高陡边坡岩体卸荷带发育特征对崩塌的控制作用研究

曾远强

四川科兴工程咨询有限公司 四川 成都 610036

【摘　要】：高陡边坡岩体的卸荷带发育特征对崩塌的发生与发展具有重要影响。岩体卸荷带的分布、宽度和强度等特征直接关系到边坡的稳定性，特别是在外部荷载作用下，卸荷带的存在可能促进岩体破裂及崩塌的发生。本文通过分析高陡边坡岩体卸荷带的形成机制，探讨了卸荷带对崩塌控制作用的不同表现，提出了影响崩塌发生的关键因素，并为工程实践中的边坡稳定性评估提供了理论依据。通过对卸荷带的精确识别与监测，可以有效预防和控制崩塌灾害，确保工程安全。

【关键词】：高陡边坡；岩体卸荷带；崩塌；稳定性；控制作用

DOI:10.12417/2811-0528.25.20.023

引言

高陡边坡的稳定性问题在土木工程、矿山开采和交通建设中一直是一个关键技术难题。尤其在岩体崩塌的预测与防控方面，岩体内部的卸荷带起着至关重要的作用。岩体卸荷带通常是由于地质构造变动或外力作用引起的岩体层面弱化带，具有较低的力学强度，容易引发岩体滑动、破裂等不稳定现象。理解卸荷带的形成与发育特征，对于高陡边坡的崩塌预测与防治具有重要意义。国内外许多学者已在此领域进行了深入研究，但仍存在卸荷带特征对崩塌控制作用研究不足的问题。本文将深入分析高陡边坡岩体卸荷带的发育特征，探讨其对崩塌的控制机制，为边坡防护工程提供理论依据和技术支持。

1 卸荷带的发育机理及影响因素

岩体卸荷带的形成是岩体在受力过程中，尤其是由于构造变动或外力作用而出现的弱化区域。卸荷带的发育机理通常与地壳运动、岩层构造、地质应力以及外部荷载等因素密切相关。地壳运动尤其是垂直应力变化，会导致岩体内部分力的积聚，这种积聚的力可能会超出岩石的承载能力，进而在一定条件下形成卸荷带。具体来说，卸荷带的形成不仅与地质构造的类型和岩层的厚度有关，还与岩体本身的物理力学性质密切相关。弱岩层在高应力作用下往往会更容易形成卸荷带，导致岩体的破裂与滑动。而对于强岩层，在一定条件下卸荷带的发育往往表现出局部性和不规则性。卸荷带的发育与岩石的力学性质，如抗拉强度、抗压强度以及弹性模量等相关，越是脆弱的岩石，其卸荷带的发育越为显著。

影响卸荷带发育的因素不仅限于地质应力，还包括外部荷载作用。尤其是在人工开采或者工程建设过程中，随着荷载的施加，岩体内部的力学状态发生变化，卸荷带的形成和发展也会受到影响。外部荷载通常引起岩体的变形和位移，这种变形会导致局部区域的应力集中，从而加速卸荷带的形成。荷载的施加方式、强度以及持续时间都会对卸荷带的发育产生重要影响。研究外部荷载对卸荷带形成的影响，能更好地预测和防治高陡边坡崩塌现象。

除了地质应力和外部荷载，地表水文条件也会在一定程度上影响卸荷带的发育。水的渗透作用使得岩体内部的应力分布发生变化，尤其是在高陡边坡区域，水流侵蚀作用可能加剧卸荷带的形成。在降水、地表水流等因素的作用下，岩体的湿润性会发生变化，导致岩石的物理力学性能下降，这也加速了卸荷带的发育。在这些条件下，岩体的脆弱部位会逐步暴露出来，从而为崩塌的发生创造了条件。地质、水文、构造等因素的综合作用是影响卸荷带形成的关键，必须从多维度分析这些因素对边坡稳定性的影响。

2 岩体卸荷带对边坡崩塌的控制作用

岩体卸荷带在边坡崩塌过程中的作用至关重要。卸荷带的形成意味着岩体的抗剪强度和抗压强度降低，导致边坡的稳定性受到严重威胁。特别是当边坡处于外力作用下时，卸荷带可能成为破裂的起始点。卸荷带不仅影响岩体的物理力学性质，还决定了岩体在荷载作用下的变形模式和崩塌的可能性。卸荷带的宽度和分布对崩塌的发生具有显著的影响，越是宽广和明显的卸荷带，越容易导致岩体的破裂。

