

Sageglass®电致变色技术涂层和调控方案性能评估



用户：
SAGE公司
美国明尼苏达州
Faribault市Sage Way 1号
邮编：55021
电话：001-877-724-3321
传真：507-333-0145
www.sage-ec.com

SAGE
ELECTROCHROMICS, INC.

编者：
Paladino公司
美国华盛顿州
西雅图市
Union Street 110号Suite 210
邮编：98101
电话：206-522-7600
传真：206-522-7666
www.paladinoandco.com

Paladino

Sageglass®电致变色技术涂层和调控方案性能评估

概要

SAGE公司开发了一种利用电力进行控制窗用玻璃，这种玻璃能够节省能源、减少CO₂排放、提高室内人员舒适性和生产效率。

SAGE公司委任国际知名环保建筑咨询公司——Paladino and Co. 公司对安装了SageGlass®的窗户与普通的高性能静态玻璃窗进行能源效率对比研究。每种窗户均以标准8层办公楼为模型，根据ASHRAE 90.1-2007美国国家能源法规进行eQuest计算机仿真计算。该研究分别对三种气候类型进行分析：第一种是美国明尼阿波利斯市，代表冬天寒冷的气候；第二种是美国菲尼克斯市，代表干燥炎热的气候；第三种是美国华盛顿特区，代表冷热混合气候。

通过对比SageGlass窗户与静态窗户的年度能耗和运营费用来得出SageGlass相对于普通玻璃的性能。研究包括由于降温设备减少和年CO₂排放量降低所节省的费用。

在性能评估中进行了以下假设：

- (1) 根据ASHRAE 90.1-2007定义符合法规的标准建筑，包括最低的隔热水平、室内人员负荷、设备效率和明细表等。唯一的变动是改变了让SageGlass玻璃窗和静态窗户可比的玻璃参数。使用ASHRAE标准玻璃作为每种气候类型下的基本实例。
- (2) 每种窗户都必须能够阻挡令人不适的眩光。SageGlass玻璃窗可在需要时电控着色，无需用百叶窗或遮光板。商业静态玻璃窗要减少眩光必须使用遮光设备。
- (3) SageGlass使用集成的控制器与管理中心相连，以优化能源效率和眩光控制效果。静态玻璃系统带有手动遮光装置，在眩光刺眼时由室内人员拉下。
- (4) (SageGlass和静态玻璃的) 所有结果都包括日光控制和电力变暗，但单层和双层的透明玻璃除外，这些类型的玻璃代表了旧式的、节能效率较差的建筑材料。

Sageglass性能总结

SageGlass玻璃在美国所有的气候带中都能极大地节约能源，降低建筑的峰值降温负荷，减少与暖通空调系统峰值容量相关的年度运营费用和首期费用，大大降低了CO₂排放量。

节能：表1展示了SageGlass双层和三层玻璃在所有气候带中的最低年度节能程度与（1）单层玻璃（现有建筑中安装的普通玻璃）、（2）ASHRAE 90.1-2007标准玻璃和（3）高性能商业静态三层玻璃的对比情况。

表1
SageGlass动态调光玻璃的年度最低节能程度
与静态商业玻璃对比

	静态单层玻璃 (无日光调控)	ASHRAE 90.1- 2007标准玻璃	商业三层玻璃
SageGlass双层玻璃	45%	20%	无
SageGlass三层玻璃	53%	34%	14%

8层办公楼，160,000平方英尺，窗/墙比60%

峰值能耗降低：在每天最热时，SageGlass玻璃将大大减少进入建筑内的日光热量，从而降低空调电力需求。由于降温设备规模需大于峰值荷载情况，因此SageGlass能够降低降温设备费用。在新建大楼中，SageGlass可节省30-35%的降温设备费用，而在对单层玻璃老建筑的翻新中，SageGlass可减少40-50%设备费用。

co₂排放量减少：负荷最低时，厂商只运行节能效率最高的工厂，但随着需求上升，厂商将逐渐启动节能效率略差、CO₂排放量更多的工厂。由于SageGlass玻璃能降低峰值负荷，因此使用SageGlass玻璃能够间接降低发电厂碳排放。对于新建设施，SageGlass能够降低35%峰值碳排放，而在翻新项目中能降低50%。

SageGlass的基本科技原理

SageGlass电致变色技术（EC）涂层施涂在单层玻璃上，之后该单层玻璃被制成建筑隔热玻璃（IGU）。SageGlass电致变色技术涂层可以根据电力控制变成透明或深色来调节太阳热量和眩光，但不会阻碍看到建筑外部的视线。SageGlass IGU与标准IGU从形式上来看几乎一模一样，只是SageGlass IGU多了一根电线用于电力连接。SageGlass玻璃可用很多方法控制，包括利用建筑的能源管理系统进行控制。1500平方英尺的SageGlass窗户所需的电量比一个60瓦灯泡所需的电量还要少。

图1展示了SageGlass玻璃连电后发生的情况。随着锂离子和相关电子从反电极（CE）层移向电致变色的电极层，含有5层结构的电致变色技术涂层就变成了深色。颠倒电压极性，离子和电子就返回原来的层，电致变色涂层和玻璃就恢复了透明状态。这种固态电致变色反应由低压直流电源控制。改变玻璃颜色所需的电压还不到5V。

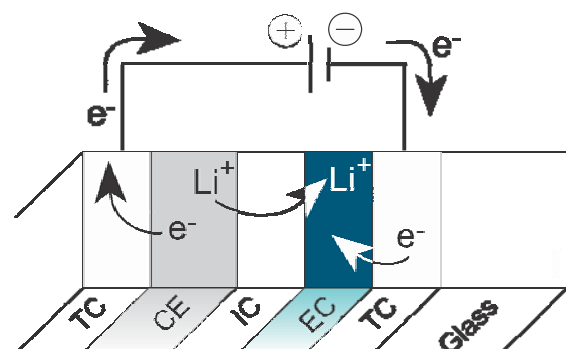


图1. 玻璃上的SAGE电致变色技术涂层反应

TC: 透明导体; CE: 反电极; EC: 电致变色电极; IC: 离子导体

图2展示了SageGlass IGU如何调节日光和太阳热量。在透明状态下，SageGlass玻璃传输62%的可见光并透过48%的太阳热量。在低直流电压让薄膜变色后，进入室内的太阳热量便降低了81%。

当前的静态玻璃与SageGlass可能节约的能源相差很大。每种静态玻璃的光传输率和能源传输率都是一定的。如果选择透明度高的玻璃，那么在允许更多光线进入室内的同时，也带来了高阳光热量和高降温负荷的负面效应。透明度低的静态玻璃在降低阳光热量的同时也限制了光线进入室内。图3展示了SageGlass的性能，比较了静态玻璃的静态阳光调节和SageGlass根据不断变化的环境条件变深或变浅以取得最大的能源效率的性能。

