

# 研究超高层建筑施工技术的发展历程与未来展望

唐成有

成都建工第四建筑工程有限公司 四川 成都 610000

**摘要:**随着社会经济的不断发展,我国建筑行业迎来了快速发展的新阶段,在此背景下我国的建筑结构逐渐朝着高层化、复杂化、多元化的方向发展。其中,超高层建筑是现代建筑工程中的重要组成部分,具有较高的使用价值和较大的社会价值。然而,在超高层建筑施工过程中,其技术水平对于建筑质量及安全有着直接影响,因此,在施工过程中必须加强对其施工技术的分析和研究,为后续工作提供有力参考。本文首先介绍了超高层建筑施工技术的发展历程,然后结合实际情况探讨了超高层建筑施工技术未来的发展趋势。

**关键词:**超高层建筑;施工技术;发展历程;未来展望

前言:随着我国建筑业的迅速发展,超高层建筑的建造工艺也有了长足的发展。超高层建筑作为一种新型的建筑形式,其建造工艺直接关系到工程的实际质量。然而,就目前的现状而言,我国超高层建筑的建造工艺仍存在一些问题和缺陷,已成为制约其发展的主要障碍。因此,需要加强对超高层建筑施工技术发展历程的研究,并根据实际情况提出有效解决措施,为未来我国超高层建筑施工技术的发展提供一些借鉴作用。

## 1 超高层建筑施工技术的发展历程

### 1.1 建筑材料

由于钢材拥有高强度、质量轻、韧性好等优点,在19世纪末期取代砖石结构而被应用于建筑业。与以往的建筑结构相比,钢框架结构是一种新型的结构形式,其承载力高、质量轻、占地面积大等优势,都为其后续发展带来了更多的可能性<sup>[1]</sup>。20世纪初,钢筋混凝土因其高刚度、高塑性、高耐久性、高经济等优点,在建筑领域得到了广泛的应用,框架-剪力墙和框架-核心筒等组合结构是目前的主流结构型式,目前为止许多在200米以下的超高层建筑、宾馆等建筑中仍然使用这两种结构形式。20世纪后半部分,由钢筋混凝土和钢材架构两种材料结合而成的超高强度钢筋混凝土复合结构,由于这种新工艺可以把钢筋的强度和韧性与钢筋混凝土的刚韧性和耐久性有机地融合在一块,因此被越来越多的应用于超高层和框架结构中。这是由于由钢筋与钢筋混凝土组成的复合体系非常简单,也非常有效,在大于300米的超高层建筑中应用的非常广泛。自八十年代以来,高性能开始成为建筑材料选择开发的主旋律,高强度,低屈强比,焊接性,耐久性能和耐火性能一直是钢铁工业发展的热点。例如,上海某大厦的钢柱为160毫米厚钢板,日本Midland大厦使用780MPa的抗拉强度建材钢,而其抗拉强

度超过1000Mpa的工程所用钢材也在被研究着。高强、轻质、耐久是当今国际上混凝土材料研究的热门课题,C80自密实高强混凝土已在多个300m以上的超高层建筑中得到了成功的运用,国内多家企业和科研院所已研制出高达100MPa以上的高性能混凝土。

### 1.2 施工模架与平台

20世纪初期,以钢架结构为主的特高层建筑,大多采用跳板等建造临时作业平台,将部分材料、准备布放置于平台之上,经过一层一层的搬运来实现重复使用<sup>[2]</sup>。然而此平台交通不方便,受风影响较大,对建筑材料的保护措施也不易设置,施工所需材料在搬运过程中将会导致材料垂直搬运,从而影响到作业效率。20世纪70年代,欧洲就已经开始对垂直构件进行爬模施工,80、90年代以后,我国才开始使用滑模和提模法对核心筒进行建造,可以有效降低现场的劳动强度和投入力度,不仅施工安全,且施工速度也会加快,能有效提升施工效率。爬模技术由于灵活、方便、经济等特点,是目前为止建筑业应用最为广泛的模板,与之相似的外墙防护爬架和钢管柱脚手架在超高层建筑施工中也得到了普遍使用。2007年,为了解决超大跨度超高层建筑核心筒施工过程中出现的问题,相关人员提出了广塔施工440.75米高的核心筒结构,并将其应用于核心筒施工。采用低位模板支撑,既避免了水泥土龄期对平台的约束,又提高了平台的承载能力。采用液压油缸一次性提升一层,提升速度快,减少支点布置,平台适应能力强,整体钢板平台承载能力强,可以放置更多的施工装置与机械设备,并形成比以往更加封闭、更加安全可靠的作业氛围,且根据上述所描绘的优点可以发现液压油缸的应用可以高效地提升我国核心筒的实际施工速度,并彻底解决其工期约束。近十几年来,国内以高层建筑框架结构为基础,

