



“十三五”国家重点研发计划

新型建筑智能化系统平台技术（2017YFC0704100）

2021

建筑智能化应用现状调研白皮书

WHITE PAPER ON THE APPLICATION STATUS QUO OF BUILDING INTELLIGENCE BASED ON SURVEYS

主要编撰人

于 震 李 怀 吕梦一 李 立 刘 伟 吴剑林
郭建伟 刘学良 刘朋勃 邢英瑞 曹建民 霍慧敏

主编单位

中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院
建科环能科技有限公司

参编单位

清华大学
中国建筑设计研究院有限公司
大连理工大学
西安建筑科技大学
安徽建筑大学





致谢

依托“十三五”国家重点研发计划项目“新型建筑智能化系统平台技术（2017YFC0704100）”，课题组开展了本白皮书的编撰工作。

感谢清华大学赵千川教授、姜子炎博士、中国人民解放军陆军工程大学邢建春教授、西门子楼宇科技（天津）有限公司楼宇能效与可持续发展中国区总监徐绚明女士和中国建筑业协会绿色建造与智能建筑分会李翠萍秘书长在编撰过程中提出的宝贵意见和建议。调研过程中得到了中国建筑业协会绿色建造与智能建筑分会和中关村现代服务产业联盟的大力支持，在此一并表示感谢。



目录

1	研究背景	1
2	调研方式	5
2.1	调研范围	6
2.2	调研对象	7
3	调研问卷	9
4	调研结果分析	12
4.1	调研基本信息	13
4.2	建筑智能化应用现状	16
4.3	建筑智能化存在的主要问题	33
4.4	建筑智能化发展趋势	40
5	应用现状总结	45
5.1	应用现状	46
5.2	成本	47
5.3	存在问题	47
6	对策建议和趋势展望	49
6.1	对策建议	50
6.2	趋势展望	51
	参考文献	55

引言

经过 30 多年的发展，中国智能建筑实现了从无到有，从“新鲜事物”到“标准配置”的蜕变。在新技术快速发展、人民生活需求多元化的推动及国家实现双碳目标的指引下，智能建筑正向智慧建筑升级转变。为了客观了解智能化应用现状，探索智慧建筑发展方向，依托“十三五”国家重点研发计划项目，课题组开展了建筑智能化应用现状的调研研究，基于调研样本，本白皮书分析了中国建筑智能化系统应用现状，梳理了各建设阶段存在的主要问题，挖掘了用户核心需求，从技术、体系和政策等维度，探索建筑智能化未来发展方向。

通过对建筑智能化集成商、运维人员和用户的调研分析得到：现阶段建筑智能化系统以国外或合资品牌为主，尤其是楼宇自控、照明控制等系统，国外品牌长期占据主流市场。智能化系统调试过程繁复，周期长，质量不可控。调研显示现阶段仅有约 30% 的系统实现了一定程度的集成，但数据并未实现互通，子系统各自独立运行。智能化系统投入使用后，运行 1 年出现软件或硬件故障的系统约占 40%，能够稳定运行 5 年以上的系统不到 10%。约有 38% 的暖通空调系统能够正常使用；50% 的系统点位数据基本准确，系统平台普遍存在点位监控不完全，关键点位缺失等问题。能够自动远程启停的系统约为 30~40%，系统优化控制、群控等复杂控制逻辑由于多方面原因使用效果不佳。约 50% 的运维人员基本了解智能化系统平台参数的意义。由于运维人员专业知识和认知水平参差不齐，智能化系统故障不能及时解决，全自动运行控制功能无法充分利用。基于移动端、BIM 的运维尚处于起步阶段。

调研表明现阶段我国建筑智能化应用水平层次不齐，系统高效节能、便捷使用等优势未充分发挥。为解决上述问题，真正发挥建筑智能化系统价值，提出以下建议：体系层面：1) 完善智能化系统检测、调适、验收和后评估体系；2) 完善智能化系统节能量认证和奖励政策；技术层面：1) 建立健全智能化系统调适、运维管理和后评估相关标准；2) 标准化运维数据收集和分析方法；3) 加强新技术的开发和应用；4) 提升控制器能力；5) 标准化点位配置要求。人员储备：加强智能化系统建设和运维人才队伍建设，助力建筑领域早日实现 2030 碳达峰，2060 碳中和目标。//



1 研究背景

20 世纪 80 年代，欧美发达国家逐渐涌现以电气控制技术为主要特征的智能建筑。90 年代初我国智能建筑开始起步，并随着城镇化率提高，建筑规模不断增大、建筑机电设备复杂性增强、运维管理需求增多，智能建筑逐步得到发展。建筑与电子信息技术、计算机技术、控制技术等不断融合，产生了以信息化与自动化为突出特点的智能建筑。随着信息技术和物联网的快速发展，建筑作为人类活动最为密切的空间单元，正在从“智能”向“智慧”稳步迈进。科技和需求的融合推动建筑智能化水平持续提高，为人们带来更加安全、舒适、便捷和智慧的生活。

建筑智能化最早应用于商业办公建筑，2000 年以后，我国智能建筑进入了快速发展阶段，智能化系统开始广泛应用于各类建筑中，并逐渐成为公共建筑的标准配置，在建筑安防、火灾自动报警（消防）、节能和运维自动化方面发挥着积极的作用。

我国既有建筑总量 600 多亿平方米，公共建筑占比约为 20%，公共建筑（不含北方地区供暖）能耗强度 22.5 kgce/m^2 ^[1]。近几年，公共建筑终端用能需求（如空调、设备、照明）不断增长，用能强度进一步增加。根据 IEA 数据，2018 年中国碳排放约为 100 亿 tCO₂，其中建筑运行碳排放约 21 亿 tCO₂，占 21%^[2]，其中，公共建筑运行碳排放约为 7.84 亿 tCO₂，占比 37%^[3]。文献指出，建筑智能化系统参与建筑的运维和管理，能够实现建筑节能 30%左右^[4]。2020 年我国提出了“2030 碳达峰，2060 碳中和”的奋斗目标，在该目标的实现过程中，建筑智能化系统将发挥重要作用。

中国建筑科学研究院有限公司课题组于 2013 年从信息通信技术和控制方法两个角度，对建筑楼宇自动化技术研究进展进行了综述和展望^[5]。清华大学^[6-7]课题组于 2015 年开展了公共建筑智能化系统的现状调研，阐述了公共建筑智能化系统的现状，总结了问题，提出了解决方法。该调研围绕现阶段技术构架展开，聚焦楼宇自控系统实际运维现状和存在的问题，其他建筑智能化系统应用现状和用户需求涉及较少，对未来技术的发展趋势探讨较少。

2017 年《阿里巴巴智慧建筑白皮书》^[8]发布，首先综述了智能建筑的定义，从大数据和平台模式等角度研究智慧建筑，阐述了阿里巴巴智慧建筑的概念和系统构架。2018 年《中国智能建筑调研白皮书》^[9]基于霍尼韦尔智慧建筑评价体系，对 1000 多栋建筑进行了评估分析，揭示了智能建筑发展现状，并对智慧建筑可持续发展所应用的技术提出趋势性建议。调研结果指出：中国的智慧建筑未来会向更绿色节能的方向发展，而产业政策、行业标准和用户体验是建筑智能升级的主要驱动力。华为技术有限公司发布的《智能体白皮书(2020)》^[10]指出数字化推动未来城市的可持续发展，并将助力未来城市发展；同年发布的《2020 未来智慧园区白皮书》^[11]指出 5G、AI 和云计算正在推动各行业向数字化的转型，用户更加关注参与度、分享等体验诉求，未来智慧园区将实现数字化运营，提升用户体验和满意度是智慧园区发展的核心。联想在《智慧城市白皮书（2021）》^[12]中提出，数据是智慧城市建设的核心资源，通过智能建筑、智能电网等推动产业转型与节能减排。综上，多场景、交互性、学习和感知将成为物联网时代智慧建筑的显著特点。

随着大数据、人工智能、5G、物联网等技术的快速发展，建筑智能化的发展融入了新的生命力。

NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) 有广域覆盖、超低功能和超低成本等显著优势^[13]，使其在对数据速率要求不高、时延不敏感的垂直应用领域具有广阔的应用前景。基于 NB-IoT 技术的设备可实现即插即用，降低了设备的安装、调试周期和费用。在智能建筑领域，NB-IoT 技术已经崭露头角，在智能消防、智能路灯和智能家居等方面都得到了成功的应用，内置 NB-IoT 芯片的智能家居设备无需配置路由和网关也可以一直在线。基于手机应用 APP，便可随时随地遥控家中带有 NB-IoT 芯片的家电。

LoRa (Long Range Radio) 是一种面向低功耗、广覆盖、多应用场景的物联网通信技术^[14]。LoRa 采用星状拓扑 (TMD 组网方式)，网关星状连接终端节点，易于网络拓展^[15]。突出特点为传输距离远、灵敏度高，组网灵活、应用场景丰富，安全性能高。美国 Semtech 公司是全球 LoRa 技术应用的主要推动者，目前 LoRa 联盟在全球拥有超过 500 个会员。中国市场是 LoRa 全球生态建设中非常重要的部分，阿里巴巴、腾讯、京东等几大互联网公司相继加入 LoRa 联盟。在物联网快速发展时代，LoRa 物联网技术在智慧城市、智能园区、智慧建筑、智慧安防等垂直领域也有了大量落地的行业应用。

蓝牙 Mesh 通过设备彼此间连接，将信号传递给附近另一个装置，形成元数据传输的互联装置网络或网格，实现了无线设备多对多的通信。此外，设备能够将数据中继到不在初始设备直接无线电覆盖范围内的其他设备，突破了仅依靠蓝牙网络实现的一对一的关系。Mesh 网络是一种无线组网方案，在 Mesh 网络中，所有的节点彼此通信连接，形成一个整体的网络。与传统无线网络相比，Mesh 网络更加稳定，可以有效避免单点故障。Mesh 解决方案可用于智能家电、智能照明、智能音箱、语音机器人、智能穿戴设备等领域。基于蓝牙 Mesh 协议的建筑智能化产品也大量涌现，如基于蓝牙 Mesh 的智能开关、智能插座、智能灯具、温湿度传感器、亮度传感器等。阿里巴巴、小米等公司加入全新蓝牙技术联盟^[16]，将进一步推动 Mesh 网络技术在智能家居市场的发展。

人工智能在建筑建设和运维管理中发挥着重要的作用。如大家熟知的人脸识别门禁、人流分析、语音交互、运维管理机器人等。阿里未来酒店充分应用人工智能技术，实现了智能酒店无人管理，人脸识别系统自动办理入住，进入房间之后，可通过天猫精灵控制房间温湿度、灯光、窗帘、电视等，餐厅采用机器人提供用餐服务。

城市信息模型 (CIM, City Information Modeling) 以建筑信息模型 (BIM)、地理信息系统 (GIS)、物联网 (IoT) 等技术为基础，整合城市地上地下、室内室外、历史现状未来等多维多尺度信息模型和城市感知数据，构建起三维数字空间的城市信息有机综合体^[17]。CIM 广泛融合了信息基础设施新基建，具有协同性强、智能性高、

模拟性好、要素表达精细等特点，在推动城市治理智慧和城市管理自动化，进而实现城市高质量发展方面将发挥越来越重要的作用^[18]。

IBM 公司于 2007 年底宣布了云计算（Cloud Computing）计划^[19]。在 IBM 的技术白皮书中“Cloud Computing”^[20]定义为“云计算一词用来同时描述一个系统平台或者一种类型的应用程序”。云计算具有可扩展性和高可用性。可扩展性表达了云计算能够无缝地扩展到大规模的集群之上，甚至包含数千个节点同时处理。高可用性代表了云计算能够容忍节点的错误，甚至有很大一部分节点发生失效也不会影响程序的正确运行^[21]。云计算在建筑智慧化过程中发挥越来越重要的作用。

依托科技部重点研发专项，清华大学等国内高校和科研机构研发了“群智能建筑智能化平台技术”^[22]。该系统是基于群智能理念的分布式并行自组织建筑智能化系统平台。2021 年 7 月，中国建筑科学研究院有限公司和华为技术有限公司共同发布了“建筑能效云”解决方案，致力于推动双碳战略在建筑和园区领域落地，支撑社会可持续发展^[23]。

新技术的发展一日千里，相比于智能家居，传统的建筑智能化系统与新技术融合相对缓慢。现阶段的建筑智能化系统应用现状如何？是否达到设计要求并满足用户需求？发展过程中存在哪些问题？建筑运营方、集成商、用户的迫切需求是什么？在信息化和物联网时代，建筑智能化如何借力得到更好的发展和应用效果，需要科学的指引。

聚焦以上问题，基于“十三五”重点研发专项的科研任务，课题组开展了中国建筑智能化应用的现状调研。白皮书简要介绍了建筑智能化应用现状调研的问卷编制、调研对象和调研范围等基本情况；基于调研结果，分析了建筑智能化应用现状，剖析当前发展遇到的技术壁垒和市场挑战，梳理用户核心需求；在此基础上尝试提出建筑智能化发展对策及建议，探索未来建筑智能化技术发展趋势。

The background is a solid orange color with a series of thin, white, wavy lines that create a sense of movement and depth, particularly on the left side.

2 调研方式

在“十三五”国家重点研发计划项目“新型建筑智能化系统平台技术（2017YFC0704100）”支持下，自 2017 年 7 月，课题组连续四年开展了现阶段建筑智能化应用现状与需求分析的调研和研究，旨在分析中国建筑智能化应用发展现状、存在的问题、用户需求，探索未来建筑智能化发展趋势。

调研工作通过微信、网站和现场调研等方式开展（图 2-1）。



图 2-1 调研方式

2.1 调研范围

《智能建筑设计标准》GB50314-2015 规定，智能化系统工程系统配置应以信息化应用系统、智能化集成系统、信息设施系统、建筑设备管理系统、公共安全系统、机房工程等要素展开^[24]。此次调研围绕与建筑安全、节能和舒适密切相关的系统。调研范围如图 2-2 所示，暖通空调自控系统、能源管理系统、智能照明系统、火灾自动报警系统、视频安防监控系统、停车场管理系统和入侵自动报警系统等为本次调研重点关注内容。电子巡查系统、人流统计系统和电梯监控系统三部分对建筑节能和舒适度影响相对较小，问卷调研内容涉及较少。

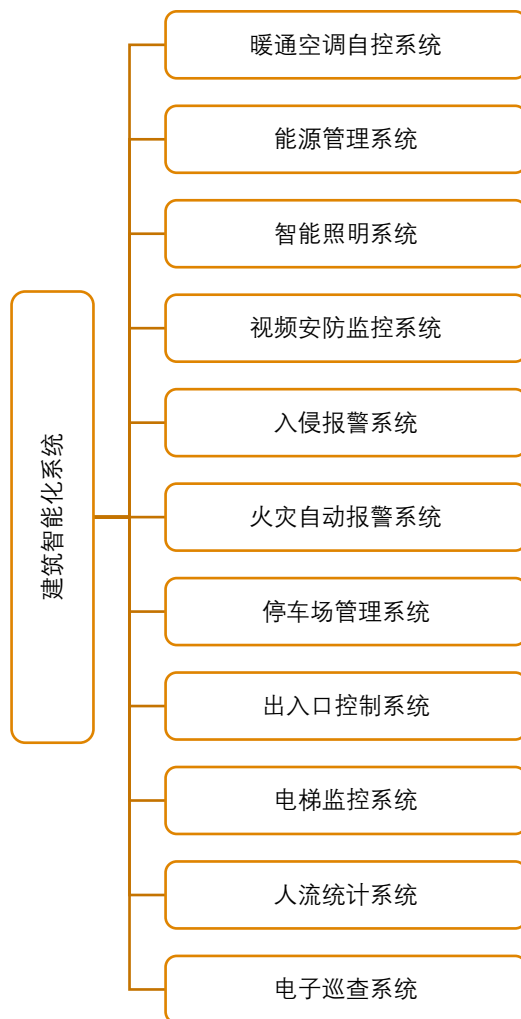


图 2-2 建筑智能化问卷调研范围

2.2 调研对象

调研对象为使用智能化系统的新建和既有建筑，包含办公建筑、商业建筑、酒店建筑和学校建筑等不同类型建筑。

现阶段建筑智能化系统从前期策划到投入使用包括五个阶段：1) 方案策划阶段：确定建筑智能化系统定位和功能；2) 初设和施工图深化阶段：设计院、供应商对智能化图纸进行设计和深化；3) 设备招采阶段：建设单位进行设备和施工单位的招标和采购；4) 施工和调试阶段：施工单位、智能化集成商和设备厂家等完成智能化系统的施工和调试；5) 运维和管理阶段：运维管理团队负责智能化系统的运维和管理。

