



中国地质灾害防治工程行业协会
China Association of Geological Hazard Prevention

危岩落石柔性防护网工程技术规范

Technical Specification for Flexible Falling Rock Barrier Engineering

主编单位：绍兴文理学院

参编单位：四川省地矿局成都水文地质工程地质中心
中国科学院地理科学与资源研究所
北京交通大学
贵州省地矿局
北京市地质研究所

青岛理工大学

广西壮族自治区桂林水文工程地质勘察院
四川奥思特边坡防护工程有限公司
布鲁克（成都）边坡防护工程有限公司
浙江岩创科技有限公司

PPT制作：洪习成 13808221399



中国地质灾害防治工程行业协会
China Association of Geological Hazard Prevention

绍兴文理学院

主编：伍法权（二级教授）

浙江省特级专家、国务院政府特殊津贴专家

国际工程地质与环境协会（IAEG）秘书长、IAEG中国国家小组主席，
中国地质学会工程地质专业委员会副主任兼秘书长、《工程地质学报》副主编

曾任中国科学院地质与地球物理研究所科研处长、所长助理、中国科学院工程地质力学重点实验室主任，中国岩石力学与工程学会副理事长兼秘书长，IAEG副主席。2013年当选俄罗斯自然科学院外籍院士。

主持和参与完成国家自然科学基金重点、国家科技攻关与973课题、中国科学院特别支持领域和重点部署项目、铁道部重大专项、三峡工程等大型水电工程、南水北调西线，以及兰渝铁路隧道等研究项目50余项。曾担任国家发改委、国土资源部、铁道部等部门工程地质专家，国务院三峡办三峡库区第三期高边坡防护规划专家工作组组长。

建立统计岩体力学理论体系，发表论文200余篇，出版专著5部，参编国家规范3部，主编行业标准和团体标准2部。获国家科技进步二等奖及省部级科技奖7项。指导硕士、博士、博士后研究人员71名。





中国地质灾害防治工程行业协会
China Association of Geological Hazard Prevention

绍兴文理学院

办学历史可追溯到1909年创办的山会初级师范学堂

鲁迅先生曾出任山会初级师范学堂监督（校长）现有注册资本3.2亿元。

坚持以学科建设为重心、科学研究为支撑，积极推进协同创新，全面提升科研水平与社会服务能力。目前拥有7个硕士学位授权一级学科和6个专业硕士学位点，有6个省一流学科（B类），工程学学科进入ESI全球排名前1%。





汇报内容

- 一、柔性防护网简介
- 二、标准编制背景
- 三、标准编制原则
- 四、标准主要内容
- 五、关键技术指标
- 六、标准应用探讨



中国地质灾害防治工程行业协会
China Association of Geological Hazard Prevention

一、柔性防护网简介

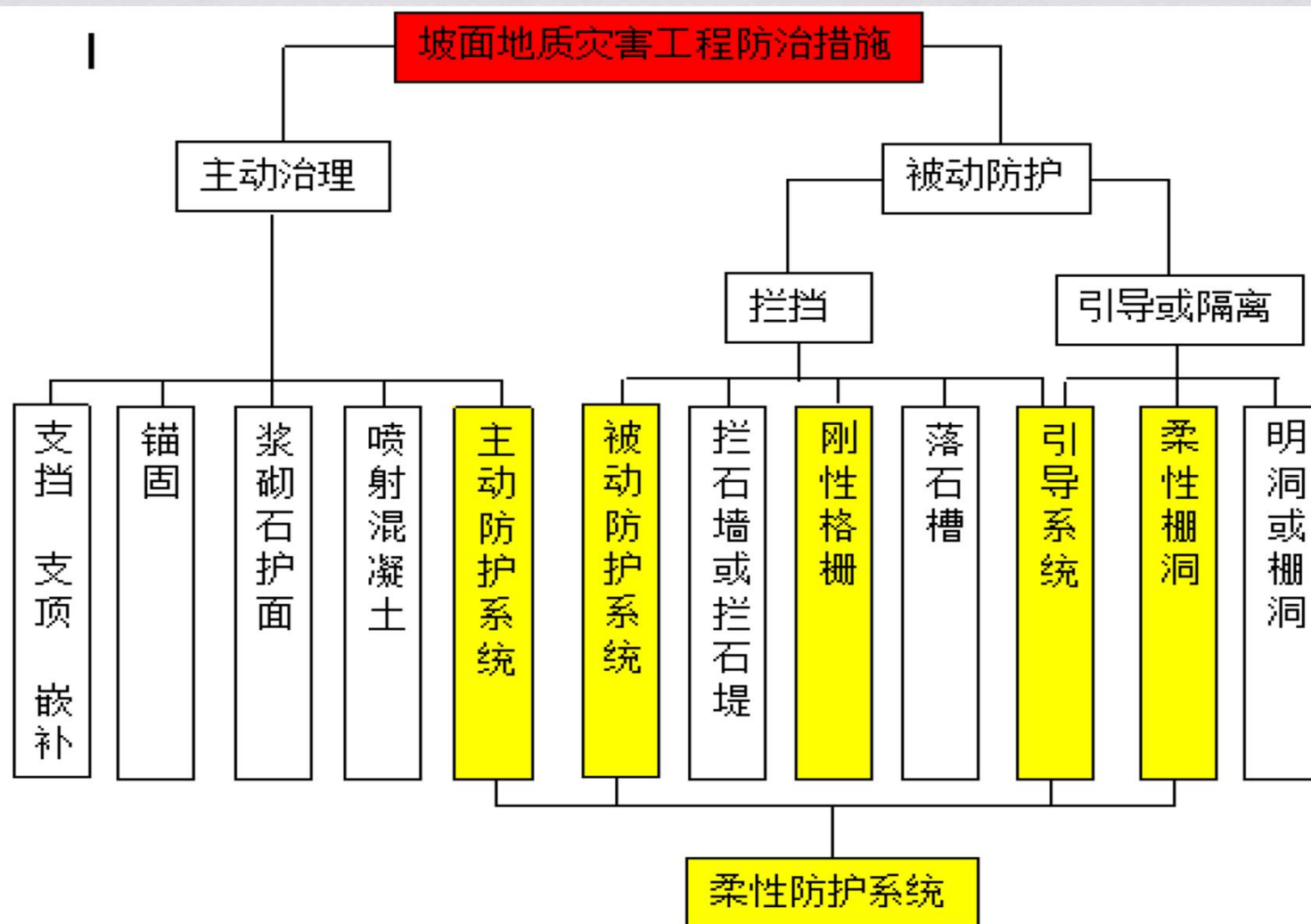


中国地质灾害防治工程行业协会
China Association of Geological Hazard Prevention



我国是多地质国家，崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害时有发生，对铁路、公路以及大型水电工程的安全带来巨大危害。







一、柔性防护网简介

柔性防护技术于1995年引入中国，主要分为主动防护与被动防护两大系列，与拦石墙、钢轨栅栏等传统的边坡落石防护方式相比，具有施工快速、对环境影响小、防护等级高等特点，在国内推广很快。



拦石墙



钢轨栅栏



主动防护



被动防护

传统防护产品

柔性防护产品



一、柔性防护网简介

随着危岩落石的防护的新要求，传统的主被动网柔性防护已经满足不了目前防护需求，新的柔性防护形式应运而生。其中引导网（张口式和覆盖式）发展最为迅猛；隧道洞口柔性棚洞等新型防护形式已经在我国公路、铁路系统应用开来。



