深基坑工程施工风险管控技术及防范措施研究

李策

融通农业发展（沈阳）有限责任公司，中国·辽宁 沈阳 110016

摘要：深基坑工程作为高层与地下空间开发的基础环节，具有开挖深度大、周边环境敏感、不确定性因素多等特点，历来是建筑施工中事故高发的危大工程。本文围绕危大工程程序管理、现场组织、多级检查、应急抢险等方面提出了有针对性的防范措施。实践表明，把风险辨识、方案落实、过程监控和应急处置拧成一条完整链条，是深基坑工程安全可控的关键，可为同类工程提供借鉴。

关键词：深基坑工程；风险管控；支护结构；防范措施

Research on Risk Control Technologies and Preventive Measures for Deep Foundation Pit Construction

Li Ce

Rongtong Agricultural Development (Shenyang) Co., Ltd., China Liaoning Shenyang 110016

Abstract: As a fundamental component of high-rise and underground space development, deep foundation pit engineering is characterized by large excavation depths, sensitivity of the surrounding environment, and numerous uncertainties; consequently, it has historically been a high-risk construction project prone to accidents. This paper proposes targeted preventive measures concerning procedural management, on-site organization, multi-level inspections, and emergency response for such high-risk projects. Practical experience demonstrates that integrating risk identification, plan implementation, process monitoring, and emergency response into a cohesive chain constitutes the key to ensuring the safety and controllability of deep foundation pit engineering, thereby providing valuable insights for similar projects.

Keywords: Deep foundation pit engineering; Risk control; Support structures; Preventive measures

0 引言

这几年城市地下空间开发越来越深，地下车库、地铁车站、商业综合体基坑的开挖深度普遍在 10 米以上，有些甚至超过 20 米。基坑一深，支护结构、地下水、土方开挖之间的相互影响就变得非常复杂，再加上基坑往往紧邻既有建筑、市政道路和地下管线，稍有不慎就会引发支护失稳、坑壁坍塌、周边建筑沉降开裂，甚至管涌流砂这类恶性事故。

深基坑工程之所以风险高，根子在于它面对的是一块“看不见、摸不全”的岩土体。勘察报告再怎么详细，也只能反映钻孔位置的情况，土层的真实分布、地下水的变化往往和设计假设存在出入。这就决定了深基坑施工不可能像上部结构那样照图施工就行，必须把动态调整和过程监控放在突出位置[1]。本文对深基坑施工各环节的风险管控技术要点进行梳理，并总结一套切合现场的防范措施，供同行参考。

1 深基坑工程风险的主要来源与特点

1.1 地质条件的复杂性和不确定性

同一基坑范围内，土层厚薄不一，软硬不均的情况很常见。有的地方钻孔报告显示全是黏土，实际挖下去却发现夹着一层砂砾，地下水随之涌出来。这种与勘察不符的情况，是深基坑施工最大的变数，处理不好就会出大事。

1.2 周边环境的敏感性

城市里的基坑，周边几乎都有建筑物、道路、管线。基坑一旦降水或者开挖，坑周土体应力重新分布，邻近建筑物就可能出现差异沉降，管线就可能被拉裂。而且周边环境一旦破坏，恢复起来代价极大，有时候甚至不可挽回。

1.3 支护体系与土体相互作用的复杂性

支护结构不是孤立的，它和土体、地下水是一个共同作用的整体。支撑的架设时机、预加力的大小、拆撑的顺序，任何一个环节处理不当，都可能引起支护体系局部失稳，进而引发连锁反应。

1.4 施工组织与工序衔接的脆弱性

深基坑施工工序环环相扣，降水、挖土、支护、监测互相牵制。现场一旦赶工期、图省事，把本该先做的工序跳过去，或者压缩监测频次，风险就会在不知不觉中累积起来。

归纳起来，深基坑工程的风险呈现三个明显特点：隐蔽性，风险往往藏在土体内部，表面看不出来；突发性，事故发生前征兆不一定明显，从异常到失稳往往只有很短的时间；连锁性，一种风险一旦爆发，容易牵动周边环境

造成次生灾害。

2 深基坑施工风险管控技术要点

2.1 施工环境调查与专项方案设计

深基坑施工的头一道关口，是把现场情况彻底摸清楚。很多人觉得勘察报告有了就够了，实际不然。施工前一定要组织专门的环境调查，把基坑影响范围内的既有建筑物、地下管线、道路、挡土墙这些逐一登记，摸清它们的结构形式、埋深、走向和现状，形成一份完整的环境调查报告。这份报告既是设计支护方案的依据，也是划定监测项目和预警值的基础。

专项施工方案是整个风险管控的龙头。方案要针对本基坑的实际情况来编，不能从别的项目抄一套换个名字就用。开挖深度多少、土层什么情况、地下水怎么处理、周边有什么敏感目标、采用什么支护形式、分几层开挖、支撑什么时候架设，这些都要结合勘察和环境调查的结果一项项明确。按照规定，开挖深度超过一定规模的深基坑专项方案必须组织专家论证，这一关一定要走实。专家论证不是走过场，专家们从大量事故教训里提炼的意见，往往是花钱都买不到的。

