

上海市企业标准

悬索桥主缆预制平行钢丝束

Q/IMAA02-2000

代替 Q/IMAA02-96

1 范围

本标准规定悬索桥主缆预制平行钢丝束的型号、规格、术语、代号、技术要求、试验方法、检验规则、产品标志、包装、运输与贮存。

本标准适用于悬索桥主缆及其他结构用预制平行钢丝束，可供工程设计、工程施工选用。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过本标准的引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准标准最新版本的可能性。

GB/T 228-1987 金属拉伸试验法

GB/T 238-1984 线材料反复弯曲试验法

GB/T 467-1997 阴极铜

GB/T 470-1997 锌锭

GB/T 2103-1988 钢丝验收、包装、标志及质量证书的一般规定

GB/T 2972-1991 镀锌钢丝锌层硫酸铜试验方法

GB/T 2973-1991 镀锌钢丝锌层重量试验方法

GB/T 2976-1988 金属线材缠绕试验方法

GB/T 7233-1987 铸钢件超声波探伤及质量评定法

GB/T 8653-1988 金属杨氏模量测量、弦线模量、切线模量和泊松比试验方法(静态法)

GB/T 11352-1989 一般工程用铸造碳钢件

GB/T 17101-1997 桥梁缆索用热镀锌钢丝

3 术语

3.1 平行钢丝束：由一定数量的镀锌钢丝平行集束，排列成六边形，每隔 1.5m~2m(或根据用户要求另定)设置一道定型包扎带而成。

3.2 热铸锚具：运用热铸工艺将其与平行钢丝束固接并能传递载荷的部件。

3.3 预制平行钢丝束：平行钢丝束两端固接了热铸锚具的构件产品。

上海浦江缆索有限公司 2000-09-28 批准

2000-10-18 实施

4 分类、代号与标记

4.1 分类

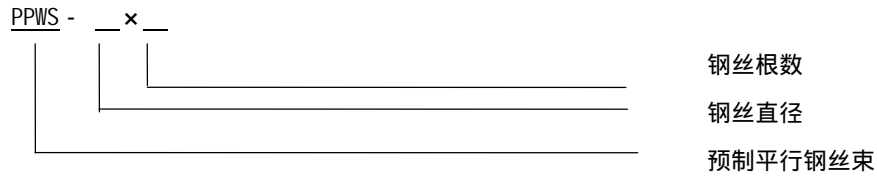
4.1.1 按束股截面形状可分：正六边形、变形六边形。

4.2 代号

4.2.1 PPWS ———— 预制平行钢丝束

4.2.2 RM ———— 热铸锚具

4.3 标记



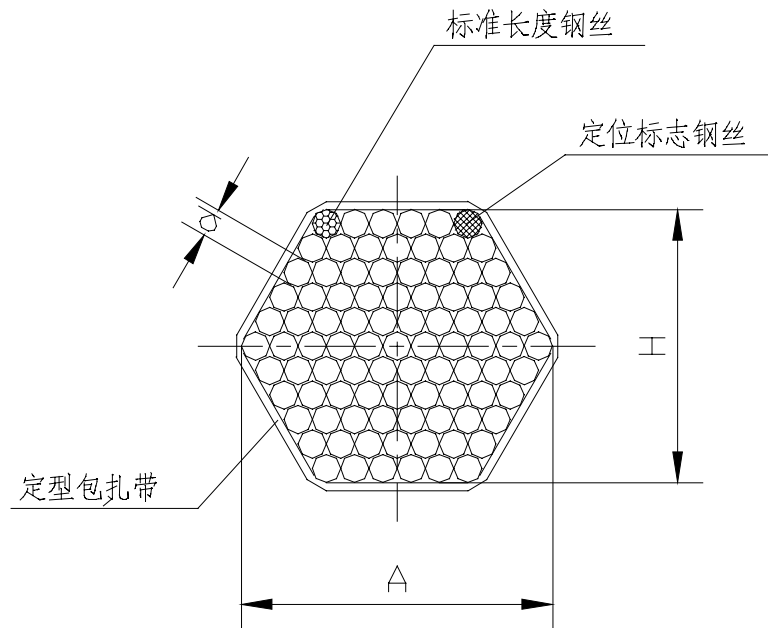
标记示例：

钢丝直径为 5.1mm，钢丝根数为 91 根的预制平行钢丝束，表示为：PPWS - 5.1 × 91。

4.4 产品构造、规格

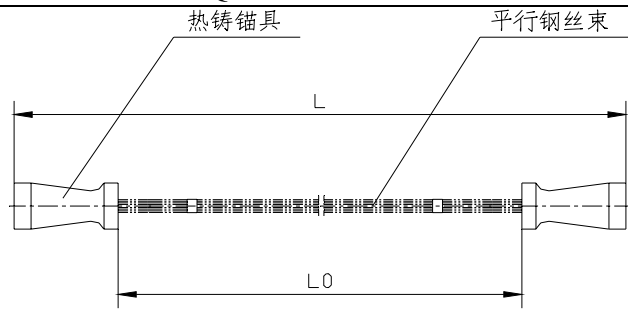
4.4.1 产品构造见图 1、图 2

4.4.2 产品规格见表 1、表 2



A - 钢丝束最大尺寸；H - 钢丝束截面高度；d - 钢丝直径

图 1 产品断面图



L_0 - 预制平行钢丝束净长； L - 预制平行钢丝束总长

图2 预制平行钢丝束结构示意图

