

高层建筑深基坑及地下室计价特点分析

汪元

中冶赛迪工程技术股份有限公司成都分公司, 四川 成都 610000

[摘要] 高层建筑深基坑及地下室量大工期紧、区域性强、综合性强、风险大、个性迥异, 具有明显的时空效应且受周围环境强烈限制, 其设计、施工和计价均具有鲜明的特点。文中仅从计价角度探讨其特点, 以便完整准确地计算其造价。

[关键词] 深基坑; 地下室; 计价特点; 计价定额

DOI: 10.33142/sca.v7i2.11252

中图分类号: TU97

文献标识码: A

Analysis of Pricing Characteristics for Deep Excavation and Basement of High-rise Buildings

WANG Yuan

Chengdu Branch of CISDI Engineering Technology Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: The deep foundation pits and basements of high-rise buildings have a large quantity, tight construction period, strong regional and comprehensive characteristics, high risks, and distinct personalities. They have obvious temporal and spatial effects and are strongly limited by the surrounding environment. Their design, construction, and pricing all have distinct characteristics. The article only explores its characteristics from a pricing perspective in order to calculate its cost completely and accurately.

Keywords: deep foundation pit; basement; pricing characteristics; pricing quota

引言

随着城市化的进程和耕地红线的严守, 可供建设的土地资源日益紧张, 向上发展高层建筑、向下发展地下空间成为城市建设的普遍趋势。高层建筑的“上天入地”推进了城市空间的立体开发, 由于建筑物基础及自身功能的需要, 一般均建有地下室(根据《高层建筑混凝土结构技术规程》基础应有一定的埋置深度: 天然地基或复合地基, 可取房屋高度的 1/15, 桩基础, 不计桩长, 可取房屋高度的 1/18; 自身功能需求: 停车需求、设备机房、消防水池等)。普通高层建筑一般 2~3 层地下室, 超高层建筑一般 3~6 层地下室, 528m 的中国尊甚至有 7 层地下室, 基坑深度达 40m^[1]。本文主要分析阐述高层建筑深基坑及地下室计价的特点。

1 主要特点

1.1 受周边环境影响较大

深基坑工程的设计、施工和计价受周边环境影响巨大, 在开阔地段开挖基坑, 只需根据工程地质、水文地质条件、开挖深度和施工工期设计支护结构, 选择范围大, 最终选出比较经济的形式。而在城市中新建高层建筑常处于密集的既有建筑物、道路桥梁、地下管线、地铁隧道的近旁(如上海中心大厦修建时就紧邻已建成的金茂大厦和环球金融中心, 三者构成上海著名的超高层建筑群^[2]; 成都绿地中心则靠近地铁 2 号线站台, 其基坑距地铁站台最近距离仅 4.5m), 对于此类深基坑设计, 除了保障支护结构本身的安全可靠外, 周边环境对支护结构提出了更高的要求。如深圳市基坑支护技术标准(SJG05-2020)对采用排桩、

地下连续墙加内支撑的一级基坑, 支护结构顶部最大水平位移控制值为 0.002h 与 30mm 的较小值, 而地铁管理部门对深圳恒大中心项目提出的变形控制要求为 10mm。

计价时需注意以下问题: (1) 是否需要临近建筑进行保护、加固、监测, 增加的该部分造价是否计入总造价; (2) 基坑周围场地情况, 能否布置机械进出基坑的坡道, 以便在计价时选用合适的挖土、出土方式; 能否消纳后期用于基坑和地下室顶板回填的土方, 以便在计价时考虑是否需要土方转运。(3) 为了行人安全和通行而搭设的防护棚和临时桥梁等是可单独计列还是纳入了总价措施。

1.2 受城市相关政策影响

深基坑开挖会产生大量土方, 土方的开挖、运输以及消纳都受到交管、运管、环保等部门的管制。如深圳规定市区运输渣土, 必须采用全封闭式智能泥头车, 影响土方运输计价; 多地规定市区运输渣土必须夜间进行并有严格的时间段限制, 是施工组织设计必须考虑的因素从而间接影响计价, 并对基坑和地下室施工工期产生影响进而导致降水费用增加; 深圳不少地区为了避免在地基中留存锚索障碍物, 造成严重的环境污染问题, 禁止采用锚索技术的拉锚式支护结构的使用^[3]; 四川某地规定建筑工地产生的建筑垃圾的处置: 含泥量超过 40% 的沙石和渣土, 项目业主可作为表层土自用, 业主单位也可按相应价格标准交由区国投公司进行无害化处置。对含泥量 40% 以下(含 40%) 的沙石等建筑垃圾, 由区国投公司负责接收(经核定的项目自用沙石除外), 按规定在区建筑垃圾消纳场进行加工再利用, 并向业主单位或建设单位、施工单位支付相应的