调研被访对象主要为深度参与上述各阶段工作的建筑智能化集成商和运维管理人员，同时对建筑用户进行了调研，从不同角度梳理我国建筑智能化的应用现状。

建筑智能化问卷调研的主要内容如图 2-3 所示。

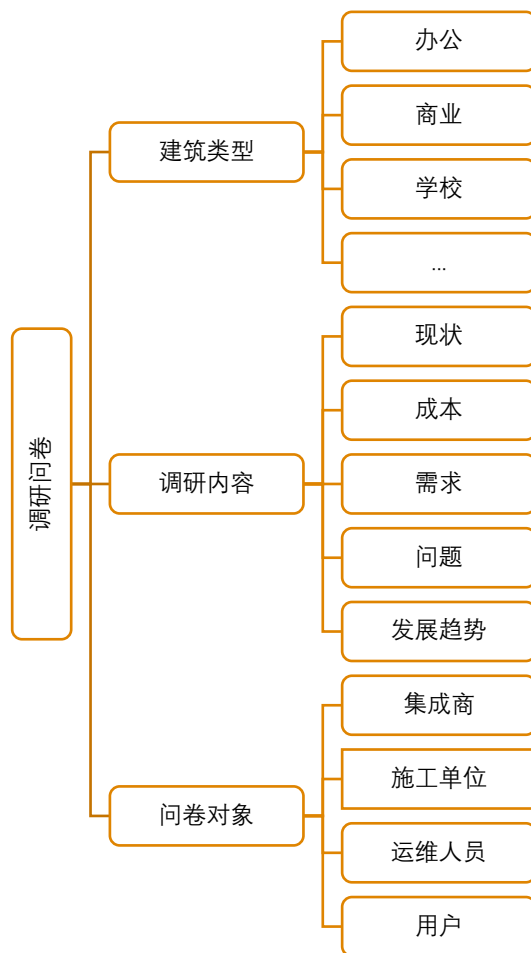


图 2-3 建筑智能化问卷调研主要内容



3 调研问卷

调研问卷主要被访对象为建筑智能化产品集成商、运维管理人员和建筑用户。基于客观严谨、目标明确、条理清晰、调研内容可回答、填写时间可控制、涵盖内容基本一致的原则，编制问卷。

调研问卷主要包含基本情况、智能化应用现状、成本组成、客户需求、存在的问题和发展方向六方面内容。针对不同用户，调研问卷侧重点和询问方式有所不同。

智能化产品集成商处于建设一线，熟悉市场智能化产品特点和施工安装调试过程。针对集成商的调研共计 24 题，聚焦智能化发展现状和存在的问题（表 3-1）。成本是推动智能化系统应用的重要因素，并受到诸多因素和环节影响，本次调研主要从人员投入和建设周期角度对成本展开调研。

表 3-1 针对集成商的问卷调研内容

编号	问题分类	问题数量	比例
1	基本情况	3	12.50%
2	智能化应用现状	5	20.83%
3	成本组成	3	12.50%
4	客户需求	2	8.33%
5	存在的问题	6	25.00%
6	发展方向	2	8.33%
7	填表人信息	3	12.50%
合计		24	

运维管理人员通过建筑智能化管理系统实现对建筑设备设施等的运维管理，了解系统的使用流程、运维特点及效果。针对运维管理人员的调研问卷共计 34 题，聚焦智能化应用现状和存在的问题（表 3-2），两部分内容占比约为 56%。

表 3-2 针对运维管理人员的问卷调研内容

编号	问题分类	问题数量	比例
1	基本情况	5	14.71%
2	智能化应用现状	11	32.35%
3	客户需求	4	11.76%
4	存在的问题	8	23.53%
5	发展方向	2	5.88%
6	填表人信息	4	11.76%
合计		34	

针对建筑用户的调研问卷共计 16 题，聚焦建筑使用人员对智能化现状的认知、

建筑声光热环境及其他方面满意度的调研（表 3-3）。//

表 3-3 针对用户的问卷调研内容

编号	问题分类	问题数量	比例
1	智能化现状	7	43.75%
2	满意度调研	4	25.00%
3	填表人信息	5	31.25%
合计		16	

4 调研结果分析

调研历时四年，现场问卷主要来源于 2018 至 2021 年的四届中国国际智能建筑大会、典型项目现场调研和主流品牌集成商调研。网络调研在问卷星、微信公众号等平台常年开展。

针对智能化集成商的调研共计回收问卷 477 份，其中网络调研 310 份，现场填写问卷 167 份；基于建筑运维管理人员的调研共计回收问卷 260 份，其中网络调研 208 份，现场填写问卷 52 份；建筑用户的调研共计回收问卷 331 份，其中，网络调研回收 150 份，其余为用户现场填写。基于回收的问卷，开展我国建筑智能化现状、需求、发展趋势的分析和展望。

4.1 调研基本信息

参与调研的集成商基本情况如图 4-1 和图 4-2 所示。其中 66% 的被访者为软/硬件工程师，13% 为销售代理，21% 为其他人员。从事该项工作 10 年以上的被访者占 37%，有 5~10 年工作经验的被访者占比 28%，工作时间不足 5 年的被访者占比 35%。

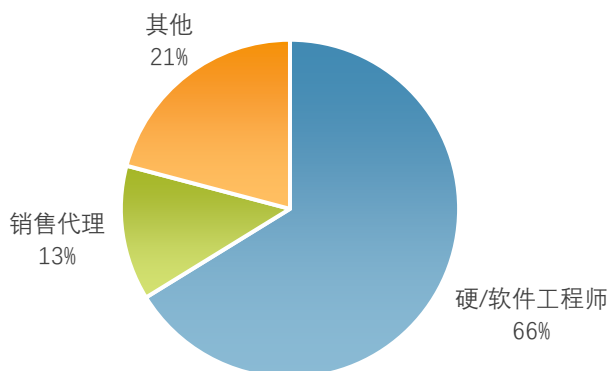


图 4-1 被访人员职务

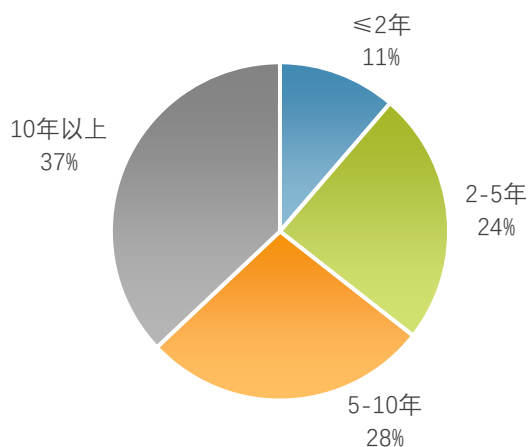


图 4-2 被访人员工作年限

被访运维管理人员负责的建筑物类型分布如图 4-3 所示，主要为商业和办公建筑，其中商业建筑占比 37%，办公建筑占比 43%。

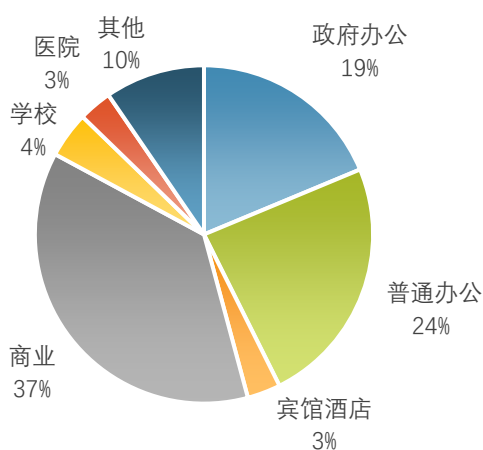


图 4-3 建筑物类型分布

如图 4-4 所示，运维建筑面积大于 50000 平米的人员占 57%，运维建筑面积介于 5000~50000 平米之间的人员占 30%。建筑体量越大意味着涉及更多的智能化子系统，被访者更易回答问卷的相关内容。

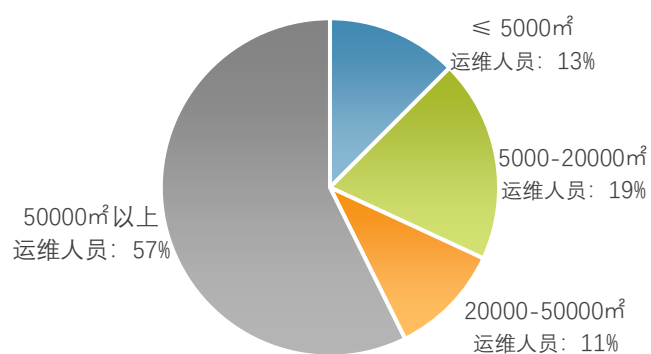


图 4-4 运维不同建筑面积的管理人员分布

接受问卷调研的建筑用户中，20~40 岁人员占比 88%，40 岁以上人员占 11%。62% 的工作场所为办公建筑，其余为医院、学校和酒店等建筑。详见图 4-5 和图 4-6。

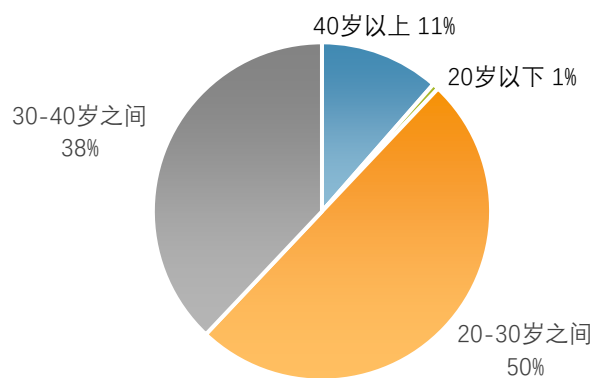


图 4-5 被访建筑用户年龄分布

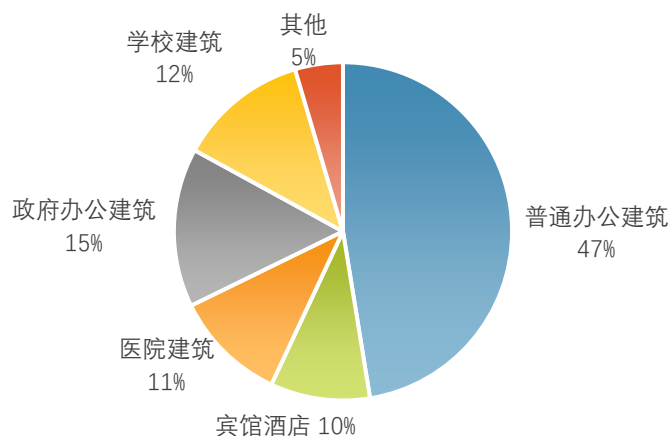


图 4-6 被访用户所在建筑类型

4.2 建筑智能化应用现状

从建筑智能化系统集成商、运维管理人员和建筑用户角度，围绕建筑智能化涉及的子系统、智能化产品品牌、系统集成度和日常运维管理情况等方面，对建筑智能化应用现状进行调研。

4.2.1 系统构成

对建筑智能化各子系统在运维管理中的重要性进行了调研，结果如图 4-7 所示。被访者认为暖通空调自控、火灾自控报警、视频安防监控、能源管理和智能照明系统与其他系统相比，重要性较高。

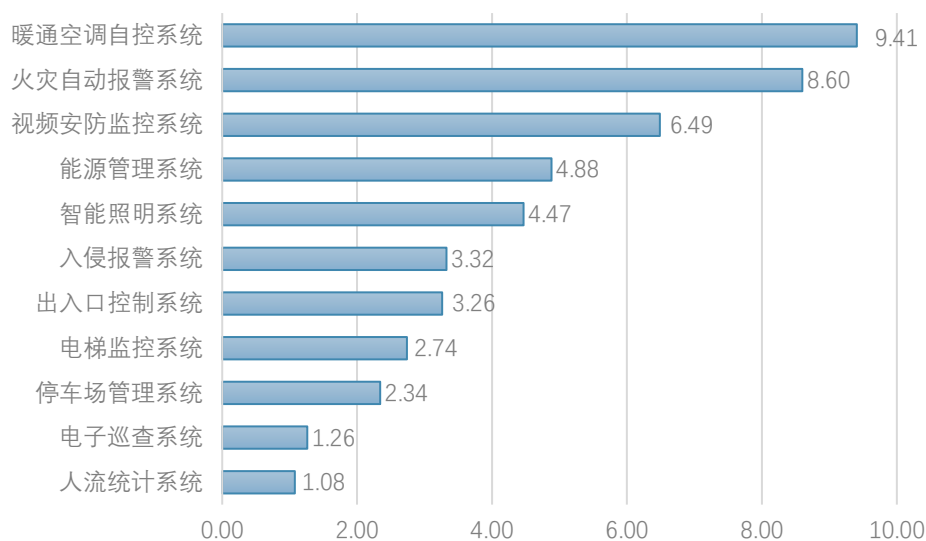


图 4-7 智能化系统重要程度

4.2.2 应用品牌

建筑智能化从工业自动化发展而来，早期智能化产品主要为国外或合资品牌，随着我国电子信息产业的快速发展，国产产品的功能和性能不断完善和加强，且产品价格相对较低，国产智能化产品的市场占有率不断提高。在系统品牌多样、设备性能参差不齐、市场竞争激烈的环境下，不同智能化子系统国产品牌应用现状如何？基于集成商的调研如图 4-8 所示，国产品牌在视频安防监控、出入口控制和停车场管理系统中应用较为普遍，而在暖通空调自控系统中应用占比不高。

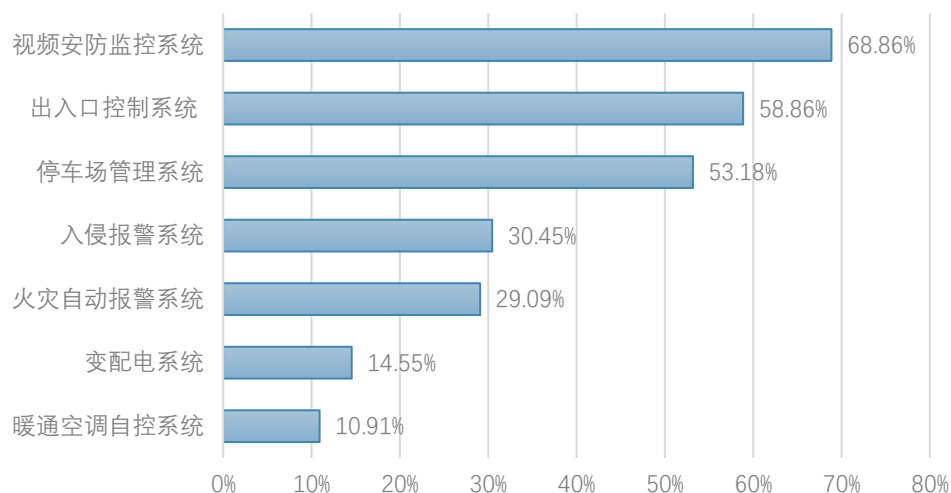


图 4-8 智能化子系统国产品牌应用情况

建筑运维管理人员反馈的参与运维的暖通空调自控系统品牌占比如图 4-9 所示。其中，霍尼韦尔 21%、西门子 19%、江森自控 15%，未列入选项的其他品牌占比 27%。品牌占比表明，目前合资品牌市场份额超过 60%，竞争力较强。