表1 正六边形预制平行钢丝束的产品规格

规格	钢丝束最大尺寸 A (mm)	钢丝束截面高度 H (mm)	全数钢丝总截面 S (mm ²)	标称破断载荷 (kN)	线密度 (kg/m)	配用锚具 规格
PPWS-5.1 × 37	35.7	30.9	755.8	1186.6	5.94	RM5-37
PPWS-5.1 × 61	45.9	39.8	1246.1	1956.4	9.78	RM5-61
PPWS-5.1 × 91	56.1	48.6	1859.0	2918.6	14.60	RM5-91
PPWS-5.1 × 127	66.3	57.4	2594.4	4073.2	20.37	RM5-127

- 1) 平行钢丝束断面积 = 单根钢丝断面积 × 钢丝根数。
 2) 公称破断力 = 钢丝束断面积 × 1570MPa。
 3) 钢丝直径或强度等级有变化时，表列数据作相应调整。

表2 变形六边形预制平行钢丝束的产品规格

规格	钢丝束最大尺寸 A (mm)	钢丝束截面高度 H (mm)	全数钢丝总截面 S (mm ²)	标称破断载荷 (kN)	线密度 (kg/m)	配用锚具 规格
PPWS-5.1 × 44	40.8	30.9	898.8	1411.1	7.04	RM5-44
PPWS-5.1 × 52	43.6	39.7	1062.2	1667.7	8.32	RM5-52
PPWS-5.1 × 70	51	39.7	1430.0	2245.1	11.20	RM5-70
PPWS-5.1 × 80	53.8	48.6	1634.2	2565.7	12.80	RM5-80
PPWS-5.1 × 102	61.2	48.6	2083.6	3271.3	16.31	RM5-102
PPWS-5.1 × 114	63.7	57.4	2328.8	3656.2	18.23	RM5-114

- 1) 平行钢丝束断面积 = 单根钢丝断面积 × 钢丝根数。
 2) 公称破断力 = 钢丝束断面积 × 1570MPa。
 3) 钢丝直径或强度等级有变化时，表列数据作相应调整。

5 技术要求

5.1 主要原材料

5.1.1 高强度镀锌钢丝

5.1.1.1 镀锌前钢丝化学成份符合表 3。

表 3 钢丝化学成份表

(单位：%)

元素	C	Si	Mn	P	S	Cu
含量	0.75-0.85	0.12-0.32	0.60-0.90	0.025	0.025	0.20

5.1.1.2 直径为 5.1mm 高强度镀锌钢丝的技术指标见附录 A。

5.1.1.3 根据工程需要，钢丝的具体直径、强度等级可作适当调整，由设计确定。

5.1.2 热铸锚具应符合本标准附录 B 的规定。

5.1.3 铸体材料

铸体材料为锌铜合金(Zn: $98 \pm 0.2\%$, Cu: $2 \pm 0.2\%$)，锌、铜的纯度要求按照 GB/T 470、GB/T 467 中的有关规定。

