

赋绿以智 融合创新

智慧建筑发展报告 2023

Smart Building Development Report (2023)



中国房地产业协会智慧建筑研究中心
中国房地产业协会住宅技术委员会



中国城市科学学会绿色建筑研究中心



中国房地产业协会智慧建筑研究中心

中国房地产业协会住宅技术委员会

中国房地产业协会智慧建筑研究中心成立于 2021 年 6 月，是围绕智慧建筑产业技术创新发展而建立的开放性创新平台，集聚智慧建筑领域骨干企业、高等院校、科研机构和知名专家队伍资源，开展创新研发和政产学研用合作，致力于培育推动智慧建筑产业高质量发展，主要工作内容：

- 1、研究制定智慧建筑相关标准，完善智慧建筑标准体系；
- 2、推进智慧建筑相关标准实施和智慧建筑评价工作；
- 3、建立智慧建筑技术支撑体系，开展技术服务和转化应用；
- 4、建立政产学研用创新机制，促进交流与合作；
- 5、推进智慧建筑创新人才队伍建设。

中国房地产业协会住宅技术委员会主要工作内容：

- 1、开展房地产企业双碳战略规划的研究，助力实现双碳目标。
- 2、开展科学技术成果评价工作，加快科技成果转化推广。
- 3、组织中国房地产业协会科学技术奖申报与评审。
- 4、搭建技术协作交流平台，为会员单位提供技术指导和技术咨询服务。
- 5、开展碳中和建筑、绿色建筑、健康建筑、智慧建筑、主动式建筑、房企绿色发展评价咨询工作，组织并参与编制技术规范。



中国城市科学研究会绿色建筑研究中心

中国城市科学研究会绿色建筑研究中心成立于 2009 年 7 月，是中国城市科学研究会直属的研究开发机构，是我国可持续建筑领域重要的理论研究、标准研编、科学普及与行业推广机构，同时也是面向市场提供可持续建筑标识评价、技术支撑等服务的综合性技术服务机构。主编或主要参编了《绿色建筑评价标准》、《健康建筑评价标准》、《智慧建筑评价标准》等系列标准，在全国范围内开展绿色建筑、健康建筑、智慧建筑、碳中和建筑评价业务，推动了我国建筑绿色低碳的高质量发展。率先开展了海外项目的评价，助力我国绿色建筑评价标准走向海外，并与英国建筑研究院（BRE）、德国可持续建筑委员会（DGNB）、法国建筑科学技术中心（CSTB）建立合作关系，加强多边技术交流，共同推进绿色建筑在全球的深入实践。

作者

- 程志军, 中国房地产业协会智慧建筑研究中心 主任、研究员
高雪峰, 中国房地产业协会住宅技术委员会 秘书长
郭振伟, 中国城市科学研究会绿色建筑研究中心 副主任、副研究员
孙大明, 中国房地产业协会智慧建筑研究中心 副主任、正高级工程师
黄 端, 中国房地产业协会智慧建筑研究中心 副主任、高级工程师
徐 昆, 中国房地产业协会智慧建筑研究中心认证与培训部 经理、工程师
范世峰, 中国房地产业协会智慧建筑研究中心 工程师
王新雨, 中国城市科学研究会绿色建筑研究中心 工程师
陈煜珩, 中国城市科学研究会绿色建筑研究中心 工程师
王 尊, 中国房地产业协会智慧建筑研究中心 助理工程师

顾问专家

- 程大章 同济大学 教授 / 住建部科技委智慧城市专委会 委员
万碧玉 ISO/TC268/SC1/WG4 与 TG2 召集人, 国家智慧城市标准委员会总体组副组长, 教授
王清勤 中国建筑科学研究院 副院长、教授级高级工程师、博导
林波荣 清华大学建筑学院 副院长, 教授, 博导, 杰青, 长江学者
刘 刚 天津大学国际工程师学院智能建筑专业负责人, 教授, 博导
于 兵 上海碳之衡能源科技有限公司 董事长/住建部科技委科技协同创新专委会 委员
唐觉民 南京长江都市建筑设计股份有限公司智慧建筑研究院 院长
孟 涛 美的楼宇科技研究院 院长
唐海燕 普华永道思略特中国 合伙人
薛 峰 万达商业管理集团北区公司, 市场营销部副总经理
林常青 北京探真致远科技有限公司, 总经理、正高级工程师

鸣谢支持

本报告合作伙伴:



本报告调研支持:



合作联系

sbuiding@163.com

版权声明

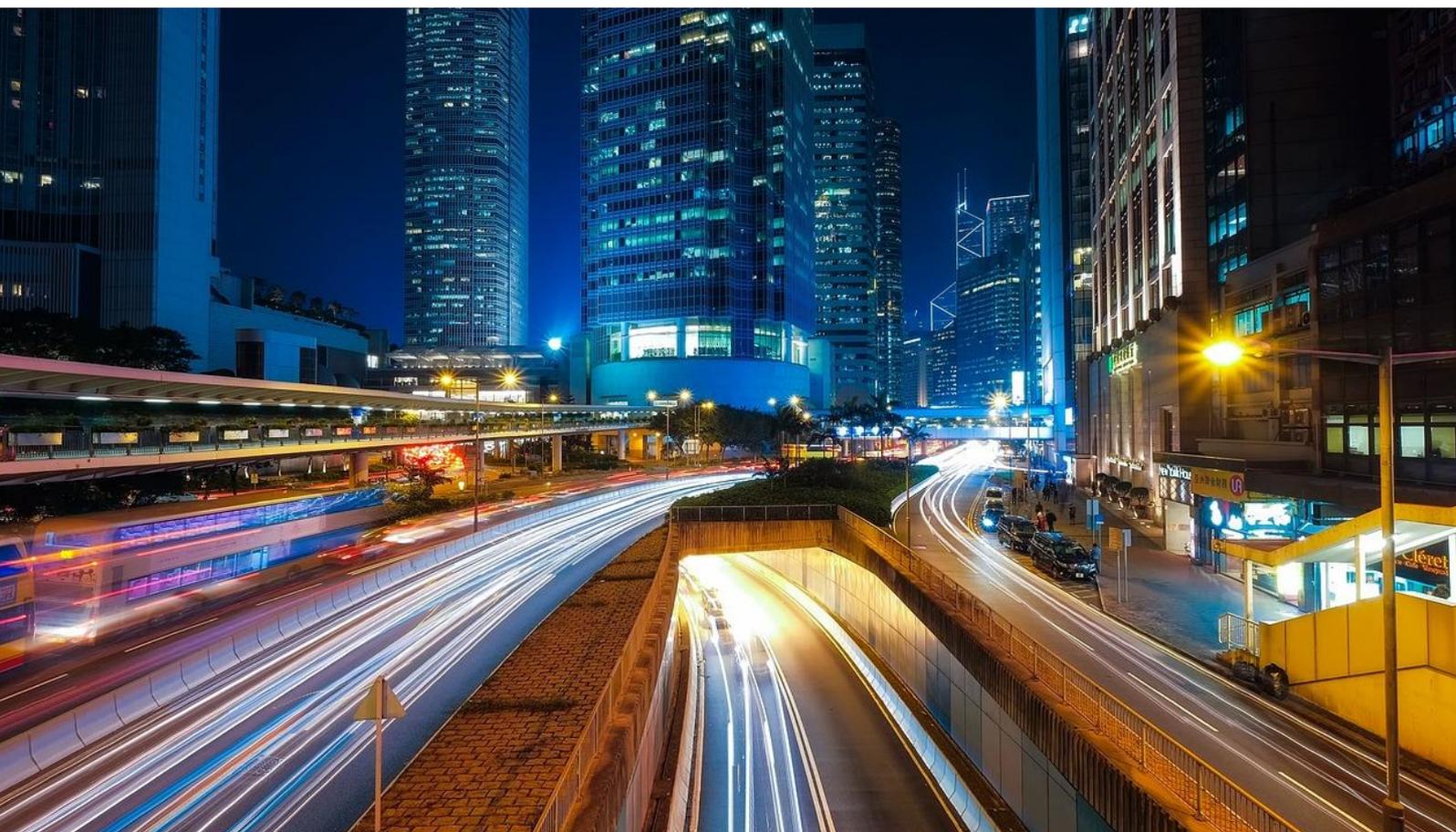
本研究报告版权属于中国房地产业协会智慧建筑研究中心、中国城市科学学会绿色建筑研究中心，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本研究报告文字或者观点的，应注明来源。

本研究报告中陈述观点的解释权均由其作者专属所有。

获取更多案例信息与研究内容

<https://www.smartbuilding.org.cn> (中房协智慧建筑网)

<https://www.sbuiding.cn> (中城科智慧建筑网)



概述

本报告通过问卷调研、访谈、文献研究等方式，对智慧建筑发展情况进行了系统梳理。在认知层面，随着物联网（IoT）、云计算、人工智能等新一代数字技术的深入落地应用，以及感应器、控制器研发和生产的迭代优化，智慧建筑发展迅猛，标准体系建设和项目实践蓬勃发展，参与智慧建筑实施的建筑设计、智能化系统建设以及建筑运营企业普遍认为当前智能建筑已经开始向智慧建筑过渡，具备智慧特征的建筑管理系统呼之欲出，行业发展的市场空间广阔。

在智慧建筑实施的必要性方面，研究从建设过程和政策引导两个维度开展了调研分析。对于建设过程的设计与开发阶段，研究从设计者、决策者、使用者三个不同的视角，分析了智慧建筑对于设计行业、地产开发以及物业管理的影响；对于政策引导维度，研究从建筑性能评价角度，结合当前主流可持续建筑评价标准，对智慧建筑技术在其中的内容要求和贡献度进行了定性和定量分析。

研究认为，价值兑现是商业行为可持续推进的核心因素。在这部分，研究从销售、运维以及资产评估着手，通过调研证明了智慧建筑在租售表现、建筑使用性能、可持续发展绩效以及投资回报四个方面具有显著效益。

报告同时认为当前智慧建筑发展仍存在阻碍与短板，需要在个人隐私与数据安全、功能设计与需求匹配、可持续运维三个方面进行强化；对于智慧建筑发展的趋势与展望，报告认为融合创新是未来最确定的主题。



调研工作开展情况

利用线上、线下相结合的方式开展调研，线上调研为半定向发送调研问卷链接，线下调研为定向发放调研问卷，共收回调研问卷226份，其中有效问卷210份。

使用者

设计者

管理者



花旗集团大厦（上海），2005年竣工，2022年进行智慧节能改造，美的楼宇科技

目 录

一、认知演进—从智能到智慧	1
1.1 国内外智慧建筑发展情况	1
1.2 设计、建设、运行企业参与情况	7
1.3 行业发展的市场空间预估	12
二、设计与开发	14
2.1 重新定义建筑——设计者视角	14
2.2 洞察决策需求——决策者视角	18
2.3 以人为本，智慧场景的创新应用——使用者视角	20
三、长效驱动	27
3.1 绿色建筑中的智慧建筑技术	27
3.2 高能效建筑中的智慧建筑技术	33
3.3 低碳建筑中的智慧建筑技术	34
四、价值兑现	39
五、阻碍与短板	45
5.1 个人隐私与数据安全性	47
5.2 功能设计与需求匹配	48
5.3 可持续运维	49
六、趋势与展望	51
6.1 趋势	52
6.2 展望	56

The Henderson (HK, 2023)



1

认知演进—从智能到智慧

1.1 国内外智慧建筑发展情况

1.2 设计、建设、运行企业参与情况

1.3 行业发展的市场空间预估



1.1 国内外智慧建筑发展情况

1.1.1 智慧建筑理念的形成

在全球城镇化与城市持续发展进程中，为了应对各类挑战，人们不断提高对建筑可持续发展的要求，由此产生了节能建筑（Energy Efficiency Building）、绿色建筑（Green Building）、智能建筑（Intelligent Building）等建筑设计理念。近些年，极端气候事件频发，应对气候变化，控制温室效应和温室气体排放成为全球共识。在我国，建筑运行能耗和碳排放约占社会能源消耗和碳排放的 22% 左右，由于其基础性、复杂性、长期性，将对我国双碳目标的达成起到关键影响作用，提高建筑围护结构保温隔热性能只能被动的降低建筑采暖制冷用能，调整建筑用能结构，推动建筑用能脱碳才是建筑部门减碳的核心关键。当前，我国建筑节能设计标准的节能要求已基本与发达国家对齐，受建筑保温材料和经济水平制约，物理层面的建筑围护结构被动式节能潜力挖掘已接近极限，建筑节能需要从被动式设计、高效建筑设备以及智慧化、精细化管理等多方面着手，释放协同节能潜力。

随着物联网（IoT）、人工智能（AI）、信息通信技术（ICT）、传感器等新技术的深入研究和广泛应用，建筑行业的智慧化特点愈发显著，在智能建筑的基础上，智慧建筑（Smart building）的理念逐渐形成。广义上看的话，将通信技术、计算机技术和自控技术融合应用的建筑都是智慧建筑，狭义上来讲，智慧建筑是全信息建筑，是智能建筑和全生命周期管理系统、一体化网络、使用管理者、认知及智能计算的综合体，是智能建筑在空间、时间维度上的扩展。不同机构发布的标准，对于智慧建筑的定义略有差异。一般认为，智慧建筑在大幅减少人为干预操作的同时，依旧能为人们提供符合预期的服务，提高人们在室内活动的质量，满足安全、舒适、能源效率和健康等多方面的要求。换言之，智慧建筑较现有的常规建筑，具备了自动优化管理的“大脑”，不必过多依赖人为操作就可以准确感知外在变化，并快速做出响应，实时调整运行状态，达到一个新的需求平衡。



图 1-1 可持续建筑发展脉络（以公建为例）

“BIM”、“物联网”、“云计算”、“人工智能”、“传感器”等词汇在上述文献中频繁出现，凸显出新一代数字技术对建筑从智能迈向智慧的推动作用，而这些专业词汇，也构成了各类机构对于智慧建筑的理解和定义。

中国房地产业协会认为智慧建筑是指利用物联网、云计算、大数据、人工智能等技术，通过自动感知、泛在连接、及时传送和信息整合，具有自学习、自诊断、辅助决策和执行能力，实现安全可靠、绿色生态、高效便捷、经济节约的建成环境²。

阿里巴巴集团认为智慧建筑是以客户体验为驱动，以物联网（IOT）、云计算为支撑，以建筑内的人、设备、环境等要素为数据源泉，将建筑数据汇聚到统一的平台，并通过机器学习形成的数据智能及应用开发者形成的群体智能，服务于建筑使用者的开放生态系统³。

微软（中国）有限公司指出智慧建筑能对人的想法与行为进行模仿、预判、感知与响应，并通过楼宇的精确控制全面满足人的需求，具有自适应、自学习、自协调和自寻优的能力，实现环境随心而动，用户舒适高产的建筑环境⁴。

智慧建筑是数字化转型下的建筑物新概念，需要透过工程学、社会学、哲学和经济学的维度进行观察和策划，它是为迎接智慧社会而建设的城市新型基础设施。当前，物联网、大数据及人工智能等技术深入应用于建筑和城市，正在逐步改变我们的生存空间和行为方式，必将塑造出体现数字文明的人与建筑物。



程大章

同济大学 教授

住建部科技委智慧城市专委会 委员

国际标准化组织 ISO 发布的 37173:2023 Smart community infrastructure — Development guidelines for the information system of smart buildings（智慧社区基础设施——智慧建筑信息系统开发指南）认为智慧建筑是通过有效利用数据、信息和通信技术，能够识别和适应预期和意外变化的建筑，并不断改进预测和行动，以应对建筑价值、城市活动和城市运营的各种需求。

综上所述，智慧建筑的典型技术特征如下：

- 1) 实现更高的建筑能效；
- 2) 对外部环境变化进行响应；
- 3) 对用户的需求进行回应；
- 4) 利用先进技术实现建筑系统自我进化与管控。

² 《智慧建筑评价标准》T/CREA002-2020T/CBIMU14-2020，中国房地产业协会,中国 BIM 联盟.

³ 智慧建筑白皮书. 阿里巴巴集团, 2017.

⁴ 科技赋能建筑白皮书. 微软（中国）有限公司, 2019.

1.1.3 智慧建筑相关标准体系的建立

在 20 世纪 80 年代初期，美国首次将“智能化”的理念注入建筑中，建造了第一座智能建筑——美国康涅狄格州哈特福德市的“城市广场”（City Place）大楼⁵。随后，在对智慧建筑的研究和实践中，美国发布了一系列智慧建筑标准，如美国霍尼韦尔公司发布的智慧建筑评价体系，美国电信产业协会（TIA）发布的智慧建筑评价体系，Wired Score 组织发布的 Smart Core 评价体系，BOMA BEST 发布的 BOMA BEST Smart，Smart Building Collective 发布的 SBC Framework 等等。欧盟方面也展开了智慧化指标研究（SRI），截止到目前，欧盟中 8 个成员国正在基于 SRI 的框架下，开展适应本土特点的智慧建筑标准体系测试。

伴随着我国智慧城市建设工作的推进，国内相关机构也积极开展了智慧建筑的标准化体系建设。2020 年，中国房地产业协会率先颁布了《智慧建筑评价标准》T/CREA 002-2020，随后，中国建筑节能协会发布了《智慧建筑评价标准》T/CABEE 002-2021，中国工程建设标准化协会发布了《智慧建筑评价标准》T/CECS 1082-2022，中国城市科学研究会发布了针对办公建筑类型的《智慧办公建筑评价标准》T/CSUS 16-2021。

智慧建筑相关软硬件企业通过将先行实践经验 and 研究成果形成了企业版的智慧建筑评价标准，客观上推动了智慧建筑行业的发展，但显然，当前众多行业组织发布的评价标准表示智慧建筑标准已经进入了团体标准时代，虽然名称和发布主体有差异，但在导向上，各标准具备以下共同特点：

(1) 智慧建筑理念、技术与装备在建筑中的融合应用：如建筑自学习、自调整、自进化、实时在线感知等理念的体现；物联网、云计算、大数据、人工智能、边缘计算等新一代信息技术的应用；高精度感知设备、监控设备、智能家居/办公等设备的联合应用。

(2) 人、建筑、环境与机械等方面的融合与协调：通过自动感知、泛在连接、及时传送和信息资源整合等方式加强建筑与外界的互动，让建筑具备自学习、自进化的能力。

(3) 实现环境效益、经济效益与社会效益的最大化：通过智慧技术促进建筑实现绿色生态，提升建筑经济附加值，保证建筑能切实满足使用者需求。

物联网、大数据、人工智能等加速了智慧建筑研究与实践的进程，然而在技术更新与突破、产业融合与互塑迅速发生之际，相关的标准化工作还需要快速跟进完善，质量高、共识广、应用多的标准对于行业的健康有序发展至关重要。



万碧玉

ISO/TC268/SC1/WG4 与 TG2 召集人，国家智慧城市标准委员会总体组副组长，教授

⁵ Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection, Osama Omar.2018

中国房地产业协会 《智慧建筑评价标准》	信息基础设施	数据资源	安全与防灾	资源节约与利用	健康与舒适	服务与便利
	智能建造	创新应用				
中国台湾 《智慧建筑评价标准》	综合布线	资讯通信	系统整合	安全防灾	节能管理	健康舒适
	设施管理	智慧创新				
中国建筑节能协会 《智慧建筑评价标准》	架构与平台	安全与安防	绿色与节能	健康与舒适	高效与便捷	创新与特色
霍尼韦尔 《智慧建筑评价体系》	安全与安防	绿色与节能	高效与便捷			
TIA 智慧建筑评价体系	建筑基础设施	内外部通讯连接	电力能源	信息管理	可共同操作的系统	机械学习与AI
	创新和服务可达性					
SRI (欧盟建筑智能化指标)	供暖	供冷	生活热水	通风控制	通风控制	照明
	动态建筑围护结构	可再生能源	需求管理	电动汽车充电	其他	
中国城市科学研究会 《智慧办公建筑评价标准》	安全保障	健康舒适	工作效率	管理效益	用户满意度	

