

岩土工程施工中基坑边坡失稳及加固处理技术探究

孔君凤

山东广源岩土工程勘察有限公司

摘要：基坑边坡是岩土工程施工的重要部分，该环节施工质量直接影响岩土工程稳定性与项目整体进展。在岩土施工现场，施工单位重点做好基坑失稳因素分析，在此基础上，对施工方案做出改进，并采取多种加固处理技术，如抗滑桩预加固处理技术、岩石边坡加固技术与基坑排水加固方案。上述技术措施应用后，基坑边坡的稳定性得到显著提升，可以有效避免土质、施工因素对岩土边坡造成的不良影响，使得基坑边坡的施工质量达到行业满意标准，也对建筑领域推广基坑加固新技术产生促进作用。

关键词：岩土工程；基坑边坡；加固处理；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.045

引言：随着社会经济的快速发展，建筑行业也获得了新的发展机遇，高层建筑规模越来越多，这对岩土工程施工质量提出了更高的要求。然而，在具体施工环节，岩土工程施工面临的风险因素较多，地质地貌、施工技术和土质特征均对岩土边坡稳定造成影响。倘若出现基坑边坡失稳，则最终影响高层建筑施工质量，不利于维护施工单位良好的社会形象。当前岩土工程的施工技术得到创新，一些新技术被应用在边坡支护工序中，使得基坑边坡的整体施工质量达到了满意标准。然而，对于岩土工程的施工细节而言，部分施工方案的科学性、经济性仍待商榷。本文在此背景下，研究基坑边坡加固处理技术，期望通过本研究，提升岩土工程施工的安全性，确保项目经济效益良好。

一、岩土施工中基坑边坡失稳因素分析

（一）地形地貌条件

经现场施工勘察可知，不同类型的岩土工程施工环境具有差异性，地形地貌对基坑边坡稳定造成的影响较大。因此，在开展正式的岩土工程施工前，现场人员有必要了解目标施工区域的地形地貌特征，明确不同地形地貌条件下的边坡失稳状况。例如，在凹陷型岩土基坑现场，若施工周期存在较为严重的降雨天气，则可能现场形成大量积水。现场积水超过临界值后，会冲击边坡，使得边坡结构发生改变，由此造成边坡失稳。此外，当基坑施工段土层中存在较多生物活动迹象时，则现场泥土发生松动的概率较大，这对基坑施工的安全性

构成影响。

（二）施工技术因素

针对岩土工程的基坑开挖施工而言，施工人员经常遇到地质松软、渗透性砂土多等不良工况，若采取的加固处理技术不当，则会造成基坑边坡失稳、施工周期延长，不利于施工进度控制工作的有序开展。施工技术选择不当也容易造成边坡滑移与固结沉降，不利于维护基坑边坡工程的稳定性。研究指出，给排水施工技术的应用也会对边坡稳定性造成影响，当施工人员选取的给排水技术达不到预期标准，或者对给排水施工的关键环节缺乏管控，则增加基坑边坡失稳可能性^[1]。

（三）基坑自身因素

在岩土工程实际施工中，基坑围护结构不合理或施工不当也会使得周围岩土结构失衡，对基坑稳定性与安全性造成不良影响。加之，土方开挖选取的方式不当，即出现坡体高度、宽度比例失衡或开挖深度超过工程设计标准值，则对基坑结构稳定造成不良影响，严重情况下可发生岩体位移或基坑塌陷。以某项目施工的放坡开挖为例，由于基坑设计坡度过于陡峭，雨水、管道有渗漏情况发生，项目施工段出现了较为严重的边坡渗水，降低了土体自身的抗剪强度，最终引起部分基坑土体下滑。现场示意图如下：

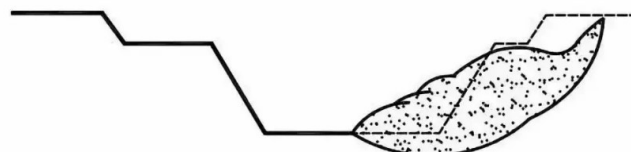


图1 施工现场部分基坑土体滑坡示意图

部分岩土工程的刚性挡土墙使用的是水泥搅拌桩或旋喷桩方案，该种类型的基坑围护结构对加固土的需求量较大，往往组成宽度较大的基坑围护结构体，若控制方式应用不当，会对基坑主体造成破坏，形成失稳状态。具体破坏形式如下：

一是墙体的入土深度不足，墙底有软弱土层，当土体的抗剪强度达不到设计要求后，则基坑附近土体会发生滑动；二是基坑荷载能力不足。当对基坑外的土体进行施工时，若存在重型施工机械行走或是在基坑边缘堆载施工材料，则基坑超荷载，其土体压力明显增加，使

