

# 深基坑工程施工安全监测及其预警研究

文 / 李炼威 广东省珠海市金湾区建设工程质量监测站 广东珠海 519041

**【摘要】**现阶段，我国城市化建设工作不断深入，城市中建筑物的总体高度和建筑规模均有着超前的发展，在此背景下，深基坑施工技术现代化建筑工程中的应用变得越发广泛。本文针对深基坑工程施工安全监测及安全预警技术展开研究法，分析深基坑工程施工作业期间需要采取的相关管理办法，总结相关经验，提出针对性安全保障做事，确保安全监测工作能够落实到位，同时还需要设定更加科学的预警系统，并保证预警系统的反应能力，确保在发现问题的第一时间可以做出信息反馈，保证安全预警效果能够达到应有效果。

**【关键词】**深基坑工程施工；安全监测；安全预警

**【DOI】**10.12334/j.issn.1002-8536.2022.27.049

## 引言：

在建筑深基坑工程处于开挖作业时，会对周边位置的岩土体平衡形成破坏作用，同时还会对地应力形成明显的损坏效果，使得土体结构的固有位移场与应力场出现不同程度的改变，造成土体荷载分布不均匀的情况，最终导致基坑结构产生变形和破坏问题。对于超大深基坑结构的变形问题，其主要原因是基坑邻近岩土体结构出现沉降作用导致变形，同时基坑底部位置的土体会逐渐隆起并发生变形，导致基坑支护结构因此出现变形问题。面对上述情况，需要施工方不断加强自身的安全管理力度，保证安全监理工作能够落实到位，同时还需要设置专门的安全预警机制，用以及时反应施工安全问题，确保深基坑工程作业施工的整体安全性。

## 1、安全监测与安全预警重要性

对于深基坑工程而言，是我国建筑行业发展过程中的一项重要内容，同时也是高层和超高层建筑建设需要应用到的一项关键施工技术。参考我国建筑工程方面的相关法律法规可知，当地下工程挖掘深度超过 5m，或者实际深度未到 5m，但是地下挖掘作业难度较高的地下施工工程

类型，均属于深基坑工程。

2015 年至今，我国建筑领域发展成果令人瞩目，深基坑工程施工中越发重视深基坑工程类型的建筑类型，并且建筑工程总体比例的实际比值也在不断攀升，同时深基坑工程安全监测工作的关注度也有着大幅度提升，在加上深基坑工程施工技术的广泛应用，其社会关注度也在不断提高，在这样的情况下，为进一步引导深基坑工程整体施工建设的安全性，使其可以向更高质量和更高安全的争取方向发展，需要对现有深基坑工程中正在应用的各项施工建设提供有效保障，并为此进行更加深入的学术研究，从实际角度出发，保证理论研究层面的研究成果具备实用性价值，同时还需要给予深基坑工程施工安全监测和安全预警工作足够的讨论空间，进而形成一种更加专业的深基坑工程安全施工体系，保证安全预警工作的有效性。

## 2、深基坑工程施工作业

### 2.1 工程案例

某都市轨道交通 19 号线二期工程长顺村停车场位于协和大道以西、牧华路和温家山路以北的地块内，该地块

规划为居住、教育用地，土地性质为一般农田区，停车场内现状为空地、少量村舍和少量鱼塘，地形多呈垄岗状，地形起伏较小，地面坡度 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 之间，地面高程在480~510m之间，此时的相对高差为10~30m之前，运用库到咽喉区、出入段线地块北高南低。

停车场采用地下建设方式，做上盖物业开发，停车场采用尽端式布置，占地面积约16.32公顷（其中场前区占地面积约3.21公顷），新建建筑面积约19.31万 $m^2$ （其中地下建筑面积约16.84万 $m^2$ ）。

## 2.2 现场施工安全基本原则

（1）当基坑开挖作业正式开始前，需要对基坑周边位置的管线信息展开详细调查和记录，如过发现存在渗漏水问题，则需要第一时间采取相应处理手段，如：地面灌浆处理、水泵抽排水等手段消除渗漏水给施工安全性造成的安全隐患问题<sup>[1]</sup>。

（2）施工任务开始前，还需要根据角门西站东、西方向的实际情况，结合地域水文地质条件，合理开展基坑土方开挖作业，并且在施工开始后，还需要以“时空效应”作为施工理论指导，根据“纵向分段、竖向分层、横向中部挖槽后对称，限时平衡”的基本原则完成开挖施工任务，同时还需要遵守“开槽支撑、先撑后挖、分层开挖、严禁超挖”的基本施工原则，确保最终施工效果<sup>[2]</sup>。