5.1.4 定型包扎带

平行钢丝束用定型包扎带其主要用于固定钢丝束的结构及形状，使钢丝不错位，并对钢丝无任何损坏。

5.2 预制平行钢丝束

5.2.1 定位标志钢丝

5.2.1.1 平行钢丝束截面右顶点设置定位标志钢丝，作为架设时检测束股扭曲的标志。

5.2.1.2 定位标志钢丝与束股中其它钢丝为同一规格、同一材料，并在全长上涂上明显颜色。

5.2.2 标准长度钢丝

5.2.2.1 平行钢丝束截面左顶点设置标准长度钢丝，作为预制时束股长度标准。

5.2.2.2 标准长度钢丝在散索鞍座中心点、塔顶鞍座中心点以及边跨与主跨的中点都预设记号，制成束股后其全周作成标记。

5.2.2.3 标准长度钢丝制作方法采用(分段)基线测长法，也可采用磁化测长法，测长精度 1/15000。

5.2.3 制作的平行钢丝束其内部钢丝应保持平行，不应出现交叉扭绞现象，且在束体全长不容许有任何接头。

5.2.4 束股成品应保持附录 C 中所示截面形状。

5.2.5 合金铸入率应 92%。

5.2.6 平行钢丝束中心与锚杯端面的垂直度为 $90 \pm 0.5^\circ$ 。5.2.7 铸体大端需经 0.45 倍标称破断载荷(P_b)的力的顶压，持荷 5 分钟，并记录铸体顶压位移量。

5.2.8 在标准温度 20℃、零应力状态下，平行钢丝束的制作精度 1/10000。

5.2.9 预制平行钢丝束的静载破断载荷(P) $0.95P_b$ 。

5.2.10 预制平行钢丝束的静载破断延伸率() 2%。

5.2.11 预制平行钢丝束的抗拉弹性模量(E) $1.9 \times 10^5 \text{Mpa}$ 。

5.3 盘绕性能

5.3.1 预制平行钢丝束应能盘绕，且在钢盘收卷后再放出能保持其原截面形状。

5.3.2 预制平行钢丝束盘绕内径 $32 \times A$ 。

6 试验方法

6.1 标准长度钢丝的检验

6.1.1 标准长度钢丝制作采用基线测长法的按规定预设基线墩。

6.1.2 基线距离采用测距仪配经纬仪测边，精度为 1+1ppm。

6.1.3 每项工程制作标准长度钢丝前都要作基线长度复测。

6.1.4 标准长度钢丝的测量按式(1)进行计算。

$$L = L_0 + \frac{P \times L_0}{S_1 \times E} + (t - t_0) \dots \dots \dots (1)$$

式中： L - 测量长度(mm)

L₀ - 设计长度(mm)

P - 测量载荷(N)

E - 弹性模量(Mpa)

S₁ - 钢丝面积(mm²)

- 线膨胀系数(1/)

t - 制作时温度()

t₀ - 设计温度()

6.2 合金铸入率的测定

6.2.1 铸入率的计算先要确定锚杯的容积，容积的确定可采用注水法，这里测出的容积是扣除了钢丝体积的实际容积。

合金铸入率按式(2)计算。

$$z = \frac{m}{V_b \times \dots \dots \dots} (2)$$

式中： z - 合金铸入率(%)

m - 实际灌入合金量(g)

V_b - 锚杯实际内容积(ml)

- 合金密度(g/cm³)

