

# GRLM

## 国家太阳能光热产业技术创新战略联盟标准

T/GRLM 13-2019

---

### 定日镜支架质量与性能检验方法

Test Methods for Quality and Performance of Heliostat Support  
Structures

2019-10-14 发布

2020-03-14 实施

---

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟 发布

# 目次

前 言.....	1
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	3
4 检验总则.....	5
5 外观.....	6
5.1 检验项目.....	6
5.2 检验条件及要求.....	6
5.3 检验方法.....	7
5.3.1 热浸镀锌外观检验.....	7
5.3.2 喷粉外观检验.....	7
5.3.3 喷漆外观检验.....	7
5.3.4 锌铬镀层外观检验.....	7
6 材料.....	7
6.1 适用的材料范畴.....	7
6.2 检验条件及要求.....	8
6.2.1 碳素结构钢.....	8
6.2.2 优质碳素结构钢.....	9
6.2.3 冷轧钢板和钢带.....	10
6.2.4 焊接管材.....	11
6.2.5 铸钢件.....	13
6.3 检验方法.....	14
7 紧固件联接.....	14
7.1 检验项目.....	15
7.2 紧固件压紧力检验.....	15
7.3 紧固件防松检验.....	15
7.4 紧固件盐雾检验（耐腐蚀性检验）.....	16
8 焊接质量.....	17
8.1 检验设备与器材.....	17
8.2 检验条件及要求.....	18

8.2.1	焊缝外观质量.....	18
8.2.2	人员要求.....	18
8.3	检验方法.....	18
9	防腐能力.....	18
9.1	检验项目.....	18
9.2	检验设备与器材.....	19
9.3	检验条件及要求.....	19
9.3.1	均匀性检验.....	19
9.3.2	附着性检验.....	19
9.3.3	厚度检验.....	19
9.3.4	附着量检验.....	19
9.4	检验方法.....	19
10	抗风振能力和抗破坏能力.....	20
10.1	检验设备与器材.....	20
10.2	检验条件及要求.....	20
10.3	检验方法.....	20
10.3.1	测试仪器的布置和调试.....	20
10.3.2	工作作风条件下定日镜支架抗风振能力检测.....	21
10.3.3	第一抗风强度条件下定日镜支架抗破坏能力检测.....	22
10.3.4	第二抗风强度条件下定日镜支架抗破坏能力检测.....	23

# 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国科学院电工研究所提出。

本标准由国家太阳能光热产业技术创新战略联盟归口。

本标准起草单位：中国科学院电工研究所、浙江中控太阳能技术有限公司、青岛星跃铁塔有限公司、成都博昱新能源有限公司。

本标准主要起草人：臧春城、张旭中、王西海、余强、王志峰、付向东、宫博、王伊娜、刘敬阳、马凡波、刘俊、徐能、宓宵凌、胡玉超、谭潇。

本标准为首次发布。

# 定日镜支架质量与性能检验方法

## 1 范围

本标准规定了塔式太阳能热发电站用定日镜金属结构支架质量与性能的检验项目及其检验方法。

本标准适用于定日镜金属结构支架的质量与性能检验。

## 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。凡是注明日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改版）适用于本文件。

- GB/T 222 钢的化学成分允许偏差
- GB/T 247 钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般规定
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 702 热轧钢棒尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 708 冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 908 锻制钢棒尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 1348 球墨铸铁件
- GB/T 2101 型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定
- GB/T 2102 钢管的验收、包装、标志和质量证明书
- GB/T 2518 连续热镀锌钢板及钢带
- GB/T 2694 输电线路铁塔制造技术条件
- GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
- GB/T 6060.1 表面粗糙度比较样块 铸造表面
- GB/T 6414 铸件 尺寸公差与机械加工余量
- GB/T 9761 色漆和清漆 色漆的目视比色
- GB/T10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T10431 紧固件横向振动试验方法
- GB/T 12936 太阳能热利用术语