张口式帘式网



覆盖式帘式网



柔性棚洞



一、柔性防护网简介

柔性防护产品在二十年多年的工程应用中，也存在一些问题，主要有：

- a. 产品标称能级与实际防护能级不符
- b. 产品配置不合理（消能装置未启动，系统已崩溃）
- c. 缓冲距离过大，易侵线
- d. 产品维护难



防护能级不符



产品配置不合理



缓冲距离大



维护难



一、柔性防护网简介

工程应用中也有不少问题，以下几个我国实际工程中的案例：



风大线KZ53主动网“鼓肚子”现象



巴塘-芒康被动网中石头悬挂道路上方





中国地质灾害防治工程行业协会
China Association of Geological Hazard Prevention

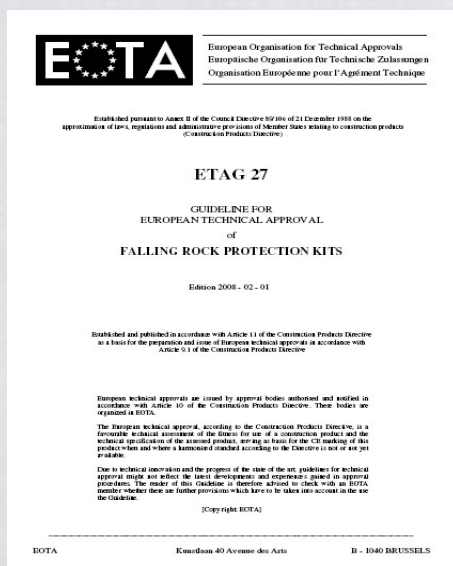
二、标准编制背景



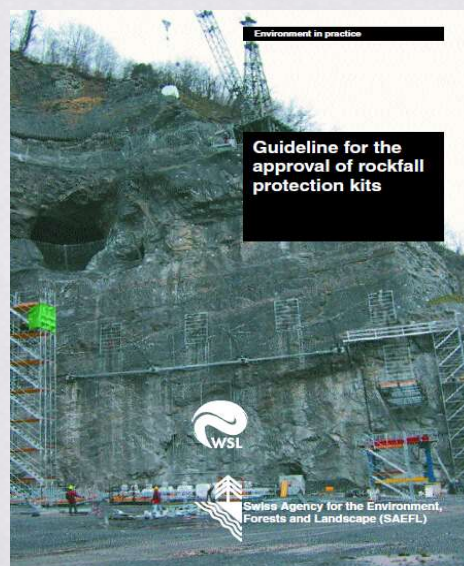
二、标准编制背景

1.标准体系建设的需要

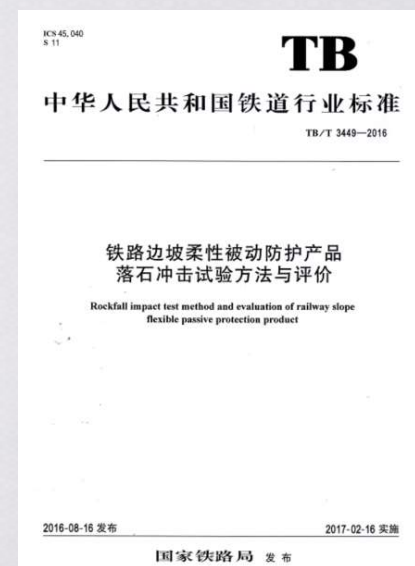
(1) 经过对欧盟、日本等国家柔性防护产品行业进行调研发现，国外有严格的产品认证体系，目前我国该方面仅有《铁路边坡柔性被动网防护产品落石冲击试验方法与评价》针对被动网的产品检测，其他产品缺少相关检测标准。



落石防护系统欧洲技术认证指南



瑞士认证指南



3449被动网标准



二、标准编制背景

2.工程设计需要

瑞士、意大利和日本等国家具有完善的防护设计体系，根据危岩落石的滚落的轨迹、弹跳的高度、冲击能量以及落点位置等计算分析，合理的设计防护网的配型及安装位置。我国目前体系有待更加完善。

自然灾害防护	矿井/隧道	道路/交通/汽车运动
落石防护 边坡稳定 泥石流和滑坡防护 雪崩防护	矿井/隧道 落石防护 边坡稳定 雪崩防护	赛道 试车跑道和试验场 道路护栏
特殊应用		
冲击防护		
	6米碎片挡网 DELTAX® FIA赛道隔离护栏 G80/3型MINAX®格栅网 G80/4型MINAX®格栅网 GBE落石防护系统 GREENAX® Maintenance in Cement Plants MESHA®机械手 Monitoring AVYX® Avalanche Radar	Monitoring DEFOX® Deformation Camera Monitoring Georadar Monitoring ROCYX® Rockfall Radar Road fencing ROCKFALL-X Rolled Cable Net QUAROX® RXE型落石防护系统 SPIDER®-系统 SPIDER®雪崩防护系统 TECCO® 防护系统
		TECMAT® UX型泥石流防护系统 VX型泥石流防护系统 悬臂及柔性棚洞 浅表层滑坡防护系统SL 混凝土护栏 移动式FIA赛道隔离护栏 窗帘式防护网 维修站墙 缓冲式拦挡系统 裁判防护挡网 锚杆保护装置 ABOXX

瑞士布鲁克按行业及系统分类



二、标准编制背景

3.材料质量检验与工程验收的需要

国 内

现行规范中，只对产品部件的静力试验提出了要求，没有系统的冲击试验，没有盐雾试验。

国 外

企业对材料和部件进行性能试验及盐雾试验，国家对防护系统作强制性的系统动态冲击试验。

从1995年到2010年，国内没有1座冲击试验平台对系统进行检验，同期欧洲有3座冲击试验平台。

系统动态检测



欧盟8000kJ冲击试验



法国斜冲试验

系统静态检测



电子万能试验机



顶破力试验





二、标准编制背景

4.我国工程“走出去”背景下与国际接轨

我国公路、铁路在“走出去”过程中将面临激烈竞争，遭遇技术标准壁垒。

2008年，欧盟《落石防护网欧洲技术认证指南》发布，并在2012年进行了修订，要求产品必须通过足尺寸落石冲击试验，方可应用于工程现场，此认证体系得到广泛认可，基本成为目前世界各国公认的产品检测标准。

因此，结合我国国情制定与国际接轨的技术标准，已经成为提高我国交通建设国际竞争力，推动我国交通建设“走出去”的重要途径。



同理，地质灾害工程治理，必将随着一带一路走国门



中国地质灾害防治工程行业协会
China Association of Geological Hazard Prevention

三、标准编制原则



三、标准编制原则

序号	考虑因素	遵循原则
1	标准的结构与格式	《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编制》
2	与其他相关规范关系	统一性、协调性、适用性、规范性
3	与欧盟标准关系	技术参数原则上不低于欧盟标准
4	标准的适用性	充分考虑企业生产技术、养护维修技术等现状
5	标准的开放性	满足功能性能需求即可应用，鼓励产品类型多样化



中国地质灾害防治工程行业协会
China Association of Geological Hazard Prevention

四、标准主要内容



四、标准主要内容

章节序号	章节名称	章节内容
1	范围	规定本标准包含内容及使用范围
2	规范性引用文件	引用标准名称
3	术语和定义	术语 31 个
4	基本规定	从勘察到产品维护工 7 个基本规定
5	危岩落石勘查与评价	规定了外业的勘测、勘探及室内物理力学性能试验和内业报告编制相关事宜
6	柔性防护网工程设计	规定了主被动及帘式网的设计，锚固设计相关事宜
7	施工及监理	规定了基础施工及防护网安装施工相关事宜
8	质量检验与工程验收	规定了防护网的检验及工程验收相关事宜
9	工程监测与维护	规定了防护网效果、检测及维护相关事宜



四、标准主要内容

1 范围

本规范规定了危岩落石柔性防护网工程的术语和定义、基本规定、危岩落石勘查与评价、柔性防护网工程设计、施工与监理、质量检验与工程验收、工程监测与维护等的要求。

本规范适用于地质灾害治理危岩落石柔性防护网工程，交通、水利水电、矿山、工业与民用建筑，以及其他相关工程中的危岩落石柔性防护网工程可参照本规范执行。危岩落石柔性防护网工程除应按照本规范的规定进行工程地质勘查、危岩落石危险性评价以及防护工程设计、施工与后期维护外，尚应符合国家现行有关技术标准的规定。

四、标准主要内容

2.规范性应用文件

2 规范性引用文件

下列文件对于本规程的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 1499. 2	钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋
GB 50017	钢结构设计规范
GB 50021	岩土工程勘察规范
GB 50086	岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
GB/T 700	碳素结构钢
GB/T 5974. 1	钢丝绳用普通套环
GB/T 5974. 2	钢丝绳用重型套环
GB/T 6946	钢丝绳铝合金压制接头
GB/T 10125	人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
GB/T 19292. 1	金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 分类
GB/T 11263	热轧 H 型钢和剖分 T 型钢
GB/T 13912	金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法
GB/T 19292. 2	金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 腐蚀等级的指导值
GB/T 20065	预应力混凝土用螺纹钢筋
GB/T 20118	一般用途钢丝绳
GB/T 20492	锌-5%铝混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线
DZ/T 0286	地质灾害危险性评估规范
TB/T 3449	铁路边坡柔性被动防护产品危岩落石冲击试验方法与评价
TB/T 3089	铁路沿线斜坡柔性安全防护网
YB/T 4364	锚杆用热轧带肋钢筋
YB/T 5294	一般用途低碳钢丝
YB/T 5343	制绳用钢丝
YB/T 5357	钢丝镀层 锌或锌-5%铝合金

GB 50021	岩土工程勘察规范
DZ/T 0286	地质灾害危险性评估规范
TB/T 3449	铁路边坡柔性被动防护产品
	危岩落石冲击试验方法与评价

TB/T 3089	铁路沿线斜坡柔性安全防护网
-----------	---------------

四、标准主要内容

3.术语和定义

本规范共定义了31个术语

3.1.1	危岩体	unstable rock mass	受多组结构面控制，已出现可能发生坠落、滑移、倾倒等变形破坏的岩体。
3.1.2	危岩落石	Rock fall	在自身重力和外力的作用下丧失稳定性，脱离母岩，向下坠落的石块。
3.1.3	危岩落石灾害调查	Investigation of rock fall hazard	为确定危岩落石发生源的规模 and 稳定性、危岩落石运动路径、危岩落石弹跳高度、危岩落石运动能量、危岩落石危险性和危害性等级等所进行的综合性地质调查。
3.1.4	危岩落石发生源	Rock fall source	产生危岩落石的危岩区域、危岩体。
3.1.5	停积区	Stop area	众多危岩落石停止运动后分布的区域。
3.1.6	危岩块度	Rock block	被多组结构面分割的危岩体三维尺寸中的最大尺寸。
3.1.7	危险性等级	Risk grade	发生危岩落石可能性等级。
3.1.8	危害性等级	Hazard grade	发生危岩落石后可能造成的破坏程度。
3.1.9	危岩落石运动	Movement of rock fall	危岩落石在坡面上滑动、滚动、弹跳的运动过程。
3.1.10	危岩落石路径	Trajectory of rock fall	危岩块体失稳脱离母岩在斜坡坡面上运动、停止留下的轨迹。
3.1.11	柔性防护网	Flexible wire net barrier	以金属柔性网为主要构件，以覆盖、拦截、引导等基本作用形式来防护危岩落石灾害的防护结构系统，简称防护网。
3.1.12	主动防护网	Active protection nets	采用系统化排列布置的锚杆和支撑绳固定方式，将金属柔性网覆盖在具有潜在危岩落石斜坡上，实现危岩加固或将危岩落石约束在其原位附近的一种防护网，简称主动网。
3.1.13	被动防护网	Protective net	