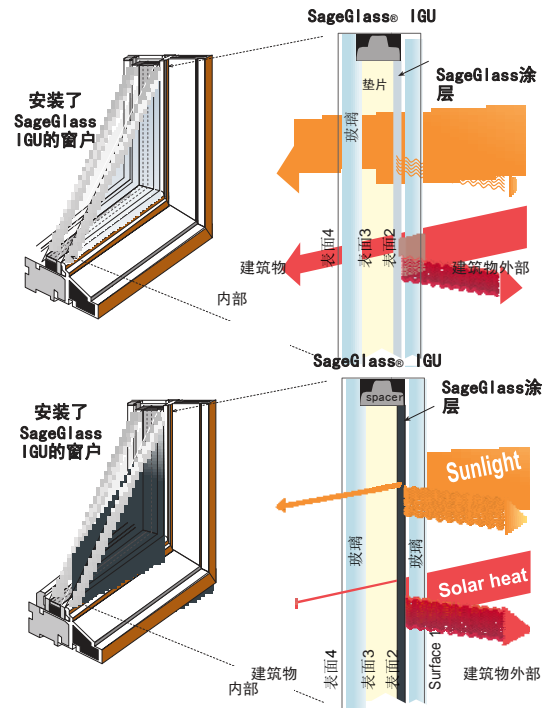


图2：在透明和着色状态下的SageGlass技术

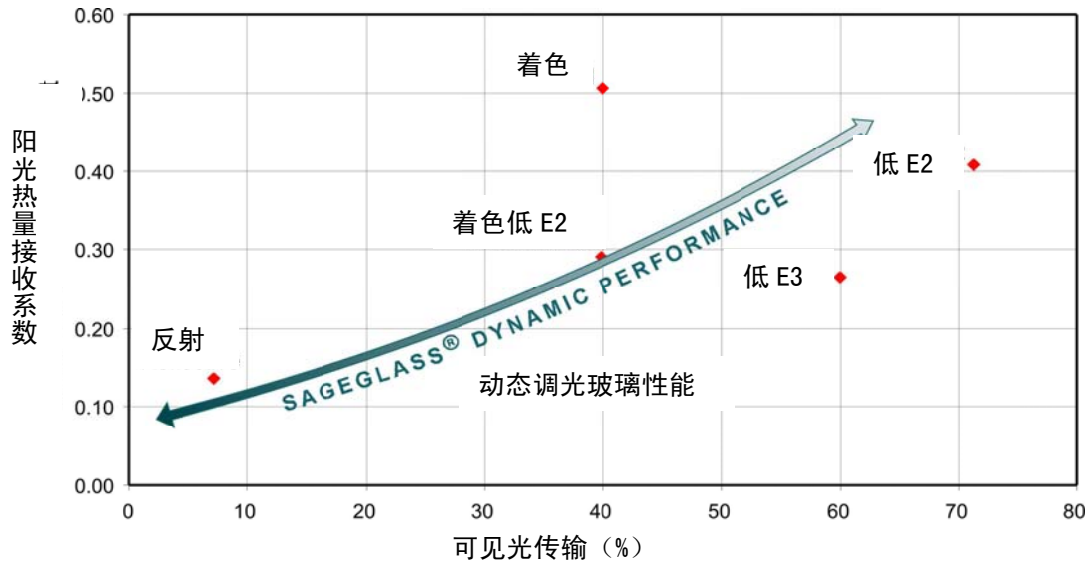


图3：SageGlass ——阳光热量接收系数与可见光传输的关系：SageGlass玻璃可以从传输率很高的透明状态变为颜色很深的状态以适应各种光线情况。当今的静态玻璃（图表上单个的点）只针对一种情况，不能进行调整。

SageGlass控制策略

SageGlass拥有多种控制策略，可以维持在透明、深色和中间状态，以取得最好的效果。其中最具逻辑性的控制策略是直接根据室内所需的光线强度控制着色水平。劳伦斯·伯克利国家实验室（LBNL）的研究表明，依据日光强度进行调节的算法将产生最好的年度能源效率¹。为了进行本研究，我们认为30英尺烛光照度²的工作面（地面以上30英尺）是最理想的开着电脑的办公室条件。

日光控制：由可调电灯和从窗户透过的自然光共同控制光线，以达到最好的自然采光效果和最佳的能源管理效果。根据晴天和阴天的不同以及太阳位置和玻璃的情况，利用光线感应器控制着色水平以达到最好的英尺烛光照度水平。阴天时，玻璃变为透明以吸收足够的日光并取得适当的亮度。晴天时，光线感应器就让IGU全部或部分变成深色，以限制日光进入室内，达到同样的30英尺照度的目标，同时还能降低阳光热量。

日程控制：还可以根据一年中不同的时节和所需的太阳热量控制SageGlass玻璃。夏天，阻隔阳光热量可以降低空调系统的负荷。相对而言，在冬天让所需的阳光热量进入室内可以降低取暖所需的能源数量。因此，用SageGlass玻璃结合季节变化和日光调节可以保证取得玻璃表面最好的能源效率。

眩光控制：SageGlass玻璃可以直接控制室内的眩光。眩光会让人视觉上不舒服，还会由于阳光直射降低工作界面和电脑屏幕的对比度。在阳光直射时或反射光强烈时，让玻璃完全着色（3.5%及更低的可见光传输率），室内人员就不会感到不舒服了。用户对SageGlass进行定时管理，让对人不利窗户区域颜色变深，而允许光线（冬天时还包括热量）通过其他窗户区域进入室内（见图4）。



图4. 会议室中部分SageGlass玻璃窗变暗阻挡眩光，而另一部分SageGlass玻璃窗保持透明让光线进入室内取代人工照明。

SageGlass可通过电力控制自动根据环境变化调节玻璃的颜色，而手动百叶窗无法实现这样的效果。因此，电力控制的设备，如SageGlass等可由建筑控制系统进行调节用于节能。

1 R. Sullivan, E. S. Lee, K. Papamichael, M. Rubin, and S. Selkowitz, “控制方式的改变对电致变色技术玻璃窗能源效率的作用”, LBL-35453, 1994. 04.

2 VDT使用率高的空间中的水平照度——IESNA照明手册 第9版

SageGlass可以让办公室和会议室中的居住率感应器策略覆盖其他控制策略（如眩光控制或日光调节等）。如室内没人，感应器就可以在关灯之外，将SageGlass从眩光控制模式切换为节能模式（依据日程控制）：冬天透明而夏天完全着色。

在本研究中，在每种气候条件下都对SageGlass玻璃进行最佳控制，利用日光控制和季节时间表取得最大的节能效率。如果控制策略表中加入了眩光控制，则在每年某些时间段内眩光控制将超越最佳着色方案而优先发生作用。这主要发生在某些季节中，在这些季节里，在玻璃需要变成透明或部分着色以让自然采光达到最佳效果之时，有时更需要完全着色以控制眩光。根据模拟效果，增加眩光控制后，根据气候条件的不同，能耗影响在+2%到-0.4%之间。经过对比，发现使用手动遮光板进行眩光控制的静态玻璃会增加5-6%的能源消耗。详情见下文。

眩光控制带来的能耗影响：为了确定利用SageGlass进行眩光控制的能耗影响，以日光直射到工作表面的小时数来确定需要进行眩光控制的小时数。下表列出了对于不同气候条件下不同的建筑区域而言，冬天和夏天需要利用SageGlass进行眩光控制的总小时数。表2中还列出了眩光控制带来的能耗影响。

表2.

