

高速公路高边坡开挖和加固施工技术分析

陈颖

核工业长沙中南建设集团有限公司

摘要：随着经济的发展，交通运输需求日益增加，高速公路建设规模日益扩大，由此带来了大量的高边坡开挖和加固施工问题。为确保高速公路的高质量建设，应科学合理处理高边坡开挖和加固施工技术，在确保交通安全和运营安全的前提下实现高速运输。

关键词：高边坡开挖；加固；施工技术；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.19.058

目前，高速公路已成为我国基础设施建设中不可或缺的一部分，是支撑国民经济发展、推动城乡统筹建设、改善人民生活质量、促进区域经济协调发展的重要因素之一。现阶段我国高速公路的建设处于一个快速发展时期，大量高边坡开挖和加固工程也随之出现，如在工程实践中出现了大量高边坡问题。为确保高速公路施工质量满足设计要求，应采用科学合理的高边坡开挖和加固施工技术加以处理。为保证在高边坡开挖和加固过程中能够科学合理地进行，应在明确高边坡开挖和加固施工技术要点与难点的基础上进行统筹规划与分析工作。因此，本文结合具体案例就高边坡开挖和加固施工技术进行了详细阐述，并提出了针对性建议。

一、工程概况

长吉高速K7+100~K9+020段（西行方向）为长吉高速长溪至永定的一部分，线路起于张家界市永定区坪洋街道，与长张高速坪洋至张家界段相接，途经永定区、武陵源区、桑植县。主线全长约91.3km。线路总体走向与张家界国家森林公园及湖南境内的其他风景名胜走向一致，沿线经过张家界市、吉首市、怀化市等地。本标段起点桩号K7+100~K9+020段位于张家界国家森林公园内，在湖南省境内约占路线总长的35%，由于地处山区，地形复杂，植被茂密，尤其是处于山体的半山腰地段，坡面陡峭。其中K6+100~K7+100段为长约15km、高约30m的连续边坡，是全线最长的边坡段落。其中K7+100~K6+110段为石质高边坡，长约20m；其余地段为岩石高边坡。在该段落中，岩石高边坡为最难处理的部位^[1]。

二、工程地质条件

长吉高速为国家二级公路，属湘鄂渝黔四省市边区的省际高速公路，起点桩号K7+100~K8+000（西行方向），位于湖南省西北部张家界市，处于张家界国家森林公园范围内，沿线经过张家界市城区、武陵源风景

区、慈利县城等地。长吉高速路线自西向东穿越武陵山脉的主要支脉——雪峰山脉，该山脉北起湘西北的武陵源、张家界，南止于湘中的靖州，大致呈东北-西南走向。长吉高速在线路上多以小型丘陵为主，有少量的高山地区。

长吉高速沿线位于张家界国家森林公园范围内，该区属中亚热带湿润气候区，具有冬干夏湿的气候特点。年平均气温在17℃左右，年均降雨量在1200mm左右，年均相对湿度在55%以上。山区地区气候多变，为季节性雨季与非季节性旱季交替出现，全年雨量较集中在5-10月份。常发生暴雨和台风等灾害性天气。

三、边坡施工设计

K7+100~K6+110段为一长约15 km的高边坡，该边坡坡度为30°~45°，最大纵坡为28.9%，边坡高度在25~40m之间不等。根据本标段的地形条件，施工过程中该段落处于一个非常特殊的部位，即山体半腰处是一条山体与另一山体间的断层破碎带。该断层破碎带对高边坡影响较大，其产状与天然地基或其他基础的桩基所在岩层产状基本一致，但岩体强度有很大差异。该段落中岩层走向与其周边山体基本平行。岩层倾角在10°~35°之间。因此对边坡稳定性的影响主要有三种情况：沿岩层倾向布置一条与该岩层倾向一致的倾向坡；由于这三种情况对边坡稳定性影响程度不同，因此要采取不同的加固措施。针对不同的情况，在施工中采取了以下措施：

