

兰州徐家湾不稳定边坡的综合治理技术

韩富强, 张锦灵, 庞磊

(河南省地矿局第五地质勘查院, 河南 郑州 450001)

摘要:采用抗滑桩、挡土板、预应力锚索、被动防护网、主动防护网、截(排)水渠、回填植树等工程措施对兰州市金城关徐家湾不稳定边坡进行综合治理,达到了安全效益、生态效益和经济效益的最优结合。在分析该区域工程地质条件的基础上,提出了设计总体思路和治理目的,重点介绍了各项工程措施的设计及施工要点。

关键词:边坡治理;抗滑桩;预应力锚索;主动防护网;被动防护网

中图分类号:P642.22 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2016)02-0078-07

Comprehensive Control of Unstable Slope in Lanzhou/HAN Fu-qiang, ZHANG Jin-ling, PANG Lei (No. 5 Institute of Geo-exploration of Henan, Zhengzhou Henan 450001, China)

Abstract: For the comprehensive control of an unstable slope in Lanzhou, by the use of anti-slide pile, soil retaining plank, pre-stressed anchor cable, passive protection net, active protection net, cutting (drainage) channel and backfill planting, the optimal combination of safety benefit, ecological benefit and economic benefit were achieved. Based on the analysis on regional engineering geological conditions, the paper puts forward the overall design ideas and introduces the design of various engineering measures as well as the construction points.

Key words: slope treatment; anti-slide pile; pre-stressed anchor cable; active protection net; passive protection net

1 工程概况

兰州市金城关徐家湾灾害治理区位于兰州市城关区白塔山西侧,黄河北岸九州台南侧山区,是兰州市一道重要的景观带。X8、X9 不稳定边坡位于上徐家湾老虎沟沟道两侧(见图1),该地区为少数民族聚集区,人口密度大,房屋依据原有坡地成台阶状分布,由于缺乏合理规划,房屋多建于坡脚下,区域地质环境较差。X9 不稳定边坡位于上徐家湾水车沟左侧,与 X8 不稳定斜坡间以一条小型冲沟分割,为一岩质斜坡,仅坡脚部分地段覆盖有 3~6 m 厚的坡积物。区内黄土具强湿陷性,湿陷等级为 IV 级,承载力特征值为 100~120 kPa。全新统黄土具中等压缩性,马兰黄土具低压缩性。该区域一直受地质灾害影响,影响了该区人们的生活质量。兰州市房地产开发公司拟对该地区投资建设“兰州徐家湾民俗风貌区”项目。为了彻底消除安全隐患,改善“兰州徐家湾民俗风貌区”项目的环境条件,对该地区进行综合治理。该边坡治理工程为永久性工程,边坡工程安全等级为一级。

2 工程区工程地质条件

2.1 地层岩性

治理区出露地层主要有第四系(Q)、古生界前寒武系(A_n)及零星分布的侵入岩。该区侵入岩零星分布,花岗岩(γ_{31})在评估区北侧山体较陡地带出露,属于加里东早期侵入岩,其岩性为灰白色、肉红色中粒花岗岩。

2.2 土体工程地质类型及特征

依据治理区土体成因类型和土体结构特征,将土体分为以下几种类型。

(1)粉土。在区内均有分布,其成因类型为冲积、洪积、坡积和重力堆积。其厚度一般 10~20 m,最大厚度 50 m,往往夹有多层砂土。由于成因复杂,结构多变,其物理力学性质差异很大,为中等压缩性土,稍密,具有 III~IV 级自重湿陷性,承载力特征值为 100~130 kPa。

(2)卵砾石。主要分布于区内黄河高阶地及较大支沟沟谷中,具有二元结构,上部为砂土,下部为卵石土。呈松散—稍密状,地基土承载力特征值为 400~500 kPa。

收稿日期:2015-12-12

作者简介:韩富强,男,汉族,长期从事岩土工程专业管理工作,河南省郑州市高新技术开发区莲花街 56 号,403452091@qq.com;张锦灵,男,汉族,高级工程师,长期从事岩土工程专业管理工作,24799741@qq.com;庞磊,男,汉族,长期从事岩土工程专业管理工作,42016649@qq.com。