挖掘、运输和装卸等费用；评审中心相对应制定了建筑垃圾及砂石处置相关政策的造价评审计价方式。

因此，深基坑支护结构设计和土石方工程计价时，应调查项目所在地的政策，按当地的规定执行。

1.3 与施工工艺相关

根据地下室结构的施工方法分为顺作法、逆作法、顺逆结合等三种施工工艺，施工的关键在于地下室结构和深基坑支护的施工，两者紧密配合、相辅相成，构成了整个地下空间结构的施工。

顺作法先施工基坑工程，再从下向上施工地下室。施工工艺成熟，施工组织简单，工期较易掌握，作业条件好，工程质量易保证；主要缺点是基坑支撑变形大，对周围环境影响大，施工工期长。顺作法是传统的施工方法，在高层建筑地下室施工中得到了广泛应用。

逆作法先施工地下连续墙或其他支护结构，同时在建筑物内部的有关位置浇筑或打下中间支承柱，作为施工期间于底板封底之前承受上部结构自重和施工荷载的支撑。然后施工地面一层的梁板楼面结构，作为地下连续墙刚度很大的支撑，随后逐层向下开挖土方和浇筑各层地下结构，直至底板封底。与此同时，由于地面一层的楼面结构已完成，为上部结构施工创造了条件，所以可以同时向上逐层进行地上结构的施工。这样地面上、下同时进行施工，直至工程结束。逆作法工艺复杂，技术要求高，操作空间狭小，通风与照明条件非常差，施工效率低；但是对周围环境影响小，临时支撑投入量小，若地上地下同时施工则可缩短总工期。逆作法在地质条件差、周边环境保护要求高的地方采用较多，如长三角、珠三角地区。

顺逆结合施工技术取顺作法和逆作法施工之长，如上海中心大厦，采用了大楼地下室顺作，裙房地下室逆作的施工技术^[2]。

顺做法是传统的施工工艺，相应的计价也比较成熟。而逆作法施工时面临的环境与顺做法有很大的区别，计价时需注意以下问题：（1）除第一层开挖土方外，其余土方施工均属于盖挖土方；（2）挖方作业空间狭小，一般采用小型挖机；（3）施工设备、土方、模板、钢筋、混凝土等的上下运输均通过预留的少数垂直运输通道，与顺做法比，场内运输费用增加较多；（4）为搭设模板支架，一般会浇筑混凝土垫层，该垫层属于临时构件，会多次设置、拆除；（5）中间支承柱与桩孔间的间隙需填实，如灌注法施工采用自凝泥浆、套管法施工采用填砂等，应计取相应的费用；（6）中间支承柱一般是钢柱，和后期施工的混凝土部分构成钢骨混凝土柱，但也有可能设置临时支承柱，注意计算此类柱的拆除费用；（7）竖向构件存在大量施工缝，与顺做法的施工缝不同，逆作法的施工缝往往需要特殊处理，如压浆处理，应计取相应费用（预埋注浆管、注浆等）；（8）施工期间的通风、排气、照明及电力设施需按专项

措施方案单计安装、拆除和使用费用。

1.4 与施工顺序相关

除了顺作法、逆作法等涉及总体安排的施工工艺外，一些局部的施工顺序调整也会对计价产生影响。

比如基坑土方和桩基施工顺序。两者施工顺序的先后跟项目面临的情况有关，有的项目必须先进行灌注桩的施工，如逆作法施工地下室时、业主先行发包桩基工程时；有的项目首选先进行基坑土方开挖，如EPC项目基坑条件简单而施工图纸还未完成时。对于基坑土方和桩基施工先后施工都技术可行的情况下，在进行施工组织设计时，应分析其造价进行经济比选，比选时应考虑地质、雨季等风险情况，还应考虑施工工期对造价的影响。

先施工灌注桩再开挖土方，计价时需注意以下问题：空桩长度增加，声测管长度增加，泥浆数量增加，外运淤泥数量增加，桩孔回填数量增加。

先开挖土方再施工灌注桩，计价时需注意以下问题：降水提前导致费用增加，汽车吊费用增加；基坑暴露时间长，增加了边坡滑塌、雨水泡槽等风险。

1.5 临时构件多

基坑工程中临时构件较多，有的临时构件不用拆除，可以留在土体中，如围护桩、不影响周边环境的锚杆，这些构件无需计拆除费用。而有的临时构件则需要拆除，如钢结构内支撑，钢结构临时立柱，计取安装与拆除费用，区分情况计取材料摊销费、材料租赁费；而临时混凝土构件除了拆除费用外，还应计取建渣外运和处理费用；如锚杆需要拆除、拉拔清除锚索一旦失败，采用其他方式清除锚杆费用高昂，应反馈设计修改支护形式^[3]。

