



城市大脑的起源、发展与未来趋势

南京财经大学教授 刘 锋

【摘要】21 世纪以来互联网大脑架构逐步形成并与智慧城市结合，是城市大脑产生的根源。城市大脑不是人工智能控制的城市级中枢神经系统，而是城市级类脑智能复杂巨系统。它有两个关键技术：城市神经网络负责将城市的人、设备和系统关联起来，城市云反射弧负责形成技术链条对应解决城市运行中的问题，它们共同推动城市的智能化发展。城市大脑不局限在一个城市内部，当世界范围的城市大脑相互连接后，将最终形成为人类协同发展提供支撑的世界神经系统。城市大脑全球标准的制定将是继 TCP/IP 协议、万维网之后人类 IT 领域的第三个全球性标准，在此基础上可以形成新一代城市大脑的建设方案。

【关键词】城市大脑 城市神经元 城市云反射弧 世界神经系统

【中图分类号】TP302.1

【文献标识码】A

【DOI】10.16619/j.cnki.rmltxsqy.2021.09.010

2020年3月，习近平总书记在考察杭州城市大脑运营指挥中心时指出，推进国家治理体系和治理能力现代化，必须抓好城市治理体系和治理能力现代化。运用云计算、大数据、区块链、人工智能等前沿技术推动城市管理手段、管理模式、管理理念创新，从数字化到智能化再到智慧化，让城市更聪明一些、更智慧一些，是推动城市治理体系和治理能力现代化的必由之路，前景广阔。^[1]

当前，城镇化进程不断加速，城市产生了交通拥堵、环境污染、资源短缺等一系列“城市病”，这对城市公共资源的运营和城市治理提出了巨大挑战。同时，云计算、大数据、区块链、人工智能等新一代信息技术蓬勃发展，在此背景下，城市大脑应运而生。

到2021年3月，已经有数百个城市宣布建设“城市大脑”，阿里、华为、百度、腾讯、科大讯飞、360、滴滴、京东等数百家科技企业宣布进入城市大脑领域，提出自己的泛城市大脑建设计划。

在2020年的全国两会上，多位代表提出应该将如何构建城市大脑建设标准提到议事日程上来。^[2]城市大脑作为一个庞大的工程项目，涉及的金额往往高达几亿甚至数十亿。其技术涉及物联网、云计算、

刘锋，南京财经大学教授，中国科学院虚拟经济与数据科学研究中心研究组成员，天府大数据研究院研究员。研究方向为人工智能、互联网和智慧城市。主要著作有《互联网进化论》《崛起的超级智能》《城市大脑的定义与建设规范》等。

传感器、大数据、人工智能、卫星定位、智能交通等数十个前沿科技领域，如何构建标准将是一个非常复杂的课题。

由于城市大脑目前没有统一的建设规范和标准，很多企业和城市根据不同的理解和探索，按照不同的技术框架开展建设：有的从城市级人工智能中枢的角度，有的从城市交通、安防的角度，有的从城市生命体的角度，诸多发展中的问题也由此产生。

首先，没有统一的规范可以使城市各领域的人、机器、AI系统无障碍地进入到城市大脑的系统中，其内部存在部门分割、区县分割的问题；其次是城市各种需求不能在一个平台上统一解决，不同城市之间的城市大脑互不连通；再次，建设城市大脑的科技企业之间无法形成协同效应，一个城市的城市大脑建设往往被巨头型企业垄断，中小科技企业无法按照模块化方式有效参与；最后，展望未来3到5年，当不同国家城市的城市大脑需要打通和连接时，当前的城市大脑发展方式将会面临困境甚至有重新规划的风险。^[3]

应该说城市大脑的产生和建设不仅仅是工程问题，也是一个基础科学问题。21世纪以来，前沿科技领域出现了包括城市大脑在内的大量新概念新技术，这说明必然出现了新的规律在驱动新世纪的科技发展。城市大脑等复杂智能巨系统为什么会兴起？它们的发展趋势和规律是什么？有没有更为科学的建设标准和方法？只有找到这些问题的规律并掌握它，才有可能以最小的试错成本获得城市大脑未来发展的红利。本文将针对这些问题进行深入探讨。

城市大脑产生的时代背景

21世纪以来，前沿科技概念和技术出现了爆炸式增长，从Web2.0、社交网络、物联网、移动互联网、大数据、工业4.0、工业互联网、云机器人、深度学习、边缘计算到谷歌大脑、百度

大脑、阿里ET大脑、360安全大脑、腾讯超级大脑、华为EI智能体、城市大脑、城市云脑、工业大脑、农业大脑、航空大脑、社会大脑，等等，这些新概念超过50个以上，他们之间究竟是什么关系？

从21世纪科技发展趋势看，种种迹象表明，经过50年的发展，互联网正在从网状结构向类脑模型演化。譬如腾讯、Facebook等社交网络具备的神经网络特征、谷歌街景系统具备的视觉神经特征、云计算具备的中枢神经特征等，在这些现象的启发下，2008年，我们将这个互联网新结构称为“互联网大脑模型”^[4]（见图1）。

21世纪涌现的诸多新技术无一不是与互联网大脑模型的发育有关。在前沿科技方向，云计算对应中枢神经系统；物联网对应感觉神经系统；工业4.0，云机器人、智能驾驶、3D打印对应运动神经系统；边缘计算对应神经末梢；大社交网络、混合智能、云群体智能和云机器智能对应类脑神经网络；移动通讯和光纤技术对应神经纤维。^[5]

在行业产业方向，互联网大脑架构与工业、农业、航空、交通、建筑、冶金、电力等行业结合，形成了诸如工业大脑、农业大脑、航空大脑、冶金大脑、建筑大脑、电力大脑、城市大脑、城市云脑，等等。

在科技企业方向，世界范围的科技巨头为了适应互联网新出现的类脑结构，不断将自己的核心业务与互联网大脑架构结合。谷歌依托搜索引擎带来的大数据提出谷歌大脑、科大讯飞依托语音识别技术提出讯飞超脑、360依托安全业务提出360安全大脑、腾讯依托社交网络应用提出腾讯超级大脑，阿里巴巴依托企业级服务提出阿里ET大脑，华为依托通讯领域的优势地位提出华为EI智能体。