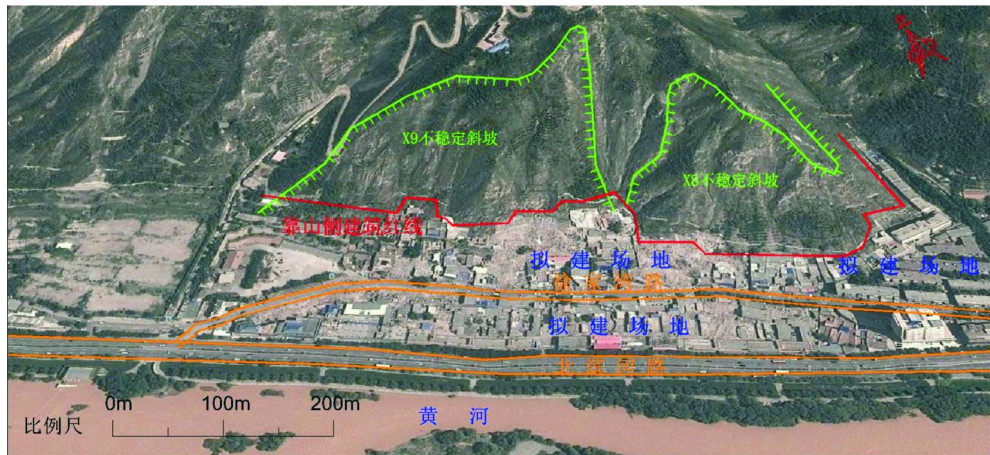


图1 上徐家湾不稳定斜坡空间分布图

(3)人工填土。杂填土、素填土均有,其分布较少,随意性大,厚度一般在2~4 m,局部地段大于4 m。人工填土成分复杂,主要为黄土、碎石、建筑垃圾及生活垃圾,因此物理力学性质差异极大,表现为中—高压缩性,局部有较强的湿陷性,承载力特征值为50~80 kPa。

(4)黄土。区内黄土以马兰黄土为主,随原始地形的起伏厚度变化较大,上部为黄土层,黄土与基岩接触带可见3~8 m沉积卵、砾石层,以下为花岗岩基岩层。

3 设计总体思路与治理目的

考虑到本次防治的不稳定斜坡处于兰州市金城关景区,且附近人口稠密,本着既要考虑安全与稳定,又要考虑景观效果,在满足稳定性要求前提下,尽可能采用工程措施、生态措施、规划相结合的手段。综合分析不稳定斜坡体的工程地质特征与防治措施的作用与效果,可采用坡脚防护为主与坡面防护相结合的综合治理方案,使得防治方案达到安全效益、生态效益和经济效益的最优结合。另外本着国土资源部门“依山而建,随坡就势”的理念,极大程度上保留原有场地的地形地貌,尽量少地扰动坡脚堆积层。经工程地质勘察工作,综合评价,不稳定斜坡现整体处于暂时稳定—变形阶段,其规划后大部分为不稳定或稳定性差(规划条件)。由于坡体上部堆积层、强风化层、黄土层等物理力学性质变化较大,局部坡体变形破坏严重,已出现崩塌、滑坡现象。威胁人口多,威胁财产巨大,地质灾害危险性属特重级。为此在规划实施阶段,对坡体必须采取治

理措施。本施工设计的目的是通过采取坡面锚固、坡脚防护及排水绿化相结合的综合措施,对不稳定边坡进行综合治理,以达到消除地质灾害隐患,保护受威胁人员的生命财产安全。

根据拟建项目区不稳定斜坡发育特征,区内发育斜坡失稳的类型主要为坡脚残坡积物滑移、片岩强风化层滑移(深层),为滑移型片岩失稳。针对不同的失稳类型、坡体稳定性、下滑力、坡体发育特征采用不同的治理方案。另外因斜坡处于城区人口密集区,整体治理方案需与环境绿化、景观设计相结合。

4 治理工程设计

根据拟建项目总体规划及不稳定斜坡特征,本次不稳定斜坡治理工程主要为抗滑桩、桩身锚索、挡土板、桩后回填、主动防护网(含锚杆、锚索)、被动防护网(含锚杆)、截水渠、排水渠、桩顶绿化。

4.1 抗滑桩设计

在不稳定斜坡前缘布设一排抗滑桩(见图2),抗滑桩布设为桩间中心距6 m,桩长26~30 m,桩体地面高程为规划高程,沿规划坡脚高程变化而产生变化,桩体嵌入深度10 m,其余为悬臂部分,桩断面为1.5 m×2.0 m的矩形;采用C25混凝土浇筑。桩顶采用4根1×7S15.2锚索锚拉。支撑不稳定斜坡坡积层及强风化层的稳定,增大滑体的稳定性,桩身桩顶采用锚索锚拉,桩身受力筋保护层厚度为100 mm;人工挖孔桩先做锁扣盘,边开挖边采用C25钢筋砼护壁,护壁深度等于桩身深度。桩与桩之间背山侧布设挡土板,挡土板后回填,桩顶回填平台植树绿化。

