

# 岩土工程基坑失稳加固技术研究

文 / 张铨婧 广东南海城乡建筑设计有限公司

**摘要：**城市化进程不断加快、地下空间开发规模持续扩大，且基坑工程朝着深开挖、复杂地质条件方向发展的情况下，为解决当前岩土工程基坑工程中面临的稳定性不足、失稳风险较高等问题，本文首先对岩土工程基坑进行概述，明确基坑工程的基本概念、特点及在岩土工程领域的重要地位，为后续研究奠定理论基础；其次，深入分析岩土工程基坑失稳的成因，为针对性提出加固技术措施提供依据；最后，系统梳理并研究岩土工程基坑失稳加固技术措施，实现了对岩土工程基坑失稳问题的全面分析与有效应对。

**关键词：**岩土工程；基坑失稳；加固；土袋压坡

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.033

## 引言

伴随城市化进程的不断加速，地下空间开发利用的规模日益增大，岩土工程基坑项目在城市建设中的占比逐渐升高，不论是高层建筑开展地下基础施工，还是进行地下轨道交通线路建设，还是地下综合管廊的敷设，均依赖基坑工程的支持。基坑工程是岩土工程领域的关键部分，其施工的质量和安全性直接影响整个工程的稳定性与使用寿命，对城市基础设施建设的有序推进有着关键意义。鉴于此背景状况，积极开展针对岩土工程基坑失稳的加固技术研究，对保障基坑工程施工安全、提升基坑工程稳定程度、推动岩土工程领域不断发展具有重要的现实意义与理论价值，已成为当下岩土工程领域的重要研究方向。

## 一、岩土工程基坑概述

岩土工程中为契合地下结构施工的要求，向下开挖出的有一定深度和范围的空间结构，是地下工程施工的基础环节，就工程属性而言，基坑工程有着突出的临时性特质，其存在的周期和地下结构施工的周期是一致的，当地下结构施工结束且完成回填操作后，基坑的功能就会终止，这一临时工程的质量与稳定性对后续地下结构施工的安全性和可行性起着直接的决定作用<sup>[1]</sup>。

## 二、岩土工程基坑失稳成因分析

岩土工程中基坑失稳是由多种因素综合影响所致。就成因类别而言，可以分成地质因素和施工因素这两大类别，各因素通过不同作用机理影响基坑稳定性，最终有导致基坑失稳的可能<sup>[2]</sup>。

从地质条件方面考量，岩土体自身物理力学性质是基坑稳定性得以保障的基础条件，岩土体的重度、黏聚力、内摩擦角等参数对其抗剪强度有直接影响，如果岩土体黏聚力低、内摩擦角小，基坑开挖后容易因侧向压力而变形或坍塌。

施工环节的相关因素是引发基坑失稳的关键人为要

素，基坑开挖时顺序与速度的合理性，对岩土体的应力状态有着直接的作用，一旦开挖顺序错乱、开挖速度过快，会让岩土体的应力无法及时重新分布，进而引发局部应力集中，损害岩土体的稳定性<sup>[3]</sup>。

## 三、岩土工程基坑失稳加固技术措施

### （一）土袋压坡加固技术

一旦基坑边坡有浅层滑动或者局部坍塌的迹象出现，要利用外部加载的方式提高边坡抗滑力，迅速遏制边坡变形的进一步发展，而且土袋获取容易、施工无需复杂器械，可达成应急加固目的（结构如图1）。

清除基坑边坡表面的松散土石，使边坡表面不存在浮土、杂物，让土袋可与边坡紧密贴合；选择编织袋或麻袋，装入颗粒大小均匀的黏性土或砂性土，将装土量把控在袋容量的70%~80%，装填完毕后封闭袋口，防止土袋搬运时漏土；自边坡底部起，按顺序逐层码放土袋，堆叠过程中运用错缝搭接的形式，也就是让上层土袋的中部对准下层土袋的缝隙处，每层土袋垒好后，用木夯或者小型压实设备对土袋层做轻度压实，保证土袋间无明显空隙。



