

FUTURE

打造面向未来的楼宇

楼宇行业洞察与实践

EcoStruxure™ 楼宇

前言：

数字时代下的未来楼宇

建筑和楼宇行业是排碳大户，从前期建设到后期运营，楼宇的二氧化碳排放量占全球碳排放总量的40%，“双碳”目标下，楼宇脱碳是关键一环。施耐德电气认为，数字化技术是驱动楼宇脱碳的最佳实践路径，随着5G、物联网、大数据、云计算等技术的深入应用，建筑管理不断向可持续、智能化迈进。

面对数字时代下楼宇转型的需求，施耐德电气定义了“未来楼宇”的理念，提出四个关键词：可持续、强韧性、超高效和以人为本。通过EcoStruxure™三层架构：互联互通的产品层；边缘控制层；应用、分析与服务层，打造EcoStruxure楼宇解决方案，助力建筑完成转型，实现未来的楼宇。

本书主要面向楼宇业主、设施经理、物业经理/能源经理、IT部门和系统集成商等，旨在通过本书为读者介绍建设智能楼宇的思路及实际应用方法，助力打造未来楼宇。全书囊括智能楼宇设计、建造、部署、运维全流程，从实际应用角度出发，第一章讲述物联网与智能楼宇，探讨物联网对楼宇管理和运营的影响；第二章从楼宇电气系统的设计出发，提供读者智能建筑建设的实用框架；第三章就智能建筑的建设和运维提供建议，助力楼宇走向新时代；第四章介绍施耐德电气完成的实际案例，以此论证EcoStruxure楼宇解决方案带来的成效。

目录

CONTENTS

前言：数字时代下的未来楼宇	2
1 市场解读、趋势	4
1.1 互联互通：智慧楼宇与物联网	5
1.2 设备级控制在楼宇管理系统中的作用：教学类建筑的市场趋势	11
2 架构与设计	18
2.1 面向未来高能效绿色楼宇的电气系统设计	19
2.2 智能建筑：楼宇管理系统（BMS）“开放性”评估框架	37
2.3 适用于网络安全和云连接智能建筑控制系统的实用框架	54
2.4 灵活性楼宇：五大要素助您打造未来办公空间	64
3 运维与管理	75
3.1 新一代楼宇管理系统（BMS）需要具备的三个基本要素	76
3.2 迈向设施管理2.0：数字化转型助力构建智能建筑	87
3.3 阀门及执行器：节能建筑运维的根基	107
3.4 全新时代的楼宇韧性 低使用率状态下的楼宇运营优化	115
4 客户案例	119
4.1 EcoStruxure™楼宇解决方案为里斯本艾瓦卢森酒店的宾客带来交互式体验	120
4.2 构建智慧后勤，打造明日医院的先行者	126
4.3 高效智能，绿色建筑的卓越典范	133

1

市场解读、趋势



1.1 互联互通：智慧楼宇与物联网

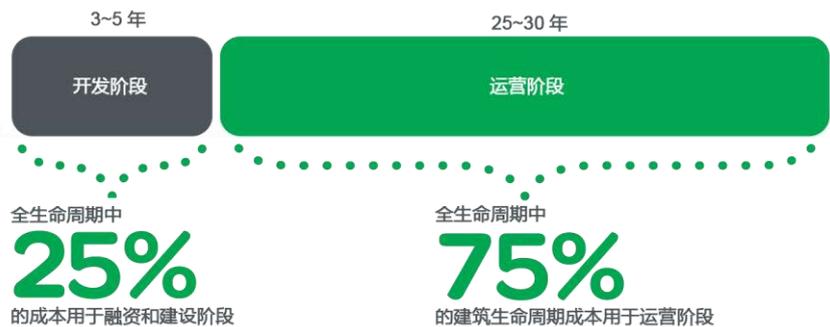
摘要

随着楼宇变得更加互联互通，日益复杂和动态多样，人们越来越需要借助智慧楼宇技术，获取基于数据的洞察，从而最大限度地提高运营效率，减少能源浪费，并降低总体成本。本文探讨了智慧楼宇如何利用物联网技术为信息收集和共享创造新的机会，以及它对楼宇管理和运营的影响。

楼宇管理的演变

随着时间的推移，楼宇内部所使用的设备和系统往往由多个厂商提供。品类繁杂，且标准也不甚相同，这使得楼宇变得日益复杂和多元化。这也导致楼宇管理和运营效率始终难以得到有效提升。楼宇内部的系统相互独立，彼此间缺乏必要的“交流”，这使得设施管理人员无法全面了解楼宇的性能和现状，而这也正是建筑能源管理系统（BEMS）应运而生的重要原因之一，这种系统的重要作用就是将楼宇内部各种系统及其功能有机整合为一体。然而，尽管这种系统能够帮助企业更全面地了解楼宇运营相关的各项性能，并有助于制定更好的能源使用战略，降低能源成本，但是这些早期系统并不具备预测功能，只能针对问题进行简单的判断，并在事后才发出预警。

过去十年来，楼宇管理技术不断取得突破，并呈现出百花齐放的市场局面。对于日益老化的建筑和基础设施来说，这必然是一个好消息。如下图所示，根据美国能源部的数据显示，一栋建筑的使用寿命一般长达数十年，而在其整个生命周期内，高达 75% 的成本支出都用于运营和维护阶段。举例来说，目前发达国家中超过一半的商业楼宇都是在 1970 年之前建成的，对于这些楼宇业主来说，找到既能在较长时间内优化楼宇运营成本，还能提升资产价值的技术和可扩展的解决方案已成为了当务之急。



我们的集成式系统和综合性服务能够削减资本和运营支出。

楼宇技术的发展日新月异，想要时刻掌握最新技术趋势和信息并非易事。同时，为了能够物尽其用，楼宇业主和运营商还需要了解这些最新技术各自的优势和局限性。否则，可能将无法实现降低楼宇运营和能源成本、提升使用者舒适度和员工生产力等目标。

Navigant Research 研究表明，整个楼宇能源管理系统市场正随着楼宇技术（如控制系统和无线技术）生态系统的发展而演变。虽然能源管理是该系统最核心的功能，但在此基础上，企业现在还需要借助能源管理解决方案来优化建筑的可持续性、提升空间利用率、运营效率和员工生产力。

鉴于此，当前已开始利用物联网（IoT）技术和建筑信息模型（BIM）技术，将智慧楼宇内部各种系统和设备打通，并连接到统一的技术平台。基于建筑实时状态数据，结合建筑能源管理系统的分析，这类智慧楼宇可以实现主动识别可能出现的问题，从而提高设施经理的管理效率。

随着楼宇对能源需求和效率要求的不断提升，这些新技术的重要性也与日俱增。根据美国能源情报署的数据，2040 年全球能源消费将增加 56%。到 2050 年，世界人口预计将从 2010 年的 69 亿增加至 96 亿，增幅高达 38%。而在如今这个“时刻在线”（always-on）的数字经济时代，人类的电力需求也将急剧上升。预计到 2040 年，楼宇电力消耗总量占比将从目前的 53% 提升至 80%。

因此，企业需要分析能力更强，数据驱动型的方法来进一步优化楼宇运营和管理，以助力实现运营效率最大化，减少能源浪费，降低总体成本。与此同时，人们对建筑智能化的需求也在日益增加，因为智能建筑能够为人们提供更舒适、更现代化的环境，让人们更高效地工作。欧洲楼宇自动化协会（CABA）的一项研究显示，通过行使一些用于提升舒适度和生产力的举措（例如改善通风、照明条件，以及获得绿色建筑认证等，都能够对员工的健康和福祉带来积极影响，进而降低旷工率和离职率，提高工作绩效和满意度）不仅能够帮助建筑实现能源节约，还能带来其他方面的益处。

智慧楼宇与物联网

这种更先进的技术和分析方法适用于各类规模的建筑：研究显示，到 2025 年，中小型商业建筑市场的增幅将超过 60%，达到 380 亿美元。事实上，如果使用得当的能源监控措施，这些中小型建筑将能够节约 20% 的能耗费用。与此同时，借助集团级的物联网平台，大型商业建筑不仅能够提升运营效率，每年还能够削减 29% 的能耗费用。

那么，物联网究竟是什么？它与建筑能源管理有什么样的关系？

在物联网的概念里，从智能手机、平板电脑及数字化协助工具，到各种类型的包括暖通空调（HVAC）、照明、安防等传感器或系统，一切可基于 IP 网络协议连接至互联网的设备都可以彼此连接。

那么，物联网如何帮助楼宇变得更加智能？

通过连接电气、机械和机电系统与平台助力创建动态化、智能化的、以云端为基础的互操作网络。通过网络实现互联互通，这些系统能够实现监测彼此的状态，方便在必要时采取相应的措施（例如，在较少使用的区域调低空调或暖气温度等）。这样一来，系统将能够为设施经理提供所需的数据和分析结果，从而帮助他们以智能化方式优化楼宇性能，打造更加智慧的建筑。

如今，促使这种竞争优势成为可能的技术已经出现。互联网的普及和无线传感器等 IT 组件的大幅降价使智能楼宇技术的价格更加亲民、更具商业化潜力，使业主和投资者能够投资购买更智能的技术，以实现楼宇性能的提升。

据 Navigant Research 数据显示，先进智慧能源传感器市场的收入将从 2016 年的 120 万美元增加至 2025 年的 320 万美元，增幅接近两倍。而先进的智慧能源传感器将在建筑能源管理系统中发挥关键作用。

这些设备中包含“传感”技术，能够抓取数字化数据，并将这些数据发送至建筑能源管理系统进行分析，从中获得对决策有帮助的洞察。这些传感设备能够持续测量并实时反馈温度、二氧化碳浓度、湿度和气压等数据，为系统持续提供有价值的信息。此外，控制器、网关和传感器等设备还能够提升能源效率，助力削减各类建筑成本。



所有这些设备、系统和平台可以同时连接至一个开放式中央 IP 中枢，以便呈现有关楼宇性能表现的整体视图。该中枢不仅能够集成设备生成的所有数据，而且能够借助强大的展示图表、数据丰富的报告以及可视化的趋势通过台式电脑、平板电脑或移动设备等用户友好型设备呈现出来。最重要的是，该中枢能够提供数据分析结果和可执行的洞察，以便运维经理制定战略决策，保障楼宇的智能化、高效运行。此外，该中枢还可以借助人工智能技术与机器学习算法进行数据分析，帮助楼宇进行自我诊断和优化。这样一来，楼宇系统变得更加舒适，员工的归属感和满意度得到提升，生产力也随之提高。

实际案例：未来的楼宇

物联网平台的有效部署使楼宇能够轻松集成各项技术，为能源管理的改善创造条件。一个开放、安全、可扩展的平台能够提供深入且对决策有帮助的洞察，从而显著提高楼宇的运行效率。此外，将从前各自为政的系统互相连接后，通过数据关联与分析，将产生更多有价值的洞察。

简而言之，物联网为信息收集和分享提供了更多可能，并将为楼宇的管理和运营方式带来深远的影响。借助具有协同性的智慧楼宇物联网平台，设备可以通过软件和服务的互联互通，使上述可能得以实现。

The Edge 大厦位于阿姆斯特丹祖达士区 (Zuidas) 商业区，占地面积 4 万平方英尺。这座大楼生动地呈现了智慧楼宇如何借助物联网来改善企业工作空间如从楼宇管理到能源、照明和安全等方面。

这栋建筑采用 “New World of Work” 原则进行设计，打破了传统集团式组织架构的固有模式。大楼玻璃外墙以玻璃外墙为主要特点，拥有广阔、开放、灵活的工作空间，15 层楼高的玻璃中庭被露台环绕，充分保障了自然光照的充足。

在英国绿色建筑研究机构 (BRE) 的绿色建筑评估中，这座大楼获得高达 98.36% 好评，被誉为 “全世界最具可持续性的办公楼”。这座大楼融合了多种集成式设施管理与能源解决方案，包括涵盖配电系统、IT 基础设施、控制设备的相关方案和电力监测软件等。此外，大楼的各层天花板内和技术室内还安装有各种传感器、阀门、执行器和其他与楼宇能源管理系统兼容并可互联互通的场地设备，以提升楼宇智能化水平，同时使物联网成为可能。



The Edge 是德勤位于荷兰的总部大楼，The Edge 共计部署了约 2.8 万个物联网传感器，用于监控 LED 照明、温度、湿度、红外线水平和移动变化等，同时也可支持建筑内其他区域情况反馈。举例来说，传感器可以提醒清洁人员每天使用最频繁的工作区域，方便她们有针对性的打扫，并通过自动化的机器人安保员的夜间巡逻，获取建筑内安全情况。

这些传感器以及其他系统还能够为员工日常工作提供帮助。借助德勤专有应用，员工可以找到可用的办公桌（没有被预定的办公室或隔间）、

自行车及汽车停车位、公司健身房，还可以调节办公空间内部供热系统，以及获取同事的具体位置等。

作为一座零碳建筑，The Edge 通过屋顶和南墙的太阳能电池板收集其本身能耗 102% 的能源。这栋大楼还支持其他环保特性，例如蓄水层热能储存、运动传感器激活的通风系统和雨水收集系统等。

楼内所有传感器和系统均连接到单一 IP 中枢，能够实现对关键楼宇数据的实时监控。这栋大楼使用的是施耐德电气的开放式、协作型基于物联网 EcoStruxure 楼宇（曾用名 SmartStruxure）解决方案，该解决方案能够将建筑能源管理系统与各种楼宇控制系统、设备和服务相连接，使设施经理能够通过本地或远程方式，主动监控、测量和控制来自楼宇和 IT 系统的数据。

EcoStruxure 楼宇能够连接建筑内所有设备、传感器和系统，支持楼宇管理、电力供应和流程管理功能，实现建筑运维系统的全面互联互通。此外，EcoStruxure 楼宇还可以借助微软 Azure 云平台来改进分析结果、软件性能和全局服务水平。

智慧楼宇物联网最佳实践

智能建筑技术将从物联网中受益良多。然而，无论是大型跨国企业还是中小型企业，如何才能最好地整合物联网，从而实现重大转型？

企业在部署物联网的过程中应着重考虑以下智慧楼宇物联网最佳实践：

- 1. 开始物联网应用试点项目。**在改造建筑管理系统之前，企业可以秉持审慎态度，从小处着手。例如，企业可以从建筑的照明需求或其他需求着手，开展试点项目。在此过程中请注意，试点系统及其他系统需要具备端到端的可配置性。
- 2. 首先制定可行的规划。**企业想要实现哪些具体且可衡量的目标？初期的精心规划非常重要。企业应经过深思熟虑，制定出一份稳健详实的计划，其中明确硬件、软件、安全和基础设施等方面的关键需求。
- 3. 将所有关键利益相关方纳入考量。**这份计划应涵盖设施的所有利益相关方，包括但不限于运营、财务、IT和安全等部门。利益相关方应基于企业的价值观和使命，制定相应的运营、生产力和可持续发展目标，并在扩大应用规模之前审慎评估投资回报率。随后，这些利益相关方可以提出一项统一的计划，并与主要承包商和供应商合作，共同制定高效的部署战略。

项目初期的全面翔实规划能够助力避免突发状况带来的高昂成本，避免出现多个软件系统冗余和并行网络等问题。举例来说，利益相关方可以事先确定“必须达成的目标”，并就如何有效应用物联网和其他智能楼宇技术达成共识。

企业管理者在提升建筑智能化水平和效率的过程中，应着重考虑以下三个关键的规划方面：

1. **技术集成和互操作性：**从整体需求着手添加系统，组成网络中枢，避免出现“各自为政”的局面。所有设备和系统必须具备互联互通的能力，并且能够与建筑能源管理系统集成。鉴于未来会涌现出更多的新技术，而且可能出现对其他功能和能力的需求，企业应该为未来的系统升级做好准备。
2. **智慧楼宇数据分析：**虽然先进的建筑能源管理系统能够收集、筛选和转换大量数据，为人们提供可执行的洞察，但是，设施经理和其他员工仍然应该接受必要的数据分析培训，以便制定更明智的决策。
3. **网络安全和数据隐私：**随着互联互通水平和数据获取能力的提升，数据泄露风险也随之增加。鉴于此，企业应在部署智慧楼宇平台的同时，引入网络安全防火墙。此外，企业还应确立数据收集、存储和使用体系和制度，并落实和实施其他网络安全策略，全力确保数据安全。

虽然物联网整体上仍属于全新概念范畴，且目前仅有小部分企业利用物联网进行楼宇管理，但是，越来越多的建筑正在借助技术的力量提升智能化管理水平，进而提升楼宇运营效率、员工生产力和整体满意度。

1.2 设备级控制在楼宇管理系统中的作用：教学类建筑的市场趋势

摘要

尽管往往不为人知，但从很多方面而言，设备级控制，或者说现场设备，是使楼宇管理系统（BMS）发挥诸多优势的基础要素。虽然不同建筑中，这些默默发挥作用的耐用设备工作方式相近，但教育界很多机构往往率先采用最新技术和应用，借以减少能源开销，优化楼宇内的学习环境。本文将探讨现场设备的作用及相关趋势，以及创新机构当前和未来应如何从中受益。

简介

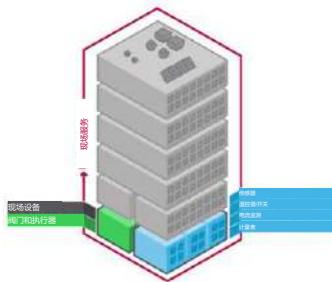
很多大学校园和 K-12（涵盖幼儿园和中小学阶段）学区暖通空调（HVAC）相关成本占运营费用的比例可高达 40%；对大多数而言，暖通空调相关成本可能是人员成本之外最大的开销。如今，很多机构从战略角度着眼，投资于楼宇管理系统（也称“楼宇自动化系统”），运用精密技术控制供暖和制冷，提升舒适性，减少能源浪费，降低此类费用，节约的资金可以重新分配用于教学及优化学生培养。

相比楼宇管理系统解决方案中的图形仪表盘、控制软件等显眼的集中部件，以及 HVAC 系统中冷却器和热泵等大型昂贵部件，布设在单独房间和建筑内、远程操控的 BMS 小部件，即设备级控制却很少受到关注。但正是因为这些“默默无闻”的小部件，其他一切才能高效运转。幕后耐用设备包括：

- **阀门**，其开关可精确控制水、新风、气体或其他空间影响要素的流动；
- **执行器**，采用电气或机械方式调节阀门；
- **传感器**，测量环境指标，如气温、水温、二氧化碳浓度和相对湿度，指示执行器调节阀门进行补偿，使变量回到预设的舒适范围内。

在有多栋建筑的校园或学区内，可能有数千个这样的现场级设备与风阀、风机盘管、空气调节机组、冷却器、锅炉等设备和基础设施相关联。

这些基础现场设备在各个楼宇或教室里面安静运行。总的说来，有了这些现场设备，楼宇管理系统的诸多优势才能发挥出来。现场设备向集中控制器反馈重要信息，减少用能，提高教室舒适性，因此学生和教职工会更专心，效率更高，教学效果也会更好。经验表明，有效的楼宇管理系统能提升学生的出勤率、测试分数、课堂表现。例如，伊利诺伊州一所学校发现，教室内空气质量



智能化从BMS根基开始

的改善使得学生出勤率提高了 5%¹。另一项研究中，芝加哥和华盛顿特区的几所学校楼宇改进以后，分数比标准化测试分数上升了 3~4 个百分点²。

尽管阀门、执行器和传感器在多种楼宇环境中的操作方式类似，如零售商店、医院和办公大楼等，但在教育界，尤其是大学及 K-12 学区，往往率先采用最新相关技术和应用软件，从而改善学习环境。本文将探讨现场级设备和楼宇管理系统当前和未来趋势，以及如何让更多的创新大学和学校受益。

教学类相关建筑的需求

虽然教学类相关建筑和综合体与其他类型园区（如企业和医院）有很多相同的需求，但由于教学环境的独特功用，诸多大学、较大的学区和类似机构认为，教育机构更迫切的需要满足以上很多需求。

以课堂、学生会议和相关房间安排为例。众所周知，很多企业工作日期间会议不断，但与喧闹的校园相比，即使是最忙碌的企业，其对会议室的需求还是不值一提。校园环境下，班级、阶梯教室、实验室、食堂、图书馆、院系会议、运动训练、俱乐部、测验、学生宿舍活动和其他聚会像是日夜不停，占用时间表并非满了各种会议。

此外，大学和 K-12 学校日程安排多样化，且可能随时调整，与其他行业大不相同。例如，商建楼宇除了偶尔的节假日以外，每周五天（朝八晚五或者其他基本工作时间）的人流量相当稳定。医院建筑主要区域全天有人，包括患者、各个班次的医生、护士及保障人员。而学校建筑平时人满为患，但每年寒假、秋假、春假和暑假时，会有数周或数月时间在校人数寥寥可数。各个房间或建筑的常规使用者可能会因为一次校外考察旅行、大雪停课或其他学校活动而离开这些空间，造成空置。

占用传感器

由于日程安排过于复杂多变，因此很多学校总是率先主动采用占用传感器技术也就不足为奇了。HVAC 占用传感器前几年才面市，将其用于楼宇管理系统也才不久。有了这些设备，建筑和单独房间无需人为干预和严格的时间预设便可以快速响应，根据实际情况，而非死板地依照“预期”人员情况，进行动态调整制冷、供暖。

显然，这种功能大幅提高了能效，提升了使用者舒适性，不仅可以在短期休假期间实现优化，而且可以调整每天每节课上的设置。这样一来，就不会只是机械地将空气调节到“合适”的温度和湿度，遵循规定的每小时换气次数，提供的舒适环境只有桌椅在享受；也不会因为预期会有 200 人进入阶梯教室，而将温度调节至 13°C，但最后却无人走进阶梯教室。实际上，有了这种功能，即使有人提前进入教室，无需提前过度制冷，也能确保短期在场人的舒适性；与此同时，即使听课人数没有预期的那么多，也能更稳定地保持舒适性。



注 [1] 伊利诺伊州健康学校运动，“显然，学校规模并不重要：伊利诺伊州两个学区证明了室内空气质量管理的效果。”学校健康观察，2003年夏季

注 [2] Schneider, Mark. “公立学校设施与教学：华盛顿特区和芝加哥”，2002年11月

现今大多数占用传感器都基于选定的跟踪变量，检测室温波动或者抽测空气二氧化碳浓度，估算出房间人数，然后指示执行器调节阀门按要求调高或调低冷却或加热元件。根据读数，二氧化碳检测仪还能按要求更准确地调整风量，缓解环境憋闷感，提升在场人员的舒适性和注意力。

占用传感器的前景



“HVAC 可以占据建筑能源成本的 40%。智能建筑利用设备级控制，减少用能，提高效率。”

许多专家认为这一技术只是起点，高瞻远瞩的公司正在考虑更多的传感器可读取变量，房间可以根据人员的进入情况，实现更快的响应和交互。通过温度和二氧化碳测量值，能够实现相当快的响应。但如果开始上课时就可以测量座位占用情况，并发送给系统，或将 Wi-Fi 或其他移动设备相关信号算作进入空间的占用者，以快速估算人数，这会达到什么样的效果呢？这样就能在教师开讲前完成调整，进一步提升舒适性，应需求更精确地调整能源输出。一个校园或学区可能有数以百计甚至数以千计的房间，日积月累，节约的能源量将颇为可观。

移动设备层面的实时占用信息还能带来其他好处，比如改进繁忙校园中的实时房间安排信息。例如，假设校园排课系统在阶梯教室 A 重复排了课，却误将原本空置的阶梯教室 B 列为占用状态。若楼宇管理系统和排课系统采用了占用传感器，则传感器可将阶梯教室 B 标记为空置状态或其他类别，并及时发布这一信息，以便老师及时将学生安排到备用教室，解决课堂安排问题。

这几个例子已经清楚表明，占用传感器和其所驱动的其他现场设备日益精巧，未来将成为有效楼宇管理系统至关重要的一部分。

设备更智能，信息更丰富

执行器设计日趋智能，同时搭载更先进的软件。能够采集更多系统行动实时细节，并反馈给楼宇管理系统，为设施经理以及服务的最终用户（如学生和教师）带来诸多好处。

连续监测与临时监测

大约十年前，通过笔记本电脑远程监测 HVAC 系统运行状况的功能在首次推出时，引得无数人啧啧称奇。这种实时监测功能极富价值，以此为基础构建的现场设备更智能，提供的信息越来越多，可以自动发现问题，不会再有因“房间太热”而收到用户的呼叫，甚至也无需操作员在屏幕上主动发现问题并动手解决。设备可以检测到控制信号丢失或阀门堵塞等问题，无论操作员在该时间点是否及时登录了系统，设备都能自动提醒该操作员。此外，设备还能提供远程“维修”功能，而无需出动卡车或派遣技术人员。

例如，断电后，智能传感器控制器可以发送电子信号，启动安全重置，而无需物理干预。对于高度机械化系统，可能不会需要只会操控各种按钮的维修人员。智能设备供应商将继续努力以满足新一代维修技术人员的期望。在出现故障时，以前的维修人员需要用到工具敲敲打打，而这些新一代的技术人员更喜欢通过笔记本电脑进行维修。

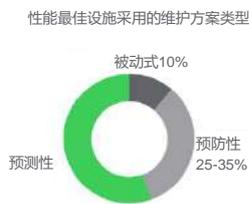
发现隐蔽却代价高昂的问题

此外，运用现今的现场设备，在使用者甚至操作员意识到问题之前，问题就能被发现并解决。比如这样一套系统，阶梯教室的热水阀一直处于开启位置，冷却器不停工作，以使房间保持理想的舒适温度 21°C，这样就不会有人打来投诉电话，也不会出现温度超标的警告标志。然而，这种维持温度的方式低效且代价高昂，故障原因也未查明，可能与其他对 HVAC 系统有害的问题相关。现在的现场设备，即使在没有外部证据的情况下，也可以借助楼宇数据分析软件和类似工具发现这些低效的异常工作模式，并相应地提醒操作员。

被动式维护、预防性维护与预测性维护

与楼宇数据分析软件相结合，现场设备产生的数据可以带来更丰厚的回报，让人们深入了解目前的不当或不完美之处，同时发现更长远的节能机会。

例如，被动式维护或“灭火”式维护方案在世界各地的建筑中仍普遍存在。这样做代价高昂，也推升了维修成本，而且问题不解决，还会造成楼宇和教室无法使用等更大威胁。



积极主动、具有价值意识的操作员早已采用预防性维护方案。这种方案需要对成套的现场设备及其他 BMS 部件和设备开展定期检查检修，提前发现问题，解决问题，节省维修成本，减少导致空间无法使用的突发故障。一份精心构思的预防性维护方案的投资回报率，估计是被动式维护方案投资回报率的五倍³。不过，校园内可能有数千台独立的现场设备，现场设备往往耐用且“持续工作”，为此落实一份高效的预防性维护方案极具挑战性。

新兴的现场设备和其他 BMS 技术已经演进到了下一阶段——预测性维护（也称为连续或监测式调试）。这一方式可能更为有效，帮助各机构优先考虑并找到罕见的“大海捞针”式故障，而这些故障恰恰是维护工作的重中之重。现在，利用建筑数据分析软件传递来的数据，可对预设的“常规”预防性维护方案进行排序。这样工程师就能把主要精力投入到最能改善成本、舒适度和其他能源管理目标的任务中。

例如，我们现在可以看到，1038 号配对执行器/阀门尽管一个月前刚检修过，但是相比去年，开启和关闭可能仍然需要多花几分之一秒的时间。因此，即使预防性维护方案中并未安排针对它们的再次维护，但在下次检修时仍然可以关注这一问题——可再次评估该阀门是否存在过度堆积，是否妥善润滑和密封，是否有未发现的损坏或其他问题，以解决低效运行的问题，或者避免出现故障。这时，可降低其他正常运行设备的维护优先级。据说预测性维护方案可以获得 10 倍于标准被动式维护方案的投资回报率，也就不足为奇了⁴。

注 [3] 运行和维护最佳实践——美国能源部

注 [4] 运行和维护最佳实践——美国能源部

建筑数据分析，长期持续改进

当今最智能的 BMS 和设备级控制最大的亮点，可能是它们提供的长期数据所发挥的功效。搭配楼宇数据分析软件，详尽的趋势信息可与每千瓦电力成本等输入信息相结合，提出非常具体的建议，实现最有效的调整，持续逐步提升整个校园的能效。这些建议有多具体呢？比如你可以这样设置，“将 301 房间的控制器设定值改为可变状态，每周额外节省 30 美元的能源费用。”凭借这种技术，“维护”这一概念可能有一天会从“修理东西”重新定义为“节省能源”。

能源管理助力招生？

通过提高能效节约资金对企业、医院和机构组织等每个经济领域都很重要，而能效对于教学环境而言具有尤其独特的意义。举例来说，虽然环境影响可能在某种程度上对所有组织都很重要，但不太可能有公司员工在首席执行官的办公室里静坐示威，要求公司减少碳足迹或者为缓解气候变化做更多工作。相比更年长的千禧一代，今天的新生和未来的学生环保意识更强。幸运的是，随着 BMS 数据更加细化，有价值的信息可以与教育利益相关者共享，而这些信息可能与其他类型的组织关联不大。

例如，可以分析和传播现场级设备发送的信息，每天或每周向学生群体公示能源利用情况，保持信息透明度，提升节约燃料、积极行动的意识。人均用能信息可用于相互竞争的高中之间，或各宿舍楼、部门等小群体之间的友好绿色竞赛。

提升“用户”体验

当然，良好的 BMS 关注用户需求，此处“用户”通常指设施经理和涉及 HVAC 运行的人员。随着现场级设备驱动的可用信息更加细化，教育机构可能率先运用一种全新功能——将部分受控的个性化信息直接传递给最终用户，如学生。例如，学生可能可以像在家一样，早上离开宿舍时把暖气调低，放学回宿舍的前几分钟使用应用程序把暖气再调高，从而节约能源。如果成百上千的用户都这么做，那么就可以节省大量能源。另外也在机构利益相关者的眼中树立“技术更先进、更注重环保”的形象。

连通性、标准化和网络安全

现场级设备收集和发送的数据日益增加，这与设备快速准确转移数据的能力，也就是即时连通的能力相辅相成。无论设备变得多么复杂，制造商都会冒着风险，无视标准化，力推专有的通信协议。用户希望所有设备都是连通的，可以在任何网络环境下随时工作。因而教育机构或其他环境的 BMS 通常更倾向于 BACnet、LonWorks® 和 KNX 等开放协议。

物联网

出色的连通性是物联网技术的“必杀技”。物联网将帮助创新现场设备和 BMS 制造商拓展系统功能、增强性能。设备可以通过云基础设施连接在一起，充分利用互联网连接的可靠性、冗余性和稳健性。无论特定设备启用单独 IP 或者仅为系统的一部分，“单跳”信息传输都可以更加直接，几乎可以瞬间完成。

网络安全

当然，扩大连通性不利的一面是大家日益关注的网络安全问题。一直以来，像 BMS 这样操作技术相关的数据库，其关键在于可用性，而非保密性，这些数据库对黑客的吸引力远不及信息技术相关数据库。黑客的目标是直接获取信用卡或银行账号等机密的财务信息。尽管如此，BMS 以及其他行业中有一些志存高远的公司，他们的网络安全专家正努力工作，未雨绸缪，主动防范威胁。例如，在教学环境中，黑客是否有办法因为恶作剧把教师办公室的温度调高至 49°C？或者是否能采取更恶意的行动，完全控制楼宇系统，并造成实际的损失？或者甚至找到漏洞，利用漏洞获取私密的招生数据或财务科的支付信息？

所以，网络安全以前可能并非 BMS 行业的头等大事，但现在越来越受到最具远见卓识 BMS 技术制造商的重视，而且未来会愈加重要。通常，一流的公司网络安全方面采取的是整体方法，贯穿于整个产品开发周期的。他们努力确保，无论是独立产品，还是作为联网/解决方案中的一环，都不存在开放空间。另外，这些公司还持续提供咨询或者监测服务，确保产品安全。

现场设备实际是寿命最长、最可靠的 HVAC 设备，往往早就过了预期寿命，依然能高性能工作。事实上，大多数现场级设备通常随着整套系统更换或者建筑大修而被更换，而不是因为设备自身存在重大问题，而且更换的时候，设备可能在“预期”使用寿命之后又超期使用了至少十年。

极端耐用性的 “负面效果”

这其实对用户不利，因为用户无法从新技术中受益，新技术带来的回报可能会远超出用户购买新技术的支出。这点就不再赘述了。另一个值得注意的点是，近年来二氧化碳传感器的重大改进。不同于十年前，如今二氧化碳传感器不再需要进行耗费大量人工的定期校准了，因此传感器所报告的信息更加可靠——以前基于这些信息的空气处理十分昂贵，但现在变得更加划算，也让人感觉更舒适。现在还有数以百万计的老式传感器在工作。毫无疑问，其中很大一部分传感器提供的信息并不准确。同样，还有数以百万计、用了数十年、轻微卡涩的阀门，但这些卡涩不够明显，使用时注意不到，或者预防性维护方案也发现不了。此类情景给教育领域带来了高昂的成本，不仅有直接成本，还有用于改善教学环境质量的成本。

BMS 投资

在资本项目中，楼宇管理系统，以及最新现场设备和其他尖端组件的升级项目因能够持续节能，快速收回成本，可以说十分“畅销”。以上优势对于高端学校或大学环境更具吸引力，因为在招生和留住最优秀的学生和教师方面，学校形象和前沿科技运用能力至关重要。

尽管如此，如果投资资金不到位，无论最终回报多么丰厚，都只能望洋兴叹。幸运的是，即使是资源匮乏的机构也仍有办法开始从更新更好的楼宇管理系统中受益。

一些学校在预算允许的情况下，一次仅在个别房间加装一些自动化现场级设备，便可节约大笔资金，且房间舒适度明显提升。并能收获立竿见影的效果，比如可以在房间无人时调低供暖和制冷水平，或采用更精细的阀门和执行器优化热水和冷水流量。

而且最好的系统可以无限扩展，因此机构可在资金允许的情况下改进更多的房间，节约的资金累计起来可用于“下一轮”升级。最终，机构如果愿意，可以将所有房间互联，集中控制，获得一整套 BMS 解决方案，这样可能几年内就能收回成本。

结论

阀门、执行器和传感器等设备级控制是楼宇管理系统的支柱，它们在独立楼宇和房间里工作，控制大型设备，提供原始机械和操作数据，让 BMS 得以实现节能和提高舒适度。智能化应从 BMS 的根基——设备级阀门、执行器和传感器开始。如果这些设备级控制没有以最佳效率运行，那么 BMS 也会如此。

技术和应用软件的新发展有望提升这些设备和 BMS 对各类用户的价值，所以在建的新建筑或正在翻新的建筑都可以考虑引入这些新技术。作为这些技术的早期采用者，各种教育机构可能特别有兴趣研究可能适用的新增益处，以节约更多资金用于关键项目，进一步提高学习环境的有效性。

2 架构与设计



2.1 面向未来高效绿色楼宇的电气系统设计

摘要

本文旨在为电气设计工程师提供最新、最重要的标准和技术指导，帮助他们理解并设计面向未来的，且能够在楼宇的全楼宇生命周期发挥最佳能效水平的电气系统。纵观全球，楼宇随着为应对气候变化而制定的国际公约、各个国家相关标准和法规的不断趋严，以及楼宇业主需求的持续增长，绿色节能的楼宇设计理念和运营方式被更多关注，并正在日益普及。对此，电气设计工程师们唯有做好万全的准备，才能设计出符合最新楼宇规范的电气系统方案，从而助力楼宇获得绿色认证，并为符合全球最佳实践的“主动式”能源管理计划提供支持。

引言

绿色楼宇已不再“小众”，而正在成为一种被更广泛接受的概念。而高效楼宇设计正在迅速成为建筑设计师和工程师为达成此目标所普遍采用的方法，而对于楼宇运营和维保团队来说，“主动式”能源管理也楼宇正在成为他们更经常采用的方式。这种演变趋势的背后交织着多重影响因素：



图1

- **全球性指令。**《巴黎协定》旨在通过减少全球温室气体排放、增加可再生能源利用和提高能源使用效率，以工业化之前的世界气温为基准，将全球平均温度升幅控制在1.5%以内。在第21届联合国气候变化大会上，各缔约国政府纷纷表态将出台并落实“国家自主贡献 (NDC)”合作模式，以共同应对全球气候问题。
- **政府行动。**目前，部分国家正在积极采取行动，旨在达成各自的自主贡献目标。例如，欧盟承诺到2050年之前将二氧化碳排放量减少80%，而荷兰的二氧化碳减排目标是95%。⁵绿色环保趋势也正在影响城市的发展。从2024年开始，纽约市内楼宇面积超过2.5万平方英尺（约合2323平方米）的楼宇必须接受升级改造，从而推动达成到2030年减少40%温室气体排放量的目标。⁶对于新建楼宇项目，纽约市政府正在通过一系列激励措施和指导方针楼宇并对现有的相关规范、法规和许可进行升级，以鼓励高效的方案设计。

注 [5] “Nederland zet zelf stok achter de deur ...”, de Volkskrant, 2018

注 [6] “New York City Passes Sweeping Climate Legislation”, CityLab, 2019

- **能效投资回报率 (ROI)**。无论是否需要满足最新的环保法规要求，绿色楼宇都是一项具有高回报率的投资选择。应用绿色楼宇方案，不但能够降低楼宇使用的能源成本，而且一经获得绿色楼宇认证，更可以提升资产的价值。高效同时，高效的设计还可以优化楼宇内部供热、制冷、通风和照明系统的运行，从而改善使用者的舒适度、健康水平和生产力。此外，绿色环保的企业形象有助于企业吸引更多优秀人才，同时也会让消费者产生偏好。得益于这些好处许多公司也更加积极地制定和实施可持续发展目标。

图 2

鉴于全球各个国家对降低碳排放和企业对业务的更高目标，对绿色楼宇的实践和发展正在不断加强新的设计方案不但能够助力减缓全球变暖势头，还能削减能源成本，改善使用者的健康水平、舒适度和生产力，已获得 **LEED 金级认证的施耐德电气办公大楼** 便是一个很好的例证 (如图 1)。



定义：主动式能源管理

在监管压力、财务回报、更高资产价值和益于健康等多重因素的共同作用下，绿色楼宇正在逐渐成为业界主流趋势。

本文多次提及“主动式能源管理”和“主动式能效”，这与楼宇设施团队期待主动并持续提高能源使用效率紧密相关。

在本文中，“主动 (active)” 一词的含义不应与电气术语相混淆，在电气术语中，“active (有源)” 指负载的电阻性元件所消耗的“有效或实际 (true or real)” 功率。

为迈向更加绿色环保的未来蓄力

电气设计公司和工程师需要提前做好准备，以满足行业对于绿色楼宇日益增长的需求。由于楼宇可持续性是一项贯穿楼宇生命周期的考量因素，设计师必须确保电气系统能够在全楼宇生命周期内对提升能源效率提供有效助力：

- 遵循最新的绿色楼宇规范和实践标准
- 助力满足能源管理和绿色楼宇认证要求，包括绿色认证下的各项条款
- 支持编写合规性报告
- 在楼宇后期长时间的运营和维护期间，满足主动式能源管理标准和最佳实践要求，最大程度地降低能耗和运营成本。

目前，很多全球性和地方性的能效标准正在被重新制定，并提高了相应的标准，包括以下这些已经发布的标准：

- ISO 50001-2018能源管理系统⁷
- IEC 60364-8-1:2019 低压电气装置——能源效率⁸

本文为电气设计师介绍了绿色楼宇及相关重要标准、指导方针和法规的演变。此外，本文还简要介绍了一些相关的能源管理技术，这些技术不但可以帮助业主让资产满足绿色楼宇要求，还能助其实现可持续发展目标。

将政策付诸行动

以下是各国政府、行业组织和当地电力公司在全球主要市场上，规范或鼓励绿色楼宇实践方式的一些实例。

区域和国家层面的激励因素

“楼宇、直接或间接产生的二氧化碳占总排放量的40%。随着楼宇面积的快速增长，能源需求正以接近3%的年增幅持续增长。”

