

ICS 93.080.01

P66

备案号:XXX

JT

中华人民共和国交通运输行业标准

JT/T 528-XXXX

代替 JT/T528-2004

公路边坡柔性防护系统

Flexible system for protecting highway slope

(征求意见稿)

XXXX-XX-X发布

XXXX-XX-XX实施

中华人民共和国交通运输部 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类及型号	2
5 技术要求	7
6 试验方法	11
7 检验规则	13
8 标志、包装、运输和贮存	14
附录A（规范性附录）被动柔性防护系统易维修性等级判定	15
附录B（资料性附录）钢丝绳锚杆规格选用建议	16
附录C（资料性附录）不同工作环境下中性盐雾试验时间与防腐年限对应关系	17
附录D（规范性附录）柔性防护系统构件静态力学性能试验方法	18

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准代替 JT/T 528-2004《公路边坡柔性防护系统构件》。与 JT/T 528-2004 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 标准名称由《公路边坡柔性防护构件》修改为《公路边坡柔性防护系统》；
- 将原 JT/T 528-2004 标准“以构件性能来衡量产品防护能力”改为“以系统性能检验来判定产品防护能力”；
- 修改了标准范围（见第 1 章）；
- 增加了部分规范性引用文件（见第 2 章）；
- 修改了边坡防护系统产品及构件的中英文命名方式（见第 3 章）；
- 增加了引导防护系统这类边坡柔性防护系统产品（见 3.4）
- 增加了部分构件、术语和定义（见 3.5~3.15）；
- 修改了产品分类方式、产品型号命名方式（见 4.1、4.2 和 4.3）；
- 增加了主动防护系统“能级”的概念（见 5.2.1 和表 3）；
- 增加了被动防护系统的最大工作能级和正常工作能级（见表 4）；
- 增加了被动防护系统残余拦截高度、容许缓冲值和易维修性的性能要求（见 5.2.3、5.2.4 和 5.2.5）；
- 增加了引导防护系统的性能要求（见 5.2.6 和 5.2.7）；
- 增加了柔性防护系统构件和材料的指标要求（见 5.3 和 5.4）；
- 增加了柔性防护系统性能、构件性能和材料性能的检测方法（见 6.2、6.3 和 6.4）；
- 修改了柔性防护系统产品检验分类、检验项目及抽样和判定（见 7.1、7.2 和 7.3）；
- 增加了柔性防护系统产品包装、运输和贮存要求（见 8.1、8.2 和 8.3）；
- 删除了附录 A 和附录 B（见 2004 版的附录 A 和附录 B）；
- 增加了附录 A（规范性附录）被动柔性防护系统易维修性等级判定（见附录 A）；
- 增加了附录 B（资料性附录）钢丝绳锚杆规格选用建议（见附录 B）；
- 增加了附录 C（资料性附录）不同工作环境下中性盐雾试验时间与防腐年限对应关系（见附录 C）；

——增加了附录 D（规范性附录）柔性防护系统构件静态力学性能试验方法（见附录 D）；

——增加了附录 E（资料性附录）系统定型报告（见附录 E）；

本标准由全国交通工程设施（公路）标准化委员会提出并归口。

本标准负责起草单位：交通运输部公路科学研究院、北京新桥技术发展有限公司、四川奥思特边坡防护工程有限公司、马克菲尔中国公司、成都新途科技有限公司、中国地质大学（武汉）。

本标准主要起草人：张表志、路凯冀、吕汉川、张家铭、路为、许福丁、冯韬、洪习成、周凯、熊探宇……

本标准代替标准历次版本发布情况：

JT/T 528-2004

公路边坡柔性防护系统

1 范围

本标准规定了公路边坡柔性防护系统的分类及型号、技术要求、检验方法、检验规则、包装、运输和贮存。

本标准适用于公路边坡柔性防护系统及其构件的生产和检验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅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/T 700	碳素结构钢
GB/T 1499.2	钢筋混凝土用钢 第二部分：热轧带肋钢筋
GB/T 5976	钢丝绳夹
GB/T 8358	钢丝绳实际破断拉力测定方法
GB/T 10125	人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
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 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
GB/T 25854	一般起重用 D 形和弓形锻造卸扣
YB/T 5294	一般用途低碳钢丝
YB/T 5343	制绳用钢丝
TB/T 3449-2016	铁路边坡柔性被动防护产品落石冲击试验方法与评价

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

公路边坡柔性防护系统 flexible system for rockfall protection of highway slope

以柔性金属网为主要特征构件，采用加固、拦截和引导三种基本形式防治崩塌落石、风化剥落、浅层溜坍及泥石流等公路边坡灾害的柔性防护结构及构件组合体。

3.2

主动防护系统 active protection system

采用锚杆直接或结合支撑绳固定方式将柔性金属网覆盖在具有潜在地质灾害的坡面上，从而实现斜坡浅表层岩土体稳固的一种柔性防护系统。

3.3

被动防护系统 passive protection system

采用锚杆、钢柱、支撑绳和拉锚绳等固定支撑方式将柔性金属网以一定的角度安装在坡面上，形成栅栏形式的拦石网，从而实现落石和泥石流流体中固体物质拦截的一种柔性防护系统。

3.4

引导防护系统 guiding protection system

采用锚杆、支撑绳、纵横向拉绳等构件将柔性金属网自然覆盖在具有潜在地质灾害的坡面上，或顶部结合钢柱、拉锚绳、支撑绳等固定方式将柔性金属网以一定的角度张开，以控制落石运动范围和轨迹，引导落石滑落或滚落到预设地点的一种柔性防护系统。

3.5

柔性金属网 flexible metal net

以钢丝、钢丝绳为主要材料以一定方式编织而成的具有一定可变形度的网状结构物，包括钢丝网、钢丝绳网等。

3.6

钢丝绳网 cable net

以钢丝绳为主要成网材料，通过编织并在钢丝绳交叉节点处用紧固件固定而成的柔性金属网。

3.7

格栅网 grille net

采用钢丝单次绞合编织成菱形状网孔的柔性金属网。

3.8

双绞六边形网 double twisted mesh

采用钢丝两次绞合编织成六边形状网孔的柔性金属网。

3.9

环形网 ring net

用单根钢丝盘结成环，并相互套接而形成的柔性金属网。

3.10

方形网 square net

用单根钢丝盘结成方框，并相互套接而形成的柔性金属网。

3.11

消能装置 energy dissipating device

柔性防护系统中用于吸收能量的装置。

3.12

最大工作能级 maximum energy level

柔性防护系统能承受的最大冲击动能等级，简称 MEL。

3.13

正常工作能级 service energy level

柔性防护系统抗多次冲击的能力，通常为最大工作能级对应的冲击动能的三分之一，简称 SEL。

3.14

静力启动荷载 static actuated force

在静力拉伸试验下，消能装置从静态进入动态前的最大荷载。

3.15

动力启动荷载 dynamic actuated force

在动力拉伸试验下，消能装置从静态进入动态前的最大荷载。

4 分类及型号

4.1 产品分类

柔性防护系统按其作用原理不同分为主动防护系统、被动防护系统和引导防护系统三类。

4.1.1 主动防护系统

按柔性金属网组合及其固定方式不同分为锚固缝合式（见图1）和搭接点锚式（见图2）。锚固缝合式一般先通过锚杆将支撑绳固定，再采用缝合绳将柔性金属网和支撑绳相互缝合并张紧。搭接点锚式一般先将格栅网、双绞六边形网搭接后，再采用锚杆（含锚垫板）逐点锚固，必要时可加支撑绳。

