



T/CECS.....

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

碳汇卷装配式护坡技术规程

Technical specifications for slope protection of
carbon sink coil material

（征求意见稿）

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中国工程建设标准化协会标准

碳汇卷装配式护坡技术规程

Technical specifications for slope protection of
carbon sink coil material

T/CECS.....

主编单位：四川大学

交通运输部公路科学研究院

发布机构：中国工程建设标准化协会

实施日期：XXXX 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字[2022]40 号)的要求,编制组经广泛调查研究、验证实验,参考国内外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规范。

本规范共分为 7 个章节和 8 篇附录,包括:总则、术语、一般规定、设计、施工、质量标准、碳减排,附录 A 碳汇卷护坡标准图集,附录 B 碳汇卷护坡定额基价,附录 C 碳汇卷,附录 D 双曲格构,附录 E 双抗锚杆,附录 F 应力砂浆,附录 G 护坡机器人,附录 H 碳汇卷护坡负碳计量、认证、标志和声明。

本规范涉及专利的具体问题,使用者直接与有关单位协商处理,本规范的发布机构不承担识别相关专利的责任。

本规范由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理,由四川大学李绍才实验室负责具体内容的解释。在执行本规范过程中,希望各单位结合工程实践,认真总结经验、积累资料。在执行过程中如有意见或建议,请函告本标准日常管理组,中国工程建设标准化协会公路分会(地址:北京市海淀区西土城路 8 号;邮编:100088;电话:010-62079839;传真:010-62079983;电子邮箱:shc@rioh.cn),或四川大学李绍才教授(地址:四川省成都市一环路年幼的 24 号;邮编 610064;电话:13908019263;电子邮箱:553994351@qq.com),以便修订时研用。

主编单位: 四川大学、交通运输部公路科学研究院

参编单位:

主 编:

主要参编人员:

主 审:

参与审查人员:

目 录

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	7
4 设计	
4.1 一般规定	10
4.2 侵蚀防治	10
4.3 溜坍防治	15
4.4 滑塌防治	18
4.5 落石防治	23
4.6 结合锚杆（索）边坡锚固使用	27
5 施工	
5.1 一般规定	32
5.2 施工准备	32
5.3 材料进场	32
5.4 双抗锚杆安装	33
5.5 双曲格构安装	35
5.6 碳汇卷安装	35
5.7 首次灌溉	36
5.8 养护	36
6 质量标准	
6.1 一般规定	37
6.2 植物质量标准	37
6.3 完工质量标准	38
6.4 交工质量标准	40
6.5 竣工质量标准	40
7 碳减排	
7.1 一般规定	41
7.2 相对负碳	41
7.3 绝对负碳	44

附录 A 碳汇卷护坡标准图集.....45

附录 B 碳汇卷护坡定额基价.....82

附录 C 碳汇卷.....88

附录 D 双曲格构.....99

附录 E 双抗锚杆.....109

附录 F 应力砂浆.....118

附录 G 护坡机器人.....123

附录 H 碳汇卷护坡负碳计量、认证、标志和声明.....131

本规程用词说明.....145

引用标准名录.....146

1 总则

1.0.1 为统一碳汇卷护坡设计、施工和工程质量技术标准，使碳汇卷护坡工程符合安全可靠、技术先进、经济合理的要求，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于路基、取土采石场、弃土弃渣场等边坡的侵蚀防治、溜坍防治、滑塌防治、落石防治和绿化。

1.0.3 碳汇卷护坡工程设计、施工和质量标准除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准、规范的规定。

2 术语

2.0.1 护坡碳汇 slope protection carbon sink

人工干预条件下，通过护坡植物，新增吸收大气中的二氧化碳（碳汇量），减少温室气体在大气中浓度的过程、活动或机制。碳汇量包括地上生物量碳、地下生物量碳、枯落物量碳、枯死木生物量碳、土壤有机碳等。

2.0.2 峰碳汇 peak carbon sink

人工干预条件下，通过提高植物水分利用率和养分利用率使其碳汇量达到峰值的过程、活动或机制。

2.0.3 碳汇卷 carbon sink coil material

出厂碳排放基准值 $0.14\text{kgCO}_2/\text{m}^2 \sim 1.82\text{kgCO}_2/\text{m}^2$ ，且实现峰碳汇捕获固定大气中的二氧化碳的卷材。由防护层、承力层、储水腔、种子、养分材料等组成，质量 $\leq 1.0\text{Kg}/\text{m}^2$ ，抗拉强度 $50\text{N}/25\text{mm} \sim 2400\text{N}/25\text{mm}$ 。无需客土、仅需首次灌溉，用于边坡侵蚀防治、溜坍防治、滑塌防治、落石防治和绿化。

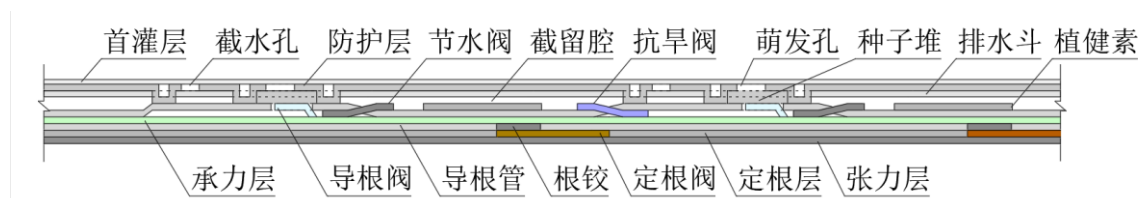


图 2.0.3 碳汇卷结构

2.0.4 碳汇卷护坡 using carbon sink coil material for slope protection

碳汇卷、双曲格构、双抗锚杆和应力砂浆构成的负碳型护坡方式。用于岩土侵蚀、溜坍、落石、滑塌等坡面灾害的防治和边坡的绿化， $3\text{kgCO}_2/\text{m}^2 \sim 10\text{kgCO}_2/\text{m}^2$ 的峰值碳汇量（全生命周期最大碳汇量），仅需首次灌溉，碳汇卷的覆盖和植物防治坡面的侵蚀灾害，碳汇卷的蓄水骨架和简支根铰防治坡面的溜坍灾害，碳汇卷、双曲格构、双抗锚杆、应力砂浆构成的锚固系统防治坡面的落石和滑塌灾害。

2.0.5 双曲格构 hyperbolic grid

具有双曲线特征的无碱高强高模玻璃纤维混凝土构件。抗折强度 12Mpa~14Mpa，承载力 130kN~170kN，出厂碳排放基准值 3.8kgCO₂/套~4.5kgCO₂/套。

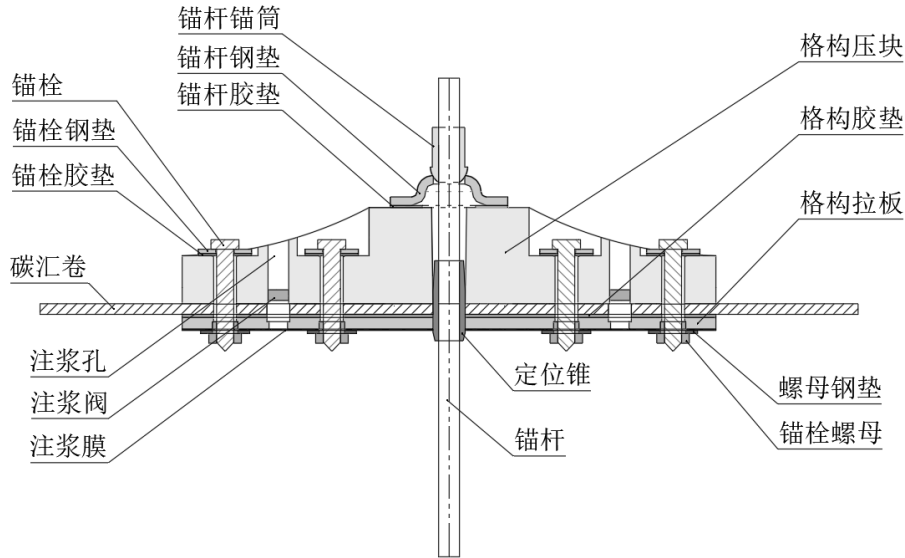


图 2.0.5 双曲格构结构

2.0.6 双抗锚杆 high-strength and high-corrosion-resistant anchor rod

热浸镀铝镁锌和涂覆环氧树脂的高抗力、高抗腐锚杆。承载力 50kN~170kN，长度 1m~4.5m，出厂碳排放基准值 1.5kgCO₂/套~8.6kgCO₂/套的。

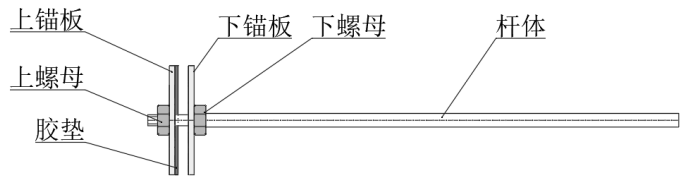


图 2.0.6 碳汇卷护坡用双抗锚杆结构

2.0.7 应力砂浆 stress mortar

缓凝的微膨胀的自应力预拌砂浆，自应力 $\geq 3\text{Mpa}$ ，自由膨胀率 $\geq 0.3\%$ ，出厂碳排放基准值 $\leq 220\text{kgCO}_2/\text{m}^3$ 的。

2.0.8 护坡机器人 slope protection robot

全电驱动的，碳汇卷护坡双抗锚杆、双曲格构、碳汇卷专用安装机器人。作业高度 20m，路堤边坡作业深度 15m，激光雷达导航与全自动运行，作业能量效率 0.2 m²/(kW·h)~0.4 m²/(kW·h)的。

2.0.9 匿水骨架 water-deficient soil skeleton

碳汇卷的集水阀、储水腔、溢水阀、排水斗、匿水阀和植物蒸腾作用构成的湿润锋、湿润锥、根系锥和匿水锥的结构。使土壤始终处于非饱和状态，抵抗降水侵蚀、淘蚀、管涌、流土诱发的坡面溜坍灾害。

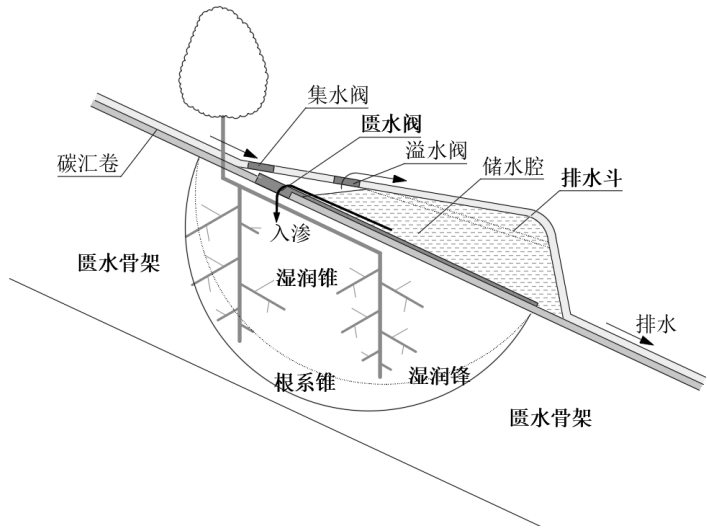


图 2.0.9 碳汇卷护坡匿水骨架结构

2.0.10 简支根铰 simply supported root hinge

植物基茎、根系和碳汇卷张力层及植物基茎孔构成的茎铰、根铰和根系锚固、根系加筋的结构。提高土壤-根系复合体抗剪强度，增强匿水骨架抵抗降水侵蚀、淘蚀、管涌、流土诱发的坡面溜坍灾害。

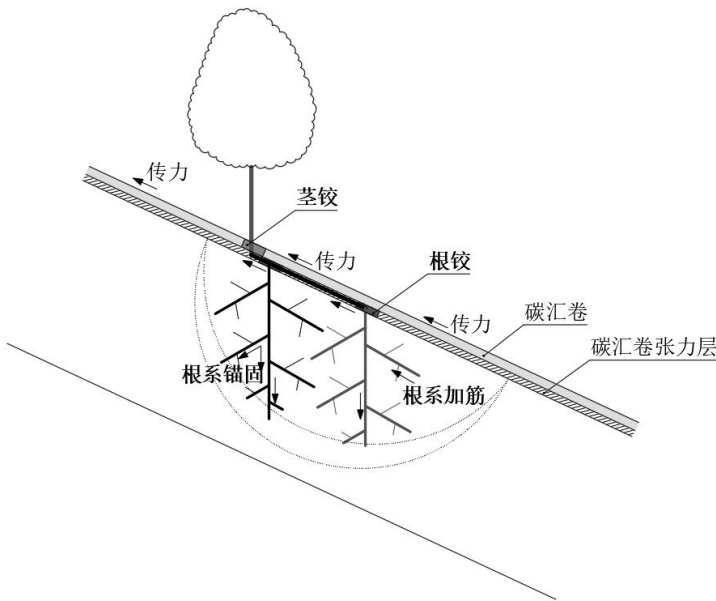


图 2.0.10 碳汇卷护坡简支根铰结构

2.0.11 相对碳减排基准情景 relative carbon emission reduction baseline scenario

用来对照碳汇卷护坡相对碳减排量的传统护坡形式，如：坡面侵蚀防治的挂铁丝网客土喷播、坡面溜坍防治的骨架防护、坡面落石防治的主动柔性网防护、坡面滑塌防治的锚杆框架梁防护。

2.0.12 相对负碳量 relative carbon negative

基于相对基准情景护坡形式的，碳汇卷护坡碳减排量相对值，度量为相对负碳量，即碳相对清除量。碳汇卷护坡相对负碳量 $-0.3\text{kgCO}_2/\text{m}^2 \sim -57\text{kgCO}_2/\text{m}^2$ 。

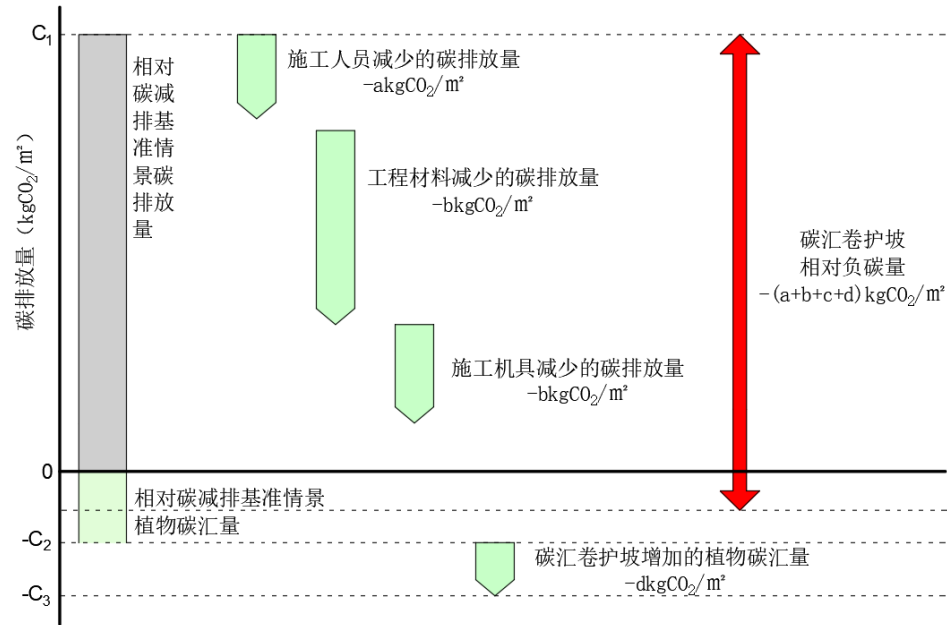


图 2.0.12 碳汇卷护坡相对负碳量

2.0.13 绝对负碳量 absolute carbon negative

碳汇卷护坡碳减排量绝对值，为碳汇卷护坡直接碳排放量和碳汇量的差值，度量为绝对负碳量，即碳绝对清除量。碳汇卷护坡侵蚀防治达到绝对负碳时间 1 年～5 年、溜坍防治达到绝对负碳时间 2 年～8 年、滑塌防治达到绝对负碳时间 10 年～30 年、落石防治达到绝对负碳时间 10 年～30 年。

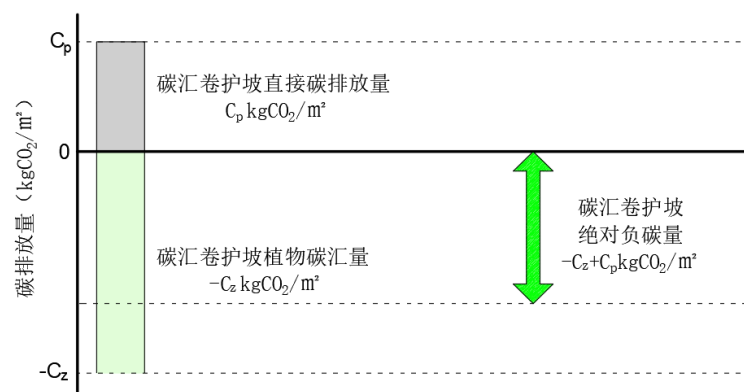


图 2.0.13 碳汇卷护坡绝对负碳量

2.0.14 年有效降水量 annual effective precipitation

年有效降水量=年平均降水量 $\times \cos\alpha$, α 为边坡坡度 (单位: $^\circ$) 。

3 基本规定

3.0.1 适用于整体稳定但其坡面岩土体易风化、剥落、冲刷或有浅层溜坍、崩塌、滑落及掉块的边坡防护与绿化。欠稳定的或存在不良地质因素的边坡，应先进行边坡治理。

3.0.2 适用于年有效降水量 $\geq 100\text{mm}$ 、海拔低于 4000m、坡率 $\geq 1:8$ 的边坡。

条文说明

碳汇卷护坡中，碳汇卷具有水分自适应结构，可有效收集降水储存，其水分入渗率 $\geq 100\text{mm/h}$ ，降雨收集率 $\geq 90\%$ ，储水 $10\text{kg/m}^2 \sim 50\text{kg/m}^2$ 。碳汇卷利用供水阀向坡面岩土和植物供水，岩土水分含量升高，吸力与供水阀吸力相等时，供水阀停止向岩土供水，岩土始终处于非饱和吸力状态，自适应控制植物奢侈蒸腾，提高水分利用率，降低植物耗水。实现零蒸发、零奢侈蒸腾、零径流、零渗漏。用于有效降水量 $\geq 100\text{mm}$ 的岩土边坡，无需客土、仅需首次灌溉、无需养护即可建成植被。

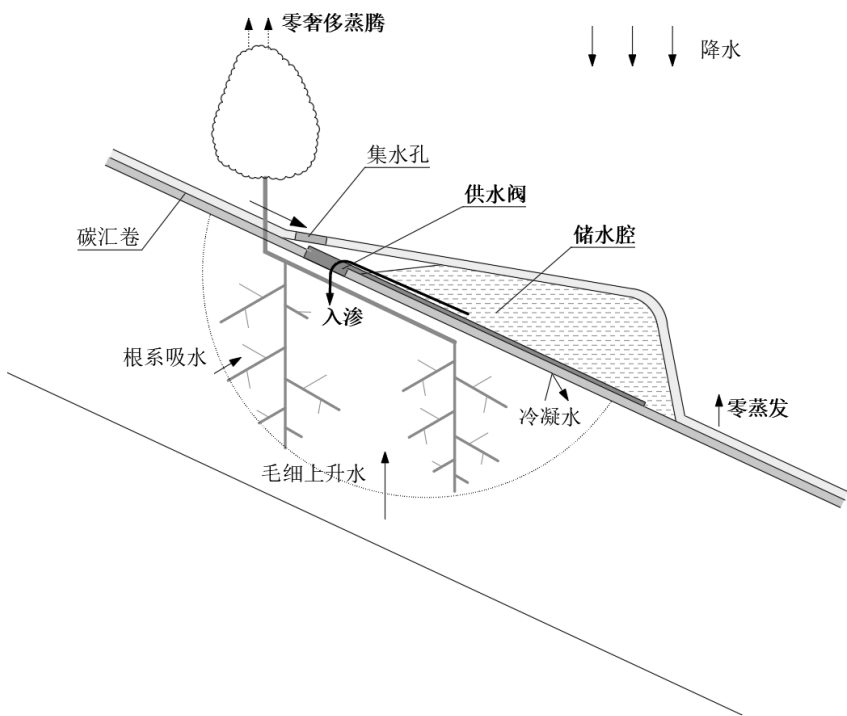


图 3-1 碳汇卷护坡降水自适应结构图

碳汇卷设置伸根自适应结构，通过伸根孔、导根层，诱导植物根系生长进入岩土，自适应坡面 30cm 糙度，无需客土，快速扎进岩土。

碳汇卷设置养分自适应结构，超长控释养分，平衡供给、循环平衡、生物量养分协同、无需客土、无需施肥打药，相对生物量增加 2 倍。

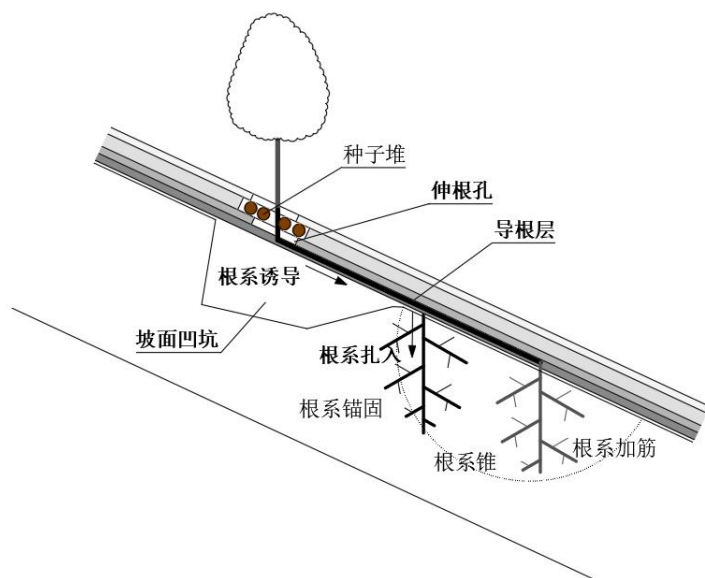


图 3-2 碳汇卷护坡伸根自适应结构图

3.0.3 应根据岩土性质、边坡坡率等因素，按表 3.0.1 选择适宜的碳汇卷护坡工程类型。

表 3.0.1 碳汇卷护坡工程类型及适用条件

工程类型	适用条件
侵蚀防治	(1) 坡率 $\leq 1:0.3$ 的，稳定的土质边坡和弃土弃渣场边坡 (2) 坡率 $< 1:1$ 的岩质边坡 (3) 坡率 $1:1 \sim 1:0.3$ 的完整性较好、稳定的弱、微、未风化的岩质边坡
溜坍防治	(1) 坡率 $\leq 1:0.3$ 的易因降水诱发溜坍的土质边坡 (2) 坡率 $1:1 \sim 1:0.3$ 的完整性较好的强风化和全风化软质岩边坡 (3) 坡率 $\leq 1:0.3$ 的湿陷性黄土、膨胀土、红黏土、高液限土、花岗岩风化残积土、盐渍土、季节性冻土等特殊岩土边坡
滑塌防治	坡率 $1:1 \sim 1:0.3$ 的，破碎、极破碎的岩质边坡
落石防治	坡率 $1:1 \sim 1:0.3$ 的，破碎、极破碎的，具有落石风险的岩质边坡

条文说明

对比《公路路基设计规范》(JTG D30)表 5.2.1 中的防护工程类型：侵蚀防治对应喷播植草、蒲草皮、种植灌木和喷混植生，溜坍防治对应骨架植物防护、砌片石防护，滑塌防治对应挂网喷护、护面墙以及框架梁护坡。落石防治对应一般工程设计的主动柔性网防护。

3.0.4 植物须选择灌木或乔木，应结合自然条件选择适宜的植物种类。

1 一般地区按现行的《公路路基设计规范》(JTG D30)、《造林技术规程》(GB/T 15776)、《水土保持综合治理 技术规范 荒地治理技术》(GB/T 16453.2)等规范的

要求选择适宜的植物种类。

2 风沙地区按现行的《防沙治沙技术规范》(GB/T 21141)、《水土保持综合治理技术规范 风沙治理技术》(GB/T 16453.5)、《西北干旱荒漠区河岸植被恢复技术规范》(LY/T 2540) 等规范的要求选择适宜的植物种类。

3 滨海地区按现行的《沿海防护林体系工程建设技术规范》(LY/T 1763)、《长江以北海岸带盐碱地造林技术规范》(LY/T 2992) 等规范的要求选择适宜的植物种类。

3.0.5 碳汇卷护坡工程应与挖填方工程紧密、合理衔接，应开挖一级、施工一级。实际状况与设计出入大时，应及时反馈处理。

3.0.6 碳汇卷护坡工程各组成材料应按设计要求选用，性能符合附录 C～附录 G 的要求。施工流程和质量符合本规范和国家现行相关标准的规定。

3.0.7 碳汇卷护坡工程全年可施工，首次灌溉时间应根据工程当地的气候条件确定，首次灌溉时间应在入春 10 天后至初霜前 45 天。

条文说明

不适宜植物萌发生长的晚秋、冬季和早春，碳汇卷护坡工程施工完成时不灌溉，利用碳汇卷温度自适应结构中的首灌膜阻止降水渗入和种子吸潮，待春季温度达到适宜植物萌发生长时，再揭开首灌膜灌溉。实现全年可安装，挖填-防护-绿化三同时。

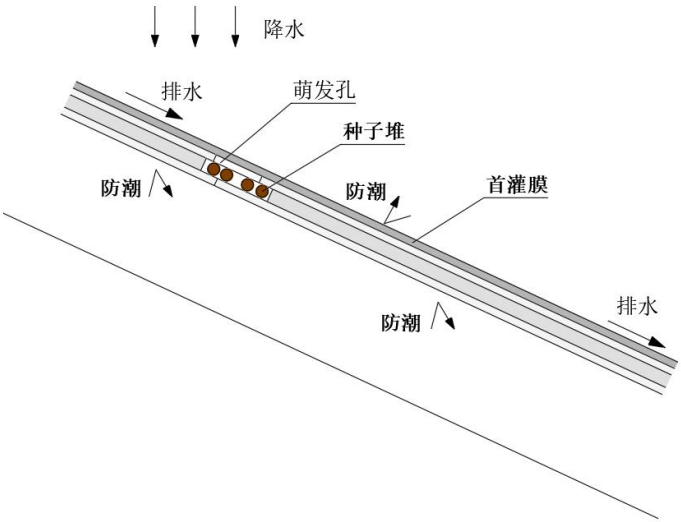


图 3-11 碳汇卷护坡温度自适应结构图

3.0.8 碳汇卷护坡工程质量和检验要求应符合本规范和国家、行业的现行相关标准、规范的规定，植物盖度应根据气候分区、检验时间确定检验质量标准。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 工程设计前，应查明边坡地貌形态、岩土类别、岩土的物理力学性质、岩体主要结构面特性、边坡高度、边坡坡度、气象条件等工况条件。

4.1.2 多种岩土类别、岩土性质混杂的边坡，应按最不利的条件设计。

4.1.3 根据边坡地下水出露情况和岩土性质，按现行《公路路基设计规范》(JTG D30)、《公路排水设计规范》(JTG/T D33)等规范的有关规定设置完善的地表和地下排水系统。路堤边坡的溜坍防治，路面排水应按《公路排水设计规范》(JTG/T D33)的规定，设置集中排水系统排除路表水。

4.1.4 适用于抗震设防烈度为7度及以下的边坡。抗震设防烈度为7度以上的边坡，应按《公路工程抗震规范》(JTG B02)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011)等规范的有关规定进行抗震设计，计算双抗锚杆间距。

4.1.5 适用于重现期为50年的风压值 $\leq 1\text{kN/m}^2$ 的地区。风压值 $> 1\text{kN/m}^2$ 的地区，应按《建筑结构荷载规范》(GB 50009)等规范的规定取值，计算双抗锚杆间距。

4.2 侵蚀防治

4.2.1 工程结构

1 岩质边坡和坡率 $\geq 1:2$ 的路基和取土采石场土质边坡：设置双抗锚杆安装碳汇卷，双抗锚杆使用应力砂浆锚固。

2 坡率 $< 1:2$ 的路基和取土采石场土质边坡：设置锚钉安装碳汇卷。

3 弃土弃渣场边坡：挖沟埋压固定碳汇卷。

4 平地：须进行工程找坡后再安装碳汇卷，找坡坡率应 $\geq 1:8$ 、坡长宜3m~10m。碳汇卷使用锚钉固定。

条文说明

传统坡面侵蚀防护和绿化，通常采用植草、液压喷播、铺草皮、种植灌木、喷混植生等方式，但其养护成本高、绿化效果难以保障，经常出现“一年绿两年黄三年死光光”的现象。

碳汇卷护坡利用碳汇卷覆盖坡面，隔绝降水对岩土体的直接冲刷，降低坡面表层岩土体的

干湿变化和温度变化幅度，消除热胀冷缩、干湿胀缩引起的风化、剥落。同时，利用碳汇卷筒支根铰结构锚固植物根茎，构成茎铰、根铰结构，使植物根系在碳汇卷处和深层岩土中形成 2 个锚固点，提高根系抗力 2 倍。防治边坡岩土体的侵蚀、风化、剥落等灾害。

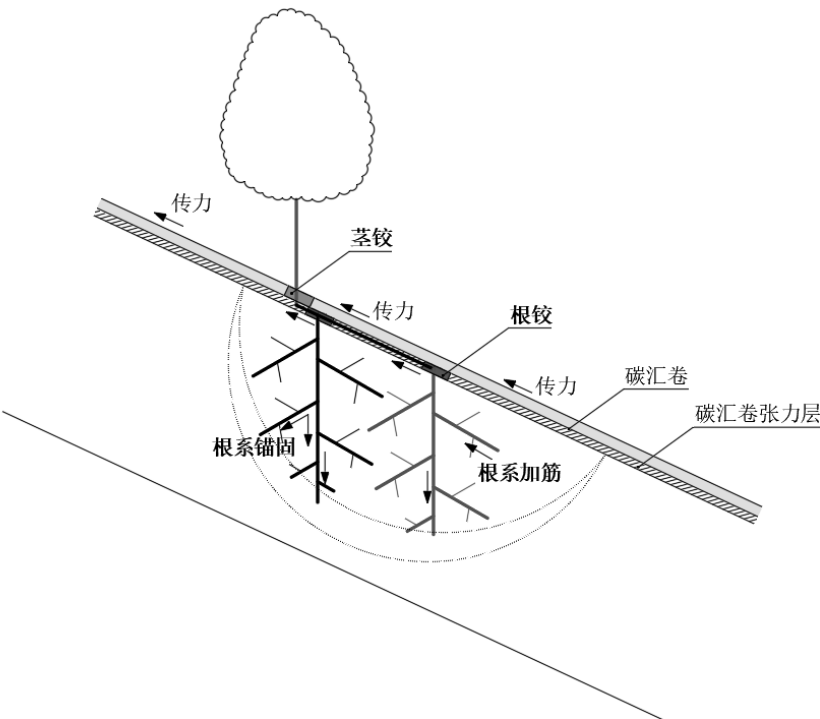


图 4-1 碳汇卷护坡筒支根铰结构图

1 用于稳定的边坡，防治边坡风化、剥落和侵蚀。不需考虑双抗锚杆对边坡稳定性的加固作用，双抗锚杆作用仅为安装固定碳汇卷。

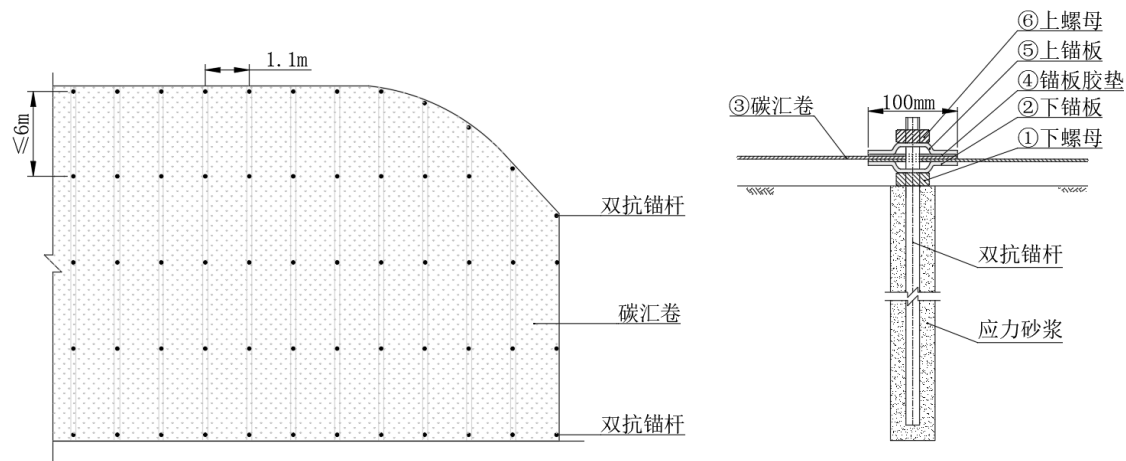


图 4-2 碳汇卷护坡侵蚀防治工程构造图

2 坡率 $<1:2$ 的土质边坡，边坡平缓，碳汇卷受到的重力载荷小，且边坡发生局部岩土剥落、掉块的风险小，因此不需设置砂浆锚固的双抗锚杆安装碳汇卷，使用锚钉钉入土体固定。