GB/T 13793 直缝电焊钢管

GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制品热镀锌层技术要求

GB/T 15056 铸造表面粗糙度 评定方法

GB/T16825.1 静力单轴试验机的检验 第1部分：拉力和(或)压力试验机测力系统的检验与校准

GB/T 17505 钢及钢产品 交货一般技术要求

GB/T 18593 熔融结合环氧粉末涂料的防腐蚀涂装

GB/T 18684 锌铬涂层 技术条件

GB/T 21835 焊接钢管尺寸及单位长度重量

GB/T 26951 焊缝无损检测 磁粉检测

GB/T 26972 聚光型太阳能热发电术语

GB/T 28699 钢结构防护涂装通用技术条件

JB/T 5000.6 重型机械通用技术条件 铸钢件

JB/T 5000.12 重型机械通用技术条件 第12部分：涂装

JB/T 5000.13 重型机械通用技术条件 第13部分：包装

YB/T 081 冶金技术标准的数值修约与检测数值的判定原则

ISO 12944-1 色漆和清漆-防护漆体系对钢结构的防腐蚀保护

### 3 术语和定义

下列术语及其定义适用于本标准。

#### 3.1 塔式太阳能热发电 solar power tower

太阳能集热场由定日镜和位于高塔上的吸热器组成的太阳能热发电方式。

注：与GB/T26972表述的该术语含义相同。

#### 3.2 定日镜 heliostat

以机械驱动方式使太阳辐射恒定地朝一个方向反射的反射器。

注：1) 等同采用GB/T 12936有关该术语的表述；2) 定日镜包括反射镜、支架、传动装置和控制装置。

#### 3.3 定日镜支架 support structure of the heliostat

连接并支撑传动装置和反射镜的金属结构，包括立柱，支杆等。

### 3.4 定日镜采光口 heliostat aperture

允许非汇聚太阳辐射进入的定日镜开口。

注：等同采用GB/T 12936有关该术语的表述。

### 3.5 定日镜对日跟踪 sun-tracking of the heliostat

定日镜通过旋转运动实现跟踪太阳视运动并将太阳辐射会聚到吸热器。

### 3.6 定日镜高度角 elevation of the heliostat

定日镜旋转运动时定日镜采光口所在平面与水平面的夹角。

### 3.7 定日镜方位角 azimuth of the heliostat

定日镜旋转运动时定日镜采光口所在平面的法线方向在水平面上的投影与正南水平轴线的夹角。

注：南偏东为负值，南偏西为正值。

### 3.8 定日镜姿态 heliostat orientation

定日镜旋转运动时反射镜采光口所在平面的法线方向，由高度角和方位角描述。

### 3.9 定日镜保护姿态 stow position of the heliostat

定日镜在大风或其它恶劣气象条件下，避免被破坏所处的姿态。

### 3.10 工作风速 operational wind speed

不影响定日镜保持设计跟踪准确度而正常工作的最大风速。

注：1) 由定日镜提供者依据定日镜所处地理环境和气象条件确定；2) 没有明确规定时，工作风速推荐值为14m/s；

3) 风速为距离地面10m高度处的平均风速测试值。

### 3.11 第一抗风强度设计条件 first strength design condition for wind-resistance

保证定日镜在任何姿态下不被破坏的风荷载条件。

注：1) 由定日镜提供者依据定日镜所处地理环境和气象条件确定；2) 没有明确规定时，风速推荐值为20m/s；3)

风速为距离地面10m高度处的平均风速测试值。

### 3.12 第二抗风强度设计条件 second strength design condition for wind-resistance

保证定日镜在保护姿态下不被破坏的最大风荷载条件。

注：1) 由定日镜提供者依据定日镜所处地理环境和气象条件确定；2) 没有明确规定时，风速推荐值为30m/s；3) 风速为距离地面10m高度处的平均风速测试值。

### 3.13 热浸镀锌 hot dip galvanizing

将经过前处理的钢或铸铁制件浸入熔融的锌浴中，在其表面形成锌和(或)锌-铁合金镀层的工艺过程和方法。

### 3.14 熔融结合环氧粉末涂料（喷粉） fusion bonded epoxy coating powder

以环氧树脂为主要成膜材料的热固性熔融结合粉末涂料，亦称“熔结环氧粉末涂料”，本标准中简称“喷粉”。

### 3.15 色漆（喷漆） paint

含有颜料的一类涂料，涂于底材时，能形成具有保护、装饰或特殊性能的不透明薄膜。本标准中简称“喷漆”。

注：该术语等同采用ISO 12944-1定义3.7。

### 3.16 锌铬镀层 Zinc/Chromate coatings

将水基锌铬涂料浸涂、刷涂或喷涂于钢铁零件或构件表面，经烘烤形成的以磷片状锌和锌的铬酸盐为主要成分的无机防腐蚀涂层。

### 3.17 数值修约 rounding off for values

在进行具体的数字运算前，通过省略原数值的最后若干位数字，调整保留的末位数字，使最后所得到的值最接近原数值的过程。

## 4 检验总则

4.1 定日镜支架是定日镜的重要组成部件之一，支架质量和性能的好坏对定日镜对日跟踪精度、整体性能和寿命具有很大影响。为在塔式太阳能热发电系统中做到定日镜支架的技术先进、安全适用、确保质量和性能要求，制定本标准。



4.2 本标准规定的定日镜支架质量与性能检验项目包括：外观质量检验，材料质量与性能检验，紧固件联接性能检验，焊接质量检验，防腐能力检验，抗风振能力和抗破坏能力检验。

4.3 针对各项检验项目，本标准规定了相应的检验条件和要求，检验仪器和设备，检验方法，以及检验结果分析。

## 5 外观

### 5.1 检验项目

- a) 热浸镀锌外观；
- b) 喷粉外观；
- c) 喷漆外观；
- d) 锌铬镀层外观

### 5.2 检验条件及要求

#### 5.2.1 外观通用检验要求

如有样板优先按样板进行判断，其它表面缺陷的程度不能超出本标准的规定。

所有结构件外观缺陷的判定，是基于不影响产品功能前提下进行的判定。

所有影响产品功能和组装、安装的外观缺陷，均可判为不合格。

如果一个缺陷与多个检验项目相关，则任一项缺陷类型不符合要求，则不予接受。

#### 5.2.2 热浸镀锌外观质量要求

主要表面应平滑，无滴瘤、粗糙和锌刺（如果这些锌刺会造成伤害），无起皮，无漏镀，无残留的溶剂渣，在可能影响热浸锌工件的使用或耐腐蚀性能的部位不应有锌瘤和锌灰。

只要镀层的厚度大于规定值，被镀制件表面允许存在发暗或浅灰色的色彩不均布区别。潮湿条件下存储的镀锌工件，表面允许有白锈（以碱式氧化锌为主的白色或灰色腐蚀产物）存在。

以连续热镀锌钢板及钢带制成且不再进行表面处理的构件，钢板及钢带表面不应有漏镀、镀层脱落、肉眼可见裂纹等影响用户使用的缺陷。不切边钢带边部允许存在微小锌层裂纹和白边。

