

制冷剂的机遇： 节约能源和拯救环境

自工业革命以来人类的活动无意间发生了许多变化，臭氧层消耗和全球变暖高居其中。有证据显示最近地球表面加速变暖是由于吸热的“温室”气体如二氧化碳浓度增加的结果，而反过来二氧化碳又是燃烧石化燃料的副产物。^[1]

关于“臭氧层消耗和气候变化之间的复杂相互关系”^[2]的科学讨论不可避免地引发对暖通空调(HVAC)系统中所使用的制冷剂的争议。争议的焦点是如何在氢氟烃(HFC)和氟氯碳氢化合物(HCFC)两者对环境所造成的影响上达成一个折衷共识，因为蒙特利尔议定书规定了发达国家要逐渐停止使用HCFC。一方面，HFC的臭氧层消耗潜力值(ODP)与HCFC的臭氧层消耗潜力值相比是可以忽略不计的；不过从化学角度来讲，HFC属于温室气体。从热力学角度上看，HFC的制冷效率也比HCFC的要低，“在理想的设备设计的假设下，要达到相同的制冷效果需要耗费更多的电力，导致要间接释放更多的CO₂才能发出该等数量的电力。”^[3]

选用制冷剂的两难境地体现在美国绿色建筑委员会(USGBC)的绿色建筑评估体系(LEED)中，该系统旨在促进绿色建筑规则的实践。过去选择放弃使用HCFC，就能很轻易获

得一个认证评级点数。但是这个决定也使节约能源的努力更加步履维艰。

此通讯对当前LEED评估体系中与制冷剂相关的评分依据以及USGBC为解决制冷剂争议作了回顾和分析。

新建建筑绿色评估体系(LEED-NC)与制冷剂

LEED评估体系(表1, 第2页)通过对建筑物在六个方面包括能源使用和大气保护的可持续性进行考核来确定建筑物的性能等级。当建筑物满足考核内容的先决条件，就可因超出最低要求而获得“额外”评分(以点数奖励)。建筑物获得的点数越多，认证的级别就越高(声望也越高)，潜在的经济和环境优势也就越大。

新建建筑绿色评估体系LEED-NC 2.1版用于评估新建建筑和大型改造项目的性能。“能源和大气(EA)”评级内容对采取臭氧保护措施的建筑项目奖励一个点数，而能源的优化使用则最高可达到10个点——但是只有在建筑项目满足调试、能源性能、消减CFC等先决条件(见插页)之后才能获得点数奖励。

EA先决条件第三条。“减少暖通空调及制冷(HVAC&R)设备中的CFC”

这个先决条件的目标是减少臭氧层消耗。由于使用CFC的系统目前在发达国家已经停产，对于新建成的、采用专用暖通空调系统的建筑而言，满足该要求相对比较容易。

对于大规模改造现有暖通空调设备，以便达到重新使用这些设备的目的，相关法规和标准都要求全面改造或更换所有CFC设备——这个过程通常要在项目完成后一年内结束。如果建筑所使用的是集中或区域供冷设备，那么这种要求将会提出两个挑战。首先，通常情况下，项目工程小组没有权力承诺和实施制冷设施的CFC更换计划。其次，冷水机成本高昂且使用寿命很长。如果现有使用CFC的设备尚未到使用寿命的尽头，那么更换或改造它们从经济角度上都不切实可行。

根据LEED评分解释细则(CIR)将设备改造和更换分阶段往后延迟数年逐步进行是可行的。然而，项目工程小组必须制订令人满意的分阶段

LEED-NC的能源与大气环境评级的先决条件

建筑物主要系统的调试。检验并确保建筑物的基本要素和系统在设计、安装和使用调试方面达到预期目标。

最低能效要求。建筑物的设计要依据ASHRAE/IESNA标准90.1-1999(不含修订条款)或当地的能源法令，以两者中要求最严格者为标准。

暖通空调及制冷设备中降低对CFC的使用。在新建基本建筑的HVAC&R系统中使用不含CFC的制冷剂[以减少臭氧层消耗]。如要重新使用现有基本建筑内的暖通空调(HVAC)设备，则要经过一个全面的逐渐停止使用CFC的改造过程。^[4]

