

目录

第一章 新型智慧城市建设概述.....	1
第一节 新型智慧城市的特征及建设.....	1
第二节 新型智慧城市建设支撑技术.....	10
第二章 智慧建造中 BIM 技术的运用	26
第一节 BIM 工程师的素质要求与职业发展	26
第二节 工程建设过程中的 BIM 软件应用	44
第三节 BIM 技术在工程建造中的应用	56
第三章 智慧建筑设计.....	76
第一节 智慧建筑概述.....	76
第二节 智慧居住建筑设计	81
第三节 智慧公共建筑设计	83
第四章 智慧施工.....	89
第一节 智慧施工概述.....	89
第二节 智慧施工实现路径.....	89
第三节 施工装备的智能化.....	91
第四节 施工技术的智慧化.....	99
第五节 施工工地的智慧化.....	106

第五章 智慧运维.....	115
第一节 智慧运维基础.....	115
第二节 智慧运维的关键技术框架.....	122
第三节 智慧设施运维的应用范畴.....	125
第四节 能源管理的智慧化.....	129
第五节 应急管理的智慧化.....	133
第六节 空间运维的智慧化.....	136
第六章 土木工程智能检测.....	140
第一节 土木工程无损检测常用原理.....	140
第二节 智能土木工程检测发展必要性.....	153
第三节 智能土木工程检测系统.....	159
第四节 常见智能检测设备.....	161
第七章 工程项目信息化管理及信息安全.....	170
第一节 工程项目信息化管理.....	170
第二节 工程项目信息安全管理.....	181
第三节 云技术的建设工程项目全生命周期 BIM 集成管理.....	187
第八章 不同智慧建造方式下的工程项目管理创新.....	193
第一节 精益建造方式下的工程项目管理创新.....	193
第二节 装配化建造方式下的工程项目管理创新.....	207
第九章 工程应用案例分析.....	214
第一节 长沙梅溪湖国际文化艺术中心智慧建造实践.....	214
第二节 北京新机场智慧建造实践.....	226
第三节 基于三维激光扫描技术的大跨度桁架屋盖.....	232
参考文献.....	238

第一章



新型智慧城市建设概述

第一节 新型智慧城市的特征及建设

随着我国城市化进程的不断加快，人口超载、社会治安、交通拥堵、资源紧缺和生态恶化等问题也愈发凸显，严重影响了居民的日常生活。与此同时，地理信息系统与可视化、云计算与大数据、物联网与人工智能、5G 与信息安全等技术不断发展，部分城市管理人员在系统层面的协同管理思维也初步形成。

一、新型智慧城市的内涵与特征

（一）概述

关于智慧城市概念，国内外专家学者意见不一，但可以大致分为三派：技术论派（如 IBM 公司、华为等）认为技术的应用和创新是建设智慧城市的基础，智慧城市就是信息技术武装下的更智能、更便利的新型城市；应用论派从城市运营管理智能化和决策智能化的角度对智慧城市进行描述，强调智慧城市的智能应用特征，认为智慧城市是通过智能系统的广泛应用，提高了资源管理、环境保护、经济活动等领域的智能化水平；而系统论派认为智慧城市是一个类生命体的大系统，能够通过感知、认识、学习、成长等环节的培育，具备完善的创新、决策、调控能力和行为意识，不断增强自身的智慧化水平。

综合以上说法，智慧城市是一种将新一代信息技术与城市发展相结合，形成一系列智慧应用功能，能促进城市规划、建设、管理、服务并且能够系统地解决城市发展问题，最终达到改善居民生产生活质量目标的城市可持续发展新形态。

（二）新型智慧城市的内涵及基本架构

1. 新型智慧城市内涵

新型智慧城市是我国在传统智慧城市建设过程中经过不断摸索，进入瓶颈期后寻求突破的新阶段，它是现代信息技术和城市发展深度融合的产物。目前，我国还处于从建设传统智慧城市向建设新型智慧城市转变时期。

和传统智慧城市相比，新型智慧城市被赋予了新的内涵，可以简化为五个词：惠民、善治、开放、绿色和安全。

惠民，就是要做到全程全时地服务人民。新型智慧城市的本质是全心全意为人民服务的具体措施与体现，因此发展新型智慧城市必须从人民群众的根本利益出发，不断满足人民群众日益增长的美好生活需要，不断促进公共服务的公平性，确保经济社会和人的全面同步发展，让居住在城市中的居民有认同感、获得感和幸福感。

善治，就是让城市治理更加高效有序。新型智慧城市利用传统智慧城市建设已有的基础设施和技术条件，实现低本地收集、统计和整理城市治理中的信息，使得城市治理透明化，并倒逼城市治理制度和治理理念的改革与创新，形成现代化的城市治理制度体系，最终实现公共利益最大化。

开放，就是数据要更加开放、共融共享。传统智慧城市建设始终存在着数据使用效率低、数据资源割裂等现象。新型智慧城市的政府上下力求信息化并做到云数据开放，但由于政府信息数据的特殊性，电子政府云数据信息一体化缺乏良性环境。尤其针对这些资源的有效配置和分配规范并没有达成一致。因此、想要实现数据共享，就需要尽快找到数据安全开放可见度的平衡点，并且有效解决在要求数据共享的呼声如此高涨的当下依旧存在的数据割裂的现状。

绿色，就是经济发展要绿色开源。盲目建设在传统智慧城市建设中并不少见，浪费了大量资源，造成环境污染等问题。新型智慧城市的建设发展一定要走可持续方向，改善城市居民生产生活方式和环境，倡导人民生活、政府管理低碳环保，达到人与自然和谐共生的状态。

安全，就是指网络空间安全清朗。传统智慧城市建设的工作内容集中在网络空间的覆盖面和传输速度上，而新型智慧城市是要建设安全可控、高效便捷且智能的信息基础库和感知系统，增强关键信息安全韧度，提升信息安全事件响应速度，对网络不良信息进行治理。网络是新型智慧城市建设的支撑点，保证网络空间的安全、可靠是建设过程中需要

特别注意的一环。

综上所述，新型智慧城市的定义是以为民服务全程全时、城市治理高效有序、数据开放共融共享、经济发展绿色开源、网络空间安全清朗为主要目标，通过体系规划、信息主导、改革创新，推进新一代信息技术与城市现代化深度融合、迭代演进，实现国家与城市协调发展。

2. 新型智慧城市基本架构

新型智慧城市的基本架构被概括为“六个一”系统工程，即构建一个开放的体系架构，构建共性基础“一张网”，建立一个通用功能平台，建立一个数据体系，建立一个高效的运行指挥中心，建立一套统一的标准体系。

构建一个开放的体系架构。新型智慧城市是一个复杂巨系统，需要遵循体系建设规律，运用系统工程方法，构建开放的体系架构，通过“强化共用、整合通用、开放应用”的思想，指导各类新型智慧城市的建设和发展。

