

ICS 29. 280  
S 82

**TB**

# 中华人民共和国铁道行业标准

**TB/T 2286—2020**

代替 TB/T 2286. 1—2015, TB/T 2286. 2—2015

---

## 电气化铁路接触网预应力混凝土支柱

**Prestressed concrete poles  
for overhead contact system of electrified railways**

2020-09-01 发布

2021-03-01 实施

**国家铁路局 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 分类与命名 .....	3
5 技术要求 .....	16
6 检验方法 .....	22
7 检验规则 .....	28
8 标志与产品合格证 .....	31
9 储存及运输 .....	32

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 TB/T 2286.1—2015《电气化铁路接触网预应力混凝土支柱 第1部分:横腹杆式支柱》和 TB/T 2286.2—2015《电气化铁路接触网预应力混凝土支柱 第2部分:环形支柱》。本标准与 TB/T 2286.1—2015 和 TB/T 2286.2—2015 相比,除编辑性修改外,主要技术变化如下:

- 增加了支柱法兰盘示意图(见图2、图4和图5);
- 增加了横腹杆式支柱的导高检验弯矩(见表3、表4和表5);
- 修改了构造筋的技术要求(见5.1.6.3,2015年版的TB/T 2286.1中的5.2.6.3);
- 修改了支柱外观质量指标的规定(见表12和表13,2015年版的TB/T 2286.1中的表9和TB/T 2286.2中的表5);
- 修改了支柱尺寸允许偏差的规定(见表14和表15,2015年版的TB/T 2286.1中的表10和TB/T 2286.2中的表6);
- 增加了支柱检验弯矩技术要求(见5.9.1、5.9.2);
- 修改了外观质量和尺寸偏差的检测工具与检测方法(见表16,2015年版的TB/T 2286.1中的表11和TB/T 2286.2中的表7);
- 增加了横腹杆式支柱的导高检验弯矩试验方法(见6.3.3);
- 修改了抗裂检验弯矩的判定方法(见6.3.4.1,2015年版的TB/T 2286.1中的6.3.5.1);
- 删除了支柱预加应力反拱值(见2015年版的TB/T 2286.1中的附录A);
- 删除了锥形支柱的相关内容(见2015年版的TB/T 2286.2中的表4和图4)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中铁电气化局集团有限公司提出并归口。

本标准负责起草单位:中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所、中铁电气化局集团有限公司。

本标准参加起草单位:中铁第六勘察设计院集团有限公司、中铁检验认证中心有限公司、中铁电工保定制品有限公司、中铁电工德阳制品有限公司、中铁建电气化局集团西安电气化制品有限公司。

本标准主要起草人:仲新华、魏齐威、刘峰涛、苏婉玉、陈立明、朱长华、安湘英、邢彤、徐伟超、官义军、胡会良、党智刚。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- TB/T 2286—1991、TB/T 2286—1997、TB/T 2286—2003;
- TB/T 2286.1—2008、TB/T 2286.1—2015;
- TB/T 2286.2—2008、TB/T 2286.2—2015;
- TB/T 2287—1991、TB/T 2287—1997、TB/T 2287—2005。

# 电气化铁路接触网预应力混凝土支柱

## 1 范围

本标准规定了电气化铁路接触网横腹杆式和环形预应力混凝土支柱(以下简称支柱)的分类与命名,技术要求,检验方法,检验规则,标志和产品合格证,储存及运输。

本标准适用于电气化铁路接触网横腹杆式和环形支柱。城市轨道交通采用的同类接触网支柱可参照执行。

## 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 175 通用硅酸盐水泥

GB/T 700 碳素结构钢

GB/T 748 抗硫酸盐硅酸盐水泥

GB/T 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋

GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋

GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 4623 环形混凝土电杆

GB/T 5223 预应力混凝土用钢丝

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 14684 建设用砂

GB/T 14685 建设用卵石、碎石

GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 25020.4 电气化铁路接触网钢支柱 第4部分:H形支柱

GB 50017 钢结构设计标准

GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准

GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准

JC/T 540 混凝土制品用冷拔低碳钢丝

TB/T 3275 铁路混凝土

TB 10424 铁路混凝土工程施工质量验收标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。



3.1

标准检验弯矩 **standard test bending moment**

$M_k$

支柱在地面或基础顶面处(支柱法兰盘底面)的弯矩标准检验值。

3.2

柱顶挠度检验弯矩 **test bending moment for mast top deflection**

$M_s$

正常使用极限状态下悬挂方向柱顶挠度的检验弯矩(在地面或基础顶面处)。

注:包括悬挂荷载与风荷载,此时风速对应设计运行风速(或风偏设计风速)。

3.3

导高处挠度检验弯矩 **test bending moment for contact wire height deflection**

$M_w$

正常使用极限状态下悬挂方向接触线高度(导高)处支柱挠度的检验弯矩(在地面或基础顶面处)。

注:仅包括风荷载作用,此时风速对应设计运行风速(或风偏设计风速)。

3.4

露筋 **exposed steel**

支柱内部的钢筋未被混凝土包裹而外露。

3.5

裂缝 **crack**

支柱外表面伸入混凝土内部的缝隙。

3.6

蜂窝 **honeycomb**

混凝土表面因漏浆或缺少水泥砂浆而引起的蜂窝状空洞。

3.7

麻面 **pitted surface**

支柱外表面呈现的密集微孔。

3.8

粘皮 **peeling**

支柱外表面的水泥浆层被粘去后留下的粗糙表面。

3.9

碰伤掉角 **unfilled corner for crash**

支柱面积较大并有一定深度的混凝土被碰掉。

3.10

漏浆 **leakage**

支柱表面因水泥浆流失而露出骨料。

3.11

龟裂 **plastic crack**

支柱表面呈龟背纹路,无整齐的边缘和明显的深度。

3.12

水纹 **water graining**

支柱外表面湿润时呈现可见,水分蒸发后纹路随之消失的微细纹路。

3.13

塌落 slump

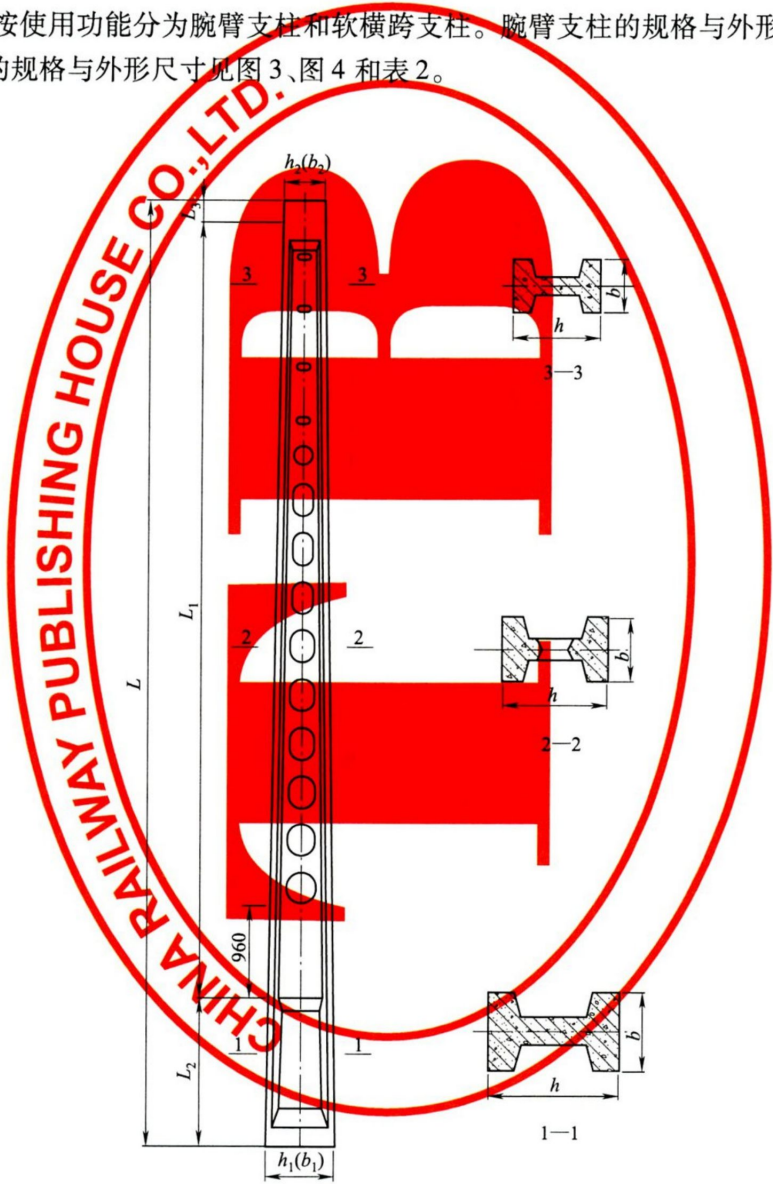
环形支柱内壁混凝土成块状脱落。

4 分类与命名

4.1 分类

横腹杆式支柱按使用功能分为腕臂支柱和软横跨支柱。腕臂支柱的规格与外形尺寸见图 1、图 2 和表 1。软横跨支柱的规格与外形尺寸见图 3、图 4 和表 2。

单位为毫米

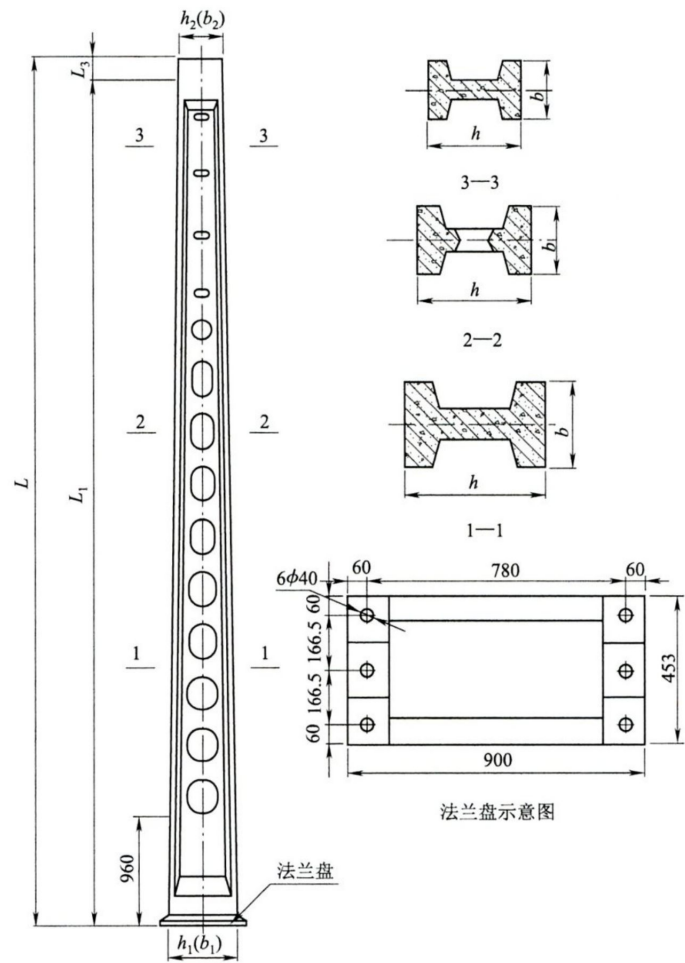


说明：

$L$ ——柱高； $h$ ——支柱的截面高度； $b$ ——支柱的截面宽度； $L_1$ ——荷载点高度； $L_2$ ——支持点高度；  
 $h_1$ ——柱底截面高度； $b_1$ ——柱底截面宽度； $L_3$ ——柱顶至荷载点距离（为 0.1 m）； $h_2$ ——柱顶截面高度；  
 $b_2$ ——柱顶截面宽度。

图 1 直埋式腕臂支柱示意图

单位为毫米



说明：  
 $L$ ——柱高； $h$ ——支柱的截面高度； $b$ ——支柱的截面宽度； $L_1$ ——荷载点高度； $h_1$ ——柱底截面高度； $b_1$ ——柱底截面宽度； $L_3$ ——柱顶至荷载点距离（为 0.1 m）； $h_2$ ——柱顶截面高度； $b_2$ ——柱顶截面宽度。

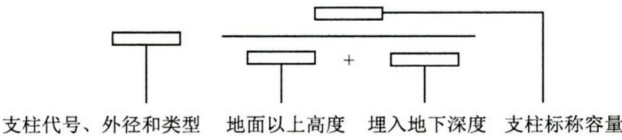
图 2 法兰型腕臂支柱示意图

横腹杆式支柱按结构设计风速分为结构设计风速为 30 m/s 的支柱、结构设计风速为 35 m/s 的支柱及结构设计风速为 40 m/s 的支柱。三种结构设计风速的支柱外形相同，标准检验弯矩见表 3～表 8。