沿山体走向布置一条裂缝，通过该裂缝使坡体内岩体向背斜方向倾倒，从而提高边坡稳定性；在拉裂坡上沿边坡岩体向山体方向挖台阶，上采取挂网喷浆，从而提高边坡岩体的强度。在拉裂坡坡顶处挖排水沟以降低雨水对边坡稳定性的影响；在拉裂坡上采取锚杆、挂网喷浆加固边坡。

注：K6+110~K6+110段高边坡按10m设计，并根据实际情况增加5m~10m；其余地段边坡按20m设计。

四、施工方法

本工程施工的岩石高边坡开挖和加固施工技术为：首先对坡体进行清理，对坡体进行人工平整、清理，将表层岩质部分清除出来；然后采用喷锚防护措施对坡体进行防护，进行喷锚防护时，要分层施作；最后对坡体进行削坡处理，清除岩层、风化破碎岩层以及软弱松散层。

本标段岩石高边坡加固设计的主要内容是：根据工程地质条件和边坡现状及设计图纸，提出一套适用于高陡岩石边坡治理的设计方案，包括锚杆、挂网、喷射混凝土等加固措施。经勘察设计单位和施工单位共同论证确定后，采用锚杆框架梁加固和挂网喷锚等措施对高陡岩坡进行加固处理。

高陡岩石边坡开挖主要是采用机械开挖的方法将岩层挖除，采用人工开挖的方法开挖边坡。岩石高边坡施工采用自上而下逐层开挖，每层台阶高度控制在8m左右，边坡坡面要平整。当岩石高边坡的稳定影响范围较大时，在满足设计要求的情况下，可将坡面挖除一部分后再行开挖。边坡在施工过程中，必须经常对边坡进行检查和监测。

五、工程难点及重点分析

湖南高速沿线，尤其是进入四、五月份，降雨明显增多，边坡开挖及加固施工进入了关键时期。湖南长（沙）吉（安）高速公路全线路基高边坡主要为膨胀土边坡和软弱岩层边坡，地质条件复杂，由于受地形、地貌、水文气象条件的影响，形成了高陡边坡。该高边坡一般为开挖后的一级边坡，高约80m，开挖高度一般为7m至18m，边坡角在20度~30度之间，属于中等强度的滑坡。该高边坡一般开挖后的稳定性是控制工程质量和工期的关键。如何提高该边坡开挖和加固施工质量是我们面对的一个重点问题。这一点往往成为施工中最大的难点。该高边坡属于大型滑坡，边坡开挖后稳定性问题不能满足设计要求，影响了整个工程的质量。而一旦边坡失稳将会造成大量工程材料损失和人员伤亡。因此我们要积极探讨解决该工程的技术难题。高速公路高边坡开挖及加固施工技术是一项技术性强、难度大的工作。我们在施工中，面对的最大困难就是高边坡开挖后的稳定性问题，其次是高边坡加固施工过程中遇到的问题。如何做到既能满足公路高边坡开挖的安全要求，又能保证工程质量，确保工程安全、优质、快速地完成施工任务是技术人员必须认真考虑的问题^[3]。

六、高速公路高边坡开挖施工技术

（一）开挖技术要点

结合具体工程案例，应制定符合实际情况的高边坡开挖施工方案。在进行高边坡开挖时，为避免因高边坡开挖导致的地基下沉和土体变形等问题，应根据高边坡土质类别和填方高度确定相应的加固措施。若填方超过6m时，需对边坡土体采取抗滑桩、抗滑桩加预应力锚索等措施。此外，在进行边坡土体加固时还需根据施工场地情况确定支护方式和锚杆间距、锚杆直径等参数。对于高质量填方，应对填方高度进行严格控制，并配合相