3.1.15	梅花形锚固网	Oblique-cross net	采用梅花形布置的钢筋锚杆和锚垫板、连接相邻网片的缝合绳（丝）或连接件，将柔性网片连续覆盖在坡面上所形成的主动防护网。
3.1.16	矩阵式锚固网	Cross net	采用纵横排列的柔性锚杆和支撑绳、连接柔性网与支撑绳的缝合绳，将柔性网片覆盖在坡面上所构成的主动防护网。
3.1.17	环形网	Ring net	用钢丝盘结成环相互套接而形成的网。
3.1.18	钢丝绳网	Wire rope net	用钢丝绳编制并在交叉结点处用专用卡扣固定的柔性网。
3.1.19	消能装置	Bumper device	柔性防护系统中用于吸收能量的装置。
3.1.20	钢柱	Post, steel column	对防护系统起直立支撑作用的构件。
3.1.21	基座	Base plate	钢柱的定位座。
3.1.22	支撑绳	Support rope	用以实现金属柔性网按设计形式铺挂、对金属柔性网起支撑加固作用的钢丝绳。
3.1.23	拉锚绳	Anchor rope	连接于钢柱顶部与锚杆间的钢丝绳，根据其位置和作用的不同分为上拉锚绳、下拉锚绳、侧拉锚绳和中间加固拉锚绳。
3.1.24	缝合绳	Sewing rope	用于金属柔性网之间或与其与支撑绳之间联结的钢丝绳。
3.1.25	连接锁扣	Connection clips	用以实现高强度钢丝网的网片间或网片与支撑绳间点式连接的回形扣件。
3.1.26	节点卡扣	Cross clip	用以实现钢丝绳网中两根钢丝绳交叉节点处紧固的扣件。
3.1.27	防护能级	Maximum Energy Level	

被动网定型冲击试验中，受冲击动能大小等于其防护能级的试块冲击之后未移除试块前，上、下支撑绳连线在系统下侧坡面法线方向的投影长度。

3.1.30 缓冲距离 Buffer distance

被动网定型冲击试验中，试块冲击柔性网后，沿系统下侧坡面方向的最大位移。

3.1.31 易维护性 Serviceability

易于进行局部构件更换，保证系统恢复到不低于设计要求性能。



四、标准主要内容

3.术语和定义

3.1.2 危岩落石 Rock fall

在自身重力和外力的作用下丧失稳定性，脱离母岩，向下坠落的石块。

3.1.11 柔性防护网 Flexible wire net barrier

以金属柔性网为主要构件，以覆盖、拦截、引导等基本作用形式来防护危岩落石灾害的防护结构系统，简称防护网。



四、标准主要内容

3.术语和定义

3.1.12 主动防护网 Active protection nets

采用系统化排列布置的锚杆和支撑绳固定方式，将金属柔性网覆盖在具有潜在危岩落石斜坡上，实现危岩加固或将危岩落石约束在其原位附近的一种防护网，简称主动网。

3.1.13 被动防护网 Protective net

采用锚杆、钢柱、支撑绳和拉锚绳等固定方式，将金属柔性网以一定的角度安装在坡面上，形成栅栏形式的拦石网，实现对危岩落石拦截的一种防护网，简称被动网。

3.1.14 引导防护网 Pocket-type protective net

采用锚杆、钢柱、支撑绳等构件将金属柔性网覆盖或支撑在坡面上，以引导或控制危岩落石运动轨迹和停积范围的柔性防护系统，分为覆盖式引导防护网和张口式引导防护网。





四、标准主要内容

3.术语和定义

3.1.27 防护能级 Maximum Energy Level

表征被动网最大防护能力的标称值，其大小等于标准试验条件下被动网成功拦截的试验块体最大冲击动能。

3.1.28 被动网防护高度 Rockfall barrier height

被动网上、下支撑绳安装位置决定的最大安装高度，其大小等于钢柱处顺钢柱测得的上、下支撑绳间的距离。

3.1.30 缓冲距离 Buffer distance

被动网定型冲击试验中，试块冲击柔性网后，沿系统下侧坡面方向的最大位移。



四、标准主要内容

4 基本规定

4.1 危岩落石柔性防护网工程应遵循以下基本原则

4.2 危岩落石柔性防护网工程实施程序

4.3 危岩落石工程地质勘查要求

4.4 危岩崩落危险性、危害性与防护工程分级

4.5 防护工程设计要求

4.6 防护工程施工与验收要求

4.7 防护工程后期维护

分别从勘察、设计、施工、验收以及维护等方面阐述了柔性防护网工程总体要求。



四、标准主要内容

4.1 危岩落石柔性防护网工程应遵循以下基本原则

4.1.1 严格按照本规范规定的危岩落石柔性防护网工程实施程序进行勘查、设计、施工、监理、质量检验和工程验收，以及后期维护工作。

4.1.2 按照保障安全、技术可靠、经济合理的要求，合理选择和优化配置柔性防护网的类型和产品。

4.1.3 柔性防护网工程应与环境相协调，保护和改善环境。

4.1.4 为保证工程施工和运营期安全，应建立健全科学可靠的险情监管、险情预警和应急处置机制。



四、标准主要内容

4.4 危岩崩落危险性、危害性与防护工程分级

4.4.1 危岩的危险性可根据危岩体稳定性状态地形和危岩落石运动条件划分为大、中、小三个等级，按表 1 确定。

表 1 危岩落石危险性等级划分

稳定状态 地形和危岩落石运动条件	不稳定	基本稳定	稳定
地形高陡，利于运动	大	大	中
地形较利于运动	大	中	小
地形平缓	中	小	小



四、标准主要内容

4.4.2 危岩落石危害性可根据危岩落石可能造成的人员伤亡和财产损毁数量划分为严重、较严重和一般三个等级，按表 2 确定。

表 2 危岩落石危害性等级划分

危害性等级 分级指标	严重	较严重	一般
伤亡人数（人）	≥ 10	3~9	< 3
直接经济损失（万元）	≥ 500	100~500	< 100
潜在威胁人数（人）	≥ 100	10~100	< 10
潜在直接经济损失（万元）	≥ 500	100~500	< 100
注：死亡人数和直接经济损失指标二者按就高原则确定危岩落石危害性等级。			



四、标准主要内容

4.4.3 危岩落石防护工程的安全等级可根据危岩的危险性等级和危岩落石的危害性等级,按表 3 确定。

表 3 危岩落石防护工程安全等级

危岩危险性等级 危岩落石危害性等级	大	中	小
严重	I	I	II
较严重	I	II	II
一般	II	III	III

4.7.2 安全等级为 I 级的防护工程应进行长期实时监测。



四、标准主要内容

<u>5 危岩落石勘查与评价</u>	8
<u>5.1 地质勘查</u>	8
<u>5.2 地质测绘</u>	8
<u>5.3 地质勘探</u>	9
<u>5.4 试验</u>	9
<u>5.5 危岩稳定性和危岩落石运动分析</u>	9
<u>5.6 危岩落石防护措施地质建议</u>	9
<u>5.7 勘查工作方案和勘查报告编制</u>	9

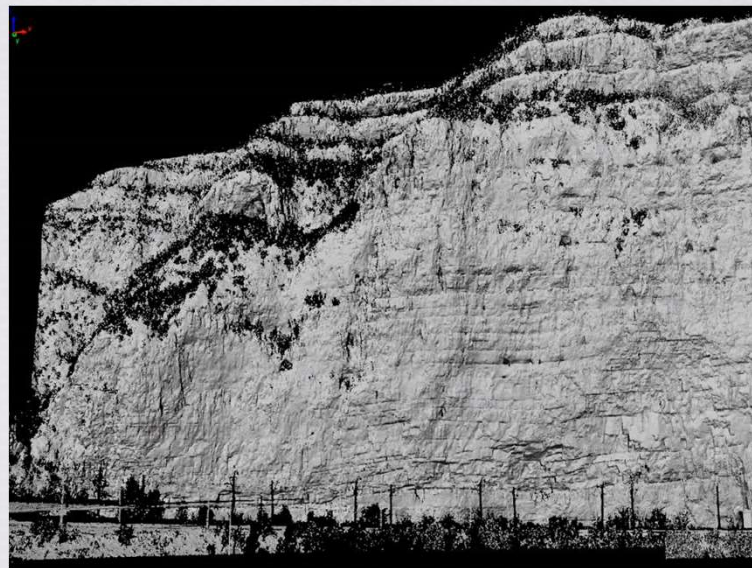
规定了“地质勘察、地质测绘、地质勘探，物理力学性能试验，危岩稳定性评价、落石分析，报告编制主要内容”



四、标准主要内容

5.5.1 根据危岩体块体形态、结构面边界条件，判断危岩体可能的失稳破坏模式（滑移、倾倒、坠落），采用赤平投影、块体理论等，考虑降雨工况、地震工况，分析计算危岩体的稳定性。[危岩体稳定性分析方法见附录A。](#)

5.5.2 根据历史危岩落石或危岩落石试验运动特点、可能方量、块径与形态、主要运动方向等，计算或模拟危岩落石运动轨迹、冲击动能和弹跳高度等，为被动防护网或引导防护网设计提供地质依据。[危岩落石计算分析方法见附录B。](#)