互联网大脑的形成是城市大脑产生的技术基础，同时它对21世纪人类的社会结构、经济形

态、科技创新、哲学思考也都将产生重大而深远的影响。

城市大脑的起源与定义

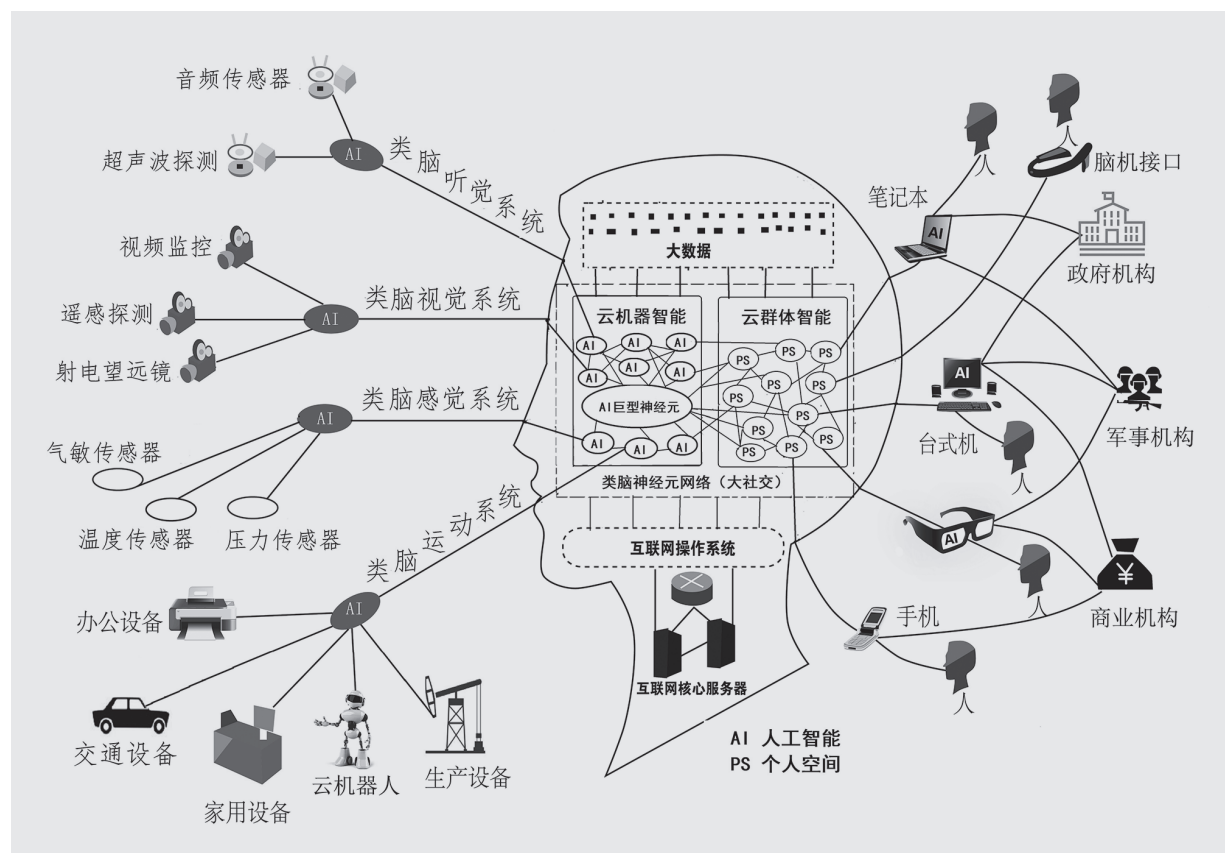
2009年1月，IBM公司首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”概念，由此延伸的智慧城市概念极大推动了世界各国城市的现代化进程。^[6]

“智慧地球”战略提出，IT产业的下一阶段任务是将新一代IT技术充分运用到各行各业之中。智慧城市就是在智慧地球大框架下形成的城市智慧化建设方案，也将把新一代IT技术充分运用到城市建设之中。^[7]

此后，智慧城市迅速成为城市建设的热点，世界范围内千余个城市宣布了自己的智慧城市

建设计划。但是，一直以来智慧城市的发展方向并不明晰，智慧城市在国际上也缺乏统一的建设标准、技术标准、行业标准，导致城市各部门的信息系统自成体系，城市的市政、交通、医疗、教育、安防等各个部门之间的信息系统从硬件接口规范、网络传输标准、数据交换标准等各个方面都无法统一。一些专家认为智慧城市是把很多新的信息技术打包到城市建设的筐里，由于没有统一的建设规划做指导，因此出现了盲目炒作、顶层设计缺位等情况。在实施的过程中，由于存在利益纠葛，“智慧城市”成为各方势力的角斗场。与此同时，由于政府服务理念或缺失、部门利益的影响、共享机制的不完善和技术标准的制约造成了信息孤岛的困境。^[8]住建部原副部长仇保兴曾指出，一些“智慧城市”方案不能解决任

图1 互联网大脑模型图



图表来源：作者自制

何一种城市病，有的是被IT企业“绑架”，成为企业推销产品的渠道；有的是被政府部门“绑架”，形成了信息孤岛，互不往来；还有不少则是“忽悠”，更有甚者，有些地方的“智能城市”从规划上就是错的。

智慧城市出现的这些问题，从根本上说是由于智慧城市的基础理论和建设框架工作还不够扎实完善。一直以来，IBM在对未来科技趋势的判断上表现出前瞻性，包括智慧地球和智慧城市概念的提出，即在诸多前沿科技的统一支撑下，使城市变得更为智慧。IBM的这个判断赢得了世界的共鸣，但这些前沿科技应按照什么架构组合在一起，按照什么规律建设能让城市变得更为智慧，IBM并没有找到合适的答案。到2018年，IBM最终放弃了智慧地球计划。

IBM提出智慧地球和智慧城市一年之后，以互联网为核心的世界科技生态开始呈现越来越多类脑的特征。作为自然界能够产生智慧的基础架构“脑”，开始通过两个途径为城市智慧的产生提供动力：第一，城市现代化用到的诸多前沿科技按照脑的模型进行组合，由此产生城市的智慧；第二，城市现代化伴随前沿科技类脑化的过程，从不成熟到逐步成熟，城市的智慧程度不断提升。

2015年1月，笔者团队在《基于互联网大脑架构的智慧城市建设探讨》一文中提出城市大脑的概念和定义^[9]：城市大脑是互联网大脑架构与智慧城市建设结合的产物，是城市级的类脑复杂智能巨系统，在人类智慧和机器智能的共同参与下，在物联网、大数据、人工智能、边缘计算、5G、云机器人和数字孪生等前沿技术的支撑下，城市神经元网络和城市云反射弧将是城市大脑建设的重点。城市大脑的作用是提高城市的运行效率，解决城市运行中面临的复杂问题，更好地满足市民的不同需求。城市大脑的发展目标不仅仅局限在一个城市或一个地区，当世界范围的城市大脑连接在一起，城市大脑最终将形成世界神经

系统（WWNS），为人类协同发展提供一个类脑的智能支撑平台。

从城市大脑的定义可以看出，城市大脑是互联网大脑的一个子集，是互联网类脑结构与城市现代化建设结合的产物，城市大脑的建设不仅是一个城市内部的事情，而且是通过互联网大脑架构，在不同城市之间、不同国家之间形成互联互通、协同工作。