钢板及钢带各级别表面质量特征应符合 GB/T2518 规定。

#### 5.2.3 喷粉外观质量要求

涂层表面光滑、平整、色泽均匀，没有金属熔融粗颗粒、起皮、流痕、裂纹、剥落、缩孔及其他影响防护性能的缺陷。对装饰要求不高的表面，允许很轻微的结疤。

如涂层仅有轻微橘皮，颜色符合客户要求或用仪器测试在商定的色差范围内，则可评为“涂层外观正常”。涂层色差的目视比色应按 GB/T 9761 规定执行。

#### 5.2.4 喷漆外观质量要求

表面不应误涂、漏涂，涂层表面应平整、均匀一致，涂层无明显流挂、皱纹、起泡、针孔、裂纹和返修现象。对装饰效果要求不高的防护涂层，允许轻微桔皮和局部轻微流挂。

漆膜色差应在供需双方商定的色差范围内。漆膜色差的目视比色应按 GB/T 9761 执行。

#### 5.2.5 锌铬镀层外观质量要求

锌铬涂层的基本色调应呈银灰色，经改性也可以获得其他颜色，如黑色等。锌铬涂层应连续，无漏涂、气泡、剥落、裂纹、麻点、夹杂物等缺陷。涂层应基本均匀，无明显的局部过厚现象。涂层不应变色，但是允许有小黄色斑点存在。

### 5.3 检验方法

#### 5.3.1 热浸镀锌外观检验

根据本标准 5.2.2 规定的质量要求，目测热镀锌制件，检查不合格的制件应按 GB/T 13912 规定进行修复或重镀后再交送重新检查。

#### 5.3.2 喷粉外观检验

根据本标准 5.2.3 规定的质量要求，目测喷粉制件，检查不合格的制件应按 GB/T 18593 规定进行修补后再交送重新检查。

#### 5.3.3 喷漆外观检验

根据本标准 5.2.4 规定的质量要求，目测喷漆制件，检查不合格的制件应按 GB/T 28699 规定进行修补后再交送重检查。

#### 5.3.4 锌铬镀层外观检验

根据本标准 5.2.5 规定的质量要求，目测锌铬镀层制件，检查不合格的制件应按 GB/T 18684 进行修补或重镀后再交送重检查。

## 6 材料

### 6.1 适用的材料范畴

#### a) 碳素结构钢

- b) 优质碳素结构钢
- c) 冷轧钢板和钢带
- d) 焊接管材
- e) 铸钢件

## 6.2 检验条件及要求

### 6.2.1 碳素结构钢

#### a) 使用范围

对于无受力要求的定日镜支架零部件，可选用任一牌号的碳素结构钢。

对于有受力要求且最低使用温度到达-20℃的定日镜支架零部件，应选用力学性能不低于牌号 Q235 的钢材，且钢材质量等级不低于 B 级。

对于定日镜支架主要受力零部件，如用于传递扭矩的零部件，不建议使用碳素结构钢。

#### b) 尺寸、外形、重量及允许偏差

钢板、钢带、型钢和钢棒的尺寸、外形、重量及允许偏差应分别符合相应标准的规定。

#### c) 牌号和化学成分

钢的牌号和化学成分（熔炼分析）应符合表 1 的规定。

表 1

牌号	统一数字代号	等级	厚度（或直径）/mm	脱氧方法	化学成分(质量分数)/%，不大于				
					C	Si	Mn	P	S
Q195	U11952	—	—	F、Z	0.12	0.30	0.50	0.035	0.040
Q215	U12152	A	—	F、Z	0.15	0.35	1.20	0.045	0.050
	U12155								0.045
Q235	U12352	A	—	F、Z	0.22	0.35	1.40	0.045	0.050
	U12355	B			0.20 <sup>b</sup>				0.045
	U12358	C		Z	0.17			0.040	0.040
	U12359	D		TZ				0.035	0.035
Q275	U12752	A	—	F、Z	0.24	0.35	1.50	0.45	0.050
	U12755	B	≤40	Z	0.21			0.45	0.045
			>40		0.22				

	U12758	C	—	Z	0.20			0.040	0.040
	U12759	D		TZ				0.035	0.035

a 表中为镇静钢、特殊镇静钢牌号的统一数字，沸腾钢牌号的统一数字代号如下：

Q195F—U11950；

Q215AF—U12150，Q215BF—U12153；

Q235AF—U12350，Q235BF—U12353；

Q275AF—U12750。

b 经需方同意，Q235B 的含碳量可不大于 0.22%。

注：成品钢材、连铸坯的化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 表 1 的规定。沸腾钢成品钢材和钢坯的化学成分偏差不作保证。

#### d) 力学性能

钢的力学性能，拉伸和冲击试验、弯曲试验结果应符合 GB/T 700 的相关规定。

在保证钢材力学性能符合本标准规定的情况下，各牌号 A 级钢的碳、锰、硅含量可以不作为交货条件，但其含量应在质量证明书中注明。

#### e) 检验规则

钢材的检验规则应符合 GB/T 700 的相关规定。

#### f) 包装、标志、质量证明书

钢材的包装、标志和质量证明书应符合 GB/T 247 和 GB/T 2101 的相关规定。

### 6.2.2 优质碳素结构钢

#### a) 使用范围

对于有受力要求且最低使用温度到达-20℃的定日镜支架零部件，应选用力学性能不低于牌号 20 的钢材。

#### b) 尺寸、外形、重量及允许偏差

1) 热轧圆钢和方钢的尺寸、外形、重量及其允许偏差应符合 GB/T 702 有关规定，具体要求应在合同中注明。

2) 锻件圆钢和方钢的尺寸、外形、重量及其允许偏差应符合 GB/T 908 的有关规定，具体要求应在合同中注明。

3) 其他截面形状钢材的尺寸、外形、重量及其允许偏差应符合相应标准的规定。

#### c) 牌号、代号及化学成分

1) 钢的牌号、统一数字代号及化学成分(熔炼分析)应符合 GB/T 699 的规定。

2) 钢材(或坯)的化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

#### d) 力学性能

用热处理(正火)毛坯制成的试样测定钢材的纵向力学性能(不包括冲击吸收功)应符合 GB/T 699 表 3 的规定。以热轧或热锻状态交货的钢材,如供方能保证力学性能合格证时,可不进行试验。