更换和改造计划，并提供业主的承诺书。否则，相关建筑就没有资格获得LEED 认证。

能源和大气(EA)评分第四条。此乃“保护臭氧层”评分，避免在基本建筑的暖通空调系统中使用HCFC。根据EA先决条件3，如果建筑物使用的是集中供冷系统，禁令也同样适用于该类设施。这就是说，如果新建建筑或经改造的建筑当前使用的集中供冷系统中含有HCFC，则它们就不能获得保护臭氧层的评分。

虽然此项只占LEED - NC评分69点数中的一点，却阻碍了使用效率更高的HCFC设备来提高节能效果，而只能在EA评分第一条“优化能源性能”下为提高节能取分。HFC的全球变暖潜力值明显高于常用的

HCFC(见表2)，这使得某些利益相关人士借此条文否决高效的HCFC设备，减少了对环境的潜在益处。

加入 TSAC和HCFC专家组

为了解决这个矛盾，2001年9月，USGBC的LEED指导委员会责令技术和科学咨询委员会(TASC)：

评估由于暖通空调设备中使用卤烃给大气带来的环境影响，并且推荐一个LEED评分依据供对其它制冷剂替代品进行适当的评分。^[3]

TSAC接到此任务后专门成立了一个由有著名的资深技术专家组成的HCFC专家组。按照预定的9步骤流程进行研究，专家组准备了一份报告，报告集中了利益相关人士

们提供的信息和数据，并针对处理常用制冷剂的大气效应问题，提出了LEED评级的两种方法(过渡期和长期)。

在专家组的分析中，他们考虑了过去和目前的离心式冷水机和单元式空调设备的各种型号，以及CFC(蒙特利尔议定书已禁止生产)、HCFC(已经制定了逐渐淘汰的时间表)和HFC。总结报告：*LEED处理HVAC制冷剂对环境的影响的方法*，于2004年9月公布，并随后得到了LEED指导委员会和USGBC董事会的批准。^[3]

i 里瓦·鲁本斯坦博士(Reva Rubenstein)(主席)、戴维·迪第安专业工程师博士(David Didion)和杰夫·多齐亚博士(Jeff Dozier)。他们的个人履历见专家小组总结报告中的附录A。

表1. LEED 评级产品概述

LEED 评级产品	目标工程项目			评级级别		
标识符	当前版本, (状态)	类型	适用性	目标用户	(要求点数)	何时用它对建筑进行认证
LEED - NC	2.1 版 (2.2 版处于公开咨询项目阶段; 3.0 版尚在开发中)	新建建筑和大型改造项目	建筑会对>50%的入住者带来影响	业主	认证合格(26 - 32点) 银级认证(33 - 38点) 金级认证(39 - 51点) 白金级认证(52 - 69点)	一次性认证, 可选择依照LEED - EB对日后的建筑性能进行重新认证
LEED - EB	2.0 版 (2004 年10 月公布)	现有建筑	建筑会对<50%的入住者带来影响	业主	认证合格(32 - 39点) 银级认证(40 - 47点) 金级认证(48 - 63点) 白金级认证(64 - 85点)	现有建筑物首次认证(有效期5年) 已经通过LEED - NC或LEED - EB认证的建筑的重新认证 ^a
LEED - CI	2.0 版 (2004 年10月公布)	商业建筑室内装修	办公楼、商业建筑和公共建筑内的出租空间	承租人	认证合格(21 - 26点) 银级认证(27 - 31点) 金级认证(32 - 41点) 白金级认证(42 - 57点)	一次性认证
LEED - CS	开发中	核心与框架	建筑核心、框架及场址选择; 不包括承租人配备	开发商	待定	待定
LEED - ND	开发中	周边环境开发	城市改造、周边环境/社区规划	开发商、消费者、决策者	待定	待定
LEED - H	开发中	家庭	居民住宅	业主、开发商	待定	待定