构建共性基础“一张网”。为了实现城市的精确感知、信息系统的互联互通和惠民服务的无处不在，要构建一张天地一体化的城市信息服务栅格网，夯实新型智慧城市建设的基础。

建立一个通用功能平台。为有效管理城市基础信息资源，提高系统的使用效率，要构建一个通用功能平台，实现各类信息资源的调度管理和服务化封装，进而支撑城市管理与公共服务的智慧化。

建立一个数据体系。海量数据是新型智慧城市的特有产物，要建立一个开放共享的数据体系，通过对数据的规范整编和融合共用，实现并形成数据的“总和”，进而有效提高决策支持数据的生产与运用，进一步提升城市治理的科学性和智能化水平。

建立一个高效的运行指挥中心。为更好地对城市的市政设施、公共安全、生态环境、宏观经济、民生民意等状况有效掌握和管理，需要构建新型智慧城市统一的运行中心，实现城市资源的汇聚共享和跨部门的协调联动，为城市高效、精准管理和安全、可靠运行提供支撑。

建立一套统一的标准体系。标准化是新型智慧城市规范、有序、健康发展的重要保证，需要通过政府主导，结合各城市特色，分类规划建设内容及核心要素，建立健全涵盖“建设、改革、评价”三方面内容的标准体系。

从新型智慧城市的基本架构之中可以扩展出新的智慧城市建设的体系框架，包括感知层、网络层、数据层、应用层、调度层。

感知层通过各种传感设备感知城市的运行状况，由网络层高速安全地传输到城市信息基础数据库中，由数据处理中心结合其他行业数据库进行数据的传输、整理、融合、分析和智能决策，并给上游应用提供支撑服务。新型智慧城市运营中心能够实现城市资源的汇集共享，为城市的高效管理提供支撑，在遇到突发公共事件时，也可以作为集中指挥部统一调度。最后，要形成一套新型智慧城市标准规范体系和一套网络空间安全体系。

IBM 在《智慧的城市在中国》白皮书中提出智慧城市需要具备四大特征：全面物联、充分整合、激励创新、协同运作。新型智慧城市除了延续传统智慧城市的基本特征以外，囊括了更多的本质特征。

新型智慧城市是一个开放的复杂巨系统。根据钱学森对系统论的定义，新型智慧城市与周边城市、区域乃至世界都存在着物质、能量和信息的交换，它所包含的子系统难以计数、功能复杂、结构庞大、系统层次多，具备着典型开放的复杂巨系统特点，需要使用系统科学和系统工程的新方法。

新型智慧城市有着全新的发展理念。新型智慧城市将“创新、协调、绿色、开放、共享”作为其发展理念。崇尚创新是前提条件，为建设注入动力和活力；注重协调是现实需要，实现整体功能最优化；倡导绿色是重要体现，绿色低碳环保活动全民参与；厚植开放是有效途径，落实互利共赢开放战略；推进共享是根本要求，推进公共服务均等化。

新型智慧城市需要构建一个城市大脑。传统智慧城市建设中存在的最主要的问题就是信息孤岛问题，针对如何解决这一问题，新型智慧城市提出构建一个城市大脑，用于加强智慧城市建设与工业化、信息化、城市化、农业现代化的融合发展，实现城市的全面管理和资源的实时调配，对城市运行数据进行分析，是支撑城市决策优化和服务优化的新技术。

新型智慧城市强调顶层设计。传统智慧城市建设一般是单个城市发展，各地也都热衷于单个智慧项目的建设。新型智慧城市对顶层设计有着极高的要求，基于网络实现跨部门、跨层级和跨领域的信息共享和业务协同，要求建立多方面的协同发展体系，推动城市特色化建设，不断缩小城市之间的差距，实现整体智慧和繁荣。

新型智慧城市注重市场力量。新型智慧城市作为体量十分巨大的系统工程，只依靠政府力量一定会以失败告终。政府可在建设初期发挥引导作用，之后结合项目的属性实行多元化融资、多元化主体参与，政府应负责顶层设计、规则制定和非市场领域的项目建设，盈利项目可由企业参与建设，采取社会投资等模式，确保智慧城市建设的可持续性。另外，市场的技术创新活力是最旺盛的，政企合作进行技术革新可以实现共赢发展。



二、新型智慧城市的建设目标和内容

新型智慧城市是现代信息技术和城市发展深度融合的产物，是建设数字中国、智慧社会的核心载体。其建设目标是根本性问题，是新型智慧城市的出发点与终极服务归宿；建设内容则是新型智慧城市发展的终端呈现，是城市形象提升的关键。

（一）新型智慧城市的建设目标

在智慧城市推进过程中，我国暴露出各城市各部门信息共享互联互通难、协同运作整合难，重技术轻应用，网络信息安全有隐患，城市发展问题难以被有效解决等问题。

在此背景下，国家发展改革委等 25 个部门于二十一世纪一十年代中期在新型智慧城市建设部际协调工作组第一次会议上强调要建设新型智慧城市，以提升城市治理和服务水平为目标，以为人民服务为核心，推动信息技术与城市治理和公共服务深度融合，分级分类、安全护航、改革创新，打破信息藩篱。因此，建设新型智慧城市不仅是追求网络技术的应用，更应是以人为本、统筹协调，应用信息技术为公众提供优质的城市服务，提高城市治理水平，推进城市运作更安全、高效、便捷、绿色。

综合来看，根据“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念，新型智慧城的建设目标既要有全球视野，也要有地方特色，全面推进新一代信息通信技术与新型城镇化发展战略深度融合，以创新引领城市发展转型，提高城市治理能力现代化水平，提升人民群众幸福感和满意度，实现城市可持续发展。此外，结合新型智慧城市的内涵与特征，新型智慧城市的建设目标又可概括为五个方面：为民服务全程全时、城市治理高效有序、数据开放共融共享、经济发展绿色开源、网络空间安全清朗。

具体而言，新型智慧城市的建设目标可从政府、企业和居民三方面阐述。在政府层面，新型智慧城市的建设目标是提升城市的治理能力与公共服务能力，提升公共服务的便捷性与均等化，建立透明、高效的政府，构建宜商宜居的和谐社会。在企业层面，新型智慧城市的建设目标是为企业提供优质的服务和广阔的创新平台，使得企业能够在优良的营商环境中实现持续经营。在居民层面，新型智慧城市的建设目标是提升居民的生活品质，支持公众参与城市治理，全程、全时、全方位为居民提供服务，建造美好、绿色的宜居家园。

（二）新型智慧城市的建设内容

根据维也纳科技大学的调查研究，建设新型智慧城市又可划分为智慧经济、智慧公



民、智慧治理、智慧移动、智慧环境和智慧生活六大领域。这些以人为本的六大建设领域，值得我们借鉴和思考。

1. 智慧交通

建设智慧交通就是通过信息技术等手段，让交通变得有“智慧”，具有思考问题和解决问题的能力。这涉及交通运输系统的各方面、各环节，需统筹协调交通运输的所有业务、所有人、所有设施、所有装备以及所有企业。按服务领域划分，智慧交通可分为交通管理、电子收费、交通信息服务、智能公路与安全辅助驾驶、交通运输安全、运营管理、综合运输、交通基础设施管理和数据管理 9 个方面。