开发出以“微凸支点”、“空间框架”为承载结构的整体式平台，形成覆盖在核心筒上部的巨大钢帽<sup>[3]</sup>。

### 1.3 垂直运输设备

19世纪晚期—20世纪初期，美国、德国最早发明和应用了塔式起重机、施工升降机和混凝土运输泵这三种主要的垂直运输设备。塔式起重机起源于西欧，以搬运和吊装为主，1923年，第一种较为完备的现代塔式起重机问世，1930年，德国开始了塔式起重机的大规模制造。塔式起重机的出现，极大地提高了起重机械的搬运和作业范围，已逐渐替代龙门起重机，成为我国最主要的起重机械。在200米以下的超高层建筑中，大多建筑企业都选择使用自升平臂式塔式起重机进行施工；在200米以上的超高层建筑中，可采用自攀式动臂塔式起重机。德国西门子公司于1880年研制出电动升降机，不久就被大量用于高楼建设之中，电动升降机是为运送工人及建材而创建的，可以直接到达建筑的任何楼层内。它可以辅助塔式起重机进行小型机械和材料的辅助输送，从而解放塔式起重机对小物料的占用比。后于1927年德国首次采用混凝土泵送技术，1959年德国制造出第一台全液压混凝土运输泵，自那以后这项技术也开始得到迅速发展，在各种土木建筑施工被广泛应用。采用全液压混凝土运输泵进行施工，可有效为超高层建筑的施工提供一条高效、便捷的途径，三一重工开发的HBT9060CH-5M超高压混凝土运输泵，其出水压力最高达58MPa，150A型泵管可实现垂直泵送千米，取代了传统的塔式起重机吊装及手工运输的方法，大幅提升了混凝土的灌注效率，达到了大范围、高力度的混凝土高空中浇筑操作<sup>[4]</sup>。

### 1.4 基础工程

《高层建筑混凝土结构技术规程》中对100米以上的建筑均可归入超高层建筑范畴，超高层建筑建造工艺中的基础工程可分为三类：

#### 1.4.1 桩基施工

与一般的高层结构相比，超高层结构对承载能力和桩基体积提出了更高要求。大直径长桩的成孔深度大、工期长、含砂率高，容易产生沉渣，超大规格的钢筋笼制作难度大，对起重装备的起重性能也提出一定需求。采用分段安装、连接和下放的方法进行超长钢筋笼的吊装，其主要原因是：钢筋笼的尺寸大、数目多，需要在规定的地点进行快速连接。为确保大直径长钻孔桩的施工质量，必须采取手工造浆法，并对其进行适时清孔、桩底处的组合注浆以及清洁排沙等措施，以此确保大直径长钻孔桩的施工质量。

#### 1.4.2 基坑和地下室施工

由于超高层建筑的特殊性，其造价和工期都比较漫长，采用深基坑和地下室反作法可以有效缩短施工工期。通过全反向施工，缩短主线所需的工期，进而实现设计和施工一体化，对地下隧道内的嵌固特性进行分区分析，实现一柱一桩的设计，将竖向荷载均匀分布，保证建筑的整体承载力<sup>[5]</sup>。反向节点的设计和建造，要求能够有效地控制受力系统的节点质量，并对整个施工过程进行实时监测，以便在发现问题的时候及时处理。

#### 1.4.3 建筑测量

在超高层建筑施工过程中，因控制网变换过程复杂，在测量过程中会产生一定的测量误差。特别是随着建筑物高度的增大，受气温、强风及结构自身振动等因素的影响，会产生较大的变形，从而对测量精度产生影响。建筑物的变形、地基的差异，会对设计、施工的合理性造成一定的影响，为此，需拟建多层次的GNSS观测控制网，将GNSS内外控制相结合，逐点校验与校正，避免在恶劣的环境中进行施工，合理布置控制网点，通过对工程实例的分析来深入探究施工过程中的竖向变形的分布规律，并采用主动变形补偿技术，确保设计与施工的一致性。

### 1.5 混凝土施工

就混凝土材料而言，超高层建筑因体型大、高、服役年限长，对混凝土强度和耐久性的要求十分高，高强、轻质、自密实混凝土在高层/超高层建筑中的应用也开始变得日益增多。我国现已广泛采用G40~C60等级混凝土，C80及更高强度的混凝土也开始在我国多个超高层建筑中进行推广，C100级高强高性能混凝土及自密实混凝土已在一些超高层结构中得到应用。使用高强高性能水泥砂浆，能够有效地减小结构的断面，增加建筑物的有效利用效率，降低施工质量，节省建材，具有明显的经济效益，在节能降耗、施工质量、工程经济性、环保和劳动保护等方面有着十分重要的作用。其工艺经济性也将得到进一步的改善。鉴于高强度混凝土具有较低的流动性，会增加泵送的困难，因此，除了合理的配合比外，还需要大量的泵送设备来确保混凝土的品质。目前，国内多数高泵送混凝土均采用“双掺技术”，即混凝土掺合料、配比设计、泵送设备、泵送管线布局以及施工工艺等，均在不断地打破混凝土泵送高度的实际记载。

