



switchasia
GRANTS PROGRAMME



大型购物中心和中型酒店建筑能耗管理手册

出版信息

报告主题：大型购物中心和中型酒店建筑能耗管理手册

发布：伍珀塔尔研究所：Tholen, Lena; Gokarakonda, Sriraj;
Xia-Bauer, Chun; Moore, Christopher

发布：伍珀塔尔研究所 2018

项目：中国西部可持续建筑的推广和主流化 SusBuild

工作包：2

资助方：欧盟

联系人：Chun Xia-Bauer
chun.xia@wupperinst.org
Doeppersberg 19
42103 Wuppertal (Germany)

执行概要

建筑能耗管理是一个系统的过程，通过建筑能耗在线监测和动态分析，建议能效提升且优化建筑运营措施，最大限度地节能。有效的建筑能耗管理可节省约 30% 的能耗及相关能源成本。因此，制定明确的建筑能耗管理计划并选择适合技术非常重要。

切实实施建筑能耗管理的益处不仅包括节能和减少温室气体排放，还包括节省成本、提升企业形象、提高竞争力及符合法律要求。

本手册分析两类商业建筑：购物中心和中型酒店。第一部分分析了不同行动主体及其具体障碍和激励措施。第二部分介绍制定建筑能耗管理计划的关键步骤。第三部分详细说明综合建筑能耗管理的各个技术要点，并且通过列举最佳实践加以说明。此外，本手册还包括一组针对中小型建筑的能耗管理建议。尽管技术在建筑能耗管理领域发挥关键作用，但其采用与否取决于不同利益相关方，因此，本手册最后一部分展示了推动相关方投资能耗管理系统及节能的政策框架。

目录

1	导言	1
2	欧洲购物中心和酒店的特点及能耗	2
2.1	大型购物中心	2
2.2	中小企业拥有的中型酒店	6
3	制定购物中心和酒店建筑能耗管理计划（BEMP）	10
3.1	准备阶段：能源审计	10
3.2	第一步：致力于持续改进	11
3.3	第二步：评估能耗	11
3.4	第三步：设定目标	12
3.5	第四步：制定行动计划	12
3.6	第五步：实施行动计划：	12
3.7	第六步：评估进展	13
3.8	第七步：确认成果	13
4	建筑能耗管理系统（BEMS）技术	14
4.1	导言	14
4.2	传感仪器	16
4.3	监测与控制：网络与通信硬件及协议	16
4.4	执行器与终端使用：不同建筑系统中的能耗管理系统	17
4.5	分析与优化	21
4.6	对中小型建筑的建议	25
4.7	最佳实践范例	26
5	配套政策措施	31
5.1	典型政策组合	31
5.2	政策组合的具体要素	32
5.3	合同能源管理	34
5.4	良好实践范例	36
6	参考文献	40

表目录

表 1：按可出租总面积划分的购物中心类别 ----- 2

表 2：购物中心相关行为主体、其在能耗管理中的作用及主要障碍 ----- 5

表 3：酒店相关行为主体、其在能耗管理中的作用及主要障碍 ----- 8

表 4：建筑能耗管理系统中使用的各种传感仪器及其位置 -----16

表 5：建筑能耗管理系统中的暖通空调控制系统策略 -----18

表 6：建筑能耗管理系统中的照明控制系统策略 -----20

表 7：建筑能耗管理系统中的先进设施监控系统 -----21

表 8：使用建筑能耗管理系统实施的数据分析和纠正措施 -----21

表 9：使用建筑能耗管理系统的优化策略 -----23

表 10：不同节能措施类别建筑概览 -----24

图目录

图 1：欧盟 28 国和挪威的小型、中型和大型购物中心及专业和其他购物中心占比 -----	3
图 2：零售建筑能源需求总量占比。-----	4
图 3：《能耗管理指南》-----	10
图 4：建筑能耗管理系统产品路线图-----	15
图 5：建筑能耗管理系统组件-----	15
图 6：基于建筑信息模型的智能电网建筑管理建议方案-----	24
图 7：建筑能耗管理政策和措施-----	31
图 8：合同能耗管理的基本概念-----	35
图 9：共享节余合同模式-----	36

1 引言

在欧洲和中国，商业建筑分别占最终能源需求总量的 11%和 4%¹。作为能耗大户，节能潜力巨大。实施建筑能耗管理为商业建筑节能提供了一条有效途径。

“能耗管理指主动、有组织且系统协调能源的采购、转化、分配和使用，以满足建筑正常运行需求，同时考虑环境和经济目标。”²

能耗管理对所有公司都很重要，因为它有以下优点：

- 显著节能。在欧洲，能耗管理系统平均可节约 37%的空间供暖、热水制备和制冷/通风能源以及 25%的照明能源。
- 减少温室气体排放和能耗。
- 提升公司形象，带来竞争优势。
- 助力公司遵守法律要求。^{3, 4}

然而，人们对于能耗管理系统潜力尚且缺乏认识和了解。例如，在欧洲，只有 25%的商业建筑正确安装了能耗管理系统。

本手册提供关于商业建筑能耗管理系统和计划的各类知识和建议。由于 SusBuild 项目主要针对中小企业，因此本手册关注与中小企业最为相关的两类商业建筑：购物中心及中型酒店。本手册的目标群体是这两类建筑的业主、总经理和物业经理：

- 业主或总经理将对建筑能耗管理解决方案和措施的重要性有更多认识。
- 物业经理将掌握建筑能耗管理实践的先进知识，例如建筑能耗管理系统的不同组件及分析和优化方法。

大型购物中心的这些行为主体能耗管理意识的提高，也会影响中小企业租户的能耗行为。

此外，本手册还向当地政府提供关于典型政策组合的概览，以激励企业实施能耗管理系统。

本手册基于全球经验的文献综述编制，不仅关注单项技术，还关注不同利益相关方的作用、合理的决策过程及对能耗管理进行整体分析的最佳实践。例如，不仅要安装高效照明系统，还需在灯具和电路技术及建筑能耗管理系统中规划采用相应的控制技术。由于这些决定具有长期影响，因此应及早将其纳入设计。

¹ GEA, (2012)

²VDI-Guideline, (2007)

³欧洲建筑性能研究所, (2016)

⁴碳信托, (Carbon Trust, 2011)

2 欧洲购物中心和酒店的特点及能耗

2.1 大型购物中心

2.1.1 大型购物中心的建筑特点及能效相关性

购物中心在欧洲有着悠久历史。2013 年，欧盟 28 国和挪威的大型购物中心建筑（面积超过 5,000 平方米）的可出租总面积为 1.12 亿平方米。这些建筑包含各种功能和规模，形态各不相同。根据国际购物中心协会（International Council of Shopping Centres）的统计，购物中心可分为以下 11 个类别（表 1）。在本报告中，重点限于具有各种功能（传统和专业）的大中型购物中心。

表 1：按可出租总面积划分的购物中心类别

设计类型	规划类型		可出租总面积 (GLA)
传统	超大型		800,000 平方米及以上
	大型		40,000 – 79,999 平方米
	中型		20,000 – 39,999 平方米
	小型	比较型	5,000 – 19,999 平方米
		便利型	5,000 – 19,999 平方米
专业	零售公园	大型	20,000 平方米及以上
		中型	10,000 – 19,999 平方米
		小型	5,000 – 9,999 平方米
	工厂直销中心		5,000 平方米及以上
	主题购物中心	休闲型	5,000 平方米及以上
		非休闲型	5,000 平方米及以上

资料来源：国际购物中心协会 (2005)

图 1 显示欧洲不同规模购物中心的占比。小型购物中心在欧洲占据主导地位（尤其是在奥地利、比利时、瑞士、丹麦、芬兰、马耳他、荷兰和瑞典，占比超过 70%）。在保加利亚、塞浦路斯、德国、克罗地亚、爱尔兰、卢森堡、波兰和英国，面积超过 20,000 平方米的大中型购物中心

占主导地位，占比超过 50%。

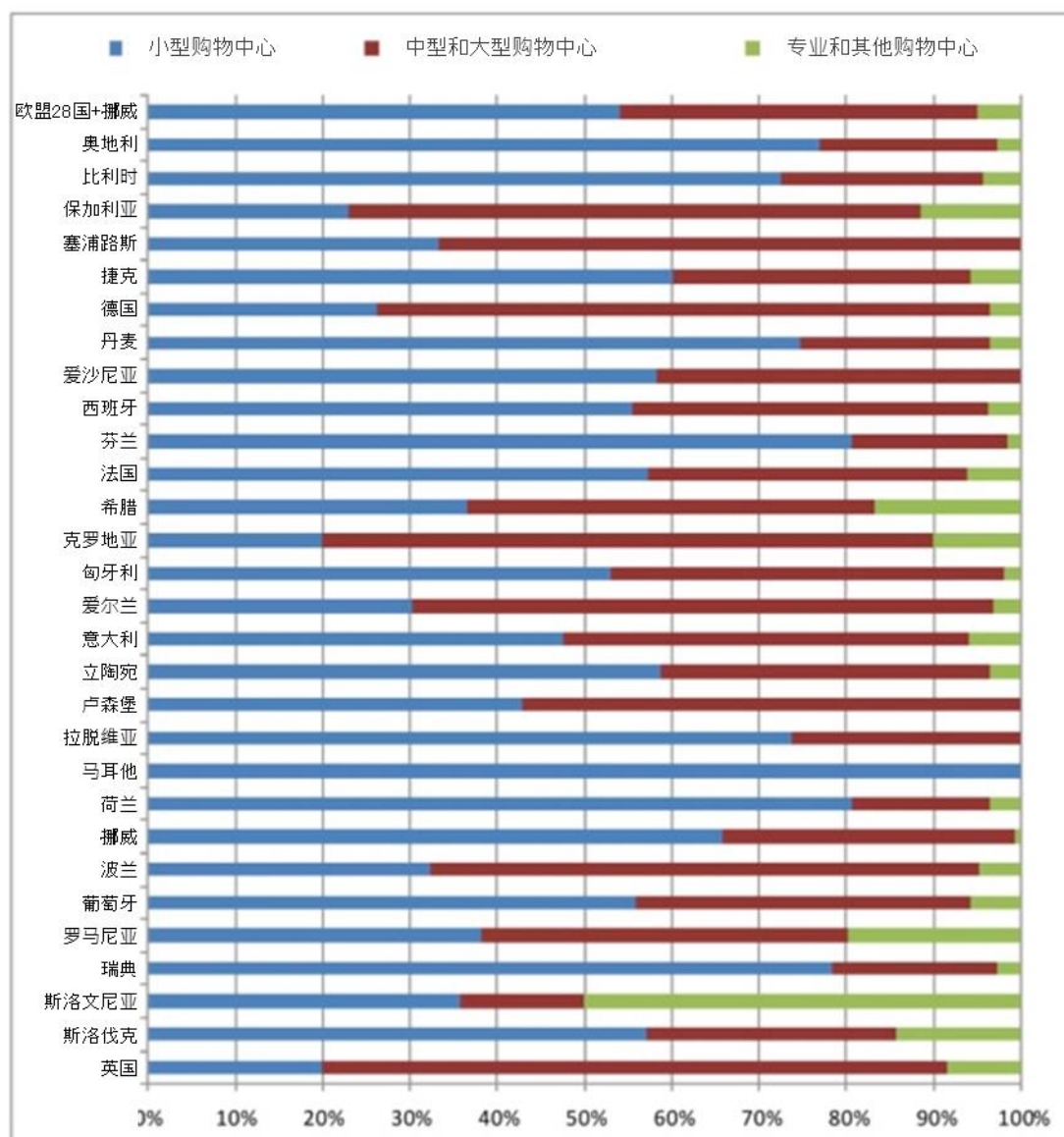


图 1：欧盟 28 国和挪威的小型、中型和大型购物中心及专业和其他购物中心占比

资料来源：Bointner & Toleikyte, (2014)

在购物中心，主要能耗包括照明、通风、供暖/空调和食品冷藏。⁵一般而言，由于制冷需求很大，超市等以食品为主的商店的能耗在 500 千瓦时/平方米至 1000 千瓦时/平方米之间，明显高于其它类型商店。非食品类商店的能耗在 200 千瓦时/平方米（面积>300 平方米）至 270 千瓦时/平方米（面积<200 平方米）之间。在非食品类商店中，能耗也因规模和功能而有所不同。此外，食品店和非食品类商店的能源消费模式也大不相同。图 2 显示食品店和非食品类商店的

⁵Schönberger 等人, (2013)

能源需求比例。

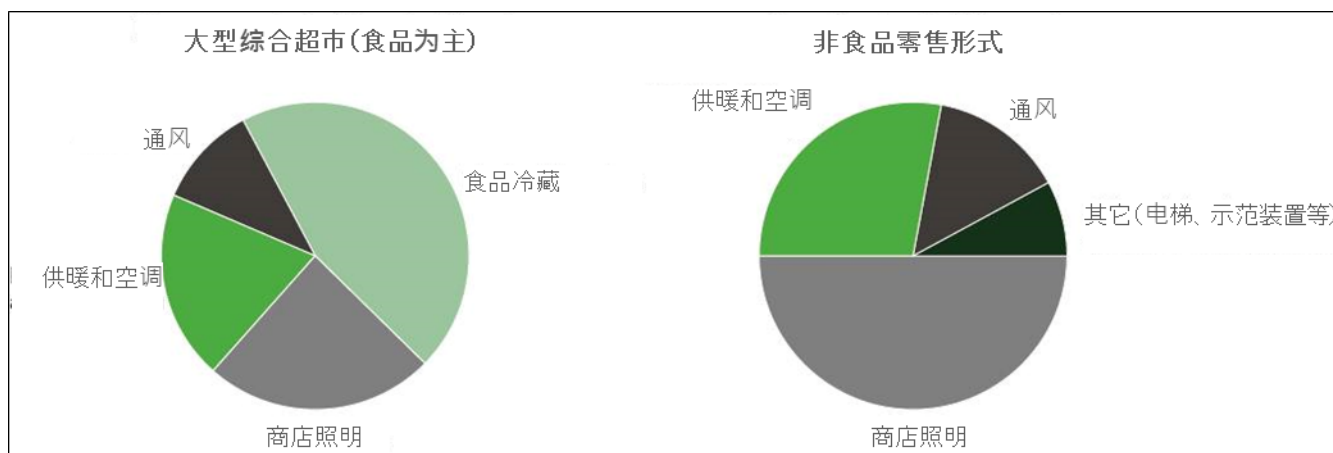


图 2：零售建筑能源需求总量占比。

资料来源：改编自, Bointner & Toleikyte (2014)