2. 智慧建筑

建设智慧建筑是通过信息技术等手段根据人的体验和感受，向人们提供安全、高效、便捷、节能、环保、健康的建筑环境。这会涉及建筑和建筑中使用者行为习惯等多方面因素，也包括所有周边的建筑及一切可能存在关联的人、物及外部环境，即智慧建筑需构建人、环境、建筑之间相互协调的生态体系，包括智能化集成系统、信息化应用系统、信息设施系统和建筑设备管理系统等建设内容。

3. 智慧政务

政府治理能力的现代化发展是建立在现代化智慧政务系统构建基础上的，政府治理能力社会服务功能的最大化体现是由现代化智慧政务建设水平决定的。也就是说，提高政府公共服务和社会治理能力需要通过科学、合理的智慧政务建设工作来实现。随着互联网等信息技术的发展，智慧政务建设需纳入信息技术、智能技术、数字技术等，推动政务数据标准化、服务网络化、办理自动化，持续探索政府惠民便企服务新路径。

4. 智慧医疗

智慧医疗是利用物联网、云计算、大数据等信息技术，打造以患者为服务中心、以数据为支撑中心的医疗服务模式，构建以电子健康档案为中心的区域医疗信息平台，整合优化区域医疗资源，使紧缺的医疗资源合理分配。建设智慧医疗需根据医疗改革的发展需求，构建全覆盖的民生健康医疗智慧信息化服务体系，实现医疗行业的智能化、平台化、精准化、便捷化，推动医疗事业的繁荣发展。

5. 智慧教育

教育对未来城市的发展起着决定性的作用，提升其智慧化水平，对新型智慧城市的发展建设有着重要意义。智慧教育是指运用物联网、云计算为代表的一批新兴的信息技



术，统筹规划、协调发展教育系统各项信息化工作，转变教育观念、内容与方法，以应用为核心，强化服务职能，构建网络化、数字化、个性化、智能化、国际化的现代教育体系。它旨在提升现有数字教育系统的智慧化水平，实现信息技术与教育主流业务的深度融合，促进智慧教学、智慧学习、智慧管理、智慧科研、智慧评价和智慧服务六大主流教育业务的顺利开展。

6. 智慧物流

我国正加速进入以物流业务数字化和物流数据业务化为主要特征的智慧物流时代。智慧物流是通过物流系统和物联网以及互联网的深度融合，使物流系统具备自动化和可视、可控能力，并最终获得智能管理能力。它包括推动物流企业数字化改造，建立物流信息平台，加强物流数据政企共享合作应用，完善智慧物流标准体系建设，打造物流金融一体化平台等建设内容。

7. 智慧社区

住房和城乡建设部发布的《智慧社区建设指南（试行）》（中明确规定：智慧社区是通过综合运用现代科学技术，整合区域人、地、物、情、事、组织和房屋等信息，统筹公共管理、公共服务和商业服务等资源，以智慧社区综合信息服务平台为支撑，依托适度领先的基础设施建设，提升社区治理和小区管理现代化、促进公共服务和便民利民服务智能化的一种社区管理和服务的创新模式。智慧社区建设旨在方便居民生活，高效进行基层社会治理，满足居民多元化的社会需求，实现信息资源的共享，促进社会阶层的融合。

8. 智慧经济

智慧经济是以创新为驱动，实现人与自然、人与社会的和谐与可持续发展。智慧经济与其他经济形态的根本区别在于：智慧经济通过云计算、大数据和物联网等技术，实现供给与需求之间快速、有效的信息传递，精准满足人们个性化需求，有效提升政府、企业和金融机构等各部门的工作效率，促进全要素生产率的提高。

三、新型智慧城市未来发展

随着国家治理体系和治理能力现代化的不断推进，“创新、协调、绿色、开放、共享”发展理念的全面贯彻，城市也被赋予了新的内涵。新型智慧城市按照“创新、协调、绿色、开放、共享”的理念进行顶层设计，形成全国统一或区域统一的智慧城市公共信息平台，结合本地线下服务，实现集约化管理服务，打破了以往以一个城市为单位的智慧城市建设



模式。新型智慧城市是信息时代下城市经营的新思维和新战略，是以发达的信息神经网络提升城市治理现代化，以无处不在的“互联网+”营造柔性繁荣的城市新型产业，是一个安全可信赖、服务体验时尚便捷、信息经济高度繁荣的城市，是信息社会城市发展的一种高级形态。

（一）贯彻理念，提高规划质量

智慧城市规划既要有全球视野，也要有地方特色，要以人民为中心，全面体现“创新、协调、绿色、开放、共享”新发展理念的要求，引领城市朝着绿色、低碳、现代、便利的智慧城市方向迈进。要着力构建集智慧交通、智慧治理、智慧民生、智慧医疗、智慧养老、智慧社保等为一体的智慧城市规划体系，通过智慧城市规划，促进横向、纵向间的信息资源共享与业务协同，逐步消除信息共享的障碍。

（二）价值导向，注重提升经济效益

建造新型智慧城市的最终目的是在“创新、协调、绿色、开放、共享”发展理念的指导下，实现人口、资源、环境、社会的全面协调可持续发展。目前，智慧城市建设主要是由政府主导筹措资金，企业积极提供技术和产品支撑。政府不计成本为智慧城市统一买单，但是不能平衡其经济效益，这种发展模式从长期来看并不能可持续。因此、新型智慧城市建设需要尊重市场经济规律，坚持市场和价值导向，遵循价值实现的内在逻辑，因势利导，协调好公益性与盈利持续性的关系。在新型智能城市建设过程中，一是需要兼顾其生态效益，欧洲国家长期受到环保主义的深远影响，一直致力于运用新技术促进城市的节能减排和环境保护工作，例如伦敦的智能建筑可以通过建筑隔热、冷热交换、天然采光等巧妙设计，充分利用太阳能、风能等可再生资源，大幅度节约供热能耗和电力消耗。二是需要提升其经济效益。从长期来看，未来新型智慧城市基础设施和政务服务的智能化将会使城市管理和服务成本更加低廉，科技与产业的结合将会使现代产业体系发生根本变革，工业互联网、智能制造、电子商务等的应用，能节约企业成本，匹配供需环节，优化产业流程，提高产品竞争力，提升城市产业经济水平。这样，才能使得新型智慧城市的发展可持续。