环形支柱按支柱导高处挠度的要求不同分为普通型支柱和 T 形支柱，其规格与外形尺寸、标准检验弯矩见图 5、表 9、表 10 和表 11。其中，支柱地面以上高度可按 0.25 m 模数递减。

4.2 支柱表示方法

4.2.1 规格表示：



其中：

支柱代号：结构设计风速为 30 m/s 的横腹杆式支柱用 H 表示，结构设计风速为 35 m/s 的横腹杆式支柱用  $H_{35}$  表示，结构设计风速为 40 m/s 的横腹杆式支柱用  $H_{40}$  表示。

支柱外径：表示环形支柱的外径，单位为毫米（mm）。

支柱类型：表示普通型支柱或 T 形支柱。

支柱标称容量:表示支柱悬挂方向的标称容量,单位为千牛米( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )。

地面以上高度:表示支柱地面以上的高度,单位为米( $\text{m}$ )。

埋入地下深度:表示支柱埋入地下的深度,单位为米( $\text{m}$ )。无此项者表示法兰型支柱。

#### 4.2.2 规格示例如下:

示例 1:  $\text{H} \frac{60}{8.7+3.0}$

表示结构设计风速为  $30 \text{ m/s}$  的横腹杆式支柱,其悬挂方向的标称容量为  $60 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ,地面以上高度  $8.7 \text{ m}$ ,埋入地下深度  $3 \text{ m}$ 。

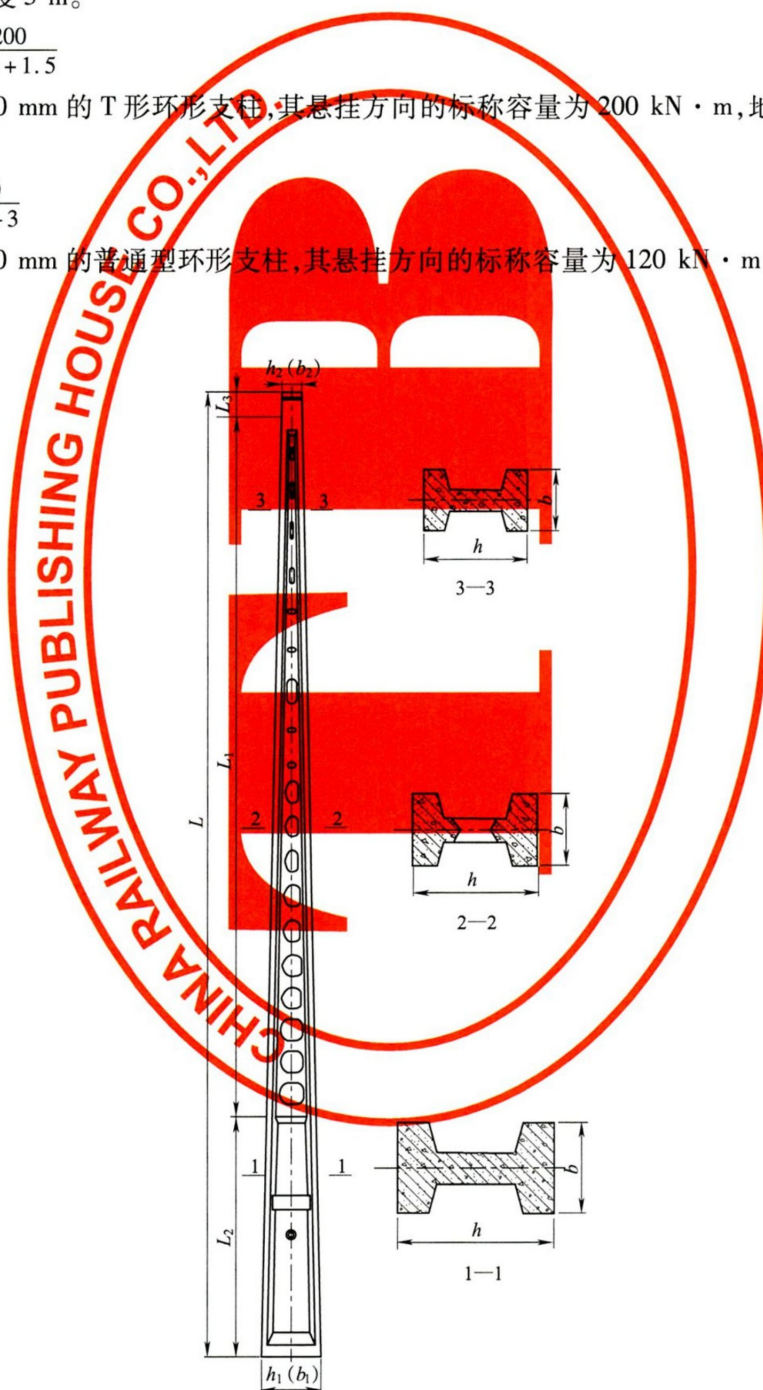
示例 2:  $\phi 350\text{T} \frac{200}{9.0+1.5}$

表示外径为  $350 \text{ mm}$  的 T 形环形支柱,其悬挂方向的标称容量为  $200 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ,地面以上高度  $9 \text{ m}$ ,埋入地下深度  $1.5 \text{ m}$ 。

示例 3:  $\phi 300 \frac{120}{9.0+3}$

表示外径为  $300 \text{ mm}$  的普通型环形支柱,其悬挂方向的标称容量为  $120 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ,地面以上高度  $9 \text{ m}$ ,埋入地下深度  $3 \text{ m}$ 。

单位为毫米



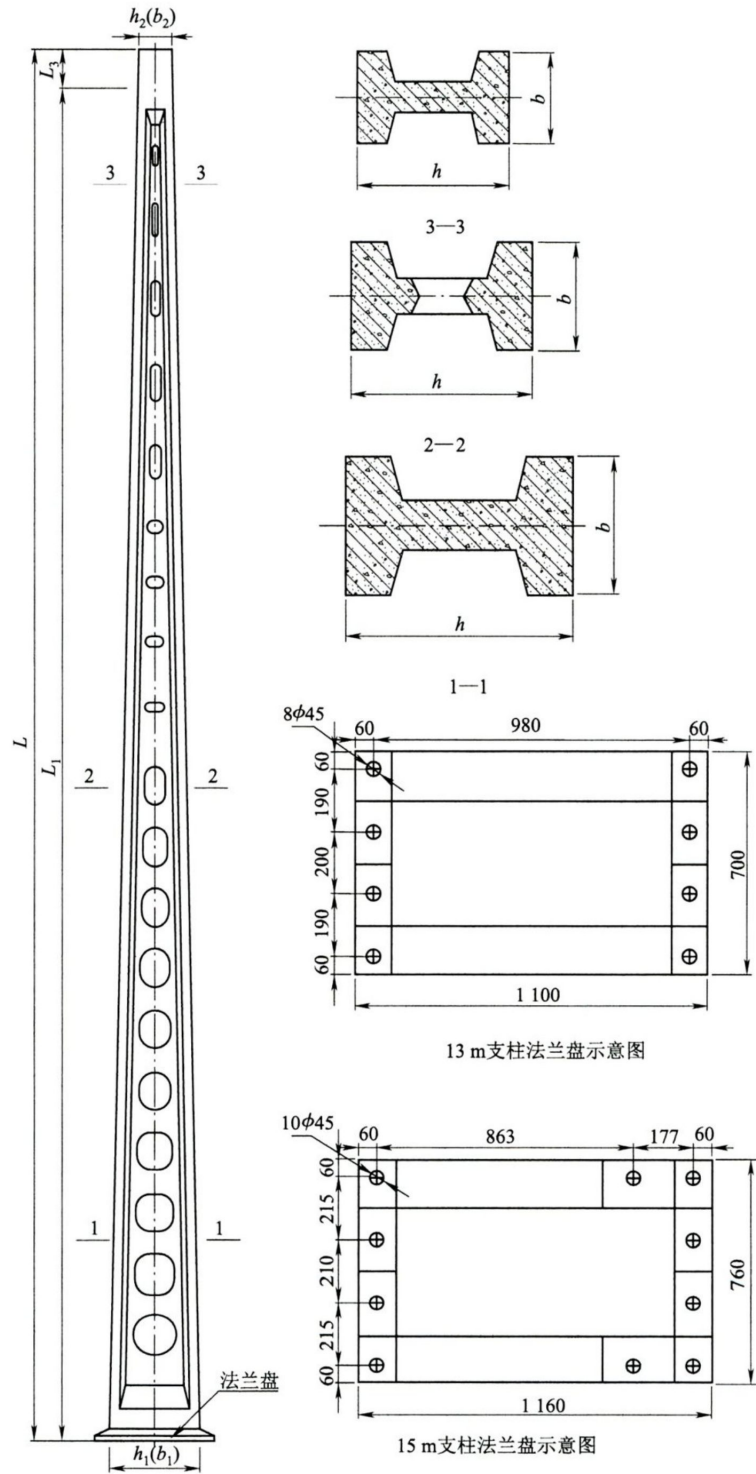
说明:

$L$ ——柱高; $h$ ——支柱的截面高度; $b$ ——支柱的截面宽度; $L_1$ ——荷载点高度; $L_2$ ——支持点高度; $h_1$ ——柱底截面高度; $b_1$ ——柱底截面宽度; $L_3$ ——柱顶至荷载点距离(为  $0.1 \text{ m}$ ); $h_2$ ——柱顶截面高度; $b_2$ ——柱顶截面宽度。

图 3 直埋式软横跨支柱示意图



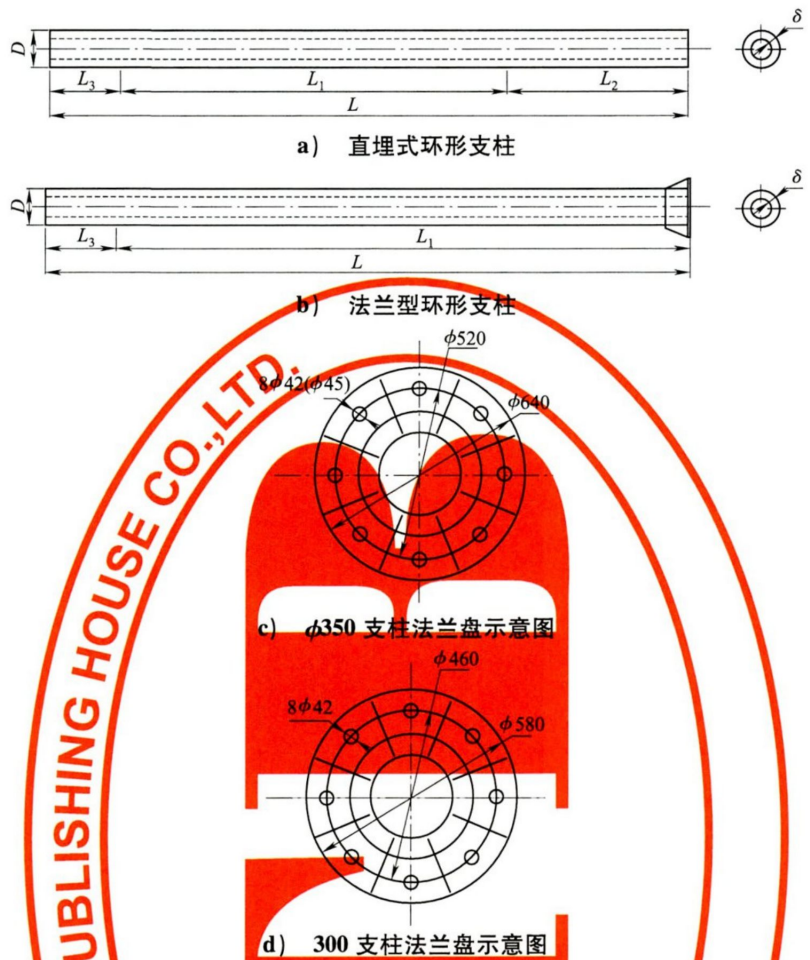
单位为毫米



说明：  
 $L$ ——柱高； $h$ ——支柱的截面高度； $b$ ——支柱的截面宽度； $L_1$ ——荷载点高度； $h_1$ ——柱底截面高度； $b_1$ ——柱底截面宽度； $L_3$ ——柱顶至荷载点距离（为 0.1 m）； $h_2$ ——柱顶截面高度； $b_2$ ——柱顶截面宽度。

图 4 法兰型软横跨支柱示意图

单位为毫米



说明：  
L——柱高；L<sub>1</sub>——荷载点高度；L<sub>2</sub>——支持点高度；L<sub>3</sub>——柱顶至荷载点距离（0.25 m）；D——外径；δ——壁厚。

