

# 高边坡设计与加固问题探讨

赵子鹏 李林

广西交通设计集团有限公司

**摘要:** 在高边坡设计与加固工作中,要合理分析高边坡的应用条件,对高边坡的特征进行分析,预测边坡变形问题。科学采用高边坡设计方法,针对不良地质制定解决措施,优化高边坡监控方案。结合信息时代特征,借助PLAXIS分析软件,科学分析高边坡的稳定性影响因素。另外,针对边坡的加固工作建立模型,规范施工流程。论文将以某高速公路工程项目为例,综合探讨高边坡设计与加固问题,希望能为高速公路边坡施工作业提供参考与借鉴。

**关键词:** 高速公路;高边坡;设计;加固问题

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.18.094

全面优化高边坡设计与加固方案,需要对岩质边坡稳定性的影响因素进行合理分析,准确判断边坡结构破坏类型,依次做好坡形、坡面加固以及坡体加固设计工作,发挥高边坡监控技术的作用以确保边坡施工安全。

## 一、某高速公路工程概况

某高速公路工程路线全长5.03km,路基的宽度是33.5m,所属区域结构以断裂为主,无较明显的褶皱。在施工期间要面对潜在塌方问题,由于岩体破碎这一不良地质,很容易造成崩塌,导致边坡被破坏。公路路线经过丘陵,坡高而陡峭、个别路堑边坡比较高,局部地段存在裂隙发育现象,给公路边坡施工设计带来了不容小觑的难度。该工程边坡的坡脚和丘陵上部基岩露出,岩体结构严重破碎,风化现象较严重。同时,边坡中部覆盖层较厚,主要材质为含黏性土碎石和含碎石粉质黏土,呈黄褐色,具有可塑性。在该项目高边坡施工中,设计师协同施工人员将挖方高度控制为70m,从上到下分五级实施开挖。第一级开挖的高度是12m,坡率是1:0.25;第二级、第三级与第四级开挖的高度均为15m,坡率同样是1:0.5;第五级开挖的高度是13m,坡率为1:0.5<sup>[1]</sup>。该公路工程项目边坡的岩性是凝灰岩,从岩石的硬度来看,岩石结构为较软岩。

## 二、高边坡设计与加固问题

在高速公路工程项目高边坡设计与加固工作中,需要重点考虑三个方面:高边坡的安全系数和稳定系数;理论上的边坡破裂角;如何选用合适的力学参数。

在高边坡的安全系数和稳定系数选择过程中,要正确认知和计算相关参数,遵守施工设计规范。一般来讲,稳定系数能够对高边坡的稳定状态进行客观反馈,如果能够准确计算出稳定系数,可以判断出边坡的稳定

状态。在边坡稳定系数计算工作中,首先应严格遵守国家岩土勘察规范。从标准上讲,若高速公路所属路段是重点工程,其稳定系数必须在1.30-1.50之间;若是普通工程,稳定系数取值在1.15-1.30之间。对于安全系数控制,若将甲级工程安全系数控制到1.25,乙级工程安全系数为1.15,丙级工程安全系数为1.05,便可将边坡的安全系数依次划分为:轻微风险、低风险、高风险,其取值呈递增趋势,轻微风险安全系数>1.0;低风险安全系数>1.1;高风险>1.2。

基于理论上的边坡破裂角来看,高速公路施工中的边坡大致分为两种,分别是岩质边坡和土质边坡。通常,在计算土质边坡的破裂角期间,需先得出岩土界面坡角的平均值,然后对坍塌区进行预估。在岩质边坡的破裂角计算过程中,无须对外倾的结构面进行计算,一般情况下,会将岩体设定为75<sup>[2]</sup>。

在力学参数选择工作中,要先开展原位试验,这样能够对抗剪强度指标予以合理控制。在计算岩体内的摩擦角时,需要将标准内摩擦角和裂隙发育相乘,得出折减系数,最终确定岩体内的摩擦角。

在高速公路工程高边坡施工设计工作中,必须把握三项基本要点:

第一,在整个高边坡设计初期,设计师应协同勘察人员对现场环境进行全面勘察与分析,整合本次公路工程项目高边坡施工重点,设计科学的施工方案,让施工方案在能够确保高边坡防治质量的同时,可以对施工期间的变形问题进行控制。

第二,根据本次工程项目区的特征对施工线和施工点予以合理确定,防止施工点偏移现象。

第三,高速公路高边坡所处施工环境条件非常恶劣、地势结构复杂,在施工期间必然会受到多种因素的影响,为有效降低风险、确保施工安全,要不断完善和调整施工方案,为高边坡施工作业的顺利完成奠定良好的基础。

## 三、高边坡设计与加固方案

### (一) 合理分析高边坡的应用条件

全面优化高边坡设计与加固方案,合理分析高边坡的应用条件。在国内,高速公路工程高边坡的应用条件体现在以下方面:

第一,工程条件和峡谷地形的限制。对于山区高速公路工程和国省道工程穿越峡谷的路段来说,如果沿山地区有较为平坦的河谷,就可以为路线设计提供较为良

好的沿溪走廊，公路路线会经过依山傍水的自然区域，具有生态审美功能。为了保护生态环境，减少公路工程施工破坏与污染问题，设计师会协同施工技术人员尽最大努力发挥边坡岩体的自立性，充分节约用地和成本，秉承“沿山不挖山，沿河不占河”的原则，大力保护生态自然景观，发挥公路交通服务功能与生态环保功能。另外，如果岩质结构条件较为良好，就可以采用光面爆破技术开展边坡施工作业，这样不仅可以节约高边坡锚固成本，而且安全、稳定，有一定的环保作用。在裸露的边坡区域，还可以实施绿化，栽培藤本植物。

第二，对于已存重大结构物，应尽量回避。经过山区的高速公路工程为线形带状，其路线等级高控制非常严格，有标准断面宽。在工程选址期间，需要尽可能回避重大风险。在前期勘察设计中，设计师应配合勘察技术人员科学评估多方面的施工风险，做好地质选线作业，根据精确的地质勘察结构拟定施工方案，全面兼顾周边区域已存的重大结构物对本次高边坡施工的影响，尽可能回避风险灾害。在某高速公路工程高边坡施工中，边坡的开挖受到了本地道路改建平面布局和公路桥梁的限制，同时，为了保护附近人文景观，在边坡施工中机械开挖与光面爆破相结合，严格遵守施工图纸，建成了陡立高边坡。在经过山间庙宇和村庄的狭长区域，为了降低对文物、村民日常生活的影响，减少山体植物破坏，施工技术人员按照设计方案要求，采取了直立开挖模式，将此区域的坡高控制为12米，这样能够减少拆迁成本，保护自然景观和人文景观，实现资源集约。

第三，遵循工程地质条件，坚持因势利导原则。在山区高速公路施工建设中，确保高边坡施工质量，优化公路布局方案，应结合所处地质条件，奉行因势利导原则，做好各项施工设计作业。在某高速公路工程项目隧道洞口K126+050到K126+290这一路段，山坡的自然坡度是15到35°，其山麓地带属于第四系松散土层，坡积层很厚，洞口为塌滑型高边坡，施工难度很高。对此，设计师协同勘察人员、施工技术人员共同拟定了合理的方案，全面做好现场勘察工作，采用陡立高边坡开挖技术将隧道洞口缩短了50米，同时采用了永久性土钉墙的防护模式，减少了施工难度，提高了安全质量。此外，为了确保路侧开挖边坡和隧道洞口端墙的协调性与美观性，设计师协同施工技术人员在隧道区240米的路段处均采用了永久性土钉墙防护措施，使隧道缩短了50米，开挖高度因此降低，减少了对坡表植被的破坏。

第四，优化拓宽工程施工技术方案。在高速公路高边坡施工中，拓宽工程是重难点作业，该子项目施工期间，要兼顾边坡开挖、灾害风险防控、交通组织、施工物资设备运输和存放等要点。为了规避高边坡开挖风