国际能源署

“目前，近五分之一（17%）的《财富》全球500强企业已承诺设定基于科学的减排目标。”

基于科学的目标

欧盟委员会颁布的《能源效率指令》要求，到2030年，欧盟的能源效率必须提高32.5%。⁹欧盟还要求各成员国在2018年底前就如何达成这一目标制定相应的计划。此外，欧盟还通过了最新的《楼宇能源性能指令》，¹⁰其中包括但不限于以下规定：

- 能源性能的考量范围要包括楼宇**所有相关元素和技术系统**的能源性能，包括楼宇供热、制冷、照明、通风等子系统。
- 提高能源性能认证的透明度，并统一应用**所有必要的计算参数**。
- 楼宇**创新成果和技术**也使楼宇在支持经济全面脱碳化过程中发挥作用。

欧盟要求各国必须在2018年6月最新指令发布后的20个月内，将最新指令的内容纳入到国家法律中。

新加坡的目标是到2030年，绿色楼宇覆盖率达到80%。在“绿色楼宇标志计划（Green Mark）”认证体系的基础上，新加坡政府出台了一项总体规划，以此作为节能楼宇建设和改造的框架，以及环境可持续性的评估基准。其中，以下两项措施与电力基础设施直接相关：

- 每年强制提交楼宇信息和**能源消耗数据**
- 对**楼宇制冷系统的效率**和最低标准的遵守情况进行定期强制性**审计**

绿色评级是对楼宇和业主的奖励

近年来，可持续楼宇设计的评级和认证已成为一种主流趋势，各种标准和体系已经逐渐走向成熟，并得到业界高度认可。如果楼宇能够达到绿色楼宇评级要求或获得绿色楼宇认证，那么楼宇业主和经营者将获得诸多收益。美国绿色楼宇委员会（USGBC）在评价LEED绿色楼宇认证体系¹¹的益处时提及了以下方面：

注 [7] ISO 50001-2018, International Standards Organization

注 [8] “IEC 60364-8-1:2019”, IEC Webstore

注 [9] “2030 climate & energy framework”, European Commission

注 [10] “Energy performance of buildings”, European Commission

注 [11] “Green building leadership is LEED”, USGBC

案例研究 1: 全球首个 ISO 50001 认证

2001 年, 位于法国吕埃尔-马尔迈松的施耐德电气总部大楼通过了 ISO 50001 能源管理标准认证, 成为全球首座获得该认证的楼宇。在此之前, 这栋楼宇已经获得了 ISO 14001、HQE Exploitation 和 BREAM In-Use 绿色楼宇认证 (6 星评级——“杰出”)。

那么, 这栋大楼的实际表现如何呢? 通过使用施耐德电气的解决方案, 将所有楼宇内部系统集成到一个平台, 大楼实现了 30% 的能源节约, 能耗率降至每年 80 kWh/m²。此外, 大楼还使用了现场可再生能源系统和用于控制泵、风扇、照明、暖通空调 (HVAC) 和百叶窗的系统。

- 不但楼宇本身获得认可, 还能提升企业品牌形象, 进而成为绿色楼宇领域的领军企业
- 快速提升租赁率, 提高转售价值
- 减少能源、水和其他资源的使用
- 营造更加健康的室内空间, 使住户、社区和环境从中受益

在激励措施的推动下, 对绿色楼宇领域的投资正在不断增加

虽然新的绿色楼宇或改造项目的长期回报可能远远超过绿色设计和建设的增量成本, 但许多楼宇业主可能依然觉得初始投资是一项负担。幸运的是, 随着绿色实践的增多和普及, 前期成本正在持续下降, 这也使得绿色楼宇设计和建造更易于接受。

此外, 目前许多国家, 联邦、州或市政府以及当地电力部门都相继出台了一系列形式各异的激励措施。根据美国绿色楼宇委员会 (USGBC) 的建议,¹²政府出台的激励措施可以包括:

- 抵免已实施的改善措施、已测得的能耗降幅或已实现的能源节约相关的税收
- 援助金 (例如来自市政府的援助金) 或低息贷款
- 加快审核或批准程序, 减少或减免审批费用
- 开发密度和高度奖励
- 免费协助 (例如规划或认证培训、市场推广等)

这其中, 许多激励措施需要楼宇业主能够准确测量和报告运营期间的能耗和成本, 并记录楼宇性能的改善情况才能享有。而针对楼宇改造项目, 楼宇业主必须首先确定能耗基线, 以便与改造后楼宇的实际性能进行比较。

绿色楼宇指导方针和楼宇规范正在被广泛采纳, 且日益呈现出本地化特色

在各国政府致力于实现能源和环境可持续性目标的同时, 全球主要标准组织也在持续更新或推出涵盖场地规划、楼宇设计、基础设施、材料和产品、运营和维护等楼宇方面的支持性指导方针和标准, 一同推动绿色“高性能”楼宇的发展楼宇。

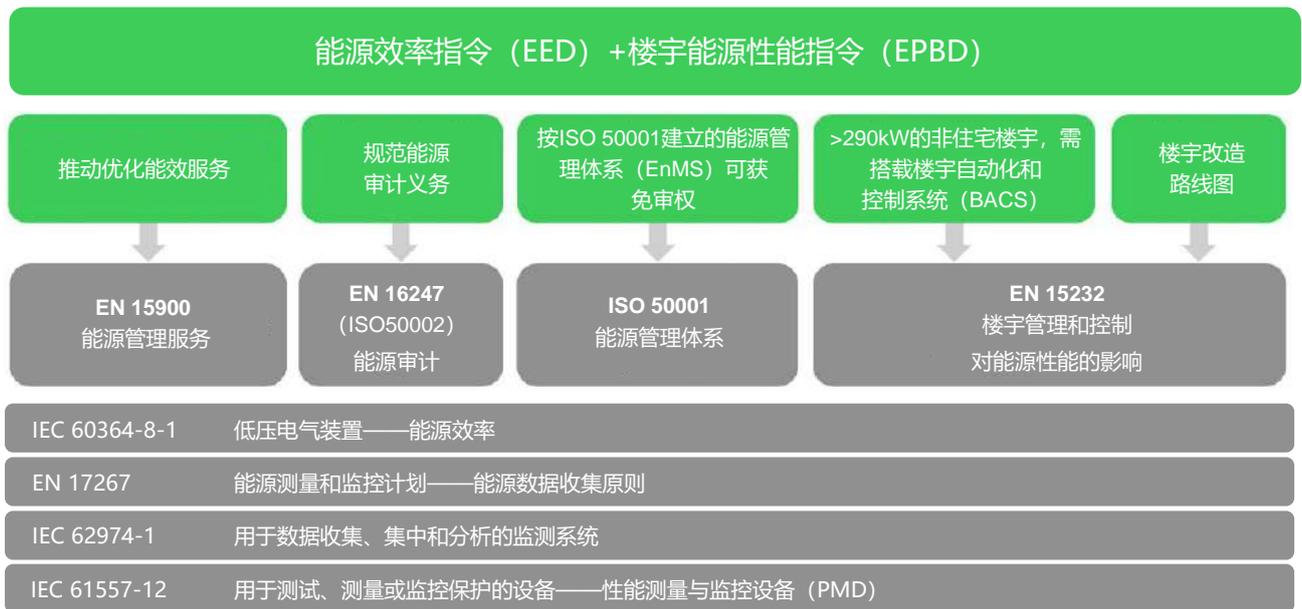
国际标准或规范通常由各国政府和/或行业组织制定, 并主要结合当地的实际情况, 而区域性或国家级的政策以及相关指导方针和标准之间也可能存在直接关系。例如, 节能电气规范可能会对电气基础设施的特定组成部分设计提出要求, 以满足运营最佳实践和绿色楼宇认证要求。以下是一些示例:

注 [12] “Encouraging building energy improvements through tax incentives”, USGBC

- 欧洲。** IEC 60364-8-1标准作为节能电气系统设计标准，被越来越多的欧盟国家广泛采用。正如后文详述的那样，符合这项标准对楼宇获得绿色楼宇认证评分将有帮助，同时还能帮助楼宇更好地遵循能源管理指导方针。在楼宇运营方面，欧盟《能源效率指令》要求员工数量超过250名的大型企业必须定期进行能源审计或部署永久性能源管理体系（EnMS）。此外，欧盟《楼宇能源性能指令》要求，楼宇在进行能效升级前，业主必须提前制定“楼宇改造路线图”。为了满足这些要求，设施团队则必须严格遵循相关的ISO指导方针和欧洲标准。这些内容将在后文详细说明。

图 3

欧洲法规（绿色）与标准（灰色）的一致性



- 印度。** 2007年，印度中央政府颁布并实施了适用于非住宅楼宇的《能源节约楼宇规范》（ECBC）。2017年，印度政府对这项规范进行了修订，将围护结构、机械、电气和管道系统等纳入到考量范畴。随后在2018年12月，印度政府制定并颁布了针对住宅楼宇的《能源节约楼宇规范》，目前仅涵盖针对围护结构、通风和采光方面要求的被动式设计措施，而针对机械、电气和管道系统方面的要求则将在未来几年内陆续出台。一般情况下，在印度，监管楼宇规范的实施属于地方市政机构和各邦政府的权限范围，因此，《能源节约楼宇规范》的实际执行情况仅在部分地区表现良好¹³。目前，印度29个邦和7个联邦属地中，仅15个邦发布了强制执行《能源节约楼宇规范》¹⁴的通知（这只是实施和采用《能源节约楼宇规范》的第一个关键步骤），开始执行该规范的城市数量很少。总体而言，虽然目前将诸如IEC 60364-8-1、ISO 50001等标准纳入到本国标准体系中属于自愿行为，但印度标准局已经相继采纳了多个相关标准。

注 [13] “Roadmap to fast track adoption and implementation of Energy Conservation Building Code (ECBC) at the urban and local level”, NITI Aayog / BEE / AEEE,2017

注 [14] “Handbook: ECBC Compliance in Indian Cities”, ICLEI South Asia and Shakti Sustainable Energy Foundation,2018

未来的高性能楼宇

出色的楼宇设计在诸多方面均有助于在运营阶段提升楼宇的整体能源效率。而在优化楼宇能源性能的过程中，则需要解决一系列的被动和主动因素。

被动式节能要素

被动式节能指有助于提升楼宇舒适度和能源效率的自然过程，通常与水、空气、蒸汽和热效应有关。这些要素包括：

- 楼宇位置与自然光线楼宇方向
- 楼宇围护结构，包括使用的材料（例如保温与隔热材料、窗户等）
- 自然通风（例如自然制冷）

由于被动式节能系统通常需要固定安装，因此优化这些系统的投资成本至关重要。这也意味着，这些系统的部署通常属于一次性投资，除了对楼宇维护结构进行改造之外，其他部分升级的潜力和方法有限，需要的维护成本也较低。

主动式节能要素

主动式节能是指利用自适应系统，来提升能效并降低成本，从而优化使用者舒适度、使用过程的便捷度及其他操作的体验。此类系统包括：

- 供暖、通风和空调（HVAC）系统
- 照明系统
- 楼宇和能源控制系统，包括楼宇管理系统（BMS）以及电能管理系统
- 可再生能源系统，包括微电网控制系统和分布式能源管理系统

案例研究 2：实现了碳中和目标的楼宇

位于新加坡加冷的施耐德电气东亚及日本区总部大楼，于2020年成为首座实现碳中和目标的楼宇。

这座可容纳1400名员工的综合性办公大楼和创新中心，在白天能够100%依靠太阳能满足电力需求，而这正是得益于其使用的，涵盖3000台互联互通的物联网设备的智能楼宇技术。

此外，这座经过改造的办公大楼也是首个获得“BCA绿色楼宇标志铂金奖”的楼宇。

在主动式节能系统的帮助下，设施运营团队能够进行实时监控、专业分析（利用性能指标和关键性能指标）、高水平的控制和维护（图 4），从而提升运营绩效。

图 4
主动式节能系统能够持续优化楼宇能效。



这已经成为业界公认的、能够高效地在楼宇生命周期内将楼宇能源成本降到最低的最佳实践，这也是为什么这些措施能够完全符合 ISO 50001 等国际能源管理标准的重要原因。

然而，这些系统也极其的复杂，往往需要融合多种新技术（例如，基于物联网的测量系统），还需要能够集成楼宇管理和照明控制等不同系统。也正因如此，在很多主动式节能系统的前期设计中，通常只会考虑起始投资成本对项目价值的影响，而很少会考虑到楼宇在后期运营阶段的表现对使用者产生的影响。这种做法通常也会在后期运维阶段产生额外的成本。

“初始投资成本仅占楼宇全生命周期楼宇总成本的15%.....【如果在楼宇开发过程中忽略了这一事实】.....楼宇会使客户错过最大限度降低其余85%成本的宝贵机会。”

由于对楼宇进行改造的成本可能更高，因此对于楼宇商和设计师而言，在初始设计和调试过程中，对主动式节能系统的选择和优化非常重要。

电气设计师的重要作用

国家研究委员会

在前期设计过程中，为平衡楼宇中被动式和主动式节能系统使用的资本投入成本，需要考虑到诸多相关方的利益。而电气设计师的首要任务，正是设计出节能和成本最优化的电气系统。

电气系统设计是高效楼宇的核心，这一观点在 LEED 绿色楼宇认证中也有所体现，在这项认证 69 项评分项中，有两个必须项和多达 28 项评分项（占比超过 40%）与电气系统设计有关，¹⁵由此可见电气系统设计对于楼宇能效表现的重要性可见一斑。相关示例将在后文展示。

案例研究 3：通过 SEP/ISO 标准认证实现 180 万美元的成本节约

到目前为止，施耐德电气旗下已有 20 家制造工厂成功获得了美国能源部卓越能源绩效项目（SEP）认证，该认证体系已将 ISO 50001 能源管理体系认证纳入其中。

施耐德电气采用了一种新颖的“三阶段”方案，每一阶段以渐进式实现了卓越的执行成本节约目标。在公司能源与可持续发展服务（ESS）团队的支持下，公司在旗下所有制造工厂推行了此方案，并为相关部署提供支持。

美国、加拿大和墨西哥境内的多家工厂已实现年成本节约近 180 万美元，其中电力成本节约近 80%，天然气成本节约近 20%。

电气设计师面临的挑战是如何平衡多个关联方的需求：

- 确保电气系统的设计符合现行的严苛电气规范和标准
- 需要思考如何通过优化设计和建造，提高楼宇获得绿色楼宇认证的几率
- 无论运营商是自愿遵守，还是遵循政府的强制指令（例如欧盟《能源效率指令》），或满足税收激励措施要求，设计者都需要通过楼宇应用各项必要的技术，使楼宇符合楼宇各项能源管理标准的规定（例如 ISO 50001 或美国能源部卓越能源绩效（SEP）项目标准）。
- 优化项目成本

幸运的是，最新的节能楼宇标准和指导方针为电气设计师提供了新的机遇，使他们能够在技术创新的同时，满足楼宇规范的各项要求。在行业迅速向绿色标准迈进的过程中，此举有助于市场竞争优势的保持。正如引言中所指出的那样，拥有众多公认的优势的节能设计，其成本也应该经得起推敲。

绿色楼宇蕴含着巨大的机遇。由于各国楼宇存量市场规模巨大，楼宇节能改造领域也有广阔的前景。最新的楼宇规范和标准也将能源效率纳入电气系统的主要规范之中，助力企业紧跟客户需求的变化。这样一来，企业将可以借助有限的人力更好地管理设计项目的工作量。

注 [15] “Sustainable Design for Electrical Engineers”，EC&M.2006

以下章节将为您介绍与电气设计师相关的，最成熟、适用性更强的节能楼宇标准和指导方针。通过更好地了解这些标准和指导方针，设计师可更好地为客户提供面向未来的高性能解决方案。

绿色楼宇标准和指导方针

全球各地拥有许多由标准组织、各国政府、行业组织或实体协作组织制定的节能楼宇标准、指导方针和评级系统。如前所述，其中部分标准主要针对当地（例如国家、州或市）的实际需要而制定或修改。本节将主要探讨在全球各国广泛应用潜力的国际标准。

虽然大多数标准仅适用于楼宇的设计或运营阶段，但是也有一些标准或评级系统涵盖这两个阶段的所有要素。由于电气系统的设计对楼宇的被动式和主动式节能均有影响，因此，许多相关的设计和运营标准密切关联。

图 5 简要展示了本节所述的各项标准和指导方针，展现了这些标准和指导方针之间的关联和相互作用。图片以时序方式，呈现从设计到运营阶段，楼宇所需遵循的标准和指导方针。在后续章节中，我们将为您介绍详细介绍各项标准，并将在附录中提供这些标准的超链接，便于您了解其完整信息。

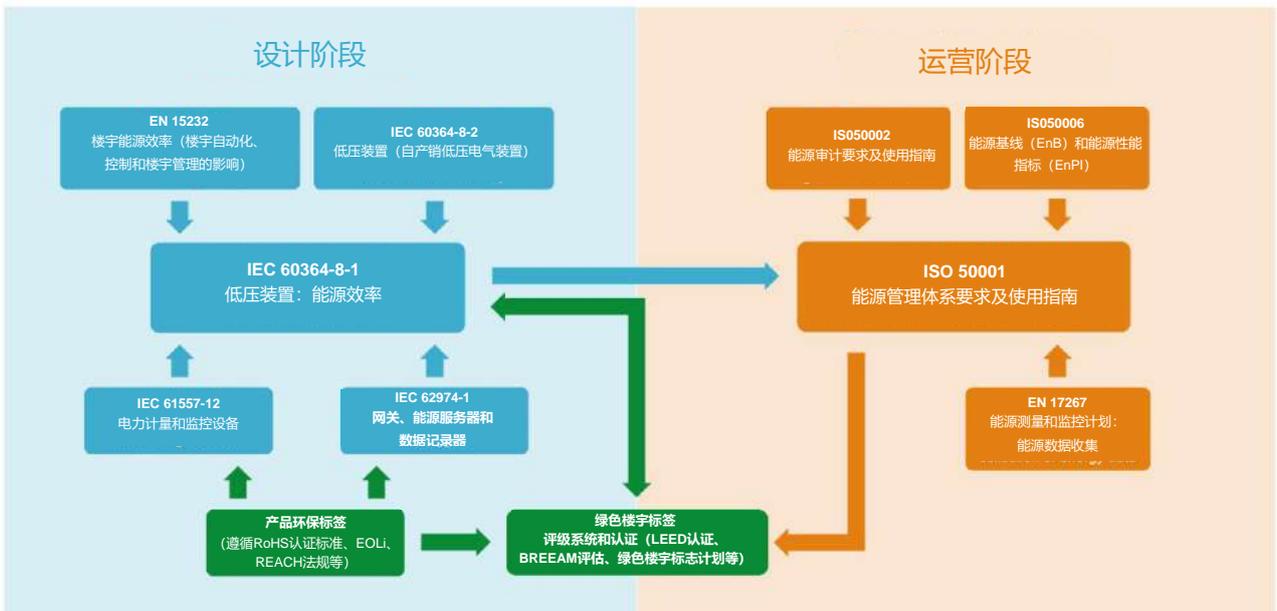


图 5

楼宇设计和运营阶段的选定标准和指导方针的关系

设计阶段的标准

IEC 60364-8-1: 低压电气装置——能源效率

这项标准旨在为住宅楼宇、商业楼宇、工业楼宇和基础设施，提供一种包含要求和推荐框架，帮助设计和评估，全新和既有结构的高效低压配电系统。在提供相同水平服务和安全保障的同时，这项标准旨在永久性地降低电力损失，促进运营过程中电能的高效利用，并减少能源费用。

这项标准以三项主要原则为指导，这些原则中均包含相应的技术指南，以统性方法提升能源效率（见图 6）。

图6

IEC 60364-8-1 标准的原则和技术指南汇总，重点介绍了三项指导原则。



支持绿色设计的工程工具

工程师可以借助许多软件应用，设计配电系统。一些主要供应商正在不断更新自己的设计软件，以便推动IEC 60364标准的本地化实施。施耐德电气的EcoStruxure Power Design - Ecodial software软件便是其中一例。该解决方案可以使工程师在遵循标准的同时，更轻松地将节能设计集成到工作流程当中。

技术指南的各方面示例包括：

- 通过增加电缆的截面积以及功率因数补偿与谐波缓解，减少布线损耗
- 使用重心法对高压/低压变电站和配电盘的位置进行优化部署
- 确定拥有类似能源需求的设备、电力监控设备、通信设备和能源使用分析设备所在的网络或区域。亦可参见以下IEC 61557-12标准内容。
- 使用能源效率与负载管理系统（例如能源管理、楼宇自动化和控制）控制电力应用。亦可参见以下EN 15232标准内容。

此外，该标准还描述了一种全生命周期方法论，它代表着一种可以持续改进的节能计划（如主动式能源管理），以确保新建楼宇能够保持自身性能，并可随着时间的推移，帮助现有设施符合最新标准。

图7

IEC 60364-8-1 标准中基于分值体系方法判定的电气设计效率排名。

最后，这项标准提供了一种分值体系方法，基于标准中涵盖的各项措施的实施水平（例如初始安装、能源管理、性能维护、电力监控等），评估电气装置的能源效率。基于这样的方法可以获得效率的整体评估（见图 7），帮助设计师评估自身的设计方案，从而为客户提供更具竞争力的一流解决方案。反之，客户也可以更加方便地确定所需设计。



IEC 60364-8-1，是唯一可定义可直观呈现能源使用情况，确定节能措施的配电设计标准，能够为客户带来诸多收益：

- 能够帮助客户尽可能满足大量绿色楼宇认证标准。
- 助力确定相关测量和规划措施，为符合ISO 50001标准的能源管理体系提供支持。

- 满足楼宇信息管理（BIM）、楼宇能源管理（BEM）和楼宇能源模拟（SIM）系统的电力和能源数据需求，帮助进一步优化楼宇设计、施工和运营。

正因这项标准具有广泛的应用价值，一些国家将其纳入电气规范种，其中，德国是首个采用该标准的国家，一些其他国家计划在未来几年内采用该标准。

案例研究 4：3M 和施耐德电气实现高达 65% 的能效改进

在对部分制造工厂进行 ISO 50001 标准和卓越能源绩效（SEP）项目认证的过程中，3M 和施耐德电气都证明了“与未获得认证的项目相比，认证项目均获得了较好的能效改进。”

3M 旗下 23 家工厂通过了 ISO 50001 认证，7 家通过了美国能源部 SEP 认证，1 家通过了韩国 SEP 认证，认证结果显示，3M “这些经过认证的工厂可实现比同行的工厂平均高 62% 的成本节约。”

在旗下 20 家位于北美地区的工厂通过认证后，施耐德电气在报告中称：“过去四年来，与未获得认证的工厂相比，这些工厂的节约能力提升 65%。”

获得 ISO 50001 和 SEP 认证的工厂表现优于同行



美国能源效率与可再生能源办公室

IEC 61557-12: 电力计量和监控设备 (PMD)

无论计量和监控功能由一个独立装置提供还是内置于智能断路器等设备中，本标准参照 IEC 60364-8-1 标准，可以帮助设计师，针对不同的电力成本管理应用程序，选择合适的装置。

这项标准涵盖能源测量（例如有功、无功、表观等），以及其他关键的电气特性（例如功率、电压、电流、功率因数、频率等）和电能质量测试（例如谐波、电压下降等）。这项标准还定义了额定操作范围和可使用的测量技巧。这项标准涵盖范围非常广，这也是它与其他电力计量标准的最大不同之一。

电力计量和监控设备的运行情况，通常以三种性能级别定义，具体维度包括精度、测量范围、环境和电磁所处情况，以及提供连续（无间隙）测量的能力。

IEC 62974-1: 网关、能源服务器和数据记录器

这项标准规定了对“用于数据收集、集合和分析的监控和测量系统”的要求。具体来说，能源服务器、能源数据记录器、数据网关和 I/O 数据集中器用于传输能源、电力、温度或其他信息，以实现提高能源效率的目的。

这些设备可以采用嵌入式安装，也可以连接至软件应用程序，用于数据整合和分析，进而支持能源管理（参照 ISO 50001 标准）、能源审计（参照 ISO 50002 标准）、监控（参照 IEC 60364-8-1 标准）或认证（例如 LEED 认证、BREEAM 评估）。

与电力计量和监控设备（PMD）类似，这类设备的选择，主要基于较为苛刻的商业和工业环境，对稳健性的要求。此外，电力计量和监控设备以及所有其他通信设备必须具备网络安全特性，符合通信和系统集成领域的所有相关标准（例如 IEC 62443 标准）。

EN 15232:

楼宇自动化、控制以及楼宇管理所产生的影响

这项标准旨在支持欧盟《楼宇能源性能指令》（EPBD），¹⁶因此其中纳入了与节能电气系统设计的相关指南。

这项标准充分反映了楼宇自动化和控制系统（BACS）对楼宇和居住者产生的重大影响。标准中提供了所有可能影响能源性能的自动化功能列表，能够对影响进行量化的程序，以及为不同类型楼宇的楼宇管理系统定义最低标准的方法。

此外，这项标准还给出了针对性建议，用以执行楼宇能源审计、计算楼宇自动化和控制系统效率，以及使用简单的回收期或详细的生命周期分析方法，评估项目的财务情况。

IEC 60364-8-2标准:

自产销低压电气装置

这项标准与 IEC 60364-8-1 相关，主要针对本地能源生产和/或储存。这项名为“自产销电气装置（PEI）”的标准规定了将电气装置集成至智能电网时，所产生的可持续、高效、安全运行要求。这项标准适用于新建项目或改造项目。

运营阶段标准

ISO 50001:

能源管理体系

2011 年，在联合国工业发展组织（UNIDO）的推动下，国际标准化组织携手各成员国及世界能源理事会（WEC）共同编写并颁布了 ISO 50001 标准。这项标准确立了一套系统性方法，旨在帮助各组织“持续提高与能源使用有关的性能表现和能源效率，并确定可能的节能减排机会。”因此，这项标准为包括管理层的决策、能源效率计划审查、改进、验证和进一步行动在内的综合流程提供了指导方针。与此同时，这项标准还涵盖包括水、空气、天然气、电和蒸汽在内的所有公用事业的管理。

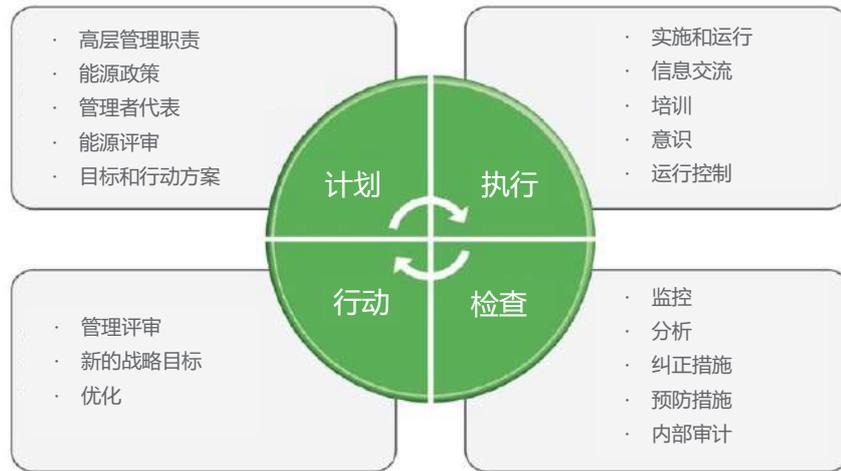
虽然 ISO 50001 框架只是一项推荐性标准，但是目前许多国家已经纷纷采纳这项标准，将其作为制定政策和法规的依据。此外，这项标准也深受各大企业青睐，成为高效楼宇运营的主要依据。2017 年通过 ISO 50001 标准认证的企业数量已经达到 22000 家左右，¹⁷多数来自欧盟。美国能源部也推出卓越能源绩效 50001 计划，对第三方核验的绩效进行成果改进和额外认可。

注 [16] “Overview of EN 15232...” . Build Up

注 [17] “ISO调查”，国际标准化组织

图8

ISO 50001 四步战略框架



ISO 50001 标准在某些方面类似于 LEED 等绿色楼宇标准，因为它可以提供从节能设计到设施运行与维护等全流程的整体规划建议。很多绿色楼宇体系仅被动地提出了设置能源管理体系的要求，而 ISO 50001 标准则定义了一个通过“计划-执行-检查-行动 (Plan-Do-Check-Act)”框架 (图 8) 持续改进的流程。

2018 年，国际标准化组织 (ISO) 对 ISO 50001 标准进行了修订，在第 2 版中新增了若干方面的要求，包括要求高层领导更多地参与进来、预先识别各项风险、尽早明确数据收集方案、数据收集来源等方面的改进。

能源管理体系的执行与实施，需要具备前文提及的计量、监控以及能源管理技术。有关测量计划的更多有用信息，敬请参见 EN 17267 标准，本文以下章节将展开详细论述。

ISO 50002:

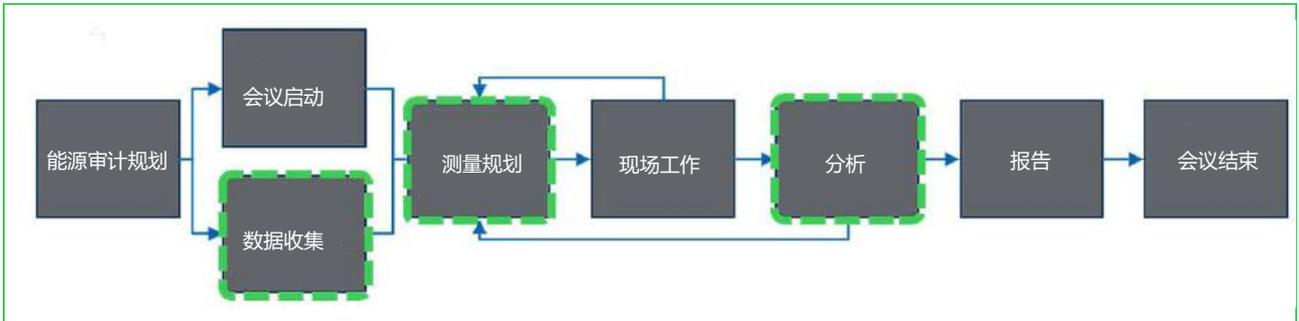
能源审计

这项标准确定了“发现能源性能改进最低标准所需要素”。虽然这项标准并非 ISO 50001 标准的要求，但是它描述了一种可信赖的能源审计方法，可以作为 ISO 50001 “能源评审”的输入项。

图9

ISO 50002标准所述的能源审计方法，重点突出了需要进行能源计量和分析的环节。

这种方法对设备的能源使用情况、使用效率和能源消耗进行了详细分析，有助于从中发掘可以减少废弃物和提高能源与财务绩效的机会，并优先加以利用（见图 9）。这种方法的实施，需要有精准的能源计量和数据分析系统做为支撑。这种能源审计方法的一致使用有助于在不同站点之间形成准确的基准。



ISO 50006:

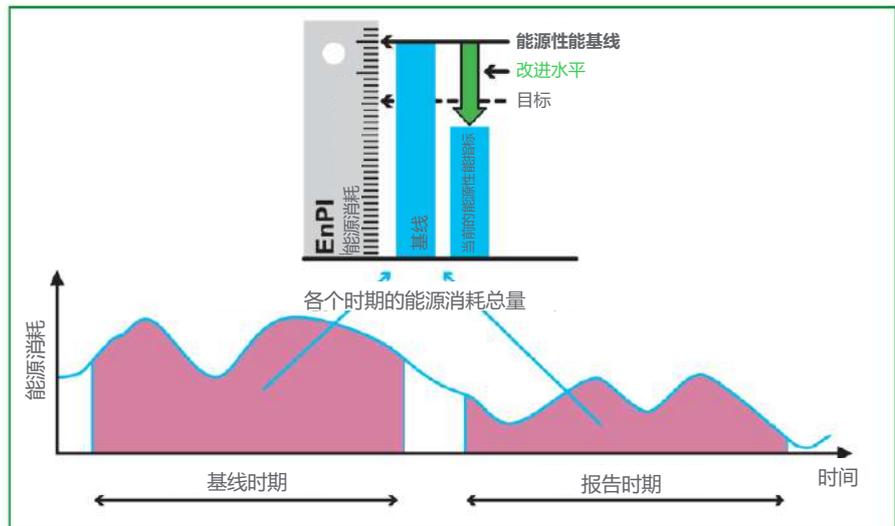
使用能源基线 (EnB) 和能源性能指标 (EnPI) 测量能源性能

这是 ISO 50001 的另一项配套标准，对能源性能基线 (EnB) 和能源性能指标 (EnPI) 的确立、使用和维护给出了更为详尽的要求。这项标准解释了能源性能如何适配于 ISO 50001 的“计划-执行-检查-行动”框架，定义了 4 种类型的能源性能指标，并使用能源性能指标和能源性能基线量化能源性能。

这项标准能够帮助组织机构确定能源性能目标，并以此作为其能源管理体系中能源规划流程的一部分。它还解释了如何使用规范化流程、如何计算能源性能改进水平（见图 10）并交流变化信息，以及如何在发生变化或需要调整时维护能源性能指标和能源性能基线。

图10

基线时期和报告时期的概念，用于量化与能源效率相关的结果



EN 17267:

能源测量和监控计划——能源数据收集

这项标准是 ISO 50001 标准的另一项补充标准，用于帮助组织机构制定数据收集计划。为了达到 ISO 50001、50002 或 50006 标准的要求，各家企业通常存在以下方面的需求：

绿色楼宇评级体系示例

- BEAM (香港)
- BREEAM (国际)
- CASBEE (日本)
- DGNB, 被动方研究所 (德国)
- EDGE (新兴市场)
- Energy Star能源之星 (美国、加拿大)
- Green Mark绿色楼宇标志 (亚洲)
- Green Star绿色之星 (南非、澳大利亚)
- Green Globes (美国、加拿大)
- HQE, E+C- (法国)
- LEED (国际)
- Pearl (阿联酋)

(来源: WBDG.org 及其他来源)

- 测量内容
- 测量设备的数量、种类及安装位置
- 确保长期准确性和可重复性的方法
- 上传数据的频次
- 测量系统的预算方法

EN 17267 标准采用六个阶段的具体流程，帮助我们回答了上述问题。这项标准介绍了一种规定了三种合规性级别（即基础、中级和高级）的实用方法。

绿色楼宇和产品标签

绿色楼宇标签

绿色楼宇评级体系属于推荐性项目，出现的形式多种多样，以政府为主导的推广对于评级体系的应用极为有效。如上文所述，新加坡政府已采纳并在国内大力推广绿色楼宇标志 (Green Mark) 计划。目前，这项计划已经在亚洲 15 个国家和地区的约 71 个城市得到广泛采纳。

相比之下，全球使用范围最广的 LEED 绿色楼宇评级体系源自美国私营领域，但很快发展到其他业务领域。据 LEED 绿色楼宇评级体系的发起方——非营利性组织美国绿色楼宇委员会 (USGBC) 的报告显示，截至 2018 年底，LEED 评级体系“已经应用于 167 个国家和地区，共有 96275 个注册和认证项目。

¹⁸另一项私营领域认证计划——BREEAM 可持续评估体系由研究咨询公司英国楼宇研究院集团 (BRE Group) 发起，目前已经颁发 56.5 万张证书，通过评估的楼宇超过 220 万座，覆盖全球 83 个国家和地区。¹⁹

这些评级项目在不同国家可能有所差异，在某些情况下也会出现重叠，但是这些评级项目都不约而同地给出了一个框架，其中涵盖设计、施工等诸多方面的要求，包括指导方针和检查清单等。评级和认证水平通常以计分制为依据，针对具体的特性和功能给出评分，通常包括能够用于测量和管理能耗方方面面的技术。表 1 对比了 LEED 和 BREEAM 评级体系的异同，具体列出了楼宇电气设计所占的分值。



注 [18] “美国绿色楼宇委员会 (USGBC) 公布LEED十大市场榜单”，USGBC, 2019年

注 [19] BREEAM, 美国

虽然楼宇设计的评级或认证流程可能涉及对楼宇运营阶段的考量，但并未对实际性能验证提出硬性要求。澳大利亚 NABERS 等评级体系可以衡量绿色设计方案是否在设施使用周期内实现了预期效果。此外，如需维持（也就是再认证）绿色楼宇评级，则需要使用精准的能源测量体系为楼宇的持续能源消耗提供证明资料。

表1
LEED和BREEAM绿色楼宇
评级中电气设计相关分值的
比较

评分	LEED	BREEAM
区域*	X	
用途*	X	X
DR	X	
网格	X	
按用途测量	X	X
占用率检测	X	
实施EMS	X	X
暖通空调控制	X	X
照明控制	X	X
生命周期的实施办法*	X	X
性能验证频次	X	X
数据管理	X	X
是否对大型用能系统进行持续监测	X	X
可再生能源	X	X
电能存储	X	X

* 涵盖楼宇内所有技术系统，不仅限于电气系统

产品生态标签

正如《整栋楼宇设计指南》(WBDG)所述，“绿色产品认证旨在描述并确定某一产品是否达到具有环境效益的特定标准。很多产品标签和认证项目依据使用周期参数对产品进行认证，使其成为多属性项目。此类参数包括能源使用、回收物质、以及生产、处置和使用过程中废气和废水排放量。其他项目则专注于产品的单一属性，例如可直接影响室内环境质量 (IEQ) 的水、能源或化学物质排放量。”²⁰

注 [20] “绿色楼宇标准和认证体系”，WBDG



符合标准的技术

由于 LEED 和 Green Globes 等很多楼宇评级体系都可以用于认证绿色产品，并且随着绿色产品需求的急剧上升，认证数量也在不断上涨。北美地区知名度最高的生态标签是由美国能源部主导“能源之星（Energy Star）”，主要关注能源效率。施耐德电气 II 类 ISO 14021 标准 **Green Premium** 是全生命周期多属性生态标签的一个生动示例，²¹具体包括

- 遵循相关法规（RoHS指令、REACH法规），在产品内部尽量减少使用有害物质
- 便于计算碳足迹的产品环境概貌（PEP）
- 降低成本并优化回收的报废指示

随着新的能源效率标准和指南的不断涌现和完善，领先的技术提供商一直在不断强化自身解决方案，提升合规水平。电力和能源计量、监测、分析和控制能力可以作为单独或集成式的方案提供。但是，方案的各个部分应经过认真甄选，切实符合相关标准或指南要求，推动客户实现其能源性能和认证目标。

能源计量和电力监测

电气设计师应部署符合最新标准的电能表、电力监测装置和网络设备，此举有助于测量值的准确性和测量安全。举例来说：

- 能源计量和电力监控设备（PMD）应遵守 IEC 61557-12 标准，并纳入所有必要测量，以确保设施的各方面达到 ISO 50001 标准的要求。
- 网关和能源服务器应遵守 IEC 62974-1 标准。
- 关键电力设施应考虑引入高级电能质量（PQ）监控和分析功能。设计师在设计过程中应参考 IEC 61000-4-30 和 IEC 62586 标准，从中获取相关指导。
- 设计师应选择具备物联网功能的计量、监控、记录和通信设备，生产厂商应在产品研发阶段践行网络安全。此外，产品还应具备符合 IEC 62443-4-2 等国际网络安全标准相关要求的功能。