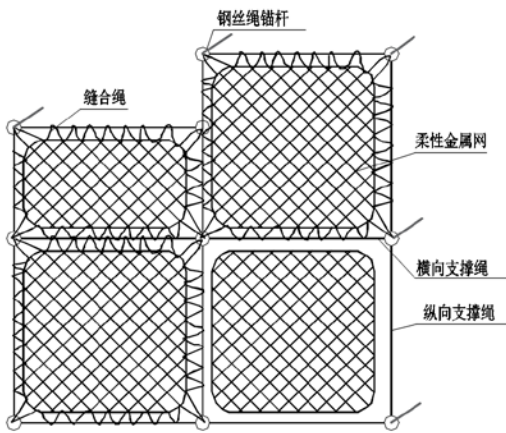


图1 锚固缝合式安装示意图

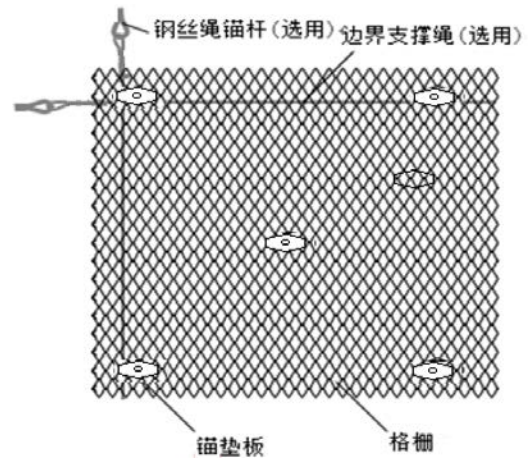


图2 搭接点锚式安装示意图

4.1.2 被动防护系统

被动防护系统根据钢柱上有无上拉锚绳（连接于钢柱与锚杆间的钢丝绳）分为A、B两类。



a) A类

b) B类

图3 被动防护系统安装示意图

4.1.3 引导防护系统

引导防护系统按其结构形式分为覆盖式引导防护系统和张口式引导防护系统。张口式引导防护系统由拦截部分和覆盖部分组成。

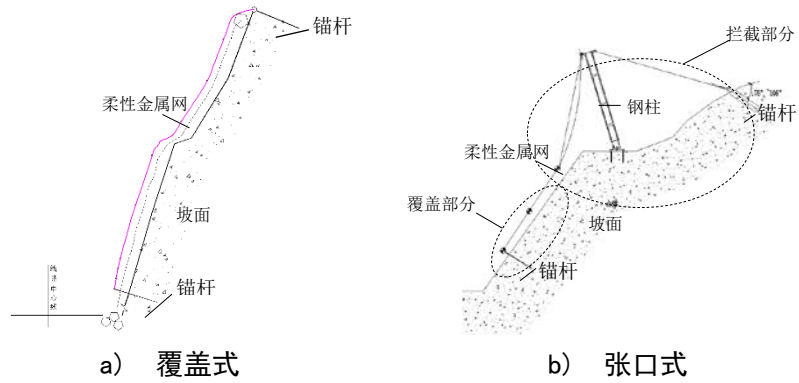


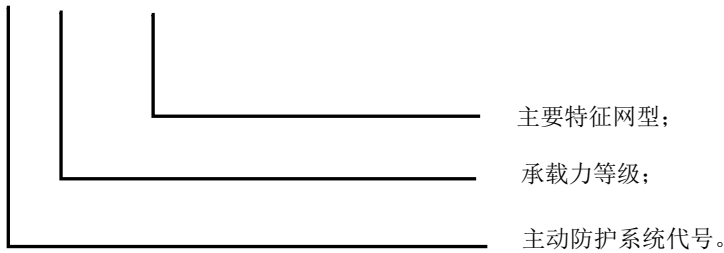
图4 引导防护系统安装示意图

4.2 产品型号

4.2.1 主动防护系统型号

主动防护系统型号表述方法如下：

APS-□□/□□



示例 1：

APS-050/CN 表示采用钢丝绳网承载力等级为 50kN 的主动防护系统。

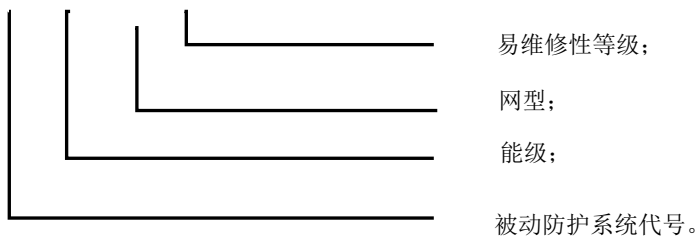
示例 2：

APS-150/SN 表示采用方形网承载力等级为 150kN 的主动防护系统。

4.2.2 被动防护系统型号

被动防护系统型号表述方法如下：

PPS-□□/□□-□

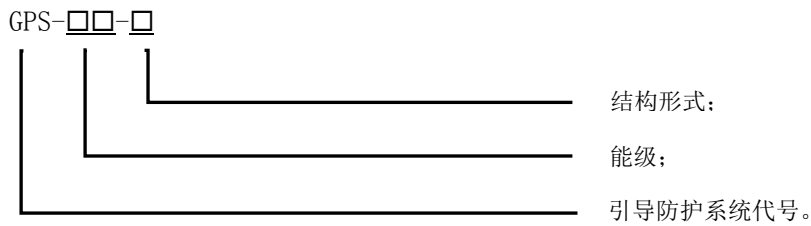


示例 1： PPS-050/CN 表示采用钢丝绳网、能级为 500kJ 的非易维修被动防护系统。

示例 2： PPS-200/RN-A 表示采用环形网、能级为 2000kJ 的 A 级易维修被动防护系统。

4.2.3 引导防护系统型号

引导防护系统型号表述方法如下：



示例 1：GPS-150-C 表示能级为 1500kJ 的覆盖式引导防护系统。

示例 2：GPS-200-0 表示能级为 2000kJ 的张口式引导防护系统。

4.3 构件型号

4.3.1 钢丝绳网规格型号

钢丝绳网结构示意图如图 5 所示，规格型号及其表述方法如下：

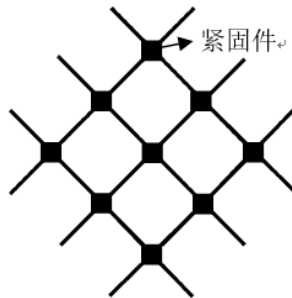
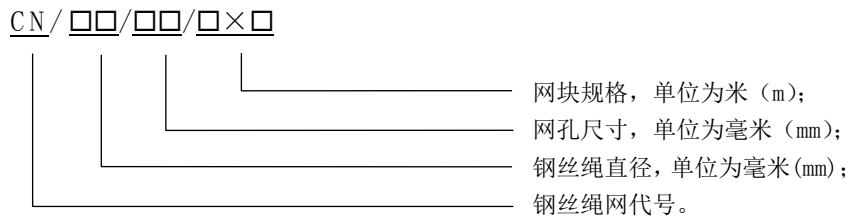


图5 钢丝绳网结构示意图

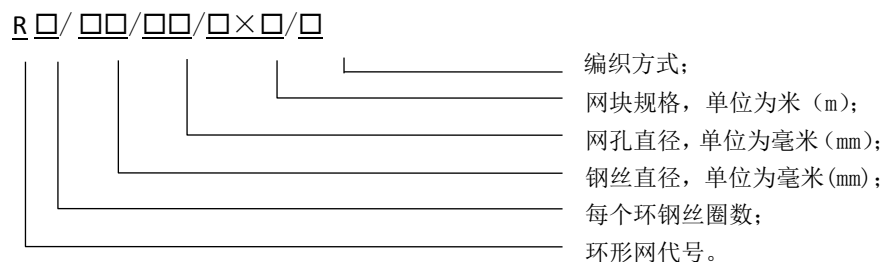
示例 1：CN/08/300/4×4 表示由直径为 8mm 钢丝绳编制、网孔菱形边长为 300mm、网块形状为矩形（正方形）、边长均为 4m 的钢丝绳网。

示例 2：CN/08/300/T4×4 表示由直径为 8mm 钢丝绳编制、网孔菱形边长为 300mm、网块形状为三角形（等腰直角三角形）、两直角边长均为 4m 的钢丝绳网。

示例 3：CN/08/300/α 45° 4×4 表示由直径为 8mm 钢丝绳编制、网孔菱形边长为 300mm、网块形状为斜角菱形、锐角为 45°、边长均为 4m 的钢丝绳网。

4.3.2 环形网规格型号

环形网结构示意图如图 6 所示，规格型号及其表述方法如下：



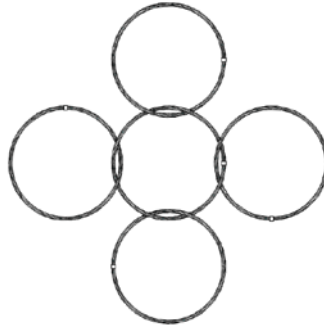


图6 环形网结构示意图

示例 1: R5/3/250/5×3/C 表示由直径为 3mm 的钢丝、盘绕 5 圈,按网孔内切圆直径 250mm 编织成长 5m、宽 3m 的环形网。

示例 2: R7/3/300/5×3/T 表示由直径为 3mm 的钢丝、缠绕 7 圈,按网孔内切圆直径 300mm 编织成长 5m、宽 3m 的环形网。

4.3.3 方形网构件规格型号

方形网结构示意图如图 7 所示,规格型号及其表述方法如下:

S □ / □□ / □□ / □ × □ / □

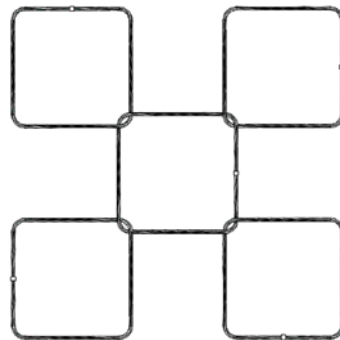
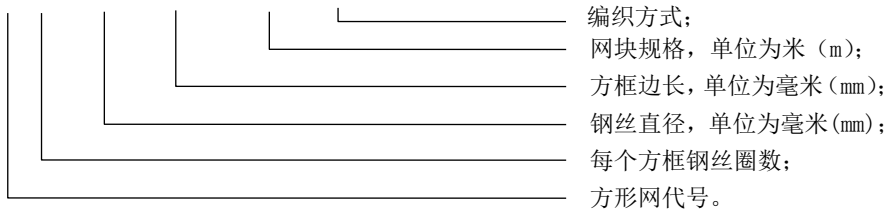