图1 土袋压坡结构

### （二）桩支护加固技术

当基坑开挖深度较深，且周边岩土体稳定性欠佳，或者基坑周边有建筑物、地下管线等需重点保护的设施时，需要依靠桩体结构给予较强的侧向支护力，抗衡岩土体侧向压力，防止基坑边坡整体失去稳定，同时降低基坑开挖对周边环境的影响。

按照基坑深度、岩土的性质状况和侧向压力的计算结果，明确桩的类别（如钢筋混凝土灌注桩、钢板桩、预制混凝土桩等）、桩的直径、长度和间距；实施桩位放线操作，利用全站仪精准测量并标识每根桩的中心位置，让桩位偏差契合规范标准；若选用钢筋混凝土灌注桩，首先利用钻孔机械（如回旋钻机、冲击钻机）依照设计桩径开展钻孔作业，钻孔时要及时把孔内渣土排出，钻到设计桩长后，对孔底沉渣进行清理，让沉渣厚度控制在规范所允许的范围之内；下放钢筋笼，钢筋笼的制作必须契合设计规定的配筋要求，以此强化支护结构的整体性与稳定性<sup>[4]</sup>。

### （三）挂网喷混凝土加固技术

鉴于基坑边坡的岩土体风化程度高且节理裂隙众多，坡面易发生土石剥落或小规模坍塌现象，需要依靠喷混凝土所形成的刚性面层和钢筋网协同发力，封闭边坡表面、限制岩土体变形，同时增强边坡表面的抗冲刷能力和整体稳定性<sup>[5]</sup>。

对基坑边坡开展修整工作，利用人工或者小型机械设备，将边坡表面调整至设计坡度，把坡面突出的岩石块和松散土层清理掉，让坡面达到平整状态；开展钢筋网铺设作业（整体技术流程如图2），采用直径在6到10mm之间的钢筋制作钢筋网，网格大小依据设计要求来定，要让钢筋网与坡面紧密贴合，相邻钢筋网搭接长度至少为200mm，搭接处可采用绑扎或者焊接来连接，利用锚杆或锚钉把钢筋网固定到边坡岩土体里，锚杆或锚钉的间距根据岩土体的稳定状况确定，一般是1~1.5m，深度至少0.5m。并利用混凝土喷射机实施喷射操作，喷射按照从边坡底部向上逐层的顺序进行，把喷射距离控制为0.8~1.5m，喷射角度可垂直于坡面，也可与坡面形成10°-15°的夹角，每次喷射厚度需控制在50~70mm，倘若设计的喷射厚度较大，就需要分多次喷射，需待前一次喷射的混凝土初凝后才可进行下一次喷射<sup>[6]</sup>。

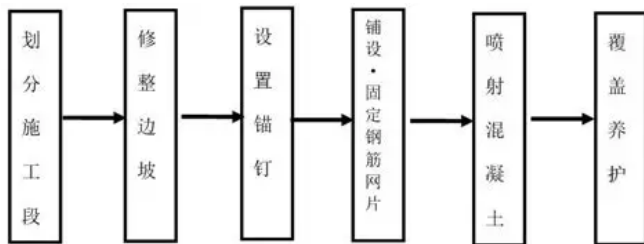


图2 挂网喷混凝土加固技术流程

### （四）排水加固技术

鉴于基坑周边或者底部存在着地下水，地下水会造成岩土体孔隙水压力上升、抗剪强度下降，很容易引发

管涌、流砂或者边坡失稳等问题，需要利用排水系统将基坑及其周边的地下水排出（结构如图3），改善岩土体的力学特性，提升基坑稳定性。

开展水文地质勘查工作，确定地下水的类型（如潜水、承压水）、水位高程以及渗透系数等相关参数，依据这些设计排水系统类型；若选择明沟排水，首先要在基坑的周边或者内部布设排水沟，排水沟的断面大小由排水量决定，一般沟宽处于300~500mm，沟深在400~600mm，要保证排水沟坡度达到0.5%及以上，以保障水流顺利，要在排水沟的转角处或地势低洼的地方设置集水井，集水井的直径或边长至少为800mm，其深度比排水沟底部深1~1.5m，为防止井壁坍塌，集水井的内壁采用砖砌或者混凝土浇筑的方式进行加固，以此防止井壁出现坍塌情况，井点管与集水总管相连，集水总管接着与真空泵或离心水泵连通，启动装置形成真空或者负压，让地下水经滤管流入井点管，而后由集水总管排出<sup>[7]</sup>。