城市大脑定义突出了城市大脑建设的两个核心：城市神经元网络和城市云反射弧。一个作为程序单元连接城市的人、智能机器和智能程序，一个作为技术链条用来解决城市的各种问题和需求。笔者突出这两点是希望可以帮助建设者抓住城市大脑的核心，说明所有的前沿科技包括物联网、云计算、5G、大数据、人工智能、超级计算、数字孪生、区块链、边缘计算、知识图谱等都是在这两个核心服务。

城市大脑的定义也提出城市大脑不仅是满足城市管理者的需求，也不仅是满足城市居民的需求，而是通过城市神经元和城市云反射弧同时满足城市不同成员的需求。判断一个城市大脑的顶层设计是否合理，需要从是否能城市的高效率运转，为城市各阶层民众提供灵活有弹性、动态进化、性价比合理的服务进行判断。

城市大脑定义中的城市神经元是指在应用层为城市大脑涉及的每一个人、物、系统建立统一的程序单元，可以根据需求进行连接、组合、交互，从而实现跨部门、跨行业、跨地区的互联互通。按照类脑的城市大脑框架，这些程序单元被称为城市神经元，而众多城市神经元结合在一起就形成城市大脑的基础结构——城市神经元网络。

城市大脑定义中的城市云反射弧是通过多种城市神经元的组合形成的技术链条，对应解决城市中的具体问题和具体需求。与脑科学的反射弧相同，城市云反射弧也包括感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器五个部分。



目前产业界如何理解和建设城市大脑

2010年以来,世界性科技公司纷纷推出自己的“大脑”系统,包括谷歌大脑、百度大脑、讯飞超脑、阿里ET大脑、腾讯超级大脑、滴滴大脑、360安全大脑、华为EI智能体、IBM沃森系统、达闼科技的机器人大脑等。

在这些公司的支持下,2016年4月,杭州开始正式启动城市大脑建设,以交通领域为突破口,开启了利用大数据改善城市交通的探索,迈出了从治堵向治城跨越的步伐。^[10]

此后,上海、海口、福州、北京、长沙、郑州、合肥、宁波、深圳、呼和浩特等城市也都开展了泛城市大脑建设,到2021年,全国已经有近500个城市开始了城市大脑的建设或规划。^[11]

在建设的过程中,由于承建企业不同,每个城市在城市大脑建设中的主导思想不同,对城市大脑的认知、定义和建设方式也不尽相同。除了基于互联网大脑模型的城市大脑定义外,还有如下7种对城市大脑的理解和定义。^[12]

1.城市大脑要搭建的是整个城市的人工智能中枢,是一个对城市信息进行处理和调度的超级人工智能系统。

2.城市大脑是利用大数据、云计算、人工智能终端(物联网)三个核心构件组合体,为城市交通治理、公共安全、应急管理、网格防控、医疗卫生、环境保护、城市精细化管理等构建的一个人工智能中枢。

3.城市大脑是以互联网为基础设施,基于城市所产生的数据资源,对城市进行全局的即时分析、指挥、调动、管理,最终实现对城市的精准分析、整体研判、协同指挥。

4.城市大脑是基于城市所产生的数据资源,实现数据互联互通,对城市进行全局的即时分析,有效调配公共资源,不断完善社会治理,推动城市可持续发展的新模式。

5.城市大脑是利用人工智能、大数据、物联网等先进技术,为城市交通治理、环境保护、城市精细化管理、区域经济管理构建一个后台系统,打通不同平台,推动城市数字化管理。

6.城市大脑是支撑未来城市可持续发展的全新基础设施,核心是利用实时全量的城市数据资源全局优化城市公共资源,即时修正城市运行缺陷,实现城市治理模式突破、城市服务模式突破、城市产业发展突破。

7.城市大脑是基于城市生命体理念,以系统科学为指引,将散落在城市各个角落的数据(包括政务数据、企业数据、社会数据、生态环境数据、互联网数据等)汇聚起来,用云计算、大数据、人工智能等前沿技术构建的平台型人工智能中枢。通过对城市进行全域的即时分析、指挥、调动管理,实现对城市的精准分析、整体研判、协同指挥,从而更加智能地管理城市。

产业界根据上述城市大脑的定义和理解,在不同城市开展了有益的探索,下面我们主要从杭州城市大脑、上海城市大脑和福州城市大脑的建设情况进行观察。

杭州城市大脑建设提出了“531”的逻辑体系架构。“5”即“五个一”:打通“一张网”,一张确保数据无障碍流动的网;做大“一朵云”,将各类云资源连接在一起;汇聚“一个库”,形成城市级数据仓库;建设“一个中枢”,作为数据、各系统互通互联的核心层;建强“一个大脑”,在全市实施统一架构、一体化实施。“3”即“三个通”:第一个“通”是市、区、部门间互联互通;第二个“通”是中枢、系统、平台、场景互联互通;第三个“通”是政府与市场的互联互通。“1”即“一个新的城市基础设施”。“城市大脑”通过全面打通各类数据,接入各业务系统,实施融合计算,将为城市建设一个会思考、能迭代进化的数字化基础设施。^[13]

上海于2018年1月30日正式发布《贯彻落实〈中共上海市委、上海市人民政府关于加强本

市城市管理精细化工作的实施意见》三年行动计划（2018～2020年）》（以下简称《三年行动计划》）。《三年行动计划》提出上海市要做强“城市大脑”和“神经末梢”。打造感知敏捷、互联互通、实时共享的“神经元”系统；深化智慧治理，以城市网格化综合管理信息平台为基础，构建城市综合管理信息平台，推进“城市大脑”建设。^[14]

福州市于2019年9月17日发布城市大脑顶层设计纲要，基于国产自研、自主可控人工智能芯片的算力，通过开放城市创新应用场景，营造国内外企业共同参与建设的开放生态。福州城市大脑可概括为“一云一湖一生态”，即一个自主可控的AI算力云、一个融合共享的数据湖和一个开放创新的生态体系。其中，一个生态体系又包含了开放算法生态、场景应用生态和协同创新生态三个层面的含义。^[15]

城市大脑建设目前存在的问题

作为一个新兴的科技产业领域，不同企业、不同机构、不同研究者对如何理解城市大脑存在不同观点。这种分歧一方面体现了城市大脑正处于新生萌芽状态，展示出很强的生命活力；另一方面也意味着城市大脑的建设需要找到科学的理论基础和发展框架，才能形成最大共识，避免智慧城市建设中的乱象。从基于互联网大脑模型的城市大脑研究看，目前产业和地方政府建设的城市大脑还存在如下问题。

