

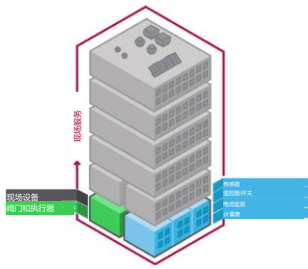
设备级控制在楼宇管理系统中的作用： 教学类建筑的市场趋势

作者：Mark Sarna、Brent Bernardi

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



智能化从 BMS 根基
开始

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。

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

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

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，占用时间表并排满了各种会议。

高效控制设备助力学校节省能源 集中资金于教学

通过执行器接收 BMS 的幕后无名英雄，它们控制 HVAC 系统所用 55% 能源的一大部分。



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。

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

今日课程：
学校如何采用智能控制设备节省能源，将更多资金用于教学
能效=减少亏损

- 绿色校园=提高学生测验分数
- 智能控制设备=精密控制
- 更优控制=更安全的学习环境
- 更优控制=更舒适
- 更舒适=学生表现更好
- 智能化从 BMS 根基开始。
- 控制设备帮助优化用能，检测关键系统状况。

图例：控制设备不完美，则建筑也不完美。

智能建筑结构剖析

图例：教育成本持续增加，BMS 帮助管理建筑成本而获得了“AA”评级。

Schneider Electric 施耐德电气



“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。”

设备更智能, 信息更丰富

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, 节约的能量量将颇为可观。

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。

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。

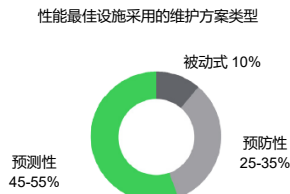
发现隐蔽却代价高昂的问题

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。

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 房间的控制器的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”。

³ 运行和维护最佳实践——美国能源部

⁴ 运行和维护最佳实践——美国能源部

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方的眼中树立“技术更先进、更注重环保”的形象。

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。

连通性、标准化和网络安全

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。

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。

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。

极端耐用性的 “负面效果”

BMS 投资

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。

作者介绍

Mark Sarna 是施耐德电气能效及楼宇事业部阀门和执行器工程与报价管理总监。他目前的负责现场设备相关工作，领导报价、设计、产品管理和实验室团队，开发我们下一代的阀门和执行器。Mark 在阀门和执行器产品的设计、制造和管理方面有超过 19 年的经验。他持有密尔沃基工学院机械工程学学士学位。

Brent Bernardi 是伊利诺伊州罗克福德 Alpha Controls & Services 总裁。他拥有伊利诺伊州洛克谷学院应用科学副学士学位和皮奥里亚布拉德利大学理学学士学位。

施耐德电气软件

Boston ONE Center, 800 Federal Street, Andover, MA 01810 电话: +1 (978) 794-0800 schneider-electric.com

© 2016 施耐德电气软件有限责任公司。版权所有。