图7 方形网结构示意图

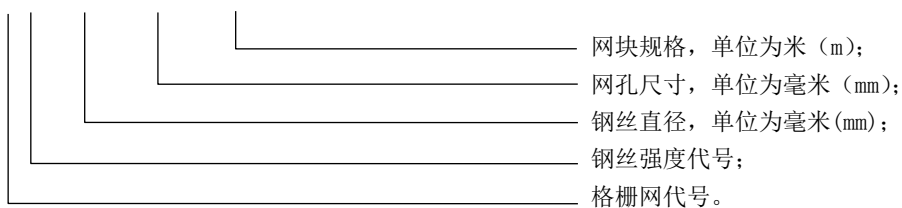
示例 1: S5/3/250/5×3/C 表示由直径为 3mm 的钢丝、盘绕 5 圈、方框边长 250mm、柔性金属网长 5m、柔性金属网宽 3m 的方形网。

示例 2: S7/3/300/5×3/T 表示由直径为 3mm 的钢丝、缠绕 7 圈、方框边长 300mm、柔性金属网长 5m、柔性金属网宽 3m 的方形网。

4.3.4 格栅网规格型号

格栅网结构示意图如图 8 所示,规格型号及其表述方法如下:

G □ / □□ / □□ / □ × □



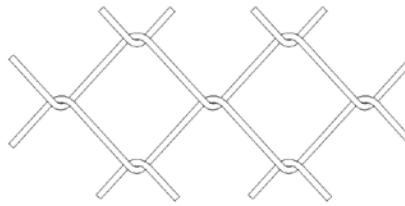


图8 格栅网结构示意图

示例 1: GH/2.2/60/3×3.5 表示由直径为 2.2mm 的钢丝、按网孔内切圆直径 60mm 编织成长 3m、宽 3.5m 的高强度格栅网。

示例 2: GL/3.0/50/10×3 表示由直径为 3.0mm 的钢丝、按网孔内切圆直径 50mm 编织成长 10m、宽 3m 的低强度格栅网。

4.3.5 双绞六边形网规格型号

双绞六边形网结构示意图如图 9 所示，规格型号及其表述方法如下：

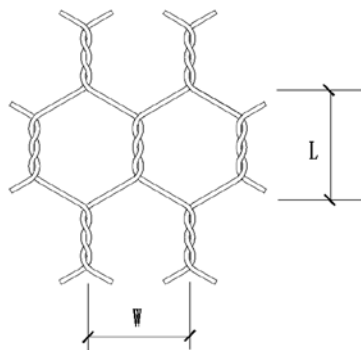
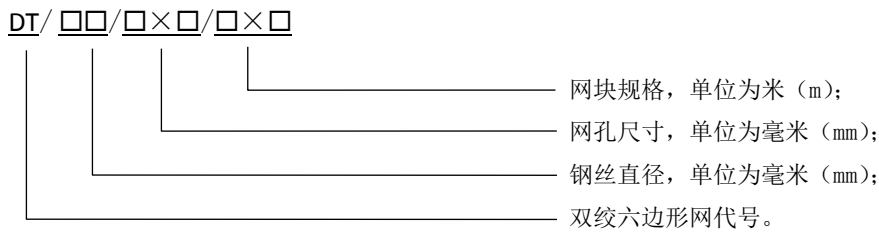


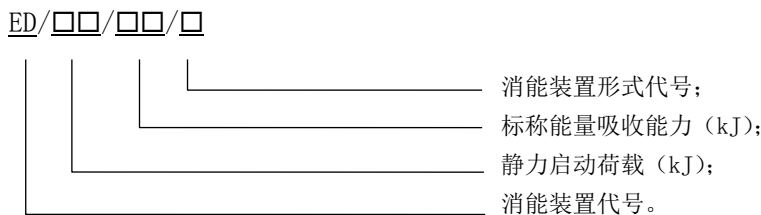
图9 双绞六边形网结构示意图

示例 1: DT/2.0/50×60/2.52×10 表示由直径为 2.0mm 的钢丝、按 50mm×60mm 网孔编织成的长 2.52m、宽 10m 的双绞六边形网。

示例 2: DT/2.2/60×80/3.6×10 表示由直径为 2.2mm 的钢丝、按网孔 60mm×80mm 网孔编织成的长 3.6m、宽 10m 的双绞六边形网。

4.3.6 消能装置规格型号

消能装置有多种结构形式，环形消能装置结构示意图如图 10 所示，规格型号及其表述方法如下：



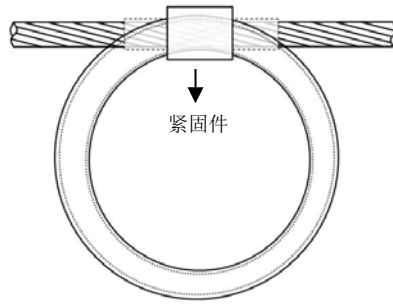


图10 环式消能装置结构示意图

示例：ED/20/30/R 表示静力启动荷载最小为 20kN，最小吸收 30kJ 能量的环式消能装置。

4.3.7 钢丝绳锚杆规格型号

钢丝绳锚杆规格选用参见附录 B，钢丝绳锚杆结构示意图如图 11 所示，规格型号及其表述方法如下：

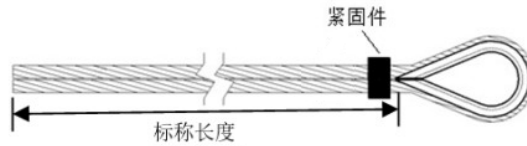
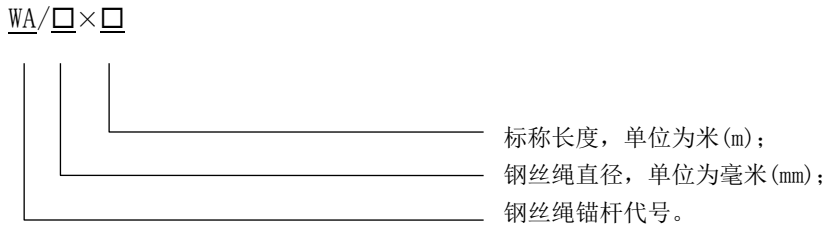
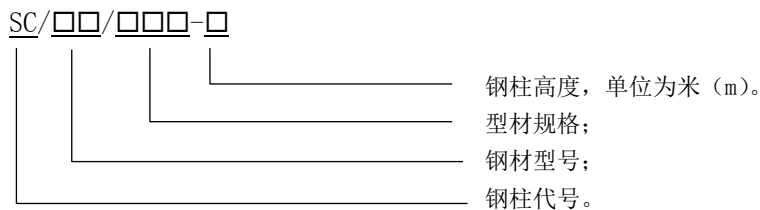


图11 钢丝绳锚杆结构示意图

示例：WA/16×2 表示钢丝绳直径为 16mm，长度为 2m 的钢丝绳锚杆。

4.3.8 钢柱规格型号

钢柱为热轧型钢加工件，其结构示意图如图 12 所示，规格型号及其表述方法如下：



示例：SC/HW/150-5 表示采用 150mm×150mm 的 H 型钢柱高 5m 的钢柱。

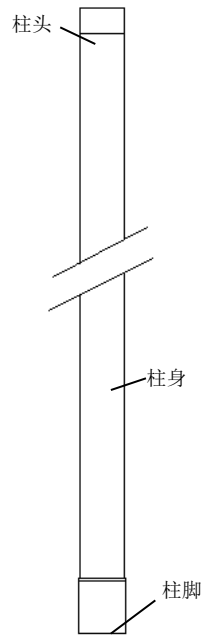
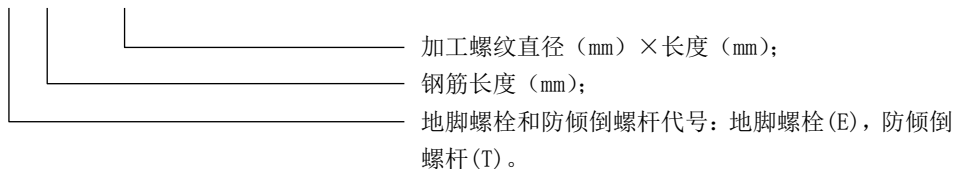


图12 钢柱结构示意图

4.3.9 地脚螺栓和防倾倒螺杆规格型号

地脚螺栓和防倾倒螺杆分别为热轧带肋钢筋和圆钢加工件，其结构示意图如图 13 所示。其规格型号及其表述方法如下：

$\square/\square-M\square\times\square$



示例：E/800-M30×100 表示钢筋长度为 800mm，加工的螺纹直径为 30mm，螺纹部分长度为 100mm 的地脚螺栓。

加工螺纹段

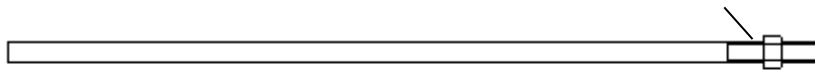


图13 地脚螺栓结构示意图

4.3.10 基座及连接件规格型号

基座及连接件均为单一型号结构件，其结构示意图如图 14 所示。基座及连接件的型号分别为 BP-□□和 CS-□□，其中□□为厂家自主产品编号。

示例 1：BP-001 表示厂家自主编号为 001 的基座。

示例 2：CS-001 表示厂家自主编号为 001 的基座连接件。

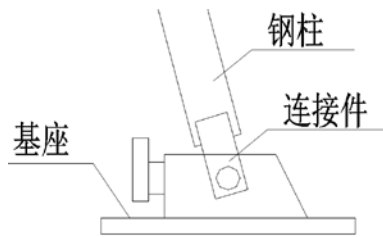


图14 基座及连接件结构示意图

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 厂家提供的柔性防护系统产品中构件的性能、数量、配置应与产品定型报告一致。