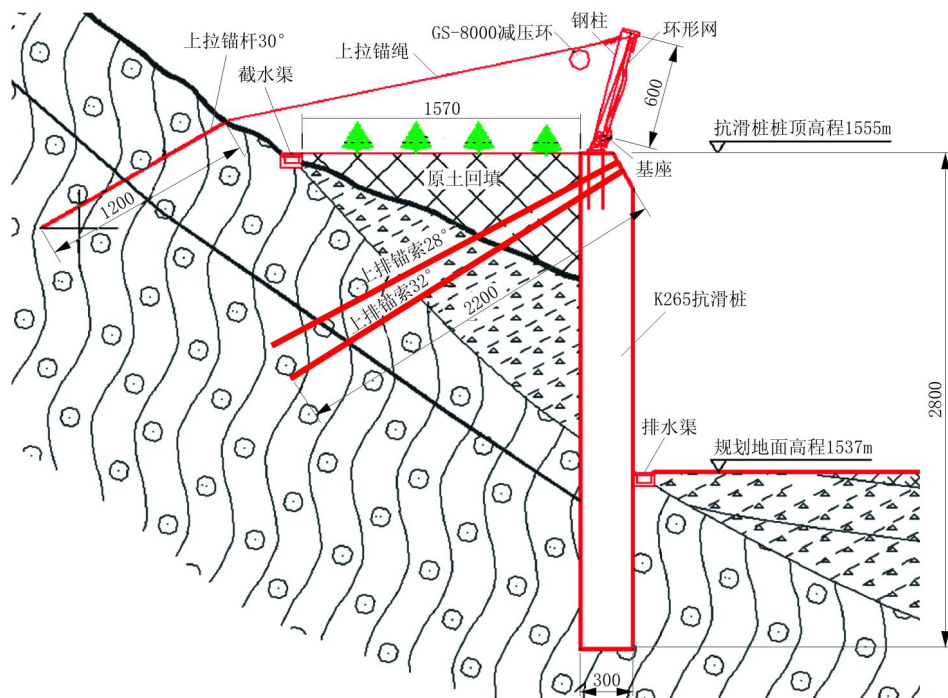


图2 抗滑桩治理工程布置图

背侧配筋(靠山侧)从上至下0~12.5 m采用18根HRB400 Φ 36螺纹钢(2根点焊成束),12.5~16 m共布设27根HRB400 Φ 36螺纹钢(3根电焊成束),16~19 m共布设45根HRB400 Φ 36螺纹钢,第一排用3根HRB400 Φ 36螺纹钢点焊成束,第二排为2根HRB400 Φ 36螺纹钢点焊成束;19~30 m共布设54根HRB400 Φ 36螺纹钢,第一排用3根HRB400 Φ 36螺纹钢点焊成束,第二排为3根HRB400 Φ 36螺纹钢点焊成束;面侧配筋采用18根HRB400 Φ 32螺纹钢(2根电焊成束),架立筋采用14根HRB400 Φ 28螺纹钢,箍筋采用HRB335 Φ 12螺纹钢,桩身每隔2 m做一道HRB335 Φ 16螺纹钢做加强筋,箍筋在地面高程-2~2 m区加密。

抗滑桩采用人工挖孔,抗滑桩施工时应隔桩开挖,作好护壁,桩孔开挖过程中应及时进行钢筋混凝土护壁,宜采用C25砼。护壁厚度应满足设计要求,并与围岩接触良好。护壁后的桩孔应保持垂直、光滑。直至到达设计规定的桩端持力层,孔成型后即进行成孔验收并做好有关记录、签证,吊装钢筋笼,最后浇筑桩芯。砼钢筋笼主筋在孔外连接,箍筋及主筋用吊车吊入孔内绑扎成型。孔内制作钢筋笼,竖筋的接头尽量采用套筒连接,必须考虑焊接时通风排烟,双面搭接焊、对焊或冷挤压。接头点须错开。竖筋的搭接处不得放在土石分界和滑动面