随着设计实践和施工技术的发展，倾向于充分利用基坑支护的构件，使其成为地下室主体的一部分。如地下连续墙与地下室外墙“两墙合一”^[4-7]；地下室外墙和维护桩共同承担侧向水土压力的“桩墙合一”^[8-10]；基坑内支撑体系与地下室结构板合一、临时立柱与地下室结构柱合一^[11]；钢板桩浇筑在地下室外墙内形成钢骨混凝土等。

地下连续墙、围护桩、支撑立柱等构件作为临时构件时，根据《建筑基坑支护技术规程》的规定，设计使用期限不应小于一年。当支护结构作为永久性工程的一部分时，结构设计应满足相应的使用年限要求。临时构件施工精度和质量控制相对其作为永久构件时不严，以地下连续墙为例，根据《建筑工程逆作法技术标准》：作为临时维护结构时，其槽壁垂直度、深度、宽度及沉渣检测数量为总数的20%，而两墙合一时，则应全数检测；作为临时维护结构时，有可靠的施工经验时，可不进行超声波透射法检测，而两墙合一时，检测数量不少于20%，不合格时还应采用钻孔取芯法验证；作为临时维护结构时，混凝土浇筑前墙底沉渣不厚不应大于150mm，两墙合一时不应大于100mm。

由此可见，地下连续墙、围护桩、支撑立柱等构件作

为永久构件,和作为临时构件比,虽然施工方法总体来说是一样的,但是设计和施工要求却严格很多。一般来说这些构件的计价定额目前按临时构件来考虑,归类在基坑与边坡支护下。此类构件计价时应注意查看施工组织设计文件和相关专项施工方案文件,比较其与作为临时构件时,多采取的措施,看能否计取该部分费用。

1.6 涉及大体积、高强度混凝土施工

根据我国《大体积混凝土施工标准》,混凝土结构物实体最小几何尺寸不小于1m的大体量混凝土,或预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩而导致有害裂缝产生的混凝土,称之为大体积混凝土。高层建筑特别是超高层建筑地下室底板的厚度很大,涉及大量大体积混凝土施工,如468m的成都绿地中心塔楼基础筏板厚度4.6m,局部厚度7.65m。

高强度混凝土是一个相对的概念,随着技术的进步和发展有着不同的划分,目前我国高强混凝土指强度等级不低于C60的混凝土。地下室竖向构件承受整个上部结构的荷载,往往要采用高强混凝土,如深圳京基项目采用了C120混凝土,最近报道称广州新世界增城发展中心项目采用了C130超高强混凝土。

计价时需注意以下问题:(1)大体积混凝土为控制温差一般会设置温度监测点测温、循环水冷系统控温及采用多层保温养护措施。计价时注意当地有无大体积混凝土的专门定额,测温装置和循环水冷系统的安装和运行是否另计,水冷管后期是否需要注浆灌实。大体积混凝土养护投入一般为3层及以上覆盖,较普通混凝土养护投入较大;

(2)大体积混凝土基础底板配筋密集、顶面配筋较重(三层及以上配筋)且支撑高度高,需要采用专门设计的型钢支撑,不要漏计或按普通马凳筋计取;(3)地下室底板和结构柱的钢筋直径粗,连接一般采用机械连接,接头一般要单计;(4)底板大体积混凝土往往需要抗渗、抗裂和低绝热温升,混凝土配合比需要反复试验,计混凝土材料价格时应考虑这些因素;(5)高强度混凝土C60~C80比较常用,搅拌站一般都能供应,就算没有信息价,也比较好询价。但是如果项目采用了C90及以上的混凝土,市场上没有相应的材料,混凝土配比需要专题研究。

1.7 不确定性大、隐蔽工程多、易漏项多

深基坑工程自身具有许多不确定性,施工过程中存在大量的不可预见因素。如因为地下岩土的不均匀性和不确定性,开挖后,条件与地勘存在差别,导致原支护设计偏于不安全;持力层标高不准确,导致实际桩长与设计桩长偏差过大;大量降雨导致土质恶化,需要进行处理。因此在基坑开挖及地下工程施工过程中,对基坑岩土性状、支护结构变位和周围环境条件的变化,进行各种观察及分析工作,并将监测结果及时反馈,预测进一步挖土施工后将导致的变形及稳定状态的发展,根据预测判定施工对周围环境造

成影响的程度,来指导设计与施工,实现信息化施工。

计价时应注意:(1)信息化施工采取的投入是计入实体单价里还是能另计;(2)深基坑及地下室隐蔽工程多,如桩基工程、基础工程、防水工程等,覆盖后再检查比较困难,应注意计价依据的取证保留;(3)易漏项多,如当基坑开挖面以下需要再开挖较深的电梯井、集水井、大型承台等深坑时,设计容易遗漏该部分支护设计,旋挖桩空桩回填容易漏项,后浇带、跳仓施工法施工时,施工缝构造如止水钢板、温度加强钢筋、施工缝构造钢筋、模板等容易漏项。注意结合设计图纸、设计说明、施工组织设计及各专项施工方案,逐一列项,防止漏项。