^a 为了保持LEED - EB认证，每五年至少应提出一次重新认证申请，但是，将重新认证与年度性能考核、年度预算规划或租赁合同联系在一起能更及时地改进建筑物的更新、运作和维护计划。

表2. 几种常见制冷剂的ODP值和100年GWP值^a

制冷剂	ODP	GWP	应用
CFC-11 ^b	1.0	4,680	离心式冷水机
CFC-12 ^b	1.0	10,720	冷水机、冰箱
HCFC-22	0.04	1,780	空调、冷水机
HCFC-123	0.02	76	CFC-11 替代品
HFC-134a	<1.5x10 ⁻⁵	1,320	CFC-12或HCFC-22替代品
HFC-407C	~10 ⁻⁵	1,700	HCFC-22替代品
HFC-410A	<2x10 ⁻⁵	1,890	空调

^a 数据来源：参考文献[3]表1

^b 依照蒙特利尔议定书被禁止在发达国家中生产，但目前仍然在许多现有建筑的制冷机中使用

其研究结果，专家小组总结认为尽管目前的LEED评级结构是假定设计人员可以通过评估对环境的整体影响来选择制冷剂，但对他们的这种做法并未予以鼓励或嘉奖：

LEED[2.1 版]目前不考虑制冷剂释放到大气中直接产生的全球变暖效应。

…如果选用一套更高效的制冷系统，可能会由于其节能优点获得EA评分第一条中的点数，但是，制冷剂如果有臭氧层消耗潜力，即使很微小，就不能获得EA评分第四条中的点数。因此，如果要通过利用含氯制冷剂取得更高效率，就会无可避免地出现对环境冲突的问题。

注意到“有足够的科学证据表明全球变暖是当前所面临的问题”，专家小组提出了一个取代现有仅针对臭氧层进行LEED评分的概念。

专家小组的结论

为了更全面和量化地比较制冷剂对大气的影响，专家小组取了一个简单模型，计算基于性能的使用寿命之臭氧层消耗指数(LCODI)和直接全球变暖指数(LCGWI_d)：ⁱⁱ

$$A \times LCGWI_d + B \times LCODI < C$$

其中 A=1, B=100,000, C=100

当用图(图表1)表示时，对角线下方所建议的“合格”区域反映了USGBC的政策，规定只有位列市场首25%的产品才能够得分，该政策还涉及专家小组从各种可用的暖通空调设备和制冷剂中随机取样进行统一评估的相关事宜。

根据建议，具备EA评分第四条资格要求 LCGWI_d 和 LCODI (包括常量 A 和 B) 的总和要小于 C。初始值设为 100，但 C 值可以进行调整以反映设备性能的改进。

下列等式用于计算制冷剂的使用寿命性能，并将每冷吨制冷能力及设备寿命予以常态化：

$$LCGWI_d = \frac{GWP_r \times R_c \times (L_r \times life + M_r)}{life}$$

$$LCODI = \frac{ODP_r \times R_c \times (L_r \times life + M_r)}{life}$$

其中，

LCGWI_d = 寿命周期直接全球变暖指数，磅CO₂当量/冷吨-年

LCODI = 寿命周期臭氧层消耗指数，磅CFC-11当量/冷吨-年

GWP_r = 制冷剂的全球变暖潜值指数，0 < GWP_r < 12,000磅CO₂每磅制冷剂

R_c = 制冷剂充注量，磅制冷剂/冷吨能力

L_r = 制冷剂泄漏率 %充注量/年 (建议默认值：1%)

life = 设备寿命，年(建议默认值：30)

M_r = 寿命终止时的制冷剂损耗率，%充注量(建议默认值：3%)