(带)处。井孔内渗水量过大时,应采取强行排水、降低地下水水位措施。桩身混凝土灌注应连续进行,每连续灌注0.5~0.7 m时,应插入震动器捣实一次。对出露地表的抗滑桩应及时派专人用麻袋、草帘加以覆盖并浇清水进行养护。养护期应在7天以上。桩身混凝土灌注过程中,应配合监理取样,做混凝土试块。每根桩取样应不少于2组。抗滑桩属于隐蔽工程,施工过程中,应做好滑带位置、厚度等各种施工和检验记录。

4.2 挡土板设计

抗滑桩地面以上部分桩与桩之间采用C25钢筋砼挡土板。根据厚度不同分I型挡土板(板厚0.3 m,位于以下0~10 m范围内)、II型挡土板(板厚0.4 m,位于以下10~19 m范围内)板宽1 m,为现浇C25钢筋砼挡土板。挡土板主筋采用HRB400 Φ 25钢筋,架立筋采用HRB400 Φ 22钢筋,箍筋采用HRB335 Φ 12圆钢;板中预设一排2个100 mm的PVC管作为泄水孔,泄水孔距板两侧1.0 m;挡土板与抗滑桩连接方式为挡土板紧靠抗滑桩受力侧浇筑;桩与桩之间挡土板的数量根据地面高程与桩顶高程确定。泄水孔靠山侧50 cm范围内回填卵石反滤层。

4.3 桩身锚索设计

桩身锚索(参见图3)工程布置在抗滑桩桩顶,

抗滑桩(桩长 26 ~ 30 m)桩顶布设 4 束 $7\phi_{s}15.2$ mm 预应力锚索,锚固段嵌入未风化的板岩或花岗岩中,锚固段长度 ≤ 6 m,自由段长度 ≤ 6.0 m,锚固体直径 130 mm,注浆材料用 1: 1 水泥砂浆,水灰比 0.40 ~ 0.45,砂浆体强度 ≤ 30 MPa,采用抗硫酸盐水泥。4 束 $7\phi_{s}15.2$ mm 锚索,上排锚索安装倾角为 32° ,下

排锚索安装倾角为 28° ,抗滑桩右侧锚索向外侧倾斜 3° ,抗滑桩左侧锚索向外侧倾斜 3° ; 2 束 $7\phi_{s}15.2$ mm 锚索安装倾角为 30° ,抗滑桩右侧锚索向外侧倾斜 3° ,抗滑桩左侧锚索向外侧倾斜 3° ; 1 束 $7\phi_{s}15.2$ mm 锚索安装倾角为 3° ;抗滑桩浇筑时采用 $\phi 90$ mm PVC 管预留锚索孔。

