

道路工程高边坡垮塌成因及治理技术分析

辛剑

中交一局第七工程有限公司

摘要：本文深入分析了道路工程高边坡垮塌的主要成因，包括地质条件、水文气候等自然因素以及施工方法等人为因素。文章指出，这些因素相互作用，共同导致高边坡稳定性下降，从而引发垮塌事故。针对这些问题，本文提出了一系列有效的治理技术，包括刷坡卸载、支挡措施、排水处理和边坡病害监测等。本文的研究对于指导道路工程高边坡的设计和施工，预防和处理高边坡垮塌事故具有重要的理论和实践意义。

关键词：道路工程；高边坡；垮塌成因；治理技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.09.060

引言

随着高速公路网络的迅速扩展，道路工程建设日益频繁，其中高边坡作为道路工程的重要组成部分，其稳定性直接关系到整个道路系统的安全与畅通。然而，近年来高边坡垮塌事故屡有发生，不仅给人们的出行带来极大不便，更对人们的生命财产安全构成严重威胁。因此，深入探讨道路工程高边坡垮塌的成因，并提出针对性的治理技术，成为当前道路工程领域亟待解决的重要课题。本文旨在通过对高边坡垮塌成因的系统分析，总结归纳出主要的致灾因素，进而提出一系列科学有效的治理方案和技术措施。期望通过本研究，能够为道路工程高边坡的设计、施工及后期维护提供有益的参考和借鉴，助力提升我国道路工程建设的安全性和可持续性，为人们的出行安全保驾护航。

一、道路工程高边坡垮塌的主要成因分析

在道路工程建设中，高边坡的稳定性是确保整个工程质量与安全的关键因素之一。然而，在实际工程中，高边坡垮塌的事故时有发生，给人们的生命财产安全带来了极大的威胁。为了有效地预防和减少此类事故的发生，有必要对高边坡垮塌的成因进行深入的分析。下文将从自然因素和人为因素两个方面，对道路工程高边坡垮塌的主要原因进行详细的探讨。

（一）自然因素

自然因素是导致高边坡垮塌不可忽视的重要原因，其中包括地质条件、地震因素、水文气候因素以及地貌风化因素等。

1. 地质条件因素

地质条件，作为决定高边坡稳定性的基石，其重要性不言而喻。在某些地质构造尤为复杂、岩层破碎不堪、节理裂隙发育显著的区域，高边坡的稳定性常常受到严重的挑战。这些地区的岩层往往由于历史的构造运动而产生了大量的裂缝和断层，使得岩体的整体性受到

破坏，稳定性大打折扣。岩性的差异也会为高边坡的稳定性带来截然不同的影响。例如，那些软弱岩层，如泥岩、页岩等，在遭遇外力作用时，往往容易发生变形、滑移甚至破坏。这种变形和破坏，随着时间的累积，最终可能导致高边坡的整体垮塌，给工程建设带来极大的安全隐患。

2. 地震因素

地震，作为一种突发性的自然灾害，其对高边坡稳定性的影响同样不容忽视。当地震波在地下传播时，会对高边坡产生强烈的动力作用。这种动力作用，轻则导致高边坡的表面出现裂缝、剥落，重则直接引发高边坡的滑坡、崩塌等严重灾害。地震还可能引发一系列的次生灾害。例如，地震可能导致地下水位的急剧变化，从而进一步影响高边坡的稳定性。此外，地震还可能导致高边坡周围的土体发生液化、失稳等现象，进一步加剧高边坡的垮塌风险。

3. 水文气候因素

水文气候因素同样是高边坡稳定性的重要影响因素之一。长时间的降雨或暴雨会导致高边坡体内的水分迅速增加。这种水分的增加，不仅会降低高边坡的抗剪强度，使得其更容易发生滑动，还可能引发高边坡的渗流、冲刷等现象，进一步破坏其稳定性。此外，地下水的存在也会对高边坡的稳定性产生重要影响。当地下水位较高时，会对高边坡产生浮托力，增加其滑动的风险。同时，地下水的流动还可能带走高边坡体内的细小颗粒，导致其结构逐渐疏松、破坏。这种破坏，随着时间的累积，最终可能引发高边坡的整体垮塌。