利用SageGlass进行眩光控制带来的能耗影响

气候	区域	眩光控制小时数		能耗的增加	能源费用的增加
		夏季	冬季		
华盛顿特区	东/西	25	20	1%	0.60%
	南	59	191		
明尼苏达州	东/西	40	230	2.0%	2.3%
	南	122	450		
菲尼克斯市	东/西	48	324	-0.4%	-0.6%
	南	138	323		

手动百叶窗的能耗影响：同样，使用手动百叶窗的能耗影响也根据韩国成均馆大学建筑工程系进行的“室内和室外百叶窗的手动与最佳控制对比”（作者为Deuk-Woo Kim和Cheol-Soo Park³）的研究结果进行了确认。

该研究表明，由用户控制的手动百叶窗对采光节能⁴有巨大的影响。由于百叶窗一般都为手动控制，因此其设置都为极端情况，如在发生眩光时关闭，但很少会在不需要眩光控制后的适当时间重新打开。该研究表明，手动百叶窗对与日光策略有关的节能情况有负面影响，从0%（完全拉开百叶窗）到100%（拉下百叶窗）不等，取决于开或关的百叶窗数量和角度。也就是说，完全升起百叶窗时会取得最大的采光节能效率，而在完全关闭百叶窗时的采光节能效率为零。

³ Kim, D-W, 和Park, C-S, “室内和室外百叶窗的手动与最佳控制对比”，第11界国际IBPSA大会，苏格兰格拉斯哥，2009.7.27-30.

⁴ 采光节能：使用采光策略时，由于降低了人工照明的使用以及由于相关降温能耗的减少，因此节约了能源。

为了确定百叶窗的影响，我们在能源模型中假定了一种控制策略，即全关的百叶窗、全开百叶窗和百叶窗拉下而叶片朝各种角度打开三者的比例相同。在这种控制策略下，我们通过没有采光控制节能和有采光控制节能模拟过程中的照明和降温能耗中间点确定使用手动百叶窗进行眩光控制的能耗影响。这意味着采光节能降低50%（与人工照明使用率降低相关的照明和降温节能）以及取暖节能略有上升。我们判断，与不带百叶窗的静态玻璃相比，带手动百叶窗的静态玻璃的能耗高5-6%。使用手动百叶窗时，由于热量已在室内累积，因此在降温能耗上几乎没有变化或只有很小的变化。（这点与室外遮光板和集成百叶窗系统不同⁵。）

能源分析参数

模型配置

本研究的能源模型假定拥有美国办公楼标准配置。建筑模型拥有15英尺的开放的办公室空间，围绕着40英尺深的中心。在它所造成的70英尺的空间内，拥有自然采光的地方应有最多数量的工作人员，而在没有自然采光的建筑中心部分设置电梯、洗手间、楼梯、设备间和会议室。该建筑拥有20,000平方英尺的楼面板，共有8层，总计160,000平方英尺。玻璃总面积为37,500平方英尺。建筑方向为，较长的一面为东西向，窗/墙的比例为60%。总插塞荷载为0.75/平方英尺，代表了安装有电脑、台灯和复印机等标准办公室设备的普通办公楼的水平。

由于美国国家能源法规ASHRAE 90.1-2007是应用最广泛的能源法规，因此用它来确定最低的符合法规要求的基准。它规定了最低的隔热标准、机械效率要求和最大的照明电源密度。因此该模型建筑代表了现在可以建设的符合最低能源标准的建筑。与当前的典型建筑相比，该能源法规代表了在能源效率方面的一大进步。一些研究表明，ASHRAE 90.1-2007标准下建筑比20年前建造的建筑节能约20-30%。关于模型的所有假定情况，见附件A。

气候带模型影响

通过建筑所在的气候带确定SageGlass最大的能源影响。模拟了三个气候带来表示美国境内的极端情况，表现通过使用SageGlass和相关日光控制方法所能取得的性能范围。

美国亚利桑那州菲尼克斯市代表干燥炎热的气候，采光和降温全年都是主要因素；美国明尼苏达州的明尼阿波利斯市代表寒冷的气候，取暖是主要因素；而美国华盛顿特区代表极冷极热混合气候。

玻璃性能

ASHRAE 90.1-2007法规为美国各气候带都单独规定了玻璃的最低性能指标。这些性能指标取决于气候的需要，代表最佳的静态水平。ASHRAE规定的关键参数包括玻璃的阳光热量接收系数

⁵ 在使用室内百叶窗的情况下，穿透窗户的阳光辐射分配到各种室内表面上（墙、地板、天花板、楼板、家具），与室外百叶窗相比，阻挡阳光辐射的效果不明显。

(SHGC)和U值。阳光热量接收系数是允许阳光辐射通过玻璃进入室内的部分，而U值代表了室内和室外之间每相差1华氏度所穿过IGU的总体热量 (Btu/hr. -sq. -ft. -° F)。

在像美国明尼阿波利斯市这样寒冷的气候下，最好是可以直接通过传导用低U值抵消损失的热量，同时，由于太阳热量能被动地加热建筑，因此也希望拥有高SHGC值。在美国菲尼克斯市，需要低SHGC值来减弱强烈的阳光、限制太阳热量，但由于与寒冷气候的地区相比室内外温差较小，因此需要高U值。对于华盛顿特区地区，法规规定了在太阳热量获取和传导之间最好的静态条件，但这些都未能理想地解决气候极端现象。

建筑师和工程师指出的第三个性能目标是可见光传输 (VLT)。VLT百分比越高，进入室内的光线越强，窗外的视野越清晰。透明玻璃的高VLT值能够充分照亮建筑。低VLT值是在玻璃上进行着色、反射和低E涂层，用于限制太阳热量获取或降低玻璃的U值。

因此，在ASHRAE 90.1-2007法规中，SHGC和U值的性能目标影响为室内提供照明的透明玻璃的指标。建筑师经常为了取得最佳的视野而指定使用透明玻璃，其代价就是能源的损耗，需要用建筑内的其他系统来抵消的SHGC值和U值。

表3.