四、标准主要内容

5.7.1 勘查工作方案编制：勘查前应对危岩落石区进行现场踏勘，确定勘查范围，初步划分危岩区和危岩带，了解受危岩落石威胁的区域及对象，选择勘查技术方法，预算勘查工作费用。

勘查工作方案编制提纲见附录C。

5.7.2 勘查报告编制：根据勘查取得的各项资料，编制勘查报告；勘查报告的主要内容包括勘查工作简况，危岩落石区范围，危岩体地质特征，危岩落石运动特征，危岩稳定性和危岩落石运动预测分析，既有工程治理效果，拟建工程区工程地质条件及岩土物理力学参数建议，施工条件说明。勘查报告编制提纲见附录D。



四、标准主要内容

6 柔性防护网工程设计 10

 6.1 一般规定 10

 6.2 主动防护网 10

 6.3 被动防护网 11

 6.4 引导防护网 13

 6.5 锚杆与基础 14

 6.6 辅助措施 18

 6.7 环境保护 18

规定了“主动防护网、被动防护网、帘式防护网设计的基本原则；规定了锚固设计、辅助措施以及工程环境保护内容。



四、标准主要内容

6.1 一般规定

6.1.1 本规范规定的设计方法适用于整体稳定的危岩带或对单体危岩体采用主动加固的危岩破碎带，对其危岩落石采用柔性防护网进行设计。

6.1.2 本规范规定的设计方法适用于以下三类柔性防护网工程设计：

- a) 主动防护网；
- b) 被动防护网；
- c) 引导防护网。



四、标准主要内容

6.1.4 条件复杂的斜坡，应分区、分高程段、**有针对性地采用相应的柔性防护网**，或与其他防护措施配合，以实现防护工程的优化配置。

6.1.5 对于非临时性柔性防护网工程，防护网所用材料或构件的防腐蚀设计应满足《金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性分类》（GB/T 19292）C2类大气环境中无外力损伤和正常维护条件下**至少25年**的预期使用年限。常用金属镀层的防腐蚀预期使用年限可按附录F给出的方法进行估算。

6.1.7 设计采用的材料或构件应满足柔性防护网承载力和防护工程设计使用年限的防腐蚀要求（参见附录F）。对于尚无现行标准规定试验方法的，设计还宜推荐专用试验方法，如柔性网环链破断拉力试验（参见附录G）和消能装置静力拉伸试验，必要时还可进行动力冲击试验（参见附录H）。



四、标准主要内容

表 E 柔性防护网各类型号适用性选型表

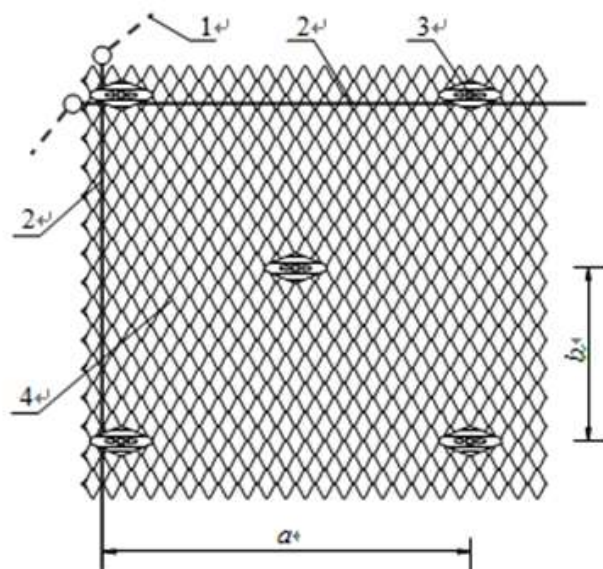
类型	适用条件	选型依据
主动防护网	适用于节理、裂隙发育的弱风化硬质岩且整体稳定的路堑边坡防护	1) 对于高度小于 20m 的低矮边坡；2) 坡面岩体完整性较好的岩质陡边坡；3) 坡面起伏较大的高陡裸露岩质边坡；4) 允许对坡面扰动且可进行封闭施工的边坡；5) 落石频发率较低且发生落石后便于及时清理的边坡
被动防护网	适用于危岩落石防护工程，适用于整体稳定，但坡面（表）节理裂隙较发育、危岩发育较多，拦截落石后便于清理维护，且存在满足系统发挥作用产生最大变形时所需要的空间，一般设置于坡度相对较缓的坡体中下部、及路堑顶或低矮路堤外自然斜坡	1) 现场有满足系统网片受冲击变形时不对防护对象造成损害安全距离条件；2) 孤石、危石分布较多且分散的坡面；3) 坡面起伏较小的裸露岩质边坡；4) 高度大于 20m 的上陡下缓边坡；5) 落石频发率低且发生落石后便于维护清理的边坡
组合防护网	适用于危岩落石防护工程，适用于整体稳定，但坡面（表）节理裂隙较发育、危岩发育较多，坡面（表）不宜过多扰动、清理困难、落石源与线路间高差大，且坡脚可进行落石收集或采用其它组合防护措施的高陡边坡	1) 存在浅表层潜在滑动或局部溜坍、塌落等变形破坏可能的土质或强风化的类土质边坡，或者是坡面大块孤石发生崩落后可能牵引后侧边坡浅表层失稳破坏并进一步引起其他孤石崩落的块石土边坡，且坡脚有落石堆积区的边坡；2) 对于坡面锚固条件较好的陡边坡；3) 维护条件较差、清理工作难度较大或潜在落石频发率较高的边坡



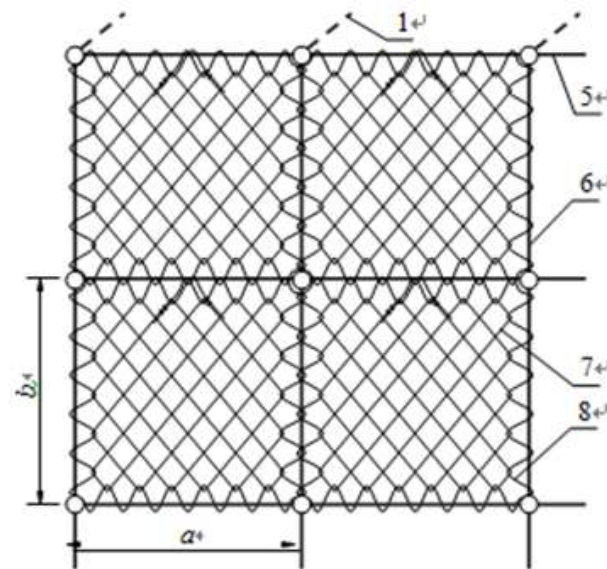
四、标准主要内容

6.2 主动防护网

6.2.1 本规范的主动防护网设计方法适用于梅花形锚固网（图 1a）和矩阵式锚固网（图 1b）两种情形。



(a) 梅花形锚固



(b) 矩阵式锚固

图 1 主动防护网安装示意图



四、标准主要内容

6.3 被动防护网

6.3.1 本规范规定的被动防护网，包括拉锚式和自立式两种（见图2）。拉锚式是指钢柱柱脚铰接并采用上拉锚绳稳定的被动防护网；自立式是指钢柱柱脚刚性连接的被动防护网。

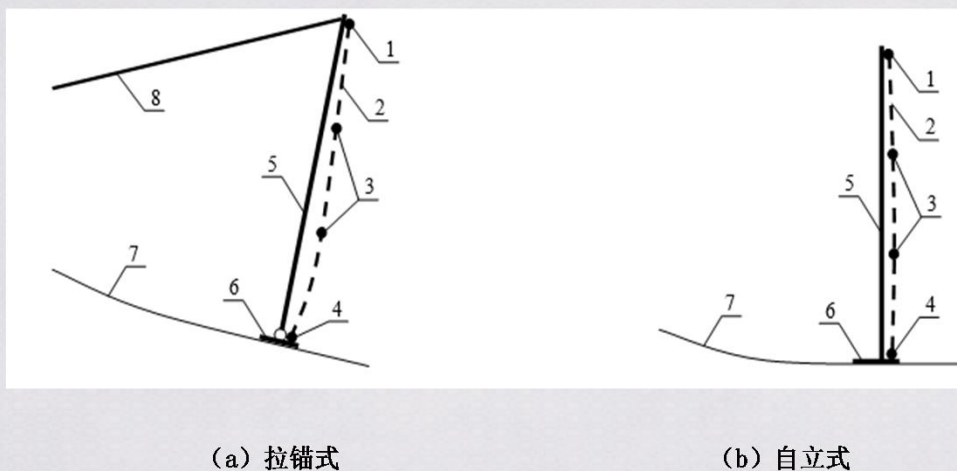
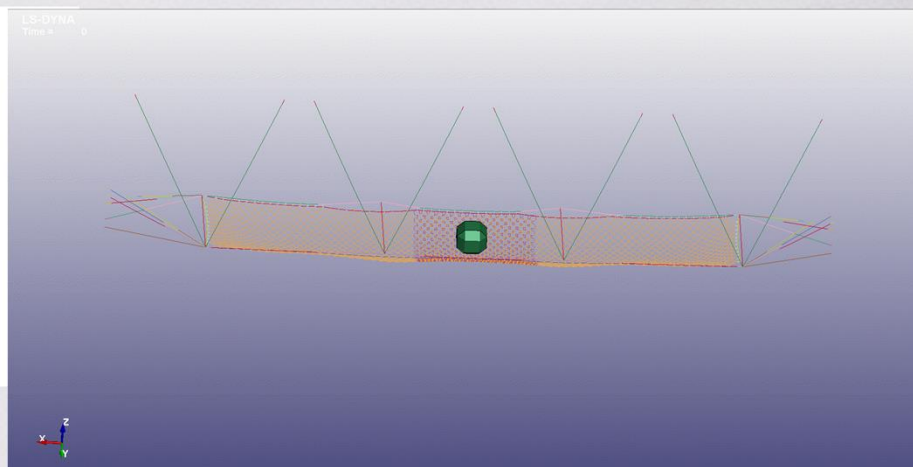