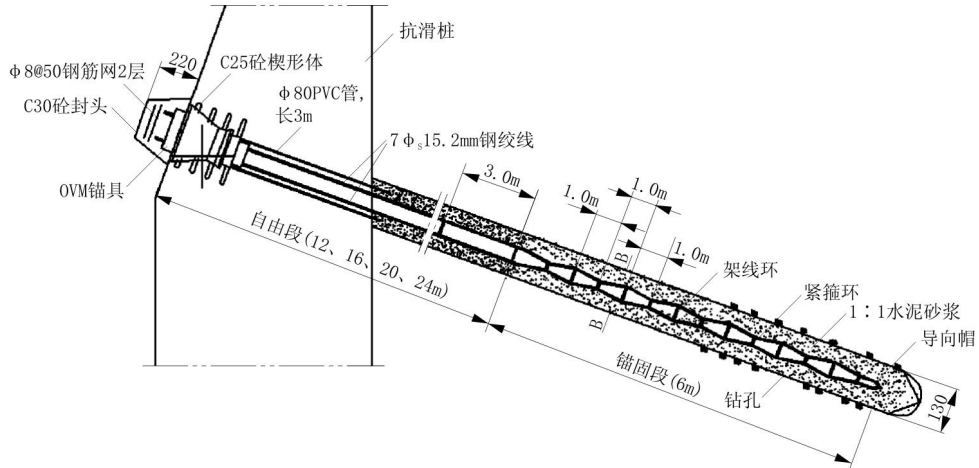


图 3 桩身锚索设计图

锚索结构设计,单根锚索设计锚固力 763.79 kN。锚索采用 7 束 $\phi 15.2$ mm 钢绞线制作,自由段长度 ≤ 6.0 m,锚固段长度 ≤ 6.0 m,锚索注浆采用 M30 水泥砂浆。锚孔口径 130 mm,长度要求进入中风化基岩不小于 6 m。锚索用钢绞线为 ASTM A 416-90a 7 丝标准型钢绞线(270 级),公称直径 15.2 mm,每 1000 m 理论质量 1102 kg,屈服荷载 234.6 kN。锚索进场后,做锚索基本试验。锚固工程坡面开挖后,应尽快布置锚固工程施工作业,待锚固工程施工完毕并产生加固作用后,在预应力锚索工程施工作业开始之前,应进行预应力锚索张拉试验,并完成预应力锚索试验报告,方可进行预应力锚索工程施工作业。在安装钻机时,应按照施工设计图采用全站仪进行测量放线确定孔位以及锚孔方位角(或拉线尺量配合测角仪定位),并作出标记,方可进行下道工序。孔径、孔深检查一般采用测量钻头直径和钻杆长度方法,钻具验送长度满足设计锚孔深度,用高压风吹验不存在明显飞贱尘渣及水体现象。同时要求复查锚孔孔位、倾角和方位,全部锚孔施工分项工作合格后,即可认为锚孔检验合格。锚孔完成后,应及时安装锚索并进行锚孔注浆。锚筋体制作时应进行外观检验和锚筋体各部件检查。锚筋应经无油污和无锈斑处理,筋股顺直完好,无死

弯硬折或严重碰割损伤。有硬折和损伤应切除,不得使用。锚筋筋股的排列分布与编束绑架应符合设计要求,筋股顺直,不扭不叉,互不贴接,排列均匀,绑架牢固。锚筋自由段塑料套管、注浆套管、隔离(对中)支架、紧箍环以及导向尖壳绑扎捆架应符合设计要求,塑料套管绑扎稳固密塞,具有足够强度,外观完好,注浆管安装位置正确,捆扎匀称,松紧适度;隔离(对中)支架、紧箍环和导向尖壳等分布均匀、定位准确,绑扎结实稳固。锚筋体安装入放锚孔前,应检查锚筋体制作质量,确保锚筋体组装满足设计要求,并经现场监理工程师认可。锚筋体长度应与设计锚孔深度相符,锚筋体应无明显弯曲、扭转现象,锚筋防护介质无损伤,凡有损伤的必须修复。安放锚筋体时,要求平顺推送,严禁抖动、扭转和串动,防止中途散束和卡阻。锚筋体入孔长度应满足设计要求,锚筋体安装完成后,不得随意敲击,不得悬挂重物。锚孔注浆必须采用孔底返浆方法,直至孔口溢浆充满,严禁注浆时拔出注浆管或孔口注浆,如发现孔口浆面回落,应及时进行孔底压注补浆 1 ~ 2 次,遇有异常情况需经设计代表会同现场监理会诊确定处置方案。当采用二次高压劈裂注浆提高地层锚固力时,要求以浆体强度控制开始劈注时间(一次浆体强度为 5 MPa),并注意二次注浆管之锚固段

内设花孔和封塞。浇注砼垫墩,安装锚具,待锚固段水泥浆和砼垫墩的强度达到设计强度的80%时,按照设计要求进行预应力锚索的张拉锁定,并经锚头空隙补浆工序后进行封锚作业。

4.4 被动防护网设计

被动防护网采用RXI-100型,被动防护网系统高度6 m,钢柱间距6 m。系统组成:钢柱构件+菱形钢丝绳网+支撑绳+拉锚系统+缝合线+减压环。钢柱构件包括:钢柱、基座、钢柱连接件、地脚螺栓锚杆和基座及连接件。其中钢柱为20b型工字钢

加工而成,高6 m;地脚与抗滑桩桩顶连接,地脚螺栓锚杆采用 $\varnothing 32$ mm二级螺纹钢,长1.5 m,预埋入抗滑桩内1 m;基座及连接件为单一型号的标准件(GS-7001型),采用抗滑桩、挡土墙作为被动防护网的基础(见图4)。根据计算,冲击动能约为147.62~479.42 kJ,RXI-100型被动防护网最大可拦截滚石能量为1000 J。根据滚石特点,在抗滑桩、挡土墙桩顶拟布设被动防护网对坡顶失稳滚落的落石进行被动拦护。