由于能耗及相关能源成本高，能耗管理成为管理购物中心的关键。提高能效和降低成本的潜力很大。

以下因素推动落实能效提升措施：

- 实行适当的激励模式降低能源成本能使业主和租户可节省开支；
- 绿色形象和舒适度提升能够吸引新客户；
- 现在采用最高法定环境标准的企业可在未来的环境立法中占得先机。

尽管有这些益处，人们对购物中心的能耗管理实践仍然缺乏重视。这在一定程度上是由相关行为主体面临的各种障碍所造成。

2.1.2 大型购物中心的相关行为主体及其作用和障碍

为了解节能潜力未被充分利用的原因，不仅要考虑技术方面，还要分析不同的行为主体及其决策结构⁶。一般而言，影响购物中心能耗的五类主要行为主体是：业主、管理者、租户、物业经理和顾客（见表 2）。尽管大型购物中心并非由中小企业经营，但业主和管理者的决策将对租户和物业管理公司产生重大影响。表 2 说明不同行为主体的作用及其遇到的主要障碍，以及本报告如何帮助不同行为主体克服这些障碍。

⁶Woods 等人, (2015), CommONEnergy

表 2：购物中心相关行为主体、其在能耗管理中的作用及主要障碍

行为主体	在能耗管理和能效提升中的主要关注点和作用	主要障碍	如何克服障碍
购物中心业主和投资者	主要关注购物中心的吸引力提升和销售额最大化。参与购物中心相关的战略、战术和管理决策，包括节能改造和节能运行；⁷ 为设施能耗管理团队设定预期目标。	缺乏关于能效系统和能效最佳实践的信息	请参阅第 3.1.1、3.1.3、3.1.4、3.1.7、3.1.8、5.3.1、5.3.3、5.3.4 章节
		不确定节能潜力	请参阅第 3.1.1、3.1.3、3.1.4、3.1.7、5.3.2、5.3.3、5.3.4、5.4.2 章节
		缺乏能效提升的兴趣和动力	请参阅第 3.1.2、3.1.6、5.3.1、5.3.3、5.3.4、5.3.5 章节
		监管障碍	请参阅第 5.3.1、5.3.5 章节
		不确定如何根据收入和风险进行投资运作	请参阅第 3.1.8、5.3.2、5.4.2 章节
总经理	负责门店租赁并作为所有租户的主要联络人，确保租户遵守内部政策和法规。负责落实节能运行。 支持并监测所有设施能耗管理团队的倡议；负责团队和项目的目标设定、资源审批。	缺乏关于能效系统和最佳实践的信息	请参阅第 3.1.1、3.1.3、3.1.4、3.1.7、3.1.8、5.3.1、5.3.3、5.3.4 章节
		缺乏融资	请参阅第 5.3.2、5.4.1、5.4.2 章
		缺乏能效提升的兴趣和动力	请参阅第 3.1.2、3.1.6、5.3.1、5.3.3、5.3.4、5.3.5 章节
		监管障碍	请参阅第 5.3.1、5.3.5 章节
		商店业主和购物中心业主的期望不同	请参阅第 3.1.2、3.1.5、5.3.1、5.3.4、5.3.5 章节

⁷Woods 等人, (2015), CommONEnergy

物业经理和外部物业管理公司	物业经理的核心业务是规划、开发、管理和使用空间。⁸这些工作可由内部员工或外部物业管理公司完成。 许多情况下，物业经理/物业管理公司也行使能源经理的职责。在这种情况下，他/她的主要任务是分析如何高效使用能源。⁹授权和管理与能耗管理有关的所有任务，包括协调能耗管理实施所需的资源及确定节能潜力。 除了监测活动和落实节能措施之外，物业经理或能源经理还须处理洗手间、大厅和中庭等公共场所的能源问题。他/她一方面必须落实购物中心业主或管理者的要求，另一方面也须维护租户的利益。 他/她须将这些工作上报管理团队。	缺乏信息	请参阅第 3.1.1、3.1.3、3.1.4、3.1.7、3.1.8、5.3.1、5.3.3、5.3.4 章节
		缺乏管理层承诺	请参阅第 3.1.2、3.1.5、3.1.8 章节
		商店业主和购物中心业主/管理者的期望不同	请参阅第 3.1.2、3.1.5、5.3.1、5.3.4、5.3.5 章节
		技术障碍	请参阅第 4 章
中小企业租户	管理一家或多家商店，专注其核心业务。它们的目标是为顾客提供舒适的购物环境，并使销售潜力最大化。 能效提升的潜力取决于租户的能源使用计费方式。许多情况下，店铺的能源使用包含在租金中，而非基于消费量。¹⁰如果租户根据其消费量支付能源费，他们节能动力将更强。	缺乏信息：员工无专门技能，未接受适当培训，无法高效运行现有能源设施	请参阅第 3.1.6、5.3.3、5.3.4 章
		缺乏节能动力	请参阅第 3.1.2、3.1.6、5.3.1、5.3.3、5.3.4、5.4.2 章
		无激励措施：租户在支付包括能源费用在内的租金	请参阅第 5.3.2、5.3.5 章节
顾客	CommONEnergy 的调查（2015）表明，顾客不太关注购物中心的能源效率/能耗管理问题。因此，在能耗管理的实施中，他们的作用十分有限。然而，顾客的行为可能与能耗密切相关，例如长时间开启冰箱门或使用电梯。	投资者-用户/房东-租户的两难境地	请参阅第 5.3.2、5.3.5 章节
		缺乏知识/信息	请参阅第 3.1.8、5.3.1 章节
		缺乏节能的兴趣和动力	请参阅第 3.1.8 章节

2.2 中小企业拥有的中型酒店

2.2.1 酒店的建筑特点及能效相关性

在欧盟，20 万家酒店拥有约 545 万间客房，几乎占全球总数的一半。在这里，小型企业主导酒店住宿行业，它们提供的客房占总数的 90% 左右。继工业和农业之后，旅游业也对环境产生了

⁸Woods 等人, (2015), CommONEnergy

⁹Blakstad 等人, (2010)

¹⁰Woods 等人, (2015), CommONEnergy

巨大影响。¹¹二氧化碳排放总量的 1%来自酒店和类似住宿行业。¹²

酒店的特点是通过一系列活动共同对能耗及其他资源施加重大影响。负面环境影响包括能源供应的需求增加、固体废弃物管理的负担加重及水体、土壤和空气污染。¹³据估计，一家普通酒店每年的能耗在 200 千瓦时/平方米至 400 千瓦时/平方米之间，单位建筑面积二氧化碳排放量为 160 至 200 千克二氧化碳/平方米。¹⁴因此，能效是酒店实现可持续发展的关键。^{15 16}

在许多酒店，能源在营业成本中占据很大比重。能源是最大的支出要素之一，仅次于员工成本。尽管对企业来说，能源实际上是最容易管理的成本之一（通过更换灯泡和冰箱等简单措施便可办到），然而它经常被错误地当作一项固定的日常开支。¹⁷酒店的主要能耗活动包括供暖和制冷室（50%）、照明（10-18%）、热水使用（最高达 15%）、膳食准备及游泳池。许多租用的酒店房间长时间闲置——白天约 60-65%，而暖通空调系统仍在运行或处于待机模式。¹⁸研究表明，持续能耗管理的节能率通常约为 8-10%，但在某些情况下可能高达 30%。以斯堪的纳维亚地区的一家酒店为例。该酒店实行了七年的节能措施（主要是能耗管理、维护和员工培训），在没有大规模投资的情况下节能 15-20%左右。¹⁹节能潜力取决于酒店的建造时间和规模、安装的设备类型及使用的维护和操作规程。欧洲的研究估计，供暖的节能潜力为 15-20%，制冷为 5-30%，热水为 40-70%，照明为 7-60%。²⁰除了节能和降低成本，能效提升还可确保高标准的室内环境和热性能，并将温度波动降至最低，改善通风系统。此外，环保型酒店提供更好的公共关系及进入新市场的机会。通过减少能源使用展现环保承诺的企业很可能获得正面的客户意见和市场份额。²¹2013 年的一份出版物表明，在所有旅客中，75%会将环境影响作为当年选择假期酒店的考量因素。²²猫途鹰（TripAdvisor）的研究证实了这一点：81%的旅客偏爱采取环保措施的酒店。

2.2.2 相关行为主体及其障碍以及他们之间的相互影响和作用

与能耗管理相关度最高的行为主体是酒店业主/总经理和能源经理/物业经理。能效措施的实施取决于酒店业主和/或最高管理层的承诺。酒店业主和管理者越来越注重将可持续发展绩效作为质量特征同所有利益相关方进行沟通。由于酒店物业经理负责实施和控制节能措施，因此他/她在该领域起到核心作用。其他行为主体（如员工和酒店客人）也对酒店的能耗有很大影响。

一份关于 100 多家欧洲酒店的角色和影响力的研究发现，决策的自主性取决于个体的经验和教育以及酒店是独立经营还是连锁经营，不同情况下自主性各不相同。²³表 3 不同关键行为主体

¹¹《酒店能源解决方案》(Hotel Energy Solutions, 2011)

¹²《近零能耗酒店计划》neZEH, (n.a.)

¹³Mbasera 等人, (2010)

¹⁴《酒店能源解决方案》(Hotel Energy Solutions, 2011)

¹⁵Han 等人, (2010)

¹⁶《酒店能源解决方案》(Hotel Energy Solutions, 2011)

¹⁷neZEH, (n.a.)

¹⁸《酒店能源解决方案》(Hotel Energy Solutions, 2011)

¹⁹《酒店能源解决方案》(Hotel Energy Solutions, 2011)

²⁰《酒店能源解决方案》(Hotel Energy Solutions, 2011)

²¹neZEH, (n.a.)

²²《蓝色和绿色的明天》(Blue and Green Tomorrow, 2013)

²³Hodari & Sturman, (2014)

的作用。

表 3：酒店相关行为主体、其在能耗管理中的作用及主要障碍

行为主体	在能耗管理和能效提升中的作用	主要障碍	如何克服障碍
酒店业主	所有与酒店财产所有权相关的责任管理。酒店业主的主要任务是降低成本（如能源成本）并创造利润。小型家庭式酒店的业主大多自行进行建筑运营，包括能耗管理。大型酒店的业主雇佣员工（如物业经理）进行能耗管理。业主决定酒店的未来发展计划和目标。	缺乏关于能效系统和能效最佳实践的信息	请参阅第 3.1.1、3.1.3、3.1.4、3.1.7、3.1.8、5.3.1、5.3.3、5.3.4 章节
		缺乏资金（超过 90% 的酒店难以获得任何投资类型的融资）	请参阅第 5.3.2、5.4.1、5.4.2 章节
酒店总经理	酒店总经理通常负责日常管理。酒店总经理的部分职责是业务促进和营销、预算管理和利润最大化、统计和财务记录维护、设定和实现销售额及确保遵守现行法律。 他/她是部门负责人与酒店业主之间的联系人。经理可定期向酒店业主报告能效和能耗管理的进展情况。根据酒店业主起到的作用，经理满足业主要求，或确定未来计划和目标。在第二种情况下，酒店经理设定目标、制定战略计划并评估能耗管理的进展。	缺乏能效提升的兴趣和动力	请参阅第 3.1.2、3.1.6 章节
		监管障碍	请参阅第 5.3.1、5.3.5 章节
		不确定如何根据收入和风险进行投资运作	请参阅第 3.1.8、5.3.2、5.4.2 章节
物业经理	与酒店管理不同，物业经理负责规划、设计、建造和管理空间。大多数情况下，物业经理行使能源经理的职能，是能效提升的主要联络人。他/她负责能耗管理系统的实施工作。物业经理须具备丰富的知识，掌握各种行政管理和领导技能。	缺乏信息	请参阅第 3.1.1、3.1.3、3.1.4、3.1.7、3.1.8、5.3.1、5.3.3、5.3.4 章节
		缺乏管理层承诺	请参阅第 3.1.2、3.1.5、3.1.8 章节
		技术障碍：如现有建筑设计不良导致能量损失（例如保温设施粗劣、穿堂风等）	请参阅第 4 章
员工	员工的活动包括客房服务、食品和饮料、前台、安保、营销和销售或采购。员工能够在实施有效的能耗管理系统中发挥积极作用。例如，勤杂工应在打扫完每个房间之后主动关掉所有灯，并把温度调至最低水平。应对前台工作人员（如登记人员）进行培训，使其能将预订的客房集中到一块区域以节约能源成本，如此只需对有住客的建筑物区域或侧翼供暖或制冷至客人舒适的水平。例如，顶层、建筑角落、朝西（夏季）或朝北（冬	缺乏信息：员工无专门技能，未接受适当培训，无法高效运行现有能源设施	请参阅第 3.1.6、5.3.3、5.3.4 章节
		缺乏能效提升的动力	请参阅第 3.1.2、3.1.6、5.3.3、5.3.4 章节

	季) 的房间的能耗可能最高。前台工作人员应考虑这个问题, 将这些房间最后提供给住客。 ²⁴		
客人	在能耗管理系统的实施中, 酒店客人的作用十分有限。他们对技术开发和监测系统没有影响。然而, 酒店客人的行为与能耗密切相关。酒店客人一般可完全控制温控器设置及单独空调设备, 而且他们在调节这些设备时通常很少或根本不考虑节能。通常, 制冷或供暖系统运行时, 门窗还同时打开。 ²⁵	投资者-用户的两难境地	请参阅第 5.3.2、5.4.2 章节
		缺乏知识/信息	请参阅第 3.1.8 章节

²⁴National Grid, (2004)

²⁵《酒店能源解决方案》(Hotel Energy Solutions, 2011)

3 制定购物中心和酒店建筑能耗管理计划（BEMP）

将能效措施应用于大量购物中心和酒店需要良好的管理和资源调动。²⁶降低能耗的一个办法是实施建筑能耗管理计划（BEMP）。此类计划为业主带来的好处包括长期成本降低、竞争优势、品牌价值提升、获得积极形象、可持续性、遵守法律及满足顾客和客人寻求绿色服务的需求。

²⁷

美国环保署能源之星计划（ENERGY STAR）的《能耗管理指南》（Guidelines for Energy Management）为制定建筑能耗管理计划提供了行之有效的策略。该指南遵循七个主要步骤（图 3）。