图 1-5 智慧建筑技术指标体系



1.1.4 智慧建筑建设实践

自 1984 年美国哈特福德（Hartford）智能建筑 City Plaza Building 建成后，智慧建筑在全球各国均有不同类型、不同规模的建筑实践，早期，我国智慧建筑项目屈指可数，但在近些年，随着信息基础设施、IT 研发和制造能力的进步，我国智慧建筑实践呈现加速态势。



City Plaza Building(1984)
全球首个智能建筑



巴林世界贸易中(2008)
首座风力发电建筑



杜克能源中心(2010)
整合多个独立建筑系统



240 Blackfriars Road(2014)
共享办公空间应用典范



The Edge(2015)
最智慧的建筑



平安国际金融中心(2016)
高度、安全、智慧结合



英国彭博总部大楼(2017)
可持续发展建筑的典范



腾讯滨海大厦(2017)
智慧建筑新地标



151 北富兰克林(2018)
最智能办公大楼奖



以色列英特尔办公楼(2019)
最聪明的建筑



Bee'ah 总部大楼(2020)
零能耗智慧建筑



南京长江都市智慧总部(2021)
铂金级智慧建筑



微软赫兹利亚园区办
公楼(2022)
灵活网络建筑



美的总部智慧建筑群
(2023)
和谐智慧办公综合体



华润南京雨花置地中心
(预计 2024 年建成)
三星先锋级智慧建筑



香港 The Henderson (预
计 2024 年建成)
三星先锋级智慧建筑

图 1-6 不同阶段全球典型智慧建筑(部分)

1.2 设计、建设、运行企业参与情况

智慧建筑改变了人与建筑的互动方式，赋予了建筑生命，使建筑自主进化成为可能，这样的变化，无疑给行业参与各方带来了巨大的挑战和机遇。百舸争流，奋楫者先，设计、建设、运行管理各环节企业如何把握行业发展大趋势，从而形成新的增长曲线？

1.2.1 建筑设计企业

设计赋予建筑灵魂，在智慧化技术的帮助下，建筑设计师可以更直观、更高效的表达设计构思，从甩图板到 BIM（建筑信息模型）软件，从凭借经验构想气流走向到采用 CFD 进行精细化模拟分析，应该说智慧化技术帮助设计行业提高了生产力，使得作品更有生命力。进入到智慧建筑时代，技术的迭代开始加速，建筑设计师可以借助人工智能（AI）生成建筑户型图、总平面布局图（如小库科技），可以借助基于 BIM 的建筑环境分析快速了解建筑建成后的能耗、采光（如 PKPM）。

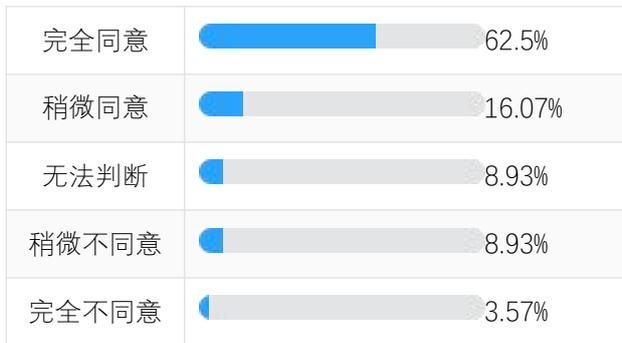


图 1-7 对项目要求增加智慧建筑设计的态度

新技术可以改变设计的方法，却无法改变设计的本质，即发现建筑使用者的真正需求，并创造性的设计出满足这种需求建筑或建筑空间。在面对数字化浪潮时，建筑设计师对智慧建筑设计的态度如何？调研显示，62.5%的受访者认为完全同意增加智慧建筑的设计内容，仅有 12.5%的受访者持反对意见（图 1-7）。

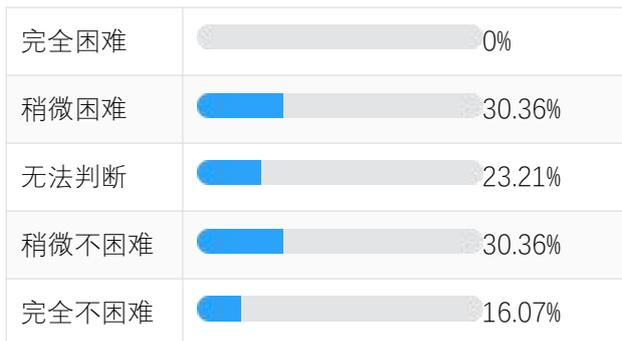


图 1-8 智慧建筑功能设计与专业融合难度

虽然大部分建筑设计师认为建筑智慧化在建筑设计中非常重要，但在智慧建筑功能设计与自身专业的融合上，仅有 16.07%的受访者认为完全不困难，其余受访者都存在不同程度的困难，同时，令人惊讶的是，认为完全困难的受访者是 0（图 1-8），显示出智慧建筑技术和产品应用的复杂性，迈入的门槛不高，但设计与技术、功能与产品的融合好的难度大。

建筑设计师的困境源于传统模式下建筑设计企业在房地产产业链中的定位，在这一模式下，建筑设计企业提供施工图，但不参与选材和施工，更不能在施工图设计文件中明确指定产品，因此，虽然有学习、了解智慧建筑技术和产品的压力，但并没有充分掌握和应用的动力，对于不同技术和产品的差异性缺少关注，体现在具体项目的开发上，就呈现出认知和技术的断层，这种现象虽然和建筑设计企业以及建筑师直接相关，但并非由建筑设计企业和建筑设计师所造

成，在“建筑全生命期管理”、“建筑师负责制”、“建筑全过程咨询”理念和模式提出和实践后，产业链整合有望改变这一局面。在任何时候，先锋企业都会更早感知到行业发展趋势，并顺势而为，提前做出改变，智慧建筑设计领域亦如此，我们可以看到智慧建筑设计先锋企业中，既有从智能建筑开始，持续推动行业发展至今的中坚力量，也有融合绿色、健康、低碳理念的智慧建筑设计新锐。在这些先锋企业的认知里，智慧建筑已经不是单纯的智慧建筑技术的简单应用、叠加，而是建筑设计和智慧建筑技术的有机融合，建筑功能和价值的重塑。

智慧建筑设计先锋企业 (部分)：

上海现代建筑设计（集团）有限公司

华东建筑设计研究院有限公司

上海市建筑科学研究院有限公司

北京市建筑设计研究院股份有限公司

中国电子工程设计院股份有限公司

南京长江都市建筑设计股份有限公司

香港华艺设计顾问（深圳）有限公司

同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司

四川省建筑设计研究院有限公司

华汇工程设计集团股份有限公司

智慧建筑不是一种新的建筑形态和类别，它是在数字科技背景下，在绿色、健康、可持续发展理念指引下，为更好适应建筑使用者、运营者、建造者需求，对建筑提出的新能力需求。



唐觉民

南京长江都市建筑设计股份有限公司
智慧建筑研究院院长



图 1-9 南京长江都市智慧总部

南京长江都市智慧总部，地上 16 层，高度 68 米，用地面积约 1568.06 平方米，建筑面积约 24509.10 平方米，楼内正常办公使用人员约 840 人。项目获得绿色建筑三星级运行标识（2022）、健康建筑三星级运行标识（2022）、智慧办公建筑铂金级标识（2023）以及江苏省建筑产业现代化优秀项目、江苏省新型建筑工业化技术集成示范项目、住房和城乡建设部智慧建筑科技示范工程等荣誉。

- 项目亮点：**
- ◎ 基于公有云构建智慧建筑“云、边、端”一体化技术架构，实现软硬一体化交付
 - ◎ 集成十余项应用，形成完善的智慧办公建筑通用场景
 - ◎ 基于 BIM 技术，建设涵盖人、空间、设备的全要素可视化数字孪生运维平台

1.2.2 系统供应商

建筑智能化业务具有先天的复杂性、综合性，以往对利用综合布线技术、楼宇自控技术、通信技术、网络互联技术、多媒体应用技术、安全防范技术等将相关设备、软件进行集成设计、安装调试、界面定制开发和应用支持的企业业内称之为系统集成商，集成商提供的系统集成服务可以是一个或多个子系统，包括综合布线、楼宇自控、电话交换机、机房工程、监控系统、防盗报警、公共广播、门禁系统、楼宇对讲、一卡通、停车管理、消防系统、多媒体显示系统、远程会议系统。物联网、云计算、人工智能与建筑深度融合后，建筑智能化体现出更多的智慧特征，基于场景的驱动，促使系统集成从设备系统集成商、应用系统集成商向综合解决方案供应商转变，由于这一过程当下还在持续发生，我们暂以系统供应商一语概之。

在智能建筑阶段，建筑系统的应用具有非常明确的实际价值导向，如节能、安全、管理效率等，但随着人民生活水平的提高、可持续发展理念的普及，建筑的使用不再只是满足基本功能，而对建筑所营造的绿色、健康、智慧的生产生活方式提出了更多个性化的要求，在对智慧建筑主要功能的调研中，我们可以看到能源管理与优化、智能空调控制、智能安全监测与预警依然是重点，但社交和互动功能需求已然出现，且受访者认为此部分应给与的关注并不低（图 1-10），可以与这一结果形成呼应的是，在对智慧建筑建设关键影响因素的调研中，用户体验提升效果是该问题得分最高的选项（图 1-11）。



图 1-10 当前智慧建筑系统功能设计

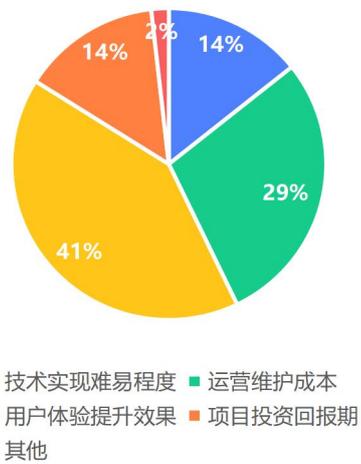


图 1-11 当前智慧建筑系统功能设计

用户体验提升效果可以说是智慧建筑系统建设成败的关键，无论是建筑使用者、管理者还是开发者，都需要能够清晰的感知到智慧建筑的不同之处，这个目标的实现需要智慧建筑系统设计、建设和运维全过程协同，对智慧建筑产业链的整合、价值链的打通能力要求较高。在对现有智慧建筑建设模式存在问题的调研中，“前期调研定位不准确”、“技术方案设计不当”、“运维模式设计不合理”以及“项目投资预算不足”四个方面的得分都接近 50%，而其他原因与其相比，基本可以忽略。这样的结果似乎说明从投资到设计，再到运维，每个环节都有问题，反映了当前我国智慧建筑建设各环节割裂，缺少延续性、一致性的现状。造成这一现状的成因是多样的，

但放任这一现状继续延续的后果是很严重的，会持续侵蚀利益相关方对智慧建筑价值的认可。

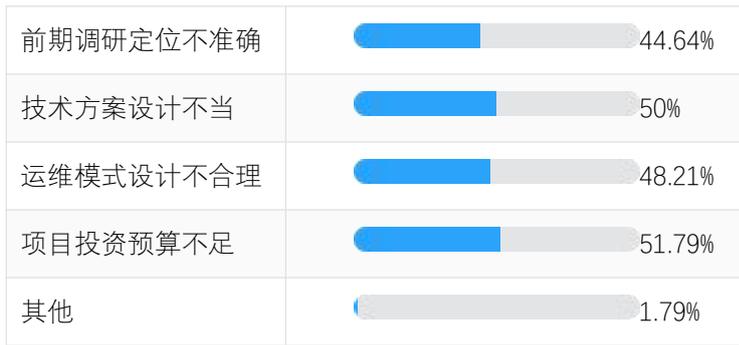


图 1-12 现有智慧建筑建设模式存在的问题

改变正在发生，对智慧建筑建设方法论的研究和实践已出现突破，美的楼宇科技联合业内专家、生态伙伴、客户发起了智慧建筑数字化总承包（DEPCO）倡议，以资产价值成长为驱动，将建筑数字化咨询、实施方案设计、采购与成本管理、建设和运营融合为一体，形成一套智慧建筑数字化建设服务体系。

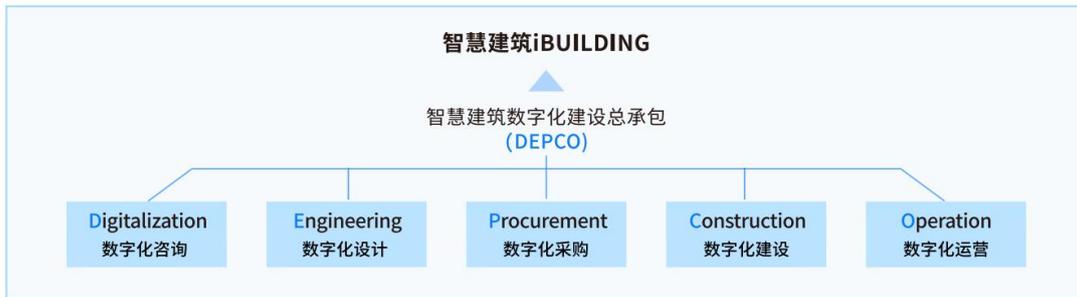


图 1-13 智慧建筑数字化建设总承包模式⁶

DEPCO 模式的核心作用是解决了智慧建筑软硬件一体化交付如何闭环和项目交付与持续运营如何闭环的问题，只有实现了这两个闭环，智慧建筑的全生命周期价值链才有可能闭环，才能真正的释放智慧建筑的价值潜力，实现从咨询、设计、采购、建设、运营全过程的价值成长。

智慧建筑系统供应商（部分）：

- 江森自控
- 霍尼韦尔
- 达实智能
- 美的楼宇科技
- 清华同方
- 捷顺科技
- 微筑科技
- 延华智能
- 万安科技
- 海康威视

大数据时代 (DT) 的智慧建筑将成为一个具有感知和永远在线的“生命体”、一个有大脑的自进化智慧平台、一个人机物深度融合的开放生态系统，将帮助建筑以最绿色、最生态的方式运行，帮助建筑使用者营造更安全、高效和便利的服务与环境，需要开发商、集成商和运行商在开放的创新平台中以共享经济的模式，降低智慧建筑的建设和运营成本。



孟涛
美的楼宇科技研究院 院长

⁶ 智慧建筑数字化建设总承包（DEPCO）模式研究报告 2023.美的楼宇科技研究院

1.2.3 建筑运管企业

建筑能耗限额管理是促使建筑运管企业实施节能智慧改造的直接驱动力，以北京为例，北京市住房和城乡建设委员会、北京市发展和改革委员会等管理部门联合发布了《北京市公共建筑电耗限额管理暂行办法》，对纳入管理的公共建筑，每年核定能耗限额，连续两年考核不合格的，北京市城市管理委将其优先列入有序用电范围，北京市住房和城乡建设委员会根据《北京市民用建筑节能管理办法》相关规定责令其改正，可处3万元以上10万元以下罚款。

对于功能简单和规模较小的建筑，似乎实施智慧建筑的必要性并不是很大，依靠人工进行管理和操作也可以达到近似目的，城市土地价格高企，建筑功能愈发多样化，规模也越来越大，此时仍依靠人工进行管理和操作的弊端就很明显了，因此，我们可以在一些大型公共建筑中看到智慧建筑技术的普遍应用。但实际上，长期来看人工成本也是一笔不可小觑的支出，在大型公共建筑运管中已经证明的智慧建筑措施管理效率提升和运维成本降低放在中小建筑中同样适用，考虑到我国房地产业从新建开发到存量维护的转变，可以发现近几年，大型房地产开发企业已经开始布局智慧物业管理，甚至提前在自己开发的住宅项目中进行智慧化配置，为后续的长期物管奠定基础。



由于调研未根据建筑类型区分调研对象，因此，从结果来看，降低运维成本、优化能源管理和提升运营效率分列智慧建筑实施目的的前三，提高建筑服务水平选项得分偏低，似乎反映出大部分人依然认为关键硬件设施的重要性超过整体软服务能力建设。

图 1-14 建筑运管企业实施智慧建筑的期望

建筑运管企业参与案例（部分）：

- 深圳智慧园区信息技术有限公司
- 万达商业管理集团有限公司
- 中化金茂物业管理（北京）有限公司
- 中能建城市投资发展有限公司
- 深圳市星河产业投资发展集团
- 中冶置业集团有限公司
- 龙湖物业服务集团有限公司
- 深圳左邻永佳科技有限公司
- 重庆团万家科技有限公司
- 杭州绿城信息技术有限公司

智慧建筑技术对于购物中心而言，不仅仅是节能提效，更重要的应用是连接，连接用户与商家、连接线上与线下，连接各项服务设施，创造出超预期的、更具未来感的消费场景，增强消费体验，产生更高消费粘性。



薛峰

万达商业管理集团北区公司
市场营销部副总经理

1.3 行业发展的市场空间预估

从行业整体看，Fortune Business Insights 的数据显示（图 1-15），全球智慧建筑市场规模预计将从 2023 年的 969.6 亿美元增长到 2030 年的 4082.1 亿美元，复合年增长率为 22.8%。

从中国来看，据前瞻产业研究院数据显示（图 1-16），2020 年，中国新增智慧建筑市场需求规模为 2590 亿元，预计至 2026 年，中国新建智慧建筑市场规模达约 3968 亿元。无论是从全球还是中国市场预测结果来看，智慧建筑整体市场规模均呈快速增长趋势，这一增长主要受到地方政策、科技发展与市场需求（如节能环保、用户使用等）等因素的推动。

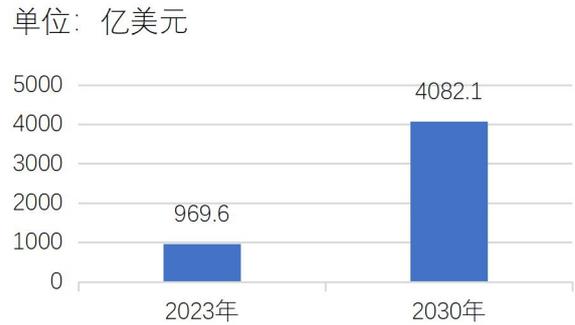


图 1-15 全球智慧建筑市场规模
(数据来源：Fortune Business Insights)

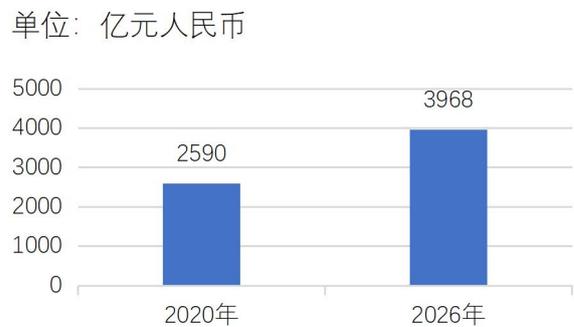


图 1-16 中国新增智慧建筑市场规模
(数据来源：前瞻产业研究院)