5.1.2 柔性防护系统防腐能力至少应满足在工程正常使用环境下 30 年预期工作寿命要求。特殊要求，可由供需双方协商确定。

5.1.3 构件与材料规格尺寸和外观质量应符合有关标准规定和工程设计要求。

5.1.4 柔性防护系统中构件应便于安装和更换，宜为可独立更换单元。

5.2 系统性能

5.2.1 主动防护系统承载力等级应满足对应柔性金属网抗顶破力要求。承载力等级和柔性金属网抗顶破力对应关系见表 1。

表 1 主动防护系统承载力等级和抗顶破力对应关系表

单位为千牛

型 号	承载力等级	抗顶破力
APS-025	25	≥25
APS-050	50	≥50
APS-075	75	≥75
APS-100	100	≥100
APS-150	150	≥150
APS-200	200	≥200

5.2.2 被动防护系统最大工作能级和正常工作能级应符合表 2 要求。

表 2 被动防护系统能级要求

单位为千焦

型 号	PPS-025	PPS-050	PPS-075	PPS-100	PPS-150	PPS-200	PPS-300	PPS-500
最大工作能级	250	500	750	1000	1500	2000	3000	5000
正常工作能级	85	170	250	340	500	670	1000	1700

5.2.3 被动防护系统应满足在正常工作能级落石冲击试验时，第一次冲击后残余拦截高度不应小于其标称高度的 70%，第二次冲击后残余拦截高度不应小于其标称高度的 60%。

5.2.4 被动防护系统应满足在最大工作能级落石冲击试验时，缓冲距离应不大于表 3 中容许值。特殊要

求，可由供需双方协商确定。

表 3 被动防护系统冲击试验容许缓冲距离

型 号	PPS-025	PPS-050	PPS-075	PPS-100	PPS-150	PPS-200	PPS-300	PPS-500
容许缓冲距离(m)	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	15.0

5.2.5 被动防护系统应按照其易维修性分为 A、B、C 三级，分级方式参见附录 A 表 A.1。

5.2.6 张口式引导防护系统中引导部分和覆盖式引导防护系统柔性金属网承载能力对应其柔性金属网的抗顶破力，其能级分级和抗顶破力应符合表 4 的要求。

表 4 张口式引导防护系统引导部分和覆盖式引导防护系统能级分级和抗顶破力要求

型 号		能级(kJ)	抗顶破力(kN)
张口式	覆盖式		
GPS-050-O	GPS-050-C	500	60
GPS-075-O	GPS-075-C	750	70
GPS-100-O	GPS-100-C	1000	90
GPS-150-O	GPS-150-C	1500	110
GPS-200-O	GPS-200-C	2000	300
GPS-300-O	GPS-300-C	3000	330

5.2.7 张口式引导防护系统的拦截部分抗冲击能力满足表 5 的要求。

表 5 张口式引导防护系统拦截部分能级要求

单位为千焦

型 号	GPS-050-0	GPS-075-0	GPS-100-0	GPS-150-0	GPS-200-0	GPS-300-0
系统能级	500	750	1000	1500	2000	3000
拦截部分能级	250	375	500	750	1000	1500

5.3 构件性能

5.3.1 钢丝绳网

5.3.1.1 单张钢丝绳网编织用钢丝绳不应超过两根，钢丝绳不应有断丝、脱丝现象且无打结和明显扭曲现象，网的形状应平整。

5.3.1.2 钢丝绳网中每个交叉联结点处均采用紧固件固定，紧固件和钢丝绳搭接处连接件表面不应有破裂和明显损伤。

5.3.1.3 钢丝绳网边长负误差不应大于 50mm，正误差不应大于一个网孔边长，角度误差不应大于 5°。

5.3.1.4 钢丝绳交叉结点处紧固件的抗脱落拉力不应小于 10kN，抗错动拉力不应小于 5kN，错动后钢丝绳残余抗破断拉力不应小于原始最小抗破断拉力的 90%；钢丝绳搭接处的连接能力不低于所连接钢丝绳的最小破断拉力的 90%。

5.3.1.5 钢丝绳网抗顶破力应满足其配套产品的技术要求。

5.3.1.6 成网后的紧固件进行中性盐雾试验时间 550h 后出现红锈面积不应大于其表面积 10%。

5.3.2 环形网

- 5.3.2.1 单个环应由单根钢丝盘结而成，除边缘环孔外，每个环应与其周边的四个环相扣联。
- 5.3.2.2 盘绕编织的环至少应采用紧固件在均匀分布的三处紧固，且其中一个紧固点应位于两端头的搭接处；缠绕的编织环在两端头的搭接处应采用紧固件紧固。
- 5.3.2.3 盘结成环后的钢丝不应有明显的松脱、分离，钢丝不应有明显的机械损伤。
- 5.3.2.4 盘绕编织的环的钢丝两端头搭接长度不应小于 100mm，缠绕编织的环的钢丝两端搭接头不应小于 50mm。
- 5.3.2.5 网片尺寸负误差不应大于 50mm，正误差不应大于一个网孔直径。
- 5.3.2.6 环形网的抗顶破力应满足其配套产品的技术要求。
- 5.3.2.7 成网后的紧固件防腐要求同 5.3.1.6。

5.3.3 方形网

- 5.3.3.1 单个方框应由单根钢丝盘结而成，除边缘环孔外，每个框应与其周边的四个框相扣联。
- 5.3.3.2 盘绕编织的方框至少应采用紧固件在每个边上紧固，且其中一个紧固点应位于两端头的搭接处；缠绕编织的方框在两端头的搭接处应采用紧固件紧固。
- 5.3.3.3 盘结成方框后的钢丝不应有明显的松脱、分离，钢丝不应有明显的机械损伤。
- 5.3.3.4 盘绕编织的方框的钢丝两端头搭接长度不应小于 100mm，缠绕编织的方框的钢丝两端搭接头不应小于 50mm。
- 5.3.3.5 网片尺寸负误差不应大于 50mm，正误差不应大于一个方框边长。
- 5.3.3.6 方形网的抗顶破力应满足其配套产品的技术要求。
- 5.3.3.7 成网后的紧固件防腐要求同 5.3.1.6。

5.3.4 格栅网

- 5.3.4.1 网片中钢丝不应有明显机械损伤和脱丝现象，扭结处钢丝不应有裂纹。
- 5.3.4.2 网片尺寸负误差不应大于 50mm，网孔正误差不应大于 5mm。
- 5.3.4.3 格栅网的抗顶破力应满足其配套产品的技术要求。

5.3.5 双绞六边形网

- 5.3.5.1 钢丝不应有明显机械损伤现象。
- 5.3.5.2 网片及网孔的尺寸误差应符合 YB/T 4190 有关条款规定。
- 5.3.5.3 双绞六边形网中钢丝搭接时，搭接长度不应小于一个网孔的尺寸。
- 5.3.5.4 双绞六边形网的抗顶破力应满足其配套产品的技术要求。

5.3.6 消能装置

- 5.3.6.1 消能装置变形过程中不应发生褶皱、破裂和明显机械损伤。
- 5.3.6.2 消能装置应进行动力冲击实验与静力拉伸实验，动力启动荷载不应超过静力启动荷载的 1.6 倍。
- 5.3.6.3 消能装置型号及其静力启动荷载和吸收能量值应符合表 6 中规定值。

表6 消能装置静力启动荷载和吸收能量值要求

型号	ED/20/30/R	ED/30/45/R	ED/50/75/R
能量吸收能力 (kJ)	≥30	≥45	≥75
静力启动荷载 (kN)	20~25	30~40	50~65

5.3.7 锚杆

- 5.3.7.1 钢丝绳锚杆应为单根钢丝绳弯折后用紧固件固定而成，环套内应嵌套鸡心环。
- 5.3.7.2 钢丝绳锚杆的钢丝绳破断力不应低于柔性防护系统锚固要求的抗拔力。
- 5.3.7.3 钢筋锚杆采用精轧螺纹钢筋，也可采用热轧带肋钢筋在一端加工不短于 150mm 的加工螺纹段。
- 5.3.7.4 热轧带肋钢筋加工的螺纹段的螺纹应能承受不小于 30kN 的拉力。

5.3.8 连接构件

- 5.3.8.1 卸扣应符合 GB/T 25854 标准的要求。
- 5.3.8.2 绳卡应符合 GB/T 5976 标准的要求。
- 5.3.8.3 缝合绳的破断力应与柔性防护系统的防护能级相匹配，500kJ 能级以上的柔性防护系统不宜采用缝合绳。
- 5.3.8.4 其他连接构件应符合其相应的标准或规定要求。
- 5.3.9 支撑绳、拉锚绳的规格型号及力学性能应满足对应柔性防护系统定型的要求。
- 5.3.10 上述构件如有特殊要求，可由供需双方协商确定。