2.2 支护结构施工风险管控

支护结构是基坑安全的骨架，它的施工质量直接决定基坑稳不稳。先说桩。无论是排桩、地下连续墙还是咬合桩，成桩过程都要严格控制。钻孔的时候要控制垂直度，垂直度偏差大了，桩与桩之间就会留缝，土从缝里漏出来就是塌方的起点。水下混凝土灌注要连续，不能中断，导管埋深要控制在合理范围，不然容易出现断桩、夹泥，桩身强度上不去，支护能力就大打折扣。这些工序看着简单，实际执行起来稍一走神就出质量问题。再说支撑。支撑的架设时机特别关键，规范要求先撑后挖，绝对不能在没架支撑的情况下超挖。很多事故就是图省事，这一层土挖完了先不架撑，想着下一层挖完一起架，结果支撑没跟上，支护桩向坑内位移，基坑一下就塌了。支撑的预应力要按设计要求施加，不能应付差事随便顶一下。拆撑的顺序更要讲究，谁先拆谁后拆要严格按设计来，拆撑阶段往往是基坑最危险的时候。

2.3 地下水控制与降水风险管控

水是深基坑工程最大的敌人，十起基坑事故有七八起都和水有关。地下水控制做不好，管涌、流砂、坑壁坍塌说来就来。

降水方案要根据水文地质情况来确定。是采用轻型井点、管井还是明排，降水深度多少，井点怎么布置，都要算清楚。特别要注意的是，降水和周边环境的矛盾。降水会引起坑外水位下降，如果基坑周边有对沉降敏感的建筑物或管线，单纯靠降水就可能让它们沉降开裂。这时候就要考虑采用止水帷幕，先把地下水圈起来再降水，从源头上控制降水对周边的影响[2]。

降水的过程管理也不能放松。降水井要安排专人维护，水泵要保证连续运转，不能时开时停。水位观测井要定期量测，随时掌握坑内外水位变化。很多人觉得降水井打好了就万事大吉，结果泵坏了没人发现，水位慢慢涨上来，坑壁被水一泡强度下降，等发现时已经晚了。尤其是砂层地区，降水一旦中断，流砂马上就会冒出来，处理起来非常被动。

2.4 土方开挖的时空效应管控

深基坑土方开挖和一般土方开挖最大的不同，就是有一个时空效应问题。土体开挖卸载后，支护结构的变形是随时间发展的，挖得快、暴露得久，变形就大。所以深基坑开挖讲究“分层、分段、对称、限时”。分层开挖就是每一层土的厚度要控制住，不能一次挖太深。每一层挖完之后，要及时把这一层的支撑或锚撑做上去，做到“挖一层、撑一层”。分段开挖是说要控制每段的长度，不能把整个基坑一次都挖开，让支护结构长期暴露。对称开挖是要避免单侧偏挖，防止支护结构受力不均而向一侧倾斜。限时开挖就是每层土挖完到支撑形成的时间要短，暴露时间越短，变形越小。现在很多基坑都采用盆式开挖、岛式开挖这些方法，本质上都是利用时空效应原理，先挖中间留周边，或者先留土台，都是为了减少支护结构的暴露面。具体怎么挖，要结合基坑平面形状和支护形式来定，方案里说清楚，现场照着执行。

2.5 监测预警与动态信息化施工

深基坑施工不能蛮干，靠的是数据说话。监测是深基坑工程的眼睛，没有监测的深基坑施工，等于闭着眼睛走钢丝。监测项目要根据基坑安全等级和环境敏感程度来确定，一般包括支护结构顶部水平位移、深层水平位移、支撑轴力、周边建筑物沉降、地下水位这些。监测点的布设、监测频率、预警值都要按规范定好，特别是预警值，要分报警值、控制值几个等级，一旦达到就要启动相应等级的响应。

监测数据不是测完了就完事，关键是要用起来。现在提倡动态信息化施工，就是根据监测数据的反馈，及时调整施工方案。比如基坑开挖到某一深度后，监测发现支护结构位移速率突然增大，超过预警值，就要立即停止开挖，分析原因，采取加设支撑、回填反压等应急措施，等数据稳定了再继续。数据是死的，人是活的，能不能把监测数据真正变成决策依据，是深基坑风险管控水平高低的试金石[3]。

3 深基坑施工风险防范措施

3.1 落实危大工程程序管理

深基坑工程属于危险性较大的分部分项工程，程序管

理是硬约束，容不得变通。专项方案编制、审核、专家论证、交底、验收，每一个环节都要按住建部的规定走全。很多项目程序文件做得漂亮，但实际操作起来走样，专家论证意见归档了就不管了，交底书签了字也不落实。程序管理的关键，是让每一项程序都真实发挥约束作用，而不是应付检查。方案交底要下沉到班组，让一线作业人员真正明白自己要干什么、怎么干、为什么这么干、出了危险怎么处置。不能一份交底书在会议室念一遍，大家签完字就散会。真正有效的交底，是带着工人到基坑边，指着支护结构、讲清支撑位置和开挖顺序，把风险和防范要求说到明处。