图 5 环形支柱外形示意图  
表 1 腕臂支柱外形尺寸

支柱规格	柱高 m			柱底尺寸 mm		柱顶尺寸 mm		锥度	
	L	L <sub>1</sub> + L <sub>3</sub>	L <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>
$H \frac{60}{8.5+3.0}$	11.5	8.5	3.0	705	291	418	214	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{60}{8.7+3.0}$	11.7	8.7	3.0	705	291	413	213	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{60}{9.0+3.0}$	12.0	9.0	3.0	705	291	405	211	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{60}{9.2+3.0}$	12.2	9.2	3.0	705	291	400	210	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{60}{8.5+1.5}$	10	8.5	1.5	668	281	418	214	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{60}{8.7+1.5}$	10.2	8.7	1.5	668	281	413	213	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{60}{9.0+1.5}$	10.5	9	1.5	668	281	405	211	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{60}{9.2+1.5}$	10.7	9.2	1.5	668	281	400	210	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{60}{8.5}$	8.5	8.5	0	630	271	418	214	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$

表 1 腕臂支柱外形尺寸(续)

支柱规格	柱高 m			柱底尺寸 mm		柱顶尺寸 mm		锥度	
	$L$	$L_1 + L_3$	$L_2$	$h_1$	$b_1$	$h_2$	$b_2$	$i_1$	$i_2$
$H \frac{60}{8.7}$	8.7	8.7	0	630	271	413	213	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{60}{9.0}$	9.0	9.0	0	630	271	405	211	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{60}{9.2}$	9.2	9.2	0	630	271	400	210	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{78}{8.5+3.0}$	11.5	8.5	3.0	705	291	418	214	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{78}{8.7+3.0}$	11.7	8.7	3.0	705	291	413	213	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{78}{9.0+3.0}$	12.0	9.0	3.0	705	291	405	211	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{78}{9.2+3.0}$	12.2	9.2	3.0	705	291	400	210	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{78}{8.5+1.5}$	10	8.5	1.5	668	281	418	214	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{78}{8.7+1.5}$	10.2	8.7	1.5	668	281	413	213	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{78}{9.0+1.5}$	10.5	9	1.5	668	281	405	211	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{78}{9.2+1.5}$	10.7	9.2	1.5	668	281	400	210	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{78}{8.5}$	8.5	8.5	0	630	271	418	214	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{78}{8.7}$	8.7	8.7	0	630	271	413	213	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{78}{9.0}$	9.0	9.0	0	630	271	405	211	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{78}{9.2}$	9.2	9.2	0	630	271	400	210	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{93}{8.5+3.0}$	11.5	8.5	3.0	705	291	418	214	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{93}{8.7+3.0}$	11.7	8.7	3.0	705	291	413	213	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{93}{9.0+3.0}$	12.0	9.0	3.0	705	291	405	211	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{93}{9.2+3.0}$	12.2	9.2	3.0	705	291	400	210	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{93}{8.5+1.5}$	10	8.5	1.5	668	281	418	214	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{93}{8.7+1.5}$	10.2	8.7	1.5	668	281	413	213	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{93}{9.0+1.5}$	10.5	9	1.5	668	281	405	211	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{93}{9.2+1.5}$	10.7	9.2	1.5	668	281	400	210	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{93}{8.5}$	8.5	8.5	0	630	271	418	214	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{93}{8.7}$	8.7	8.7	0	630	271	413	213	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{93}{9.0}$	9.0	9.0	0	630	271	405	211	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$



表1 腕臂支柱外形尺寸(续)

支柱规格	柱高 m			柱底尺寸 mm		柱顶尺寸 mm		锥度	
	$L$	$L_1 + L_3$	$L_2$	$h_1$	$b_1$	$h_2$	$b_2$	$i_1$	$i_2$
$H \frac{93}{9.2}$	9.2	9.2	0	630	271	400	210	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{110}{8.5+3.0}$	11.5	8.5	3.0	705	291	418	214	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{110}{8.7+3.0}$	11.7	8.7	3.0	705	291	413	213	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{110}{9.0+3.0}$	12.0	9.0	3.0	705	291	405	211	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{110}{9.2+3.0}$	12.2	9.2	3.0	705	291	400	210	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{110}{8.5+1.5}$	10	8.5	1.5	668	281	418	214	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{110}{8.7+1.5}$	10.2	8.7	1.5	668	281	413	213	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{110}{9.0+1.5}$	10.5	9.0	1.5	668	281	405	211	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{110}{9.2+1.5}$	10.7	9.2	1.5	668	281	400	210	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{110}{8.5}$	8.5	8.5	0	630	271	418	214	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{110}{8.7}$	8.7	8.7	0	630	271	413	213	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{110}{9.0}$	9.0	9.0	0	630	271	405	211	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{110}{9.2}$	9.2	9.2	0	630	271	400	210	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{150}$
注1:表中 $i_1$ 为支柱正面锥度, $i_2$ 为支柱侧面锥度。									
注2:表中支柱规格分母第二项为1.5者为采用杯型基础支柱,1.5为插入杯口深度,无此项者表示法兰型支柱。									

表2 软横跨支柱外形尺寸

支柱规格	柱高 m			柱底尺寸 mm		柱顶尺寸 mm		锥度	
	$L$	$L_1 + L_3$	$L_2$	$h_1$	$b_1$	$h_2$	$b_2$	$i_1$	$i_2$
$H \frac{90}{12+3.5}$	15.5	12	3.5	920	403	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{130}{12+3.5}$	15.5	12	3.5	920	403	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{170}{12+3.5}$	15.5	12	3.5	920	403	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{90}{12+1.5}$	13.5	12	1.5	840	390	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{130}{12+1.5}$	13.5	12	1.5	840	390	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{170}{12+1.5}$	13.5	12	1.5	840	390	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{150}{13}$	13	13	0	820	387	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{150}{15}$	15	15	0	900	400	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$



表2 软横跨支柱外形尺寸(续)

支柱规格	柱高 m			柱底尺寸 mm		柱顶尺寸 mm		锥度	
	$L$	$L_1 + L_3$	$L_2$	$h_1$	$b_1$	$h_2$	$b_2$	$i_1$	$i_2$
$H \frac{200}{13}$	13	13	0	820	387	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{200}{15}$	15	15	0	900	400	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{250}{13}$	13	13	0	820	387	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{250}{15}$	15	15	0	900	400	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{300}{15}$	15	15	0	900	400	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{350}{15}$	15	15	0	900	400	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{400}{15}$	15	15	0	900	400	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$
$H \frac{450}{15}$	15	15	0	900	400	300	300	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{150}$

注1:表中 $i_1$ 为支柱正面锥度, $i_2$ 为支柱侧面锥度。  
注2:表中支柱规格分母第二项为1.5者为采用杯型基础支柱,1.5为插入杯口深度,无此项者表示法兰型支柱。

表3 结构设计风速为30 m/s的腕臂支柱标准检验弯矩

单位为千牛米

支柱规格		$H \frac{60}{8.5+3.0}$	$H \frac{60}{9.0+3.0}$	$H \frac{78}{8.5+3.0}$	$H \frac{78}{9.0+3.0}$	$H \frac{93}{8.5+3.0}$	$H \frac{93}{9.0+3.0}$
		$H \frac{60}{8.5+1.5}$	$H \frac{60}{9.0+1.5}$	$H \frac{78}{8.5+1.5}$	$H \frac{78}{9.0+1.5}$	$H \frac{93}{8.5+1.5}$	$H \frac{93}{9.0+1.5}$
		$H \frac{60}{8.7+3.0}$	$H \frac{60}{9.2+3.0}$	$H \frac{78}{8.7+3.0}$	$H \frac{78}{9.2+3.0}$	$H \frac{93}{8.7+3.0}$	$H \frac{93}{9.2+3.0}$
		$H \frac{60}{8.7+1.5}$	$H \frac{60}{9.2+1.5}$	$H \frac{78}{8.7+1.5}$	$H \frac{78}{9.2+1.5}$	$H \frac{93}{8.7+1.5}$	$H \frac{93}{9.2+1.5}$
		$H \frac{60}{8.5}$	$H \frac{60}{9.0}$	$H \frac{78}{8.5}$	$H \frac{78}{9.0}$	$H \frac{93}{8.5}$	$H \frac{93}{9.0}$
		$H \frac{60}{8.7}$	$H \frac{60}{9.2}$	$H \frac{78}{8.7}$	$H \frac{78}{9.2}$	$H \frac{93}{8.7}$	$H \frac{93}{9.2}$
情况一	悬挂方向弯矩	65	65	85	85	100	100
	导高挠度弯矩 <sup>a</sup>	43	43	57	57	67	67
情况二	悬挂方向弯矩	54	54	73	73	87	87
	平行线路方向弯矩	11.6	12.6	11.6	12.6	11.6	12.6
情况三	反悬挂方向弯矩	65	65	85	85	70	70
情况四	平行线路方向弯矩	20	21	20	21	18	19

<sup>a</sup> 支柱地面以上高度小于或等于9 m时,按导高6.35 m检验;支柱地面以上高度大于9 m时,按导高7.5 m检验。

表4 结构设计风速为 35 m/s 的腕臂支柱标准检验弯矩

单位为千牛米

支柱规格		$H_{35} \frac{60}{8.5+3.0}$	$H_{35} \frac{60}{9.0+3.0}$	$H_{35} \frac{78}{8.5+3.0}$	$H_{35} \frac{78}{9.0+3.0}$	$H_{35} \frac{93}{8.5+3.0}$	$H_{35} \frac{93}{9.0+3.0}$
		$H_{35} \frac{60}{8.5+1.5}$	$H_{35} \frac{60}{9.0+1.5}$	$H_{35} \frac{78}{8.5+1.5}$	$H_{35} \frac{78}{9.0+1.5}$	$H_{35} \frac{93}{8.5+1.5}$	$H_{35} \frac{93}{9.0+1.5}$
		$H_{35} \frac{60}{8.7+3.0}$	$H_{35} \frac{60}{9.2+3.0}$	$H_{35} \frac{78}{8.7+3.0}$	$H_{35} \frac{78}{9.2+3.0}$	$H_{35} \frac{93}{8.7+3.0}$	$H_{35} \frac{93}{9.2+3.0}$
		$H_{35} \frac{60}{8.7+1.5}$	$H_{35} \frac{60}{9.2+1.5}$	$H_{35} \frac{78}{8.7+1.5}$	$H_{35} \frac{78}{9.2+1.5}$	$H_{35} \frac{93}{8.7+1.5}$	$H_{35} \frac{93}{9.2+1.5}$
		$H_{35} \frac{60}{8.5}$	$H_{35} \frac{60}{9.0}$	$H_{35} \frac{78}{8.5}$	$H_{35} \frac{78}{9.0}$	$H_{35} \frac{93}{8.5}$	$H_{35} \frac{93}{9.0}$
		$H_{35} \frac{60}{8.7}$	$H_{35} \frac{60}{9.2}$	$H_{35} \frac{78}{8.7}$	$H_{35} \frac{78}{9.2}$	$H_{35} \frac{93}{8.7}$	$H_{35} \frac{93}{9.2}$
情况一	悬挂方向弯矩	65	65	85	85	100	100
	导高挠度弯矩 <sup>a</sup>	43	43	57	57	67	67
情况二	悬挂方向弯矩	51	51	70	70	84	84
	平行线路方向弯矩	16.0	17.0	16.0	17.0	16.0	17.0
情况三	反悬挂方向弯矩	65	65	85	85	70	70
情况四	平行线路方向弯矩	22	23	22	23	20	21
<sup>a</sup> 支柱地面以上高度小于或等于 9 m 时,按导高 6.35 m 检验;支柱地面以上高度大于 9 m 时,按导高 7.5 m 检验。							

表5 结构设计风速为 40 m/s 的腕臂支柱标准检验弯矩

单位为千牛米

支柱规格		$H_{40} \frac{78}{8.5+3.0}$	$H_{40} \frac{78}{9.0+3.0}$	$H_{40} \frac{93}{8.5+3.0}$	$H_{40} \frac{93}{9.0+3.0}$	$H_{40} \frac{110}{8.5+3.0}$	$H_{40} \frac{110}{9.0+3.0}$
		$H_{40} \frac{78}{8.5+1.5}$	$H_{40} \frac{78}{9.0+1.5}$	$H_{40} \frac{93}{8.5+1.5}$	$H_{40} \frac{93}{9.0+1.5}$	$H_{40} \frac{110}{8.5+1.5}$	$H_{40} \frac{110}{9.0+1.5}$
		$H_{40} \frac{78}{8.7+3.0}$	$H_{40} \frac{78}{9.2+3.0}$	$H_{40} \frac{93}{8.7+3.0}$	$H_{40} \frac{93}{9.2+3.0}$	$H_{40} \frac{110}{8.7+3.0}$	$H_{40} \frac{110}{9.2+3.0}$
		$H_{40} \frac{78}{8.7+1.5}$	$H_{40} \frac{78}{9.2+1.5}$	$H_{40} \frac{93}{8.7+1.5}$	$H_{40} \frac{93}{9.2+1.5}$	$H_{40} \frac{110}{8.7+1.5}$	$H_{40} \frac{110}{9.2+1.5}$
		$H_{40} \frac{78}{8.5}$	$H_{40} \frac{78}{9.0}$	$H_{40} \frac{93}{8.5}$	$H_{40} \frac{93}{9.0}$	$H_{40} \frac{110}{8.5}$	$H_{40} \frac{110}{9.0}$
		$H_{40} \frac{78}{8.7}$	$H_{40} \frac{78}{9.2}$	$H_{40} \frac{93}{8.7}$	$H_{40} \frac{93}{9.2}$	$H_{40} \frac{110}{8.7}$	$H_{40} \frac{110}{9.2}$
情况一	悬挂方向弯矩	85	85	100	100	115	115
	导高挠度弯矩 <sup>a</sup>	57	57	67	67	77	77
情况二	悬挂方向弯矩	68	68	81	81	95	95
	平行线路方向弯矩	20.3	22.3	20.3	22.3	20.3	22.3
情况三	反悬挂方向弯矩	85	85	85	85	85	85
情况四	平行线路方向弯矩	25	27	25	27	25	27
<sup>a</sup> 支柱地面以上高度小于或等于 9 m 时,按导高 6.35 m 检验;支柱地面以上高度大于 9 m 时,按导高 7.5 m 检验。							