注 [21] “Green Premium: 一个标签, 多项优势”, 施耐德电气

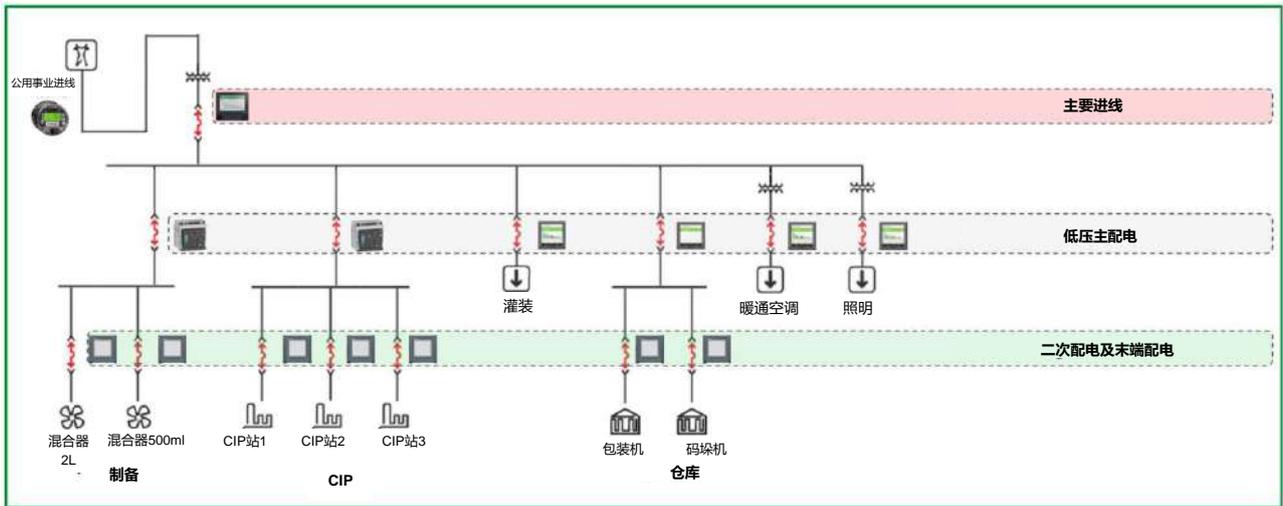


图11

软件应用

符合IEC 61557-12标准的数字能源计量和电力监控设备示例

为了能够达到 ISO 能源管理指导方针和绿色楼宇认证体系的操作要求，一些生产厂商提供的软件应用中包含所有相关的能源参数和关键性能指标。例如：

- 能源管理体系（EnMS）——应依据ISO 50001、ISO 50002、ISO 50006、EN 17267和IEC 60364-8-1标准要求的功能和特性进行选择。部分厂商提供的软件应用已经通过了注册审计师的核验。
- 楼宇自动化与控制系统（BACS）——又称为楼宇管理系统（BMS）或家用及楼宇电子系统（HBES）：应依据EN 15232标准进行选择。

除了符合相关标准和评级体系，在选择解决方案的过程中还需要考虑到其他几项因素。举例来说：

- **基于云的应用和本地托管的应用。**依据楼宇面积和内部设施管理与工程资源的可用性，相较于基于特定设施的软件，云端托管的应用和专家服务更为适宜。
- **快速告警和电能质量分析。**大型或关键电力设施必须具有快速和可靠的报警功能，此外，此类设施必须支持完善的电力、电能质量和电源可用性分析功能，这点尤为重要。
- **微电网控制。**如果设施中可能涵盖现场能源设备（例如可再生能源、能源储存等），则应考虑配备完整的微电网管理系统，且应严格遵循IEC 60364-8-2标准的各项规定。
- **应用集成。**EnMS、BACS、微电网控制和所有其他楼宇、电能及能源管理系统均应尽可能紧密地集成在一起，从设施层面提升安全性、可靠性和能源效率。
- **网络安全合规。**能源管理解决方案的所有系统和产品必须充分确保网络安全。软件应遵守IEC 62443-4-1和IEC 62443-4-2部件安全级别1。

图12

符合 ISO 50001 标准的 EnMS 应用软件示例，呈现能源 KPI 报告值



结论

随着全球楼宇数量及相关排放量的持续增长，各国政府和行业组织正在不断引入各项标准和指导方针，促进绿色楼宇设计和运行。这一趋势为设计企业和工程师带来了良好的机遇，帮助他们更好地满足新建和改造项目客户对于节能电气系统的要求。

为了打造最高效、面向未来的电气系统，设计师需要熟悉当地各项标准和指导方针的最新版本内容，明确这些标准与指导方针之间的关系。这些将有助于楼宇获得最佳能效和绿色楼宇认证。

在设计阶段集成必要的计量、监控和分析技术后，主动式的能源管理将可以在运行阶段得到有效实施。这将有助于客户遵守最新的标准和环保法规，并在楼宇的整个生命周期内不断优化能效、维护、电能质量及正常运行时间。

2.2 智能建筑：楼宇管理系统（BMS） “开放性”评估框架

摘要

随着“智能”建筑这一理念在业主中的普及，楼宇管理系统（BMS）的“开放性”需求也与日俱增。然而，“开放性”一词本身的含义就模棱两可，容易产生混淆，同时可能会导致业主选择那些无法满足当前和未来业务需求的系统。我们认为，在讨论开放性BMS时，需明确开放性的三个层级：(1)数据采集/共享，(2)系统集成，以及(3)楼宇统筹，从而避免概念混淆，并就此展开清晰明确的讨论。本白皮书会确定BMS“开放性”评估框架的定义，详细说明相关术语，并针对关键开放性标准展开讨论，包括它们如何影响BMS的复杂性和性能。此外，本白皮书还列举了各应用场景。

简介

在过去，楼宇管理系统（BMS）的功能主要是监控楼宇暖通空调（HVAC）系统的运行。然而，随着关于提升楼宇效率、可持续性、生产力和用户体验的社会压力逐步增加，BMS的作用也应随之改变。为此，业主需改变传统楼宇系统的孤立状态，实现互联互通，集成物联网（IoT）设备和第三方应用，最终实现整个楼宇运营的自动化和优化。

在施耐德电气第 500 号白皮书 [《下一代楼宇管理系统（BMS）需要具备的三个基本要素》](#) 中，我们讨论了传统 BMS 无法进一步提升其功能的原因，并说明了下一代 BMS 作为主动监测、控制和自动化的智能楼宇系统平台所必备的特性。此外，我们还讨论了诸多业主希望实现智能建筑的目标，以及信息技术（IT）、物联网和“智能建筑”等技术的进步如何从以下方面赋能楼宇：

- 通过利用电网服务和人工智能（AI），最大限度地减少能源消耗
- 统筹HVAC、安保/安全、照明和入住等系统，提升用户工作效率及满意度
- 尽可能以最可持续和可靠的方式开展自动化运营

供应商认为，“开放性”是 BMS 的特性；业主则认为，“开放性”是其对 BMS 的要求。但是，**由于业内尚未对“开放性”一词拟定标准定义**，人们对其理解通常模糊不清，有混淆之处。“开放性系统”的一般定义是“一个结合了互操作性、可移植性和开放性软件标准的系统”。²²但是，这个定义过于宽泛，还有很多有待阐释的内容。请注意，本白皮书并未涉及“开源”（可自由获取并可修改的软件）。

当论及开放性 BMS 时，人们经常会谈到技术能力（即协议兼容性），有时也会提到系统调试和维护的便利性，此外，也会说到与其他楼宇系统互联互通的能力。由此可见，人们对开放性楼宇管理系统的定义各有不同，也难以就此展开明智的谈话。这种情况下，人们很有可能选择一个无法满足当前和未来业务需求的系统。

为此，本白皮书拟定了开放性 BMS 的讨论框架（如图 1 所示），以便楼宇决策者评估系统功能、在了解相关背景情况下进行深入讨论、知晓实现开放性的复杂度及其影响，并根据建筑的预期效果，最终做出更明智的系统选择。

图 1
“开放性” BMS 的评估
框架



开放性是一个复杂的话题。每栋楼宇都是独特的，也有不同的目的。在本框架中，我们为决策者划分了三个不同的开放性层级，每层的开放程度有所不同，也代表了有着不同预期和挑战。同时，每层都建立在上一层级之上。换言之，第 1 层的功能是获得第 2 层功能的先决条件，第 2 层的功能是获取第 3 层（即，实现“智能建筑”目标）功能的先决条件。为了确定系统在各层级的开放程度，我们制定了三项标准：

- **互操作性**——系统的某一部分与其他部分的协作能力，或一个系统与其他系统的协作能力。系统的开放程度越高，可共享的数据就越多，互操作性也会越复杂。
- **工程复杂性**——实现互操作性的难度。关键考量因素在于所需的定制化服务和编程量。
- **执行人**——该项工作是否需要娴熟的专家？是否仅限于持证人员？对专业人员和专业技能的需求是执行该项工作的重要一环。

注 [22] [https://en.wikipedia.org/wiki/Open_system_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Open_system_(computing))

然而，我们通常需要在这些标准中做出权衡。例如，您的系统可能在互操作性方面实现高度开放，但却要以牺牲工程简易性为代价。

下文中，我们将详细说明相关术语及其定义，并分别说明三个层级，其中包括用例介绍以及开放环境下，上述标准影响系统性能的方式。本白皮书提供的用例均基于一家医院案例，以便说明这些层层构建的层级将如何实现最终目标——智能且统筹的楼宇。

术语

在针对 BMS 进行讨论时，用到了很多术语，但是这些术语通常都被曲解和误用。因此，在说明上述三个层级前，需详细阐释描述 BMS 时所需的基本术语，以及该等术语对开放性的意义。

BMS 系统是一个综合的软硬件相结合的系统，包括下列主要部件。

- **I/O (传感器、继电器和执行器)**²³——传感器可针对您想了解的各项环境信息（包括温度、入住情况、气压）提供输入信息；继电器是电动操作的开关，可用于设备启动和关闭（即风扇开关、电灯开关等）。执行器是指可移动对环境有影响的机械装置的设备（即打开阻尼器、调整阀门等）。
- **现场控制器**——现场控制器是指可通过物理方式连接至传感器和执行器，并且能运行本机控制逻辑的可编程设备。此外，这些设备还能和楼宇控制器或其他现场控制器互相收发楼宇层面的信息，以影响本地控制逻辑，进而促成相应的操作（即关闭阻尼器）。
- **楼宇控制器**——有时亦指楼宇服务器，是指对多个现场控制器和/或其他楼宇控制器的活动进行集成和协调的设备。楼宇控制器会通过其自身的控制逻辑进行协调，此外也可以为BMS的UI提供服务。
- **云基础设施**——云计算技术可用于提供长期历史数据储存、分析和/或接触并与第三方应用互动。
- **客户应用 (UI)** ——系指构建、维护和操作系统的用户界面。它可以是建立在PC之上的应用程序，可以是建立在web上的应用程序，也可以是移动应用程序。该应用可执行编程功能，并通过图形和仪表盘展示系统视图。

在讨论开放性这个话题时，通常会围绕通信协议展开。但是，相关术语同样会 有所混淆。例如，协议可能是开放协议或封闭协议，也可能是标准协议或专有协议。但是，人们通常将开放和标准及封闭和专有这两组词换用。实际上，协议可能同时兼具标准和开放属性，或专有和开放属性。如下所示为这些术语的定义以及应用程序编程接口 (API) 与协议的不同之处。

注 [23] 通常而言，人们最开始接受的是底层的I/O设备，然后是现场控制器和楼宇控制器。

- **协议**——通信协议是允许两个或多个实体传输信息的规则系统，而这些规则又定义了语法和语义等事项²⁴。实际上，协议可允许两个设备相互通信。当提到协议时，有些是指运营技术 (OT) 协议，有些是指信息技术 (IT) 协议，还有一些则是指物联网协议。如需了解各协议的更多信息，请参见第500号白皮书——《[下一代楼宇管理系统 \(BMS\) 需要具备的三个基本因素](#)》。智能建筑通常会涵盖三项协议。
- **开放协议**——通过开放协议，不同供应商的设备都能互相操作，且无需专有接口或网关²⁵。它们操着相同的语言，无需翻译。LonWorks和BACnet便是开放协议很好的案例。
- **封闭协议**——系指专有且需要接口或网关才能与其他供应商的产品进行通信的协议。在某些情况下，供应商可选择创建封闭协议，以便在该供应商的两个设备间启用供应商特定的功能。
- **标准协议**——系指由公认第三方标准机构制定并控制的协议，且该等协议是业内认可的通信方式，对所有人开放。例如，BACnet是ASHRAE推动的标准（和开放）OT协议，TCP/IP是IEEE推动的标准（和开放）IT协议。
- **专有协议**——系指由单个组织或个人拥有的通信协议²⁶；例如，N2 Open是由江森自控拥有并维护的专有（但开放的）操作技术协议。
- **应用程序编程接口 (API)** ——是一种计算接口，定义了多个软件中介之间的互动。通过归纳底层实现和仅公开软件开发人员需要的对象或操作，API可简化编程²⁷。

第 1 层：数据采集/共享

第 1 层——数据采集和共享，是“开放性”BMS 的关键基础。BMS 将控制以 HVAC 系统为代表的楼宇内各个系统。在传统的单一系统范围内，BMS

必须能够与**传感器/执行器**和其他**楼宇控制器**互相收发数据（控制信号）。这种情况下，可能会产生以下四种数据流（如图 2 所示）：



1. 传感器和执行器与控制器共享/接收数据
2. 传感器与云基础设施共享/接收数据
3. 控制器与其他控制器共享/接收数据
4. 控制器与云基础设施共享/接收数据

注 [24] https://en.wikipedia.org/wiki/Communication_protocol

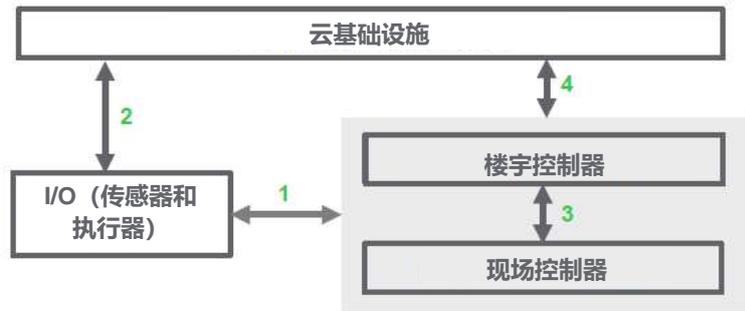
注 [25] 简言之，网关是多种协议间的翻译器，可以是硬件，也可以是软件。

注 [26] https://en.wikipedia.org/wiki/Proprietary_protocol

注 [27] <https://en.wikipedia.org/wiki/API>

图 2

第 1 层数据采集/共享的四种数据流



这些输入和输出数据流的通信方式都是利用电压/电流/电阻信号或 OT 协议或 IT 协议和 IoT 协议的有线通信。接下来，我们将详细说明传感器/执行器和控制器是如何利用这些通信方式的。

传感器和执行器——传统上，在 BMS 平台内，传感器和执行器的通用性和集成便利性最佳。同时，传感器和执行器是一种单向设备，只能向控制器共享其数据或接收控制器数据，主要通过简单的电气信号（即电压信号、电流信号、电阻信号）进行有线通信。它们可能是一个简单的压力、温度、入住率、二氧化碳传感器，或者是开启阀门的执行器，或者是调整风扇速度的驱动器。

智能传感器和执行器因具备以下功能，已经得到越来越普遍的应用：(1)将多个传感器集成到一个盒子上，从而减少连接点/电线数量以及相关人力；(2)无线通信，降低工程成本和安装；(3)云连接，降低本地部署基础设施的资本费用。然而，随着智能设备的涌现，人们对集成的需求也与日俱增。人们希望设备能支持双向通信，并同时感应和控制多个数值。鉴于设备的功能及其支持的通信协议，集成或多或少有些复杂。自此，“开放性”概念闪亮登场。

控制器——传感器和执行器可在没有协议的情况下实现数据流通信（即简单的有线信号）。与此不同，控制器与控制器之间的通信通常都需要协议。过去，人们使用的是封闭专有的系统，供应商之间互动较少，甚至没有互动。最近，得益于 BACnet 和 LonWorks 等协议，系统“开放性”得以实现。然而，控制器使用开放协议并不意味着控制器可实现互操作性，还需考虑复杂性以及开放程度。接下来，我们将就此展开讨论。

图 3

用例

数据采集/共享应用情景：

为了协助说明传感器和控制器集成的复杂性，我们考虑了两种用例，详情如下。这些用例基于 BMS 系统图（如图 3）。

- 1a. 本地部署传感器
- 1b. 云传感器
- 2. 控制器与控制器



用例1：与通信传感器集成

传感器/执行器可能需要直接将数据发送给本地设备(1a)；但有时也需要通过云计算实现数据通信(1b)。

- **本地部署**——我想要控制中央制冷设备，而设备内含有多种传感器。我的设备有智能制冷设备，各种泵以及与泵有关的阀门和传感器/执行器。就此用例而言，我们需要控制泵的变速传动装置，包括控制和系统状态及能耗量监测。
- **云端部署**——连接至云计算的物联网传感器已变得越来越普遍。我希望，空间内的目标温度能针对占用情况变动做出反应。就此用例而言，我需要将物联网占用传感器（该传感器将接触API）连接至BMS，作为温度控制逻辑的输入信息。

用例2：控制器集成

为了控制成本，我只安装了一个室外温度传感器，我希望这个传感器能为所有需要室外温度数据的控制器提供输入信息。我也希望已与此传感器物理连接的控制器能直接将室外温度数据分享给网络中的其他控制器。

通过这些用例，我们可评估 BMS 在第 1 层的开放性。为了评估 BMS 的“开放性”，我们需要考量图 1 所示的三个标准——(1)互操作性；(2)工程复杂性；以及(3)执行人。请注意，这些标准适用于“开放性的三个层级”。

开放性标准1——互操作性

根据用例 1 可知，传感器用于测量和记录数值，并向 BMS 系统进行报告。但是，如果系统无法读取传感器数据，那传感器还有什么用呢？



传感器的通信方式各有不同。因此，为了确保传感器的通信方式与目标 BMS 兼容，应了解您想要部署的传感器的功能，这一点至关重要。本地部署的传感器一般会通过 BACnet、LonWorks、Modbus、OPC 和 KNX 等操作技术协议进行通信。基于云的新型传感器通常支持蓝牙和 MQTT 等新型 IT 协议，并且/或通过 API 进行通信。

大多数 BMS 都支持 OT 协议，但支持用例 1b（云部署传感器）所示的新型 IT 协议的 BMS 却很有限，甚至没有。在这种情况下，为了实现数据传输，就需要为 BMS 设置一个网关或附加程序，如中间软件或自定义代码。

在用例 2 中，控制器之间的集成也会带来一些其他的互操作性问题。如下所示为与之有关的两项要求：

- **两个控制器的协议相同**——与传感器一样，集成能力取决于控制器和 BMS 使用和支持的协议。人们选择 OT 协议的可能最高，其中 BACnet 便是标准的 OT 协议。
- **所需数据点已公开**——尽管 OT 协议是开放协议并可实现互操作，但确保数据共享仍是一项挑战。如果设备制造商已选择公开所需数据值，那么其他使用相同语言的控制器将能获取这些数据。

例如，在用例 2 中，只有当两个控制器使用相同的 OT 协议并能够共享所需的确切数据时，才能将数据从一个现场控制器传递到另一个现场控制器（这种方式比集中数据更有效）。如果以上两个标准不成立，控制器之间就不能直接对话，而另一种选择是将数据直接迁移至楼宇控制器中，然后再从楼宇控制器分配数据。这种方法的效率较低，同时需要楼宇控制器充当不同现场控制器之间的网关。如果所需数据仅以专有方式公开，那么唯一的选择就是将您的楼宇控制器更换为支持该专有标准的控制器，或者如果供应商公开了协议定义（虽然这种情况不太可能），则可选择编写自定义驱动程序。

开放性标准2——难度/工程复杂性

就 BMS 的开放性而言，应考虑传感器和/或控制器与系统实现可互操作的难度或工程复杂性。在 BMS 的集成和设置期间，有几个必要的操作，而这些操作的复杂性和耗时程度则取决于开放性程度。这种情况适用于上述三个用例。



点发现和映射

一方面，如果有自动发现功能，服务器便可发送一个广播，查看网络上的新设备，并自动查看任何新传感器或控制器（如 BACnet）。另一方面，如果没有自动发现功能时，点发现和映射的复杂性就会增加，也需要更多的手动操作。首先，您必须指定控制器（即 Modbus）的地址，然后在设备规范中手动查找寄存器，以找到所需数据点的特定寄存器号（地址）。

控制器和系统编程

BMS 编程涉及编写控制回路、配置警报、构建图形和设置时间表等。其中，固定功能、可配置和自由编程是三大控制器编程变体。有些情况下，固定功能设备的集成可能更简单，因为可能不需要专门的配置工具。然而，这些设备无法满足所有应用场景。

相较于无法支持多种协议的 BMS，支持多种协议的 BMS 的工程复杂性更低。通过支持多种协议，不同现场控制器的点可以在没有其他硬件/软件的情况下，在配置设置期间进行互操作，并在图形用户界面（GUI）上互联互通。当只支持一种协议时，如果想要与使用了不同协议的现场控制器的点实现互操作，就需要桥接器或网关来转换协议。这可能意味着需要一台额外的计算机来运行桥接器或网关，同时，也需要完成冗长且耗时的手工编程/映射。除了劳动力成本增长外，还有一些意料之外的或“隐藏”的成本，如随着时间的推移，还需获得相应许可并雇用维护人员。

开放性标准3——执行人

第三个需要考虑的开放性标准是，是否有人可以完成集成工作，或者是否需要经过专门培训的人员来完成这项工作。如果每次系统变更都需要第三方协助，那 BMS 的运营将举步维艰。



通常认为，表 1 所示的控制逻辑任务需要一定程度的专门技能/资源，但是，日常操作不应也是如此。

如果完成相应任务所需的自定义工作量越多，用户的“封锁感”就会越强，因为他们不得不依赖专家，才能继续使用系统。这就涉及上文针对协议和公开必要数据展开的论述。如果没有相关协议并且尚未公开必要数据，就需要更多的自定义工作，以及更多的专业知识。当需要专业技能时，接受过良好培训并且有工作经验的人才将有助于确保系统的成功运行。

控制逻辑

日常操作

表 1

控制逻辑和日常操作任务；对开放系统的期望是内部工作人员能完成日常操作

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 新建楼宇HVAC控制的初始设置——可能需要设计、配置、BMS工具编程方面的知识，以及了解相关集成至BMS的组件规格的人才。 更换传感器/执行器——如果仅仅是一个简单的电阻式温度传感器，那么只需要技术人员对控制器的I/O进行简单的重新布线。但是，如果设备使用了专有协议，就需要重新配置并更新软件，以连接至新设备。 添加一个新的区域控制器并公开所需数据点——这项任务可能需要进行初始设置的专家，来发现并补足控制循环等问题。 | <ul style="list-style-type: none"> 修改设定值（如室温）——包括壁装式控制器/温控器的设定值，以及GUI的设定值。 创建趋势日志和警报，以了解发生的事件以及关联数据——对于创建趋势日志和警报并将其链接至数据点，应该在无需第三方专家的情况下完成。 更新日程安排（如每日安排、节假日安排、季度安排）——这项任务应该无需任何经过严格培训的人员。 |
|---|---|

第 2 层：系统集成

到目前为止，我们已经讨论了具有有限数据点的传感器和执行器等有限组件的集成或连接。BMS 不再仅仅局限于 HVAC 控制，而是需与其他系统集成，如照明系统，而照明系统的控制器和传感器（照明传感器，调整百叶窗的执行器等等）本身具备潜在复杂性。为此，需加大集成力度，在第 1 层的基础上进一步发展。BMS 须以不同的方式使用数据，包括向第三方系统推送数据、从第三方系统中查询数据，配合与专有云通信的分析服务。



在这种情况下，我们应针对“开放性”一词展开不同的思考。尽管在第 1 层中，开放性主要以协议和公开数据为中心。在第 2 层中，我们必须扩大范围并在生态系统中进一步摘要，以涵盖 BMS 和第三方系统之间共享数据的其他方法。接下来，我们将详细说明第 2 层的两个用例，并在图 4 中予以阐释。

这种情况，我们应针对“开放性”一词展开不同的思考。尽管在第 1 层中，开放性主要以协议和公开数据为中心。在第 2 层中，我们必须扩大范围并在生态系统中进一步摘要，以涵盖 BMS 和第三方系统之间共享数据的其他方法。接下来，我们将详细说明第 2 层的两个用例，并在图 4 中予以阐释。

用例1：与其他楼宇系统集成

在医院的大楼中，入院/出院/转院系统有望连接至 BMS 上，以便明智地确定应在何时控制病房退房，通过了解病房的空置时间，医院可节省能源费用。

用例2：人工智能/分析系统集成

医院的大楼经理希望在 BMS 中应用故障检测和诊断系统，该系统需要 BMS 各个方面的数据，包括传感器数据、输入数据、输出数据和内部逻辑，从而利用这些数据运行一系列算法，以确定系统是否可以高效运行，是否存在任何故障，或舒适度是否下降。如果存在这些问题，系统将协助诊断，并指出潜在原因。

图 4

系统集成应用场景



开放性标准1——互操作性

相较于传感器和控制集成，本层级涉及的系统集成更为复杂。影响互操作性的关键话题包括：(1)API 与文件/数据库的使用情况比较，(2)语义/本体，(3)所需数据类型，以及(4)验证。



API、文件/数据库和操作技术协议的使用情况比较

在本层，您可将部分系统与 OT 协议集成（无需专门的软件工程师进行自定义编码，当属首选方法），但是，您很可能遇到 REST API²⁸。如果供应商想要系统具备“开放性”并将数据传输至另一个系统，那么，就需要通过 API 或 OT 协议公开数据。

在上文提到的用例 1 中，医院的入院/出院/转院系统供应商创建了 BMS 使用的 API。在用例 2 中，BMS 供应商可创建供人工智能/分析系统使用的 API。

然而，那些开放程度较低的系统并不会主动公开数据，而是将数据存储起来并通过.csv 文件共享，或直接存储到计划使用该数据的系统数据库中。在这些模式下，如果不是编写该数据库的人，其他人将很难理解数据结构。数据库模式越难，花费的时间就越多，集成成本也会随之增加。选择待集成系统时，应选择那些可通过 API 或协议公开数据的系统。

注 [28] <https://www.redhat.com/en/topics/api/what-is-a-rest-api>

语义/本体

语义标注（事项标记）和本体（该等事项之间的关系）对互操作性至关重要。如果要在分析用例中完成人工智能集成，需要人工智能系统很好地理解 BMS 中相关数据点的环境。如果分析系统想要查看楼宇的室温设定值，那么系统将很难查看相关数据点，也很难厘清每个数据点与楼宇之间的关系，比如其所在的房间，以及接收数据的设备。如果没有标准的语义和本体，就需要有人来解释单体建筑的数据点命名约定（如位置、控制设备）、了解各项信息、理解层次结构等。以标准方式公开数据可避免这项手动操作。目前，我们拥有 [Brick](#) 和 [Haystack](#) 等不同的语义标准，但是，对许多供应商来说，语义标准仍在发展中。在某些情况下，特定行业（例如医疗行业的 HL7）有相应的数据标准，从而降低了数据模式的理解难度。如适用，请选择那些遵循该等标准的系统。

所需数据类型

不同系统会采集不同类型的数据（即趋势记录、实时数据和报警数据等历史数据），而您获取数据的能力也可能受此影响。虽然可以访问实时数据，但您可能无法访问那些由单独历史数据库收集或存档的历史数据。在开放环境下，这就归结于系统是否拥有访问各类数据的方法。

验证

验证²⁹机制作为一个限制因素，可能增加集成的复杂性，因此，也是系统间互操作性的重要考量因素。API 会传递不安全的数据，所以使用验证时，通常会存在中间件。泛化验证绝非易事。通过 UI 很难做到这一点。同时，泛化验证通常都是很模糊的，也需要为部分验证编写代码。虽然业内有简化验证流程并减少自定义代码的标准验证协议（即 OAuth），但是这些协议的使用频率并不高。在开放的环境下，应寻求具有下列属性的软件：支持非模糊的验证类型（如 OAuth），以及允许自定义开发中间件来访问使用专有验证的第三方。

开放性标准2——难度/工程复杂性

当本层未使用标准协议时（这种情况较为常见），想要将系统连接起来，便需要进行自定义开发。



在某些情况下，仅需一天时间便能完成自定义开发，有时也需要花费数月。一般情况下，系统的开放程度越低，集成所需的工程时间便越多。当系统使用 web 服务、语义和本体等最优方法时，工程复杂性便能降至最低。

注 [29] <https://en.wikipedia.org/wiki/authentication>

为了简化设施运营，人们通常希望通过用户界面拉取集成系统中的信息（即用例 1 中的医院入院/出院系统和 BMS）。此外，如果将视频、网页、方案、设定点和数值集成并入一个控制面板中（“单一虚拟管理平台”），工程复杂性也会随之增加。如果无法直接自定义或修改 UI，以显示不同类型的数据流，那么，集成的有用性也会受限。同时，如果系统不支持此类自定义，那么，其开放程度也是较低的。

当您希望一个系统的第三方能控制另一个系统时，复杂性也会随之层层叠加。例如，在用例 2 中，如果我们想要分析系统控制 HVAC 系统的一个阀门，则可能需要改变 BMS 的控制回路逻辑，以允许第三方输入信息。这种情况下，可能需要自定义操作。如果系统所需的自定义操作越少，系统的开放程度就越高。

开放性标准3——执行人

我们在第 1 层讨论的控制逻辑任务和日常任务之间的区别，第 2 层同样适用。当还未实现“映射”自动化时，应当考虑由谁来执行这项工作。映射执行人需了解这两个领域，以便准确地映射数据。



一些情况下，在知晓特定楼宇的详细信息之后，才能决定应该由谁来完成这项任务，或者是否需要组建团队。

通常，BMS 供应商会组建一个团队专门负责与第三方系统集成的相关工作。如果供应商未组建上述团队，那么业主就需要雇用第三方来编写集成代码。无论是寻找和雇用咨询公司，还是之后花时间来学习并理解系统和楼宇，都会增加所需时间和成本。还需获取合规的文档、许可证和技术支持，这种情况下，学习曲线可能会变得越来越复杂。

在上文的人工智能/分析用例中，为了提取和映射数据，第三方分析系统供应商可能需要编写中间件，而为了允许第三方控制系统，BMS 供应商还需完成一些其他的工作。鉴于中间件的复杂性，可能会需要更多专门人士参与集成，从而降低开放性。

第 3 层：楼宇统筹

第 3 层——楼宇统筹，涉及跨系统全面协调。第 3 层和第 2 层类似，但规模更大。想要构建智能建筑，就要完成第 2 层的系统集成，并将集成范围扩大到所有楼宇系统。



通过简化复杂的楼宇任务并实现相应的自动化，楼宇统筹将有助于楼宇优化能源效率、运营效率、租户福利和租户生产力。因此，应设立明确的集成目标，确保有形资产的价值，而不是为了集成而集成。

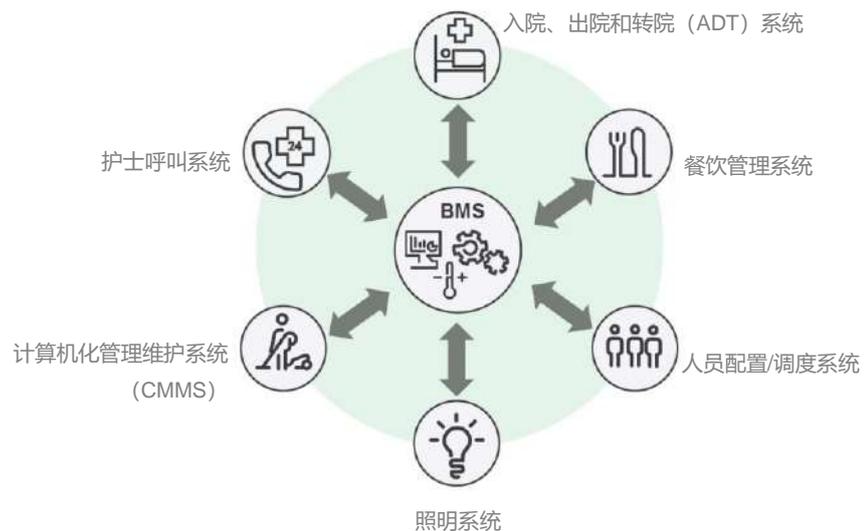
我们认为，BMS 要么发挥“协调器”的作用，要么作为子系统集成并入统筹层。（后者的重点在于系统到系统的集成，已在第 2 层展开讨论。）作为楼宇协调器，BMS 不仅负责管理楼宇的 HVAC 控制，还需大规模地摄取数据、应用环境、操作 workflow 并将 workflow 用于楼宇内的任何其他系统，并进行任何组合操作。对于构建可持续、有韧性、高效以及以人为中心的楼宇而言，一个内聚系统是必不可少的。

用例：智慧医院

为了建设“智慧医院”，需要在医院的不同系统间实现相互操作和数据共享，以确保患者满意度、舒适度和安全性，并节能增效。图 5 所示为医院中使用的一些系统。

图 5

楼宇统筹医院用例



接下来这个例子便说明了智慧医院的具体情况。如果我知道患者的手术时间，以及患者回到病房静待恢复的时间，那么我就可以在相应的病房里调整设定值，减少无人期间的能耗，当患者返回病房休养时，再重新调整该等设定值，病房状态恢复如故。当患者不在病房时，还可自动安排维护人员入内开展例行维护，以免打扰患者。因此，可将上述所有功能并入一个 UI，从而设施经理、护士、医生、办公室工作人员和维护人员都可访问根据相同核心数据创建的情境视图。

开放性标准1——互操作性

第 2 层中讨论的互操作性话题，同样适用于本层，包括：(1)API 与文件/数据库的使用情况比较，(2)语义/本体，(3)所需数据类型，以及(4)验证。



然而，在本层，更希望 BMS 利用更多的工具（包括基于 UI 的工具，或编程工具，或两者皆有）来简化系统集成。

通常而言，这些集成都是双向的，因此其中可能包括更复杂的对象类型。而在其他层，该等数据的复杂程度较低，如数据值。在本层，您很有可能遇到更复杂的数据结构，如时间安排。在这种更为复杂的数据结构下，系统间更有可能出现语义差异，也可能出现无法在系统间直接映射出不同功能的情况。这种时候，为了弥补差距，就可能需要自定义规则和工作流，而复杂性也会随之增加。一个开放程度更高的 BMS 应该具备一个支持该等自定义规则和工作流的工具集。

开放性标准2——难度/工程复杂性

第 3 层的目标和第 2 层类似，但规模更大。因此，复杂性和自定义需求也会随之增加。在本层，影响工程复杂性的关键考量因素共有四项：



展示

在开放系统中，协调器应能查看单一虚拟管理平台中各子系统的数据。而相应的视图应可自定义，并符合运营商和租户的期望。同样重要的是，用户控制面板还应列有子系统的标准化数据（例如，相同的度量单位，时间尺度等等），并根据相关规则和工作流计算数据，以便为查看者提供可行见解。例如，在上述用例中，可视化控制面板对维护人员而言大有裨益，可一目了然地了解医院的可用病房以及需要维护的病房。为了避免不必要的编程/开发，能以简单的方式创建可视化控制面板（如拖放小工具，自动创建）至关重要。

点发现/映射

由于需要互操作和相互理解的系统数量不详，系统之间可能会存在一些协议和语义差异（例如，医院的住院系统使用 HL7 协议，而 BMS 使用 BACnet 协议）。协调器需理解这些不同的“语言”，并充当系统间的翻译。这是一个非常复杂的问题，而且在许多情况下，这些翻译需要自定义开发或建模，而这些只能由专家执行。如果想要实现大规模的翻译，就需要一个非常复杂的工具包。在评估 BMS 的开放性时，您应该考虑其通过 UI 可以实现的集成程度。只有最复杂的事项才需要完全自定义开发，即使是这样，理想情况下也应该在协调器的范围内完成，而不是作为一个单独的应用程序安装在协调器旁边。随着行业的发展，我们希望看到更多可用的 API，以简化语言翻译。

编程

在多个系统协同作业的情况下，协调器应能自定义 workflow。从而，该等工作流可从各个子系统中获取楼宇的现有信息，以便为运营商和租户提供所需的体验和结果（例如医院用例）。在开放系统中，应在协调器的 UI 中开发该等工作流，且无需完全自定义开发。另一个重要的考虑因素是 workflow 在整个楼宇生命周期中适应变化的能力。换言之，如果子系统有内容新增/移动/删除，如何确保 workflow 适应该等变化是需要考虑的问题。因此，我们需要一个灵活、开放的系统，以便确保协调器知晓更改，并且在无需人工交互的情况下应对新条件。

API

协调器用于未指定数量的楼宇子系统创建工作流的数据非常有价值。在第 2 层中，我们解释了 API 在其中的重要性。同时，对于其他类型的系统，甚至是楼宇情境以外的系统而言，这些数据也可能大有用处。一个完全开放的系统意味着其他第三方应用程序也能使用这些数据。例如，协调器中包含的数据是创建移动应用程序所必需的；或者电力公司想要在全市范围内进行数据分析。API 允许向外部公开数据。

开放性标准3——执行人

正如我们在第 1 层和第 2 层中讨论的那样，当集成工作不再依赖标准协议时，便强烈需要软件程序员来执行与楼宇相关的自定义工作。



由于在第 3 层中，我们处理许多被捆绑在一起的子系统，因此很有可能需要一个“开放”程度不那么好的子系统集成起来。这种情况下，需要软件开发人员参与其中的可能性也会随着增加，除非 UI 和驱动层非常复杂。接下来，我们将介绍三个可能需要不同技能和专门知识的集成活动。

- **设置 workflow**——大多数情况下，集成商³⁰可使用一种经过少量训练的工具对协调器内的工作流进行配置。然而，在较为复杂的工作流中，则可能需要软件开发人员协助执行自定义功能。
- **设置自定义 UI**——大多数情况下，集成商可使用一种经过少量训练的工具对协调器内的 UI 进行配置。然而，对于较为复杂的 UI，为了创建独特的视觉效果或计算数值，就可能需要在软件开发人员的协助下使用自定义功能来扩展 UI。
- **连接至移动应用和第三方应用**——通过 API 在协调器之外公开的数据应具备足够的描述性，以便第三方应用程序集成商或软件开发人员在其应用程序内解释和利用该等数据，且无需专家支持。

总结

随着 BMS 功能的不断发展，其作用已远不止于 HVAC 控制。对于智能建筑的建设而言，BMS 发挥着关键作用。

人们在讨论和选择 BMS 时，通常会提出“开放性”要求。然而，业内尚未就此制定明确的定义、分类和标准，无法就此主题展开明智对话。本白皮书介绍了楼宇管理系统“开放性”评估框架，其中包括开放性的三个层级：(1)数据采集，(2)系统集成，以及(3)系统统筹。

每栋楼宇都是独特的，也有不同的目标。在各个层级中，系统的期望和挑战各有不同，同时，每层都是建立在上一层级之上的。在评价各层级 BMS 的开放程度时，应遵循以下三个关键标准：(1)互操作性，(2)工程复杂性，以及(3)执行人。

表2所示为框架内各层级“开放性”的关键要点。

表 2

开放性 BMS 框架内各层级的关键要点

层级	“开放性” BMS 应.....
1 - 数据采集/共享	<ul style="list-style-type: none"> • 可在多种 OT 协议间实现互操作。 • 支持本地协议扩展，限制与传感器、执行器和控制器通信所需的网关数量。 • 日常操作不依赖于“专家”。
2 - 系统集成	<ul style="list-style-type: none"> • 有能力通过任何必要的方法进行系统集成。 • 最大限度地减少系统集成所需的时间。 • 在供应商专家团队的协助下，简化系统集成。
3 - 楼宇统筹	<ul style="list-style-type: none"> • 可作为协调器执行自定义规则和工作流。 • 可支持展示、点发现/映射、编程和 API 自定义。 • 允许程序员通过设置 workflow、设置自定义 UI 和连接第三方应用程序来扩展功能。

注 [30] 集成商是专门将各个子系统组成一个整体并实现协同工作的人或公司 (https://en.wikipedia.org/wiki/Svs-tems_integrator)



资料来源



[下一代楼宇管理系统（BMS）的三个基本要素](#)
第500号白皮书



[浏览所有白皮书](#)

<https://www.se.com/ww/en/download/>



[浏览所有TradeOff Tools™工具](#)

tools.apc.com

注：网络链接可能随时间推移失效。参考链接在本文撰写时可供访问，但目前可能无法访问。

2.3 适用于网络安全和云连接智能建筑控制系统的实用框架

引言

智能建筑的特点是运用全新的数字化“物联网（IoT）”技术，这项技术在应用时会与分析性软件系统（通常是与基于云技术运行的分析性软件系统）相连接，以改进智能控制系统。智能建筑的目的是为了：

- 识别和提升效率（特别是在可持续性、能源效率和运营成本方面）
- 延长建筑基础设施资产的性能和寿命
- 提升建筑内住户的体验、舒适度和生产力

当前研究证实，智能建筑在效率、建筑价值和住户满意度方面的表现确实令人惊喜。在最近的一份报告³¹中，专业服务公司德勤（Deloitte）明确了智能建筑可以通过提升效率、差异化甚至是营收来源创新来提升价值。除此之外，仲量联行（JLL）发布的一份类似主题白皮书得出以下结论：

“具有前瞻性的建筑业主、租户和管理者早已意识到智能建筑技术所带来的竞争优势。很快，还没有安装智能互联系统的建筑将会面临来自资产分类、估值、租金、甚至是品牌认知（现有员工、潜在员工、乃至客户的认知）等各个方面的压力。”³²

然而，尽管智能建筑的益处日渐凸显，但由于其利用了大量物联网设备，并且与互联网和云服务相连接，智能建筑也因此面临着网络安全威胁。研究机构Gartner曾估计：

“到2018年底，有20%的智能建筑将遭受数据破坏。”³³

许多建筑（包括银行、医院和数据中心等重要设施）可能会因为网络安全风险而不去投资深具价值的智能建筑改进方案。建筑物控制系统或敏感数据受到破坏可能会导致数以百万计的监管处罚，同时会扰乱核心业务功能，并威胁到企业的声誉，从而损害消费者、员工和投资者的信心。

注 [31] 德勤，“智能建筑：物联网技术将如何为房地产公司创造价值”，<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/real-estate/deloitte-nl-fsi-real-estate-smart-buildings-how-iot-technology-aims-to-add-value-for-real-estate-companies.pdf>.