图2 被动防护网安装示意图

1——上支撑绳；2——柔性网；3——可能存在的中部横向约束绳；4——下支撑绳；
5——钢柱；6——基座；7——地面；8——上拉锚绳





四、标准主要内容

6.3.4 被动防护网安装位置处，危岩落石冲击平动速度标准值应符合下式要求：

$$v_k \leq v_r \quad (2)$$

式中：——危岩落石冲击平动速度标准值，宜采用数值分析第 97 百分位计算值，否则应取最大计算值（m/s）；

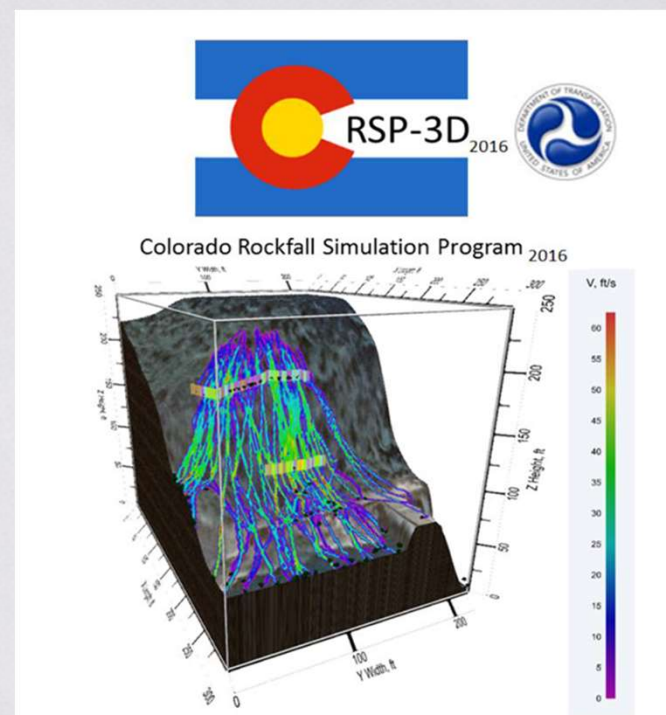
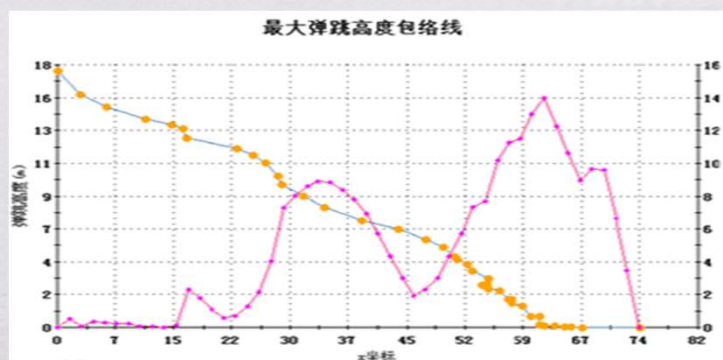
v_r ——被动防护网所用柔性网的容许危岩落石最大冲击平动速度，宜按被动防护网定型试验时的最大冲击速度提高 5m/s 确定。当缺乏试验数据时，则环形网取 35m/s，其他网型取 30m/s。





四、标准主要内容

6.3.6 对于安全等级为II级及以上的被动防护系统，应根据勘察报告建议的危岩落石威胁区域，或者根据危岩分布、坡面形态特征、危岩落石滚落路径区的介质等勘察资料，采用三维危岩落石数值分析方法确定危岩落石威胁区域，对于III级被动防护网系统可按经验确定危岩落石威胁区域；





四、标准主要内容

6.3.7 危岩落石冲击动能和弹跳高度设计值按下式确定：

$$\begin{cases} E_d = \gamma_a E_k \\ h_d = \gamma_a h_k \end{cases} \quad (3)$$

式中：
 E_d ——危岩落石冲击动能设计值（kJ）；

E_k ——危岩落石冲击动能标准值（kJ），采用随机模拟时宜取第 97 百分位值，否则应取最大计算值；

h_d ——危岩落石弹跳高度设计值（m）；

h_k ——危岩落石弹跳高度标准值（m），采用随机模拟时宜取第 95 百分位计值，否则应取最大计算值；

γ_a ——危岩落石运动参数分项系数，标准值由随机模拟统计值确定时取 1.1，其余取 1.0。

6.3.8 被动防护网的防护能级应符合下式要求：

$$E_B \geq \gamma_E E_d \quad (4)$$

式中：
 E_B ——实际采用的被动防护网的防护能级标称值（kJ）；

γ_E ——被动防护网防护能级的防护工程安全等级分项系数，安全等级为 I、II、III 级时宜分别取为 1.5、1.35、1.2，单道被动防护网仅有一跨或两跨时则应取为 2；



四、标准主要内容

6.3.9 被动防护网的防护高度应符合下式要求：

$$\begin{cases} h_B \geq \gamma_h h_d \\ h_B - (h_d + h_R) \geq 0.5 \end{cases} \quad (5)$$

式中：

h_B ——实际采用的被动防护网的防护高度标准值（m），一般宜取整至 0.5m；

γ_h ——被动防护网防护高度的防护工程安全等级分项系数，安全等级为 I、II、III 级时宜分别取为 1.25、1.15、1.1；

h_d ——所需被动防护网最小防护高度设计值（m）；

h_d ——危岩落石弹跳高度设计值（m）；

h_R ——模拟危岩落石块体的等效球体半径（m）。

6.3.10 被动防护网与其所保护的区域或建筑物间的顺坡面安全距离应符合下式要求：

$$d_s \geq \gamma_d d_B \quad (6)$$

公式：——

d_s ——被动防护网与其所保护区或建筑物间的顺坡面安全距离(m)；

d_B ——被动防护网缓冲距离标准值(m)；

γ_d ——被动防护网缓冲距离分项系数，一般宜取 1.3。



四、标准主要内容

6.3.14 连续布置的单道被动防护网长度较大时，应进行支撑绳分段，并结合被动防护网的局部走向改变综合考虑分段位置，设置分段钢柱上的拉锚绳。如所采用被动防护网定型化技术文件规定了支撑绳分段方法时从其规定，否则，各支撑绳分段长度不应大于 100m 或 10 跨。

6.3.15 未定型的被动防护网系统设计及其构件与连接节点深化设计，可参照附录 K 采用有限元方法进行计算分析。



四、标准主要内容

6.4 引导防护网

6.4.1 本规范规定的引导式防护网，包括覆盖式和张口式两种（见图3）。覆盖式是指将金属柔性网覆盖在具有潜在危岩落石的坡面上的引导式防护网；张口式是指在引导防护网的顶部采用钢柱、拉锚绳、支撑绳等固定方式将金属柔性网以一定角度张开的引导式防护网。

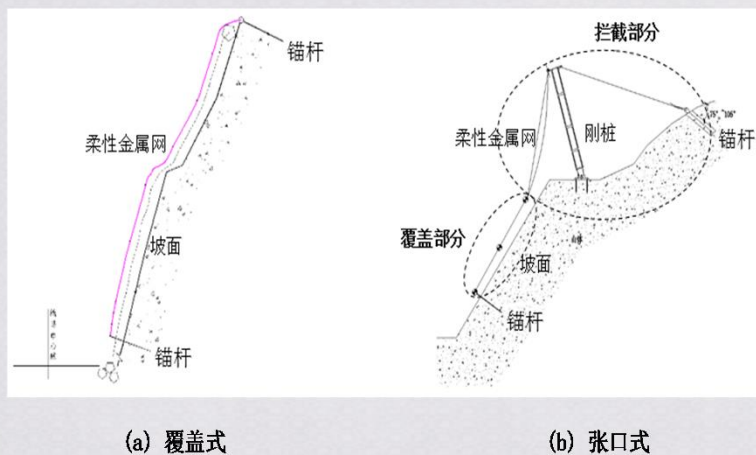
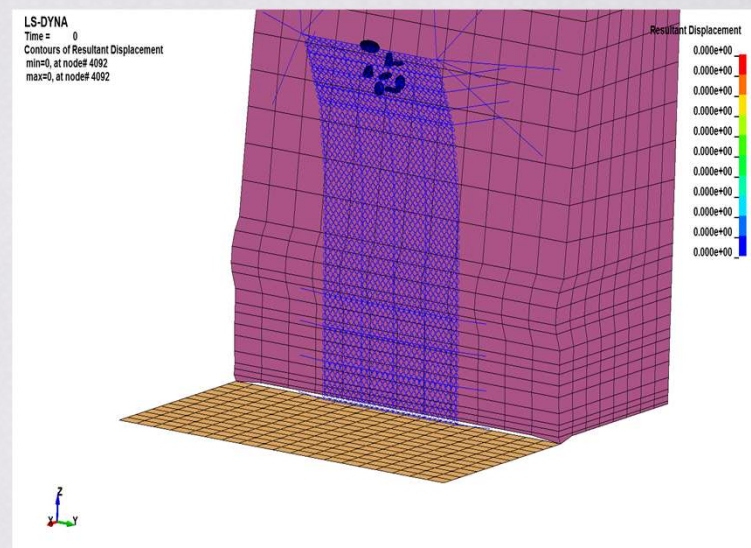