符合ASHRAE 90.1-2007规定的玻璃性能和SageGlass的性能

本研究中各种气候条件下的VLT值代表了静态玻璃可以达到的值，符合ASHRAE 90.1-2007规定的SHGC和U值。

表3指明了在每种气候情况下符合ASHRAE 90.1-2007规定的静态玻璃的玻璃中心 (COG) 的性能和用eQuest能源模型计算出的SageGlass在透明和着色状态下玻璃中心的性能。

		SHGC	U值	VLT
亚利桑那州菲尼克斯市		0.25	0.75	40%
华盛顿特区		0.4	0.55	40%
明尼苏达州明尼阿波利斯市		0.4	0.55	40%
SageGlass双层玻璃 (氩气)	透明	0.48	0.29	62%
	着色	0.09	0.29	3.5%
SageGlass三层玻璃 (氩气)	透明	0.38	0.14	52%
	着色	0.05	0.14	2.9%

能源模型协议

ASHRAE 90.1-2007 附件G是建筑能源效率评价方面最流行的标准。该法规要求建立两种模型来比较符合法规最低要求的情况 (基本模型) 和推荐的情况 (设计实例)。法规要求居住率、插塞负荷和年度运行时长应保持稳定。本报告的所有结果均经过eQuest v3.63验证，eQuest v3.63是符合DOE-2的建模程序，为附件G所认可。

该研究进行了各种参数建模，以表现SageGlass在各种控制策略下的性能。表4描述了符合附件G要求的各种模型之间的异同。由于SageGlass的所有结果中都有自然采光和眩光控制的数据，因此在适用的情况下静态玻璃也应包括这些数据。在表4的第一个和第二个模型中，我们假设单层和双层透明玻璃仅用于没有日光调节功能的老楼。第三和第四个模型中对ASHRAE 90.1-2007玻璃的分析分为有日光调节和手动百叶窗的情况和没有的情况。第5和第7个模型中的高性能静态玻璃拥有日光调节功能和手动室内遮光设备。

表4.
性能模型模拟实验

模型	ASHRAE标准应用	玻璃特点
1: 单层透明玻璃	根据ASHRAE对不同气候带下办公室居住率的不同规定, 不包括玻璃	COG U-val=1.03, SHGC=0.82, Tvis=0.89
2: 双层透明玻璃	同第1个模型	COG U-val=0.48, SHGC=0.76, Tvis=0.81
3: ASHRAE玻璃	根据ASHRAE对不同气候带下办公室居住率的不同规定, 包括玻璃	华盛顿特区: COG U-val=0.55, SHGC=0.40, Tvis=0.4 明尼阿波利斯市: COG U-val=0.55,
4: ASHRAE + DL + 手动百叶窗	同第3个模型, 有日光调节措施和手动百叶窗, 可进行眩光控制	华盛顿特区: COG U-val=0.55, SHGC=0.40, Tvis=0.4 明尼阿波利斯市: COG U-val=0.55, SHGC=0.40, Tvis=0.4 菲尼克斯市: COG U-val=-0.75, SHGC=0.40,
5: 商业静态双层(空气) + DL + 手动百叶窗	同第1个模型, 有日光调节措施和手动百叶窗, 可进行眩光控制	华盛顿特区: COG U-val=0.29, SHGC=0.38, Tvis=0.71 明尼阿波利斯市: COG U-val=0.29,
6: SAGE 双层玻璃(氩气) + DL + 手动百叶窗	SageGlass双层玻璃, 夏天有日光调节措施和眩光控制, 冬天只有眩光控	透明状态: COG U-val=0.29, SHGC=0.48, Tvis=0.62
7: 商业静态三层(氩气) + DL + 手动百叶窗	与第1个模型相同, 有日光调节措施和手动百叶窗, 可进行眩光控制	COG U-value=0.12, SHGC=0.33, Tvis=0.55
8: SAGE三层玻璃(氩气) + DL + 眩光控制	SageGlass三层玻璃, 夏天有日光调节措施和眩光控制, 冬天只有眩光控制	透明状态: COG U-val=0.136, SHGC=0.382, Tvis=0.523 着色状态: COG U-val=0.136, SHGC=0.053, Tvis=0.029