市场规模的几个影响因素：

(1) 政策

在全球范围内，不同地区出台了各种政策以支持智慧建筑的发展，这些政策主要集中在激励低能效、高能耗建筑以智慧化技术进行节能改造，达到降低能源消耗的目的。

如欧盟在 2018 年更新了欧盟能效指令（Energy Efficiency Directive），要求成员国制定长期战略，以促进投资于建筑物的能效改进，对新建筑和翻新建筑施加严格的能效要求，并制定了 Smart Readiness Indicators 来加强智慧技术在建筑中的应用。

我国在 2021 年发布的《“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要》中表明要积极发展数字技术提升建筑节能降碳能力，加强智慧城市发展。此外，2023 年发布的《数字中国建设整体布局规划》也明确要加强传统基础设施数字化、智能化改造。内外政策的一致性提高了智慧建筑发展空间预测的确定性。

(2) 技术更迭

随着国内企业对于研发的重视，传感器、控制器等关键智慧建筑设备的研发和生产取得了突飞猛进的发展，各种新型传感器、高性能传感器不断涌现，应用成本不断降低，而应用效果则不断提升，促进了国产替代，成本的下降也意味着目标客户范围的扩展和利润的增加。

在新一代数字技术方面，物联网技术强化了数据获取的便利性和准确性，使得基于海量数据进行分析 and 优化成为可行之举；数字孪生技术在设计、建设和运维阶段的应用，使得全程可视化从梦想变成现实，提高了客户教育效率；而云服务、边缘计算则提高了数据处理能力，降低了使用门槛和使用成本，进一步扩宽了行业发展的空间。

(3) 消费取向

近年来，卫生安全问题频出，因空气污染导致的过敏性疾病加剧，因突发流行疾病导致呼吸系统疾病风险增加。据友绿智库数据显示，受疫情影响，中国 60%受访者希望拥有一套健康好房子，而要保证人体健康和室内良好的环境就需要通过安装空气质量、温湿度、水质等传感器，配合环境、水质净化等设备，实现对建筑内环境的持续监测、预警和控制。



图 1-17 美的工业园区西区

美的工业园区西区(图 1-17)包含 C 栋办公楼和生产车间，总占地面积约 20,000 平方米，建于 90 年代。2021 年，美的楼宇科技以 iBUILDING 数字化平台为核心，聚焦建筑楼宇信息流、能源流、交通流、体验流，打造“美的 LIFE 数智建筑”解决方案，融合场景体验、服务体验、能效管理、健康环境、安全保障等与建筑全生命周期的数字化服务。

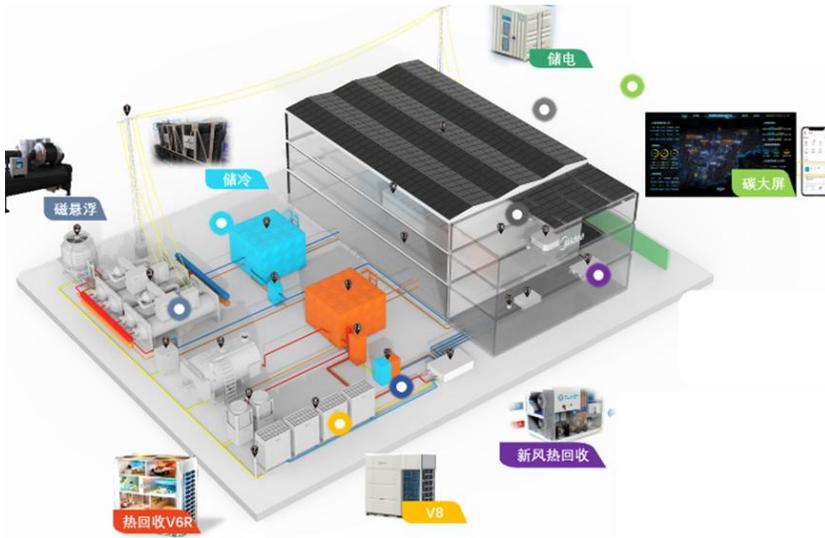


图 1-18 美的 LIFE 数智低碳解决方案应用

在园区办公区域，MDV8 搭载三重自适应调节 MOS8.0，通过建筑空间特征识别、系统冷媒温度判断、室内机风量流量自适应三步实现主动节能，搭载的新型冷媒回收设备，冷媒回收率达到 99%，在充分挖掘节能潜力后，率先在办公区域实现了碳中和目标。

此外，iBUILDING 美的楼宇数字化平台也被应用到办公、工厂生产场景中，把智能访客、能源应用、无人化生产、智慧暖通、智慧办公、楼宇自控，光伏、照明、楼控等子系统的数据交互接入，实现了统一管理。园区内工作人员可通过美的自主开发的“碳积分 APP”小程序进行自身的碳管理，并兑换相应奖励。访客来临时，访客系统和暖通、新风系统相连，暖通系统根据访客规模实现负荷调节，新风系统根据二氧化碳浓度调节风量，从而降低能耗。



中国海外大厦，2023，延华智能

2

设计与开发

2.1 重新定义建筑——设计者视角

2.2 洞察决策需求——决策者视角

2.3 以人为本，智慧场景创新——使用者视角



上海龙信中心，2023

2.1 重新定义建筑——设计者视角

建筑是一种横跨多领域、涉及多方面的长生命周期产品，区别于传统的满足基本功能要求的建筑设计，当前建筑设计师正面临着满足涵盖智慧化、人性化、可持续性、灵活性、低碳性等多维度需求和期望的设计任务。建筑不再仅仅是物理结构，而是一个与人类生活和环境互动的复杂生态系统（图 2-1）。

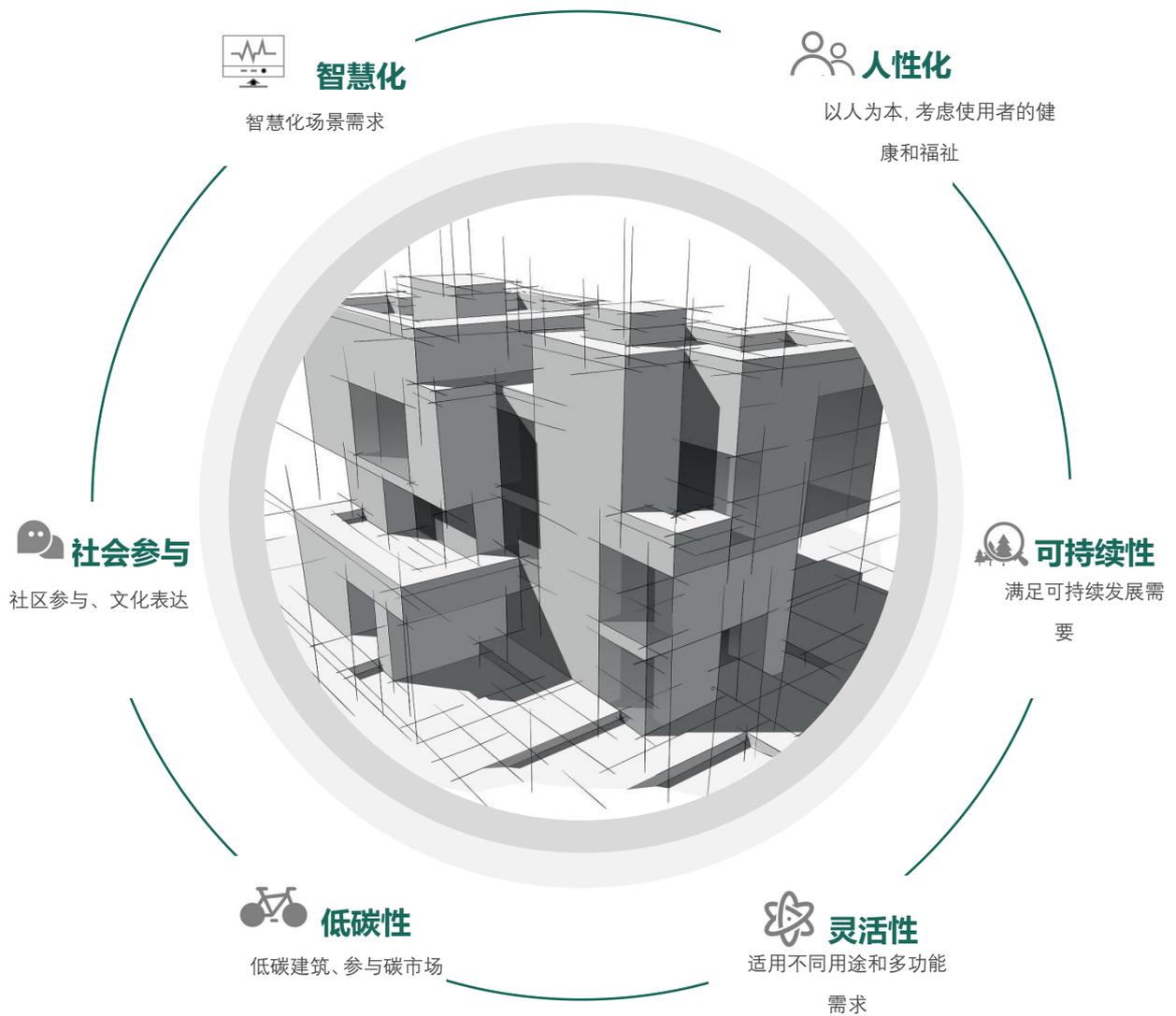


图 2-1 建筑需求的多面性

2.1 重新定义建筑——设计者视角

建筑设计师眼中的智慧建筑

当物联网、人工智能、大数据等新一代信息技术在建筑领域得以广泛应用时，建筑不再只是静态的结构，而是一个充满生命力的智能系统。这些技术的普及为建筑提供了实时数据采集、分析和处理的能力，衍生出了多种智慧场景。

调研发现，建筑运行数据的智能分析应用和建筑故障预测与运维的智慧化成为设计师眼中的智慧建筑的核心。建筑运行数据的智能分析应用是智慧建筑的重要组成部分。通过收集和分析建筑运行数据，可以更好地理解建筑的运行状态，优化建筑的使用效率，减少能源消耗。故障预测和智能运维也是智慧建筑的重要功能。通过使用先进的传感器和数据分析技术，预测设备的故障，并提前采取措施进行维护，从而提高建筑的可用性和效率。

建筑设计师们关注的智慧建筑功能

调研发现，建筑领域设计师的关注点主要集中在能源管理与优化、智能空调控制和智能安全监测与预警等功能。其中，能源管理与优化受到普遍关注，也就是通过智能化系统实现能源的高效利用，降低能源成本，减少对环境的影响。智能空调控制则着眼于提供舒适的室内环境，根据实时数据调整温度和湿度，既提高了用户的生活品质，又实现了能源的智能节约。智能安全监测与预警在建筑安全领域发挥关键作用，通过智能监测系统，建筑可以实时识别潜在风险，提前预警，保障人员和财产安全。

总体而言，建筑行业设计师正在积极探索能源节约、环保减排和用户体验提升的智能化解决方案，实现能源的智能管理和安全的智能预警。

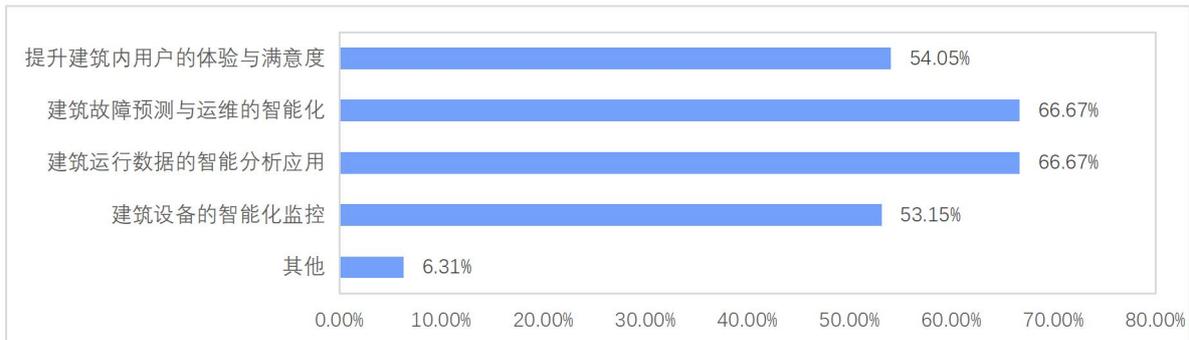


图 2-2 智慧建筑的核心功能——设计者视角

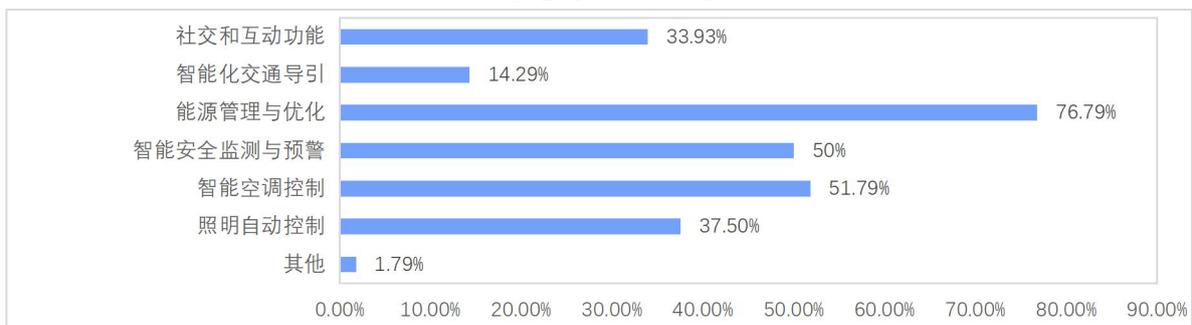


图 2-3 智慧建筑设计中最受关注的功能

2.1 重新定义建筑——设计者视角

智慧建筑设计中参与程度存在差异

在主动参与调研的专业分类上，暖通和智能化专业的比例最高，占比分别达到 25%。其次是建筑专业，占比为 17.86%，显示在智慧建筑设计中不同专业的参与程度存在非常大的差异。

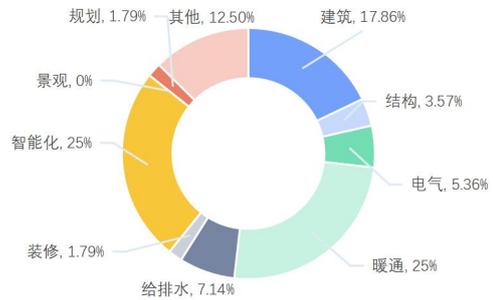


图 2-4 智慧建筑调研设计师专业分布

大多数设计师认为智慧建筑与本专业相关

虽然很多受访的设计师认为智慧建筑是暖通和智能化专业的事情，但令人差异的是，同时绝大多数受访者认为他们的专业与智慧建筑设计也有关联，比例高达 76.79%（包括“完全相关”和“稍微相关”两个选项），这说明大家认为智慧建筑的作用不局限于节能高效。

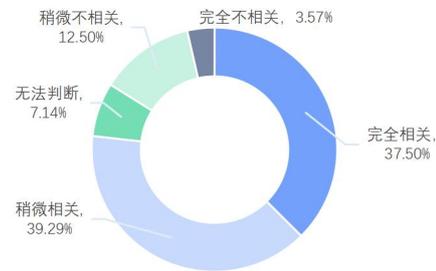


图 2-5 设计师专业与智慧建筑相关程度

不同专业参与智慧的融合难度差异大

约半数受访者认为智慧功能与其专业知识的融合存在一定的难度，表明智慧建筑技术的普及和建筑设计师的知识获取之间存在缺口。不过，也有约 30%的受访者认为这种融合难度并不大，这既可能是已经有实践经验的积累，有可能是其设计中应用的是部分智慧建筑技术，如空调系统的智慧运维，已经有空调生产企业提供从硬件到软件的系统化解决方案。认为完全困难的受访者为 0，表明智慧建筑技术在普及上已经做到了全覆盖。

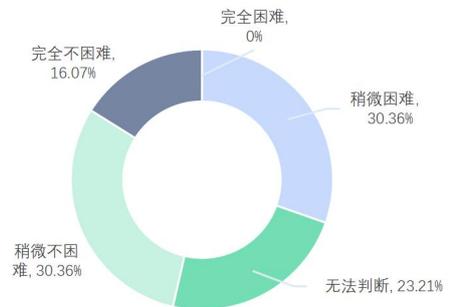


图 2-6 设计师专业与智慧建筑融合难度

大多数设计师对增加智慧设计持积极态度

对于增加智慧建筑设计，大部分设计师持积极态度，62.5%完全同意，总共 78.57%受访者持积极态度，仅有 3.57%的受访者持反对态度。

以上结果表明，建筑智慧化浪潮已经覆盖到所有人，但在认知和应用的深度上，还有很多工作要做。

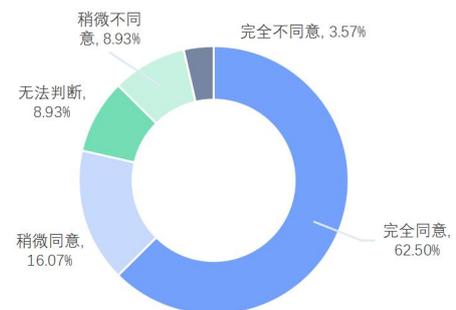


图 2-7 设计师对增加智慧建筑设计的意愿分布

2.1 重新定义建筑——设计者视角

设计原则

功能性是建筑设计师认为最重要的因素

在智慧建筑设计中，参与者普遍认为功能性、经济实用性和技术创新性是最重要的三个因素，分别占比 44.64%、37.5%和 12.5%。相较之下，美观性和环保性的重要性较低，分别占比 1.79%和 3.57%，这一方面说明了大多数智慧建筑设备安装位置隐蔽，不易直接看到，另一方面也体现了对于操控和可视终端美学表现的不重视。

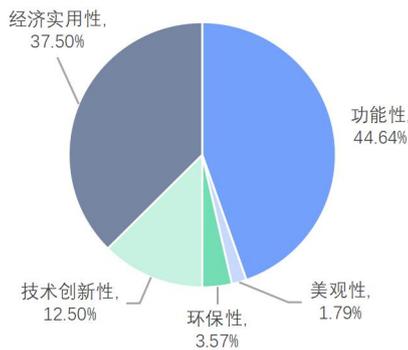


图 2-8 智慧建筑设计因素重要性 (建筑设计师)

系统设计师更注重创新性和实用性

与建筑设计师的看法相近，智慧建筑系统设计师（不一定是建筑设计机构的电气工程师）认为设计创新与实用性是首要考虑因素（占比 37.5%），其次是可持续与经济性（占比 26.7%），再次是技术路线与人性化（占比 19.6%）。这表明在系统设计师的视角，智慧建筑技术与建筑融合会有更好的创新表现，而衡量系统建设的优劣考虑因素也更多。

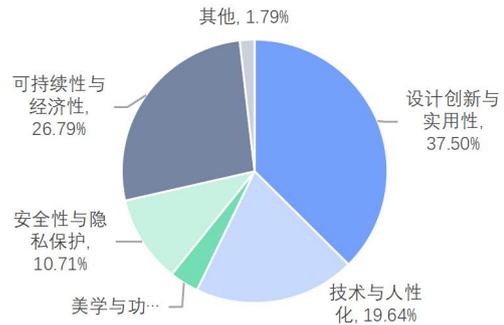


图 2-9 智慧建筑设计因素重要性 (系统设计师)