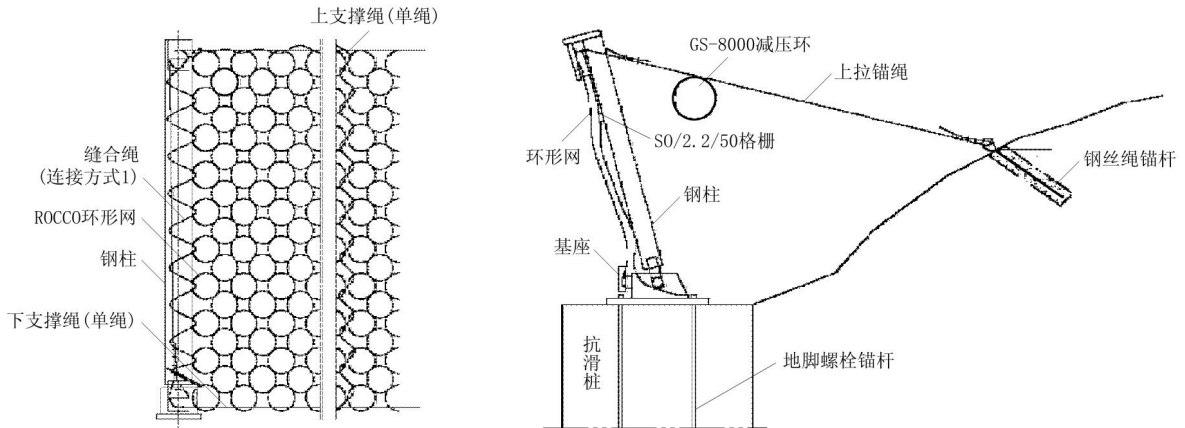


图4 被动防护网设计图

菱形钢丝绳网:网的型号DO/08/200,菱形钢丝绳网,钢丝绳直径为8 mm,网孔尺寸200 mm(菱形边长)。菱形钢丝格栅网:网的型号SO/2.2/20,菱形钢丝绳网,钢丝绳直径为2.2 mm,网孔尺寸20 mm(菱形边长)。支撑绳:上下支撑绳均采用 $\varnothing 16$ mm钢丝绳。拉锚系统:在抗滑桩和挡土墙后回填平台宽度 > 8 m的地方采用 $\varnothing 32$ mm锚杆进行锚固,侧拉锚杆孔深5 m、上拉锚杆孔深12 m,孔径均为110 mm,砂浆强度M30,锚杆抗拔力 > 50 kN;上拉锚绳、侧拉锚绳及下拉锚绳均采用 $\varnothing 16$ mm钢丝绳;在抗滑桩和挡土墙后回填平台宽度 < 8 m的地方采用C25砼锚墩锚固,锚墩长1.5 m,宽1 m,高1.5 m,墩内预埋长2 m的 $\varnothing 32$ mm钢筋。减压环:采用GS-8000型;减压环布设密度为每根拉锚绳上布设一个,支撑绳上每4.5 m布设一个。

4.5 主动防护网设计

主动防护网采用GAR2系统(见图5),纵横交错的 $\varnothing 16$ mm横向支撑绳和 $\varnothing 12$ mm纵向支撑绳与 4.5 m \times 4.5 m正方形模式,边沿局部根据需要有时为 4.5 m \times 2.5 m。布置的预应力锚杆相联结并进

行预张拉,支撑绳构成的每个 4.5 m \times 4.5 m网格内铺设一张DO/08/300/4 m \times 4 m型钢丝绳网,每张钢丝绳网与四周支撑绳间用缝合绳缝合联结并拉紧,从而提高表层岩土体的稳定性,尽可能地阻止崩塌落石的发生并将小部分落石限制在一定的空间内运动,同时在钢绳网下铺设小网孔SO/2.2/50型格栅网,以阻止小尺寸岩块的崩落或限制局部岩土体的破坏。主动防护网支撑绳端头的锚固采用锚索,锚索长度12 m,砂浆强度M30,其中锚固段长度 < 6 m,孔径130 mm。支撑绳交叉点的锚固采用 $\varnothing 32$ mm锚杆,采用全粘结锚固,孔深6 m,砂浆强度M30。

主动防护网施工前,清除坡面防护区域内威胁施工安全的碎石及破碎物,对不利于施工影响安装后正常使用功能的局部地形进行适当修整,本工程局部较大的危石可爆破处理。根据图纸设计锚杆钻孔深度,应略大于设计锚杆长度,孔径 < 130 mm,注浆并插入锚杆,采用标号不低于M20的水泥砂浆,宜用灰砂比1:(0.5~1.1)、水灰比0.45~0.50的纯水泥浆,水泥宜用PO.42.5号普通硅酸盐水泥,确保浆液饱满,在进行下一道工序前注浆体养护