5.4 材料性能

- 5.4.1 柔性防护系统所用钢丝绳应符合 GB/T 20118 的规定，其中钢丝绳公称强度不应低于 1770MPa，钢丝绳锚杆用钢丝绳公称强度不应低于 1570MPa，防腐镀层等级不低于 AB 级。
- 5.4.2 低强度格栅网和双绞六边形网编织所用钢丝应符合 YB/T 5294 的规定，其钢丝强度不应低于 350MPa，镀层重量符合 GB/T 20492 标准中 A 级规定。
- 5.4.3 环形网、方形网和高强度钢丝格栅网所用钢丝应符合 YB/T 5343 的规定，其钢丝强度不应低于 1770MPa，镀层重量符合 GB/T 20492 标准中 A 级规定。
- 5.4.4 钢柱构件用钢材的机械性能和化学成分应符合 GB/T 700 的规定，并进行热浸锌防腐处理，镀层平均厚度不小于 85 μ m。
- 5.4.5 螺纹钢应符合 GB/T 1499.2 要求。
- 5.4.6 如有特殊要求，可由供需双方协商确定。

6 试验方法

6.1 一般要求

- 6.1.1 生产厂家在柔性防护系统产品出厂前应对照产品定型报告核对系统中构件的数量、配置。
- 6.1.2 柔性防护系统防腐能力宜采用中性盐雾试验验证，试验方法按照 GB/T 10125 执行。不同工作环境中中性盐雾试验与防腐年限对应关系参见附录 C。
- 6.1.3 材料和构件的规格尺寸应用满足精度要求并检定合格的直尺、千分尺、游标卡尺等进行测量。
- 6.1.4 在产品定型试验中应检查柔性防护系统中构件是否易于安装和更换，并给出评价。

6.2 系统性能试验

- 6.2.1 主动防护系统承载力试验应按 D.3 规定的内容执行。
- 6.2.2 被动防护系统最大工作能级和正常工作能级试验应按 TB/T 3449-2016 标准规定执行。
- 6.2.3 被动防护系统正常工作能级冲击试验残余拦截高度试验应按 TB/T 3449-2016 标准规定执行。
- 6.2.4 被动防护系统最大能级落石冲击试验的缓冲距离试验应按 TB/T 3449-2016 标准规定执行。
- 6.2.5 被动防护系统易维修性试验应按 TB/T 3449-2016 标准规定执行。
- 6.2.6 张口式引导防护系统引导部分和覆盖式引导防护系统的承载能力试验应按 D.3 规定的内容执行。
- 6.2.7 张口式引导防护系统的拦截部分抗冲击能力试验应按 TB/T 3449-2016 标准规定执行。

6.3 构件性能试验

6.3.1 钢丝绳网

- 6.3.1.1 钢丝绳网外观宜通过目测检验。
- 6.3.1.2 紧固件及连接件表面破损情况宜通过目测检验。
- 6.3.1.3 柔性金属网边长误差宜采用直尺测量。
- 6.3.1.4 紧固件抗脱落拉力和抗错动拉力应按照 D.4 规定的内容试验。钢丝绳残余抗破断拉力应按 GB/T 8358 的规定试验。
- 6.3.1.5 钢丝绳网抗顶破力应按照 D.3 规定的内容试验。
- 6.3.1.6 紧固件防腐性能检验应按照 GB/T 10125 中规定的内容试验。

6.3.2 环形网

- 6.3.2.1 单个环的盘结及其与周边环的扣联情况宜通过目测检验。
- 6.3.2.2 盘绕和缠绕环的紧固情况宜通过目测检验。
- 6.3.2.3 钢丝松脱、分离和机械损伤情况宜通过目测检验。
- 6.3.2.4 单个环的钢丝的端头搭接长度应通过直尺测量。
- 6.3.2.5 柔性金属网尺寸误差应通过直尺测量。
- 6.3.2.6 环形网抗顶破力应按照 D.3 规定的内容试验。
- 6.3.2.7 环形网紧固件防腐性能检验应按照 GB/T 10125 中规定的内容试验。

6.3.3 方形网

- 6.3.3.1 单个方框的盘结以及与周边环的扣联状况宜通过目测检验。
- 6.3.3.2 盘绕、缠绕方式的方框紧固情况宜通过目测检验。
- 6.3.3.3 钢丝松脱、分离及机械损伤现象宜通过目测检验。
- 6.3.3.4 单个方框的钢丝两端头搭接长度应通过直尺测量。
- 6.3.3.5 柔性金属网尺寸误差应通过直尺测量。
- 6.3.3.6 方形网抗顶破力应按照 D.3 规定的内容试验。
- 6.3.3.7 紧固件防腐性能检验应按照 GB/T 10125 中规定的内容试验。

6.3.4 格栅网

- 6.3.4.1 柔性金属网中钢丝机械损伤、脱丝和裂纹现象宜通过目测检验。
- 6.3.4.2 柔性金属网尺寸误差应通过直尺测量，网孔尺寸误差应通过游标卡尺测量。
- 6.3.4.3 格栅网抗顶破力应按照 D.3 规定的内容试验。

6.3.5 双绞六边形网

- 6.3.5.1 钢丝机械损伤现象宜通过目测检验。
- 6.3.5.2 柔性金属网尺寸误差应通过直尺测量，网孔尺寸误差应通过游标卡尺测量。
- 6.3.5.3 钢丝搭接尺寸应通过直尺进行测量。
- 6.3.5.4 双绞六边形网抗顶破力应按照 D.3 规定的内容试验。

6.3.6 消能装置

- 6.3.6.1 消能装置变形中的褶皱、破裂和机械损伤现象宜通过目测检验。
- 6.3.6.2 消能装置静力拉伸实验应按照 D.5 规定的内容试验。
- 6.3.6.3 消能装置动力冲击实验应按照 D.6 规定的内容试验。

6.3.7 锚杆

- 6.3.7.1 钢丝绳锚杆外观宜采用目测检验。
- 6.3.7.2 钢丝绳锚杆的钢丝绳破断力应按照 GB/T 8358 中规定的内容试验。
- 6.3.7.3 热轧带肋钢筋一端的螺纹段尺寸加工长度应采用游标卡尺测量。
- 6.3.7.4 钢筋锚杆螺纹段螺纹能承受的拉力应按照 GB/T 9098.1 中 8.2 规定的内容试验。

6.3.8 连接构件

- 6.3.8.1 卸扣性能应按照 GB/T 25854 中第 6 章规定的内容试验。
- 6.3.8.2 绳卡性能应按照 GB/T 5976 中第 5 章规定的内容试验。
- 6.3.8.3 缝合绳破断力应按照 GB/T 8358 中规定的内容试验。
- 6.3.8.4 其他连接构件应按照其对应的标准试验。

6.4 材料性能试验

- 6.4.1 柔性防护系统所用钢丝绳性能应按照 GB/T 20118 中规定的内容试验。
- 6.4.2 低强度格栅网、双绞六边形网编织用钢丝的性能应按照 YB/T 5294 中规定的内容试验。

6.4.3 环形网、方形网和高强度钢丝格栅网所用钢丝的性能应按照 YB/T 5343 中规定的内容检验。

6.4.4 钢柱构件钢材的机械性能和化学成分应按照 GB/T 700 规定的力学性能检验，表面锌层厚度应按照 GB/T 13912 中规定的内容检验。

6.4.5 螺纹钢应按照 GB/T 1499.2 中规定的内容检验。

7 检验规则

7.1 检验分类

7.1.1 公路边坡柔性防护系统产品的检验分为型式检验和出厂检验。

7.1.2 有以下情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型检验；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大变化，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产时，每 2 年至少进行一次；
- d) 停产 6 个月以上（包括 6 个月）恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- f) 相关质量监督机构提出型式检验要求时。
- g) 用户提出的型式检验要求时。

7.2 检验项目

型式检验和出厂检验的检验项目应按表 7 的规定执行。

表7 检验项目表

序号	项目名称	类别	型式检验	出厂检验	技术要求	试验方法
1	系统性能	主要	+	-	5.1	6.1
2	柔性金属网网片抗顶破力	主要	+	-	5.3.1	6.3.1
3	钢丝绳网紧固件抗脱落拉力和抗错动力	主要	+	+	5.3.1.4	6.3.1.4
4	防腐性能	主要	+	-	5.3.1.6、5.3.2.7、5.3.3.7、	6.3.1.6、6.3.2.7、6.3.3.7、
5	外观	主要	+	+	5.3.1.1、5.3.1.2、5.3.2.1、5.3.2.2、5.3.2.3、5.3.3.1、5.3.3.2、5.3.3.3、5.3.4.1、5.3.5.1、5.3.6.1、5.3.7.1	目测
6	规格尺寸	主要	+	+	5.3.1.3、5.3.2.4、5.3.2.5、5.3.3.4、5.3.3.5、5.3.4.2、5.3.5.2、5.3.5.3、5.3.7.4、	5.3.5.2 中网孔尺寸和 5.3.7.4 中螺纹段尺寸采用游标卡尺测量，其余采用直尺测量
7	消能装置静力、动力启动荷载	主要	+	+	5.3.6.2、5.3.6.3	6.3.6.2、6.3.6.3
8	锚杆力学性能	主要	+	-	5.3.7.2、5.3.7.3、5.3.7.5	6.3.7.2、6.3.7.3、6.3.7.5
9	连接构件性能	一般	+	-	5.3.8	6.3.8