应的加固措施，以满足高速工程建设要求。为提高高速公路施工质量以及保障高速公路运营安全，应科学合理地安排开挖顺序及施工工艺。在进行高边坡开挖时应保证开挖前的场地平整和排水工作到位；施工过程中严格按照设计要求进行施工；对于高质量填方施工作业人员应选择技术熟练、责任心强、素质过硬的专业技术人员进行施工作业；在保证质量要求的同时尽量缩短工期、加快施工进度。在高边坡开挖时要严格按照设计要求进行排水和防护措施工作。一般情况下，当填方坡顶无有效排水措施时必须设置截水沟或者集水坑以降低坡面径流对坡面土壤的冲刷；在开挖前需将路堑边坡设置为二级边坡，并在路堑边坡底部设置300 mm高的排水沟；当高质量填方边坡处有较大水流时应采取截水沟或者集水坑等方式进行防护并将其排水至路基外。此外，在进行高边坡开挖时还应对地表和坡面排水系统、排水沟等方面做好详细设计和规划工作^[4]。

（二）确定支护措施

边坡的支护措施一般可分为锚杆、喷射混凝土以及锚喷支护等三种类型。在对边坡进行支护时应根据所处区域的土质类别确定支护措施，一般情况下，路堑边坡可以使用抗滑桩和锚喷支护等措施来进行支挡加固。在对边坡进行治理时，需严格按照施工方案进行施工作业，不得出现随意变更的情况。而对于土质较差的边坡可采取喷射混凝土、锚喷支护等加固措施来对边坡进行治理；当边坡为粉砂时可使用预应力锚索和抗滑桩等加固措施；当边坡为砂岩或者页岩时可使用预应力锚索加固；当边坡为砂砾岩或者泥岩时可采用抗滑挡土墙来对边坡土体进行加固；当边坡为强风化页岩时可采用抗滑桩加预应力锚索等措施来对边坡土体进行加固^[5]。

（三）合理选择锚杆类型

预应力锚杆具有承载力大、抗弯能力强和施工效率高优点，因此被广泛应用于高边坡开挖中。为提高预应力锚杆的应用效果，应按照设计要求合理选择锚杆类型。在实际施工过程中应结合工程项目实际情况选择合理的锚杆类型，且要确保选用的锚杆类型与实际工程需要相符。为进一步提升预应力锚索使用效果，应尽量采用全孔长锚索。在进行全孔长锚索施工时需对地基土体和钻孔周围岩层情况进行详细了解，并在施工之前做好岩层勘探工作。同时，为防止全孔长锚索出现空锚现象，可对该段土体采取注浆方式进行加固处理。另外，为进一步保证预应力锚索支护效果，可采用多排小直径短螺旋钻进方式来对锚固段进行施工作业。最后可将小螺旋钻进过程中所产生的摩阻力作为预应力锚索初始拉力值并进行张拉作业；为使其更好地发挥作用需在张拉

完成后对其进行适当加固处理工作^[6]。

七、高速公路高边坡加固施工技术要点

高速公路高边坡开挖和加固施工技术是一个复杂且具有技术含量的项目，主要包括，测量放样、机械设备选择与配置、施工测量、锚杆加工与安装等内容。为确保在开挖和加固过程中能够满足设计要求，应采取科学合理的施工方案与技术措施，具体包括以下几个方面^[7]。

（一）对坡面的稳定性进行评估

为保证施工顺利进行，通过采用无损害性措施，确保坡面稳定。还应根据工程具体情况在坡面上设置锚杆和抗滑桩，并根据实际情况合理确定支护厚度、长度及数量。

（二）对内部结构进行详细探测和分析

根据相关规定对不良地质以及不稳定岩层加以处理，在加固施工过程中还需将表层的松散土石及时清除干净，保证其表面平整。对发生变形的地段应采用一定的工程措施予以加固处理，如采用锚杆或抗滑桩等形式。为确保高边坡开挖过程中不会出现滑坡现象和沉降问题，还需要提前进行监测工作。