根据需方要求,用热处理(淬火+回火)毛坯制成试样测定 25-50、25Mn-50Mn 钢的冲击吸收功应符合 GB/T 699 表 3 的规定。

直径小于 16 mm 的圆钢和厚度不大于 12 mm 的方钢、扁钢,不作冲击试验。

GB/T 699-1999 表 3 所列的力学性能仅适用于截面尺寸不大于 80 mm 的钢材。对大于 80 mm 的钢材,允许其断后伸长率、断面收缩率比 GB/T 699 表 3 的规定分别降低 200(绝对值)及 5%(相对值)。

用尺寸大于 80 mm 至 120 mm 的钢材改锻(轧)成 70 mm 至 80 mm 的试料取样检验时,其试验结果应符合 GB/T 699 表 3 规定。

用尺寸大于 120 mm 至 250 mm 的钢材改锻(轧)成 90 mm 至 100 mm 的试料取样检验时,其试验结果应符合 GB/T 699 表 3 规定。

切削加工用钢材或冷拔坯料用钢材交货状态硬度应符合 GB/T 699 表 3 规定。不退火钢的硬度,供方若能保证合格时,可不作检验。高温回火或正火后的硬度指标,由供需双方协商确定。

#### e) 检验规则

钢材的检验规则按照 GB/T 700 执行。

#### f) 包装、标志、质量证明书

钢材的包装、标志和质量证明书应符合 GB/T 247 和 GB/T 2101 的规定。

### 6.2.3 冷轧钢板和钢带

#### a) 使用范围

冷轧钢板和钢带主要适用于定日镜的镜架零件、钣金箱体等薄壁件。

对于平整度有较高要求的零件,应选用较高精度 PF.B 的板材,对壁厚要求较高的零件应选用较高精度 PT.B 板材。

#### b) 尺寸允许偏差

##### 1) 厚度允许偏差

规定的最小屈服强度小于 280MPa 的钢板和钢带的厚度允许偏差应符合 GB/T 708 表 2 的规定。

规定的最小屈服强度为 280MPa- $<$ 360MPa 的钢板和钢带的厚度允许偏差比 GB/T 708 表 2 的规定值

增加 20%；规定的最小屈服强度为不小于 360MPa 的钢板和钢带的厚度允许偏差比 GB/T 708 表 2 的规定值增加 40%。

2) 宽度、长度允许偏差

切边钢板、钢带的宽度允许偏差应符合 GB/T 708 表 3 的规定；不切边的钢板，钢带的宽度允许偏差由供需双方商定。

纵切钢带的宽度允许偏差应符合 GB/T 708 表 4 的规定。

钢板的长度允许偏差应符合 GB/T 708 表 5 的规定。

3) 平整度允许偏差

钢板的不平度应符合 GB/T 708 表 6 的规定值。

c) 检验规则

钢板和钢带各项检查和检验结果的数值修约应符合 YB/T 081 的规定。

钢板和钢带的复验与判定应按 GB/T 17505 的规定进行。

d) 包装、标志、质量证明书

钢材的包装、标志和质量证明书应符合 GB/T 247 的规定。

### 6.2.4 焊接管材

a) 使用范围

焊管适用于定日镜镜架的主要支撑件，以及定日镜桩基部分等。

用于镜架部分的焊管，应选用外径、壁厚、弯曲度精度较高的焊管。具体选择范围由定日镜镜架实际使用情况决定。用于定日镜桩基部分的焊管，如无特殊要求，可选择普通精度的焊管。

b) 尺寸、外形、重量及允许偏差

1) 外径和壁厚允许偏差

钢管的外径(D)和壁厚(t)应符合 GB/T 21835 的规定。根据特殊要求，也可选用 GB/T21835 规定以外尺寸的钢管。

钢管外径和壁厚的允许偏差应分别符合表 2 和表 3 的规定。当未注明钢管尺寸允许偏差级别时，钢管外径和壁厚的允许偏差按普通精度选取。

根据特殊要求，也可选用表 2 和表 3 规定以外尺寸允许偏差的钢管。

表 2 钢管的外径允许偏差

外径 (D)	普通精度 (PD. A)	较高精度 (PD. B)	高精度 (PD. C)
50—20	±0.30	±0.20	±0.10

>50—20	±0.50	±0.30	±0.15
>50—80	±1.0%D	±0.50	±0.30
>80—114.3	±1.0%D	±0.60	±0.40
>114.3—219.1	±1.0%D	±0.80	±0.60
>219.1	±1.0%D	±0.75%D	±0.5%D

表3 钢管的外径允许偏差

壁厚(t)	普通精度 (PD. A)	较高精度 (PD. B)	高精度 (PD. C)	同截面壁厚允许差*
0.50-0.60	±0.10	±0.06	+0.03 -0.05	≥7.5t
>0.60-0.80		±0.07	+0.04 -0.07	
>0.80-1.0	±0.10	±0.08	+0.04 -0.07	
>1.0-1.2	±10%t	±0.09	+0.05	
>1.2-1.4		±0.11	-0.09	
>1.4-1.5		±0.12	+0.05	
>1.5-1.6		±0.13	-0.11	
>1.6-2.0		±0.14	+0.07	
>2.0-2.2		±0.15	-0.13	
>2.2-2.5		±0.16	+0.08	
>2.5-2.8		±0.17	-0.16	
>2.8-3.2	±1.0t	±0.20	+0.10	≤7.5t
>3.2-3.8		±0.22	-0.20	
>3.8-4.0		±7.5t	±5t	
>4.0-5.5	±12.5t	±10t	±7.5t	