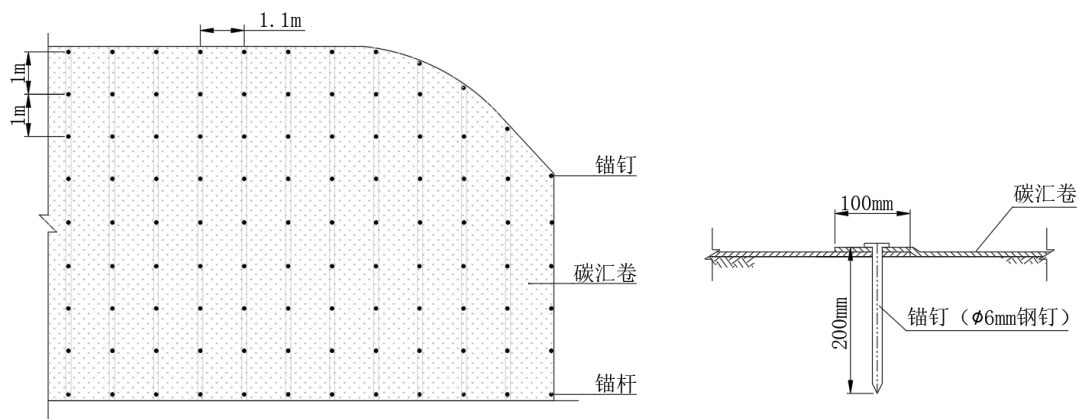


图 4-3 坡率 $<1:2$ 的土质边坡侵蚀防治工程构造图

3 弃土弃渣场边坡一般压实度较低、岩土较为松散，钻孔安装双抗锚杆较为困难。因此，采用渣土埋压的方式安装碳汇卷。

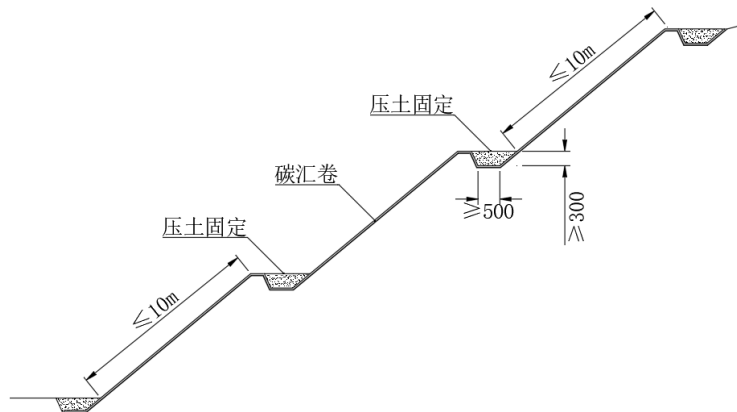


图 4-4 弃土弃渣场边坡侵蚀防治工程构造图

4 碳汇卷利用储水腔收集、储存降水，需借助坡度条件才能利用水的重力作用打开储水腔，因此平地必须进行找坡。找坡可采用波浪型找坡，根据找坡工程量和碳汇卷强度条件，找坡后的坡长宜在 3m~10m。碳汇卷因储水需求，安装具有方向性，需裁切后安装在每个坡面。坡顶搭接连接正反坡的两幅碳汇卷，搭接长度不小于 300mm，使用锚钉固定碳汇卷。

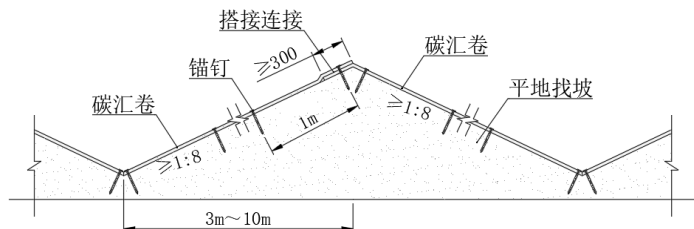


图 4-5 平地侵蚀防治工程构造图

4.2.2 碳汇卷型号依据工况类型、岩土类别和坡率，按表 4.2.2 的规定设计。
取土采石场边坡碳汇卷型号按路堑边坡设计，弃土弃渣场边坡碳汇卷型号按路堤边坡设计。

表 4.2.2 侵蚀防治碳汇卷型号设计表

序号	工况类型	岩土类别	坡率	碳汇卷设计型号
1	路堤	细粒土、粗粒土	$<1:2$	T-G-QS-LD-XL-H
2			$\geq 1:2$	T-G-QS-LD-XL-D
3		巨粒土	$<1:2$	T-G-QS-LD-JL-H
4			$\geq 1:2$	T-G-QS-LD-JL-D
5	路堑、取土采石场	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	$<1:2$	T-G-QS-LQ-NS-H
6			$\geq 1:2$	T-G-QS-LQ-NS-D
7		卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	$<1:2$	T-G-QS-LQ-SS-H
8			$\geq 1:2$	T-G-QS-LQ-SS-D
9		软质岩	/	T-G-QS-LQ-RY-D
10		硬质岩	/	T-G-QS-LQ-YY-D
11	平地	找坡	/	T-G-QS-PD-ZP-P

条文说明

岩土类别的分类按《公路路基设计规范》(JTG D30) 中“表 3.3.5 路堤边坡坡率”和“表 3.4.1 土质路堑边坡坡率”的规定划分。

因各种土质、软质岩和硬质岩的储水能力、养分含量、对植物根系生长能力的影响不同，对碳汇卷的供水速度、使用年限、养分含量及释放期的需求不同，故需设置不同的碳汇卷型号。

4.2.3 双抗锚杆设计

- 1 双抗锚杆的纵向间距 $\leq 6\text{m}$ 、横向间距 1.1m。
- 2 双抗锚杆的型号依据边坡的岩土类别按表 4.2.3-1 的规定设计。

表 4.2.3-1 侵蚀防治双抗锚杆设计参数

序号	岩土类别	杆体型号	钻孔深度(m)	抗拔强度(kN)	锚具型号	锚具锚固扭力(N·m)
1	细粒土、粗粒土；黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	MG-50-2.0	2.0	≥ 8	MG-MJ-01	≥ 20
2	巨粒土；卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	MG-50-1.5	1.5	≥ 10	MG-MJ-01	≥ 20
3	软质岩	MG-50-1.5	1.5	≥ 15	MG-MJ-01	≥ 25
4	硬质岩	MG-50-1.0	1.0	≥ 20	MG-MJ-01	≥ 30

3 锚杆的锚固钻孔直径依据边坡的岩土类别和状态按表 4.2.3-2 的规定设计。

表 4.2.3-2 侵蚀防治双抗锚杆锚固钻孔直径设计参数

序号	岩土类别		岩土状态	钻孔直径 (mm)
1	土质	黏性土	软塑	≥ 100
2			硬塑、坚硬	≥ 70
3		砂土	松散、稍密	≥ 50
4			中密、密实	≥ 42
5		碎石土	/	≥ 42
6	软质岩	极软岩	/	≥ 50
7		软岩	/	≥ 42
8		较软岩	/	≥ 42
9	硬质岩		/	≥ 42

4 垂直坡面钻孔和安装双抗锚杆，锚杆安装露出坡面长度 80mm~100mm。

条文说明

边坡的侵蚀防治，不需考虑双抗锚杆对边坡稳定性的加固作用，双抗锚杆的作用仅为安装固定碳汇卷。双抗锚杆设计载荷为碳汇卷的重力载荷和作用在碳汇卷上风载荷、施工载荷、局部岩土剥落掉块产生滑动载荷。设计取值见表 4-1。

表 4-1 侵蚀防治双抗锚杆设计取值表

序号	参数	取值
1	双抗锚杆杆体抗拉设计安全系数	按《公路路基设计规范》(JTG D30) 的规定取值 2.2
2	双抗锚杆锚固体抗拔安全系数	按《公路路基设计规范》(JTG D30) 的规定取值 2.2
3	岩土与锚固体极限粘接强度标准值	按《公路路基设计规范》(JTG D30) 的规定取值
4	锚杆与砂浆之间的粘接强度设计值	
5	设计边坡坡率	1:0.3
6	碳汇卷重力载荷	0.5kN/m ²
7	风载荷	按《建筑结构荷载规范》(GB 50009) 规定的 R=50 风压值，取值 1.0kN/m ²
8	施工载荷	1.0kN
9	局部岩土剥落、掉块产生的滑动力	1.0kN/m ²

综合考虑坡面岩石裂隙和松散体的影响，双抗锚杆长度不低于 1.0m。

碳汇卷的宽度为 1.2m，安装时横向搭接宽度 0.1m，因此双抗锚杆横向间距设计为 1.1m。

4.2.4 坡率 $<1:2$ 的路基和取土采石场土质边坡，一般地区锚钉使用 $\Phi 6\text{mm} \times 20\text{cm}$ 钢钉或塑料钉，锚钉纵向间距 1m、横向间距 1.1m。风沙地区的锚钉宜采用带

倒刺的塑料钉并加长至 30cm，纵向间距加密至 0.5m。

4.2.5 弃土弃渣场边坡挖沟埋压纵向间隔 $\leq 10\text{m}$ ，挖沟深度 $\geq 30\text{cm}$ 、宽度 $\geq 50\text{cm}$ ，压土须压实压紧。

4.2.6 平地找坡后安装碳汇卷，锚钉使用 $\Phi 6\text{mm} \times 20\text{cm}$ 钢钉，锚钉纵向间距 1m、横向间距 1.1m。

4.3 溜坍防治

4.3.1 工程结构

- 1 设置双抗锚杆安装碳汇卷，双抗锚杆使用应力砂浆锚固。
- 2 坡顶须设置排水设施，阻止水进入坡面土体中。
- 3 路面排水应按《公路排水设计规范》（JTG/T D33）的规定，设置集中排水系统排除路表水。

条文说明

边坡的溜坍灾害，主要成因是土体在反复吸水、失水使土体出现裂隙，降水时水顺裂隙迅速渗透，土体大量吸水，内摩擦角、凝聚力降低，变为软塑甚至流塑状态，引起土体强度衰减，发生溜坍。传统坡面防护中，通常采用骨架护坡、砌片石护坡、护面墙等方式，工程防护效果较好，但其造价较高、施工也较为繁琐。

根据边坡溜坍灾害发生的成因，其最重要的防治手段是“控水”。碳汇卷护坡，利用碳汇卷储水腔储水，储水腔蓄满后经设置在碳汇卷表面的溢水孔和排水斗，将多余的降水经碳汇卷表面排走，隔绝降水直接进入坡面土体中。植物生长的用水由碳汇卷内的匍水阀向土体缓慢供水，随着土体含水量上升，土体吸水的吸力降低，当土体吸力小于等于匍水阀吸力时，停止供水，使土体始终处于非饱和状态，维持土体的强度。同时利用匍水阀的布置，控制土体湿润锥的范围形成匍水骨架，保证边坡稳定。

碳汇卷护坡排水能力依据 60 年一遇暴雨强度设计，匍水阀吸力 $\geq 15\text{Kpa}$ ，自适应截水控制土体含水量，使土体保持非饱和状态，消除土体裂隙水压力，提高岩土承载力。实现坡面土体表面的零径流、零渗漏、零侵蚀，防治降水诱发的溜坍。

碳汇卷护坡利用匍水骨架设计，隔绝降水直接进入坡面土体，有效防治黄土遇水软化引起的强度迅速降低、土的结构破坏、在自重应力和附加应力共同作用下发生显著附加变形而产生的滑塌灾害。

碳汇卷护坡利用匍水骨架设计，可减少湿度的变化对膨胀土边坡的影响，有效防治在降水和大气蒸发作用下，因湿度变化引起的膨胀土产生的膨胀与收缩造成的土体开裂、降水产裂隙

入渗造成强度降低、吸水产生较大的膨胀力而造成的边坡变形破坏。

碳汇卷护坡利用匭水骨架设计，可有效防治红黏土和高液限土边坡在湿热交替的气候条件影响下发生的：土体产生收缩开裂，破坏土体完整性，降低土体的强度，同时增大了土体的透水性造成降雨时雨水沿裂隙入渗，形成了土体的软弱结构面而形成的坍塌和滑动灾害。

碳汇卷护坡利用匭水骨架设计，隔绝降水直接进入坡面土体，有效防治盐渍土在水作用下产生的盐胀、翻胀及溶陷等病害

碳汇卷护坡利用匭水骨架设计，隔绝降水直接进入坡面土体，消除花岗岩风化残积土遇水软化崩解、强度衰减而发生边的坡变形和破坏。

碳汇卷护坡利用匭水骨架设计，隔绝降水直接进入坡面土体，同时结合植物的蒸腾作用消耗地下毛细上升水和凝结水,使坡面土体在冬季冻结前保持较低含水量,消除水对冻胀的影响。防治因春融期边坡冻融层湿度较大，而融化层底部仍处于冻结状态不利于融水的下渗、造成水分蓄积在融化层内使土体处于饱和状态、土体抗剪强度很低而发生的融化层的滑移破坏。

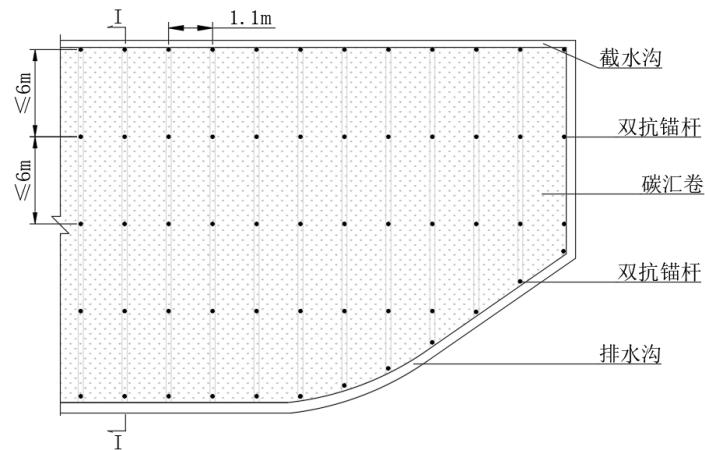


图 4-7-1 溜坍防治工程平面图

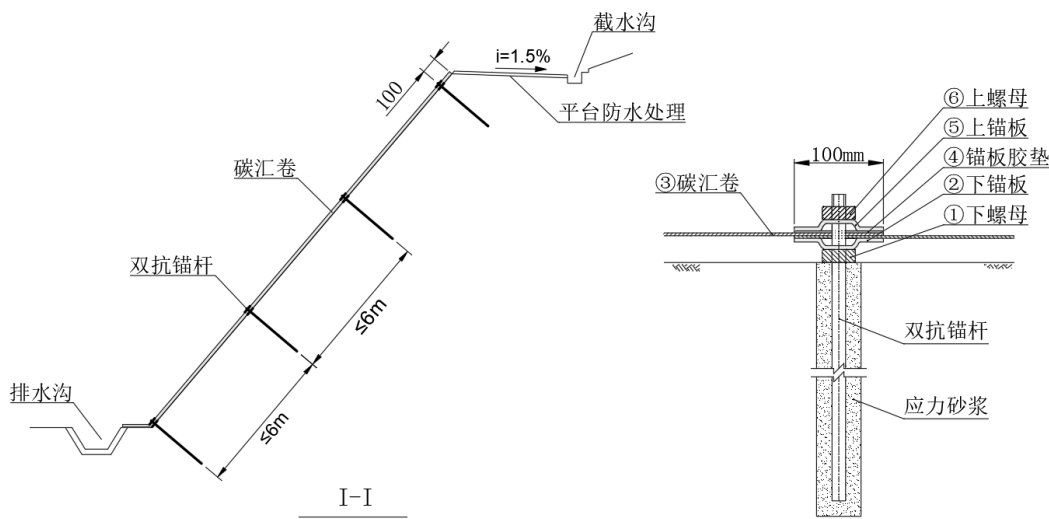


图 4-7-2 溜坍防治工程构造图

4.3.2 碳汇卷型号依据边坡的工况类型，按表 4.3.2 的规定设计。碳汇卷横向搭接宽度 10cm，碳汇卷须完全覆盖坡面。

表 4.3.2 溜坍防治碳汇卷型号设计表

序号	工况类型	土体类别	碳汇卷设计型号
1	路堤边坡	细粒土、粗粒土	T-G-LT-LD-XL-D
		巨粒土	T-G-LT-LD-JL-D
2	路堑边坡	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	T-G-LT-LQ-NS-D
		卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土、强风化和全风化软质岩	T-G-LT-LQ-SS-D

4.3.3 双抗锚杆设计

- 1 双抗锚杆的纵向间距 $\leq 6\text{m}$ 、横向间距 1.1m。
- 2 双抗锚杆的型号依据边坡的岩土类别按表 4.3.3-1 的规定设计。

表 4.3.3-1 溜坍防治双抗锚杆设计参数

序号	岩土类别	杆体型号	钻孔深度 (m)	抗拔强度 (kN)	锚具型号	锚具锚固扭力 (N.m)
1	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	MG-50-2.5	2.5	≥ 10	MG-MJ-02	≥ 25
2	卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土、强风化和全风化软质岩	MG-50-2.0	2.0	≥ 15	MG-MJ-02	≥ 25

- 3 锚固钻孔直径依据边坡的岩土类别和状态按表 4.3.3-2 的规定设计。

表 4.3.3-2 溜坍防治双抗锚杆锚固钻孔直径设计参数

序号	岩土类别		岩土状态	钻孔直径 (mm)
1	土质	黏性土	软塑	≥ 100
2			硬塑、坚硬	≥ 70
3		砂土	松散、稍密	≥ 50
4			中密、密实	≥ 42
5		碎石土	/	≥ 42
6	强风化、全风化的软质岩	极软岩	/	≥ 50
7		软岩	/	≥ 42
8		较软岩	/	≥ 42

- 4 垂直坡面钻孔和安装双抗锚杆，锚杆安装露出坡面长度 80mm~100mm。
- 5 季节性冻土地区土质边坡，设计标准冻深 1m~2m 地区的双抗锚杆锚固钻孔直径提高 20%，设计标准冻深 $\geq 2\text{m}$ 地区的双抗锚杆锚固钻孔直径提高 30%。

条文说明

边坡的溜坍防治，不需考虑双抗锚杆对边坡稳定性的加固作用，双抗锚杆的作用仅为安装固定碳汇卷。双抗锚杆设计载荷为碳汇卷的重力载荷和作用在碳汇卷上风载荷、施工载荷、局部岩土剥落掉块产生滑动载荷。设计取值见表 4-2。

表 4-2 侵蚀防治双抗锚杆设计取值表

序号	参数	取值
1	双抗锚杆杆体抗拉设计安全系数	按《公路路基设计规范》(JTG D30) 的规定取值 2.2
2	双抗锚杆锚固体抗拔安全系数	按《公路路基设计规范》(JTG D30) 的规定取值 2.2
3	岩土与锚固体极限粘接强度标准值	按《公路路基设计规范》(JTG D30) 的规定取值
4	锚杆与砂浆之间的粘接强度设计值	
5	设计边坡坡率	1:0.3
6	碳汇卷重力载荷	0.5kN/m ²
7	风载荷	按《建筑结构荷载规范》(GB 50009) 规定的 R=50 风压值，取值 1.0kN/m ²
8	施工载荷	1.0kN
9	局部岩土剥落、掉块产生的滑动力	1.0kN/m ²

- 1 碳汇卷的宽度为 1.2m，安装时横向搭接宽度 0.1m，因此双抗锚杆横向间距设计为 1.1m。
- 2 季节性冻土地区，春融期边坡冻融层融化后造成土体强度降低，双抗锚杆锚固体与土体的粘结强度会降低，故提高钻孔直径以增大双抗锚杆的抗拔强度。

4.4 滑塌防治

4.4.1 工程结构

- 1 设置双抗锚杆、双曲格构安装碳汇卷。
- 2 碳汇卷张力层横向搭接宽度 50cm。

条文说明

边坡的滑塌灾害，主要成因是破碎岩体在在风化、降水等作用下，引起边坡岩体滑动破坏。传统边坡防护工程中，主要采用挂网喷护、护面墙、框架梁的方式进行防治，具有较好的效果，但是其施工难度较高、工程成本高。

1 碳汇卷护坡滑塌防治，由双抗锚杆、双曲格构、碳汇卷组成防护结构，双抗锚杆施加预压力锚固双曲格构，提高坡面岩土稳定性，防治梁底掏空。同时，在双曲格构底部设置注浆膜，注入应力砂浆，膨胀适应坡面糙度，防治双曲格构底部悬空造成岩土滑动掏空。

碳汇卷在双抗锚杆、双曲格构、根系的共同作用下，将浅表层松散岩土体锚固成整体，锚固浅表层松散岩土体。

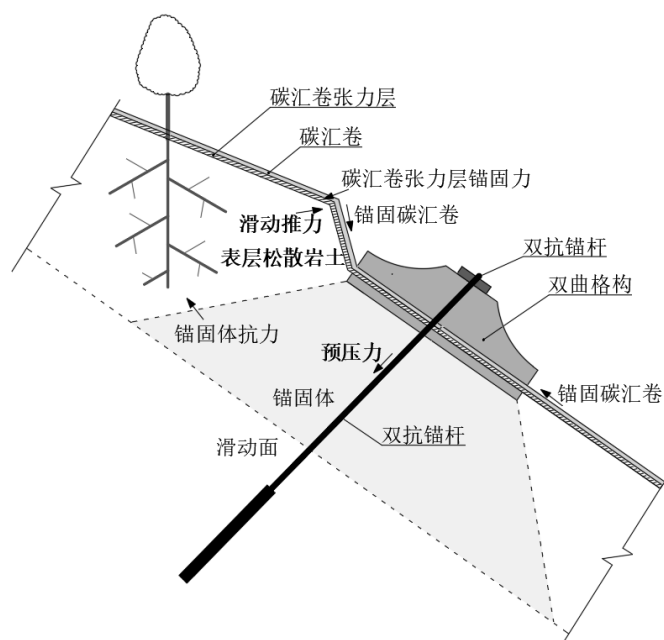


图 4-8 碳汇卷护坡滑塌防治结构图

设计过程中收集了现行相关设计规范中的框架梁护坡设计要求和近年的公路工程锚杆框架梁护坡设计图，通常框架梁的设计参数为：锚杆采用 $\phi 25\text{mm} \sim \phi 32\text{mm}$ 钢筋、框架梁单元尺寸为 $3\text{m} \times 3\text{m} \sim 4\text{m} \times 4\text{m}$ 、框架梁截面尺寸为 $30\text{cm} \times 30\text{cm} \sim 40\text{cm} \times 50\text{cm}$ 。依据《公路路基设计规范》(JTG D30)、《建筑边坡设计规范》(GB 50330)、《锚杆与喷射混凝土设计规范》(GB 50086) 的有关规定，根据边坡稳定性设计方法，计算了现行规范要求 and 工程设计中的锚杆框架梁护坡的锚杆和框架梁的设计抗力。碳汇卷护坡滑塌防治依据锚杆框架梁的抗力设计了碳汇卷护坡滑塌防治的双抗锚杆、碳汇卷和双曲格构的工程参数。

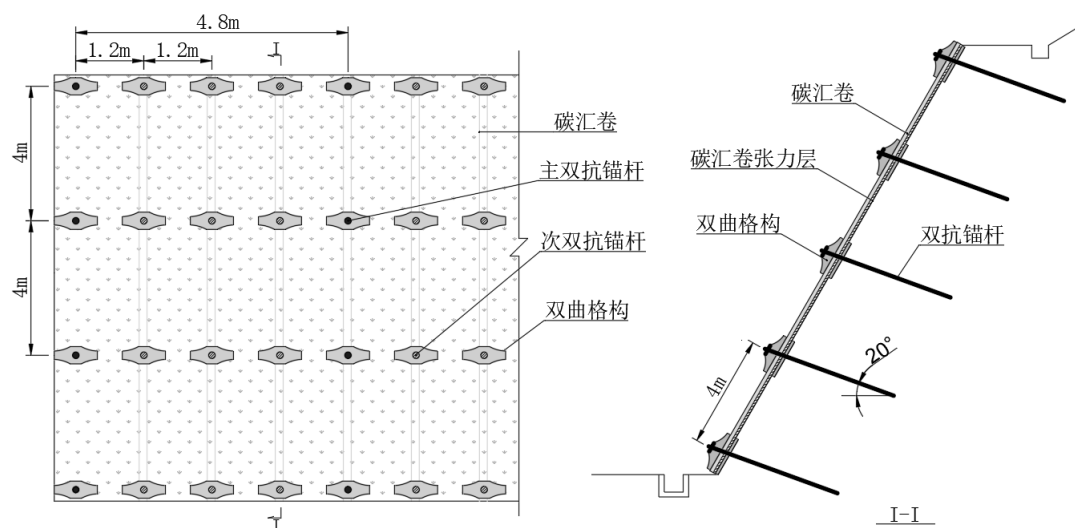


图 4-9 滑塌防治工程构造图

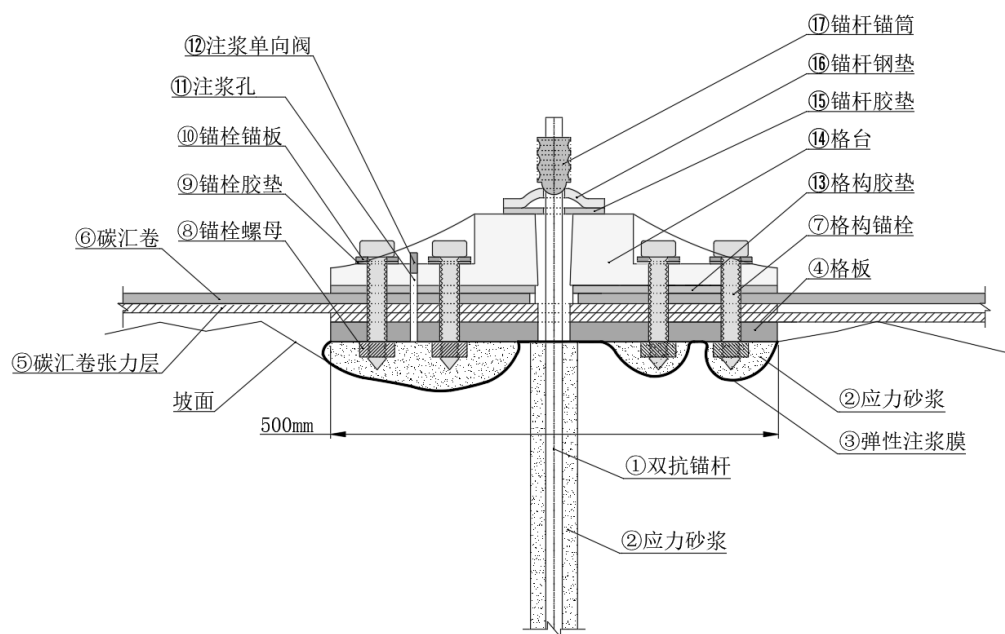


图 4-10 滑塌防治工程双曲格构安装构造图

2 碳汇卷张力层横向搭接宽度 50cm，保障在受力状态下，两幅之间不裂开缝隙，拦截表层的松散岩土体。

4.4.2 碳汇卷依据边坡的岩体类别，按表 4.4.2 的规定设计。

表 4.4.2 滑塌防治碳汇卷型号设计表

序号	岩体类别	碳汇卷设计型号
1	软质岩	T-G-HT-LQ-RY-D
2	硬质岩	T-G-HT-LQ-YY-D

条文说明

因软质岩和硬质岩的储水能力、养分含量和岩体矿化养分供给能力、对植物根系生长能力的影响不同，对碳汇卷的养分含量和释放期不同、对碳汇卷的供水速度要求不同，故需设置不同的碳汇卷型号。

碳汇卷设计载荷为碳汇卷的重力载荷和作用在碳汇卷上的风载荷、施工载荷。碳汇卷张力层设计载荷为岩土滑动载荷、地震载荷、施工载荷。设计取值见表 4-3。

表 4-3 滑塌防治碳汇卷及其张力层设计取值表

序号	参数	取值
1	碳汇卷设计安全系数	按《土工合成材料应用技术规范》(GB/T 50290)、《公路土工合成材料应用技术规范》(JTG/T D32) 的规定，取值 3.0
2	碳汇卷张力层设计安全系数	按《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》(GB 50608) 的规定，取值 2.0
3	设计边坡坡率	1:0.3

续表 4-3 滑塌防治碳汇卷及其张力层设计取值表

序号	参数	取值
4	岩土滑动层厚度	1.0m
5	裂隙水压力	裂隙充水高度取裂隙深度的 2/3
6	地震力	按《建筑抗震设计规范》(GB 50011) 和《公路工程抗震规范》(JTG B02) 中规定的烈度 7 度取值
7	碳汇卷重力载荷	0.5kN/m ²
8	风载荷	按《建筑结构荷载规范》(GB 50009) 规定的 R=50 风压值, 取值 1.0kN/m ²
9	施工载荷	2.0kN

4.4.3 双抗锚杆设计

- 1 设置主双抗锚杆和次双抗锚杆, 主双抗锚杆纵向间距 $\leq 4\text{m}$ 、横向间距 4.8m; 次双抗锚杆纵向间距 $\leq 4\text{m}$ 、横向间距 1.2m。
- 2 锚杆倾角 20° , 锚杆安装露出坡面长度 200mm~250mm。
- 3 双抗锚杆的型号依据边坡的岩体类别按表 4.4.3-1 的规定设计。