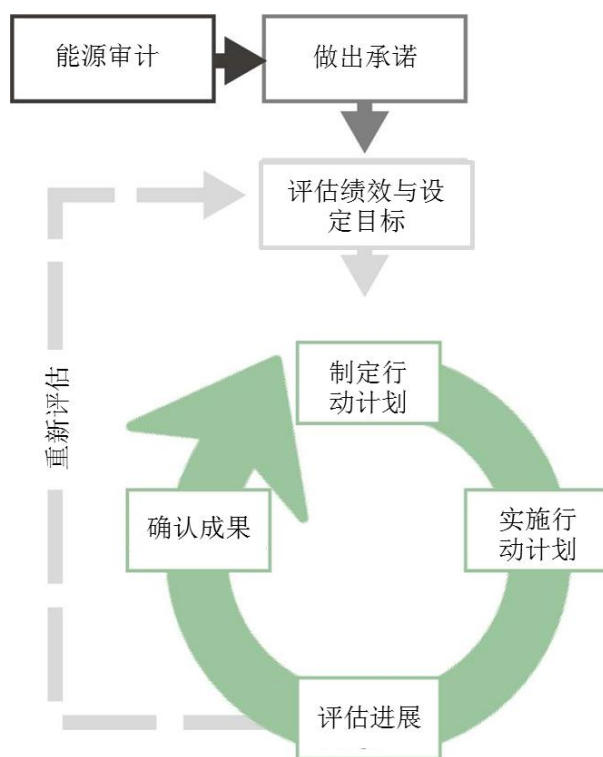


图 3：《能耗管理指南》

资料来源：改编自《近零能耗酒店计划》(neZEH, 2016)

3.1 准备阶段：能源审计

所有能耗管理计划应当以能源审计为基础。人们可以找到许多项目失败的例子，因为这些项目使用大量先进技术去解决一个“问题”，却发现原来的问题并未解决，还产生了额外的问题，建筑能效也未得到提高。能源专家通过能源审计确定建筑的能耗和产能情况，并且提供有关供暖、制冷、通风和生活热水供给系统等因素的能耗定量信息。此外，能源审计还根据建筑的初期状

²⁶Schönberger 等人, (2013)

²⁷ Hays & Đurđana, (2014)

况、投资、能源价格和气候等当地因素及影响能耗的主要因素，确定短期和长期节能解决方案。因此，强烈建议一开始就进行能源审计。

一旦分析所有收集到的数据后，应确定合适的节能措施，以解决以下问题：

- 能耗管理
- 供暖和制冷需求减少
- 设备效率
- 系统效率
- 可再生能源

能源审计所需的投资不高，通常仅占每年能源成本的百分之几，即使在相对现代化的酒店和购物中心，节能潜力也可能很大。

评估的第二步应为考虑能源审计结果的可行性研究。能源审计结果表明，迅速落实降低能耗的措施十分普遍，最常见的是在改造中安装能耗管理系统。这些措施能够大量节约能源，而且所需投资相对较低，有助于激励业主快速启动能效计划。

本步骤解决第二章所提的“缺乏关于能效系统的信息”和“节能潜力的不确定性”的障碍。

3.2 第一步：致力于持续改进

为通过使用能耗管理系统达到预期节能目标，有意识和持续努力不可或缺。为实现这一目标，必须明确目的和目标，分配员工职责，建立问责制。然后，应指定一个专门的能源团队，各个高能耗部门至少派出一人（或运营层面的负责人）加入团队。此外，应指定一名内部能源经理，如物业经理，并落实能耗监测计划。

本步骤解决第二章所提的“缺乏管理承诺”、“商店业主和购物中心业主的期望不同”及“缺乏能效提升的兴趣和动力”的障碍。

3.3 第二步：评估能耗

能耗评估为客户、投资者和其他利益相关方提供达成项目目标的可量化证明（见下一步）。这是坚决实行测量和认证计划，以分析和评价能耗并实现持续（技术和财务）评估和优化。

监测和测量能耗过程中，需要先进的计量技术，包括合适的分表和智能仪表。典型的公用事业仪表包括电力、天然气、蒸汽、水和冷凝物、压缩空气表和数据记录器。然而，各燃料源的单个公用事业仪表无法分析各终端使用领域的能源使用情况。因此，实行分表的测量和认证计划有助于创建基线和基准、识别能源浪费领域、改进及测量优化节能。

除传感器外，先进的建筑能耗管理计划还采用合适的测量和认证（M&V）计划，并为各类终端使用部署分表和数据记录器。例如，在购物中心或酒店建筑中，电子分项计量意味着为照明、暖通空调、电器和设备、热水、停车等安装独立仪表。根据测量和认证计划，这些仪表可进一步按楼层、区块或用户等分类。所有数据随后被传送至建筑能耗管理系统的监测单元。

相比之下，如果所需硬件已经落实，先进的系统可实时监控各种终端用能。可使用建筑能耗管理所需的软件和硬件组合监控空间的用电、温度、污染物（如二氧化碳浓度等）。由于产生的数据量可能很大，因此须提供足够的数据存储容量。应开发易于使用的后期处理技术，将从建

筑能耗管理系统生成的原始数据转化为可用于测量和认证的有意义信息。专业人员必须接受培训，确保建筑能耗管理持续运行，同时保证系统的数据隐私和安全。国际能效评估组织（EVO）²⁸发布了《国际节能效果测量和认证规程》（IPMVP），其中特别强调了建筑能耗管理系统的使用，并且使业主、节能服务公司和能效项目的投资者能够量化节能措施的节能量²⁹。

更多能耗评估的信息，请参阅第 4 章。

本步骤解决第二章所提的“缺乏关于能效系统的信息”和“节能潜力的不确定性”的障碍。

3.4 第三步：设定目标

重要的是根据清晰时间框架的详细测量和认证计划，设定具体、可测量的能效目标，并定期进行审计，以反思测量和认证计划的数据，以此改进任何不足之处。

应制定节能改进检查清单，包括能源审计和可行性研究的建议。检查清单应包括：操作问题，如检查温度和湿度水平、检查照明水平、使用水平、设备操作次数等；维护问题，如检查管道和气流、检查门窗状况、检查制冷剂液位、检查灯具和照明设备及设备的故障和清洁度；程序问题，说明不同终端的使用方式和时间，确保购买获得认证且具有标志的节能产品。检查清单应添加相关负责人，以明确责任。

本步骤解决第二章所提的“缺乏关于能效系统的信息”和“节能潜力的不确定性”的障碍。

3.5 第四步：制定行动计划

需要制定持续改进能效的路线图。行动计划应符合测量和认证计划，以反映成效、绩效变化及优先领域的转变。首先要确定技术步骤和目标，以识别当前差距，制定执行和改进的必要步骤，并通过建立跟踪系统来确定更新的绩效目标。此外，还应相应地合理分配角色和责任，并且确保和分配必要的财政资源。

本步骤解决第二章所提的“业主和购物中心业主的期望不同”及“缺乏管理层承诺”的障碍。

3.6 第五步：实施行动计划：

确保员工和其他利益相关方（如顾客和住客）的支持与合作是实现既定目标的关键。员工和管理层开展日常工作的方式会对酒店的能耗产生巨大影响。通过培训为员工开展提高认识和能力建设活动，可获得组织内外各个层面的支持。应由能耗管理系统负责人（如物业经理）组织培训。为确保培训质量，培训和提高认识也必须与目标群体相关，并与其日常活动相关（见第 5.3.4 章节）。实际示范可提高培训的有效性。示范活动应每年进行一次，时间可选在酒店季节开始时或在购物中心非高峰期时。

通过告知他们合理使用能源，顾客和客人也可参与节能。例如，可在客人抵达酒店时向其发放信息，也可在客房内张贴信息。顾客可在进入购物中心或商店时获得信息。通过明确传达在环保领域所做的努力，购物中心和酒店可提高客人的认可度和忠诚度。尽管如此，沟通良好并且

²⁸ 国际能效评估组织, (2017)

²⁹ 《国际节能效果测量和认证规程》, (2002)

真诚传达信息至关重要。³⁰

EuroFM 是一个欧洲物业管理平台组织，该组织汇集物业管理领域的教育工作者、研究人员和从业人员。³¹他们进一步鼓励员工通过激励措施来提高能源绩效。

本步骤解决第二章所提的“缺乏信息：员工无专门技能”和“缺乏兴趣和动力”的障碍。

3.7 第六步：评估进展

监测和认证计划是评估进展的关键。一整套评估包括测定结果、审查能源和成本数据、比较基线和取得的成果、环境和财务绩效与既定目标的比较。

更多关于评估过程的信息，可参阅第 4 章。

本步骤解决第二章所提的“缺乏关于能效系统的信息”和“节能潜力的不确定性”的障碍。

3.8 第七步：确认成果

最后，必须提供激励措施鼓励个人和团队完成既定目的和取得的成果。业主也可从政府机构、媒体和其他组织得到认可。

建筑能耗管理系统的实施有助于与竞争对手区分开来、开拓新客户、培养客户关系及建立积极的绿色形象。为此，需要沟通策略来提高认识，并告知利益相关方目标及益处。

除顾客和客人外，媒体也扮演着重要角色。一般而言，媒体高度关注新思想和创新理念。成功的公关活动能带来竞争优势，增加收入。传播工具包括印刷品、网站、社交媒体渠道、智能手机应用程序、新闻通讯和视频。

为了宣传您所做的节能努力，认证和标识也是一种有效手段。绿色认证标识建设在能效投资的决策过程中发挥着重要作用（更多信息，请参阅第 5.3.1 章节）。

本步骤解决第二章所提的“不确定如何根据收入和风险进行投资运作”、“缺乏管理层承诺”和“缺乏动力”的障碍。

³⁰ SBA, (2008)

³¹ EuroFM, (2017)

4 建筑能耗管理系统（BEMS）技术

4.1 引言

建筑能耗管理系统（BEMS）是基于微处理机的“智能”控制器网络，用以监控建筑的能耗并为其设立基准，优化建筑能耗。更具体地说，它们将单个建筑设备的功能连接起来，使它们作为一个集成系统运行。建筑能耗管理系统基于开放式通信协议和网络，能将多个系统供应商的系统集成在一起，并可从任何地方访问。

安装建筑能耗管理系统的主要益处

- **节能：**通过符合欧盟标准 EN 15232（建筑能源绩效 - 楼宇自动化、控制和建筑管理的影响）的“A 级”（高能源绩效）分类，可节省高达 30% 的能源和成本，并且提升热舒适性和安全性。³²
- **成为绿色领跑者：**绿色建筑评级系统也认可此类系统的节能潜力，并对使用高端照明、遮阳和供暖、制冷以及通风系统控制予以加分。
- **成本效益高：**其他研究表明，采用楼宇自动化和能耗管理技术的商业建筑每年可节能 60%，投资回收期为 2-10 年。³³
- **居住/使用者舒适度：**智能建筑控制系统确保商业建筑的能源优化，同时确保居住/使用者的舒适性和安全性。

本章解决第二章所提的“缺乏关于能效系统的信息”和“技术障碍”，对第三章建筑能耗管理计划第二步和第六步的实施方式提供了详细信息。

图 4 包括建筑能耗管理系统的四组不同功能。建筑能耗管理系统的功能复杂性随着所需功能的增加而提高。并非所有建筑都需要全部功能。例如，小型酒店会充分受益于针对“故障检测和诊断”的建筑能耗管理系统，并非技术和资金成本要求更高的更多功能选择的“优化”服务。

另一方面，通过具有“优化”技术的全功能建筑能耗管理系统，大型建筑可节省大量能源。大型建筑的业主也会拥有建筑能耗管理系统所需的资源（包括建筑能耗管理系统）。如第 3.1.5 至 3.1.8 节所述，根据能耗管理七个步骤中的第四步进行选择。面积为 2500-150000 平方米、员工数量为 100-500 名的中型建筑拥有的资源可能仍然有限。所以需要进行充分的能源审计。每家公司都必须根据自身条件确定符合他们的需求、资源和财务状况的系统。

³²西门子, (2010)

³³Becker 等人, (2010)

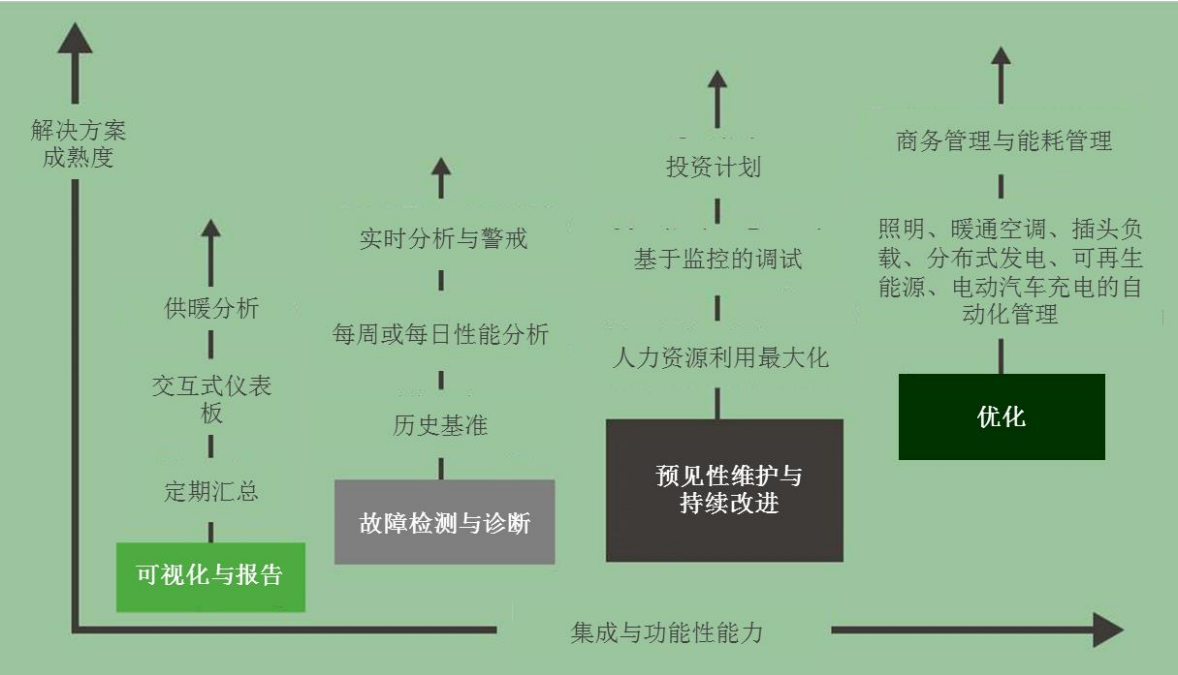


图 4：建筑能耗管理系统产品路线图

图 5 说明建筑能耗管理系统的运行过程，这是一个由三个关键组件（传感器、逻辑监控单元及执行器）组成的三步过程。传感器（组件 1）连接至所有需要监控的终端，并将数据传送至监控系统。监控（组件 2）系统持续评估各种系统的性能，并向执行器发出信号，以采取必要行动。通过执行器可实时控制设备，并持续监测能耗数据。如图 4 所示，组件 1 和组件 2 对于各级功能复杂性都必不可少。然而，对“可视化和报告”和“故障检测和诊断”而言，组件 1 可用连接至各终端使用的仪表或分表代替。建筑能耗管理系统有更多的高级功能需要图 5 所示的所有三个组件。更多关于这些组件的信息，将在后续小节说明。