（三）开放共享，构建一体化大数据平台

目前，各城市、各部门、各主体之间在智慧城市建设上还存在一定割裂，存在数据重复建设、更新不及时等问题，存在“信息孤岛”和“数据鸿沟”现象，这与“协调、



开放、共享”的发展理念相悖。新型智慧城市建设要求构建一体化的时空大数据平台，实现数据的互融互通和开放共享，最终节约财政成本，促进跨部门业务协同，推进服务型政府建设。在此基础上，新型智慧城市可以新建“云上政务平台”，联合各行政部门在线进行城市服务，打造“行政审批不见面”“城市服务一条龙”的优质服务模式。建立和完善城市人口、法人、资源、经济、信用等基础信息数据库，加强城市服务能力。

（四）多方参与，构建立体化产业生态圈

传统的智慧城市主要是由政府主导，企业为参与主体，居民参与较少。新型智慧城市建设强调多方主体的共同参与，涉及政府组织、技术服务商、产品服务商、金融服务商、研究机构、产业联盟等多个参与方。在这个“物网互联”“万物互联”的时代，将会通过多方共同合作构建的方式，打造涵盖开放式物联网平台、大数据云平台、政企合作平台、金融服务平台、医疗合作平台、教育合作平台在内的多个立体化的产业生态圈。新型智慧城市将深刻影响未来城市功能，构建的立体化产业生态圈将涵盖城市管理、人居环境、基础设施、公共服务、现代产业体系等方方面面，为城市居民提供衣、食、住、行、娱、医、保、投、学等人生全方位、全场景和多角度的服务。前沿信息技术在智慧安防、智慧政务、智慧交通、智慧社区等场景的应用将会越来越深入。

（五）发挥优势，提升城市智慧治理的水平

智慧城市建设内容丰富，城市政府要重视提升治理的智慧化水平，要加快建设高速、宽带、融合、安全、无线的网络技术信息设施，为提升城市治理水平提供保障条件。要逐步将工作的重心转向城市设施高效安全运行，加强城市精细化管理等重要任务上来，以网络化管理、社会化服务为方向，以智慧城市建设为契机，以大数据应用为突破，加快形成与经济社会发展相匹配的城市治理能力，通过完善城市治理，形成支撑城市发展的新优势。

（六）互联互通，融入“智慧社会”

要秉持“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念，围绕建设“数字中国、智慧社会”。人类社会智慧化趋势不可逆转，新型智慧城市将会是智慧社会的重要组成部分。新型智慧城市运用新兴技术，联合各社会主体共同参与，打造了智慧政务、智慧产业、智慧生活。在城市内部、城市之间、社会生活的各个领域之间实现了互联互通、资源共享、优势互补，创新和引领了经济社会的跨越式发展推动了我国的“智慧社会”进程。此外在



国家“一带一路”倡议下，新型智慧城市在建设过程中还链接了上下游产业，推动了全球产业链的转型升级，推动了产业的国际化布局，为“智慧地球”贡献了力量。

第二节 新型智慧城市建设支撑技术

一、地理空间信息与可视化技术

（一）GIS 技术

GIS 技术是支撑智慧城市概念实现的重要技术之一，是智慧城市的操作系统。GIS 具有强大的海量空间数据存储、管理、处理和分析能力，并可以进行地理数据可视化。使用 GIS 技术，基于城市二维或三维景观电子地图，可以实现信息数据在电子地图上的位置、属性、景观的展示、查询、分析等，甚至通过虚拟显示技术将传统的信息数据符号及视觉变量表现为动态、时空变化、多维和多时相的交互虚拟环境，可将数据收集、空间分析和决策过程综合为一个共同的信息流，以提高对地理空间信息数据复杂变化过程的分析 and 洞察能力，辅助智慧城市规划和建设决策。在智慧城市规划和建设中，城市 GIS 基础软件平台、地理空间信息共享互操作以及城市三维景观重建与信息查询分析等方面均有 GIS 技术的应用。

城市 GIS 基础软件平台是以 GIS 为基础的城市规划空间辅助决策软件平台，是实现智慧城市信息共享的核心。其原理是基于 GIS 技术，将城市各种比例尺地图数据，以城市数字正射影像数据、数据高程模型数据等整合为城市各种信息应用系统的基础框架和图层，在此基础上实现可视化的信息展现、查询和统计分析。城市 GIS 基础软件平台可以在多个智慧城市信息平台中发挥作用：城市级“一级平台”信息互联互通与数据共享、电子政务内外网业务、城市综合监控与管理（包括数字城管、环保节能、市政市容等）、城市应急指挥、城市公共安全监控与管理、城市智能交通监控与管理、城市公共及基础设施监控与管理、城市社会民生服务（包括电子商务和现代物流）、数字企业以及智慧建筑与智慧社区等。

地理空间信息共享和互操作是指基于网络 GIS，使得分布在不同领域、不同部门之间



的空间数据进行共享和互操作，是数字地球关键技术的前沿。GIS 技术与网络技术的结合实现了 GIS 的网络化，为空间数据的共享与互操作提供了契机。地理空间信息共享和互操作使得 GIS 的应用扩展到智慧城市的各个应用领域和广泛的地理区域，并出现了大量不同类型、分布、异构数据库或地理信息系统，极大促进了地理信息的集成和共享。

城市三维景观重建是指基于 GIS 技术，通过三维城市模型将城市地形地貌、建筑、道路及桥梁等呈现出来，是数字城市三维可视化系统必不可少的功能之一。其原理是借助低空多角度高分辨率遥感拍摄，构建城市三维模型。之后，通过三维城市模型数据表现地形地貌千变万化的几何结构和表面属性，运用三维几何模型数据生成技术、表面纹理数据生成技术、属性生成技术，使得在城市三维景观中更生动、更逼真、更客观地展现城市地形地貌、建筑、道桥等。城市三维景观重建为智慧城市建设提供三维可视化管理和规划辅助决策，为之后多部门参与和协同工作提供了有效的三维数据模型。

特别地，GIS 技术还重点被运用于智慧城市中的智慧交通领域。例如，在城市交通规划中，将 GIS 技术与虚拟现实技术相结合，利用虚拟 GIS 技术可以完成城市道路地形图及相关信息的录入，实现空间数据和属性数据的采集，建立三维地形模型；并构建出一个与客观世界相一致的虚拟环境，用以辅助智慧交通规划决策。

（二）BIM 和 CIM 技术

1. BIM 技术在城市设计和建造中的应用

BIM 作为多维度的全生命综合管理平台，对实现大尺寸下的智慧城市规划至关重要。智慧城市设计既有空间维度的城市空间规划，包括地上与地下等地理空间信息；又涵盖了时间维度的规划，包括城市发展脉络，新老城区的交汇融合与未来的发展规划等。与此同时，智慧城市设计既要着眼于城市功能分区的排布，又要关注各个城市相关部门的规划安排、如市政道路与管线、地下管网、城市安全监控，甚至街道广告等。而不同部门又常常使用不同的数据类型，如图片、影像、地形数据、CAD 图纸、3D 模型，以及新兴的倾斜摄像模型等。在 BIM 平台的协同管理下，不同数据源及数据类型的城市信息得以在单个平台上整合，并与三维化的空间信息建立直接相关，多元数据的输入、编译、融合，使城市信息一体化数据库得以建立，为城市设计者在大城市尺度的范围内利用统计学模型及大数据技术指导具体的城市设计实践提供指导。