注：“+”表示检验项目，“-”表示不检项目

7.3 抽样和判定

7.3.1 型式检验

7.3.1.1 型式检验要求如下：

- a) 系统性能检验应按产品型号逐一进行,发现不符合本标准要求时,应在改进后继续进行检验,直至合格。
- b) 构件应在生产厂家的产品中,原材料应在同一供货厂家、同一规格型号的产品中,进行外观质量、尺寸、防腐性能和力学性能检验,随机抽取数分别为3个试样。如发现有一项不符合本标准的技术要求,应在同一条件下的产品中取双倍试样,对不合格项进行复检,如有任何一项不合格,则判定为不合格。反之,则判定为合格。
- c) 系统定型应通过行业主管部门或行业主管部门授权的单位的认证。定型检验报告应包括生产厂家信息、产品信息(名称、型号)、系统配置、构件型号和数量(包括系统布置图、构件配置表、节点大样图、连接大样图)、系统性能试验报告、构件检测报告、原材料检测报告。

7.3.2 出厂检验

7.3.2.1 出厂检验项目为外观质量、尺寸和力学性能检验,由生产厂的质量检验部门进行,检验合格后方可出厂。

7.3.2.2 组批、试样数量与判定:构件出厂检验按批进行,消能装置每批不应超过1000件,随机抽取3个消能装置(即为试样)进行力学性能检验;其他构件出厂检验应按批进行,每批不应超过500件,外观应逐个进行检验,尺寸、防腐性能应每批随机抽取3个实物试样进行检验,力学性能应制作3个试样进行检验。所有检验项目均符合本标准规则时,则判定该批产品为合格。

7.3.2.3 复验:在出厂检验中,如发现一项要求不合格(实物检验,则该件产品为不合格),可在同批产品中加倍抽样,对不合格项进行复验,如仍有一个试样不合格,则判定该批产品为不合格。所有项目均符合本标准规定时,则判定该批产品为合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品出厂时应有明显的标志,其内容包括:

- a) 制造单位名称或代号;
- b) 产品自检合格证号;
- c) 生产日期(年、月);
- d) 产品型号、规格;
- e) 检验员工号;
- f) 检验结果。

8.2 包装

采取单张网成卷捆扎裸装,每卷至少应用铁丝扎紧三处;其余构件根据其形状、尺寸和重量可单件裸装或多件捆扎裸装,如用户需要其他包装方式,经双方协商,也可按其要求包装交货。

8.3 运输

运输时应整齐堆码,捆绑牢固,搬运时应避免拖挂,不应抛卸。

8.4 贮存

应贮存在整洁、干燥通风和无腐蚀物侵蚀的地方,并且与地面隔离堆放,但堆码高度不宜超过3m。

附录 A

(规范性附录)

被动柔性防护系统易维修性等级判定

被动防护系统应按照其易维修性分为 A、B、C 三级，分级方式表 A.1。

表 A.1 被动柔性防护系统易维修性等级

易维修性等级	分级标准
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装置和受损柔性金属网，恢复原产品功能后直接开展 MEL 试验并通过； 3、维修后的产品通过 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	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装置和受损柔性金属网，恢复原产品功能后直接开展 MEL 试验并通过； 2、维修后的产品通过 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。

附 录 B
 (资料性附录)
 钢丝绳锚杆规格选用建议

钢丝绳锚杆规格选用建议见表 B.1。

表 B.1 钢丝绳锚杆规格选用建议

钢丝绳锚杆名称	钢丝绳锚杆长度 (m) / 抗拔力 (kN)					
	b=2	b=3	b=4	b=5	b=6	b=7
上拉钢丝绳锚杆	1.5/40	1.5/40	2/50	2/50	2.5/60	2.5/60
侧拉钢丝绳锚杆	2/50	2/50	2.5/60	2.5/60	3/80	3/80
下拉钢丝绳锚杆	1.5/40	1.5/40	2/50	2/50	2.5/60	2.5/60
中间加固钢丝绳锚杆	1.5/40	1.5/40	2/50	2/50	2.5/60	2.5/60
注：b 为被动防护系统高度，单位为米 (m)。						

附录 C

(资料性附录)

不同工作环境下中性盐雾试验时间与防腐年限对应关系

不同工作环境下中性盐雾试验时间与防腐年限对应关系见表 C.1。

表 C.1 不同工作环境下中性盐雾试验时间与防腐年限对应关系表

环境	30 年对应值 (小时)	60 年对应值 (小时)
工业区	2000	3900
城市非工业区或海洋区	550	1050
城市郊区	450	900
乡村	280	560
室内	180	350

附录 D

(规范性附录)

柔性防护系统构件静态力学性能试验方法

D.1 范围

本附录规定了柔性防护系统中各种类型柔性金属网抗顶破力、紧固件抗错动拉力和抗脱落拉力以及各类消能装置性能的试验方法。

本附录适用于各类柔性防护系统产品中的上述构件的试验，新开发的构件可参照执行。

D.2 一般要求

D.2.1 柔性金属网的抗顶破力、钢丝绳网中紧固件的抗错动力和抗脱落拉力、消能装置的性能等力学指标，应按照本标准中规定的试验方法获得。试验数据宜作为执行柔性防护系统定型设计和检验的依据。

D.2.2 出厂检验中相关构件的力学性能试验，应按照本附录中规定执行。

D.2.3 试样宜直接从产品中选取或截取，也可单独制取。

D.2.4 试验后宜提供相应的试验报告。

D.3 柔性金属网抗顶破力试验

D.3.1 一般要求

D.3.1.1 通过试验获取柔性金属网破坏时的最大载荷及所对应的变形。

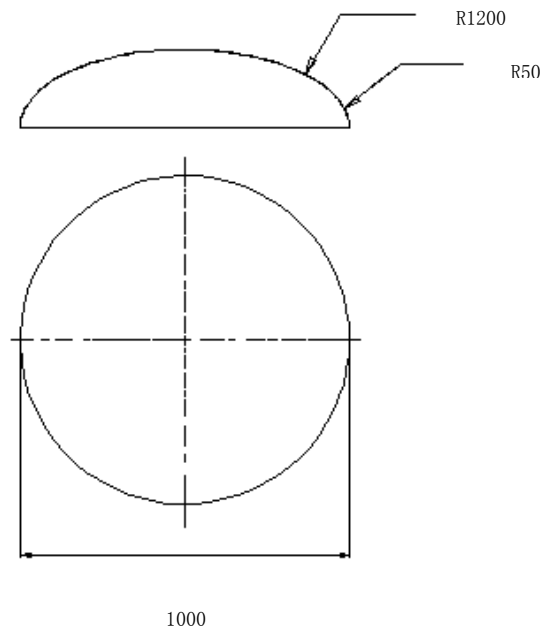
D.3.1.2 此试验方法适用柔性金属网批次检验、型式检验、产品定型和出厂检验。

D.3.2 设备要求

D.3.2.1 荷载发生设备宜采用万能拉力试验机等设备，能施加的最大拉力值至少应为柔性金属网抗顶破力的 1.5 倍，行程至少应为柔性金属网变形量的 1.5 倍。需提供匀速的位移和荷载。

D.3.2.2 荷载加载装置应为半椭圆形状，采用钢板或混凝土等耐久性材料制成。表面需平滑，无突起或尖角，固定在其表面上的任何附属设备在试验中不能对试样造成影响。

D.3.2.3 荷载加载装置的几何尺寸应满足图 D.1 所示尺寸的要求。



图中：

曲率半径为 1 200mm；

最大投影直径为 1 000mm；

边端曲率半径为 50mm。

图 D.1 荷载加载装置几何尺寸

D.3.2.4 试样的固定框架宜采用矩形或方形框架，尺寸大小应能满足安装柔性金属网试样及相应连接件要求，四边应留有合理的结构以方便试样固定。柔性金属网试样和固定框架之间连接件的安装空间不应大于试样平均边长的 10%。

D.3.2.5 试验设备应能直接读取荷载-位移 (P-D) 曲线。

D.3.3 试样制作

D.3.3.1 试样尺寸应为边长 3.0m 的矩形试样，允许公差为 $\pm 20\%$ 。

D.3.3.2 如产品中有满足试样尺寸要求的，试样宜直接从产品中随机选取；如不满足试样尺寸要求，应采用与待测产品相同材料和相同工艺按 D.3.3.1 中的尺寸要求执行试样制作，每个网格单元尺寸大小应均匀。

D.3.3.3 制作双绞六边形网、格栅网的试样时，有锁边的两个对边应满足 D.3.3.1 中尺寸的要求，没有锁边的两个对边应根据试验设备尺寸截取满足要求的尺寸。

D.3.3.4 每次试验的试样应为三件。

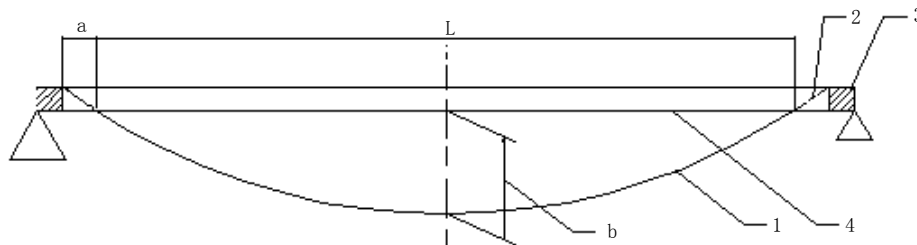
D.3.4 试验方法

D.3.4.1 按照图 D.2 所示，将试样置于固定框架中央的荷载加载装置之上，应确保试样几何中心与荷载加载装置几何中心对齐，固定区域按框架每边的中心线对称。

D.3.4.2 采用插销等构件将荷载加载装置和荷载发生设备相连接，调整高度，确保柔性金属网试样所在平面与由固定框架四边所组成的平面平行一致。

D.3.4.3 采用扣件、连杆、钢丝绳或者与测试试样结构特性一致的材料将试样四边的网格与固定框架四边固定，注意连接件在试验开始前不应影响试样本身所具有的平面特性。