图 2-10 杭州第十九届亚运会技术官员村智能化项目 (万安智能)

2.1 重新定义建筑——设计者视角

关于智慧建筑技术应用决策的调研

高度认可智慧建筑技术

93.33%的决策者表示他们的场所/设施已经或正在应用智慧建筑技术，这表明相关决策者广泛认可这一技术的潜力，并认为通过应用智慧建筑技术可获得比较明显的投资回报。

应用程度相对较低

尽管高度认可实施效果，但有 53.33%的管理者认为在他们的建筑中智慧建筑技术应用程度不足 40%，这一局面可能是诸多原因造成的，如资金不到位、建筑历史欠账多导致一步到位的改造成本过高、建筑定位和所在区位形成的价值定位不足以支撑较大规模的智慧化改造。

期望智慧建筑带来帮助

虽然管理者在推动智慧建筑技术应用程度提升方面面临较多挑战，但他们仍然期望智慧建筑技术可以帮助他们提高管理和运营水平，改善当前的局面。约 40%的管理者认为智慧建筑技术带来了大于 20%的效益，而 20%的管理者认为获得的效益在 6%到 10%之间，表明他们相信这项技术的潜力，但仍有改进的空间。



≥20%



您认为“智慧建筑”技术给您场所/设施的管理和运营/销售带来多大效益？

在决策者相关问题调研中，总经理、总工程师职位的受访者分别占到了 33.33%和 20%，他们主要来自房地产相关行业，这是智慧建筑实践的主要领域之一，因此他们对该领域的认知至关重要。

决策者之间有分享和协作的积极愿望。有 91.37%的决策者表示愿意与其他决策者分享他们在“智慧建筑”领域的经验和最佳实践。

决策者的首要需求——降本增效

在多样的功能需求中，降低运维成本、提高运行效率的需求最为突出。

数据显示，81.08%的决策者希望通过智慧建筑技术降低运维成本，这反映出他们的强烈需求，借助自动化和智能系统降低日常运维支出。79.28%的决策者希望通过智慧建筑技术优化建筑能源管理。这表明他们致力于降低能源消耗，以满足环保标准和降低能源成本。70.27%的决策者希望通过智慧建筑技术提升建筑的运营效率，这涵盖了减少支出、提高能源和人力资源的利用效率、优化业务流程等多个方面。

决策者期望功能的多样性

决策者对智慧建筑提出了多种期望，反映出对综合性解决方案的迫切需求：

- ✓ 降低运维成本
- ✓ 降低能耗和环保
- ✓ 提高安全性
- ✓ 提高运营效率
- ✓ 用户体验改善

2.2 洞察决策需求——决策者视角

不同决策者的不同考虑

在实现降本增效、提升用户体验、契合未来发展以及稳定性与可靠性方面，建筑开发者和建筑管理者给与相似的重要性排序，都位于选择理由的前四，但在各自的排序上还是存在差异

建筑开发者更关注降本增效和提升用户体验

建筑开发者看重实现项目的降本增效、提升居住/工作体验，前者的目的是降低初投资，以实现更好的投资回报，而后者，则是为了使客户感知建筑品质，以实现更好的销售表现。

建筑管理者更关注降本增效和稳定可靠

建筑管理者关注的降本增效与建筑开发者有显著的不同，指的是运维成本，包含了建筑能源消耗、建筑维护维修以及人工成本。另外，建筑管理者同时还关注稳定与可靠，当前建筑租赁市场竞争压力大，以办公楼市场为例，空置率和租金持续下调，建筑运行管理失误可能会促使部分租户选择解约或不续约。

选择“智慧建筑”的理由是什么？

建筑开发者：

实现降本增效	72.00%
提升用户体验	70.50%
契合未来发展	65.75%
稳定与可靠性	60.50%
增加市场竞争力	57.25%

建筑管理者：

实现降本增效	81.91%
提升用户体验	69.27%
契合未来发展	68.73%
稳定与可靠性	76.64%
社会责任创新	66.55%



图 2-11 决策者“智慧建筑”需求关键词云图

2.3 以人为本，智慧场景的创新应用——使用者视角

“会思考”的智慧办公建筑

2016年，全球知名的IT研究与顾问咨询公司Gartner提出Algorithmic IT operations，意指基于算法的IT运维，随着人工智能技术的发展，近些年该理念逐渐演化为Artificial Intelligence for IT operations，突出了人工智能算法在IT运维中的应用。

在人工运维阶段，建筑运维品质严重依赖运维人员的专业和经验，在关键设备管理上，容易形成效率低但离不开人的情况；在智能化运维阶段，通过部分设备的自动化运行，辅助人工监督和巡检，可以在提升效率的同时，减少低效的管理人员；在智慧化运维阶段，物联网技术通过传感器、数据采集器、视频采集设备等终端可以获得实时的建筑使用数据，应用AI自主进行异常检测和趋势预测，实现自主发现问题、诊断问题、解决问题和性能优化。随着数据中台集成度的提高，这一智慧运维能力可以延申至安防、楼控、能耗等各子系统。

数字化设计、智慧化运维是建筑领域众多节能减排措施中最具潜力的一个领域，基于数据中台的新式IBMS平台技术，可以构建面向能源、环境、设备设施和安全管理等各种实际业务场景的建筑数字化管理系统，保障建筑数据信息有效流转及切实应用，实现综合效率目标并精准识别和准确计量碳排放。



林波荣

清华大学建筑学院 副院长，
教授，博导



项目名称：中交海南总部基地项目1号楼（中交国际自贸中心）

项目地址：中国，海南省三亚市迎宾路东安 CBD 中央商务区

建筑类型：办公、商业综合体

建筑面积：99787 平方米

结构形式：钢结构-核心筒结构

项目亮点：平台通过“BIM+云平台+物联网 IOT”架构，将建筑运维所需要的各个子系统具体化地反馈到综合管控大屏上，实现 3D 可视化运维管理。

安全保障：24 小时可视化监控/多种身份识别方式/消防智能安全管理平台

健康舒适：设置室内环境监测传感器，实现空气温度和相对湿度数据可视化及热环境舒适等级评价、超标报警功能；公共区域的信息发布屏、手机 APP、小程序等终端，向楼内人员共享室内信息

工作效率：人脸识别、虚拟园区卡通行管理/管理信息化多策略安全管理/智慧办公。

管理效益：建筑设备管理/建筑能耗检测与管理/智慧物业管理。

2.3 以人为本，智慧场景的创新应用——使用者视角

广泛认可，多数重视，少数观望

智慧建筑的覆盖范围

从调查问卷和访谈，可以了解到智慧建筑已经在商业、办公、住宅、医疗和教育等领域广泛应用，涵盖了工作、学习、生活和娱乐等各个方面。其中，办公楼是最常见的智慧建筑类型，旨在提高办公效率和员工舒适度。

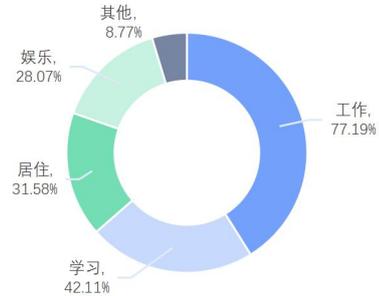


图 2-12 使用者在“智慧建筑”中的主要活动

相对较高的满意度，广泛认可的优势

约 61.5%的受访者表示对“智慧建筑”的整体使用体验感到满意或很满意。同时，整体上高达 84.69%的受访者认为“智慧建筑”比“非智慧建筑”体验更好。这表明多数人对智慧建筑技术有所了解，并在工作和生活中体验了应用的效果，但需要注意的是约有三分之一的受访者（33.33%）的认为体验一般，意味着这些受访者认为智慧建筑技术可有可无，表明智慧建筑的实施效果不够明显。

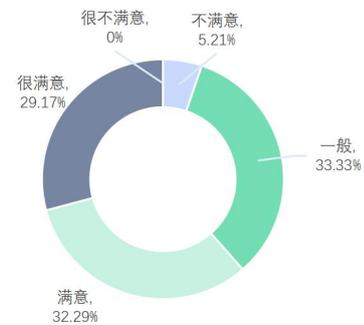


图 2-13 使用者对“智慧建筑”的满意程度

对助力可持续发展的高度认可

高达 93.69%的受访者认为“智慧建筑”对于建筑和城市的可持续发展影响是正面的，这表明智慧建筑、智慧城市的联动，获得了多数人的认可和期待，通过智慧建筑提高能源效率、工作效率、生活效率是社会可持续发展与美好生活目标兼顾的可行路径。

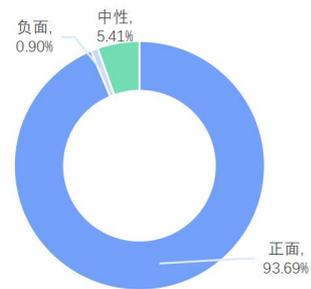


图 2-14 使用者对“智慧建筑”的可持续性认可程度

2.3 以人为本，智慧场景的创新应用——使用者视角

使用者对“智慧建筑” 态度的转变



认可度
提高

需求
多元化

更高
期望值

新技术
适应快

2.3 以人为本，智慧场景的创新应用——使用者视角

在使用场景层面，建筑使用者更关注节能环保、健康和生活体验上的改善

对建筑使用者最喜爱和最期待的智慧建筑功能进行调研，结果显示：

用户对智慧建筑节能环保性能的关注排在首位，这是一个相对意外的结果，以房地产销售的经验来看，用户对于建筑节能率高低的感知性并不高，出现这样的变化，一方面可能是用户对不断升级的环保法规和可持续发展理念接受度提高了，另一方面，也可能是受访者中商业建筑的租用客户多，他们更能够感受到租用费用中的能源支出。

用户对个性化空调和照明控制的关注排到了第二位，在室内舒适度营造和评价方面，温度、湿度、照度是关键且易于感受的指标，虽然相关的设计标准给出了设计参数，但外部气象变化和内部使用者的个体差异，导致实际运行中要达到普遍满意存在一定的难度。

提高建筑的安全性排到了第三位，这一功能诉求包含的具体场景很多，如门禁管理、防高空坠物、室内燃气泄露和水淹报警等，看起来这些内容和生命安全息息相关，应该排在首位，但调研结果显示，仅排在第三位，与实际项目建设现状对比，可以发现，门禁、燃气报警等建筑智能化措施已经普遍应用，但系统的集成、使用的便利性和可视化还不高，有较大的提升空间。

提高建筑的便利性和改善日常活动的生活体验排序靠后，虽然这是跟使用体验关联最紧密的功能和场景，但排序说明可能大部分受访者使用频率低，体验并没有超出预期。



2.3 以人为本，智慧场景的创新应用——使用者视角

融合创新，打造生产生活的新方式

智慧环保垃圾房



图 15 广州万科金域曦府环保小屋（万都时代设计研发）



图 16 广州中海学仕里舒 O 智慧环保垃圾房（万都时代设计研发）

垃圾分类可以兑现垃圾的资源价值和经济价值，减少垃圾处理量和处理设备的使用，降低处理成本和能源资源消耗。在国家发展改革委、住房和城乡建设部的推动下，垃圾分类在各省市迅速推行，成为衡量城市面貌、建筑居住品质的重要指标之一。

垃圾分类管理一直是个难题，在智慧城市建设的牵引下，智能垃圾投放站解决方案应运而生，普遍具备针对可回收物及厨余垃圾投递，集视频监控、语音提示、投口防夹、自动称重、满溢监测等多功能于一体，可实现数据远程监管。

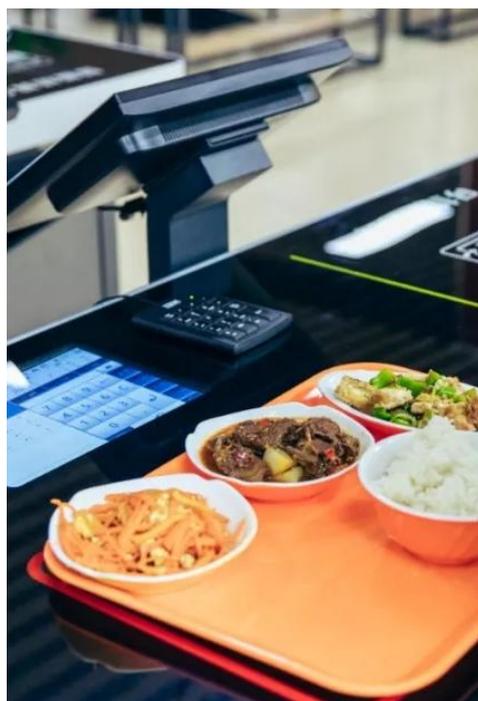
智慧环保垃圾房解决方案应不止于监管，而应从提升建筑使用者对低碳、智慧、环保的体验和感知着手，结合建筑设计，将垃圾投递空间自然融入建筑和环境，从根本上改变垃圾投递脏乱臭、拉低居住品质的痛点。

智慧食堂（餐厅）：

智慧食堂发展至今已近十年，但仍在持续的迭代升级中，有统计显示，目前全国已有智慧餐厅网点约 400 万个，已经出现超大规模企业，其中前十强的营业额接近 400 亿元，相比 2021 年，2022 年智慧食堂数量同比增长 18.4%。

就餐无需饭卡，自动人脸识别；取餐系统自动精准计量扣费，并提供大数据营养分析；手机 APP 实时查看多维度餐饮信息，自主制定统计分析周期；食堂（餐厅）营业成本降低 30%。

智慧食堂（餐厅）的迅速发展验证了“科技改变生活”，体验感拉满且实现多方共赢。应用 RFID 技术升级智能餐桌、智能保温桌、智能消费机等硬件设备，实现无感生产、自动计价、快速结算等；应用 AI 技术快速识别菜品，提高送餐机器人的敏捷性，以及实现餐饮的个性化定制。



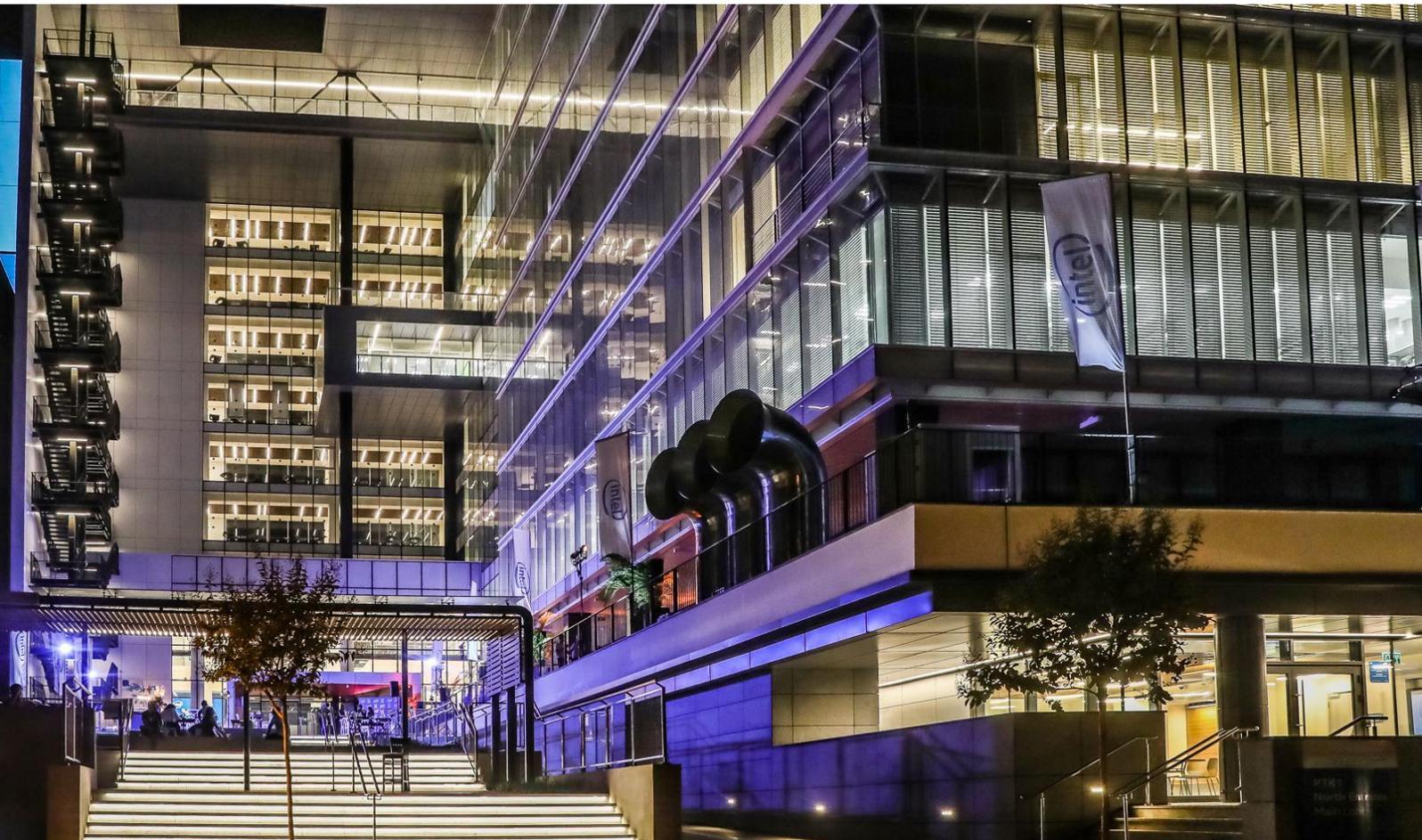
3

长效驱动

3.1 绿色建筑中的智慧建筑技术

3.2 高能效建筑中的智慧建筑技术

3.3 低碳建筑中的智慧建筑技术



英特尔 PTX1, Petach Tikva, 2019

3.1 绿色建筑中的智慧建筑技术

绿色建筑是世界范围内共识最广泛的建筑可持续发展理念，全球已有 30 多个国家和地区发布了绿色建筑设计或评价标准，作为建筑可持续发展领域的集大成者，绿色建筑既重视节能减排，也重视人居环境品质，以及建筑使用者身心健康，是建筑业未来发展趋势的直接体现，对于影响建筑业发展的关键技术、创新技术，有着非常强的引导和支撑作用。

智慧建筑技术是绿色建筑评价体系中的核心内容，并随着《绿色建筑评价标准》GB/T 50378 的修订更新，绿色建筑评价要求中的智慧建筑技术内容和影响权重也在不断提高。



图 3-1 绿色建筑中典型智慧建筑技术应用功能（内图为上海市建筑科学研究院宛平南路项目）

3.1 绿色建筑中的智慧建筑技术

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2006

2006 版绿色建筑评价标准是在北京 2008 年绿色奥运会理念推动下的产物。从现在的视角看，彼时绿色建筑评价体系和评价方法还比较简单，在评价对象是分为居住建筑和公共建筑，评价条文分为控制项、一般项和优选项。智慧建筑技术主要体现在一般项（可选），一共仅 6 条评价要求，约占总条文数量的 **10.53%**。

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014

为适应建筑业发展和国家节能减排工作整体安排，绿色建筑评价标准在 2014 年进行了第一次修订。修订后共有 14 条评价要求与智慧建筑技术相关，约占总条文数量 138 条的 **10.14%**，如果不考虑施工管理部分的要求，则总条文数量为 121 条，智慧建筑技术要求占比约为 **11.57%**。