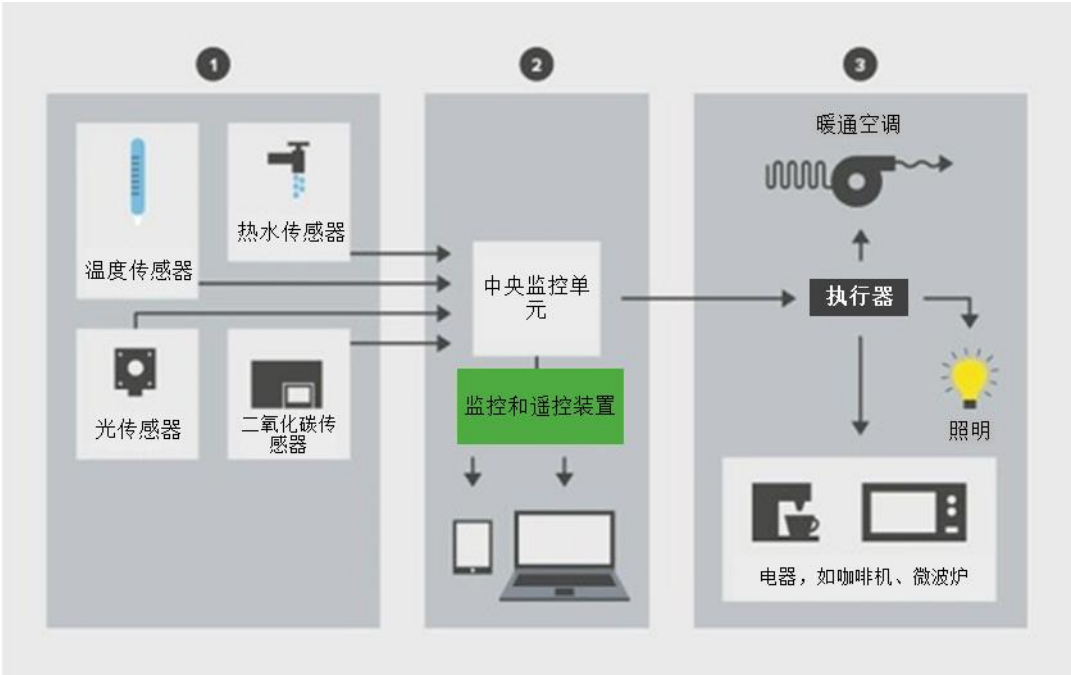


图 5：建筑能耗管理系统组件

资料来源：bigEE (n.a)

4.2 传感仪器

传感器用于诸如温度、照明水平、湿度、占用、空气质量等各方面的监测。它们由温控器、机电/化学装置、气动装置、光敏装置等组成。传感器不断收集数据，并将其传送至中央监控单元。根据不同类型，传感器既可直接集成至现场接线中，也可与控制器通信，或包含一个特殊的微处理机和变送器，将传感器信息转换成工业标准信号进行通信。例如，温控器作为电路的一部分集成至接线中，而光电传感器则包括一个特殊的微处理机来传输继电信号。信息可通过有线或无线连接传送至控制器。传感器的精度和快速响应时间是传感器效率的主要指标。

表 4：建筑能耗管理系统中使用的各种传感仪器及其位置

传感器	使用的典型设备	建筑或服务系统中的位置/用途
温度	热电偶、热敏电阻和电阻温度计	室内温度、室外温度、表面温度、辐射温度、管道和通风管道中的流体温度等。
电力	电流钳（通常在没有专用终端使用分项计量时使用；不过分项计量更加适合）	用于测量照明、设备和电器、风扇、水泵、电梯和自动扶梯、机床、压缩机等消耗的电能。
空气流动	旋转叶片式风速计、热线式风速计、风速指示器	测量室内和室外空气流动、通风或渗透率、通过通风管道的空气流动等。
室内空气质量（二氧化碳传感器）	非色散红外线传感器、化学传感器	用于测量空间中积聚的二氧化碳，以加强通风
水流量	叶轮式旋转机构	连接至冷水机、锅炉、空气处理机等管道中的水流量
相对湿度	电容式传感器、电阻式传感器、热导式湿度传感器、干湿球温度传感器	测量室内和室外湿度水平，预测冷凝的几率
占用/运动传感器	红外线传感器、超声波传感器	检测空间内是否有居住/使用者
日光传感器	光电二极管传感器、模拟光电传感器	确定空间的照明水平

4.3 监测与控制：网络与通信硬件及协议

监测和控制器单元负责接收来自传感器的信号，分析信号，并向执行器发送适当的控制动作以执行。该过程可自动进行，也可手动超驰控制。控制器通常由能够执行中继传输的预编程微机装置组成。局部控制装置可安装在空间内的墙壁上，而大型设施的控制单元通常由大型显示面板组成，显示建筑管理系统的各个组成部分。也可使用多功能遥控器，以及使用智能手机和笔记本，通过互联网协议操作先进监测系统。

中央监测和控制单元负责建筑能耗管理系统的监测和测量。该单元由 IT 网络和配套硬件元件组成，例如连接至各种终端用途（例如暖通空调、照明、热水、安全等）的总线单元和分表（传感器和执行器）。

4.3.1 硬件与控制单元

控制单元通常由预编程微机装置组成，其能够通过使用具有数字和模拟输入/输出通道的模块化

总线单元来执行中继传输。总线设备根据所需应用配置到带有嵌入式计算机的总线耦合器和总线端子控制器中。总线端子控制器与房间控制单元进行通信。房间控制单元通常接收模拟输入，以感测温度、气流和质量以及照明水平，并将模拟输出发送至风机、加热器元件、流量控制阻尼器、百叶窗等控制装置，以启动必要动作。

根据其复杂程度，可在不同层级进行配置。最简易的系统包含现场级房间控制器，其直接连接至配备嵌入式计算机的总线终端（具有或不具有显示设备）。复杂的系统包含现场级房间控制器，其连接至现场或系统级总线终端（中央暖通空调），总线终端又连接至配备复杂显示单元且具有控制功能的中央建筑管理系统。在复杂系统中，局部和中央层级均设有控制装置。操作分级取决于自动化系统的配置，以适应建筑的使用。

4.3.2 数据传输与交换

传感器到控制器及控制器到设备之间的输入和输出数据传输以单一或不同标准进行，例如 DALI、Zigbee、EnOcean、LONWorks、KNX、MODBUS 等。其中包括有线和无线连接。当系统内使用多种标准时，使用网络内的总线耦合器对其进行桥接。

不同总线端子控制器与总线耦合器之间的数据通信在 BACnet、DMX、PROFINET、以太网等标准平台上进行。最新技术还使用与多个楼宇自动化控制（BAC）平台结合使用的，基于互联网协议的控制系統。

所有来自不同模块化总线单元的数据均被传送至中央建筑管理和自动化系统。有多种建筑能耗管理软件能够理解从总线单元接收到的数据（单个或多个标准），并在便于监控的用户友好环境中表示该等数据。

4.4 执行器与终端使用：不同建筑系统中的能耗管理系统

执行器是以物理方式控制终端使用系统的设备。简易执行器可以是远程操作开关。来自传感器的数据被传送至控制器。控制器分析并提供输出命令信号给执行器，执行器局部控制目标系统和部件的物理移动。执行器通常为电气、机械或气动型。执行器执行不同任务，例如调整和关闭终端使用、加快或减慢终端使用电机、风机的速度。

暖通空调系统、照明、设备等各种系统和子系统层级可实施不同类型的控制。此处列出购物中心和酒店使用的一些重要控制功能。尽管多数商业建筑（如购物中心和酒店）内的暖通空调、照明、热水及其他系统大同小异，但连接至建筑能耗管理系统或由最终用户调节，或两者兼而有之的个别终端使用控制系统存在差异。

4.4.1 暖通空调控制系统

暖通空调（HVAC）控制系统用于精确控制空间温度和通风气流。使用响应空间需求和外部天气条件的专门传感器和控制器可显著节能。研究表明，通过使用楼宇自动化和控制系统，采暖能耗的潜在节约率约为 5-50%，而制冷能耗的潜在节约率约为 10-80%。

暖通空调控制系统由通过网络传递信息的一系列传感器和控制器组成。通常配备传感器，用于测量建筑内部、热和空气分配网、供暖和制冷设备（如冷水机和锅炉）以及建筑外部不同点的温度、湿度、气流和空气质量。来自传感器的信息被传送至自动化系统，激活适当的控制序列。

暖通空调系统可分为供给侧和需求侧两个部分。需求侧的主要控制目的，是感知和维持房间设

定点的温度、湿度及最低新风水平。需求侧需要识别供给侧系统的负荷并运行，以满足负荷要求。

需求侧通常由所有空气系统或空气水系统组成。传感器被安置在区域层级，用以监测房间空气设定点的温度、湿气及通风水平。在所有空气系统中，相应控制器位于空气处理机组（AHU）层级。因此被在空气处理机组层级控制冷冻水或热水供给的温度、流量及混合或空气，以满足区域要求。通过使用阻尼器以及通过使用连接至风机电机的变速驱动器调节风机速度来控制流量阀。空气水系统相应地调制冷剂、冷冻水或热水到区域终端单元的流量。

供给侧由三大组件构成，即冷水机或锅炉、分配系统（由泵组成）以及冷水机发生故障时使用的排热装置（冷凝器）。以最高效率运行时，冷水机应能满足冷冻水需求。有多种技术可控制冷水机的容量，使其仅满足需求，从而减少超负荷。可通过使用恒温膨胀阀、进口导流叶片、热气旁路、变速驱动器或滑阀实现以上目的，最终选择取决于冷水机的类型及其与控制技术的兼容性。

最高效且最受欢迎的控制技术是变速驱动器，该装置连接在冷水机上，根据不同需求调节速度。若多台冷水机或锅炉相互连接，那么冷水机或锅炉的顺序运行对于保持最佳效率至关重要。必须确保任何给定的冷水机在最大性能系数（COP）下运行，并且每台锅炉大部分时间均以最高效率运行。³⁴ 表 5 列出一些显著节能的主要暖通空调控制系统。

表 5：建筑能耗管理系统中的暖通空调控制系统策略

控制策略	一般说明
可调式温控器	通过设置独立的房间传感器和可编程温控器（PT），可在不同房间保持不同温度。可编程温控器允许在占用之前对空间进行冷却或加热，以及在待机或空闲时段将温度调低至限值水平或关闭系统。可编程温控器可根据后续章节（AFMCS /启动控制器）中的不同模式进行设置，还可具有临时超驰控制或保持功能，以便在必要时手动控制。然而，需要注意确保用户完全控制并充分了解可编程温控器的功能。研究表明，若用户不知控制设置，则更有可能导致比正常情况更高的能耗。图像记录、易用性及清晰度是调节温控器适当使用的重要特征。建筑控制系统行业协会（BCIA）等机构对最终用户的心理和不同类型的温控系统进行了研究。因此，它们针对适当的图像记录和检查清单为建筑设计师、制造商和供应商以及控制安装人员提供了建议，以使控制系统达到预期的节能效果和舒适度。
需求控制型通风系统（二氧化碳传感器）	为达到保证呼吸和保持最佳湿度水平所需的新风要求，需要保持最低通风水平。英国皇家屋宇设备工程师学会（CIBSE）指南 E 等不同标准和指南描述了可接受的最低通风水平。建筑内部的通风可通过被称为需求控制的策略实现有效优化。该策略通过感测空间中的二氧化碳（CO ₂ ）和湿度来计算所需通风量。二氧化碳传感器和湿度传感器被置于空间或回风管内。它们测量空间内的二氧化碳量和湿度，从而相应调节通风率。这样能够通过减少新风量并且同时保持最低新风水平来减少新风的调节负荷。研究表明，通过采用需求控制通风，可节约高达 40% 的能源。
由变速驱动器启动，配备风机的冷	采用排热装置的主要目的是降低冷水机的“进入冷凝水温度”。排热装置通常为气冷式或水冷式，由配备风机的冷却塔组成，用以将热量散发到大气中。采用变速技术的冷却塔风机通过在不同负荷条件下优化风机转速实现节能。

³⁴ Wang, (2010)

却塔	
冷水机排序和优化	通常情况下，冷水机组需要不止一次地满足整个建筑的负荷要求。每台冷水机在满负荷和部分负荷条件下的效率不同。随着冷水机的负荷增加，为了满足需求，需要使用多台冷水机。根据负荷对冷水机组的运行进行排序至关重要，确保其在大部分时间里能够以最高效率运行。例如，以峰值部分负荷效率运行两台冷水机可达到高效水平，而以满负荷运行一台冷水机，或者以低负荷运行三台冷水机的效率则大大降低。
水冷式冷凝器的水侧节能控制系统	水侧节能器可通过传送来自制冷剂的冷水而降低冷水机的负荷，并且在低湿度和低温季节，利用来自冷却塔的冷凝水直接冷却冷水机。在有利的环境条件下，冷水机的负荷可显著减少或完全分流。可使用通过蒸发产生的冷冻水或通过蒸发冷却的冷凝水与冷冻水之间的热交换器来实现以下目标。
配备变速驱动器的泵	泵驱动分配系统，并以不同配置工作：仅一次泵定，一次泵定和二次泵变，以及仅二次泵变。最近有观点认为，为了获得实际能效，进而降低泵送能量并且提高冷水机或锅炉效率，应当摒弃恒速泵，仅使用变量泵。在供热系统中，已证明通过系统优化可节约高达 18% 的泵送能量。
空气侧节能控制系统	供给侧的节能器可通过使用被称为自然冷却的技术显著减少能源使用。在空气处理机组（AHU）中增设节能控制系统，当室外空气温度低于回流（混合）空气温度时，可使室外空气直接冷却空间，从而减少或消除系统的冷负荷。节能建筑标准美国采暖、制冷与空调工程师学会（ASHRAE）90.1 要求在特定气候区使用空气侧节能器，此举可显著节能。
能量回收通风风控制系统	能量回收通风机（ERV）将废气流中的热量和潮气转移至进入的空气流中，从而预冷或预热进气。不过，能量回收通风机运行期间需消耗能量。能量回收通风机的运行能耗若超过节约的制冷或供暖能量，其功能应当停止。因此，只有在供暖或制冷期间实现显著节能时，才需要通过控制装置运行能量回收通风机。