\* 不适合普通精度的钢管。同截面壁厚差指同一截面上实测壁厚的最大值与最小值之差。

2) 弯曲度偏差

外径不大于 16 mm 的钢管应具有不影响使用的弯曲度。

外径大于 16 mm 的钢管，其弯曲度应符合表 4 的规定。

表4 钢管的弯曲度

外径(D)/mm	弯曲度/(mm/m)，不大于
----------	----------------

	普通精度 (PD. A)	较高精度 (PD. B)	高精度 (PD. C)
>16	1.5	1.0	0.5

### 3) 不圆度偏差

钢管的不圆度应符合以下规定：

外径不大于 152 mm 时，应不大于外径允许公差值的 75%；外径大于 152 mm 时，应不大于外径允许公差。

### c) 检验规则

钢材的检验规则应按照 GB/T 13793 执行。

### d) 包装、标志、质量证明书

钢材的包装、标志和质量证明书应符合 GB/T 2102 的规定。

## 6.2.5 铸钢件

### a) 使用范围

铸钢件主要适用于定日镜的传动部分、连接件、以及其他壳体类零件。

对于在低温环境下使用的受力零部件，应选用低温冲击性能较好的牌号，当某项力学性能试验结果不符合规定时，供方应对该项进行复试。

使用球墨铸铁的零部件，铸件技术要求应符合 GB/T 1348 的规定。

### b) 牌号、化学成分和力学性能

铸钢牌号、化学成分和力学性能应符合表 5 和表 6 的规定。

表 5 铸钢的化学成分

材料牌号	化学成分									
	C	si	Mn	S	p	残余元素				
						Ni	Cr	Cu	Mo	V
ZG200-400	0.20	0.50	0.80	0.04	0.04	0.30	0.35	0.30	0.20	0.05
ZG230-450	0.30									
ZG270-500	0.40									
ZG310-570	0.50									
ZG340-640	0.60									
		0.60								

注 1：各牌号对上限每减少 0.01% 的碳，可增加 0.04% 的锰，ZG200-400 的锰至多为 1.00%，其余四个牌号的锰至多为 1.20%。

注 2：残余元素总量不大于 1.00%。如需方无要求，残余元素可不进行分析。



表 6 铸钢的力学性能

材料牌号	力学性能 $\geq$					
	屈服点 $\sigma_s$ 或 屈服强度 $\sigma_{0.2}$ MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ MPa	伸长率 $\delta$ %	收缩率 $\psi$ %	冲击吸收功	
					$A_{KV}$	$A_{KU}$
ZG200-4000	200	400	25	40	30	47
ZG230-450	230	450	22	32	25	35
ZG270-500	270	500	18	25	22	27
ZG310-570	310	570	15	21	15	24
ZG340-640	340	640	10	18	10	16

注 1: 需方无要求时,  $A_{KV}$ 、 $A_{KU}$  由供方任选一种。  
注 2: 表中所列的各牌号性能适用于厚度不大于 100mm 的铸件。当铸件厚度大于 100mm 时, 表中规定的屈服强度仅供设计参考。

c) 力学性能试验

力学性能试验应按照 JB/T 5000.6 条文 4.2 规定执行。

d) 尺寸公差等级

铸件的尺寸公差等级应符合 GB/T 6414 规定。

e) 铸钢件表面质量

铸件表面质量用目视进行检查。铸件上的粘砂、夹砂、飞边、毛刺、浇冒口和氧化皮等应清除干净。

铸件表面粗糙度评定方法按 GB/T 6060.1 和 GB/T 15056 的规定执行。

f) 检验规则

铸件的检验规则应按照 JB/T 5000.6 执行。

g) 涂装与包装

铸件在检验合格后应进行涂装与包装, 涂装应符合 JB/T 5000.12 的规定, 包装应符合 JB/T 5000.13 的规定。

6.3 检验方法

a) 对定日镜支架所使用的材料, 要求提供材料清单和相应的检验报告或质量证明书, 并按有关标准判断材料是否合格。

b) 不能提供材料检验报告或质量证明书时, 需按照上述“检验规则”中指定的标准进行检验。

7 紧固件联接

## 7.1 检验项目

- a) 紧固件压紧力检验
- b) 紧固件防松检验
- c) 紧固件盐雾检验（耐腐蚀性检验）

## 7.2 紧固件压紧力检验

### 7.2.1 检验设备与器材

- a) 万能拉力试验机或其它加载设备（拉力试验机应符合GB/T 16825.1的规定）。
- b) 夹具；
- c) 标准试验样件。

### 7.2.2 检验条件及要求

- a) 试验应在常温、常压环境中进行；
- b) 试验预夹紧力按试验要求或试件的工作夹紧力确定；
- c) 每个型号紧固件取5件作为测试试件，如果在试验中发现有1件测试结果有较大差异时，则应补充3件。同组出现2件试件存在较大差异时，判定为该组紧固件压紧力试验不合格。

### 7.2.3 检验方法及步骤

- a) 从产品抽取试件，并保持试件表面清洁，将标准试验样件用测试紧固件连接，并用扭矩扳手/夹紧工具将紧固件拧紧；
- b) 将拉力试验机调整到预定的装夹位置；
- c) 将用测试紧固件连接好的标准试验样件装夹到拉力试验机上，装夹试验件时应避免斜拉。
- d) 开始试验，观察记录电脑显示数据曲线，至试验样件滑移到预定数值时停机，记录样件滑移时拉力机的拉力。

### 7.2.4 检验结果分析

通过对比拉力-滑移曲线，可以得出试验样件的最大静摩擦力并计算出紧固件的压紧力。

## 7.3 紧固件防松检验

### 7.3.1 检验设备与器材

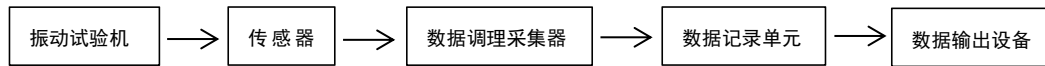


图1 试验机构成框图

振动试验机要求如下：

- a) 满足试验频率和试验振幅的要求，横向振动波形应为正弦波；
- b) 夹紧力测量误差应在±3%以内；
- c) 横向位移误差应在±1%以内。

### 7.3.2 检验条件及要求

- a) 试验应在常温、常压、清洁的环境中进行；
- b) 试验预夹紧力按试验要求或试件的工作夹紧力确定；
- c) 每组紧固件取10件作为测试试件，如果在试验中发现有1件振动特性、安装或拆卸力矩等方面有较大差异时，则应补加15件。同组出现2件试件存在较大差异时，判定为该组紧固件振动试验不合格；
- d) 其余条件应符合GB/T 10431的规定。