D.3.4.4 试验开始前，应通过连接件将试样张紧，将试样中心的最大挠度值 b 控制在不大于试样最小边长的 20%，尽可能使试样接近参考平面。



图中：

1 为测试网面，2 为张紧装置，3 为固定框架，4 为参考平面， a 为固定区域， b 为最大挠度， L 为试样长度。

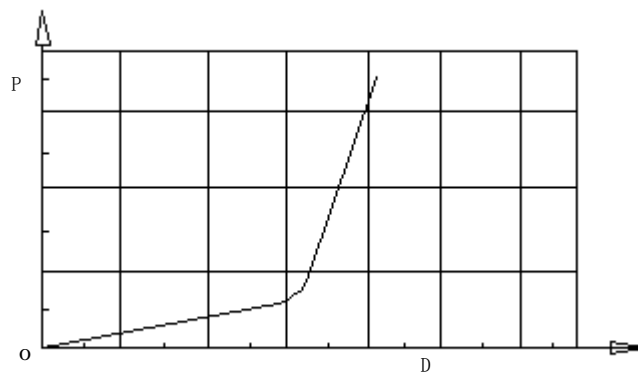
a 的值为： $a \leq 0.1 \times L$ ， b 的值为： $b \leq 0.2 \times L$ ， L 的值为： $L = 3\ 000 \pm 0.2 \times 3\ 000$ (mm)。

图 D.2 试样安装示意图

D.3.4.5 以下数据必须在试验时连续测量：

- a) 加载装置所加载的荷载；
- b) 相对于参考平面所产生的相对变形；
- c) 测量曲线通过如下参数表示：
 - PBR——试样破坏时所施加的最大荷载，如果没加载到试样破坏，需执行说明；
 - dBR——试样破坏时所对应的变形；
- d) 柔性金属网安装后自然悬垂最大挠度，测量单位为毫米 (mm)；

- e) 柔性金属网预紧力测量单位为千牛 (kN) (标称抗顶破力 10%);
- f) 柔性金属网预紧变形测量单位为毫米 (mm)。
- D.3.4.6 最大挠度值测量可采用钢直尺 (或钢卷尺) 直接测量, 先测量参考平面到地面的高度, 再测量张紧后网面最低点到地面的高度尺寸, 两者的差值即为柔性金属网中心最大挠度值。
- D.3.4.7 由于加载装置可分阶段加载, 试验可以中断。
- D.3.4.8 试验过程中应分阶段记录试验中的数据。
- D.3.4.9 参照 D.3.4.1-D.3.4.8 的方法执行剩余的两组试验。
- D.3.5 数据处理
- D.3.5.1 测取开始加载直至试样破坏时的设备最大拉力作为单件受试试样的抗顶破力测定结果。
- D.3.5.2 当一组试样中最大抗顶破力或最小抗顶破力与中间值之差超过中间值的 10% 时, 取中间值作为该组试件的抗顶破力代表值。
- D.3.5.3 当一组试样中最大抗顶破力或最小抗顶破力与中间值之差均超过中间值的 15% 时, 这组试件的抗顶破力不作为评定依据。
- D.3.5.4 试验过程中的数据应做相应的记录, 包括破坏荷载和破坏变形等。
- D.3.5.5 应拍摄试样加载前后的照片资料并保存。
- D.3.5.6 试验后, 每个试样都必须提供相应的 P-D 曲线, 参见图 D.3。



图中:

D: 垂直试样测量的相对于参考平面的中心变形, 单位为毫米 (mm)。

P: 荷载, 单位为千牛 (kN)。

图 D.3 荷载-位移曲线示例

D.3.5.7 将试验前、试验中、试验后的照片及整个试验过程的视频归档保存。

D.4 紧固件抗错动力和抗脱落拉力试验

D.4.1 一般要求

D.4.1.1 此试验目的是获取紧固件在试验中发生错动和被拉脱时的最大载荷。

D.4.1.2 此试验方法可适用紧固件批次检验、型式检验、产品定型和出厂检验。

D.4.1.3 此仅以十字卡扣的抗错动力和抗脱落拉力为例规定紧固件的抗错动力和抗脱落拉力检验方法。

D.4.2 设备要求

D.4.2.1 试验设备宜是拉力试验机。

D.4.2.2 试验设备应配有相应夹具, 能够牢固地夹持试样, 实验过程中不应发生夹具与试样的相对滑移。

D.4.2.3 试验时所用设备和仪器应能直接输出加载过程的荷载-位移曲线或荷载-时间曲线。

D.4.3 试样制作

D.4.3.1 每次试验抗错动力和抗脱落拉力试样数量为三件, 宜从产品中直接截取。也可采用与产品相同的原材料, 以相同工艺制作试样。

D.4.3.2 抗错动力试验试样参考图 D.4 的尺寸和形式制作试样，抗脱落拉力试验试样参考图 D.5 的尺寸和形式制作试样。

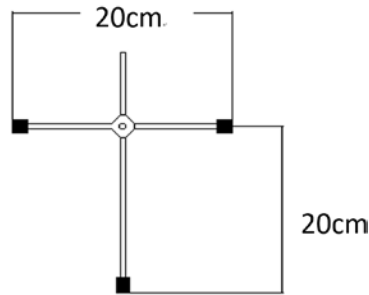


图 D.4 抗错动力试验试样示意图

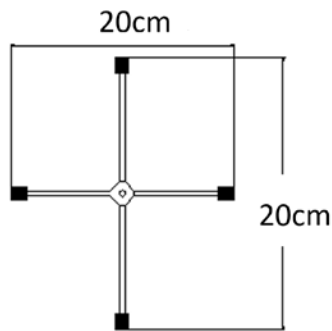


图 D.5 抗脱落拉力试验试样示意图

D.4.3.3 试样钢丝绳两端采用胶带缠绕或套入橡胶套，防止试验中钢丝绳和夹具之间滑动。

D.4.4 试验方法

D.4.4.1 抗错动力试验、抗脱落拉力试验均在拉力试验机上进行。

D.4.4.2 取纵、横正交的被紧固后的试样，参照图 D.6 的抗错动力试验方式示意图安装试样，其中 A、B 端固定于拉力试验机卡具上，按箭头所示方向施加拉力，直至钢丝绳与紧固件产生错动，此时对应的拉力即为紧固件的最大抗错动力。

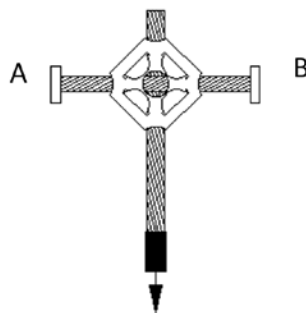


图 D.6 抗错动力试验方式示意图

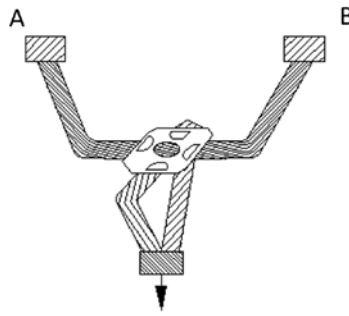


图 D.7 抗脱落拉力试验方式示意图

D.4.4.3 取纵、横正交的被紧固后的试样，参照图 D.7 的抗错动力试验方式示意图安装试样，其中 A、B 端固定于拉伸试验机上，按箭头所示方向施加拉力，直至紧固件脱落、失效，两根钢丝绳分离，对应的拉力即为紧固件最大抗脱落拉力。

D.4.4.4 记录试验中紧固件的抗错动力和抗脱落拉力等相关试验数据。

D.4.4.5 参照 D.4.4.2-D.4.4.4 的方法分别执行剩余的两组抗错动力试验和抗脱落拉力试验。

D.4.5 数据处理

D.4.5.1 测取开始加载直至试样破坏时的最大拉力值作为单件受试试样的抗错动力测定结果(抗脱落拉力试验时为拉脱力测定结果)，三件试样测定结果的最小值即为相应紧固件的抗错动力(或抗脱落拉力)试验结果。