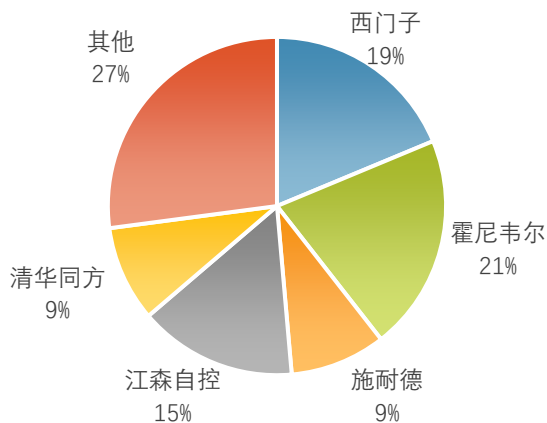


图 4-9 暖通空调自控系统品牌占比

暖通空调系统国产品牌市场占有率偏低，集成商反馈的主要原因是：1）主流智能化产品长期占有市场；2）现阶段国产品牌缺乏优势明显的技术体系或者性能更高的硬件设备。各主要因素反馈情况如图 4-10 所示。

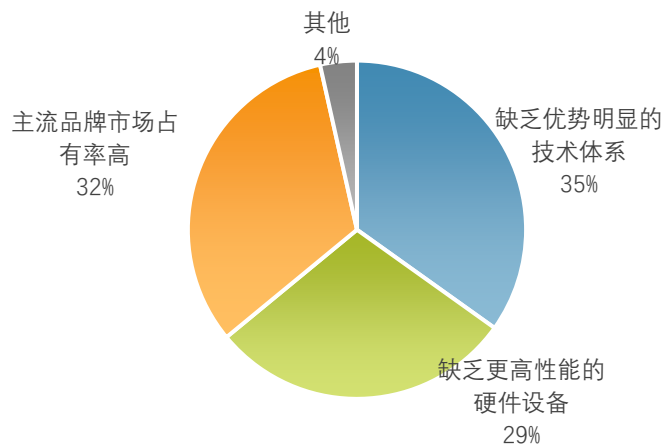


图 4-10 国产智能化系统品牌问题分析

上述调研结果表明虽然国内品牌大量涌现，价格相对较低，但平台构架仍然沿袭了主流品牌，无突破性的变化和优势。基于主流品牌建立的长期市场信任，建筑所有者还是更倾向于使用成熟的合资品牌。

4.2.3 系统集成

为了打破子系统相互独立，信息孤岛的问题，建筑智能化子系统通过数据接口或者通讯协议集成，通过数据交互实现多系统协同工作，保障智能化系统的高效、节能和安全运行。各子系统并行并基于通讯协议的集成是目前采用较多的集成方式^[25]。目前建筑智能化产品常见接口通讯协议有 OPC、ModBus、Web Service、BACnet、SQL 等。调研结果如图 4-11 所示，排名前三的通讯协议为 ModBus、BACnet 和 OPC。

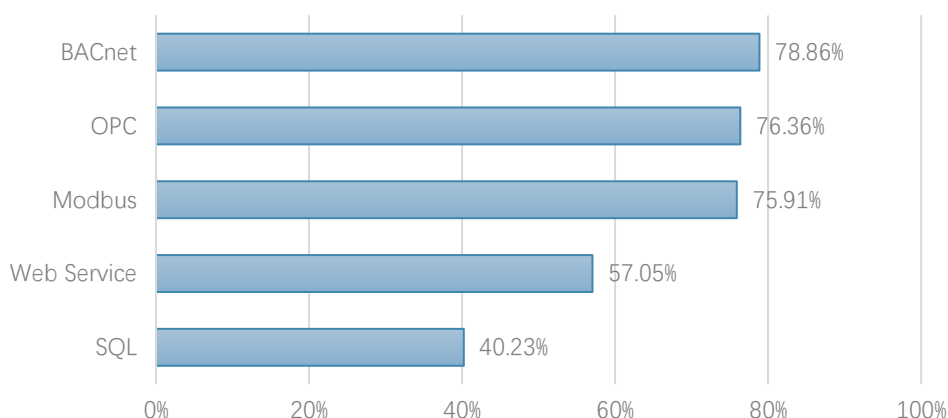


图 4-11 智能化系统常用接口或协议

对现有智能化系统的集成情况进行了调研，结果显示（图 4-12）：32%的集成商认为不足 20%的项目实现了集成，29%的集成商认为仅有 20~40%的项目实现了集成。

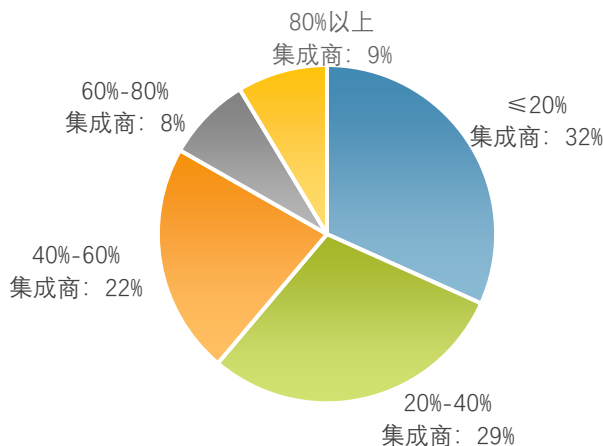


图 4-12 智能化各子系统集成情况-集成商

根据上述调研结果均值加权估计得到，被调研项目中约 23%实现了集成。多数项目的子系统独立工作。系统集成的核心是数据和信息的集成和互通，只有各子系统数据和信息实现畅通交互，智能化系统才能统一调度资源，实现全局掌控和优化管

理。

运维管理人员反馈，46%的被访者参与运维的系统实现了部分集成。39%基本实现了集成，15%左右的智能化系统无任何集成，各子系统独立工作，如图 4-13 所示。

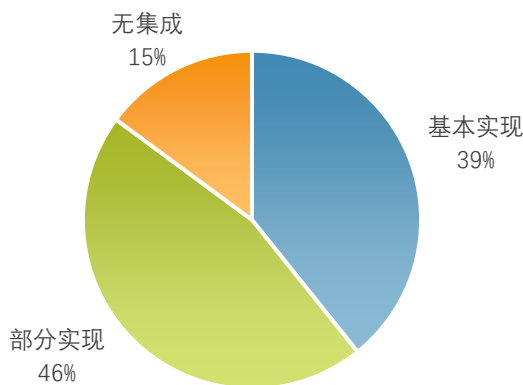


图 4-13 智能化子系统集成情况-运维人员

由于对智能化系统集成概念的认知不同，建筑运维人员和集成商反馈的建筑智能化子系统集成程度有所不同但总体趋势较为一致，现阶段建筑智能化系统约有 30% 左右实现集成，智能化系统总体集成程度不高。

4.2.4 运维管理

智能化系统投入使用后，集成商通常会继续参与系统的日常维保。图 4-14 为集成商反馈的智能化子系统日常运行故障发生情况。被访者认为视频安防监控、暖通空调自控及出入口控制系统投入使用后，出现故障的概率和频次较高。

视频安防监控、出入口控制和暖通空调自控系统保障建筑的日常安全，维持正常使用功能，是建筑智能化系统的标配。上述三个子系统涉及设备种类和数量较多，频繁使用，因此故障发生概率和频次相对较高。

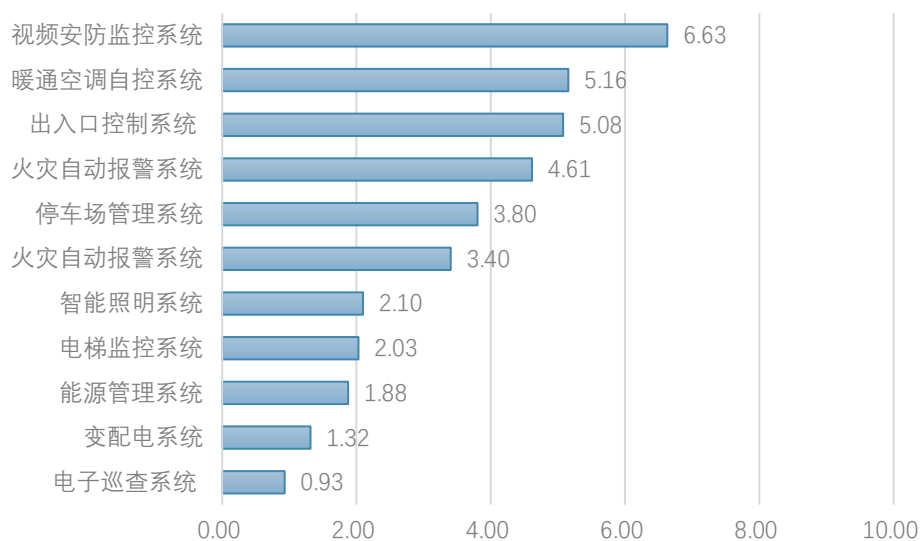


图 4-14 智能化系统应用故障率

稳定运行、便捷使用和节能运维是评价建筑智能化系统性能的关键指标。如前所述，暖通空调自控系统日常故障频次较高，作为与建筑节能、舒适度密切相关的子系统之一，如何保障该系统稳定、高效运行是建筑设计、施工和运维管理要解决的重要问题。本报告从稳定使用年限、故障频次、平台点位准确性、自动运维程度、自动化率等方面，对该系统应用情况进行了重点调研。

首先对系统可正常使用 5 年的情况进行调研，结果如图 4-15 所示。

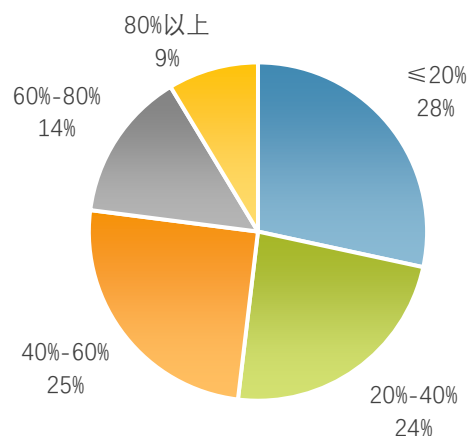


图 4-15 暖通空调系统可长期（>5 年）正常使用的比例

调研结果显示，约有 52% 的被访者认为不足 40% 的暖通空调自控系统能够在 5 年内正常运行；25% 的被访者认为 40~60% 的智能化子系统满足以上要求，仅有 23% 的被访者认为 60% 以上的智能化子系统可正常运行 5 年以上。基于调研结果进行平均加权

估算，现阶段暖通空调自控系统能够正常使用的比例约为 27%。

处理系统或设备故障是运行管理人员日常工作内容之一，对暖通空调自控系统故障发生频率进行调研，结果如图 4-16 所示。约 44% 的被访者认为系统平均故障周期不足 1 年，36% 认为系统平均故障周期在 1~3 年之间，仅有 8% 的被访者认为系统运行 5 年以上才发生故障。

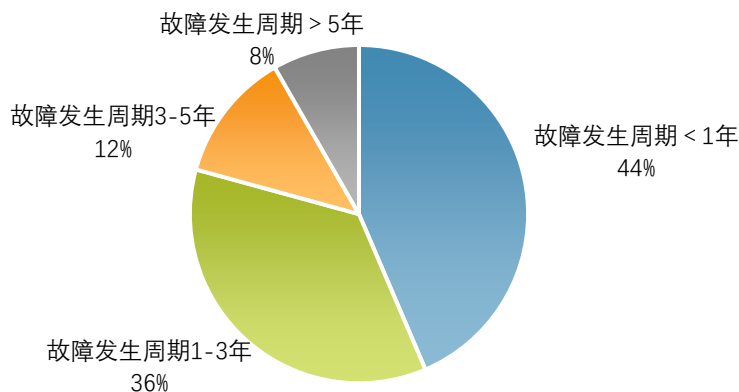


图 4-16 现有暖通空调自控系统平均故障时间

结合图 4-15 和图 4-16，集成商反馈能够正常运行 5 年以上的系统仅占 9%，结合仅有 8% 的运维管理人员认为系统正常运行 5 年以上才发生故障的调研结果。推断得到，目前暖通空调系统能够长期（5 年以上）正常运行不发生故障的比例不足 10%。

系统的高频次故障会拉低运维管理人员对智能化系统的信任，若此现象长期无法得到有效改善，系统可能被弃用。建议在智能化系统建设完成后对所有功能进行全面检测，系统试运行结束后进行复盘验收，及时发现并解决问题，保障系统稳定运行。

运维管理人员对平台各项参数意义的正确理解是实现高效运维的基础，调研结果（图 4-17）显示 47% 的被访者基本了解平台各参数的意义，约 36% 的被访者了解平台 50% 以上参数的意义，尚有 17% 的运维人员对平台参数意义不甚了解。

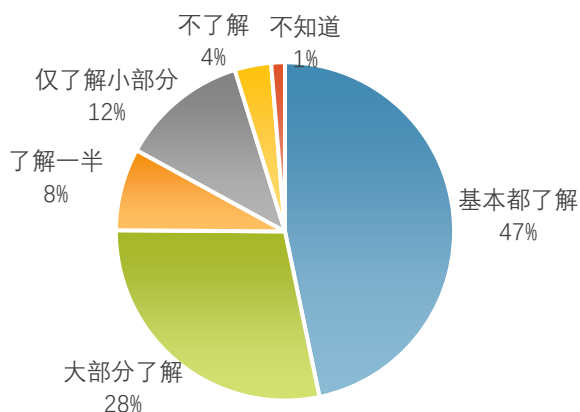


图 4-17 暖通空调系统点位意义的理解率

运维管理人员反馈约有 47% 的建筑暖通空调自控平台参数基本准确，33% 的平台大部分参数准确，尚有 15% 的平台各项参数准确率不足 50%，详见图 4-18 所示。调研结果说明，现阶段暖通空调系统的点位准确率亟待提高。

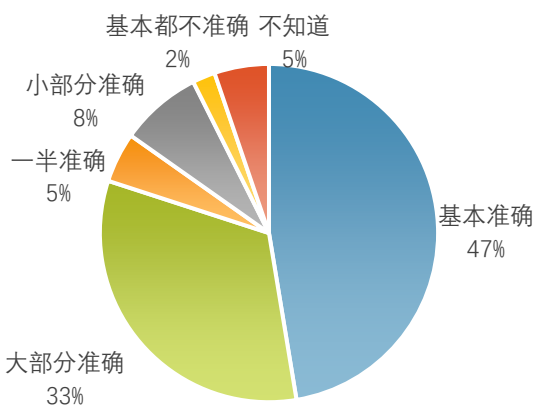


图 4-18 暖通空调系统点位准确率

对自控平台点位的正常使用情况进行了调研，结果如图 4-19 所示。53% 的被访者认为所在建筑的暖通空调系统点位基本正常，27% 的被访人员认为系统大部分点位能够正常使用，19% 的智能化系统控制点位正常使用率不足 50%。