一是对城市大脑的理解局限在城市范围。目前对城市大脑的理解还局限在城市范围，没有考虑到小到企业大脑、社区大脑、乡镇大脑、行业大脑、城市大脑，大到城市群区域大脑、省级大脑、国家大脑或世界神经系统之间的关系和内在统一规律问题。

事实上，上述诸多“大脑”得以出现的基础是21世纪以来世界范围互联网大脑架构的形成，它

们是在一个统一的框架下，在相同的原理支持下适应不同的场景。把城市大脑的理解局限在城市范围，容易在未来城市内部和外部的一体化建设中形成城市大脑的应用孤岛、行业孤岛和区域孤岛。

二是误认为城市大脑只是城市的中枢神经。目前对城市大脑的“大脑”理解有偏差，误认为是城市的中枢神经，导致城市大脑的实际建设重心偏移，建设成本高企不下。

基于互联网大脑模型的城市大脑认为城市大脑的“大”与大数据的“大”含义相同，是结构和覆盖范围庞大的城市级类脑系统。各种前沿科技是作为脑结构中的各个神经系统联合让城市变得更智慧。而目前产业界对城市大脑的一种理解是认为其是城市的中枢神经，突出城市级人工智能系统对整个城市各领域信息的掌控和处理，这种理解产生的问题是，会忽视城市神经元网络和城市云反射弧在城市大脑建设中的核心地位。

目前一些地方的城市大脑建设将大量成本和关注投入到城市中枢神经建设需要的服务器集群、中央机房、运营中心、数据中心等方面。实际上，只有当城市的各种关键要素包括人、设备、系统被连接到一个统一的城市神经元网络中，并通过能够直面问题的城市云反射弧运转起来，由此产生的硬件设备、软件系统、城市相关数据才会在运转的过程中不断积累、发展和壮大。将城市大脑看作是一个通过云反射弧机制拉动的类脑复杂巨系统，可以实现城市大脑建设的低成本启动、发展过程循序渐进，符合自然界脑发育规律，从而避免盲目发展。

三是没有关注城市神经元统一标准的重要性。虽然目前很多城市大脑的建设已经提出“一张网”“一网通办”“一个平台”。上海、呼和浩特等城市大脑建设中也提出了发展神经元和神经末梢措施。但在具体的实施规划中，总体还没有形成城市一级、地区（省）一级、国家一级或世界一级完整的城市神经元网络构建标准。



城市神经元对应的城市元素非常复杂，包括城市居民、城市管理者、城市服务人员、商业机构、政府机构、智能机器人、无人汽车、智能设备、摄像头、传感器、AI数据处理系统、AI安全系统，等等。

如何对城市神经元进行分类、形成标准、进行区分和识别，将是一个重要的基础性工作。由于国家或世界统一的城市神经元网络标准还没有形成，由此各地建设的城市大脑还无法实现人、设备和系统的无障碍连接。未来更无法在世界范围形成统一的城市问题解决机制。

四是没有注意到城市云反射弧的核心意义。城市云反射弧机制是城市大脑基础理论研究的产物，在理论预测中，它是城市大脑建设的真正核心，从某种角度来看它比城市神经元网络还要重要。

这是因为建设城市大脑的目的是为了解决城市各成员的各种问题，满足各种需求，而直接对应这一目标的技术结构只有云反射弧机制，可以说一个城市有多少问题和需求，就需要有多少条城市云反射弧。

把城市大脑的建设中心放在城市云反射弧上，要求定向地对每一条城市云反射弧的运行效率、建设成本，是否合法合规、是否合乎道德伦理、是否在安全上有重大风险以及反射弧中涉及的人、机、系统协同共同机制是否合理等问题进行全面评估。

通过对一个城市的城市云反射弧进行记录和管理，就可以将复杂的城市智能巨系统完全掌控在城市管理者手中。同时，通过城市云反射弧的建立和运行还可以拉动其他相关技术如大数据、物联网、云计算、人工智能、数字孪生、数据中心、运营中心的应用。

城市神经元网络的构建本质上也是为了支撑城市云反射弧的实现。帮助尽量多的城市云反射弧在同一个平台上实现反射，实现线路、系统和设备的复用，并使得城市云反射弧伴随城市

神经元在世界范围的标准化进程能够平滑地向外扩张。

城市大脑全球标准九个研究方向的提出

城市大脑不仅仅是一个城市内部的系统，更是国家范围、世界范围内不同城市之间相互关联的复杂智能巨系统。因此，构建城市大脑的标准不是某一个城市或一个国家的建设标准，而应该适用于全球各个城市的城市大脑建设。从互联网大脑的定义和互联网大脑模型中，可以看到其存在三个最重要的特点（见图2）。通过这三个特点的分析可以为城市大脑的标准建设提供理论支撑。

第一个特点是类脑神经网络的建设与万物互联。与神经网络是人类大脑最重要的结构一样，类脑神经网络也是互联网大脑最重要的结构之一（如图2所示），世界万物都会映射到互联网大脑的类脑神经网络上，世界万物包括真实世界的人、设备、自然元素、虚拟世界的应用程序、控制系统、虚拟人工智能角色，每一个元素都应该在类脑神经网络中映射成一个神经元节点，通过这个神经元节点，世界万物可以同步自己的信息与知识，运行属于自己的功能程序。更为重要的是，世界万物可以通过自己的神经元节点相互关注、相互通讯，实现互联网大脑类脑神经网络的构成与激活。

第二个特点是云群体智能与云机器智能的双智能中心控制。如图2所示，数十亿人类在互联网大脑神经网络的映射构成了云群体智能，数百亿设备在互联网大脑神经网络的映射构成了云机器智能，这两种智能类型联合控制着互联网大脑的运行。但因为互联网大脑的形成是为人类提供服务，需要受控于人类，因此在这两种智能联合控制时，必须保证人类智能拥有最高的权限。

第三个特点是云反射弧的形成与信息的跨节点传递。随着人类用户、传感器、云机器人、智

能设备、类脑神经元网络的加入，互联网大脑模型的各神经系统逐渐完善起来。人类神经系统中一个非常重要的智能现象——反射功能在互联网的大脑模型中也将出现，我们将互联网大脑的这个反射过程称为云反射弧。它是互联网大脑成为一个复杂的类脑智能体，从而可以对世界外部和互联网内部的信息刺激产生反应的关键。在具体实现上，与人类大脑的机制相同，互联网大脑的云反射弧也需要不同种类的神经元之间形成联动，将信息从一个神经元节点传送到另一个神经元节点，再根据需求不断向其他神经元传递。这种机制与当前的社交网络点对点通讯是不一致的。