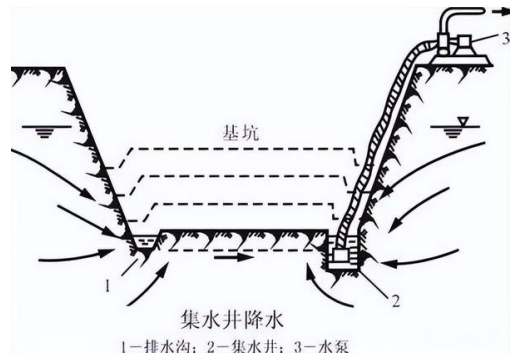


图3 基坑排水布置结构

### （五）防渗膜加固技术

鉴于基坑周边存在地表水或浅层地下水的渗漏现象，渗漏会造成基坑边坡岩土体含水量增多、强度变弱，从而导致边坡失去稳定，要借助防渗膜构建隔水屏障，切断水的渗透路径，阻止水分侵入基坑边坡岩土体<sup>[8]</sup>。

把基坑边坡和周边的铺设面打扫干净，将表面诸如碎石、杂草、树根之类的尖锐杂物清除，对不平整的部位做平整处理，如果铺设面为砂质土壤，需先铺设一层厚度不低于100mm的砂垫层，保证防渗膜铺设面平整且坚实，防止防渗膜被扎破；挑选适宜的防渗膜材料，常见的有高密度聚乙烯（HDPE）防渗膜、聚氯乙烯（PVC）防渗膜等，依据基坑防渗需求来明确防渗膜的厚度，裁剪防渗膜时，结合铺设面积与边坡尺寸算出裁剪长度，留出100~150mm的搭接宽度；开始铺设防渗膜，铺设方向是从基坑边坡顶部往下展开，铺设期间要保证防渗膜处于平整状态，防止产生褶皱，

相邻的两幅防渗膜搭接采用热熔焊接或者胶粘来连接，如果采用热熔焊接，要运用专用焊接机，焊接的温度与速度根据防渗膜材质来设定，完成焊接后，对焊缝实施打压检测，检测压力和保压时间需依照规范要求落实，保证焊缝无渗漏情况。

### （六）挡土板加固技术

在基坑开挖期间，边坡部分区域的岩土体稳定性欠佳，容易发生侧向位移或坍塌现象，需借助挡土板直接对岩土体的侧向移动进行阻挡，为基坑开挖营造安全的作业环境，并且能依据基坑开挖进度灵活安装，适用于中小型基坑或临时加固的情况（结构如图4）。

结合基坑边坡的高度、土体所受侧向压力以及施工可用空间，明确挡土板的材质、大小及支撑样式；开展基坑挖掘工作，依据挡土板的安装高度分层明确开挖深度，一般每层的开挖深度控制在1.5m以内，开挖结束后马上清理边坡表面的松散土石；随后进行挡土板的安装工作，如果采用横撑式支撑的方式，先于基坑两侧的边坡底部装设定位桩，定位桩可采用型钢或者圆木，要把定位桩打入地下，深度不低于0.8m，之后把挡土板垂直安放在定位桩中间，用砂石把挡土板和边坡之间的空隙填充紧实，之后在挡土板外侧安装水平的横撑，横撑可采用型钢或者钢管，使横撑两端与挡土板紧密贴合，并用螺栓或楔子加以固定，以保证横撑受力均匀，待挡土板安装完毕，查看挡土板是否呈垂直状态、支撑是否坚实可靠。