图3 引导防护网安装示意图





四、标准主要内容

北京门头沟帘式网

下图为奥思特公司2015年承建的北京门头沟灵山帘式网工程，设计能级1000kJ，业主选用能级500kJ。2015年9月2日该路段暴雨引发落石崩塌，总冲击能级约3200kJ，帘式网成功进行了防护。





四、标准主要内容

<u>7 施工与监理</u>	18
<u>7.1 一般规定</u>	18
<u>7.2 施工准备与施工放线</u>	19
<u>7.3 锚杆与混凝土基础施工</u>	19
<u>7.4 柔性防护网的安装</u>	20
<u>7.5 施工安全</u>	21
<u>7.6 环境保护</u>	21
<u>7.7 施工监理</u> 21	

规定了“施工准备、施工放线；锚杆与混凝土基础施工；柔性防护网的安装；施工安全；环境保护以及施工监理



四、标准主要内容

7.1 一般规定

7.1.1 危岩落石柔性防护网工程施工前，应根据总体规划、设计文件、施工环境、施工技术条件、工程地质和水文地质条件等，制定合理、可行、有效并确保施工安全的施工组织设计。

7.1.2 施工前应认真检查进场原材料、构件及施工设备的技术性能是否符合设计要求。施工安装时，不得改变设计规定的各类构件的安装位置及其连接关系、连接程度。

7.1.3 防护工程应先行施工永久性或满足暴雨、地下水排泄需要的临时性坡面排水设施。

7.1.4 除梅花形锚固网可按 7.4.4 条建议的顺序选择性地组织施工外，其他柔性防护网工程均应按坡面准备与施工放线、锚杆与基础施工、柔性防护网上部结构安装的顺序组织施工。一个连续布置的独立防护网或一组相互关联的防护网，宜在完成全部锚杆或基础放线定位后，再施工作业。

7.1.5 当实际地质地形条件与设计条件存在明显差异，且影响防护工程实施或防护效果，需要变更设计时，应及时报告。

7.1.6 施工前，应规划和修建便于施工人员行走、材料搬运的坡面施工通道。设计已含后期检查维护通道时，应结合进行。

7.1.7 防护网工程应实行监理制，以确保工程施工按设计要求实施。



四、标准主要内容

7.5 施工安全

7.5.1 设计要求的施工期专门安全措施，应在开始坡面作业前完成。

7.5.2 主体施工作业前，应清除工程区域内及上部坡面影响施工安全的浮土浮石。

7.5.3 做好施工人员安全防护，进场人员应带安全帽，陡坡和高空作业人员还应佩戴安全绳和安全带。

7.5.4 不同高程或作业区域间的施工作业不应相互干扰，避免作业区危岩落石、落物威胁下部作业人员、行人及设施安全。

7.5.5 主动防护网的锚杆施工、格栅网或承载网安装应从上向下进行，且宜随着锚杆施工向下推进，尽早进行锚杆施工区上方的格栅网或柔性网安装。

7.5.6 钢柱和柔性网等大尺寸构件坡面搬运时，应确保搬运通道畅通。

7.5.7 解开和展开卷装捆扎的钢丝绳网时，其弹开侧不应有人员。

7.5.8 支撑绳张拉时，人员应远离支撑绳意外回弹所能波及的范围。

7.5.9 施工作业时，应严密监测防护区域及其上部坡面危岩或孤石的稳定状态，一旦发现失稳迹象，应及时发出险情预警；发生危岩落石后，应及时查明危岩落石源和发生原因，检查危岩落石源周边及沿滚落路径是否会发生次生险情，必要时应及时进行处理。

7.5.10 施工作业时，应在醒目位置设置安全标示，安全标示的设置应符合国家相关规范规程要求。



四、标准主要内容

7.6 环境保护

7.6.1 柔性防护网工程实施应符合设计对环境保护的要求。

7.6.2 工程实施应符合国环规环评[2017]4号公告《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》中的相关规定。

7.7 施工监理

7.7.1 施工监理应依据防护工程勘查设计文件及相关工程建设标准和法规实施。

7.7.2 按非指定性设计形式设计的被动网，应核查所用被动防护网是否符合设计要求，相关产品技术文件是否满足质量检测、施工安装与工程验收的需要，锚杆与基础的补充设计是否符合本规范规定。

7.7.3 应编制并提交监理日志、定期监理报告和最终监理工作总结。



四、标准主要内容

8 质量检验与工程验收	22
8.1 防护网质量检验与验收	22
8.2 防护工程验收	23

规定了“防护网材料进场后、工程施工前，应组织质量检验，形成质量检验文件；以及详细的检验内容项。防护网工程完成后，应按照设计要求进行工程验收，形成验收文件；以及主动防护网，被动防护网，帘式防护网工程验收具体项目等主要内容”



四、标准主要内容

8.1 防护网质量检验与验收

8.1.1 防护网材料进场后、工程施工前，应组织质量检验，形成质量检验文件。检验合格后方可进行施工。防护网质量检验的基本内容应包括：

- a) 核查提供的证明文件、抽查构件和材料的性能；
- b) 检查合格证明文件齐套性与工程设计技术要求的符合性；
- c) 构件和原材料性能抽检应覆盖防护网所有构件和材料；
- d) 抽查数量应符合工程设计要求，工程设计无具体要求时应按表 8 进行。



四、标准主要内容

8.1.2 质量证明文件应包括产品合格证明、原材料材质证明、产品定型文件等，一般还应提供盐雾试验报告、防护网危岩落石冲击第三方试验报告、防护网网片抗顶破力第三方试验报告，并符合如下要求：

- a) 产品合格证明、原材料材质证明应内容完整、清晰，应包括厂家名称、产品名称、规格型号等内容；原材料材质证明应包括型钢、钢丝绳、钢丝等材质证明；
- b) 产品定型文件应包括生产厂家信息、系统设计图、构件型号和数量、构件性能检测报告和原材料性能检测报告；
- c) 消能装置应提供静力启动荷载、动力启动荷载和吸能值第三方试验报告，主动网十字卡扣应提供抗错动力和抗脱落力第三方检验报告，试验方法按照附录 H；
- d) 盐雾试验应包括钢丝绳、钢绞线、钢丝、压合前后的十字卡扣、卸扣、绳卡等构件，试验方法应满足 GB/T 10125 规定要求，通常试验时间应不小于 300 小时；
- e) 危岩落石冲击试验报告中的试验能级应不低于设计能级要求，试验方法应符合 TB/T 3449 规定要求；
- f) 网片抗顶破力的试验方法应符合本规范附录 M 规定。



四、标准主要内容

8.1.3 零构件和材料检验应符合下列要求：

- a) 采用尺量方式测量防护网网片、网孔、基座、钢柱等尺寸，抽查零构件所用材料尺寸；
- b) 钢丝绳性能检验按 GB/T20118 的规定进行；
- c) 编织所用钢丝性能按 YB/T5294 的规定进行检测，镀层重量按相关标准规定的方法进行检测；
- d) 钢构件用钢材的机械性能和化学成分按 GB/T700 的规定进行检测，镀层厚度采用测厚仪测量；
- e) 根据设计采用的钢筋锚杆类型，按 GB/T 1499.2、GB/T 20065 或 YBT 4364 标准规定的方法检验其钢筋性能。



四、标准主要内容

<u>9 工程监测与维护</u>	26
<u>9.1 一般规定</u>	26
<u>9.2 防护效果检查与监测</u>	26
<u>9.3 险情预警与应急处置</u>	27
<u>9.4 防护工程维护</u>	27
<u>9.5 数据库</u>	28

规定了“日常检查主要内容、专项检查要求；险情预警与应急处置；柔性防护系统的相关构件应进行修补或更换方法以及数据库建设主要内容。”



四、标准主要内容

9.1 一般规定

9.1.1 危岩落石柔性防护网工程监测与维护内容包括：防护效果检查与监测、数据库、险情预警与应急处置、防护工程维修等。

9.1.2 防护效果的检查应包括日常检查和特殊时期的专项检查。

9.2.3 对于安全等级为Ⅰ级的防护工程，应选择张力检测仪、断线检测仪、振动检测仪等设备对柔性防护系统进行实时监测；对于安全等级为Ⅱ级和Ⅲ级的防护工程，可根据实际需求对柔性防护系统开展实时监测。



四、标准主要内容

附录A (资料性附录)	危岩体稳定性分析方法与评价
附录B (资料性附录)	危岩落石计算分析方法
附录C (资料性附录)	勘查工作方案编制提纲
附录D (资料性附录)	勘查报告编写提纲
附录E (资料性附录)	柔性防护网各类型号适用性选型表
附录F (资料性附录)	柔性防护网常用原材料与构件
附录G (资料性附录)	柔性网环链破断拉力试验方法
附录H (资料性附录)	柔性防护系统消能装置性能试验方法
附录I (资料性附录)	常用主动防护网的结构构成与适用条件
附录J (资料性附录)	主动防护网和引导防护网承载力计算方法
附录K (资料性附录)	未定型的被动防护网系统设计的有限元计算方法
附录L (资料性附录)	危岩落石冲击动能和被动防护网最小防护高度估算方法
附录M (资料性附录)	金属柔性网抗顶破力试验
附录N (资料性附录)	竣工报告编制提纲