4. 地貌风化因素

地貌与风化作用对高边坡稳定性的影响同样不容忽视。长期暴露在自然环境中的高边坡，其表面岩石会逐渐受到剥蚀和风化，这不仅削弱了岩体的强度，还可能形成危岩、悬石等安全隐患。此外，地貌形态对高边坡稳定性也有显著影响。陡峭的边坡角度增大了岩体的临空面，使其在重力、风化等外力作用下更易失稳。特别是当边坡上存在软弱结构面时，地貌形态与风化作用共同作用下，高边坡的垮塌风险会显著增加。因此，在高边坡的治理与防护中，必须充分考虑地貌风化因素的影响，采取有针对性的措施确保边坡稳定。

（二）人为因素

1. 人工削坡

在道路工程建设过程中，高边坡的削坡处理是一项关键且复杂的任务。为了满足设计要求和确保施工的顺利进行，削坡作业必须精确而细致。然而，实际操作

中，如果削坡方式选择不当或削坡角度不合理，就很有可能破坏高边坡原有的自然平衡状态，从而严重降低其整体稳定性。这种破坏性的改变，尤其是在缺乏有效支护措施的情况下，会极大地增加高边坡发生垮塌事故的风险。因此，在进行削坡处理时，必须格外小心，确保选择合适的削坡方式、控制准确的削坡角度，并在必要时采取稳妥有效的支护措施。只有这样，才能在满足道路工程建设需求的同时，确保高边坡的稳定性和安全性，防止垮塌事故的发生，从而保障整个道路工程的顺利进行和长期安全运营。

2. 地下开挖和爆破

地下开挖会破坏高边坡的支撑体系，降低其承载力；而爆破则会产生强烈的震动和冲击波，对高边坡的结构造成破坏。特别是在爆破参数设置不合理或施工质量控制不严格的情况下，更容易引发高边坡的垮塌事故。

道路工程高边坡垮塌的成因是多方面的，既有自然因素的作用，也有人为因素的影响。为了有效地预防和减少高边坡垮塌事故的发生，需要在道路工程设计和施工过程中充分考虑各种因素的影响，采取科学合理的措施来确保高边坡的稳定性。同时，还需要加强对高边坡的监测和维护工作，及时发现和处理潜在的安全隐患，确保道路工程的安全与畅通。

二、工程案例及高边坡垮塌成因分析

(一) 工程概况

某道路工程位于山区地带，全长约10公里。该工程地形复杂，高边坡众多，且多数边坡高度超过20米，坡度陡峭。为了确保道路的安全与畅通，设计单位对高边坡进行了详细的设计和支护措施。然而，在施工过程中，仍然发生了多起高边坡垮塌事故，给工程建设带来了极大的困扰。该道路工程所处地区的地质条件较为复杂，岩层破碎、节理裂隙发育。同时，该地区降雨充沛，地下水位较高，对高边坡的稳定性产生了不利影响。在施工过程中，施工单位按照设计要求对高边坡进行了削坡和支护处理，但由于地质条件的复杂性和施工难度的加大，部分高边坡仍然出现了垮塌现象。

(二) 高边坡垮塌成因

通过对该工程案例的详细分析，我们可以得出以下高边坡垮塌的主要成因：首先，地质条件是导致高边坡垮塌的根本原因。该工程所处地区的地质构造复杂，岩层破碎且节理裂隙发育。这些不利的地质条件使得高边坡在受到外力作用时容易发生变形和破坏。其次，水文气候因素也是导致高边坡垮塌的重要原因。该地区降雨充沛，地下水位较高。长时间的降雨和地下水的渗透作用使得高边坡体内的水分增加，降低了其抗剪强度，增加了滑动的可能性。此外，施工因素也对高边坡的稳定性产生了影响。在施工过程中，部分高边坡的削坡角度过大，支护措施不到位，导致高边坡失去了原有的平衡状态。

三、道路工程高边坡垮塌治理方案及技术

(一) 高边坡垮塌治理方案

针对道路工程高边坡垮塌这一严重问题，制定一套科学、有效的治理方案显得尤为关键。这一方案不仅关乎道路工程本身的安全与稳定，更直接影响到人们的生命财产安全和社会经济的正常运行。因此，在制定治理方案时，必须全面、深入地考虑工程地质、水文条件、边坡高度与坡度、周边环境以及施工条件等多方面因素，力求使方案达到安全、经济、可行的最佳平衡点。