## 2.3 建筑基坑开挖施工技术安全注意事项

（1）车站角门西站位置，西侧的基坑土方开挖作业，需要沿西向东的作业方向执行开挖任务，对应的东站厅则与之相反，按照由东向西的作业方向执行开挖任务，同时还需要沿竖向架构进行设计，将基坑中的土体结构合理划分成上层和下层两部分土体结构，并按照逐层分台阶式的开挖作业顺序，期间还需要配合相应的支护结构，架设钢支撑，保证现场开挖作业的安全性。

（2）对于上层土体，厚度需要控制在14m左右，然后利用挖掘机设备在基坑内对开挖出的土体直接装车处理，进行外运利用挖掘机设备进行接力甩土，使坑内的开挖土被运送至坑外<sup>[3]</sup>。最后，面对部分无法直接进行装车处理的竖井段结构，如：宽段，此时局部土体结构可利用长臂挖掘机设备执行开挖作业。在此期间，基坑土体每一个不同的台阶，均需要控制开挖方向，使其纵向放坡的实际坡率控制标准，1:2.5为最佳，并且总坡率不可超过1:4.5的比例。

（3）基坑下层结构土体厚度约为13m，针对这部分土体结构，可以利用反铲挖掘机设备与垂直运输设备进行处理，如：吊车或者门式起重机装置，将土体运输至地面

位置，然后装车外运<sup>[4]</sup>。车站的东、西两侧基坑内，均需要单独放置4台标准为0.2m的反铲挖掘机设备执行装土任务，并在垂直运输期间，派遣专人为现场吊车驾驶员提供指挥，确保所有施工环节、施工技术和施工设备的运用具有更高的合理性，避免钢支撑结构受碰撞后出现突然脱落的问题，全面保证基坑开挖作业的整体稳定性，为现场施工人员提供更加可靠的安全保障。

（4）车站角门西站位置的东、西两侧站厅，需要明确钢支撑的实际分布情况，并有针对性的拟定好出口口，同时两边采用的钢支撑轴距标准统一设定为3.8m，同时还需要对两端头分别进行专门的防脱落处理，防止出土碰撞作用导致的失稳问题发生。

（5）工程基坑纵向位置，开挖作业需要分成多个小段执行开挖任务，每当完成一段开挖任务，便需要确认此环节的施工效果，并对竖向所有小段进行从上到下的检查，确保分层开挖设计方案能够得到落实，同时每层的实际厚度都需要控制在3m以内<sup>[5]</sup>。

（6）车站东侧位置的基坑西端头与车站西侧位置的基坑东端头，当二者处于临近固有4号线15m以内的范围后，需要在此时采取对称开挖作业模式，并及时提供钢结构支撑，保证施工安全性。由于此部位的设计方案中共有3道混凝土结构提供支撑作用，所以，此部位的土方开挖作业可以参考“竖向分层、中间不拉槽”施工原则执行开挖任务，在开挖作业达到支撑底标高量值后，此时浇筑混凝土材料，形成支撑连续梁结构，当支撑混凝土结构的实际强度能够达到最佳状态后，方可继续向下进行开挖作业。

## 3、第三方基坑安全监测主要内容

### 3.1 深层水平位移

深层水平位移问题，属于基坑安全监测工作需要注意到的首要内容，深层水平位移不仅会对工程的受力结构造成影响，同时还会导致支撑结构的局部区域受到较大应力作用，进而出现变形问题，导致支撑结构强度不足，无法满足支撑保护的实际情况。因此，需要对基坑所在区域的地质结构稳定性，才能够保证施工作业的整体安全性。

### 3.2 支撑轴力

围护结构轴力属于围护桩结构需要承担作用力的核心点，但是，此间还需要经过挡土墙侧向传递的土压力作用。在这样的情况下，会形成一种侧向支撑体系结构，再加上基坑环向横撑和斜撑结构，可以充分保证围护结构在实际应用中的安全性和稳定性。在此期间，由于支撑体系测点

具有灵活性特点，所以相应标准不可一概而论，而要根据实际情况，判断支撑体系形状及其受力特点完成设置任务，此间需要注意，即使位置不同，但是每一到支撑结构都需要在测点位置安装标准为  $\phi 20$  和  $\phi 25$  的专业轴力钢筋 2 根，为支撑提供必要的防护作用。

### 3.3 地下水位

当深基坑工程处于开挖阶段时，地下水会对基坑开挖作业形成一定程度的不良影响，部分地下水冲击、浸泡问题还会形成严重的渗透作用，进而导致深基坑结构出现开裂或者坍塌现象，最终引起基坑周边区域岩土力学性能出现明显变化，部分区域的土质松散问题和受力不足问题加剧。因此，需要针对地下水动态进行实时监测，确保工程防水效果始终处于监测作用下，才能够保证基坑施工作业的安全性。