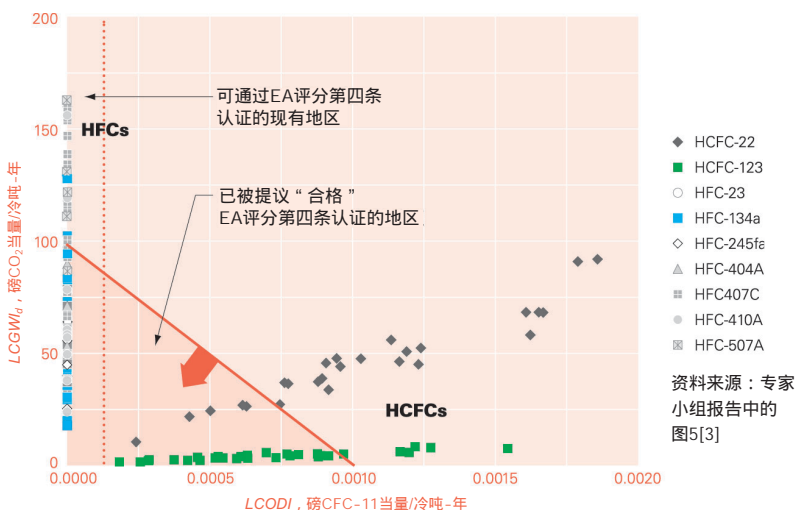
ODP_r = 制冷剂的臭氧层消耗潜值，0 < ODP_r < 0.2磅CFC-11每磅制冷剂

此方案并非挑出某种制冷剂，而是关注制冷剂与设备的组合对环境的综合影响。利用目前的计分方式，排除增加评分点或以小数点计分的方式，专家小组相信这种方法在选择替代制冷剂时，技术上会更加全面和灵活，它将鼓励LEED使用者对这两大关键的环境影响共同评估。ⁱⁱⁱ

ⁱⁱⁱ 对于LEED-NC版本2，USGBC指导方针将目前的评分结构限制在69点数，在发布版本3之前不能增减点数。

ii “直接影响”是指能导致大气中臭氧层消耗的化学反应或因为吸收地球表面的热量使大气变暖的泄漏气体。间接全球变暖影响已在EA评分第一条中考虑到，所以专家小组将其精力集中在直接影响上。

图表1. 获取EA评分第四条点数的新概念



资料来源：专家小组报告中的图5[3]

专家小组认为，将来的LEED版本可以将臭氧层消耗和全球变暖分开评分，也就是说将考虑所有消耗臭氧层的物质和温室气体的排放——不仅仅限于制冷剂的排放。

将方法付诸实行。那么设计人员如何使用这些计算结果来判断某种设备和制冷剂的特定组合是否依照专家小组建议书的规定达到EA 评分第四条的要求呢？

本例中，假定一种新型离心式冷水机的制冷剂充注量为每吨制冷量需要3.3磅HCFC - 123。从专家小组报告的表1中，HCFC - 123的 $ODP_r = 0.02$ ， $GWP_r = 76$ 。当将它们与所建议的关键泄漏率和制冷剂充注量默认值综合起来考虑时：

$$L_r = 1\%$$

$$life = 30\text{年}$$

$$M_r = 3\%$$

这样就可提供足够的信息来确定全球变暖和臭氧层消耗的寿命周期指数：

$$LCGWI_d = \frac{76 \times 3.3 \times (0.01 \times 30 + 0.03)}{30}$$

$$LCODI = \frac{0.02 \times 3.3 \times (0.01 \times 30 + 0.03)}{30}$$

使用该指数值及所建议的标准，我们发现这一特定的冷水机/制冷剂组合对大气的直接影响非常之低，能赚取EA评分第四条的点数(即，所得的值小于C，而C等于100)：

$$1 \times 2.7588 + 100,000 \times 0.000726 = 75.4$$

表3 为几种常见的暖通空调制冷剂编制了类似的例子。在各种情况下，臭氧层消耗和全球变暖的指数都以专家小组评估的最大制冷剂充注量为基础。除了CFC - 11以外，只有直接大气影响指数为317.9的HCFC - 22不符合EA评分第四条要求(假设采用表3中所列的制冷剂充注量和专家小组建议的默认值)。