表 4.4.3-1 滑塌防治双抗锚杆设计参数

序号	岩体类别	主双抗锚杆		次双抗锚杆		抗拔强度 (kN)	锚筒锚固力 (kN)
		杆体型号	钻孔深度 (m)	杆体型号	钻孔深度 (m)		
1	软质岩	MG-130-6.0	6.0	MG-130-4.0	4.0	≥ 130	≥ 160
2	硬质岩	MG-170-6.0	6.0	MG-170-3.0	3.0	≥ 170	≥ 200

- 4 双抗锚杆锚固钻孔直径依据边坡的岩体类别按表 4.4.3-2 的规定设计。

表 4.4.3-2 滑塌防治双抗锚杆锚固钻孔直径设计参数

序号	岩体类别		钻孔直径 (mm)
1	软质岩	极软岩	≥ 80
2		软岩	≥ 50
3		较软岩	≥ 42
4	硬质岩		≥ 42

条文说明

滑塌防治, 双抗锚杆由杆体、锚杆胶垫、锚杆钢垫、锚杆锚筒组成, 抵抗岩土滑动力。通过双曲格构施加预压力, 锚固边坡表层松散岩土体, 防治双曲格构底部岩土滑动掏空。

双抗锚杆设计载荷为岩土滑动载荷、地震载荷、施工载荷、碳汇卷的重力载荷、作用在碳汇卷上风载荷、施工载荷。双抗锚杆的载荷设计取值见表 4-3、设计参数取值见表 4-4。

表 4-4 滑塌防治双抗锚杆设计参数取值表

序号	参数	取值
1	双抗锚杆杆体抗拉设计安全系数	按《公路路基设计规范》(JTG D30) 的规定取值 2.2
2	双抗锚杆锚固体抗拔安全系数	按《公路路基设计规范》(JTG D30) 和《建筑边坡设计规范》(GB 50330) 的规定取值 2.2
3	岩土与锚固体极限粘接强度标准值	按《公路路基设计规范》(JTG D30) 的规定取值
4	锚杆与砂浆之间的粘接强度设计值	

双抗锚杆锚固段的长度依据《公路路基设计规范》中“表 5.5.6-1 岩体与注浆体界面黏结强度设计值”规定的不同岩体类型的黏结强度较低值取值计算, 设计安全系数 2.2。锚杆载荷设计值按锚杆框架梁护坡设计的锚杆抗力反算: 锚杆框架梁护坡用锚杆通常为 $\phi 25\text{mm} \sim \phi 32\text{mm}$ 的 HRB400 钢筋, 框架梁单元尺寸 $3\text{m} \times 3\text{m}$ (见表 6-2)。根据现有规范和工程设计, 锚杆抗力反算的锚杆载荷设计取值为 $12\text{kN}/\text{m}^2 \sim 16\text{kN}/\text{m}^2$, 锚杆的锚固段长度计算值见下表:

表 4-5 碳汇卷护坡滑塌防治锚杆锚固段长度计算表

序号	岩体类型		锚杆载荷设计值 (kN/m^2)	防护单元面积 (m^2)	岩体与注浆体界面 黏结强度 (kPa)	锚固钻孔直径 (mm)	锚固段长度 计算值 (m)
1	软质岩	极软岩	12	4.8	150	80	3.50
2		软岩	12		250	50	3.36
3		较软岩	12		550	42	1.82
4	硬质岩		16		800	42	1.67

《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330) 中规定锚喷支护的锚杆长度为 $3\text{m} \sim 6\text{m}$ 、《铁路路基设计规范》中规定锚杆框架梁护坡的锚杆长度不小于 5m 、《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术标准》(GB 50086) 规定锚杆在滑移面以外的锚固长度应符合承载力计算的要求、《非煤露天矿边坡工程技术规范》(GB 51016) 规定框架梁节点锚杆长度宜为 4m 以上、《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330) 规定预应力锚杆自由段应超过潜在滑裂面 1.5m 。

碳汇卷护坡滑塌防治的设计假定潜在滑裂面深度 1m , 根据有关规范的要求和计算结果, 综合安全性需求的考虑, 主双抗锚杆长度设计为 6m (锚固段计算长度 $3.5\text{m} + \text{潜在滑裂面深度 } 1\text{m} + 1.5\text{m}$)。次双抗锚杆根据锚固计算取值, 设计长度为: 软质岩边坡 4m , 硬质岩边坡 3m 。

4.4.4 双曲格构设计

双曲格构型号及锚固参数依据边坡的岩体类别按表 4.4.4 的规定设计。双曲格构底部注入应力砂浆, 填充双曲格构底部和坡面之间的空隙。

表 4.4.4 滑塌防治双曲格构设计参数

序号	岩体类别	双曲格构型号	预压力 (kN)	锚栓锚固扭力 (N·m)
1	软质岩	SG-130	≥ 25	≥ 80
2	硬质岩	SG-170	≥ 35	≥ 100

条文说明

(1) 双曲格构由格板、格构胶垫、格台、锚杆胶垫、锚杆钢垫、锚杆锚筒、格构锚栓、找平应力砂浆组成。双曲格构设计载荷为岩土滑动载荷、地震载荷、施工载荷、碳汇卷的重力载荷、作用在碳汇卷上风载荷、施工载荷。载荷设计取值见表 4-3，双曲格构设计安全系数取值 2.5。利用双抗锚杆施加预压力，锚固滑动岩土体。通过双曲格构的锚栓施加压力，将碳汇卷锚固在双曲格构的格板和格台之间。

4.5 落石防治

4.5.1 工程结构

- 1 设置双抗锚杆、双曲格构安装碳汇卷。
- 2 碳汇卷张力层横向搭接宽度 50cm。

条文说明

边坡的落石灾害，主要成因是边坡岩体在长期的重力作用、风化作用和裂隙水压力的作用下，结构面不断发展、张开，危岩内部形成局部的悬空状态，导致落石灾害的形成。传统落石防护主要采用主动柔性防护网，可有效的防治落石灾害，但其工程成本较高，且无法做到防护与绿化的完全协同。

碳汇卷护坡协同双抗锚杆-双曲格构-碳汇卷-根系，等效柔性网防护的拦截抗力，防护单位面积潜在的危岩总量且 $\leq 1.0\text{m}^3/\text{m}^2$ 的落石灾害。

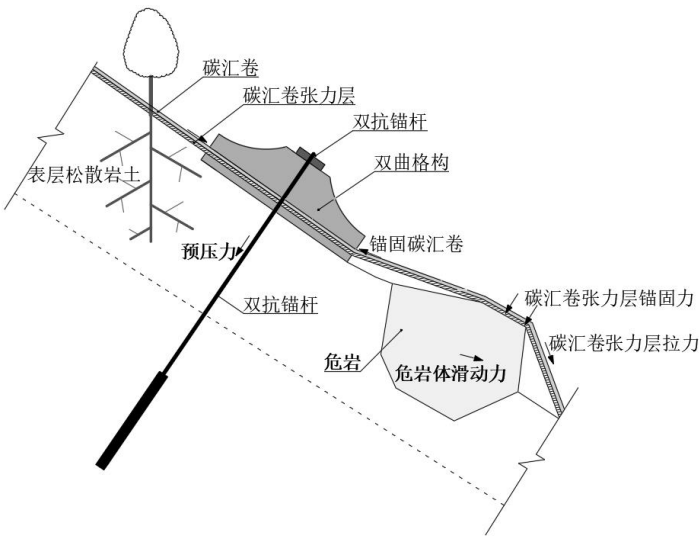


图 4-11 碳汇卷护坡落石防治结构图

设计过程中收集了现行相关设计规范中的主动柔性网护坡设计要求和近年的公路工程主动柔性网护坡设计图，通常主动柔性防护网护坡的设计参数为：锚杆采用 $\Phi 25\text{mm}$ 的钢筋、锚杆

布置间距为 3m~5m、支撑钢绳采用 $\phi 16\text{mm}$ 的钢绳、钢丝绳网规格通常采用 D0/08/150~300 型。依据《公路路基设计规范》(JTG D30)、《危岩落石柔性网防护工程技术规范》(T/CAGHP 06) 的有关规定,依据主动柔性防护网的抗力设计了碳汇卷护坡落石防治的双抗锚杆、碳汇卷和双曲格构的工程参数。

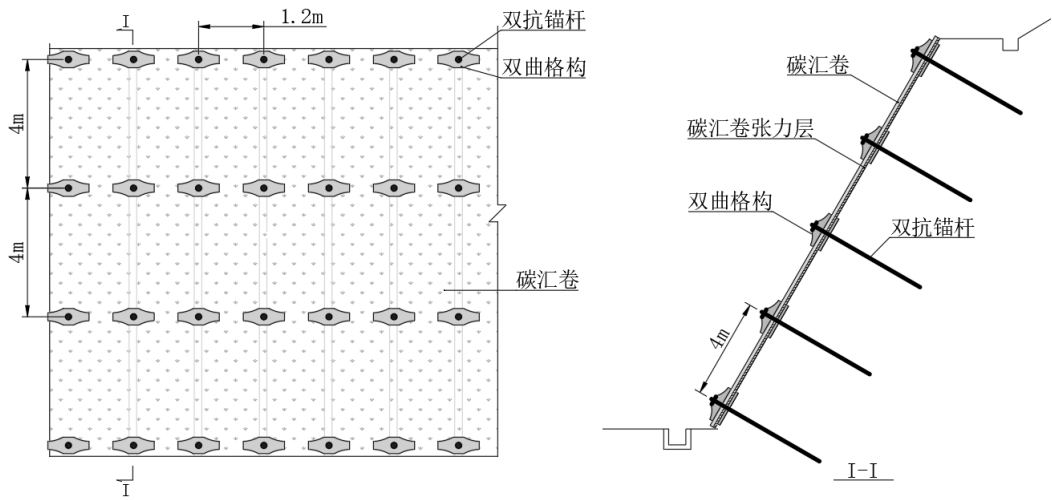


图 4-12 落石防治工程构造图

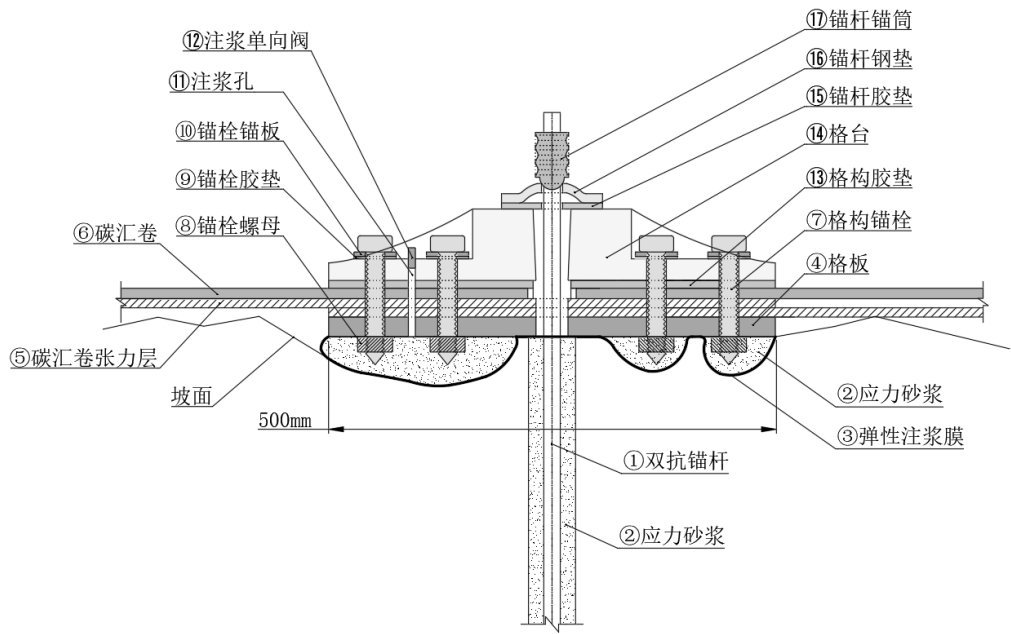


图 4-13 落石防治工程双曲格构安装构造图

4.5.2 碳汇卷依据边坡的岩体类别,按表 4.5.2 的规定设计。

表 4.5.2 落石防治碳汇卷型号设计表

序号	岩体类别	碳汇卷设计型号
1	软质岩	T-G-LS-LQ-RY-D
2	硬质岩	T-G-LS-LQ-YY-D

条文说明

因软质岩和硬质岩的储水能力、养分含量和岩体矿化养分供给能力、对植物根系生长能力的影响不同，对碳汇卷的养分含量和释放期不同、对碳汇卷的供水速度要求不同，故需设置不同的碳汇卷型号。

碳汇卷设计载荷为碳汇卷的重力载荷和作用在碳汇卷上的风载荷、施工载荷。碳汇卷张力层设计载荷为落石载荷、地震载荷、施工载荷。设计取值见表 4-6。

表 4-6 落石防治碳汇卷及其张力层设计取值表

序号	参数	取值
1	碳汇卷设计安全系数	按《土工合成材料应用技术规范》(GB/T 50290)、《公路土工合成材料应用技术规范》(JTG/T D32) 的规定，取值 3.0
2	碳汇卷张力层设计安全系数	按《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》(GB 50608) 的规定，取值 2.0
3	设计边坡坡率	1:0.3
4	落石载荷	单个落石 $\leq 1.5\text{m}^3$ ，总落石载荷 $\leq 1.0\text{m}^3/\text{m}^2$
5	裂隙水压力	裂隙充水高度取裂隙深度的 2/3
6	地震力	按《建筑抗震设计规范》(GB 50011) 和《公路工程抗震规范》(JTG B02) 中规定的烈度 7 度取值
7	碳汇卷重力载荷	$0.5\text{kN}/\text{m}^2$
8	风载荷	取值 $1.0\text{kN}/\text{m}^2$
9	施工载荷	2.0kN

4.5.3 双抗锚杆设计

1 双抗锚杆的纵向间距 $\leq 4\text{m}$ 、横向间距 1.2m。双抗锚杆垂直边坡，安装露出坡面长度 200mm~250mm。

2 双抗锚杆的型号依据边坡的岩体类别按表 4.5.3-1 的规定设计。

表 4.5.3-1 落石防治双抗锚杆设计参数

序号	岩体类别	杆体型号	钻孔深度(m)	抗拔强度(kN)	锚筒锚固力(kN)
1	软质岩	MG-170-3.5	3.5	≥ 90	≥ 110
2	硬质岩	MG-170-2.5	2.5	≥ 120	≥ 160

3 双抗锚杆锚固钻孔直径依据边坡的岩体类别按表 4.5.3-2 的规定设计。

表 4.5.3-2 落石防治双抗锚杆锚固钻孔直径设计参数

序号	岩体类别		钻孔直径
1	软质岩	极软岩	≥ 70
2		软岩	≥ 50
3		较软岩	≥ 42
4	硬质岩		≥ 42

条文说明

落石防治，双抗锚杆由杆体、锚杆胶垫、锚杆钢垫、锚杆锚筒组成，抵抗岩土滑动力。通过双曲格构施加预压力，锚固边坡表层松散岩土体，防治双曲格构底部岩土滑动掏空。

双抗锚杆设计载荷为落石载荷、地震载荷、施工载荷、碳汇卷的重力载荷、作用在碳汇卷上风载荷、施工载荷。双抗锚杆的载荷设计取值见表 4-6，双抗锚杆设计参数取值见表 4-4。

碳汇卷护坡落石防治的锚杆设计，锚固段的长度依据《公路路基设计规范》中“表 5.5.6-1 岩体与注浆体界面黏结强度设计值”规定的不同岩体类型的黏结强度较低值取值计算，设计安全系数 2.2。锚杆载荷设计值按主动柔性网护坡设计的锚杆抗力反算：根据《危岩落石柔性网防护工程技术规范》(T/CAGHP 06)附录 I 的规定，主动柔性防护网锚杆轴向拉力设计值 50kN~80kN，锚杆长度 2m~3m，锚杆间距 3m~4m，锚杆轴向宜垂直边坡。根据现有规范和设计的锚杆抗力反算的锚杆载荷设计取值为 $8\text{kN/m}^2 \sim 10\text{kN/m}^2$ ，锚杆的锚固段长度计算值见下表：

表 4-7 碳汇卷护坡落石防治锚杆锚固段长度计算表

序号	岩体类型		锚杆载荷设计值 (kN/m^2)	防护单元面 积(m^2)	岩体与注浆体界面 黏结强度(kPa)	锚固钻孔直 径(mm)	锚固段长度 计算值(m)
1	软质岩	极软岩	8	4.8	150	70	2.56
2		软岩	8		250	50	2.15
3		较软岩	8		550	42	1.16
4	硬质岩		10		800	42	1.00

根据有关规范的要求和计算结果，综合安全性需求的考虑，双抗锚杆设计长度为：软质岩边坡 3.5m，硬质岩边坡 2.5m。

4.5.4 双曲格构设计

双曲格构型号及锚固参数依据边坡的岩体类别按表 4.5.4 的规定设计。双曲格构底部注入应力砂浆，填充双曲格构底部和坡面之间的空隙。

表 4.5.4 落石防治双曲格构设计参数

序号	岩体类别	双曲格构型号	预压力(kN)	锚栓锚固扭力(N.m)
1	软质岩	SG-130	≥ 20	≥ 80
2	硬质岩	SG-170	≥ 25	≥ 100

条文说明

(1) 落石防治，双曲格构由格板、格构胶垫、格台、锚杆胶垫、锚杆钢垫、锚杆锚筒、格构锚栓、找平应力砂浆组成。双曲格构设计载荷为岩土滑动载荷、地震载荷、施工载荷、碳汇卷的重力载荷、作用在碳汇卷上风载荷、施工载荷。载荷设计取值见表 4-6，双曲格构设计安全系数取值 2.5。

4.6 结合锚杆（索）边坡锚固使用

4.6.1 锚杆（索）边坡锚固设置框架梁时：

1 框架梁单元形状应采用矩形，框架梁单元尺寸应设置为：1.1m×n+0.1m+框架梁截面宽度。碳汇卷安装在框架梁单元内的坡面。

2 碳汇卷型号依据边坡的岩土类别和坡率，按表 4.6.1-1 的规定设计。

表 4.6.1-1 设置框架梁时侵蚀防治碳汇卷型号设计表

序号	岩土类别	碳汇卷设计型号
1	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	T-G-MG-KJ-NS-D
2	卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土、碎石、砾石	T-G-MG-KJ-SS-D
3	软质岩	T-G-MG-KJ-RY-D
4	硬质岩	T-G-MG-KJ-YY-D

3 双抗锚杆的纵向间距≤6m、横向间距 1.1m。双抗锚杆的型号及锚固强度依据边坡的岩土类别按表 4.6.1-2 的规定设计。双抗锚杆锚固钻孔直径依据边坡的岩土类别和状态按表 4.6.1-3 的规定设计。

表 4.6.1-2 设置框架梁时侵蚀防治双抗锚杆设计参数

序号	岩土类别	杆体型号	钻孔深度 (m)	抗拔强度 (kN)	锚具型号	锚具锚固扭力 (N.m)
1	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	MG-50-2.5	2.5	≥12	MG-MJ-01	≥25
2	卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	MG-50-2.0	2.0	≥15	MG-MJ-01	≥25
3	软质岩	MG-50-1.5	1.5	≥23	MG-MJ-01	≥30
4	硬质岩	MG-50-1.0	1.0	≥30	MG-MJ-01	≥35

表 4.6.1-3 设置框架梁时侵蚀防治双抗锚杆锚固钻孔直径设计参数

序号	岩土类别		岩土状态	钻孔直径 (mm)
1	土质	黏性土	软塑	≥120
2			硬塑、坚硬	≥70
3		砂土	松散、稍密	≥50
4			中密、密实	≥50
5	软质岩	碎石土	/	≥50
6		极软岩	/	≥70
7		软岩	/	≥50
8		较软岩	/	≥42
9	硬质岩		/	≥42

条文说明

1 框架梁单元形状应采用矩形，便于安装碳汇卷。框架梁的单元尺寸应根据碳汇卷的安装尺寸要求设置。

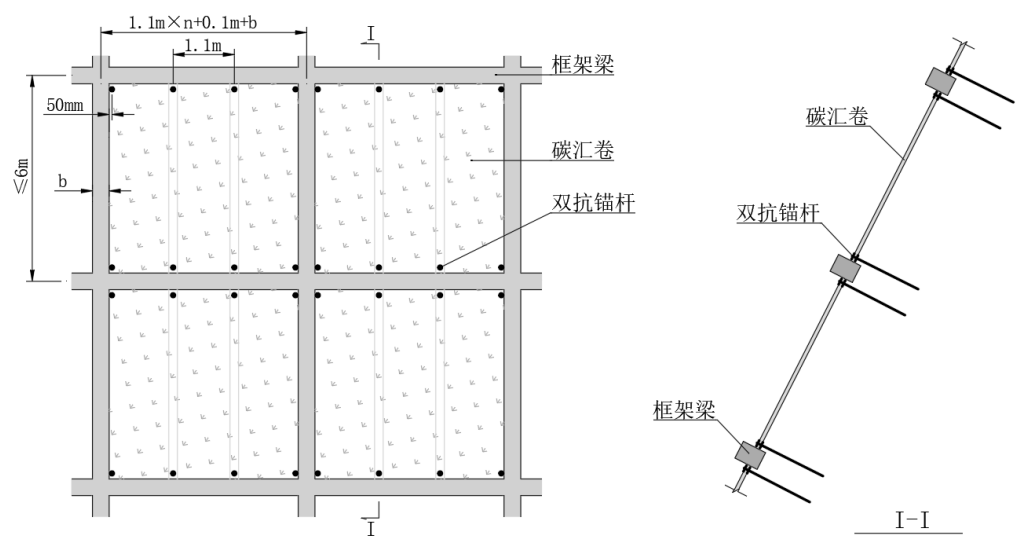


图 4-12 锚杆（索）边坡锚固设置框架梁时侵蚀防治工程构造图

2、3 锚杆锚固边坡设置框架梁时，一般用于坡度较陡的风化较为严重的软质岩边坡、岩体破碎程度较高的硬质岩边坡和土质边坡，考虑到边坡岩土的风化、破碎情况，为保障工程的安全性，碳汇卷的强度和双抗锚杆的锚固抗拔强度较一般边坡侵蚀防治提高 1 倍。

4.6.2 锚杆（索）边坡锚固设置地梁时：

1 地梁宜竖直方向设置，地梁横向单元尺寸应设置为： $1.1\text{m} \times n + 0.1\text{m} + \text{地梁截面宽度}$ 。碳汇卷安装在地梁之间的坡面。

2 碳汇卷型号依据边坡的岩土类别和坡率，按表 4.6.2-1 的规定设计。

表 4.6.1-1 设置地梁时侵蚀防治碳汇卷型号设计表

序号	岩土类别	碳汇卷设计型号
1	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	T-G-MG-DL-NS-D
2	卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土、碎石、砾石	T-G-MG-DL-SS-D
3	软质岩	T-G-MG-DL-RY-D
4	硬质岩	T-G-MG-DL-YY-D

3 双抗锚杆设计

双抗锚杆的纵向间距 $\leq 6\text{m}$ 、横向间距 1.1m。双抗锚杆的型号及锚固强度依据边坡的岩土类别按表 4.6.2-2 的规定设计。双抗锚杆锚固钻孔直径依据边坡的岩土类别和状态按表 4.6.2-3 的规定设计。

表 4.6.2-2 设置地梁时侵蚀防治双抗锚杆设计参数

序号	岩土类别	杆体型号	钻孔深度 (m)	抗拔强度 (kN)	锚具型号	锚具锚固扭力 (N.m)
1	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	MG-50-2.0	2.0	≥10	MG-MJ-01	≥25
2	卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	MG-50-1.5	1.5	≥13	MG-MJ-01	≥25
3	软质岩	MG-50-1.5	1.5	≥20	MG-MJ-01	≥30
4	硬质岩	MG-50-1.0	1.0	≥26	MG-MJ-01	≥35

表 4.6.2-3 设置地梁时侵蚀防治双抗锚杆锚固钻孔直径设计参数

序号	岩土类别		岩土状态	钻孔直径 (mm)
1	土质	黏性土	软塑	≥120
2			硬塑、坚硬	≥75
3		砂土	松散、稍密	≥60
4			中密、密实	≥42
5		碎石土	/	≥42
6	软质岩	极软岩	/	≥60
7		软岩	/	≥42
8		较软岩	/	≥42
9	硬质岩		/	≥42

条文说明

1 地梁宜竖直方向设置，便于安装碳汇卷。地梁的横向单元尺寸应根据碳汇卷的安装尺寸要求设置。

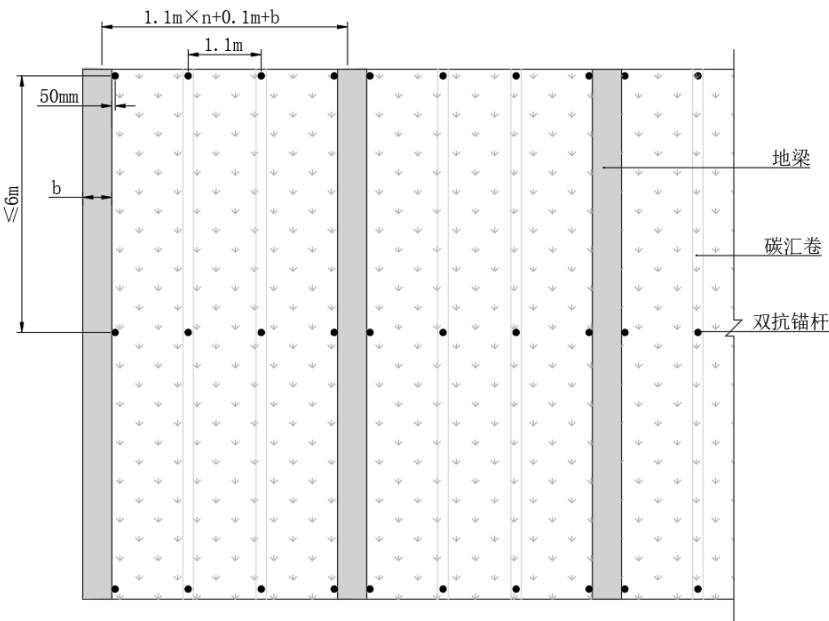


图 4-13 锚杆（索）边坡锚固设置地梁时侵蚀防治工程构造图

2、3 锚杆锚固边坡设置地梁时，一般用于软岩岩体相间、岩体较破碎的岩质边坡和土质边坡，考虑到边坡岩土破碎情况，为保障工程的安全性，碳汇卷的强度和双抗锚杆的锚固抗拔强度较一般边坡侵蚀防治提高 60%。

4.6.3 锚杆（索）边坡锚固设置单锚墩时：

- 1 锚杆（索）横向间距应设置为： $1.1m \times n$ 。
- 2 碳汇卷型号依据边坡的岩土类别和坡率，按表 4.6.3-1 的规定设计。

表 4.6.3-1 设置锚墩时侵蚀防治碳汇卷型号设计表

序号	岩体类别	碳汇卷设计型号
1	软质岩	T-G-MG-MD-RY-D
2	硬质岩	T-G-MG-MD-YY-D

3 双抗锚杆设计

- 1) 双抗锚杆的纵向间距 $\leq 6m$ 、横向间距 1.1m。在锚墩的上下处增设锚杆。
 - 2) 双抗锚杆的型号及锚固强度依据边坡的岩土类别按表 4.6.3-2 的规定设计。
- 双抗锚杆锚固钻孔直径依据边坡的岩土类别和状态按表 4.6.3-3 的规定设计。

表 4.6.3-2 设置锚墩时侵蚀防治双抗锚杆设计参数

序号	岩土类别	杆体型号	钻孔深度(m)	抗拔强度(kN)	锚具型号	锚具锚固扭力(N.m)
1	软质岩	MG-50-1.5	1.5	≥ 18	MG-MJ-01	≥ 30
2	硬质岩	MG-50-1.0	1.0	≥ 24	MG-MJ-01	≥ 35

表 4.6.3-3 设置锚墩时侵蚀防治双抗锚杆锚固钻孔直径设计参数

序号	岩土类别		钻孔直径 (mm)
1	软质岩	极软岩	≥ 60
2		软岩	≥ 42
3		较软岩	≥ 42
4	硬质岩		≥ 42

条文说明

- 1 锚杆（索）横向间距应设置为： $1.1m \times n$ ，便于安装碳汇卷。
- 2、3 锚杆锚固边坡设置锚钉时，一般用于坡度较陡的块状或整体性好的岩质边坡，考虑到边坡坡度和边坡表面的平整度，为保障工程的安全性，碳汇卷的强度和双抗锚杆的锚固抗拔强度较一般边坡侵蚀防治提高 30%。

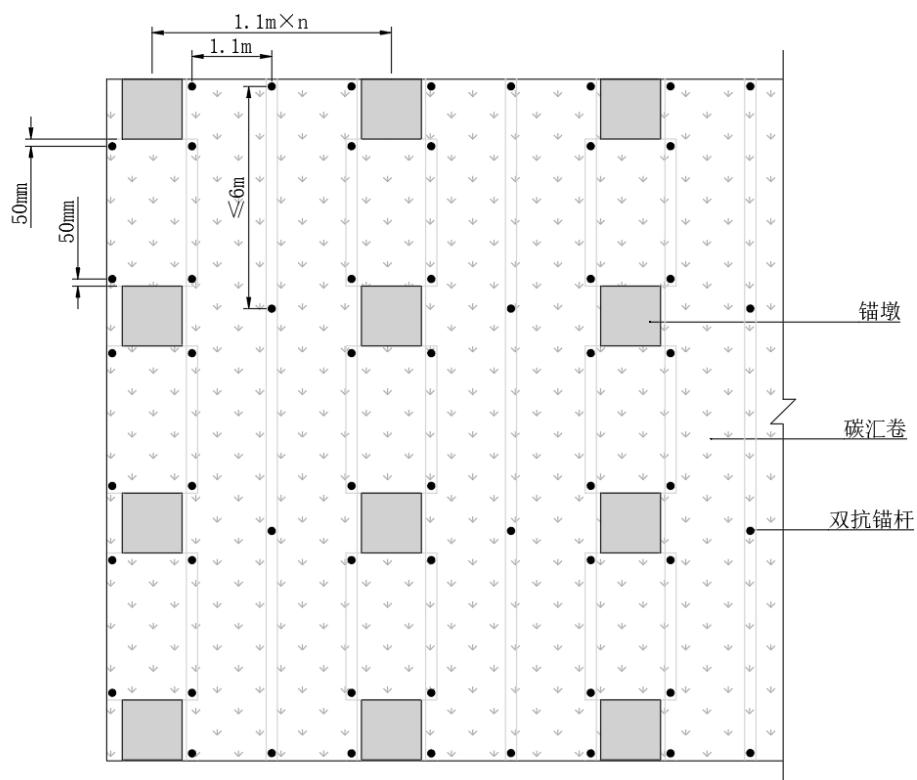


图 4-14 锚杆（索）边坡锚固设置锚墩时侵蚀防治工程构造图

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 施工前应熟悉设计文件，严格按工程设计要求施工。

5.1.2 欠稳定边坡的治理和边坡排水工程施工检验合格后，再进行碳汇卷护坡工程施工。

5.2 施工准备

5.2.1 根据工程设计文件和施工时间、地区，采购碳汇卷、双曲格构、双抗锚杆、应力砂浆等工程材料。

条文说明

不同的工程地区碳汇卷需要配置不同的植物品种。冬季施工，碳汇卷需设置首灌层控制降水进入避免种子变质或过早萌发。因此需根据工程设计需求和施工时间、地区，定制碳汇卷。

5.2.2 应进行施工调查及现场核对，根据设计要求及现场情况等，按国家和行业相关规定，编制编制施工组织设计、施工方案和安全环保文明施工保障措施，进行技术交底和安全培训。