#### 1.6 塔楼结构

目前，我国的超高层建筑大多采用塔形结构，不同的超高层建筑有着各自的生产流程，即使是在相同的基础上，其技术路线也会有很大差异。现在我国使用的核芯筒、剪力墙结构普遍偏矮，一般采用爬模+爬架想呼

应的自升式平臂塔进行施工, 框架与剪力壁同时进行, 随后进行砌体和机电的分层铺设。钢结构框架核心筒的构造高度较高, 一般采用爬模或顶模与自爬式动臂塔机相结合的方式施工, 每一层的核心筒都要先开始施工, 外侧框架也要跟着施工, 砌体、幕墙和装饰也要分层安装。施工人员可以将核心筒施工分为水平同步法、垂直同步法、异步施工法三种: 框架与核心筒(剪力墙)分段施工, 具有设备简便、投资小、作业条件好、建设方便、维修方便等特点; 采用框架与核心筒结构同时进行施工, 在立面上进行多个作业面的分区, 可实现流动作业, 从而有效地减少工期的浪费; 异步施工要与垂直能力进行适当的配置, 做到及时的工序交叉, 构筑顺畅的运输网络, 以保证不同工种之间的配合与协调。

## 2 超高层建筑施工技术的展望

### 2.1 建筑材料

未来我国超高层建筑材料的发展将会朝着高强度、高质量、耐火耐水等方向发展, 为了减少建筑施工对资源的消耗, 减少排放和污染, 使用生态材料和智能材料也已经成为必然趋势。“绿色建筑材料”是利用大规模的产业或生活垃圾, 采用洁净的生产方式, 利用工业及生活垃圾, 生产出对人类与环境有利的建材, 例如天然水泥、绿色混凝土、绿色玻璃等, 而在这些材料中最有代表性的就是自修复混凝土, 通过修补胶与水泥土的混合, 使其具有自我修复和再生的功能。在后续的超高层建筑施工中还会采用智能材料、吸湿放湿材料、自动调光玻璃等, 智能材料可以自动判断空间内的环境数据, 并进行自我调节; 吸湿放湿型材料可以依据周围的湿度变化, 进行水分的自动吸收与释放, 以维持周围水分的均衡; 自动调光玻璃则能够调节进入房间的光照, 使满足人类最舒适的光线。

### 2.2 智能化工程

超高层建筑施工涉及的领域很多, 步骤十分复杂, 需要大量的操作和人员来完成, 施工人员数量非常庞大, 采用智能建筑技术, 能够减少人力资源的消耗, 大幅提升施工质量和施工效率, 并能有效解决施工中存在的问题。这对我国建筑行业的发展可以起到很大的推动作用。目前, 国内在智能化施工方面的智能控制体系, 可以分成两大类: 一是智能化装置, 二是智能化监测: 智能混凝土布料机能够在水泥土墙上自动绘制出布杆的运行路线, 并当它在行进中遭遇阻碍时, 还可以进行相应的规避操作。智能监测就是根据监测结果, 判定水泥混凝土堵塞的方向及部位, 及时发出警报, 以便排除危险。

结束语: 通过以上研究, 完善我国超高层建筑建造技术, 对其建造工艺进行创新与改进, 不仅可以提高其工程实际施工进度与能力, 还能推动其向更高层次水平发展。相关人员及相关部门应当积极推进我国超高层建筑建造技术的进步与发展, 为建筑业的可持续发展提供持久的动力支撑, 并促进我国国民经济的可持续发展。

### 参考文献

- [1]董永新,陈西鹏.超高层建筑钢结构安装施工技术的应用要点分析[J].建筑技术开发,2024,51(02):7-9.
- [2]林雪勇.超高层建筑钢结构施工关键技术探析[J].散装水泥,2023,(06):78-80.
- [3]宁方正,崔丽娜.超高层建筑土建施工关键技术的研究和应用[J].居舍,2023,(35):30-33.
- [4]郭鹏飞,王吉,杨希超等.超高层建筑钢结构整体提升施工关键技术研究[J].建筑技术开发,2023,50(12):63-65.
- [5]张希黔,华建民,黄乐鹏等.引领我国超高层建筑高质量发展的创新施工技术[J].施工技术(中英文),2021,50(13):6-19.