下一步计划

LEED指导委员会和USGBC在2004年12月首次公开的LEED NC 2.2版

草案中已经采用了针对EA评分第四条提出的概念(被重新命名为“制冷剂选择”)。此外，2.2版还为“包含多个暖通空调和制冷设备的基本建筑项目”提出下面的公式^[5]：

$$\frac{[(LCGWP + LCODP \times 10^5) \times Q_{unit}]}{Q_{total}} \times 100$$

其中，

$$LCGWP = LCGWI_d$$

$$LCODP = LCODI$$

$$Q_{unit} = \text{单个暖通空调或制冷设备的制冷能力, 冷吨}$$

$$Q_{total} = \text{暖通空调或制冷设备的总制冷能力, 冷吨}$$

该公式使人们可以论证(例如)一座采用HCFC - 22、HFC - 134a和HCFC - 123设备的建筑是否能符合EA评分第四条的要求。

LEED - NC 2.2版预计将在USGBC会员投票之后于2005年秋季正式公开发布。与其推迟到那个时候才实施，USGBC于2005年1月颁布了一项评分指导解释细则(CIR)，它吸纳了专家小组的建议，给予LEED - NC 2.0版或2.1版的使用者提供获取评分点的替代方法。为某套使用HCFC制冷剂的暖通空调

表3. 几种常见制冷剂直接大气效应的计算

制冷剂	可变值输入 ^a				固定值输入 ^b		输出(寿命周期指数)		
	泄漏率 L_r , %/年	充注量 R_c , 磅/冷吨 ^c	寿命终止时的制冷剂损耗率 M_r , %	设备寿命, 年	臭氧层消耗潜值, ODP	全球变暖潜值, GWP	臭氧层消耗指数, LCODI	全球变暖指数, LCGWI _d	综合指数 ^d
CFC - 11 ^e	1.0	2.4	3.0	30	1.0	4,680	0.0264	123.552	2,763.6
HCFC - 22		5.0			0.04	1,780	0.0022	97.9	317.9
HCFC - 123		3.3			0.02	76	0.000726	2.7588	75.4
HFC - 134a		3.3			1.5×10^{-5}	1,320	0.0000005	47.916	48.0
HFC - 407C		3.3			10^{-5}	1,700	0.0000004	61.71	61.7
HFC - 410A		3.5			2×10^{-5}	1,890	0.0000007	72.765	72.8

^a 可以跟专家小组建议的默认值不同，但是项目工程小组或制造商必须提供令人信服的证据来解释设备使用过程中发生的泄漏。

^b 这里所示的ODP和GWP值取自专家小组报告中的表1[3]。

^c R_c 值取自专家小组报告中的附录C，代表HCFC专家小组所评估的最大制冷剂充注量。就这一点而论，所显示的值可能明显高于目前生产的冷水机的实际 R_c 值。

^d 根据专家小组报告中建议的标准，特定的设备/制冷剂组合仅当综合寿命周期指数不超过100时才达到EA评分第四条的要求。

^e USGBC 估计现有建筑中大约有一半的冷水机使用的是蒙特利尔议定书禁止在发达国家继续生产的CFC - 11。

系统要取得EA评分第四条的点数，请参照关于EA评分第四条的CIR(2005年1月11日颁布)，并记录计算，以证明综合大气影响符合该CIR的要求。

对其它LEED产品的含义

到现在为止，我们只讨论了专家小组报告对利用LEED-NC于新建建筑和大型改造项目进行首次认证的影响。现有建筑市场之大——据USGBC估计约为新建建筑的80倍——使得现有制冷剂/设备组合的大气影响就不能置之不理。^[6]

现有建筑绿色评估体系(LEED-EB)和EA先决条件3。尽管蒙特利尔议定书禁止在发达国家生产CFC产品，但

是2002年联合国发表的一份报告估计现有建筑物中的冷水机组约有50%左右仍然使用CFC-11。^[7]