4.4.2 照明控制系统

在专业零售建筑中，照明能耗约占总能耗的 20-50%。通过使用现有不同种类的照明控制系统，可进一步优化使用高效照明设备（如发光二极管）所带来的节省。照明控制系统确保在需要的地方和时间提供适量光源，同时最大限度地利用日光，并且最大限度地减少照明能源浪费。照明控制系统通常包括占用传感器、日光传感器、调光器等，节省约 20-50% 的总照明能耗。在典型写字楼中，无线照明控制系统的投资回收期约为 2.3 年。³⁵照明控制系统由硬件（如传感器）和使用不同通信协议（如 DALI、enocan 等）的继电器开关控制器组成。DALI 是“数字可寻址照明接口”的英文（Digital Addressable Lighting Interface）首字母缩写，旨在满足商业建筑的要求。DALI 专门为镇流器和继电器开关而开发。照明通信协议可作为独立照明控制系统使用，也可与通过 BACnet、LonWorks 等系统使用协议转换的其他楼宇自动化系统集成。表 6 列出一些显著节能的主要照明控制系统。

³⁵ 易能森联盟 (enocan alliance, 2011)

表 6：建筑能耗管理系统中的照明控制系统策略

控制策略	一般说明
日光传感器	建筑物应适当设计，以有效地分配日光。日光传感器感测空间中可用的日光照明量，并通过使用调光器关闭或降低照明强度来相应地减少人工照明。目前使用的典型照明传感器基于硅光电二极管。光电二极管是光电传感器，当半导体被光照射时产生电流或电压。商用传感器由光电集成电路组成。它们检测空间中的不同照明水平，并将信号传递给控制部分，从而控制照明装置的强度。日光传感器被放置在建筑的周边区域，直至日光可透射的位置。放置传感器时需小心谨慎。传感器的有效性取决于任务位置，控制日光的算法，使用的照明系统以及传感器视场。 ³⁶
占用传感器	占用传感器检测空间中的人的存在，据此相应地开灯和关灯。通过使居住/使用者直接控制环境，同时确保在空间中没有占用的情况下灯自动关闭，可提升居住/使用者的满意度，从而最大限度地减少由于疏忽导致的照明能量浪费。现有典型的状态传感器包括被称为 PIR 的被动式红外传感器和主动式超声波或微波传感器。占用传感器不仅可实现照明控制，而且还可与暖通空调和安全系统集成，从而实现多用途功能。选择传感器类型和放置传感器时需慎重，以使其尽可能扩大可检测区域，同时降低误报警概率。以上所有控制系统均可编程，以适应用户行为，并可随时被超驰控制。可使用自动窗卷帘控制装置，以允许期望的光量进入空间，同时避免眩光。
遮阳控制装置	在被动式建筑设计中需要遮阳装置，例如固定式窗帘、内外窗卷帘、百叶窗等，以控制空间中的季节性得热量和日光量。可使用自动窗卷帘/百叶窗控制装置，以允许期望的光量进入空间，同时避免眩光。它们可按照固定时间表自动调节，具体取决于场所的太阳路径和外部环境光线条件，也可手动超驰控制。
开关	简易开关采用二进制实现功能控制。可使用开关控制使用占用检测器的照明设备。也可根据建筑占用的时间表操作开关，并将其连接至中央建筑能耗管理系统，也可在手动打开和自动关闭原理的基础上进行本地操作。不需要时关灯是最简单有效的节能方法。
调光器	调光器通过使用调光镇流器来控制灯的亮度。与使用电阻、电抗器和变压器调光器并散热能量的旧式调光镇流器不同，现代调光器基于晶体闸流管、晶体管或可控硅整流器（SCR）。 ³⁷ 控制装置的选择取决于空间布局和日光的可用性。必须在选择特定技术或技术组合之前进行节能和成本分析。必须指出的是，与开关技术相比，调光的成本依然高昂，并且仅适合日光照明充足的区域。然而，在日光照明充足的区域，调光具有优势，因为居住/使用者较少察觉到调光器所用照明水平引起的变化，因此他们最不易受到干扰。

4.4.3 先进设施监控系统（AFMCS）

此外，为了能够优化单个部件，集中控制的功能对于将系统的所有单个部件（即供给侧、需求侧、分配系统和排热装置）彼此协调地进行调节（取决于不断变化的负荷）至关重要，以获得能效带来的所有益处。

可按照自动化流程精确控制夜间净化通风、预冷和预热、负荷循环、最大需求控制及监控等复杂功能。由于缺乏相应的控制系统，许多先进节能建筑中通常采用的节能措施往往表现不佳。

³⁶ LBNL, (2011)

³⁷ Wang, (2010)

表 7：建筑能耗管理系统中的先进设施监控系统

控制策略	一般说明
最佳启动控制器	商业建筑通常具有固定的占用模式。然而挑战在于，暖通空调系统时间表不仅是占用的功能，而且还取决于外部环境温度、系统操作顺序、建筑物的热惯性及其在满足区域设定点的效率。通过智能算法，最佳启动控制器根据外部天气情况（或季节）在适当时间打开暖通空调系统，从而确保建筑在占用时达到所需的室内温度。这消除了由于过早启动系统而造成的不必要的能量浪费，同时避免由于启动太迟而导致不适。可根据不同季节或外部天气情况优化系统启动时间和夜间调低温度，以显著节能。
调度	暖通空调、照明及其他系统的调度取决于各个区域的正常占用模式，以确保其仅在需要的时间和地点运行。这使这些系统在特定区域空闲时间运行的可能性降至最低，例如，酒店建筑中的餐厅设置固定的时间安排，类似地，购物中心内的各个零售商店、食品店、餐馆等也设置固定的运行时间安排。
需求侧管理（DSM）和削峰填谷	可采取不同需求侧管理措施，以避免高峰公用事业费。例如，可在允许范围内放宽设定点；可关闭非关键设备和非应急照明。不过，物业经理必须提前与不同需求侧管理的建筑居住/使用者沟通，以避免造成不便。
储能/分布式能源	当建筑拥有多个能源时，能耗管理系统可对建筑内的各种可用能源进行排序。尽管现代可再生能源系统大都配备了储能装置，但在没有储存介质的情况下生产时，必须使用太阳能或风能等可再生能源。在不同能源之间切换也很重要；例如，多数可再生能源可以特定时间间隔使用，以避免高峰公用事业费。类似地，可使用能量管理系统对冷水机和热能储存系统（例如用于制冷目的的冷冻水或冰蓄冷系统）、废热管理（用于供应热水或空间供暖等）之间的切换进行排序。

4.5 分析与优化

4.5.1 数据分析与管理

可定期分析中央监测与测量单元提供的能耗输出数据，以优化不同流程。分析工作通常考虑外部天气数据、占用时间表、自动化时间表、用户行为数据及系统性能。

可使用不同统计程序，例如回归分析/灵敏度分析等，分析在使用建筑能耗管理系统的过程中获得的大量数据。例如，针对制冷，可将冷水机的能源使用映射到最有可能的能耗候选对象上，例如天气数据（如制冷度日数）、占用率、峰值需求和公用事业价格等。可建立不同候选对象的排名和量值，从而进一步帮助优先考虑纠正措施。多数情况下，通过定制建筑能耗管理软件进行分析，并且常常以图表形式为物业经理生成其感兴趣的结果，基于该等结果可采取目标行动。

从建筑能耗管理系统中获得的一些重要数据的定期（通常是每月、每周、每小时或季节性）细分建议如下：

表 8：使用建筑能耗管理系统实施的数据分析和纠正措施

数据	示例	分析和目标行动
按最终用途的能耗细分	设备、照明、暖通空调、热水、制冷等	通过对比数据与最佳实践消费水平目标确定节能领域。例如，对比设施的照明使用情况和现有最佳实践，确定可用于节约照明能源的补救措施。对于其他最终用途，例如暖通空调、热水等，也可遵循类似流

		程。 在供给侧和需求侧均可优化目标行动。在供给侧，可通过定期调整调度和自动化过程等措施来完成此项工作。在需求侧，确定存在能源浪费导致缺陷的区域。
按空间功能的能耗细分	美食广场、零售空间、公共空间，如中庭等	通过对比数据与最佳实践消费水平目标确定节能领域。例如，对比美食广场的能源使用情况与现有最佳实践，确定可用于节能的补救措施。对于其他最终用途，例如零售空间、公共区域等，也可遵循类似流程。 在供给侧和需求侧均可优化目标行动。在供给侧，可通过定期调整调度和自动化过程等措施来完成此项工作。在需求侧，确定存在能源浪费导致缺陷的区域。
按设备和机械系统的能耗细分	风机、泵、冷却塔、冷水机、锅炉、蒸汽生产、制冷等	匹配需求与时间表以优化能耗。可确定设备改造和升级的范围。可依照优化启动和关闭模式进一步调节系统。
按燃料的能耗细分	电力、石油、天然气、可再生能源等	应当注意在任何可能的情况下转向更高效的燃料。
按燃料的公共事业成本细分	电力、石油、天然气、可再生能源等的成本	应当应用需求管理和削峰填谷程序，以优化高峰成本时期的燃料使用。另外，应当注意在任何可能的情况下转向更高效的燃料。
按时间的能耗细分	占用和非占用时间、日间和夜间、季节性等	修改调度和自动化，调整工厂运行和用户行为，以实现能耗目标。应当应用需求管理和削峰填谷程序，以优化峰值成本时期的燃料使用。
不同最终用途的负荷或需求图表	设备、照明、暖通空调、热水、制冷等	通过削峰填谷和最大限度降低峰值需求，达到最佳负荷管理模式。这有助于冷水机和锅炉等系统高效运行，这些系统能够以最高效率运行，并且避免高峰公用事业费。
不同设备和机械系统的负荷或需求图表	风机、泵、冷却塔、冷水机、锅炉、蒸汽生产、制冷等	通过削峰填谷和最大限度降低峰值需求，达到最佳负荷管理模式。这有助于冷水机和锅炉等系统高效运行，这些系统能够以最高效率运行，并且避免高峰公用事业费。

4.5.2 目标行动与优化

基于这些数据，遵循图式分步方法，以此单独或联合优化一个或所有上述参数。在某些情况下，仅需重新校准并调整控制系统以适应更新的用户行为模式，从而优化系统。可将不同最终用途的能源使用数据与不同参数，例如天气状况、用户行为、占用模式等进行比较。可识别能源浪费的潜在领域并相应纠正。根据所获数据的性能指标，可定期设定明确的节能目标。

在配备大型复杂系统的商业建筑中，《国际节能效果测量和认证规程》根据监测数据为能耗优化提供指导。《国际节能效果测量和认证规程》涵盖的节能措施（ECM）包括节约燃料措施、节水效率措施、削峰填谷以及通过安装或改造设备和/或修改操作规程来减少能耗。

所收集的数据以图形用户界面的形式呈现在电视、电脑和智能手机上，可使用多用途遥控器，或通过笔记本电脑和智能设备使用互联网进行远程控制。这使其成为新建和既有建筑节能的低成本高成效型易用方法。来自建筑能耗管理系统的输出数据既可以是可读的图形格式，也可以是文本和 CSV 格式，具体取决于所用系统。

可根据建筑能耗管理系统提供的数据，定期修改以下基于最佳实践范例的部分关键目标行动。多数控制策略分为两大类：调度和自动化，负荷管理和系统纠正，不过多数情况下，纠正措施在这两者之间存在重叠。

表 9：使用建筑能耗管理系统的优化策略

纠正措施	说明
调度和自动化 超驰控制和租户计费 夜间设置/温度调低 最佳启动和关闭 锁定设置	控制系统需要调度并实现自动化，以确保舒适性，同时减少能源浪费。系统可完全自动化，也可提供手动超驰控制，从而最适合同住者的占用时间表和使用模式。建筑控制系统行业协会（BCIA）建议在编程时采用手动开启和自动关闭的方式，以便只有人们需要的服务方能一次开启，并且在空闲时自动关闭。可根据不同季节或外部天气情况优化系统启动时间和夜间调低温度，以显著节能。
负荷管理和系统纠正 冷水机排序和冷水机负荷管理 温度、水流量和压力重置 需求限制或甩负荷	削峰填谷及其他更好的负荷管理技术可优化不同机械系统或最终用途的尖峰负荷或需求。这有助于机械系统在保持运行效率和减少相应损耗的前提下得到高效利用，并且通过高效响应需量电费而减少公用事业费。

4.5.3 使用集成至建筑能耗管理系统的建筑信息模型（BIM）实现先进优化

建筑信息模型（BIM）为存储在模型中的信息提供了广泛的可能性。建筑信息模型的应用包括三维可视化、便于施工所用的装配/施工图、遵守代码审查、成本估算、施工管理，冲突解决，在项目的各个顾问，如建筑师、结构工程师、机械工程师等之间提供简单的互操作性、科学取证分析以及物业管理（包括建筑能耗管理）。

就此而言，值得关注的是 BIM 在智能建筑环境和建筑能耗管理系统中的应用。在建筑能耗管理系统中集成和使用 BIM 应用程序的方式不止一种。BIM 包含建筑能耗管理系统组件，如传感器、执行器、仪表等的所有信息，建筑信息模型可生成各个方面，如能耗、照明水平、区域温度等的实时图示。³⁸另一方面，建筑能耗优化算法也基于由 BIM 直接生成，或者在其它能耗模拟软件的支持下生成的建筑能耗模拟结果，用作“比较模型指南”（MGFC），其使用机器学习技术，基于仿真模型和以往数据优化能源，并为未来做模型预测。图 6 是关于运作方法的示例框架。

³⁸ Gerrish 等人, (2017)

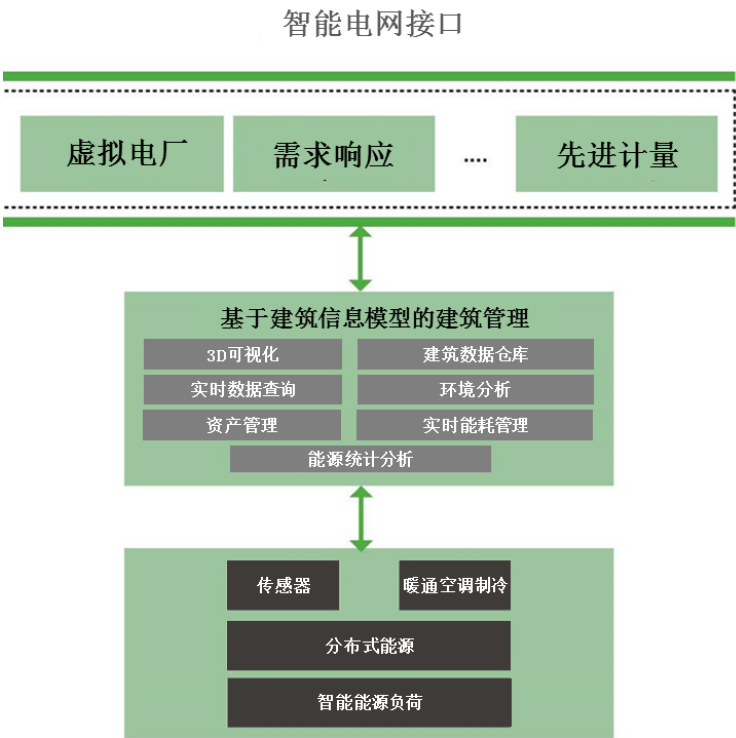


图 6：基于建筑信息模型的智能电网建筑管理建议方案

资料来源：改编自 Zhang 等人(2015)