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019

为深入贯彻新发展理念，落实高质量发展要求，体现建筑业发展新趋势、新特点，绿色建筑评价标准在 2019 年进行了第二次修订。本次修订新增了大量建筑运行数据分析与优化、空气质量监测与联动控制、节律照明等健康相关的条文，智慧建筑技术相关条文数量升至 **18 条**，增幅 **28.57%**，合计评分超过 80 分，相比标准 2014 版增加约一倍。

智慧建筑技术在绿色建筑发展中扮演着越来越重要的角色，其重要作用在建筑全寿命期各个阶段均有体现，从设计、施工到运行维护。在建筑部门绿色低碳可持续发展的时代背景下，智慧建筑技术肩负着平衡节能减碳与美好生活升级的重要责任。



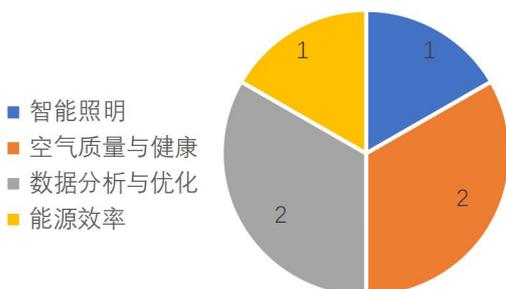
王清勤

中国建筑科学研究院
副院长、教授级高级工程师

2019版标准中智慧建筑技术条文



2006版标准中智慧建筑技术条文



2014版标准中智慧建筑技术条文



图 3-2 各版绿色建筑标准中智慧建筑技术条文数量与分布

3.1 绿色建筑中的智慧建筑技术

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014

在国务院办公厅发布的《绿色建筑行动方案》（国办发〔2013〕1号）要求下，绿色建筑在2013年开始进入规划化发展阶段，2014版绿色建筑评价的发布实施，支撑了这一阶段绿色建筑的设计和 实践。与2006版标准相比，该版本采用量化评价方法，对新方法、新技术、新设备、新产品的应用有了清晰的评判规则，这一方式一直沿用至今。

2008-2020国内绿色建筑评价标识项目数量及增长速度



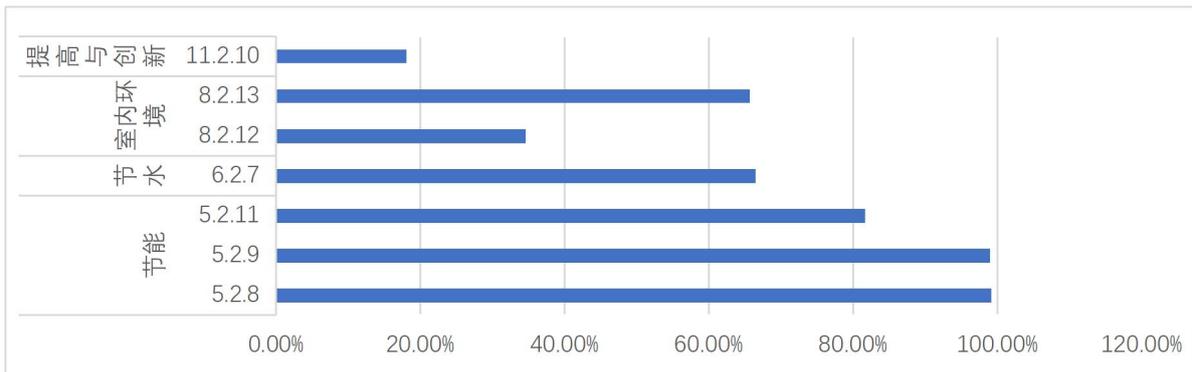
图 3-3 来源：中国城市科学研究会绿色建筑研究中心

节能

标准要求保障用户舒适度的情况下实现建筑设备节能高效运行，几乎所有绿建项目都对空调系统和照明系统进行了智慧化设计，并有超过80%的项目采用多部电梯联动控制措施。

- 5.2.8 采取变频技术等措施降低部分能耗
- 5.2.9 照明系统采取定时、感应等控制措施
- 5.2.11 电梯采用群控、自动启停等控制措施

图 3-4 2014 版绿建标准项目智慧建筑技术条文的得分



节水

本章主要通过分级计量和远传水表、高效节水灌溉方式的使用达到节约水资源的目的，土壤湿度传感器+智慧喷灌技术在2014版绿色建筑项目中的应用比例高达66.5%。

6.2.7 采用土壤湿度感应器、雨天关闭装置等节水灌溉系统

室内环境

本章通过采用传感器对空气污染物浓度进行监测并联动通风系统保障空气质量。其中地下车库一氧化碳监测技术使用比例为65.7%，约为室内空气质量监控应用比例的一倍。

8.2.12 主要功能房间室内空气质量监控系统并与通风系统联动，实现超标报警功能

8.2.13 地下车库设置与排风系统联动的一氧化碳浓度监测装置

运营管理

“重建轻管”以及管理手段单一是建筑运行性能不高的主要原因，标准希望通过对信息化系统在建筑运行中的应用来优化建筑设备运行状态，降低能耗。

- 10.1.5 BMS 运行正常、数据完整
- 10.2.5 基于数据的公共设施设备优化
- 10.2.7 非传统水源水质、水量监测
- 10.2.8 智能化系统运行效果应满足需要
- 10.2.9 运用信息化手段进行物业管理

提高与创新

BIM 技术在建筑各阶段的应用依然存在较大困难，仅5.4%的2014版项目在一个（设计）或二个（设计+建造）阶段有应用。

11.2.10 在建筑规划设计、施工建造和运行维护阶段应用 BIM 技术

3.1 绿色建筑中的智慧建筑技术

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019 智慧建筑技术相关内容要求与应用情况

2019 版标准在上一版的基础上引入了更广泛的评价指标，将评价维度从“四节一环保”扩展为“安全耐久、健康舒适、生活便利、资源节约、环境宜居”五大指标体系。

- **健康舒适**

涉及三条控制项和两条得分项。已获绿色建筑标识的项目中约 **97%**采用 CO 传感器与设备联动技术控制地下车库污染物，并有 72%的项目采用在线水质监测用水水质，保障用水安全，两者属于较常用的智慧建筑技术。

- 5.1.6 采取措施保障室内热环境
- 5.1.8 主要空能房间具有热环境调节装置
- 5.1.9 地下车库设置与排风系统联动的一氧化碳浓度监测装置
- 5.2.1 控制室内主要污染物浓度
- 5.2.3 项目用水水质满足国家标准要求

- **生活便利**

本章涉及的智慧建筑技术条文最多，设计项目在得分项方面较少室内使用空气质量检测系统（15%），**60%**以上的项目采用分级用能、水质检测和智能化技术。

- 6.1.5 建筑设备管理系统具有自动监控管理功能
- 6.1.6 建筑设置信息化网络系统
- 6.2.6 设置分类分级用能自动远传计量系统
- 6.2.7 设置 PM10、PM2.5、CO₂ 的空气质量监测系统
- 6.2.8 设置用水远传计量系统、水质在线检测系统
- 6.2.9 具有智能化服务系统
- 6.2.12 定期对建筑运营效果进行评估

- **资源节约**

本章以绿色、生态、低碳环保为核心，集合了节地、节能、节水、节材四个方面的要求。在能源效率和水资源管理方面，超过 **93%**的绿色建筑采用了智慧建筑技术，属于绿色建筑应用最普遍的技术措施，接近于标准配置。

- 7.1.3 分区温度设计与控制
- 7.1.4 照明采取定时、感应等节能控制措施
- 7.1.6 电梯采用群控、变频调速等节能控制
- 7.2.7 采用节能型电气设备及节能控制措施
- 7.2.11 绿化灌溉及空调冷却水系统采用节水技术

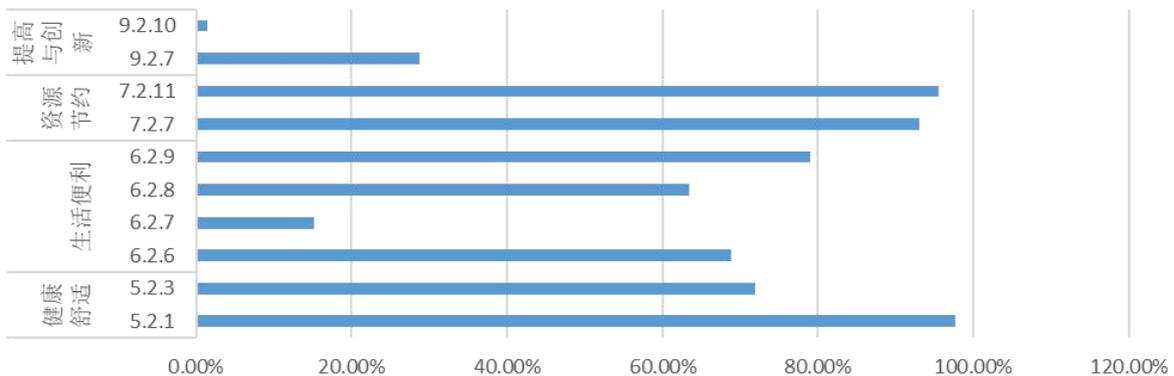


图 3-5 2019 版绿建标准项目智慧建筑技术条文的得分率

3.1 绿色建筑中的智慧建筑技术

绿色建筑是建筑领域碳减排、碳中和的核心技术路径

	发布时间	发布单位	标题	政策内容
绿色建筑	2020.7	住建部等7部门	《绿色建筑创建行动方案》(建标〔2020〕65号)	到2022年,当年城镇新建建筑中绿色建筑面积占比达到 70% , 星级绿色建筑持续增加 ,既有建筑能效水平不断提高,住宅健康性能不断完善。
	2021.2	国务院	《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》(国发〔2021〕4号)	开展绿色社区创建行动,大力发展绿色建筑。建立绿色建筑统一标识制度。
	2021.10	中办、国办	《关于推动城乡建设绿色发展的意见》(中办发〔2021〕37号)	加强财政、金融、规划、建设等政策支持, 推动高质量绿色建筑规模化发展。
	2022.3	住建部	《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》(建标〔2022〕24号)	加强高品质绿色建筑建设。推动绿色建筑规模化发展,鼓励建设高星级绿色建筑。到2025年,城镇新建建筑全面建成绿色建筑。
低碳发展	2021.10	国务院	《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》	要提升城乡建设绿色低碳发展质量,强化基础研究和前沿技术布局、加快先进适用技术研发和推广。
	2021.10	国务院	《关于2030年前碳达峰行动方案的通知》(国发〔2021〕23号)	城乡建设碳达峰行动需要 推进城乡建设绿色低碳转型,加快提升建筑能效水平,加快优化建筑用能结构,推进农村建设和用能低碳转型。
	2022.6	生态环境部等7部门	关于印发《减污降碳协同增效实施方案》的通知	(十)推进城乡建设协同增效。优化城镇布局,合理控制城镇建筑总规模,加强建筑拆建管理, 多措并举提高绿色建筑比例。

绿色建筑：在全寿命期内，节约资源、保护环境、减少污染，为人们提供健康、适用、高效的使用空间，最大限度地实现人与自然和谐共生的高质量建筑。

绿色建筑既关注建筑运行碳排放，引导和支持建筑围护结构热工性能提高、建筑用能效率提升、建筑智慧化管理能力提升以及建筑可再生能源的综合应用，同时也关注建筑隐含碳排放，鼓励采用节材设计、低碳建材、固碳建材。在已公布的标准局部修订版中，明确提出建筑全寿命期碳排放计算分析要求，并进一步强化了建筑碳排放计算、核算的质量要求。客观的说，建筑碳排放计算并不难，但符合质量要求，数据准确，来源可溯的建筑碳排放计算则需要借助建

筑智慧化系统实现。社会在持续向前发展，碳减排与碳中和本质上是碳排放管理，而相对人工操作管理而言，建筑智慧化管理无论是在实时性、准确性，还是在动态优化方面，都更具有畅想的空间。

智慧建筑的概念定义逐渐清晰，达成的发展共识愈发广泛。一方面，智慧技术在绿色建筑、健康建筑中大量应用，为保障和提升建筑的绿色、健康性能发挥重要作用；另一方面，以智慧技术集成为待征的场景创新正驱动着智慧建筑向更高品质、更高价值的方向发展。



程志军
中国房地产业协会智慧建筑研究中心 主任

建筑全寿命期碳排放管理



花旗集团大厦位于上海市陆家嘴商圈，建筑高度为 180 米，共计 42 层，原有空调机房已投入运行 18 年，效率衰减严重，全年能效约为 1.6W/W，已远远低于行业平均水平。改造后，在年总冷负荷不变的基础上，年耗电量降低 250 万 kWh，每年减少碳排放 2000 吨，减少标准煤消耗 118 万千克。

图 3-6 花旗集团绿色改造

- 项目亮点：**
- ◎ 通过美的自研负荷、能效仿真平台，水利管网计算模型等软件，为大厦量身定制一套高效节能的空调系统。
 - ◎ 通过美的数字化总承包（DPECO）模式，利用装配式机房，工序穿插，在改造期间，大厦实现不间断运营。

3.1 绿色建筑中的智慧建筑技术

项目案例

广州白云国际机场是国内三大枢纽机场之一，具有多功能、大吞吐量、国际现代水平的枢纽机场。本次绿建评价的是白云国际机场二号航站楼及配套设施项目。

总建筑面积 907978.40 平方米，地上建筑面积 748854.20 平方米，地下建筑面积 159124.20 平方米。T2 航站楼为局部地下 1 层，地上 4 层建筑，总建筑面积为 699546.00 平方米。



图 3-7 广州白云机场

能源效率方面：

1 项目采用变频式冷水机组，冷冻水泵调频控制策略采用温差控制方式、预期流量控制方式和自动选择控制方式，在实际运行过程中，系统设定为自动选择控制方式以降低系统能耗，项目离心式冷水机组 COP 提高幅度至少达到 16.82%，多联机 IPLV 提高幅度高于 59.49%。通过对各种智慧建筑节能措施的使用，使航站楼能耗连续两年降低 7.5% 以上，燃油消耗在 2019 年首次下降高达 8.1% 以上；另外本项目电力与天然气等清洁能源占比较 17 年提升 15.06%，达到 75.67%，显著提升项目能源效率，对降碳节能做出巨大贡献。

2 项目电梯使用智能待机模式，在无使用的情况下，自动关闭轿厢内的照明和风扇；扶梯具有无人减速运行功能；自动人行道采用高效变频节能技术。

3 在施工阶段本项目制定并实施施工节能和用能方案，监测并记录施工区、生活区的能耗。



智能照明方面：

项目走廊、楼梯间、门厅、大堂、大空间、地下停车场等场所的照明系统采取分区、定时、感应等节能控制措施。同时通过智能照明软件，分区域人手远程定时开关灯（远控）、调光及局部自动时钟控制。并且为应对天气突变照度不足的情况，会对 5 个关键大空间区域作照度测试，当现场实测照度低于 200 LX 时执行远控重新开启该区域照明。



3.1 绿色建筑中的智慧建筑技术

水资源管理方面：



1 绿化灌溉采用节水灌溉方式，使用采用节水灌溉系统和土壤湿度感应器、雨天关闭装置等节水控制措施。本项目绿化总面积为 107209m²。高效节水灌溉方式或节水控制措施的绿化面积比例为 95.6%，极大程度减少了水资源的浪费，本项目非传统水源用水量占总用水量比例达到 80.55%。

2 制定并实施施工节水和用水方案，监测并记录施工水耗，在施工过程中通过节水施工工艺、节水型喷灌设备使用、冲洗用水设立循环用水装置、可再利用水的收集处理系统等提高了用水效率。

白云机场对水资源管理技术方面使用多种智慧建筑技术，并在 2019 年荣获广东省节水型单位证书。

空气质量与健康方面：

本项目对主要功能房间中人员密度较高且随时间变化大的区域设置室内空气质量监控系统。安装 CO₂ 监测点位，可反映空间的 CO₂ 浓度，保证室内人员的舒适及健康感受，当浓度高于设定值时与新风联动。



数据分析与优化方面：



1 项目供暖、通风、空调、照明等设备的自动监控系统工作正常，运行记录完整。项目各空调器、新风空调器、风机等除设就地开关外，还在 GTC 冷冻机房总控制室内设置开关及运行工作显示。并且空调系统使用变频多联的控制各个系统的室内空调末端由设在区域内的线控器根据室内使用人员的设定控制室内的温度；同时，室内末端还可接受设在总控制室的集中控制器的远程控制，达到监视末端运行工况的目的。

2 项目有年度保养计划和实施进度表，定期对空调设备、太阳能设备、智能化系统设备、污水提升设备、雨水泵房设备进行巡查和保养定期检查、调试公共设施设备，并根据运行检测数据进行设备系统的运行优化。

3 智能化系统的运行效果满足建筑运行与管理的需要，设置有建筑设备监控系统（BAS）与建筑设备管理系统进行集成。

4 项目使用 TOC 系统，满足实用性、经济性、稳定性、便捷性、可行性原则，采用软件开发技术和信息化手段建设的用于航站楼管理部记录、处理、跟踪大量日常和异常事件，提高日常工作效率。

3.2 高效建筑中的智慧建筑技术

建筑节能是城乡建设领域节能减排的基础工作，近些年，被动式建筑设计理念和技术的发展，高性能门窗和建筑材料的研发与推广，以及我国建筑节能水平的提高，建筑节能标准已经基本与欧美看齐。如 2019 年住房和城乡建设部发布的《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350-2019，该标准定义的超低能耗建筑能耗水平较相关设计标准低 50%以上，近零能耗建筑能耗水平较相关设计标准低 60%到 75%以上。然而，建筑围护结构的保温隔热热工性能即使做到极致，也只能部分解决采暖和制冷负荷需求，对于照明、动力设备的用能仍需要外部能源输入（以建筑内部用能为边界），如可再生能源、城市电网等，因此，建筑用能管理成为高效建筑设计目标达成的另一个关键因素，这在现行国家标准《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350-2019 和《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021 中均有体现。



智能化设计要求（7.1 设计Ⅷ监测与控制）

- 室内环境质量和建筑能耗监测系统
- 楼宇自控系统
- 自动调节主要供应设备和系统的运行工况
- 智能照明控制系统
- 多种能源供给，根据能效比进行优化控制

当前我国存量建筑中，约有 60%以上的建筑是不节能建筑，因此，从建筑碳减排的实施步骤而言，节能是首要任务，而这也将成为智慧建筑技术蓬勃发展的长期驱动因素。



智能化设计要求（分布于各章）

- 电梯具备节能运行、群控功能
- 供暖空调系统设置自动控制、自动调控装置
- 电气设备采取节能自动控制措施
- 大型公建设置建筑设备监控系统
- 照明采取分组、分区及调节照度的节能控制措施
- 按分类、分区、分项计量并管理能耗数据

3.3 低碳建筑中的智慧建筑技术

《低碳建筑评价标准》T/CSUS 60—2023：

为了应对气候变化、降低碳排放、节约资源、提高建筑的可持续性和减少环境影响，2023年，中国城市科学研究会发布了《低碳建筑评价标准》T/CSUS 60-2023，标准从项目的设计与选型、施工与用材、使用与维护、拆除与处置和创新五个方面出发对标准进行编制，其中使用与维护章节的内容与智慧建筑技术的使用关联最密切。