### 3.4 桩顶位移

浇筑作业中，由于水下浇筑作业的不完善，非常容易导致泥浆出现沉淀的情况；与此同时，桩顶夹泥问题也会在在一定程度上影响到混凝土的最终使用状态，会对工程整体施工造成非常不利的影响；待浇筑施工完成后，在预埋钢护筒和拔拆期间，因为施工人员自身作业时的用力不均，会导致混凝土质量受到影响；在桩顶部位的施工作业时，其作业质量也会因此而受到一定程度的波及，正式施工作业阶段，施工人员在凿除混凝土桩头位置时，一般会习惯性采用作业功率比较大的风镐，此时声测管周围的建筑混凝土材料也会因此受到干扰，造成不良后果。基于此，需要监测机构派遣专业技术人员对各种可能造成桩顶位移问题的情况进行检查，一旦发现上述情况存在，则需立即采取相应处理办法，保证施工作业安全性。

### 3.5 坡顶位移

参考施工现场周边环境要求，结合当地岩土条件，遵循“安全，经济，方便”作业原则，确定基坑开挖作

业中的边坡开挖方案。本次工程中采用轻型井点降水为主的开挖方案，同时为坡面设定钢丝网等相关防护处理措施。

在本次深基坑施工作业期间，放坡开挖任务尤为关键，如果开挖坡度存在问题，则会导致开挖作业期间出现极为严重的边坡滑移现象或坍塌现象，进而导致工程桩出现移位，最终对现场施工人员造成人身安全威胁。因此，需要在设置开挖边坡测点位的过程中，在每 30m 间距的位置设定一个点位，并在部分具有关键性或者特殊的位置设定测点，通过这种方式保证边坡在出现失稳问题后可以被及时发现。