4.5.4 建筑能耗管理系统的成本效益

建筑能耗管理系统能够对各种建筑系统进行复杂的监控。然而，其成本效益取决于所纳入措施的数量和由此节约的成本。安装建筑能耗管理系统的成本高度依赖于硬件、软件及安装。例如，假设建筑 A 和建筑 B 实施以下节能措施（表 10）。尽管建筑 B 采取了比建筑 A 更多的措施，但这些额外建筑能耗管理系统措施导致建筑 B 增加的边际成本仅为建筑 A 的 1-3%左右。

表 10：不同节能措施类别建筑概览

节能措施类别	建筑 A	建筑 B
暖通空调	变风量、变速风机、二氧化碳传感器	变风量、变速风机、二氧化碳传感器、节能控制系统
照明设备	占用传感器	占用传感器、日光传感器

规模经济是决定成本效益的关键因素。对于建筑能耗管理系统而言，消耗更多能源的建筑和大容量设备的投资回收期通常更短。传感器的安装成本以及将其纳入建筑能耗管理系统的成本将被容量更高的系统抵消。例如，相比在高消耗的更大空间内安装二氧化碳传感器，将相同传感器安装在狭小空间内所节约的费用更少。然而，相比在更大空间内所节约的大量能源，在更大空间内安装的成本与之相同且极小。安装建筑能耗管理系统的典型投资回收期（不是单项节能措施，而是建筑能耗管理软硬件成本）约为 2-5 年。

4.6 对中小型建筑的建议

4.6.1 中小型建筑能耗管理指南

中型酒店等中小型建筑往往没有资源在设施内部署成熟的集中式建筑能耗管理系统。在这种情况下，可行的选择通常是通过使用局部控制器来确定高能耗最终用途（暖通空调和照明）和目标。例如，基于设定温度控制的可编程温控器可用于屋顶暖通空调装置。中央控制系统应当能够与建筑内的各种温控器及其它控制器通信。控制单元可为模拟式或数字式，配备交互式显示屏，或者可通过互联网通信协议，通过网络/互联网接口，或通过云技术进行控制（见下一章）。这些配置采取全局控制形式，以适应主/从配置中的局部操作和需求。

应用于不同区域和所有重要用途，基于各个用途和各个区域（例如客房暖通空调、热水、照明等）的能源分项计量，为整个设施的能源消费模式提供了宝贵基础。可定期分析来自各个分表的数据，以找出效率低下的能源使用情况，然后进行纠正。

以下指导准则可帮助中小型建筑在实施建筑能耗管理系统的同时降低成本：

- 选择特别适合中小型建筑需求的控制装置。一般建议设置控制功能，例如占用调度、假期调度、占用传感器、调光器和节能器。应当注意确保控制装置的安全和密码授权。
- 选择即插即用型控制器，其在现有开放标准下工作。
- 使用具有本地模型预测控制或需求响应功能的控制装置，或者使用基于云技术的此类功能（见 4.6.2）。
- 针对不同最终用途，如暖通空调、照明、设备、锅炉等使用独立控制网络。
- 局部控制装置也可作为手动控制装置，如开关、窗卷帘/共享控制装置、局部温度调节装置等。
- 在自动控制装置在经济上不可行的情况下，投资于员工培训，激励员工适应各种控制策略，例如下班后调节走廊、大堂等区域的照明。鼓励行为改变和培训的措施的有效性不亚于更加复杂的系统。
- 确保定期维护各种技术和机械系统，以保证平稳运行和故障检测。

4.6.2 应用于建筑能耗管理系统的云技术

中小型建筑往往不需要配备专职监控人员的成熟的建筑能耗管理系统监控系统。基于云的建筑能耗管理系统（CE-BEMS）技术可通过将操作和控制转移至远程服务器助力降低基础设施和人员成本。基于云的建筑能耗管理系统通常使用基于机器学习优化算法的模型预测策略来实现既定目标。尽管如此，建筑能耗管理系统仍需一定的物理基础设施，例如传感器、记录数据的记录器、传输信号的总线系统以及用于采取必要控制措施的执行器。

该领域的主要利益相关者包括：建筑能耗管理系统技术供应公司，基于云的能耗管理软件供应商，基于网络的能耗管理软件供应商，负荷控制和需求响应软件公司以及能源服务公司。这些不同的产品和服务系列通常由一两家公司混合供应。例如，单个公司（能源服务公司）可提供所有服务，或者能源服务公司可使用其他公司的技术耗材或软件来管理自身服务等。

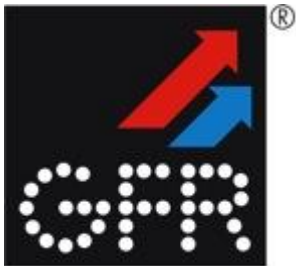
远程系统管理服务器监测来自设施的数据，并且通过控制温度、湿度、空气流速、照明水平以及不同能源最终用途的总体使用等方面来提供关于不同能量最终用途（例如暖通空调系统、照明灯）的实时和未来预测。多数建筑能耗管理系统技术提供商，如西门子、江森自控、万可和霍尼韦尔，均提供云平台，用以支持其基于服务的能源服务承包（能源服务公司）的工作。此

类平台拥有来自建筑能耗管理系统的专有软件，能够使用建筑数据分析实现需求响应和性能优化等服务，或使用基于可用云数据执行此项服务的第三方优化应用程序。这提供了通过云技术远程管理多个建筑和设施的可能性。

4.7 最佳实践范例

本节介绍购物中心和酒店能耗管理系统方面的一系列良好实践范例。

HUMA，德国圣奥古斯丁

HUMA，德国圣奥古斯丁			
		GFR m.b.H GFR - Gesellschaft für Regelungstechnik und Energieeinsparung mbH	
			
建筑名称	HUMA，圣奥古斯丁	建筑面积（平方米）	61,000 平方米
地点	德国圣奥古斯丁 Rathausallee 大街 16 号，邮编： 53757 （Rathausallee 16, 53757 Sankt Augustin, Germa- ny）	楼层数	4
建筑用途	购物中心	建成年份	2017
技术和建筑能耗管理系统简要说明			
制冷系统	4 台连续可变螺杆式压缩机冷水机，总制冷能力 3 兆瓦		
供暖系统	2 台冷凝锅炉，总热功率 3.3 兆瓦		
通风系统	17 个 RLT 空气处理机组，累计通风量 1,340,000 立方米/小时；		

	5 台排烟风机和 62 台排风机；150 家店铺配备流量控制调节器，用于空间制冷和供暖	
可再生能源系统	地源热泵	
建筑能耗管理系统	空调暖通	占用时间表已被纳入自动化系统。 制冷与供暖之间的功能选择由温度设定点控制装置确定。 空气流速由温度设定点控制装置控制。 通风系统能够通过适当的控制装置为夜间制冷提供便利。 可通过使用恒温阀或电子控制装置的自动房间独立控制系统调节室温。
	暖通空调设备和辅助控制装置	通风系统配有空气侧节能器和热回收通风控制装置。
	所有控制策略的总成本（欧元）	MSR – 约 200 万欧元

龙湖，中国

龙湖			
		欧文托普（中国）暖通空调系统技术有限公司 	
建筑名称	龙湖	建筑面积（平方米）	130 万平方米
地点	重庆	楼层数	36
建筑用途	酒店、零售、办公、住宅	建成年份	2014
技术和建筑能耗管理系统简要说明			
制冷系统	异程冷冻水系统，一次定频离心泵，二次变频、楼宇自动化（BA）和直接数字控制系统（DDC），配备欧文托普平衡阀的节能终端		

供暖系统	中央热水、中央锅炉、同程热水循环系统	
通风系统	联合空气处理机组	
建筑能耗管理系统	照明	所有零售和办公区域均提供开/关控制装置。自动照明时间表已被纳入写字楼的景观照明和公共区域。
	遮阳	购物中心玻璃的百叶窗调控装置
	空调暖通	占用时间表已被纳入具有最佳启动功能的自动化系统。 制冷与供暖之间的功能选择由设定点控制装置确定。 通过使用二氧化碳传感器监测室内空气质量来控制通风。 可通过使用恒温阀或电子控制装置的自动房间独立控制系统调节室温。 在服务器/机房中实现精准温控。
	暖通空调设备和辅助控制装置	中央制冷设备（多台冷水机）具有顺序控制和负荷优化功能。 冷水机和泵，所有中央冷水机的冷却塔均配备变速控制机构。

Boutiquehotel Stadthalle，奥地利

Boutiquehotel Stadthalle，奥地利			
		Desigo 由西门子提供	
			
建筑名称	Boutiquehotel Stadthalle	建筑面积（平方米）	2,271,000 平方米
地点	奥地利维也纳 Hackengasse 大街 20 号 （Hackengasse 20 Vienna, Austria）	楼层数	主楼 4 层，被动房扩建部分 5 层

建筑用途	酒店	建成年份（装修）	2009
技术和建筑能耗管理系统简要说明			
制冷系统	地下水热泵冷却系统采用活化空心板和辅助冷却系统，通过通风系统预冷空气。		
供暖系统	地下水热泵冷却系统，使用活性空心板/散热器和辅助加热系统，通过通风系统预热空气。		
通风系统	新风通过花园，这有助于通过植物减缓城市气候变暖，从而在夏季降温。被动房屋扩建部分的通风系统的热回收率最高达 92% ，实际数值取决于相对湿度。太阳能集热板系统还预热通风系统。通风系统使用数量最少的 EU 4 过滤器。此外，该系统还有一个微机装置，其根据酒店变化的运行条件来平衡风量。该系统还登记脏污过滤器等。		
可再生能源系统	地源热泵/热泵由 13 千瓦峰值光伏系统供电。 热水由 130 平方米太阳能集热板系统提供。		
建筑能耗管理系统	照明	公共场所的灯具由传感器控制，客房内的灯具由门卡控制。	
	空调暖通	建筑系统由配有 PXC 控制器的‘Desigo’楼宇自动化和控制系统进行管理。 网络操作 总线系统是 Instabus EIB 系统，调节、控制和监测混凝土芯活化、热水制备、制冷、通风、太阳能电池板系统、缓冲管理和地下水热泵以及照明和太阳能系统。 总线系统还根据需求和室外温度自动切换建筑制冷与供暖。 此外，该系统根据实际需求或预定义时间表监测并启用供暖和通风调节，帮助保持客人舒适度与节能效果之间的平衡。	
	暖通空调设备和辅助控制装置	暖通空调系统经编程设计，以匹配占用模式，并通过门卡考虑客房入住等因素。 所有数据均实现可视化，帮助快速找到偏离估计值的数据并记录数据。	
	所有控制策略的总成本（欧元）	2290 欧元/平方米（包括建筑能耗管理系统在内的总装修费用）	

成都太古里，中国

成都太古里			
		欧文托普（中国）暖通空调系统技术有限公司 	
建筑名称	成都太古里	建筑面积（平方米）	70,800 平方米
地点	成都	楼层数	购物中心 4 层，写字楼 31 层
建筑用途	购物中心、写字楼	建成年份	2014
技术和建筑能耗管理系统简要说明			
制冷系统	异程冷冻水系统，一次定频离心泵，二次变频、楼宇自动化（BA）和直接数字控制系统（DDC），配备欧文托普平衡阀的节能终端		
供暖系统	中央热水、中央锅炉、同程热水循环系统		
通风系统	联合空气处理机组		
建筑能耗管理系统	照明	所有零售和办公区域均提供开/关控制装置。自动照明时间表已被纳入写字楼的景观照明和公共区域。	
	遮阳	购物中心玻璃的百叶窗调控装置	
	空调暖通	占用时间表已被纳入具有最佳启动功能的自动化系统。制冷与供暖之间的功能选择由设定点控制装置确定。通过使用二氧化碳传感器监测室内空气质量来控制通风。 可通过使用恒温阀或电子控制装置的自动房间独立控制系统调节室温。 在服务器/机房中实现精准温控。	
	暖通空调设备和辅助控制装置	中央制冷设备（多台冷水机）具有顺序控制和负荷优化功能。 服务器/机房配备冷水机和泵，所有中央冷水机的冷却塔均配备变速控制机构。	

5 配套政策措施

尽管技术在建筑能耗管理领域发挥关键作用，但其采用情况取决于不同利益相关方的激励方案，各种政策和措施解决这一问题。因此，建筑能耗管理系统的实施不仅要注重技术细节，还要注重配套激励政策措施和不同利益相关方的参与。

本章重点介绍监管框架（标准和认证），如何为能耗管理系统融资的措施。此外，还将简要介绍企业间相互学习、相关人员培训以及绿色租赁概念。

5.1 典型政策组合

政府政策能解决第二章中提到的许多障碍，对酒店和购物中心节能工作非常重要。在一些国家，能耗管理项目已有 20 多年历史。

图 8 说明激励能耗管理的典型政策组合。并非该组合的所有组成部分都必须由政策驱动。所列措施

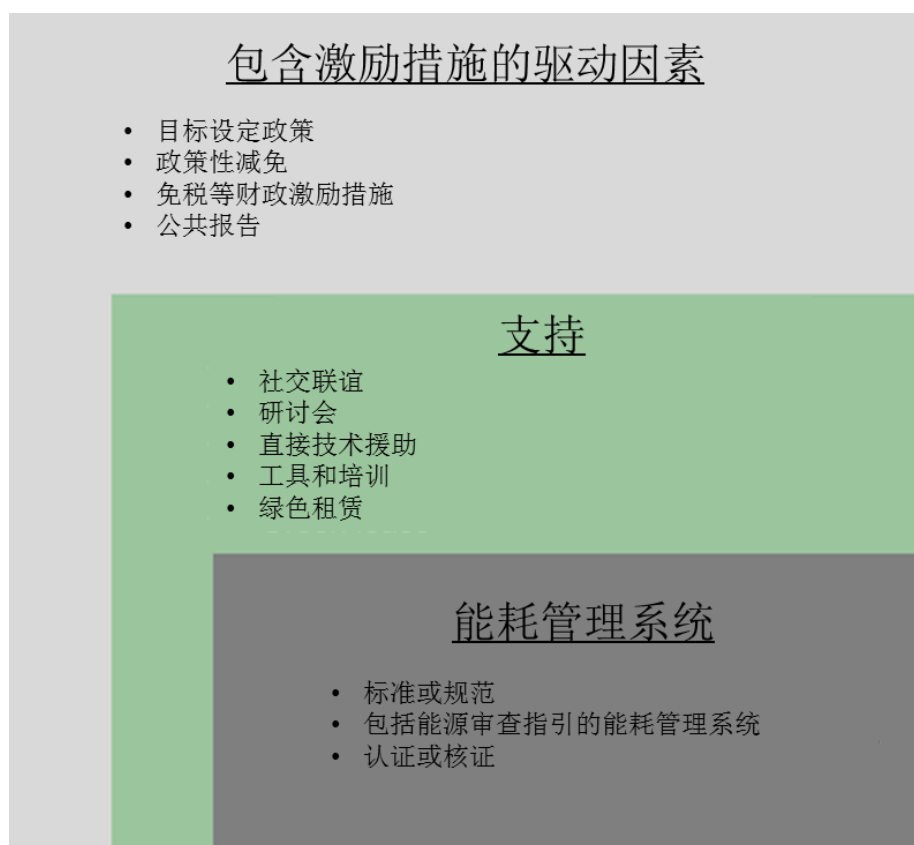


图 7：建筑能耗管理政策和措施

资料来源：改编自国际能源署, (2012)