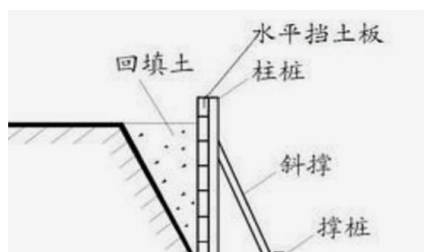


图4 挡土板结构

### （七）止水墙堵漏加固技术

由于基坑侧壁或底部出现诸如裂缝、孔洞这类地下水渗漏通道，渗漏会造成基坑积水，削弱岩土体强度，甚至会诱发管涌、流砂等灾害，所以需要借助止水墙阻隔渗漏通道，构建封闭的隔水帷幕，杜绝地下水持续流入基坑。

测定渗漏的位置和渗漏量，通过观察基坑侧壁与底部的湿润区域、积水点，或是采用压力注浆试验之类的方式，判定渗漏通道的位置、走向及规模；按照渗漏情形挑选止水墙施工模式，如果渗漏区域不大且渗漏通道较浅，采用局部注浆以达到止水目的；如果渗漏的范围

大且渗漏的通道深，选用连续墙进行止水；若实施局部注浆止水措施，首先在渗漏点周围进行钻孔作业，所钻的孔深度要比渗漏通道底部深0.5~1m，孔径依据注浆管直径设定，一般为50~100mm，接着把注浆管置入孔中，在注浆管的底端设置花管，给花管外侧裹上滤布，防止注浆材料把花管的孔堵住，用速凝水泥砂浆将注浆管与孔壁间的空隙封堵，待封堵材料完全凝固后，把注浆泵与注浆管连接起来，调配注浆材料，注浆压力根据岩土体的渗透性能确定，一般在0.5-2.0MPa，按照从外围到渗漏点、从下往上的次序进行注浆，在注浆期间观察渗漏点有无停止渗漏，若注浆压力达到预先设计阈值且渗漏停止，停止注浆。

### 结语

本文对岩土工程基坑失稳加固技术相关内容进行系统性剖析，提出土袋压坡加固技术、桩支护加固技术、挂网喷混凝土加固技术、排水加固技术、防渗膜加固技术、挡土板加固技术、止水墙堵漏加固技术等措施，能为不同地质条件和施工场景下的基坑失稳问题提供有效的解决方案。未来，相关技术人员应积极寻求加固技术与新兴技术的融合路径，加强对新型环保加固材料的研发与应用，降低加固技术对周边环境的影响，以推动岩土工程基坑失稳加固技术向更高效、更智能、更环保的方向发展。

### 参考文献

[1] 吉星刚, 朱弘扬. 岩土工程施工中基坑边坡失稳及加固处理方法[J]. 江苏建材, 2025, (02): 101-102.

[2] 王彦羽. 岩土工程施工中基坑边坡失稳及加固处理研究[J]. 房地产世界, 2025, (04): 149-151.

[3] 胡枫. 岩土工程施工中基坑边坡失稳及加固处理技术[J]. 工程建设与设计, 2024, (19): 36-38.

[4] 刘海超. 关于岩土工程基坑边坡失稳加固技术的探讨——以日照岚山疏港铁路工程对应项目为例[J]. 价值工程, 2024, 43(03): 149-151.

[5] 刘红健. 岩土工程施工中基坑边坡失稳及加固处理技术研究[J]. 工程建设与设计, 2024, (01): 67-69.

[6] 贺帅帅. 岩土工程基坑边坡失稳加固技术的探讨[J]. 四川水泥, 2023, (10): 202-204.

[7] 何难. 岩土工程施工中基坑边坡失稳及加固处理技术研究[J]. 世界有色金属, 2023, (19): 220-222.

[8] 孙晋. 基坑失稳原因分析及补救措施[J]. 建材技术与应用, 2023, (04): 64-67.

作者简介: 张铨婧(1992年12月-)女, 汉, 湖南省桃江县, 硕士, 研究方向为: 岩土工程。