得墙体朝向基坑内侧倾覆。

二、解决岩土工程施工中基坑失稳的加固技术措施

(一) 抗滑桩预加固技术

目前在岩土工程边坡失稳加固处理中，经常使用的加固技术为抗滑桩支护。此加固方式可控制边坡周围松软土壤对基坑造成的挤压，最大限度控制土体位移量^[2]。此外，使用抗滑桩预加固技术也能够避免基坑发生塑性形变，使得基坑的结构更加稳定，对提升岩土工程施工质量产生深远影响。以某项目的基坑边坡加固为例，基坑边坡高度为15.1m，对该基坑进行实地勘察可知，其岩土层参数良好，基坑底部为风化层且局部有黏土层。随着土方开挖的不断进行，施工人员发现基坑混凝土坡面有较大裂缝，裂缝的长度、宽度有变大的可能，为预防基坑边坡失稳，施工人员对本项目段采取了抗滑桩加固技术。具体技术措施如下：

首先，清理了该土层中的松动土体，使用钢筋混凝土喷射护坡方案对清理完成的区域做出加固处理。在实际施工环节，将护坡土层的厚度控制在12cm，选择φ8mm钢筋制作护坡骨架，间距保持在150mm。需要特别指出的是，在加固施工中需要关注坡顶承载力，及时清理坡顶杂物，预防发生荷载超限问题。其次，在坡底位置增加反压土体层，并严格按照预先设定的滑动值与高度参数对反压土体层厚度进行控制，一般情况下，反压土体层为3m^[3]。随后，需要在边坡上设置管桩，并做好与之相关的钢筋锚固。根据边坡高度，将钢管桩的高度控制在2.2m，选取630型号钢管作为基坑抗滑桩，其锚杆钢筋直径约为32mm，长度约为15m，由此形成较为完善的加固体系。最后，使用槽钢横梁与钢垫板的方式进行加固，以实现边坡整体结构的进一步加固处理。施工所用钢垫板厚度约为20mm、横梁槽钢的型号为2-200。本项目使用的抗滑桩加固技术措施与不同坡面的技术参数如下：

表 1 抗滑桩加固处理下不同坡面的技术参数

项目	三角边坡面	平台下护坡面	边坡钢管桩
钢筋锚杆	19mm	26mm	32mm
钢筋网	L=10m, 间距 150mm	L=8m, 间距 150mm	L=15m
钢管桩	630 钢管桩	-	-
混凝土层	C30	C30	C30
锁定筋	18mm, 间距 15mm	9mm, 间距 150mm	-
焊接	双面焊接, 90mm	双面焊接, 90mm	双面焊接, 90mm

(二) 岩石边坡加固处理

通常情况下，采取岩石边坡加固技术，能够提升基坑整体结构的稳定性。某项目施工人员以挂网喷射混凝土方式做好支护施工，其技术流程如下：

首先做好边坡周围的精细化修理，并参考施工现场具体情况，做好测量放线、钻孔和锚杆施工，同时对上述施工的质量做出严格检查。其次是灌浆与挂网施工，要求技术人员在喷射混凝土之前，对基坑边坡结构的稳定性做出检查，采取更加科学合理的措施完成基坑边坡的清理。针对该工序的松土和施工垃圾也需要妥善做出处理，注重为基坑加固施工创造良好的条件。最后是对凹凸性质岩石的施工。施工技术人员需选用高压水枪对岩石做出冲洗，确保岩石表面整洁干燥。期间根据钻孔施工合同要求，采取更加可靠的钻孔方案，完成对加固处理技术的优化，使得钻孔位置准确合理，提高基坑边坡项目的整体施工效果。

此外，为保证基坑边坡施工质量达标，施工人员也需要对岩石边坡加固施工全流程做出分析，采取更为严格的质量控制措施。针对部分施工环节存在的问题，质量控制人员应快速寻求问题发生原因，同时做好与之相关的验收记录工作。对于不符合标准的钻孔施工，应拒绝验收，由此强化加固处理质量，使得岩石边坡的稳定性达到标准。考虑到岩石边坡施工质量控制尤为关键，现场人员也制定了全面的施工检查技术方案，做好岩石边坡钻孔加固，使得岩土工程质量更为可靠。

(三) 排水加固措施

排水加固技术应用在基坑失稳处理中产生的效果十分明显。目前，被行业人员广泛认可的排水加固措施有地表排水和边坡排水，通过对上述排水措施的设计与使用，可以进一步减少基坑边坡的含水量，对维持边坡结构稳定性产生深远影响。为充分发挥排水措施的效果，建议施工人员在容易发生滑坡的外部设置排水沟渠，并关注滑坡中地表水的流入量^[4]。此外，也可以借助边坡做好排水，即利用天然形成的排水沟或盲沟，在此基础上，建设多个水平排水孔与排水廊道，使得滑坡中的积水及时有效排出，避免基坑边坡在整个施工过程中受到水体冲刷影响。在岩土工程现场施工环节，技术人员应做好现场勘查，了解施工现场的地质结构特征，由此拟定差异化的排水施工方案，确保排水施工效果满足基坑边坡加固实际需求。