表6 结构设计风速为 30 m/s 的软横跨支柱标准检验弯矩

单位为千牛米

支柱规格		$H \frac{90}{12+3.5}$ $H \frac{90}{12+1.5}$	$H \frac{130}{12+3.5}$ $H \frac{130}{12+1.5}$	$H \frac{170}{12+3.5}$ $H \frac{170}{12+1.5}$	$H \frac{90}{12}$	$H \frac{130}{12}$	$H \frac{170}{12}$	$H \frac{150}{13}$	$H \frac{200}{13}$	$H \frac{250}{13}$	$H \frac{150}{15}$	$H \frac{200}{15}$	$H \frac{250}{15}$	$H \frac{300}{15}$	$H \frac{350}{15}$	$H \frac{400}{15}$	$H \frac{450}{15}$
情况一	悬挂 方向弯矩	90	130	170	90	130	170	150	200	250	150	200	250	300	350	400	450
	平行线路 方向弯矩	5	7	9	5	7	9	8	11	13	8	11	13	16	19	21	24
情况二	悬挂 方向弯矩	78	115	150	78	115	150	130	170	220	130	170	220	260	300	360	400
	平行线路 方向弯矩	29.0	31.0	34.0	29.0	31.0	34.0	37.1	39.2	41.8	53.4	55.5	58.1	60.7	62.8	65.9	68.0
情况三	反悬挂 方向弯矩	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	150	150
情况四	平行线路 方向弯矩	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	58.1	60.7	62.8	65.9	68.0

表7 结构设计风速为 35 m/s 的软横跨支柱标准检验弯矩

单位为千牛米

支柱规格		$H_{35} \frac{90}{12+3.5}$ $H_{35} \frac{90}{12+1.5}$	$H_{35} \frac{130}{12+3.5}$ $H_{35} \frac{130}{12+1.5}$	$H_{35} \frac{170}{12+3.5}$ $H_{35} \frac{170}{12+1.5}$	$H_{35} \frac{90}{12}$	$H_{35} \frac{130}{12}$	$H_{35} \frac{170}{12}$	$H_{35} \frac{200}{13}$	$H_{35} \frac{250}{13}$	$H_{35} \frac{200}{15}$	$H_{35} \frac{250}{15}$	$H_{35} \frac{300}{15}$	$H_{35} \frac{350}{15}$	$H_{35} \frac{400}{15}$	$H_{35} \frac{450}{15}$
情况一	悬挂 方向弯矩	90	130	170	90	130	170	200	250	200	250	300	350	400	450
	平行线路 方向弯矩	5	7	9	5	7	9	11	13	11	13	16	19	21	24
情况二	悬挂 方向弯矩	75	110	145	75	110	145	165	214	165	214	252	290	347	385
	平行线路 方向弯矩	38.5	40.5	44.0	38.5	40.5	44.0	49.8	52.4	71.8	74.4	77.4	79.4	82.4	84.4
情况三	反悬挂 方向弯矩	90	90	90	90	90	90	90	90	150	150	150	150	150	150
情况四	平行线路 方向弯矩	52	52	52	52	52	52	65	65	90	90	90	90	90	90

表8 结构设计风速为 40 m/s 的软横跨支柱标准检验弯矩

单位为千牛米

支柱规格		$H_{40} \frac{130}{12+3.5}$ $H_{40} \frac{130}{12+1.5}$	$H_{40} \frac{170}{12+3.5}$ $H_{40} \frac{170}{12+1.5}$	$H_{40} \frac{130}{12}$	$H_{40} \frac{170}{12}$	$H_{40} \frac{200}{13}$	$H_{40} \frac{250}{13}$	$H_{40} \frac{200}{15}$	$H_{40} \frac{250}{15}$	$H_{40} \frac{300}{15}$	$H_{40} \frac{350}{15}$	$H_{40} \frac{400}{15}$	$H_{40} \frac{450}{15}$
情况一	悬挂方向弯矩	130	170	130	170	200	250	200	250	300	350	400	450
	平行线路方向弯矩	7	9	7	9	11	13	11	13	16	19	21	24
情况二	悬挂方向弯矩	100	135	100	135	160	208	160	208	245	280	335	370
	平行线路方向弯矩	51.0	55.0	51.0	55.0	62.0	64.5	90.4	92.9	96.3	98.2	101.0	103.0
情况三	反悬挂方向弯矩	130	130	130	130	140	140	150	150	150	150	150	150
情况四	平行线路方向弯矩	65	65	65	65	70	70	110	110	110	110	110	110

表9  $\phi 350$  T形支柱的检验弯矩

单位为千牛米

支柱规格	标准检验弯矩 $M_k$	设计运行风速		
		柱顶挠度检验弯矩 $M_s$	导高 6.35 m 处挠度的检验弯矩 $M_w$	导高 7.5 m 处挠度的检验弯矩 $M_w$
$\phi 350T \frac{60}{9}, \phi 350T \frac{60}{9+1.5}, \phi 350T \frac{60}{9+3}$	60	60	45	—
$\phi 350T \frac{60}{10}, \phi 350T \frac{60}{10+1.5}, \phi 350T \frac{60}{10+3}$	60	60	—	34
$\phi 350T \frac{60}{11}, \phi 350T \frac{60}{11+1.5}, \phi 350T \frac{60}{11+3}$	60	60	—	33
$\phi 350T \frac{60}{12}, \phi 350T \frac{60}{12+1.5}$	60	60	—	32
$\phi 350T \frac{80}{9}, \phi 350T \frac{80}{9+1.5}, \phi 350T \frac{80}{9+3}$	80	80	48	—
$\phi 350T \frac{80}{10}, \phi 350T \frac{80}{10+1.5}, \phi 350T \frac{80}{10+3}$	80	80	—	35
$\phi 350T \frac{80}{11}, \phi 350T \frac{80}{11+1.5}, \phi 350T \frac{80}{11+3}$	80	80	—	34
$\phi 350T \frac{80}{12}, \phi 350T \frac{80}{12+1.5}$	80	80	—	33
$\phi 350T \frac{100}{9}, \phi 350T \frac{100}{9+1.5}, \phi 350T \frac{100}{9+3}$	100	100	51	—
$\phi 350T \frac{100}{10}, \phi 350T \frac{100}{10+1.5}, \phi 350T \frac{100}{10+3}$	100	100	—	36
$\phi 350T \frac{100}{11}, \phi 350T \frac{100}{11+1.5}, \phi 350T \frac{100}{11+3}$	100	100	—	35
$\phi 350T \frac{100}{12}, \phi 350T \frac{100}{12+1.5}$	100	95	—	34
$\phi 350T \frac{120}{9}, \phi 350T \frac{120}{9+1.5}, \phi 350T \frac{120}{9+3}$	120	120	54	—
$\phi 350T \frac{120}{10}, \phi 350T \frac{120}{10+1.5}, \phi 350T \frac{120}{10+3}$	120	120	—	39
$\phi 350T \frac{120}{11}, \phi 350T \frac{120}{11+1.5}, \phi 350T \frac{120}{11+3}$	120	120	—	38
$\phi 350T \frac{120}{12}, \phi 350T \frac{120}{12+1.5}$	120	110	—	37



表 9  $\phi 350$  T 形支柱的检验弯矩(续)

单位为千牛米

支柱规格	标准检验弯矩 $M_k$	设计运行风速		
		柱顶挠度检验弯矩 $M_s$	导高 6.35 m 处挠度的检验弯矩 $M_w$	导高 7.5 m 处挠度的检验弯矩 $M_w$
$\phi 350T \frac{140}{9}, \phi 350T \frac{140}{9+1.5}, \phi 350T \frac{140}{9+3.5}$	140	140	57	—
$\phi 350T \frac{140}{10}, \phi 350T \frac{140}{10+1.5}, \phi 350T \frac{140}{10+3.5}$	140	140	—	42
$\phi 350T \frac{140}{11}, \phi 350T \frac{140}{11+1.5}, \phi 350T \frac{140}{10.5+3.5}$	140	135	—	41
$\phi 350T \frac{140}{12}, \phi 350T \frac{140}{12+1.5}$	140	125	—	40
$\phi 350T \frac{160}{9}, \phi 350T \frac{160}{9+1.5}, \phi 350T \frac{160}{9+3.5}$	160	160	60	—
$\phi 350T \frac{160}{10}, \phi 350T \frac{160}{10+1.5}, \phi 350T \frac{160}{10+3.5}$	160	155	—	44
$\phi 350T \frac{160}{11}, \phi 350T \frac{160}{11+1.5}, \phi 350T \frac{160}{10.5+3.5}$	160	145	—	43
$\phi 350T \frac{160}{12}, \phi 350T \frac{160}{12+1.5}$	160	130	—	42
$\phi 350T \frac{180}{9}, \phi 350T \frac{180}{9+1.5}, \phi 350T \frac{180}{9+3.5}$	180	180	63	—
$\phi 350T \frac{180}{10}, \phi 350T \frac{180}{10+1.5}, \phi 350T \frac{180}{10+3.5}$	180	165	—	45
$\phi 350T \frac{180}{11}, \phi 350T \frac{180}{11+1.5}, \phi 350T \frac{180}{10.5+3.5}$	180	150	—	44
$\phi 350T \frac{180}{12}, \phi 350T \frac{180}{12+1.5}$	180	135	—	43
$\phi 350T \frac{200}{9}, \phi 350T \frac{200}{9+1.5}, \phi 350T \frac{200}{9+3.5}$	200	200	66	—
$\phi 350T \frac{200}{10}, \phi 350T \frac{200}{10+1.5}, \phi 350T \frac{200}{10+3.5}$	200	180	—	48
$\phi 350T \frac{200}{11}, \phi 350T \frac{200}{11+1.5}, \phi 350T \frac{200}{10.5+3.5}$	200	160	—	47
$\phi 350T \frac{200}{12}, \phi 350T \frac{200}{12+1.5}$	200	140	—	46

注:表中支柱规格分母第二项为 1.5 者为采用杯型基础支柱,1.5 为插入杯口深度,无此项者表示法兰型支柱。

表 10  $\phi 300$  普通型支柱的检验弯矩

单位为千牛米

支柱规格	标准检验弯矩 $M_k$	设计运行风速		
		柱顶挠度检验弯矩 $M_s$	导高 6.35 m 处挠度的检验弯矩 $M_w$	导高 7.5 m 处挠度的检验弯矩 $M_w$
$\phi 300 \frac{60}{9}, \phi 300 \frac{60}{9+1.5}, \phi 300 \frac{60}{9+3}$	60	60	45	—
$\phi 300 \frac{60}{10}, \phi 300 \frac{60}{10+1.5}, \phi 300 \frac{60}{10+3}$	60	60	—	33
$\phi 300 \frac{60}{11}, \phi 300 \frac{60}{11+1.5}$	60	60	—	32
$\phi 300 \frac{80}{9}, \phi 300 \frac{80}{9+1.5}, \phi 300 \frac{80}{9+3}$	80	80	50	—
$\phi 300 \frac{80}{10}, \phi 300 \frac{80}{10+1.5}, \phi 300 \frac{80}{10+3}$	80	70	—	36
$\phi 300 \frac{80}{11}, \phi 300 \frac{80}{11+1.5}$	80	65	—	35

表 10  $\phi 300$  普通型支柱的检验弯矩(续)