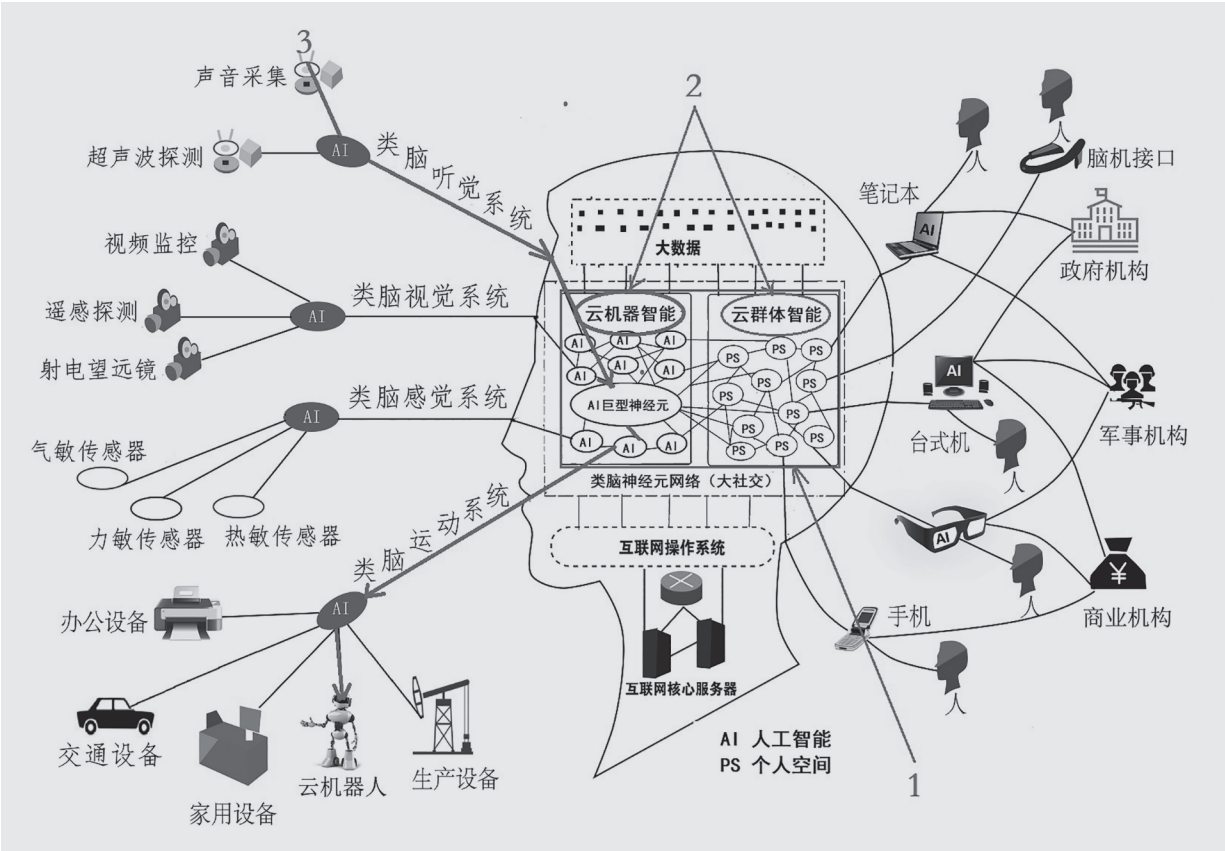
根据互联网大脑模型的三个特征，2020年12月，笔者团队发布了《城市大脑全球标准研究报

告》^[16]，提出城市大脑全球标准的9个方向，它们分别是城市大脑的顶层建设规范、整体技术架构、云反射弧机制、运行安全、城市神经元的种类划分、识别编码、空间位置编码、功能结构和关系确定等，它们的关系如下（见图3）。

研究方向1是城市大脑的三个顶层规范，主要内容是城市大脑的建设应该有统一的神经元节点技术框架（对应人类、设备和程序系统）；对于每个神经元节点应该遵循人机双智能控制、人类权限最大的原则，避免城市大脑因为过于复杂而失控；通过跨节点信息路由机制实现城市云反射弧，直接面对城市问题和需求的解决。

研究方向2是城市神经元的架构标准，主要提出城市大脑神经元的结构可以有信息展示区、功能模块区、智能控制区、神经元节点编码、空

图2 互联网大脑的三个基础特征



图表来源：作者自制

间位置编码等五个模块组成。

研究方向3是城市神经元的分类标准，提出按照映射对象将城市大脑的神经元分为城市人类神经元、城市实物神经元、城市程序神经元、城市团体神经元四种类型。

研究方向4是城市神经元的空间位置编码，主要是为在现实世界存在的各种人、实物和团体的定位提供支持，目前可以采用的方法有经纬度和海拔的组合，北斗导航网格码等方法作为标准的候选方案。

研究方向5是城市神经元的全球身份编码，主要作用是为城市神经元提供世界统一的身份编码标准，为相互识别、互联互通做支撑。城市神经元编码包括分类标识位、人工编码、归属编码、时间戳和随机数，允许使用者自动生成。但需要在中心化的验证节点进行验证，保证全球唯一性。

研究方向6是城市神经元的权限关系，提出城市神经元的权限关系包括：人机关系、人人关系、机机关系等；相互的管理关系包括控制、领导和平等关系等。

研究方向7是城市大脑全球体系的技术架

构，提出城市大脑的总体技术框架标准可以采用中心化和去中心化结合的方式，这样既能适应具有统一行政关系的场景，也能适应不同城市、不同国家行政主体互不隶属时的场景。

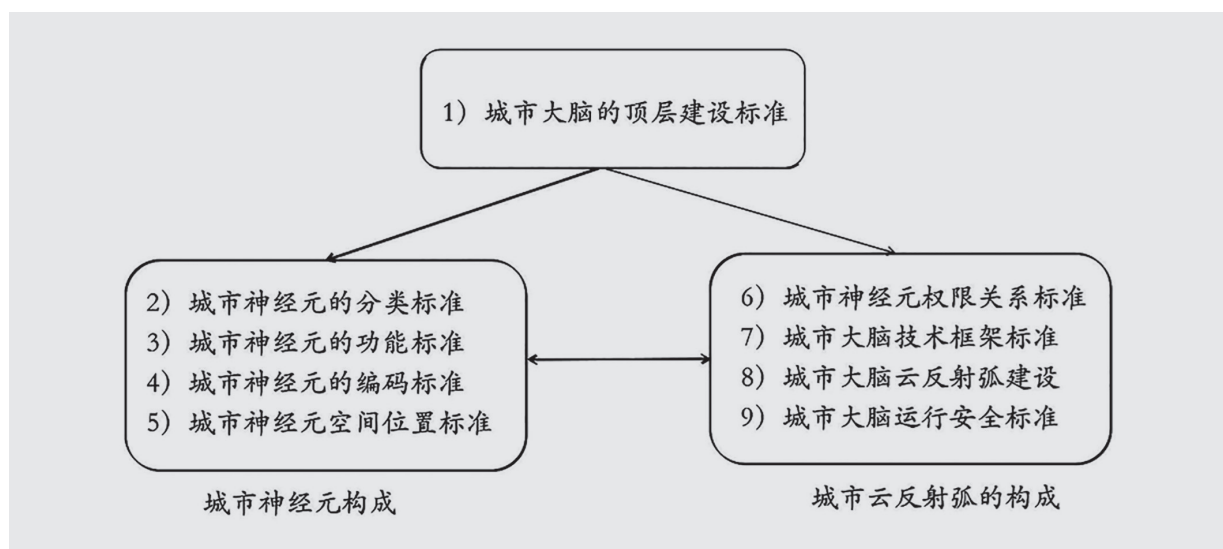
研究方向8是城市大脑的云反射弧的结构和运行机制，主要针对城市运行中的各种需求和问题进行处理的技术链条如何形成进行了探讨，提出可以参考神经科学的反射弧机制，即从感受器、传入传出神经、中枢神经、效应器等五个部分对城市云反射弧机制进行分析。