险，降低爆破对周边环境以及既有边坡的负面影响，需要在高边坡坡脚拓挖过程中，选用上部超前锚固与下部陡立边坡开挖相结合的方案，这种方案不仅可以缩小开挖面，便于尽快将土石方纵向运输到两端，缩短工期，而且能够将大量的拓展作业集中于局部范围锚固施工中，避免上部开挖引起的崩塌与落石风险，维护施工安全。

## （二）优化高边坡设计方法

优化高边坡设计方法，首先要做好边坡支护设计工作。在传统模式下，边坡支护方式主要有两种，一种是通过种植草进行防护，另一种是设置护面墙，这两种方法虽然有一定作用，却难以满足高速公路高边坡施工的发展需求。在高速公路高边坡施工设计中，不仅要确保边坡支护的安全性与稳定性，而且要做好生态护坡工作<sup>[3]</sup>。在当代高速公路建设中，生态护坡应用非常广泛，常用方法有设置植草沟和种植绿树，并连接排水系统，这样有助于在雨天做好路面雨水收集工作。如果是石质边坡，就要根据岩层的性质与走向，对边坡的坡比进行计算与合理控制，尽可能放缓坡率。同时，在坡脚区域，应做好植草沟设置工作。此外，需要在沟底开挖盲沟，并连接高速公路排水系统，这样能够做好雨水渗流处理工作。

其次，要做好坡形、坡面加固和坡体加固设计工作。在坡形加固设计工作中，需要合理设计边坡几何要素。基于岩体结构控制理论，坡形几何要素大致有五种：第一，坡高；第二，坡角；第三，坡率；第四，边坡规模大小；第五，坡面的几何形态。在这五种几何要素中，坡面的几何形态对边坡稳定性的影响最大，因而，要合理设计坡面的几何形态，科学规划坡面的方位、粗糙程度、延续性、间距、连通性，安排好岩土结构面的组数，控制好坡高与坡度，全面兼顾边坡的安全性和整体稳定性，设计最佳坡形方案。

在坡面设计工作中，要注意优化坡面防护方案，避免坡面受到严重的风化、侵蚀、雨水冲刷，降低雨水在坡面的渗水量，减少温差巨变对坡面的影响。与此同时，需要对坡面实施绿化防护，起到美化与环保作用。施工技术人员会按照施工方案为坡面覆盖植物，让植物的根系能够固结在边坡的岩体结构上，这样能够缓解严重的雨水冲刷问题与风化、侵蚀，营造美丽的绿化景观。目前，坡面绿化防护施工技术更加先进，常用技术方法有四种：第一，高次团粒喷播植草技术法；第二，TBS喷薄植草技术法；第三，喷混植生技术法；第四，骨架式植被防护技术法。这四种方法各有优势，能够起到维护坡面的作用。相比之下，第四种方法的适用范围更为广泛，可以集中植被绿化防护技术、锚固技术和坡面骨架技术的优势，增强坡面的绿化稳定性，进一步加

固坡体,提高植物成活率,美化、环保。在坡面防护工作中,施工技术人员也会采用工程防护措施,加强浅层支护力度,设置挡墙防护,采用实体护面墙,或者通过喷射混凝土进行防护。相比之下,为了节约成本,降低负面影响和污染,大多会采用喷射混凝土的方法实施防护。

在坡体加固设计工作中,需要充分发挥锚固施工技术的作用,将锚杆和挡墙相结合,努力加固岩体结构。锚固施工技术能够对高边坡产生主动性支护力,使岩体结构的压应力得以增强,进一步改善岩体的力学性能,确保高速公路高边坡的稳定性。

### (三) 科学分析高边坡的稳定性影响因素

维护高速公路工程高边坡安全性与稳定性,必须对影响边坡稳定性的各种因素进行深度分析。从整体上看,这些影响因素大致可分为内部因素与外部因素。一般来讲,内部因素主要包括三种:第一,边坡结构特征;第二,工程地质结构参数;第三,边坡岩体构造。其中,边坡结构特征表现为边坡的高度、坡脚的大小、边坡的表面形状、边坡的走向与岩层走向的夹角。工程地质参数特指地层岩性和组合特征、地质构造、岩体力学参数、地应力。边坡岩体构造包括岩体性质、结构面的特征(包括倾向和倾角等)、岩石组成与结构、岩石应力。