中国地质灾害防治工程行业协会
China Association of Geological Hazard Prevention

五、关键要求与技术指标



五、关键技术指标

6.1.1 本规范规定的设计方法适用于整体稳定的危岩带或对单体危岩体采用主动加固的危岩破碎带，对其危岩落石采用柔性防护网进行设计。

6.1.5 对于非临时性柔性防护网工程，防护网所用材料或构件的防腐蚀设计应满足《金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性分类》（GB/T 19292）C2类大气环境中无外力损伤和正常维护条件下至少25年的预期使用年限。



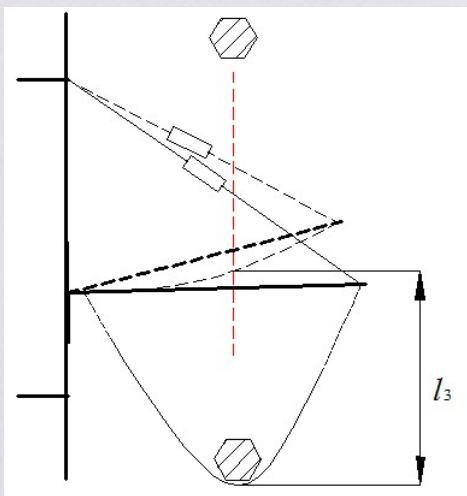
6.3.14 连续布置的单道被动防护网长度较大时，应进行支撑绳分段，并结合被动防护网的局部走向改变综合考虑分段位置，设置分段钢柱上的拉锚绳。如所采用被动防护网定型化技术文件规定了支撑绳分段方法时从其规定，否则，各支撑绳分段长度不应大于100m或10跨。



五、关键技术指标

1. 缓冲距离

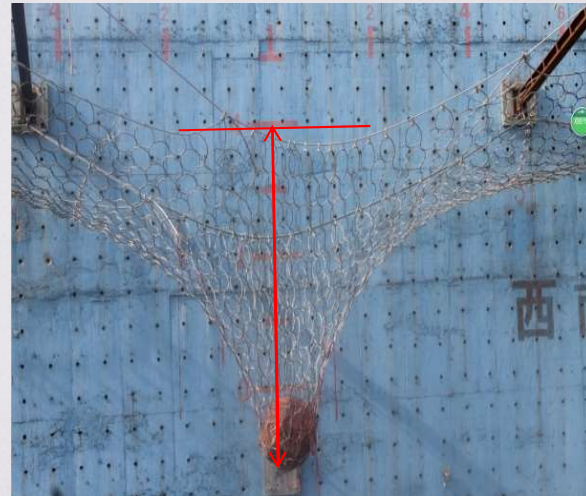
“缓冲距离”指标直接反应被防护对象与柔性防护产品的距离，可为工程设计产品选型提供参考。同时，该指标也限制了柔性构件塑性变形不能太大，减少一定的风险。



示意图



试验前



试验后



五、关键技术指标

1.缓冲距离

(1) 被动防护网产品主要采用了瑞士国家标准 (SAEFL2006修正案), 经过对国内主流产品的测试, 该指标比较合适;

(2) 柔性格栅网因为安装离防护对象较近的位置且防护能级较低, “缓冲距离” 越小越好, 经组织相关厂家多次产品冲击试验, 最后确定为50kJ容许缓冲距离为1.5m, 100kJ容许缓冲距离为2.5m。



SEL第一次试验



SEL第二次试验

试验能级: 1500kJ

试验实测/规定值

SEL第一次试验: 5.0m/9.0m

SEL第二次试验: 6.0m/9.0m

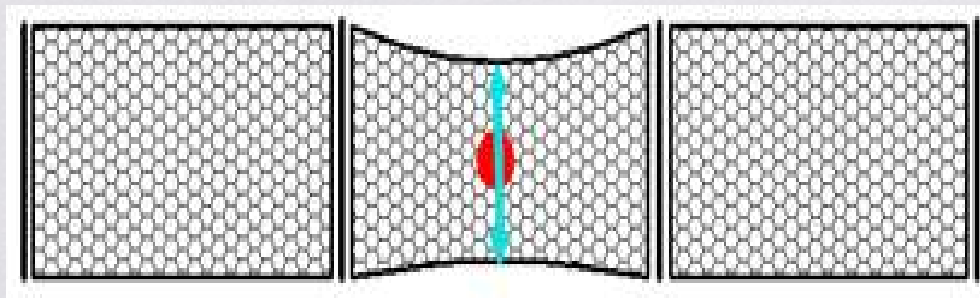
MEL试验: 9.0m /9.0m



五、关键技术指标

2. 残余拦截高度

“残余拦截高度”是衡量柔性被动防护产品在正常工作条件下抗连续冲击能力的一项重要指标，正常工作能级冲击后如残余拦截高度高，则证明产品抗下次冲击时防护能力高。





五、关键技术指标

2. 残余拦截高度

(1) 要求在SEL试验的第一次冲击后不小于标称高度的70%，第二次冲击后不小于标称高度的60%。相比欧盟标准对第二次冲击后的残余高度作了补充规定，技术要求有所增强。两次SEL试验冲击总能量只有MEL试验2/3，增加的指标参照MEL试验指标是合适的，且经过了国内主流产品的试验验证。

(2) MEL试验冲击后，没有参照欧盟单纯按残余高度将产品分级的做法，而是参照我国国情提出了易维修性评价指标，残余拦截高度只是其中的一项指标。



SEL第一次试验



SEL第二次试验

试验能级：1500kJ

试验实测/规定值

SEL第一次试验：70.5%/70%

SEL第二次试验：65%/60%

MEL试验：50.5%/无





五、关键技术指标

3.易维修性评价

易维修性等级	评价标准
A级	应同时满足以下条件： 1、通过SEL试验后，钢柱顶端与末端距离不低于原距离的95%； 2、通过SEL试验后，不需拆卸钢柱、上下支撑绳即可直接维修更换消能构件和受损网片，恢复原产品功能后直接开展MEL试验并通过； 3、维修后产品MEL试验后，残余拦截高度（未清除试块时测量）不小于标称高度的50%。
B级	应同时满足以下条件： 1、通过SEL试验后，不需拆卸钢柱、上下支撑绳即可直接维修更换消能构件和受损网片，恢复原产品功能后直接开展MEL试验并通过； 2、维修后产品MEL试验后，残余拦截高度（未清除试块时测量）不小于标称高度的30%。
C级	通过SEL和MEL试验，但不满足A、B级条件。



五、关键技术指标

3.易维修性评价

考虑到我国山区铁路很多地段地形地质条件非常困难，边坡被动防护网的养护维修工作量应尽可能减少，应尽可能保证其可靠性、可维性、易维性。该指标主要体现了以下几点：

- ①产品经过多次冲击后，钢柱、支撑绳、拉锚绳等主要受力构件未出现明显变形和破坏，不影响正常使用功能；
- ②产品更换时更为快捷，尤其是对抢险工程意义更为重大。A级标准相比C级标准，所花的工时大约只有C级的10%~20%；
- ③产品遭受极限能级冲击后，仍然能保持一定的防护高度。



五、关键技术指标

3.易维修性评价

a.通过SEL试验后，钢柱顶端与末端距离与原距离的比例

在柔性被动防护产品检测过程中，往往会出现钢柱弯曲或严重变形却将试验试块截停的“假成功”现象。落石灾害的发生一般为多个块径大小不一的落石同时滚落，或多次连续落石，如果一次标称能级以下的落石冲击即使被动防护网钢柱明显变弯，已然大幅降低防护能力，也只能是一次失败的防护

。



传统产品



易修复



五、关键技术指标

3. 易维修性评价

b. 通过SEL试验后，更换核心部件的难易程度

更换核心部件的难易程度直接反应了铁路的维修人员数量和维修时间，维修人员数量直接反应铁路的维修成本，维修时间会直接影响铁路安全运营、调度复杂性、中断时间等诸多方面，尤其是地形地质条件复杂地段，带来的损失不可估量。



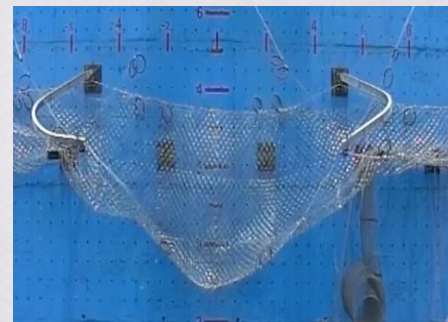
易维护



难维护



易维护



难维护



五、关键技术指标

3.易维修性评价

c.维修后产品MEL试验后，残余拦截高度（未清除试块时测量）比例

此条款援引欧盟标准，其原文内容如下：

对MEL下的残余高度也进行以下分级：

等级	比例关系
A级	残余高度 $\geq 50\%$ 标称高度
B级	$30\% \text{ 标称高度} < \text{残余高度} < 50\% \text{ 标称高度}$
C级	残余高度 $\leq 30\%$ 标称高度



五、关键技术指标

4.危岩体稳定性评价

- 根据危岩块体形态、结构面边界条件，判断危岩可能的失稳破坏模式（滑落、倾倒、坠落），采用赤平投影、块体理论等，考虑降雨工况、地震工况，分析计算危岩的稳定性。
- 根据历史危岩落石或危岩落石试验运动特点、可能体量、块度与形态、主要运动方向等，计算或模拟危岩落石运动轨迹、冲击动能和弹跳高度等，为防护网设计提供地质依据。