研究方向9是城市大脑的运行安全标准，提出城市大脑运行中出现黑客的攻击、病毒的侵入、操作者的失误、AI系统的BUG等问题。因此需要从感知节点、传输线路、决策中枢、运行数据、人机交互等多个角度对城市大脑运行安全进行保护。

新一代城市大脑的建设方法与步骤

城市大脑涉及数量庞大的因素和技术，对于如何建设城市大脑，不同企业和城市提出了不同的建设重点，譬如以大数据为核心、以5G为核

图3 城市大脑建设标准研究示意图



图表来源：作者自制

心、以超级计算为核心、以人工智能技术为核心等。基于现有研究，科学的城市大脑建设方案应具备以下十个特征：构建基础理论、适应复杂场景、突破地域限制、消除信息孤岛、满足民众需求、降低建设成本、实现协同建设、体现人机融合、保持持续进化、对人类协同发展形成支撑。

如果回到城市大脑建设的初衷看，它的建设必然首先要解决城市的重要问题或满足民众的紧迫需求，各种技术必须作为整体形成技术链条一一对应解决城市的每一个问题和每一个需求。这个技术链条就是在前文中提到的城市云反射弧机制。

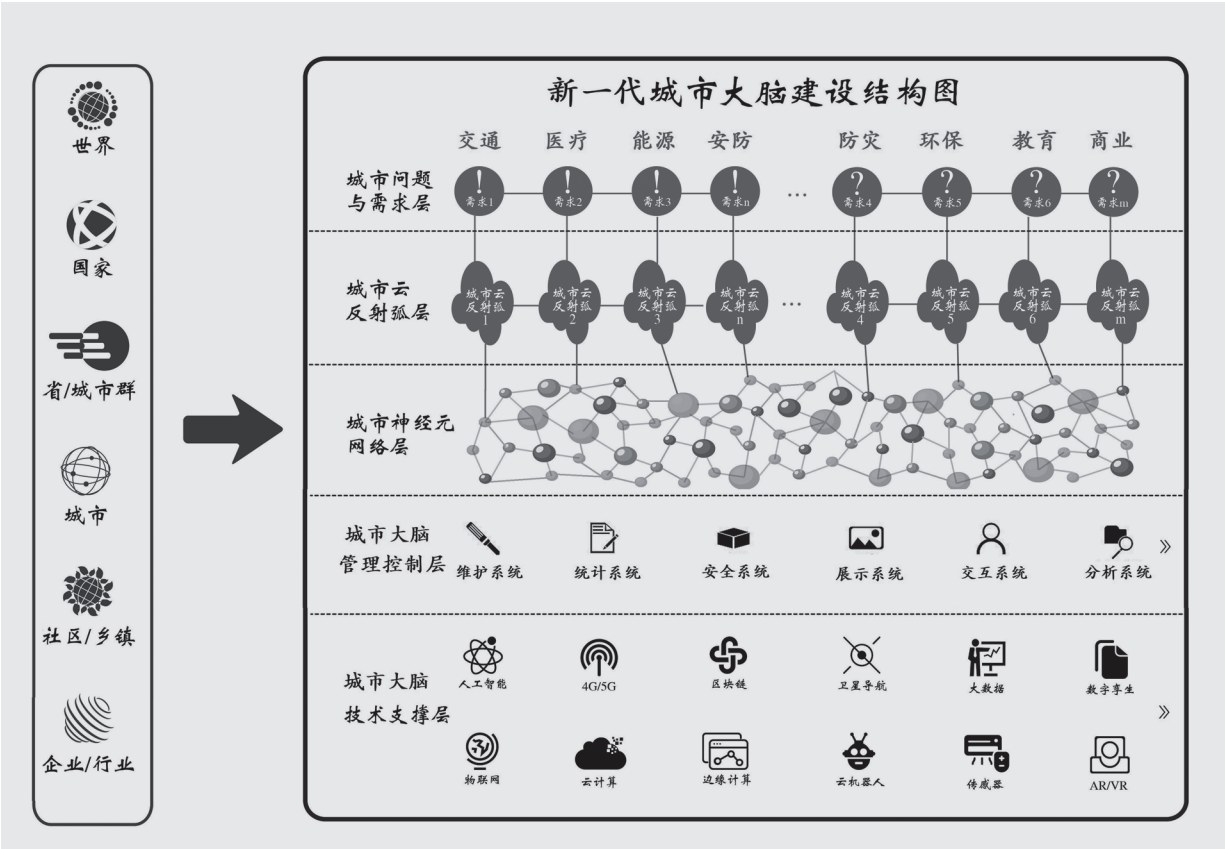
由此可知，在城市大脑的建设中城市云反射弧应处于第一核心位置，世界统一的城市神经网络处于第二核心位置。在此基础上，可以形

成“1+N”模式的新一代城市大脑建设方案（见图4）：“1”是世界统一标准的城市神经网络，负责连通人、物和程序，为城市云反射弧提供统一的运转基础；“N”是N条城市云反射弧，旨在解决城市问题，满足人民群众的工作生活需求。

城市云反射弧的机制形成是拉动物联网、云计算、大数据、人工智能、工业互联网、边缘计算、数字孪生等技术应用的关键动力；为了避免形成应用孤岛，需要建设统一标准的城市神经网络将每一条城市云反射弧关联起来。新一代城市大脑建设方案的最终目标是实现能够为人类协同发展提供支撑的世界神经系统。