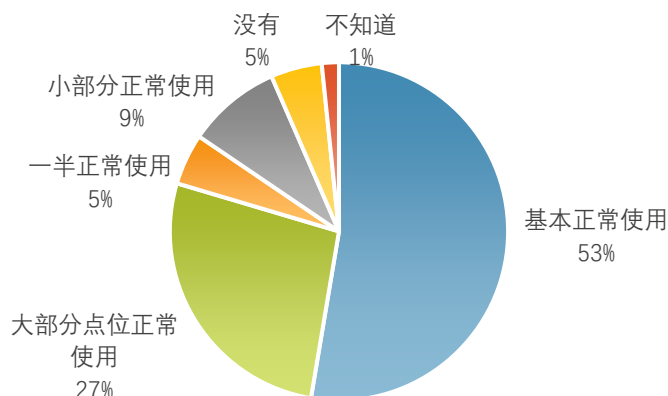


图 4-19 暖通空调系统点位正常使用率

空调自控系统参数的正确性和正常使用率决定了系统是否正常运行，自控功能是否能够准确执行。从上述调研结果判断：由于平台参数准确率不高，正常使用率不高，运维人员理解差异，导致暖通空调自控系统正常运行比例偏低，且使用自控逻辑的系统占比不高。可能导致暖通空调系统实际运行时舒适度和节能性偏离设计目标，也在一定程度上增加了运维人力成本。

对暖通空调系统的自动化运行现状进行了调研，结果如图 4-20 所示，39%的运维管理人员认为现阶段暖通空调自控系统基本实现自动运行，但无优化；27%的系统基本实现自控，并可实现一定程度的优化运行；19%的系统实现部分自控，6%的系统只监不控，9%的系统自控功能完全失效，只能通过手动控制完成运行管理工作。

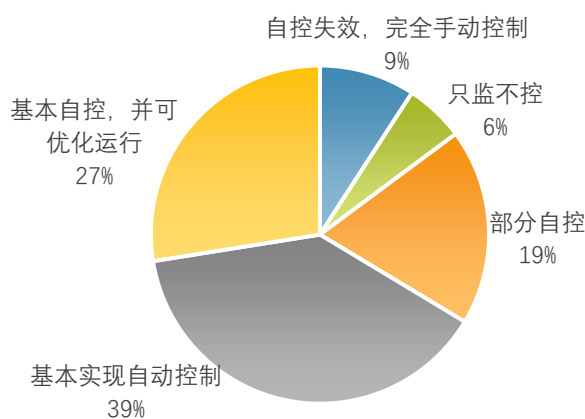


图 4-20 暖通空调自控系统自动运维现状

暖通空调自控系统自动化率的高低一定程度反映了系统智能化程度的高低。如图 4-21 所示，32%的被访者认为建筑暖通空调自控系统中设备基本实现了全自动运行，42%的被访者认为自控平台中大部分设备可实现自动化运行，尚有 22%的被访者

认为暖通空调自控系统自动运行比例不足 50%。

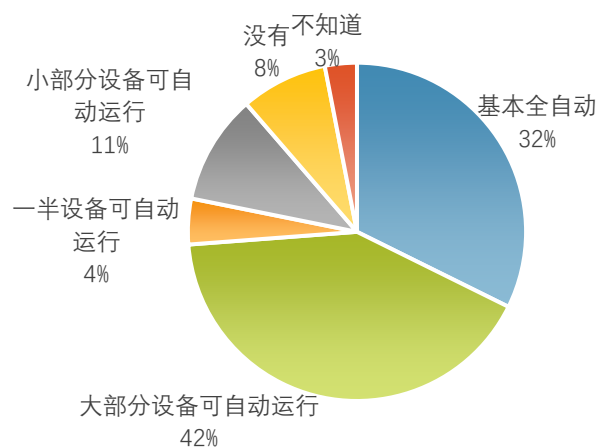


图 4-21 暖通空调系统自动化率

智能手机的普及改变了人们的生活方式和模式，更多的系统交互界面从 PC 端向移动端扩展。课题组对建筑智能化和移动端设备的融合情况进行了调研，集成商反馈如图 4-22 所示：出入口控制系统、智能照明、入侵报警等系统移动端 APP 应用较多，其他系统移动端 APP 应用相对较少。运维管理人员反馈表明 46% 的建筑尚无移动端 APP 的应用，仅有 10~20% 的建筑中移动端 APP 有不同程度的应用，如图 4-23 所示。

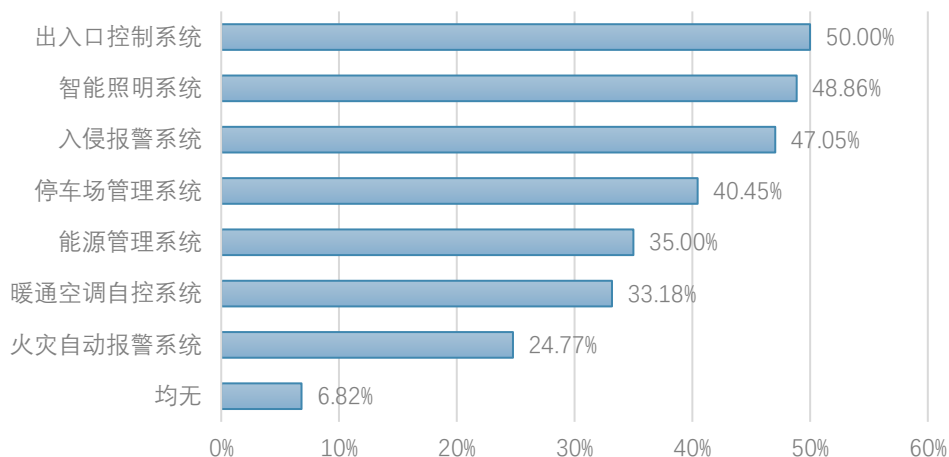


图 4-22 智能化子系统移动端 APP 使用情况

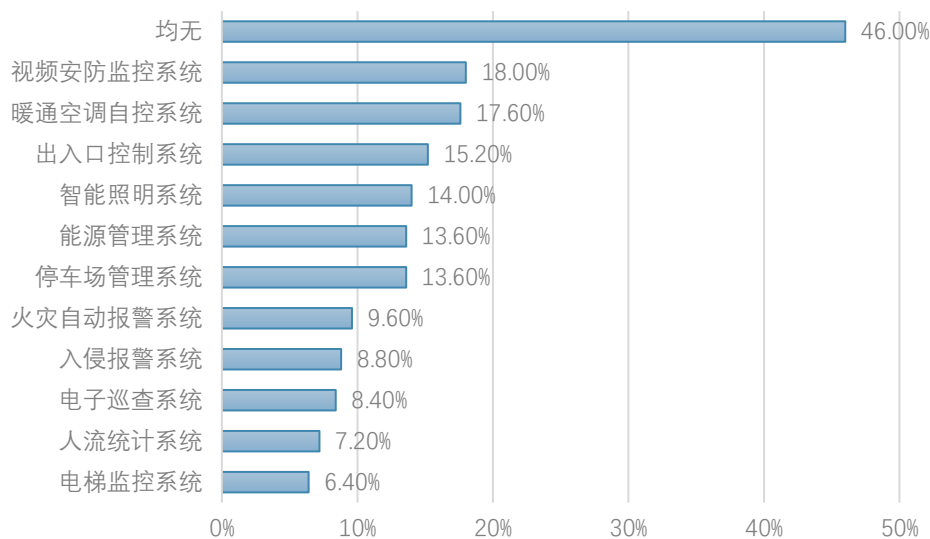


图 4-23 可通过移动端 APP 实现管理的系统

普通用户对所在建筑采用移动端 APP 运维的情况反馈如图 4-24 所示，可以看到，未采用移动端 APP 开展运维的建筑数量是采用 APP 运维建筑的两倍。

智慧建筑的突出特点是交互和感知，用户参与建筑运维将是提升建筑智能化运维效果的重要措施。

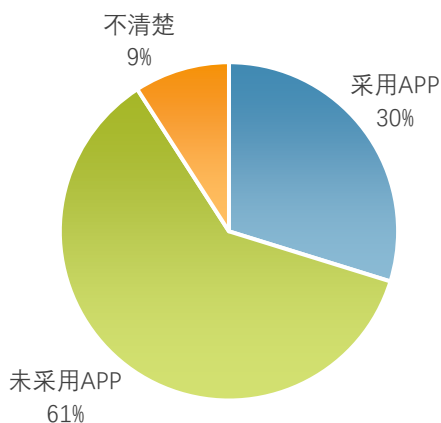


图 4-24 所在建筑采用 APP 管理情况

BIM 在建筑设计和施工中发挥了重要的作用，随着建筑数字化程度的不断提升，它在建筑运维管理中的优势逐渐显现。图 4-25 为 BIM 在建筑运维管理中应用情况的调研，19%的建筑有 BIM 运维管理系统，12%的建筑正在规划 BIM 运维管理系统。

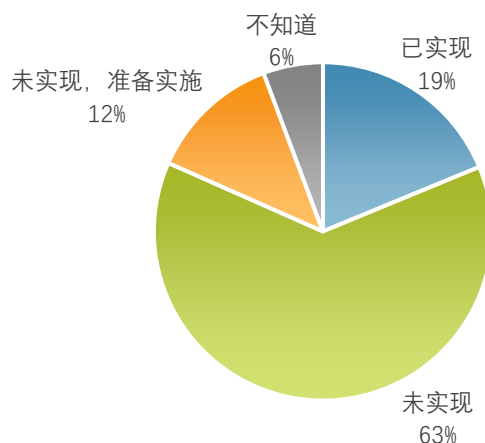


图 4-25 三维展示情况

课题组调研了用户对所在建筑的智能化感受程度，结果如图 4-26 所示，38%的被访者认为所在建筑智能化程度较高，30%的用户认为所在建筑智能化程度较为一般。进一步对用户常用 APP 展开调研，停车引导、停车收费和会议室预定 APP 用户参与度较多，详细结果如图 4-27 所示。

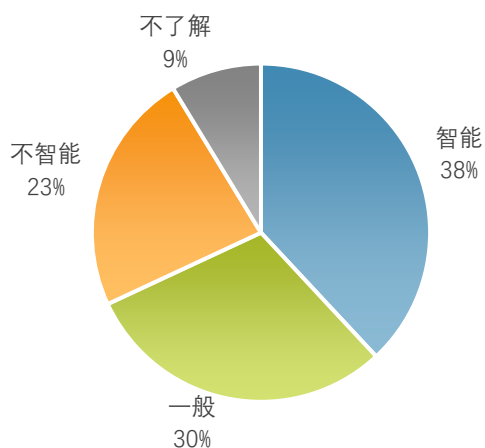


图 4-26 被访者所在建筑智能化程度

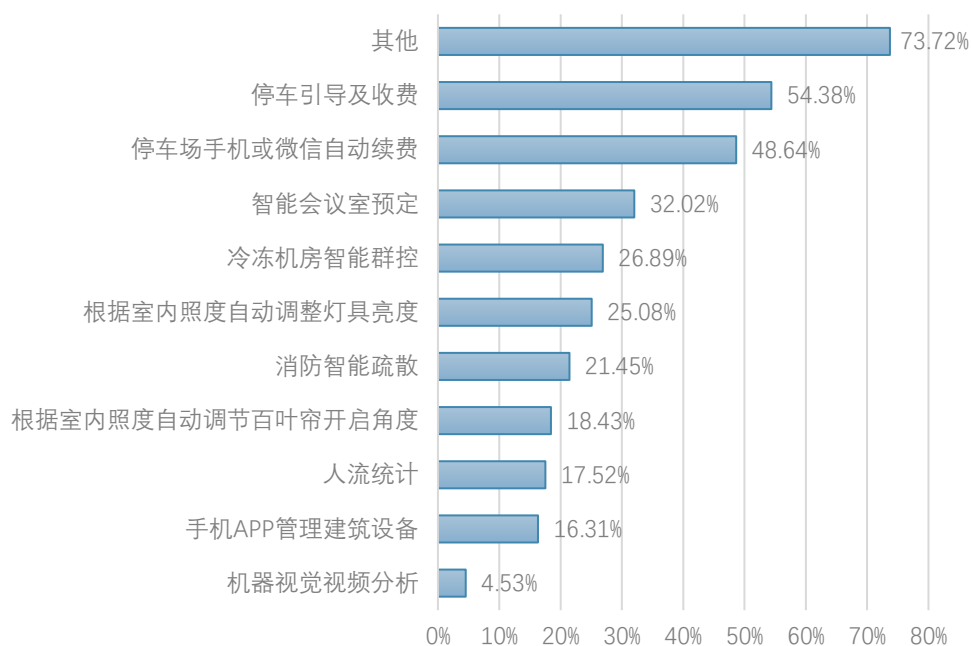


图 4-27 用户常用 APP 的情况

4.2.5 成本调研

课题组对建筑智能化部分环节的人工成本进行了调研。36%的集成商认为智能化系统运维管理的人工成本较高，27%认为硬件系统的配置和调试过程消耗人工，认为软件逻辑编写和调试人工成本较高的被访者占比约为 22%。调研结果如图 4-28 所示。

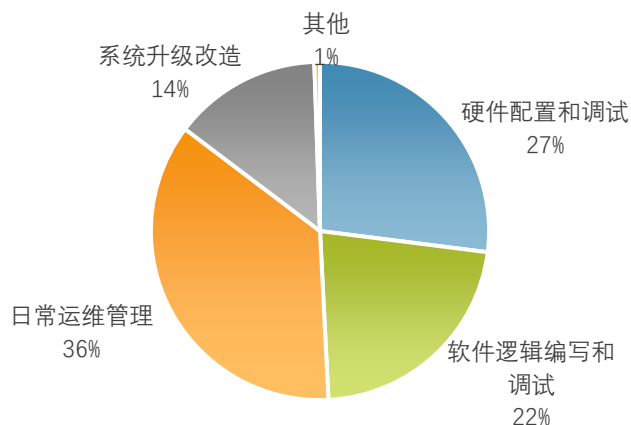


图 4-28 智能化子系统人力成本

建筑运维管理团队规模与物业公司制度、体系和系统智能化程度等相关。本次

调研中，18%的被访者所在的运维管理团队（某个专业班组）规模为 7~8 人，41%的被访者所在团队运维管理人员少于 4 人，具体调研结果详见图 4-29。建筑智能化系统如果实现无人运维，将极大程度降低运维成本。

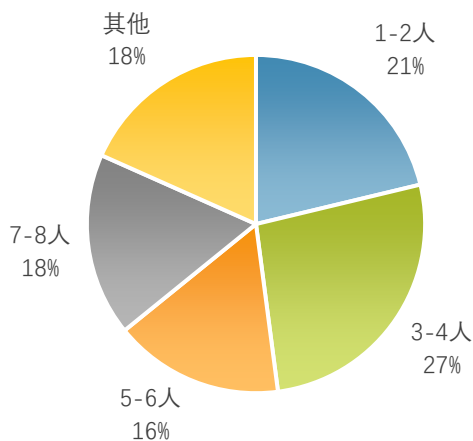


图 4-29 暖通空调自控系统运维现状

在现阶段主流楼宇自控系统构架体系下，系统布线、施工和调试过程繁复，工作量较大。调研显示(图 4-30)，41%的集成商认为目前楼宇自控系统从施工布线到正常使用所需时间超过 6 个月，认为该项工作持续 4~6 个月的集成商占比 29%，仅有 9% 的被访者认为该项工作可在 2 个月以内完成。

不同的建筑规模和业态，暖通空调系统点位从几十至几百甚至上千点不等。相比于软件程序的编写，硬件调试工作量更大，调试现场工作环境一般较差。在保证施工质量和工期要求的前提下，调试人员面临的挑战较大。

