

# Study on the application of slope instability and reinforcement treatment technology of foundation pit in geotechnical engineering construction

Jing Huo

Tianjin Jinkan Geotechnical Engineering Co., Ltd., Tianjin, 300191, China

## Abstract

This paper studies the instability of foundation pit slope in coastal soft soil area, analyzes the causes of the instability and discusses the application and optimization of reinforcement treatment technology. Due to the complex geological conditions in the coastal soft soil area, the foundation pit slope is prone to instability in the construction process, which brings many challenges to the engineering construction. Based on engineering practice, the main causes of slope instability are summarized, including the characteristics of soft soil, construction factors and environmental factors such as groundwater. On this basis, the application of anti-skid pile support technology, prestressed anchor cable reinforcement technology and passive soil reinforcement technology of composite soil nailing technology in coastal soft soil area is discussed in detail, and the ideas of process optimization and technical innovation are put forward.

## Keywords

foundation pit engineering; slope instability; reason; reinforcement technique

# 岩土工程施工中基坑边坡失稳及加固处理技术的应用研究

霍镜

天津市津勘岩土工程股份有限公司, 中国·天津 300191

## 摘要

本文针对滨海软土区域基坑边坡失稳问题展开研究, 分析其失稳原因并探讨加固处理技术的应用与优化。滨海软土区域因地质条件复杂, 基坑边坡在施工过程中易出现失稳现象, 给工程建设带来诸多挑战。本研究结合工程实践, 通过文献研究法, 系统梳理了基坑边坡失稳的主要原因, 包括软土特性、施工因素以及地下水等环境因素的影响。在此基础上, 详细探讨了抗滑桩支护技术、预应力锚索加固技术和被动土加固技术复合土钉墙技术在滨海软土区域的应用, 并提出了工艺优化与技术创新的思路。

## 关键词

基坑工程; 边坡失稳; 原因; 加固技术

## 1 引言

随着我国基建项目的快速发展, 岩土工程已成为当今社会经济发展的热点。尤其在滨海地区, 因其特殊的地理位置、特殊的施工环境, 使得深基坑的稳定问题变得更加突出。滨海软土地区含水量高、强度低、高压收缩大, 导致其在建设中容易出现失稳, 不但影响了工程的进度, 而且会引起重大的安全事故。因此, 对滨海软土地区深基坑边坡的破坏机理进行研究, 并提出相应的治理措施, 是保证工程安全的关键。

## 2 滨海软土区域基坑边坡失稳原因分析

### 2.1 软土特性

滨海软土区深基坑边坡的稳定性与其本身的性质有很大关系, 高含水率的海岸软粘土具有较高的孔隙率、较弱的结构性、较低的强度和可压缩性; 施工时易发生流变变形。另外, 软土的渗透系数较低, 难以排出地下水, 而孔隙水压力又会导致土体失稳。高含水率的海岸软粘土具有较高的孔隙率、较弱的结构性以及较低的强度, 施工时容易发生流变变形。此外, 软土的渗透系数较低, 这使得地下水难以排出, 而孔隙水压力的增加又可能导致土体失稳。在基坑开挖到某一程度后, 如果坑底的土层强度不能承受住承压水的水压, 或者有与基坑底连通的水流通道等, 在开挖过程中, 会造成深坑底部土的抬升和涌沙。同时, 由于软土本身的弱、高收

【作者简介】霍镜(1982-), 男, 中国甘肃靖远人, 本科, 高级工程师, 从事岩土工程、水工环地质研究。

缩特性,在外部载荷作用下,边坡极易产生位移与变形。尤其是在斜坡较陡(有采用悬臂或内支撑结构的基坑)、基坑深度较大、坡顶堆载或车辆行驶等情况下,会使土壤剪切力增大,从而使斜坡失稳更加严重<sup>[1]</sup>。

## 2.2 施工因素

滨海软土地区基坑施工中,一些不当的施工因素会造成基坑边坡失稳。具体如基坑开挖方式不当,开挖时未严格按照平衡、对称、分层、分步等施工原则,一次性开挖深度过大,使得土体应力释放过快,导致边坡失稳的概率增加。另外,施工中出现超挖问题,使土体原有的平衡遭到破坏,也是导致基坑边坡失稳的原因。

此外,基坑施工中,支护设计达不到标准要求,如止水桩的类型、支护桩的嵌固长度等不符合标准,会导致支护结构强度降低,最终有可能引起边坡失稳问题。基坑开挖施工中,未严格按照要求做好降水工作,基坑内水位过高,会导致基坑边坡土体含水率增加,进而导致边坡结构的抗剪强度降低<sup>[2]</sup>。

另外,在基坑降水施工中,如果对土壤水平平衡的控制不好,会引起周围土壤的沉降与变形,从而对边坡的稳定产生不利影响。

## 2.3 地下水等环境因素

首先,地下水水位的上升和下降会导致土壤有效应力分布发生明显的变化,从而对土壤的剪切强度及稳定性产生一定的影响。比如,当地下水上升时,边坡土壤受到的静水压、动水压力都会增大,从而导致土壤含水率提高,体积变大,其强度减小,使边坡的稳定性大大降低<sup>[3]</sup>。