1.8 与工期联系密切

深基坑及地下室工程的造价跟工期密切相关。如降排水,深基坑工程开挖前3周左右就开始降水直至地下室完成施工不需要降水为止;另外基坑支护采用的钢板桩、钢支撑等构件的租赁费也跟工期直接相关。

1.9 涉及专项及监测项目多

深基坑及地下室工程涉及的专项及监测项目众多,如土方专项、桩基专项、基坑专项、基坑降水、地基处理专项、桩基检测、基坑监测、周边位移监测、沉降监测等。应以保证工期、质量、安全为前提,与建设单位和设计单位共同研究并尽可能地引进新技术、新材料、新工艺、新信息控制技术等,以保证在得到专家认证的同时合理确定工程造价,避免施工企业因在施工措施方案中的大量投入,而得不到资金保障。

2 计价定额现状

目前国家、地方编制的定额依然是我们编制建设工程设计概算、施工图预算、最高投标限价(招标控制价、招标标底)、调解处理工程造价纠纷、鉴定及控制工程造价的主要依据。然而深基坑工程设计施工采用的新技术、新工艺较多,定额编制往往跟不上,在深基坑工程造价计算中,有些项目很难直接套用现成定额,需要进行换算、补充。如基坑支护中采用可进行基坑开挖变形主动控制的轴力伺服系统,可回收预应力锚杆等。

另一个问题是我国目前各地均以地方定额为准,定额在地区之间不能相互借用。各地发展和建设水平不一致,一地比较成熟的施工方法和施工工艺对于另一地可能就属于新技术、新工艺。如目前计价定额基本都是基于顺作法制定的,高层建筑深基坑及地下室逆作法施工在上海、深圳、广州、杭州、武汉等地均有实施,但从建筑工程计价定额上看,只有上海有全套逆作法施工的定额(土方、混凝土、钢筋和模板及拆除定额)、深圳有逆作法施工部分定额(只有逆作法土石方定额)。

3 结论

高层建筑深基坑及地下室因为其面临的周边环境复杂、开挖深度大,其设计、施工组织和施工与常规基坑及

地下室有较大区别。设计、施工组织和施工方案应结合周边环境、工程地质、水文地质条件、开挖深度和施工工期等进行编制,特别要注意设计、施工方案的技术经济比选。

在计价方面,高层建筑深基坑及地下室的造价计算应基于施工图、施工组织、施工方案和各专项方案等全面信息。除了直接成本外,还需要充分考虑各种间接成本、风险成本以及不可预见因素可能带来的额外成本。只有这样,才能确保造价计算的准确性和完整性。

对于新技术、新材料、新工艺、新信息控制技术等,在高层建筑深基坑及地下室工程中的应用,应给予特别关注。在收集统计相关人工、材料、机械等数据的同时,还需要对其性能、可靠性、经济性等方面进行综合评估。这不仅可以为定额的编制提供依据,还有助于推动工程技术的进步和创新。

[参考文献]

- [1]李华峰,齐五辉,等.中国尊大厦施工图设计中的弹塑性时程分析[J].建筑结构,2015(76):12.
- [2]崔启超.上海中心大厦基础工程的研究[J].中国住宅设施,2027(87):12.
- [3]龚晓南.基坑工程实例 7[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [4]孙志国.“两墙合一”地下连续墙内防水施工技术[J].2022年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(上册),2022(87):6.
- [5]周尧.“两墙合一”双环形支撑体系基坑变形特性分析[J].岩土工程技术,2023(76):12.
- [6]王龙.基于“两墙合一”的泵站地下基坑连续墙施工技术[J].水利技术监督,2022(76):8.
- [7]田彬.两墙合一地下连续墙异形槽段设计与施工关键技术[J].2020年全国土木工程施工技术交流会论文集(上册),2020(76):12.
- [8]吴治厚.压灌桩“桩墙合一”技术在逆作法基坑中应用[J].地下空间与工程学报,2018(87):8.
- [9]楼志军.邻江基坑工程应用“桩墙合一”技术的设计与实践[J].施工技术,2017(87):12.
- [10]汪军,李大华等.“桩墙合一”技术在深基坑工程中的应用[J].安徽建筑大学学报,2021(65):2.
- [11]田卫国,管聪聪.临时基坑支护系统与永久地下室结构“二合一”施工关键技术[J].建筑施工,2017(76):11.

作者简介:汪元(1985.11—),女,汉,重庆垫江,毕业院校:四川大学,毕业专业:结构工程,研究方向:结构设计、工程造价,现在职位:工程师