设计与选型：

该章 4.2.9 条要求建筑设备管理系统设计符合现行国家标准《智能建筑设计标准》GB50314，并采用物联网、云计算、大数据、人工智能等技术提高建筑运行效率。建筑设备是用能终端，采用智能化设计可以实现提高能效和保障运行效果的双重目标，重要性不言而喻。本条在国家标准的基础上，要求应用物联网、云计算、大数据、人工智能等技术进一步提高建筑运行效率。

施工与用材：

该章主要设计智能建造、绿色建造的相关要求：

- 5.2.3 采用绿色建材，并提供相关碳足迹报告
- 5.2.5 施工作业区和生活区合理利用可再生能源

使用与维护：

该章有大量智慧建筑技术要求，条文数量占比达到了 **53.85%**：

- 6.1.2 设置能耗监测系统，进行分项计量
- 6.2.1 具有建筑设备管理系统
- 6.2.2 建筑空调系统采取节能运行策略
- 6.2.4 照明系统采用自动调节等节能控制
- 6.2.5 电梯系统采用并联设备或群控管理
- 6.2.9 物业管理信息化
- 6.2.10 定期进行能源审计，数据可追溯



创新项：

该章鼓励项目利用更先进的人工智能、机器学习等新型数字化技术，进一步提高建筑设备能耗，降低碳排放。

- 8.1.2 进行建筑碳排放管理，实现碳中和
- 8.1.6 设置碳排放实时监测系统，实现能耗与碳排放的协同监测
- 8.1.7 采用人工智能、机器学习和建筑 BIM 技术实现智慧运维



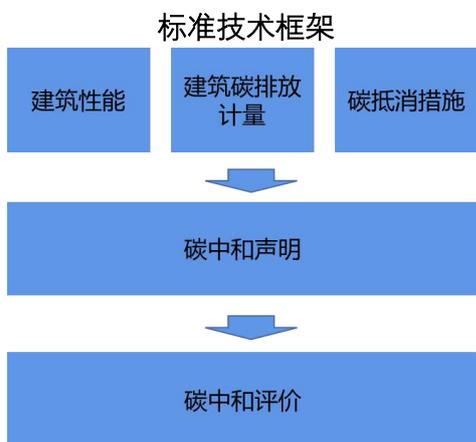
iBUILDING 碳管理系统

包含组织碳盘查、产品碳足迹、碳减排管理、碳资产管理四大维度，打通企业全业务流程，实现碳排全生命周期数字化管理。通过从规划到计算、再到减排和资产配置提供全链路数字化碳管理服务，可以提高管理效率 3-5 倍、间接减排高达 8-15%，降低企业碳中和成本。

3.3 低碳建筑中的智慧建筑技术

零碳建筑 研究与实践

《碳中和建筑评价导则》（第一版）
中国城市科学研究会、中国房地产业协会



受当前建筑节能水平、建筑规模和用能构成制约，建筑运行阶段不依靠外部措施实现零碳排放仅在小体量建筑中有实施可能，考虑到建筑外表皮面积有限，在经济可行的原则下，引导建筑挖掘自身节能潜力，采用外部碳抵消措施，是科学合理的建筑零碳实施路径。碳中和建筑评价以绿色建筑为高性能建筑基础，在建筑能耗强度、建筑负荷调节比例、可再生能源电力替代率、绿色建材应用比例以及绿容率方面提出分级评价要求。



图 3-8 余村印象（铂金级碳中和建筑）



图 3-9 江苏溧阳港华燃气办公楼（金级碳中和建筑）



图 3-10 上海书城（铂金级碳中和建筑）



图 3-11 北京 X88 幼儿园（金级碳中和建筑）



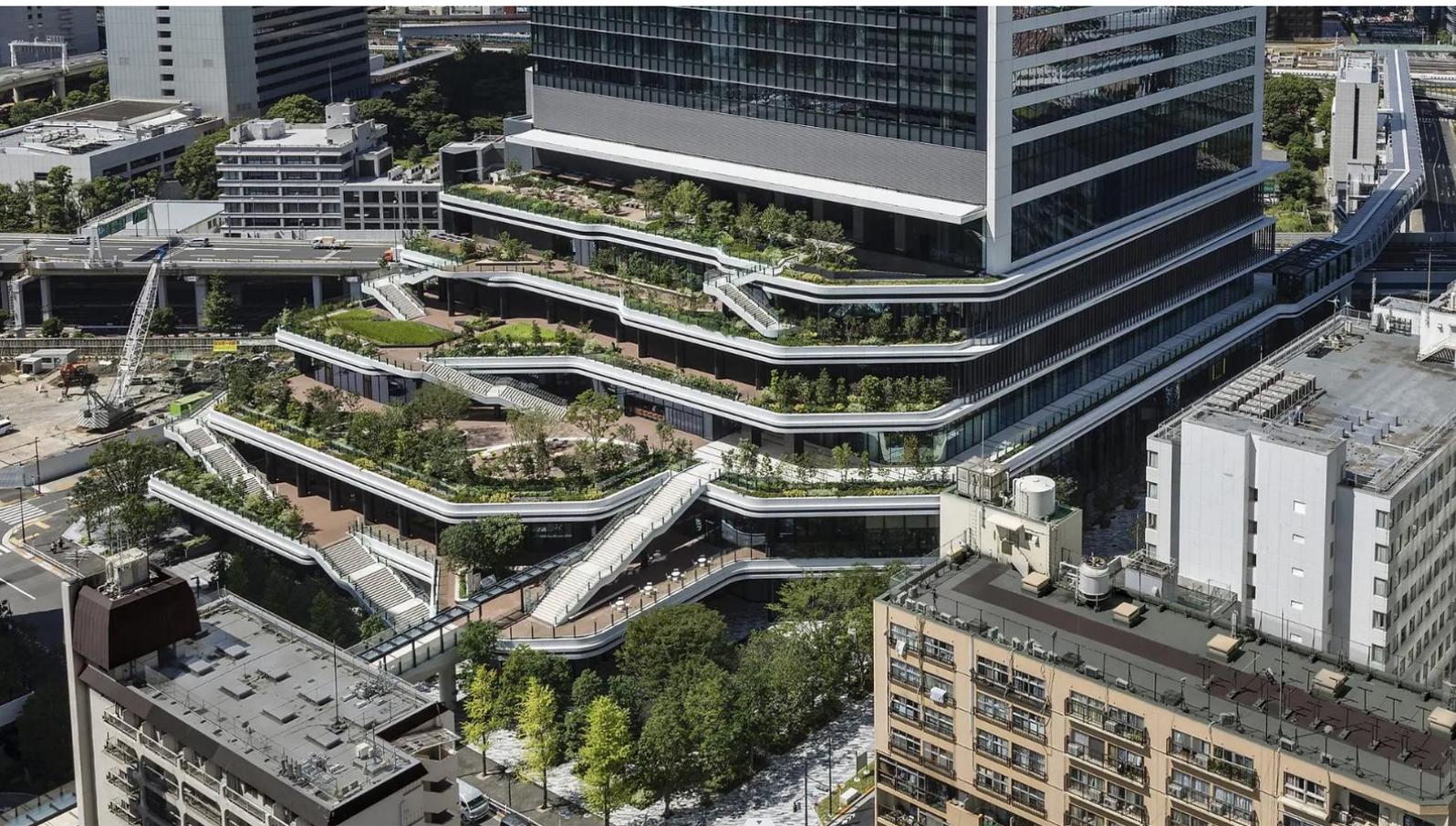
图 3-12 珠海横琴供电局线路工区大楼（金级碳中和建筑）

长远来看，建筑部门减碳的本质是建筑用能的脱碳，因此，对建筑减碳能力或零碳水平的评价，重点在于提高建筑电气化水平、提高建筑可再生能源利用率、以及参与和支持电网脱碳的能力（GEBs）。在从建筑节能为主到建筑用能零碳化这一过程中，智慧建筑技术将在建筑用能管理上发挥至关重要的作用。

4

价值实现

销售、运维与资产评估的表现



日本软银 Takeshiba, 2020 (KPF Design)



智慧建筑在降低建筑能源消耗，进而降低建筑能源费用支出方面的作用是有普遍共识的，调研显示 79.28% 的受访者认为智慧建筑技术能够优化建筑能源管理、81.08% 的受访者认为智慧建筑技术能够降低建筑运维成本、70.27% 的受访者认为智慧建筑技术能够提升建筑运营效率，在节约能源消耗和费用支出方面，不同的项目存在差异，但整体降低比例数值区间在 15%~30%。

显然，智慧建筑的价值并不局限于此，在以下方面智慧建筑也有更加卓越的效益：

- 更好的租售表现
- 更好的使用性能
- 更好的可持续发展表现
- 更好的投资回报

● 更好的租售表现

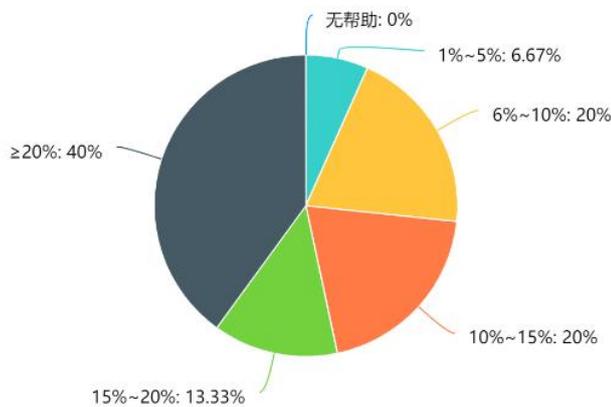


图 4-1 智慧建筑相比常规建筑在租售方面的溢价

高达 73.33% 的受访者认为，智慧建筑相比常规建筑在租售方面有至少 10% 以上的提价潜力，相关研究报告也印证了这一结果，仲量联行（JLL）在办公楼可持续发展价值的研究中发现，在亚洲地区，采用了智慧建筑技术的办公楼在租金方面的绿色溢价最高可达到 28%（香港）⁷，受区域经济构成和市场环境影响，不同的地区绿色溢价有较为明显的差异，例如香港地区的绿色溢价振幅区间很大，从 7% 到 28% 跨越了 21 个百分点，而上海地区的绿色溢价振幅区间较小，仅仅是 4% 至 10%。

⁷ JLL, the value of sustainability, 2022

与非智慧的常规建筑相比，15.79%的受访者愿意支付不超过5%的溢价，36.84%的受访者愿意支付不超过5%~10%的溢价，而47.37%的受访者愿意支付超过10%的溢价，整体上看5%~20%是意向支付最集中的溢价区间，但个别受访者的选择，显示对于个别的、更高智慧品质的项目，也有更高的支付意愿。

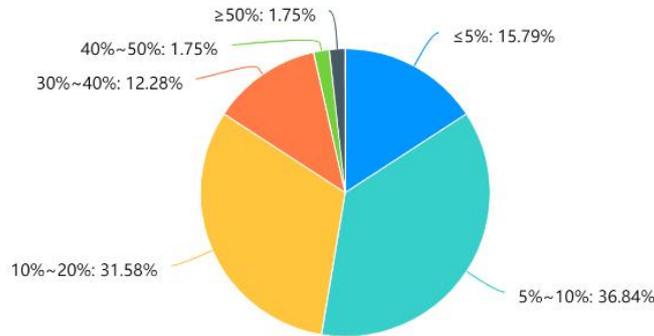


图 4-2 意向支付溢价的比例分布

● 更好的使用性能

建筑节能设计方法的普及和绿色建筑理念的实施，在近三十年间，建筑性能已经得到大幅提升，但越来越多的人认识到，智慧建筑技术不仅加速了建筑性能提升的进程，还将建筑性能推升到一个新的高度。我们可以从建筑使用者和管理者两个角色来看待这一变化和其产生的作用与价值。

对于建筑使用者

在舒适度高的建筑空间，建筑使用者的健康将得到更好的保障，工作效率也将获得提升。现行的暖通空调专业设计标准、指南给出的设计参数是基于研究和统计确定的最低保障要求，如不同功能建筑暖通设计普遍采用的最小新风量要求，但在实际使用时，由于出风口位置、内部布局调整、使用人数变化、设备运行状态等因素的影响，即便是舒适度最基础的热湿舒适，也难以满足不同使用者的差异化需求，而差异性正是舒适度需求和定义多样化的根源。智慧建筑借助各类传感器、控制器以及场景化、功能性的管理系统，可以实现因人而异、因形而异的人居环境塑造，从而提高整体满意度和个人舒适度，而这最终将转化为生产力的提升。世界绿色建筑委员会（WGBC）在一项关于以用户为中心的建筑设计研究中发现，在影响生产力提升的各种因素中，改善通风和空气质量带来的舒适度变化占到了11%，而改善照明舒适度的影响程度占到了23%⁸。美国 Gensler 建筑设计事务所在其办公空间应用智慧照明技术，采用 LED 灯具、照度传感器、调光装置等设备优化照明环境和能源消耗，节省了25%的费用支出，同时员工满意度也提高了25%。

对于建筑管理者

节约能源消耗、降低费用支出是建筑管理者的核心工作内容之一，在可持续发展的当下，

⁸ WGBC, Principle 1: Protect and Improve Health, <https://worldgbc.org>

这一话题的重要性日益突出。在节约能源消耗方面，智慧建筑的价值兑现依赖建筑用能设备的配合，过于老旧的设备需要进行更新换代，而较新的设备则需要根据需求配置相应的传感器、控制器以及管理系统等设备，对于改造项目，这会带来一定的投入，但 15%-50% 的节能效果完全可以覆盖绝大部分项目在智慧方面的增加投资。

一般情况下，建筑用能是运行管理费用支出的大头，但在较为复杂、建筑规模较大的项目中，人员费用也是不可小觑的部分。由于智慧建筑中多数建筑用能系统实现了自动化运行和实时监控、预警，值守和巡查的人员数量就可以适当缩减，这一现象在安防工作中更为明显，摄像头、人脸识别、通行控制等措施的应用，提高了安防工作的精准度和便捷性。



金茂 B3 写字楼办公智慧化改造 2019 年 2 月完成，改造建筑面积约 3 万平方米，整体造价为 390 余万元（增量成本 130 元/m²）。实施智能化后，保安的工作量约为原来的 75%，即保安数量可从原来的 15 个标准配置减少到 12 个，如果将智能化方案推广到整个办公大楼，则减少的保安数字将更加可观的⁹。

对于建筑管理者而言，基于智慧建筑技术的预测性维护工作是难以量化但价值非凡的一个智慧化功能。建筑物中的系统经常会出现看不见的故障，例如由于空气过滤器堵塞而导致气流减少，如果这些故障未被发现，系统可能会浪费大量能源并缩短使用寿命。智慧建筑可以立即检测到这些故障，并详细说明故障发生的原因、位置，以便管理人员及时安排检修维护。纽约房地产公司 Edison Properties 与智慧建筑公司 Logical Buildings 合作，安装了 SmartKit AI 实时能源管理系统，使得 Edison 不仅可以清晰的看到能源消耗情况，还可以看到能源设备的运行状态。2018 年夏天，该公司在一个 90 度（华氏度）的清晨收到警报，称需要维修一台冷水机组，使得建筑设备运行故障在没有对客户产生大范围不利影响前解决了问题。已有的研究表明，智慧建筑可以减少 35% 的停机时间，减少 70% 的计划外停机时间，减少 25% 的成本支出¹⁰。

⁹ 金茂绿建，金茂智慧办公建筑白皮书，2021

¹⁰ NYSERDA, The value of energy-smart buildings: Six benefits to consider, 2019

● 更好的可持续表现

ESG 持续对房地产开发企业和不动产投资产生影响，作为提升绿色建筑性能和进行建筑碳排放管理的必备技术，智慧建筑技术和体系在建筑可持续发展方面将扮演越来越重要的角色。



唐海燕

普华永道思略特中国 合伙人

ESG 是 Environmental（环境）、Social（社会）、和 Governance（治理）的缩写，是一种关注企业环境、社会、公司治理绩效而非单纯的以传统财务绩效为考虑的投资理念和企业评价标准。环境是指考虑企业对环境的影响，例如企业环保政策、员工环保意识、生产废弃物排放措施等；社会是指考虑企业对社会的影响，例如企业社区关系、员工健康、职场性别平等；治理是指考虑企业的公司治理，例如内部权力分配、管理层的有效监督、防止腐败等。

目前国际组织、各国金融监管部门、投资机构发布的信息披露标准和评价标准不断完善 ESG 理念体系，使得 ESG 投资已成为国际市场的最主流得策略，多国证券交易所对上市公司在 ESG 治理、实践、目标设定、信息披露等各方面提出了明确要求。

建筑建设过程和运行使用过程消耗了大量的社会资源，根据中国建筑节能协会能耗统计专委会发布的研究报告，2019 年中国建筑全过程能源消耗 22.33 亿 tce，占全国能源消耗总量的 45.9%，因此，考虑到房地产本身的资产和基础设施双重属性，无论是房地产开发企业、自持物业的公司还是投资机构，谈论 ESG 都无法避开建筑的可持续发展要求。智慧建筑是绿色建筑理念的延续，也是绿色建筑性能进一步提升的可靠路径，在关于智慧建筑社会价值的调研方面，受访者普遍认为降低公共资源浪费并不是其最有价值的点，而提升公共服务效率和提高社区互动与亲和力才是可持续发展的核心要义，也是科技以人为本的体现。

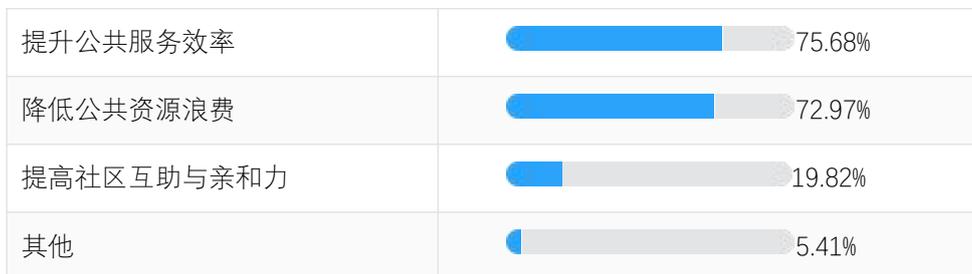


图 4-3 智慧建筑的社会价值调研结果

● 更好的投资回报

由于前述三个方面的作用，显而易见，智慧建筑不仅具有更低的能耗和运营成本，使其更具成本效益，对潜在买家更具吸引力，还可提供增强的舒适性、便利性和安全性，从而增加建

筑对租户和居住者的吸引力。投资者、购房者、租用者更愿意为节能、可持续、提供高度舒适性和安全性的建筑支付更多费用，调研结果显示，愿意额外支付 5%~10%的受访者占比 36.84%，愿意额外支付 10%~20%的受访者占比 31.58%，侧面说明了智慧建筑将使建筑价值提升 10%左右。

从不动产投资角度看，一般而言，智慧化追加投资是建筑预算的 5%左右，但在建筑使用的十年内可减少其整个生命周期中 15%的楼控系统维护成本。智慧建筑整体的投资回报目前还缺少足够的样本进行分析，但就构成系统而言，共享的网络硬件设施可节约 8-12%的安装成本；办公自动化系统的投资回收期一般是 2-3 年；楼宇管理系统（BMS）的投资回收期一般是 8-10 年，考虑到智慧建筑在租赁方面空置率一般低于 5%，智慧建筑的整体投资回报将远高于常规建筑。