注 [32] 仲量联行，“智能建筑能带来智能商业吗？”<https://www.jll.com/Documents/research/pdf/apac/2016-JLL-Are-smart-buildings-smart-for-business.pdf>

注 [33] 高德纳，“高德纳发布2016年及未来面向IT组织和用户的重大预测”，<https://www.gartner.com/newsroom/id/3143718>，网站，2015年

为了在有效实现智能建筑方法增益的同时，降低网络安全风险，建筑业主、运营商以及住户都需要从网络安全的角度，改变智能建筑控制系统的架构和管理方式。本文将介绍一个实用的标准化框架，确保现有及未来建筑控制系统免受网络安全威胁，从而推动基于物联网和云连接的智能建筑向前发展。

认识当前挑战

德勤在另一份题为“商业房地产中不断演变的网络风险：那些隐藏的秘密会伤害到您”（德勤，2015年）的报告中表示：

“当今的建筑系统无法有效管理任何潜在的网络入侵……”

其原因通常与组织中信息技术（IT）和建筑运营技术（OT）团队之间长年累月的脱节有关。楼宇管理系统（BMS）需要专有系统和协议的专业知识，由于BMS不需要访问企业网络资源或互联网，因此BMS网络的网络安全保护主要依赖其隐蔽性和外部连接的缺失（通常被称为“气隙”网络）。然而，随着时间的推移，网络攻击的复杂性和恶意软件的激增，导致任何不受保护和不受监控的系统都将成为易受攻击且能被破坏的系统。事实上，有一些黑客群体和研究小组专门从事针对气隙控制网络的攻击。³⁴

建筑控制系统也在不断发展。现在，一般的BMS会用到标准OT协议（如Modbus和BACnet）、标准IT协议（HTTP、FTP、XML等），并且与互联网资源连接。然而，大多数建筑的实际操作模式，仍处于IT团队（拥有网络安全知识）和OT团队（拥有BMS操作知识）之间脱节的状态。智能建筑的技术和连接性则会加剧这些挑战，随着智能建筑的不断改进，潜在的安全威胁也在增加。

幸运的是，OT控制系统行业为解决这些挑战提供了强有力的支持，行业协会已经着手开始制定通用的OT网络最佳安全实践，重点工作放在制定IEC 62443全球网络安全标准。

IEC 62443 标准概述

国际自动化学会（ISA）与国际电工委员会（IEC）最近达成了合并，其合并后的一项工作重点就是ISA/IEC 62443全球标准集，这是一个关于安全开发和工业控制系统（ICS）保护的技术规范。正如ISA在“62443系列标准”³⁵介绍性文件中所强调的那样，

应用IEC 62443系列标准的目的是，提高工业自动化和控制所用组件或系统的安全性、可用性、完整性和保密性，并为采购和实施安全的工业自动化和控制系统提供标准。

IEC 62443框架包含13个文件，分为4类：总则、政策与程序、系统、组件。

注 [34] Mordechai Guri博士在以色列内盖夫本-古里安大学所管理的专门负责研究气隙漏洞的高级网络安全研究实验室，
<https://cvber.bgu.ac.il/advanced-cvber/airgap>

注 [35] ISA, “62443系列标准”, <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/3415072/Resources/The%2062443%20Series%20of%20Standards.pdf> PDF, 2018年

图 1
IEC 62443 文件

总则	62443-1-1 概念与模型	62443-1-2 术语和缩略语总表	62443-1-3 系统安全一致性指标	62443-1-4 IACS安全生命周期和使用案例	62443-1-5 IACS保护层级
政策与程序	62443-2-1 IACS安全管理系统的要求	62443-2-2 IACS安全管理系统的实施准则	62443-2-3 IACS环境中的补丁管理	62443-2-4 IACS服务提供商的安全计划要求	
系统	62443-3-1 IACS安全管理系统的要求	62443-3-2 IACS安全管理系统的要求	62443-3-3 IACS安全管理系统的要求		
组件	62443-4-1 安全产品开发的周期要求	62443-4-2 IACS组件的技术安全要求			

总则： 这些文件定义了核心术语、概念和模型，并概述了常见的一致性衡量指标

政策与程序： 这些文件定义了从设计到系统运行周期内有效的ICS网络安全管理要求

系统： 此项目重点是网络安全ICS系统级设计和风险评估

组件： 最后部分的文件涉及到ICS中，智能设备的安全产品开发和持续性的生命周期维护。

对于智能建筑控制系统，IEC 62443是通过框架进行指导的绝佳基础，原因如下：

- 我们首先可以利用对风险评估的关注，评估和识别现有及遗留建筑控制系统的潜在威胁，并设计网络安全系统和管理协议来保护和维护这些系统。
- 随着新建筑控制系统的出现和新物联网技术的引入，IEC 62443通过定义安全开发生命周期（SDL）最佳实践的基本要素，进一步概述了评估供应商、物联网组件和系统级技术的实用建议。
- IEC 62443还定义了OT安全网络分段的概念，网络分段的目的是为了持续保护系统免受内部和外部威胁。

最终目标是按照 IEC 62443 设计、实施和维护建筑控制系统，使该系统能够按照标准和准则进行审核及认证。³⁶

当然，这种基本准则应该在各组织更广泛的以 IT 为重点的网络安全准则中予以考虑。例如，美国国家标准技术研究所（NIST）

注 [36] 注意：在编制本文件时，ISA安全合规协会（将安全标准与认证标准保持一致的标准机构）已经确定，虽然IEC 62443标准和认证适用于建筑控制系统，但尚未与具体准则完全适配。

网络安全框架 1.1³⁷定义了一些与 IEC 62443 中 OT 的具体细节相对应的核心成果（共 108 项），其中就包括一个用于评估和确定实施全面网络安全计划优先级的七步差距分析模型。此外，国际标准化组织（简称 ISO）还创建了用于建立和运行企业信息安全管理系统的模型，称为 ISO/IEC 27000³⁸。与 NIST 框架一样，IEC 62443 专注于 ICS 标准化和认证，这一点与 ISO 27000 系列标准完全兼容，应被纳入全面的企业网络安全战略中。

智能建筑控制系统的网络安全实用框架

抛开组织的障碍、承认并解决 IT/OT 脱节问题是实行和运营网络安全智能建筑控制系统的关键第一步，但此类的组织变革不是本文件的重点。³⁹假设上述问题已经解决，那么现在就有一些基于 IEC 62443 准则的实际行动，可以作为创建与 IT 安全系统和云服务相连的 OT 安全建筑控制系统的框架。总结来说，这些行动可以归纳为以下几点：

1. 评估和保护遗留的 OT 建筑控制系统
2. 选择遵循安全开发生命周期（SDL）方法的物联网设备和供应商
3. 实行 OT 安全建筑控制系统架构
4. 通过 IT 安全监控区连接 OT 安全建筑控制系统

1. 评估和保护遗留的 OT 系统

与现有和遗留控制系统有关的主要挑战之一是，这些系统往往被有意地置于 IT 网络安全团队的工作目标与范围之外。其原因是，从历史上看，IT 领域的技术、协议和操作与 OT 领域相比一直存在着较大的差距。无论是过去还是现在，IT 网络和网络安全团队对 OT 工业和建筑控制协议都不甚了解。其结果就是，建筑控制系统被归入到完全独立的网络中，并混合多种策略与其他系统的相连接；有些是通过企业网络进行恶意连接，有些是连接到互联网，有些则没有外部连接。因此，这些网络和系统的设计往往没有考虑到稳健可靠的网络安全保护，从而使遗留的建筑控制系统面临以下风险：

- 存在内部或外部未知漏洞
- 几乎没有网络安全保护措施
- 对服务器操作系统和防病毒/防恶意软件更新等 IT 政策的执行往往不够严格
- 没有结构化的监测或维护

在建筑控制系统维持运行稳定的背后，从安全性的角度来看，遗留的 BMS 系统已经彻底荒废。如图 2 所示，一项全面的评估和保护计划可以解决许多网络安全缺陷。

注 [37] <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/CSWP/NIST.CSWP.04162018.pdf>

注 [38] <https://www.iso.org/isoiec-27001-information-security.html>

注 [39] 注意：高德纳首先确定了这一需求，并在 2011 年提出了发展方向。如需回顾他们的观点，请阅读：高德纳，C. Petty，“当 IT 与运营技术融为一体时”，<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/when-it-and-operational-technology-converge>

图 2

评估和保护计划



从计划的角度来看，保护遗留系统应遵循以下行动路线：

- 评估威胁并记录当前系统的情况
- 设计和实施用于隔离和分割网络中最脆弱组件的解决方案
- 利用工具来监测和维护系统的运行，防止异常行为或可能的入侵行为
- 实施定期的网络安全审计和报告计划，以确保系统在生命周期内始终拥有保护。
- 为使用、交互和管理该系统的人员启动针对性的、基于角色定位的网络安全培训方案。

除了通用政策和程序基础之外，IEC 62443 系列中的以下两份文件，与指导网络安全专家评估和保护现有控制系统最为相关：

- IEC 62443-3-2：安全风险评估和系统设计
- IEC 62443-3-3：系统安全要求和安全层级

本准则可作为综合纵深防御⁴⁰信息安全方法的一部分，该方法考虑到了网络安全战略的所有人员、流程和技术载体。纵深防御是一种 IT 最佳实践，但它在分析和保护 OT 系统方面也同样适用。在这过程中实施的保护和监控可能无法识别和解决所有可能的漏洞，但随着时间的推移，它将成为持续改进的基础。

在解决了评估和保护遗留建筑控制系统的需求后，您可以开始考虑如何评估新物联网技术的网络安全保护能力，以及如何设计、实施、监测和维护新的安全建筑控制系统，这可以从安全开发生命周期的最佳实践开始着手。

注 [40] 注意：欲深入了解纵深防御是如何保护楼宇管理系统的，请阅读施耐德电气白皮书：“保护楼宇管理系统免遭网络威胁”，
https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=White+Paper&p_File_Name=998-2095-12-08-15AR0_EN.pdf&p_Doc_Ref=998-2095-12-08-15AR0_EN, Daniel Paillet, PDF, 2015

2. 选择遵循安全开发生命周期 (SDL) 方法的物联网设备和供应商

当您在考虑和评估新物联网技术以改进智能建筑时，必不可少的第一步就是评估那些将网络安全视为重中之重供应商的产品和流程。IEC 62443 为物联网技术以及软件设计者和制造商确立了大量的最佳实践。图 3 概述了施耐德电气 SDL 流程的概要。

图 3
施耐德电气安全开发生命周期

培训	要求	设计	实施
提供安全培训 为每个角色按需提供培训	安全要求 基于法规的安全要求	安全设计审查 进行威胁建模和架构审查	安全代码实践 扫描所有与产品相关的代码
验证	发布	部署	响应
安全测试 安全白盒和黑盒测试	安全发布管理 安全部署产品的文件和流程细节	安全部署 为客户提供完整的全生命周期服务	事故响应 对报告的事件和漏洞作出回应

从根本上说，SDL 可以及时地将相关的网络安全培训、最佳开发实践与一组网络安全相关检查点，整合到物联网技术和软件开发进程中。鉴于网络安全领域在不断变化，这些流程也会随着产品生命周期中新发现的漏洞和攻击而不断发展和调适。

在标准中，IEC 62443-4-1 规定了设计和实施安全产品的流程，而在组件或端点层面，IEC 62443-4-2 标准规定了开发人员需要具备为产品部署提供适当安全级别的能力。在这些过程里，需要考虑组件、主机、应用程序和软件在与控制应用程序相关的安全级别层级结构中的应用。这些层级可以总结为：

- 基本：考虑诸如安全通信、加密服务和信任根（封装设备标识和完整性）等要素。
- 改进：增加端点配置和管理。
- 关键：增加额外的安全信息和事件处理层。

根据产品在系统连续性中的位置，将严格应用适当的安全开发级别。

归根到底，只有遵循 IEC 62443-4-1 和 4-2 标准的物联网组件和软件开发团队，才能为全面实现系统级安全性打下坚实的基础。组件和软件层面的网络保护首先侧重于保护每个设备、主机和应用程序，以及这些设备、建筑控制系统软件及最终与云服务之间的连接和通信。

3. 实施 OT 安全系统架构

在系统层面，IEC 62443 准则概述了当前的网络安全技术，包括其固有优势和局限性，并由此展开，详细介绍了针对系统网络设计和安全风险评估的建议。其中，以下文件为创建和维护建筑控制系统提供了实用的指导：

- IEC 62443-2-1: 工业自动化和控制系统 (IACS) 安全管理系统要求
- IEC 62443-2-2: IACS实施准则
- IEC 62443-3-1: IACS安全技术
- IEC 62443-3-2: 安全风险评估和系统设计
- IEC 62443-3-3: 系统安全要求和安全层级

总的来说，使用这些原则所设计的系统，将确保免受来自网络内部或因连接到其他外部网络（例如一般的企业网络或专门用于关键基础设施的专门网络——包括与外部网络，如互联网和云平台的适当安全连接）而遭受的入侵。与组件层级类似，IEC 62443 也确定了四个安全保障层级。预期的保障层级与预期的攻击源头保持一致，具体如表 1 所示。

表 1:
IEC 62443 安全保障层级

安全层级	简介	技能	动机	资源
SL1	偶然或巧合的入侵行为	没有攻击技能	错误	个人
SL2	网络犯罪，黑客	普通	简单	低等（孤立个体）
SL3	激进黑客，恐怖分子	针对ICS	复杂（攻击）	中度（黑客集团）
SL4	民族国家	针对ICS	复杂（活动）	广泛（多学科团队）

对于许多建筑来说，SL1 或 SL2 的目标层级足以阻止以机会主义为特征的网络犯罪分子及黑客，但对于银行、医院和数据中心等更重要的建筑来说，考虑 SL3 乃至接近 SL4 的架构和保护措施才是明智之举。⁴¹

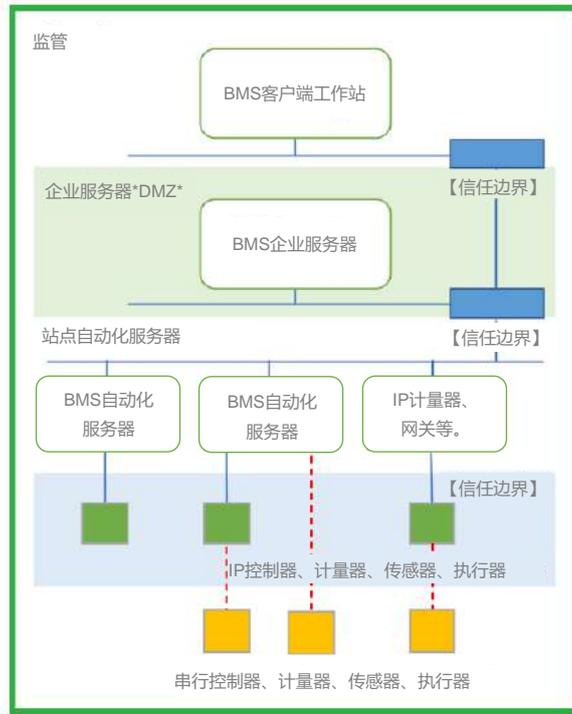
示例：IEC 62443 网络安全 BMS，架构与原则

总的来说，该标准建议将控制系统分成片段或区域，以便将具有相似信任层级的设备组合在一起，并限制访问以减少威胁暴露。图 4 显示了如何将该准则应用于 BMS 以改善网络安全保护。

注 [41] 注意：如需更全面地了解IEC 62443安全保障层级和架构设计实例，请阅读施耐德电气白皮书“在工业控制应用中实施IEC 62443安全层级的实践概述”。http://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=998-20186845, Daniel DesRuisseaux, PDF, 2018.

图 4

网络安全建筑控制系统架构
强调区域和信任边界



图例：

- IP交换机
- 专用以太网
- 串行现场总线
- IP设备
- 串行设备

原则：

- 所有系统组件和软件均符合当前的安全开发生命周期 (SDL) 标准
- 信任边界将系统结构隔离为安全层 (又称区域)
- 除了运行BMS服务器或控制器/服务器所需的网络流量外, 不允许任何网络流量跨越信任边界
- 与其他网络的连接只能发生在安全基础设施最强大的隔离区 (DMZ)

在此示例中, 网络被划分为三个不同的“信任边界”或区域, 其中 IP 交换机用于过滤边界之间的所有网络流量, 只允许系统正常运行所需的流量通过。该策略建立在组件级安全性之上, 可确保一旦有攻击者设法破坏设备, 漏洞将被隔离到该特定区域。

将此细分开来, 每个区域的目的和特征分别是：

- **监督：**该区域包含日常用户界面组件, 系统操作员可在此处配置和管理楼宇管理系统 (BMS) 控制器和现场设备。该界面使用安装在台式机或笔记本电脑上的特定软件来监控系统状态、激活警报、生成报告等。
- **企业服务器：**在此层级, BMS软件负责管理站点自动化服务器区域和监督之间的通信, 并存储与整个系统配置有关的数据, 以及由自动化服务器、控制器、仪表、传感器等产生的数据, 用于监测、报警、报告趋势日志等等。该区域被视为“隔离区” (DMZ), 也是管理和保护外部网络连接的位置。
- **站点自动化服务器：**该区域包含网络的核心控制元件, 并通过IP或串行连接及通用BMS协议, 管理与其他现场设备的通信。这些设备可以具有本地控制功能, 且配置后, 能够通过数字和模拟输入、输出信号来管理大型HVAC设备和电气网络元素。
- 区域之间的通信将通过特定的管道进行限制, 在这个示例中, 流量由IP交换机管理, 并以最小权限原则作为配置基线。这一原则实际上是为确保, 获得明确允许的流量会按照安全管理员的具体操作要求, 穿越管道进入每个区域。

值得注意的是，在这样的安全系统设计中，由于跨越信任边界的流量将受到严格管控，程序的更改或系统组件的更新也将引起内部流程和程序的变化。例如，为了更新 BMS 自动化服务器的程序，系统工程师需要用安全可靠的笔记本电脑或平板电脑直接连接到站点自动化服务器网络，因此关键网络组件的物理安全性同样需要考虑。

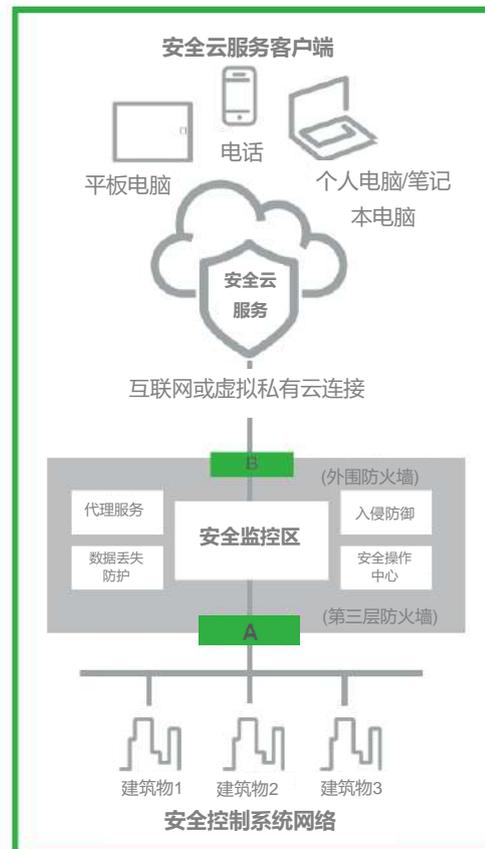
在实践中，同时构建能够实时监控系统的策略也很重要，这样才能对网络中或任何受监控设备中的一切可疑或异常行为发出警报。监控系统还将利用网络安全工具来抵御主动攻击者，以进一步保护和防御系统。

一套完整的安全设计、定期更新的纵深防御安全控制和流程、定期升级的基础设施更新和补丁、再加上主动并持续的监控及报告，将确保系统在整个任务生命周期内受到保护，同时保证在与其他网络或云连接时，不会损害核心控制网络的弹性。

4. OT 和 IT 安全 监控区

虽然 IEC 62443 标准没有具体涉及到与互联网或托管云服务的连接，但该标准中的许多核心原则仍然适用。通过使用安全防火墙技术和安全监控区，并应用 IT 网络安全边界分割的最佳实践，可以实现安全建筑控制系统与其他可能不太安全的网络（如互联网）之间的连接。

示例：带有 IT 安全监控区的
OT 安全控制系统网络



原则：

- 连接到公共安全控制系统网络的安全BMS网络，可以根据需要，通过**第三层防火墙 (A)** 将加密数据转发到**安全监控区**。
- 在**安全监控区**，可以根据管理员和常规安全软件制定的规则，检查和**控制数据**和网络流量，例如**代理服务、数据丢失防护 (DLP)、入侵防御系统 (IPS) 和安全运营中心 (SOC)**。
- 在**外围防火墙 (B)** 上建立的规则，能够使数据通过**互联网**或备用**虚拟私有云连接**流向安全云服务
- **安全云服务客户端**可以利用服务提供商提供的分析服务，安全地实现数据交互，而无需与**安全控制系统网络**直接交互

图 5
安全监控区

在此示例架构中，来自安全控制系统网络的数据必须先通过第三层防火墙，而该防火墙只允许在管理员的设置和控制下，与出站数据流量有关的规则。安全监控区的目的是过滤、监控和控制安全控制系统网络与外部网络之间的所有数据和流量。在此过程中，可以部署任意数量的网络安全保护工具，包括使用：

- 代理服务器，用作数据中介，接受来自安全控制系统的数据库，并将该数据转发到云服务中
- 数据丢失防护软件（DLP），可以检测和防止潜在的数据泄露
- 入侵防御系统（IPS），可以监测网络中是否存在恶意活动和违规的设备或软件
- 在某些情况下，甚至可以包括安全运营中心（SOC）的服务。该中心是一个集中的网络安全专家小组，他们会利用专业工具在组织层面上解决安全问题。

与安全云服务的连接是通过外围防火墙进行的。该防火墙是私人安全控制系统网络的主要防线，且可以通过互联网或虚拟私有云实现连接。

总结

智能建筑技术发展迅猛，尽管这些技术可以为人们带来卓越的价值，但需要合理部署以解决系统生命周期内的网络安全风险。全面、精心设计和高效执行的网络安全策略既可以保护现有的遗留 BMS 系统，也可以保护新智能建筑控制系统的实施，从而完美应对创新物联网技术和云服务所带来的风险。这一实用策略涉及采用 IT 领域的最佳网络安全技术，并将其应用于隔离 OT 设备和系统的漏洞。ISA/IEC 62443 系列网络安全标准，为智能建筑自动化标准的一致性认证提供了框架和路线图，并结合全面的纵深防御方法以及对 NIST 框架和 IOS 27000 标准的补充采用，可以促进与有价值云服务之间的安全互动，最终呈现更智能、更有效的建筑。

2.4 灵活性楼宇：五大要素助您打造未来办公空间

执行摘要

新冠疫情不仅对人类社会体系产生了短期冲击，还促使人们对办公楼宇的真正用途及其未来运行方式进行深刻的长期反思。随着工作模式、团队和组织变得越来越灵活，我们是否需要重新思考以下问题：我们如何定义楼宇的关键属性？开发灵活性楼宇的主要益处有哪些？房地产专业人员应从何入手构建灵活性楼宇？这些都是本报告所要探究的问题。

1. 引言

在智慧楼宇兴起之前，大多数办公楼宇本质上都是用于办公的简单容器。我们并不知道谁在楼宇里面工作，也不知道里面的员工如何分配时间，以及他们需要与谁沟通互动。此外，用户无法改变所处空间的环境条件，如光线或温度；楼宇管理者不能全面地跟踪能源的使用或根据不同使用目的对空间进行调整；而且因为楼宇设计简陋且不够灵活，楼宇业主和投资者会对大楼能否吸引到合适的租户以及其保值能力而感到担忧。

全球新冠疫情加速了智慧楼宇的发展趋势。智慧楼宇能够以更智能的方式监测其内部环境和入住数据，并提供给业主或运营商，帮助其做出更有效的商业决策。如今，很少有业主会在不考虑数字化转型影响的前提下改造楼宇或开发新办公室。

新冠疫情不仅仅加快了楼宇的智能化进程——它还让远程办公成为了全球员工具有长期可行性的选择。在此趋势下，全球公司都在寻求一种能够让员工在办公室、家庭和其他空间内灵活切换的混合工作新模式。工作场所的使用率可能比过去更难预测，会有更多的空间使用高峰期和低谷期，因此需要更灵活的空间使用和更复杂的楼宇管理。这意味着办公楼宇不仅需要实现智能化，还必须具备更高的灵活性，以应对不断变化的租户需求，满足更严格的运营目标。

本报告基于 WORKTECH 学院对企业房地产 (CRE) 专业意见的调研结果撰写，其中包括对公开资料、学术研究、公共网络研讨会以及精选深度访谈的分析。银行业、生命科学、专业服务等领域的行业领导者都为这项研究做出了贡献。

我们从调查中了解到，灵活的工作模式依赖于灵活的办公楼宇。但是，想要进行改变存在一个障碍：现存的大部分楼宇是非灵活楼宇，其中许多楼宇的使用年限已超过 20 年，且预计可以再使用年限超过 50 年。在建造这些楼宇的年代，是不需要考虑楼宇灵活性的，但现在需要尝试让这些楼宇适应新的工作方式、满足不同的可持续性要求、不断变化的效率参数和用户需求，对于业主和运营商来说，这是一项充满挑战性的任务。

我们所说的灵活性楼宇具体指什么呢？我们如何定义其关键属性？开发灵活性楼宇的主要益处有哪些，房地产专业人员应如何着手构建灵活性楼宇？这些都是本报告所要回答的问题。

一座真正的现代化楼宇是能够随着需求的变化而灵活变化的。该楼宇的基础设施将适应和容纳新的系统和设备。如果业主想在新的混合型工作环境中取得成功，他们就需要不断寻求能够为其设施和运营带来更大灵活性的新技术。



2. 执行摘要

本报告通过对企业房地产 (CRE) 专业人士的意见调查，确定了安全、可靠和有效重返办公室的关键优先事项。报告指出，灵活性是新兴的混合工作模式的一个基本特征，并探讨了灵活性楼宇将如何实现变革。

报告研究了灵活性楼宇在新兴环境中很重要的内在原因，在这种环境中必须综合考虑两个因素：首先需要改善员工在安全、舒适、健康和无缝连接方面的体验；其次需要在空间管理和能源使用方面实现更高的运营效率。

报告还分析了灵活性楼宇的构成要素。关键属性包括：能够让人们对环境进行更多的局部控制，如拉开百叶窗或调节温度；依据数据分析以便根据出勤率波动实现办公楼层的“动态堆叠”；一个开放和创新的平台，确保轻松集成不同的楼宇系统和应用程序，包括工作场所应用程序；以及最大限度地降低网络安全风险。

灵活性楼宇的优势是通过楼宇业主和楼宇管理者的不同角度来定义的。前者希望投资回报最大化，后者希望通过工具和系统保证用户体验，以保护资产价值。本报告通过 E5 模型来展现灵活性楼宇的优势：



E5 模型的支柱是**体验**（根据不断变化的需求创造更好、更健康的用户体验）和**经济**（实现空间管理和能源使用的运营经济性）的结合。这些是由 CRE 社区确定的双重目标。

为市场带来的好处可归纳为三个对未来至关重要的观念：**高效**（最大限度地提高效率，降低复杂性并提高运营可见度）、**参与**（通过数据和设计提高用户对楼宇的参与度）和**环保**（完成关键的可持续性目标，实现碳减排）。

报告最后总结了选择和采购灵活性楼宇技术的实际考虑因素。为变革而设计、发展 CRE 团队的数据科学技能、将灵活性视为办公基本要素以及实现具有灵活性的现代楼宇、让业主和用户能为未来的办公室做好准备的技术，这些都是选择和采购灵活性楼宇技术时需要考虑的因素。



灵活性楼宇的 E5 模型

3. 为什么灵活性楼宇至关重要？

企业房地产领导者在计划安全重返办公室和智能交付混合工作模式时，挑战和机遇并存。显然，办公楼宇必须适应不断变化的需求。但是，为什么在投资组合中构建灵活性如此重要？

在全球新冠疫情肆虐之后，大型组织中的企业房地产（CRE）团队正在迅速适应新的现实情况。根据 WORKTECH 学院为本报告进行的 CRE 领导意见调查显示，人们普遍认为不会再回到新冠疫情前的传统工作模式。在新冠疫情期间，办公室禁止出入，远程办公是唯一的选择。在当今的混合工作模式下，由于家庭和其他非办公空间也将成为员工的工作场所，远程办公将成为一种常态。

混合工作模式的比例因地域和行业而异：例如，在金融行业，许多银行已经宣布将远程办公的比例调整为 60%，这意味着员工每周将只有三天会在办公室里工作。而在生命科学行业很多公司的远程办公比例为 50%。上述这些并不代表办公室将在全新的混合工作模式中失去意义。恰恰相反，办公楼宇在组织绩效中的作用依然无可替代。尽管如此，混合工作模式对办公楼宇的用途及其未来的运作方式提出了新的挑战。

不可否认的是，无论组织机构决定采用何种混合工作比例，都需要重新对办公楼宇组合进行审查，以便找到新的方式为业主、投资者、运营商和用户提供服务。从某种意义上说，远程办公的兴起以及办公室所承担角色的转变，反映了过去十年中不断发展的远程办公趋势正在加速推进。但其关键区别在于：几位 CRE 领导人在调查过程中告诉我们，在新冠疫情之前，在家工作只会根据办公室的本地化运营安排偶然发生，并没有被制度化。而现在，企业组织的高层已正式批准这种办公模式。

以前可以通过定期的日常考勤来保证稳定和可预测的办公室占用率，而现在则有更多动态和流动的条件需要管理。办公楼宇需要更加灵活以适应这些变化，但是，当今许多楼宇的使用年限已超过 20 年，且预计可以再使用年限超过 50 年。它们如何才能灵活适应当前的新需求？

根据我们的调查，CRE 决策者在应对新的工作环境时需要面临以下几个方面的挑战：

安全第一：新冠疫情改变了员工的福利、需求和期望。人们一致认为，在重返办公室的同时，企业组织需要全面关注员工的安全、健康和福祉。人们需要实现对自己所处工作环境的全面掌控，而不是暴露在过度拥挤的空间或糟糕的空气中。为了提高员工的安全感，非接触式、声控和移动访问技术是许多企业组织正在考虑应用的解决方案之一。由新冠疫情危机暴露出来的心理健康问题，也促使许多公司更加关注员工的心理舒适度和体验满意度。

员工体验：除了基本的健康和卫生因素，员工在重返办公室时还会希望得到更加舒适的体验。在新冠疫情期间进行的几项调查显示，员工特别是年轻群体对重返工作场所是充满渴望的。人们怀念社交互动和面对面学习、创新的机会，但他们不想回到陈旧简陋的办公室。他们希望办公楼宇能在环境方面做出关键性的改变，在提供更多有益于健康设施的同时，降低空间密度、噪音和干扰（Gensler 2020）——他们想要一个更加以人为本的工作场所，因为在家办公的一年里，他们拥有更多自主权和控制权，只有改变以前的办公环境才能满足他们现在的需求。CRE 专业人士希望更多地使用工作场所应用程序（例如用于寻路、找人和停车位协助）来推动更加个性化的员工体验。

设计创新：新的设计特色、设施丰富的空间和不同的空间形式都是新办公室改建的方向。其中一项典型的策略是减少单人办公桌的数量，增加人们可以面对面交流的咖啡休闲区和协作区。更多空间将变得多功能化，以适应不同时期的不同需求。这反映了办公室的用途正在发生变化，不再是传统的常规个人工作容器，而是成为一个可供员工自主选择的、以事件为中心的灵活空间，以便员工在此创造、交流以及社交。

“对标准办公桌的需求仍将存在，但随着人们对混合工作模式的深入，对办公桌的需求将下降，而对协作空间的需求将增加……”

欧洲大型银行工作场所负责人

“尽管重新利用和改造传统楼宇存量不容易，但我们正在努力研究以实现更多的灵活性——其中按消耗量分配办公室是一个很好的模式。”

全球生命科学公司工作场所负责人

办公室即平台：CRE 团队必须与人力资源和 IT 部门合作，在办公室内外创造无缝的员工体验，因为越来越多的人选择在不同的空间远程办公，而且需要与工作场所的系统 and 软件建立连接。在吸引和留住人才方面，办公室作为重要的员工体验平台——它预示着新冠疫情之后将出现一场新的人才争夺竞赛。拥有连接顺畅的开放系统和具有弹性以及适应性的技术基础设施，是赢得这场竞赛的一项因素。

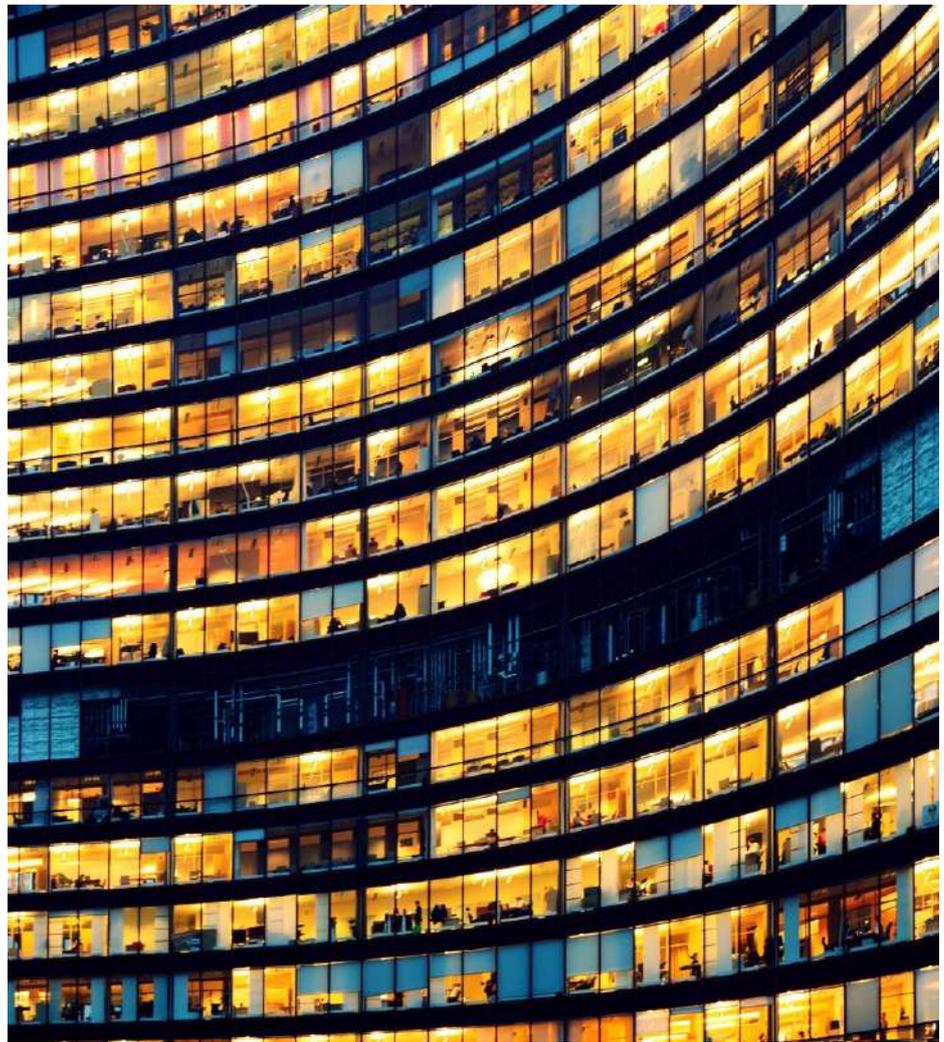
运营效率：虽然公司领导愿意解决员工体验和人才争夺相关问题，但他们也给 CRE 专业人员施加压力，要求他们提供更高的运营效率并同时节约成本，以平衡新冠疫情造成的经济损失。许多公司董事会将新冠疫情视为“调整”其房地产投资组合和简化运营的机会。如果数字化转型有助于提高运营的可预见性和降低运营成本，那么大公司就更倾向于向数字化转型投入资金。根据安永公司对高层管理人员的调查，超过 70% 的高管计划在疫情结束后优先考虑技术投资。在让公司领导夜不能寐的运营问题中，网络安全成为《2021 年毕马威首席执行官展望脉搏调查》中全球 500 位 CEO 最关注的问题。

从数据中学习：与推动运营经济相关的是，人们越来越关注捕捉和分析数据，以更多地了解组织的实际运作方式。CRE 领导者正在考虑提高他们的数据分析能力，以便在多个领域做出更多的数据驱动决策，包括主动管理空间和控制能源成本，以及提高员工敬业度。办公楼宇需要对不断变化的用户需求做出更快的响应，通过物联网传感器网络提供持续的反馈，以实现空间和能源的智能利用。人工智能将在空间分析中发挥关键作用，从而提高用户满意度。

可持续目标：可持续办公环境管理方法在 CRE 议程上占据重要位置，因为楼宇业主和用户都认识到了气候危机的深远影响。在绿色融资和可持续商业模式日益盛行的行业中，情况更是如此。组织将需要楼宇技术来帮助实现关键的可持续性目标。年轻一代的员工希望通过雇主采取的气候行动，成为负责任的全球公民。

从本质上讲，上述研究结果显示，CRE 社区的任务是调和两个相互冲突的企业需求——在提升员工体验和参与度的同时实现运营效率。高层管理人员在力求让员工发挥才能的同时，也在探寻如何节省成本。

针对这个问题，值得一试的方法是在办公室组合中增加更多的灵活性。能够快速有效地适应新工作环境的灵活性楼宇，可以提升员工参与度和运营效率，并且加强对环境的控制。然而，企业领导人需要更加了解灵活性楼宇的概念，并更加相信这种方法的价值。



4. 是什么使楼宇具有灵活性？

在企业房地产中，灵活性有多种表现形式，但最常见的要求是主动满足用户需求，让他们更舒适，对环境更有把控能力，同时动态堆叠办公楼以提高运营效率，因为我们预计工作场所的参与度会降低。