结论

综上所述，本研究表明，SageGlass玻璃具有以下功能：

极大地节约能源

极大地降低建筑内的峰值降温负荷

可以进行眩光控制，能提高室内人员的舒适度，同时不会造成巨大的能源损耗

极大地降低CO₂排放量

比高性能双层和三层静态玻璃的性能更出色

下列图表描述了与当前商业建筑常用的玻璃类型相比，SageGlass在减少能源消耗和降低制冷费用方面的效果（大型办公楼，窗/墙=60%）。

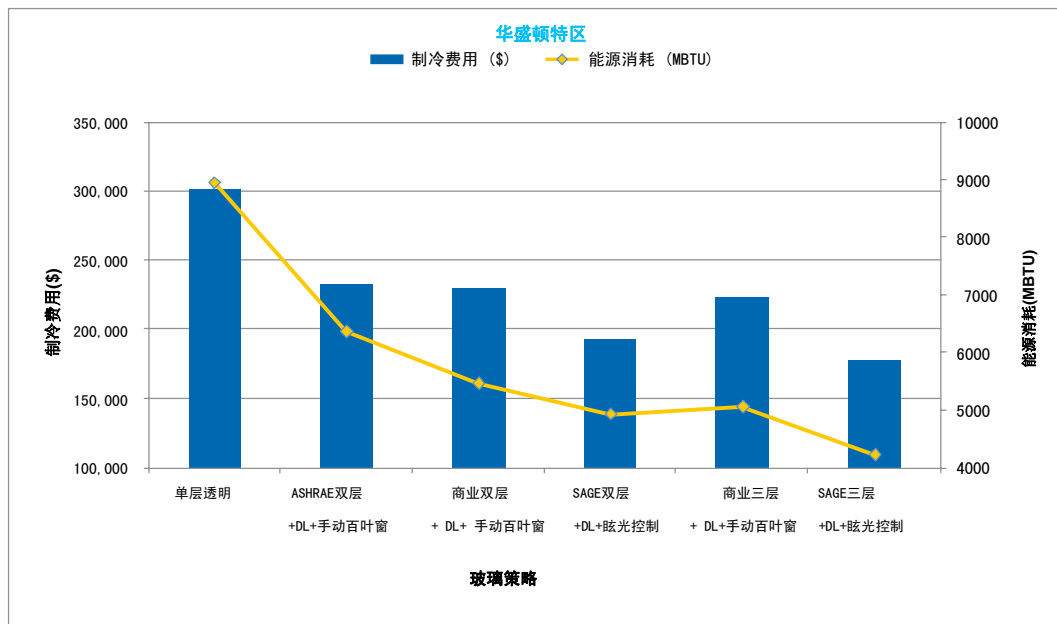


图5. 华盛顿特区：各种玻璃类型的能源消耗和制冷费用

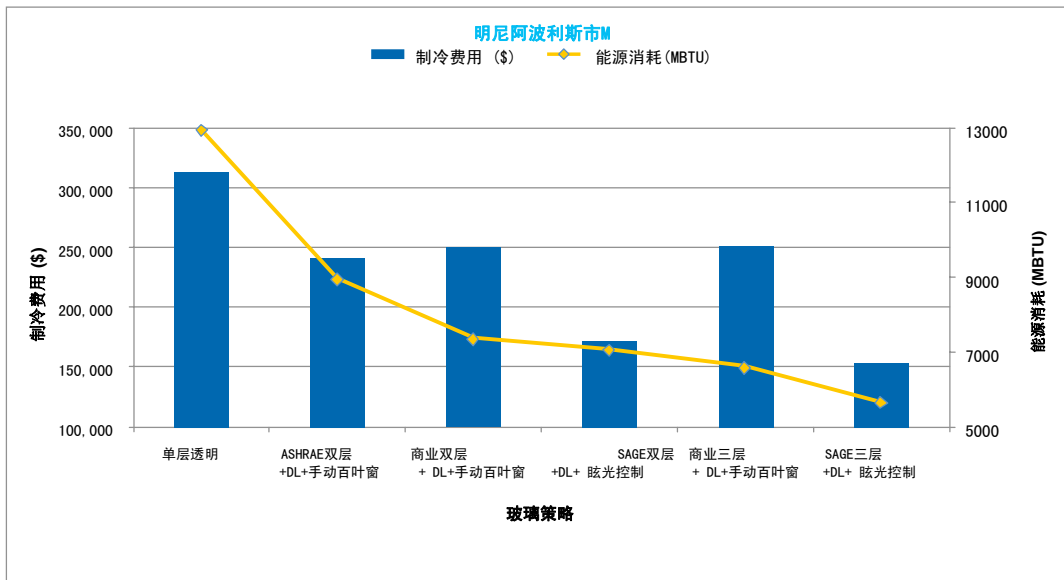


图6. 明尼阿波利斯市——各种玻璃类型的能源消耗和制冷费用

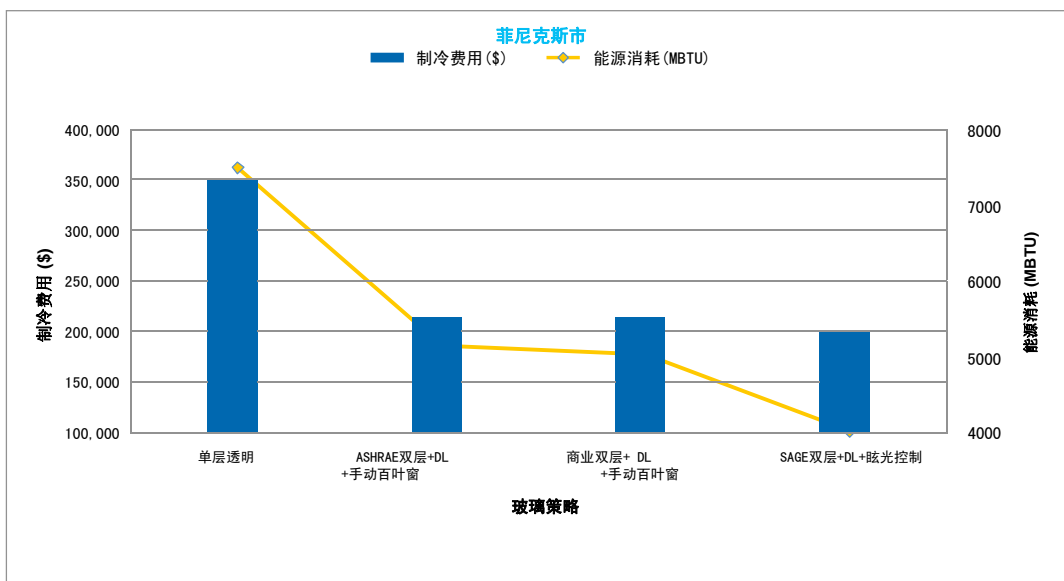


图7. 菲尼克斯市——各种玻璃类型的能源消耗和制冷费用

附件A: 详细模拟数据——办公楼

类别	描述	ASHRAE 90.1-2007 标准参考
建筑包覆体		
层数	8	-
楼面规格	70' x 285'	-
总楼面面积	159,600 sq. ft.	-
楼面至楼面高度	12'	-
楼面至顶棚高度	9'	-
窗户高度	7.2'	-
窗台高度	1.6'	-
窗户/外墙比	60%，包括每层及四个立面	-
屋顶U值	华盛顿特区 (4A)、菲尼克斯市 (2B) 和 明尼阿波利斯市 (6A) 均为 0.048，隔热全在板面以上	表5.5和表G3.1 (5)
外墙U值	华盛顿特区 (4A) 为0.064，菲尼克斯市 (2B) 为0.124，明尼阿波利斯市 (6A) 为0.064，钢框外墙	
地板U值	华盛顿特区 (4A) 为0.038、菲尼克斯市 (2B) 为0.052、明尼阿波利斯市 (6A) 为0.038，钢梁地板	
格栅地板F值	华盛顿特区 (4A) 和菲尼克斯市 (2B) 为0.73，6”，混凝土，无隔热装置 明尼阿波利斯市 (6A) 0.54，6”，混凝土，无隔热装置	
窗体总U值	华盛顿特区 (4A) 和明尼阿波利斯市 (6A) 为0.55 菲尼克斯市 (2B) 为0.75	
窗体总SHGC值	华盛顿特区 (4A) 和明尼阿波利斯市 (6A) 为0.40 菲尼克斯市 (2B) 为0.25	
遮光设备	无	

类别	描述	ASHRAE90.1-2007 标准参考
暖通空调系统		
系统类型	7号——VAV带再加热	表G3.1.1
风机控制	VAV	
制冷类型	冷水	
取暖类型	热水, 蒸汽锅炉	
节能	菲尼克斯市 (2B) 有, 明尼阿波利斯市 (6A) 为0.038华盛顿特区无 (4A)	G3.1.2.6
节能上限切断	(2B) 75 F、(6A) 70 F	
送风温度	55F/95F, 根据最低制冷条件重设, $\Delta 5F$	G3.1.2.8和 G3.1.3.12
风机运行情况	在任何居住率情况下都持续运行 在无人的时间段内进行循环, 以满足取暖和制冷负荷	G3.1.2.4
送风量	根据eQuest计算	-
风机功率	根据送风量和回风量计算	G3.1.2.9
VAV最低点	0.4 cfm/sq. ft.	G3.1.3.13
VAV风机部分载性能	使用不满载风机功率方程式	表G3.1.3.15
制冷机数量和类型	2螺杆式制冷机	表G3.1.3.7
制冷剂能力	根据eQuest计算容积	-
制冷机效率	4.9 COP	每部螺杆式制 冷机150-300 吨, 表6.8.1C