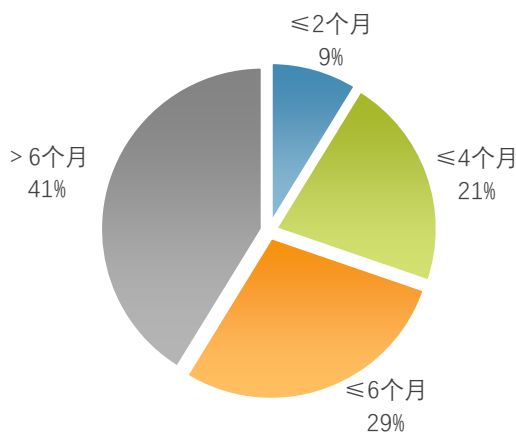


图 4-30 楼宇自控平台调试周期

智能化系统投入使用后，多数项目会根据使用效果、用户需求和更新等因

素逐步开展升级改造，改造费用也是影响总体成本的重要部分。从图 4-31 看到，61% 的被访者认为建筑智能化系统 5~10 年进行升级改造，28% 的被访者认为系统会在 5 年之内进行改造升级。

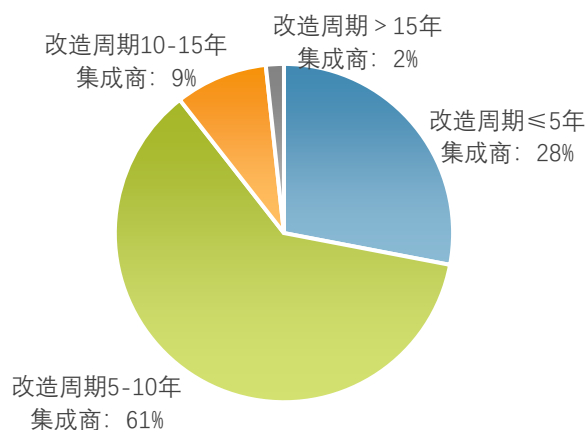


图 4-31 智能化子系统改造升级周期

图纸的工程洽商或设计变更会带来设计费用的追加，变更次数直接影响施工周期和总费用。调研显示 44% 的被访者认为弱电图纸在从初设阶段到施工图最终确定的过程中，会有约 20% 的工程洽商或者设计变更，42% 的被访者认为变更比例在 20%~40% 之间，调研结果详见图 4-32。

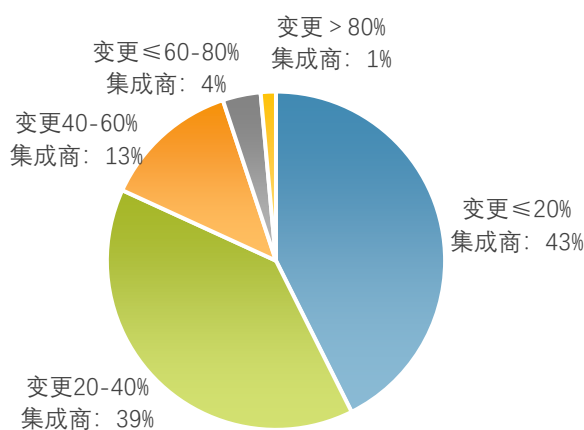


图 4-32 弱电图纸变更周期

4.2.6 用户满意度

为用户提供一个舒适健康的室内环境，是建设智能化系统的目标之一。对建筑智能化系统应用情况、用户对室内光线、热湿和噪声等环境满意度进行了调研。从图 4-33 看到，29% 的用户对所在建筑的智能化系统较为满意，57% 的用户反馈一般。

调研结果表明用户对智能化系统的整体满意度不高。

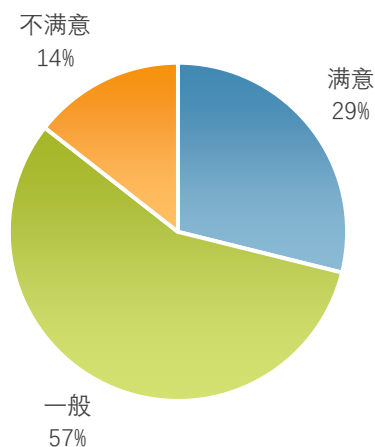


图 4-33 用户对建筑智能化的满意度

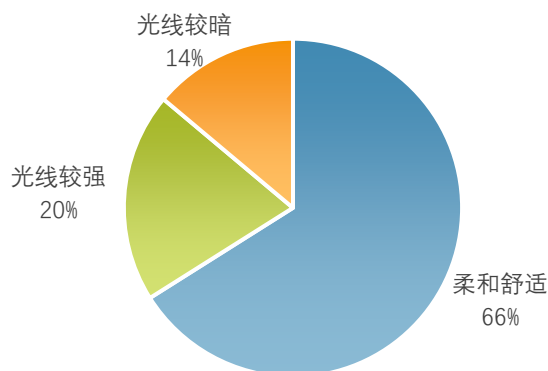


图 4-34 用户对室内光线满意度

建筑室内光线用户满意度调研结果如图 4-34 所示，66%的用户认为室内光线较为柔和舒适，20%用户认为光线较强，14%的用户认为光线较暗。建筑室内热湿环境和噪声现状调研如图 4-35 和图 4-36 所示，多数用户认为所在建筑的室内热湿环境和噪声环境较为一般，对此较为满意的比例不到 30%。综上，现阶段智能化系统的运行并没有给用户提供满足预期的高舒适度室内环境，此结果说明着智能化系统的运行没有和用户需求及体验感相关联，因此，基于用户舒适度需要的控制和运维才是智能化系统运行的根本。

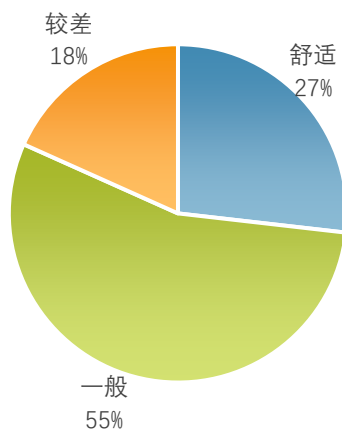


图 4-35 用户对室内热湿环境满意度

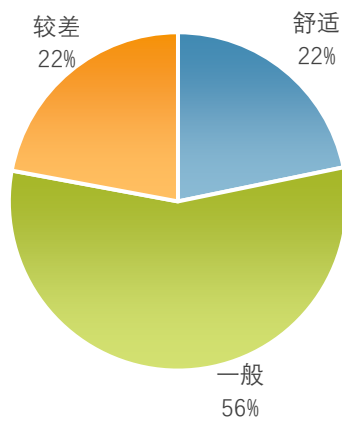


图 4-36 用户对室内噪声满意度

建筑用户普遍反馈，所有的建筑智能化子系统中，暖通空调系统、智能照明系统和火灾自动报警系统的智能化程度有待提高，调研结果如图 4-37 所示。

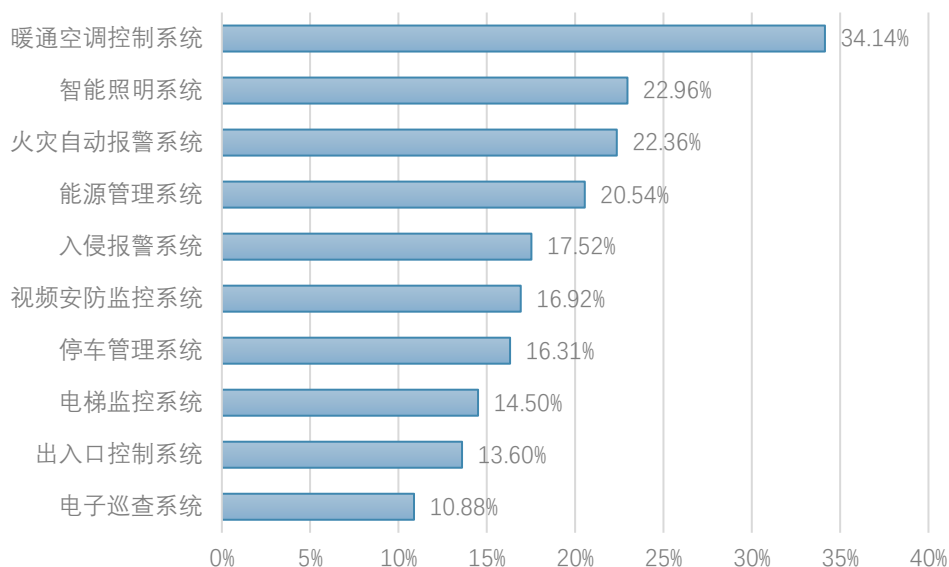


图 4-37 待完善和提高的智能建筑功能

4.3 建筑智能化存在的主要问题

暖通空调自控系统运行好坏与室内环境舒适性和建筑节能水平密切相关。与其他系统相比，该系统涉及设备种类多，不同设备控制要求和精确度不尽相同，设备和系统还涉及群控、优化运行等复杂控制逻辑。

对暖通空调系统无法实现全自动运行可能的原因进行了调研，结果如图 4-38 所示。一半以上的集成商认为主要原因为：1) 暖通空调系统设备品牌多，集成后稳定性差；2) 关键点位反馈缺失、完全控制风险大。30~50%的被访者认为软件逻辑和硬件设备不可靠，运行不稳定也是系统无法按照设计要求自动运行的影响因素。与此同时，暖通空调系统全自动运行成功案例较少，因此即使该系统有能力实现自动运行，运维管理人员也无法放心使用。

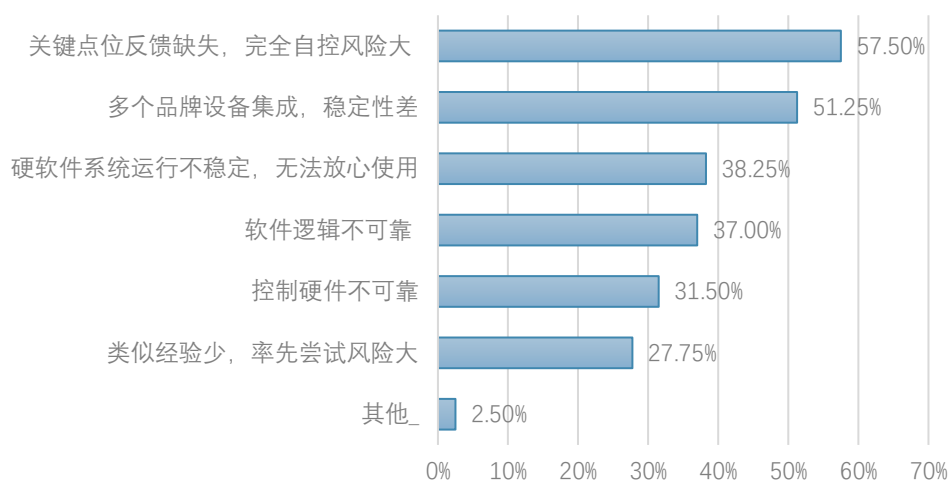


图 4-38 暖通空调系统无法实现全自动运行原因-集成商

对于上述问题，运维管理人员认为的主要原因如图 4-39 所示。32%以上的被访者认为系统采用的控制系统硬件可靠度不高；30%的被访者认为系统监控参数不完善，完全自控风险大；另外 24%的被访者认为控制逻辑不合理导致系统无法实现自动运行；还有 9%的被访者认为暖通空调系统自动运行成功经验少，不敢轻易尝试。

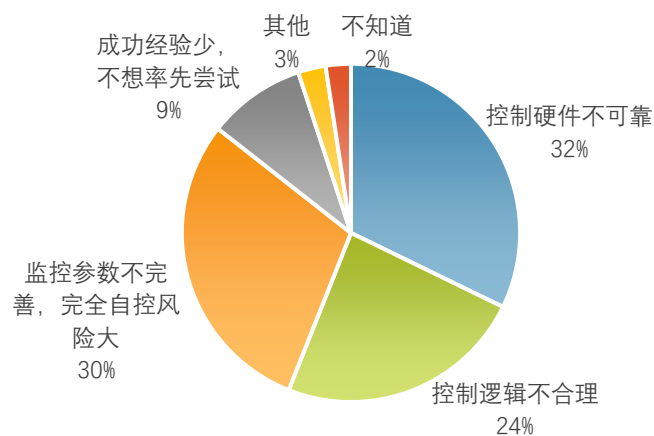


图 4-39 暖通空调系统无法实现全自动运行原因-运维管理人员

智能化运维管理涉及多个环节和系统，是一项系统工程。上述调研结果显示，要实现系统的自动可靠运行，灵活稳定的系统构架、稳定可靠的硬件和软件系统、完善准确的数据监测和精细化的运维管理缺一不可。系统稳定运行是实现节能和舒适的必要条件，暖通空调自控系统首先要保证功能完善，才能在性能上有所突破，满足用户需要。

前述调研显示现阶段建筑智能化系统仅有约 30%实现了一定程度的集成，对各系

统在集成过程中遇到的主要问题和障碍展开调研，集成商反馈结果如图 4-40 所示。由于不同设备或系统和第三方设备或系统集成时采用不同的通讯协议，73%的被访者认为由此带来的配置和调试难度大是最主要的问题；54%的被访者认为现有的智能化系统构架下，硬件故障或者硬件升级时点位部署工作繁复也是主要问题之一；35%以上的被访者认为点位属性设置及现场点位对应设置为难点之一。

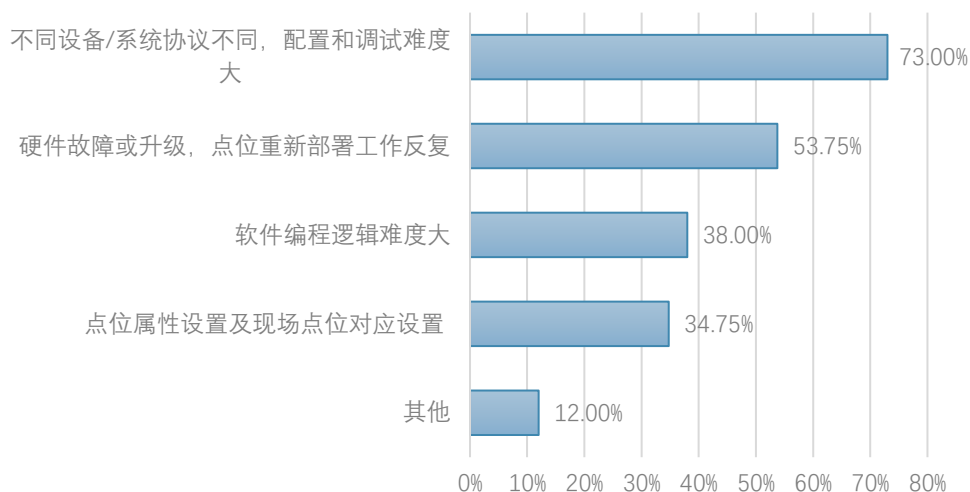


图 4-40 系统集成过程中遇到的问题

对处理较为繁琐、花费较多人力和时间的系统和环节对运维管理人员进行了调研，结果如图 4-41 所示。65%的被访者认为智能化系统硬件设备故障或升级改造，点位重新部署较为麻烦；53%的被访者认为系统与第三方集成时处理难度较大；40%被访者认为点位属性设置及现场点位对应设置难度较大。

我国建筑智能化系统重设计轻运维，各个环节又由不同的团队负责，智能化系统投入使用后，设备或传感器故障在所难免，有些故障更换设备即可解决，有的还需重新调试。运维管理人员经验和能力不同，可能无法完全胜任，这也是导致系统运维管理效果不佳的原因之一。如果智能化系统所有的硬件设备实现即插即用，或者更换后只需要轻量的，简单的配置便可投入使用，上述的困难和挑战便可迎刃而解。