外部因素主要有四种:第一,人为性活动;第二,振动作用;第三,水文地质;第四,风化作用。人为性活动通常是指高速公路高边坡施工期间的一系列活动对边坡稳定性产生的影响。振动作用体现在两方面,一方面是爆破作用,另一方面则是地震作用的影响。水文地质作用包括化学作用、侵蚀作用、力学作用和软化作用。风化作用是指岩石在地表或者接近地表的天然位置或者原始位置上,通过由风、水和气候所引发或者改变的物理作用过程、化学作用过程以及生物作用过程而发生的崩解与蚀变。

以上这些因素均会对高速公路工程高边坡稳定性产生显著的影响,因而,在高边坡施工设计工作中,必须全面分析各项因素产生的负面影响,并制定针对性解决方案,不断增强边坡结构的稳定性、整体性和安全性,提高边坡的抗滑能力。

### (四) 建立边坡加固模型

在信息时代,优化高边坡设计与加固方案,做好高边坡施工作业,规范施工流程,抵御各项风险问题,需要充分利用PLAXIS分析软件对高边坡的稳定性影响因素进行综合分析,根据分析结果,运用BIM技术建立高边坡模型,设计精确的施工图纸,量化施工流程,处理好各项交叉作业,做好施工技术交底工作,拟定科学、完善的施工方案。

### (五) 提高边坡加固技术

全面提高公路工程高边坡加固技术,确保施工安全质量,首先要谨遵标准要求,根据施工现场环境条件,制定合理的施工方案,引入先进的施工技术。在某高速公路高边坡施工中,施工技术人员将系统锚杆与轻型混凝土面板防护技术相结合,使坡面结构得以有效加固。在坡体施工中,采取了低预应力长锚杆,在岩体相对比较完整、坚硬的部位深入锚固段,这样可以对坡面开挖期间产生的应力释放变形进行有效控制。其次,设计师应协同施工技术人员选用长短不同的锚杆,使锚杆长短错落有致,在确保施工质量的同时可以节省成本。与此同时,在公路工程高边坡加固施工中,需要做好全过程监控作业,设计完善的监控方案,充分发挥自动化远程监控技术的作用,根据高边坡施工特征,细化监测流程。在某高速公路高边坡施工中,项目管理人员分别制定了施工过程监督管理方案、施工裂缝监测方案、岩石结构位移监测方案、应力监测方案、地表水监测方案、地下水监测方案、滑动面监测方案、宏观变形监测方案和降水监测方案等,综合采用设站监测法、远程监测法、模型监测法和仪表监测法实施边坡监测管控工作,以便于及时发现问题,并采取有效的解决策略<sup>[4]</sup>。

### 结束语

综上所述,全面优化高边坡设计与加固方案,设计师首先要协同施工技术人员合理分析高边坡的应用条件,配合勘察人员做好施工勘察作业,认真设计针对性施工方案。其次,要做好边坡支护设计工作,合理规划坡形,优化坡面结构,全面加固坡体,充分发挥锚固施工技术人员的作用,将锚杆和挡墙相结合,努力加固岩体结构。再次,要对影响边坡稳定性的各种因素进行深度分析,建立边坡加固模型,规范施工流程,设计精确的施工图纸,处理好各项交叉作业,做好施工技术交底工作。另外,要全面提高边坡施工技术,对整个施工过程进行全面监控,及时解决施工期间遇到的问题,充分确保施工质量。

### 参考文献

- [1] 罗云松. 桩板墙在路堑高边坡加固处治设计中的应用[J]. 山西交通科技, 2020, 265(4): 47-49, 129.
- [2] 高乐. 双排桩加固素填土高边坡方法研究[J]. 土木工程, 2021, 10(4): 9.
- [3] 董秀斌. 水利工程中高陡边坡加固与治理的对策浅析[J]. 水电水利, 2020, 4(7): 118-119.
- [4] 李中奎, 许涵. 高速公路边坡加固处治中抗滑桩设计分析[J]. 工程建设与设计, 2020, 431(9): 37-39.