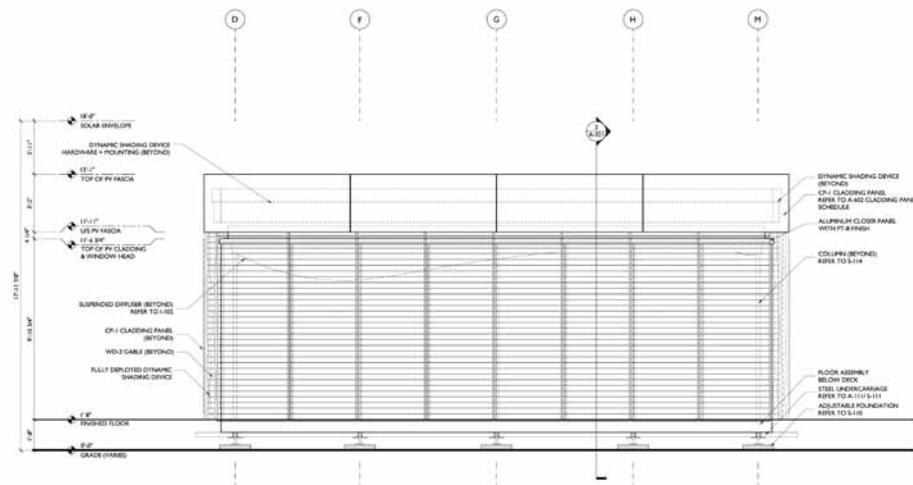
6 集成智能控制系统

集成控制系统的核心是同时管理着图形用户界面（GUI）以及所有房间子系统的中央家庭自动化服务器（CHAS）。根据内部和外部条件，CHAS能够做出高层次的决定以增强房屋的能源性能。例如，CHAS将根据家庭内部的空气温度、入射的太阳辐射量、外部风速和太阳的预期位置来决定房屋是否要进入太阳得热模式去节省取暖能源或是反之。对于在同一系列条件下运作大相径庭的系统，如内部温度和相对湿度以及外部遮阳控制等，我们发明了允许CHAS基于实时输入和先前系统状态做出智能决策的滞后控制算法。例如，如果外遮阳被调配在太阳能阻断模式而恰好一片云卷过来减少了太阳辐射的输入量，外遮阳系统将不会自行调整直到室内空气温度大幅变化以至于其需要获得太阳能热，以提高室内空气温度。这确保了短期事件不会频繁导致外遮阳系统改变状态以使用额外的能源。

总而言之，CHAS将接口并管理六大系统，包括外遮阳，室内遮阳，暖通空调，照明，通讯和安全系统。许多的子系统都有自己的子控制器来智能管理具体系统的运作。例如，暖通空调子控制器将能够智能操作热泵和扇叶来达到CHAS所要求的热舒适条件。（译/张岩，校/李昭君） 



遮阳装置连接细部



南立面动态布置遮阳装置