根据我们与 CRE 专业人士的研究，灵活性办公楼宇可以通过多种方式来定义。在办公室租赁方面，灵活性指的是使公司能够随着员工人数的波动而快速入驻和搬出大楼。它与办公室中“基于活动的工作”（ABW）的兴起有关，在这种情况下，人们可以在各种环境中以更灵活的方式工作。已经引入 ABW 战略的公司，在应用混合工作模式方面大多数处于领先地位。灵活性也体现于灵活空间市场，即共享办公供应商为满足企业客户的特殊或突发业务需求而准备的灵活使用空间。

然而，最常见的定义是，使企业楼宇本身的基础设施和空间在使用中更加**灵活多变**。这种定义灵活性楼宇的方式开辟了许多可能性。内部环境（照明、温度、室内空气质量等）可以根据楼宇管理系统（BMS）来调整，以提高用户的舒适度和幸福感。BMS 阐释了各种外部输入，如天气模式和用户输入。通过监控和测量楼宇物中的人流情况，在入住率较低的情况下作出调整（例如关闭楼层或关闭电梯），从而节省运行成本。这个过程被一些欧洲工作场所负责人称为“动态堆叠”。

灵活性还可以延伸到使用**智能分析技术**进行主动能源管理，以便楼宇在正确的时间，动态地从电网获取能源，以改善其环境绩效。通过提供充电站**智能分析技术**还能够支持电动汽车的发展。一般来说，灵活性楼宇与数据驱动的环境有关。CRE 专业人士认为他们可以借助传感器进行数据采集，来对空间的利用做出明智决策，并轻松改变物理空间布局。此举可以在改善楼宇使用效率的同时提高用户的参与度。

在对办公楼宇灵活性的定义中，经常提及的是拥有一个**开放的、集成的楼宇管理系统 (BMS)**，使其能够整合不同的系统和应用程序、增加新的服务并不断升级，从而满足用户不断变化的需求。通过入住以及环境数据反馈和调整的过程来实现健康和“自我修复”，这一灵活性楼宇概念在当前注重安全的环境下很有吸引力，而且不仅仅是对企业房地产经理，对工作场所战略家、人力资源主管、企业领导和楼宇业主也是如此。

我们正在进入一个新的时代，届时员工将不再完全以办公室为工作场所。波士顿咨询公司 (BCG) 智能环境负责人兼副总监 Kristi Woolsey 在我们的调查中表示，当今的员工主要分为四种类型：

员工类型：	在办公室的时间：	示例工作：
“锚定操作员”	80 - 100%	实验室科学家
“创意合作者”	50 - 80%	营销主管
“专注贡献者”	20 - 50%	财务分析师
“模式专家”	0 - 20%	呼叫中心操作员

公司正在采取一种零售策略来吸引人们回到办公室——我们会把办公室布置得非常炫酷美妙，并提供一流的咖啡和设施，非常舒适。这样即使员工可以远程办公，他们也会选择来办公室。

从 BCG 的分析中可以看出，与以前相比，办公室的占用率将不再那么规律且更加不可预测，但是当人们来到办公室时，他们希望在舒适、配有完备办公用品的环境中，与合适的人员一起获得出色的体验。来自 BCG 的 Woolsey 谈到了一种吸引人们回到办公室的“零售”策略。当员工可以选择在其他地方工作时，他们需要有吸引力的理由才会回到办公室——无论是舒适的环境、共享的活动、智能的服务还是美味的咖啡。许多组织面临的问题是，他们在不够灵活的办公楼宇里，使用老旧的系统办公，而这已经不再适合 21 世纪的目标，特别是在新冠疫情之后。这种“零售”方式还必须将以消费者为中心的方法与成本效益结合起来。

Kristi Woolsey, 波士顿咨询公司副总监

5. 有什么好处？

正是在这种背景下，施耐德电气开发出了使楼宇更加灵活的技术。其 EcoStruxure™ 互联房间解决方案是一个开放的、可互操作的平台，利用物联网的力量，使公司能够通过创造 CRE 团队所需的灵活性，为其未来的办公楼宇做好准备。那么，灵活性楼宇会带来哪些好处？

楼宇业主希望尽可能长久地保持其资产的使用寿命和吸引力，以实现投资回报的最大化。CRE 专业人士希望尽可能高效地提升体验和升级服务。我们的 E5 模型则说明了灵活性楼宇所带来的好处。

灵活性楼宇解决了新工作方式所暴露的基本矛盾。正如一位经验丰富的工作场所顾问在调查中所说：“人们的工作形态变得越来越流动、动态和灵活，但房地产在很大程度上仍然是一种静态资产，其变化很难以天为单位衡量，因此我们需要通过灵活的工作空间将工作和房地产结合起来。”灵活性楼宇还能在楼宇的整个生命周期（从设计、施工到使用）中实现弹性运营，这正是房地产行业所渴望的。

楼宇业主希望使他们的投资回报最大化。这意味着要确保他们的楼宇高效地运行，具有更长的使用寿命并尽可能的保持占用率。楼宇业主想要吸引和保留优质承租人，就必须专注于满足不断变化的员工参与度、舒适度和健康需求。他们还希望楼宇能够可持续、稳定运行，同时避免因翻修需求而产生的昂贵费用。灵活性楼宇是实现这一切的关键。

CRE 专业人员和设施经理希望做出快速、智能、数据驱动的决策，以提升用户满意度，提高楼宇的日常运营效率，降低运营成本，并将网络安全风险降至最低。灵活性楼宇旨在加强用户参与度和对工作环境的控制，同时为楼宇管理者提供他们需要的系统数据，以便随时做出明智的选择。CRE 团队无需对楼宇进行大规模改造，就可以升级空间和重新配置平面图，并在不更换整个 BMS 系统的情况下引入新的增值服务（如自动故障检测、健康和空间分析以及导航）。

灵活性楼宇的E5模型

本报告提出了一个全新的、基于结果的模型——灵活性楼宇的 E5 模型——以展示在企业办公环境中增强灵活性所能实现的目标。

该模型的支柱是经验和经济的结合——这也是 CRE 社区所确定的双重目标。为市场带来的好处可归纳为三个观念：*高效、参与和环保*。

体验：灵活性楼宇通过提供满足用户功能需求的环境、利用开放系统增强连通性、增加以人为本的服务、更适应不断变化的需求以及通过语音、移动等多种方式进行交互，从而实现更健康的用户体验。

经济：灵活性楼宇提供了一个智能运营平台，让人们更好地了解楼宇的使用情况，从而在计划维护、空间管理和能源使用方面提高运营经济性。

高效：使用数据来确定最有效的楼宇管理、利用开放的系统来减少复杂性、使用模块化方法来支持集成的，以及通过单一工程界面来提高运营可见性，灵活性楼宇以最少的工作浪费提供最大的生产力。

参与：灵活性楼宇通过使用数据分析来实时响应不断变化的租户要求，从而提高用户参与度；让用户成为系统控制环境的真正数据来源，通过使用智能手机应用程序，为工作场所带来更以消费者为中心的方法。

环保：灵活性楼宇通过积极的能源管理系统实现关键的可持续发展绩效目标，从而提高房地产资产和用户的绿色资质。

E5 模型各组成要素为开发商和用户在设计、指定和采购灵活性楼宇技术时提供了一套使用标准。

“多年来，员工一直希望获得灵活性，但组织并不希望他们拥有绝对的灵活性。以前，组织可以告诉员工他们可以在何时何地工作，现在，权力回到了员工手中……”

Phil Kirschner, 瑞士信贷 (Credit Suisse)、仲量联行 (JLL) 和WeWork 的工作场所顾问



6. 如何构建灵活性楼宇？

只有在以未来工作环境为背景，调试、指定和采购灵活性楼宇技术时，才能实现本报告中列出的益处。当今世界，物联网技术日益实惠、易于获取，其发挥的作用也越来越大，因此为转变而设计至关重要。

为了实现本报告中描述的灵活性楼宇的好处，需要考虑许多实际问题。

为转变而设计：重要的是，在设计办公室时不要照搬疫情前的参数。在不久的将来，办公室的人数将变得难以预测，用户的需求也将随着时间变化。控制、机械和电气系统将面临不同的压力。在选择任何新系统或技术时，必须要考虑未来的空间使用和可能出现的新场景。

整体方法：定期更换楼宇管理系统或进行昂贵的维修工程或空间改造，是不切实际、不可取的。采取更全面、更长期的方法，使楼宇适应未来的新技术和新系统，这些措施终将带来回报。

充分利用物联网技术：新的物联网技术不再是科幻小说的内容。它们比以前更简单、更容易获得、更实惠且质量更好。因此，我们有必要看看，利用物联网技术并将其连接到楼宇生态系统中可以获得哪些好处和改进，让办公室成为首选工作目的地和日常工作活动的延伸。

开放系统：未来的办公楼宇需要能够快速更改布局、添加新功能、扩大和缩小规模等，而无需拆除和更换物理基础设施。在楼宇的软件架构和开放系统中创造灵活性，是构建灵活性楼宇的明智之举。

重视数据：CRE 专业人员正在努力将过去不需要的数据科学专业知识引入到他们的团队中。数据将推动灵活性楼宇的发展，为居住者提供更舒适、响应更积极的楼宇。然而，重点是要避免“分析瘫痪”，我们需要与数据建立一种动态和积极的关系，这样建设团队就可以做出改变，而不必等待通过数据呈现完美画面。

将灵活性视为基本要素：让楼宇更加灵活需要改变思维方式。在现有和新楼宇中发展更大的灵活性，不应被视为纯粹的技术考虑，而应视为满足快速变化和要求更高的劳动力的基本要素。



7. 前行之路

随着更加灵活的劳动力开始在更加灵活的环境中工作，对能够服务广泛用户且具有运营优势的灵活性楼宇的需求也将增长。施耐德电气 EcoStruxure 互联互通房间解决方案可以成功实现灵活性楼宇，并为当前关于灵活性楼宇的争论做出了创新贡献。

“该软件工具用户友好，其通信协议具有多种可能性，这使得互联互通房间解决方案易于集成……”

Ferry van Yperen, 荷兰TA Control Systems首席工程师

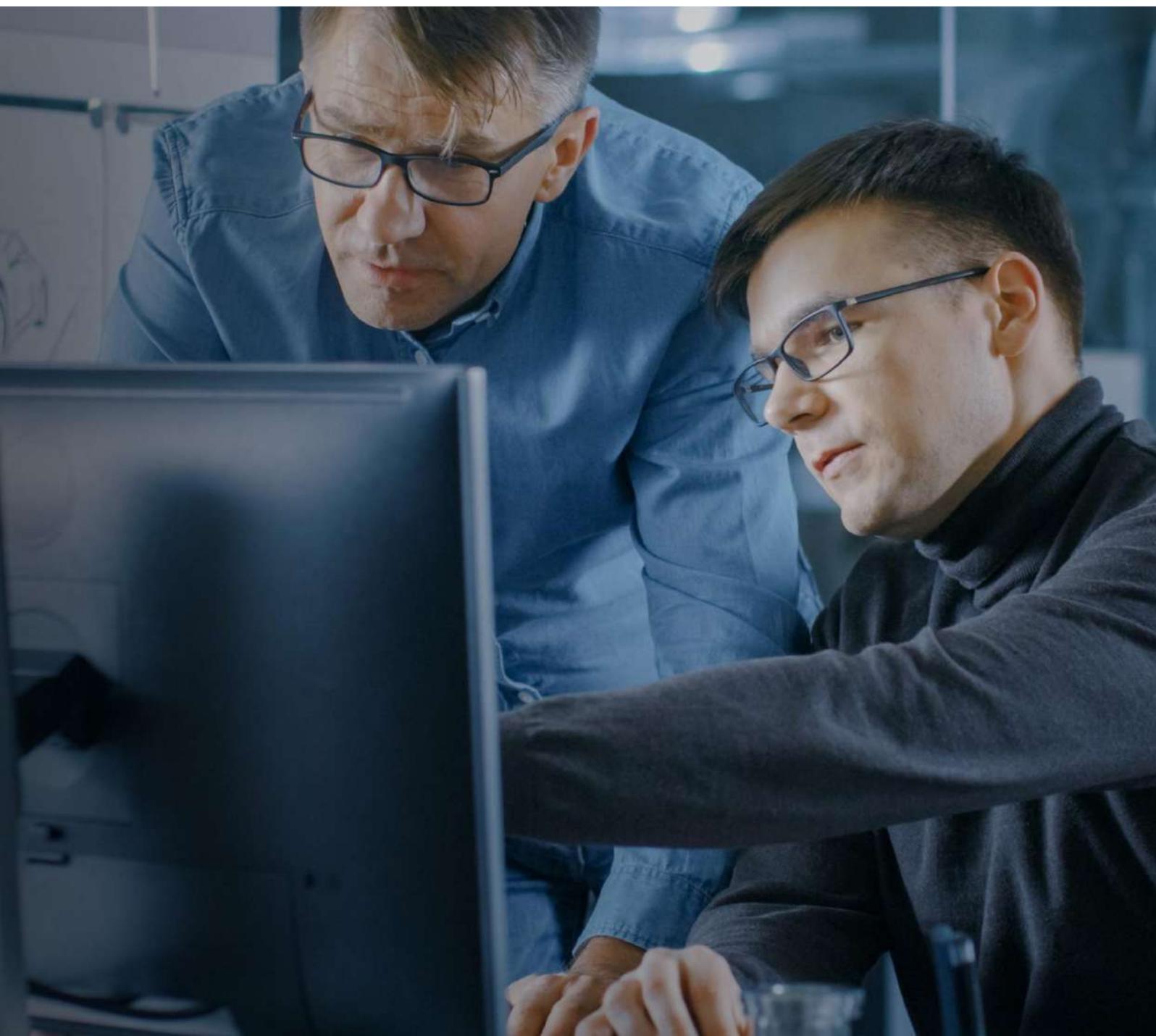
作为专为实现灵活性楼宇而开发的技术，施耐德电气 EcoStruxure 互联互通房间解决方案能够测量和控制楼宇内部环境，对温度、照明和遮光进行智能调整，从而为用户打造更健康的空间体验。它能够利用人工智能，对楼宇中人流量的高低区域进行识别，从而实现更智能的空间利用。该解决方案功能广泛，能够实现楼宇控制从能源管理到预测性维护和设备循环和排序等的功能延伸。

开放和创新的互联互通房间解决方案可通过以太网 IP 架构安全地连接硬件、软件和服务系统。它是 EcoStruxure 系统的一部分，这是一个安全、可扩展、协作性的物联网 (IoT) 解决方案，能够集成到更广泛的智能生态系统中，以提供分析和服 务，从而实现个性化体验、预测故障、提高能源效率和规划空间使用。互联房间解决方案可以部署在现有的楼宇，也可以应用于新楼宇。接受本报告采访的系统集成商评论说，该解决方案易于集成，从而能够快速部署该技术。

随着 CRE 社区对灵活的新工作环境的调查，我们可以预计，既能提供良好的用户体验，又能实现运营经济的灵活性楼宇将会有更大的市场的需求。



3 运维与管理



3.1 新一代楼宇管理系统 (BMS) 需要具备的三个基本要素

摘要

楼宇业主、设施经理、系统集成商正面临着越来越大的压力，他们需要节约更多能源、降低成本、维持可用性，同时还要让住户获得更佳的使用体验。要实现以上多重目标，最佳方案是采用当今的新型楼宇管理系统 (BMS)，该系统远不止于暖通空调 (HVAC) 控制。新一代 BMS 集成了物联网、云计算、数据分析和人工智能技术，是更开放的集成平台，可以更充分地利用现有资源和互联系统，使利益相关者获益。本文解释了推动 BMS 发展的因素，描述了解决当今与未来管理难题的三个基本要素，也将阐明这些要素如何助您走向正确的发展道路，进而从未来新兴的数字技术中受益。

简介

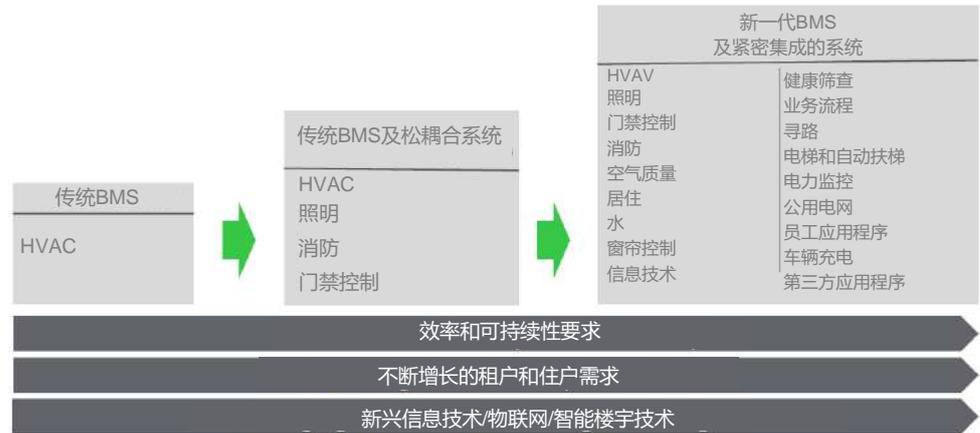
楼宇管理系统 (BMS)，有时也称“楼宇自动化系统” (BAS)，是楼宇安全、高效、可靠运营的关键工具。业主对能效和可持续性的高度关注，以及住户需求和期望的根本变化，正导致传统 BMS 在实施阶段不堪重负，这也推动了传统 BMS 的发展和演进。与此同时，云计算、物联网、数据分析和人工智能给 BMS 系统带来了全新的、更广泛的能力。凭借这些底层技术，新一代 BMS 可以覆盖多种业务和 OT 技术系统和传感器，集成并聚合楼宇内所有数据。**协调管控楼宇各项 OT 技术，可以最大限度提高能源使用效率和运营效率，从而提升住户效率和使用体验。**

尽管出现了这些新变化，但我们发现许多业内人士仍对 BMS 持有非常狭隘的观点，认为 BMS 无非是 HVAC 控制手段而已。传统观点认为，BMS 只包括现场控制器和楼宇控制器，以及内部 BMS 软件界面。在实施过程中，这种狭义的 BMS 对楼宇管理难题的解决能力非常有限，无法借力更新的科技进步成果。现代化的新一代 BMS 可以连接的系统范围更加广泛，通过与其他系统集成，可以达成以前无法实现的目标。随着楼宇变得更加智能，采用新一代 BMS 势在必行。

图 1 显示了 BMS 实施的范围和系统集成的深度是如何随着需求和功能的变化而变化。传统 BMS 有时也会与其他系统集成，但也仅限于将数据点从其他系统中拉取出来，然后在 BMS 软件中显示，以补充背景信息。我们将这种层次的集成称为“松耦合”。新一代 BMS 在此集成基础上迈进一步，交互的系统更多，连接集成也更紧密。因为数据与其他系统的数据深度结合（被用于数据分析、人工智能和数据服务）使运营更具前瞻性和预测性。

图 1

对效率、可持续性、满足不断变化的用户需求的能力及使用新兴科技的能力要求越来越高，BMS 实施范围也随之扩大，BMS 与其他系统的集成也随之深化



本文首先探讨了当今楼宇设施管理者面临的三个要素，这三个因素促使管理系统不断发展并适应当下需要；然后说明了新一代 BMS 的三个关键特性，以及如何利用这些新功能更好地解决当今楼宇面临的难题。最后，我们发表了关于未来 BMS 发展方向的想法。

推动 BMS 发展的三个因素

典型的传统楼宇配有 BAS/BMS，但其功能仅限于 HVAC 或照明、门禁的控制，以及电力监控。设施经理及其运营团队仅利用该系统进行故障监测和实现基本控制。系统的运行独立于信息技术部、住户、业务单元和房地产业主；系统重心仅在于确保楼宇系统的日常运行，且这些操作往往是高度依赖手工的劳动密集型工作。为确保工作正常开展，楼宇业主完全依赖拥有丰富专业知识的资深设施管理专家。维护工作按部就班进行且被动的：对于楼宇内的非体验类项目，租户和住户既不能控制，也缺乏深入认识；所有投诉、请求和服务订单均需通过设施经理传达；房地产业主旗下的不同楼宇间管理相互独立。目前，**这种传统模式正在退出舞台**。社会因素和技术因素推动着 BMS 从以 HVAC 控制系统为主导的系统向更智能的楼宇系统集成平台演变，以实现主动监控和自动化。

目前正推动变革的三个基本因素：

1. 效率及可持续性要求不断提高
2. 租户/住户的要求和期望不断变化
3. IT、物联网和智能楼宇等新技术的不断升级发展

第三个因素拓宽了 BMS 的范围，提高了 BMS 的能力，以更好地处理前两个因素。各因素说明如下。

效率和可持续性要求不断提高

毫无疑问，建筑对全球环境有着重大影响。“考虑到上游发电的间接排放，2018 年建筑行业排放量已经占到全球能源相关 CO₂ 排放量的 28%。就绝对值而言，建筑相关的 CO₂ 年排放量已经升高到空前的 96 亿吨 CO₂。⁴²” 还需注意，以上排放量并不包括建筑施工产生的排放；如果包括施工排放量，那么建筑行业排放量大约占全球 CO₂ 排放量的 40%⁴³。除环境影响外，建筑能源使用对运营成本也有重大影响。据估计，能源消耗费用已经占到楼宇非固定运营成本的三分之一⁴⁴。因而，商业房地产公司承受着越来越大的监管、财务和社会压力，需要降低能耗，并最终实现楼宇运营的脱碳。

伴随减少能源消耗的压力越来越迫切，对精细的能源监控和实时的控制需求也愈发强烈。碳税、排放交易体系 (ETS) 和基于结果的气候融资 (RBCF) 等碳定价体系正在鼓励人们在利用建筑控制来减少建筑能源消耗方面发挥创造性和做出最大限度的努力。这包括融入电网服务系统，根据分时定价选择不同能源，在知晓硬接线和插头负荷运行状态、公用事业定价变化、房间入住情况、天气数据等因素的基础上控制电力和照明。如今，BMS 不仅仅需要控制 HVAC 系统，也需要能监测并控制楼宇内所有供电系统，从而充分优化整个项目的用电，但传统 BMS 系统并不具备这种能力。现代化的新一代 BMS 成为了必要的工具，可以充分优化用电，以应对越来越大的社会压力和遵守愈发严格的政府气候法规。

租户/住户的要求和期望不断变化

租户和住户期望正不断变化，不断推动着 BMS 功能持续拓展。租用楼宇和在楼宇内工作的人们日益关心气候变化和可持续性问题，同时为了保护环境以及出于经济原因，越来越希望提高能效。人们希望租用高效楼宇，或在高效楼宇中工作。与前几代人相比，当代人也更加关注个人健康、心理健康，以及直接环境对个人身心健康的影响。住户要求楼宇不仅是安全的，还应是令人高兴愉悦的。除此之外，人们平时对家庭消费类技术、信息技术、智能手机的需求正在影响他们对工作场所和工作模式的期望。我们认为人们期望随时随地地享受信息技术服务。**楼宇服务弹性成了当下的关键特性。**智能家居技术的普及，让人们又抱着“总会有匹配的应用程序”的心理，所以他们期待能够轻松地与建筑物及其内部环境进行交互，以定制个人空间，包括实现在楼宇周围的导航、发出资源请求、更便捷地通过安检区等等。以上新需求不仅对楼宇设计有很大影响，对运营也有很大影响。可靠高效的楼宇重视租户和住户的健康、安全、体验、效率，在楼宇业主看来，这些都是楼宇的直接竞争优势。

注 [42] <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings>

注 [43] Ibid.

注 [44] <https://www.constellation.com/solutions/for-your-small-business/small-business-resources/commercial-real-estate.html>

租户和住户需求与期望的变化正在改变设施经理的工作范围。**这意味着 BMS 的范围也必须相应调整。**当然，设施经理仍然负责运营 HVAC，并践行能源目标。但现在，设施经理还必须考虑如何给住户带来更多舒适体验，提供健康的互动空间，保证系统持续可用、安全、互联互通，并且符合企业和政府规章。办公空间策略规划师等新兴商业建筑领导人正在对设施经理提出新的期望，以提升员工敬业度、效率和整体健康分数等指标。新一代工人、居民和酒店客人期望通过数字工具影响周围环境，与周围的人和系统紧密相连。和过去数十年的情形一样，在如今的商业建筑内，人们依旧在很大程度上依赖设施经理来处理舒适、清洁、通信等请求。有效的现代化 BMS 事实上具备个人数字助理的某些特性，能够为住户赋能。住户不必像从前那样依赖设施经理，而设施经理则可以通过 BMS 系统满足不断增多的期望、衡量标准和法规目标。欲满足这些需求，需要智能楼宇技术，在设计时顾及移动性；并且应用 BMS 可以管理并控制的技术。传统 BMS 并不具备这种设计。

IT、物联网和智能楼宇等新技术的不断升级发展

伴随底层技术持续改进，楼宇管理系统也在不断发展。例如，较老式的传统系统借助气动（压缩空气）、模拟和机电控制装置实现对 HVAC 设备的简单控制。20 世纪 90 年代和 21 世纪初出现的直接数字控制（DDC）技术在今天得到了广泛应用，其功能、互操作性更强，也更加灵活可靠。如今，系统和设备越来越普遍采用标准化 IP 网际互连协议。得益于此，BMS 变得更加智能，不再仅仅是一套简单的机械自动化系统。而上述这些，仅仅是众多变化中的冰山一角。

“物联网”（IoT）的爆炸式发展，让制造商和建筑技术系统集成商运用可以更便捷、更经济的方式为越来越多的设备和系统加装微型控制装置、传感器和 IP 网络连接。随着紫蜂（Zigbee）和蓝牙（Bluetooth）等低功率直接对传式无线个人区域网技术趋于成熟，现场控制器和多种物联网传感器与楼宇控制器间的连接被大为简化。采用标准 IP 网际互连协议可以便捷地连接设备和系统，使 BMS 不仅可以进行更多的监控和控制操作，还将 BMS 从只服务于设施经理转变为现在能够直接协助租户和住户的系统。随着 BMS 覆盖范围扩大，它还可以为住户提供服务，如维护请求的直接权限、导航、房间预订、和移动端设备进行个人舒适度控制。

传感器和物联网设备快速普及，也让数据呈爆发式增长。现在我们有机会利用“**大数据**”分析和人工智能（AI）技术来处理这些数据，使建筑运营和管理更加自动化、高效、可靠和主动。数据分析和人工智能正在形成成熟的产业，开始被广泛应用于信息技术和数据中心行业，而其在商用建筑中的成功案例也在持续增多。

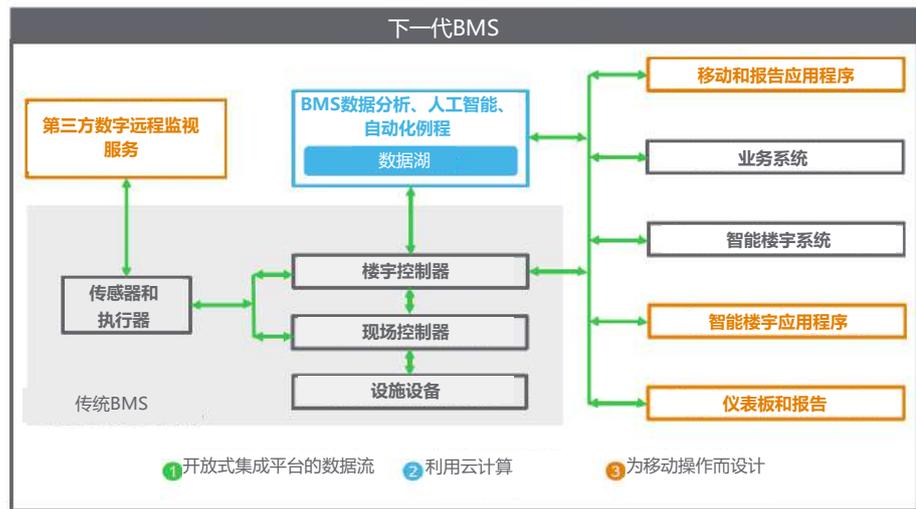
云计算为数据分析和人工智提供了计算能力、存储空间和安全性保障，从而可以安全地收集众多设备和站点的海量数据。随着计算能力和存储能力的拓展越来越容易，让训练机器学习算法成为可能。云还为多站点远程监控、第三方监控和应用程序开发打下了安全的根基。这些信息技术和物联网相关的技术发展也为所谓的“智能楼宇”技术开发创造了机会。

三个基本要素

有效的新一代楼宇管理系统是一个集成了楼宇、业务、设备物联网数据和行业特定专业系统的平台，其用例包括医院的空气质量监测系统和酒店的房间预订系统等。BMS 的最终目的是从数据中提取价值，实现安全、可靠和高效地运营和维护建筑系统，同时最大限度提升住户的效率和体验。相比美国采暖、制冷与空调工程师学会 (ASHRAE) 最初设想的传统 BMS 系统，新一代系统的应用范围和功能要广泛得多，也更易于使用、编程、扩展和更新。现代化的新一代 BMS 实施范围从设备传感器到楼宇控制器（即边缘）再到配有应用程序和服务的云（见图 2）。新一代系统访问地点不受限制，实现了信息报告、数据分析/人工智能应用、预测性维护和自我诊断。

图 2

新一代 BMS 的高级架构图，有别于传统 BMS 的实施，从设备延伸到了云端



这些更新更有效的系统让更多之前需要设施经理手动完成的工作实现了自动化操作。租户和住户可以根据个人爱好和偏好，控制和改变个人环境体验，从被动接受的住户变为了主动行动的住户。在这种模式中，BMS 是至为关键的智能中心（即大脑），将设备、云、其他系统、人、实时工作流模式，以及法规和政策的数据整合在一起，向利益相关者（设施经理、住户、业主）共享信息，同时在获得授权的情况下，采取独立的自动化行动。引用 ASHRAE 的说法，“智能建筑本身并不智能，但可以为住户提供更智能的选择，赋予住户更强大的工作能力。⁴⁵” **我们的立场是，有效的现代化楼宇管理系统现在能够实现某种程序的自主智能和行动，这种能力将随着底层技术的改进而不断扩展。**

实现更广泛、更强大的 BMS 的愿景，需要 3 个关键特性的架构：

- 基于开放式架构的集成平台
- 利用云计算获得数据分析及由人工智能驱动的数字服务
- 为移动操作而设计

注 [45] 《亚历山德里亚工程杂志》第 57 卷第 4 期。

除此之外，确保系统可以妥善完成基本常规任务仍然十分重要。但实际上，选择具备这三个特性的 BMS 等同于为 BMS 基础设施提供了一个软件平台，未来将在此软件平台的基础上增加额外功能，使系统永不过时。随着系统功能的增强以及底层信息技术和智能楼宇技术的不断发展和增长，BMS 将为业主提供面向未来的正确实施路径。智能手机就是一个很好的类比。起初手机只是作为拨打电话和访问互联网而打造的一个更美观、可便捷移动使用的界面，随后其发展为一种十分复杂的智能设备（智能地图、银行、健康跟踪等）；随着智能手机提供的功能越多越多，其产生的价值越来越大。而在最终用户眼里，手机仍然只是握在手中的一个小方块，用于浏览信息和沟通交流。其背后复杂的技术演化，用户依旧全然不知。基于这 3 个特性的 BMS 将为租户和住户提供类似的方向。

#1: 基于开放式架构的集成平台

第一个重要特性是系统足够开放，保证 BMS 系统可与其他楼宇子系统、物联网设备、传感器、业务流程、数据库、应用程序集成。在过去很长一段时间，BMS 的覆盖范围较为传统、有限，其本质上一直是一套相对封闭和专有的系统。但显然，如果 BMS 要实现不限于 HVAC 系统的控制，就需要从集成的系统和设备上收集数据，并且向它们发送数据；而这在传统的 BMS 系统上是无法做到的。为此，BMS 的设计必须具有一定程度的开放性，以保证其在智能楼宇技术中受益。毕竟，BMS 将连接的各种对象基本上不可能由使用同一专有语言和协议的同一 BMS 供应商制造。

如果 BMS 在运营整栋建筑中发挥核心作用，那么便捷的互联互通就显得十分重要了。与其他对象集成的具体过程可能因设备供应商的不同而有一定的差异。而这些差异可以作为选择解决方案时的一个比较点。

请注意，开放性理念贯穿在 BMS 架构的各个层级。开放性存在于三个层面：数据采集/共享、系统集成、系统搭建编排。在每个层面，解决方案的开放程度可从以下几个方面考虑：互操作性、工程复杂性、执行集成维护的所需的工作人员数量。本文仅关注整个 BMS 与其他设备和系统集成以从交互中提取价值的的能力。

集成涉及在运营技术 (OT)、物联网和信息技术中的标准、开放协议的实施。

OT协议

BACnet 通信协议为数字化的楼宇子系统提供交换信息的标准机制。这类协议的执行意味着不同供应商的不同系统可以互操作及共享信息。以这种方式通信的系统类型包括：HVAC、照明控制、门禁控制和火灾探测。其他被普遍采用的 OT 协议还包括 Modbus（工业环境常用）和 LON（局域操作网络）。

解决方案需要在架构所有层面原生并入 BACnet 通信协议/IP 网际互连协议。IP 网际互连协议是一种常见的互联网协议，IP 网际互连协议使不同楼宇系统的楼宇控制器可通过以太网相互通信。与替代通信标准（例如更传统的解决方案使用的串行总线）相比，IP 网际互连协议的速度更快、带宽更大。请注意，随着越来越多的数据被聚合和共享以支持高级数据分析，通信带宽成为了选择 OT 协议时的重要考虑因素。将传统 OT 协议置于 IP 之上，是当今“OT/IT 聚合”趋势的一个方面。

物联网相关协议

BMS 还应该支持与物联网相关的通用协议，如 SNMP、HTTPS、web 服务、MQTT 等。在本文中，我们讨论的是用于以低成本将小型、低功耗物联网设备连接到网络的 IT 协议。现在，有一系列无线传感器可为设施经理和楼宇住户提供额外的智能功能，且这些传感器不是 HVAC、照明或访问控制等子系统中的一部分，这些独立设备可能是占用感应器、无线恒温器或智能锁。在这个层面上，Zigbee 和蓝牙等无线通信协议，应该得到 BMS 的支持。Zigbee 在低功耗携带低数据方面的速率十分优秀，蓝牙则被看作是实现移动设备和传感器近距离通信的最优连接方式。

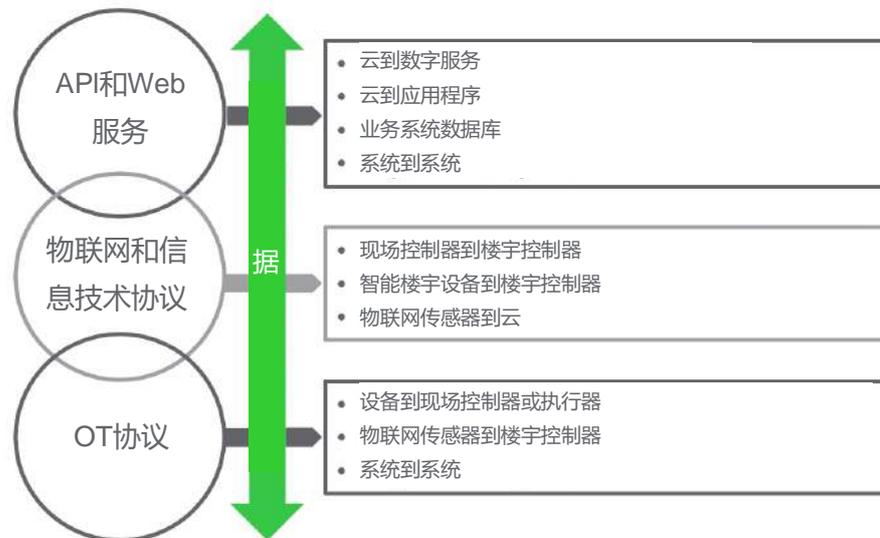
有效的 BMS 系统旨在帮助楼宇实现规模化的物联网设备集成。增加数据监测点数量，可以改进决策、控制方案和实现预测性维护。BMS 系统、需要具备能够实时处理不断增多的设备向其输入数据的能力；这是评估供应商时的另一个比较点。

IT协议

有效的现代化楼宇管理系统不仅要在传感器、执行器和现场/楼宇控制器层面上与常用的运营技术和物联网技术相关开放通信协议相兼容，还应在业务系统、云和第三方应用层面上与标准信息通信技术协议相配适，比如施耐德电气使用的 Web 服务。这是一种独立于硬件、操作系统和编程语言的应用程序接口 (API)。它促进了机器交互，被用于 BMS 系统与电力监控系统 (EPMS) 或其他站点的其他 BMS 的连接。它还用于连接第三方业务系统，如计费、房间预订系统、数据分析应用等 (见图 3)。实际上，它使 BMS 可以通过标准 SOAP 和 REST 服务 (均依赖于得到完善的信息交换规则) 轻松使用数据。需要将现有 Web 界面与第三方设备集成时，Web 服务是最理想的选择。

图 3

当今现代化的新一代 BMS 使用各种标准开放协议，作为从设备到云的聚合器



开放协议应该得到支持，供应商还要满足业主要求将不支持开放协议的旧系统和设备并入 BMS 系统的需求。对于个别不支持开放协议的设备，有效的 BMS 供应商提供了一种方法，通过这种方法可以开发驱动程序或“编译器”，以保证监控和控制能够使用不支持协议的系统或设备。当有未被替换的老旧遗留设备时，这一功能就显得尤为实用。

开放集成平台不仅需要汇聚上述数据，还需在提供背景信息的情况下理解数据。这对于更好地进行数据分析、流程优化和人工智能十分关键。理想的场景是，BMS 自动应用名为“语义标记”的概念，构建数据、使信息容易解释和编排。语义标记是将背景信息附加到原始数据的过程。例如，BMS 系统内部的传感器可以“标记”楼宇内位置信息、其所在设备的类型，以及测得传感器输出信息。这些附加信息允许数据类间的更复杂的关联和查询。

请注意，现代化的新一代 BMS 系统更开放、互联互通性能更好、覆盖范围宽广，进一步突显了重视网络安全的需要。这是比较 BMS 解决方案供应商时的另一个评估要点。选择设计、实施和支持方案时优先考虑安全的供应商。选择管理软件和设备固件时遵循安全开发生命周期 (SDL) 方法的供应商。重要的是，采纳和应用 IEC 62443 规定的网络安全指导原则和最佳做法，以及美国国家标准与技术研究院 (NIST) 等组织制定的、以信息技术为重点的相关安全标准。如欲进一步了解有关确保云连接楼宇管理系统的探讨，请参见施耐德电气白皮书 [《网络安全、云连接智能楼宇控制系统的实用架构》](#)。

#2 利用云计算获得数据分析及由人工智能驱动的数字服务

云计算技术在信息技术行业掀起变革，带来更低的成本、无限的拓展性、更好的弹性、移动性、更便捷的管理和维护等等。如今，云计算已成为全球整体计算架构的核心部分。新一代楼宇管理系统自然也从中受益。我们提出，新一代 BMS 的一个核心要素就是使用公有或私有的云计算技术和服务。

云的核心角色或优势，体现在如下**楼宇管理能力和功能**中：

- 无限存储库，用以存储、备份和整合先前存储的大量 OT 设备和系统数据
- 安全手段，用以帮助可信赖的伙伴和供应商提供远程主动监控楼宇设备和系统服务（“数字化服务”）
- 赋能“大数据”分析和机器学习算法训练，从而产出更有价值的洞察，并实现预测性维护以及控制自动化
- 为跨地域多个分散站点提供可视化管理、警报、数据整合以及报告汇总功能，帮助设施经理有效管理楼宇群
- 网络安全⁴⁶手段，用于第三方应用程序开发

简而言之，云计算提供搭建 BMS 所需的底基，减少手动操作，实现自动响应，提升预测性并最终提高自动化程度。BMS 能获益于云计算带来的数据分析和人工智能技术，这些技术也将持续成长并日渐成熟。例如，如今施耐德电气等供应商可以在 BMS 原生云平台上将感应传感器信息与楼宇管理数据整合，根据感应状态自动执行楼宇控制。这是更为智能的运营模式。感应传感器与云平台的集成，使详细的空间利用分析成为可能，比如，用以和重要的健康指标（如二氧化碳和挥发性化合物水平）交叉对照。在权衡楼宇空间决策的时候，为设施经理提供更多智能化帮助。