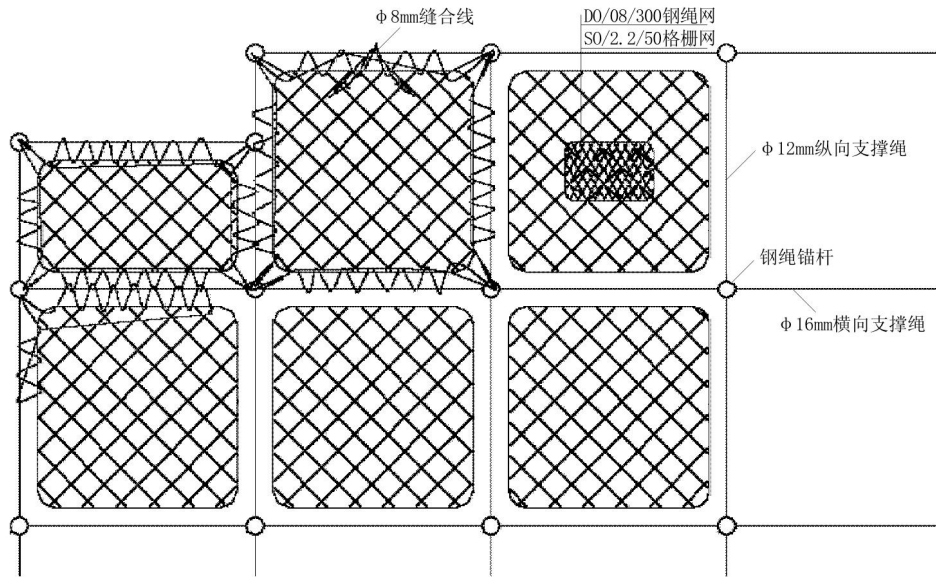


图 5 主动防护网设计图

根据气温不少于 3~5 天。从上向下铺挂格栅网,格栅网间重叠宽度 ≤ 5 cm,两张格栅网间以及必要时格栅网与支撑绳间用 $\phi 1.5$ mm 铁丝进行扎结,当坡度 $< 45^\circ$ 时,一般扎结点间距 ≥ 2 m,当坡度 $> 45^\circ$ 时,一般扎结点间距 ≥ 1 m。从上向下铺设钢绳网并缝合,缝合绳为 $\phi 8$ mm 钢绳,每张钢绳网均用一根长约 31 m 的缝合绳与四周支撑绳进行缝合并预张拉,缝合绳两端各用两个绳卡与网绳进行固定联结。安装纵横向支撑绳,张拉紧后两端各用 2~4 个(支撑绳长度 < 15 m 时为 2 个, > 30 m 时为 4 个),其间为 3 个)绳卡与锚杆外露环套固定连接,将格栅网压于支撑绳之下。

4.6 截、排水渠设计

截水渠工程主要布设于抗滑桩、挡土墙顶部回填后平台的靠山侧;排水渠工程主要布设于抗滑桩前缘。排水渠为矩形截面,截面内侧宽 0.8 m,深 0.4 m;排水渠壁为 0.2 m,底厚 0.2 m,采用 C25 混凝土浇筑,每隔 15 m 设一道伸缩缝,缝宽 2 cm,缝内填塞沥青木板条。顶部采用 C25 钢筋混凝土盖板,盖板预留下水孔,孔径 10 cm。基础处理为对原土夯实处理后采用 30 cm 厚 M10 砂浆垫。截排水沟按设计要求,并结合实际地形进行放线施工。沟谷段需进行砂浆垫层处理。截排水沟开挖的槽和底采用 2~5 cm 水泥砂浆调平,遇局部架空采用砂浆垫层嵌补。按设计要求和施工技术规范支模板、完成砼浇注,并振荡捣实。