5.2 政策组合的具体要素

5.2.1 标准与认证

一旦节能目标制定，就需要将能耗管理制度化，从而提高能效。能耗管理标准为企业实施建筑能耗管理系统提供了基础。最为通行的标准是 ISO 50001 标准，不同类型的组织均可采用该标准。该标准是实施节能运行管理的行之有效的框架。

ISO 50001 标准基于“计划-实施-检查-处理”循环，描述如下：

- **计划：**建立节能目标、制定策略、确定措施与责任、提供所需资源、编制行动计划；
- **实施：**建立用于维持持续性过程并执行改进措施的管理结构；
- **检查：**评价目标实现程度及建筑能耗管理计划的有效性，通过能源审计收集新思路，咨询外部专家（如需要）；
- **处理：**通过整合当前能源数据、审计结果及最新信息进行战略优化，利用当前能源市场数据评估进展，设定新目标³⁹。

其它标准还包括 ISO 14000 环境管理标准（其中包括环境管理系统标准）和欧洲环境管理标准（EMAS）。该标准于 1995 年作为自愿体系而引入，随后进一步发展并超过 14000 标准。

如果一家企业全面引入能耗管理系统（如 ISO 50001），可由外部独立认证机构进行认证，且证书应定期更新。⁴⁰截至 2017 年 9 月，全球已有超过 12,000 家企业获得 ISO 50001 认证。⁴¹此外，还有其它认证和工具可用于建筑评估、评价和认证，例如欧盟的生态管理标签。此类认证也向公众展示了机构的绿色形象。

本工具解决第二章提到的“业主和购物中心业主的期望不同”、“信息缺乏”、“缺乏兴趣与动机”以及“监管障碍”。

5.2.2 经济激励

尤其对于中小企业而言，节能措施的成本往往过高。制度、技术、管理、财务和人力资源均需资金支持，⁴²能耗管理系统的初始成本可能比较高。尽管节能措施往往能在一段时间后带来收益，但初始成本仍是关键的障碍。企业的组织结构是决定节能动机的因素之一。在酒店，酒店业主或经理直接对能源成本负责。由于节能措施从长期来看可降低能源成本（根据能效措施回收期情况），因此在这方面的投入对他们有直接激励作用。购物中心的结构则相对复杂。某些情况下，各店铺租户不直接支付能耗费用，而是向业主支付约定的租金。此类情况下不存在能效投入的经济激励。因此，建议安装单独计量系统，由租户支付其能耗费用。这样，租户就会产生降低能耗的动力，即使初始投资成本较高，他们也会在能效措施方面进行投入。

如果难以改变能源使用的计费结构，可通过经济激励解决融资缺乏的问题。政府机构或第三方

³⁹ Kahlenborn 等人, (2012)

⁴⁰ Kahlenborn 等人, (2012)

⁴¹ 美国能源部. (n.a.)

⁴² 国际能源署, (2012)

投资者提供的经济激励可降低成本或增加能效投资效益，例如，直接补贴、税收激励或补贴贷款等，均可降低投资者为提高投资节能的增量成本。公共部门可提供的投资规模受到可用财政预算的限制。⁴³除上述经济激励外，企业还可使用第三方融资资源，第 5.4 章节将作进一步说明。

本措施解决第二章提到的“节能潜力的不确定性”、“缺乏融资”、“不确定如何根据收入和风险进行投资运作”和“激励措施不一致”的障碍。

5.2.3 企业学习网络与知识共享

为推动所有相关行为主体实施能耗管理系统，需要开展互相学习、举办研讨会以及提供技术协助，以支持其发展。互相学习能有效汇集专业技术和资源并提高相关能力（尤其针对中小企业）。中小企业通常缺乏实施系统性节能活动的资源和能力。在欧盟，丹麦、德国和爱尔兰等国已建立企业学习交流网络，以互相学习并讨论障碍和机遇。

本措施解决第二章提到的“信息缺乏”、“节余潜力的不确定性”和“缺乏兴趣与动机”的障碍。

5.2.4 培训宣传

能耗管理团队和所有其它相关行为主体应具备实施建筑能耗管理系统与提高企业能效方面的充分知识，这是成功实施的前提条件。可通过多种渠道提供信息，如宣传活动和新闻稿等。而培训则是另一重要措施。所有相关行为主体应具备在能耗管理领域任务的所需能力。培训可分为专业培训和针对非技术人员的会议和演示活动。

培训主题可包括：

- 能源效率为环境和企业带来的优势；
- 能源政策合规重要性；
- 建筑能耗管理系统要求；
- 违反建筑能耗管理系统规定的后果；
- 行为对能耗及实现能源目标的潜在影响。
- 实施能耗管理的任务、责任和能力（如按照 ISO 150001 规定）⁴⁴

培训项目应尽早制定。此类培训大多由政府、认证机构和第三方提供。

本措施解决第二章提到的“信息缺乏”、“节余潜力的不确定性”、和“商店业主和购物中心业主的期望不同”和“缺乏兴趣与动机”的障碍。

5.2.5 绿色租赁

在购物中心行业，商铺租户通常缺乏在能效提升措施方面进行投资的动机。绿色租赁是一种对出租方和承租方如何可持续地使用、运行和管理建筑进行说明的租赁方式。绿色租赁使建筑业主和租户有一致的节能目标，使其能够共同努力节约成本、保护资源并确保建筑的高效运行。因此，这是一种解决业主和承租方激励措施不一致的框架。英国的零售商店和其它商业建筑已

⁴³Fawkes 等人, (2016)

⁴⁴ Kahlenborn 等人, (2012)

经开始采用这种绿色租赁模式。⁴⁵

绿色租赁没有适用所有企业的统一模式，但理论上包含以下五大要素⁴⁶：

- **协议指标等级（包括年度评价）**：业主与承租方约定一个具有约束力的指标。该要素可使业主提高能效并降低能源成本。通过年度评价确保对能效的监控。
- **分量数字计费**：应采用数字计费仪表。购物中心内所有租户（商铺业主）均应配备独立数字计费表。公共区域同样应进行单独计量。
- **建筑管理委员会**：委员会应包括业主能源代表（可由能源经理或物业经理担任）和承租方能源代表。
- **能耗管理计划**：管理计划是制定持续的可持续建筑管理和运行技术要求的文件。
- **争议解决流程**：该流程使各方能够管理风险，避免可能的租赁终止或其他因绿色租赁违约而造成的严重后果。

通过绿色租赁，业主获益如下：

- 建筑按照节能和可持续性指标进行维护；
- 建筑可实现最大租金收益和出租率；
- 业主资产维护成本最小化；
- 有利于改善业主公众形象和提高相关市场地位。

租户获益包括：

- 安全、高效、绿色的工作环境；
- 水电消耗率降低，由此减少运营成本（如果租户直接支付能耗费用）；
- 有利于改善租户公众形象和提高相关市场地位。

本措施解决第二章提到的“缺乏兴趣与动机”、“监管障碍”、“商店业主和购物中心业主的期望不同”和“激励措施不一致”的障碍。

5.3 合同能源管理

节能改造（包括建筑节能管理计划）的预付成本较高，是制约采用节能措施的主要障碍。可通过合同能源管理（EPC）解决这个问题。在该合同中，能源服务供应商制定、实施一个节能项目或一整套措施，有时也为项目或整套措施融资。此类措施包括许多不同活动：

- 能源审计和经济分析
- 能耗管理
- 能源和成本节余的计量与验证
- 物业管理
- 能源供应
- 提供相关服务

⁴⁵优化建筑合作组织 (Better Building Partnership, 2013)

⁴⁶ Ogier, (2010)

节能服务公司（ESCO）通常首先制定一项研究，内容包括节能效率分析、节能潜力以及这些措施的成本与效益。之后，制定一套提升能效的建议，包括能效投资、能效提升以及管理活动和检查。图 88



图 88：合同能耗管理的基本概念

资料来源：改编自世界银行 (2007)

节能服务公司使用自有资金或第三方融资（通常是银行贷款）为项目提供资金时，通常使用的共享节余模式。节能服务公司和客户根据一定时间框架内预定的百分比分享成本节余。百分比分配基于项目成本、合同期限以及项目风险。能源服务公司为项目提供资金时，承担信用和技术风险。由于这个原因，能源服务公司在共享节余合同中的节余份额要高于其在保证节余合约中的节余份额。⁴⁷客户没有自有资金或者借贷能力时，主要使用共享节余模式。⁴⁸中国能源服务公司市场普遍使用共享节余模式。⁴⁹这种模式在中国取得优势的重要原因，是目前只有共享节余合同具备条件享受能源服务公司的税收优惠以及中国提供的经济激励。⁵⁰在共享节余合同中，对于不具备较大资产负债表的小型节能服务公司（特别是对于中小型企业）来说，获得第三方资金还是主要障碍。

⁴⁷ 欧盟委员会联合研究中心.(2014)

⁴⁸ Ellis, J. (2010)

⁴⁹ Agster, R., Eisinger, F., & Cochu, A. (2016)

⁵⁰ Crossley, D., Xuan, W. (2013)

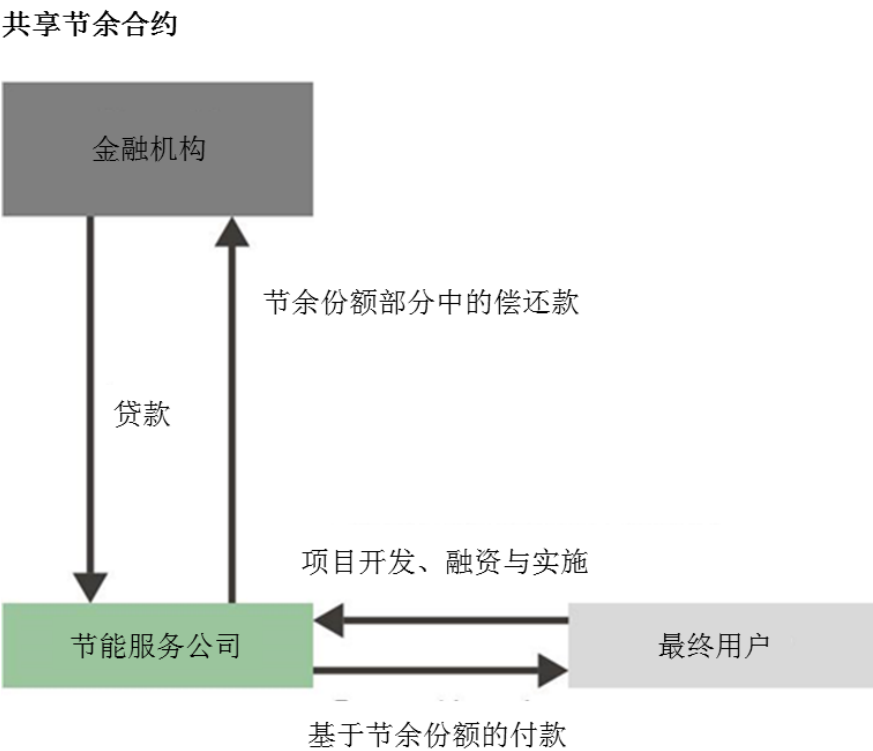


图 99：共享节余合同模式

资料来源：改编自 Agster 等人(2016)

本措施解决第二章提到的“节能潜力的不确定性”、“缺乏融资”、“不确定如何根据收入和风险进行投资运作”的障碍。

5.4 良好实践范例

5.4.1 学习网络：大型工业能源网络，爱尔兰

政策名称	大型工业能源网络（LIEN）
国家	爱尔兰
政策类型	大型工业能源网络属于“自愿协议”的政策类型。然而，该项目的宗旨不仅是为大型工业界定节能目标，还为参与者提供信息和建议，同时建立能耗管理系统。
存续期	大型工业能源网络成立于 1995 年，目前正在进行中。结束日期未定。
总体目标和/或成就	根据 2014 年发布的《爱尔兰能源效率指令》第 7 条通告，基于 2014-2020 年的预测数据，预计到 2020 年可节能 3,153 吉瓦时。
解决的障碍	缺乏关于能效系统的信息和能效领域的最佳实践 不确定节能潜力

	缺乏资金 缺乏信息：员工无专门技能
行动目标	大型工业能源网络成立于 1995 年，由爱尔兰能源机构“爱尔兰可持续能耗管理局”（SEAI）运营，面向能源密集型企业。自愿申请成员资格。能源支出超过 100 万欧元的企业可参加。 大型工业能源网络的成立是为了支持企业采用和深入发展能耗管理系统。大型工业能源网络的进一步任务是组织学术研讨会和专家研讨会，对员工进行专门培训，并且协助开展监测活动。大型工业能源网络的成员必须采用能耗管理系统，设定单项目标，进行年度能源审计，发布年度能耗报告。在线平台 LIEN LINK 促进成员之间的沟通交流，介绍近期活动。 该网络成员包括大约 170 家公司。这些公司的一次能源消费量约占爱尔兰一次能源总消费量的 17%，一次能源需求量约占工业部门一次能源总需求量的 50%。已计划将该网络成员范围扩展到 200 家公司。大型工业能源网络的 80 多个成员还参加了该组织的子项目——能源协议项目（Energy Agreement Programme）。该项目的要求高于大型工业能源网络的标准承诺。成员同意在各自公司实施更加宏远的能效提升时间表。它们承诺实施和维护能耗管理系统，并在 12 个月（最多 24 个月）内获得 ISO 50001 认证。这些公司获得实施所需的技术和资金支持，包括差距分析研究专项资金。此项研究旨在识别获得 ISO 认证，评估能效项目所需的经济激励方案，以及项目特定技术专长所缺失的内容。企业若在 24 个月内未达成通过 ISO 50001 认证的目标，将被排除在能源协议项目之外。⁵¹
酒店和购物中心可转移性	尽管此项措施面向工业企业，但也可支持酒店和购物中心实施能耗管理。该网络组织可邀请作为成员的酒店或购物中心，为它们提供技术和财务建议，鼓励它们相互学习。此类网络组织可设在酒店或购物中心的协会内。