类别	描述	ASHRAE90.1-2007 标准参考
冷水供应和回水温度	44 F/56 F, 根据室外干球温度重设供水温度	G3.1.3.8 & G3.1.3.9
冷水泵	主备系统, 2个主泵, 1个备用环式泵 VSD在备用环式泵上 泵功率 = 22W/gpm	G3.1.3.10
锅炉数量和类型	2蒸汽锅炉	G3.1.3.2
蒸汽锅炉规格	根据eQuest确定	-
蒸汽锅炉效率	大于2,500 kBtu/h的锅炉为80%	表6.8.1F
热水供应和回水温度	180 F/130 F, 根据室外干球温度重设供水温度	G3.1.3.3 & G3.1.3.4
热水泵	仅有主用系统 2个带VSD的主用泵 泵功率 = 19 W/gpm	G3.1.3.5
排热	1个轴流式风机冷却塔, 2级速度电机	G3.1.3.11
冷凝器水回路	进塔水温度: 85F 离塔水温度: 70 F	
冷凝器水泵	每个冷却器有1个1级速度泵 泵功率 = 19W/gpm	
居住密度	ASHRAE 62.1-2004默认居住密度	-
室外空气流量	20 cfm/人	-
供热点	70 F, 无人时64 F	假设
制冷点	76 F, 无人时82 F	假设

类型	描述	ASHRAE 90.1-2007标准参考
照明和插座荷载		
LPD	1.1 w/sq. ft	表9.6.1中的每个房间逐个计算的方法
	机械室或电气室为1.5 W/sq. ft.	
	洗手间为0.9 W/sq. ft.	
	客厅为1.3 W/sq. ft.	
插座荷载	0.75 W/sq. ft.	ASHRAE 90.1-2004 用户手册中的表G-B
室内热水系统		
热水设备	4个100加仑储气加热器，每两层一个	假定
加热能力、水池容量	根据1加仑/人/天的假定用水量用eQuest计算	-
热效率	80%	表7.8
水池待机损耗	1.27 kBtu/h	加热器容量大于75,000 Btu/h 参考表7.8

附件B: 各种气候条件下的模型结果

华盛顿特区

能源分析：能源、费用和排放数据

序号	模型	年度能耗		年度运营费用 (\$)²	峰值需求		制冷费用 (\$)*	年度CO2排放 (kg) **	年度		照明	其他设备	暖通空调系统					
		总Mbtu	EUI kBtu/sf		电量 kW	制冷 tons			电量 kWh	天然气 Therms	电量 kWh	电量 kWh	电量 kWh	天然气 Therms	总 Mbtu			
1	单层玻璃																	
2	双层透明	8949	55.9	\$ 384,095	873	465	\$ 302,250	1016151.4	1,597,522	34,981	394,679	383,439	819,400	32,768	6,073			
3	ASHRAE	6645	41.5	\$ 333,954	821	429	\$ 278,850	855411.0	1,484,604	15,795	394,679	383,439	706,481	13,592	3,770			
4	ASHRAE + DL + 手动百叶窗	6532	40.8	\$ 298,840	725	366	\$ 237,900	774638.2	1,263,476	22,209	394,679	383,439	485,353	19,996	3,656			
5	商业静态双层玻璃 (SHGC=0.38) + DL + 手动百叶窗	6363	39.8	\$ 284,622	689	359	\$ 233,025	740322.7	1,188,484	23,083	332,297	383,439	472,745	20,870	3,701			
6	SageGlass双层-12mm 氩气 (夏季根据日光水平切换, 冬季不变) +DL + 眩光控制	5460	34.1	\$ 269,162	681	354	\$ 229,775	686755.3	1,172,244	14,600	331,247	383,439	457,554	12,396	2,802			
7	商业静态三层玻璃 (SHGC=0.33) + DL + 手动百叶窗	4932	30.8	\$ 222,526	564	297	\$ 192,977	573667.7	928,486	17,150	268,064	383,439	276,983	14,930	2,438			
8	SageGlass三层-12mm 氩气 (夏季根据日光水平切换, 冬季不变) + DL + 眩光控制	5055	31.6	\$ 259,555	666	343	\$ 222,950	657234.2	1,148,663	11,354	331,510	383,439	433,711	9,153	2,396			
		4231	26.4	\$ 205,857	527	274	\$ 177,982	522477.4	886,238	11,654	269,077	383,439	233,721	9,441	1,742			

* 包括制冷器、带泵的冷却塔、管道和安装费用

* 来源：三州产生和传输协会 - <http://tristate.apogee.net/cool/cmch.asp>

** 使用Portfolio Manger的排放计算方法计算

华盛顿特区：各种玻璃类型的节能结果

基线：单层透明玻璃（1个模型）

编号	模型	年节能 (MBTUs)	年节能%	年最高节省费用 (\$)	年最高节省费用和节能%	峰值制冷减少吨数	制冷首期节省费用 (\$)	*年 CO2 排放减少 (kg)
1	单层玻璃透明	-	-	-	-	-	-	-
2	双层玻璃透明	2304	26%	\$ 50,141	13%	36	\$ 23,400	160,740.4
3	ASHRAE	2417	27%	\$ 85,255	22%	99	\$ 64,350	241,513.2
4	ASHRAE + DL+手动百叶窗	2585	29%	\$ 99,474	26%	107	\$ 69,225	275,828.7
5	商业静态双层玻璃 (SHGC=0.38) + DL + 手动百叶窗	3489	39%	\$ 114,934	30%	112	\$ 72,475	275,828.7
6	SageGlass 双层 -12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+DL+ 眩光控制	4017	45%	\$ 161,569	42%	168	\$109,273	329,396.1
7	商业静态三层玻璃 (SHGC=0.33) + DL+ 手动百叶窗	3894	44%	\$124,541	32%	122	\$ 79,300	358,917.2
8	SageGlass 三层玻璃-12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+ DL+ 眩光控制	4718	53%	\$178,238	46%	191	\$124,268	493,673.9

基线：ASHRAE +DL+手动百叶窗（4个模型）

编号	模型	年节能 (MBTUs)	年节能%	年最高节省费用 (\$)	年最高节省费用和节能%	峰值制冷减少吨数	制冷首期节省费用 (\$)	*年 CO2 排放减少 (kg)
4	ASHRAE + DL+ 手动百叶窗	-	-	-	-	-	-	-
5	商业静态双层玻璃 (SHGC=0.38) + DL + 手动百叶窗	904	14%	\$ 15,460	5%	5	\$ 3,250	53,567.4
6	SageGlass 双层玻璃-12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬天不可调)+DL+ 眩光控制	1432	22%	\$ 62,095	22%	62	\$ 40,048	166,655.0
7	商业静态三层玻璃 (SHGC=0.33) + DL+ 手动百叶窗	1309	21%	\$ 25,067	9%	16	\$ 10,075	83,088.6
8	SageGlass 三层玻璃-12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+ DL + 眩光控制	2132	34%	\$ 78,765	28%	85	\$ 55,043	217,845.3