6.3 垂直度检验

6.3.1 测量仪器：万能角度尺。

6.3.2 置角度尺于锚具上端面，以平行钢丝束为一基准面，锚具端面为另一基准面，测读二者角度，减去 90°即为垂直度误差。

6.4 顶压性能的检验

6.4.1 顶压位移量的检验在反顶架上进行，由千斤顶在铸体大端进行顶压。

6.4.2 以锚杯外端面为基准面，用深度游标卡尺测量铸体的初始位置，并记录。

6.4.3 将千斤顶加压至规定载荷，卸载后测量铸体的位置，并记录。

6.4.4 计算所记录数据的差值，即为铸体的顶压位移量。

6.4.5 顶压检验所用的油压表精度不低于 1.5 级，卡尺精度不低于 0.02mm。

6.5 静载破断载荷试验方法

6.5.1 试验用的预制平行钢丝束自由长度不小于 3m，数量不少于三根。

6.5.2 试验可直接在试验机或试验台上进行,分级加载,加载速度不大于 100MPa/min,载荷测量精度不低于 2%。

6.5.3 加载前在锚杯的端口处取不在同一直线上的三点,用深度游标卡尺测量合金面距端面的深度,作好记录和红漆标记,深度游标卡尺的精度不低于 0.02mm。

6.5.4 正式试验前先作预加载,开始是分级加载,每级为 0.1P_b,每级加载达到后均保持 5min,达到 0.6 P_b后保持 10min,再卸载至 0.1P_b,复测三点标记的深度。取其前后差的平均值作为锚杯受力铸体材料的位移量。

6.5.5 由 0.1P_b开始,逐级加载至 0.8P_b,每级 0.1P_b,保持 5min 后测量相应的束长,以 mm 计。

6.5.6 载荷达到 0.8P_b后保持 20min,继续加载,每级 0.05P_b并逐级保持 5min,测量相应的试验束长度,持续加载至最高载荷值,在此过程中钢丝会产生破断,观察和记录断丝情况,其最高载荷值即为静载破断载荷。测量该载荷下的试验束长度和铸体的位移量。

6.6 静载破断延伸率试验方法

将 6.5.6 中测得的静载破断载荷下的试验束长度换算为相同条件下的两锚杯内端面间的距离 L_b,再根据该试验束原始状态下同样部位的距离 L₀,按式(3)计算出静载破断延伸率。

$$= \frac{L_b - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

6.7 抗拉弹性模量试验方法

6.7.1 用 6.5.5 中测得的长度和载荷对应值,按式(4)计算试验束的抗拉弹性模量。

$$E = \frac{P_2 - P_1}{L} \times \frac{L_0}{S} \dots\dots\dots(4)$$

式中: P₁ — 起始测量载荷 kN

P₂ — 终了测量载荷 kN

Δ L — 对应 P₁ 和 P₂ 下的长度变化值 mm

S — 索中钢丝总截面积 mm²

7 检验规则

预制平行钢丝束的检验包括出厂检验和型式检验。

7.1 出厂检验

应按本标准 5.1.1 ~ 5.2.7 技术要求和相应试验方法对每根预制平行钢丝束进行出厂检验,全部合格方能出厂。

7.2 型式检验

7.2.1 型式检验按本标准 5.2.9 ~ 5.2.11 规定的技术要求和相应试验方法进行。在下列之一情况下,平行钢丝束股应按本标准进行型式检验。

- 新产品或老产品转厂生产时的试制鉴定时;
- 正式生产后,生产设备、产品设计、工艺、材料等方面有重大变更时;
- 正式生产后,定期或积累一定产量后,周期性地进行一次;

- d) 长期停产后，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- f) 用户根据工程设计提出要求，由双方协商确定时；
- g) 国家质量监督机构提出进行型式检验时。

7.2.2 型式检验对试验束的要求。

由于产品的特殊性和限于试验设备的条件，试验束无法在待出厂的预制平行钢丝束中取得，因而需用正常生产工艺程序生产的预制平行钢丝束制作实型短段试验束，该试验束除长度应符合试验方法中相应的条件外，其余均与工程用束技术条件完全相同，静载破断载荷、静载破断延伸率、抗拉弹性模量三项试验可以在同一根试验束上进行。

7.2.3 试验束规格与数量。

不同型式检验项目的试验束可以取不同规格平行钢丝束，也可取相同规格平行钢丝束，具体规格和数量由双方协商确定。

7.3 判定规则

若在出厂检验项目中有一项不符合要求，该根束股即为不合格产品，需方有权拒收。

8 标志、包装、运输及贮存

8.1 标志

8.1.1 在锚具侧面标明该束编号和规格。

8.1.2 每根预制平行钢丝束均挂有合格证，上面注明：制造厂名和厂址、工程名称、生产日期、预制平行钢丝束编号、规格、长度和重量、产品标准号，合格证标牌应牢固地系于包装层的两端锚具处。