### 7.3.3 检验方法及步骤

- a) 从产品抽取试件，并保持试件表面清洁；
- b) 将振动试验机调整到预定的空载频率（转速），调整偏心量使之达到预定的空载振幅；
- c) 将试验件装夹在试验装置上，用扭矩扳手/夹紧工具将紧固件拧紧到预定的扭矩或夹紧力，并记录下扭矩和夹紧力的原始数据；
- d) 开始试验，观察显示仪表，至夹紧力丧失到预定数值或达到一定振动次数时停机，连续记录夹紧力。

### 7.3.4 检验结果分析

通过对比时间-夹紧力曲线/振动次数-夹紧力曲线，可以得出紧固件在振动环境下的防松性能（自锁性能）。

## 7.4 紧固件盐雾检验（耐腐蚀性检验）

### 7.4.1 检验设备与器材

试验设备（必须抗盐雾腐蚀）包括盐雾箱、温度控制装置、喷雾装置和盐雾收集器等，均需符合GB/T 10125中有关中性盐雾试验（NSS）所用试验设备的规定。

### 7.4.2 检验条件及要求

- a) 对表面处理方式不同的紧固件，每种取4件作为试件，其中1件作为原始试件与试验试件进行比较，3件用于中性盐雾试验；
- b) 采用连续喷雾方式，中性盐雾试验周期不短于600小时；
- c) 试验溶液及其它试验条件符合GB/T 10125的规定。

#### 7.4.3 检验方法和步骤

- a) 试件依镀层性质与清洁程度而须做适当清洗，不能使用研磨剂及具有腐蚀或抑制作用的溶剂清洗，且清洗方法不得损伤表面。试样经洗净后(通过拨水性试验)，以干净布或吸水纸将水份擦干，或用无油之干燥空气吹干；
- b) 将试验紧固件试件按照GB/T 10125相关规定放置在试验箱内；
- c) 试件的排列，应使喷雾自由落至全部试件上，不应妨碍喷雾自由落下；试件不得相互接触，也不可以接触到金属性导体或有毛细现象作用的物质，以及其它支撑架以外的物品；盐水溶液不能从一个试样滴流到其它试样上；
- d) 紧固件试样如需进行试样识别标记，标记记号应覆于下方；
- e) 试验应采用连续喷雾的方式，在规定的试验周期内喷雾不得中断，只有当需要短暂观察时才能打开喷雾箱；
- f) 试验结束后取出试样，放在室内自然干燥0.5-1小时，然后用温度不高于35℃的清洁流动水轻轻清洗，以去除试件表面残留的盐雾溶液，再立即用吹风机吹干。

#### 7.4.4 检验结果分析

用目测法观察紧固件表面的变化，与未经过盐雾试验的紧固件样品进行比较，观察是否有腐蚀缺陷，如：镀层脱落、点蚀、锈蚀、气泡等。

## 8 焊接质量

### 8.1 检验设备与器材

本检验所采用的试验仪器及其技术要求如下：

检验工件所使用的仪器、工具，必须由取得CMA、CNAS标准正规资质的第三方计量检测机构进行定期检定/校准，且检定/校准证书在有效期内。

- a) 焊接检验尺：测量精度1 mm，高度20 mm，宽度45 mm。
- b) 磁粉探伤仪：

- 1) 提升力：旋转探头12kg；磁轭探头大于5kg（AC、带活关节）；马蹄探头大于5kg；磁环180Oe。
- 2) 探头极距：转探头100×100 mm；磁轭探头0—250mm可调；蹄探头0—165 mm可调；磁环Φ150 mm范围。
- 3) 探头工作电压：AC36V×2。
- 4) 探头工作电流：约8-12A。
- 5) 电源工作电压：AC220V±10%，50HZ。
- 6) 灵敏度：可清晰完整地显示（15/100）A型标准片上刻槽。

## 8.2 检验条件及要求

### 8.2.1 焊缝外观质量

- a) 焊缝外观应达到：外形均匀、成型较好，焊道与焊道、焊缝与基体金属间圆滑过渡。
- b) 当焊缝外观出现下列情况之一时，应采用表面无损探伤进行缺陷检测：
  - 1) 外观检查发现裂纹时，应对该批中同类焊缝进行100%的表面探伤；
  - 2) 外观检查怀疑有裂纹时，应对怀疑的部位进行表面探伤；
  - 3) 设计图纸规定进行表面探伤时，焊缝外观质量标准应符合GB/T 2694中的相关规定。

### 8.2.2 人员要求

- a) 检验人员应经过专门的基本理论和操作技能培训考试合格，并持证上岗。
- b) 无损探伤人员应由国家授权的专业考核机构考试合格，其相应的等级证书在有效期内，并按照考核合格项目及权限从事无损检测和审核工作。

## 8.3 检验方法

无损探伤应按照GB/T 26951中的规定进行相关检验。

## 9 防腐能力

### 9.1 检验项目

- a) 均匀性检验
- b) 附着性检验
- c) 涂层厚度检验

d) 附着量检验。

## 9.2 检验设备与器材

本检验所采用的试验仪器及其技术要求如下：

- a) 环境温度测试仪：测量范围0-100℃，测量精度1℃。
- b) 溶液密度测试仪：测量范围0-70° Bé，测量精度1° Bé。
- c) 金属涂镀层测厚仪：分辨率达到0.1 um，允许误差达1%，量程达10 mm。