注 [46] 施耐德电气白皮书，《网络安全、云连接智能楼宇控制系统的实用架构》

尽管 AI 应用在楼宇管理中还处于早期发展阶段，但现在已经可以使用预测功能了。可在虚拟环境中创建并利用 HVAC 系统的数字化模型（或“数字孪生”），并将其与真实 HVAC 的表现进行实时对比，以识别可能导致故障或失灵的异常行为。

如今，可以应用的例子还包括预测性维护仪表盘或记分卡。BMS 软件界面显示受监控设备的列表，且这些设备按健康状况或根据系统可用性风险检测到的问题进行排序。如果系统离线，它可以显示存在风险的具体位置，或哪些设备可能会受到影响。它甚至还可以计算不解决风险的经济代价，以此证明设备维护和升级的合理性。

#3 为移动操作而设计

如今，雇主和楼宇业主要与“移动优先”的租户、住户和客户进行更深入的互动。雇员、酒店客人和大学生想要更简便地获取信息，并实现与对方的互动。他们都希望并期望有一定控制度和更简单的方法，来完成任务。新一代楼宇管理系统应提供移动应用和服务，来满足这些需求。

住户想要轻松的移动体验，从中获取信息，并能一定程度控制他们的周围场景。BMS 支持的面向工作场所的移动应用应当满足这一需求，比如，住户需要全新的舒适场景（温度、照明、百叶窗），那么他们就可以连上设备进行区域控制、预定会议室、与 IT 支持沟通、轻松导航、通过移动设备提交维修单。

“为移动操作而设计”不仅是让租户和住户轻松地与周围环境互动和控制周围环境。它还涉及到 BMS 软件界面，使设施经理、维修人员、和可信赖的第三方服务提供商在任何时间、任何地点都可以连接和控制操作员。

移动应用可以提升维护效率。例如，设备经理的长期需求是访问运行的仪表盘，获取可视化数据更新和实时状态，来了解关键绩效指标。他们应在任何地点、任何设备上都能获取这些信息。这些仪表板可以仅用于单个本地站点，也可以位于云级别——可从任何 Web 浏览器访问——提供跨所有站点的单独或总视图。另一个用例是技术人员在建筑物内调试设备。技术人员将受益于移动应用，通过这些应用，技术人员可以通过移动界面调整设置点，而无需在每个站点都使用计算机。技术人员可以通过移动设备远程检查设备的健康状况，而无需进入楼宇，减少需攀爬工程梯完成任务的人工工作。

图 3

图 3 所示为 BMS 现场控制器移动调试应用的截图。

施耐德电气
eCommission
SpaceLogic
Controller 移动应用截图



如前文所述，新一代楼宇管理系统将基于开放式集成平台。这将为移动 BMS 应用开发提供了方法。此开放式应用平台可以为楼宇不同角色方提供移动服务，并通过第三方应用开发，提供创新机会。BMS 的核心作用是整合所有数据、安全存储、规范化和数据分析。基于此，无论是在云端数据湖，还是在本地楼宇控制器层面，应用开发都可以实现。最后，BMS 应当可以将信息轻松拓展至托管的移动应用架构，并随着组织需求变化，不断改进服务。像任何应用一样，住户在在苹果、谷歌或私人应用商店都可以轻松获取 BMS 应用。楼宇和移动解决方案之间的数据流必须使用数据加密确保安全，且符合通用数据保护条例 (GDPR)。

实现楼宇的数字化转型，移动界面是不可或缺的一步。它们能帮助楼宇维护人员更加轻松地工作，与住户建立更密切的联系，并在所有角色间创建更高效的沟通工具。设施经理或楼宇业主能够通过人员角色、位置、服务和设备来访问住户数据。这种“人性化体验数据”为前文谈到的数据集成提供了重要补充。

为移动操作而设计的 BMS 从根本上简化楼宇管理。当您使用自助式建筑应用程序为住户服务时，您可以让设施运营团队的工作更轻松。远程监控应用等数字化服务解放了住户，使住户无论在哪里都可以进行操作，也可以控制操作。将其与基于云的分析结合起来，楼宇管理会变得更加主动、直观。

支持未来技术革新

正如本文所述，实施适合的楼宇管理系统，更加方便设施经理进行维护，同时更加吸引住户。但及时的更新换代同样重要。以下为新一代 BMS 将利用或帮助促进的 3 个新兴技术趋势：

1. **数字孪生**可在软件中呈现楼宇设备和物理空间。通过数字孪生技术，可优化维护和变更管理，对建筑和运营极具价值。但通过传统方式从楼宇系统孤岛中聚合数据会很麻烦，因此并没有太大吸引力。楼宇管理系统按照配备原生云互联互通的开放式集成系统进行设计，会为扩展性创新和数字孪生的动态维护铺平道路。
2. **人工智能**可以生成有价值的洞察，甚至可以实现建筑系统的完全自动化。先进模型可以实现楼宇自主控制，在能效方面相比基于规则的 HVAC 控制显示出更高效率。自然语言处理使设施经理和住户能以全新的方式与楼宇系统交互。数据编排会持续优化流程，并实现楼宇系统的自适应，以满足人/环境的需求。和数字孪生一样，人工智能还不是当今楼宇管理的主流，一大原因就是难以规范化，以及难获取训练和实施人工智能的不同数据来源。具有本文所述特征的楼宇管理系统是迈向开启未来 AI 赋能系统的一大进步。
3. 美国能源部将**电网高效楼宇**定义为具有“新一代传感器、控制、连接和通信”的楼宇。楼宇的这些愿景旨在为住户提供更好的体验，同时有利于电网，并平衡可再生能源发电供应。新一代楼宇管理系统已准备好满足这一需求，并与现存成熟的云基软件（例如 ADMS）协作，进而优化整个社区的生态系统。

本文认为，几十年来，楼宇管理系统的性能愈加复杂，这主要是社会压力和技术升级的结果。在这里，我们想要强调的是，具备原生云互联和移动可访问性的开放式集成平台 BMS，是解锁其他新兴数字化技术的关键。当然，追求这些的最终目标是简化楼宇运营和管理，使其更加主动，并最终实现自动化。

总结

提升能效、改变住户体验，以及信息技术和智能楼宇技术的更迭，驱动着 BMS 升级换代。从简单的 HVAC 控制拓展到智能楼宇集成平台，新一代 BMS 是运营整栋楼宇——甚至楼宇群的关键工具，凭借以人为本的方式实现安全、高效、可靠的管理。新一代 BMS 会为您带来高效的新技术，以更加主动的方式简化并提升管理和控制功能，最终实现自动化。选择支持本文所述架构和愿景的供应商，搭建具有以下特性的 BMS：

- 基于开放式集成平台
- 利用云计算获得数据分析和由人工智能驱动的数字服务
- 为移动操作而设计

新一代 BMS 为您指明应对当下及未来挑战的正确方向。

3.2 迈向设施管理 2.0：数字化转型助力构建智能建筑

执行摘要

设施管理2.0是奥雅纳针对未来数字化的设施管理（FM）所提出的愿景。这一数字化转型将有助于设施管理团队提升运作效率、改善设施性能，营造生产效率更高的健康工作环境。因此，对于亟需改变的传统设计建造流程而言，通过提升其与设施管理团队之间的协作，并采用数字化工具可以实现上述目标。此外，在转型的推动下，所有参与方都能更深刻地理解设施管理用户案例、有目的地去完成智能建筑基础设施设计，以最大化其可用性和效能、优化建造成本，最大限度地降低技术风险。

本白皮书汇集了业内各领域的思想领袖（包含设施设计、建造、系统整合、检验、保险、设施管理软件和智能建筑技术等），共同讨论值得推荐的前进道路。在内容中将介绍包括能为利益相关者带来的切实利益以及能取得成功的证据。

引言

“众所周知，许多建筑未能发挥其全部潜力，不过这一问题可以透过数字化转型迎刃而解。就数字化转型业务案例的构建而言，需重点关注组织设施管理的目标，确定设定的目标是否能提升用户满意度，减少投诉，增加系统弹性、舒适度、空气质量或能效。除了硬性的商业效益，软福利（如改善员工的健康和福祉、招聘以及留任）也至关重要。”

——奥雅纳，“设施管理2.0：重构数字时代的设施管理”⁴⁷

奥雅纳的设施管理 2.0 报告阐明了一个愿景，即设施管理团队能为当下及未来快速变化的设施需求提供帮助。从商业性、工业性和任务关键性来看，该报告的意见与施耐德电气提出的“未来的楼宇”（即打造具备可持续性、强韧性、超高效并以人为本的建筑）十分契合。

然而，我们认为，对于大多数全球化组织，奥雅纳提及的“软福利”现已是硬资产。设施不再只是结构体中的一部分，而是用户成功的主要因素，并能对环境产生重大影响。

注 [47] “设施管理2.0：重构数字时代的设施管理”，奥雅纳

同时，针对设施、设施所有者及运营者展开的审查，也越来越严格。在吸引投资者、租户和员工方面，设施在各方面的性能发挥的作用越来越大。投资者在评估环境、社会和公司治理（ESG）时，通常也会考虑设施在各个方面的性能。多数公司都希望其工作场所能拥有 WELL 健康建筑标准，从而证明该办公室能为员工提供健康、高效和愉快的办公体验。⁴⁸

在政府排放法规和保护性股价的双重压力下，许多企业不得不宣布其“净零”目标，而其中可持续发展（包括绿色融资和绿色建筑）在机构评估中的占比越来越高。因此，绿色建筑认证在全球范围内广受欢迎。部分标准甚至已超出设计和施工的范畴，而是更进一步包含了运营期间的可持续运维承诺。

例如，澳大利亚国家建筑环境评级系统（NABERS）旨在填补“办公楼设计能效和实际使用能效之间的差距，让投资者和住户能够了解到，他们所拥有和使用的设施是否符合其应对气候变化的目标。”⁴⁹在澳大利亚，“所有面积达2000平方米以上的新房，以及处于待售或待出租状态的所有房屋”均需接受NABERS的评级。

不难想象，其他国家也将开始出台类似的运营绩效监管规定，而这些监管规定将会影响资产价值。为保护品牌声誉，投资者应避免其设施因未遵循基本的标准而成为搁浅资产。

最后，设施生命周期内的运营和维护成本也被视为参考指标之一。

如需实现上述的不同成果，就需要更好地了解设施性能及存在的问题。

同时，还应当以简化、定制化并具备可操作性的方式帮助每位设施管理用户（维修技术人员、设施工程师、设施管理人员和能源管理人员）获取、管理和呈现这些信息。

智能技术助力实现智能目标

对于建筑投资者、业主及运营商而言，他们的最终目标是实现范围更大的运营成果，而设施管理团队应当为此提供相应的支持。因此，这些期望可能会以新的服务交付要求（如根据状况进行维修）的形式，写进设施管理合同中。

然而，无论设施管理服务是由公司内部负责还是外包管理，设施管理团队的资源都是有限的，并且还在不断缩减。业内的人员流动率很高，而随着专业人士陆续跳槽到其他公司或退休，企业组织和行业市场积淀的专业知识正在不断流失，进而导致从业人员数量减少，经验欠缺，但在此基础上从业人员却需要肩负更多责任，在确保降低成本的同时，实现相同甚至更大的价值。

“到2025年，数据分析将成为解决成本和性能问题的关键。”

——世邦魏理仕

注 [48] WELL健康建筑研究院 (IWBI)

注 [49] “英国发布NABERS标准”，英国建筑研究院集团

面对这一现实环境，需要借助最新的数字建筑技术来优化设施管理服务模式。每个设施的设计和建造都包括了完整的机械和电气基础设施。然而，尽管数字基础设施如此重要，人们仍经常忽视这一点。数字化是利用互联互通的仪表、传感器、服务器、控制器和其他设备，与机电系统共同构建成为“智能”层。这些设备会与基于站点或云托管技术的软件、移动设备和分析驱动的专家服务持续共享数据。



数字化解决方案包括计算机辅助设施管理（CAFM：资产、维护等）、楼宇管理系统（BMS）、能源和电力管理系统（EPMS）、空间管理、微电网管理、安全/访问等。这些方案可提供具备可见性、警报功能和可操作性的深度见解，从而简化设施管理工作流程以节省时间，借由缩短响应时间以提高弹性，通过状况反馈进行维护以降低成本，改善消防，加强工作场所安全性，优化能源效率和可持续性，提升后疫情时代的设施使用灵活度，并通过信息服务、个性化服务以及与设施管理团队的沟通，提供更好的入住体验。

传统的设计建造流程忽略了设施管理成果

“工程和建筑行业一直犹豫不决是否要完全接受最新技术带来的发展机遇，该行业的未来能否取得成功，在很大程度上取决于所有利益相关者之间的有效合作。”

——世界经济论坛⁵⁰

“当利益一致并以明确的结果为目标时，项目更有可能按进度进行并符合目标成本。【建筑】行业必须摆脱互相敌对的承包环境（许多建筑项目都有这个问题），转向注重协作和解决问题的体系发展。”

——**麦肯锡全球研究院**

所有利益相关者在设施生命周期内所面临的挑战，是要确保所需的数字基础设施拥有详细的规范及良好的设计，并将其集成到最终的建筑当中，从而为设施管理团队交付能够实现其目标成果的工具。上述的各项激励政策将敦促组织和设施管理服务朝这个新方向发展，而设施设计也需要为此早做准备。

然而不幸的是，目前大多数建筑项目还未能做到这一点。我们认为，出现这种状况的原因有很多。

注 [50] “塑造建筑业未来：思维和技术突破”，世界经济论坛，2016年

1. 通常来说，利益相关者并未充分了解设施管理。即使是在楼宇所有者/投资者的组织内部，财务管理层也可能无法充分认识到设施管理团队在管理楼宇性能时采用不当工具所产生的影响。尽管数字系统可以协助其目标的达成，但他们往往不理解数字工具，或者也可能忽视了数字工具，抑或是将其安排在更加明确和直接的议题之后。
2. 由于预算各自独立，导致如果设施管理的预算中不包含能源成本，那么设施管理团队可能就缺乏动力去采用更好的工具来帮助管理能源。因此，在最开始设计设施时，就可能不去采用管理所需的数字技术。
3. 设计中包含了数字系统，但由于项目的成本和进度压力，导致数字系统可能会被缩减甚至完全移除。

因此，所有利益相关者都需要接受更多的引导、并由此达成合作与理解。

本白皮书旨在讨论并对行业未来发展提出建议，以确保楼宇所有者、投资者和设施管理团队能够拥有满足其设施和使用者的各项新需求所需的数字工具。本白皮书将涵盖以下主题：

1. **寻求设施管理2.0的行业。** 不断发展的标准和指南将如何涵盖诸多设施管理新挑战。
2. **助力利益相关者获得成功的新业务模型。** 讨论在建筑价值链中各利益相关者群体所面临的挑战，以及采用协作性更高的方法所带来的切实利益。
3. **实现设施管理成果的新合作范式。** 推荐一组新的最佳实践，以便协助全球各类规模的参与者向前推进，助力实现设施管理2.0愿景。

建筑物的相关法规如今主要的关注点仍是在于安全性、无障碍性、防火性和结构保护。然而，设施所有者现在却越来越关注其物业资产的可持续性、运营效率、弹性和健康。为了满足这些需求，建筑设计需要超越现行标准。

近年来，行业已经引入了许多的标准及指南，以解决这些领域中的部分问题。部分较新的标准可以直接满足当前设施管理的应用需求。其中，许多的标准均做出规定，应当主动并持续地监测设施的各种能源和环境参数。数字工具的使用在满足标准的同时，还能够减少对设施管理人员的影响。请参见表 1。

寻求设施管理 2.0 的行业

表 1

智能建筑技术精选标准和指南

标准	描述
ISO 50001	为组织提供国际认可的能源管理体系认证（EnMS）实施框架。 ⁵¹
电气和能源示范标准	包括《国际节能规范》（新建筑的最低效率标准）、美国供暖、制冷和空调工程师学会标准90-1（节能设计的最低要求），和IEC 60364-8-1（低压电气安装，能效）。
绿色建筑评级和认证标准	包括国际标准（美国绿色建筑委员会如领先能源与环境设计（LEED）和英国建筑研究院绿色建筑评估体系（BREEAM））和国家标准（如澳大利亚NABERS、新加坡建设局绿色建筑标志、日本建筑物综合环境性能评价体系（CASBEE）、阿布扎比珍珠等级评定系统和南非绿色之星认证）。 ⁵²
WELL健康建筑标准	衡量会影响住户健康情况的因素（如空气、水、光线、舒适度等）。正在加速采纳该等标准。 ⁵³
ISO 55001, ISO 41001	“这些标准为组织奠定了高效的设施管理、资产管理和服务的基础，并为之提供框架” ⁵⁴ 此外，该标准还强调了利益相关者协同参与的重要性。
WiredScore的SmartScore认证	这项标准决定了建筑的“数字化”程度，以及需纳入考虑范围的技术相关用户案例。

“特别是在工业区、办公园区、购物中心、机场或海港等大型场所，物联网的使用能够促使能源、空间管理和建筑维护成本降低30%。”

——高德纳研究副总裁
Bettina Tratz-Ryan

助力利益相关者获得成功的新业务模型

随着各国政府更加关注气候变化的应对举措并履行国际承诺，许多行业标准可能演变为法律硬性标准。即使是现在，具有可持续性、高效和健康的设施及业务，会为企业带来财务和公众形象上的利益，进而推动建筑投资者、所有者和运营者采用该级别的标准。

然而，大多数的标准并未阐明设施智能化所需的确切技术和系统架构。因此，设施所有者和设施管理团队需要获得设计顾问和技术供应商的支持。为了将所需的数字工具和支持系统架构纳入项目的投资支出，应当在最初的设计阶段便对此进行咨询。

相较于后续在运营成本阶段时才通过改造项目去添加这些技术，不如在资本支出阶段就开始设计和实施数字解决方案，如此效益能够更高，操作风险则会降低。

此外，建筑承包商通常会将过于复杂和昂贵的解决方案视为一种风险，因此，避免“过度设计”也很重要。过度设计可能会增加项目成本，又或是鼓励通过价值工程减少部分设计。因此，为了充分满足当前的用户案例，应提前制定智能建筑系统，并且系统应当具备可扩展性和开放性，以适应用户案例的发展。

除了这些标准，还需考虑代际变化。透过展示新技术和创新应用，吸引自幼便熟悉信息技术的千禧一代，这对于楼宇所有者和租户来说很重要。智能建筑技术正迅速成为设施管理团队和建筑住户的基本期望。

注 [51] “什么是ISO 50001? ”，更佳建筑倡议，美国能源部

注 [52] “绿色建筑标准和认证系统”，《整体建筑设计指南》，2019年

注 [53] “WELL树立了让人类更健康、让建筑更优化的重大全球里程碑”，IWBI，2020年

注 [54] “ISO 55001和ISO 41001携手共进……”，ISO，2018年

正如引言部分的总结，本设施管理 2.0 白皮书阐明了智能建筑能为建筑投资者/所有者和设施管理团队带来的益处。然而，要实现新的设施管理成果，就不能继续采用传统方式来为新设施设定、设计、建造和运营智能建筑技术。

对任何企业来说，改变都是困难且具有颠覆性的。然而，我们相信，基于合作的新工作模式将为所有建筑利益相关者带来重要的商业和财务利益。

本白皮书的各小节都讨论了每个群体所面临的挑战，以及该新工作模式在推行后有望获得的回报。

柏悦酒店，彰显智能建筑的高雅精致

对于落地新西兰的第一个项目，富华国际集团希望在奥克兰建造一家代表“国际最佳实践”的酒店。为此，酒店需具备高水平的先进技术和自动化能力，以便协助实现特定的设施管理成果，这包括高效建筑、能源管理，同时还要加强客户体验。

为了确保交付所需的基础设施，酒店聘请了 Caspiral Engineering 担任设计顾问和主系统集成商。Caspiral 与开发商、设计公司、主承包商和技术供应商合作，持续推进项目发展。从设计到价值工程、施工、集成和调试，全面协助优化设计、降低风险，并时刻确保项目进度和预算把控。

设计公司

“在建筑资产的整个生命周期中，设计公司需要持续去了解信息和业务成果间的联系。我们要和客户产生共同语言，以智能化目标去确定特定的设施管理目标，并根据目标推荐相应的技术。此外，需注意，系统越多意味着设施管理团队的操作越复杂；另外很重要的一点是，应当确保解决方案是开放式的，才可以实现数据共享和统一，从而简化任务。例如，在理想情况下，当电力管理系统的温度传感器发出报警，提示有火灾风险时，设施管理系统就应当对应生成工作指令。”

——**奥雅纳 Conor Cooney**

建筑师和设计师的设计应当始终符合当前的规范和标准。但是，若要实现设施管理团队需要的新成果，则需要采用一些高于当前规定要求的技术。此外，客户通常并不知道需要什么样的技术解决方案。设计公司便可借此机会为建筑所有者提供相关信息。

市场上充斥着海量可用的数字技术，这是一大挑战。目前，仍未有相关法规或标准，可为数字系统设计提供蓝图。在这种情况下，要想选择最佳集成解决方案以满足特定的预期设施管理结果，非常具有挑战性。

因此，就必需要加强所有利益相关者之间的协作，从而改变确定项目要求的方式：

1. 设施管理人员通常不会参与建筑设计。因此，设计师需要主动接触建筑的最终用户，才能更深刻地理解用户需求。应当了解的信息包括确定负责使用和处理数据的人员、每位用户需要什么级别的详细信息（例如，资产管理人、房东和设施管理团队），以及数据的呈列方式（例如，KPI 仪表盘）。随后，这些最终用户仍应持续参与其中，审查所需成果的实现方式，并在必要时提供反馈意见以完善设计。
2. 设计公司还应与技术供应商合作，以保证数字解决方案能够满足设施管理的需求。从而在建筑设计阶段便确定更精确和完整的数字系统，进而在项目评估和施工阶段获得更好的结果，并减少返工。
3. 设计公司还应与关键承包商和系统集成商合作，了解集成、兼容性、测试和配置方面的信息，以便进一步降低技术风险。

这些扩展措施产生的价值包括：

- **提升客户满意度：**该方案将帮助楼宇所有者和设施管理团队按时、按预算实现精确成果，提升业界同仁间的口碑推广。
- **竞争优势：**设计公司处于未来智能建筑设计行业的领先地位，这将有助于填补销售漏斗，实现营收最大化。
- **新商业机会：**设计阶段结束后，设计公司可继续参与项目，对施工和集成阶段的实施进行监督，以保证设计的落实。客户会很支持设计公司的这种监督，因为这能确保楼宇完工的同时建成所需的数字系统。

“许多咨询公司已将其服务商品化，并力争使其设计风险更小，成本最小化。然而，此举限制了创新。切记，虽然设计和建造一栋楼宇只需要两年的时间，但这栋建筑往往要运行50年甚至更久。因此，设计师应当尽早与客户沟通，制定运营目标，讨论预算限制，并合力以适当的价格提供最佳价值。”

——*Dominic Lauten, Caspiral Engineering*

工程承包商

通常，机械、电气和管道（MEP）承包商就是客户预算的控制人。在标准的承包商投标过程中，承包商会提出节约成本的建议。这种“价值工程”的流程，通常会由综合项目交付协调员执行，其主要关注点在于是否符合时间和成本目标。

在评估项目成本时，工料测量师通常会采取孤立的“筒仓式”方法。该分析法不会考虑跨类别实现的成本节约。例如，有些时候硬件技术的投资，可以透过集成商节约的安装和配置时间实现部分或全部抵消。而与解决方案提供商的合作，可以识别出这类节约，并进一步采取更全面的方案。

传统的价值工程存在着施工与经营价值脱节的风险。这就如同建筑中的砖块，当工程分割出了太多基本要素，最终会导致原始设计中的重点内容受到影响，例如数字系统的完整性和实用性。

要解决这一问题应注重以下方面：

1. 与客户尽早进行沟通并将业主项目要求（OPR）纳入设计考虑
2. 提前制定一个更全面，更详尽的数字系统设计，从而明确不同的变化会如何影响用户案例所要求的能力。
3. 利用设施管理用户案例的需求来指导价值工程流程。

为了有效落实这一解决方案，承包商应直接与设计师、技术供应商、系统集成商和终端用户设施管理团队进行沟通，以有效执行该解决方案并将其融入价值工程流程。此举将促使：

- 符合数字系统意图的智能成本优化。
- 减少设计返工，进而降低技术和项目延期的风险。
- 为楼宇所有者提供最高价值，这将反向推动承包公司成为市场上的成功创新者。

租户推动高端大楼的智能计量需求

在亚特兰大市区一个高层商业楼宇绿地项目的设计阶段，该商业楼宇的最大公司租户向大楼所有者提出要求，希望单独计量其租用空间的能源使用情况。精确的分表计量将有助于租户实现可持续目标，最大限度地减少其全球碳足迹。同时，还将协助租户和建筑物所有者获得LEED积分。为此，工程师联系了Faith Technologies（该项目的电气承包商，在“互联建筑”解决方案方面具备深厚的专业知识），以协助其制定设施层面的计量和计费解决方案。

获选的施耐德电气将利用专业技术，在进线口、紧急备用发电机、每层楼的母线和支路处计量能源和电能质量，从而区分租户空间（办公室和零售）与各共享公共区域（如电梯、照明、制冷、安保、停车场（包括电动车充电）等）的能源使用情况。Faith Technologies与所有利益相关者紧密合作，以最优的成本设计协助楼宇所有者和租户实现预期效果，并将负责安装、调试、设施管理团队培训，并配合集成和调试工作。

系统集成商

“无论是从能源效率，运行中断预防，设备寿命延长，还是成本效益提升方面，客户都希望能在其中看到智能系统的贡献。为了确保满足客户需求，系统集成商应与总承包商及其他工程团队合作，与客户展开沟通。如存在主系统集成商，在访问所有者时，需将其视为总承包商（GC）团队的一部分。如规划无误，团队的紧密合作将助力优化成本，例如，在不同系统之间共享传感器。”

——Matt Zabel, Faith Technologies

系统集成商（SI）很了解智能建筑技术的电气和机械系统。这包括其兼容性、集成性、配置和测试要求等方面。

系统集成商公司通常是负责在最后将建筑项目集成到一起、而这也是最关键的一步。若因为缺乏详尽的设计或因价值工程仅基于成本考虑而导致不兼容，那么在项目的最后阶段，集成商将首当其冲受到影响。这将促使一切置于风险之中，而所有利益相关者也会因此受到负面影响。

若设计未能提供足够详尽的工作范围，会导致系统集成商需要在没有充分风险准备的情况下做出许多假设，进而造成其在投标过程中可能无法为集成工作提供精确报价。

因此，尽早让系统集成商参与设计，能够及早降低风险、减少返工和延误。此外，与设计师、承包商和最终用户合作将有助于确保：

- 制定足以实现客户所需成果的详尽最终集成解决方案。
- 所有利益相关者都有明确的竞标范围，从而消除假设。
- 及早发现设计问题，从而减少返工，避免在最后关头进行工程更改。通常，返工占建筑成本的30%，如果能解决这个痛点，将大幅降低项目成本和风险。
- 在与设计公司和总承包商协作的过程中，系统集成商树立了全心全意为客户服务，以实现其期望成果的形象。这将助力系统集成商与其他公司和机构相比形成优势，从而赢得更多业务。

“在设计和建造智能建筑时，不仅电气和机械设计师需要互相配合，其他专家也需紧密合作，从而优化设计，避免重复，以达成更好的结果，并以几乎与传统建筑相同的价格实现数字化和集成化。”

——Dominic Lauten, Caspiral Engineering

布朗大学整合楼宇自动化系统 (BAS) 和综合工作场所管理系统 (IWMS)，以节约成本，提升设施管理效率

在研究和教育创新方面，布朗大学是常青藤联盟中的佼佼者，其校园由228栋建筑组成。该大学的设施管理组织使用楼宇自动化系统来监控、管理和服务数千个暖通空调系统控制器、供暖、热水和其他机械设备的现场控制器。

楼宇自动化系统已与 Planon Universe的综合工作场所管理系统集成为工作平台。该平台能非常可靠地自动记录每个BAS警报，并创建移动服务订单，现每月会生成超过4000个订单。在实行系统集成后，不仅大幅改善了设施管理工作流，还取消了手动订单生成，每年估计可因此节约38,000美元。⁵⁵

技术供应商

“所有设计和施工利益相关者都需了解，维护建筑的数字化基础设施元素能够保证设施管理团队准确获取所需的可操作信息，以支持建筑在整个生命周期内实现高效、可持续运营。互联互通的传感器、应用程序和咨询服务也是提升弹性和用户体验的关键。如果提前规划好建筑、电力和设施管理服务基础设施并将其集成应用，那么这些基础设施不仅不会给建筑的设计和建设带来巨大的成本压力，反而会减少维修、能源和设备成本，为楼宇所有者和运营商带来持续的巨额投资回报。”

——施耐德电气 Mathew Losey

为了获得想要的成果，设施管理团队需要充分运用各种数字工具，将智能建筑运营技术与建筑服务应用程序（包括智能建筑管理和电力管理系统）相集成。这样的统一平台可以有效、全面地管理运营成本，提升可持续性、弹性和工作场所体验。

各技术供应商都应深入了解其数字技术和咨询服务的功能及应用，把握安装和集成应用的条件。

为确保建筑项目包含了所需技术，技术供应商需要与楼宇所有者/投资者、设施管理团队和选定的设计公司展开深入的沟通交流。

这样一来，每位解决方案提供商才能够：

- 更好地了解楼宇所有者和设施管理团队的要求，从而帮助供应商明确招标文件 (RFP) 中的智能建筑要素，确保最终用户能够得到支持其实现预期成果的数字工具。
- 明确额外目标并提出解决方案，例如通过简单实惠的方法提升智能建筑要素的规格，将楼宇的LEED认证从金级提升到白金级。
- 协助设计师制定更加详尽、清晰且完整的智能建筑最终技术规范，从而助力承包商优化价值工程，减少集成商返工量。

注 [55] “布朗大学：楼宇自动化系统和Planon系统的集成简化了工作订单流程并实现了流程自动化”， Planon

宾夕法尼亚大学卫生系统 (Penn Medicine) 愿景： 以物联网赋能未来医院

施耐德电气正在与 PennFIRST 团队合作，为宾夕法尼亚大学卫生系统 (Penn Medicine) 设计并建造一个最先进的新展馆，该展馆的电力和楼宇管理系统将采用智能建筑技术。面向医疗行业的 EcoStruxure 解决方案 (EcoStruxure™ for Healthcare) 将在未来很长一段时间内，协助 Penn Medicine 降低成本、优化能源使用、提高员工效率。

施耐德电气担任其技术顾问已有两年，主要负责检查低压系统，树立技术供应商范例，并举办用户研讨会。此外，施耐德电气还与设计公司、承包商和 Penn Med 团队合作成立了一个低压集成实验室，并在此针对技术和系统集成进行“压力测试”，以帮助 Penn Med 进行抉择。通过医院基础设施核心系统之间的数据共享，消除设备和电缆的大量重复，这项工作为整个低压系统预算节约了约5%的资本支出。未来，施耐德电气将继续与 PennFIRST 团队合作，配置和评估低压系统及用户案例。这些系统和用户案例会支撑其在病房中透过技术实现对于临床医疗和患者的价值。

“智能系统为生命周期运营成本提供了可量化的价值。价值工程可能会节省建设成本，但智能系统以外的工程则会以一种非同寻常的方式增加建筑的设施管理成本。在组织资源较少，没有足够的预算来雇用人手，却需要以人工进行计划性的维护检查和修理的情况下，智能集成建筑系统可以实现自动解读并提供专业建议，缓解人力短缺压力，设施管理团队无需派遣技术人员，便能了解所有设备的情况。该技术可轻而易举地获取完整的资产历史，从而在数据的指导下对维修或更换做出决策。工作效率会因此提高，设备的寿命也会延长，资本支出得到了更好的管理。”

——David Karpook, Planon

施工检验公司

“随着新规出台，我们可以预见，将会涌现很多增值检验服务，去针对建筑持续开展性做验证，确保建筑在运营阶段仍能够符合规范和标准。”在这种情况下，就需要数字基础设施，来实现从施工到建筑运营的信息共享无缝过渡。这类反馈回路机制可用于支撑保险需求，例如，通过配电板上的热监控传感器来确认火灾风险。这类服务可以超越监管规范，涵盖个性化要求，如连续进行电弧闪光研究以保障维修人员安全。目前，我们是一家致力于为智能建筑提供服务的数字检验公司。我们会持续回应监管所带来的压力，并拥抱数字化机遇，以更高效的方式为客户提供所需服务。”

——必维国际检验集团 Jacques Matillon

施工检验服务机构属于第三方验证实体。通常，它们主要会针对合规性，在设施建造阶段提供建议。主要会涉及与设施安全性相关的系统（如电气、消防等）。然而，对于有新建筑能效相关规范出台的地区，检验服务机构则需进一步检查设施中是否具备适合的计量和监测系统，监测的负荷是否无误，以及是否连接至数据采集系统。

当设计阶段使用了建筑信息建模（BIM）时，检验服务机构则会在施工前协助验证 BIM 模型。施工后，检查员会检查最终安装是否符合当初的设计规范。

数字化可提高检验服务机构的工作效率。数字化竣工认证则进一步帮助建立关联，确保模型与现实情况相符；分析软件通常是被用于评估 BIM 模型是否符合无障碍和火灾风险规定；增强现实工具则可将 BIM 模型投射到实际安装上，帮助检查建筑围护结构内的管道位置。

由检验服务机构负责执行的双重检查会与各设施价值链成员协作。服务机构对设计的影响往往有限，但在发现不合规的情况发生时，这些机构能够加速不合规情况的整改。施工后，服务机构会协助更新 BIM 模型，以确保设施的“数字孪生”准确无误。

“我们发现，健康楼宇的每平方英尺有效租金，比附近未经认证和注册的同类型建筑高出4.4 - 7.7%。”

——麻省理工学院房地产中心

在设施内配备数字化基础设施可以为检查服务提供多种益处和机会：

- 数字化系统可以让检查员更轻松地验证所有组件是否均已安装并正常运行。
- 数字化系统将使检索过往检查信息更容易，即使是多年前的检查记录也可作查询。
- 智能建筑数据或能预测处于运营中的系统。这将有助于验证楼宇是否正按照预期计划在持续运行，类似于数字孪生概念，可以帮助检查员协助客户管理风险。

保险公司

“安盛信利 (AXA XL) 为大约600到700万个站点提供保险服务。在过去，我们每年只能进行大约8000次的审核。为了填补这一缺口，我们开发了一个由物联网驱动的平台“数字风险工程师”，可以从世界各地建筑物的能源、暖通空调和其他系统中捕捉实时数据，帮助我们更好地评估客户风险，并支持我们为客户提供更相关、更具针对性的服务。反过来，我们的客户也将从实时风险管理中受益，帮助他们明确投资重点以降低风险。此外，安盛信利的“风险扫描”平台支持整个站点的产品组合，帮助客户大幅节约成本。我们的目标是实现持续性的风险评估，根据客户的风险状况提供定制‘点单’服务。”

——安盛信利Maxime Ambourg

保险承保人将负责确保各种设施具备抵御风险的能力。在此过程中，他们会到现场进行审核，针对火灾等事件的保护和损失预估提供咨询。

更重要的是，保险公司会与客户合作，帮助他们降低风险状况。在担任这个角色时，他们经常会收到与建筑要求相关的合作邀请，共同针对项目的可保性提供具体指导。

我们相信保险公司会越来越多地使用设施运营数据来确定某个设施的风险状况，借此来设定或调整保险费率。智能基础设施的数据将通过以下方式帮助保险公司实现这一点：

- 服务于设施所有者/运营者的风险管理人员可能会因为他们只能基于有限的信息对设施进行风险评估而感到沮丧。而借助运营数据源对建筑进行审核则可以帮助保险承保人更好的进行风险评估。进一步说，客户在投保期间其风险一直处于变化中，而这些数据可以持续评估风险。
- 设施数据支持风险咨询服务，可以帮助客户优化楼宇生命周期内的风险管理。
- 风险工程可以利用先进技术来增强客户运营安全，例如利用热监测来预防火灾。这或将帮助企业减少财产损失并降低保险费用。
- 在某些情况下，设施所有者/运营者会需要确凿的证据来证明他们没有过失，而持续记录的设施性能数据正是这类证据的理想来源。

“预测性维护可以节省时间和金钱。随着物联网设备逐步实现对资产性能的持续监测，这一目标比以往任何时候都更容易达成。”

——Buildinas主编
Janelle Perry

用于实现设施管理成果的全新协作范式

对于设计师和承包商来说，理解风险管理数据如何能够为客户带来更优化的建筑保险配置，将变得越来越重要。设施投资者/所有者和运营者期望能够配备满足这一要求的数字基础设施，因此在设计阶段就应该同步咨询保险承保人，明确他们针对新设施设计和改造的智能系统要求。

前面的章节中介绍了要满足新的设施管理成果，需配备的数字化基础设施。然而，施耐德电气发现，虽然 90% 的设施管理人员都期望技术和互联系统能够改善运营，并提供更好的价值，但只有 17% 的设施管理人员拥有此类设施的管理技术。⁵⁶

与行业思想领袖的讨论清楚地表明，成功交付必要的数字工具需要对设施管理用户案例拥有深入的了解，并在设计过程中以用户需求为中心。这一点只有对设施设计和建造方式进行重大变革才有可能实现。

我们所面临的挑战是要将不同的设施利益相关者聚集在一起，并采取更具协作性的方法。这一行为将有助于项目朝着共同的目标前进，并使设施的所有者和运营者、设计师、承包商、集成商、检查员和保险公司从中受益。

为了达成这种合作，本文作者在下文中说明了在开展任何新的智能建筑项目时应该考虑的一系列步骤。

用户案例研讨会

- 现今，设计公司通常认为设施所有者才是其客户，但实际上，其客户还应包括运营者（即设施的最终用户，包括设施管理团队）。
- 与项目利益相关者一同举办用户案例研讨会，重点讨论设施管理结果。利用商定结果来定义不同的用户旅程和体验。这类研讨会将有助于利益相关者互相理解，进而促使他们就项目范围达成一致。
- 研讨会成员至少应包括：设计师、业主、项目管理人员、建筑师、工料测量师、专业技术顾问和技术供应商。根据项目的规模和复杂性，其他合作者可能包括系统集成商、总承包商（GC，即主要建筑商）、建筑服务承包商、专业调试工程师和设施管理人员（运营者）。
- 该合作团队将帮助：
 - 阐明招标书中的智能建筑元素。
 - 揭示额外目标并提出有效解决方案。
 - 确保设施管理团队达成能够有效使用新数字工具的培训要求。
- 商定出的合作协议会包含预期的项目成果（例如“必须实现”与“期望达成”）和其他指标（例如预算限制、所需的文件水平、时间表、质量等）。这一过程可以帮助确定项目中的哪些方面可以分阶段或是推迟到后续进行。