8.2 包装

8.2.1 锚具用塑料袋包装后，再用防水彩条编织布包裹；预制平行钢丝束以成盘或成圈包装。成盘用钢盘的筒体上以彩色布衬底。

8.3 运输

8.3.1 公路、铁路和水路均可运输。

8.3.2 在运输和装卸过程中，须依具体情况按规定要求操作。

8.4 贮存

8.4.1 产品可贮存在室内仓库一般条件下，露天存放则应遮蓬，但要通风，贮存期不得超过三个月。

9 其它

1.1 提供技术资料

正式交货时需向用户提供下述有关技术资料：

- a) 质量保证书、产品批号、生产日期、数量、重量等。
- b) 锚杯材质证明和探伤报告。
- c) 产品出厂检验报告。
- d) 进行型式检验时，应提供型式检验报告。

5. 1mm 高强度镀锌钢丝技术条件

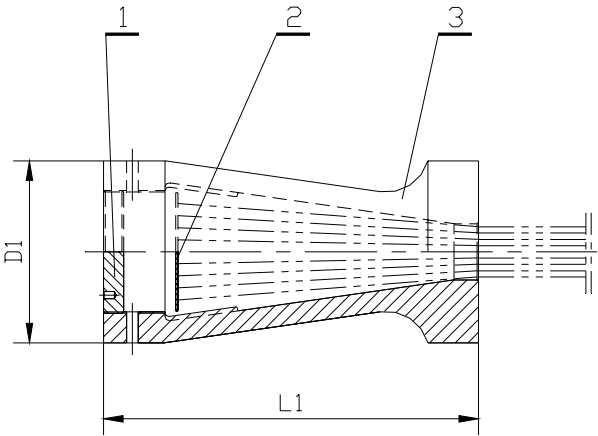
序号	项 目	技 术 指 标	
1	公称直径	5.1 ± 0.06mm	
2	圆度	0.03mm	
3	横截面积	20.43mm ²	
4	抗拉强度	1570MPa	1670MPa
5	屈服强度	1330MPa	1410MPa
6	延伸率	4.0%(L ₀ =250mm)	
7	弹性模量	(1.95-2.1) × 10 ⁵ MPa	
8	反复弯曲	4 次(R=15mm)	
9	卷绕	3d × 8	
10	松弛	7.5%(0.7G.U.T.S, 1000h, 20℃)	
11	疲劳应力	360MPa(上限应力 0.45 σ _b , N=2 × 10 ⁵ 次)	
12	锌层单位质量	300g/m ²	
13	锌层附着性	5d × 8 圈	
14	硫酸铜试验	4 次	
15	平直度	30mm(一米弦长矢高)	