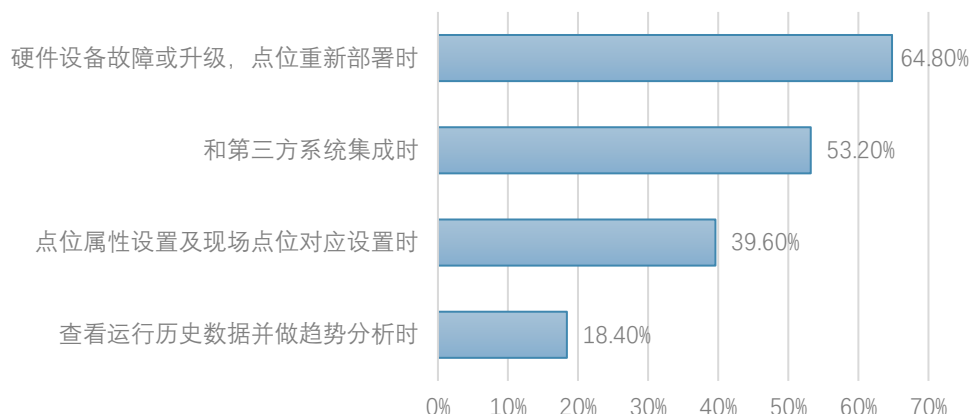


图 4-41 现有暖通空调系统各环节处理难易

对运维管理人员的工作难点问题展开调研，56%的被访者认为智能化各子系统相互独立，数据交换难度大，47%的被访者认为设备运行模式固化，无法根据环境条件变化自动调整，40%的被访者认为，系统构架复杂，实现某单一功能需要多步操作等是影响建筑智能化水平提升的关键因素。具体结果如图 4-42 所示。

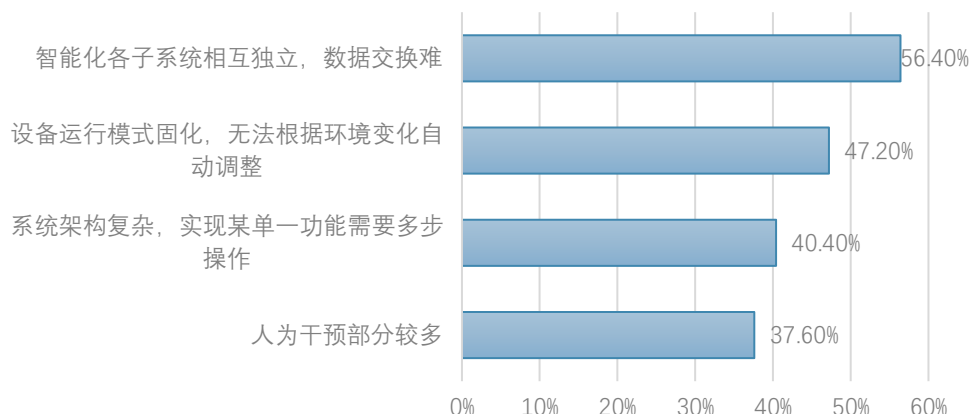


图 4-42 暖通空调系统运维难点问题

另外，从集成商和运维管理人员角度对建筑智能化系统在安全、绿色节能、高效便捷和舒适健康四个方面存在的问题进行了调研。

安全与安防方面，40%以上的建筑集成商和运维管理人员认为现阶段系统普遍存在“消防系统误报过多，电气安全监测系统不足，视频监控覆盖区域不足，气、水泄露监测不足”等问题，如图 4-43 和图 4-44 所示。与此同时，集成商还认为人员筛查不智能也是存在的主要问题。

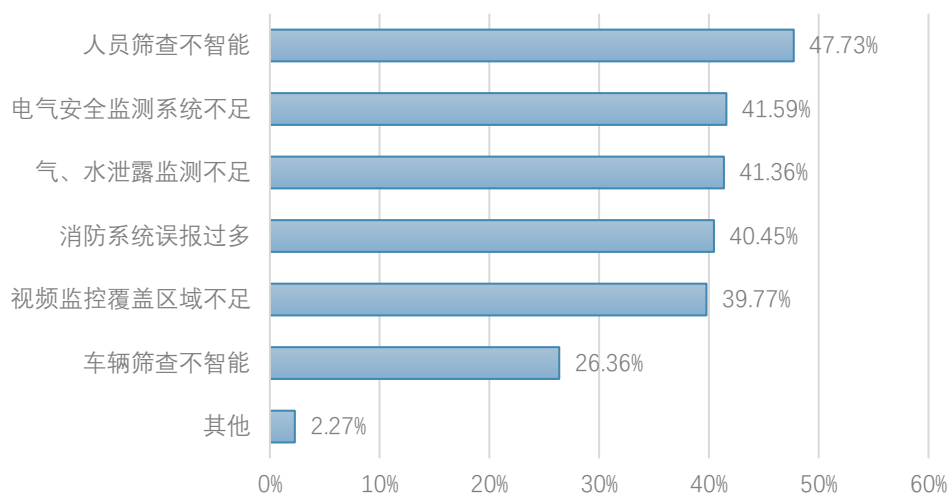


图 4-43 安全与安防方面存在问题—集成商

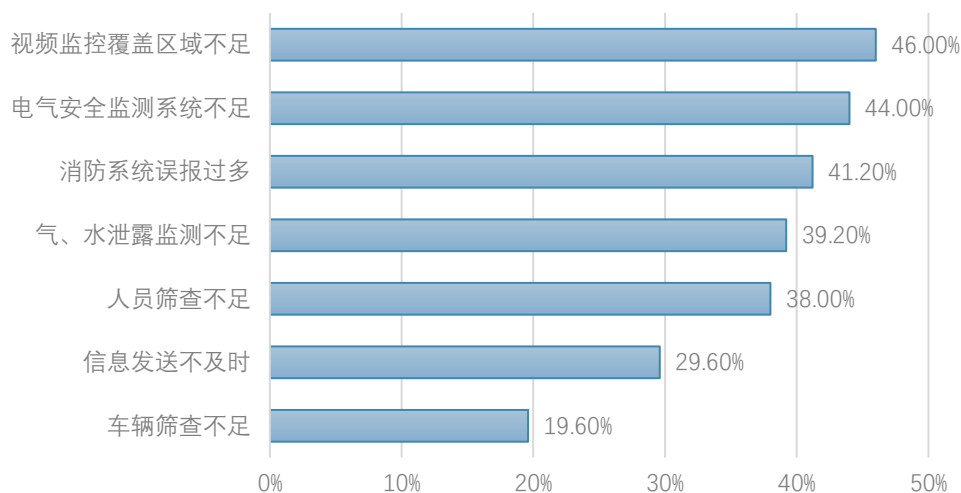


图 4-44 安全与安防方面存在问题-运维管理人员

绿色与节能方面，绝大多数集成商和运维管理人员认为现阶段智能化系统节能分析能力不足、涉及绿色节能相关系统后续使用率低是主要问题。30%以上的被访者们认为目前智能化系统中暖通空调系统和能耗计量不完善，分别如图 4-45 和图 4-46 所示。

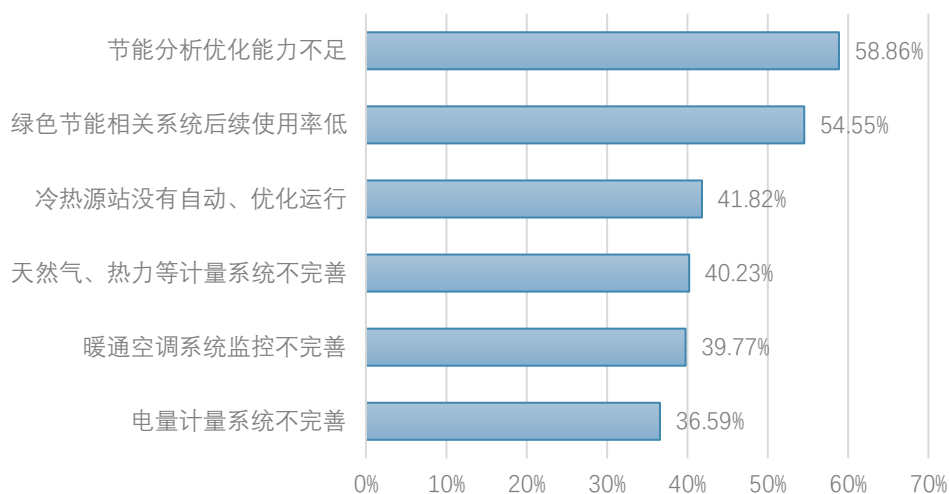


图 4-45 绿色与节能方面问题-集成商

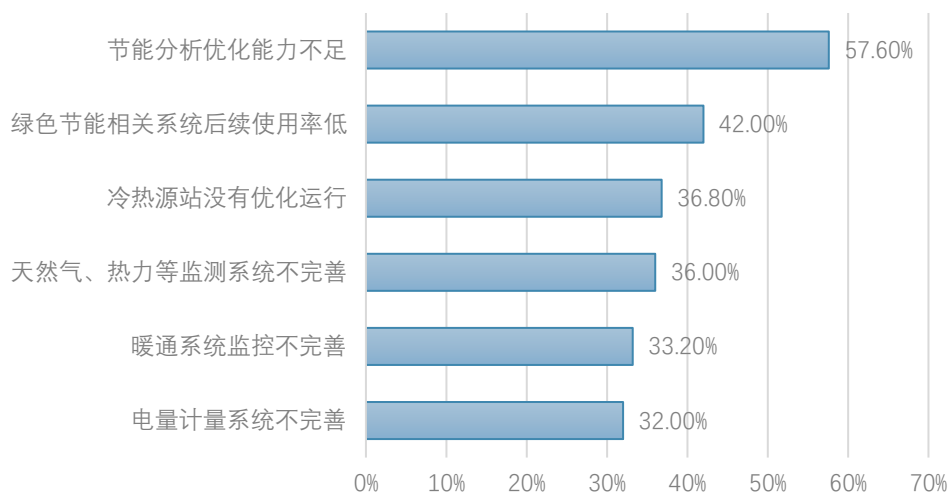


图 4-46 绿色与节能方面存在问题-运维管理人员

高效与便捷方面，就调研内容，50%以上的集成商认为现有智能化系统中改造项目布置传感器难度较大。40%以上的集成商和运维管理人员认为车库管理系统和暖通空调自控系统不够智能，需要人工干预才能完成相关的功能。30%以上的被访者认为目前投入使用的智能照明系统、停车管理系统和电力监控系统均不智能，无法实现既定的智能控制目标。对集成商和运维管理人员的调研结果高度一致，分别如图 4-47 和图 4-48 所示。

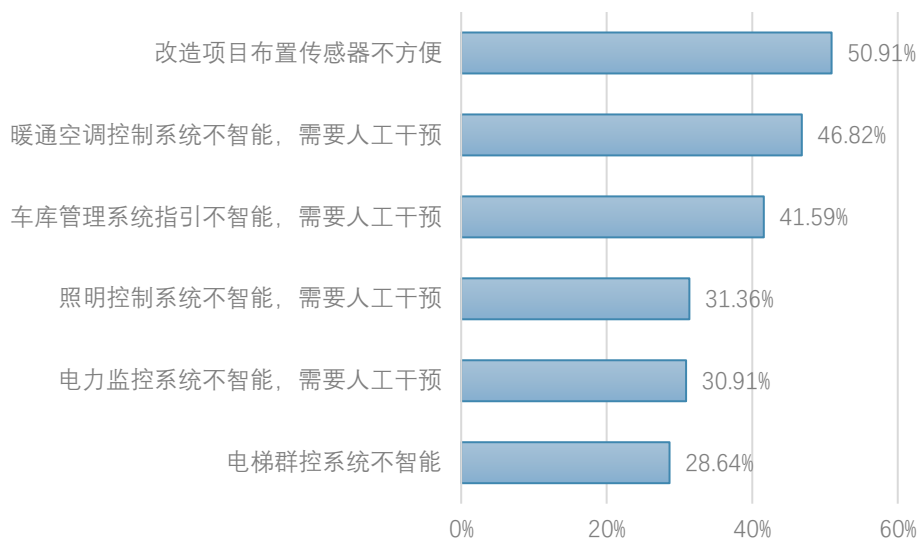


图 4-47 高效与便捷方面问题-集成商

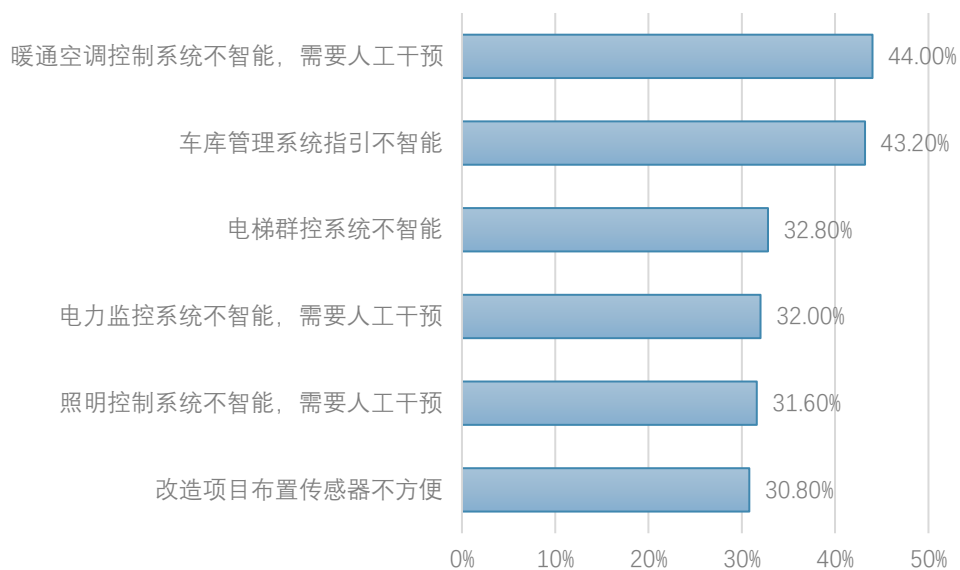


图 4-48 高效与便捷方面存在问题-运维管理人员

舒适与健康方面，40%以上的集成商和运维管理人员认为现有智能化系统室内环境监测系统测量参数不全面，室内环境监测参数未与暖通空调自控系统联动控制；室内环境检测系统范围没有全覆盖。充分发挥智能化系统在室内环境舒适与健康方面的作用，需要从暖通空调系统自身优化运行及室内环境参数全监控方面着手。如图 4-49 和图 4-50 所示。