治理方案的核心理念应遵循“预防为主、综合治理”的原则。预防是避免高边坡垮塌事故的首要任务。通过加强地质勘察工作，深入了解边坡的地质结构和潜在风险，可以为后续的治理措施提供准确的数据支持。同时，建立完善的边坡监测系统，实时掌握边坡的变形、裂缝等动态信息，有助于及时发现和处理潜在的安全隐患，防止事故的发生。

在综合治理方面，方案应注重多种治理措施的有机结合。单一的治理措施往往难以解决复杂多变的边坡问题，因此，采取多种措施相结合的方式，能够形成互补优势，提高治理效果。例如，针对稳定性较差的边坡，可以采取刷坡卸载的方式减小边坡的应力水平，同时结合支挡措施如挡土墙、抗滑桩等，有效阻止边坡的滑动和垮塌。对于地下水位较高的边坡，加强排水处理是关键，通过设置排水沟、截水沟等设施，降低地下水位，减小动水压力和浮托力，从而提高边坡的稳定性。

此外，治理方案还应强调个性化设计。每个边坡都有其独特的地质条件和形态特征，因此，在制定治理方案时，不能一概而论，而应根据具体情况进行针对性设计。通过详细的地质勘察和边坡评估，准确判断边坡的稳定性状况和风险等级，进而采取相应的治理措施。

因此，应加强施工管理和监督力度，确保各项治理措施按照设计要求精确实施。同时，合理安排施工顺序和时间节点，避免对周边环境和交通造成不必要的干扰和影响。

制定科学有效的道路工程高边坡垮塌治理方案是一项系统工程，需要综合考虑多方面因素并注重细节把控。只有这样才能确保治理方案的成功实施和道路工程的安全稳定运行。

(二) 道路工程高边坡垮塌治理技术

1. 刷坡卸载

刷坡卸载作为一种重要的高边坡治理技术，在高边坡工程中被广泛应用。其基本原理是通过刷除边坡上部的部分岩土体，有效减小边坡的高度和坡度，进而降低边坡体内的应力水平，显著提升边坡的整体稳定性。该技术尤其适用于那些边坡高度较大、坡度较陡且稳定性较差的边坡。在这些情况下，采用刷坡卸载技术能够有效改善边坡的应力分布，避免边坡出现失稳现象。在实施刷坡卸载时，必须严格遵循设计要求和地质条件，科学确定刷坡的角度和范围。这是确保刷坡卸载效果的关键。

键。同时，为了防止边坡在刷坡过程中发生失稳，必须采取有效的支护措施，确保施工过程的安全。此外，刷坡卸载的实施还需要充分考虑对周边环境的影响。在刷坡过程中，应采取措施防止岩土体滑落对周边环境造成破坏，避免引发新的地质灾害。这体现了环境治理与工程治理相结合的理念，确保高边坡治理的综合效果。刷坡卸载作为一种常用的高边坡治理技术，其应用广泛且效果显著。通过科学、合理的刷坡卸载，能够显著提升高边坡的稳定性，保障道路工程的安全运营。

2. 支挡措施

支挡措施作为高边坡治理中的一种重要技术手段，其应用广泛且效果显著。通过在边坡坡脚或坡面设置支挡结构，如坚固的挡土墙、稳固的抗滑桩等，这些结构能够有效地承受边坡岩土体产生的侧压力，从而有力地阻止边坡的滑动和垮塌，确保道路工程的安全性。支挡措施通常适用于地质条件较为恶劣、边坡稳定性严重不足的情况。在这些情况下，采用支挡措施能够显著增强边坡的整体稳定性，降低潜在的安全风险。设计支挡结构时，需要综合考虑多种因素，包括地质条件的复杂性、边坡的高度与坡度以及荷载要求等。这些因素的合理考虑能够确保支挡结构既安全又经济，满足工程实际需求。在施工过程中，严格遵循设计要求进行施工和验收是至关重要的。这包括选择合适的施工材料、采用科学的施工方法以及进行严格的质量把控等。通过这些措施，可以确保支挡结构的质量和效果达到预期标准，从而在高边坡治理中发挥应有的作用。此外，支挡措施的实施还需要与其他治理措施相结合，形成一个综合的治理方案。通过综合运用多种治理措施，可以进一步提高高边坡治理的效果，确保道路工程的长期稳定运行。因此，在高边坡治理中，充分重视并合理运用支挡措施，对于保障道路工程的安全性和稳定性具有重要意义。