3.2 强化现场组织与工序衔接

深基坑施工涉及土方、支护、降水、监测等多个队伍交叉作业，组织协调不好就容易出乱子。现场要有统一指挥，明确各个工序的交接责任。降水、挖土、支护、监测谁先谁后、什么时候交接，都要有明确的安排，不能各干各的。工序衔接上尤其要强调“先撑后挖”这条铁律。土方开挖和支撑架设要密切配合，挖到设计标高就要立刻转入支撑施工，中间不能有大的空档。现场要安排专人负责工序衔接的盯控，发现该撑没撑、该监测没监测的，要敢于叫停，不能因为是熟人、因为工期紧就睁一只眼闭一只眼。

3.3 完善多级检查与旁站监督

深基坑施工的过程检查要分层级落实。首先是班组自检，作业班组对自己施工的部位先自查一遍。然后是项目质检和安全人员复检，重点检查支护结构施工质量、支撑架设情况、降水和监测运行情况。最后是监理验收，关键工序和隐蔽工程必须经监理确认合格后才能进入下一道工序。混凝土支撑浇筑、锚索张拉、土方开挖这些关键环节，还要安排专人旁站。旁站不是站桩，要盯着工艺参数，发现偏差及时纠正。比如混凝土支撑浇筑，要看模板有没有跑模、振捣到位没有、试块留了几组；锚索张拉，要看张拉设备是否标定、控制力是否达到设计要求。旁站监督到位了，很多质量隐患在发生前就能被拦下来。

3.4 编制应急预案与抢险联动

深基坑工程风险再管控，也不可能做到百分之百排除，所以应急预案必须提前准备好。应急预案要针对本基坑可能出现的典型险情来编，比如流砂管涌怎么封堵、支护结构变形怎么反压加固、周边建筑沉降怎么应急处理。应急物资要提前储备在现场，应急抢险队伍要明确到人，接到险情通知要能马上到位。应急响应的关键在于快。险情往往是在很短时间内恶化的，晚几分钟可能就错过最佳处置窗口。所以应急指挥要明确谁负责、怎么联络、先干什么后干什么。同时要和周边相关单位建立联动机制，万一险情影响到周边道路或管线，能及时通知相关部门一起处置，避免次生灾害扩大。

4 常见风险类型及针对性防范

深基坑工程常见的风险，归纳起来主要有这么几类，每一类都有对应的防范重点。支护结构变形与失稳是最大的一类风险，防范的重点是控制开挖节奏、落实先撑后挖、加强变形监测。流砂和管涌主要发生在砂性土层和地下水丰富的地区，防范的重点是降水连续运行、及时封堵涌水点。周边环境沉降开裂的风险，防范的重点是止水帷幕要封闭、降水要控制降深、对敏感目标加密监测。坑内坍塌和涌水涌泥，则要靠分层分段开挖、及时支护、准备充足的应急反压材料来应对。

值得强调的是，很多风险表面上是技术问题，根子上往往是管理问题。该监测的没监测、该撑的没撑、该交底的没交底，这类人为疏漏造成的风险，比技术本身带来的风险还要多。所以风险管控不能只盯着技术参数，更要抓管理落地，让每一项措施都有人执行、有人检查、有人负责。

5 结语

深基坑工程风险管控是一个系统工程，技术和管理缺一不可。从技术层面看，要抓好环境调查、方案设计、支护施工、地下水控制、土方开挖时空效应、监测预警这几个关键环节，让每一个环节的技术要求都落到实处。从管理层面看，要落实危大工程程序管理，强化现场组织协调，完善多级检查和旁站监督，做好应急预案和抢险联动，让每一项制度都真正发挥作用。

实际经验表明，深基坑工程没有一招制胜的办法，靠的是把每个环节都做扎实。风险辨识做得越细，方案落实越到位，过程监控越严密，应急处置越及时，基坑就越安全。深基坑施工容不得侥幸心理，把功夫下在平时、下在细节上，才是防范风险最可靠的办法。

参考文献：

[1] 申建红，刘树鹏. 模糊动态贝叶斯网络在深基坑施工风险演化分析中的应用[J]. 安全与环境学报，2023,23(12):4211-4221.

[2] 顾雷雨，黄宏伟，陈伟等. 复杂环境中基坑施工安全风险预警标准[J]. 岩石力学与工程学报，2014,33(S2):4153-4162.

[3] 吕晓峰，姚舒越，陆莹等. 基于 G2- 熵权法的地铁深基坑施工安全风险识别与评估——以南京某地铁工程为例[J]. 项目管理技术，2025,23(01):44-52.

作者简介：李策（1989.06-），男，汉族，黑龙江省牡丹江市，大学本科，中级工程师，研究方向：建筑工程。