（三）严格控制施工技术措施的选择与应用

为了保证高边坡开挖过程中能够达到预期的效果，应采用科学合理的开挖与加固方法并严格控制技术措施的选择与应用。具体来说可采取如下几个方面的措施：①选择具有较强抗滑性能和抗剪强度较高的抗滑锚杆、抗滑桩等结构形式；②合理布置锚杆间距、长度以及角度；③根据相关规范要求合理设计预应力锚索孔深；④按照施工图纸要求设置好各道工序的施工平台并保证施工平台符合设计要求；⑤在对锚杆施工前应充分了解工程地质条件，并在设计要求下设置合适数目和规格的钢筋笼及护筒；⑥按相关规范要求对各道工序进行质量检查与验收并满足有关技术标准及设计文件要求。

（四）保证施工质量和进度需要

（1）做好高边坡开挖和加固过程中可能出现变形现象影响因素的分析工作。在此基础上根据具体情况合理且有效地应对措施或处理方案来加以处理。

（2）要对高边坡开挖和加固过程中可能出现滑坡、坍塌等现象危害情况进行分析评估，并采取相应措施对其进行处理。在采用高边坡开挖和加固技术时需要将监控量测与技术方法加以应用，如可以将结构监测、应力监测以及变形监测等结合起来进行综合分析来实现对高边坡开挖和加固工程进行科学有效地监控与管理。

（3）为保证高边坡开挖和加固工程的质量满足设计要求，还需注意以下几点内容：①加强对地质条件的

调查与分析工作，如当发现存在较多不良地质时应在第一时间上报给相关部门加以处理。②在施工过程中要严格遵循设计要求、规范标准以及相关技术规范。③做好高边坡开挖、加固过程中质量检查工作。④为确保高边坡开挖和加固施工能够满足设计要求以及满足交通安全与运营安全需要应避免采用破坏性工艺。⑤高边坡开挖和加固过程中不能出现滑坡或坍塌等现象危害情况。

（4）为保证高速公路高边坡开挖和加固施工能够满足设计要求和规范标准，还需注意以下几点内容：

①根据具体工程实际情况合理选择适用且有效的技术措施或处理方案进行处理。②在高边坡开挖过程中应做好充分前期准备工作以便于后续工作的顺利开展及安全管理。③高边坡开挖完成后应及时采取相关措施进行防护处理，防止出现滑坡现象危害情况发生。④在对高边坡进行施工时必须做好安全防护措施，如设置防护网等。

八、结语

为了保证高速公路的施工质量和安全，一定要严格遵循技术标准和规范的程序进行操作，强化对整个施工过程的控制，要提高对高边坡开挖和加固施工的重视程度，避免高边坡变形的发生。在实际的施工过程中，施工企业要做好工程勘察工作，对施工段的周边环境及高边坡的特点有充分的认识，在确保工程质量和作业安全的基础上，制定出一套科学的开挖和加固施工方案，这样才能让高速公路工程的建设能够顺利地进行，从而达到预期的建设目标和建设效益。

参考文献

- [1] 李嘉兴. 基于DIC技术的高边坡施工中边坡变形信息监测方法研究[J]. 工程技术研究, 2022, 7(18): 4-6.
- [2] 段军. 公路高边坡施工中预应力锚索技术的应用探讨[J]. 山东工业技术, 2017(9): 111.
- [3] 王明辉, 陈光亮, 刘金鑫, 周珂. 高边坡支护施工技术要点探讨——以白鹤滩水电站宁南县移民安置工程为例[J]. 工程技术研究, 2022, 7(07): 49-52.
- [4] 黄岭. 高边坡预应力锚索框格梁关键工序施工技术研究[J]. 智能城市, 2021, 7(23): 153-154.
- [5] 谢文洁. 山岭重丘地区高速公路建设中的预应力锚索加固高边坡施工技术研究[J]. 交通世界, 2021(34): 72-73.
- [6] 彭云平. 高速公路高边坡开挖和加固施工技术分析[J]. 住宅与房地产, 2020(27): 189-194.
- [7] 卫仁. 高速公路高边坡开挖和加固施工技术[J]. 住宅与房地产, 2018(33): 200-201.