BIM 技术在智慧城市建设阶段也有广泛应用。例如，通过 BIM 技术与虚拟现实技术集成应用，完成虚拟场景构建、虚拟施工过程模拟以及交互式场景漫游，以确保工程在各

个阶段具有良好的可控性，同时保持与各专业之间紧密的联系及反馈机制；利用 BIM+ 激光扫描进行验收，通过与原始设计模型进行比对，得出偏差分析报告，从而达到高效、精确地对现场施工情况校对的效果。在 BIM 建模的基础之上，采用虚拟现实软件进行逼真的模拟体验，设计人员可在三维场景中对模型进行任意的漫游供业主查看，人机交互，这样很多不易察觉的设计缺陷能够轻易地被发现，减少由于事先规划不周全而造成无可挽回的损失和遗憾，大大提高项目的评估质量。具体地，在三维城市建构、室内导航、公共设备管理、长线工程和大规模区域性工程管理等领域，都有 GIS 技术和 BIM 技术的集成应用。

近年来，BIM5D 技术的逐渐成熟和广泛应用为基于 BIM 技术而构建的综合城市建设管理平台提供了坚实的基础。BIM5D 模型在传统 BIM 三维模型中加入了成本与时间两个维度，构建了全新的五维模型，涵盖了建筑工程中的实体数据信息、经济成本、工程建设进度等信息，扩展了 BIM 信息模型的构建水平和应用领域。具体而言，BIM5D 模型可以涵盖数据、应用、使用终端三个层次的应用。在数据层上，统一标准的技术特征、平台协议、数据交换标准、BIM 模型及建设预算文件等规范性数据标准得以建立。不同软件产生的信息被吸收进统一化的数据库，并利用有关 BIM 数据交互的技术规范，实现 BIM5D 平台资源的有效整合。

2. CIM 技术在城市设计和建造中的应用

采用 GIS 与 BIM 集成的 CIM 技术，可以进一步为数字城市、智慧城市设计和建设奠定坚实的信息基础设施。CIM 技术提供的三维城市底版，为城市设计提供了方便描绘未来城市的工具，利用 CIM 技术进行城市设计是一种新的高效设计方法。

城市规划及设计离不开城市测绘。在城市测绘工作中，使用 CIM 技术建立城市自然资源的底版模型已得到重视并出现相关的应用。其中涉及的新型测绘手段包括近几年发展出来的无人机倾斜摄影，可以大幅度提升城市测绘工作效率。运用无人机倾斜摄影进行测绘，首先对要测绘的城市区域，在 GIS 上建立起合适的网格，在网格上选用一定的分布点位，布置辅助北斗或者 GPS 定位装置、作为辅助定位点。然后，使用携带多镜头高分辨率相机的无人机，做倾斜摄影飞行，对测绘区域进行飞行摄影。无人机倾斜摄影是个连续过程，会通过多次飞行，将产生的一系列包含有高度、位置信息的照片。通过专用的倾斜摄影计算分析软件，分析计算这些倾斜摄影照片，可以自动生成地表三维模型，这个三维的地表模型经过多个预先在地面网格上布置的定位点进行校正后，可以得到精确度高于 5 厘米的高精度三维地表模型。这个三维地表模型能真实地反映地表地物及其周边情况，包含有真实感非常强的地表纹理。



（三）VR、AR 和 MR 技术

1. 在智慧旅游领域

首先，虚拟现实技术可以应用于虚拟旅游。应用计算机技术实现场景的三维模拟，借助一定的技术手段使操作者感受目的地场景。坐在电脑椅上就能身临其境地游览全世界的风景名胜，还能拍照留念——这就是时下在众多白领中开始风行的“虚拟旅游”，通过阅读和互动体验的虚拟游戏方式实现线上旅行，并且为线下旅行提供指导。其次，可以应用于景区保护。将虚拟现实技术引入景区保护领域中来，首先是着眼于一些经典热门的景区的保护。虚拟现实可以缓解这些景区经济效益与遗产保护的矛盾。由于有人数限制，很多景区可以制作数字化的参观方式，可以避免游客对景区的伤害。第三，可以应用于旅游场景再现。利用虚拟现实技术，可以真实再现已经不存在的景观。如通过重现古代社会的建筑文明，人们可以徜徉于古建筑之间，欣赏到千年前古建筑的原貌，感受古代文明的辉煌，具有景观珍藏的意义；而对于喜欢探幽寻古的游人来说，这也是难得的视觉享受。第四，可以应用于旅游规划。借助虚拟现实技术对于要创建的景点进行系统建模，生成相应的虚拟现实系统，然后通过人机交互界面进入该虚拟场景。通过规划人员的观察和亲身体验，以判断各种规划方案的优劣，检验规划方案的实施效果，并可以反复修改和辅助最终方案的制订施行。可以减少设计缺陷，提高规划质量和进度、加快开发周期。

2. 在智慧交通领域

首先，虚拟现实技术可以应用于交通仿真。当前，微观仿真技术应用比较多的领域是城市地理信息系统，基于细节层次显示技术和视景分块调度技术，结合虚拟现实技术，通过对图形数据和属性数据库的共同管理、分析及操作，实现数据可视化。也可使用基于图形和基于图像的建模技术对建筑物和其他一些复杂的模型如树木等进行重建，再利用有理函数模型表示遥感影像与地面之间的构象关系，使用纹理映射技术，构建具有高度真实感的平面或者三维景观图。或者、将城市表面几何对象经过模型化后，都以数字的形式存储在计算机中，采用纹理和贴图技术、LOD 模型、动态多分辨率的纹理与影像优化技术，进行微观仿真。其次，可以应用于交通事故模拟与再现。基于虚拟现实技术，开发三维动画演示软件，以三维动画的形式演示车辆在整个事故过程中的运动。在构造虚拟现实环境中，用户可以改变场景元素、改变视角、添加背景、灯光等演示要素，软件具有操作性、灵活性、真实感强等特点。第三，可以应用于虚拟驾驶系统。利用计算机构建用于汽车驾驶的虚拟环境和用于驾驶的车辆，产生“人—车—环境”闭环系统，在这一闭环系统中驾



驶汽车，可根据车辆的行驶不断变换相应的虚拟视景、场景音效和车辆的运动仿真，使驾驶员沉浸到这一环境中，并根据虚拟环境中产生的触觉、听觉和视觉，变换相应的驾驶动作，达到训练驾驶员动作或研究“人—车—环境”特性的目的。