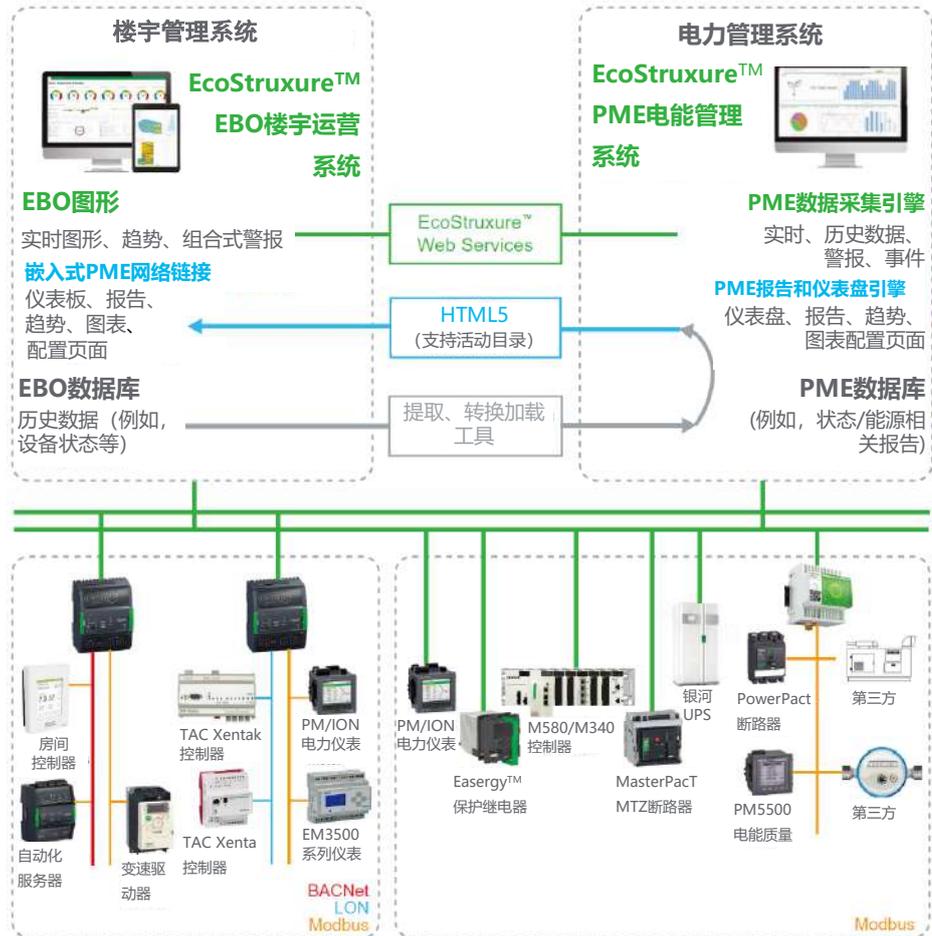
注 [56] 白皮书——“智能建筑技术转型”，Planon

尽早投入详细的设计

- 设计顾问应当了解不同的数字系统，例如能源和电力管理系统、楼宇管理系统等，以及每个系统集成而成的细节。为了达成更全面和深入的理解，研讨会成员中应包含技术专家。
- 即便是处于初步设计阶段，也应当尽早开始详细的设计讨论。
- 设计过程要仔细，并要能够解释“为什么”。这将确保用户案例结果始终清晰，并不断提醒项目人员：数字技术必须服务于最终目标。
- 向客户展示演示系统，突出技术能够支持的功能和结果。
- 设计人员应确保他们拥有所有必要的输入信息，以确定需要的数据内容（例如，能源、电力、暖通空调系统等）、谁需要使用这些数据（例如，维护、服务台、能源管理人员）、以及他们将如何使用这些数据。在初期阶段引入技术和系统整合专家来支持数字设计，可以帮助：
 - 确保数字化目标不会拖到最后一刻才实行，从而受到成本超支影响而导致大量的工程订单更改和“价值”工程。
 - 确保最终规范清晰完整。
- 在电气和机械系统方面富有经验的数字解决方案供应商，还可从数字层面提供优化的详细设计来帮助设计公司节省时间。这可能包括预先测试、经过验证的“参考”设计等，例如施耐德电气合作伙伴计划中提供的设计。具体可参考图1医院配备的智能基础设施示例。

图 1

经过预先设计、预先验证的医院智能架构示例。

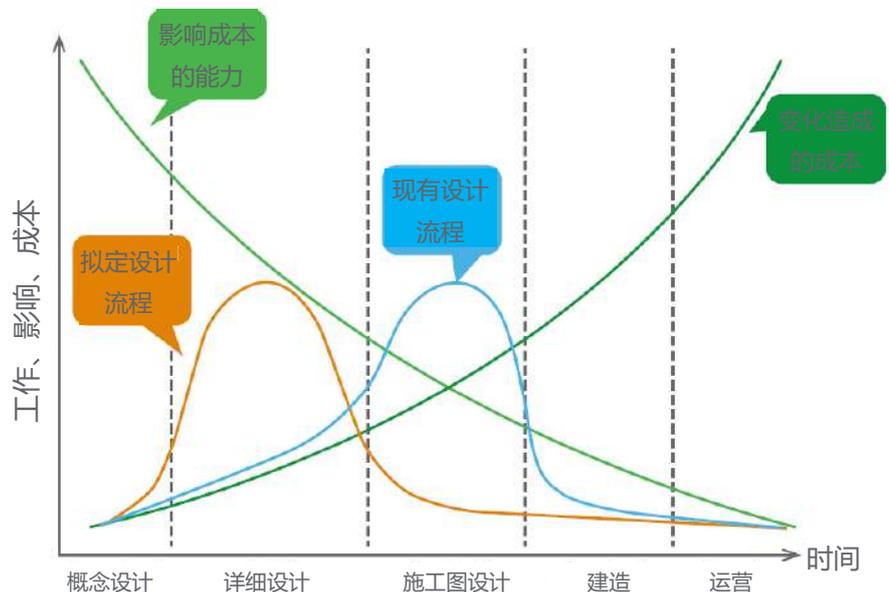


- 如果设计公司使用了BIM应用程序，则建筑模型中会包含一个数字层，通过各方（包括运营期间的设施管理）使用的“数字孪生”模型进行准确的最终维护，如此能够帮助节省时间和金钱。
- 最后，更好的规范能够有效控制成本，并最大化的保留能力，促使风险降低。满足规范所带来的优势使得承包商可以进行成本竞争，见图2。

图 2

尽早投入详细的设计对整个项目工作、影响和成本的作用

资料来源：Patrick McLeamy



数字化设计的应力测试

作为详细设计阶段的最后一部分，压力测试有助于验证拟定的设计方案是否能满足研讨会中确定的用户案例所提出的需求。它还有助于优化施工预算和建造时间进度。

建议使用能够模拟、测试和验证用户案例的实验室来进行压力测试。在此阶段应邀请所有利益相关者共同出谋划策，包括设计顾问、技术专家、集成商、总承包商，以及最重要的楼宇所有者及其使用者（例如，设施管理人员）。

这样的合作能够通过不同的视角来验证设计合理性及其预期功能。这一过程能够聚焦客户需求，确保智能建筑工具会按照最终用户的要求及预期执行到位。在这个阶段，总承包商的早期参与至关重要。因为他们是建筑方面的专家，可以对项目的可建造性进行验证。

压力测试可为各个利益相关者提供五大益处：

- 1. 创建一个有形的、真实的运营场景。** 实验室将生成代表用户工作流程、界面和报告（例如，能源管理关键绩效指标、租户分账等）的物理和视觉组件模型，以执行客户的审查和批准。此外，在定义和测试用户个性化需求的同时，将会识别并解决关于硬件、通信、软件和系统集成及互操作性方面的问题。此时应特别注意非典型的用户案例，因为其物联网或数字操作方面可能会超出“常态”。
- 2. 揭示差距和潜在问题。** 压力测试除了能够揭示遗漏部分或计算错误，还有助于避免引入可能会在集成或功能等方面造成意外的元素。整合的解决方案与传统的孤岛式系统有所不同，其重点是要充分理解提出的所有要求，确保这一部分工作在价值工程阶段不会被牺牲掉。而预先验证数字设计方案相比在建造和调试阶段才让各方花费额外时间来临时“灭火”要有效得多。
- 3. 寻找面向未来的机会。** 寻找功能方面的机会，能为楼宇的未来智能基础设施扩展做好准备。通过提前规划可扩展性，在未来的升级过程中可最大程度地减少中断并降低成本。例如，通过为额外的计量点预先布线，可以使设备在不断电的情况下进行安装和配置。如在初始施工过程中就进行这一步，其所花费的成本会比后期改造低三到四倍。
- 4. 优化成本和预算。** 完成上述步骤将有助于完善数字设计的所有关键要素，其中包括对预算的评估。总承包商的采购和定价经验将有效提高估算的准确性，而与设计师、客户、技术供应商和集成商的合作能帮助项目发现节约成本的空间。通过这种切实可行的方式，可以减少组件的需求、并对方案整合或配置成本方面进行创新。实行优化的目的应该是尽可能以最直接的方式交付项目，同时达成各项的复杂目标。换言之，这能够有效简化施工期间的交付（有助于获得建筑商对愿景的认同）同时简化楼宇运营（确保设施管理团队能够正确使用智能基础设施）。

一些优化示例包括：

- 当系统能够共享来自同一采集系统的数据时，就可以避免机械和电气系统进行重复的计量和网络通信。
- 选定的能源和电力管理系统（EPMS）及楼宇管理系统（BMS）应为设备通信连接提供开箱即用功能，并支持所有相关数据类型。这将简化网络层面的整合和用户界面的数据整合（参见图1示例）。
- 按照测量负载类型组织电路，减少电气承包商的复杂性、进而降低时间消耗和成本。通过更高层次的计量来减少所需的子电表数量，进而减少电缆桥架和相关的桥架布线数量，简化通信系统设计。
- 通过IP通信和软件层面的整合来减少布线。
- 确保所选择的数字解决方案可以与其他系统（例如暖通空调系统、照明、安全、消防、边缘数据中心）整合。

注意：这项工作还应该确定设计中不可协商的设计组件，以及在价值工程阶段可能有助于提升成本效率或交付效率的灵活（即可能被替换的）部件。

5. **降低风险。**数字架构在施工阶段发生大变化这一情况很常见。然而，如果针对所需的用户案例对数字设计进行压力测试，将有助于优化成本，并验证结果是否可以在预算范围内实现。而设计文件的内容则会更加详细，从而减少对机械、电气和管道分包公司的解释需求。由于压力测试已经证实了所需技术可用并经过充分验证，因此承包商没有理由在招标阶段增加高额溢价来降低与技术相关的风险。总体而言，风险缓冲能为所有参与方带来收益。由于商定的工作和预算得到明确，并且不可预见/意外的问题（例如范围或设计差距、期望偏差等）所造成的花费和时间消耗相比会更少，因此利润率能够得到保证。

简单地说，对数字设计进行压力测试可以验证技术及集成的成效，充分提高效率，并有助于实现下一阶段，即目标明确的价值工程。它还有助于在施工阶段将用户成果放在首位，确保业主和设施管理团队获得符合他们期望的功能，同时依照规定的范围、时间和预算实现交付。关于压力测试的成功示例可参考本文中关于宾夕法尼亚大学卫生系统的故事。

目标明确的价值工程

在这个阶段，投标过程中将引入机械、电气和管道承包商。借助设计阶段压力测试的结果，现在可以在相同结果的情况下进一步节约成本，以更有针对性地实现价值工程。通过更加详细的设计和预算要求，并对不可协商及灵活的设计部件做出明确指导。此时，承包商会以“价值”维度而非技术能力维度展开竞争。

建议在价值工程阶段可以采用以下步骤：

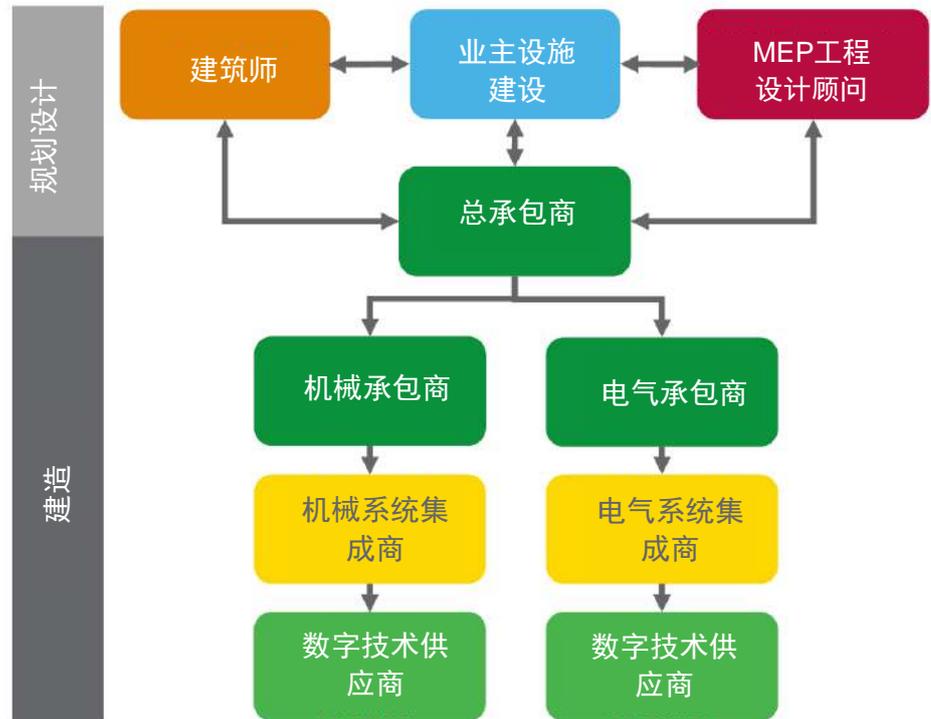
- 促进学科之间的协作以发现节约成本的机会，例如：
 - 包括面板制造商和系统集成商等其他技术验证者，应该相互合作以帮助优化架构。
 - 让设计师和业主代表共同参与进来，确保即使项目交付发生任何变化，仍能满足所需的结果。
- 尽可能地优化设计以实现额外的成本节约。
- 选择可以同时提供安装、配置和长期支持的服务提供商。

在不同利益相关者群体的共同努力下，承包商交付的数字化和集成项目价格应该与传统设施价格相差不大。这种合作还有助于各方建立信任。更加详细的设计也将帮助承包商降低预算中的应急部分，并减少重复。

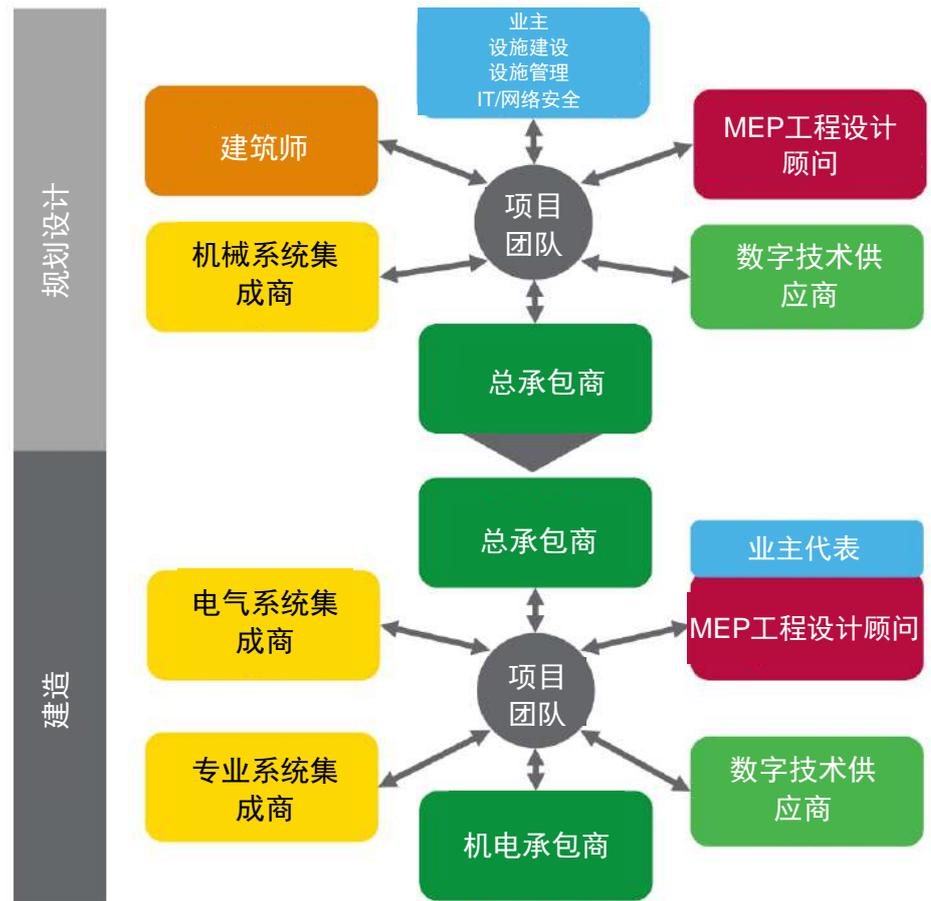
图 3

智能建筑系统的设计建造过程对比（现代 v.s. 未来）

现在



未来



智能建筑基础设施的设计能够帮助大型办公建筑项目获得 LEED 白金认证

一项位于美国东海岸的顶级多功能住宅和商业建筑项目中，包含了近 200 万平方英尺的办公空间。在为其最大的办公楼之一制定规范时，施耐德电气提出的综合设计流程中，囊括了建筑业主/开发商、站点运营设施管理团队、机械、电气和管道设计师（奥雅纳）、建筑师、LEED 顾问和总承包商。这次的密切合作最终产生了一项智能建筑基础设施规范，该规范符合设施管理用户案例并超越了可持续性目标的要求。尽管业主最初要求的项目目标是获得 LEED 金级认证，但拟定的设计方案把分数从 63 分提高到了 84 分，从而获得了 LEED 白金认证。

能够有效提高得分的关键领域包括：控制减少光污染、增强调试、能源性能、BMS 电池管理系统能源建模、需求响应时的控制、车辆到电网和“绿色车辆”的 BMS 电池管理系统，以及借助控制通风需求以改进室内空气质量的策略。

基于 EcoStruxure 平台与架构的智能建筑体系还将支持：可利用互联房间解决问题的灵活办公空间方案，基于应用程序的自动配置服务，帮助简化楼宇管理系统操作的设施管理，提供 KPI 指标以支持楼宇业主获得绿色认证，并协助其完成 ESG 报告。这些加强的智能基础设施并不会增加项目的支出，同时还可以通过提升效率和供应以获得更多 LEED 得分。

为所有利益相关者建立一种新的思维模式

与智能手机和智能汽车类似，设施基础设施的数字化已经变得越来越普遍，因此无论是在当下还是未来，都需要将其纳入考虑。楼宇业主和运营者正在根据现有的数字技术来规划他们的新要求。

对于那些还不够了解数字化基础设施价值的业主和运营者，设计、施工、检验、保险公司以及技术供应商应该共同推动客户将智能建筑技术变得“常态化”。他们需要认识到，互联互通的技术能为他们提供更多的资源、提升租户的满意度、并降低运营成本。

现有的规范只能满足过去的要求，而如今的设施管理团队需要数字解决方案才能既保持当前的成果，同时还具备适应未来要求的灵活性。用网络安全来进行类比：网络安全解决方案必须要能够解决当今的威胁，同时还要应对未来的威胁。

本文中所讨论的每个利益相关者的执行团队都需要转变其业务模式，以实现所需的新成果。他们需要以更加开放的心态进行合作，才能打破行业内的孤岛效应。这对于他们企业的生存和发展至关重要。

新的设施管理成果需要数字化解决方案。

在设施的设计中融入数字化基础将帮助设施所有者和设施管理团队降低能源及维护成本，改善住户体验，并降低楼宇在整个运营周期内的风险。以简单的自定义格式呈现来自确切地点的正确数据，能够帮助设施管理人员获取为采取有效行动所需的答案。

智能技术应当被采用。

在智能建筑技术发展的早期阶段，此类技术通常因其“炫酷”而被采用，但并没有被真正应用到商业成果中。在设计到施工的价值链里，存在对集成智能技术效益和风险的误解，并且往往无法理解该技术的实际价值其实在于能够改善成本控制。事实上，对于新技术的恐惧仍然经常存在，一些利益相关者会因为觉得技术投入过于困难而拒绝使用这些新技术。

设计建造过程需要改变。

现今的设计建造行业其流程及组织都需要有所改变，才能支持数字基础设施的建设以实现新的设施管理成果。行业需要从根本上转变思维方式，让所有设施利益相关者能够更早期地进行紧密协作。利益相关者需要了解设施管理的成果和用户案例。这将为经过压力测试的数字设计提供更详细的信息，进而明确能够实现目标的价值工程。这种新的工作流程将促使智能建筑实现成本和时间的优化，并减少风险，从而实现所需的设施管理成果。对于楼宇所有者和经营者来说，在资本支出阶段集成数字解决方案比在之后改造这些功能，更具成本效益，且破坏性更小。

结论

所有利益相关者都能从合作中获益。

从传统的孤岛模式转向合作模式，会促使各方都需要做出同等重要的贡献，这有助于实现利益共享。一份经过各方优化并具备详细计划的设计方案可以使项目按时、按预算的完成交付。以合理的价格交付一个更好、更能满足投资者、业主和租户需求的建筑。新建筑将成为一个展示平台，有助于业主和运营者向所有人宣传，他们在这个项目上与具有前瞻性的合作伙伴进行了合作。这将产生免费的口碑推广，并带来更多的智能建筑项目机会。

适应并取得成功。

最终，我们相信，随着智能建筑成为常态而不再只是个例，所有参与设计建造过程的专业人士都将不得不适应这种更具协作性的工作模式。优先开始进行这种转变的创新公司将更有可能取得成功，发展壮大，而那些拒绝这样做的公司可能会在行业中消亡。

3.3 阀门及执行器：节能建筑运维的根基

摘要

控制阀及执行器是楼宇管理系统（BMS）背后的无名英雄。尽管它们控制着用于暖通空调（HVAC）系统高达35-50%的楼宇能耗，但在系统维护中却常常被忽略。本文阐述了控制回路和阀门检修如何能省时省钱，同时探讨了主动预测性阀门的维护方法。

简介

业主在环境和楼宇控制系统中投入了大量资源。这些系统运行代价高昂，但却关乎着用户的舒适度、生产效率和安全。虽然阀门和执行器是实现高效的楼宇管理系统（BMS）的根基，在楼宇控制环境和管理能耗的所有设备和系统中，它们却**最常被忽视**。

“阀门、执行器和传感器等 HVAC 设备约占商业楼宇能耗的 35-50%。”

“阀门、执行器和传感器等 HVAC 设备约占商业楼宇能耗的 35-50%。”⁵⁷ 高效智能建筑会通过可靠的 HVAC 控制设备，帮助调节和减少设施能耗，以此管理成本。这些设备可以对潜在问题和危险系统状态发出预警。阀门和执行器在许多应用场景的 HVAC 控制方面发挥着重要作用，包括风机盘管（FCU）、空气处理机组（AHU）、冷却器、锅炉和变风量再热控制。以上应用见于众多细分市场，如医疗、数据中心、商建和**教育**。

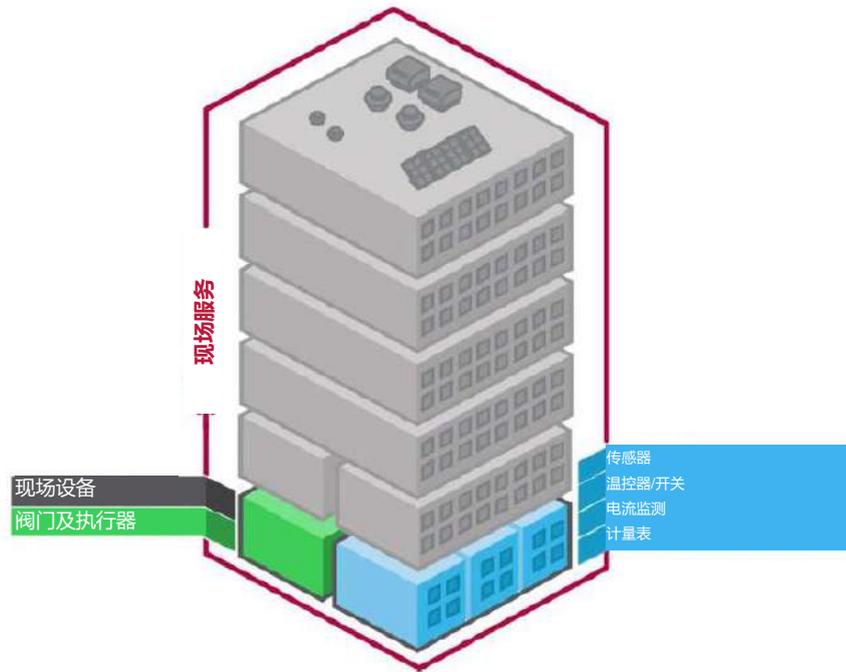
虽然这些关键控制设备可以运转多年都不出现故障，可是一旦出了问题，却又不易察觉。大多数检修合同往往没有特别关注阀门和执行器，只将它们视为整套 BMS 的一部分。尽管楼宇的高效运维既重要也关乎费用，多数（美国约 55%⁵⁸）业主/运维人员却采用了被动的维护策略。这意味着，业主/运维人员只有等到关键设备，如关键控制设备，性能变差或者完全失灵时，才采取纠正措施。仅仅依靠亡羊补牢，楼宇利益相关方有可能需要承担最高修理成本，以及修理期间运行中断的风险。这不仅影响 HVAC 系统的成本和性能，还殃及整套 BMS。

注 [57] <http://buildingdatabook.eren.doe.gov/TableView.aspx?table=3.1.4>

注 [58] http://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-19634.pdf

图 1

阀门和执行器处于楼宇物理基础设施的核心位置



以上情况中，采用预测性维护有望大幅节能，并提升楼宇性能和舒适度。对构成楼宇基础设施网络的现代化系统和设备所生成的数据进行分析，是最高效的方式。这些数据提供了及时、准确、可操作的信息，用于完善服务项目，并实现最优楼宇性能和成本效益。届时，业主和运维人员在考量维护楼宇效率和性能的影响时，就可以基于数据做出决策。

本文探讨阀门和执行器性能不佳的本质和代价，并提出了一种主动预测性阀门的维护方法。

阀门及执行器的重要性

阀门和执行器看似简单，但数量庞大，维护起来极具挑战。一个大型商用设施可能会在楼宇的各个单独空间、空气调节机组和中心设备内安装数千个阀门和执行器。此外，它们执行着关键功能。例如，流量控制阀调节着热盘管或冷盘管的能量输出，而能量输出情况又极大地影响整个空间或楼宇的舒适性和能源成本。

案例：正确使用阀门的投资回报率

伊利诺伊州尚佩恩市的布西银行（Busey Bank）为提高楼宇能效和用户舒适性，重新整修了其百年老办公大楼。

整修项目的重点是安装于整栋楼宇内的施耐德电气区域阀网络。该网络安装在建筑外部，通过直径为5.08厘米蒸汽配气管道精密调节蒸汽，使其流向16个分区。其他系统也进行了升级，包括泵、风机、传感器和智能温控器。区域阀网络连接至BMS，以监测和控制系统。

结果：年度用电量从180万度降至120万度，节省了30%的用电开支，只需18个月就能完全收回项目成本。施耐德电气的合作伙伴Alpha Controls公司负责安装系统，该公司提供持续的检修计划，确保阀门保持高性能、高能效。

即使是较新的楼宇也会出现隐蔽的阀门问题。一些典型问题包括：

- 安装、选型或尺寸不当
- 连接结构断开
- 重启触发了手动超驰
- 冲洗过程的碎屑可能造成内部零件失灵
- 冲洗过程的化学品可能损坏密封件

尽管阀门如此重要，但大多数设施经理并不重视。泵和风机等电子部件因用电量和用电成本一目了然，而更受重视。然而，设备性能不佳、维护效果不好以及无法解释的能耗上升等严重问题的根本源头往往是阀门和执行器。这又会导致如下问题：

- 由设备意外停机导致的成本增加
- 人工成本增加，尤其是在需要加班的时候
- 设备修理或更换所涉及的相关成本
- 设备失灵可能导致二次设备或工艺受损
- 人力资源利用不充分

多数商业楼宇中 HVAC 系统大约耗能 35-50%，该能耗大部分又由阀门和执行器控制。底线：正确使用阀门是打造健康建筑的关键。它们提高了能效，也提升了 BMS 的整体价值。如果现场设备的控制和测量效率不高，BMS 将不能保持最优水平，维护将降级至“消防模式”。

常见阀门问题

案例：修复阀门，节约资金

大波士顿地区的一家研究实验室，面积41,806平方米，采用了楼宇数据分析来识别和修理有故障的阀门。结果如下：

- 空气调节器中的冷却阀泄露，导致供暖季输送到楼宇内的空气同时被加热和冷却。部件更换以后，每年至少节省57,304.77欧元。
- 夏季，一个预热盘管被手动超驰控制。供暖季一开始，被超驰控制的阀门就导致同时供热、供冷。阀门控制器调节以后，每年节省128,715.07欧元。
- 在楼宇内发现大约200个终端装置再热阀存在泄露问题，原因是楼宇启动期间热水未经过过滤。换掉有缺陷的阀门和执行器以后，每年节省72,452.40欧元。

楼宇管理系统的目的是控制和调节环境系统，以最小能耗达到理想的温度效果。占用情况、楼宇系统负荷和季节等因素不断变化，这些变量要求阀门在不同的条件下进行适当和准确的调整。而阀门持续工作，易磨损，还会因化学品或碎片而受损。

损坏分两大类：物理问题和系统问题。两类问题都会导致能量浪费、不必要的设备磨损和不佳的租户感受。

物理问题

常见的物理问题包括阀座（内部）或阀杆（外部）处泄露，执行器连接结构磨损，及管道系统噪音。有时执行器会采用手动定位（这种情况下，如果没有反馈或重新校准，具体位置信息会缺失）。其他问题包括：

- 水中碎屑、超量的化学物质或开放式系统引入的杂物造成阀门内件/密封件损坏。
- 阀门泄露或者被超驰，需要对应反向阀门进行补偿。反作用盘管补偿负荷而消耗额外的能量。如果楼宇供冷负荷较大，这样做的代价就特别高。当楼宇内的温度符合预期，就可能无法检测到这种情况，但却会产生更大的能耗。
- 控制回路振荡：加热和冷却阀按照关闭到全开的次序循环运行。设定值超调时，控制回路依次关闭两个阀门，接着将两个阀门调节至全开状态，然后又关闭两个阀门。这种情况往往与错误的PID控制回路参数或季节性能变化有关，能效极低。

控制系统问题

控制回路稳定性是保证能效的重要因素。BMS 利用传感器关联的比例-积分-微分（PID）回路和相关算法，对条件作出响应，增量调整执行器、阀门、风机和泵。这些系统的问题可能造成阀门性能不佳。控制系统常见问题包括：

- 控制信号噪音——干扰或布线不良会干扰信号，妨碍阀门与其他系统的通信。
- 阀门尺寸不合适，传感器与房间不匹配，或者传感器未校准。
- 阀门入口压力过高——这可能导致系统噪音大，或阀门不能正确关闭；泵控制系统不能调节泵头压力，影响阀门正常运行，最终影响能效。
- 对温度变化响应不当——这将体现在季节性室外温度变化（负荷）、设备设定值温度或者系统该如何调整响应方式。

所有这些设计、系统变量或者条件在一定程度上都受 BMS 的控制。当阀门/执行器将温度严格维持在参数范围内（如 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 时），上述控制回路振荡则难以检测，但实际上控制回路每几分钟就在供暖和供冷之间进行不必要的来回切换。通过在一段时间内监测控制温度和阀门位置（无论是在空气调节机组旁边还是在 BMS 终端处），季节性调整可确保所有回路稳定。

阀门和执行器 检查

*“主动预测性维护和数据
分析每年能节约高达20%
的维护和能源成本。”*

为避免上述问题，定期主动预测性维护策略应涵盖阀门和执行器检查。

虽然被动式维护最为普遍⁵⁹，但是性能最好的设施，绝大多数都采用预测性维护，极少采用被动式维护。

美国政府数据⁶⁰显示，基于主动预测性维护，结合数据分析的综合运维项目，每年能够节省高达 20% 的维护和能源成本，同时将楼宇的预期寿命延长数年。预测性维护的关键是维护项目由设备和系统状况决定，而不是由预先制定的维护计划表决定。这意味着维修可以在理想的时间进行，资源不会浪费在不必要的工作上，同时保持设备（包括阀门和执行器）的最高性能水平。

预测性维护可充分利用自动化传感器和专家知识，确定整个系统和阀门及执行器维护的优先顺序。在此基础上进一步将 BMS 和联网设备的数据与先进的数据分析能力结合起来，制定一套真正的“智能检修计划”。计划提供有关设施问题的准确信息，然后根据问题在不同方面（如能源成本、舒适性和维护紧急性）对业务的影响，进行排序。

由于当今大多数建筑在一定程度上都是“智能”的，即拥有一定的 BMS 能力，所以实施“智能”服务计划水到渠成。该计划可使设施以全新的方式充分利用 BMS 收集的数据，以降低能耗和总成本。

整套系统维护方法还可以确保控制阀按照设计运行，控制回路得到微调和优化，实现能效提高。如果聘用外部公司对设备进行检修，那么检修协议应包括阀门检查。

有关预测性维护策略对楼宇运营的价值，以及阀门和执行器定期检查的价值的更多信息，详见施耐德电气白皮书《楼宇运营的预测性维护策略：更优之法》。

检查的最佳范例

根据资源和楼宇类型，检查可以以多种方式进行：

- 对控制阀门和执行器进行简单的目视检查，可以有效地发现明显的机械问题。而将该方法用于配有数百个阀门的设施，则难度很大。但这种检查方式可用于制定全年的检查计划，易于管理。某些办公空间或酒店客房内的控制阀是隐藏式的，这种情况下目视检查尤其困难，因为需要拆除嵌板或者天花板瓷砖。
- 查看BMS终端的趋势记录，有助于发现设备性能异常，之后可对相关位置进行实地检查。
- 楼宇数据分析工具提供了通过控制阀监测能源浪费的准确方法，可以提升上述检查方法的效果。数据分析可以发现其他方法难以检测到的阀门问题。

注 [59] [http://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical reports/PNNL-19634.pdf](http://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-19634.pdf)

注 [60] 同上

图 2

最佳性能设施中采用的维护项目类型



案例研究：保护国之瑰宝

林肯总统图书馆与博物馆（位于伊利诺伊州斯普林菲尔德市）为保护馆内无价的文物，全年必须维持20°C的温度和45%的相对湿度，偏差不得超过+/-1%。

这就要求阀门和执行器年复一年以极高精度运行，在一天中反复开启和关闭，以响应不断变化的热负荷。数十个施耐德电气的阀门、风阀执行器和S-Link传感器提供了所需的控制需求，且成本合理可接受。定期检修计划保证性能正常。

结果：林肯总统图书馆与博物馆能够保障其无价文物和文件的安全，同时给参观者提供舒适感受。

检查时，最好能够收集系统状态照片以支持工程师的报告，也可以为后续检查提供参考。

建议将以下步骤纳入有效的阀门检查项目：

阀门检查清单

- 在设备间或者通过设备连接的高级BMS，监测控制温度和阀门位置随时间的变化情况，以检测控制回路稳定性。
- 绘制阀门/风阀执行器位置、可用温度（供应、排出和空间）的趋势图，观察正常运营期间，供暖和供冷系统是否运营按照设计运行。如果观察到振荡或温度响应存在异常，则相应地调整控制回路。
- 目视检查阀门是否存在泄露。
- 关闭驱动阀门，等待下游温度稳定。然后使用温度探针验证阀门是否在关闭。如果有证据表明存在遗漏，则进一步调查。（详见附录）
- 检查阀杆压盖周围是否存在渗出。如果有，则更换压盖套件或整个阀门。
- 检查阀体和管道系统是否存在电偶腐蚀。电偶腐蚀会导致泄露，需要钢丝刷清理后涂防腐漆，若情况严重，则需重新连接。
- 检查阀盖是否存在刻痕，刻痕可能是执行器安装不当造成的；相应紧固阀盖。
- 检查是否存在咔嚓声（最好采用听音设备），这种声音表明阀芯与阀杆分离。必要时，需更换阀杆和阀芯组合件，甚至整个阀门。

注意，定期检查蒸汽阀至关重要。蒸汽阀开启时，很容易因为内部蒸汽压力或凝结水而出现阀杆失灵，往往造成阀芯或密封件磨损，甚至损坏。**检查或者操作蒸汽控制阀时，务必格外小心。**

阀门和风阀执行器检查清单

- 利用BMS改变控制信号，使执行器从开启到关闭循环运行；检查正确操作时是否存在不能归位的情况。
- 检查连接结构/防转支架是否紧密，是否存在磨损或晃动的迹象。
- 检查执行器是否存在弯曲的防转板，必要时更换。这可能是手动超驰用力过大导致的。
- 检查执行器连接结构或防转支架是否接触位置指示器。如果没有接触，可能是执行器松脱，或者阀门存在沉渣，阻碍了阀门关闭。检查执行器是否有足够的关闭力。
- 检验手动超驰是否正常运作，在检查结束时是否分离。
- 检查位置指示器是否褪色。褪色可能表明环境温度或工作温度太高，导致部件过早损坏。
- 注意执行器是否噪音过大，这可能表明执行器工作时间过长。这可能是因为控制回路不佳，或者浮动控制器上没有超时设施，两种情况都可能造成过早损坏。
- 查看执行器是否被推至关闭位置，重复尝试关闭阀门。这表明阀门存在污染物，或者只是需要重新校准。

总结

阀门和执行器是楼宇环境非常重要的部件。它们通常控制着大约 35-50%的楼宇能源系统。

为确保控制稳定性和高能效运行，阀门检查应该纳入定期主动预测性维护策略，以充分利用数据和分析提升性能。定期检查和维修阀门组合件，有助于延长设备寿命，节省能源成本，为租户营造更加舒适安全的环境。

诸如施耐德电气等行业专家可为您提供建议，帮您通过服务协议，节省成本、提升运行效率。

附录：

检查阀门泄露的方法有多种。以下为检查阀门泄露的一种方式：

1. 利用BMS手动超驰自动控制信号，从而以电子方式关闭控制阀。
2. 关闭盘管隔离阀，阻止流经盘管的流动，等待盘管温度稳定。
3. 使用温度探针检查盘管前温度和盘管后温度，确认盘管温度已稳定。
4. 打开盘管隔离阀，再次检查盘管前后的温度，如果两者仍然相同，则可以认为阀门行程和阀座处于可用状态。
5. 重新将BMS控制器设为自动状态。

如果盘管后温度高于或低于盘管前温度，根据盘管处于加热或冷却状态，这可能表明阀门未正确动作，或阀座损坏，或者遗漏，将需要进一步调查。

如果该问题与执行器有关，则参照制造商说明书，重新校准阀门行程，重复以上测试。如果仍失败，检查系统压力，确保阀门执行器的尺寸适合该应用。如果尺寸正确，而阀门仍未关闭，则有必要修理或更换阀体。

3.4 全新时代的楼宇韧性

低使用率状态下的楼宇运营优化

不稳定时期的行动方案

2020 年初，世界各地的楼宇在短短几天内从满负荷运行骤变为低使用率运营。如今，无论是办公大楼还是酒店抑或是零售场所，数以万计的建筑几乎空无一人。



随着酒店和办公室等场景的使用率下降，楼宇的当务之急是什么？在与众多客户和合作伙伴沟通后，可以得出楼宇业主和设施管理人员正在寻求以下关键问题的答案。



如何...

确保楼宇在低使用率期间有效运营？



哪些...

系统应在低使用率期间进行重点调整？



如何...