基于上述城市大脑建设方案的新框架和新特征，新一代城市大脑建设方案包含九个关键步骤（见表1）。

图4 新一代城市大脑建设结构图



图表来源：作者自制



第一个步骤，确定谁是城市大脑的负责主体。这个步骤首先要确定实施城市大脑的负责主体是谁，这一主体将负责选择和确定城市大脑的建设企业，负责提出建设城市大脑要解决哪些问题，负责监督城市大脑运行的安全性、稳定性和连续性。城市大脑作为互联网大脑架构的一部分，根据其覆盖和管理的范围大小，又可以变形为不同尺度的“大脑系统”，确定谁是城市大脑的负责主体，可以明确根据管辖的范围和职责对城市大脑进行规划。

第二个步骤，建设城市大脑要解决什么问题，如何排序？任何一项技术最终都是要为人服务，城市大脑作为一个综合各种前沿技术的复杂智能工程系统，能够在不同尺度解决城市各成员的问题，相对于之前的传统的单一技术，城市大脑面临的是异常复杂的应用场景，不但层级众多，面临的需求和问题数目也将是一个天文数字。如何从海量的城市问题和需求中筛选出需要城市大脑重点解决的问题，将是城市大脑建设中非常重要的一步。作为一个影响广泛的大工程系统，到底能够解决哪些关键重要问题，将是城市成员和决策部门评价建设城市大脑的基础。

第三个步骤，针对每个待解决问题如何设计相应的城市云反射弧方案？诸多前沿技术需要形成一个整体技术链条进行应对。在脑科学中，

反射弧是各个神经系统联合工作帮助生物应对世界带来的挑战，同样在面对城市发展和民众需求带来的挑战时，城市大脑的建设也需要首先考虑如何将每个问题和需求与具体的城市云反射弧对应起来。可以按照神经科学的类感受器、传入神经、神经中枢、传出神经、效应器五个部分对涉及的技术、设备和人员进行分析，并形成初步的城市云反射弧方案。

第四个步骤，如何评估城市云反射弧初步方案？在设计城市大脑的云反射弧机制时，会面临诸多不确定性因素，例如，当前的技术发展成熟度能不能满足需求方的要求；建设云反射弧预估费用是否与城市预算匹配；在云反射建设和运行过程中会涉及到哪些法律问题、社会伦理问题，等等。因此，在完成第三个步骤后，城市大脑建设负责主体需要组织包括技术专家、法律专家、政府官员、大数据专家、管理专家、科技哲学专家的评审团，从技术成熟度、建设成本、法律许可、数据支撑度、方案合理性、潜在危险性等多个角度对城市云反射弧进行评估和打分，形成评估结果供城市大脑建设的决策者参考使用。

第五个步骤，如何规划城市云反射弧涉及到的重要城市神经元？在对城市云反射弧进行评估后，需要对这条城市云反射弧所涉及的人、智能设备、智能系统如何形成城市神经元进行规

表1 城市大脑建设的九个步骤

步骤1	确定谁要建设城市大脑的问题
步骤2	确定要解决城市的什么问题和需求是什么
步骤3	确定每个问题和需求对应的城市云神经反射弧是什么
步骤4	从不同方面对每条城市云神经反射弧进行评估
步骤5	对城市云反射弧涉及的重要城市神经元进行规划
步骤6	设计可实施的城市云反射弧方案并开始建设
步骤7	对已建立的城市云反射弧进行质量评估和持续监控
步骤8	通过云反射弧的共性发现每个城市的建设重点
步骤9	公开共享城市大脑建设信息，持续进化城市大脑涉及的管理和技术

图表来源：作者自制

划。包括预估涉及人、智能设备、智能系统的数量，有哪些人、智能设备、智能系统在这条城市云反射弧中是重要城市神经元，该条城市云反射弧遵循怎样的城市神经元建设标准等。如果没有统一的城市神经元标准，每条城市云反射弧都将是一个技术和信息孤岛，无法和其他云反射弧共用资源、共享信息、相互协同，更无法实现企业间、产业间、社区间、城市间、国家间的互联互通、协同工作。

第六个步骤，设计可实施的城市云反射弧方案并开始建设。在经过上述5个步骤的准备后，即城市大脑负责主体的确定、城市问题和需求的提出、对应城市云反射弧的初步设计、对应城市云反射弧的神经元标准设定、对应城市云反射弧初步方案的综合评估等，确定建设该城市云反射弧或若干云反射弧后，参与规划和设计的建设方可以在城市云反射弧的初步设计方案基础上完成可实施的城市大脑云反射弧建设方案，并开始实施。

第七个步骤，如何对已建立的城市云反射弧进行质量评估和持续监控？在城市云反射弧建设完成后，可以从项目完成时间、项目建设成本、该条云反射的反射时间和反射弧运行质量是否符合规划等方面进行综合检查，对于已建成开始运转的城市云反射弧，建议从每一条城市云反射弧的负责人、灾备方案、运行状态等方面持续评估和监控。城市大脑的需求方建立管控中心、运营中心，应以能有效监督每一条城市云反射弧的运行是否正常作为建设的重心。

第八个步骤，如何通过云反射弧的共性发现每个城市的建设重点？根据不同城市的特点，在云反射弧的拉动下，动态确定建设重点。由于每个城市经济状况、自然状况、居民状况都不尽相同，城市大脑要解决的问题也就不可能一样。对应建立的成千上万的城市云反射弧开始规划时，通过聚合效应产生的城市大脑各神经系统建设重心也会出现巨大差异。例如，如果对数据传输的

数量和质量要求比较高，这个城市的神经纤维就要特别发达，对5G、光纤、卫星通讯等技术需求大；如果需要有大量的AI技术和管理人员协同做决策，就要求这个城市的中枢神经发达，运营和管理中心需要重点发展。

第九个步骤，如何实现城市大脑建设的信息公开共享，技术持续进化？一个城市的城市大脑建设首先是为城市所有成员服务，满足他们的各种需求。因此，城市大脑建设确定要解决的问题列表、实现技术方案和建设成本后应该向社会公布（法律法规要求保密的除外），接受城市成员和社会的评估和监督；同时，城市大脑的建设并不是一个城市内部的事情，而是世界技术生态的一部分，它的建设无论在技术还是建设经验上都是属于全人类的财富。世界各个城市的城市大脑建设既有各自特点，也有很多共性，通过城市大脑建设涉及的相关知识的共享，可以极大地推动世界范围城市大脑的快速发展。