基线：商业静态三层玻璃 +DL+手动百叶窗（模型 7）

编号	模型	年节能 (MBTUs)	年节能%	年最高节省费用 (\$)	年最高节省费用和节能%	峰值制冷减少吨数	制冷首期节省费用 (\$)	*年 CO2 排放减少 (kg)
7	商业静态三层玻璃 (SHGC=0.33) + DL+ 手动百叶窗	-	-	-	-	-	-	-
6	SageGlass 双层玻璃 -12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+DL+ 眩光控制	123	2%	\$ 37,028	14%	46	\$ 29,973	83,566.5
8	SageGlass 三层玻璃-12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+ DL+ 眩光控制	824	16%	\$ 53,698	21%	69	\$ 44,968	134,756.7

明尼阿波利斯市
能源分析：能源、费用和排放数据

序号	模型	年度能耗		年度运营费用 (\$) ²	峰值需求			年度CO2排放 (kg) **	年度		照明 电量 kWh	其他设备 电量 kWh	暖通空调系统				
		总Mbtu	EUI kBtu/sf		电量 kW	制冷 tons	制冷费用 (\$)*		电量 kWh	天然气 Therms			电量 kWh	天然气 Therms	总 Mbtu		
1	单层透明																
2	双层透明	12936	80.8	\$ 232,878	917	482	\$ 313,300	1780577.1									
3	ASHRAE	8810	55.1	\$ 160,936	847	448	\$ 291,200	1452882.1	1,682,081	71,965	394,679	383,439			903,956	69,541	10,039
4	ASHRAE + DL + 手动百叶窗	9076	56.7	\$ 169,246	734	385	\$ 250,250	1323216.0	1,515,430	36,398	394,679	383,439			737,308	33,985	5,915
5	商业静态双层玻璃 (SHGC=0.38) + DL + 手动百叶窗	8959	56.0	\$ 167,246	701	373	\$ 242,125	1271314.2	1,293,978	46,614	394,679	383,439			515,854	44,191	6,180
6	SageGlass 双层-12mm 氩气 (夏季根据日光水平切换, 冬季不变) + DL + 眩光控制	7355	46.0	\$ 137,864	689	385	\$ 250,250	1153714.9	1,223,655	47,842	331,487	383,439			508,725	45,419	6,279
7	商业静态三层玻璃 (SHGC=0.33) + DL + 手动百叶窗	7069	44.2	\$ 132,613	550	265	\$ 171,976	970924.3	1,173,992	33,494	330,947	383,439			459,602	31,078	4,677
8	SageGlass 三层-12mm 氩气 (夏季根据日光水平切换, 冬季不变) + DL + 眩光控制	6591	41.2	\$ 124,565	677	387	\$251,225	1087831.1	927,290	37,668	267,324	383,439			276,525	35,236	4,467
		5627	35.2	\$ 106,925	501	237	\$154,320	841008.0	1,135,116	27,182	331,070	383,439			420,604	24,770	3,913
									843,110	26,396	267,823	383,439			191,848	23,971	3,052

* 包括制冷器、带泵的冷却塔、管道和安装费用

* 来源：三州产生和传输协会 - <http://tris.tate.apogee.net/cool/cmch.asp>

** 使用Portfolio Manger的排放计算方法计算

明尼阿波利斯市：各种玻璃类型的节能结果

基线：单层透明玻璃（1个模型）

编号	模型	年节能 (MBTUs)	年节能%	年最高节省费用 (\$) ²	年最高节省费用和节能%	峰值制冷减少吨数	制冷首期节省费用 (\$)	*年 CO2 排放减少 (kg)
1	单层玻璃透明	-	-		-	-	-	-
2	双层玻璃透明	4125	32%	\$ 71,942	31%	34	\$ 22,100	327,695.0
3	ASHRAE	3859	30%	\$ 63,632	27%	97	\$ 63,050	457,361.1
4	ASHRAE + DL+手动百叶窗	3976	31%	\$ 65,632	28%	110	\$ 71,175	509,262.9
5	商业静态双层玻璃 (SHGC=0.38) + DL + 手动百叶窗	5581	43%	\$ 95,014	41%	97	\$ 63,050	509,262.9
6	SageGlass 双层 -12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+DL+ 眩光控制	5866	45%	\$ 100,265	43%	217	\$141,324	626,862.2
7	商业静态三层玻璃 (SHGC=0.33) + DL+ 手动百叶窗	6345	49%	\$ 108,313	47%	96	\$ 62,075	692,746.0
8	SageGlass 三层玻璃-12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+ DL+ 眩光控制	7309	57%	\$ 125,953	54%	245	\$158,980	939,569.1

基线：ASHRAE +DL+手动百叶窗（4个模型）

编号	模型	年节能 (MBTUs)	年节能%	年最高节省费用 (\$) ²	年最高节省费用和节能%	峰值制冷减少吨数	制冷首期节省费用 (\$)	*年 CO2 排放减少 (kg)
4	ASHRAE + DL+ 手动百叶窗	-	-	-	-	-	-	-
5	商业静态双层玻璃 (SHGC=0.38) + DL + 手动百叶窗	1604	18%	\$ 29,382	18%	-13	\$ (8,125)	117,599.2
6	SageGlass 双层玻璃-12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+DL+ 眩光控制	1890	21%	\$ 34,633	21%	108	\$ 70,149	300,389.8
7	商业静态三层玻璃 (SHGC=0.33) + DL+ 手动百叶窗	2368	26%	\$ 42,681	26%	-14	\$ (9,100)	183,483.1
8	SageGlass 三层玻璃-12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+ DL + 眩光控制	3333	37%	\$ 60,321	36%	135	\$ 87,805	430,306.2

基线：商业静态三层玻璃 +DL+手动百叶窗（模型 7）

编号	模型	年节能 (MBTUs)	年节能%	年最高节省费用 (\$) ²	年最高节省费用和节能%	峰值制冷减少吨数	制冷首期节省费用 (\$)	*年 CO2 排放减少 (kg)
7	商业静态三层玻璃 (SHGC=0.33) + DL+ 手动百叶窗	-	-	-	-	-	-	-
6	SageGlass 双层玻璃 -12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+DL+ 眩光控制	-478	-7%	\$ (8,048)	-6%	122	\$ 79,249	116,906.8
8	SageGlass 三层玻璃-12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+ DL+ 眩光控制	965	15%	\$ 17,640	16%	149	\$ 96,905	246,823.1