硫酸铜实验溶液、落锤、溶解溶液。

## 9.3 检验条件及要求

### 9.3.1 均匀性检验

a) 用于试验的容器不得与硫酸铜溶液发生化学反应，并应有足够容积使试样在溶液中浸没，试样外缘距容器壁应不小于25 mm。

b) 试验时硫酸铜溶液的温度应为  $(18 \pm 2)$  °C。

### 9.3.2 附着性检验

- a) 锤头45号钢；重量210 g，锤刃硬度（肖式）40以上。
- b) 锤柄用橡木；重量约70 g。
- c) 底座钢板厚度15 mm，长宽250×250 mm，材质Q235-A。
- d) 重量的偏差：±1 g，几何尺寸偏差：±1 mm。

### 9.3.3 厚度检验

应用金属涂镀层测厚仪时，应经标准厚度试片校正后再使用。

### 9.3.4 附着量检验

- a) 试验用容器不得与溶解溶液发生化学反应，并应有足够容积使试样在溶解溶液中完全浸没。
- b) 试验时溶解溶液温度不应高于38℃。

## 9.4 检验方法

9.4.1 锌层均匀性按照GB/T 2694附录A中的规定进行检验。

9.4.2 锌层附着性按照GB/T 2694附录B中的规定进行检验。

9.4.3 锌层厚度按照GB/T 2694附录C中的规定进行检验。

9.4.4 锌层附着量按照GB/T 2694附录D中的规定进行检验。

## 10 抗风振能力和抗破坏能力

### 10.1 检验设备与器材

风速风向测试仪：风速量程0-100 m/s，测量精度 $\pm 0.3$  m/s，风向量程 $360^\circ$ ，测量精度 $\pm 3^\circ$ ；

应变传感器：电阻值 $120\ \Omega \sim 350\ \Omega$ ，应变率系数 $2.0 \sim 2.8$ ；

加速度传感器：灵敏度（ $\pm 20\%$ ， $1.02$ 毫伏/（米/秒<sup>2</sup>）），测量范围 $\pm 4905$ 米/秒<sup>2</sup>，频率范围 $2 \sim 8000$ 赫兹；

环境温度测试仪：测量范围 $-20^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ ，测量精度 $0.1^\circ\text{C}$ ；

数据采集装置：具有系统状态、校准设置和数据存储等功能。

### 10.2 检验条件及要求

定日镜支架需要同时满足下列三种工况下的抗风载能力要求：

a) 在工作风速条件下，在任何定日镜姿态下，支架构件所有节点处的最大位移导致的光斑偏移角度建议不超过 $2.9\ \text{mrad}$ 。

b) 在第一抗风强度设计条件下，在任何定日镜姿态下，支架构件、联接件和焊接部位都不发生破坏。“破坏”现象包括但不限于：支架构件或联接件发生裂纹、弯曲、折断，焊缝出现开裂。

c) 在第二抗风强度设计条件下，在设定的定日镜保护姿态下，支架构件、联接件和焊接部位都不发生破坏。“破坏”现象包括但不限于：支架构件或联接件发生裂纹、弯曲、折断，焊缝出现开裂。

### 10.3 检验方法

#### 10.3.1 测试仪器的布置和调试

a) 对于镜场定日镜，根据当地风荷载数据的历史资料统计和风向玫瑰图的分析，确定镜场位置处风的主导方向。在位于风的主导方向处的镜场最外圈选择定日镜为待测定日镜。将风速风向传感器安装于待测定日镜支架 $50$ 米范围内的主导风向上，二者间无障碍物，随时监测风速风向变化情况。

b) 对于单体定日镜，根据当时测试时的风速风向情况，将风速风向传感器安装于待测定日镜支架 $50$ 米范围内的上风向，二者间无障碍物，随时监测风速风向变化情况。

c) 根据定日镜支架结构特征，将适当数量的应变传感器布置在支架承载较大的构件部位处，将适当数量的加速度传感器布置在支架构件容易产生较大位移的部位处。

d) 将环境温度测试仪安装于待测定日镜支架20米范围内。

e) 将上述所有传感器和仪表的数据线缆接入到数据采集装置。开始采集数据前完成测试系统硬件和软件的调试。

### 10.3.2 工作风速条件下定日镜支架抗风振能力检测

a) 在工作风速条件下，根据风速风向传感器测得的风向，调整定日镜高度角和定日镜方位角，使得定日镜采光口所在平面的法线平行于风的主体方向，即如图2所示使得角度  $\beta = 0^\circ$ ， $\alpha = 90^\circ$ 。开启数据采集系统，保存采集的加速度等数据。

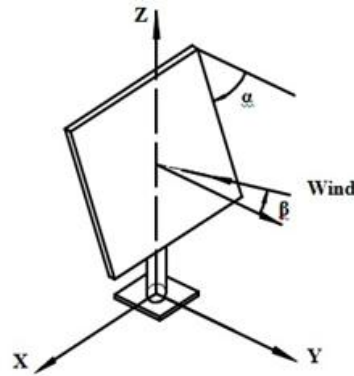


图2 定日镜姿态示意图

b) 保持角度  $\beta = 0^\circ$ ，调整定日镜高度角依次为  $\alpha = 60^\circ$ ， $30^\circ$ ， $0^\circ$ ，分别重复步骤 a)。

c) 测试数据分析与处理。将所得到的各测点的时域加速度信号通过傅里叶变换为频域加速度信号，然后再通过二次数值积分转换为位移信号。相关的计算公式如下：

$$a(t) = Ae^{j\omega t} \quad (1)$$

式中， $a(t)$ 为加速度信号在频率 $\omega$ 的傅里叶分量； $A$ 为对应 $a(t)$ 的系数， $j$ 为虚数，即 $\sqrt{-1}$ 。

$$\text{当初速度为0时， } v(t) = \int_0^t a(\tau) d\tau = \int_0^t Ae^{j\omega\tau} d\tau = \frac{A}{j\omega} e^{j\omega t} = Ve^{j\omega t} \quad (2)$$