就LEED-EB而论，专家小组作了如下推断：

每年销售的用于替换现有建筑物制冷设备中所用制冷剂的数量是用于新设备的4倍，所以现有建筑市场的影响不容忽视。^[3]

LEED-EB的EA先决条件3要求业主出示建筑物内的暖通空调系统没有使用CFC的证明，来加大防止臭氧层消耗的控制力度。

此外，也可以通过提供第三方出示的证据来证明更换现有CFC设备在经济上不可行——即更换设备的基本投资要10年以上才能收回，这样

也可以满足先决条件3的要求。

“基本投资回报年限”被定义为实施设备更换的成本除以更换后每年所节约的能源成本和维护成本总和所得的值。^[8]如果基本投资回报年限小于10年，那么要符合先决条件3的要求就必须更换或改造系统。

除了分析投资回报年限外，项目工程小组还必须论证是否按照环保署(EPA)洁净空气法(EPA Clean Air Act)要求正确地处理CFC以及证明每年泄漏率低于5%，并且设备的剩余寿命期之内之泄漏率要低于30%。这些要求可用于重新认证LEED建筑物或对现有建筑物进行首次认证。

计算的细节内容尚未公布，但可用一个简单的方法来确定年泄漏

表4. 使暖通空调符合EA评分第四条要求

	EA先决条件3	EA评分第四条
LEED-NC 2.1 或更早版本	<ul style="list-style-type: none"> 指定新设备不使用CFC 对于大型改造项目，要给所有现有CFC设备制定一份更换/改造时间表 	<ul style="list-style-type: none"> 提交不使用HCFC的HVAC&R设备的文件或者 引用EAc40 CIR(2005年1月11日)并提交基本建筑内的HVAC&R设备中使用的制冷剂符合LCGWP+LCODP$\times 10^5$ 100的文件
LEED-NC 2.2 (首次公开草案)	<ul style="list-style-type: none"> 指定新设备不使用CFC 对于大型改造项目，要给所有CFC设备制定一份更换/改造时间表 	<ul style="list-style-type: none"> 提交基本建筑物内的HVAC&R设备中的制冷剂符合LCGWP+LCODP$\times 10^5$的文件 提供制冷剂类型和每吨制冷量需要的制冷剂充注量 如果所用的年泄漏率和寿命终止时的制冷剂损耗率有别于默认年泄漏率(1%)和寿命终止时(假定30年寿命期)的默认制冷剂损耗率(3%)，则要提供相关证据予以说明。
LEED-EB	<ul style="list-style-type: none"> 更换或改造建筑物中所有使用CFC的HVAC&R设备或者 通过提供第三方审计结果来表明更换设备从经济上不可行(即基本投资回报年限>10年) 符合《EPA 洁净空气法》第6章608条的制冷剂管理和报告规定 证明制冷剂年泄漏率<5%，并且剩余设备寿命期内的泄漏率<30% 	<ul style="list-style-type: none"> 不运行含有HCFC的HVAC & R设备于基本建筑或者 证明在设备运行期内，基本供冷设备的年泄漏率小于制冷剂充注量的3% (文件要符合《EPA洁净空气法》中第6章，第608条的规定) 证明在剩余设备寿命期内的泄漏率<25%
LEED-CI	同LEED-NC	LEED-CI中并没有“臭氧层消耗/制冷剂选择”的评分。不过，EA评分第四条对使用“绿色电力”给予点数奖励。
LEED-CS	尚在开发中	尚在开发中
LEED-ND		
LEED-H		

率,即把一年之中给设备添加的制冷剂总量除以应有的运行充注量。

如果在某段设备运行期内(如6个月)记录的泄漏率测量值在允许范围之内并提供满意的文件记录,就有可能根据该段时期内记录的数值推论出一年的泄漏率和剩余设备寿命期内的泄漏率。(如需更多结论性信息,请查看评分解释细则,并留意2005年出版的LEED-EB参考指南。)