5.2.3 施工前，应对边坡进行修整，清除边坡上的危岩、松土，清除凸起高度大于 300mm 的孤石，嵌补深度 $\geq 500\text{mm}$ 、且纵横向尺寸 $\geq 1200\text{mm}$ 的凹坑。

条文说明

凸起过高的孤石和过大的凹坑，会造成碳汇卷悬空，不利于植物根系生长进入坡面岩土中、不利于对坡面松散岩土体的锚固、且不利于碳汇卷护坡工程施工，因此施工前需清除过高的孤石和嵌补过大的凹坑。

5.3 材料进场

5.3.1 检验每批材料的质量合格证书、使用说明书、规格、型号、数量等。检验

合格才能用于工程施工。

5.3.2 安装时核对全部材料型号。

5.3.3 碳汇卷材料的存储堆放须防水防潮。

5.4 双抗锚杆安装

5.4.1 双抗锚杆试验

1 基本试验

施工前，应进行双抗锚杆基本试验。侵蚀防治和溜塌防治，每个边坡的双抗锚杆基本试验数量不小于 5 根；滑塌防治和落石防治，每个边坡的双抗锚杆基本试验数量取工作双抗锚杆数量的 3%，且不少于 3 根。双抗锚杆抗拔强度不满足要求，根据试验强度，计算加大双抗锚杆钻孔直径。

$$R_l = N_{mg} / (N_{mg}' / R)$$

式中： N_{mg} ——双抗锚杆锚固抗拔强度设计标准值（kN）；

N_{mg}' ——双抗锚杆锚固抗拔强度实测值（kN）；

R ——设计钻孔直径；

R_l ——钻孔直径。

2 验收试验

施工后，应进行双抗锚杆验收试验。侵蚀防治和溜塌防治，每个边坡的双抗锚杆验收试验的数量不小于 5 根。滑塌防治和落石防治，每个边坡的双抗锚杆验收试验数量取工作双抗锚杆数量的 3%，且不少于 5 根。

3 双抗锚杆试验内容及要求应符合现行《公路路基设计规范》JTG D30、《锚杆与喷射混凝土设计规范》（GB 50086）的有关规定。

5.4.2 测量

1 双抗锚杆间距根据边坡糙度和弧度调整，紧贴坡面测量。

2 侵蚀防治、溜塌防治，双抗锚杆横向间距不能产生正偏差，根据坡面糙度情况适当减小双抗锚杆横向间距，保证碳汇卷搭接宽度符合要求。

3 滑塌防治、落石防治，双抗锚杆横向间距不能产生负偏差，根据坡面糙度情况适当调整双抗锚杆横向间距，保证横向间距符合要求。

4 纵向每列双抗锚杆应根据坡面糙度分区在一条直线上，保持竖直。

5 未嵌补的凹坑，凹坑的深度 $\geq 500\text{mm}$ 、纵横向尺寸 $\geq 1200\text{mm}$ 时，在凹坑内增设双抗锚杆。

6 未清除的孤石厚度 $\geq 300\text{mm}$ 时，增设双抗锚杆。

条文说明

5 未嵌补的凹坑，应在凹坑内增设双抗锚杆，保证碳汇卷紧贴坡面。

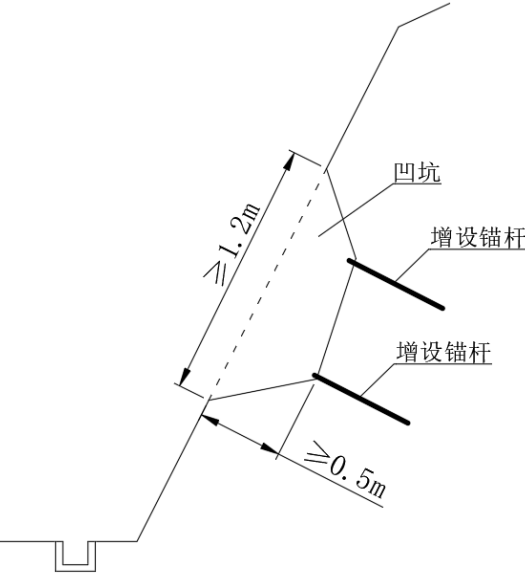


图 5-1 碳汇卷护坡坡面凹坑增设双抗锚杆布置示意图

6 未清除孤石，应在孤石的上端和下端增设双抗锚杆，保证碳汇卷紧贴坡面。

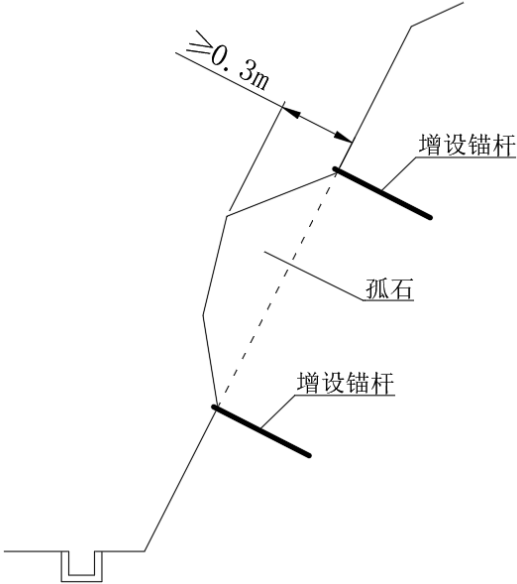


图 5-2 碳汇卷护坡坡面孤石增设双抗锚杆布置示意图

5.4.3 钻孔

- 1 钻孔偏差不能超过 5° 。
- 2 清理干净孔中渣尘和积水。
- 3 及时安装双抗锚杆和灌注砂浆。

5.4.4 安装

- 1 若双抗锚杆杆体防腐层有损坏，必须修补或更换双抗锚杆。
- 2 侵蚀防治和溜坍防治，双抗锚杆露出坡面长度 $80\text{mm}\sim 100\text{mm}$ 。
- 3 滑塌防治和落石防治，双抗锚杆露出坡面长度 $200\text{mm}\sim 250\text{mm}$ 。

5.5 双曲格构安装

5.5.1 格板安装

- 1 清理干净坡面浮土和碎石，避免影响双曲格构对坡面岩土的预压力加载。
- 2 格板必须保证横向水平。

5.5.2 格台安装

- 1 碳汇卷安装在格板上后再安装格台。
- 2 格台与格板对位安装。
- 3 格构螺栓紧固扭力值符合设计要求。
- 4 利用双抗锚杆施加预压力，预压力值符合设计要求。

5.5.3 找平应力砂浆灌注

压力注浆，注浆须密实、饱和。

5.6 碳汇卷安装

5.6.1 根据边坡长度裁剪碳汇卷。

5.6.2 坡率 $\geq 1:2$ 的侵蚀防治和溜坍防治碳汇卷安装

- 1 碳汇卷对齐、拉紧拉直安装。
- 2 碳汇卷横向搭接宽度 100mm 。
- 3 锚板锚固力值和锚筒锚固力值符合设计要求。

5.6.3 坡率 $< 1:2$ 的土质边坡和平地碳汇卷安装

- 1 碳汇卷对齐、拉紧拉直用锚钉直接钉入土中固定。
- 2 锚钉纵向间距 1m ，横向间距 1.1m 。

5.6.4 弃土弃渣场坡碳汇卷安装

挖沟埋压，挖沟深度 $\geq 30\text{cm}$ 、宽度 $\geq 50\text{cm}$ 。用土压紧压实。

5.6.5 滑塌防治和落石防治碳汇卷安装

- 1 碳汇卷对齐、拉紧拉直安装。
- 2 碳汇卷的张力层横向搭接宽度 500mm。
- 3 碳汇卷必须在双曲格构处搭接。
- 4 格构锚栓螺母紧固扭力值符合设计要求。

5.6.6 注意碳汇卷的上下方向，严禁铺反。

5.6.7 溜坍防治，碳汇卷必须全覆盖坡面。

5.7 首次灌溉

5.7.1 首次灌溉时间区间内安装，必须在安装后 5 天内灌溉，避免植物种子吸潮变质影响发芽。安装过程中如遇降雨必须立即灌溉，避免植物种子在未灌溉前吸水萌发，萌发后无水供应死亡。

5.7.2 非首次灌溉时间区间内安装，必须等第二年春季入春后再灌溉。

5.7.3 必须检验全部碳汇卷单元首灌质量。

5.8 养护

5.8.1 首次灌溉后，一般情况下无需水分管理。出现植物萎蔫应及时灌溉。发生极端干旱，应加大日常检查频率，及时灌溉。

5.8.2 植物出现病虫害，及时进行针对性防治。

6 质量标准

6.1 一般规定

- 6.1.1 完工质量标准：施工后 1 个月~3 个月检验。
- 6.1.2 交工质量标准：施工后 3 个月~12 个月的植物生长旺季检验。
- 6.1.3 竣工质量标准：施工后不超过 36 个月的植物生长旺季检验。

6.2 植物质量标准

表 6.2 植物盖度质量标准

序号	年有效降雨量	气候分区	工程施工后的时间					
			1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年
1	≥300	热带	80%	90%	90%	90%	90%	90%
2		南亚热带	80%	90%	90%	90%	90%	90%
3		中亚热带	80%	90%	90%	90%	90%	90%
4		北亚热带	75%	85%	90%	90%	90%	90%
5		暖温带	60%	75%	85%	90%	90%	90%
6		中温带	50%	65%	80%	90%	90%	90%
7		寒温带	35%	50%	65%	80%	90%	90%
8		高原温带	20%	30%	40%	55%	70%	80%
9		高原压温带	15%	25%	35%	50%	65%	75%
10		高原压寒带	10%	20%	30%	45%	60%	70%
11	≤300	热带	65%	75%	80%	80%	80%	80%
12		南亚热带	60%	70%	80%	80%	80%	80%
13		中亚热带	60%	70%	80%	80%	80%	80%
14		北亚热带	55%	65%	75%	80%	80%	80%
15		暖温带	50%	60%	70%	75%	80%	80%
16		中温带	45%	55%	60%	70%	75%	80%
17		寒温带	30%	40%	45%	50%	55%	60%
18		高原温带	15%	20%	25%	30%	35%	40%
19		高原压温带	12%	17%	22%	27%	32%	37%
20		高原压寒带	10%	15%	20%	25%	30%	35%

条文说明

气候分区见《中国气候区划名称与代码 气候带和气候大区》(GB/T 17297) 的规定。

植物生长速度受到温度、光照、水分、养分等生境因子的影响, 不同地区的植物生长速度差异较大, 特别是青藏高原地区, 植物生长缓慢。因而碳汇卷护坡植物质量标准根据气候分区和施工后的时间设置, 便于工程验收。

6.3 完工质量标准

6.3.1 主控项目

表 6.3.1 主控项目检验数量和检验方法

序号	检查项目		质量标准	检验数量	检验方法
一	碳汇卷				
1	型号		符合设计要求	全部	检查材料标签
2	碳汇卷横向 搭接宽度	侵蚀防治、溜坍防治	$\geq 80\text{mm}$	/	/
		滑塌防治、落石防治	450mm~500mm	抽检 3%	目测
3	碳汇卷夹持 宽度	侵蚀防治、溜坍防治	$\geq 80\text{mm}$	抽检 3%	目测
		滑塌防治、落石防治	$\geq 80\text{mm}$	抽检 3%	目测
4	碳汇卷覆盖 率	溜坍防治	全覆盖, 不得 露出坡面	全部	目测
		其他	大于等于 95%	全部	目测
5	首次灌溉蓄满度		全部蓄满	全部	目测
6	植物萌发率		$\geq 90\%$ 的萌发孔 有植物萌发	全部	目测
7	病虫害		无	全部	目测
二	双曲格构				
1	型号		符合设计要求	全部	检查材料标签
2	双曲格构锚栓扭力		符合设计要求	抽检 3%	扭力检测
3	双曲格构预压力		符合设计要求	抽检 3%	拉拔检测
三	双抗锚杆				
1	杆体型号		符合设计要求	全部	检查材料标签
2	锚板型号		符合设计要求	全部	检查材料标签
3	锚筒型号		符合设计要求	全部	检查材料标签
4	双抗锚杆 间距	侵蚀防治、溜坍防治	符合设计要求	/	/
		滑塌防治、落石防治	符合设计要求	抽检 3%	测量

续表 6.3.1 主控项目检验数量和检验方法

序号	检查项目		质量标准	检验数量	检验方法
5	双抗锚杆 倾角	侵蚀防治、溜坍防治	符合设计要求	/	/
		滑塌防治、落石防治	符合设计要求	抽检 3%	测量
6	钻孔深度	侵蚀防治、溜坍防治	符合设计要求	/	/
		滑塌防治、落石防治	符合设计要求	抽检 3%	测量
7	钻孔直径	侵蚀防治、溜坍防治	符合设计要求	/	/
		滑塌防治、落石防治	符合设计要求	抽检 3%	测量
8	杆体深度	侵蚀防治、溜坍防治	符合设计要求	/	/
		滑塌防治、落石防治	符合设计要求	抽检 3%	测量
9	杆体高度	侵蚀防治、溜坍防治	符合设计要求	/	/
		滑塌防治、落石防治	符合设计要求	抽检 3%	测量
10	双抗锚杆 锚固抗拔 强度	侵蚀防治、溜坍防治	符合设计要求	/	/
		滑塌防治、落石防治	符合设计要求	抽检 5%	拉拔检测
11	锚板锚固 压力	侵蚀防治、溜坍防治	符合设计要求	抽检 3%	拉拔检测
		滑塌防治、落石防治	符合设计要求	抽检 3%	拉拔检测
12	锚筒锚固强度		符合设计要求	抽检 3%	拉拔检测
四	应力砂浆				
1	型号		符合设计要求	全部	检查材料标签
2	配比		符合设计要求	全部	配比参数报告
五	工程施工相对负碳量		符合第 7 章的规定	全部	核算报告

6.3.2 一般项目

表 6.3.2 一般项目及质量标准

序号	检查项目	质量标准	检验数量	检验方法
1	安装外观	整齐、平顺	全部	目测
2	有无破损	无	全部	目测

6.4 交工质量标准

6.4.1 主控项目

表 6.4.1 主控项目及质量标准

序号	检查项目	质量标准	检验数量	检验方法
1	植物盖度	符合第 6.2 条的要求	全部	目测
2	碳汇卷	松动、破坏不超过 1 处/1000 m ² , 破坏总面积不超过 2 m ² /1000 m ²	全部	目测、计数
3	双曲格构	无松动、无开裂、无破坏	全部	目测、计数
4	双抗锚杆	无松动、无破坏	全部	目测、计数
5	坡面岩土体	无垮塌、无崩塌、无坍塌	全部	目测、计数

6.4.2 一般项目

表 6.4.2 一般项目及质量标准

序号	检查项目	质量标准	检验数量	检验方法
1	植物生长状态	植物生长整齐、健康	全部	目测

6.5 竣工质量标准

6.5.1 主控项目

表 6.5.1 主控项目及质量标准

序号	检查项目	质量标准	检验数量	检验方法
1	植物盖度	符合第 6.2 条的要求	全部	目测
2	碳汇卷	松动、破坏不超过 1 处/1000 m ² , 破坏总面积不超过 2 m ² /1000 m ²	全部	目测、计数
3	双曲格构	无松动、无开裂、无破坏	全部	目测、计数
4	双抗锚杆	无松动、无破坏	全部	目测、计数
5	坡面岩土体	无垮塌、无崩塌、无坍塌	全部	目测、计数

6.5.2 一般项目

表 6.4.2 一般项目及质量标准

序号	检查项目	质量标准	检验数量	检验方法
1	植物生长状态	植物生长整齐、健康	全部	目测

7 碳减排

7.1 一般规定

- 7.1.1 工程完工后，应根据实际情况核算工程相对负碳和绝对负碳。
- 7.1.2 工程施工前，应检验碳汇卷、双曲格构、双抗锚杆和应力砂浆的由材料供应商提供的碳排放基准值核算报告。材料的碳排放基准值要求见附录 C～附录 F 的规定。

7.2 相对负碳

- 7.2.1 碳汇卷护坡碳排放包括施工人员生活耗能碳排放、工程材料碳排放和施工机械碳排放。碳排放按附录 H 规定的方法计算。
- 7.2.2 碳汇卷护坡直接碳排放
- 1 年有效降水量 $\geq 300\text{mm}$ 的一般地区碳排放量应满足表 7.2.2 的要求。

表 7.2.2 碳汇卷护坡直接碳排放量

序号	工程类型	工况类型	岩土类别	坡率	直接碳排放量 (kgCO ₂ /m ²)			
					施工人员	工程材料	施工机械	合计
1	侵蚀防治	路堤	细粒土、粗粒土	<1:2	≤0.022	≤0.25	≤0.13	≤0.40
2				≥1:2	≤0.010	≤1.49	≤0.22	≤1.72
3			巨粒土	<1:2	≤0.023	≤0.25	≤0.13	≤0.40
4				≥1:2	≤0.009	≤1.10	≤0.23	≤1.34
5		路堑、取土采石场	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	<1:2	≤0.022	≤0.25	≤0.13	≤0.40
6				≥1:2	≤0.011	≤1.52	≤0.24	≤1.77
7			卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	<1:2	≤0.023	≤0.25	≤0.13	≤0.40
8				≥1:2	≤0.010	≤1.14	≤0.25	≤1.40
9			软质岩	/	≤0.013	≤1.30	≤0.26	≤1.57
10			硬质岩	/	≤0.015	≤1.57	≤0.28	≤1.87
11		弃土弃渣场	细粒土、粗粒土	/	≤0.088	≤0.58	≤0.13	≤0.80
12			巨粒土	/	≤0.110	≤0.58	≤0.13	≤0.82
13		平地	岩土找坡	/	≤0.026	≤0.28	≤0.07	≤0.37

续表 7.2.2 碳汇卷护坡直接碳排放量

序号	工程类型	工况类型	岩土类别	坡率	直接碳排放量 (kgCO ₂ /m ²)			
					施工人员	工程材料	施工机械	合计
14	溜坍防治	路堤	细粒土、粗粒土	/	≤0.011	≤2.23	≤0.23	≤2.47
15			巨粒土	/	≤0.010	≤1.86	≤0.24	≤2.12
16		路堑	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	/	≤0.012	≤2.27	≤0.25	≤2.53
17			卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土、强风化和全风化软质岩	/	≤0.011	≤1.87	≤0.26	≤2.14
18	滑塌防治	/	软质岩	/	≤0.042	≤5.90	≤0.41	≤6.34
19		/	硬质岩	/	≤0.048	≤6.10	≤0.45	≤6.60
20	落石防治	/	软质岩	/	≤0.039	≤5.51	≤0.38	≤5.93
21		/	硬质岩	/	≤0.044	≤5.69	≤0.43	≤6.16

2 青藏高原地区和年有效降水量<300mm的一般地区，碳汇卷护坡材料的碳排放值增加 0.4kgCO₂/m²。青藏高原地区施工人员碳排放值和施工机械的碳排放值增量根据《公路建设工程项目概算预算编制办法》(JTG 3830)中高原地区施工增加消耗定额的有关规定取值计算。

条文说明

1 碳汇卷护坡工程直接碳排放量依据“附录 B 碳汇卷护坡工程定额”取值工、料、机消耗定额。施工人员生活耗能碳排放因子取值 1.84kgCO₂/工日；碳汇卷、

碳汇卷、双曲格构、双抗锚杆和应力砂浆的碳排放因子按附录 C~附录 F 的规定取值，材料的运输距离取值 500km，运输碳排放因子按《建筑碳排放计算标准》(GB/T 51366)的规定取值 0.162kgCO₂/(t·km) (10t 重型柴油货车运输)；碳汇卷护坡机器人使用电驱动，能源消耗 120kW·h/台班，电网碳排放因子取值 0.57kgCO₂/(kW·h)；洒水车、运输汽车等其它施工机械按《公路工程机械台班费用定额》(JTG/T 3833)的能源消耗定额取值计算碳排放因子。

表 7.2.2 中的碳汇卷护坡工程碳施工机械排放量是按护坡机器人施工计算的，当不使用护坡机器人施工时，人工和施工机械碳排放值应按消耗定额重新核算。

2 年有效降水量<300mm的一般地区，碳汇卷的防护层需添加抗老化铝箔和玻璃纤维布，增加了碳排放值。

7.2.3 碳汇卷护坡碳汇量由植物地上生物质碳储量、地下生物质碳储量、枯落物碳储量、枯死木碳储量和土壤碳储量组成。碳汇按附录 H 规定的方法计算。

7.2.4 碳汇卷护坡工程施工相对负碳量

1 年有效降水量 $\geq 300\text{mm}$ 的一般地区，工程施工相对负碳量应满足表 7.2.4 的要求。

表 7.2.4 碳汇卷护坡工程施工相对负碳量

序号	工程类型	工况类型	岩土类别	坡率	碳汇卷护坡工程施工相对负碳量		相对碳减排基准情景
					相对负碳量 (kgCO_2/m^2)	相对负碳率	
1	侵蚀防治	路堤	细粒土、粗粒土	$<1:2$	≥ -0.33	$\geq 44.77\%$	液压喷播植草
2				$\geq 1:2$	≥ -7.60	$\geq 81.57\%$	三维植被网客土喷播植草
3			巨粒土	$<1:2$	≥ -0.33	$\geq 44.62\%$	液压喷播植草
4				$\geq 1:2$	≥ -7.98	$\geq 85.59\%$	三维植被网客土喷播植草
5		路堑、取土采石场	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	$<1:2$	≥ -0.33	$\geq 44.77\%$	液压喷播植草
6				$\geq 1:2$	≥ -7.55	$\geq 81.01\%$	三维植被网客土喷播植草
7			卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	$<1:2$	≥ -0.33	$\geq 44.62\%$	液压喷播植草
8				$\geq 1:2$	≥ -7.93	$\geq 85.03\%$	三维植被网客土喷播植草
9			软质岩	/	≥ -9.67	$\geq 86.02\%$	挂铁丝网客土喷播植草
10			硬质岩	/	≥ -9.37	$\geq 83.39\%$	挂铁丝网客土喷播植草
11		弃土弃渣场	细粒土、粗粒土	/	≥ -8.52	$\geq 91.43\%$	三维植被网客土喷播植草
12			巨粒土	/	≥ -8.50	$\geq 91.17\%$	
13		平地	岩土找坡	/	≥ -0.36	$\geq 48.73\%$	液压喷播植草
14	溜坍防治	路堤	细粒土、粗粒土	/	≥ -25.33	$\geq 91.11\%$	骨架护坡，骨架单元内三维植被网客土喷播植草
15			巨粒土	/	≥ -25.69	$\geq 92.39\%$	
16		路堑	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	/	≥ -25.28	$\geq 90.91\%$	
17			卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土、强风化和全风化软质岩	/	≥ -25.67	$\geq 92.32\%$	
18	滑塌防治	/	软质岩	/	≥ -57.03	$\geq 89.99\%$	框架梁护坡，框架梁单元内铁丝网客土喷播植草
19		/	硬质岩	/	≥ -56.77	$\geq 89.58\%$	
20	落石防治	/	软质岩	/	≥ -20.72	$\geq 77.75\%$	主动防护网柔性防护，客土喷播植草
21		/	硬质岩	/	≥ -20.49	$\geq 76.89\%$	

2 青藏高原地区、年有效降水量<300mm 的地区，根据实际碳排放计算。

条文说明

液压喷播植草、客土喷播植草、三维植被网和铁丝网挂网、骨架护坡、框架梁护坡、主动防护网柔性防护根据《公路工程预算定额》(JTG/T 3832)取值工、料、机消耗定额。人工碳排放因子取值 1.84kgCO₂/工日。依据《建筑碳排放计算标准》(GB/T 51366)和《公路工程建设期碳排放计算标准》(T/CHSDA 0001-2024)的规定，取值各种工程材料的碳排放因子。施工机械按《公路工程机械台班费用定额》(JTG/T 3833)的能源消耗定额取值计算碳排放因子。各种类型边坡防护碳排放量见表 7-1。

表 7-1 相对碳减排基准情景的工程形式碳排放量

序号	相对碳减排基准情景的工程形式	碳排放量(kgCO ₂ /m ²)
1	液压喷播植草	0.73
2	三维植被网客土喷播植草	9.32
3	挂铁丝网客土喷播植草	11.24
4	现浇混凝土骨架护坡	25.21
5	现浇混凝土框架梁护坡	53.79
6	主动防护网柔性防护	26.65

骨架护坡、框架梁护坡、主动防护网柔性防护根据《公路路基设计规范》(JTG D30)、《建筑边坡设计规范》(GB 50330)、《锚杆与喷射混凝土设计规范》(GB 50086)、《边坡柔性网防护系统》(JT/T 1328)、《危岩落石柔性网防护工程技术规范》(T/CAGHP 06)和近 5 年的公路工程设计图，综合取值碳排放量的计算参数。

7.3 绝对负碳

绝对负碳量由工程碳汇量和工程直接碳排放量计算，按附录 H 规定的方法计算。

附录 A 碳汇卷护坡标准图集

A.6 设计参数

A.6.1 侵蚀防治

1 碳汇卷和双抗锚杆的设计参数

序号	工况类型	岩土类别	坡率	碳汇卷设计型号	双抗锚杆				
					杆体型号	钻孔深度(m)	抗拔强度(kN)	锚具型号	锚具锚固扭力(N.m)
1	路堤	细粒土、粗粒土	<1:2	T-G-QS-LD-XL-H	/	/	/	/	/
2			≥1:2	T-G-QS-LD-XL-D	MG-50-2.0	2.0	≥8	MG-MJ-01	≥20
3		巨粒土	<1:2	T-G-QS-LD-JL-H	/	/	/	/	/
4			≥1:2	T-G-QS-LD-JL-D	MG-50-1.5	1.5	≥10	MG-MJ-01	≥20
5	路堑、 取土采石场	黏土、粉质黏土、 粉土、砂类土	<1:2	T-G-QS-LQ-NS-H	/	/	/	/	/
6			≥1:2	T-G-QS-LQ-NS-D	MG-50-2.0	2.0	≥8	MG-MJ-01	≥20
7		卵石土、碎石土、 圆砾土、角砾土	<1:2	T-G-QS-LQ-SS-H	/	/	/	/	/
8			≥1:2	T-G-QS-LQ-SS-D	MG-50-1.5	1.5	≥10	MG-MJ-01	≥20
9		软质岩	/	T-G-QS-LQ-RY-D	MG-50-1.5	1.5	≥15	MG-MJ-01	≥25
10		硬质岩	/	T-G-QS-LQ-YY-D	MG-50-1.0	1.0	≥20	MG-MJ-01	≥30
11	弃土弃渣场	细粒土、粗粒土	/	T-G-QS-LD-XL-D	/	/	/	/	/
12		巨粒土	/	T-G-QS-LD-JL-D	/	/	/	/	/
13	平地	岩土找坡	/	T-G-QS-PD-ZP-P	/	/	/	/	/

2 双抗锚杆钻孔直径设计参数

序号	岩土类别		岩土状态	钻孔直径 (mm)
1	土质	黏性土	软塑	≥ 100
2			硬塑、坚硬	≥ 70
3		砂土	松散、稍密	≥ 50
4			中密、密实	≥ 42
5		碎石土	/	≥ 42
6	软质岩	极软岩	/	≥ 50
7		软岩	/	≥ 42
8		较软岩	/	≥ 42
9	硬质岩		/	≥ 42

A. 6. 2 溜坍防治

1 碳汇卷和双抗锚杆的设计参数

序号	工况类型	岩土类别	碳汇卷设计型号	双抗锚杆				
				杆体型号	钻孔深度(m)	抗拔强度(kN)	锚具型号	锚具锚固扭力(N.m)
1	路堤	细粒土、粗粒土	T-G-LT-LD-XL-D	MG-50-2.5	2.5	≥10	MG-MJ-02	≥25
2		巨粒土	T-G-LT-LD-JL-D	MG-50-2.0	2.0	≥15	MG-MJ-02	≥25
3	路堑	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	T-G-LT-LQ-NS-D	MG-50-2.5	2.5	≥10	MG-MJ-02	≥25
4		卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	T-G-LT-LQ-SS-D	MG-50-2.0	2.0	≥15	MG-MJ-02	≥25

2 双抗锚杆钻孔直径设计参数

序号	岩土类别		岩土状态	钻孔直径 (mm)
1	土质	黏性土	软塑	≥100
2			硬塑、坚硬	≥70
3		砂土	松散、稍密	≥50
4			中密、密实	≥42
5		碎石土	/	≥42
6	强风化、全风化的软质岩	极软岩	/	≥50
7		软岩	/	≥42
8		较软岩	/	≥42

A. 6. 3 滑塌防治

1 碳汇卷、双抗锚杆、双曲格构的设计参数

序号	岩土类别	碳汇卷设计型号	双抗锚杆						双曲格构		
			主双抗锚杆		次双抗锚杆		抗拔强度(kN)	锚筒锚固力(kN)			
			杆体型号	钻孔深度(m)	杆体型号	钻孔深度(m)			型号	格构预压力(kN)	锚栓锚固扭力(N.m)
1	软质岩	T-G-HT-LQ-RY-D	MG-130-6.0	6.0	MG-130-4.0	4.0	≥130	≥160	SG-130	≥25	≥80
2	硬质岩	T-G-HT-LQ-YY-D	MG-170-6.0	6.0	MG-170-3.0	3.0	≥170	≥200	SG-170	≥35	≥100

2 双抗锚杆钻孔直径设计参数

序号	岩体类别		钻孔直径(mm)
1	软质岩	极软岩	≥60
2		软岩	≥50
3		较软岩	≥42
4	硬质岩		≥42

A.6.4 落石防治

1 碳汇卷、双抗锚杆、双曲格构的设计参数

序号	岩土类别	碳汇卷设计型号	双抗锚杆				双曲格构		
			杆体型号	钻孔深度 (m)	抗拔强度 (kN)	锚筒锚固力 (kN)	型号	格构预压力 (kN)	锚栓锚固扭力 (N.m)
1	软质岩	T-G-LS-LQ-RY-D	MG-170-3.5	3.5	≥100	≥125	SG-130	≥20	≥80
2	硬质岩	T-G-LS-LQ-YY-D	MG-170-2.5	2.5	≥130	≥165	SG-170	≥25	≥100

2 双抗锚杆钻孔直径设计参数

序号	岩体类别		钻孔直径 (mm)
1	软质岩	极软岩	≥70
2		软岩	≥50
3		较软岩	≥42
4	硬质岩		≥42

A.6.5 结合锚杆（索）边坡锚固使用

1 设置框架梁时

1) 碳汇卷和双抗锚杆的设计参数

序号	岩土类别	碳汇卷设计型号	双抗锚杆				
			杆体型号	钻孔深度(m)	抗拔强度(kN)	锚具型号	锚具锚固扭力(N.m)
1	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	T-G-MG-KJ-NS-D	MG-50-2.5	2.5	≥12	MG-MJ-01	≥25
2	卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	T-G-MG-KJ-SS-D	MG-50-2.0	2.0	≥15	MG-MJ-01	≥25
3	软质岩	T-G-MG-KJ-RY-D	MG-50-1.5	1.5	≥23	MG-MJ-01	≥30
4	硬质岩	T-G-MG-KJ-YY-D	MG-50-1.0	1.0	≥30	MG-MJ-01	≥35