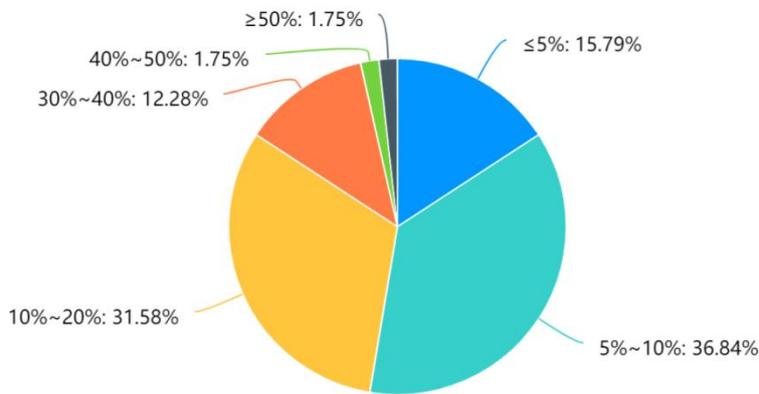
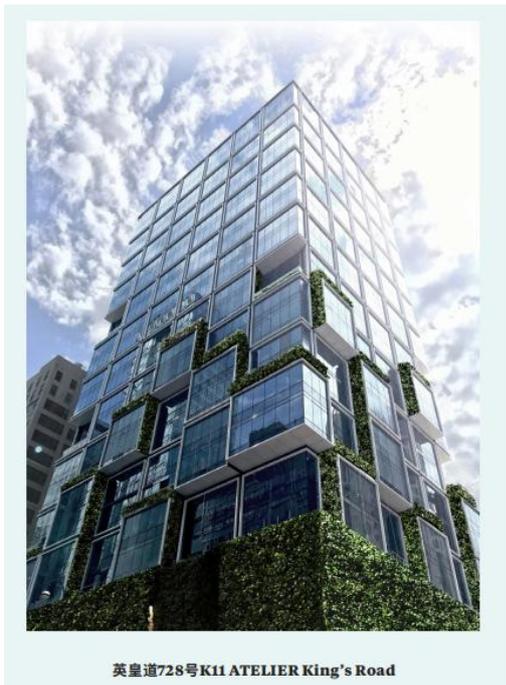


图 4-4 智慧建筑溢价支付意愿



K11 ATELIER King's Road 是全球首批同时荣获 WELL、LEED 以及 BEAM Plus 三重铂金级认证的绿色健康建筑之一，同时也是新世界发展向租户推出“创造共享价值租赁”计划(“CSV 租赁”计划)的首批参与建筑。租户签署参加“CSV 租赁”计划后，将与其他志同道合的租户一同为减碳目标出力，并可参与一系列推动可持续发展的活动，如废物回收计划、健康工作坊等。“CSV 租赁”计划鼓励参与租户的员工积极投入可持续发展，当他们达致某个预设的可持续发展指标(如节能成效)，有关租户即可获取 K Dollar，供其员工于新世界生态圈内逾 450 间参与商户，当作现金即时消费。

信息来源：新世界发展有限公司

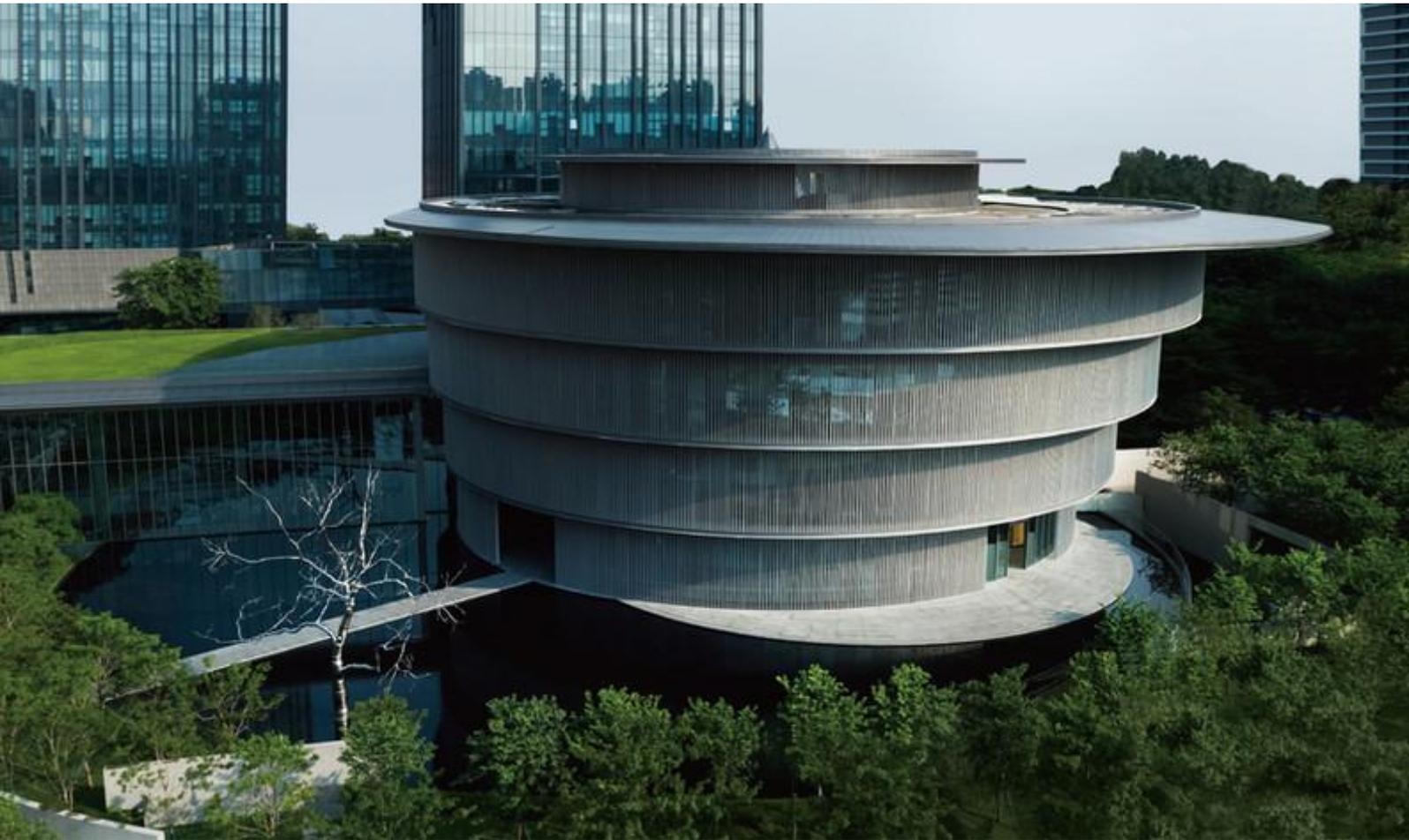
5

阻碍与短板

5.1 个人隐私与数据安全性

5.2 功能设计与需求匹配

5.3 可持续运维



和美术馆，2021，安藤忠雄设计

智慧建筑功能强大，收益良多，那么是什么阻碍了智慧建筑的广泛实践和深入发展呢？

在智慧建筑预期效果与建成现实不匹配的成因方面，调研结果显示有运维人员培训不足是首要影响因素（图 5-1），其次是维护场景分散和人机交互问题，相比之下，施工质量都不是重要影响因素了，这多少有些令人意外，在朴素的认识中，建筑品质，施工质量为要，但在智慧建筑实施效果的诸多因素中，大概因为智慧建筑系统的依附性，在相关电气施工规范的要求下，系统的施工质量已有基础的保障。

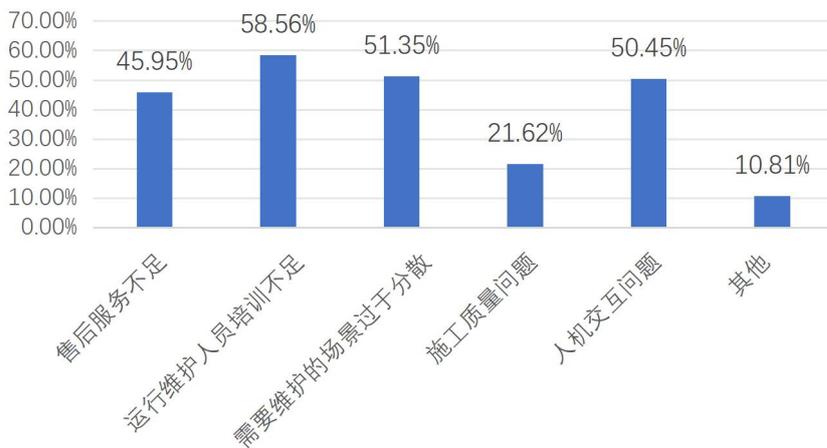


图 5-1 智慧建筑实施不及预期的原因及权重

调研同时从智慧建筑整个产业链的宏观层面对发展和推广的障碍进行了研究，用户对智慧建筑的认知和理解不充分、系统设计对用户的价值诉求表达响应不足以及智慧建筑的增值服务内容不够丰富。

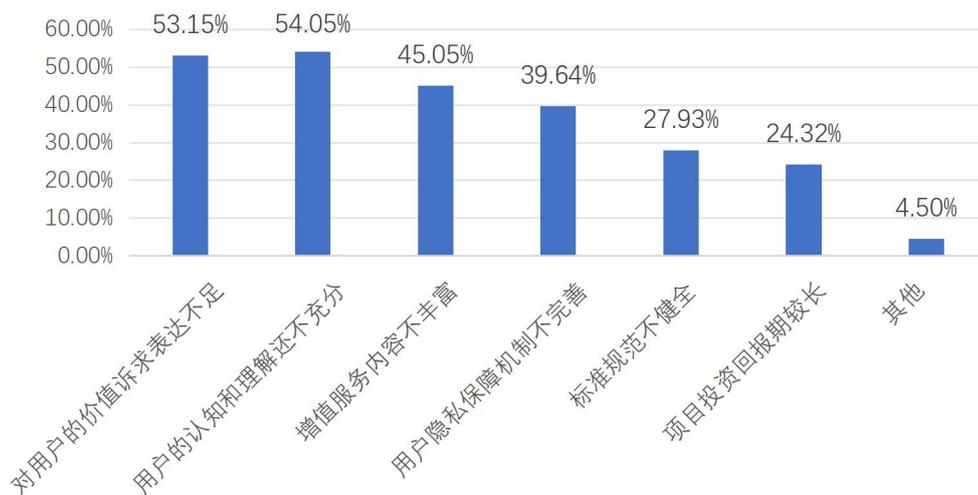
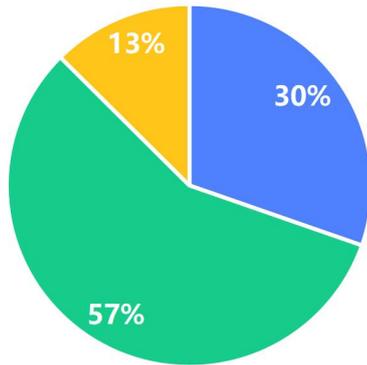


图 5-2 当前阻碍智慧建筑发展和推广问题及权重

位于影响较大的前三，同时，用户隐私保障机制不完善这个问题也比较突出。下面将逐一展开剖析问题的成因与解决方案。

5.1 个人隐私与数据安全性

只要使用数字化设备，就不可避免的涉及到数据采集，并产生大量数据，似乎数字化和隐私与安全是天生的矛盾。在使用智能手机中，当前通行的做法是在 APP 安装时，主动告知需要调用的权限，获得机主确认后，才能继续收集并使用这些权限产生的数据，于是这就构成了一个平衡点，为了发挥智能手机各种 APP 的功能，大部分都选择了给与 APP 足够的权限，那么在智慧建筑领域，这个问题是怎样的状况？



■ 优先保障安全性 ■ 平衡安全与隐私 ■ 优先保障隐私

图 5-3 智慧建筑数据隐私与安全性调研

调研结果同时显示，超过半数的智慧建筑使用者对位置、健康、消费三个领域的的数据信息尤为关注，比例分别为 77.19%、71.93%和 57.89%，这三个领域的的数据与个人隐私关联最为直接，要想使用基于这三个领域的功能服务，采集涉及个人隐私的数据是不可避免的。

要进一步推高数据采集和存储在隐私和安全性方面的均衡水平，需要从智慧建筑系统设计着手，构建从设计、开发到运维的全过程管理制度。对于智慧建筑解决方案的设计者而言，应在设计阶段就遵循“内置隐私保护”的原则，即在设计初期就考虑到如何最大程度地减少收集用户隐私数据，采用数据隔离、最小权限访问等技术手段来控制和保护收集的个人信息。系统由人操作管理，软硬件安全防范到位后，还需要对智慧建筑运维人员和企业进行约束，对人为泄露他人隐私数据，应严格执行相关法律制度进行警示惩戒。最后不可忽视的一环是智慧建筑的使用者，以往出现使用者长期不更改设备出厂设定或密码设置过于简单，导致网络入侵后被轻易获取管理权限，数据被轻易盗取。

57%的受访者希望智慧建筑能够平衡安全与隐私，另有 30%的受访者认为安全性应在首位，仅有 13%的受访者认为个人隐私应予以优先保障。需要说明的是，此处的先后顺序仅是在功能、便利性和数据采集和处理多维优化角度综合考虑后的相对先后，并不表示顾此失彼，实际上目前无论是子系统供应商还是系统集成商，在个人隐私和数据安全的平衡性商已经有很大进步。

数据安全是智慧建筑发展到下面面临的一个重要问题，随着越来越多的智慧场景在建筑和社区中广泛应用，由此产生的数据安全、隐私等将成为悬在智慧建筑之上的“达摩克斯之剑”，采用技术提升、认证规范等方式可以完善和尽可能消除隐患，同时数据全生命周期管理将成为主流解决方案。



孙大明

中建研科技股份有限公司
绿色低碳发展研究院 总工

5.2 功能设计与需求匹配

在前文的分析中，建筑开发、使用、运管都对智慧建筑抱有较高的期望，那么在当前行业发展现状中，期望和现实间还存在多大差距？以及这些差距具体体现在什么地方？

调研提出了一个问题：智慧建筑应用过程中用户在以下哪些方面困难较大（图 5-4），得分较高的有学习和使用新技术的障碍与个人信息安全保障不够，对于前者，虽然大部分系统供应商在建设完成后，提供售后支持，但使用培训不够全面和深入，对于后者，在本章上一节已有讨论，信息安全保障涉及的因素比较多，目前已有软硬件企业着手从数据本地化、信息传递加密以及算法优化方面进行改善，但人因工程的影响同样不可忽视。

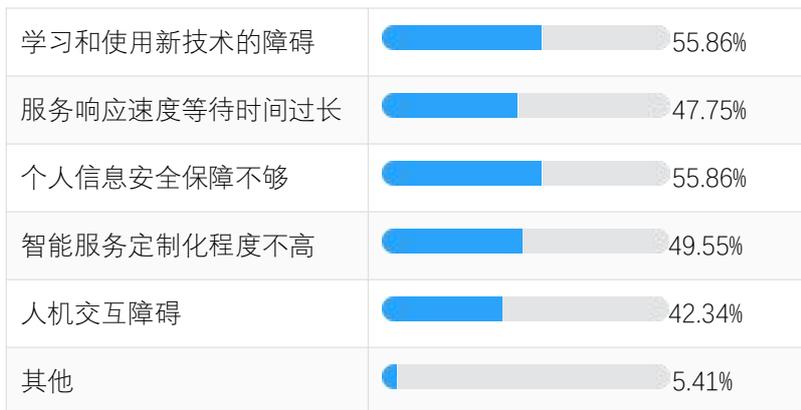


图 5-4 智慧建筑应用过程中用户面临的困难及难度

智能服务定制化程度不高、服务响应速度等待时间过长是紧随其后的智慧建筑使用中碰到问题，前者反映了使用者对个性化的诉求，目前可视化终端数量众多，但在个性化方面，依然没有出现非常亮眼的。后者显然是在使用中碰到了问题，诉诸售后但得到解决

并不及时。最后，受访者在人机交互障碍方面也给出了相当高比例的打分。对此问题，调研做了进一步展开，结果显示（图 5-5）人机交互界面直观易懂位居首位（占比 75%），提供实时数据和反馈位居其次（占比 69.64%），理论上来说，智慧建筑子系统或集成系统均可以轻松实现实时数据反馈，这个问题依然占据前位可能是在终端显示的数据刷新频率低和统计分析不够灵活，引导用户操作位居第三，凸显出使用者对于交互终端学习的需求，现在销售的电子产品，集成的功能异常丰富，但普遍不提供使用说明书，需要用户根据装载的软件进行自我学习。



图 5-5 智慧建筑交互界面设计应具备的特点

极简主义设计风格在产品 设计、APP 界面设计中盛行，以人为本的极简主义设计，是简约与实用并重，同时不失美感，这是设计的高水平体现，但偏执的追求设计简洁，也很容易导致使用者摸不着门道，从而本末倒置。

5.3 可持续运维

智慧建筑在提升建筑运维效率方面的重要性的表现已无需赘言，但智慧建筑系统自身的运维又是怎样的？在调研访谈过程中，专家提到最多的是智慧建筑系统的可持续运维，与建筑使用过程中的维护更新一样，智慧建筑系统的软硬件也需要定期维护，重置掉线的传感器、更换损坏的设备、数据库维护与软件更新升级等，可以说智慧建筑系统建设交付只是建筑智慧化的开始，而智慧建筑系统的可持续运维才是建筑智慧化成败的关键。

智慧建筑运维的难点是什么？在调研提供的四个方向中，大数据应用与模型建立排名第一。智慧



图 5-6 智慧建筑运维过程的难点及难易程度

建筑在运行使用过程中会产生海量数据这基本已是行业共识，部分参与者或已意识到数据的价值，但对于如何挖掘和释放这部分价值，无论对于系统供应商还是运行管理者，都是一个非常值得

探讨的话题。

当前建筑运维大数据是一个广义的概念，既包含了建筑设备设施运行工况数据，维修保养巡检数据，也包含了建筑设备设施的备品备件材料数据，管理者和使用者行为数据。智慧建筑大数据可在以下三个方面进行价值挖掘：

(1) **自学习进行设备运行诊断**：通过构建基于大数据的分析模型建立设备运行诊断系统和调节机制，对多个运行策略进行效果对比，实现运行优化。

(2) **自学习进行设备故障预防**：通过构建基于大数据的故障分析模型建立设备故障预警机制和处置策略，及时发现性能异常的设备，避免损失扩大。

(3) **自学习进行能耗分析和管理**：通过构建基于大数据的能耗分析模型，可结合建筑环境、外部气象、使用人数、业务需要等因素动态诊断建筑能耗，建立能耗预警机制，指导运管部门进行能源使用规划。

对于智慧建筑供应商而言，不仅需要和产品层面比拼研发和制造能力，提供实用、易用、可靠、稳定的产品，还需要在业务层面，构建从产品向 PaaS（平台即服务）、SaaS（软件即服务）转化的服务能力，而在这个赛道上，已经可以看到国内国外企业同台竞技，如施耐德、江森自控、美的智慧楼宇、达实智能、万科智云等。

在相关设备的研发和制造环节，近些年我国智慧建筑已经取得飞跃发展，但在新技术的融合、数据分析与挖掘、系统运维与调试等方面，人员能力建设还有很多工作待加强。行业愈发需要具备国际视野的、多层次全方位的产教一体化培训体系，切实提高人员素质。