3. 在智慧教育领域

首先，虚拟现实技术可以应用于科技研究。当前、许多高校都在积极研究虚拟现实技术及其应用，并相继建起了虚拟现实与系统仿真的研究室，将科研成果迅速转化为实用技术。虚拟学习环境、虚拟现实技术能够为学生提供生动、逼真的学习环境，如建造人体模型、电脑太空旅行、化合物分子结构显示等，在广泛的科目领域提供无限的虚拟体验，从而加速和巩固学生学习知识的过程。其次，可以应用于虚拟实训基地。虚拟现实的沉浸性和交互性，使学生能够在虚拟的学习环境中扮演一个角色，全身心地投入学习环境中去，这非常有利于学生的技能训练。包括军事作战技能、外科手术技能、教学技能、体育技能、汽车驾驶技能、果树栽培技能、电器维修技能等各种职业技能的训练，由于虚拟的训练系统无任何危险，学生可以不厌其烦地反复练习，直至掌握操作技能为止。第三，可以应用于虚拟仿真校园。虚拟校园是虚拟现实技术在教育培训中最早的具体应用，它由浅至深有三个应用层面，分别适应学校不同程度的需求：①简单地虚拟校园环境供游客浏览。②基于教学、教务、校园生活，功能相对完整的三维可视化虚拟校园。③以学员为中心，加入一系列人性化的功能，以虚拟现实技术作为远程教育基础平台。

4. 在智慧应急管理领域

虚拟现实的产生为应急演练提供了一种全新的开展模式，将事故现场模拟到虚拟场景中，在这里人为地制造各种事故情况、组织参演人员作出正确响应。这样的推演大大降低了投入成本，提高了推演实训时间，从而保证了人们面对事故灾难时的应对技能，并且可以打破空间的限制，方便地组织各地人员进行推演，这样的案例已有应用，必将是今后应急推演的一个趋势。

5. 在智慧市政领域

智慧市政地下管网虚拟现实系统为施工部门和管理部门提供地下管网准确的走向和埋深等有关信息，通过进行各种分析、为领导部门进行管网规划、管网改造等提供辅助决策功能。地下管线虚拟现实系统，一是可以实现传统手工处理方式向现代化信息管理转型，以保证数据的实时更新、有效管理，避免重复收集数据信息；二是可为市政建设提供规划、设计、决策服务；三是可为应对突发事件提供支撑。



6. 在智慧医疗领域

外科医生在真正动手术之前，通过虚拟现实技术的帮助，能在显示器上重复地模拟手术，移动人体内的器官，寻找最佳手术方案并提高熟练度。在远距离遥控外科手术，复杂手术的计划安排，手术过程的信息指导，手术后果预测及改善残疾人生活状况，乃至新药研制等方面，虚拟现实技术都能发挥十分重要的作用。此外，一些用于医学培训、实习和研究的虚拟现实系统，仿真程度非常高，其优越性和效果是不可估量和不可比拟的。例如，导管插入动脉的模拟器，可以使学生反复实践导管插入动脉时的操作；眼睛手术模拟器，根据人眼的前眼结构创造出三维立体图像，并带有实时的触觉反馈，学生利用它可以观察模拟移去晶状体的全过程，并观察到眼睛前部结构的血管、虹膜和巩膜组织及角膜的透明度等。还有麻醉虚拟现实系统、口腔手术模拟器等。

7. 在智慧工厂领域

虚拟现实已经被世界上一些大型企业广泛地应用到工业的各个环节，对企业提高开发效率，加强数据采集、分析、处理能力，减少决策失误，降低企业风险起到了重要的作用。虚拟现实技术的引入，将使工业设计的手段和思想发生质的飞跃，更加符合社会发展的需要，可以说在工业设计中应用虚拟现实技术是可行且必要的。此外，工业仿真系统不是简单的场景漫游，是真正意义上用于指导生产的仿真系统，它结合用户业务层功能和数据库数据组建一套完全的仿真系统，可组建 B/S、C/S 两种架构的应用，可与企业 ERP、MIS 系统无缝对接，支持 Oracle、MySQL 等主流数据库。工业仿真所涵盖的范围很广、从简单的单台工作站上的机械装配到多人在线协同演练系统。

8. 在智慧能源领域

能源的开采和开发涉及很多模块，很多行业常常需要对大量数据进行分析管理，并且由于职业的特殊性，对员工的业务素质也有很高要求。运用三维虚拟技术不但能够实现庞大数据的有效管理，还能够创建一个具有高度沉浸感的三维虚拟环境，满足企业对石油矿井、电力、天然气等高要求、高难度职位的培训要求，有效提高员工的培训效率，提升员工的业务素质。

此外，在智慧农业等其他多个领域，虚拟现实技术也都得到了充分应用，并具有广阔的应用前景；同时，虚拟现实技术还可以与 GIS 技术、BIM 和 CIM 技术等其他技术相结合，在智慧城市建设中发挥更大的作用。



二、云计算与大数据技术

数据是智慧城市“城市大脑”的核心资源，因此云计算与大数据技术是为智慧城市规划、建设、运营提供基础支撑的关键技术。接下来，我们将分别介绍云计算与大数据技术的基本原理及其在智慧城市中的应用。

（一）云计算技术

在智慧城市的建设中，由于分布在城市各处的海量传感器时时刻刻都在产生检测数据，使得城市数字化信息数量不断上升、数据量大幅提高。对海量的实时数据进行储存、管理、分析以及形成最终的数据服务传送至客户群体的各个过程，都离不开云计算技术。同时，智慧城市中的多个应用系统间存在信息共享、交互，想要支撑如此庞大的系统安全运行，基于云计算的网络框架就必不可少。

首先，智慧城市运营中心与“城市大脑”建设离不开云计算技术。基于云计算技术的“城市大脑”，是智慧城市的核心，可以加强不同公共服务平台、业务部门间的相互联系，提高智慧城市行政服务工作效率、信息化建设水平，减少程序服务的运营维护成本、缩短响应速度。例如：基于云管理系统的虚拟化管理平台、云操作中心、云服务中心等网络架构，可以为智慧城市系统的访问用户，提供多种自助式的业务服务；其中，虚拟化管理平台负责实现云数据资源的监控、服务管理，云操作中心负责智慧城市的运营管理，云服务中心负责实现对虚拟化服务器、终端用户请求、访问服务等管理。

其次，云计算技术也可以应用于智慧城市建设的各个领域。下面以智慧交通、智慧物流、智慧医疗、智慧政务、智慧工业领域的应用为例、介绍云计算技术在新型智慧城市中的应用情况。

1. 在智慧交通领域

云计算技术可以应用于及时处理交通问题，提高交通流畅度，保障城市高效运行。例如，交通部门可以通过云计算技术及时获得数据，实时地分析交通情况并预测交通拥堵状态，从而提前做好疏散拥堵的准备。此外，通过云计算与 GIS 技术结合的云 GIS 技术，还可以对城市中的道路、车辆和人员进行监控，搜集海量的数据信息并通过网络进行地图数据、统计报表的传递，从而提升交通监管能力，有效预警道路危险状况、在很大限度上避免拥堵、事故、纠纷等问题的发生。