LEED-EB和EA评分第四条。泄漏在判断某种制冷剂对大气的影响方面是一个重要的因素。如果密封得好,制冷剂对大气的直接影响就会非常小。对于这种想法,EA评分第四条规定,如果HCFC设备的年泄漏率低于3%,且剩余设备寿命期内的泄漏率低于25%,就可以获取该点数。这两个值均可依照EA先决条件3所述方法计算而得。

那么商用建筑室内装修绿色评估体系(LEED-CI)呢?新发布的LEED-CI第2版就承租人对新的或现有办公室的改进方面提供了一个标准评分方案。[9]它的评分结构与LEED-NC相似。依照EA先决条件3的要求,这两个标准都要求暖通空调系统中不使用

任何CFC,其中LEED-NC对基本建筑楼层适用,LEED-CI则对出租空间适用。不过,目前LEED-CI省略了制冷剂选择/保护臭氧层(EA评分第四条)的评分;以后是否会作修改仍有待进一步观察。

结语

尽管本文特别着重于讲述制冷剂,但是通过绿色设计实现可持续发展需要从更宽广的角度来考虑。要想成功,就得全力打造最佳成本效率的建筑物,不仅能节约能源,对环境的影响减至最低水平,而且还要可靠运行,提高入住者的健康舒适度。为了促进这些目标的实现,每人都应努力设计并实践高效率的暖通空调系统!

参考文献

- [1]《全球变暖-气候》(Global Warming - Climate)[在线]。美国环境保护署。2000年1月7日[引用日期2004年11月29日]。请登<<http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/content/climate.html>> 查阅。
- [2] 莫利纳(Molina, M)(主席)。科学论坛:挑战与前景-臭氧层保护2004年11月19日,捷克共和国布拉格。
- [3] 鲁布斯坦,迪第安和多齐亚(Rubenstein, R, D. Didion, 和J. Dozier)《LEED处理HVAC制冷剂对环境影响的方法》[在线]。2004年9月28日[引用日期2004年11月29日]。美国绿色建筑委员会。请登<http://www.usgbc.org/docs/leed_tsac/tsac_refrig_report_finalapproved.pdf>

查阅。

- [4] 新建建筑和大型改造项目的绿色建筑评估体系(LEED-NC), 2.1版[在线]。2002年11月[引用日期2004年12月8日]。美国绿色建筑委员会。请登<http://www.usgbc.org/docs/leeddocs/leed_rs_v2-1.pdf>
- [5] 新建建筑和大型改造项目的绿色建筑评估体系(LEED-NC) 2.2版,首次公开咨询稿[在线]。2004年12月[引用日期2004年12月8日]。美国绿色建筑委员会。请登<http://www.usgbc.org/leed/drafts/drafts_main.asp> 查阅。
- [6] 路易斯和霍华德(Lewis, M.和N. Howard):“LEED的未来。”环境设计与建筑[在线]。2003年7月11日[引用日期2004年11月29日]。请登<http://www.edcmag.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP_Features_Item/0,4120,103633.html> 查阅。
- [7]《制冷、空调和热泵技术方案委员会评估报告》2002年《评估》。2003年8月出版。联合国环境规划署(UNEP)。
- [8] 现有建筑物改造、运行和维护的绿色建筑评估体系(LEED-EB),第2版[在线]。2004年10月[引用日期2004年12月8日]。美国绿色建筑委员会。请登<<http://www.usgbc.org/docs/leeddocs/ebfinal%20content%20version.pdf>> 查阅。
- [9] 商业建筑室内装修绿色评估体系,版本2[在线]。2004年11月[引用日期2004年12月8日]。美国绿色建筑委员会。请登<<http://www.usgbc.org/docs/leeddocs/cifinal%20content%20draft.pdf>> 查阅。



Trane
A business of American Standard Companies
www.trane.com

原著:谢建宏, Brenda Bradley。
如对本文有任何意见或疑问, 敬请联系:余中海
(yupc@trane.com)。

Trane相信此处提供的事实和建议都是准确的。但是,您要自行负责最终设计和应用决策。Trane 对采用本文提供的材料的行为不承担任何责任。