2) 双抗锚杆钻孔直径设计参数

序号	岩土类别		岩土状态	钻孔直径（mm）
1	土质	黏性土	软塑	≥120
2			硬塑、坚硬	≥70
3		砂土	松散、稍密	≥50
4			中密、密实	≥50
5		碎石土	/	≥50
6	软质岩	极软岩	/	≥70
7		软岩	/	≥50
8		较软岩	/	≥42
9	硬质岩		/	≥42

2 设置地梁时

1) 碳汇卷和双抗锚杆的设计参数

序号	岩土类别	碳汇卷设计型号	双抗锚杆				
			杆体型号	钻孔深度(m)	抗拔强度(kN)	锚具型号	锚具锚固扭力 (N.m)
1	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	T-G-MG-DL-NS-D	MG-50-2.0	2.0	≥ 10	MG-MJ-01	≥ 25
2	卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	T-G-MG-DL-SS-D	MG-50-1.5	1.5	≥ 13	MG-MJ-01	≥ 25
3	软质岩	T-G-MG-DL-RY-D	MG-50-1.5	1.5	≥ 20	MG-MJ-01	≥ 30
4	硬质岩	T-G-MG-DL-YY-D	MG-50-1.0	1.0	≥ 26	MG-MJ-01	≥ 35

2) 双抗锚杆钻孔直径设计参数

序号	岩土类别		岩土状态	钻孔直径 (mm)
1	土质	黏性土	软塑	≥ 120
2			硬塑、坚硬	≥ 75
3		砂土	松散、稍密	≥ 60
4			中密、密实	≥ 42
5		碎石土	/	≥ 42
6	软质岩	极软岩	/	≥ 60
7		软岩	/	≥ 42
8		较软岩	/	≥ 42
9	硬质岩		/	≥ 42

3 设置锚墩时

1) 碳汇卷和双抗锚杆的设计参数

序号	岩土类别	碳汇卷设计型号	双抗锚杆				
			杆体型号	钻孔深度(m)	抗拔强度(kN)	锚具型号	锚具锚固扭力 (N.m)
1	软质岩	T-G-MG-MD-RY-D	MG-50-1.5	1.5	≥ 18	MG-MJ-01	≥ 30
2	硬质岩	T-G-MG-MD-YY-D	MG-50-1.0	1.0	≥ 24	MG-MJ-01	≥ 35

2) 双抗锚杆钻孔直径设计参数

序号	岩土类别		钻孔直径 (mm)
1	软质岩	极软岩	≥ 60
2		软岩	≥ 42
3		较软岩	≥ 42
4	硬质岩		≥ 42

附录 B 碳汇卷护坡定额基价

B.1 编制说明

B.1.1 编制范围

1 本定额基价为碳汇卷护坡的工、料、机直接费用，不包括其它直接费用和措施费用。环境保护费、文明施工费、安全施工费、临时设施费、脚手架费、已完工程保护费、材料二次搬运费、冬季施工增加费、雨季施工增加费、夜间施工增加费、特殊地区施工增加费、行车干扰施工增加费、施工辅助费、工地转移费等，按《公路建设工程项目概算预算编制办法》（JTG 3830）的规定编制。

2 本定额基价不包括地形地貌重塑、平地找坡、坡面清理和嵌补、危岩及障碍物清除等费用，工程概预算根据工程设计和施工实际情况编制。

B.1.2 人工

1 本定额基价人工工日消耗按一级边坡且坡高 $\leq 20\text{m}$ 取值。超高和多级边坡，工程概预算应根据国家和地方相关规定进行调整，增加材料搬运、施工措施等人工消耗。

2 本定额基价人工工日消耗按照一般工况进行取值，高难复杂工况的工程概预算应根据国家和地方相关规定调整。

3 本定额基价人工工日消耗按照碳汇卷护坡机器人施工进行取值，人工施工应根据实际情况调整。

4 本定额基价人工工日单价按照《公路建设工程项目概算预算编制办法》、《广东省市政工程综合定额》、《福建省市政工程预算定额》、《甘肃省市政工程预算定额》、《地质灾害防治工程预算定额》、《安徽省取土采石场地质环境治理工程预算标准》、《重庆市取土采石场生态修复项目预算定额》、《四川省建设工程工程量清单计价定额》、《西藏自治区建设工程预算定额》等规定，取值 106.28 元/工日。工程概预算应根据国家和地方相关规定，对人工工日单价进行调整。

5 未在首次灌溉时间区间内的施工，人工费增加 5%。

B.1.3 工程材料

1 材料消耗定额系数按表 B.1.3 取值，包括场内运输及操作损耗。场外运输损耗、仓库保管损耗应在工程概预算编制时综合考虑。

表 B.1.3 工程材料消耗系数

序号	项目		消耗系数
1	碳汇卷	搭接系数	1.10
		糙度系数	1.05
2	双曲格构		1.10
3	双抗锚杆		1.10
4	应力砂浆		1.20
5	水		1.20

2 本定额中，材料单价不包括运费和仓储保管费。

3 本定额中，双抗锚杆材料单价为工程综合单价，包含杆体、锚具的费用。

4 本定额中，双曲格构材料单价为工程综合单价，包含双曲格构、锚板、锚具的费用。

5 本定额中，应力砂浆材料单价为工程综合单价，包含双抗锚杆锚固砂浆和双曲格构找平砂浆的费用。

6 工程概预算编制时，材料消耗依据工程实际糙度、坡高、形状、面积等影响因素调整。

7 本定额基价只包括工程所需的主要材料用量，其它辅助、零星材料按工程实际情况增加。

8 本定额基价材料单价按照当前实际材料价格取值，工程概预算编制时应根据材料实际价格进行调整。

9 当工况需要严禁碳汇卷降解碎屑流时，防护层必须设置无碱高强玻璃纤维布，使用的碳汇卷单价应提高 10%。

10 年有效降水量 $\leq 300\text{mm}$ 的边坡、青藏高原地区的侵蚀防治：

(1) 土质边坡：碳汇卷材料单价增加 5 元/ m^2 ，双抗锚杆单价增加 15%。

(2) 岩质边坡：碳汇卷材料单价增加 10 元/ m^2 ，双抗锚杆单价增加 15%。

11 青藏高原地区的溜坍防治、滑塌防治和落石防治：碳汇卷材料单价增加 5%。

12 未在首次灌溉时间区间内的施工，碳汇卷材料增加 2 元/ m^2 。

B.1.4 施工机械

1 本定额基价施工机械台班按照综合台班考虑，机具台班定额单价按《公路工

程建设项目概算预算编制办法》、《建设工程施工机械台班费用编制规则》等标准有关规定取值。

2 坡度 $\geq 1:2$ 的边坡：施工机械包括护坡机器人（含：履带行走平台、双抗锚杆钻机、格卷机、首灌机、发电机、空压机、砂浆泵、砂浆拌合机等）、洒水车、小型运输车、其它小型工具等，综合施工机械台班费用取值 800 元/台班，工程概预算编制时应根据国家和地方相关规定调整。

3 坡度 $< 1:2$ 的边坡和弃土弃渣场：施工机械包括洒水车、小型运输车、其它小型工具等，综合施工机械台班费用取值 200 元/台班，工程概预算编制时应根据国家和地方相关规定调整。

4 本定额基价施工机械台班消耗按一级边坡且坡高 $\leq 20\text{m}$ 。超高和多级边坡，工程概预算编制时应根据国家和地方相关规定调整。

5 本定额基价施工机械台班消耗按照碳汇卷护坡机器人施工进行取值，人工施工应根据实际情况调整。

B.2 侵蚀防治工程定额基价

每 100 m²

序号	工况类型	岩土类型	坡率	人工		碳汇卷		双抗锚杆		应力砂浆		水		机械		定额基价(元)
				数量 (工日)	单价 (元)	数量 (m ²)	单价 (元)	数量 (套)	单价 (元)	数量 (m ³)	单价 (元)	数量 (m ³)	单价 (元)	数量 (台班)	单价 (元)	
1	路堤	细粒土、粗粒土	<1:2	1.20	106.3	115.0	7.5	100.0	0.3	/	/	4.0	3.0	0.09	200.0	1045.0
2			≥1:2	0.55	106.3	115.0	22.0	22.0	14.6	0.20	420.0	6.0	3.0	0.20	800.0	3173.0
3		巨粒土	<1:2	1.26	106.3	115.0	8.5	100.0	0.3	/	/	4.0	3.0	0.09	200.0	1166.4
4			≥1:2	0.50	106.3	115.0	27.0	22.0	11.6	0.05	420.0	6.0	3.0	0.22	800.0	3629.8
5	路堑、 取土采 石场	黏土、粉质黏土、 粉土、砂类土	<1:2	1.20	106.3	115.0	8.5	100.0	0.3	/	/	4.0	3.0	0.09	200.0	1160.0
6			≥1:2	0.60	106.3	115.0	25.0	22.0	14.6	0.20	420.0	6.0	3.0	0.23	800.0	3547.3
7		卵石土、碎石土、 圆砾土、角砾土	<1:2	1.26	106.3	115.0	9.5	100.0	0.3	/	/	4.0	3.0	0.09	200.0	1281.4
8			≥1:2	0.55	106.3	115.0	30.0	22.0	11.6	0.05	420.0	6.0	3.0	0.25	800.0	4006.5
9		软质岩	/	0.70	106.3	115.0	50.0	22.0	11.6	0.05	420.0	6.0	3.0	0.28	800.0	6344.1
10		硬质岩	/	0.80	106.3	115.0	55.0	22.0	8.6	0.04	420.0	6.0	3.0	0.32	800.0	6887.5
11	弃土弃 渣场	细粒土、粗粒土	≥1:2	4.80	106.3	115.0	22.0	/	/	/	/	5.5	3.0	0.80	200.0	3216.6
12		巨粒土	≥1:2	6.00	106.3	115.0	27.0	/	/	/	/	5.5	3.0	0.80	200.0	3902.7
13	平地	找坡	/	1.40	106.3	115.0	7.0	100.0	0.3	/	/	2.0	3.0	0.15	200.0	1014.8

B.3 溜坍防治工程定额基价

每 100 m²

序号	工况类型	岩土类型	人工		碳汇卷		双抗锚杆		应力砂浆		水		机械		定额基价(元)
			数量(工日)	单价(元)	数量(m ²)	单价(元)	数量(套)	单价(元)	数量(m ³)	单价(元)	数量(m ³)	单价(元)	数量(台班)	单价(元)	
1	路堤	细粒土、粗粒土	0.61	106.3	115.0	69.0	22.0	18.5	0.25	420.0	6.0	3.0	0.22	800.0	8707.5
2		巨粒土	0.55	106.3	115.0	78.0	22.0	15.5	0.07	420.0	6.0	3.0	0.24	800.0	9611.8
3	路堑	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	0.66	106.3	115.0	82.0	22.0	18.5	0.25	420.0	6.0	3.0	0.25	800.0	10234.7
4		卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	0.61	106.3	115.0	89.0	22.0	15.5	0.07	420.0	6.0	3.0	0.28	800.0	10893.6

B.4 滑塌防治工程定额基价

每 100 m²

序号	岩土类型	人工		碳汇卷		双抗锚杆		双曲格构		应力砂浆		水		机械		定额基价(元)
		数量(工日)	单价(元)	数量(m ²)	单价(元)	数量(套)	单价(元)	数量(套)	单价(元)	数量(m ³)	单价(元)	数量(m ³)	单价(元)	数量(台班)	单价(元)	
1	软质岩	2.30	106.3	105.0	145.0	30.0	41.3	30.00	65.00	0.67	388.7	6.0	3.0	0.60	800.0	19415.6
2	硬质岩	2.60	106.3	105.0	165.0	30.0	36.2	30.00	80.00	0.54	381.1	6.0	3.0	0.70	800.0	21870.2

B.5 落石防治工程定额基价

每 100 m²

序号	岩土类型	人工		碳汇卷		双抗锚杆		双曲格构		应力砂浆		水		机械		定额基价(元)
		数量(工日)	单价(元)	数量(m ²)	单价(元)	数量(套)	单价(元)	数量(套)	单价(元)	数量(m ³)	单价(元)	数量(m ³)	单价(元)	数量(台班)	单价(元)	
1	软质岩	2.10	106.3	105.0	95.0	29.0	31.9	29	65.00	0.59	384.3	6.0	3.0	0.55	800.0	13691.2
2	硬质岩	2.40	106.3	105.0	110.0	29.0	23.8	29	80.00	0.47	375.4	6.0	3.0	0.65	800.0	15511.9

B.6 结合锚杆（索）边坡锚固使用工程定额基价

每 100 m²

序号	工况类型	岩土类型	人工		碳汇卷		双抗锚杆		应力砂浆		水		机械		定额基价(元)
			数量 (工日)	单价 (元)	数量 (m ²)	单价 (元)	数量 (套)	单价 (元)	数量 (m ³)	单价 (元)	数量 (m ³)	单价 (元)	数量 (台班)	单价 (元)	
1	设置 框架梁时	黏土、粉质黏土、 粉土、砂类土	0.72	106.3	115.0	37.0	50.0	17.6	1.18	420.0	6.0	3.0	0.28	800.0	5946.1
2		卵石土、碎石土、 圆砾土、角砾土	0.66	106.3	115.0	45.0	50.0	14.6	0.34	420.0	6.0	3.0	0.30	800.0	6378.5
3		软质岩	0.84	106.3	115.0	62.0	50.0	11.6	0.25	420.0	6.0	3.0	0.34	800.0	8191.6
4		硬质岩	0.96	106.3	115.0	67.0	50.0	8.6	0.08	420.0	6.0	3.0	0.38	800.0	8594.6
5	设置 地梁时	黏土、粉质黏土、 粉土、砂类土	0.66	106.3	115.0	34.0	40.0	14.6	0.61	420.0	6.0	3.0	0.25	800.0	5040.9
6		卵石土、碎石土、 圆砾土、角砾土	0.61	106.3	115.0	42.0	40.0	11.6	0.14	420.0	6.0	3.0	0.28	800.0	5657.3
7		软质岩	0.77	106.3	115.0	59.0	40.0	11.6	0.14	420.0	6.0	3.0	0.31	800.0	7653.6
8		硬质岩	0.88	106.3	115.0	64.0	40.0	8.6	0.07	420.0	6.0	3.0	0.35	800.0	8123.0
9	设置 锚墩时	软质岩	0.74	106.3	115.0	56.0	32.0	11.6	0.11	420.0	6.0	3.0	0.29	800.0	7189.2
10		硬质岩	0.84	106.3	115.0	61.0	32.0	8.6	0.05	420.0	6.0	3.0	0.34	800.0	7669.0

附录 C 碳汇卷

C.1 总则

C.1.1 本标准规定了碳汇卷的术语和定义、性能要求、实验方法、检验规则、标志、包装、运输和储存。

C.1.2 本标准适用于碳汇卷。

C.2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或发布版均不适用于本部分，然而鼓励根据本部分达成协议的各方使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 17642-2008 土工合成材料非织造布复合土工膜

GB/T 15788-2017 土工合成材料 宽条拉伸试验方法

GB/T 13763-2010 土工合成材料 梯形法撕破强力的测定

GB/T 19978-2005 土工布及其有关产品刺破强力的测定

GB/T 14800-2010 土工合成材料 静态顶破试验

GB/T 8808-88 软质复合塑料材料剥离试验方法

GB/T 2423.24-2022 环境试验 第2部分：试验方法 试验S：模拟地面上的太阳辐射及太阳辐射试验和气候老化试验导则

GB/T 16259-2008 建筑材料人工气候加速老化试验方法

GB/T 2408-2008 塑料燃烧性能的测定：水平法和垂直法

GB/T 2772-1999 林木种子检验规程

GB/T 8572-2010 复混肥料中总氮含量的测定蒸馏后滴定法

GB/T 8573-2010 复混肥料中有效磷含量的测定

GB/T 8574-2010 复混肥料中钾含量的测定四苯硼酸钾重量法

GB/T 15063-2009 复混肥料

JC/T 171.2-2019 涂覆玻璃纤维布 第2部分:聚四氟乙烯乳液涂覆玻璃纤维布

GB/T 7689.1-2001 增强材料 机织物试验方法 第1部分:玻璃纤维厚度的测定

GB/T 7689.3-2001 增强材料 机织物试验方法 第3部分:宽度和长度的测定

GB/T 7689.5-2013 增强材料 机织物试验方法 第5部分:玻璃纤维拉伸断裂强力
和断裂伸长的测定

GB/T 3354-2014 定向纤维增强聚合物基复合材料拉伸性能试验方法

GB/T 24067-2024 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 37866-2019 绿色产品评价 塑料制品

GB/T 32163.2-2015 生态设计产品评价规范 第2部分:可降解塑料

T/CNTAC 173-2023 绿色设计产品评价技术规范 水刺非织造布

T/CIET 151-2023 绿色设计产品评价技术规范 控释肥

JC/T 2797-2024 玻璃纤维及制品行业绿色工厂评价要求

GB/T 32151.35-2025 温室气体排放核算与报告要求 第35部分:玻璃纤维产品生产
企业

T/CFIA B5-2025 低碳产品评价技术规范 玻璃纤维纱

GB/T 2828-2012 计数抽样检验程序

C.3 术语和定义

C.3.1 碳汇卷 carbon sink coil material

由防护层、承力层、张力层、储水腔、种子、养分材料等组成,无需客土、仅需首次灌溉,用于边坡侵蚀防治、溜坍防治、滑塌防治、落石防治与绿化,可通过植物捕获固定大气中的二氧化碳的卷材。

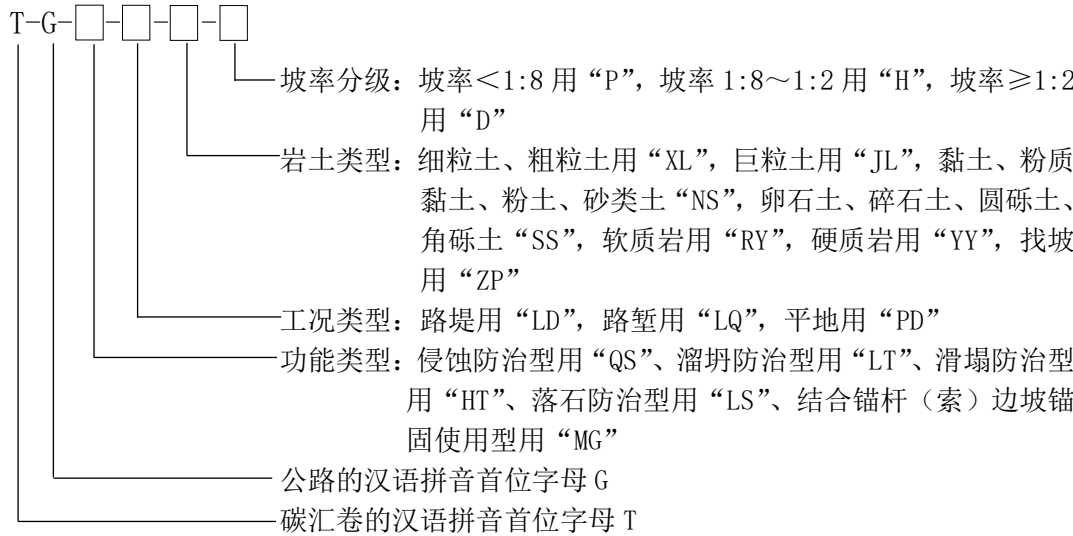
C.3.2 碳排放基准值 carbon dioxide emission baseline

评价出厂时单位碳汇卷产品生产过程二氧化碳排放量的值。

C.4 分类与标记

C.4.1 根据工况类型、岩土类型、坡率和工程功能划分为侵蚀防治型、溜坍防治型、滑塌防治型、落石防治型和结合锚杆(索)边坡锚固使用型。共计29个型号。

C.4.2 碳汇卷型号标记含义如下：



例如：坡率 $\geq 1:2$ 的路路堑碎石土边坡侵蚀防治型, 标记为 T-G-QS-LQ-SS-D

C.4.3 滑塌防治型、落石防治型设置有张力层，侵蚀防治型、溜坍防治型和结合锚杆（索）边坡锚固使用型无张力层。

表 C.4.2 碳汇卷型号表

序号	工况类型	岩土类型	坡率	碳汇卷型号标记
一	侵蚀防治			
1	路堤	细粒土、粗粒土	$<1:2$	T-G-QS-LD-XL-H
2			$\geq 1:2$	T-G-QS-LD-XL-D
3		巨粒土	$<1:2$	T-G-QS-LD-JL-H
4			$\geq 1:2$	T-G-QS-LD-JL-D
5	路堑	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	$<1:2$	T-G-QS-LQ-NS-H
6			$\geq 1:2$	T-G-QS-LQ-NS-D
7		卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	$<1:2$	T-G-QS-LQ-SS-H
8			$\geq 1:2$	T-G-QS-LQ-SS-D
9		软质岩	/	T-G-QS-LQ-RY-D
10		硬质岩	/	T-G-QS-LQ-YY-D
11	平地	找坡	$<1:8$	T-G-QS-PD-ZP-P
二	溜坍防治			
12	路堤	细粒土、粗粒土	/	T-G-LT-LD-XL-D
13		巨粒土	/	T-G-LT-LD-JL-D
14	路堑	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	/	T-G-LT-LQ-NS-D
15		卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土、强风化和全风化软质岩	/	T-G-LT-LQ-SS-D

续表表 C. 4. 2 碳汇卷型号表

序号	工况类型	岩土类型	坡率	碳汇卷型号标记
三	滑塌防治			
16	/	软质岩	/	T-G-HT-LQ-RY-D
17	/	硬质岩	/	T-G-HT-LQ-YY-D
四	落石防治			
18	/	软质岩	/	T-G-LS-LQ-RY-D
19	/	硬质岩	/	T-G-LS-LQ-YY-D
五	结合锚杆（索）边坡锚固使用			
20	锚杆（索）边坡锚固设置框架梁	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	/	T-G-MG-KJ-NS-D
21		卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	/	T-G-MG-KJ-SS-D
22		软质岩	/	T-G-MG-KJ-RY-D
23		硬质岩	/	T-G-MG-KJ-YY-D
24	锚杆（索）边坡锚固设置地梁	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	/	T-G-MG-DL-NS-D
25		卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	/	T-G-MG-DL-SS-D
26		软质岩	/	T-G-MG-DL-RY-D
27		硬质岩	/	T-G-MG-DL-YY-D
28	锚杆（索）边坡锚固设置锚墩	软质岩	/	T-G-MG-MD-RY-D
29		硬质岩	/	T-G-MG-MD-YY-D

C. 5 性能要求

C. 5. 1 外观应符合表 C. 5. 1 的要求。

表 C. 5. 1

序号	项目	指标
1	表面破损	不允许
2	皱纹、划痕	允许轻微
3	折皱	不允许
4	杂质、污物	不允许
5	边缘缺口	不允许

C.5.2 尺寸应符合表 C.5.2 的要求。

表 C.5.2

序号	项目	指标	
		侵蚀防治型、溜坍防治型和结合锚杆(索)边坡锚固使用型	滑塌防治型、落石防治型
1	宽度, mm	1200±2	1700±2
2	厚度, mm	≤3+种子种子直径	≤4+种子种子直径

C.5.3 阻燃等级达到 V-2 等级。

C.5.4 水分性能: 1:0.5 坡度条件下, 储水量≥40kg/ m²。

C.5.5 养分性能应符合表 C.5.5 的要求。

表 C.5.5

序号	岩土类型		NPK 养分含量(g/m ²)
1	土质	细粒土、粗粒土; 黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	≥20.0
2		巨粒土; 卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土; 碎石、砾石	≥25.0
3	软质岩		≥30.0
4	硬质岩		≥40.0

C.5.6 植物性能应符合下列规定:

- 1 种子种子数量不低于 20 粒/m²。
- 2 萌发株数不得低于 5 株/m²。

C.5.7 力学性能

- 1 力学性能应符合表 C.5.7 要求。

表 C.5.7

序号	碳汇卷型号	拉伸强度(N/25mm)	顶破强度(N)	断裂伸长率
一	侵蚀防治			
1	T-G-QS-LD-XL-H	≥50	≥140	≤50%
2	T-G-QS-LD-XL-D	≥390	≥1090	≤30%
3	T-G-QS-LD-JL-H	≥60	≥170	≤50%
4	T-G-QS-LD-JL-D	≥420	≥1175	≤30%
5	T-G-QS-LQ-NS-H	≥70	≥195	≤50%
6	T-G-QS-LQ-NS-D	≥450	≥1260	≤30%
7	T-G-QS-LQ-SS-H	≥80	≥225	≤50%

续表 C. 5. 7

序号	碳汇卷型号	拉伸强度(N/25mm)	顶破强度(N)	断裂伸长率
8	T-G-QS-LQ-SS-D	≥ 480	≥ 1345	$\leq 30\%$
9	T-G-QS-LQ-RY-D	≥ 570	≥ 1595	$\leq 30\%$
10	T-G-QS-LQ-YY-D	≥ 650	≥ 1820	$\leq 30\%$
11	T-G-QS-PD-ZP-P	≥ 60	≥ 170	$\leq 50\%$
二	溜坍防治			
12	T-G-LT-LD-XL-D	≥ 405	≥ 1135	$\leq 30\%$
13	T-G-LT-LD-JL-D	≥ 435	≥ 1220	$\leq 30\%$
14	T-G-LT-LQ-NS-D	≥ 465	≥ 1300	$\leq 30\%$
15	T-G-LT-LQ-SS-D	≥ 495	≥ 1385	$\leq 30\%$
三	滑塌防治			
16	T-G-HT-LQ-RY-D	≥ 2200	≥ 5040	$\leq 5\%$
17	T-G-HT-LQ-YY-D	≥ 2400	≥ 6160	$\leq 5\%$
四	落石防治			
18	T-G-LS-LQ-RY-D	≥ 1800	≥ 5600	$\leq 5\%$
19	T-G-LS-LQ-YY-D	≥ 2200	≥ 6720	$\leq 5\%$
五	结合锚杆(索)边坡锚固使用			
20	T-G-MG-KJ-NS-D	≥ 900	≥ 2520	$\leq 30\%$
21	T-G-MG-KJ-SS-D	≥ 960	≥ 2688	$\leq 30\%$
22	T-G-MG-KJ-RY-D	≥ 1140	≥ 3192	$\leq 30\%$
23	T-G-MG-KJ-YY-D	≥ 1300	≥ 3640	$\leq 30\%$
24	T-G-MG-DL-NS-D	≥ 720	≥ 2016	$\leq 30\%$
25	T-G-MG-DL-SS-D	≥ 768	≥ 2150	$\leq 30\%$
26	T-G-MG-DL-RY-D	≥ 912	≥ 2554	$\leq 30\%$
27	T-G-MG-DL-YY-D	≥ 1040	≥ 2912	$\leq 30\%$
28	T-G-MG-MD-RY-D	≥ 741	≥ 2075	$\leq 30\%$
29	T-G-MG-MD-YY-D	≥ 845	≥ 2366	$\leq 30\%$

2 张力层弹性模量应 $\geq 80\text{GPa}$ 。

C. 5. 8 老化性能应符合下列规定：

- 1 侵蚀防治型：老化性能不做要求。
- 2 溜坍防治型碳汇卷：按 GB/T 2423.24 规定条件，加速老化 1200h 后，碳汇

卷防护层、承力层的拉伸强度保留率应 $\geq 99.0\%$ 。

3 滑塌防治型、落石防治型碳汇卷：按 GB/T 2423.24 规定条件，加速老化 1200h 后，碳汇卷张力层的拉伸强度保留率应 $\geq 99.0\%$ 。

C.5.9 碳排放基准值应符合下列规定：

1 碳汇卷的原材料应符合《绿色产品评价 塑料制品》（GB/T 37866）、《生态设计产品评价规范 第 2 部分：可降解塑料》（GB/T 32163.2）、《绿色设计产品评价技术规范 水刺非织造布》（T/CNTAC 173）、《绿色设计产品评价技术规范 控释肥》（T/CIET 151）、《低碳产品评价技术规范 玻璃纤维纱》（T/CFIA B5-2025）等国家和行业相关标准对低碳产品评价的要求。

2 碳汇卷的碳排放基准值应符合下列规定：

1) 年有效降水量 $\geq 300\text{mm}$ 的一般地区使用的碳汇卷的碳排放基准值应符合表 C.5.9 的要求。

表 C.5.9

序号	碳汇卷型号	单位产品碳排放基准值 (kgCO ₂ /m ²)
一	侵蚀防治	
1	T-G-QS-LD-XL-H	≤ 0.14
2	T-G-QS-LD-XL-D	≤ 0.46
3	T-G-QS-LD-JL-H	≤ 0.14
4	T-G-QS-LD-JL-D	≤ 0.46
5	T-G-QS-LQ-NS-H	≤ 0.14
6	T-G-QS-LQ-NS-D	≤ 0.49
7	T-G-QS-LQ-SS-H	≤ 0.14
8	T-G-QS-LQ-SS-D	≤ 0.50
9	T-G-QS-LQ-RY-D	≤ 0.64
10	T-G-QS-LQ-YY-D	≤ 1.01
11	T-G-QS-PD-ZP-P	≤ 0.17
二	溜坍防治	
12	T-G-LT-LD-XL-D	≤ 0.92
13	T-G-LT-LD-JL-D	≤ 0.99
14	T-G-LT-LQ-NS-D	≤ 0.96
15	T-G-LT-LQ-SS-D	≤ 0.99

续表 C. 5. 9

序号	碳汇卷型号	单位产品碳排放基准值 (kgCO ₂ /m ²)
三	滑塌防治	
16	T-G-HT-LQ-RY-D	≤1. 25
17	T-G-HT-LQ-YY-D	≤1. 82
四	落石防治	
18	T-G-LS-LQ-RY-D	≤1. 11
19	T-G-LS-LQ-YY-D	≤1. 64
五	结合锚杆（索）边坡锚固使用	
20	T-G-MG-KJ-NS-D	≤0. 64
21	T-G-MG-KJ-SS-D	≤0. 67
22	T-G-MG-KJ-RY-D	≤0. 72
23	T-G-MG-KJ-YY-D	≤1. 01
24	T-G-MG-DL-NS-D	≤0. 64
25	T-G-MG-DL-SS-D	≤0. 67
26	T-G-MG-DL-RY-D	≤0. 72
27	T-G-MG-DL-YY-D	≤1. 01
28	T-G-MG-MD-RY-D	≤0. 72
29	T-G-MG-MD-YY-D	≤1. 01

2) 年有效降水量<300mm 的一般地区和青藏高原地区, 碳汇卷的碳排放基准值增加 0. 35kgCO₂/m²。

C. 6 实验方法

C. 6. 1 外观质量

目视观察判断有无表面破损、皱纹、划痕、折皱、杂质和污物, 边缘有无缺口、收卷端面是否整齐、收卷卷芯有无凹陷或缺口。

C. 6. 2 尺寸

- 1 宽度按 GB/T 7689. 3 的规定测量。
- 2 厚度按 JC/T 170-2012 的规定测量。

C.6.3 阻燃性能

按 GB/T 2408 规定的方法测试。

C.6.4 水分性能

1 裁取 4m 长碳汇卷,上下两端固定在测试架上,调节测试架的测试坡度至 1:0.5。
向储水袋内注水直至装满,计量灌入水量,精确至 1g。

2 单位面积储水量计算:单位面积储水量=储水总量÷4.8。

C.6.5 养分性能

按 GB 15063 规定的方法测试。

C.6.6 植物性能

- 1 种子粒数:裁取 1m 长的碳汇卷,取出计数。
- 2 植物种类:使用目视对比鉴别丸化种子种类。
- 3 丸化种子萌发率:裁取 1m 长的碳汇卷,取出种子放入萌发箱中测试,测试温度: 25℃。按 GB/T 2772 规定的方法测试。