2. 在智慧物流领域

云计算技术可以推动物流行业的自动化和智能化，从而在完善物流服务体系的同时，极大提升城市的智能化水平。例如，被大家熟知的美团、饿了么等外卖商家，均借助云计算技术将骑手位置实时显示在 App 上，从而为客户提供更加便捷的服务。

3. 在智慧医疗领域

云计算技术能够为智慧医疗系统的网络层建设提供巨大帮助，从而提高医疗卫生服务的智能化水平。医疗卫生领域建设是一个城市建设重点，这关系到城市公民的基本生命安全和城市的稳定。在医疗卫生服务体系构建过程中，云计算技术可以帮助收集、储存患者信息及治疗信息，从而帮助医护人员可以以极低的时间和劳动力成本全面地了解、保护患者的医疗信息，也为医护人员进行医疗数据分析、开展医疗科研工作提供了有力保障。同时，云计算数据与互联网技术的联合运用，也拓宽了医患间的沟通渠道，使得患者可以通过网络平台进行就诊。例如，现在各大医院都开通了微信公众号和 App，可以为患者提供远程挂号和预约服务，节约了患者的时间，有效缓解了医院的拥挤情况，让就医变得更加便捷。

4. 在智慧政务领域

云计算技术可以应用于智慧城市电子政务平台的建设。云计算技术可以实现对网络中的海量数据进行抽取、清洗、转换，实现对虚拟客户端及应用程序的整合和功能拓展，从而达到提高政务平台的服务效率、质量的目的。因此，要想搭建出更开放化、可视化、智能化的行政事务平台系统，提升公共数据处理及业务服务功能，大数据和云计算技术必不可少。

5. 在智慧工业领域

云计算技术也可以通过提升工业技术发展水平，助力实现智能化生产的目标。通过借助云计算技术，发展新时代技术性新工业，可以破除旧工业生产和管理的不利局面，获得更广阔的发展空间。同时，云计算技术也可以加强工业生产中信息安全防护水平，保护信息安全，维护生产的平稳发展。

（二）大数据技术

智慧城市的本质是依靠大数据驱动的城市管理与发展。智慧城市本身会产生海量的数据；同时，智慧城市的建设、管理与发展更是离不开海量数据的支撑。大数据的本源在



于数据的联通、共享、加工与算法，所以大数据是智慧城市各个领域都能实现“智慧化”的关键性支撑技术。在智慧城市建设中，大数据技术遍布方方面面，从政府决策与服务，到人们衣食住行，到城市产业布局 and 规划，再到城市整体运营和管理，都需要在大数据的支撑下走向“智慧化”。

在智慧城市中，大数据的应用主要体现在以下三个方面。

1. 大数据融合

资源整合是智慧城市建设的核心，将整个城市作为一个宏大的“系统之系统”就需要将涉及人、商业、运输、通信、水和能源等城市运行的各个核心系统整合起来，实现多个相关系统间的信息交互、共享；然而，这恰恰是当前智慧城市建设面临的障碍之一。在建设智慧城市这个复杂的系统工程中，由于资源整合难度十分大，“信息孤岛”这一问题普遍存在，致使各系统相互间功能不能相互关联、信息不能共享互换、信息与业务流程和应用脱节。大数据融合技术可以用于解决智慧城市建设中面临的“信息孤岛”问题，加强数据间的联系性，实现数据的开放，提升数据的服务水平，使数据在智慧城市规划中发挥重要作用，从而解决智慧城市发展中的信息碎片化问题。

2. 大数据处理

出于对智慧城市系统中流动的大规模数据的传输效率、数据质量与安全等因素考量，需进行大规模的数据预处理。例如，感知端数据在网络传送前需要基于大数据质量保证技术、大数据压缩技术等手段，以便对采集到的数据进行校验、压缩，从而保证数据质量和网络传输效率。在分析存储数据库中的大规模数据前，需要利用大数据 ETL 技术、大数据隐私保护技术等手段，对数据进行提取、转换、加载处理，从而满足数据分析与发掘的需求。

3. 大数据分析挖掘

大数据分析与挖掘技术为智慧城市的治理提供了强大的决策支持能力，便于在智慧城市科学治理前准确把握城市运行特点及规律，并洞察城市治理问题的成因。相比于前两项技术，大数据分析挖掘技术更为复杂。需要通过综合利用机器学习、统计分析、可视数据分析、时空轨迹分析、社交网络分析、智能图像 / 视频分析、情感分析等技术手段，对多源异构融合的海量城市数据进行过滤、提取、汇聚、挖掘和展现、通过参考历史数据与专业领域知识，再考虑事件间的相关性展开成因和发展规律的分析推理，并最终给出决策支持信息。



总之，大数据的出现引发了全球范围内深刻的技术与商业变革。通过城市大数据开放、信息共享和集成运用、是改变传统城市管理中的“差不多”现象和“拍脑袋”决策，推动形成“用数据说话、用数据决策、用数据管理、用数据创新”的城市管理新方式的关键。

三、物联网与人工智能技术

（一）物联网技术

1. 基本特征

从通信对象和过程来看，物与物、人与物之间的信息交互是物联网的核心。物联网的基本特征可概括为整体感知、可靠传输和智能处理。

整体感知—可以利用射频识别、二维码、智能传感器等感知设备感知获取物体的各类信息。

可靠传输—通过对互联网、无线网络的融合，将物体的信息实时、准确地传送，以便信息交流、分享。

智能处理—使用各种智能技术，对感知和传送到的数据、信息进行分析处理，实现监测与控制的智能化。根据物联网的以上特征，结合信息科学的观点，围绕信息的流动过程，可以归纳出物联网处理信息的功能：①获取信息的功能。主要是信息的感知、识别，信息的感知是指对事物属性状态及其变化方式的知觉和敏感；信息的识别是指能把所感受到的事物状态用一定方式表示出来。②传送信息的功能。主要是信息发送、传输、接收等环节，最后把获取的事物状态信息及其变化的方式从时间（或空间）上的一点传送到另一点的任务，这就是常说的通信过程。③处理信息的功能。指信息的加工过程，利用已有的信息或感知的信息产生新的信息、实际是制定决策的过程。④施效信息的功能。指信息最终发挥效用的过程，有很多的表现形式，比较重要的是通过调节对象事物的状态及其变换方式，始终使对象处于预先设计的状态。

2. 在智慧城市中的应用

（1）智能电网。

将物联网技术引入供电领域，实质上实现的是国家电网系统的智能化。通过相应的技术手段，可以将传感侦测设备部署在电力系统的每一个环节中的每一台设备上，使电力

供应形成一条完整的信息链。通过该方法,可以使得电力匹配、供应更加智能化,电力调度更加科学化。除此之外,将该技术引入电力供应系统,还能够逐渐使供电形式多样化,满足不同的、差异化的发电主体更加便捷地接入国家电网发电系统,实现资源的合理配置和科学使用。