4.7 挡土板墙后回填、植树

不稳定斜坡挡土板后采用抗滑桩挖方及场地平整多余的土方回填,填土方量根据地形条件确定,回填高度与挡土板顶部齐平,墙后采用素土分层回填夯实,人工或机械夯实分层厚度 ≥ 300 mm;土方回填杂物清理干净,回填物粒径 ≥ 100 mm;回填范围内遇泄水孔则先安置泄水孔再回填,泄水范围内不得采用机械夯实,夯实方法为人工打夯,每层压实遍数 3~4 遍。靠板侧 50 cm 范围内回填卵石过滤层,在回填后的平台部位种植高约 1 m 的柏树,植树横、竖间距为 1 m。回填填料宜采用透水性好的碎石土,碎石土粒径 < 8 cm,碎石土中碎石含量 30%~80%。含水量与最优含水量误差 $< 3\%$ 左右。填筑前应清除基底腐殖土,并对基底进行碾压。地表坡度陡于 1:5 时,应开挖成台阶状。

5 治理效果

该边坡防治工程对不稳定斜坡进行综合治理,保护了兰州市的生态环境,达到了景观效果。防治方案达到了安全效益、生态效益和经济效益的最优结合。极大程度上保留了原有场地的地形地貌(参见图 6)。

6 结语

对不稳定边坡采用综合治理的施工方法。主动防护网的设置对山体碎石起到了防护作用,被动

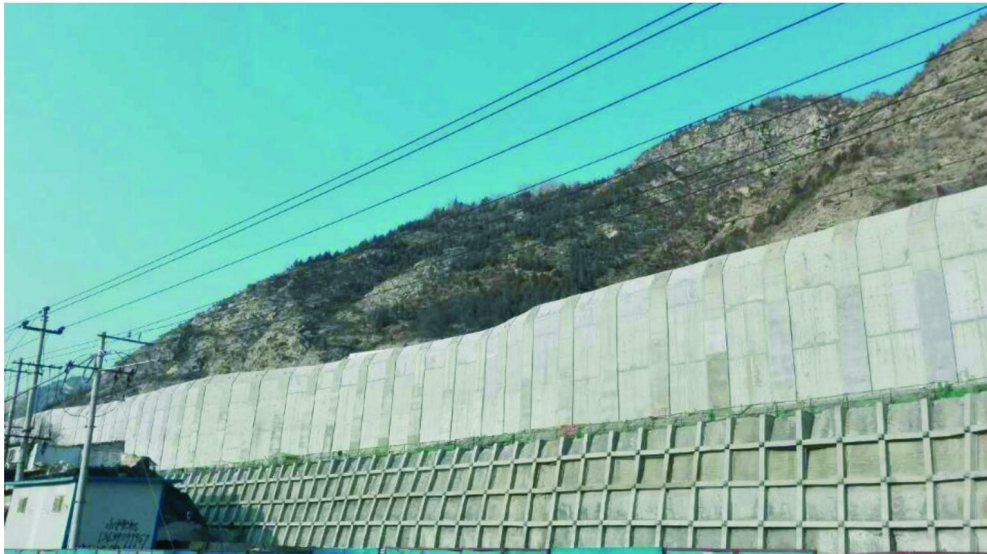


图6 治理后的效果图

防护网对山体滑落碎石起到拦截效果,特别是大悬的抗滑桩,桩顶采用预应力锚索,在工程中应用起到了较好效果,减少经济投入,桩顶绿化美化了沿线环境,起到了较好的治理效果,达到了综合治理的目的,边坡体基本得到控制。给沿线的居民及财产安全提供了保证。同时提高了黄河沿岸的景观效果。经过综合治理,取得了一定的成效,但也暴露出不足之处,对于不足之处应认真总结经验教训,对类似工程施工可起到参考作用。

参考文献:

[1] 官欢民,赵怀.兰州市金城关民俗风貌区旧城改造边坡治理工程勘察报告[R].甘肃兰州:甘肃有色工程勘察设计研究院,

2013.

- [2] DZ/T 0219—2006,滑坡防治工程设计与施工技术规范[S].
- [3] GB 50330—2002,建筑边坡工程技术规范[S].
- [4] 门玉明,王勇智,等.地质灾害治理工程设计[M].北京:冶金工业出版社,2011.
- [5] 郑颖人,陈祖煜,等.边坡与滑坡工程治理[M].北京:人民交通出版社,2007.
- [6] 李武,伏喜军,刘正波.柔性防护系统在锦屏电站边坡防护中的应用[J].人民长江,2009,(18):101-102.
- [7] 宁库.柔性防护网系统护坡施工技术[J].山西建筑,2007,33(32):146-147.
- [8] 张晓宁.浅谈公路路基防护设计与环境保护[J].内蒙古科技与经济,2012,(2):38.
- [9] 赵明阶,何光春,王多垠.边坡工程处治技术[M].北京:人民交通出版社,2003:241-255.