刘刚

天津大学 国际工程师学院智能建筑专业负责人，教授，博导

数据采集与质量控制、自动化运维与智能响应紧随大数据应用与模型建立，是智慧建筑运维过程排名二、三的难点，其实这三点困难在难易程度上的评分差别并不大，并且在某个视角下，三者还存在联系，比如数据采集的完整性、可靠性，是大数据应用分析的基础，而有了大数据应用分析才有可能实施自动化运维与智能响应。

在市场需求导向的牵引下，当前智慧建筑系统相关产品的研发注重功能性、美观性，在宣传上侧重于功能丰富、亮点突出，容易忽略产品的实用性、易用性、稳定性、可靠性，致使在实际使用中，因为运行不稳定、服务跟进不及时发生系统瘫痪、废弃，在这样的环境下，数据采集的完整性差是可想而知。此外，传感器和执行器在经过一段时间的使用后一般会发生采样值漂移，甚至损坏，如果不及时进行维保，那么即便是获得了建筑智慧运维数据，这个数据的质量也是不可信的。根据这样的数据进行大数据分析和运行诊断、故障预防，只会越做越错，与期望的目标相去甚远。

新一代数字化技术在人工智能的加持下，更新迭代在持续加速，在智慧建筑领域，新的技术和产品也在不断涌现，相比与新建建筑，存量建筑的更新与维保替换，是更为重要的应用场景。而这个最主要的参与者，智慧建筑运维管理人员的知识和技能更新，却没有形成体系化的培训和认证。意识到运维重要性的系统供应商企业，主动承担起了推动运维人员能力提升的责任。例如华为、腾讯、美的开展的工程师系列培训和认证，可以帮助智慧建筑运维管理人员快速掌握云服务、自动化、能源管理方面的知识和经验，具备排查修复常见问题的能力。在运维企业端，这种主动自发形成的培训也在发生，如万科与博锐尚格 2018 年起合作建立的东莞万科智云数字化管理中心，构建了以“四端一云一边”为特色的全数字化工程部，将万科旗下的莞城万科城市广场作为培训基地，形成了从理论到实践，并且紧密结合日常工作的内部培训体系。

智慧建筑是智慧城市非常重要的构成部分，智慧建筑的可持续运维对智慧城市的高质量发展至关重要，这是智慧建筑与智慧城市协同创新的关键，也是科技以人为本，科技改变生活的价值所在。



于兵

上海碳之衡能源科技有限公司
董事长/住建部科技委科技协同
创新专委会 委员



趋势

千行百业智慧再升级

云服务释放建筑数据价值

建筑服务新理念的产生

展望

智慧碳中和，绿色化和数字化的演化方向

更智能、便捷和舒适的用户体验

AIGC、大模型、应用型人工智能的普遍使用

趋势：

千行百业智慧再升级

智慧建筑或基于建筑的智慧场景已经融入到千行百业，无论哪一种类型，在搜索引擎中的检索结果数量，都以千万计（百度搜索引擎，检索时间 2023.11.29），广泛的应用造就了行业的繁荣，以“智慧建筑系统”为关键字查询，全国有 38773 家相关企业，以“传感器”为关键字查询，全国有 88868 家相关企业，以“控制器”为关键字查询，全国有 76329 家相关企业。

智慧校园 搜索量：100,000,000	智慧社区 搜索量：90,500,00...	智慧银行 搜索量：79,800,000	智慧工厂 搜索量：72,200,000	智慧酒店 搜索量：65,300,000	智慧机场 搜索量：56,600,...	智慧场馆 搜索量：...	智慧体... 搜索量：...
		智能家居 搜索量：76,800,000	智慧图书馆 搜索量：69,300,000	智慧景区 搜索量：60,800,000	智慧商场 搜索量：55,400,...		
智慧医院 搜索量：92,900,000	智慧园区 搜索量：87,400,00...	智慧养老 搜索量：72,900,000	智慧博物馆 搜索量：66,600,000	智慧卫生间 搜索量：56,700,000	智慧餐厅 搜索量：47,100,...	智慧楼宇 搜索量：39,1...	智... 搜...
						智慧办公建筑 搜索量：34,5...	

图 6-1 百度搜索引擎检索结果

丰富的实践促使行业快速迭代，技术、产品和服务能力持续升级。在商业建筑领域，可以看到产品在技术突破和集成创新两个维度齐头并进，以智能闸机为例，从简单的刷卡到刷身份证、刷手机、刷脸，配置大屏和语音互动，在大厦、企事业单位、居住小区等各种场景中普遍应用，成为出入口管理的重要设备。在住宅建筑领域，散乱的局面在智能化产品和服务供应商的层面得以解决，提供了系统化的服务方案，如华为全屋智能、小米全屋智能，这些头部玩家构建了从产品到系统的完整服务，此外，行业中也存在聚合服务商，为客户定制化提供服务。



图 6-2 住宅全屋智能产品体系

趋势：

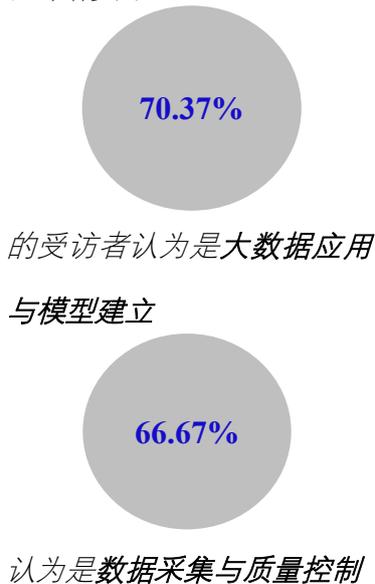
云服务释放建筑数据价值

智慧建筑区别于传统智能建筑的一个重要特点就是对数据的极大重视和充分利用。人们越来越认识到，智慧不仅仅是通过传感器和设备实现自动化控制，更重要的是通过数据的收集、存储和处理来实现智能化和优化。

智慧建筑通过各种传感器和监测设备收集大量的数据，包括能源消耗、室内环境、设备状态、人员流动等。这些数据是智慧建筑实现智能化管理和优化的基础。

智慧建筑通过数据的存储和处理，利用各种数据分析和挖掘技术，可以提取有价值的信息和洞察。通过对数据的分析，可以了解建筑的能耗特征、设备的运行状况、人员的行为模式等，从而为决策提供依据和指导。

对于“智慧建筑”运维管理过程中的难点：



智慧建筑还可以通过数据的实时监测和预测，提前发现设备故障和异常情况，进行及时维修和保养，降低停机时间和维修成本。

智慧建筑是利用物联网、云计算和人工智能等技术实现智能化管理和优化的建筑物，基于此，使用边云协同技术，将边缘计算和云计算相结合，可以实现数据的快速处理和分析，以及实时的决策和响应。例如，通过在建筑中部署边缘设备和传感器，实时采集能耗数据，并将数据传输到云端进行分析。基于分析结果，可以优化能源使用，提高能源效率，例如自动调整照明和空调系统的运行模式，根据需求进行能源调度和优化。

云服务在智慧建筑中扮演着重要的角色。云服务提供了强大的计算和存储能力，可以支持智慧建筑对大量数据的存储和处理。通过云服务，智慧建筑可以根据实际需要动态调整计算和存储资源，实现更高效的数据处理和管理。



图 6-3 智慧建筑数据的收集、处理与应用

趋势：

建筑服务新理念的产生——

物业即服务 Real Estate as a Service

建筑即服务 Building as a Service

对于当前推动“智慧建筑”发展的主要驱动力：



认为是用户对建筑智能化服务的需求增长

物业即服务（Real Estate as a Service, REaaS）是一种服务模式，类似于软件即服务（SaaS）或基础设施即服务（IaaS），旨在为房地产行业提供全方位的解决方案。它涵盖了房地产的各个方面，包括房地产开发、投资、管理和运营等。智慧建筑利用物联网和自动化控制系统等技术，将房地产资源转化为智能化的服务，因此，和 REaaS 是“体用结合”的关系，它将房地产资源转化为智能化、个性化的服务，提供更好的用户体验和价值。

与此同时，另一种理念“建筑即服务”（Building as a Service, BaaS）也在兴起，这也是一种服务模式，旨在为客户提供建筑设计和建造过程中的综合解决方案。

它将建筑设计、施工和项目管理等各个方面整合在一起，通过专业团队和技术支持，为客户提供全方位的建筑服务。BaaS 的目标是提高建筑项目的效率、质量和可持续性，同时降低成本和风险，这种服务模式在建筑行业中越来越受到关注和采用。

智慧建筑的信息基础设施和业务流程可以为 BaaS 提供关键的支持，它整合智能技术和系统，如物联网设备、自动化控制系统、能源管理系统等，与建筑设计和建造过程相结合，通过综合考虑建筑的功能、效率和可持续性，为用户提供各种专业而体贴的服务。其本质是“Users first”（以用户为中心），强调将用户的需求、体验和利益置于首位。在智慧建筑的设计和运维中，充分理解和满足用户的期望。

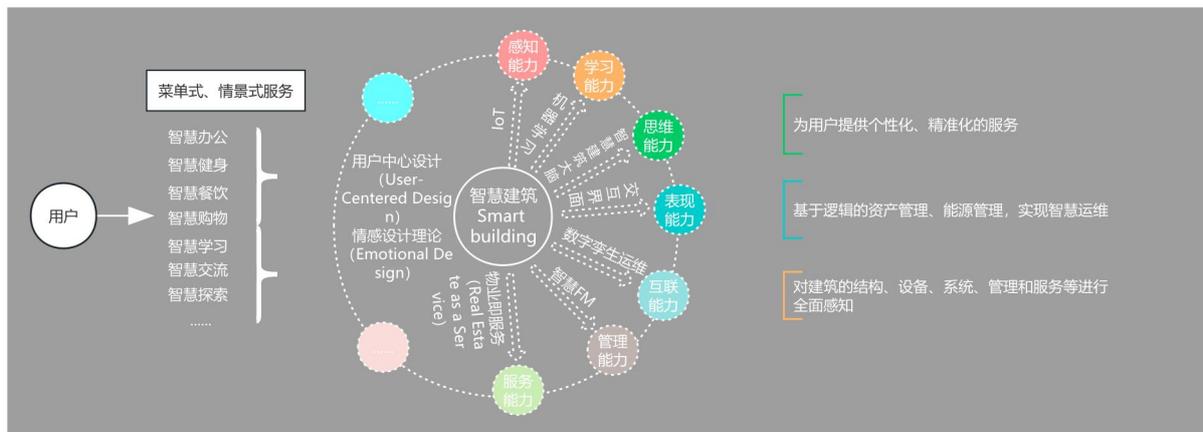


图 6-4 “建筑即服务”示意图

智慧建筑天然地适用于建筑的全生命周期管理，从建筑的规划、设计、建造，到运营维护等各个阶段，通过应用先进的技术和系统，智慧建筑可以实现对建筑全生命周期的智能化管理和优化，

提高建筑的耐久性、管理效率、可持续性和用户体验。特别是 BIM 应用设计施工运维一体化的实现，为全生命周期管理提供了有力保障。

在建筑设计阶段，智慧建筑通过使用 BIM、数字孪生等技术，可以实现建筑设计的数字化和可视化。这有助于设计师和工程师在设计过程中进行协作和优化，减少设计错误和成本，并提供更准确的预测和模拟。

在建筑建造阶段，智慧建筑利用物联网、传感器、自动化和数字孪生技术，可以实现建筑施工过程的监测和控制。这可以提高施工的效率和质量，并减少人为错误。

在建筑运营维护阶段，智慧建筑利用数据分析和预测技术，可以实现对建筑设备和设施的智能化维护和保养。通过预测设备故障和优化维护计划，可以降低维护成本和延长设备的使用寿命。

智慧建筑允许管理者在建筑的整个生命周期中的任何时候在可视化界面中查看建筑的状态，更重要的是系统能通过数据分析实现场景联动和预测决策。智慧建筑的出现对建筑的生命周期评估（Life Cycle Assessment, LCA）的实现起到了重要的促进作用。智慧建筑将数据视作最重要的资产，数据的准确性和及时性为 LCA 提供了更可靠的基础。

“加快建立工程建设项目全生命周期数据汇聚融合、业务协同的工作机制，打通工程建设项目设计、施工、验收、运维全生命周期审批监管数据链条，推动管理流程再造、制度重塑，形成可复制推广的管理模式、实施路径和政策标准体系，为全面推进工程建设项目全生命周期数字化管理、促进工程建设领域高质量发展发挥示范引领作用。

——住房和城乡建设部办公厅《关于开展工程建设项目全生命周期数字化管理改革试点工作的通知》，2023 年 10 月

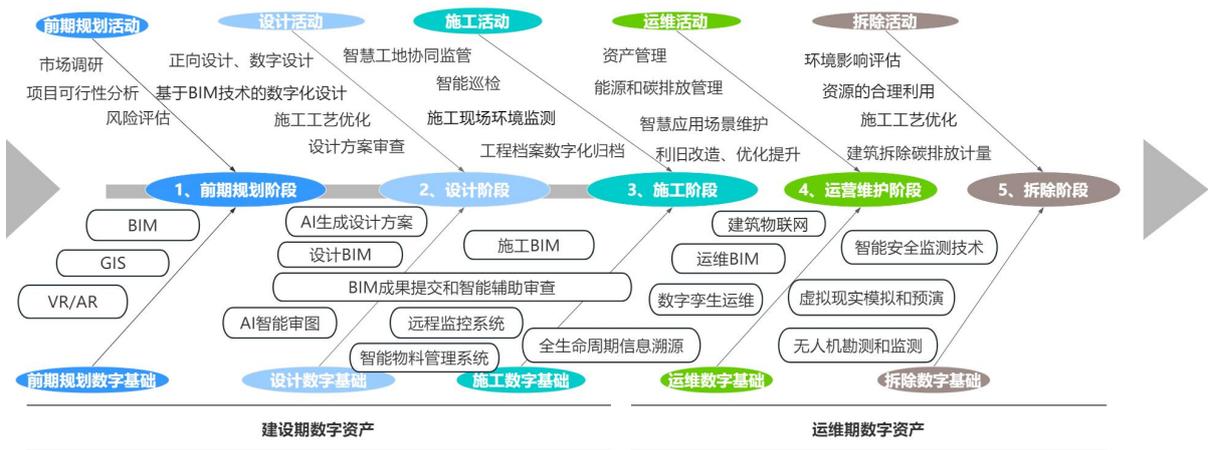


图 6-5 工程建设项目全生命周期数字化管理

展望：

智慧碳中和，绿色化和数字化的演化方向



利用数字技术构建碳中和360度的行业拼图，利用数据要素的流通，打通能源全产业链各环节，最大范围内实现协作共享，降低能耗并带动能源全行业的产业结构优化升级，将更好地助推“双碳”目标的实现。

——中国工程院原副院长、院士杜祥琬《元宇宙与碳中和·序三》

在建筑智能化的初始阶段，通过应用先进的传感器、物联网和自动化控制系统，实现建筑设备的智能化管理和优化，这一阶段的重点是提高建筑的能源效率和运营效率。

随着对气候变化和环境保护的重视，建筑逐渐转向碳中和的目标。在这一阶段，智慧建筑采用可再生能源系统、能源储存技术和能源管理系统等，以减少建筑的碳排放量。同时，通过数据分析和智能控制，优化能源使用和设备运行，进一步降低碳足迹。

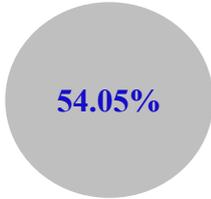
智慧建筑通过数字化建筑信息和智能化系统，可实现建筑全生命周期管理和优化。通过智慧建筑提供的实时能源消耗信息、智能控制和教育培训，可以激励和引导用户采取低碳行为。用户通过行为节能、可持续交通方式、减少废弃物产生等方式，降低个人的碳足迹。智慧建筑可以为用户的低碳行为提供量化职称，以配合各种引导和奖励措施，进一步促使用户积极参与建筑减碳。



图 6-6 “绿色化+数字化”智慧碳中和建筑解决方案

展望：

更智能、便捷和舒适的用户体验



的受访者认为“智慧建筑”的核心在于提升建筑内用户的体验与满意度

21 世纪被认为是体验经济的时代。体验经济强调个性化、定制化的服务和产品，注重用户在使用过程中获得更多的愉悦和独特体验。智慧建筑恰恰能够响应这一需要科技支撑的经济模式，智慧建筑不仅仅关注建筑的功能和质量，更加注重用户在办公、居住、通行、安全、餐饮、健身、低碳、交互等全场景的感受和体验。

【个性化服务】 智慧建筑可以根据用户的偏好和需求提供个性化的服务。例如，在华为、小米等“全屋智能系统”中，用户可以根据自己的喜好设置温度、照明和音乐等，营造出符合自己喜好的舒适环境。

【自动化便利】 通过自动化技术，使得各种设备和系统可以主动协同工作，提供更便捷的体验。例如，智能照明系统可以根据环境光线自动调节亮度，智能门禁系统可以通过人脸识别或身份验证自动开启门锁。

【实时监控和反馈】 通过各种传感器和监控系统实时监测建筑内部的各种参数，如 PM2.5、TVOC、温湿度等，用户可以通过手机应用或控制面板随时了解建筑的状态，并根据反馈做出相应的调整。

【智能安全保障】 高效的安全系统可以实时监测和报警，确保用户的安全。例如，当有可疑活动发生时，系统通过视觉识别自动触发警报并通知相关人员。

【沉浸式体验和惊喜】 通过智能化的互动、虚拟现实、交互式艺术和数字化娱乐，以及智能化的展示和展览等方式，为用户创造沉浸式体验，带来各种惊喜。



图 6-7 智慧建筑的体验设计

展望：

AIGC、大模型、应用型人工智能的普遍使用

它们正在或将改变建筑形态：



Claude 2



etc.

11月6日，OpenAI在首次面向开发者的活动“DevDay”中，发布了GPT-4的下一代模型“GPT-4Turbo”和可以制作定制版本的ChatGPT的“GPTs”，不到一周的时间，各种定制GPT全球大爆发，增长速度超乎所有人的想象。在可预期的未来，所有行业都将被AI重构，建筑行业也不会例外。

通过训练大规模的神经网络模型，可以实现对建筑设计的自动生成和优化。AIGC可以生成符合设计要求和约束的建筑代码，从而减少人工设计的工作量和时间。大模型可以通过学习大量的建筑数据和规则，提供设计建议和优化方案，帮助设计师做出更好的决策。

通过分析建筑的能源消耗数据和环境参数，可以训练AIGC和大模型来预测和优化建筑的能源使用。未来并不需要非常强的专业性或非常多的经验，每一个设备管理员都可以成为运管专家。

在商业服务领域，AIGC将大幅改善虚拟员工、虚拟助手、引导机器人等智能化产品的表现，在效率和准确性方面获得全面提升。

人工智能正在不断演进和发展，人们将越来越体会到人工智能在满足低碳、健康、舒适、智慧需求方面的重要性，从而验证矶崎新所说的“建筑，是让到目前为止未曾出现的事物在世界上出现”。





中国房地产业协会智慧建筑研究中心

江苏省南京市江宁区九龙湖国际企业总部园 B1 栋 605 室

邮编：211102

邮箱：zhjzrc@126.com



中国城市科学研究会绿色建筑研究中心

北京市海淀区三里河路 9 号住建部院内城科会西办公楼

邮编：100835

电话：010-58933142