(2) 智能医疗。

智能医疗保障是利用物联网技术来建立个人信息档案,同时对个人健康信息进行详细记录,能够更大范围地实现医疗健康信息的共享。在进行就医的时候可以使信息能够快速、有效地进行传输,智慧城市体系下的一些公共卫生系统,其中包括医疗设备以及人员管理等方面。想要实现医疗信息共享和资源的整合,就需要政府在处理一些医疗试验的时候,基于物联网技术来使用,物联网可以在一定程度上提升医疗信息共享的效率。

在一些沿海发达城市,该技术已经在医疗领域内实现了一定程度的运用和融合。目前我国医疗体系中,各个医院的设备信息、病例信息都仅完成了在本院范围内的互通。在医疗设备、就诊者、医生之间尚未实现便捷的信息传递。通过应用物联网技术,可以将各种医疗设备,其中包含患者身体上装置的各种医疗设备与医生端系统有效连接,使医生可以实时智能化地观测患者身体信息。

(3) 智慧交通。

交通被认为是物联网所有应用场景中最有前景的应用之一。随着城市化的发展,交通问题越来越严重,而传统的解决方案已无法满足新的交通问题,因此,智能交通应运而生。智能交通指的是利用先进的信息技术、数据传输技术以及计算机处理技术等有效的集成到交通运输管理体系中,使人、车和路能够紧密地配合,改善交通运输环境来提高资源利用率等。

(4) 智慧教育。

在物联网产业化加速的今天,物联网方案也开始向教育领域渗透,教学模式从一支粉笔走天下到信息化改革,但这注定是一个循序渐进的过程,数据驱动将在这一过程中发挥着关键作用。

①提高教学质量。将物联网与现有教学平台集成,开发阅读器接口中间件,对于需要督导的自律性较差的学生,定时佩戴传感器手表、眼镜等记录学生的多重数据,如脑电图、血压、体温等生理信息及眼动、手部轻微移动等运动信息,引入心理学相关测试技术,得出学生的紧张程度、注意力状况、动脑情况等。将传感器获取的实时数据导入现有教学平台,教师根据这些反馈信息对学生进行有效的督促辅导。



②学生的健康状况。通过门式晨检机感知学生的健康信息，自动采集体温指标，当学生体温异常时，可通过短信等通知家长与老师，当学校出现一定数量体温异常案例时，即可通过应急联动机制，将信息传至医疗机构跟踪处理，防止出现集体疫情；而通过为学生配置运动传感器，可以系统感知其运动指标。

③信息化教学。利用物联网建立泛在学习环境。可以利用智能标签识别需要学习的对象，并且根据学生的学习行为记录，调整学习内容。这是对传统课堂和虚拟实验的拓展，在空间上和交互环节上，通过实地考察和实践，增强学生的体验。

④教育管理。物联网在教育管理中可以用于人员考勤、图书管理、设备管理等方面。例如，带有 RFID 标签的学生证可以监控学生进出各个教学设施的情况以及行动路线，又如将 RFID 用于图书管理，通过 RFID 标签可方便地找到图书，并且可以在借阅图书的时候方便地获取图书信息，而不用把书一本一本拿出来扫描。将物联网技术用于实验设备管理可以方便地跟踪设备的位置和使用状态，方便管理。

⑤智慧校园。智能化教学环境，控制物联网在校园内还可用于校内交通管理、车辆管理、校园安全、智能建筑、学生生活服务等领域。例如，在教室里安装光线传感器和控制器，根据光线强度和学生的位置，调整教室内的光照度，控制器也可以与投影仪和窗帘导轨等设备整合，根据投影工作状态决定是否关上窗帘，降低灯光亮度。

（二）人工智能技术

1. 智慧交通

人工智能在智能交通领域的应用，主要集中在交通管控和智慧出行两个方面。如利用深度学习算法进行图像检测和识别，提取车辆信息；对违法行为进行智能识别和有效取证；通过机器自我学习，搭建出能够支撑类脑推理的核心算法模型，实现更准确的预测能力和更智能的调配能力，实现智能管控。智慧出行包括无人驾驶、危险预警、智慧停车和车路协同等。

2. 智能销售

人工智能技术在销售领域具有巨大的市场前景，而个性化、自动化、高效化的人工智能服务，也正在为销售行业营造新的商业销售环境。两者的有机结合，能够有效促进场景营销中商家与消费者的互动，改善购物体验，提升顾客购物满意度和忠诚度，增强消费欲望并扩大消费。

智能机器人可以在商店中充当导购的角色，同时还能监控库存以便补货；图像识别



技术可以进行客流统计,利用收集到的客户的性别、年龄、入店次数、滞留时间和消费行为等数据分析消费者偏好,并根据顾客的不良行为设置黑名单;机器视觉技术可以通过传感器识别出特定的消费者并提供他们可能会感兴趣的商品,同时提供定价和潜在过敏源等信息。

3. 智能医疗

人工智能已全面进军医疗行业,在生物学、病理学、药理学、医疗器械工程等领域都已经取得了诸多成果。智能医疗的发展也面临着多个趋势,包括辅助诊疗、疾病预测、医疗影像辅助诊断、药物开发等。综合来说主要有三个方面:①对病患的数据信息分析处理,进行疾病的预测和相关模型的建立。比如在心血管影像技术领域,可以借助机器学习(包括监督学习、无监督学习和深度学习)实现图像的自动分割,缩短重建和后处理时间,通过整合临床及影像数据,建立诊断和预测模型,进一步优化临床工作流程,成为优化患者管理的新工具。②通过具备高级人工智能系统的智能机器人进行医疗操作。医用机器人种类很多、按照其用途不同,有临床医疗用机器人、护理机器人、医用教学机器人和为残疾人服务机器人等。医用机器人尤其是手术机器人,已经成为机器人领域的“高需求产品”。手术机器人视野更加开阔,手术操作更加精准,有利于患者伤口愈合,减小创伤面和失血量,减轻疼痛等。③助力药物研发过程。从经济效益方面考虑,人工智能可以大大缩短药物研发时间、提高研发效率并控制研发成本。从药物效果方面考虑,人工智能可以模拟药物的临床效果,减少人体试药的风险。除此之外,人工智能还可以通过分析海量数据,提出新的可以被验证的假说,加快新药的研制和推广。

4. 智慧建造

建筑业信息化正在高速发展、人工智能技术已逐渐渗透至工程建设的全生命周期中,成为智能建筑模型的重要组成部分。

(1) 智能设计。

计算机算法作为模拟、迭代、优化以及建造的核心技术正在极大地介入并改变着建筑设计、研究与实践的全过程。机器有着与人类不同的能力与思考方式,可以通过预设条件,增强人的设计能力。通过人机协作,以往以物体为中心、以作品为导向的工作模式发生根本性的转变,参数化的设计与建造流程本身可以成为创作的源泉。对数字工具的应用也不仅仅局限于信息的整合,甚至直接延伸到建筑机器人的创造性工作,最终实现人工智能自主完成工程建设的全部设计工作。目前,智能设计主要包含智能强排、智能翻模、智能建模、智能审图、智能审模等。