项目施工实践表明，边坡排水的实际应用价值较高，可将其应用在土层渗透性高、地下水位较高的基坑

边坡施工中。针对岩土工程项目施工而言，考虑到地下水水平面的位置高于基坑地面，因此会出现地下水渗入的问题，使得边坡发生失稳。为改善上述不良工况，建议现场施工人员做好基坑降水方案设计，对比井点降水与沟渠排水的技术优缺点，根据现场具体情况选择合适的降水技术措施。现阶段行业人员使用频率较高的降水方式为单层轻型井点，当基坑土层渗透系数在 $0.1\sim 50\text{m/d}$ 时，将降水深度控制在 $4\sim 6\text{m}$ ；当选择深井井点的降水施工方案时，判断土层系数在 $10\text{m/d}\sim 240\text{m/d}$ 时，可降水深度通常需要超过 15m ^[5]。在降水施工中，为确保施工质量合格，有关人员也需要对井点数量做出严格控制，数量控制方案参考如下公式：井点数量 $=1.1\ast$ 基坑总涌水量/单井出水量。

例如，在本次开展的轻型井点降水施工中，技术人员根据现场基坑的实际宽度值与降水深度要求，对单排井点、双排井点与环状井点的数量进行控制。同时也关注井点管道与边坡之间的距离，将间距保持在 1m 。在井点管道埋设中，也检查了管弯连接与抽水设备的连接质量。施工环节则计算额起吊冲孔与埋管之间的距离，同时在井点埋设后开展抽水测试，确保无施工质量问题后，对基坑边坡采取降水加固处理技术。

（四）其他加固技术的应用

除上述主要加固技术外，解决基坑边坡失稳的其他加固技术也有挂网喷混凝土支护技术、三维网植草支护、薄膜覆盖与土袋压坡法等等。

其中挂网喷混凝土是抗滑桩支护技术与防渗透网技术的结合，通过做好相关加固处理，可以增加边坡内部稳定性，预防外部雨水渗入到基坑边坡内部，使得加固处理技术应用效果更加理想；而三维网植草支护的技术原理则是利用植被根部增加底层土壤密度，即促使植被根部深入到土地表层以下，使得植被根部泥土和岩土更为紧密的结合起来，形成有机整体，由此确保基坑边坡的结构稳定可靠。

防渗薄膜覆盖加固处理方法在小规模岩土工程中比较实用，其施工步骤如下：施工人员在基坑边坡位置上覆盖薄膜，使得薄膜能够有效阻隔雨水，防止边坡土体发生流失；对防渗薄膜施工技术参数说明如下：选取 1mm 厚度的防渗专用薄膜，对边坡中松散的土壤进行覆盖，铺设顺序为自上而下。铺设薄膜前，也要求技术人员对基坑边坡表层进行检查，特别注意剔除尖锐杂物，

避免防渗膜造成破坏。使用沟槽锚固的方式完成防渗膜固定处理，其开槽深度需要超过 50cm ，锚固处理完成后，施工人员需要开展单块防渗膜的检查工作。在防渗膜固定施工的全过程中，为达到理想的防渗透效果，也需要控制薄膜之间的搭接宽度，常规施工条件下的薄膜搭接宽度应为 100mm 。

对于基坑深度 $<5\text{m}$ 的边坡失稳治理建议使用土袋压坡法，即在边坡下半部分增设防水土袋，确保土袋与边坡固定在一起，预防边坡土壤在雨水作用下流走。实践经验表明，在基坑边坡底部使用土袋压坡也能够防止土体结构软化，对提升边坡土体的强度产生有益影响。

结束语：本文分析了岩土施工中基坑边坡失稳的几种相关因素，列举了基坑失稳的相关处理办法，具体总结如下：

（1）基坑工程的地形地貌条件、施工技术因素、围护结构不足均有可能造成基坑边坡失稳，需在项目前期就充分考虑工程不利因素，采取相关措施减少对基坑边坡的破坏及影响；

（2）基坑边坡失稳可采取抗滑桩预加固、岩石边坡加固处理、排水加固等处理措施，目的在于加强失稳土体的强度和稳定性，较严重的失稳可采用抗滑桩加强土体本身的刚度，防止进一步失稳破坏；

（3）基坑边坡施工是关键，项目施工前需做好基坑施工方案的优化设计，明确影响基坑边坡稳定性因素，采取各种措施防止基坑边坡失稳，提高工程质量。

参考文献

- [1]李其在，董志富，周癸武.大型露天矿岩体工程地质分区及边坡岩土强度参数取值[J].黄金，2023，44（08）：35-43.
- [2]周亦良，贺其，李明等.考虑渗流-应力耦合的不同降雨条件下非饱和土边坡稳定性分析[J].重庆交通大学学报（自然科学版），2023，42（08）：57-63.
- [3]吕存福.地震与裂隙水压力耦合时边坡的力学响应分析[J].中国公路，2023，（11）：134-136.
- [4]王伟，冯忠居，王诗超等.锚固参数对顺层岩质高边坡稳定性敏感度分析[J].公路，2023，68（05）：1-10.
- [5]师欢欢，张兴.深基坑岩土工程边坡稳定性评价方法创新设计与应用[J].工程技术研究，2023，8（01）：55-57+61.