式中， $v(t)$ 为速度信号在频率 $\omega$ 的傅里叶分量； $V$ 为对应 $v(t)$ 的系数， $V = \frac{A}{j\omega}$ 。

当初速度和初位移均为0时，

$$x(t) = \int_0^t \int_0^\tau a(\lambda) d\lambda d\tau = \int_0^t Ve^{j\omega\tau} d\tau = \frac{A}{-\omega^2} e^{j\omega t} = Xe^{j\omega t} \quad (3)$$



式中， $x(t)$ 为位移信号在频率 $\omega$ 的傅里叶分量； $X$ 为对应 $x(t)$ 的系数， $X = \frac{A}{-\omega^2}$ 。然后再通过傅里叶逆变换得到位移的时域信号。

d) 根据所测定日镜支架的结构形式和尺寸以及定日镜的焦距，将分析计算得到的最大位移量转化为由位移导致的光斑偏移角度。

e) 结果判定：在任何定日镜姿态下，所有测试点处支架构件的最大位移导致的光斑偏移角度建议不超过2.9 mrad。

### 10.3.3 第一抗风强度条件下定日镜支架抗破坏能力检测

a) 在第一抗风强度设计的风速条件下，根据风速风向传感器测得的风向，调整定日镜高度角和定日镜方位角，使得定日镜反射面法线平行于风的主体方向，即如图2所示使得角度 $\beta = 0^\circ$ ， $\alpha = 0^\circ$ 。开启数据采集系统，保存采集的应变等相关数据。

b) 保持角度 $\beta = 0^\circ$ ，调整定日镜高度角依次为 $\alpha = 30^\circ$ ， $60^\circ$ ， $90^\circ$ ，分别保存采集的应变等相关数据，数据采样要求同a)。

c) 调整角度 $\beta = 30^\circ$ ，调整定日镜高度角依次为 $\alpha = 90^\circ$ ， $60^\circ$ ， $30^\circ$ ， $0^\circ$ ，分别保存采集的应变等相关数据，数据采样要求同a)。

d) 依次调整角度 $\beta = 60^\circ$ ， $90^\circ$ ，重复步骤c)。

e) 数据分析与处理。将所得到的各测点的应变值转换为应力值，根据支架材料的物理和力学性能，判断支架在该风速条件下的抗破坏能力。应力 $\sigma$ 与应变 $\varepsilon$ 的基本关系式为：

$$\sigma = K\varepsilon \quad (4)$$

式中， $K$ 为应变片的灵敏度系数。

f) 结果判定：在任何定日镜姿态下，所有测试点处的最大应力不能超过支架构件材料相应的许用应力。定日镜支架构件的常用材料及其力学性能如表7所示。

表7 定日镜支架构件常用材料及其主要力学性能

材料 牌号	热处 理	毛坯直径/mm	硬度HB	抗拉强 度极限 $\sigma_B$ /MPa	抗拉屈 服极限 $\sigma_s$ /MPa	弯曲疲 劳极限 $\sigma_{-1}$ /MPa	扭转疲 劳极限 $\tau_{-1}$ /MPa	许用静 应力 $\sigma_{+1p}$ /MPa	许用疲劳 应力 $\sigma_{-1p}$ /MPa
Q235				440	240	180	105	176	120~138

20	正火	25	$\leq 156$	420	250	180	100	168	120~138
	正火	$\leq 100$	103~156	400	220	165	95	160	110~127
		$> 100\sim 300$		380	200	155	90	152	103~119
		$> 300\sim 500$		370	190	150	85	148	100~115
	回火	$> 500\sim 700$		360	180	145	80	144	96~111
35	正火	25	$\leq 187$	540	320	230	130	216	153~176
	正火	$\leq 100$	149~187	520	270	210	120	208	140~161
		$> 100\sim 300$		500	260	205	115	200	136~158
		$> 300\sim 500$	143~187	480	240	190	110	192	126~146
	回火	$> 500\sim 750$	137~187	460	230	185	105	184	123~142
		$> 750\sim 1000$		440	220	175	100	176	116~134
	调质	$\leq 100$	156~207	560	300	230	130	224	153~177
		$> 100\sim 300$		540	280	220	125	216	146~169
45	正火	25	$\leq 241$	610	360	260	150	244	173~200
	正火	$\leq 100$	170~217	600	300	240	140	240	160~184
		$> 100\sim 300$	162~217	580	290	235	135	238	156~180
		$> 300\sim 500$		560	280	225	130	224	150~173
	回火	$> 500\sim 750$	156~217	540	270	215	125	216	143~165
		调质	$\leq 200$	217~255	650	360	270	155	260

注：表7数据来源于参考文献1.

### 10.3.4 第二抗风强度条件下定日镜支架抗破坏能力检测

鉴于该风速条件不易达到，因此该测试项是可选的。

a) 在第二抗风强度设计的风速条件下，调整定日镜的姿态为设定的保护姿态，一般为 $\alpha = 90^\circ$ 。依次调整角度 $\beta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ ，开启数据采集系统，分别保存各姿态下采集的应变等相关数据。

b) 数据分析与处理同10.3.3 e)。

c) 结果判定：所有测试点处的最大应力不能超过支架构件材料相应的许用应力。定日镜支架构件的常用材料及其力学性能如表7所示。

参考文献:

1. 成大先, 机械设计手册, 第四版, 第2卷: p6-4, 化学工业出版社, 2002