D.4.5.2 试验完成后，由计算机终端打印出试样的荷载-位移曲线。

D.4.5.3 将试验前、试验中、试验后的照片及整个试验过程的视频归档保存。

D.5 消能装置静力性能检测试验

D.5.1 一般要求

D.5.1.1 此试验目的是获取消能装置在试验中的最小静力启动荷载、最大变形长度、最大工作荷载、最小工作荷载及变形消能值。

D.5.1.2 此试验方法可适用消能装置批次检验、型式试验、产品定型和出厂检验。

D.5.2 设备要求

D.5.2.1 消能装置性能检测试验设备要求参照 D.4.2 要求。

D.5.3 试样制作

D.5.3.1 以减压环为例，其他消能装置可参考此方法执行。

D.5.3.2 每次试验试样数量为三件，试样宜从产品中随机抽取，也可采用与产品相同的原材料，以相同工艺制作。

D.5.3.3 按标准选配要求将钢丝绳穿过环管内孔两端各留出供试验时夹持用的长约 20cm 的尾绳段,如图 D.8 所示。

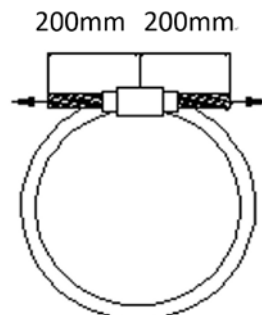


图 D.8 减压环试验式样示意图

D.5.3.4 钢丝绳两端采用胶带缠绕或套入橡胶套，防止试验中钢丝绳和夹具之间滑动。

D.5.4 试验方法

D.5.4.1 试样安装于材料试验机, 钢丝绳两端要夹持紧固, 加载过程中试样与连接端不应出现相对滑移。

D.5.4.2 在大位移材料试验机上一次拉伸完成或在普通材料试验机上分段拉伸完成(每伸长到一定长度即锯掉一段再次拉伸), 均匀加载, 加载速度应为 10~30mm/min。

D.5.4.3 拉伸总长度不应小于消能装置名义工作行程的 80%。

D.5.4.4 记录试验中消能装置的静力启动荷载、最大拉伸长度、最大工作荷载、最小工作荷载、能量吸收值等相关试验数据。

D.5.4.5 参照 D.5.4.1-D.5.4.4 的方法分别进行剩余的 2 组消能装置性能检测试验。

D.5.5 数据处理

D.5.5.1 将 P-S 曲线中的第一个峰值标定为消能装置的静力启动荷载, 静力启动荷载、工作荷载、能量吸收能力等力学性能指标均取三件试样测定结果的算术平均。

D.5.5.2 当一组试样中最大启动荷载或最小启动荷载与中间值之差超过中间值的 10%时, 取中间值作为该组试件的静力启动荷载代表值。

D.5.5.3 当一组试样中最大启动荷载或最小启动荷载与中间值之差均超过中间值的 15%时, 这组试件的启动不作为评定依据。

D.5.5.4 应拍摄试样加载前后的照片资料并保存。

D.5.5.5 能量吸收能力计算方法: 试验机对减压环所做的功即等于减压环所吸收的能量, 即图 D.9 中荷载 (P, 单位 kN) 与位移 (S, 单位 m) 增量的乘积 (单位 kJ) 或 P-S 曲线与 S 轴所形成的包络面积 (分段试验时为各包络面积之和, 在坐标纸上每小格按 4 舍 6 入法)。

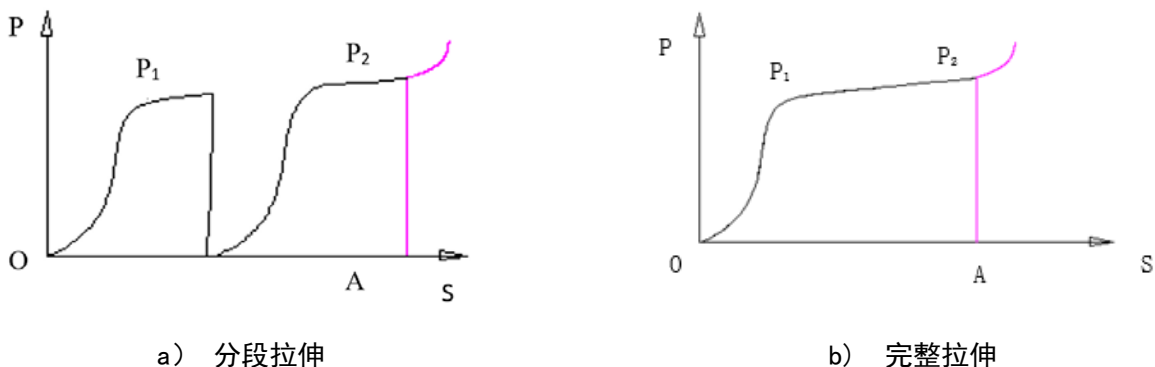


图 D.9 消能装置拉伸荷载 P-S 曲线

D.5.5.6 试验完成后, 由计算机终端打印出试样的荷载-位移曲线。

D.5.5.7 将试验前、试验中、试验后的照片及整个试验过程的视频归档保存。

D.6 消能装置动力性能检测试验

D.6.1 一般要求

D.6.1.1 此试验目的是获取消能装置在动力试验中的动力启动荷载、最大变形长度、最大峰值载荷、平均工作载荷及能量吸收能力。

D.6.1.2 此试验方法可适用消能装置批次检验、型式试验、产品定型和出厂检验。

D.6.2 设备要求

D.6.2.1 消能装置动力性能检测试验设备应能满足实现足够冲击加载速度的要求, 包括起重设备和具有足够高度和刚度的固定平台, 如大型反力墙。

D.6.2.2 拉力传感器的采集频率不应低于 1000Hz, 应能够直接读取试验过程中消能装置的拉力时程曲线 (F-t 曲线)。

D.6.3 试样制作

D.6.3.1 试样数量为三件, 每个试样两端伸出的连接钢丝绳长度应保持一致, 每次试验前后应测量试样及连接钢丝绳的总长度 (精确至 10mm)。

D.6.3.2 试样宜直接从产品中随机抽取, 也可采用与产品相同的原材料, 以相同工艺制作。

D.6.3.3 试样两端的钢丝绳端部应采用铝合金压制接头，并应符合 GB/T 6946 中的相关规定。

D.6.4 试验方法

D.6.4.1 试验时，试样应悬挂于高处，试样与悬挂固定端之间应布设拉力传感器，试样另一端则与冲击试块相连。

D.6.4.2 选取合适的冲击试块提升至一定高度，释放冲击试块使其自由下落，从而启动与之相连的消能装置试样，并记录试验过程中试样内的拉力值。利用大型反力墙进行该试验时，如图 D.10 所示。

D.6.4.3 记录试验中的相关数据。

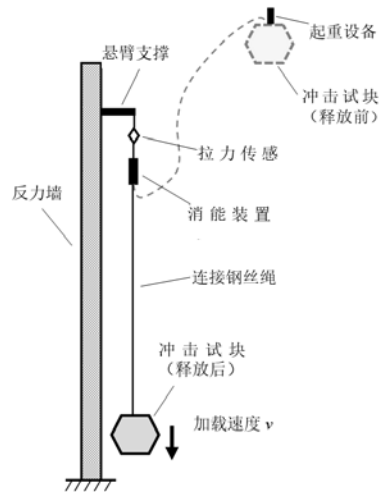


图 D.10 冲击试验过程示意

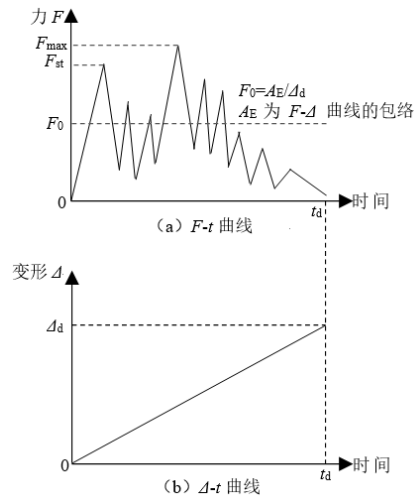


图 D.11 消能装置的试验数据

D.6.5 数据处理

D.6.5.1 试验时能直接得到消能装置的拉力时程曲线 ($F-t$ 曲线)，如图 D.11 (a) 所示。

D.6.5.2 通过消能装置在试验前后的最大变形量 Δ_d 和拉力传感器测得的作用时间，得到近似的变形时程曲线 ($\Delta-t$ 曲线)，如图 D.11 (b) 所示。

D.6.5.3 得到消能装置在动力冲击作用下力-变形曲线 ($F-\Delta$ 曲线)，通过计算曲线的包络面积 A_E 求得消能装置的能量吸收值。此外， $F-\Delta$ 曲线中的第一个峰值为消能装置的动力启动荷载 F_{st} ， $F-\Delta$ 曲线中最大拉力为消能装置的动力峰值荷载 F_{max} ， $F-\Delta$ 曲线的包络面积 A_E 与最大变形量 Δ_d 的比值为消能装置的动力工作荷载 F_0 。

D.6.5.4 以 3 个试样的平均值作为试验结果，当某个指标的最大值或最小值中如有一个与中间值的差值超过中间值的 20% 时，则把最大值及最小值一并舍去，取中间值作为该指标试验结果；如有两个测值与中间值的差值均超过中间值的 20% 时，则该组试样的试验结果无效。

D.6.5.5 记录试验中消能装置的动态启动荷载、最大变形长度、变形时间、最大工作荷载、能量吸收能力、平均工作荷载等相关试验数据。

D.6.5.6 应拍摄试样加载前后的照片资料并保存。

D.6.5.7 试验完成后，由计算机终端打印出试样的荷载-位移曲线。

D.6.5.8 将试验前、试验中、试验后的照片及整个试验过程的视频归档保存。