5.4.2 融资：经济激励计划，德国

政策名称	加强德国企业能耗管理的经济激励措施
国家	德国
政策类型	经济激励：免征电力税
存续期	免征电力税计划于 2007 年制定。所有政策正在实施中。
总体目标和/或成就	已有 3,000 家公司通过 ISO 50001 认证，获得减税优惠。
解决的障碍	- 缺乏融资 - 监管障碍 - 不确定如何根据收入和风险进行投资运作
行动目标	2007 年以来，德国的电力税高企不下，每兆瓦时达 20.5 欧元。不过可申请豁免。在 2009 年之前，每年支付超过 1000 欧元电力税的企业均

⁵¹ Cahill 等人, (2012)

	可免税。它们可申请 90% 的减税。2013 年进行了更改，并引入了额外要求。自那时起，企业必须证明其已实施能耗管理系统方可获得减税优惠。中小企业如实施能源审计，也可用于减税优惠。在德国，约有 25,000 家企业有资格获得减税优惠，3,000 家企业根据 ISO 50001 认证获得减税优惠。 此外，自 2010 年起，德国依照《可再生能源法》（EEG）实施上网电价补贴政策，以此支持可再生能源发电。这些补贴转移给缴纳所谓 EEG 税款的电力消费者。2014 年，该数字为每千瓦时 5.3 欧分。为了保持德国企业的国际竞争力，当企业拥有经过认证的能耗管理系统（如 ISO 50001 证书或 EMAS 证书）时，可申请豁免。 中小企业专项资金是德国推出的另一项政策。该政策是经济部和德国复兴信贷银行面向中小企业实施的倡议，旨在推动初始和详细的能源审计。初始审计需要 2 天。在这种情况下，政府拨付最高 80% 的经费。详细审计需要 10 天，政府拨付最高 60% 的经费。可将这两个项目结合起来。顾问需要获得能效顾问认证（可使用在线数据库）。该项目与德国复兴信贷银行软贷款项目挂钩，用于能效领域的金融投资。
酒店和购物中心可转移性	此项政策并非专为酒店或购物中心而设计。然而，退税是激励企业实施能耗管理系统的常见措施。德国的例子说明此类政策取得了巨大成功。对于酒店和购物中心而言，应当改变现状。第三项措施，中小企业专项资金或许是一个很好的起点。

5.4.3 培训：中小企业基准和能耗管理计划（BESS）和欧洲能耗管理师（EUREM），欧盟

政策名称	BESS - 中小企业基准和能耗管理计划 EUREM – 欧洲能耗管理师
国家	欧盟
政策类型	培训
存续期	中小企业基准和能耗管理计划于 2007 年结束。欧洲能耗管理师项目还在进行中。
总体目标和/或成就	按照欧洲能耗管理师项目的计划，每位能耗管理师为其公司制定节能潜力为 750 兆瓦时/年的措施。可节省成本超过 3 万欧元/年，二氧化碳减排量超过 200 吨/年。
解决的障碍	● 缺乏信息：员工无专门技能，未接受适当培训，无法高效运行现有设施 ● 缺乏关于能效系统的信息 ● 不确定节能潜力 ● 技术障碍，例如建筑设计不良

行动目标	欧盟资助若干项目，以培训能耗管理师和其他相关主体。两个项目（一个已结束，一个进行中）分别是欧洲能耗管理师和中小企业基准和能耗管理计划： 欧洲能耗管理师⁵²：欧洲能耗管理师（EUREM）是一个培训项目，包括课程、自学和实践。目标群体包括能源代表、物业经理、维护经理、顾问等。欧洲能耗管理师项目已进入 30 个国家。该项目与校友网络相结合，持续开展知识交流。校友网络包括 4,000 多名校友。培训内容包括： ● 能源技术基础 ● 经济计算 ● 能耗管理 ● 建筑能源需求 ● 供暖技术 ● 余热、蒸汽、热回收 ● 通风和空调 ● 制冷技术 ● 照明 ● 绿色 IT 中小企业基准和能耗管理计划：中小企业通常没有人力、财力和足够的知识来实施综合能耗管理系统。在欧盟中小企业基准和能耗管理计划中，开发了不同工具，如能耗管理实施模型和网络学习系统。此外，还制定了针对具体能耗的国际标杆，可将具体能耗与同一行业的众多其他公司进行比较。
酒店和购物中心可转移性	当地政府或协会可向酒店和购物中心提供此类培训项目。网络学习工具提供了传授知识的简单方法。培训课程支持物业经理等负责人，并且提供足够的知识。来自酒店等行业的能耗管理师可相互交流经验，制定能耗标杆。

⁵²欧洲能耗管理师, (2017)

6 参考文献

- Adhikari, R., Aste, N., Manfren, M. and Marini, D. (2012).Energy Savings through Variable Speed Compressor Heat Pump Systems.Energy Procedia, 14, pp.1337-1342.
- Agster, R., Eisinger, F., & Cochu, A. (2016):Enabling SME access to finance for sustainable consumption and production in Asia.An overview of finance trends and barriers in China.Adelphi, February 2016.
- Becker, M., Bollin, E. & Eicker, U. (2010).Research on building automation and intelligent building design in the zafh.net research network Presentation and Introduction to the poster Exhibition.
- Better Building Partnership (BBP) (2013):Green Lease Toolkit.Available at: http://www.betterbuildingspartnership.co.uk/sites/default/files/media/attachment/bbp-glthk-2013_0.pdf
- bigEE – “bridging the information gap on Energy Efficiency in buildings”. (n.a.).Buildings Guide-Building Energy Management, Key Techniques and Technologies.Retrieved from: http://www.bigee.net/en/buildings/guide/residential/options/user/energy_management/#key-tech
- Blakstad, S., Kjølle, K. H. & Arge, K. (2010).KPIs for Space Management.Barriers for benchmarking in Norwegian Municipalities.Paper at conference 12th EuroFM.
- Blue and Green Tomorrow.(2013).The Guide to Sustainable Tourism.
- Bointner, R. & Toleikyte, A. (2014).CommONEnergy (2014):Deliverable 2.1. - Shopping malls features in EU-28 + Norway.
- Bordass, B., Leaman, A. and Bunn, R. (2007).Controls for end users.Reading, Berkshire:BCIA.
- BPIE.(2016).Building Automation and Control Technologies.Belgium, Brussels
- Cahill, Caiman J.; Gallachóir, Brian P.O. (2012):Quantifying the savings of an industry energy efficiency programme.Energy Efficiency (2012) 5:211-244
- Carbon Trust.(2011).Energy management - A comprehensive guide to controlling energy use.UK, London
- Crossley, D., Xuan, W. (2013):ESCOs as a Delivery Mechanism for Grid Company DSM in China:Lessons from International Experience, RAP policy brief China.
- enocean alliance.(2011).Wireless Lighting Controls:A Total Cost Analysis.White Papers for Building Automation.Available at: <https://www.enocean.com/en/white-papers/>
- EUREM – European Energy Manager.(2017).Available at: <http://www.energymanager.eu/>
- EuroFM – European Facility Management Network.(2017).About EuroFM.Retrieved from: <https://www.eurofm.org/index.php/about1>

- EVO.(2017).International Performance Measurement and Verification Protocol (IP-MVP).Retreived from: <https://evo-world.org/en/>
- Fawkes, S., Oung, K., Thorpe, D., (2016).Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement – An Introduction for Policy Makers.Copenhagen:UNEP DTU Partnership.
- GEA.(2012).Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future.Cambridge University Press, Cambridge UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.
- Gerrish, T, Ruikar, K, Cook, M, Johnson, M., Phillip, M., & Lowry, C. (2017).BIM application to building energy performance visualisation and management:Challenges and potential.Energy Buildings, 144, 218- 228.
- Han, H., Hsu, J. & Sheu, C. (2010).Application of the theory of planned behavior to green hotel choice:Testing the effect of environmental friendly activities.Tourism Management, 31(3), 325–334.
- Hays, D., & Đurđana, H. (2014).Greening Hotels - Building Green Values into Hotel Services.Tourism and Hospitality Management, 20(1.), 85-102.
- Hodari, D., & Sturman, M. C. (2014).Who's in charge now?The decision autonomy of hotel general managers.Cornell Hospitality Quarterly, 55, 433-447.
- Hotel Energy Solutions.(2011).Analysis on Energy Use by European Hotels:Online Survey and Desk Research.Hotel Energy Solutions Project Publications.
- IEA.(2014).Energy Efficiency Market Report 2014.OECD, IEA.
- IEA.(2012).Energy Management Programmes for Industry - Gaining through saving.France, Paris
- ICSC.(2005).International Council of Shopping Centres.Towards a Pan-European Shopping Centre Standard:A Framework for International Comparison.
- Intelligent Europe.(2009).(Ex)BESS - Expanding the Benchmarking and Energy management Schemes in SMEs to more Members States and candidate countries, Publishable Final Report.BESS Project.The Netherlands, Utrecht
- IPMVP.(2002).Concepts and Options forDetermining Energy and Water Savings - Volume
- Kahlenborn, W., Kabisch, S., Klein, J., Richter, I., & Schürmann, S. (2012).Energy Management Systems in Practice - ISO 50001:A Guide for Companies and Organisations.Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU).Germany, Berlin
- LBNL, (2011).The integrated approach - Tips for daylighting with windows. [online] pp.72-81.Available at:
https://windows.lbl.gov/daylighting/designguide/LBNL_Tips_for_Daylighting.pdf
- Mbasera, M., Du Plessis, E., Saayman, M., & Kruger, M. (2016).Environmentally-friendly practices in hotels.Acta Commercii 16(1), a362.
- Meier, Alan et al.(2014).Improving Residential Programmable Thermostats.National

Labl Building Energy Efficiency Research Projects.

<http://www.energy.ca.gov/2015publications/CEC-500-2015-019/CEC-500-2015-019.pdf>

Mendes, J., & Santos, I. (2017).Energy Management in Four and Five Star Hotels in Algave (Portugal).TURIZAM, 18,(3), 95-112

MURE II.(2015).Large Industry Energy Network (LIEN).IRL 2. http://www.measures-odyssee-mure.eu/public/mure_pdf/industry/IRL2.PDF

National Grid.(2004).Managing Energy Costs in Full-Service Hotels.E Source Companies LLC.

Navigant Research.(2015).Next-Generation Building Energy Management Systems, New Opportunities and Experiences Enabled by Intelligent Equipment – White Paper.Navigant Consulting.

neZEH – Nearely Zero Energy Hotels.(2013).Information papers on financing tools and funding opportunities for large scale refurbishment projects in the hotels sector.Technical University of Crete

neZEH – Nearely Zero Energy Hotels. (n.a.).Nearly Zero Energy Hotels in Europe, Flagship Projects and Tools for Hoteliers.Technical University of Crete

neZEH – Nearely Zero Energy Hotels.(2016).Practical guide for pilot hotel owners.Technical University of Crete, Greece, Sustainable Innovation, Sweden.

New Buildings Institute, (2009).My Car Is Smarter Than Your Building:Building Controls in an Era of High-Performance Buildings.Controls White Paper. [online] Available at:

https://newbuildings.org/sites/default/files/Car%20is%20Smarter_final%20white%20paper_0.pdf

Ogier.(2010).‘Green Leases’: commercial lease arrangements for sustainable buildings.Available at: <http://www.ogier.com/publications/green-leases-commercial-lease-arrangements-for-sustainable-buildings>

Savage, D. (2009).Energy Savings from Building Energy Management Systems.White papers by Schneider Electric. [online] Available at: http://www.schneider-electric.nl/documents/white-papers/Energy_Savings_from_Building_Energy_Management_Systems.pdf

SBA - Sustainable Business Associates.(2008):Best Environmental Practices for the Hotel Industry.SBA

SEDAC.(2011).Energy Smart Tips for Hotels.Smart Energy Design Assistance Center, University of Illinois

SEAI.(2015).Large Industry Energy Network.Available at: http://www.seai.ie/Your_Business/Large_Energy_Users/LIEN/

SEI – Sustainable Energy Ireland. (n.a.).Managing Energy – A strategic Guide for SMEs.SEI

Siemens.(2010).HVAC building technology – quality and energy efficiency from

strong partners:Answers for infrastructure.Siemens Switzerland Ltd.

Schönberger, H., Galvez Martos J. L., & Styles D. (2013).Best Environmental Management Practice in the Retail Trade Sector, European Commission, Joint Research Centre (JRC) – Institute for Prospective Technological Studies.Publications Office of the European Union, Luxemburg

St. John, J. (2012).The Building Energy Cloud Platform, Apps Included.GreenTech Media, Energy Efficiency.Received from:
<https://www.greentechmedia.com/articles/read/the-building-energy-web-services-platform-apps-included>

Stanislaw, J.A. (2013).Energy's Next Frontiers - How technology is radically reshaping supply, demand and the energy of geopolitics.Deloitte University Press.

U.S. Department of Energy. (n.a.).ISO 50001 Energy Management Standard.Retrieved from: <https://www.energy.gov/ISO50001>

VDI-Guideline.(2007).VDI 4602, page 3.Beuth Verlag, Berlin.

Wang, S. (2010).Intelligent buildings and building automation.London:Spon Press, pp.175-203.

Woods, R., Mellgard, S., Dahl Schlanbusch, R., Stenerud Skeie, K., & Haase, M. (2015) CommONEnergy (2015):Deliverable 2.2 - Shopping malls inefficiencies

World Bank.(2007).Implementation Completion and Results Report (IBRD-43040 MULT-28323 EECT-20949) on a loan in the amount of US\$ 60.5 million and a global environmental facility grant in the amount of OF US\$ 22.0 million to the People's Republic of China for an Energy Conservation Project.Available at:
<http://documents.worldbank.org/curated/en/766961468217164840/pdf/ICR7010ICR0P0036060Box327353B01public1.pdf>

Zanki, V. (2002).The Analysis of Sustainable HVAC Systems in Tourism Facilities on Mediterranean Coast, Master of Science Thesis

Zhang, J., Seet, B.C., & Lee, T.-T.(2015).Building Information Modelling for Smart Built Environments.Buildings, 5(1), 100-115.