3. 排水处理

排水处理作为高边坡治理中的关键措施，其重要性不容忽视。为了有效应对地下水位较高、水文条件复杂等不利因素，确保边坡的稳定性，必须采取科学、合理的排水处理措施。在排水处理中，通过设置排水沟、截水沟等排水设施，能够及时将边坡体内的地表水和地下水排出，从而降低水位，减小动水压力和浮托力。这些排水设施的设置应基于详细的地形地貌、水文条件以及边坡形态等因素的综合考虑。通过科学设计，确保排水设施能够有效应对各种不利条件，实现排水畅通，提高边坡的稳定性。在施工过程中，排水设施的施工质量和维护保养工作同样至关重要。为了确保排水设施的长期稳定运行，必须严格按照设计要求进行施工，确保施工质量符合要求。同时，在排水设施投入使用后，还应定期进行检查、清理和维护，保持其良好的工作状态。排水处理的实施还需要充分考虑与周边环境的协调性。在设置排水设施时，应尽量减少对周边环境的影响，避免

引发新的环境问题。通过合理规划和布局，实现排水处理与环境保护的有机结合。排水处理在高边坡治理中具有重要作用。通过科学设计、精心施工和有效维护，能够确保排水设施的稳定运行，有效降低地下水位，提高边坡的稳定性，为道路工程的安全运营提供有力保障。

4. 边坡病害监测

为了确保边坡的稳定性和安全性，必须对其进行定期或不定期的监测，以及时发现和处理潜在的病害现象，从而有效防止病害的扩大和恶化，保障道路工程的长期安全运营。在边坡病害监测中，通常采用人工巡查和仪器监测相结合的方式。人工巡查是一种直观、简便的监测方法，主要通过目测和手触等方式对边坡的外观和表面状况进行检查，如观察是否有裂缝、变形、滑移等现象。这种监测方法虽然简单易行，但对于一些隐蔽性较强的病害可能难以发现，因此需要结合仪器监测来进行更全面、准确的监测。仪器监测则是一种更为精确、科学的监测方法，它利用传感器等设备对边坡的位移、应力等参数进行实时监测。通过仪器监测，可以获得更加详细、准确的边坡变形数据，为判断边坡的稳定性和安全性提供更为可靠的依据。在监测过程中，应根据边坡的实际情况和监测要求选择合适的监测方法和设备，确保监测结果的准确性和可靠性。同时，为了更好地管理和利用监测数据，应建立边坡病害监测档案和管理制度。通过对监测数据进行及时分析和处理，可以及时发现边坡的病害现象，为边坡治理提供科学依据，指导后续的治理工作。边坡病害监测在高边坡治理中起着至关重要的作用。只有通过科学、有效的监测手段，才能及时发现和处理边坡的病害现象，确保道路工程的安全性和稳定性。

四、结束语

为了确保道路工程的安全与稳定，我们必须高度重视高边坡垮塌问题，并采取科学有效的治理技术进行预防和治理。通过刷坡卸载、支挡措施、排水处理和边坡病害监测等综合治理手段，我们可以显著提高高边坡的稳定性，降低垮塌风险。

参考文献

- [1] 史崇新. 山区某高速公路边坡崩塌成因分析及处治措施[J]. 北方建筑, 2021(06).
- [2] 郑勇. 路堑边坡垮塌成因分析及防治措施探讨[J]. 黑龙江交通科技, 2021(03).
- [3] 刘锋矢. 粤西山区高速公路高边坡崩塌成因分析与治理措施[J]. 交通世界, 2019(08).
- [4] 顾良军, 石家福. 山区公路边坡崩塌的成因及处理[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018(11).
- [5] 席称心, 陈磊. 在建高速公路路堑边坡垮塌成因分析及处治措施[J]. 四川理工学院学报(自然科学版), 2015(02).