另外,当斜坡外侧的地下水水位陡降、边坡内部的地下水水位急剧上升时,边坡的稳定性将显著降低。

此外,降雨将导致土壤含水率升高,导致土壤强度指标(内聚力、内摩擦角等)下降,进而诱发边坡的不稳定。降雨也会引起地下水位的升高,使基坑内水位高于边坡土体,这会对基坑的稳定性构成威胁。从而使斜坡失稳。研究表明,降雨、雨强等因素对边坡稳定有重要的作用,特别是在软土中,降雨诱发边坡破坏更易发生。

# 3 滨海软土区域基坑边坡加固处理技术的应用

## 3.1 抗滑桩支护技术的应用

针对滨海软弱土质的基坑边缘加固工作,采用抗滑桩的支挡方法是极为有效的策略。其原理是:在坡体中植入抗滑桩,发挥桩的锚固作用力,以抗衡滑动土体的推移力,进而增强坡面的稳固。

在工程建设中,抗防滑桩的施工工艺也是非常关键的。一般情况下,抗滑桩主要施工步骤为:桩孔开挖→护壁施工→钢筋笼安装→混凝土浇筑。为保证支护效果,在施工期间要对桩孔的深度、垂直度做仔细检查与严格控制,使抗滑桩能稳稳地嵌入到稳定地层。在开挖桩孔期间要做好排水工

作,防止孔内积水,以免桩孔壁受到浸泡最终引起土体坍塌。为保证边坡支护效果,护壁选择用混凝土护壁,混凝土护壁厚度控制在100~200mm之间,混凝土强度等级C20~C30。桩顶设置锁扣,锁口高度控制在200~500mm之间,用C20混凝土浇筑,并设置钢筋对上下护壁进行连接,确保支护结构的完整与稳定。

在采用抗滑桩技术对深基坑进行支护时,有以下要点需要注意:一是做好地表的排水工作;二是做好场地的清理;三是施工期间加强监测,重点监测地下水问、边坡卫衣、应力等的变化,根据监测数据科学调整抗滑桩设计与施工方案,以获得更为理想的支护效果;四是尽量减少、避免对边坡土体的扰动,防止出现边坡变形情况,在滨海软土地区,为保险起见,可采用珠江加固或设置临时支护的方式对边坡再加固。

另外,滨海软土地区土壤性质比较复杂,为防止边坡变形或失稳,可尝试采用复合支护技术。如比如,在道路建设中,通常采用防滑桩和预应力锚杆组合而成的桩—锚复合支护系统,以抵抗滑坡的发生。这样的复合式支护结构支护能力更强,更有利于基坑边坡的稳定。抗滑桩还可以与水泥土搅拌桩结合使用,于基坑外周设置水泥土搅拌桩,将抗滑桩的延伸端锚固在水泥土搅拌桩内,能够更好地支护基坑边坡,防止边坡失稳。

滨海软土地区,因其特殊的地质情况,对抗滑桩的设计与施工提出了更高的要求。由于软粘土含水量高、高压收缩小、强度小,因此,在施工中必须对其进行防渗、排水处理,以免受到地下水的冲刷,从而对边坡的稳定产生不利的影。同时,抗滑桩的施工还应根据工程实际情况对施工方案进行修正,以保证整个工程的安全高效。

## 3.2 加筋水泥土旋喷锚索预应力锚索加固技术的应用

加筋水泥土旋喷锚索加固技术将预应力锚索与高压旋喷技术结合,通过高压旋喷形成大直径水泥土桩体,让松散软土的强度、抗渗能力、粘聚力等得到增强,进而使基坑边坡的稳定性得到增强。

施工中,根据工程情况,按照加固设计要求,采用高压旋喷设备(主要用到搅拌机、泥浆泵、高压泵等)将制备好的浆液旋喷注浆,在注浆过程中保持压力稳定,并尽量保证不中断喷射,如果中断,恢复时需复喷,且搭接长度要大于0.5m。喷射施工结束后,向孔内回填灌浆,将孔内填挤密实。

采用加筋水泥土旋喷锚索加固技术对基坑边坡进行处理时,有以下要点需要注意:一是扩大头的旋喷搅拌进退次数比桩身增加2次,使扩大头直径符合设计要求;二是为确保成桩质量,扩大头的施工需要对喷浆提升速度与喷射压力做严格控制,不能随意改变;三是加强旋喷桩的检测,重点检测桩的抗渗性、强度、直径等指标,确保各项指标与设计要求相符。在进行钻探作业之前,必须先对工地进行清扫,

将工地进行平整,并设置牢固的支架。在钻探过程中,要注意地层的变动,以保证锚固段长度满足设计的需要。

另外,应用锚索加固技术时,锚索的制造与安装是非常重要的环节。锚杆的材质一般为高强度、低松弛的钢绞线,其游离部分需要做防腐处理,并用聚乙烯管材对其进行隔离。在安装过程中,应保证锚绳的直线度、不能扭转、不能交错。锚索锚固完毕后,尽快灌浆。在灌浆过程中,为了增强锚杆与土的粘结强度,必须保证灌浆过程中注浆完全填满锚杆与孔壁的间隙。张拉时,采取分阶段、慢速加载的方法,使预应力逐渐到达设计值,然后利用锚碇进行预紧。