五、关键技术指标

8. 锚杆及基础设计

a) 除临时防护工程外，均应采用全长粘结锚杆或混凝土基础埋置锚杆，或在上覆土层段采用混凝土基础而下覆岩石段采用钻孔注浆复合式构造锚杆。

b) 与支撑绳、拉锚绳等钢丝绳类构件端部相连接的锚杆，宜采用锚头有连接环套的柔性锚杆，包括由单根钢丝绳或钢绞线弯折而成的钢丝绳锚杆、由钢丝绳或钢绞线弯折而成的柔性锚头与锚固段钢筋杆体连接而成的复合式柔性锚杆。

c) 梅花形锚固网的带锚垫板锚杆和被动防护网基座锚固锚杆应采用钢筋锚杆或自钻式中空注浆锚杆。





五、关键技术指标

9.注浆体强度

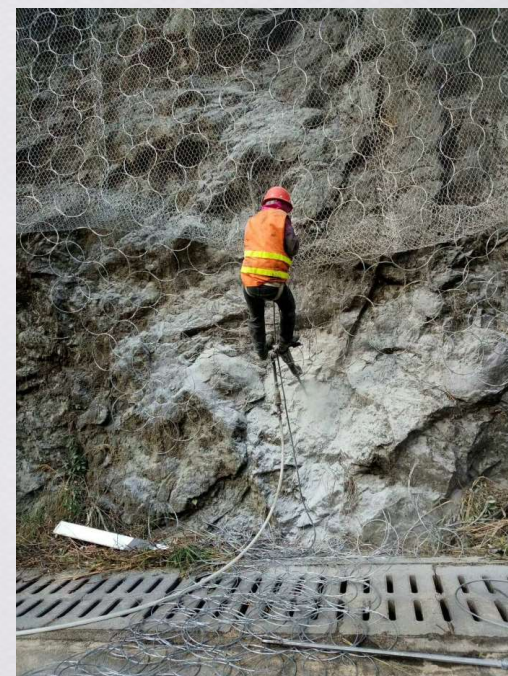
- a) 浆体水灰比宜为0.45 ~ 0.55，水泥砂浆的灰砂比宜为1.0 ~ 2.0；
- b) 水泥砂浆用砂的粒径不应大于2mm；
- c) 锚固段长度大于4m时，应采用孔底返浆法注浆；
- d) 注浆量应饱满。



五、关键技术指标

10. 柔性防护网的安装

- a) 各柔性网片间及其与支撑绳间的缝合连接应确保每一个边缘网孔都被连接。
- b) 矩阵式锚固网中，柔性网片应基本位于相邻四根锚杆所限定的防护单元中部，连接网片与支撑绳的缝合绳不应与锚杆直接连接，并应手动张紧缝合绳；
- c) 包含格栅网时，各网片间的搭接宽度不应小于一个网孔尺寸，各格栅网网片间及其与承载网间的扎结点间距不应大于1m；
- d) 各类支撑绳均采用张拉设备张紧，被动网上支撑绳的下垂度不应大于柱间距的3%；
- e) 被动防护网的格栅网上边缘应翻卷到下坡侧至少15cm并与承载柔性网扎结，底部宜顺坡向上延伸铺挂至少50cm。





中国地质灾害防治工程行业协会
China Association of Geological Hazard Prevention

六、标准应用探讨



(一) 工程设计应用探讨

1、缓冲距离：建议查找每种型号对应的缓冲距离，防止侵线；

被动防护网冲击试验容许缓冲距离

序号	SEL 试验 kJ	MEL 试验 kJ	容许缓冲距离 m
1	85	250	5.0
2	170	500	6.0
3	250	750	7.0
4	340	1000	8.0
5	500	1500	9.0
6	670	2000	10.0
7	1000	3000	12.0
8	1700	5000	15.0
有特殊要求的由供需双方协商确定。			



(一) 工程设计应用探讨

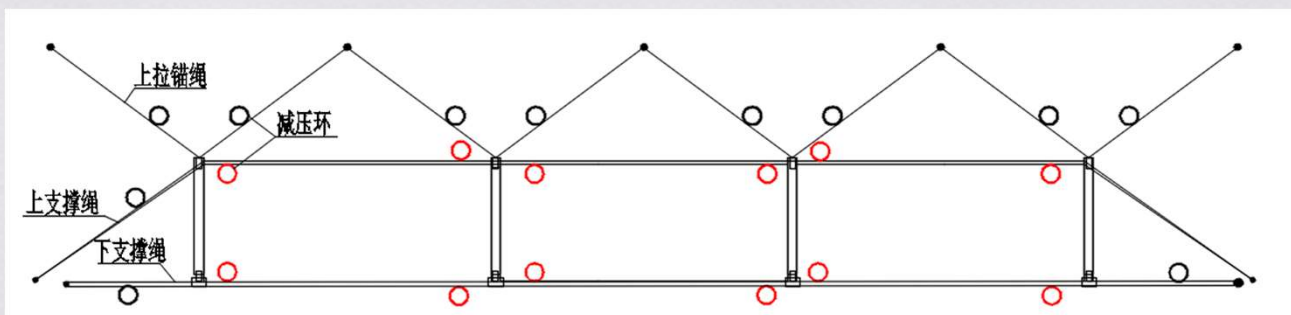
2、易维修性：建议选用A级产品；

易维修性等级	分级标准	冲击后要求
A 级	同时满足以下条件： 1 通过 SEL 试验后，钢柱顶端与末端距离不低于原距离的 95%； 2 通过 SEL 试验后，不需更换钢柱、上下支撑绳即可直接维修更换消能构件和受损网片，恢复原产品功能后直接开展 MEL 试验并通过； 3 维修后产品 MEL 试验后，残余拦截高度（未清除试块时测量）不小于标称高度的 50%。	1、钢柱不能弯曲，还能继续使用； 2、上下支撑绳还能用； 3、消能构件能单独更换； 4、受损网片能单独更换； 5、残余拦截高度不小于标称高度的 50%。
B 级	同时满足以下条件： 1 通过 SEL 试验后，不需更换钢柱、上下支撑绳即可直接维修更换消能构件和受损网片，恢复原产品功能后直接开展 MEL 试验并通过； 2 维修后产品 MEL 试验后，残余拦截高度（未清除试块时测量）不小于标称高度的 30%。	1、钢柱不能弯曲，还能继续使用； 2、上下支撑绳还能用； 3、消能构件能单独更换； 4、受损网片能单独更换； 5、残余拦截高度不小于标称高度的 30%。
C 级	通过 SEL 和 MEL 试验，但不满足 A、B 级条件。	一次性产品



(一) 工程设计应用探讨

3、易维修性：识别易修复性产品；



传统被动防护系统结构示意图

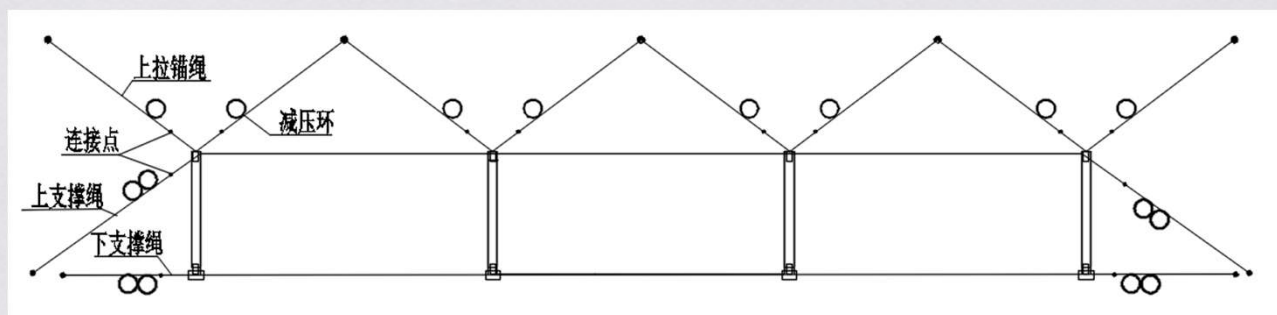


冲击后照片图



(一) 工程设计应用探讨

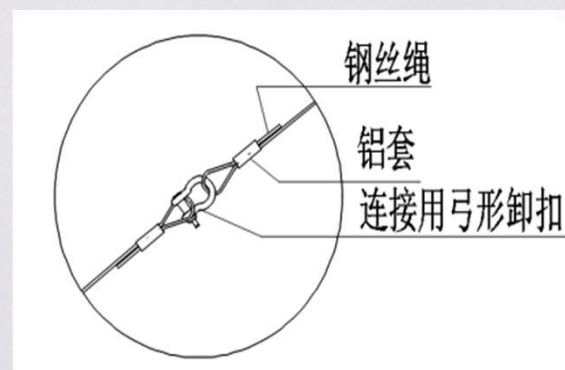
3、易维修性：识别易修复性产品；



新型易修复防护系统结构示意图



冲击后照片图





(二) 建设单位应用探讨

招标文件中明确提出：提供按照《危岩落石柔性防护网工程技术规范》标准进行专项勘察、设计、施工及验收。

标书评审时：校对报告的真实性的。



中国地质灾害防治工程行业协会
China Association of Geological Hazard Prevention



谢谢聆听!