卸荷带的发育对岩体的影响机制主要体现在两方面：一方面，卸荷带的存在会导致岩体的剪切力下降，增加了岩体在外力作用下破裂的可能性。另一方面，卸荷带的形成常常伴随着岩体的裂隙发展，这些裂隙在应力作用下会起到减弱岩体强度的作用，降低边坡的稳定性。特别是在高陡边坡上，卸荷带的发育使得岩体层间的滑动面更加明显，一旦外界荷载增加，岩体内部的裂缝就会迅速扩大，导致大范围的崩塌。

卸荷带的发育对崩塌的影响还与其深度和方向有关。卸荷带深度较浅时，通常意味着岩体的整体结构尚未遭受严重破坏，但随着深度的增加，卸荷带可能穿透整个岩体，成为导致

崩塌的决定性因素。卸荷带的方向性也会对崩塌的形态和规模产生影响。卸荷带的纵向延伸可能会促使边坡沿着特定的方向发生崩塌，而横向扩展则可能导致大规模的滑坡现象。通过对卸荷带的分布和形态进行详细分析，可以预测崩塌的发生位置、规模以及过程，为工程的设计和防护提供数据支持。

岩体卸荷带的形成不仅影响岩体的强度和稳定性，还决定了崩塌的发生机制。对卸荷带特征的深入分析，有助于提前识别边坡不稳定的区域，并采取有效的防控措施，以确保工程安全。

3 卸荷带识别与边坡稳定性防治对策

岩体卸荷带的识别是确保高陡边坡稳定性的基础。为了有效识别和评估卸荷带对边坡崩塌的控制作用，必须运用多种技术手段和方法。传统的地质勘察方法往往难以准确识别隐蔽在岩体深处的卸荷带，现代地质勘查技术，如高分辨率地震波反射法、地质雷达探测以及电磁波法，已经成为识别卸荷带的重要工具。这些技术不仅能够有效识别卸荷带的位置和分布，还能分析卸荷带的深度、宽度以及岩体的力学性质，从而为后续的防治措施提供有力依据。

一旦识别出卸荷带的分布和特征，就可以根据其具体情况，采取相应的边坡防治措施。对于卸荷带较为明显的边坡，通常可以通过多种加固方法来提高其稳定性，减少崩塌风险。喷射混凝土加固可以提高岩体的抗剪强度，防止裂隙进一步扩展；植被覆盖不仅有助于增强土壤的粘结力，还能通过植物根系的固土作用提高边坡的抗冲刷能力；而岩土工程加固措施，如锚固、注浆等，能有效地增强岩体的整体稳定性。为了更好地应对卸荷带对边坡的影响，在高陡边坡的设计阶段，应对卸荷带的分布、宽度和深度进行详细分析，合理设计边坡角度、土体强度和其他参数，使边坡能够适应卸荷带的存在，达到更高的安全标准。

除了加固措施，卸荷带的水文条件也是边坡防治中的关键因素。水文条件对卸荷带的影响是双重的：一方面，降水或地下水的渗透可能导致卸荷带区域的岩体进一步破裂，增加崩塌的风险；另一方面，通过排水系统的建设，能够有效减少水对卸荷带的侵蚀作用，从而降低边坡崩塌的风险。在边坡防治中，排水工程的设计尤为重要，尤其是在具有明显卸荷带的边坡，排水设施不仅能够减少地下水的渗透，还能有效减轻岩体中的水分影响，确保边坡的稳定。通过准确识别岩体中的卸荷带，并结合有效的加固和水文管理措施，可以显著提升边坡的稳定性。这些防治对策不仅能够减少崩塌灾害的发生，也能为高陡边坡区域的工程建设提供更为可靠的保障。

4 结语

本文通过分析高陡边坡岩体卸荷带的发育特征及其对崩塌的控制作用，阐明了卸荷带对边坡稳定性的影响及防治策略。卸荷带的发育受多种因素的影响，包括地质应力、外部荷载以及水文条件等，而其对崩塌的控制作用表现为岩体强度的降低和破裂面形成。针对具有明显卸荷带的高陡边坡，本文提出了多种有效的防治措施，如喷射混凝土加固、植被覆盖以及岩土工程加固等，并强调在设计阶段充分考虑卸荷带的影响，以提高边坡的整体稳定性。这些防治策略为工程设计和边坡防护提供了理论支持。

参考文献：

[1] 李松,王亮.高陡边坡卸荷带发育特征与崩塌防治研究[J].岩土工程学报,2023,45(7):1093-1100.

[2] 张扬,刘江.卸荷带对岩体稳定性的影响及防护措施探讨[J].地质与工程,2022,40(5):823-831.

[3] 陈浩,杨佳.高陡边坡稳定性分析及防治对策研究[J].工程地质,2023,38(6):745-752.