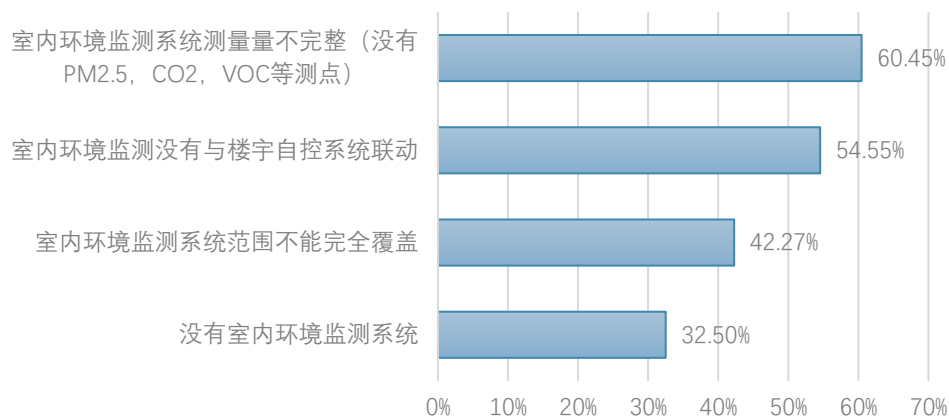


图 4-49 舒适与健康方面问题-集成商

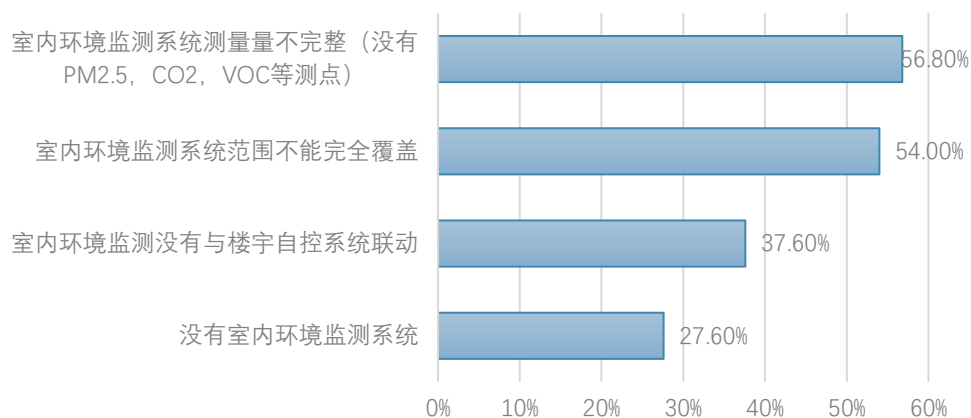


图 4-50 舒适与健康方面存在问题-运维管理人员

4.4 建筑智能化发展趋势

选购智能化产品方面，被访者普遍认为产品的稳定性和性价比是首要衡量指标；其次是售后服务和技术的先进性，调研结果如图 4-51 所示。由此可见，智能化产品的稳定性和易用性是其核心价值所在。

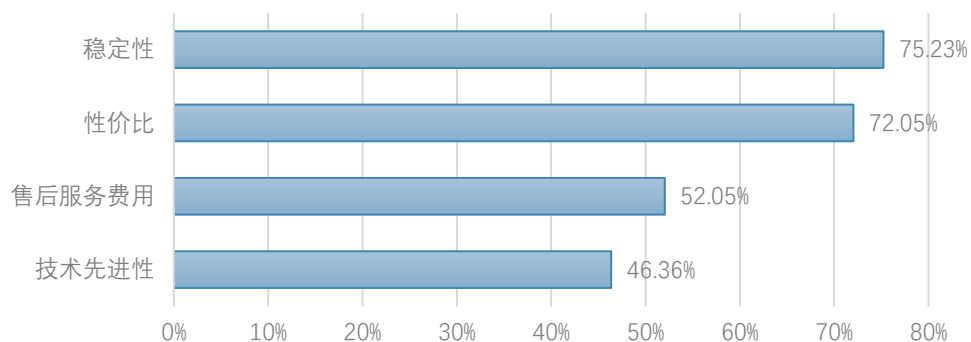


图 4-51 品牌决策因素

建筑所有者、运维管理人员和建筑用户等不同群体对智能化系统的关注点调研如图 4-52，图 4-53 和图 4-54 所示。

超过 50%的集成商认为建筑所有者希望智能化系统能够“减少日常运维工作量，提升可靠性、提高管理水平”。运维管理人员认为能否降低人工成本、提升系统可靠性、减少日常的工作量，能否提升建筑环境舒适度是建筑所有者关注的主要问题，普通用户更关注系统可靠性和降低日常工作量。

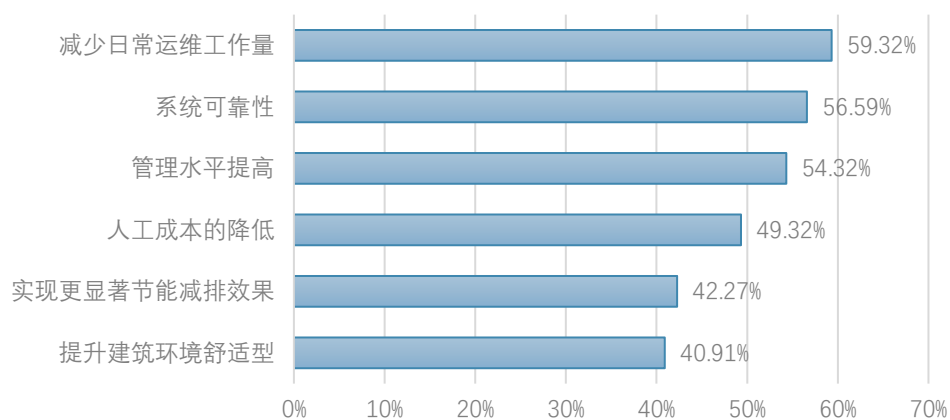


图 4-52 建筑所有者功能需求—集成商

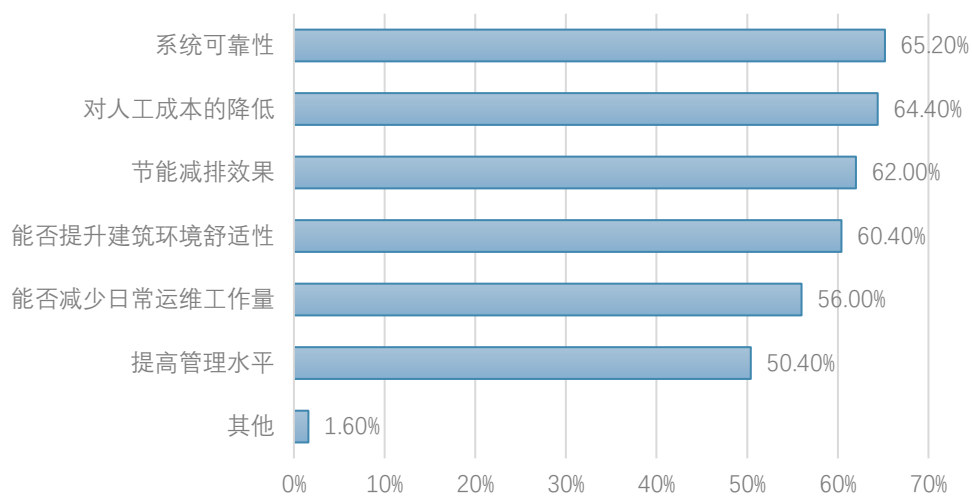


图 4-53 建筑所有者关心的建筑智能化重点—运维管理人员

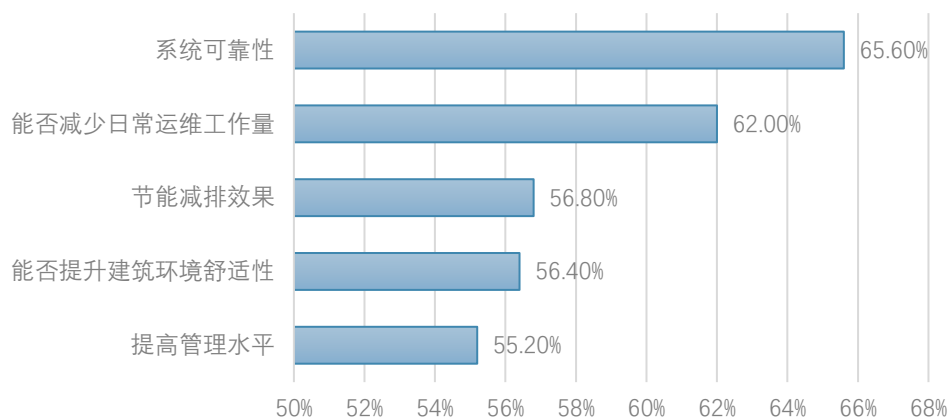


图 4-54 建筑用户关心的建筑智能化重点

建筑用户认为如果建筑暖通自控系统平台各项参数正确反馈，系统能够根据环境变化自动调节运行参数，发生故障能够第一时间反馈，并能够提供解决方案，那么暖通空调自控系统的工作效率将会在现有基础上进一步提升（图 4-45）。

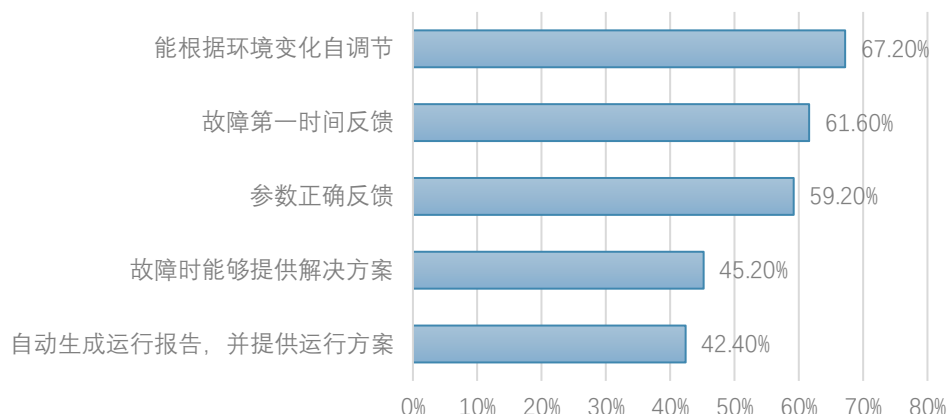


图 4-55 效率提升建议

技术更替的日新月异, 用户需求的不断提升推动着建筑智能化不断发展。被访者认为建筑智能化系统在技术应用方面实现以下方面的改进和提高, 将极大提升智能化系统应用效果: 1) 通过自识别、免配置、实现即插即用; 2) 全系统实现智能联动, 根据需要进行运行的自调整; 3) 通过大数据分析提升运营能力, 与 BIM 结合实现三维运营, 与移动端结合实现移动运维, 无线传感器的广泛应用, 与广域网的融合。被访者对各项技术的发展展望如图 4-56 所示。

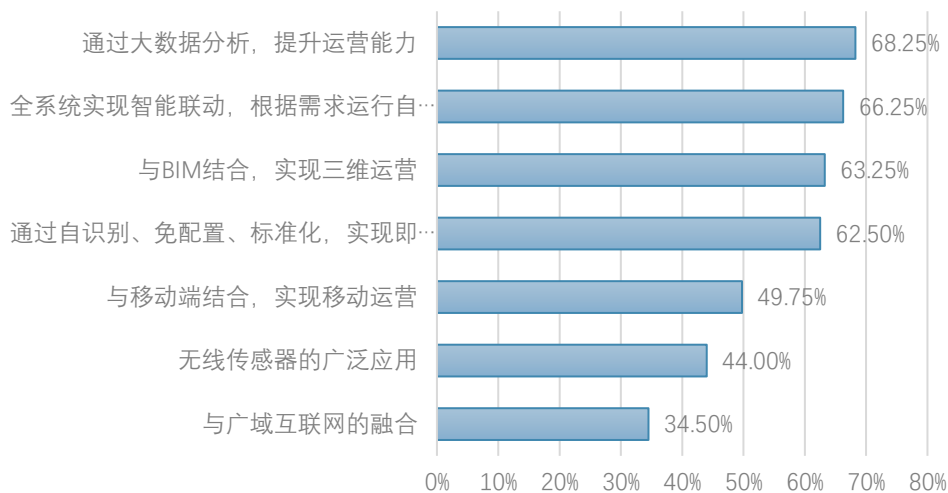


图 4-56 智能化技术发展需求

被访者认为如果智能化系统在功能和应用方面实现以下突破, 整体性能将获得极大提升: 1) 现场设备、传感器等实现免配置, 即插即用; 2) 自动辨识控制器和传感器故障; 3) 系统如同智能手机, 可随意增加功能; 4) 与其他系统集成和联动控制更加容易; 5) 可完全延伸到移动端。具体详见图 4-57。

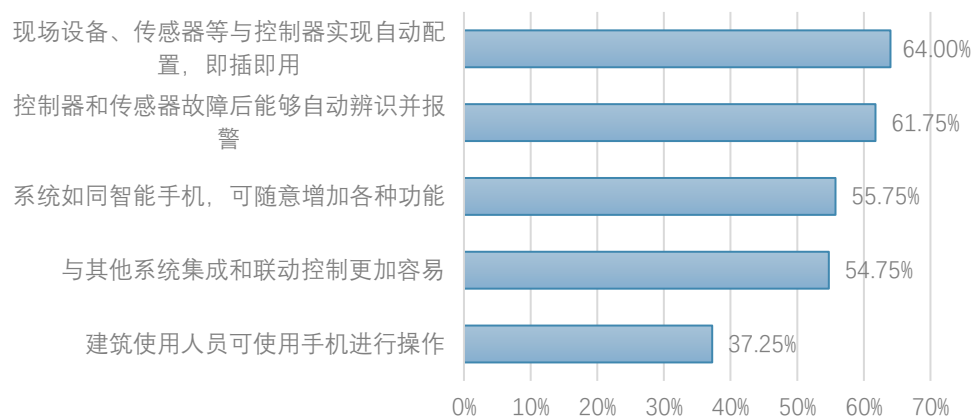


图 4-57 智能化系统技术发展方向

5 应用现状总结

5.1 应用现状

通过对建筑智能化集成商、运维管理人员和建筑用户的调研结果分析，对现阶段我国建筑智能化的应用现状总结如下：

国产品牌在出入口控制（门禁）、视频安防监控、停车管理、能源管理等建筑智能化子系统中逐渐占据主流市场，暖通空调自控、照明、电梯等系统以国外或合资品牌为主。其中，暖通空调自控系统中西门子、霍尼韦尔、江森自控、施耐德等主流合资品牌市场占比大于 60%，国产品牌市场份额相对较小，主要是由于合资品牌长期占有市场，国产品牌缺乏优势明显的技术体系或者性能更高的硬件设备。

建筑智能化系统从布线、硬件安装到软件逻辑编写和综合调试，涉及内容繁杂，工作量大。71%的被访者认为完成调试安装时间超过 4 个月，有的长达 6 个月之久。

现阶段约有 32% 的智能化子系统采用 OPC、Modbus 和 BACnet 等通讯协议集成，然而各子系统数据未真正实现互联互通。73% 的被访者认为不同设备或系统和第三方集成时采用不同的通讯协议，增加了配置和调试难度。系统集成后，稳定性较低。

运维管理人员反馈 40% 左右的系统运行 1 年左右出现故障；系统软硬件改造或升级时，可能需要专业人员重新部署相关点位，该项工作较为繁复，在此过程中系统也无法正常使用。

智能化系统投入使用后，能够正常运行 5 年的不足 10%。暖通空调自控系统投入使用后，能够正常使用的约为 38%。自动运行方面，约 39% 的系统能够实现自控，27% 的系统能够实现基本自控和部分优化运行，34% 的暖通空调系统只能实现部分自控或只监不控，甚至只能通过手动实现日常运维。

正常运行的暖通空调系统中，约 50% 的系统平台界面各参数基本正常，约 50% 的参数能够正常发挥监测和控制作用。47% 的运维管理人员基本了解智能化系统平台上各相关参数的含义。

暖通空调自控系统对建筑的舒适和节能有较大影响，调研发现该系统自动化运行比率较低。主要原因为：1) 关键参数监测和反馈不全面，参数数值准确度不高，智能群控功能不敢用；2) 使用之后并未带来明显节能效果或环境舒适度的提升；3) 系统投入使用后一旦出现故障，运维人员不会排查，需要聘请专业团队进行诊断和维修，成本较高；4) 暖通空调系统设备品牌多，实现集成后，系统稳定性较差，运维管理人员不敢使用。基于以上原因，大部分的暖通空调自控系统仅通过自控平台实现设备的远程启停。