C.6.7 力学性能

按 GB/T 15788 和 GB/T 7689.5 规定的方法测试。

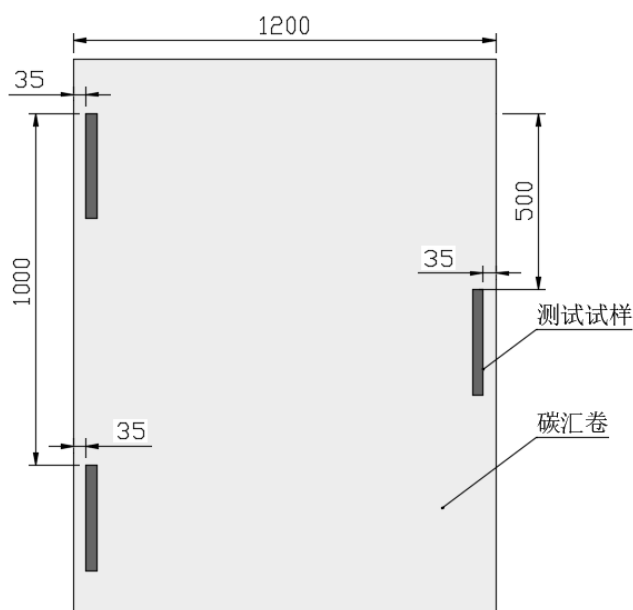


图 C.6.7 碳汇卷测试试样取样布置图

C.6.8 老化性能

取整块碳汇卷材料，固定在厚度 $\geq 10\text{mm}$ 的木板上，碳汇卷四周与木板密封，隔绝碳汇卷背面接受到辐照。试样放置在试验箱中加速老化，老化完成后，取样测试材料的强度。试验箱运行参数和测试方法按 GB/T 16259、GB/T 2423.24 规定的方法测试。

C.6.9 碳排放核算

1 核算主体和边界

- 1) 核算主体应以具体生产线或生产厂为独立核算单元。
- 2) 核算边界应覆盖碳汇卷在生产企业的所有相关生产过程。
- 3) 以年为数据统计期。

2 核算内容

1) 原材料的碳排放：由原材料供应商提供的材料碳排放因子认证报告、原材料运输距离和生产单位碳汇卷所消耗的材料量计算。

2) 碳汇卷生产过程碳排放：人工生活耗能碳排放、生产能耗碳排放、存储能耗碳排放。

3) 按《工业企业温室气体排放核算和报告通则》(GB/T 32150) 的规定，形成碳排放核算报告。

C.7 检验规则

C.7.1 产品检验分出厂检验和型式检验。出厂检验由制造厂质量检验部门进行。型式检验由产品质量监督检验机构进行。

C.7.2 按每 10 万 m^2 产品为一检验批，或按销售订单要求，按 GB/T 2828 的规定进行出厂检验，检验合格后方可出厂。

C.7.3 有下列情况之一，应进行产品的型式检验

- 1 新产品的试制定型鉴定。
- 2 老产品转厂生产。
- 3 正式生产后，如材料有重大改变可能影响产品性能时。
- 4 正式生产时，累计产量达到 1000 万平方米，应周期性进行型式检验。
- 5 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

6 产品质量监督机构提出要求时。

C.7.4 产品出厂检验和型式检验项目见表 C.7.4。

表 C.7.4 检验项目

序号	检验项目	检验类别	
		出厂	型式
1	外观	√	√
2	尺寸	√	√
3	阻燃性能	√	√
4	水分性能	√	√
5	养分性能	√	√
6	植物性能	√	√
7	力学性能	√	√
8	老化性能	—	√
9	碳排放基准值	—	√

C.7.5 产品出厂检验与型式检验项目中，任意一项性能不合格者，应加倍抽检，若再不符合则认为该批产品不合格。

C.7.6 产品出厂检验结果应记录归档备查，产品型式检验应有型式检验报告，其内容应包括试验对象、试验条件、测试设备与仪器、试验结果及试验记录等。

C.8 标志、包装、运输与储存

C.8.1 使用收卷包装，包装应牢固、防水，保证装运过程中不松散。

C.8.2 每卷包装袋设置一组产品标签和二维码，载明产品型号、规格、公司信息、生产日期、订单信息等。

C.8.3 每卷包装袋粘贴附录 H 规定的碳汇卷护坡负碳护坡标志。

C.8.4 产品表面设置产品二维码，载明产品型号、规格、公司信息、生产日期、订单信息等。

C.8.5 运输时，应加盖篷布进行防水，避免造成丸化种子变质损坏。

C.8.6 储存要避免放置在低洼积水处，防水防潮。

附录 D 双曲格构

D.1 总则

D.1.1 本标准规定了双曲格构的术语和定义、性能要求、实验方法、检验规则、标志、包装、运输和储存。

D.1.2 本标准适用于双曲格构。

D.2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或发布版均不适用于本部分，然而鼓励根据本部分达成协议的各方使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 50082-2009 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

GB/T 50081-2019 混凝土物理力学性能试验方法标准

JGJ/T 385-2015 高性能混凝土评价标准

JTG/T 3310-2019 公路工程混凝土结构 耐久性设计规范

JGJ/T 281-2012 高强混凝土应用技术规程

JGJ/T 221-2010 纤维混凝土应用技术规程

JGJ/T 465-2019 钢纤维混凝土结构设计标准

JGJ/T 294-2013 高强混凝土强度检测技术规程

GB/T 26537-2011 钢纤维混凝土检查井盖

GB/T 19496-2004 钻芯检测离心高强混凝土抗压强度试验方法

GB/T 56-1988 六角厚螺母

GB/T 700-2006 碳素结构钢

GB/T 709-2019 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差

JT/T 4-2019 公路桥梁板式橡胶支座

GB/T 19355.1-2016 锌覆盖层 钢铁结构防腐蚀的指南和建议 第1部分：设计与防腐蚀的基本原则

GB/T 13912-2020 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法

YB/T 4634-2017 连续热镀铝锌镁合金镀层钢板及钢带

HG/T 5070-2016 热塑性聚氨酯（TPU）薄膜

GB/T 22789.1-2023 塑料制品 硬质聚氯乙烯板（片）材 第1部分：厚度1mm及以上板材的分类、尺寸和性能

GB/T 6177.1-2016 2型六角法兰面螺母

JC/T 2642-2021 绿色设计产品评价技术规范 水泥

GB 16780-2021 水泥单位产品能源消耗限额

YB/T 4872-2020 绿色设计产品评价技术规范 耐候结构钢

JC/T 2738-2022 绿色设计产品评价技术规范 装配式建筑用预制混凝土构件

GB/T 32151.38-2024 温室气体排放核算与报告要求 第38部分：水泥制品生产企业

GB/T 2828-2012 计数抽样检验程序

D.3 术语和定义

D.3.1 双曲格构 hyperbolic grid

由低碳材料和低碳工艺制成的，具有双曲线特征的无碱高强高模玻璃纤维混凝土构件。由格台、格板组成，格台由格构压块、锚栓、锚栓钢垫、锚栓胶垫、注浆阀、注浆膜组成。格板由格构拉板、格构胶垫、锚栓螺母、螺母钢垫、定位锥组成。

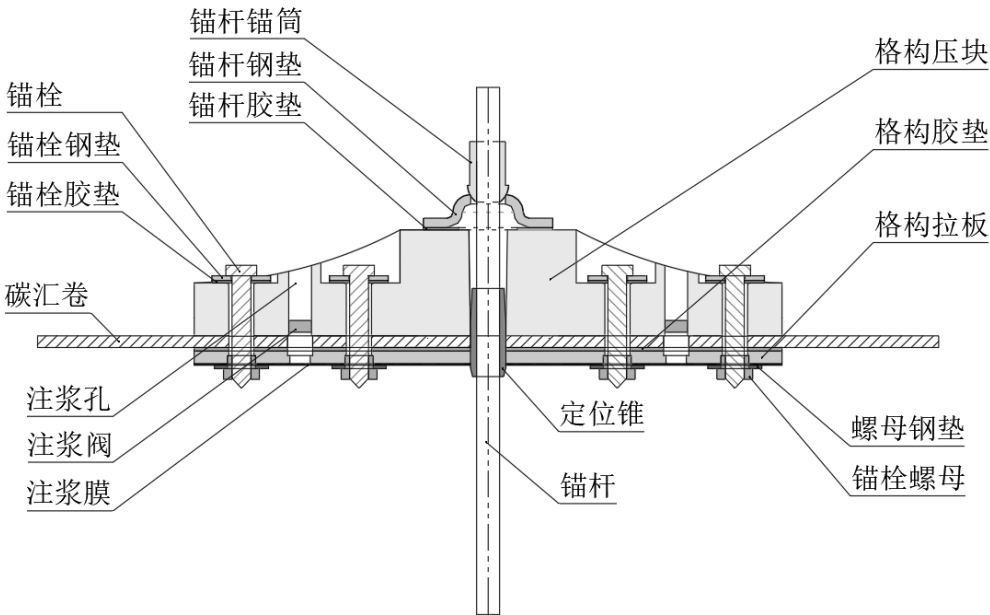


图 D.3.1 双曲格构结构图

D.3.2 碳排放基准值 carbon dioxide emission baseline

评价出厂时单位双曲格构产品生产过程二氧化碳排放量的值。

D.4 分类与标记

根据承载力划分为 2 个型号，承载力分别为 130kN 和 170kN，分别标记为 SG-130 型和 SG-170 型。

D.5 性能要求

D.5.1 格构压块应符合下列规定：

- 1 材质：高性能纤维混凝土预制件。
- 2 外观质量
 - 1) 表面不应有裂纹、凹坑等缺陷。
 - 2) 表面平整、无缺口。
- 3 重量 $\leq 13\text{kg}$ 。
- 4 尺寸应符合表 D.5.1-1 的要求。

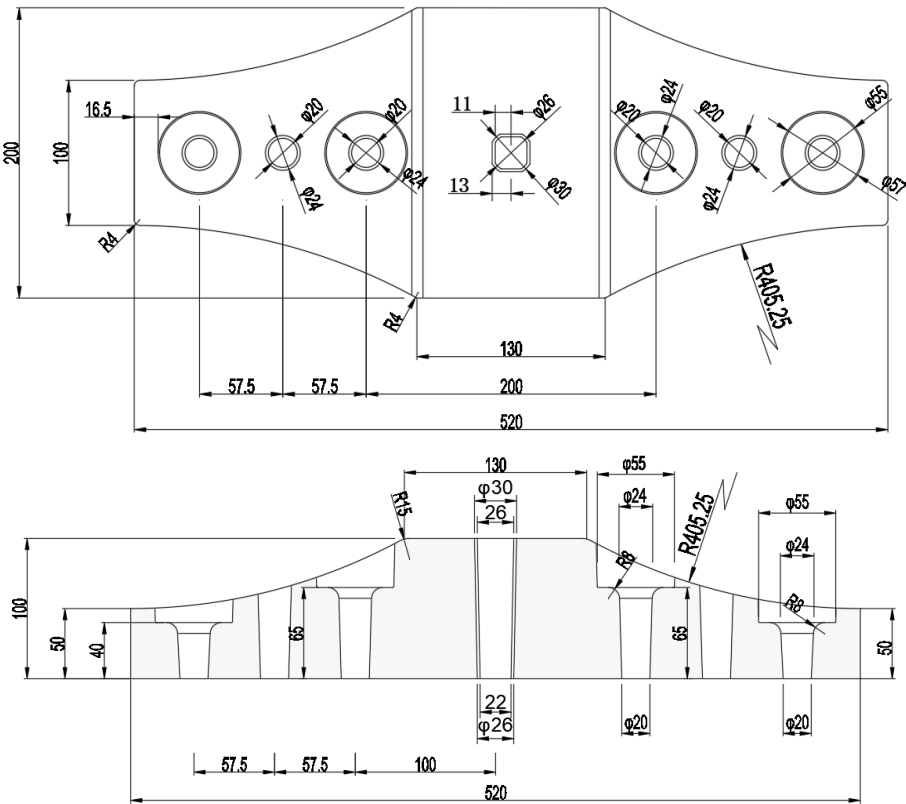


图 D.5.1 格构压块结构图

表 D. 5. 1-1

序号	项目	参数
1	尺寸误差 (mm)	±1
2	侧向弯曲 (mm)	≤1
3	翘曲 (mm)	≤0.5
4	下底面平整度 (mm)	≤0.5
5	下底面对角线差 (mm)	≤1

5 力学性能应符合表 D. 5. 1-2 的要求。

表 D. 5. 1-2

序号	型号	抗折强度 (MPa)
1	SG-130	≥12.0
2	SG-170	≥14.0

6 抗冻等级不低于 F200。

7 耐盐碱性：56d 氯离子扩散系数不大于 $20.0 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 。

D. 5. 2 格构拉板应符合下列规定：

1 尺寸应符合表 D. 5. 2 的要求。

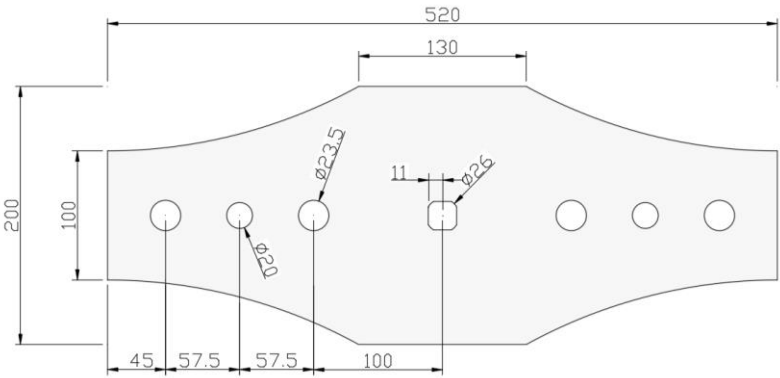


图 D. 5. 2 格构拉板结构图

表 D. 5. 2

序号	项目	参数	
		SG-130	SG-170
1	厚度 (mm)	3±0.1	4±0.1
2	平面尺寸误差 (mm)	±0.1	
3	厚度误差 (mm)	±0.05	
4	翘曲 (mm)	≤0.2	
5	下底面平整度 (mm)	≤0.2	
6	下底面对角线差 (mm)	≤0.5	

2 采用强度不低于 Q345 的钢材制作，材料力学性能符合《 碳素结构钢》(GB/T 700) 和《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 729) 的要求。

3 采用热镀铝镁锌防腐。镀层厚度满足设计使用年限内保持其防腐性能和耐久性，镀层在规定的工作温度内或张拉过程中不得开裂、变脆和脱落，并符合《连续热镀铝锌镁合金镀层钢板及钢带》(YB/T 4634) 的规定。

D.5.3 格构胶垫应符合下列规定：

1 尺寸应符合表 D.5.3 的要求。

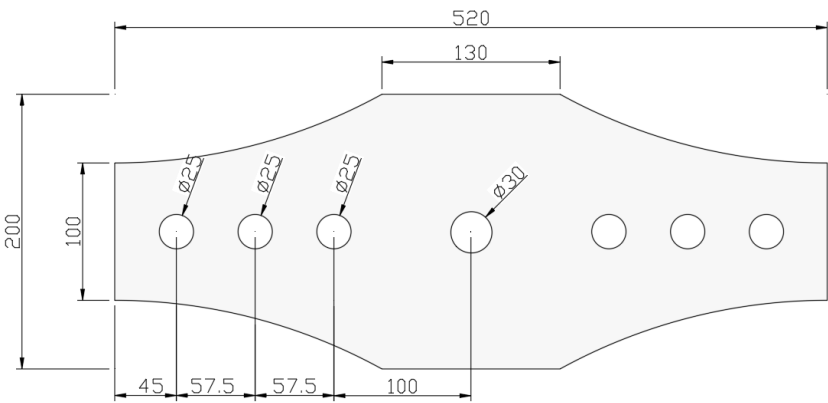


图 D.5.3 格构胶垫结构图

表 D.5.3

序号	项目	参数
1	平面尺寸误差 (mm)	±0.5
2	厚度 (mm)	2±0.1

2 物理性能符合《公路桥梁板式橡胶支座》(JT/T 4) 的规定。

D.5.4 注浆阀应符合下列规定：

1 注浆阀外径 20mm±0.1mm。

2 性能应符合表 D.5.4 的要求。

表 D.5.4

序号	项目	参数
1	开启压力, kPa	≤10
2	最大承压, Mpa	≥0.4
3	注浆阀安装方式	过盈配合装配
4	注浆阀安装抗拔强度, N	≥10

D.5.5 锚栓应符合下列规定：

- 1 锚栓采用不低于 8.8 级的 M16 螺栓。
- 2 性能符合《六角头螺栓》（GB/T 5782）的要求。
- 3 采用热镀锌铝镁锌防腐。镀层厚度满足设计使用年限内保持其防腐性能和耐久性，并符合《连续热镀锌铝锌镁合金镀层钢板及钢带》（YB/T 4634）的规定。

D.5.6 锚栓胶垫应符合下列规定：

- 1 尺寸应符合表 D.5.6 的要求。

表 D.5.6

序号	项目	参数
1	内径（mm）	18 ± 0.5
2	外径（mm）	50 ± 0.5
3	厚度（mm）	1 ± 0.1

- 2 采用三元乙丙橡胶制作，强度性能符合 JT/T 4 的规定。

D.5.7 锚栓钢垫应符合下列规定：

- 1 尺寸应符合表 D.5.7 的要求。

表 D.5.7

序号	项目	参数
1	外径差（mm）	50 ± 0.5
2	内径	18 ± 0.5
3	厚度	$4^{+0.1}_{-0.1}$
4	翘曲（mm）	≤ 0.2
5	下底面平整度（mm）	≤ 0.2

- 2 采用强度不低于 Q345 的钢材制作，材料力学性能符合《碳素结构钢》（GB/T 700）和《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》（GB/T 729）的要求。

- 3 采用热镀锌铝镁锌防腐，镀层厚度满足设计使用年限内保持其防腐性能和耐久性，镀层在规定的工作温度内或张拉过程中不得开裂、变脆和脱落，并符合《连续热镀锌铝锌镁合金镀层钢板及钢带》（YB/T 4634）的规定。

D.5.8 锚栓螺母应符合下列规定：

- 1 锚栓螺母采用不低于 8.8 级的 M16 嵌件六角锁紧螺母。
- 2 力学性能符合《1 型非金属嵌件六角锁紧螺母》（GB/T 889.1）的要求。
- 3 采用热镀锌铝镁锌防腐，镀层厚度满足设计使用年限内保持其防腐性能和耐久

性，镀层在规定的工作温度内或张拉过程中不得开裂、变脆和脱落，并符合《连续热镀铝锌镁合金镀层钢板及钢带》（YB/T 4634）的规定。

D. 5. 9 定位锥应符合下列规定：

- 1 材质：硬质 PVC 注塑件。
- 2 表面不应有裂纹、凹坑等缺陷。表面平整、无缺口。
- 3 尺寸应符合表 D. 5. 9-1 的要求。

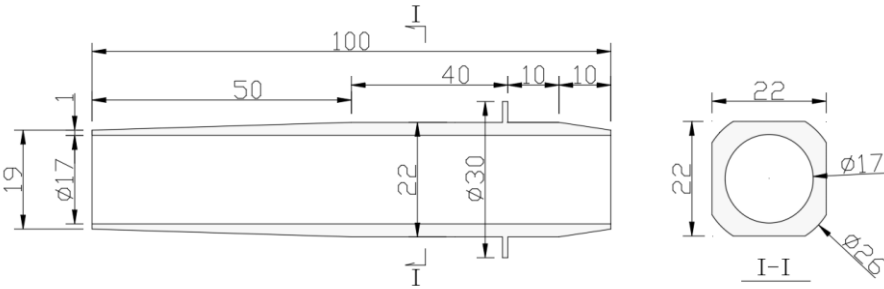


图 D. 5. 9 定位锥结构图

表 D. 5. 9-1

序号	项目	参数
1	长度误差（mm）	±0. 5
2	内径误差（mm）	±0. 1
3	外径误差（mm）	±0. 1

- 4 力学性能应符合表 D. 5. 9-2 的要求。

表 D. 5. 9-2

序号	项目	参数
1	抗压强度（MPa）	≥60
2	拉伸强度（MPa）	≥50
3	断裂标称应变，%	≥5

D. 5. 10 碳排放基准值应符合下列规定：

- 1 双曲格构生产使用的所有原材料的低碳性能应符合《绿色设计产品评价技术规范 装配式建筑用预制混凝土构件》（JC/T 2738）、《水泥单位产品能源消耗限额》（GB 16780）、《绿色设计产品评价技术规范 水泥》（JC/T 2642）、《绿色设计产品评价技术规范 耐候结构钢》（YB/T 4872）等国家和行业相关标准的要求。
- 2 双曲格构的碳排放基准值应符合表 D. 5. 10 的要求。

表 D. 5. 10

序号	双曲格构型号	单位产品碳排放基准值 (kgCO ₂ /套)
1	SG-130	≤3.83
2	SG-170	≤4.45

D. 6 实验方法

D. 6. 1 外观质量按 GB/T 11968 规定的方法测试。

D. 6. 2 尺寸

- 1 长度、宽度和厚度按 GB/T 11968 规定的方法测试。
- 2 直径和内径按 GB/T 11968 规定的方法测试。
- 3 弯曲、翘曲和平整度按 GB/T 11968 规定的方法测试

D. 6. 3 力学性能

1 格构压块抗折强度按 GB/T 50081 规定的方法和流程检测格构压块强度。格构压块抗折强度 f_t (MPa) 按公式 (D. 6. 3) 计算。

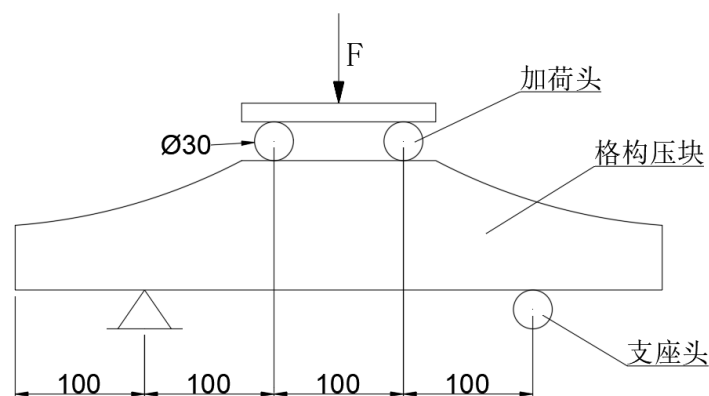


图 D. 6. 3 格构压块抗折强度检测装置图

$$f_t = \frac{F \times 300}{200 \times 100^2} \quad (\text{D. 6. 3})$$

2 锚栓钢垫、锚栓螺母、格构拉板按 GB/T 700、GB/T 56、GB/T 14370 规定的方法测试。

- 3 锚栓按 GB/T 5782 规定的方法测试。
- 4 格构胶垫、锚栓胶垫按 JT/T 4 规定的方法测试。
- 5 注浆膜按 HG/T 5070-2016 规定的方法测试。

D. 6. 4 抗冻性按 GB/T 19496 规定的方法钻芯取样，按 GB/T 50082 规定的方法

测试。

D.6.5 耐盐碱性按 GB/T 19496 规定的方法钻芯取样，按 GB/T 50082 规定的方法测试。

D.6.6 防腐性能按照 GB/T 13912、YB/T 4634、JTS 153 规定的方法测试。

D.6.7 碳排放核算

1 核算主体和边界：

- 1) 核算主体应以具体生产线或生产厂为独立核算单元。
- 2) 核算边界应覆盖双曲格构在生产企业的所有相关生产过程。
- 3) 以年为数据统计期。

2 核算内容：

1) 原材料的碳排放：由原材料供应商提供的材料碳排放因子认证报告、原材料运输距离和生产单位双曲格构所消耗的材料量计算。

2) 双曲格构生产过程碳排放：人工生活耗能碳排放、生产能耗碳排放、存储能耗碳排放。

3) 按《工业企业温室气体排放核算和报告通则》(GB/T 32150) 和《温室气体排放核算与报告要求 第 38 部分：水泥制品生产企业》(GB/T 32151.38) 的规定，形成碳排放核算报告。

D.7 检验规则

D.7.1 产品检验分出厂检验和型式检验。出厂检验由制造厂质量检验部门进行。型式检验由产品质量监督检验机构进行。

D.7.2 按每 1 万套双曲格构产品为一检验批，或按销售订单要求，按 GB/T 2828 的规定进行出厂检验，检验合格后方可出厂。

D.7.3 有下列情况之一，应进行产品的型式检验：

- 1 新产品的试制定型鉴定。
- 2 老产品转厂生产。
- 3 正式生产后，如材料有重大改变可能影响产品性能时。
- 4 正式生产时，累计产量达到 1000 万套，应周期性进行型式检验。
- 5 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。
- 6 产品质量监督机构提出要求时。

D.7.4 产品出厂检验和型式检验项目见表 D.7.4。

表 D.7.4 检验项目

序号	检验项目	检验类别	
		出厂	型式
1	外观	√	√
2	重量	√	√
3	尺寸	√	√
4	力学性能	√	√
5	抗冻性	/	√
6	耐盐碱性	/	√
7	防腐性能	/	√
8	碳排放基准值	/	√

D.7.5 产品出厂检验与型式检验项目中，任意一项性能不合格者，加倍抽检，若再不符合则认为该批产品不合格。

D.7.6 产品出厂检验结果应记录归档备查，产品型式检验应有型式检验报告，其内容应包括试验对象、试验条件、测试设备与仪器、试验结果及试验记录等。

D.8 标志、包装、运输与储存

D.8.1 格台码垛包装牢固，保证装运过程中不松散。

D.8.2 格板捆扎包装牢固，保证装运过程中不松散。

D.8.3 每个包装上贴一组产品标签和二维码，载明产品型号、规格、公司信息、生产日期等。

D.8.4 每个包装上贴附录 H 规定的碳汇卷护坡负碳护坡标志。

D.8.5 每片格台、格板上贴一组二维码标签，载明产品型号、规格、生产信息、采购订单信息等。

D.8.6 运输时，应固定牢固，避免撞击变形。

D.8.7 储存要避免放置在低洼积水处，防水防潮储存。

附录 E 双抗锚杆

E.1 总则

E.1.1 本标准规定了双抗锚杆的术语和定义、性能要求、实验方法、检验规则、标志、包装、运输和储存。

E.1.2 本标准适用于双抗锚杆。

E.2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或发布版均不适用于本部分，然而鼓励根据本部分达成协议的各方使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

TB/T 3356-2021 铁路隧道锚杆

JB/T 14336-2021 矿用自进式中空注浆锚杆

YB/T 4363-2014 超高强度热处理锚杆钢筋

MT/T 218-2002 水泥锚杆 杆体

GB/T 13788-2017 冷轧带肋钢筋

GB/T 20065-2016 预应力混凝土用螺纹钢筋

GB/T 1499.2-2018 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋

GB/T 14370-2015 预应力筋用锚具、夹具和连接器

TB/T 3193-2016 铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器

JT/T 329-2010 公路桥梁预应力钢线用锚具、夹具和连接器

JG/T 163-2013 钢筋机械连接用套筒

GB/T 42796-2023 钢筋机械连接件

YB/T 4364-2014 锚杆用热轧带肋钢筋

YB/T 4363-2014 超高强度热处理锚杆钢筋

GB/T 56-1988 六角厚螺母

GB/T 700-2006 碳素结构钢

GB 8162-2008 结构用无缝钢管

GB/T 709-2019 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差

JT/T 4-2019 公路桥梁板式橡胶支座

GB/T 19355.1-2016 锌覆盖层 钢铁结构防腐蚀的指南和建议 第1部分：设计与防腐蚀的基本原则

GB/T 13912-2020 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法

YB/T 4634-2017 连续热镀铝锌镁合金镀层钢板及钢带

YB/T 4902-2021 绿色设计产品评价技术规范 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋

YB/T 4903-2021 绿色设计产品评价技术规范 冷轧带肋钢筋

YB/T 4904-2021 绿色设计产品评价技术规范 锚杆用热轧带肋钢筋

RB/T 098-2022 低碳产品评价方法与要求 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋

RB/T 097-2022 低碳产品评价方法与要求 薄板坯连铸连轧热轧钢带

GB/T 2828-2012 计数抽样检验程序

E.3 术语和定义

E.3.1 双抗锚杆 high-strength and high-corrosion-resistant anchor rod

由低碳材料和低碳工艺制成的，热浸镀铝镁锌和涂覆环氧树脂的高抗力、高抗腐双抗锚杆。

E.3.2 锚具 anchorage

安装在双抗锚杆上，锚固碳汇卷。

E.3.3 碳排放基准值 carbon dioxide emission baseline

评价出厂时单位双抗锚杆产品生产过程二氧化碳排放量的值。

E.4 分类与标记

E.4.1 分类及组成

- 1 根据结构组成，划分为锚板型和格构型。
- 2 由杆体、锚具组成。
- 3 锚板型锚具由上锚板、下锚板、螺母、胶垫组成。
- 4 格构型锚具由锚板、锚筒、胶垫组成。

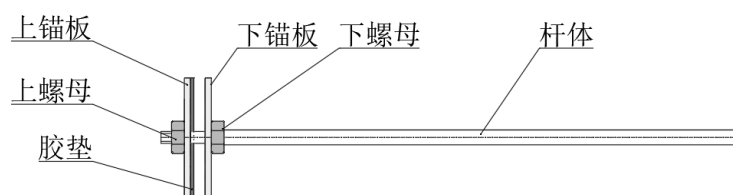


图 E. 4. 1-1 锚板型双抗锚杆结构示意图

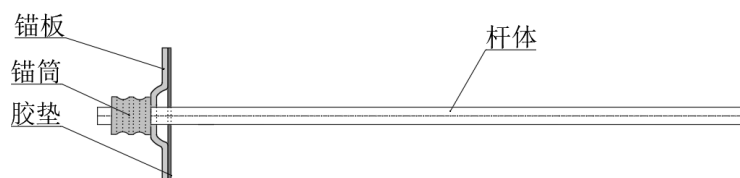


图 E. 4. 1-2 格构型双抗锚杆结构示意图

E. 4. 2 杆体型号

- 1 根据工况类型，划分为锚板型和格构型。
- 2 锚板型的杆体顶部设置螺纹段，长度 100mm。格构型顶部不设置螺纹段。

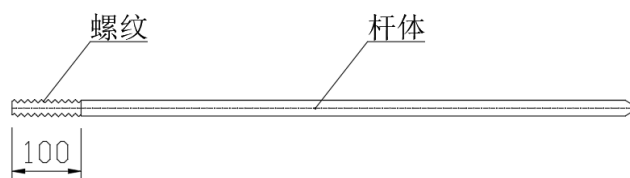


图 E. 4. 2 锚板型杆体结构示意图

表 E. 4. 2 杆体型号表

序号	型号	长度 (m)	抗拉承载力 (kN)
一	锚板型		
1	MG-50-1.0	1.00	≥ 30
2	MG-50-1.5	1.50	≥ 30
3	MG-50-2.0	2.00	≥ 30
4	MG-50-2.5	2.50	≥ 30
二	格构型		
1	MG-130-3.5	3.50	≥ 130
2	MG-130-4.0	4.00	≥ 130
3	MG-130-6.0	6.00	≥ 130
4	MG-170-2.5	2.50	≥ 170
5	MG-170-3.0	3.00	≥ 170
6	MG-170-6.0	6.00	≥ 170