## 4、安全保证体系

### 4.1 工程施工安全保证体系

工程安全组织结构如图 1 所示：

### 4.2 安全管理制度

工程施工安全管理制度如表 1 内容所示：

### 4.3 安全管理措施

(1) 树立“安全第一，预防为主”的思想。建立安全学习制度，做好安全宣传教育工作，提高全员施工安全意识；

(2) 各工序开工前要做好安全技术交底工作，所有作业人员必须按施工方案、交底及安全规范规定进行施工操作，杜绝一切违章指挥和违章操作；

(3) 施工现场按规定设置安全防护措施，人员进入施工现场要按规定使用安全防护用品；

(4) 工地所有设备定期保养，保持良好的工作状态及完备的安全装备。特殊工种人员要持证上岗，禁止无证操作，无证驾驶；

(5) 高空作业要设置安全网，安全绳和保险带；

(6) 加强施工监测，观察边坡及护壁桩稳定情况，

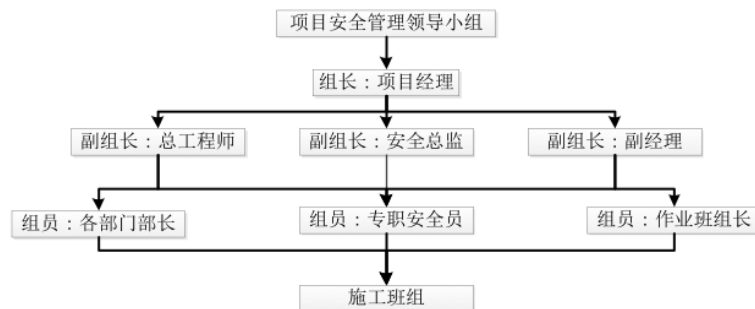


图 1 安全生产领导小组图

发生监测数据异常时及时采取相应技术措施；

(7) 场地内道路采用“人行道+车行道”的分流车道，作业人员严禁违章通行。

表 1 安全生产管理制度表

序号	制度名称	制度内容
1	安全生产责任制	明确各级人员的安全责任,以及在各自的业务范围内,对实现安全生产要求负责,做到安全生产工作责任横向到边,层层负责;竖向到底,一环不漏
2	安全专项方案编制及审查制	根据建设部《危险性较大工程安全专项施工方案编制及专家论证审查办法》编写安全专项施工方案,并报相关部门论证、审批
3	安全专项资金保障制度	项目部落实安全劳动防护用品资金、安全教育培训专项资金以及保障安全生产的技术措施资金
4	安全技术交底制	根据安全技术方案要求和现场实际情况,各级管理人员需逐级进行书面交底,检查技术交底实施情况
5	安全活动制	项目安质部每周组织全体工人进行安全教育,总结上周安全问题,对本周安全重点和注意事项作交底
6	定期检查与隐患整改制	项目安环部每周组织一次由各施工队伍安全责任人参加的安全联合检查,对查出的安全隐患必须定措施、定时间、定人员整改,并做好隐患整改消项记录
7	机械设备安装验收制	大中型机械设备安装实行验收制,凡未经验收的一律不得投入使用
8	持证上岗制	进场工人和调换工种的职工,必须按规定进行安全教育和技能培训,特殊工种必需持有上岗操作证
9	特殊工种证书年审制	每年由项目统一组织进行,加强施工管理人员的安全考核,增强安全意识,避免违章指挥、违章作业
10	安全生产奖罚制与事故报告制	对安全工作做得好的班组或个人进行奖励,对不执行安全生产管理制度、方案的班组或个人进行处罚,督促整改,对事故将按程序及时进行通报
11	紧急情况停工制	一旦出现危及职工生命财产安全险情,立即停工,及时采取措施排除险情,并限期向上级汇报
12	责任领导值班制	施工过程中,必须保证有施工人员进行作业,就有项目领导在现场值班,不得空岗、失控

#### 4.4 地基沉降处理措施

开挖隧道作业期间,为避免地基沉降造成的隧道拱顶出现冒顶垮塌问题,需要在隧道上部固有设计范围的外围区域,搭设水平旋喷桩孔,保证桩孔间隔合理性。其中,高压旋喷切割土体或者土体置换期间,可以使各个独立水平旋喷桩呈现出一种互相叠合的状态,进而形成更加致密的土体可状结构,为隧道提供必要的防护作用,使其上部结构可以一定范围的地层形成更为坚固的整体,为隧道开挖作业提供便利性。

#### 4.5 应力重分布处理措施

针对应力重分布问题,可利用水平旋喷桩作业法进行处理。正式操作施工阶段,钻杆设备钻到指定深度以后,可使用高压将水泥浆液旋转喷射到隧道附近的土体中,由于隧道挖掘围岩后的岩体处于较为松碎的状态,所以可以在进行切割土体后,将其与浆液进行充分混合均匀,通过这种方式避免浆液由于土体孔隙问题无法到达目标

破碎区域,避免出现渗水等问题。待经过一段时间后,此时的浆液会彻底凝固,并与破碎土体共同形成坚实的桩柱结构,可以为隧道开挖作业的上方位置提供类似悬臂梁结构的保护作用,为隧道正常施工作业提供更为可靠的安全防护效果。

#### 4.6 应急预案

为确保在突发险情发生后,能做到及时、迅速、有效抢险,将险情进一步控制在最小范围,减少和防止险情对周围环境、社会人员、施工人员和工程结构本身的影响,项目部成立了以项目经理为应急总指挥,项目其他领导班子为应急副总指挥,项目各部门负责人为组员的应急救援领导小组。详情如图 2 内容所示:

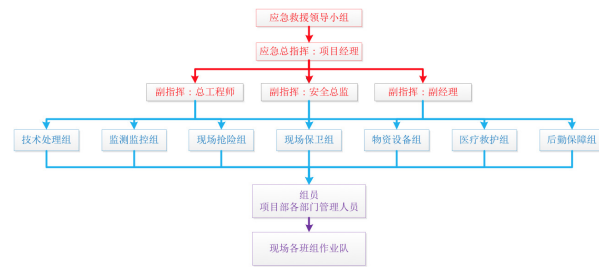


图 2 项目部应急救援领导小组

#### 结语:

综上所述,我国现代建筑工程正在向更高、更大的方向发展,深基坑技术作为建筑工程领域内的重要组成部分,需要受到建筑企业的高度重视,保证现场施工安全的同时,树立更为鲜明的安全保障意识,确保各项安全监测工作都可以落实到位,保证各项深基坑安全预警工作都可以发挥出自身应有作用,保证工程建设的整体质量能够达到合格标准,进而为我国建筑领域的良好发展奠定更为可靠的基础。

#### 参考文献:

- [1] 陈新福 .BIM 技术在深基坑工程施工安全监测中的应用 [J]. 中国化工贸易,2018,10(14):101-102.
- [2] 张阿晋,沈雯,朱建刚.深基坑施工安全监控及风险预警系统研究 [J]. 建筑施工,2021,43(04):104-106.
- [3] 张勇.承德某高层住宅建筑深基坑监测实例分析 [J]. 工程技术研究,2021,06(21):139-140.
- [4] 殷华锋.关于深基坑支护施工安全监测预警要求及实现途径分析 [J]. 装饰装修天地,2020(8):333.
- [5] 陈鹏.深基坑工程对周围环境的影响及安全监测研究 [J]. 现代物业:中旬刊,2019,07(08):151-152.