### 3.3 复合土钉墙技术的应用

在滨海软土区域,可以通过增强被动区土体的稳定性与强度,达到提升基坑边坡稳定性的目的。而增强被动区土体强度与稳定性的一大有效措施就是注浆。通过较低压力将加固浆液注入地层,让浆液与土体结合并形成高强度的加固体,从整个基坑工程的稳定性都得到改善,让基坑边坡的抗剪强度、抗滑移能力得到增强,从而有效预防或改善边坡失稳问题。

在基坑施工中,可根据工程实况科学使用分层注浆、埋管注浆等多种方法。在软土地区的基坑工程中,建议采用埋管注浆的方式。做法是将注浆管预埋在土层中,通过注浆管注入浆液,使浆液在土层中扩散并形成加固体。在施工中需要注意:注浆结束后,需要将注浆孔用水泥砂浆进行封堵,以免出现浆液回流现场。

在滨海软土地区,复合土钉墙是一种集深层搅拌桩、旋喷桩、预应力锚杆为一体的新型复合基坑支护系统,可有效地改善边坡的稳定与变形性能。

施工中,土钉支护必须按照设计要求分层挖入,并与土钉垂直距离相配合,不能出现超挖现象。在每一层挖完后,要及时清除坡面,并用小机械或铲刀清除坡面,保证坡面符合设计要求。土钉采用16~32mm的HRB400型。加强筋的接头宜为叠合或侧条焊,以保证接头的质量。为了确保土钉支护的保护范围不少于20mm,应在整个土钉支护中采用1.5~2.5米对中支撑。钻孔完成后,要立即将桩头锚杆插进,遇到坍方或缩径的情况,必须先进行治理,然后才能下桩。

在复合土钉墙支护中,灌浆是一个非常重要的步骤。注浆体的抗压强度一般不小于20MPa,水灰比宜在0.5~0.6之间。在灌浆之前,先将钻孔中剩余的虚土清理干净,把注浆管插入钻孔底部,然后在孔底进行灌浆。灌浆时,注浆管的出浆口要一直埋在灌浆表面,以保证新的灌浆水满后终止灌浆。在喷射混凝土面层设置钢筋网,网布的材质为HPB300,直径6~10mm,间距150~250mm。边坡混凝土中应设置14~20mm的纵向、横向、全长度的加强筋,加筋应采用搭接焊接方式。

## 4 岩土工程施工中基坑边坡失稳及加固处理技术的创新与优化研究

环境在不断变化,工程也在不断发展,滨海软土地区基坑边坡加固要求、加固需求也在不断变化。针对此,只有结合实际情况动态、持续创新边坡加固技术,优化边坡加固工艺,才能有效满足基坑边坡加固要求。

例如,对于锚索加固技术,可以从以下几方面做出优化:首先,采用高压旋喷扩大头锚索技术,通过套管跟进钻孔、钻孔与锚索安装同步施工、钻孔注浆与高压旋喷注浆施工等工艺,有效解决了滨海软弱地层钻孔坍塌及锚固力不足的难题。其次,通过优化锚索的选型和预应力的设定原则,确保锚索能够更好地适应复杂的地质条件。

除文中提到的加固技术外,也要积极引进、探索新的加固材料、加固工艺。例如,新型的无机有机复合注浆材料凝结速度快、早期强度高,能够有效改善滨海软土的物理力学性能,为预应力锚索提供更可靠的锚固基础。在滨海基坑边坡加固施工中,将这种新型材料,通过高压注浆方式注入土体中,能够提高土体的强度和整体性。

此外,浆囊袋注浆锚杆支护技术先进的工程技术。该向加固技术通过加设浆囊袋扩大锚杆锚固段的直径,增加了锚杆与土体之间的接触面积,从而提高了锚固体的抗拔力。这种技术在滨海软土区域的应用,能够有效改善锚固体的工作性能,提高基坑边坡的稳定性。

## 5 结语

综上所述,本文系统研究了滨海软土区域基坑边坡失稳的原因及其加固处理技术的应用与优化。详细探讨了抗滑桩支护技术、预应力锚索加固技术和基坑被动区加固技术复合土钉墙技术在滨海软土区域的应用,并提出了工艺优化与技术创新的措施,如高压旋喷扩大头锚索技术、新型灌浆材料及浆囊袋注浆锚杆技术等。研究表明,这些技术的应用和优化能够有效提高基坑边坡的稳定性和安全性,减少失稳风险,为滨海软土区域的岩土工程施工提供了重要的技术参考。未来,应进一步加强新材料和新技术的研发与应用,以提升基坑边坡加固处理的整体水平,推动岩土工程施工技术的持续进步。

### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 周银之.岩土工程施工中基坑边坡失稳问题及加固处理技术[J].西部资源,2022,(06):31-33.