城市大脑的未来发展趋势

近50年来，IT相关的智能产业有三次重要的标准制定机遇，第一次发生在互联网产生之初，大部分联网的计算机相互之间并不兼容。在一台计算机上完成的工作，很难拿到另一台计算机上去用。1974年，美国科学家卡恩与瑟夫共同开发了TCP/IP协议^[17]，这个协议为每一台运行在互联网的设备制定了访问地址，同时为不同的计算机，甚至不同类型的网络间传送信息包制定了统一的标准。所有连接在网络上的计算机，只要各自遵照这两个协议，都能够进行通信和交互。TCP/IP的产生也为21世纪之后传感器、机器人、无人机、智能汽车等智能设备平滑、无障碍地进入互联网奠定了基础，为物联网、边缘计算、云机器人、工业互联网特别是城市大脑的建设提供了技术保障。

第二次发生在互联网诞生20年后，到1989



年，互联网已成长为世界科技、军事、政府机构中信息共享的巨大网络，但由于技术架构的问题，互联网的信息像被锁在一个个箱子里一样，获取时需要密码和钥匙。1989年，在欧洲核物理实验室工作的物理学家伯纳斯·李选择了超文本链接标示语言（HTML）作为实现互联网信息共享的钥匙^[18]。当互联网信息用互相链接的超文本格式编写时，就可以与其他服务器的信息进行相互引用和共享。万维网标准的制定对后续的科技生态产生了巨大影响，包括21世纪出现的云计算、大数据等都与万维网有关，甚至区块链的产生在某种程度上也可以说是为对抗万维网引发的互联网中心化趋势。

第三次则发生在互联网诞生50年后，随着互联网从网状结构向类脑模型不断演化，大量新的技术不断出现，同时直接为人类服务的各种网络应用层出不穷，包括各种消费级网络应用、行业级网络应用、政府类网络应用。由于存在企业壁垒、行业壁垒、地区壁垒、国家壁垒，这些网络应用同样出现了各种孤岛现象，因为各种原因同样无法互联互通。应该说城市大脑的出现本质上是解决网络应用层的孤岛问题。首先从一个城市开始，将各种服务于人类社会的应用打通，使得城市作为一个整体为城市各阶层民众服务。然后扩展到国家，扩展到世界范围，当世界各国的城市都开始建设城市大脑并能够互联互通，一个应用层的大统一架构——世界神经系统将逐步形成。

城市大脑的未来发展还有很多工作需要完成，譬如世界范围统一的城市神经元标准还未真正建立；人、设备和系统在城市大脑和世界神经系统中的角色和权限如何分配还没有解决；一个既能在一栋大楼也能在世界范围内自由实现的云反射弧机制还未形成。应该说到2021年，城市大脑依然还处于萌芽阶段，需要不同领域的专家、企业家、政府决策者不断实践和创新，共同推动城市大脑的发展。

作为城市大脑发展的最终形态，世界神经系统将为人类社会的协同发展，构建起全球统一的类脑智能支撑平台，实现对世界的认知、判断、决策、反馈和改造，共同应对来自大自然的各种挑战和风险，满足人类社会的各种需求。城市大脑的建设，世界神经系统的形成最终将为实现人类命运共同体构筑重要的全球性技术基础。

（本文系国家自然科学基金支持项目研究成果，项目编号：No.91546201、No.71932008）

注释

[1] 盘和林：《让城市更聪明一些、更智慧一些》，《中国建设报》，2021年2月3日。

[2] 殷云：《全国人大代表胡成中：建议加快智慧城市建设，打造“城市大脑”》，<http://news.chinaxiaokang.com/dujiazhuangao/20200522/968293.html>，2020年5月22日更新。

[3] 刘锋、吕本富：《城市“脑梗”当前城市大脑面临的困境》，<http://www.chinajsb.cn/html/202010/21/14567.html>，2020年10月21日更新。

[4] 刘锋、彭赓：《互联网进化的趋势与规律》，《科技论文在线》，2008年第9期，第32页。

[5] 刘锋：《互联网进化论》，北京：清华大学出版社，2012年，第124页。

[6] 李云杰：《IBM转向“智慧地球”》，《IT经理世界》，2009年第6期，第30～32页。

[7] 李德仁、龚健雅、邵振峰：《从数字地球到智慧地球》，《武汉大学学报（信息科学版）》，2010年第35卷第2期，第127～132页。

[8] 曲延春：《数字政府建设中信息孤岛的成因及其治理》，《山东师范大学学报（社会科学版）》，2020年第65卷第2期，第125～132页。

[9]刘锋：《基于互联网大脑架构的智慧城市建设探讨》，<http://blog.sciencenet.cn/blog-39263-858170.html>，2015年1月10日更新。

[10]陈卫强：《杭州城市大脑的实践与思考》，<http://theory.people.com.cn/n1/2019/0908/c40531-31342597.html>，2019年9月8日更新。

[11]唐奇云：《全国500多个城市想建“城市大脑”》，http://www.cnr.cn/shanghai/tt/20190331/t20190331_524562061.shtml，2019年3月31日更新。

[12]中国国家信息中心：《城市大脑建设目标选择、方法与路径——城市大脑规划建设与应用研究报告》，2021年4月13日引用。

[13]智慧交通：《杭州城市大脑全面升级，打造“531”体系》，https://www.sohu.com/a/327556374_649849，2019年7月17日更新。

[14]史博臻：《上海城市管理精细化“三年行动计划”实施满一年“成绩单”发布》，<https://new.qq.com/omn/20190808/20190808A0E14Z00.html>，2019年8月8日更新。

[15]《福州要建全国首个自主开放城市大脑》，《福州日报》，http://www.fuzhou.gov.cn/gzdt/rcyw/201909/t20190915_3038878.htm，2019年9月15日更新。

[16]中国科学院虚拟经济与数据科学研究中心：《城市大脑全球标准研究报告》，2020年12月23日。

[17]Stevens, W.R., *TCP for Transactions, HTTP, NNTP, and the UNIX Domain Protocols*, Beijing: The People's Posts and Telecommunications Press, 2010, pp. 1-1.

[18]王善平：《实现超文本梦想的万维网——2016年度图灵奖简介》，《科学》，2017年第6期，第36~39页。

责编 / 马冰莹

The Origin, Development and Future Trend of City Brain

Liu Feng

Abstract: Since the entry into the 21st century, the formation of the Internet brain architecture and its combination with smart cities is the origin of City Brain. City Brain is not a city-level central nervous system controlled by artificial intelligence, but a city-level brain-like intelligent complex giant system. It has two key technologies: the urban neural network which is responsible for connecting people, equipment and systems in the city, and the urban cloud reflection arc which is responsible for forming a technical chain to solve problems in urban operation. They jointly promote the intelligent development of the cities. City Brain is not limited within a city. When the City Brains of the world are interconnected, they will eventually form a world nervous system that provides support for the coordinated development of human beings. The establishment of the global City Brain standard will be the third global IT standard after the TCP/IP protocol and the World Wide Web. On this basis, we can create a new generation of programs and steps for City Brain development.

Keywords: City Brain, city neuron, urban cloud reflection arc, world nervous system