单位为千牛米

支柱规格	标准检验弯矩 $M_k$	设计运行风速		
		柱顶挠度检验弯矩 $M_s$	导高 6.35 m 处挠度的检验弯矩 $M_w$	导高 7.5 m 处挠度的检验弯矩 $M_w$
$\phi 300 \frac{100}{9}, \phi 300 \frac{100}{9+1.5}, \phi 300 \frac{100}{9+3}$	100	88	55	—
$\phi 300 \frac{100}{10}, \phi 300 \frac{100}{10+1.5}, \phi 300 \frac{100}{10+3}$	100	80	—	40
$\phi 300 \frac{100}{11}, \phi 300 \frac{100}{11+1.5}$	100	73	—	39
$\phi 300 \frac{120}{9}, \phi 300 \frac{120}{9+1.5}, \phi 300 \frac{120}{9+3}$	120	98	60	—
$\phi 300 \frac{120}{10}, \phi 300 \frac{120}{10+1.5}, \phi 300 \frac{120}{10+3}$	120	88	—	44
$\phi 300 \frac{120}{11}, \phi 300 \frac{120}{11+1.5}$	120	78	—	42

注:表中支柱规格分母第一项为 1.5 者为采用杯型基础支柱,1.5 为插入杯口深度,无此项者表示法兰型支柱。

表 11  $\phi 350$  普通型支柱的检验弯矩

单位为千牛米

支柱规格	标准检验弯矩 $M_k$	设计运行风速		
		柱顶挠度检验弯矩 $M_s$	导高 6.35 m 处挠度的检验弯矩 $M_w$	导高 7.5 m 处挠度的检验弯矩 $M_w$
$\phi 350 \frac{60}{9}, \phi 350 \frac{60}{9+1.5}, \phi 350 \frac{60}{9+3}$	60	60	45	—
$\phi 350 \frac{60}{10}, \phi 350 \frac{60}{10+1.5}, \phi 350 \frac{60}{10+3}$	60	60	—	40
$\phi 350 \frac{60}{11}, \phi 350 \frac{60}{11+1.5}, \phi 350 \frac{60}{11+3}$	60	60	—	40
$\phi 350 \frac{60}{12}, \phi 350 \frac{60}{12+1.5}$	60	60	—	40
$\phi 350 \frac{80}{9}, \phi 350 \frac{80}{9+1.5}, \phi 350 \frac{80}{9+3}$	80	80	55	—
$\phi 350 \frac{80}{10}, \phi 350 \frac{80}{10+1.5}, \phi 350 \frac{80}{10+3}$	80	80	—	50
$\phi 350 \frac{80}{11}, \phi 350 \frac{80}{11+1.5}, \phi 350 \frac{80}{11+3}$	80	80	—	50
$\phi 350 \frac{80}{12}, \phi 350 \frac{80}{12+1.5}$	80	80	—	50
$\phi 350 \frac{100}{9}, \phi 350 \frac{100}{9+1.5}, \phi 350 \frac{100}{9+3}$	100	100	60	—
$\phi 350 \frac{100}{10}, \phi 350 \frac{100}{10+1.5}, \phi 350 \frac{100}{10+3}$	100	100	—	55
$\phi 350 \frac{100}{11}, \phi 350 \frac{100}{11+1.5}, \phi 350 \frac{100}{11+3}$	100	100	—	55
$\phi 350 \frac{100}{12}, \phi 350 \frac{100}{12+1.5}$	100	90	—	55
$\phi 350 \frac{120}{9}, \phi 350 \frac{120}{9+1.5}, \phi 350 \frac{120}{9+3}$	120	120	80	—
$\phi 350 \frac{120}{10}, \phi 350 \frac{120}{10+1.5}, \phi 350 \frac{120}{10+3}$	120	120	—	65
$\phi 350 \frac{120}{11}, \phi 350 \frac{120}{11+1.5}, \phi 350 \frac{120}{11+3}$	120	120	—	60



表 11  $\phi 350$  普通型支柱的检验弯矩 (续)

单位为千牛米

支柱规格	标准检验弯矩 $M_k$	设计运行风速		
		柱顶挠度检验弯矩 $M_s$	导高 6.35 m 处挠度的检验弯矩 $M_w$	导高 7.5 m 处挠度的检验弯矩 $M_w$
$\phi 350 \frac{120}{12}, \phi 350 \frac{120}{12+1.5}$	120	110	—	60
$\phi 350 \frac{140}{9}, \phi 350 \frac{140}{9+1.5}, \phi 350 \frac{140}{9+3.5}$	140	140	95	—
$\phi 350 \frac{140}{10}, \phi 350 \frac{140}{10+1.5}, \phi 350 \frac{140}{10+3.5}$	140	135	—	70
$\phi 350 \frac{140}{11}, \phi 350 \frac{140}{11+1.5}, \phi 350 \frac{140}{10.5+3.5}$	140	125	—	70
$\phi 350 \frac{140}{12}, \phi 350 \frac{140}{12+1.5}$	140	115	—	65
$\phi 350 \frac{160}{9}, \phi 350 \frac{160}{9+1.5}, \phi 350 \frac{160}{9+3.5}$	160	160	100	—
$\phi 350 \frac{160}{10}, \phi 350 \frac{160}{10+1.5}, \phi 350 \frac{160}{10+3.5}$	160	145	—	75
$\phi 350 \frac{160}{11}, \phi 350 \frac{160}{11+1.5}, \phi 350 \frac{160}{10.5+3.5}$	160	135	—	75
$\phi 350 \frac{160}{12}, \phi 350 \frac{160}{12+1.5}$	160	120	—	70

注:表中支柱规格分母第二项为 1.5 者为采用杯型基础支柱,1.5 为插入杯口深度,无此项者表示法兰型支柱。

5 技术要求

5.1 原材料

5.1.1 水泥

宜采用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或抗硫酸盐硅酸盐水泥,硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥性能应符合 GB 175 和 TB 10424 的规定,抗硫酸盐硅酸盐水泥性能应符合 GB/T 748 的规定。

5.1.2 骨料

细骨料应采用硬质洁净的天然中粗砂或经试验确认符合质量要求的机制砂,其细度模数为 2.6 ~ 3.2,含泥量按质量计不应大于 1.5%,其余技术要求应符合 GB/T 14684 及 TB 10424 的规定。

粗骨料应为坚硬耐久的岩碎石,空隙率不大于 40%,压碎指标值不应大于 10%,岩石的抗压强度与混凝土设计强度之比不应小于 2,含泥量不应大于 0.5%,针片状含量不应大于 5%,其余技术要求应符合 GB/T 14685 及 TB 10424 的规定。

5.1.3 水

混凝土拌合用水的质量应符合 TB 10424 的规定。

5.1.4 外加剂

外加剂的质量应符合 TB 10424 的规定,不应使用氯盐类外加剂或其他对钢筋有腐蚀作用的外加剂。

### 5.1.5 掺合料

掺入混凝土中的 I 级粉煤灰和矿渣粉应分别符合 GB/T 1596 及 GB/T 18046 的规定。

### 5.1.6 钢材

#### 5.1.6.1 预应力纵向受力钢筋

预应力钢筋宜采用低松弛 (WLR) 的螺旋肋钢丝或刻痕钢丝,其性能应符合 GB/T 5223 的规定。

#### 5.1.6.2 普通纵向受力钢筋

普通纵向受力钢筋宜采用热轧带肋钢筋,其性能应符合 GB/T 1499.2 的规定。

#### 5.1.6.3 构造筋

5.1.6.3.1 横腹杆式支柱的构造筋宜采用 HPB300、HRB400 钢筋和乙级冷拔低碳钢丝,其性能应分别符合 GB/T 1499.1、GB/T 1499.2 和 JC/T 540 的规定。

5.1.6.3.2 环形支柱螺旋筋宜采用乙级螺旋肋冷拔低碳钢丝,其性能应符合 JC/T 540 的规定。其螺旋肋形式应符合 GB/T 5223 的规定。

5.1.6.3.3 架立圈筋宜采用热轧光圆钢筋,其性能应符合 GB/T 1499.1 的规定。

#### 5.1.6.4 底座法兰盘

支柱底座法兰盘不得采用沸腾钢,钢材的质量等级应符合 GB 50017 的规定。其质量应符合 GB/T 700 的规定。

### 5.2 构造要求

#### 5.2.1 钢筋和钢丝加工

5.2.1.1 钢筋和钢丝应无油污,调直下料后,不应有局部弯曲,端面应平整。

5.2.1.2 每组钢丝下料长度的相对误差不超过下料长度的 1.5/10 000,并符合 GB 50204 的规定。

5.2.1.3 预应力钢丝镦头的强度不应低于钢丝强度标准值的 98%,并符合 GB 50204 的规定。

5.2.1.4 普通钢筋焊接接头的抗拉强度不应低于该材料的抗拉强度,并符合 GB 50204 的规定。

5.2.1.5 钢筋骨架、网片及地线应按支柱设计图制作,焊接要牢固,并按 GB 50204 的规定进行验收。

5.2.1.6 为了保证地线牢固和导电良好,地线焊接搭接长度不应小于 100 mm。所有施焊部位均应采用双面焊,焊缝高度不应小于 4 mm、宽度不应小于 10 mm、长度不应小于 60 mm。

#### 5.2.2 螺旋筋

环形支柱在其全部长度范围内均应配置螺旋筋,螺旋筋直径宜采用 4 mm~6 mm。当环形支柱直径为 350 mm 时,螺旋筋直径不宜小于 5 mm。螺旋筋间距在距两端各 1.5 m 之内不宜大于 60 mm,其余不应大于 80 mm。所有支柱的两端螺旋筋应密缠 3 圈~5 圈。

#### 5.2.3 底座法兰盘

底座法兰盘按支柱设计图纸制造,其质量应符合 GB 50205 的规定,法兰盘采用整体热浸镀锌防腐,并应符合 GB/T 13912 的规定。

#### 5.2.4 施加预应力的技术要求

主筋编组及张拉时,应保证钢丝或钢筋受力均匀。预应力主筋的张拉力不应低于设计值。预应力主



筋的张拉程序及应力控制方法应符合 GB 50204 的规定。预应力钢筋不得断筋。

5.2.5 支柱出厂前,两端外露的纵向受力钢筋头应切除,并采取有效防腐措施。环形支柱顶端需封顶。

### 5.3 混凝土

5.3.1 混凝土的强度等级不应低于 C50,并应符合支柱设计图纸的要求。

5.3.2 施加预应力时混凝土强度不应低于设计强度的 75%。

5.3.3 出厂时应达到混凝土的设计强度。混凝土检验评定应符合 GB/T 50107 的规定。

#### 5.3.4 总碱量

当骨料具有碱活性时,混凝土的总碱含量应符合 TB/T 3275 的规定。

5.3.5 混凝土原材料应符合产品设计要求,混凝土质量控制应符合 TB 10424 的规定。

#### 5.3.6 混凝土耐久性能

5.3.6.1 具有耐久性能要求的支柱,其混凝土性能应满足如下要求:

- a) 56 d 龄期混凝土抗冻等级(快冻法)不小于 F300;
- b) 56 d 龄期混凝土电通量应小于 1 000 C;
- c) 处于氯盐环境时,56 d 龄期混凝土氯离子扩散系数不大于  $3 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ ;
- d) 处于盐类结晶破坏环境时,混凝土气泡间距系数不大于 300  $\mu\text{m}$ ,且 56 d 龄期混凝土抗硫酸盐结晶破坏等级不小于 KS150;
- e) 处于化学侵蚀环境时,56 d 龄期胶凝材料抗蚀系数不应小于 0.80。

5.3.6.2 严寒和寒冷地区的支柱,其混凝土性能应符合 TB 10424 的规定。

5.3.6.3 严重腐蚀地区的支柱,除采用防腐蚀混凝土外,支柱基础应采取表面涂层等防腐强化措施。

### 5.4 养护与脱模

#### 5.4.1 蒸汽养护

支柱采用蒸汽养护时,静停时间不应少于 2 h,升温速度不应大于 20  $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ,蒸汽养护温度不宜超过 60  $^{\circ}\text{C}$ ,并应有一定的停气降温时间,降温速度不应大于 20  $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ,出坑前的支柱表面与坑外环境温差不应大于 20  $^{\circ}\text{C}$ 。