确保楼宇能在将来恢复正常运营时做好准备？

本指南为这些问题提供了解答，阐述了在能源效率、安全性和可靠性方面的最佳实践。

第一步

建议您首先联系为您提供服务的合作伙伴（如有）。无论是通过远程操控还是现场操作，您的合作伙伴应该能够帮助您完成本指南中的大部分工作。如果您没有服务合作伙伴，本指南将为您的团队提供入门指导。

开始之前：做好工作记录至关重要。保持详细的调整记录可以确保当楼宇恢复正常运行时，温度设定值及使用设置等可以迅速恢复至标准状态。此举能够有效防止在楼宇管理设备调整不当导致容量增加的情况下，可能造成的任何安全或性能问题。



检查清单：



15 步

促进低使用率楼宇高效运作

第 1 步

确定范围。 检查所有能源节点的功率监控体系：水、空气、燃气、电力、蒸汽（WAGES）。评估主要的暖通空调系统和楼宇自动化资产，包括冷却器、空气处理机、锅炉、风机盘管、成套终端空调和屋顶设备等。这些设备都是在进行楼宇环境管理时会消耗能源的部件，应当对此进行核对：我们有多少个这样的设备？它们被部署在哪里？这些节点是否都设有监测？是否联网？是否有日志自动记录还是需要手动读取？这个阶段可能是额外设置监测点的良好时机。可以参考现有的列表或创建一个新的列表。如果有系统日志信息的记录，请参考该日志中的历史数据，了解系统是如何应对挑战的。

第 2 步

确定系统架构。 找出有哪些资产已经连接到了楼宇管理系统中（BMS），又有哪些资产是独立、需要手动控制的。例如，如果您经营的酒店或办公楼有楼宇管理系统，可以通过系统直接管理许多房间的设定值，轻松调节全局温度等。如没有系统则需要在本地的或通过手动的方式逐间进行房间控制的调节。

第 3 步

地区差异因素。 如果您系统中管理的设施横跨了不同的气候区，您应当考虑设定值的改变对全球设备的影响。如果空调的设定值为 80°F/26°C，系统可能会按照设定关闭法国的空调系统，同时打开西班牙工厂的供暖系统。与此类似，湿度的设定可能会对柏林及布达佩斯产生不同的影响。这些差异因素似乎显而易见，但在这段混乱的时期当中，这些因素很容易被忽视。

第 4 步

注重深层效率。 典型的低使用率场景设定值（例如周末的设定）和“深层”低使用率设定值之间存在区别。通常周末的温度设定值相比平时会做 ± 5°F/3°C 的调整，而当楼宇要在更长时间处于低使用率状态时，则要进行更深层的 10°F/±6°C 变化。通过更详细地研究能耗来找到被忽略的细节，提升效率，并以此判断如何提高电力数据的粒度。监测、追踪和报告所采取的效率措施并同步监测楼宇反应，可以有效评估节能措施。

第 5 步

顾及留岗人员。 要为留岗人员（如保安和维修）着想，定制并保留一块舒适区域。这包括可能会使用的走廊和办公室，但通常不涉及会议室、健身房或食堂。以此为依据，要相应地调整照明系统。或根据当地天气调整窗户的百叶窗，以减少供暖或供冷需求。确定并停止运行非必要的负载和流程，可以进一步减少能源消耗。

第 6 步

将 BTU 负荷纳入考量。 住户和使用系统（如照明、IT 等）都会增加楼宇热量，这可通过英国热量单位（BTU）做衡量。暖通空调系统通常会根据标准的使用率校准到某个预计的 BTU 负荷，但负荷却会随着使用率的降低而改变，换句话说，暖通空调等要考虑的不仅仅是将恒温器改变几度，也应该同时考虑较低的 BTU 负荷。

第 7 步

评估通风和节能系统（使用外部空气）。在低使用率时期，及时排出颗粒物并保持适当的二氧化碳稀释度仍是必要的，但如果自动化系统未能将其纳入管理，则可以适当地降低其工作频率。更宽泛的可接受温度范围意味着您可以降低增压控制，并增加使用空气节能器的频率。总的来说，这一理念是通过放宽温度控制范围以提高能源效率。具体您可以咨询您的楼宇自动化服务合作伙伴，以了解最佳设置。

第 8 步

控制湿度。如果室内露点保持不当，会产生霉菌和湿气等问题。如果露点太低，冰冷的暖通空调部件和敏感的建筑材料上可能会形成冷凝。而如果露点过高，相对湿度可能会上升到 80% 以上，这超出了许多楼宇指南的建议范围。

第 9 步

解决电气设备和存储空间难题。在正常运行期间，为了方便维护工人工作，电气室和储藏室通常会保持在舒适的温度。但实际上，电气室通常在设计时是允许室外操作的，这意味着哪怕温度设置在 100°F/38°C 以上，设备环境仍处于制造商的建议范围内。允许电气室处于较高的温度可以降低对电力基础设施的需求，并在低使用率期间节约能源。但是，服务器机柜和 IT 机房仍应保持标准的设定温度，以避免停机或损坏。

第 10 步

调整风扇和冰柜。商业厨房、实验室和其他配备有风扇和冰柜的空间也不容忽视。这些排风扇，以及与之配套的补给风扇通常会被设定为全天候运行，如此持续运行会造成能源浪费。如果冰箱或冰柜里没有储存产品，就应该把它们关掉。

第 11 步

保护供水系统。应定期检查以确保管道持续有水供应。在饮用水系统中，水流的停滞会造成健康风险，而在非饮用水系统则会导致腐蚀程度高于正常水平。详情请咨询您的供水服务专家，以确定准确的最小水流量。对于蒸汽和热水锅炉，请咨询训练有素的专业人员，协助您减少或关闭在低使用率期间可能不需要的锅炉。

第 12 步

利用变速驱动器（VSD）。楼宇系统的原始设计往往更接近于满负荷运转，而非低负荷运转。因此，如使用定速驱动器，无论输出量如何，能源使用将保持不变。而配有变速驱动器的冷风机可以通过继承部分负荷条件和降低安培数等方式来减少输出，从而节省能源。请注意，部分变速驱动器可能并未连接至您的楼宇管理系统，需要手动进行调整。为了节约能源，您可以只运行由变速驱动器驱动的冷风机、锅炉和其他暖通空调部件，如单区空气处理机和风机盘管等。

第 13 步

监测楼宇的反应。这一时期可能是您的楼宇第一次在深度优化节能效率或低使用率条件下运行。这是一个评估系统的好机会，可以明确您的楼宇对这些系统性的变化是否反应良好，并能够按照预定的节奏监测环境、电力和安全状况。如果反应不良，您可能会在不知不觉中遇到潮湿的环境、热点或其他问题。您应当观察电能质量（PQ）、功率因素和谐波等指标是否有改善？会有哪些因素对其造成影响？在新模式下，有些流程可能没有运行，在系统轻载运行的状态下可能会带来新的挑战，您可以利用 EcoStruxure Power 智能配电解决方案来评估您的电力系统基础设施。如果数据质量（例如计量或通信数据的质量）存在问题，那么可以借由这个机会来识别和纠正电力系统数据存在的质量问题。

第
14
步

记录设置变化，以防遗忘。需要重申的是，如果进行了调整，但未记录标准设置，可能导致您很难将楼宇恢复到正常运行状态。在部分系统处于低使用率设置的情况下恢复正常运行，可能会影响住户舒适度，引起楼宇性能和安全方面的问题。改变设置时拍摄仪表和系统的“实时”快照，以便在需要时能迅速恢复至之前的配置，并记录新的改动数字。如果可能，您可继续实行更多能带来更大效率的改变。

第
15
步

专注于后续步骤。现在您的楼宇已经被设定为在低使用率期间实现有效运行，此时您可以考虑其他提高性能的方法。也许您过去推迟了系统维护以避免停机，此时，您可以考虑是否要利用这一空闲时期执行需要在停电情况下才能实现的破坏性关键维护。此外，通过电力监控系统，可以便捷地进行维修和预见性维护。同时还可以在此时回顾系统的历史记录，我们是否可以针对某些领域和流程进行基准测试，寻找提高效率的机会？另外，也可考虑利用此机会安装物联网传感器，实现关键资产的远程资产管理服务，由此可以利用预见性维护分析和维护，实现关键基础设施的远程管理。

低使用率楼宇的效率提升指导

这是一个良好的机会让您可以根据每栋楼宇的独有特色规划未来“愿望清单”，并确定其施行优先顺序。您可以将独立的组件连接到楼宇管理系统中，或是利用额外的传感器以提供更深层次的监测（例如，湿度检测），也可以通过服务供应商利用数字集成进行远程连接。以上优化举措的最佳实践途径是与训练有素的专业人员合作，以确保您采取的方法与楼宇相契合。



不确定自己能否完成这项工作？我们的服务工程师可以为您提供现场或是远程的帮助。请联系您当地的销售代表。

4 客户案例



4.1 EcoStruxure™楼宇解决方案为里斯本艾瓦卢森酒店的宾客带来交互式体验

葡萄牙里斯本·里斯本艾瓦卢森酒店

施耐德电气EcoXpert™合作伙伴认证计划，利用基于物联网的创新解决方案，提升宾客舒适度，改善设施控制，提高能效。



里斯本艾瓦卢森酒店不仅是葡萄牙的一家新酒店，同时代表了交互式、生态式顾客体验的全新理念。作为萨那酒店家族的一员，里斯本艾瓦卢森酒店专为都市及商务人群打造最具现代化的便捷性与极致舒适性的入住体验。

里斯本艾瓦卢森酒店技术总监 João Carlos Gomes 表示：“我们的品牌宗旨就是要打造技术创新型酒店，为来自世界各地的宾客提供全新住宿体验。”

为此，酒店在设计和建造过程中集成了最先进的信息技术，让宾客能够感受到城市魅力，甚至感受到家的温馨。

该项目由施耐德电气全球3,000家EcoXpert™合作伙伴之一、总部位于葡萄牙马亚



的 Easycontrol Lda.公司负责管理。借助施耐德电气基于物联网的EcoStruxure技术，Easycontrol在通过强有力的工具组合实现酒店的高效管理的同时，成功将宾客舒适度和设施控制提升到全新水平。

目标

在减少能耗的同时，为国际旅人打造最具便捷性与极致舒适性的入住体验。

故事

该解决方案的安装实施由施耐德电气EcoXpert合作伙伴Easycontrol公司完成，该公司在EcoXpert项目中已通过多项认证。Easycontrol与客户及施耐德电气团队密切合作，打造世界一流酒店系统，在提升客户舒适度的同时，优化酒店设施控制。

构建基于物联网技术的EcoStruxure楼宇解决方案

EcoStruxure™楼宇（此前称为 SmartStruxure™解决方案）协同式、智能楼宇物联网平台，可集成客房管理、房间控制、中央空调、电源和报警管理等多个标准系统。

Easycontrol 的 Sergio Miranda 表示：“与大多数建筑相比，酒店面临特殊挑战。一方面，宾客希望能够掌控自己的房间；另一方面，业主希望实现节能及环保。EcoStruxure 提供了连接各个酒店系统的桥梁，使这些目标得以同时实现。”

解决方案

基于施耐德电气高度集成的 EcoStruxure 楼宇解决方案，宾客可通过个人智能设备和房间电视，轻松实现对房间设施的控制，获得与众不同的酒店体验。

结果

如今，在宾客享受一流的设施控制和全面的交互式体验的同时，酒店可节约 40%的能源成本。





在获得施耐德电气楼宇管理系统（BMS）、照明及房间控制解决方案方面的认证后，Easycontrol

公司已成为享有施耐德电气全套产品组合和专家资源支持的 EcoXpert 项目合作伙伴。得益于这一备受赞誉的合作关系，辅以 EcoStruxure 楼宇解决方案的灵活性，Easycontrol 能够为酒店的所有运营系统提供统一管理界面。

最重要的是，宾客可以通过自己的智能手机或平板电脑来控制房间设施。

高度集成的解决方案

施耐德电气 EcoXpert 市场经理 Fernando Ferreira 表示：“EcoStruxure 楼宇解决方案的创新之处在于能够与酒店管理系统，特别是客房管理系统（Fidelio）和互联网协议电视（IPTV）系统实现无缝对接。这是一种真正意义上的无缝集成系统。”

里斯本艾瓦卢森酒店的楼宇系统由整套软件和硬件组成，现已全面投入使用，并可实现以下管理功能：

- EcoStruxure Building Operation楼宇运营系统，可通过一站式解决方案实现对不同客房控制系统（如空调机组、房间设置、能源管理、告警管理等）的统筹管理⁶¹
- 能够与客房管理系统（Fidelio）和 IPTV实现完全集成
 - 宾客可通过智能设备或客房电视控制房间设施



因此，酒店管理者如今能够轻松地从前台或通过远程方式，对整栋大楼和客房进行监测和控制。

卓越的客户体验

一走进里斯本艾瓦卢森酒店客房，您就会发现这不是一间普通的客房。通过下载应用程序，酒店宾客可以使用自己的个人智能设备来调整房间的灯光、窗帘和室温等设置。通过与 IPTV 系统紧密集成，酒店为宾客提供无缝体验。

萨那技术总监 João Carlos Gomes 表示：“酒店希望为宾客打造创新型体验，而施耐德电气帮助我们实现了这一目标。”

管理者能够更好地控制

处于幕后的酒店员工与宾客一样，从集成技术中受益匪浅。员工可轻松地通过应用程序在前台或在任何位置远程监控所有操作。员工可根据酒店入住率，按照实际需要查看实时报告，并进行各种操作设置。例如，可将部分客房或整个区域设置成省电模式，从而节省能源。

Gomes 表示：“我们能够实时、并在全球各地实现联网，了解每层楼的入住率、楼层的平均温度、已预定房间数、未入住房间数、宾客是否在房间内等等。这些信息能够帮助我们节约成本和能源，助力环保。”

比预估能源成本节省 3.5 万欧元



能源成本降低 40%

注 [61] 此前称为StruxureWare楼宇运营系统



酒店和宾客的双赢局面

Gomes 表示，酒店的能源成本比预估成本低 40%。成本降低与安装的空调系统密切相关，在宾客自由畅享冷热空调的同时，管理者可通过控制系统部分断开未入住区域。尽管采用了这么多先进技术，但 Gomes 表示，酒店的总投资仍低于萨那酒店集团的平均水平。

对于里斯本艾瓦卢森酒店来说，打造创新型、交互式宾客体验的目标已经实现。Gomes 表示：“正是由于借助了施耐德电气智慧楼宇物联网平台，并选用获得 EcoXpert 认证的施耐德电气合作伙伴完成相关安装部署，这一集成解决方案才得以实现。”

对于未来发展，Gomes 表示：“我们希望在更多城市实施这一方案。我们将依托施耐德电气解决方案及其 EcoExpert 合作伙伴网络的专业集成技术，来实现这一目标。”

“此次项目能取得成功离不开 EcoXpert 认证企业的全力以赴，以及施耐德电气贯彻始终的支持。”

——João Carlos Gomes, 里斯本艾瓦卢森酒店

酒店解决方案架构

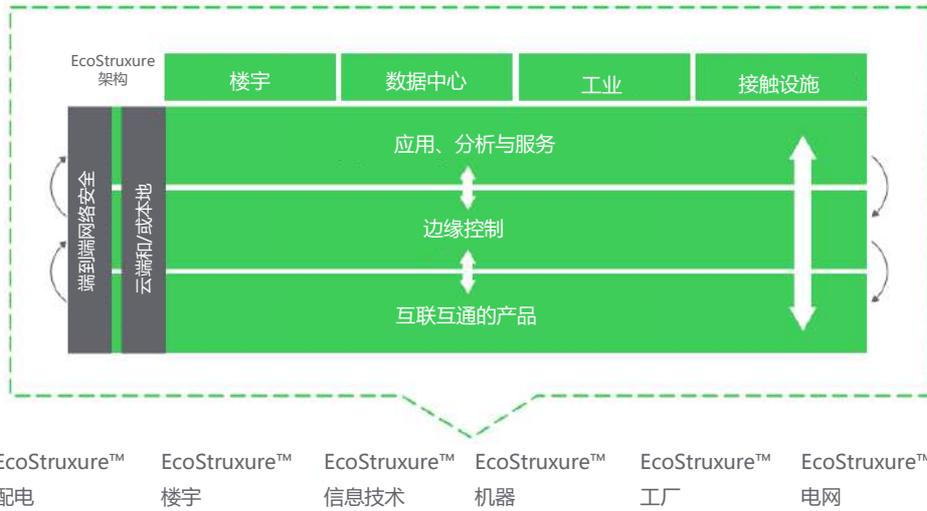


EcoStruxure™ 架构



基于物联网的系统架构与平台，提升运营效率及能源效率

EcoStruxure是施耐德电气推出的基于物联网、开放式且具有互操作性的系统架构与平台。EcoStruxure有助于提高安全性、可靠性、效率、可持续性和连通性，从而能够为客户创造更多价值。EcoStruxure利用物联网、移动技术、传感技术、云技术、数据分析技术和网络安全等先进技术，在互联互通的产品、边缘控制以及应用、分析与服务等各个层面实现创新。EcoStruxure系统已在全世界部署超过48万个站点，并得到2万多个系统集成商和开发者的支持，通过40多项数字服务，连接并管理超过160多万套资产。



互联互通的产品

物联网始于最佳产品。我们基于物联网的最佳互联互通的产品包括断路器、驱动器、UPS、继电器、传感器等。内置智能设备能够在整个运营过程中助力更好地制定决策。

边缘控制

关键任务型场景可能难以预测，因此必须控制物联网边缘的设备。这一基本功能可提供实时解决方案，能够在边缘实现本地控制，保障安全性和正常运行时间。

应用、分析与服务

为了支持楼宇、数据中心、工业和电网环境中的各种硬件和系统，提高互操作性至关重要。EcoStruxure™为企业实现无缝集成提供了广泛的应用、分析与服务。

欲了解有关EcoStruxure™的更多信息，敬请访问

schneider-electric.com/ecostruxure

更多信息



了解EcoStruxure™



了解EcoExpert™合作伙伴项目



了解EcoStruxure酒店解决方案



了解EcoStruxure™楼宇解决方案



哥拉斯卡酒店：
EcoXpert灯光和客房控制系统认证企业Soliled，利用由施耐德电气提供的集成楼宇自动化系统、KNX和homeLynk解决方案，将这家四星级套房酒店的宾客体验提升到全新高度。



联系我们开启全新旅程

4.2 构建智慧后勤，打造明日医院的先行者

复旦大学附属华山医院北院，上海

借助施耐德电气EcoStruxure™楼宇和配电解决方案

复旦大学附属华山医院北院构建数字化智慧医院



背景

中国作为世界上人口最多的国家，城镇化及老龄化进程正在加速，对医疗服务的需求量与日俱增。医院作为提供医疗服务的核心场所之一，面临越来越严峻的压力。在“十三五”卫生与健康规划、全国医疗卫生服务体系规划纲要(2015—2020年)等政策法规的共同影响下，中国医院建设与改造步伐正在提速。复旦大学附属华山医院北院作为上海市政府“5 + 3 + 1”工程的重点项目，是一家集医、教、研于一体的三级甲等综合性医院。随着接收和诊治患者的数量日益增长，2012年建成的华山北院，其后勤管理服务也面临巨大挑战。

目标

应对后勤管理服务的巨大压力，对原有楼宇自控系统进行升级改造，改善用电质量与安全问题，消除隐患并降低能源成本。保障医院运行安全、满足舒适度、实现精细化管理，并极大提升节能增效效果，契合新时代医院后勤发展“安全、优质、高效、低耗”的方向，构建“明日智慧医院”。

挑战

- 各关键系统错综庞杂，无法统一协调，管理难度大
- 原有楼宇自控系统能力未被全部激发，收效甚微
- 缺少智能化管理手段，导致运维人员巡查维护工作量大，效率低
- 原有表计缺少监控及分析功能，使优化电能质量及效率缺少基础数据支撑
- 被动应对电力故障，令安全事故风险增大

解决方案和产品

EcoStruxure™ 强弱电一体化完整解决方案



成果

- 控关键回路，预知安全隐患，并提高能效
- 实时监测重要医疗器械电能质量，保障持续稳定供电
- 集中管理，分散控制不同区域的关键系统，降本增效
- 提升后勤管理服务及自动化管控水平
- 能耗降低18%，人工运维效率提高20%



医院后勤管理的挑战

医院作为国计民生的重要基础设施，承载着患者的健康与生命，同时也面临着巨大的能效挑战。医院的科室分布复杂，关键区域众多，对于用电安全、连续性，以及监控、后期运维、能效管理等要求十分严苛。因此，设计和建造智能医院，以数字化优化整体管理及运营水平，进一步节能增效，从而改善服务质量和患者体验，成为普遍需求。医院的能效管理需要不断探索和创新，从而为“明日医院”的管理积累经验，并摸索出新模式、新方法、新方向。

复旦大学附属华山医院北院作为上海市政府“5+3+1”

工程的重点项目，于2012年12月18日开业试运行，是一家集医、教、研于一体的三级甲等综合性医院，总建筑面积7.2万平方米，拥有门诊楼、医技楼、住院楼、传染病楼和综合楼等5幢主体建筑。核定床位600张，编制职工800名，已开设内、外、妇、儿、中等35个临床和医技科室。医院秉承绿色可持续发展的目标，致力于通过智能化的管理手段，优化医院运营水平，在充分保障患者健康及安全的基础上，实现节能增效。值得一提的是，在综合ICU一体化管理模式的探索上，华山北院急诊部获得了2017年中国医院协会(Chinese Hospital Association)医院科技创新三等奖，体现出院方朝数字化医院升级的坚定信心。



基于EcoStruxure的强弱电一体化解决方案

作为三甲医院的代表，2012年建成的华山北院每天需要接收和诊治大量患者，导致后勤管理服务的压力日益增加。因此，医院寄希望于通过对原有楼宇自控系统进行升级改造，在缓解后勤压力的同时，切实改善用电质量与安全问题，消除隐患并降低能源成本，而其面临的挑战同样巨大：

- 多个系统并存，但集成率低，无统一界面管理
- 自控系统及设备未得到充分使用，设备能耗高
- 后勤运维压力大，需要提高管理效率
- 表计无分析功能，无法实时监控电能质量问题
- 电力系统无法提前预警，用电安全存在隐患

基于EcoStruxure架构与平台，施耐德电气为华山北院量身打造了强弱电一体化完整解决方案，在对原有楼宇自控系统进行升级改造的同时，更将电能安全、质量监控功能融入其中，极大提升了节能增效效果：

互联互通的产品

包括ATS自动转换开关、电能质量监测装置、灯光控制、传感器、阀门及控制器等产品，保障底层设备的互联互通和相关系统可靠稳定运行的同时，对用电设备安全及电能质量进行全面检测和 data 收集，为后续分析、改善奠定基础。

边缘控制

通过EcoStruxure Power Monitoring Expert (PME) 电能管理软件及EcoStruxure Building Operation (EBO)楼宇运营系统软件平台等，共享实时数据，集中管理并分散控制空调、照明等高能耗系统，实现医院精细化后勤管理和高效运维。

应用、分析与服务

基于EcoStruxure Power Advisor电力顾问，提供用电安全分析服务，并通过配电侧的数据分析调整楼宇自控系统的控制策略，提高设备运行效率和能源使用效率，进一步节省了人力和能耗成本。

面向楼宇市场的 EcoStruxure[™] Innovation At Every Level



EcoStruxure架构

构筑医院集团化管理样板

随着近十几年来医院发展，不仅是医疗技术和医疗信息化技术发展迅速，医院的后勤信息化技术发展也非常迅猛。与过去相比，现代医院后勤的数字化技术更多集合了互联网技术、移动互联技术、物联网技术、云技术、人工智能等现代科技元素。未来发展的方向是多系统的互联互通，集成一体，在云平台上实现数据共享，以达到更好地节能增效，优化管理等方面的效果。

同时，集团化统一管理正成为医院未来的发展方向之一，可以看到目前有许多三甲医院都有新建院区，或成立了医联体，对外输出技术和管理，实现双向转诊。这种形式可以有效缓解我国优质医疗资源分布不均衡的局面，充分利用现有医疗资源，改善人们看病难的问题。医院后勤信息化管理可以有

效提高医院后勤管理的效率，实现集团内多院区的同质化管理。

作为华山北院的合作伙伴，施耐德电气此次根据医院的实际痛点，一次规划，分步实施，并为今后的完善和发展打好了基础。“罗马不是一天建成的”，施耐德电气还将根据系统的运行状况对其进行不断优化，并根据需求，利用各种新技术、新设备让整个系统不断突破瓶颈，在医院全生命周期的运行管理中发挥越来越重要的作用，从而让医院获得更多价值，并为集团化统一管理提供积极的参考。作为能效管理和自动化领域的专家，施耐德电气将继续深耕中国医院后勤发展，不断创新研发，携手合作伙伴，共同推进医院数字化建设与改造，打造更多智慧“明日医院”。



打造智慧后勤神经中枢助力节能增效、安全运行

此次施耐德电气基于 Ecostruxure 为华山北院提供的楼宇解决方案，成功将强弱电一体化的理念付诸于实践，形成智慧后勤神经中枢，并运用了大量融合了先进技术的数字化手段，有效地帮助医院解决运行安全、满足舒适度、降低运行成本、实现精细化管理等问题，符合医院后勤“安全、优质、高效、低耗”的原则，并为院方提供了诸多价值：

- 帮助院方在用电设备安全方面进行监管，找出安全隐患
- 对重要医疗器械电能质量进行监控，提高设备运行效率
- 对重要用电回路用量计量，提高能源使用效率
- 对空调和照明系统进行集中管理，分散控制，节省人力和能耗的费用

改造后的智能化系统已于 2018 年 6 月份正式投入使用。据复旦大学附属华山医院北院后勤处处长董安介绍，从两个多月的运行数据来看，在优化后勤管理服务质量与效率，保障用电安全，提高系统全自动化管控能力的同时，更使能耗节约了 18%，人工运维效率提高了 20%，达到了改造前院方的预期目标。特别是在空调系统的节能降耗方面，效果尤其明显。而空调系统恰恰是整个医院建筑中能耗最大的设备。同时，照明系统的节能也非常显著，冷热水供应系统则实现了自动化管理。

此外，施耐德电气提供的 EcoStruxure Power Advisor 电力顾问服务则是打通了医院智能化的最后一公里，通过大数据、人工智能以及配电领域的专家的协同配合，在对大量数据进行专业分析后发现问题，然后找到原因并提出解决方案，最终为院方提供切实可行的报告。



EcoStruxure 是施耐德电气开放式的、具有互操作性的、基于物联网的系统架构与平台，从安全性、可靠性、高效性、可持续性和互联互通性方面为我们的客户提升价值。在“创新，无处不在”的理念指导下，EcoStruxure 采用物联网、移动、传感、云、分析和网络安全领域中的先进技术，包括从互联互通的产品到边缘控制，再到应用、分析与服务各个层面。在 20000 名系统集成工程师和开发者的支持下，EcoStruxure 已部署在 480000 个项目现场，并通过 40 余种数字化服务，实现 160 万项资产管理。

EcoStruxure架构，布局6大专业领域，服务于四大终端市场



EcoStruxure™ 配电 EcoStruxure™ 楼宇 EcoStruxure™ 信息技术 EcoStruxure™ 机器 EcoStruxure™ 工厂 EcoStruxure™ 电网

互联互通的产品

首先，我们坚定地把生产杰出的、互联互通的产品作为创新的核心。因为物联网的基础是“物”，这里的“物”指的是可以作为智能运营基础的智能产品，比如互联互通的断路器、传感器、变频器等。

边缘控制

我们帮助客户获得可在物联网边缘进行控制的实时解决方案。对于任务关键型应用场景，并非所有的控制决策都可以通过远程实现，在物联网的边缘对这些设备进行可覆写控制是客户必需具备的能力或功能。

应用、分析与服务

我们的客户拥有多样化的硬件与系统。EcoStruxure 能够最大限度的支持能够与各类硬件、系统和控制共同工作的应用、服务与分析。

施耐德电气在医疗行业的成功经验

我们的服务基于深度垂直行业经验、整合架构、全球客户经理网络、全球覆盖与全生命周期服务，10 家全球最大的医疗提供商与施耐德电气合作。

在全球医疗领域我们拥有 2000 多个成功项目的经验，过去两年中在中国服务的医疗项目已经超过 800 个，有 40% 的医疗场所得益于我们安全、可靠、舒适、高效和可持续发展的解决方案。

了解更多



了解施耐德电气EcoStruxure



了解施耐德电气楼宇解决方案



了解施耐德电气医疗解决方案



参加施耐德电气医疗解决方案行业大讲堂



了解更多成功客户故事



了解施耐德电气如何赋能数字化经济



下载医疗行业样本

4.3 高效智能，绿色建筑的卓越典范

侨鑫国际金融中心，广州

借助施耐德电气EcoStruxure™楼宇和配电解决方案 侨鑫国际金融中心打造绿色智能建筑



背景

随着城市化进程的加速，大中城市人口聚集度的升高，以及人们对生活便利性与舒适性的更高追求，以及“十三五”规划对建筑节能提出的更高目标，商业综合体正被更多关注。侨鑫国际金融中心是集甲级写字楼、高端酒店式服务公寓和商业零售于一体的大型综合体，作为广州珠江商务区的地标建筑，定位高端，内部业态多样，且电力系统庞大，为实现高效运营，节能降耗，成就智能绿色典范造成困难。

目标

项目伊始，侨鑫集团在全球各个领域寻求最优秀的设计师，联袂 80 多个优秀合作方共同打造这座绿色智能建筑，力求在每个细节之处都注重“以人为本”。而作为电力供应与控制的关键部分，侨鑫集团对整栋大楼的配电及楼宇控制系统提出了极高要求，并期待融入智能化手段，从而加强供电安全可靠，并为创造更加绿色、优质的环境打下基础。

挑战

- 商业综合体内部业态多样,供电需求复杂
- 连续稳定、安全供电需求高
- 项目定位高端，节能降耗目标高
- 运维压力大，且运维人力成本高

解决方案和产品

- IX中压空气绝缘开关柜、Blokset智能低压配电柜、变压器、母线等
- EcoStruxure Power SCADA Operation电力SCADA运营管理系统/
- Power Monitoring Expert电力监控专家
- EcoStruxure Building Operation楼宇运营管理系统



成果

- 实现路器等设备的互联互通，保障配电系统安全可靠运行
- 对建筑内各系统进行集中管理和控制，最大限度提高电能可用性
- 提高运维人员工作效率，定期发送报告，有效预防设备故障，为辅助决策提供参考
- 对于建筑内的暖通空调进行监视节能控制
- 完善能效管体系，实现主动运维，提升管效率
- 与传统建筑相比，降低25%的能效成本，大恒减少能耗及运营成本



多样业态带来严峻能效管理挑战

融合商业零售、商务办公、酒店餐饮、公寓住宅、综合娱乐五大核心功能于一体的城市综合体，已逐步成为有效提高土地使用率，节约市政投资，推动技术进步与发展等的有效途径。此外，我国《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》也提出了“到2020年，完成既有居住建筑节能改造面积5亿平方米以上，公共建筑节能改造1亿平方米”的目标。因此，如何从项目设计、建设、运营、维护全生命周期角度出发，应用数字化手段提高建筑的能源效率、运维及资产管理水平，并创造舒适环境，满足不断提高的市场需求，成为众多企业关注的焦点。

位于广州珠江畔的侨鑫国际金融中心，是一个集甲级写字楼、高端酒店式服务公寓和商业零售于一体

的大型综合体，自2011年开工建设起，侨鑫集团就力求在每个细节之处注重“以人为本”，最终集合全球80多个优秀合作方的智慧，共同打造高度契合当地文化属性。与周围环境相得益彰的侨鑫国际金融中心，刷新了人们对城中CBD的常规想象。而由于内部拥有多样化的业态，侨鑫国际金融中心面对着更加严峻的能效与管理挑战，在电力系统部署方面，需要针对写字楼、酒店、商业三大业态分别设置相应的变配电房，独立供电，达到可靠、高质又节能的供电方式。因此，侨鑫国际金融中心对整栋大楼电力供应与控制的关键部分—配电及楼宇控制系统提出了极高要求，并期待通过智能化手段，加强供电安全可靠，为创造更加绿色、优质的环境打下基础。



基于EcoStruxure的强弱电一体化全套解决方案

定位高端的侨鑫国际金融中心，内部电力系统庞大且复杂，不同业态对电力供应的需求也不尽相同，这为一向追求环保、高效、绿色，并期待将侨鑫国际金融中心打造为广州珠江 CBD 商务区的绿色智能建筑典范的侨鑫集团而言，带来了更严峻的挑战：

- 写字楼、高端酒店、商业零售等业态电力需求的分布时间各异，需要分别部署
- 在切实保证安全供电的基础上，需要具备7x24小时连续稳定供电能力
- 作为集团绿色建筑的典范，需要实现更大程度的节能降耗，并通过LEED金牌认证
- 复杂的电力系统对运维效率、质量均提出更高要求，导致运维综合成本升高

为此，经过长达三年的严格考量与筛选，侨鑫国际金融中心最终选择了拥有丰富行业经验及完善智能配电解决方案的施耐德电气，经过与各方的密切沟通，基于 EcoStruxure 架构与平台，施耐德电气提供了完善的强弱电一体化全套解决方案，为这栋绿色建筑注入了强劲的动力核心：

互联互通的产品

通过部署包括 PIX 中压空气绝缘开关柜、Blokset 智能低压配电柜、变压器、母线、楼控系统控制器、传感器、综合布线等互联互通的产品，在保障安全稳定及连续供电的基础上，融合数字化技术，打通整栋大楼的电力系统，形成点线相连的“网”状布局，为后期收集、分析数据，实现智能化控制，优化管理奠定基础。

边缘控制

通过最新版本的 EcoStruxure Power SCADA Operation 电力 SCADA 运营管理系统 / Power Monitoring Expert 电力监控专家，实现包括电能质量监测分析、配电资产及能耗配电系统整体管理，最大限度提高电能可用性，从而放大节能效果。利用 EcoStruxure Building Operation 楼宇运营管理系统对设备进行集中管理和监控，随时关注大楼温湿度、空气质量、照明情况等变化，及时调整，大大减少由于维护人员失误造成设备失控或损坏，实现全面节能。

面向楼宇市场的 EcoStruxure[™] Innovation At Every Level



EcoStruxure架构

强劲动力核心助力节能增效成果最大化

施耐德电气基于 EcoStruxure 为侨鑫国际金融中心提供的智能配电解决方案，成功运用了强弱电一体化理念，为这座大楼塑造了“有趣”的电力灵魂，通过大量使用先进且融合数字化技术的产品及系统，帮助侨鑫国际在保障可靠连续供电的基础上，实现智能化控制运维，及精细化管理，有效降低了运行成本及能源消耗，更优化了用户的使用体验，符合现代化商业综合体在各方面的建设及运营需求，创造了诸多价值：

- 实现分布于各楼层不同位置电力设备的联通，确保系统可靠运行
- 集中管理和控制大楼内各系统，大幅提高电能可用性
- 定期发送配电系统运行状态报告，为优化决策提供支撑，并避免因设备故障引起事故
- 完善能效管理体系，实现主动式运维，提升运维人员效率及管理效率
- 实现25%的能效成本节约，及能耗和运营成本的大幅降低

目前，侨鑫国际金融中心已获得美国 LEED 辐金牌认证，与传统建筑相比，降低 25% 能耗成本，意味着在炎热夏季，当侨鑫国际金融中心内焗度比设定值每升高 1°C，约可节省 10% 的冷量，这对于一座需要保障不同业态在不同时段、不同区域的用电高峰，乃至 7x24 小时不间断供电的大型商业综合体而言，成本的节约相当可观。

而在应用施耐德电气最新 EcoStruxure Power SCADA Operation / Power Monitoring Expert 电能管理软件后，电力系统变得更加智能，运维人员也可以实时了解系统状态，并为可靠供电提供绝佳保障。以约占总能耗 70% 的空调与照明系统来说，侨鑫国际金融中心“智能化”的特点，可在满足使用者对环境要求的前提下，区分“工作”与“非工作”时间，对室内环境实施不同标准的自动控制，并尽可能利用自然光和大气冷量（或热量）来调节环境，最大限度地节省能源。

此外，施耐德电气提供的楼控系统可根据大楼回风温度和每个 VAV BOX 开度反馈的送风静压，对水阀开度和风机变频进行控制，从而达到对大楼温度的个性化调节。灵活快速的控制方式让使用者体验更加舒适，也使变频多联供空调系统可实现约 25%~40% 的节能效果，并降低智能照明系统 30%~40% 的能耗

响应国家发展规划携手共筑未来

《粤港澳大湾区发展规划纲要》的正式发布，为该地区发展提供了新的契机，到 2030 年，区域 GDP 预计将达 4.6 万亿美元，而 2018 年该区域土地成交建面 4600 万平米，意味着无论在商用还是住宅领域，都蕴藏无限商机。国家对开展绿色低碳经济，加快构建绿色产业体系的鼓励，将对能耗大户之一的建筑行业的转型起到促进作用，而健康、舒适、节能的绿色建筑，也将成为追求低碳和生活品质客群的刚需。可想而知，侨鑫国际金融中心成功的建设及运营经验，将为集团赋予更多“远意”。

从 2014 年 6 月，施耐德电气团队正式入驻开始，双方针对配电设副共应、智能化工程深化设计及工程总包、智能化工程管理、VAV 空调系统供货及调试等方面密切沟通，默契配合，最终在 2016 年 5 月如期投入使用，并得到了众多业主的高度评价。轱的内部环境、现代大气的建筑风格，绿色环保的智能内核，共同构成侨鑫国际金融中心和谐的有机系统，真正实现了人、建筑、自然的创意融合，尽享极致人文关怀。而更加值得一提的是，数字化技术的引入，在减少能耗的同时，也使大楼的运营成本大幅下降。在整个过程中，施耐德电气展现了专业的技术能力和项目管理水平，保障项目顺利实施的同时，也为侨鑫集团实施其他项目提供了借鉴参考。

可以看出，施耐德电气所倡导的能效楼宇理念与侨鑫集团对绿色建筑的追求高度吻合，这也为双方共同协作，成就这座绿色建筑典范打下了坚实基础。未来，在侨鑫集团打造百年企业的过程中，施耐德电气还将鼎力支持，提供最创新、前沿、完善的解决方案，携手踏实前行，不断超越，为更多人创造美好生活。



EcoStruxure 是施耐德电气开放式的、具有互操作性的、基于物联网的系统架构与平台，从安全性、可靠性、高效性、可持续性和互联互通性方面为我们的客户提升价值。在“创新，无处不在”的理念指导下，EcoStruxure 采用物联网、移动、传感、云、分析和网络安全领域中的先进技术，包括从互联互通的产品到边缘控制，再到应用、分析与服务各个层面。在 20000 名系统集成工程师和开发者的支持下，EcoStruxure 已部署在 480000 个项目现场，并通过 40 余种数字化服务，实现 160 万项资产管理。

EcoStruxure架构，布局6大专业领域，服务于四大终端市场



EcoStruxure™ 配电 EcoStruxure™ 楼宇 EcoStruxure™ 信息技术 EcoStruxure™ 机器 EcoStruxure™ 工厂 EcoStruxure™ 电网

互联互通的产品

首先，我们坚定地把生产杰出的、互联互通的产品作为创新的核心。因为物联网的基础是“物”，这里的“物”指的是可以作为智能运营基础的产品，比如互联互通的断路器、传感器、变频器等。

边缘控制

我们帮助客户获得可在物联网边缘进行控制的实时解决方案。对于任务关键型应用场景，并非所有的控制决策都可以通过远程实现，在物联网的边缘对这些设备进行可覆写控制是客户必需具备的能力或功能。

应用、分析与服务

我们的客户拥有多样化的硬件与系统。EcoStruxure 能够最大限度的支持能够与各类硬件、系统和控制共同工作的应用、服务与分析。

了解更多EcoStruxure

www.se.com/cn

了解更多



了解施耐德电气EcoStruxure



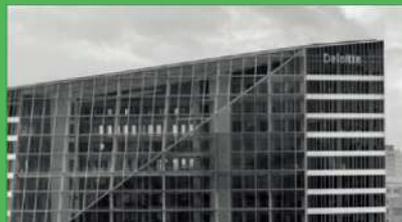
了解施耐德电气配电解决方案



了解施耐德电气楼宇解决方案



了解施耐德电气楼宇系统解决方案



了解更多成功客户故事



了解施耐德电气如何赋能数字化经济

Life Is On

Schneider
Electric™
施耐德电气

施耐德电气（中国）有限公司

Schneider Electric (China) Co., Ltd.

北京市朝阳区望京东路6号
施耐德电气大厦
邮编：100102
电话：(010) 8434 6699
传真：(010) 8450 1130

Schneider Electric Building, No. 6,
East WangJing Rd., Chaoyang District
Beijing 100102 P.R.C.
Tel: (010) 8434 6699
Fax: (010) 8450 1130