E.4.3 锚具型号

1 锚板型根据工况类型，划分为一般型、耐久型。

表 E.4.3-1 锚板型锚具型号表

序号	型号	适应工况	使用年限
1	MG-MJ-01	一般型	≥5 年
2	MG-MJ-02	耐久型	≥60 年

2 格构型锚具型号根据承载力，划分为 130 型和 170 型。

表 E.4.3-2 格构型锚具型号表

序号	型号	承载力	使用年限
1	MG-MJ-130	130kN	≥60 年
2	MG-MJ-170	170kN	≥60 年

E.5 性能要求

E.5.1 杆体

1 杆体外观质量应符合下列规定：

- 1) 表面不应有裂纹、折叠、结疤和锈斑等缺陷。
- 2) 双抗锚杆两端断面应与双抗锚杆轴线垂直，切口处无毛刺。

2 杆体尺寸偏差应符合表 E.5.1-1 的要求。

表 E.5.1-1

序号	项目	允许偏差
1	杆体长度	+30 mm 0
2	杆体直径	+0.5 mm 0
3	弯曲度	≤3 mm/m

5.1.3 杆体力学性能应符合表 E.5.1-2 的要求。

表 E.5.1-2

序号	型号	抗拉承载力 (kN)	最大力下伸长率	应力松弛性能
一	锚板型			
1	MG-50-1.0	≥50	≥5%	70%承载力的初始应力条件下，1000h 后的应力松弛率≤6%
2	MG-50-1.5	≥50		
3	MG-50-2.0	≥50		
4	MG-50-2.5	≥50		

续表 E. 5. 1-2

序号	型号	抗拉承载力 (kN)	最大力下伸长率	应力松弛性能
二	格构型			
1	MG-130-3.5	≥ 130	$\geq 3\%$	70%承载力的初始应力条件下, 1000h 后的应力松弛率 $\leq 4\%$
2	MG-130-4.0	≥ 130		
3	MG-130-4.5	≥ 130		
4	MG-170-2.5	≥ 170		
5	MG-170-3.0	≥ 170		
6	MG-170-4.5	≥ 170		

E. 5. 2 锚具

1 外观质量应符合下列规定:

- 1) 表面不应有裂纹、折叠、结疤和锈斑等缺陷。
- 2) 表面平整、无缺口。

2 锚板型锚具力学性能应符合下列规定:

1) 锚板采用强度不低于 Q345 的钢材制作, 材料力学性能符合《碳素结构钢》(GB/T 700) 和《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 709) 的要求, 锚板尺寸应符合表 E. 5. 2-1 的要求。

表 E. 5. 2-1

序号	项目	尺寸要求
1	外径	$100^{+0.5}_{-0} \text{ mm}$
2	内径	$18^{+0.5}_{-0} \text{ mm}$
3	厚度	$3^{+0.1}_{-0} \text{ mm}$

2) 胶垫采用三元乙丙橡胶制作, 物理性能符合《公路桥梁板式橡胶支座》(JT/T 4) 的规定。尺寸应符合表 E. 5. 2-2 的要求。

表 E. 5. 2-2

序号	项目	尺寸要求
1	外径	$100^{+0.5}_{-0} \text{ mm}$
2	内径	$18^{+0.5}_{-0} \text{ mm}$
3	厚度	$1^{+0.1}_{-0} \text{ mm}$

3) 螺母符合《六角厚螺母》(GB/T 56) 的要求。

3 格构型锚具应符合下列规定：

1) 锚板采用强度不低于 Q345 的钢材制作，材料力学性能符合《碳素结构钢》(GB/T 700) 和《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T729) 的要求。尺寸应符合图 E. 5. 2-1 和表 E. 5. 2-3 要求。

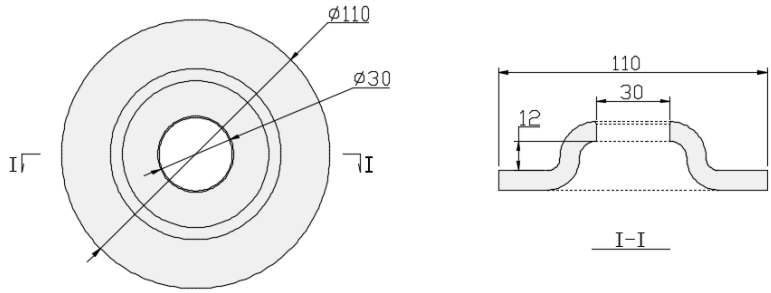


图 E. 5. 2-1 锚杆钢垫结构图

表 E. 5. 2-3

序号	型号	厚度 (mm)	直径误差 (mm)	翘曲 (mm)	下底面平整度 (mm)
1	MG-MJ-130	7±0.1	±0.5	≤0.2	≤0.2
2	MG-MJ-170	9±0.1			

2) 胶垫采用三元乙丙橡胶制作，物理性能符合《公路桥梁板式橡胶支座》(JT/T 4) 的规定。尺寸应符合表 E. 5. 2-4 要求。

表 E. 5. 2-4

序号	项目	参数
1	内径 (mm)	50±0.5
2	外径 (mm)	110±0.5
3	厚度 (mm)	2 ^{+0.1} _{-0.1}

3) 锚筒采用 20 号的优质碳素结构钢制作，力学性能符合《钢筋机械连接件》(GB/T 42796)、《钢筋机械连接用套筒》(JG/T 163) 的要求。尺寸应符合图 E. 5. 2-2 和表 E. 5. 2-5 要求。

表 E. 5. 2-5

序号	型号	内径 dmm)	外径 D (mm)	长度 L (mm)
1	MG-MJ-130	20±0.1	32±0.1	70±0.1
2	MG-MJ-170		37±0.1	80±0.1

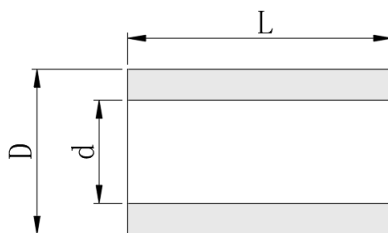


图 E. 5. 2-2 锚筒结构图

E. 5. 3 双抗锚杆采用热镀锌铝镁锌防腐，镀层厚度满足设计使用年限内保持其防腐性能和耐久性，镀层在规定的工作温度内或张拉过程中不得开裂、变脆和脱落，并符合《连续热镀锌铝锌镁合金镀层钢板及钢带》（YB/T 4634）的规定。

E. 5. 4 碳排放基准值应符合下列规定：

1 双抗锚杆的原材料应符合《低碳产品评价方法与要求 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（RB/T 098-2022）、《低碳产品评价方法与要求 薄板坯连铸连轧热轧钢带》（RB/T 097-2022）等国家和行业相关标准对“低碳产品评价”的要求。

2 双抗锚杆的碳排放基准值应符合表 E. 5. 4 的要求。

表 E. 5. 4

序号	双抗锚杆型号	单位产品碳排放基准值 (kgCO ₂ /套)
一	锚板型	
1	MG-50-1.0	≤1.53
2	MG-50-1.5	≤2.10
3	MG-50-2.0	≤2.66
4	MG-50-2.5	≤3.23
二	格构型	
1	MG-130-3.5	≤6.98
2	MG-130-4.0	≤7.80
3	MG-130-4.5	≤8.62
4	MG-170-2.5	≤5.82
5	MG-170-3.0	≤6.64
6	MG-170-4.5	≤8.62

E. 6 实验方法

E. 6. 1 外观

- 1 杆体按 TB/T 3356 规定的方法测试。
- 2 锚具按 GB/T 14370、GB/T 42796 规定的方法测试。

E.6.2 尺寸

- 1 杆体按 TB/T 3356 规定的方法测试。
- 2 锚具按 GB/T 14370、GB/T 42796、JG/T 163 规定的方法测试。
- 3 弯曲、翘曲和平整度按 GB/T 11968 规定的方法测试

E.6.3 力学性能

- 1 杆体按 GB/T 1499、GB/T 20065、GB/T 13788 规定的方法测试。
- 2 锚板按 GB/T 56、GB/T 700、GB/T 42796、JG/T 163 规定的方法测试。
- 3 胶垫按 JT/T 4 规定的方法测试。

E.6.4 防腐性能按 GB/T 13912、YB/T 4634 规定的方法测试。

E.6.5 碳排放核算

1 核算主体和边界：

- 1) 核算主体应以具体生产线或生产厂为独立核算单元。
- 2) 核算边界应覆盖双抗锚杆在生产企业的所有相关生产过程。
- 3) 以年为数据统计期。

2 核算内容：

1) 原材料的碳排放：由原材料供应商提供的材料碳排放因子认证报告、原材料运输距离和生产单位双抗锚杆所消耗的材料量计算。

2) 双抗锚杆生产过程碳排放：人工生活耗能碳排放、生产能耗碳排放、存储能耗碳排放。

3) 按《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T 32150）的规定形成碳排放核算报告。

E.7 检验规则

E.7.1 产品检验分出厂检验和型式检验。出厂检验由制造厂质量检验部门进行。型式检验由产品质量监督检验机构进行。

E.7.2 按每 1 万套双抗锚杆产品为一检验批，或按销售订单要求，按 GB/T 2828 的规定进行出厂检验，检验合格后方可出厂。

E.7.3 有下列情况之一，应进行产品的型式检验

- 1 新产品的试制定型鉴定。
- 2 老产品转厂生产。

- 3 正式生产后，如材料有重大改变可能影响产品性能时。
- 4 正式生产时，累计产量达到 1000 万套，应周期性进行型式检验。
- 5 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。
- 6 产品质量监督机构提出要求时。

E.7.4 产品出厂检验和型式检验项目见表 E.7.4。

表 E.7.4 检验项目

序号	检验项目	检验类别	
		出厂	型式
1	外观	√	√
2	尺寸	√	√
3	力学性能	√	√
4	防腐性能	--	√
5	碳排放基准值	--	√

E.7.5 产品出厂检验与型式检验项目中，任意一项性能不合格者，加倍抽检，若再不符合则认为该批产品不合格。

E.7.6 产品出厂检验结果应记录归档备查，产品型式检验应有型式检验报告，其内容应包括试验对象、试验条件、测试设备与仪器、试验结果及试验记录等。

E.8 标志、包装、运输与储存

E.8.1 杆体捆扎包装，锚具纸箱包装，包装应牢固，保证装运过程中不松散。

E.8.2 每捆杆体和每箱锚具上贴一组产品标签和二维码，注明产品型号、规格、公司信息、生产日期等。

E.8.3 每捆杆体和每箱锚具上贴附录 H 规定的碳汇卷护坡负碳护坡标志。

E.8.4 每根杆体上贴一组二维码标签，载明产品型号、规格、生产信息、采购订单信息等。

E.8.5 运输时，应固定牢固，避免撞击变形。

E.8.6 储存要避免放置在低洼积水处，防水防潮储存。

附录 F 应力砂浆

F.1 总则

F.1.1 本标准规定了应力砂浆的术语和定义、性能要求、实验方法、检验规则、标志、包装、运输和储存。

F.1.2 本标准适用于应力砂浆。

F.2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或发布版均不适用于本部分，然而鼓励根据本部分达成协议的各方使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 25181-2019 预拌砂浆

GB/T 31245-2014 预拌砂浆术语

JG/T 289-2010 混凝土结构加固用聚合物砂浆

JC/T 2476-2018 机械喷涂砂浆

GB 50086-2015 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范

GB/T 17671-2021 水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）

GB/T 29417-2012 水泥砂浆和混凝土干燥收缩开裂性能试验方法

GB/T 29756-2013 干混砂浆物理性能试验方法

JC/T 2609-2021 聚合物水泥加固砂浆

JC/T 951-2005 水泥砂浆抗裂性能试验方法

JC/T 2031-2010 水泥砂浆防冻剂

JGJ/T 70-2009 建筑砂浆基本性能试验方法

BB/T 0065-2013 干混砂浆包装袋

GB 20472-2006 硫铝酸盐水泥

JC/T 453-2004 自应力水泥物理检验方法

JC/T 2642-2021 绿色设计产品评价技术规范 水泥

F.3 术语和定义

F.3.1 应力砂浆 stress mortar

由低碳材料和低碳工艺制成的，缓凝的微膨胀的自应力预拌砂浆。

F.3.2 碳排放基准值 carbon dioxide emission baseline

评价出厂时单位应力砂浆产品生产过程二氧化碳排放量的值。

F.4 分类与标记

根据使用工况类型，划分位双抗锚杆锚固砂浆和双曲格构找平砂浆。

表 F.4 应力砂浆型号表

序号	使用工况	型号
1	双抗锚杆锚固	YSJ-MG
2	双曲格构找平	YSJ-ZP

F.5 性能要求

F.5.1 外观应均匀、无结块。

F.5.2 原材料应符合下列规定：

- 1 采用自应力水泥，符合《硫铝酸盐水泥》（GB 20472）的要求 。
- 2 细骨料、外加剂应符合《岩土双抗锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB 50086）和《预拌砂浆》（GB/T 25181）的要求。

F.5.3 性能要求应符合表 F.5.3 的要求。

表 F.5.3

序号	项目	性能指标	
		YSJ-MG	YSJ-ZP
1	28d 抗压强度，Mpa	≥30.0	≥20.0
2	自由膨胀率，%	≥0.3	≥0.6
3	限制膨胀率，%	≥0.04	≥0.07
4	自应力值，Mpa	≥3.0	≥5.0
5	与混凝土粘结强度，Mpa	≥2.5	≥2.0

续表 F. 5. 3

序号	项目		性能指标	
			YSJ-MG	YSJ-ZP
6	抗冻性， 100 次冻融循环	强度损失，%	≤ 25.0	≤ 25
		质量损失，%	≤ 5.0	≤ 5
7	耐水性，与混凝土粘结强度，Mpa		≥ 2.0	≥ 1.5
8	耐盐碱性，与混凝土粘结强度，Mpa		≥ 2.0	≥ 1.5
9	凝结时间，h		≤ 12.0	≤ 12.0
10	保水率		$\geq 95.0\%$	$\geq 95\%$
11	保塑时间，h		≥ 2.0	≥ 2.0

F. 5. 4 碳排放基准值应符合下列规定：

- 1 应力砂浆的原材料应符合《绿色设计产品评价技术规范 预拌砂浆》（JC/T 2693）等国家和行业相关标准对低碳产品评价的要求。
- 2 应力砂浆的碳排放基准值应 $\leq 220 \text{ kgCO}_2/\text{m}^3$ 。

F. 6 实验方法

F. 6. 1 试验条件和试样制备按 JC/T 2609 和 GB/T 25181 规定的方法测试。

F. 6. 2 外观质量按 JC/T 2609 规定的方法测试。

F. 6. 3 抗压强度按 GB/T 17671 规定的方法测试。

F. 6. 4 自由膨胀率按 JGJ/T 70 规定的方法测试。

F. 6. 5 限制膨胀率按 JC/T 453 和 GB/T 20472 规定的方法测试。

F. 6. 6 自应力值按 JC/T 453 和 GB/T 20472 规定的方法测试。

F. 6. 7 凝结时间按 JGJ/T 70 规定的方法测试。

F. 6. 8 抗冻性能按 JGJ/T 70 规定的方法测试。

F. 6. 9 耐水性能按 JC/T 2609 规定的方法测试。

F. 6. 10 耐盐碱性能按 GB/T 38140 规定的方法测试

F. 6. 11 保水率按 JGJ/T 70 规定的方法测试。

F. 6. 12 保塑时间按 GB/T 25181 规定的方法测试。

F. 6. 13 碳排放核算

1 核算主体和边界

- 1) 核算主体应以具体生产线或生产厂为独立核算单元。

2) 核算边界应覆盖应力砂浆在生产企业的所有相关生产过程

3) 以年为数据统计期。

2 核算内容

1) 原材料的碳排放：由原材料供应商提供的材料碳排放因子认证报告、原材料运输距离和生产单位双抗锚杆所消耗的材料量计算。

2) 应力砂浆生产过程碳排放：人工生活耗能碳排放、生产能耗碳排放、储能耗能碳排放。

3) 按《工业企业温室气体排放核算和报告通则》(GB/T 32150) 的规定核算和编制碳排放核算报告。

F.7 检验规则

F.7.1 产品检验分出厂检验和型式检验。出厂检验由制造厂质量检验部门进行。型式检验由产品质量监督检验机构进行。

F.7.2 按每 100 吨产品为一检验批，或按销售订单要求，按 GB/T 2828 的规定进行出厂检验，检验合格后方可出厂。

F.7.3 有下列情况之一，应进行产品的型式检验

- 1 新产品的试制定型鉴定。
- 2 老产品转厂生产。
- 3 正式生产后，如材料有重大改变可能影响产品性能时。
- 4 正式生产时，累计产量达到 1 万吨，应周期性进行型式检验。
- 5 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。
- 6 产品质量监督机构提出要求时。

F.7.4 产品出厂检验和型式检验项目见表 F.7.4。

表 F.7.4 检验项目

序号	检验项目	检验类别	
		出厂	型式
1	外观	√	√
2	性能	√	√
3	碳排放基准值	—	√

F.7.5 产品出厂检验与型式检验项目中，任意一项性能不合格者，加倍抽检，若

再不符合则认为该批产品不合格。

F.7.6 产品出厂检验结果应记录归档备查，产品型式检验应有型式检验报告，其内容应包括试验对象、试验条件、测试设备与仪器、试验结果及试验记录等。

F.8 标志、包装、运输与储存

F.8.1 砂浆使用防潮袋装，包装袋符合 BB/T 0065 的规定。

F.8.2 每袋砂浆贴一组产品标签和二维码，注明产品型号、规格、公司信息、生产日期等。

F.8.3 每袋砂浆上贴附录 H 规定的碳汇卷护坡负碳护坡标志。

F.8.4 储存要避免放置在低洼积水处，防水防潮储存。

附录 G 护坡机器人

G.1 总则

G.1.1 本标准规定了护坡机器人的术语和定义、技术要求、实验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

G.1.2 本标准适用于护坡机器人。

G.2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或发布版均不适用于本部分，然而鼓励根据本部分达成协议的各方使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

JB/T 5945-2018 工程机械 装配通用技术条件

JB/T 5946-2018 工程机械 涂装通用技术条件

JB/T 14453-2024 土方机械 带外部供电装置的电动液压挖掘机 技术规范

GB/T 9465-2019 高空作业车

CB 4286-2013 高空作业车安全技术要求

GB/T 20721-2022 自动导引车 通用技术条件

T/ZZB Q046-2022 激光导航堆垛式自动导引车

GB/T 9139-2018 土方机械 液压挖掘机 技术条件

GB/T 44255-2024 土方机械 纯电动液压挖掘机能量消耗量 试验方法

GB/T 45049-2024 土方机械 纯电动液压挖掘机 试验方法

GB/T 7586-2018 土方机械液压挖掘机试验方法

JB/T 14454-2024 土方机械 带外部供电装置的电动液压挖掘机 试验方法

GB/T 33081-2016 移动式升降工作平台 操作者控制符号和其他标记

JB/T 5947-2018 工程机械 包装通用技术条件

GB/T 9969-2008 工业产品使用说明书 总则

GB/T 22358-2008 土方机械防护与贮存

G.3 术语

G.3.1 护坡机器人

碳汇卷护坡双抗锚杆、双曲格构、碳汇卷专用安装机器人。由履带行走平台、作业臂、锚杆作业系统、格卷作业系统、首灌作业系统组成。

G.3.2 作业臂 operating boom

用来将锚杆作业系统、格卷作业系统送到指定位置的装置。

G.3.3 锚杆作业系统 anchor rod operation system

用来在坡面钻孔、安装双抗锚杆的装置，由凿岩机、凿岩推进装置、双抗锚杆仓、注浆机等组成。

G.3.4 格卷作业系统 carbon sink coil material and hyperbolic grid operation system

用来在坡面安装碳汇卷、双抗锚杆和双曲格构的装置。

G.3.5 首灌作业系统 irrigation operation system

用来在对坡面安装的碳汇卷进行灌溉的装置。

G.3.6 最大作业高度 maximum working height

锚杆作业系统和格卷作业系统所能到达的最大高度。

G.3.7 最大作业深度 maximum operation depth

路堤边坡，锚杆作业系统和格卷作业系统所能到达的最大深度。

G.3.8 最大作业幅度 maximum working range

相对履带平台，锚杆作业系统和格卷作业系统所能到达的最大水平距离。

G.3.9 运行方式 running mode

护坡机器人执行运动指令的方式。

G.3.10 导航方式 navigation mode

护坡机器人在工作区域实现自动作业行驶和作业臂自动运行的方式。

G.3.11 导航精度 navigation accuracy

护坡机器人行驶和作业臂运行的轨迹与设定运行轨迹偏差的值。

G.4 技术要求

G.4.1 一般要求

- 1 护坡机器人应能在下列环境条件下正常作业：
 - 1) 环境温度为 $-20^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$;
 - 2) 海拔不大于 4000m;
 - 3) 相对湿度不大于 95%;
 - 4) 电源电压波动值为额定电压的 $\pm 15\%$ 。
- 2 护坡机器人的涂装外观质量应符合 JB/T 5946 的规定。
- 3 护坡机器人的装配质量应符合 JB/T 5945 和 GB/T 9465 的规定。
- 4 护坡机器人的外部供电装置及性能要求应符合 JB/T 14453 的规定。
- 5 护坡机器人的安全要求应符合 JB/T 14453、GB/T 9465 的规定。
- 6 护坡机器人采用履带底盘。

G.4.2 性能要求

- 1 护坡机器人的主要性能参数应符合表 G.4.2-1 的规定。

表 G.4.2-1

序号	项目		参数
1	基本参数	工作质量	$\leq 40\text{t}$
2		额定功率	260kW
3		驱动形式	外接电源全电驱动
4		液压系统工作压力	$\geq 25\text{Mpa}$
5		电源输入额定电压	380V
7		外接电缆长度	$\geq 100\text{m}$
8		运输时全长	$\leq 13\text{m}$
9		运输时全宽	$\leq 3\text{m}$
10		运输时全高	$\leq 3.5\text{m}$
11	整机性能参数	运行方式	自动运行和遥控运行
12		行走导航方式	雷达导航
13		行走导航精度	$\pm 30\text{cm}$
14		行走避障方式	雷达扫描、自动避障
15		作业导航方式	雷达导航

续表 G. 4. 2-1

序号	项目		参数
16	整机性能参数	作业导航精度	$\pm 3\text{cm}$
17		作业臂运行精度	$\pm 2\text{cm}$
18		行走速度	$\geq 3\text{km/h}$
19		爬坡能力	不小于 50%
20	作业参数	最大作业幅度	20m
21		最大作业高度	20m
22		最大作业深度	15m
23	锚杆作业系统	钻孔定位方式	雷达和视觉定位
24		钻孔定位精度	$\pm 5\text{cm}$
25		钻孔角度精度	$\pm 5^\circ$
26		钻孔直径	$\phi 30\text{mm} \sim \phi 120\text{mm}$
27		最大钻孔深度	5m
28		钻孔速度	1m/min~3m/min
29		锚杆仓锚杆容量	≥ 30 根
30		注浆能力	$\geq 3\text{m}^3/\text{h}$
31		注浆压力	0~4Mpa
32		注浆料斗容积	200L
33	格卷作业系统	作业篮倾角调整方式	自动检测、自动调整
34		碳汇卷储量	1 卷
35		双曲格构储量	≥ 20 套
36		碳汇卷放卷方式	自动放卷
37		碳汇卷放卷长度计量方式	自动计量
38		碳汇卷开孔方式	自动开孔
39		碳汇卷安装锚板锚固方式	自动液压锚固
40		碳汇卷安装方式	人工安装
41		双曲格构安装方式	人工安装
42	首灌作业系统	灌溉定位方式	雷达和视觉定位
43		最大灌溉高度	20m
44		最大灌溉幅度	20m
45		流量	$\geq 50\text{m}^3/\text{h}$

2 护坡机器人的能量效率应符合表 G. 4. 2-2 的规定。

表 G. 4. 2-2

序号	项目		参数
1	待机能量效率		$\leq 1.0 \text{ h}/(\text{kW} \cdot \text{h})$
2	行走能量效率		$\leq 1.0 \text{ km}/(\text{kW} \cdot \text{h})$
3	作业能量效率	碳汇卷护坡侵蚀防治	$\leq 0.22 \text{ m}^2/(\text{kW} \cdot \text{h})$
		碳汇卷护坡溜坍防治	$\leq 0.20 \text{ m}^2/(\text{kW} \cdot \text{h})$
		碳汇卷护坡滑塌防治	$\leq 0.40 \text{ m}^2/(\text{kW} \cdot \text{h})$
		碳汇卷护坡落石防治	$\leq 0.35 \text{ m}^2/(\text{kW} \cdot \text{h})$

3 护坡机器人的可靠性要求应符合 GB/T 9139 和 GB/T 9465 的规定。

4 护坡机器人安全防范系统应符合 GB/T 20721 的规定。

G. 5 试验方法

试验方法按 GB/T 7586、JB/T 14454、GB/T 45049、GB/T 44255、GB/T 9465、GB/T 20721 的规定进行。

G. 6 检验规则

G. 6. 1 出厂检验应符合下列规定：

1 每台护坡机器人均应经制造商质量检验部门检验合格后方可出厂，出厂时应附有合格证书。

2 出厂检验项目按表 G. 6. 1 的规定。

G. 6. 2 型式检验应符合下列规定：

1 护坡机器人有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 1) 新试制产品；
- 2) 转厂生产的产品；
- 3) 产品结构、材料、工艺有较大盖板，影响产品性能时。

2 型式检验的项目为第 4 章和表 G. 6. 1 规定的项目。

3 随机抽样 1 台样机进行型式检验。

表 G. 6. 1

序号	检验项目		项目分级	出厂检验	型式检验
1	外观	涂装外观质量	C	√	√
2		装配外观质量	C	√	√
3		外部供电装置质量	C		√
4		整机出厂完整性	C	√	√
5	整机性能参数	行走导航精度	A		√
6		行走避障	A	√	√
7		作业导航精度	A		√
8		作业臂运行精度	A		√
9		行走速度	C		√
10		爬坡能力	B		√
11	基本参数	工作质量	B		√
12		蓄电池容量	B		√
13		外接电缆长度	C		√
14		运输时全长	C		√
15		运输时全宽	C		√
16		运输时全高	C		√
17	作业参数	最大作业半径	B		√
18		最大作业高度	B		√
19		最大作业深度	B		√
20	锚杆作业系统	钻孔定位精度	A	√	√
21		钻孔角度精度	A	√	√
22		注浆压力	B		√
23	格卷作业系统	作业篮倾角自动调整	A	√	√
24		碳汇卷自动放卷	B		√
25		碳汇卷放卷自动长度计量	B		√
26		碳汇卷自动开孔	B		√
27		碳汇卷安装锚板自动锚固	B		√
28	首灌作业系统	定位精度	A		√
29		最大灌溉高度	B		√
30		最大灌溉幅度	B		√
31		流量	C		√
32	液压系统	液压油温升	C		√
33		液压系统压力	B		√
34		液压系统有野固体颗粒污染等级	B		√

续表 G. 6. 1

序号	检验项目		项目分级	出厂检验	型式检验
35	液压系统	密封性	B	√	√
36	能量效率		A		√
37	操纵装置操纵力		B		√
38	整机制动性能		A	√	√
39	回转制动性能		A	√	√
40	安全防范系统		A	√	√
41	空运转试验		B	√	√
42	安全性		A	√	√
43	可靠性		A		√
44	电气性能试验		B		√
45	防护等级试验		B		√
注：A——关键项目，B——重要项目，C——一般项目。					

G. 6. 3 判定规则

- 1 出厂检验项目指标或要求应完全达到要求，方为合格。
- 2 型式检验项目中，表 G. 6. 1 中规定的关键项目应 100%达到要求，且重要项目不合格项不多于两项方为合格。

G. 7 标志、包装、运输和贮存

G. 7. 1 标志

- 1 护坡机器人标牌应牢固的固定在机身的明显位置。
- 2 护坡机器人标牌的内容至少应包含下列信息：
 - 制造商名称；
 - 产品名称和型号；
 - 工作质量；
 - 产品识别代码或出厂编号；
 - 制造年份；
 - 工作电压；
 - 额定功率。
- 3 机身的明显位置粘贴附录 H 规定的碳汇卷护坡负碳护坡标志。

G.7.2 包装

1 护坡机器人及其附件、备件和随机工具的包装应符合 JB/T 5947 的规定，并保证在正常运输和贮存条件下不致损坏。

2 出厂时应有下列文件：

- 产品合格证；
- 符合 GB/T 9969 规定的使用说明书；
- 随机工具、备件、附件清单。

G.7.3 运输

1 护坡机器人的运输应符合交通运输部门的有关规定。

2 运输时，回转机构和伸缩臂处于锁紧状态。

G.7.4 贮存

1 贮存和防护应符合 GB/T 22358 的规定。

2 应按产品使用说明书的规定进行定期保养。

附录 H 碳汇卷护坡负碳计量、认证、标志和声明

H.1 总则

H.1.1 本标准规定了碳汇卷护坡负碳计量、认证、标志和声明的术语和定义、负碳计量、负碳护坡认证、负碳护坡标志和负碳护坡声明。

H.1.2 本标准适用于碳汇卷护坡负碳计量、认证、标志和声明。

H.2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或发布版均不适用于本部分，然而鼓励根据本部分达成协议的各方使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

LY/T 2988-2018 森林生态系统碳储量计量指南
GB/T 43648-2024 主要树种立木生物量模型与碳计量参数
DB15/T 3768-2024 草原区矿山生态修复工程碳汇监测与核算技术规程
DB15/T 4061-2025 沙化土地防护灌木林沙柳、梭梭、柠条碳汇储量监督抽查技术规范
DB51/T 3317-2025 高寒草地生态修复碳汇核算技术规范
DB31/T 1234-2020 城市森林碳汇计量监测技术规程
CCER-14-001-V01 温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇
JTG/T 3832-2018 公路工程预算定额
JTG/T 3833-2018 公路工程机械台班费用定额
GB/T 44716-2024 建筑材料低碳评估方法
GB/T 3376-2017 基于项目的温室气体减排量评估技术规范 通用要求
GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
GB/T 24067-2024 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
GB/T 27026-2019 合格评定 有形产品认证方案示例
GB/T 27028-2008 合格评定 第三方产品认证制度应用指南

GB/T 24020-2001 环境管理 环境标志和声明 通用原则

GB/T 45005-2024 建筑产品与服务环境声明通则

GB/T 24021-2024 环境管理 环境标志和声明 自我环境声明（II 型环境标志）

H.3 术语和定义

H.3.1 碳汇卷护坡负碳量 The negative carbon sequestration using carbon sink coil material for slope protection

基于相对碳减排基准情景护坡形式的，碳汇卷护坡碳减排量相对值，即碳相对清除量。

H.3.2 负碳计量 carbon negative calculation

通过碳排放因子、活动数据等方法量化，计量与相对碳减排基准情景对比的减排量的过程。

H.3.3 峰碳汇 peak carbon sink

人工干预条件下，通过提高植物水分利用率和养分利用率使其碳汇量达到峰值的过程、活动或机制。

H.3.4 碳排放基准值 carbon dioxide emission baseline

评价出厂时单位产品二氧化碳排放量的值。

H.3.5 负碳护坡 carbon-negative slope protection

绝对碳减排基准值为负数的护坡形式及其碳汇过程、活动或机制

H.3.6 负碳护坡标志 carbon-negative slope protection sign

表明负碳量化结构的说明、符号或图形。

H.3.7 相对碳减排基准情景 relative carbon emission reduction baseline scenario

用来对照碳汇卷护坡碳相对减排量的，现有的传统的假定的护坡形式，如：坡面侵蚀防治的挂铁丝网客土喷播、坡面溜坍防治的骨架防护、坡面落石防治的主动柔性网防护、坡面滑塌防治的锚杆框架梁防护。