#### 5.4.2 脱模

支柱脱模后,应洒水养护 14 d,经常保持支柱表面的湿润状态,当日平均气温低于 5  $^{\circ}\text{C}$  时,不应洒水养护。

### 5.5 外观质量

外观质量应符合表 12 和表 13 的规定。

### 5.6 尺寸偏差

5.6.1 各部尺寸允许偏差应符合表 14 和表 15 的规定。

5.6.2 横腹杆式支柱的正面弯曲度应考虑扣除因非对称布筋引起的反拱值后,符合允许偏差的规定。反拱值按支柱设计图纸中的规定取值。

### 5.7 混凝土保护层

5.7.1 预应力主筋的混凝土保护层厚度不应小于 20 mm,保护层厚度允许偏差见表 14 和表 15。

表 12 横腹杆式支柱外观质量指标

序号	项 目	质量要求
1	裂缝	a)翼缘不准许有裂缝,但龟裂、水纹不在此限; b)一根横腹杆裂缝数不准许超过 2 条(包括支柱翼缘与横腹杆联结处),支柱每侧横腹杆总裂缝数不准许超过 5 条,横腹杆裂缝不准许贯通,裂缝必须修补; c)下部第一芯模孔下腹板处的裂缝不准许超过 2 条,裂缝必须修补; d)其他部位的裂缝(也包括紧靠矩形截面处的变截面段)不准许多于 2 条,且裂缝宽度不准许大于 0.1 mm,长度不准许延长到裂缝所在截面高度的 1/2,裂缝必须修补
2	碰伤掉角	a)翼缘的碰伤、掉角深度不准许超过主筋保护层厚度,碰伤、掉角必须修补; b)其他部位碰伤面积不准许大于 100 cm <sup>2</sup> ,碰伤必须修补
3	漏浆	翼缘的漏浆深度不准许大于主筋保护层厚度,其累计长度不准许大于柱高的 5%,漏浆必须修补
4	露筋	不准许,但不包括支柱端部的纵向预应力钢筋头
5	蜂窝	不准许
6	麻面、粘皮	支柱表面的局部麻面和粘皮面积不准许大于 25 cm <sup>2</sup> ,深度不准许露主筋,麻面、粘皮必须修补
7	预留孔	预留孔不准许倾斜,且应贯通
8	法兰盘 钢混结合部	a)法兰盘钢混结合部不准许漏浆、不准许有裂缝,法兰盘上钢混结合部无规则裂纹不在此限; b)混凝土不准许高出法兰盘钢板(支柱混凝土灌注面除外)

表 13 环形支柱外观质量指标

序号	项 目	质量要求
1	裂缝	不准许有环向或纵向裂缝,但龟裂、水纹不在此限
2	漏浆	a)合缝处的漏浆深度不准许大于 10 mm,每处漏浆长度不准许大于 300 mm,累计长度不准许大于柱高的 10%,或对称漏浆的搭接长度不准许大于 100 mm,漏浆必须修补; b)法兰盘与柱身结合面的漏浆深度不准许大于 10 mm,环向漏浆长度不准许大于周长的 1/4,漏浆必须修补
3	碰伤	局部的碰伤深度不准许大于 10 mm,端部环向碰伤长度不准许大于周长的 1/4,且纵向长度不准许大于 50 mm,碰伤必须修补
4	露筋	不准许,但不包括支柱端部的纵向预应力钢筋头
5	塌落	不准许
6	蜂窝	不准许
7	麻面、粘皮	每米长度内麻面或粘皮总面积不准许大于相同长度外表面积的 5%,麻面、粘皮必须修补
8	法兰盘 钢混结合部	a)法兰盘钢混结合部不准许漏浆、不准许有环向或纵向裂缝,法兰盘上钢混结合部无规则裂纹不在此限; b)混凝土不准许高出法兰盘钢板圈

表 14 横腹杆式支柱尺寸允许偏差

单位为毫米

序 号	项 目	质量要求
1	柱高	-20
2	支柱的截面高度	+12 -4
3	支柱的截面宽度	+12 -5



表 14 横腹杆式支柱尺寸允许偏差(续)

单位为毫米

序 号	项 目		质量要求
4	混凝土 保护层厚度	预应力主筋	+10 -2
		预应力主筋墩头	+7 -3
5	弯曲度	正面弯曲度	≤L/800
		侧面弯曲度	≤L/600
6	预埋管及预留孔	横向位置	± 5
		直径	+2 0
		预埋管端外露高度	+4 -2
7	法兰盘	底板长度	+5 -2
		底板宽度	+5 -2
		底板厚度	+1.0 -0.5
		螺孔中心距	± 1.5
		螺孔直径	+1 0

注:主筋保护层厚度偏差为制造与设计的差数;主筋墩头保护层厚度偏差为制造与 5.7 规定的差数。

表 15 环形支柱尺寸允许偏差

单位为毫米

序 号	项 目			质量要求
1	柱高			- 40
2	壁厚			+15 - 2
3	外径			+ 6 - 2
4	混凝土保护层厚度	预应力主筋		+ 8 - 2
		预应力主筋墩头		+ 7 - 3
5	弯曲度	柱高 $L \geq 12$ m		$L/800$
		柱高 $L < 12$ m		$L/1\ 000$
6	预留孔直径			+ 2 0
7	法兰盘	方形法兰盘	底板长度	+ 5 - 2
			底板宽度	+ 5 - 2
		圆形法兰盘底板外径		$\pm 5$
		螺孔中心距		$\pm 1.5$
		底板厚度		+ 1. 0 - 0. 5
		螺孔直径		+ 1 0
		注:主筋保护层厚度偏差为制造与设计的差数;主筋墩头保护层厚度偏差为制造与 5.7 规定的差数。		

5.7.2 横腹杆式支柱的法兰盘端预应力主筋墩头顶部的混凝土保护层厚度不小于 10 mm, 环形支柱的法兰盘端预应力主筋墩头顶部的混凝土保护层厚度不小于 13 mm。



## 5.8 法兰盘锌层质量

法兰盘锌层质量包括锌层厚度、锌层附着性及锌层均匀性,法兰盘的锌层质量应符合 GB/T 25020.4 的规定。

## 5.9 检验弯矩

### 5.9.1 横腹杆式支柱

5.9.1.1 情况一:风向垂直线路时,在悬挂方向支柱的承载能力。支柱承受的荷载,由悬挂荷载和柱风荷载弯矩组合,软横跨支柱还包括 $3^\circ$ 偏角产生的平行线路方向的附加弯矩。计算柱风荷载所需的支柱外形尺寸见表1和表2。

5.9.1.2 情况二:风向平行线路时,在悬挂方向支柱的承载能力。支柱承受的荷载,由垂直线路方向的悬挂荷载和平行线路方向的柱风荷载、腕臂风荷载(软横跨支柱为软横跨风荷载)组合,软横跨支柱还包括 $3^\circ$ 偏角产生的平行线路方向的附加弯矩。

5.9.1.3 情况三:风向垂直线路时,反悬挂方向支柱的承载能力。

5.9.1.4 情况四:无悬挂荷载时,平行线路方向支柱的承载能力。

### 5.9.2 环形支柱

环形支柱无方向性,任何方向承载能力都相同。任何方向任何风速的风荷载和悬挂荷载矢量组合后应不大于支柱的检验弯矩。

### 5.9.3 锚柱

表3~表15中的支柱都可兼作打拉线下锚柱使用,但悬挂方向的弯矩与由下锚所产生的悬挂方向附加弯矩之和不应大于支柱悬挂方向的标准检验弯矩,且横腹杆式支柱垂直分力不应大于65 kN(不含自重),普通型环形支柱垂直分力不应大于65 kN(不含自重),T形环形支柱垂直分力不应大于75 kN(不含自重)。

## 5.10 结构性能

### 5.10.1 抗裂检验

支柱加荷至标准检验弯矩时,不应出现裂缝。法兰盘上部150 mm范围内卸荷后不闭合的无规则裂缝不影响试验结果。

### 5.10.2 挠度检验

#### 5.10.2.1 横腹杆式支柱

腕臂支柱加荷至导高处挠度检验弯矩时,其导高处挠度不应大于50 mm。支柱加荷至标准检验弯矩时,柱顶挠度不应大于 $\frac{1.5}{100}(L_1 + L_3)$ 。

#### 5.10.2.2 环形支柱

支柱加荷至导高处挠度检验弯矩时,普通型支柱导高处挠度不应大于50 mm,T形支柱导高处挠度不应大于25 mm。支柱加荷至柱顶挠度检验弯矩时,柱顶挠度不应大于 $\frac{1.5}{100}(L_1 + L_3)$ 。

### 5.10.3 承载力检验

支柱加荷至标准检验弯矩的 200% 时,不应出现下列任一种承载能力极限状态标志:

- a) 受拉区混凝土裂缝宽度达到 1.5 mm;
- b) 受拉钢筋被拉断;
- c) 受压区混凝土破坏。

## 6 检验方法

### 6.1 混凝土抗压强度

6.1.1 混凝土应在灌注工序中随机取样制作立方体试件,3 个试件为一组。

6.1.2 每生产班拌制的同配合比的混凝土,取样不少于一次,每次至少成型三组。两组试件与支柱同条件养护,另一组试件进行标准养护。

6.1.3 一组与支柱同条件养护的试件用于检验脱模强度,另一组与支柱同条件养护的试件用于检验支柱出厂时的混凝土强度,经标准养护的试件用于检验评定混凝土 28 d 抗压强度。

6.1.4 混凝土抗压强度试验方法应符合 GB/T 50081 的规定。

6.1.5 具有耐久性能要求的支柱,应在生产前及每年按 5.3.6 的要求进行混凝土耐久性能检验。其检验方法应符合 TB 10424 的规定。

### 6.2 外观质量、尺寸偏差和法兰盘锌层质量

6.2.1 外观质量和尺寸偏差的检测工具与检测方法见表 16。

6.2.2 法兰盘锌层质量的检验方法按照 GB/T 25020.4 进行。

表 16 外观质量和尺寸偏差的检测工具与检测方法

序号	检测项目	检测工具与检测方法	检测工具分度值 mm
1	裂缝宽度	用 20 倍读数放大镜测量,精确至 0.01 mm	0.01
2	漏浆长度	用钢卷尺测量,精确至 1 mm	1
3	漏浆深度	用深度游标卡尺测量,精确至 0.1 mm	0.1
4	碰伤长度	用钢卷尺(或钢直尺)测量,精确至 1 mm	1
5	碰伤深度	用深度游标卡尺测量,精确至 0.1 mm	0.1
6	内、外表面露筋	观察	—
7	内表面混凝土塌落	观察	—
8	蜂窝	观察	—
9	麻面、粘皮	用钢卷尺(或钢直尺)测量,精确至 1 mm	1
10	柱高	用钢卷尺测量,精确至 1 mm	1
11	支柱截面	用钢直尺或卡尺在同一断面测量,精确至 1 mm	1
12	壁厚	用钢直尺在同一断面相互垂直的两直径上测定四处壁厚,取其平均值,精确至 1 mm	0.5
13	外径	用钢直尺或卡尺在同一断面测定相互垂直的两直径,取其平均值,精确至 1 mm	1



表 16 外观质量和尺寸偏差的检测工具与检测方法(续)

序号	检测项目	检测工具与检测方法	检测工具分度值 mm
14	保护层厚度	横腹杆式支柱,用深度游标卡尺测量,在距两端 0.5 m 处及中部的每个断面上测量 4 角处。翼缘三个面(正面、侧面和坡面)的主筋混凝土保护层均测量,取最小值,精确至 0.1 mm; 环形支柱,用深度游标卡尺测量三个点,在中部及距两端 0.5 m 处,每个断面测量一点。法兰型支柱增加测量法兰盘端预应力主筋锚头顶部的混凝土保护层厚度。精确至 0.1 mm。	0.1
15	弯曲度	将拉线紧靠支柱的两端部,用钢直尺测量其弯曲处的最大距离(矢高),精确至 1 mm	0.5
16	预留孔直径及位置	用钢卷尺(或钢直尺)测量,精确至 1 mm	0.5
17	法兰盘底板厚度	用游标卡尺测量,精确至 0.1 mm	0.1

### 6.3 结构性能

#### 6.3.1 检验仪器设备

检验仪器设备的技术要求应符合 GB/T 4623 的规定。

#### 6.3.2 检验方法

##### 6.3.2.1 横腹杆式支柱

横腹杆式支柱检验方法如下:

- 用卧式悬臂试验按情况一检验支柱悬挂方向的结构性能,用立式双向加载试验按情况二同时检验支柱悬挂方向和平行线路方向的结构性能,用卧式悬臂试验按情况四检验支柱平行线路方向的结构性能;
- 用卧式悬臂试验按情况一检验软横跨支柱悬挂方向的结构性能时,不施加平行线路方向弯矩;
- 结构设计风速为 30 m/s 和 35 m/s 的支柱,按情况一和情况四采用卧式悬臂试验方法检验;
- 结构设计风速为 40 m/s 的支柱,按情况二采用立式双向加荷试验方法检验;
- 法兰型支柱,按情况二采用立式双向加荷试验方法检验。

##### 6.3.2.2 环形支柱

法兰型支柱采用立式试验方法,其他类型支柱采用卧式悬臂式试验方法。对于按支柱高度递减的支柱,检验时按递减前的检验弯矩进行。

#### 6.3.3 试验方法

##### 6.3.3.1 横腹杆式支柱卧式悬臂试验

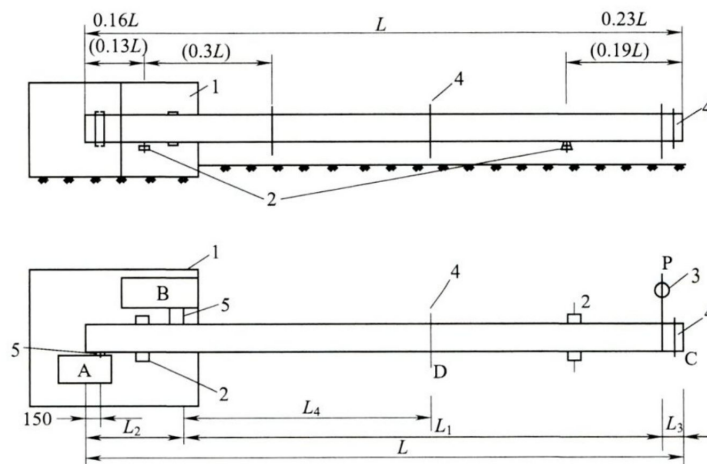
横腹杆式支柱卧式悬臂试验方法如下:

- 卧式悬臂试验与测量仪表布置如图 6 所示。如柱高大于 15 m,可采用三个弹性滚动支座,图中括号内数字为三个弹性滚动支座的支点位置;A 支点处于垫板中线上,到支柱根端的距离等于 150 mm, B 支点右端面到支柱根端面的距离等于  $L_2$ ;图示弹性滚动支点位置可以左右移动 0.6 m;滚动支点处地面上铺钢板且与地面水平,试验前用水平尺检查。



b) 卧式悬臂试验的加荷程序如下：

- 由零按情况四的标准检验弯矩 20% 的级差加荷至情况四的标准检验弯矩的 80% ,每次静停时间不少于 1 min;然后按情况四的标准检验弯矩 10% 的级差继续加荷至情况四的标准检验弯矩的 100% ,每次静停时间不少于 3 min,观察是否有裂缝出现,并测量和记录裂缝宽度及挠度值。
- 卸荷至零。
- 腕臂支柱由零按情况一导高处挠度检验弯矩 25% 的级差加荷至导高处挠度检验弯矩值,每次静停时间不少于 1 min,测量并记录支柱的挠度值。
- 腕臂支柱由情况一导高处挠度检验弯矩卸荷至零,静停时间不少于 3 min,测量并记录其挠度值。
- 由零按情况一的标准检验弯矩 20% 的级差加荷至情况一的标准检验弯矩的 80% ,每次静停时间不少于 1 min;然后按情况一的标准检验弯矩 10% 的级差继续加荷至情况一的标准检验弯矩的 100% ,每次静停时间不少于 3 min,观察是否有裂缝出现,并测量和记录裂缝宽度及挠度值。
- 如果在情况一的标准检验弯矩 100% 时出现裂缝,则卸荷至零;如果未出现裂缝则继续按情况一的标准检验弯矩 10% 的级差加荷至裂缝出现,测量并记录裂缝宽度和挠度值,每次静停时间不少于 3 min。
- 由初裂弯矩卸荷至零,卸荷后静停时间不少于 3 min,观察裂缝是否闭合,并测量其残余挠度值,做好记录。
- 由零按情况一的标准检验弯矩 20% 的级差加荷至情况一的标准检验弯矩的 160% ,测其裂缝宽度及挠度值,每次静停时间不少于 1 min;然后按情况一的标准检验弯矩 10% 的级差继续加荷,递增至情况一的标准检验弯矩的 200% ,每次静停时间不少于 3 min,测量并记录裂缝宽度和挠度值,检查是否达到承载能力极限状态,然后卸荷至零。
- 由零按情况四的标准检验弯矩 20% 的级差加荷至情况四的标准检验弯矩的 160% ,测其裂缝宽度及挠度值,每次静停时间不少于 1 min;然后按情况四的标准检验弯矩 10% 的级差继续加荷,递增至情况四的标准检验弯矩的 200% ,每次静停时间不少于 3 min,测量并记录裂缝宽度和挠度值,检查是否达到承载能力极限状态,然后卸荷至零。



说明：

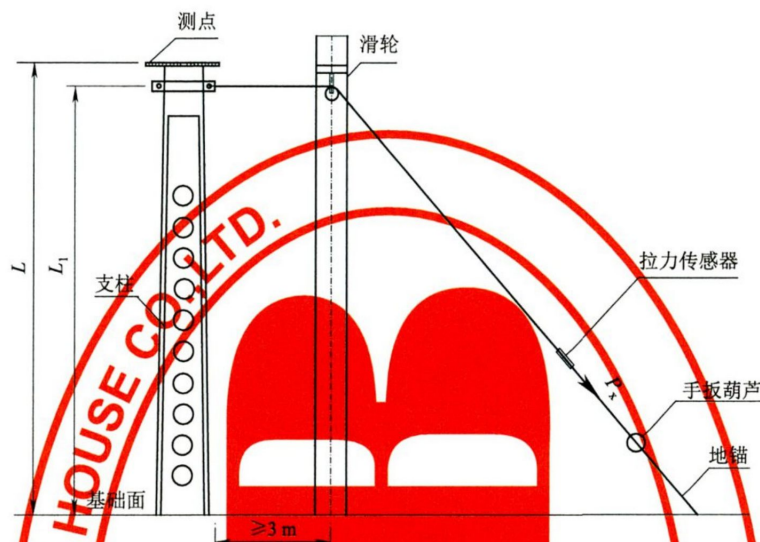
1——混凝土台座；2——弹性滚动支座；3——拉力传感器；4——挠度测定架；5——宽 150 mm 硬木制成的垫板；  
A——混凝土支点；B——混凝土支点；C——导高处挠度测量点；D——柱顶挠度测量点。

图 6 卧式悬臂试验与测量仪表布置图

### 6.3.3.2 横腹杆式支柱立式双向加荷试验

横腹杆式支柱立式双向加荷试验方法如下：

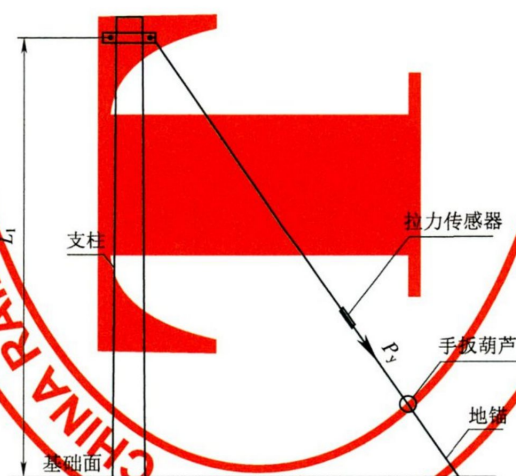
- a) 立式双向加荷试验的布置如图 7 和图 8 所示。
- b) 立式双向加荷试验基础应稳定可靠,基础不应有转动变形。
- c) 立式双向加荷试验时,将经纬仪放置于垂直悬挂方向,任一级荷载下的导高处挠度及柱顶挠度可用经纬仪直接测量。



说明:

$P_x$ ——悬挂方向检验荷载,单位为千牛(kN); $L_1$ ——荷载点高度,单位为米(m); $L$ ——支柱高度,单位为米(m)。

图 7 横腹杆式支柱立式双向加载试验悬挂方向布置图



说明:

$P_y$ ——检验荷载,单位为千牛(kN), $P_y$ 的水平分力为平行线路方向的检验荷载, $P_y$ 与地面之间角度为 $30^\circ \sim 45^\circ$ ;

$L_1$ ——荷载点高度,单位为米(m)。

图 8 立式双向加载试验平行线路方向布置图

- d) 立式双向加荷试验方法的加荷程序如下:
- 腕臂支柱由零按情况一导高处挠度检验弯矩 25% 的级差在悬挂方向加荷至导高处挠度检验弯矩值,每次静停时间不少于 1 min,测量并记录支柱的挠度值。
  - 腕臂支柱由导高处挠度检验弯矩卸荷至零,静停时间不少于 3 min,测量并记录其挠度值。
  - 由零按情况二各向标准检验弯矩 20% 的级差在悬挂方向和平行线路方向同时加荷至各向标准检验弯矩的 80%,每次静停时间不少于 1 min;然后按各向标准检验弯矩 10% 的



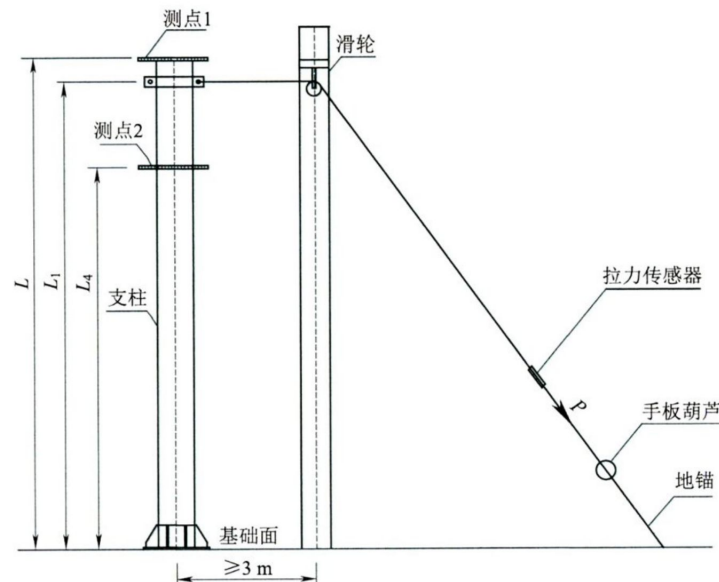
级差继续加荷至各向标准检验弯矩的 100% ,每次静停时间不少于 3 min,观察是否有裂缝出现,并测量和记录裂缝宽度及挠度值。

- 如果在标准检验弯矩 100% 出现裂缝,则卸荷至零;如果未出现裂缝则继续按各向标准检验弯矩的 10% 的级差加荷至裂缝出现,测量并记录裂缝宽度和挠度值,每次静停时间不少于 3 min。
- 由初裂弯矩卸荷至零,卸荷后静停时间不少于 3 min,观察裂缝是否闭合,测量并记录其残余挠度值。
- 由零按各向标准检验弯矩 20% 的级差在悬挂方向和平行线路方向同时加荷至各向标准检验弯矩的 100% 时,测其裂缝宽度及挠度值,递增至各向标准检验弯矩的 160% ,每次静停时间不少于 1 min。然后按各向标准检验弯矩 10% 的级差继续加荷,递增至标准检验弯矩的 200% ,每次静停时间不少于 5 min,测量并记录裂缝宽度和挠度值,检查支柱是否达到承载力极限状态,然后卸荷至零。

### 6.3.3.3 环形支柱卧式悬臂式试验

环形支柱卧式悬臂式试验方法如下:

- a) 环形支柱卧式悬臂式试验方法与测量仪表布置如图 6 所示,立式试验方法如图 9 所示。



说明:

$P$ ——检验荷载,单位为千牛(kN); $L$ ——支柱高度,单位为米(m); $L_1$ ——荷载点高度,单位为米(m);

$L_4$ ——导高处支柱高度,单位为米(m)。

图 9 环形支柱立式试验布置图

- b) 支柱的加荷程序如下:

- 由零按导高处挠度检验弯矩 25% 的级差加荷至导高处挠度检验弯矩值,每次静停时间不少于 1 min,测量并记录支柱的挠度值。
- 由导高处挠度检验弯矩卸荷至零,静停时间不少于 3 min,测量并记录其挠度值。
- 由零按柱顶挠度检验弯矩 20% 的级差加荷至柱顶挠度检验弯矩的 80% ,每次静停时间不少于 1 min,测量并记录支柱的挠度值,再按柱顶挠度检验弯矩 10% 的级差继续加荷至柱顶挠度检验弯矩值,再加荷至标准检验弯矩值,每次静停时间不少于 3 min。观察是否有裂缝出现,并测量和记录裂缝宽度及挠度。
- 如果在标准检验弯矩 100% 出现裂缝,则卸荷至零。如果未出现裂缝,则继续按标准检验



弯矩 10% 的级差加荷至裂缝出现,测量和记录裂缝宽度及挠度值,每次静停时间不少于 3 min。

- 由初裂弯矩卸荷至零,卸荷后静停时间不少于 3 min,观察裂缝是否闭合,测量和记录其残余挠度值。
- 由零按标准检验弯矩 20% 的级差加荷至标准检验弯矩的 100%,测量和记录裂缝宽度及挠度,递增至标准检验弯矩的 160%,每次静停时间不少于 1 min,再按标准检验弯矩 10% 的级差继续加荷,递增至标准检验弯矩的 200%,每次静停时间不少于 3 min,测量和记录裂缝宽度和挠度值,检查支柱是否达到承载力极限状态,然后卸荷至零。

#### 6.3.3.4 环形支柱立式试验

环形支柱立式试验方法如下:

- 法兰型支柱采用立式试验,所加荷载为水平,加荷程序按 6.3.3.3 的规定进行。
- 立式试验基础应稳定可靠,基础不应有转动变形。
- 立式试验时,将经纬仪放置于垂直悬挂方向,任一级荷载下的支柱导高处挠度及柱顶挠度,可用经纬仪直接测量。

#### 6.3.4 支柱的初裂弯矩和承载力检验弯矩实测值的确定

##### 6.3.4.1 初裂弯矩确定

支柱初裂弯矩的确定如下:

- 当在加荷过程中,以及在规定的荷载持续时间内,第一次出现裂缝时,应取当前弯矩与前一级弯矩的平均值作为初裂弯矩的实测值。
- 当在规定的荷载持续时间结束后第一次出现裂缝时,应取本级弯矩作为初裂弯矩的实测值。

##### 6.3.4.2 承载力检验弯矩实测值的确定

支柱承载力检验弯矩实测值的确定如下:

- 当在加荷过程中出现 5.9.3 所列的情况之一时,应取前一级弯矩作为承载力检验弯矩的实测值。
- 当在规定的荷载持续时间内出现 5.9.3 所列的情况之一时,应取本级弯矩与前一级弯矩的平均值作为承载力检验弯矩的实测值。
- 当在荷载持续时间结束后出现 5.9.3 所列的情况之一时,应取本级弯矩作为承载力检验弯矩的实测值。

#### 6.3.5 检验结果计算

##### 6.3.5.1 抗裂计算

支柱的抗裂检验系数  $\gamma_{cr}^0$  是以初裂弯矩与标准检验弯矩之比求得,按公式(1)计算。

$$\gamma_{cr}^0 = \frac{M_f}{M_k} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$M_k$ ——标准检验弯矩,单位为千牛米( $kN \cdot m$ );

$M_f$ ——实测初裂弯矩值,单位为千牛米( $kN \cdot m$ )。

##### 6.3.5.2 柱顶挠度计算

卧式悬臂试验时,任一级荷载下的柱顶挠度  $f_s$  按公式(2)计算。

$$f_s = f_c - \frac{f_a + f_b}{L_2} L + f_a \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$f_c$ ——由测量仪器测得柱顶 C 处的变形值,单位为毫米(mm);

$f_a$ ——由测量仪器测得支点 A 的变形值,单位为毫米(mm);

$f_b$ ——由测量仪器测得支点 B 的变形值,单位为毫米(mm)。

### 6.3.5.3 导高处挠度计算

卧式悬臂试验时,任一级荷载下的导高处挠度  $f_{sd}$  按公式(3)计算。

$$f_{sd} = f_d - \frac{f_a + f_b}{L_2} (L_2 + L_4) + f_a \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$f_d$ ——由测量仪器测得导高处 D 的变形值,单位为毫米(mm);

$f_a$ ——由测量仪器测得支点 A 的变形值,单位为毫米(mm);

$f_b$ ——由测量仪器测得支点 B 的变形值,单位为毫米(mm)。

### 6.3.6 检验结果评定

#### 6.3.6.1 抗裂检验

抗裂检验结果应符合公式(4)要求。

$$\gamma_{cr}^0 > [\gamma_{cr}] \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$[\gamma_{cr}]$ ——抗裂检验系数允许值, ( $[\gamma_{cr}] = 1.0$ );

$\gamma_{cr}^0$ ——抗裂检验系数,即支柱的初裂弯矩实测值与标准检验弯矩之比值。

#### 6.3.6.2 承载力检验

实测承载力检验弯矩应符合公式(5)要求。

$$M_u^0 \geq [\beta_u] M_k \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

$M_u^0$ ——支柱承载力检验弯矩实测值,单位为千牛米(kN·m);

$M_k$ ——标准检验弯矩,单位为千牛米(kN·m);

$[\beta_u]$ ——支柱承载力综合检验系数允许值( $[\beta_u] = 2.0$ )。

#### 6.3.6.3 挠度检验

支柱挠度检验结果应符合公式(6)要求。

$$f_s^0 \leq [f_j] \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

$f_s^0$ ——挠度检验弯矩下挠度的实测值,单位为毫米(mm);

$[f_j]$ ——5.10.2 中规定的挠度检验弯矩下挠度的允许值,单位为毫米(mm)。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验两类。



## 7.2 出厂检验

### 7.2.1 检验项目

出厂检验项目见表 17。

### 7.2.2 批量

批量确定如下：

- 当同一规格的腕臂支柱连续生产 3 000 根或在三个月内生产总数不足 3 000 根时也应作为一个验收批；
- 当同一规格的软横跨支柱连续生产 1 000 根或在三个月内生产总数不足 1 000 根时也应作为一个验收批；
- 当同一规格的环形支柱连续生产 3 000 根或在三个月内生产总数不足 3 000 根为一个验收批。

### 7.2.3 抽样

#### 7.2.3.1 外观质量、尺寸偏差和法兰盘锌层厚度

所有支柱均应逐根进行外观质量、尺寸偏差和法兰盘锌层厚度检验。

#### 7.2.3.2 结构性能

从外观质量、尺寸偏差和锌层质量检验合格的产品中,随机抽取 1 根按 6.3 的规定,进行支柱的抗裂检验和标准检验弯矩下的挠度检验。当结构性能检验不合格时,再抽取 2 根复验。

表 17 支柱检验项目

序号	检 验 项 目		型式检验	出厂检验		技术要求 对应条款	检验方法 对应条款
				抽样检验	逐个检验		
1	混凝土强度		√	√	—	5.3	6.1
2	外观 质量	裂缝	√	—	√	5.5	6.2
3		碰伤掉角	√	—	√		
4		漏浆	√	—	√		
5		露筋	√	—	√		
6		蜂窝	√	—	√		
7		麻面、粘皮	√	—	√		
8		预留孔	√	—	√		
9		法兰盘钢混结合部	√	—	√	5.6	
10		柱高	√	—	√		
11		支柱的截面高度(横腹杆式)	√	—	√		
12		支柱的截面宽度(横腹杆式)	√	—	√		
13		壁厚(环形)	√	—	√		
14		外径(环形)	√	—	√		
15	混凝土保 护层厚度	预应力主筋	√	—	—	5.7	
16		预应力主筋墩头	√	—	—		



表 17 支柱检验项目(续)

序号	检 验 项 目				型式检验	出厂检验		技术要求 对应条款	检验方法 对应条款
						抽样检验	逐个检验		
17	尺 寸 偏 差	弯 曲 度	正面弯曲度(横腹杆式)		√	—	√	5.6	6.2
18			侧面弯曲度(横腹杆式)		√	—	√		
19			环形支柱		√	—	√		
20		预 埋 管 及 预 留 孔	位 置	横向(横腹杆式)	√	—	√		
21				纵向两孔间距(环形)	√	—	√		
22			直径		√	—	√		
23			预埋管端外露高度(横腹杆式)		√	—	√		
24		法 兰 盘	底板长度		√	—	√		
25			底板宽度		√	—	√		
26			底板厚度		√	—	√		
27			圆形法兰盘外径		√	—	√		
28			螺孔中心距		√	—	√		
29			螺孔直径		√	—	√		
30	锌 层 质 量	锌层厚度		√	—	√	5.8		
31		锌层附着性		√	—	—			
32		锌层均匀性		√	—	—			
33	结 构 性 能	抗裂检验		√	√	—	5.10	6.3	
34		挠度检验		√	√	—			
35		承载力检验		√	—	—			
注:“√”表示需进行此项检验;“—”表示不需进行此项检验。									

注：“√”表示需进行此项检验；“—”表示不需进行此项检验。

### 7.3 型式检验

#### 7.3.1 检验条件

有下列情况之一时,应进行型式检验:

- 当首次投产或当结构、材料、工艺有较大改变时;
- 当停产一年以上,恢复生产时;
- 当出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- 当同一规格的腕臂支柱各连续生产 6 000 根或在六个月内生产总数不足 6 000 根时;
- 当同一规格的软横跨支柱各连续生产 2 000 根或在一年内生产总数不足 2 000 根时;
- 当同一规格的环形支柱连续生产 6 000 根或在六个月内生产总数不足 6 000 根时。

#### 7.3.2 检验项目

型式检验项目见表 17。

### 7.3.3 抽样

#### 7.3.3.1 外观质量、尺寸偏差和法兰盘锌层质量

每批随机抽取 10 根进行外观质量、尺寸偏差和法兰盘锌层质量检验。

#### 7.3.3.2 结构性能

7.3.3.2.1 从外观质量、尺寸偏差和锌层质量合格的支柱中随机抽取 2 根,按 6.3 的规定,进行支柱的抗裂性、标准检验弯矩下的挠度及承载力检验。当其中有 1 根的结构性能检验不合格时,允许从同批产品中,再抽取 2 根复验。

7.3.3.2.2 若为首次投产时,结构设计风速为 30 m/s 及 35 m/s 的支柱,也应抽取 2 根,按情况二及 6.3.6 的规定进行抗裂性、标准检验弯矩下的挠度以及承载力检验。

#### 7.3.3.3 保护层厚度

经承载力检验弯矩检验合格后的支柱,进行保护层厚度检验。

## 8 标志与产品合格证

### 8.1 标志

#### 8.1.1 永久标志

包括制造厂厂名代号和制造年份,永久标志标记在支柱表面上。环形支柱其位置距柱底:法兰基础支柱为 1.5 m,杯口基础支柱为 3 m,直埋式支柱为 4.5 m;横腹杆式支柱其位置在地面以上第二或第三个横腹杆上。

#### 8.1.2 临时标志

包括支柱规格代号和制造年、月、日,用油漆或墨汁写在支柱表面上,横腹杆式支柱写在支柱受压侧翼缘(浇筑面)表面上,其位置略低于永久标志。

表示方法如下:

规格代号(制造年、月、日)

示例:  $H \frac{78}{8.7+3.0} (2018.10.2)$

#### 8.1.3 支吊点标志

支柱应有明显支吊点标志。

### 8.2 产品合格证

产品出厂时,应随带企业统一编号的产品合格证,其内容应包括:

- a) 制造企业名称、地址;
- b) 生产日期、出厂日期;
- c) 执行标准;
- d) 产品规格;
- e) 混凝土抗压强度检验结果;
- f) 纵向受力钢筋抗拉强度检验结果;
- g) 质量检验结果;

h) 制造企业技术检验部门签章。

## 9 储存及运输

### 9.1 储存

9.1.1 堆放场地应平整,横腹杆式支柱按工字型截面正立方向堆置。

9.1.2 支柱采用两点堆放,横腹杆式支柱支点应避开孔洞。

9.1.3 横腹杆式支柱的支点位置如图 10 所示。但腕臂支柱左支点可向左移动 2.3 m,向右移动 0.6 m,右支点可左右移动 0.8 m;软横跨支柱左支点可左右移动 1.1 m,右支点可左右移动 0.8 m。

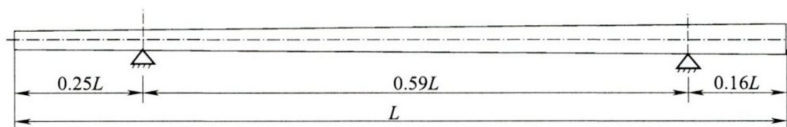


图 10 横腹杆式支柱支点位置图

9.1.4 环形支柱的支点位置如图 11 所示。环形支柱的支撑位置可向外移动 1 m,向内移动 1.5 m。

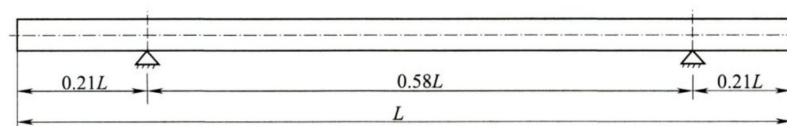


图 11 环形支柱支点位置图

9.1.5 横腹杆式支柱应按规格分别堆放。其堆放层数应根据支柱强度、地基耐压力及堆垛稳定性而定,在保证基础不下沉、不倾斜的情况下,软横跨支柱层数不应超过 3 层,腕臂支柱层数不应超过 5 层。环形支柱的堆放层数不宜超过 6 层。

9.1.6 支柱堆垛应一顺堆置。层与层之间用支垫物隔开,每层支撑点在同一平面上,各层支垫物位置在同一垂直面上,横腹杆式支柱层与层之间应放置不小于 60 mm × 80 mm 的垫木,与地面接触的一层,应放置不小于 100 mm × 200 mm 的垫木,法兰型支柱垫木均不小于 240 mm × 300 mm。法兰型支柱堆放时法兰盘不准受力。

### 9.2 运输

9.2.1 支柱起吊与运输时,均采用两支点法。装卸、起吊应轻起轻落,不准许抛掷和碰撞。

9.2.2 支柱在运输过程中的支承要求应符合 9.1 的有关规定。如不符合要求时,应根据实际支承情况验算支柱的抗裂性。

9.2.3 支柱在装卸过程中,每次吊运数量腕臂支柱、环形支柱不超过 2 根,软横跨支柱不超过 1 根。

9.2.4 支柱运输时,腕臂支柱装车层数不应多于 3 层,软横跨支柱装车层数不应多于 2 层。

9.2.5 支柱装车后应绑扎牢固,严防运输途中发生位移。

9.2.6 不准许溜放。

9.2.7 支柱支点处应套上软织物(草圈等),或用草绳等物捆扎,以防碰伤。

9.2.8 支柱不应由高处自由滚向低处。