随着智能手机的快速发展，建筑智能化各系统开始引入移动端操作 APP，目前已有约 20% 的智能建筑采用 APP 参与运维管理，涉及的系统主要包括照明、视频安防监控、出入口管理和停车管理系统。BIM 技术在建筑运维管理中还处于起步阶段，约

20%的系统有一定程度的 BIM 系统应用。

5.2 成本

影响建筑智能化系统成本的因素较多，本课题从时间周期和人员投入方面对成本进行了调研。

根据不同的建筑规模和智能化系统应用效果，运维管理团队（专业班组）人数从 3 人到 10 人不等。调研结果表明，由于智能化系统自动运行率低，且故障率较高，没有降低运维人员工作强度，反而增加了故障排查等工作的时长和难度。

弱电系统在图纸设计和现场施工过程中通常会涉及变更，且变更次数越多系统成本越高，被访者认为项目通常会有 20~40%的图纸变更。

61%的被访者认为建筑智能化系统约 5~10 年会进行一次升级改造，28%的被访者认为系统会在 5 年之内进行升级改造。

5.3 存在问题

基于上述调研结果，对建筑智能化发展过程中存在的各方面问题梳理如下：

❶ **系统配置难度大，调试周期长。**在传统集中式智能化系统构架下，控制器和底层设备无标准化点位连接关系。对于不同系统需要工作人员现场根据项目点位对应部署，部署和调试难度大，大型系统安装和调试周期长达 4~6 个月。同时，施工现场条件环境较差，施工工期紧张，导致弱电系统安装和调试质量无法保障。智能化系统投入使用后，一旦系统或者设备出现问题或故障，建设方需要重新布线和调试，时间和人员成本投入较高，技术门槛高。

❷ **智能化系统点位监控不完善，且准确率低。**目前建筑智能化系统点位监测不完全，点位数据准确率低，计量系统不完善。以暖通空调自控系统为例，调研结果表明，平台的数据点位准确率低，且仅有 50%左右的点位参与到系统的日常运维。监控点位数据反映平台的运行情况，也为系统对设备控制和优化运行提供相关参数。基础数据缺失或者错误导致系统无法按照设计目标正常运行，还可能会提高系统或设备故障的风险。

❸ **不同设备或系统集成稳定性差。**当不同子系统或设备采用不同通讯协议参与集成时，各子系统还需进行不同的参数设置或配置，该项工作对集成人员专业能力要求较高。集成完成后，受到网络条件、各子系统自身运行情况影响，集成后的系

统稳定性无法保障。

④ **暖通空调自控系统故障率较高。**约有 44%的系统运行不到 1 年时间便发生软件或硬件故障。系统高频次故障，增加运维管理人员工作量的同时降低运维人员对系统的信任度，长此以往，系统使用率会逐渐降低，如果运维管理保障不到位，系统很可能被弃用，造成资金、人员和时间投入的浪费，对智能化系统发展产生消极影响。

⑤ **智能化系统自动运行比例低。**对暖通空调自控系统的自动化运行现状的调研表明，现阶段多数系统仅能够实现对设备的远程启停控制。关键点位缺失、平台数据不准确、软件控制逻辑不可靠，同时系统全自动运行成功案例少，导致了智能化系统全自动运行比率低。

⑥ **运维水平不高。**调研显示运维管理人员仅理解 50%左右的智能化平台点位含义，由于知识水平有限，不同人员对系统理解不同，导致系统运维效果差强人意。

⑦ **节能和舒适性效果不明显。**应用建筑智能化系统后，建筑节能效果未充分体现，且一半以上建筑用户认为室内热湿、声、光环境舒适性一般。

⑧ **数据未有效利用。**现阶段多数智能化系统有数据记录功能，但无自动分析功能，运维管理人员对专业数据的处理能力有限，大量极具价值的运行数据无法有效用于指导运行，造成运行数据的严重浪费。

⑨ **建筑用户参与度低。**现建筑智能化系统仅供专业人员使用，无普通用户交互接口，作为建筑的实际使用者，普通用户无法参与到整个建筑的运维过程中来。

⑩ **智能化最新技术未得到应用。**人工智能、大数据、BIM 等新技术与现阶段智能化系统融合性较低，新技术未能发挥作用。

The background of the page is a solid orange color. On the left side, there are several thin, white, wavy lines that curve and flow downwards, creating a sense of movement and depth. These lines are more concentrated on the left and fade out towards the right.

6 对策建议和趋势展望

6.1 对策建议

在物联网、5G、云计算等信息技术的快速发展下，智能化系统的终端产品不断迭代更新，神经网络、强化学习等算法为优化控制提供高效决策策略，然而链接现场设备和上层大脑的控制系统发展相对滞后。30 多年来，建筑智能化系统实现了从“无”到“有”的飞跃，在高速信息化，万物互联的推动下，正经历着从“有”到“有用、好用”的蜕变。只有把握时代机遇，找到行业发展痛点，提出有效的解决方法，智能化系统才能创造出真正智慧、节能、舒适和安全的建筑环境，为全面建设数字化建筑、数字化城市，实现“双碳”目标，贡献力量。

针对建筑智能化发展的现存问题和瓶颈，策略建议如下：

制度和体系层面

❶ **完善智能化系统检测、调适、验收和后评估体系。**由于现阶段建筑智能化系统缺乏完善的系统检测、调适、验收和后评估体系，导致智能化平台监控点位缺失、数据准确率不高、数据利用率低等问题普遍存在，影响了智能化系统价值的发挥。建议进一步完善建筑智能化系统建设、检测、调适、验收和后评估全过程监管体制。系统投入使用之前，由第三方监管机构按照设计要求对系统功能进行全面检测，检测达标后方可投入试运行，并开展智能化系统调适工作，保障智能化系统实际运行效果达到设计要求，更好地为建筑服务，运行一定时间后，基于实际运行数据开展系统后评估工作，总结系统应用存在的问题，查缺补漏，为后续智能化系统建设提供有益参考。

❷ **完善智能化系统节能量认证和奖励政策。**建议引入智能化节能认证和奖励机制。根据智能化系统投入使用后建筑产生的节能量对智能化系统运行的效果进行核定，实行分级奖励。以看得见的激励政策，推动智能化系统的有序健康发展。

❸ **强化智能化系统全生命周期管理。**秉承全生命周期理念，针对目前智能化系统运行稳定性、可靠性存在的问题，统筹智能化系统设计、制造、安装、调试、验收、运行和维护等全生命周期各阶段的关键要素和相关要求，实现全过程、全环节的系统化管理，构建智能化系统全生命周期监管体系。

标准和技术层面

❶ **建立健全智能化系统调适、运维管理和后评估相关标准。**受到经济水平制约，过去我国建筑智能化系统重设计轻运维，系统建设完成后直接投入使用，没有调适和后评估要求，运维管理相关标准缺失。只有建立全过程检测验收和评估机制，通过规范的运维管理，对智能化系统建设过程中的每一个环节严格把关，智能化系统的价值才能充分发挥。因此建议完善智能化系统调适、后评估和运维管理的系列标准，保障智能化系统建设达标，运维实现设计效果。

② **标准化运维数据收集和分析方法。**业界尚无智能化系统运维数据收集和分析的相关标准或导则指导该项工作开展，运维数据未充分用于指导运维管理，造成浪费。因此建议建立相关标准，规范运维数据的收集、分析和使用，充分挖掘数据价值，实现有效利用，指导优化运行，助力节能减排。

③ **加强新技术的开发和应用。**物联网、大数据、云计算等技术在智能家居、智慧园区中得到了快速的应用，但在公共建筑中与传统体系的融合和渗透较慢，建议拓宽新技术的应用半径，进一步加强前沿物联网技术如 LoRa、蓝牙 mesh、NB-IoT、群智能等和传统楼控系统的融合，提升新技术与既有系统的兼容性，加强硬件设备自识别、免配置、即插即的能力；加强分布式、自组织、自集成和自组网技术的开发和应用，降低安装、调试和改造难度。

④ **提升控制器能力。**现阶段的智能化系统无法完成复杂算法，如强化学习、神经网络等的开发和实现。应充分结合新技术的发展，进一步扩展和提升系统软件功能，实现多种智能算法的撰写和执行。

⑤ **标准化点位配置要求。**传统的集中式智能化系统安装和调试难度大、周期长、扩展困难、系统故障后维护成本高，与其构架体系有很大关系。在传统的构架体系下，控制器和底层设备只能通过干接点或通讯协议以有线的方式连接，点位连接方式无标准化对应关系，弱电走线空间跨度大，线路维护难度较大。在不改变现有集中式构架体系下，可规范点位部署，简化或降低安装和调试人员接线难度。

人才培养和能力建设

① **加强运维人员专业能力的培养。**建筑智能化系统的使用效果有赖于运维人员的专业能力和运维水平，而我国建筑运维管理人员专业知识水平相对较低。建议定期对运维人员进行专业培训，通过不断学习，提高人员的知识水平和运维管理能力。

② **加强建筑智能化系统建设人员能力的培养。**现阶段智能化系统缺少专业性强，人员储备充足的建设队伍。智能化系统现场施工条件有限，工期紧张，专业施工队伍能保证一定的施工质量。建议加大对专业技能人员的培养，加强智能化建设团队人员的专业性。

6.2 趋势展望

人工智能、大数据、5G 等新技术在智能家居、智能园区中得到了快速的应用和发展，但其在公共建筑智能化系统中的应用较少。基于以上调研，对建筑智能化技术展望如下。

① **物联网产品将在办公和商业建筑智能化系统中获得大量机会。**随着物联网技

术的不断发展，比如蓝牙 Mesh、LoRa、NB-IoT 等技术的不断完善和 5G 的应用，物联网产品和属性可以很好地解决传统智能化系统在布线、配置上的问题。

❷ **免配置、自识别、即插即用、自组织的系统和产品更加契合用户需求。**现阶段构架体系下，现场设备和控制器的连线、配置占用了大量的人力和物力，但应用效果不佳。具备免配置、自识别、即插即用、灵活组网特性的设备和系统将会降低工作难度，缩短工期，节省成本。

❸ **大数据的深度应用。**大数据的应用已经渗透到了工作生活的方方面面，为人们提供了便利。例如各种设备获取了海量的建筑大数据，但还未充分挖掘其在建筑建设、系统运维管理的价值。此问题已经引起了行业的重视，相信在体系不断完善，从业人员不断努力下，建筑大数据在运维管理、节能、舒适方面将发挥重要的作用。

❹ **更程度的自动化。**现阶段的智能化系统主要由人主导管理，如系统故障或掉线未及时发现，系统将持续处于“不为人知”的故障中，可能带来运维安全隐患。随着人工智能的深度应用、智能机器人功能和性能的不断提升，建筑智能化系统将朝着无人运维的方向发展。

❺ **多终端运维管理模式。**现阶段普通用户无法方便快捷参与建筑运维和管理，与建筑互动较少。基于移动端、智能机器人的运维管理提供了解决方案，方便建筑用户参与运维管理，提高建筑智慧化程度，降低运维成本，提升用户在建筑空间中的满足感和满意度。//



结语

中国建筑智能化应用白皮书的撰写基于问卷调研，调研结果依赖被访者在智能化领域的工作能力、对智能化的理解和利益立场。对相同的调研问题，不同水平和背景的人员理解和要求不同。

白皮书聚焦公共建筑的智能化系统应用现状，尤其侧重暖通空调自控系统的实际应用，但智能化系统应用规模、集成内容、系统成本、硬件设备和新技术的应用等方面的调研存在不足，涉及国外建筑智能化发展的内容较少，课题组将在后续的研究中加以完善。//



免责声明

本白皮书内容基于问卷调研结果梳理成稿，被访对象主要为集成商、建筑运维管理人员和普通建筑用户。不同对象对建筑智能化系统的认知、理解和要求各不相同。调研中涉及的智能化系统重要性、产品品牌市场占有率、故障率、数据准确性等定量信息基于问卷统计结果，可能和实际存在偏差，无法直接反映真实情况。本白皮书呈现内容仅供行业参考，报告内容不代表任何出版方意见或建议，中国建筑科学研究院有限公司不对任何单位或个人在本白皮书基础上做出的行为承担责任。

参考文献

- [1] 清华大学建筑节能研究中心,中国建筑节能年度发展研究报告 2017[M], 北京 中国建筑工业出版社,2017
- [2] IEA. Solar Heat Worldwide-Markets and Contribution to the energy Supply 2014 [R], 2016
- [3] 中国建筑能耗研究报告 2020[J]. 建筑节能(中英文),2021,49(02):1-6
- [4] 王佳,智能建筑概论 (第二版) [M], 北京: 机械工业出版社, 2016
- [5] 于震,李怀. 楼宇自动化技术研究进展[J].楼宇自动化技术研究进展[J].建筑科学,2013(10):106-113
- [6] 陈哲良,王福林,马蕊.公共建筑智能化系统问卷调查分析[J].智能建筑,2015(03):13-18
- [7] 陈哲良,王福林,马蕊.公共建筑智能化系统现状调研与分析[J].智能建筑,2015(03):26-33
- [8] 阿里巴巴集团置业部,阿里研究院, 2017 智能建筑白皮书[R]
- [9] <https://www.honeywell.com.cn/brand-campaigns/2015/smart-building>
- [10] IDC,中国信息化百人会, 中国信息通信研究院, 中国人工智能产业发展联盟和 华为技术有限公司, 智能体白皮书 (2020 年) [R]
- [11] 华为技术有限公司, 埃森哲(中国)有限公司, 2020 未来智慧园区白皮书[R], 2020 年
- [12] 工信安全, 联想, 工业大数据分析与集成实验室, 智慧城市白皮书 (2021) [R]
- [13] Migabo E M, Djouani K D, Kurien A M. The narrowband Internet of Things (NB-IoT) resources management performance state of art, challenges, and opportunities[J]. IEEE Access, 2020, 8: 97658-97675.
- [14] M. Saari, A. Muzaffar bin Baharudin, P. Sillberg, S. Hyrynsalmi and W. Yan, LoRa - A Survey of Recent Research Trends, [C] 2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). IEEE. 2018.
- [15] Sinha R S, Wei Y, Hwang S H. A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT[J]. Ict Express, 2017,3(1)
- [16] 张国强,阿里巴巴、小米等加入全新蓝牙技术联盟“智能家居专项组”[J].中国宽带,2019(9):7-7

- [17] 住房和城乡建设部.《城市信息模型（CIM）基础平台技术导则》.2020
- [18] 杜明芳. "十四五"CIM 驱动城市数字化转型[J]. 中国建设信息化, 2021(1):28-31
- [19] Sims K IBM introduces ready-to-use cloud computing collaboration services get clients started with cloud computing 2007
- [20] Boss G, Malladi P, Quan D, Legregni L, Hall H. Cloud computing. IBM White Paper, 2007
- [21] 陈康, 郑纬民. 云计算:系统实例与研究现状[J]. 软件学报, 2009(05):1337-1348
- [22] 赵千川,姜子炎,陈曦.群智能建筑智能化系统平台技术[J].智能建筑,2019(05):22-24
- [23] <https://mp.weixin.qq.com/s/mf9iSzUS1e4WQE4ZWurOvg>
- [24] GB50134-2015《智能建筑设计标准》[S].北京:中国计划出版社
- [25] 杜明芳.基于数字孪生的智慧建筑系统集成研究[J].土木建筑工程信息技术,2020,12(06):44-48

版权申明

本白皮书版权为中国建筑科学研究院有限公司和建科环能科技有限公司所有，任何引用请注明出处。