明尼阿波利斯市

能源分析：能源、费用和排放数据

序号	模型	年度能耗		年度运营费用 (\$)²	峰值需求		制冷费用 (\$)*	年度CO2排放 (kg) **	年度		照明 电量 kWh	其他设备 电量 kWh	暖通空调系统				
		总Mtu	EUI kBtu/sf		电量 kW	制冷 tons			电量 kWh	天然气 Therms			电量 kWh	天然气 Therms	总 Mtu		
1	单层透明																
2	双层透明	7495	46.8	\$ 213,013				1304687.1									
3	ASHRAE	6830	42.7	\$ 198,840	968	534	\$ 347,100		2,049,945	5,004	394,679	383,439	1,271,826	3,169	4,658		
4	ASHRAE + DL + 手动百叶窗	5375	33.6	\$ 157,511	871	465	\$ 302,250	1166733.2	1,931,933	2,381	394,679	383,439	1,153,810	554	3,993		
5	商业静态双层玻璃 (SHGC=0.28) + DL + 手动百叶窗	5131	32.1	\$ 149,570	719	336	\$ 218,400	873771.8	1,413,616	5,513	394,679	383,439	635,494	3,676	2,536		
6	SageGlass双层-12mm 氩气 (夏季根据日光水平切换, 冬季不变) +DL + 眩光控制	5019	31.4	\$ 151,083	686	334	\$ 216,755	889527.9	1,331,492	5,880	330,097	383,439	617,954	4,042	2,513		
7	商业静态三层玻璃 (SHGC=0.25) + DL + 手动百叶窗	4018	25.1	\$ 125,728	674	327	\$ 212,550	898828.9	1,391,521	2,708	329,840	383,439	4678,240	882	2,403		
8	SageGlass三层-12mm 氩气 (夏季根据日光水平切换, 冬季不变) +DL + 眩光控制	4841	30.3	\$ 146,707	592	304	\$ 197,595	702625.4	1,110,298	2,459	265,060	383,439	461,797	628	1,639		
		3780	23.6	\$ 118,500	642	299	\$194,350	817970.6	1,347,578	2,428	329,908	383,439	634,156	604	2,225		
					548	281	\$182,967	661261.1	1,049,738	2,135	265,306	383,439	400,992	302	1,399		

* 包括制热器、带泵的冷却塔、管道和安装费用

* 来源：三州产生和传输协会 - <http://tris.tate.apogee.net/cool/cmch.asp>

** 使用Portfolio Manger的排放计算方法计算

菲尼克斯市：各种玻璃类型的节能结果

基线：单层透明玻璃（1个模型）

编号	模型	年节能 (MBTUs)	年节能%	年最高节省费用 (\$) ²	年最高节省费用和节能%	峰值制冷减少吨数	制冷首期节省费用 (\$)	*年 CO2 排放减少 (kg)
1	单层玻璃透明	-	-		-	-	-	-
2	双层玻璃透明	665	9%	\$ 14,173	7%	69	\$ 44,850	137,953.9
3	ASHRAE	2120	28%	\$55,502	26%	198	\$ 128,700	430,915.3
4	ASHRAE + DL+手动百叶窗	2364	32%	\$ 63,444	30%	201	\$130,325	415,159.3
5	商业静态双层玻璃 (SHGC=0.28) + DL + 手动百叶窗	2476	33%	\$ 61,930	29%	207	\$134,550	415,159.3
6	SageGlass 双层 -12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+DL+ 眩光控制	3477	46%	\$ 87,285	41%	230	\$149,505	405,858.3
7	商业静态三层玻璃 (SHGC=0.25) + DL+ 手动百叶窗	2654	35%	\$ 66,306	31%	235	\$152,750	486,776.5
8	SageGlass 三层玻璃-12mm 氩气(夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+ DL+ 眩光控制	3715	50%	\$ 94,513	44%	253	\$164,133	643,426.0

基线：ASHRAE +DL+手动百叶窗（4个模型）

编号	模型	年节能 (MBTUs)	年节能%	年最高节省费用 (\$) ²	年最高节省费用和节能%	峰值制冷减少吨数	制冷首期节省费用 (\$)	*年 CO2 排放减少 (kg)
4	ASHRAE + DL+ 手动百叶窗	-	-	-	-	-	-	-
5	商业静态双层玻璃 (SHGC=0.28) + DL + 手动百叶窗	112	2%	\$(1,514)	-1%	7	\$ 4,225	-9,301.0
6	SageGlass 双层玻璃-12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+DL+ 眩光控制	1113	22%	\$23,841	16%	30	\$ 19,180	186,902.5
7	商业静态三层玻璃 (SHGC=0.25) + DL+ 手动百叶窗	290	6%	\$ 2,863	2%	35	\$ 22,425	71,617.3
8	SageGlass 三层玻璃-12mm 氩气(夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+ DL + 眩光控制	1351	26%	\$ 31,070	21%	52	\$ 33,808	228,266.8

基线：商业静态三层玻璃 +DL+手动百叶窗（模型7）

编号	模型	年节能 (MBTUs)	年节能%	年最高节省费用 (\$) ²	年最高节省费用和节能%	峰值制冷减少吨数	制冷首期节省费用 (\$)	*年 CO2 排放减少 (kg)
7	商业静态三层玻璃 (SHGC=0.25) + DL+ 手动百叶窗	-	-	-	-	-	-	-
6	SageGlass 双层玻璃 -12mm 氩气(夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+DL+ 眩光控制	823	17%	\$20,979	14%	-5	\$ (3,245)	115,285.2
8	SageGlass 三层玻璃-12mm 氩气 (夏季可根据光线水平进行调节, 冬季不可调)+ DL+ 眩光控制	1061	22%	\$ 28,207	19%	18	\$ 11,383	156,649.5

1- 明尼苏达州公共事业费

电费——北部能源公司，大型基本服务

夏季 单价=\$0.02169/kWh 需求 = \$10.15/kW 每月费用 = \$22.00

冬季 单价 = \$0.02169/ kWh 需求 = \$6.81/kW 每月费用 = <u>\$22.00</u>

天然气——北部能源公司，商业公司服务

夏季 分配费用 = \$0.13103/therm 单价 = \$0.8360/therm 每月费用 = \$40.00

冬季 分配费用 = \$0.13103/therm 单价 = \$0.77774/therm 每月费用 = \$40.00

2 华盛顿特区公共事业费

电力 - PEPCO GS3A

夏季 单价 1-6000 kWh = \$0.2048/ kWh 单价 >6000 kwh = \$0.168262/ kWh 需求 1-25 kW = \$0/kW 需求 >25kW=\$7.93/kW 每月费用 = \$14.93	冬季 单价 1-6000 kWh = \$0.1934/ kWh 单价 >6000 kwh = \$0.176926/ kWh 需求 1-25 kW=\$0/kW 需求 >25kW=\$7.64/kW 每月费用 = \$14.93
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

天然气—华盛顿天然气

单价 = \$1.4707/therm 每月费用 = <u>\$26.40</u>

3-菲尼克斯市各种费用

电力-APS E-32

夏季 单价 1-200 kWh/kW = \$0.09115/ kWh 单价 >200kwh/kW= \$0.05330/ kWh 需求 1-100 kW = \$8.477/kW 需求 >1 00kW =\$4.509/kW 每月费用 = \$34.02	冬季 单价 1-200 kWh/kW = \$0.076131 kWh 单价 >200kwh/kW = \$0.03828/ kWh 需求 1-100 kW = \$8.477/kW 需求 >1 00kW =\$4.509/kW 每月费用 = \$34.02
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

天然气 - SGGG-25 中

单价 = \$1.2466/therm 每月费用 = <u>\$43.50</u>