热铸锚具技术要求

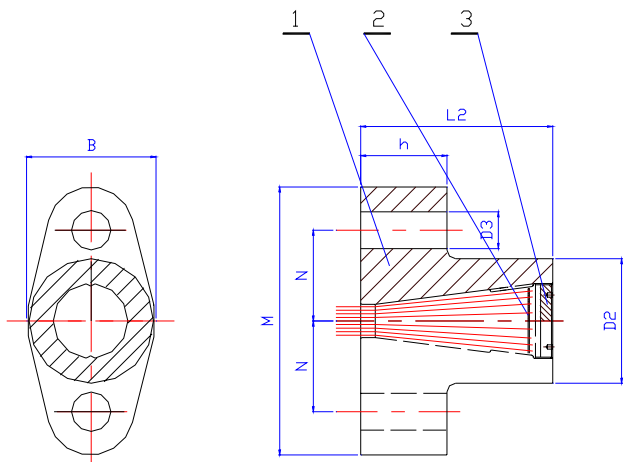
B1 热铸锚具的结构、型号及规格

B1.1 锚具结构

每套锚具主要有锚杯、分丝板、后盖板三部分组成，锚具结构有固定式和张拉式。见图 B1。



a) 固定式锚具

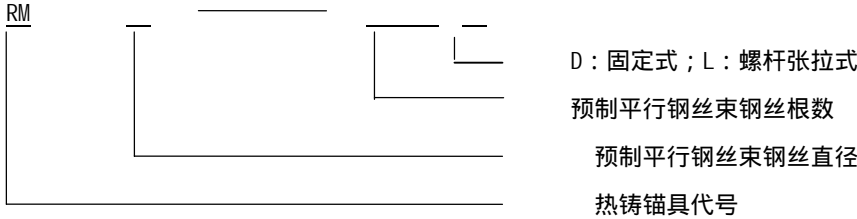


b) 张拉式锚具

1 - 后盖板；2 - 分丝板；3 - 锚杯

图 B1 锚具结构

B1.2 标记



B1.3 规格

B1.3.1 钢丝直径系列为 5mm 热铸锚具规格见表 B1、B2，表中的锚具尺寸可根据需要双方议定。

B2 技术要求

B2.1 主要材料

B2.1.1 锚杯所用材质应符合 GB/T 11352 中 ZG230-450 牌号铸钢的有关规定。

B2.1.2 其它各部件的材料由设计选定，并符合相应国家或部颁标准。

B2.2 加工技术要求

B2.2.1 锚杯必须经超声波探伤检验，其质量应符合 GB/T 7233 中三级的有关规定。

B2.2.2 同一规格热铸锚具的相同部件应具有互换性。

B2.2.3 锚具表面防锈处理方式，根据需方确定，也可双方议定。

表 B1 RM5 固定式热铸锚具主要尺寸

规格	L1(mm)	D1(mm)
RM5-37	310	140
RM5-61	320	168
RM5-91	347	190
RM5-127	470	237
RM5-44	315	145
RM5-52	315	155
RM5-70	335	175
RM5-80	345	185
RM5-102	370	210
RM5-114	425	220
注：在满足强度要求下，表中数据可根据工程结构需要进行调整。		

表 B2 RM5 张拉式热铸锚具主要尺寸

规格	L2	D2	D3	h	M	N	B
37	310	140	50	110	320	110	210
61	320	168	60	130	380	130	230
91	347	190	72	180	450	160	260
127	470	237	91	200	570	185	300
44	315	145	50	110	330	115	210
52	315	155	55	120	360	125	215
70	335	175	65	140	410	140	240
80	345	185	70	160	430	150	250
102	370	210	75	190	465	165	270
114	425	220	80	190	500	175	280
注：在满足强度要求下，表中数据可根据工程结构需要进行调整。							

平行钢丝束钢丝排列断面图

表 C1 正六边形平行钢丝束

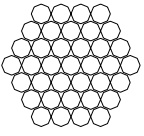
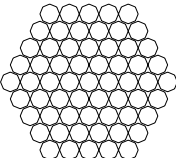
钢丝根数	37	61
规 格	PPWS-37	PPWS-61
断 面		

表 C1(续) 正六边形平行钢丝束

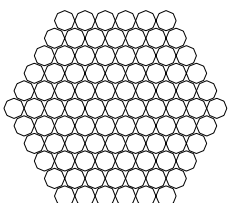
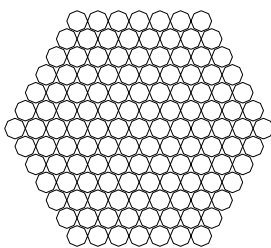
钢丝根数	91	127
规 格	PPWS-91	PPWS-127
断 面		

表 C2 变形六边形平行钢丝束

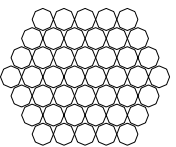
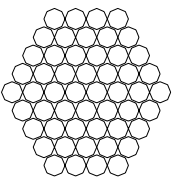
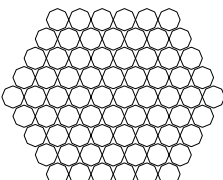
钢丝根数	44	52	70
规 格	PPWS-44	PPWS-52	PPWS-70
断 面			

表 C2(续) 变形六边形平行钢丝束

钢丝根数	80	102	114
规 格	PPWS-80	PPWS-102	PPWS-114
断 面	