H.3.8 绝对负碳量 absolute carbon negative

碳汇卷护坡碳减排量绝对值，为碳汇卷护坡的碳汇量和碳汇卷护坡直接碳排放量的差值，度量为绝对负碳量，即碳绝对清除量。

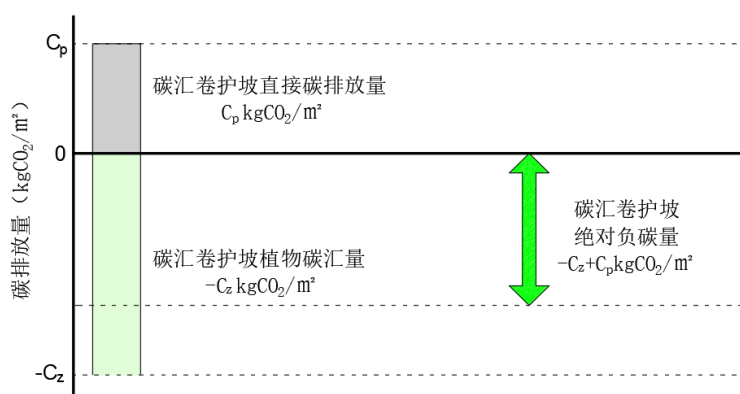


图 H.3.8 碳汇卷护坡绝对负碳量

H.3.9 相对负碳量 relative carbon negative

基于相对基准情景护坡形式的，碳汇卷护坡碳减排量相对值，度量为相对负碳量，即碳相对清除量。

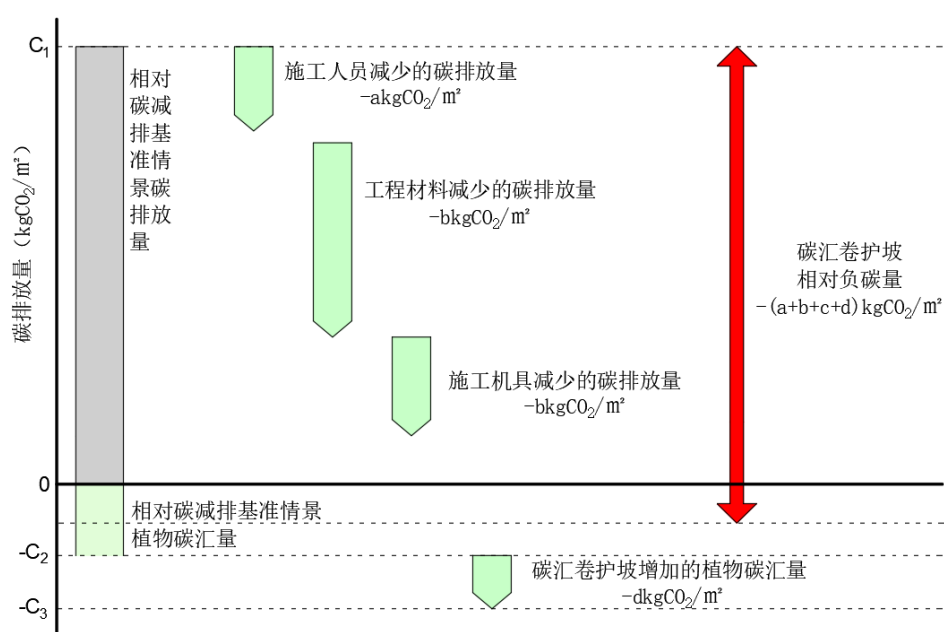


图 H.3.9 碳汇卷护坡相对负碳量

H.3.10 负碳声明 carbon-negative claim

表述碳汇卷护坡工程负碳量的声明。

H.3.11 自我声明 self-declared claim

不经第三方认证，任何能从中获益的一方自行作出的声明。

H.3.12 声明验证 claim verification

根据能保证数据可靠性的既定准则和程序对声明有效性所作的确认。

H.4 负碳计量

H.4.1 碳汇卷护坡工程碳排放按下列规定计算：

1 碳汇卷护坡工程直接碳排放应包括施工人员生活耗能碳排放、工程材料碳排放和施工机械碳排放。

$$C_{\text{总排放}} = C_{\text{人工}} + C_{\text{材料}} + C_{\text{机械}} \quad (4.1-1)$$

式中： $C_{\text{总排放}}$ ——碳汇卷护坡工程直接碳排放总量（ kgCO_2/m^2 ）；

$C_{\text{人工}}$ ——施工人员生活耗能碳排放量（ kgCO_2/m^2 ）；

$C_{\text{材料}}$ ——工程材料碳量，单位为千克每平方米（ kgCO_2/m^2 ）；

$C_{\text{机械}}$ ——施工机械碳排放量（ kgCO_2/m^2 ）。

2 施工人员生活耗能碳排放应按下列公式计算：

$$C_{\text{人工}} = N_{\text{人工}} \times MF_{\text{人工}} \quad (4.1-2)$$

式中： $N_{\text{人工}}$ ——单位面积工程量的人工工日消耗定额（工日/ m^2 ）；

$MF_{\text{人工}}$ ——施工人员生活耗能碳排放因子（ $\text{kgCO}_2/\text{工日}$ ）。

3 工程材料碳排放应按下列公式计算：

$$C_{\text{材料}} = \sum_{i=1}^n [(N_{cl, i} \times (MF_{cl, i} + D_i T_i))] \quad (4.1-3)$$

式中： $N_{cl, i}$ ——第 i 种工程材料单位面积工程量消耗定额；

$MF_{cl, i}$ ——第 i 种工程材料碳排放基准值（ $\text{kgCO}_2/\text{单位工程材料数量}$ ）；

D_i ——第 i 种工程材料的平均运输距离（ km ）；

T_i ——单位重量运输距离的碳排放因子 [$\text{kgCO}_2/(\text{t.km})$]。

4 施工机械碳排放应按下列公式计算：

$$C_{\text{机械}} = \sum_{i=1}^n (N_{jx, i} \times MF_{jx, i}) \quad (4.1-4)$$

式中： $N_{jx, i}$ ——第 i 种施工机械单位面积工程量消耗定额（台班/ m^2 ）；

$MF_{jx, i}$ ——第 i 种施工机械碳排放因子（ $\text{kgCO}_2/\text{台班}$ ）。

H. 4. 2 碳汇卷护坡工程峰碳汇按下列规定计算：

1 碳汇卷护坡工程峰碳汇由植物地上生物质碳储量、地下生物质碳储量、枯落物碳储量、枯死木碳储量和土壤碳储量组成。

$$C_{\text{碳汇}} = C_{\text{地上部分}} + C_{\text{地下部分}} + C_{\text{枯落物}} + C_{\text{枯死木}} + C_{\text{土壤}} \quad (4.2-1)$$

式中： $C_{\text{碳汇}}$ ——碳汇卷护坡工程峰碳汇 (kgCO_2/m^2)；

$C_{\text{地上部分}}$ ——植物地上部分碳储量 (kgCO_2/m^2)；

$C_{\text{地下部分}}$ ——植物地下部分碳储量 (kgCO_2/m^2)；

$C_{\text{枯落物}}$ ——枯落物碳储量 (kgCO_2/m^2)；

$C_{\text{枯死木}}$ ——枯死木碳储量 (kgCO_2/m^2)；

$C_{\text{土壤}}$ ——土壤碳储量 (kgCO_2/m^2)。

2 植物地上部分生物质碳储量根据各植物品种的平均单位面积地上生物量、含碳率计算：

$$C_{\text{地上部分}} = \frac{44}{12} \sum_{i=1}^n [(B_{\text{qms},i} \times CF_{\text{qms},i}) + (B_{\text{gms},i} \times CF_{\text{gms},i}) + (B_{\text{cbs},i} \times CF_{\text{cbs},i})] \quad (4.2-2)$$

式中： $B_{\text{qms},i}$ ——乔木品种 i 的单位面积地上生物量（干物质） (kg/m^2)；

$B_{\text{gms},i}$ ——灌木品种 i 的单位面积地上生物量（干物质） (kg/m^2)；

$B_{\text{cbs},i}$ ——草本品种 i 的单位面积地上生物量（干物质） (kg/m^2)；

$CF_{\text{qms},i}$ ——乔木品种 i 的单位重量干物质含碳量 (kg/kg)；

$CF_{\text{gms},i}$ ——灌木品种 i 的单位重量干物质含碳量 (kg/kg)；

$CF_{\text{cbs},i}$ ——草本品种 i 的单位重量干物质含碳量 (kg/kg)。

式 (4.2-2) 中，植物的地上部分生物量根据植物品种、地径、株高、冠幅投影面积按《森林生态系统碳储量计量指南》(LY/T 2988)、《主要树种立木生物量模型与碳计量参数》(GB/T 43648)、《草原区矿山生态修复工程碳汇监测与核算技术规程》(DB15/T 3768)、《沙化土地防护灌木林（沙柳、梭梭、柠条）碳汇储量监督抽查技术规范》(DB15/T 4061)、《高寒草地生态修复碳汇核算技术规范》(DB51/T 3317)、《城市森林碳汇计量监测技术规程》(DB31/T 1234)、《温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇》(CCER-14-001-V01) 等规范的规定计算。

植物的地上部分单位干物质含碳量可根据植物品种按上述规范取值或实际测定。也可根据《森林生态系统碳储量计量指南》(LY/T 2988) 的规定， $CF_{\text{qm},i}$ 采用缺省值 $0.5\text{kg}/\text{kg}$ ， $CF_{\text{gm},i}$ 采用缺省值 $0.47\text{kg}/\text{kg}$ ， $CF_{\text{cb},i}$ 采用缺省值 $0.32\text{kg}/\text{kg}$ 。

3 植物地下部分生物质碳储量根据各植物品种的平均单位面积地下生物量、含碳率计算：

$$C_{\text{地下部分}} = \frac{44}{12} \sum_{i=1}^n [(B_{\text{qmx},i} \times CF_{\text{qmx},i}) + (B_{\text{gmx},i} \times CF_{\text{gmx},i}) + (B_{\text{cbx},i} \times CF_{\text{cbx},i})] \quad (4.2-3)$$

式中： $B_{\text{qmx},i}$ ——乔木品种 i 的单位面积地下生物量（干物质）（ kg/m^2 ）；

$B_{\text{gmx},i}$ ——灌木品种 i 的单位面积地下生物量（干物质）（ kg/m^2 ）；

$B_{\text{cbx},i}$ ——草本品种 i 的单位面积地下生物量（干物质）（ kg/m^2 ）；

$CF_{\text{qmx},i}$ ——乔木品种 i 的单位重量干物质含碳量（ kg/kg ）；

$CF_{\text{gmx},i}$ ——灌木品种 i 的单位重量干物质含碳量（ kg/kg ）；

$CF_{\text{cbx},i}$ ——草本品种 i 的单位重量干物质含碳量（ kg/kg ）。

式（4.2-3）中，植物的地下部分生物量可按上一条列举的《森林生态系统碳储量计量指南》（LY/T 2988）等相关规范的规定，根据不同植物品种的地上生物量、地下生物量的比值计算。地下部分单位干物质含碳量可根据植物品种按《森林生态系统碳储量计量指南》（LY/T 2988）等相关规范取值或实际测定。

4 枯落物碳储量根据枯落物平均单位面积生物量、枯落物含碳率计算：

$$C_{\text{枯落物}} = \frac{44}{12} B_{kl} \times CF_{kl} \quad (4.2-4)$$

式中： B_{kl} ——单位面积枯落物生物量（干物质）（ kg/m^2 ）；

CF_{kl} ——枯落物单位重量干物质含碳量（ kg/kg ）。

式（4.2-4）中，枯落物的生物量和干物质含碳量可按《森林生态系统碳储量计量指南》（LY/T 2988）、《温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇》（CCER-14-001-V01）等相关规范的规定取值或测定， CF_{kl} 也可采用缺省值 $0.37\text{kg}/\text{kg}$ 。

5 枯死木碳储量根据枯死木平均单位面积生物量、枯死木含碳率计算：

$$C_{\text{枯死木}} = \frac{44}{12} B_{ks} \times CF_{ks} \quad (4.2-5)$$

式中： B_{ks} ——单位面积枯死木生物量（干物质）（ kg/m^2 ）；

CF_{ks} ——枯死木单位重量干物质含碳量（ kg/kg ）。

式（4.2-5）中，枯死木的生物量和干物质含碳量可按《森林生态系统碳储量计量指南》（LY/T 2988）、《温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇》（CCER-14-001-V01）等相关规范的规定取值或测定， CF_{ks} 也可采用缺省值 $0.37\text{kg}/\text{kg}$ 。

6 土壤有机碳储量按《温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇》(CCER-14-001-V01)的附录 C 的规定计算。

7 碳汇卷护坡工程峰碳汇应符合下列规定:

1) 年有效降水量 $\geq 300\text{mm}$ 的中亚热带地区应满足表 H. 4. 2-1 的要求。

表 H. 4. 2-1 碳汇卷护坡工程碳汇量

序号	工程类型	工况类型	岩土类别	坡率	碳汇量 (kgCO_2/m^2)					
					完工 1 年	完工 2 年	完工 3 年	完工 10 年	完工 20 年	完工 40 年
1	侵蚀防治	路堤	细粒土、粗粒土	$<1:2$	≥ 1.86	≥ 2.27	≥ 2.59	≥ 5.06	≥ 6.97	≥ 10.36
2				$\geq 1:2$	≥ 1.55	≥ 1.96	≥ 2.27	≥ 4.67	≥ 6.45	≥ 10.36
3			巨粒土	$<1:2$	≥ 1.71	≥ 2.07	≥ 2.38	≥ 4.87	≥ 6.71	≥ 10.36
4				$\geq 1:2$	≥ 1.45	≥ 1.81	≥ 2.17	≥ 4.47	≥ 6.19	≥ 10.36
5		路堑、取土采石场	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	$<1:2$	≥ 1.77	≥ 2.16	≥ 2.46	≥ 4.82	≥ 6.64	≥ 10.36
6				$\geq 1:2$	≥ 1.47	≥ 1.87	≥ 2.16	≥ 4.45	≥ 6.15	≥ 10.36
7			卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	$<1:2$	≥ 1.62	≥ 1.96	≥ 2.26	≥ 4.63	≥ 6.39	≥ 10.36
8				$\geq 1:2$	≥ 1.38	≥ 1.72	≥ 2.06	≥ 4.26	≥ 5.90	≥ 10.36
9			软质岩	/	≥ 1.24	≥ 1.55	≥ 1.86	≥ 3.84	≥ 5.31	≥ 10.00
10			硬质岩	/	≥ 1.14	≥ 1.40	≥ 1.71	≥ 3.42	≥ 4.73	≥ 9.63
11		平地	岩土找坡	/	≥ 1.77	≥ 2.16	≥ 2.46	≥ 4.82	≥ 6.64	≥ 10.36
12		弃土弃渣场	细粒土、粗粒土	/	≥ 1.47	≥ 1.87	≥ 2.16	≥ 4.44	≥ 6.12	≥ 9.84
13			巨粒土	/	≥ 1.38	≥ 1.72	≥ 2.06	≥ 4.25	≥ 5.88	≥ 9.84
14	溜坍防治	路堤	细粒土、粗粒土	/	≥ 1.47	≥ 1.87	≥ 2.16	≥ 4.45	≥ 6.15	≥ 9.33
15			巨粒土	/	≥ 1.38	≥ 1.72	≥ 2.06	≥ 4.26	≥ 5.90	≥ 9.02
16		路堑	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	/	≥ 1.40	≥ 1.77	≥ 2.05	≥ 4.23	≥ 5.86	≥ 8.98
17			卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土、强风化和全风化软质岩	/	≥ 1.31	≥ 1.63	≥ 1.96	≥ 4.05	≥ 5.63	≥ 8.68
18		滑塌防治	软质岩	/	≥ 1.18	≥ 1.47	≥ 1.77	≥ 3.70	≥ 5.15	≥ 7.73
19			硬质岩	/	≥ 1.08	≥ 1.33	≥ 1.62	≥ 3.33	≥ 4.66	≥ 6.74
20	落石防治	/	软质岩	/	≥ 1.12	≥ 1.40	≥ 1.68	≥ 3.51	≥ 4.91	≥ 7.42
21		/	硬质岩	/	≥ 1.02	≥ 1.26	≥ 1.54	≥ 3.16	≥ 4.44	≥ 6.46

2) 其它地区可参考表 H. 4. 2-2 的计算系数计算碳汇量。

表 H. 4. 2-2 碳汇卷护坡工程碳汇量计算系数

序号	年有效降雨量	气候分区	碳汇量计算系数
1	$\geq 300\text{mm}$	热带	1.20
2		南亚热带	1.10
3		中亚热带	1.00
4		北亚热带	0.95
5		暖温带	0.75
6		中温带	0.60
7		寒温带	0.45
8		高原温带	0.35
9		高原压温带	0.30
10		高原压寒带	0.20
11	$\leq 300\text{mm}$	热带	0.72
12		南亚热带	0.66
13		中亚热带	0.60
14		北亚热带	0.57
15		暖温带	0.45
16		中温带	0.36
17		寒温带	0.27
18		高原温带	0.21
19		高原压温带	0.18
20		高原压寒带	0.12

H. 4. 3 碳汇卷护坡相对负碳量按下列规定计算：

1 碳汇卷护坡相对负碳量由下式计算：

$$C_{\text{相对负碳}} = (C_{\text{碳汇卷总排放}} - C_{\text{碳汇卷碳汇}}) - (C_{\text{相对工程总排放}} - C_{\text{相对工程碳汇}}) \quad (4.3-1)$$

$$F_{\text{减排}} = \frac{C_{\text{相对工程总排放}} - C_{\text{碳汇卷总排放}}}{C_{\text{相对工程总排放}}} \quad (4.3-2)$$

$$F_{\text{碳汇增加}} = \frac{C_{\text{碳汇卷碳汇}} - C_{\text{相对工程碳汇}}}{C_{\text{相对工程碳汇}}} \quad (4.3-3)$$

式中： $C_{\text{相对负碳}}$ ——碳汇卷护坡相对负碳量 (kgCO_2/m^2)；

$F_{\text{减排}}$ ——碳汇卷护坡相对碳减排率 (%)；

$F_{\text{碳汇增加}}$ ——碳汇卷护坡相对碳汇增加率（%）；
 $C_{\text{相对工程总排放}}$ ——相对碳减排基准情景工程直接碳排放量（ kgCO_2/m^2 ）；
 $C_{\text{相对工程碳汇}}$ ——相对碳减排基准情景工程碳汇量（ kgCO_2/m^2 ）；
 $C_{\text{碳汇卷总排放}}$ ——碳汇卷护坡直径碳排放量（ kgCO_2/m^2 ）；
 $C_{\text{碳汇卷碳汇}}$ ——碳汇卷护坡碳汇量（ kgCO_2/m^2 ）。

式（4.3-1）中，相对碳减排基准情景的工程形式见表 H. 4. 3-1。

表 H. 4. 3-1 相对碳减排基准情景的对应工程形式

序号	碳汇卷护坡工程类型			相对碳减排基准情景的工程形式
1	侵蚀防治	土质边坡	坡率<1:2	液压喷播植草
			坡率≥1:2	三维植被网客土喷播植草
		岩质边坡		挂铁丝网客土喷播植草
2	溜坍防治			骨架护坡，骨架单元内三维植被网客土喷播植草
3	滑塌防治			框架梁护坡，框架梁单元内铁丝网客土喷播植草
4	落石防治			主动防护网柔性防护，客土喷播植草

2 碳汇卷护坡工程直接碳排放相对负碳量应满足表 H. 4. 3-2 的要求。

表 H. 4. 3-2 碳汇卷护坡工程直接碳排放相对负碳量

序号	工程类型	工况类型	岩土类别	坡率	相对负碳量 (kgCO_2/m^2)	相对碳减排基准情景
1	侵蚀防治	路堤	细粒土、粗粒土	$<1:2$	-0.33	液压喷播植草
2				$\geq 1:2$	-7.60	三维植被网客土喷播植草
3			巨粒土	$<1:2$	-0.33	液压喷播植草
4				$\geq 1:2$	-7.98	三维植被网客土喷播植草
5		路堑、取土采石场	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	$<1:2$	-0.33	液压喷播植草
6				$\geq 1:2$	-7.55	三维植被网客土喷播植草
7			卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	$<1:2$	-0.33	液压喷播植草
8				$\geq 1:2$	-7.93	三维植被网客土喷播植草
9			软质岩	/	-9.67	挂铁丝网客土喷播植草
10			硬质岩	/	-9.37	
11		弃土弃渣场	细粒土、粗粒土	/	-8.52	三维植被网客土喷播植草
12			巨粒土	/	-8.50	
13		平地	岩土找坡	/	-0.36	液压喷播植草
14	溜坍防治	路堤	细粒土、粗粒土	/	-25.33	骨架护坡，骨架单元内三维植被网客土喷播植草
15			巨粒土	/	-25.69	

表 H. 4. 3-2 碳汇卷护坡工程直接碳排放相对负碳量

序号	工程类型	工况类型	岩土类别	坡率	相对负碳量 (kgCO ₂ /m ²)	相对碳减排基准情景
16	溜坍防治	路堑	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	/	-25.28	骨架护坡，骨架单元内三维植被网客土喷播植草
17			卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土、强风化和全风化软质岩	/	-25.67	
18	滑塌防治	/	软质岩	/	-57.03	框架梁护坡，框架梁单元内铁丝网客土喷播植草
19			硬质岩	/	-56.77	
20	落石防治	/	软质岩	/	-20.72	主动防护网柔性防护，客土喷播植草
21			硬质岩	/	-20.49	

相对碳减排基准情景工程按工程实际消耗调查数据计算。或按《公路工程预算定额》(JTG/T 3832)和《公路工程机械台班费用定额》(JTG/T 3833)的能源消耗定额取值计算。

H. 4. 4 碳汇卷护坡绝对负碳量按下列规定计算：

1 碳汇卷护坡绝对负碳量由下式计算：

$$C_{\text{减排}} = -(C_{\text{碳汇卷碳汇}} - C_{\text{碳汇卷总排放}}) \quad (4.4)$$

式中： $C_{\text{绝对负碳量}}$ ——碳汇卷护坡绝对负碳量 (kgCO₂/m²)；

$C_{\text{碳汇卷总排放}}$ ——碳汇卷护坡直径碳排放量 (kgCO₂/m²)；

$C_{\text{碳汇卷碳汇}}$ ——碳汇卷护坡碳汇量 (kgCO₂/m²)。

2 碳汇卷护坡绝对负碳量应符合下列规定：

1) 年有效降水量≥300mm 的中亚热带地区，碳汇卷护坡绝对负碳量应满足表 H. 4. 4 的要求。

表 H. 4. 4 碳汇卷护坡绝对负碳量

序号	工程类型	工况类型	岩土类别	坡率	绝对负碳量 (kgCO ₂ /m ²)		
					完工 10 年	完工 20 年	完工 40 年
1	侵蚀防治	路堤	细粒土、粗粒土	<1:2	-4.66	-6.57	-9.96
2				≥1:2	-2.95	-4.73	-8.64
3			巨粒土	<1:2	-4.46	-6.30	-9.96
4				≥1:2	-3.13	-4.84	-9.02
5		路堑、取土采石场	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	<1:2	-4.41	-6.24	-9.96
6				≥1:2	-2.68	-4.38	-8.59

续表 H. 4. 4 碳汇卷护坡绝对负碳量

序号	工程类型	工况类型	岩土类别	坡率	绝对负碳量 (kgCO ₂ /m ²)		
					完工 10 年	完工 20 年	完工 40 年
7	侵蚀防治	路堑、取土采石场	卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土	<1:2	-4.23	-5.99	-9.96
8				≥1:2	-2.86	-4.50	-8.97
9			软质岩	/	-2.27	-3.74	-8.42
10			硬质岩	/	-1.55	-2.87	-7.76
11		弃土弃渣场	细粒土、粗粒土	/	-3.67	-5.36	-9.07
12			巨粒土	/	-3.46	-5.09	-9.06
13		平地	岩土找坡	/	-4.44	-6.27	-9.99
14	溜坍防治	路堤	细粒土、粗粒土	/	-1.97	-3.67	-6.86
15			巨粒土	/	-2.14	-3.78	-6.91
16		路堑	黏土、粉质黏土、粉土、砂类土	/	-1.70	-3.33	-6.45
17			卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土、强风化和全风化软质岩	/	-1.92	-3.49	-6.55
18	滑塌防治	/	软质岩	/	2.43	0.97	-1.60
19		/	硬质岩	/	2.96	1.63	-0.45
20	落石防治	/	软质岩	/	2.41	1.02	-1.49
21		/	硬质岩	/	3.00	1.72	-0.30

2) 其它地区的碳汇卷护坡绝对负碳量：可参考表 H. 4. 2-2 的系数折算植物生物量，计算碳汇卷护坡绝对负碳量。

H. 5 负碳护坡认证

H. 5. 1 基本要求应符合下列规定：

- 1 碳汇卷护坡工程设计、施工和质量符合《碳汇卷护坡技术规范》的要求。
- 2 碳汇卷护坡工程使用的碳汇卷、双曲格构、双抗锚杆、应力砂浆的性能和要求符合附录 C～附录 F 的规定。
- 3 碳汇卷护坡工程使用的其它辅助材料应符合国家和行业现行标准的要求。

H. 5. 2 负碳要求应符合下列规定：

- 1 碳汇卷的碳排放基准值应符合“附录 C 碳汇卷”的要求。
- 2 双曲格构的碳排放基准值应符合“附录 D 双曲格构”的要求。
- 3 双抗锚杆的碳排放基准值应符合“附录 E 双抗锚杆”的要求。

- 4 应力砂浆的碳排放基准值应符合“附录 F 应力砂浆”的要求。
- 5 工程施工机械的碳排放应采符合“附录 G 护坡机器人”的要求。
- 6 碳汇卷护坡相对负碳量符合本标准第 4.3 节的要求。
- 7 碳汇卷护坡绝对负碳量符合本标准第 4.4 节的要求。

H.5.3 环境友好性要求应符合下列规定：

- 1 工程材料应根据施工进度、材料特点等合理采购和使用，妥善储存，避免损耗浪费。材料的总用量应符合的“附录 B 碳汇卷护坡定额”或工程设计工程量清单的要求。
- 2 施工产生的废弃物分类回收处置。
- 3 采用有效的隔声、降噪措施，场界噪声排放不应超过 70dB，避免噪声等扰民情况发生。
- 4 对施工粉尘采取有效的控制措施。

H.5.4 核算与认证应符合下列规定：

1 按本标准第 4 章的规定和《建筑材料低碳评估方法》(GB/T 44716)、《基于项目的温室气体减排量评估技术规范 通用要求》(GB/T 33760)、《工业企业温室气体排放核算和报告通则》(GB/T 32150)的相关规定核算工程材料碳排放基准值和碳汇卷护坡工程相对负碳量和绝对负碳量。

2 按《合格评定 有形产品认证方案示例》(GBT 27026)、《合格评定 第三方产品认证制度应用指南》(GB/T 27028)、《环境管理 环境标志和声明 通用原则》(GB/T 24020)的有关规定进行评价和认证。

H.6 负碳护坡标志

H.6.1 标志样式



H.6.2 负碳护坡标志获得的前提是满足本标准第5章的规定。

H.6.3 标志的标注满足以下要求：

- 1 标志应清晰可辨、易见、不易褪色、不易去除并不易脱落；
- 2 标志可单独标注，也可在其它标志中按本文件要求增加该标志，并在相关文件中予以说明；
- 3 标志的标注可以张贴、喷涂或压印、激光雕刻的形式进行；
- 4 在产品生产工艺或供应链发生重大变化时，应及时更新声明数据。

H.7 负碳护坡声明

H.7.1 负碳护坡声明应包含以下内容：

- 1 碳汇卷、双曲格构、双抗锚杆、应力砂浆的主要生产原材料的碳排放因子和碳汇卷生产过程中的碳排放量。
- 2 碳汇卷护坡工程人工、施工机械的碳排放量。
- 3 碳汇卷护坡工程某时间段的碳汇量。
- 4 相对其它组织和相对碳减排基准情景的相对负碳量。
- 5 相对其它组织的绝对负碳量。

H.7.2 负碳护坡声明采用自我声明的方式，并符合下列规定：

- 1 声明者应负责评价并提供验证自我申明所需的数据。
- 2 进行声明前，应进行评价以取得验证声明所需的可靠和可再现的结果。
- 3 评价应形成文件并保存，以便进行信息公布。
- 4 评价和声明的验证方法应根据本标准的规定或国家相关标准的规定进行。
- 5 只有当进行自我声明验证时不涉及业务机密信息，该声明才能被视为可验证的。如果验证需依赖机密信息，则不能使用该声明。
- 6 声明者可主动向公众发布验证声明所需的信息。否则应寻求验证声明的任何相关方要求，以合理的费用，在适当的时间和场合公布。

H.7.3 负碳护坡自我声明应遵循下列要求：

- 1 应是非误导的、准确的、完整的。
- 2 应真实的、具体的，并经过验证。
- 3 应指明该声明是适用于碳汇卷护坡工程的整体、部分，或所有工程材料、部分工程材料。

- 4 未经独立的第三方组织的许可或认证，进行声明时不应做出此类暗示。
- 5 不应直接提示或暗示具有实际不存在的效果，或夸大效果。
- 6 不应作出看来字面上真实、单由于省略有关事实而可能使人产生误解，或对其造成误导的声明。
- 7 对声明的内容应同时提供解释性说明。
- 8 如果技术、竞争或其它情况的变化可能影响声明的准确性，应予以重新平均并进行必要的更新。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《公路路基设计规范》(JTG D30)
- 2 《公路排水设计规范》(JTG/T D33)
- 3 《公路工程抗震规范》(JTG B02)
- 4 《建筑边坡设计规范》(GB 50330)
- 5 《锚杆与喷射混凝土设计规范》(GB 50086)
- 6 《建筑抗震设计规范》(GB 50011)
- 7 《建筑结构荷载规范》(GB 50009)
- 8 《造林技术规程》(GB/T 15776)
- 9 《防沙治沙技术规范》(GB/T 21141)
- 10 《水土保持综合治理 技术规范 荒地治理技术》(GB/T 16453.2)
- 11 《水土保持综合治理 技术规范 风沙治理技术》(GB/T 16453.5)
- 12 《西北干旱荒漠区河岸植被恢复技术规程》(LY/T 2540)
- 13 《沿海防护林体系工程建设技术规范》(LY/T 1763)
- 14 《长江以北海岸带盐碱地造林技术规程》(LY/T 2992)
- 15 《土工合成材料应用技术规范》(GB/T 50290)
- 16 《公路土工合成材料应用技术规范》(JTG/T D32)
- 17 《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》(GB 50608)
- 18 《公路工程预算定额》(JTG/T 3832)
- 19 《建筑碳排放计算标准》(GB / T 51366)
- 20 《公路工程建设期碳排放计算标准》(T/CHSDA 0001)
- 21 《公路工程机械台班费用定额》(JTG/T 3833)
- 22 《边坡柔性网防护系统》(JT/T 1328)
- 23 《危岩落石柔性网防护工程技术规范》(T/CAGHP 06)
- 24 《中国气候区划名称与代码 气候带和气候大区》(GB/T 17297)