

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

团 体 标 准

T/CPIA XXXX—202X

光伏用预应力混凝土支柱技术规范

Technical specification for PV of prestressed concrete pillars

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国光伏行业协会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类、代号和标记 2

 4.1 分类和代号 2

 4.2 结构尺寸 2

 4.3 标记示例 5

5 原材料及一般要求 5

 5.1 原材料 5

 5.2 一般要求 6

6 设计 7

 6.1 一般规定 7

 6.2 结构设计 7

 6.3 构造要求 8

7 施工 8

 7.1 一般规定 8

 7.2 贮存、吊运及运输 9

 7.3 支柱连接 10

 7.4 施工工法 10

8 质量与验收 12

 8.1 质量检测 12

 8.2 试验方法 13

 8.3 检验规则 14

 8.4 原位试验 15

 8.5 工程验收 16

附录 A（规范性） 光伏支柱力学性能表 17

附录 B（资料性） 光伏支柱端部样式 22

附录 C（资料性） 分离式超高强混凝土柱尖几何尺寸及配筋构造 23

附录 D（资料性） 光伏支柱与光伏支架的连接 26

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会提出。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

光伏用预应力混凝土支柱技术规范

1 范围

本文件规定了光伏用预应力混凝土支柱的术语和定义、基本规定、材料与分类、基础设计、施工、质量与验收等。

本文件适用于光伏工程领域使用的预应力混凝土支柱。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 701 低碳钢热轧圆盘条
- GB/T 5223.3 预应力混凝土用钢棒
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 13476 先张法预应力混凝土管桩
- 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 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 50046 工业建筑防腐蚀设计标准
- 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 50164 混凝土质量控制标准
- GB 51101 太阳能发电站支架基础技术规范
- JG/T 197 预应力混凝土空心方桩
- JC/T 540 混凝土制品用冷拔低碳钢丝
- JC/T 947 先张法预应力混凝土管桩用端板
- JC/T 950 预应力高强混凝土管桩用硅砂粉
- JC/T 2239 预应力离心混凝土空心方桩用端板
- JC/T 2723 预应力混凝土实心方桩
- JGJ19 冷拔低碳钢丝应用技术规程
- JGJ 63 混凝土用水标准

3 术语和定义

GB 51101界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏用预应力混凝土支柱 prestressed concrete pillar for photovoltaic

采用浇筑或离心、预应力工艺成型、截面为圆环形或实心方形或外方内圆、混凝土强度等级不低于C60的混凝土支柱，主要用于光伏工程领域，简称光伏支柱。

3.2

管状支柱 hollow tube pillar

截面为圆环形的光伏支柱。

3.3 空方支柱 hollow square pillar
截面为外方内圆的光伏支柱。

3.4 实方支柱 solid square pillar
截面为实心方形的光伏支柱。

4 分类、代号和标记

4.1 分类和代号

- 4.1.1 光伏支柱按截面形式分为管状支柱、空方支柱和实方支柱，管状支柱代号为 GZ，空方支柱代号为 KFZ，实方支柱代号为 SFZ。
- 4.1.2 管状支柱按外径分为 200 mm、250 mm、300 mm、350 mm、400 mm、450 mm、500 mm、550 mm、600 mm、700 mm 和 800 mm 等规格，空方支柱和实方支柱按边长为 200 mm、250 mm、300 mm、350 mm、400 mm、450 mm 和 500 mm 等规格。
- 4.1.3 根据截面配筋量的不同，管状支柱分为 I 型、II 型和 III 型等，空方支柱和实方支柱分为 I 型和 II 型等，各型号的支柱力学性能应符合附录 A 的规定。
- 4.1.4 光伏支柱根据柱顶和柱底是否设置钢板分为双钢板支柱、单钢板支柱和无钢板支柱，见表 1，其端部样式见附录 B。

表 1 光伏支柱分类

名称	柱顶钢板（有/无）	柱底钢板（有/无）
双钢板支柱	有	有
单钢板支柱	有	无
无钢板支柱	无	无

4.1.5 底部无钢板的光伏支柱可根据工程需求在柱底设置柱尖，柱尖的成型方式可分为分离式和一体式，柱尖的基本尺寸及配筋信息见附录 C。

4.2 结构尺寸

4.2.1 光伏支柱的结构形状应符合图 1，设计选用柱长应包括柱身和接头。

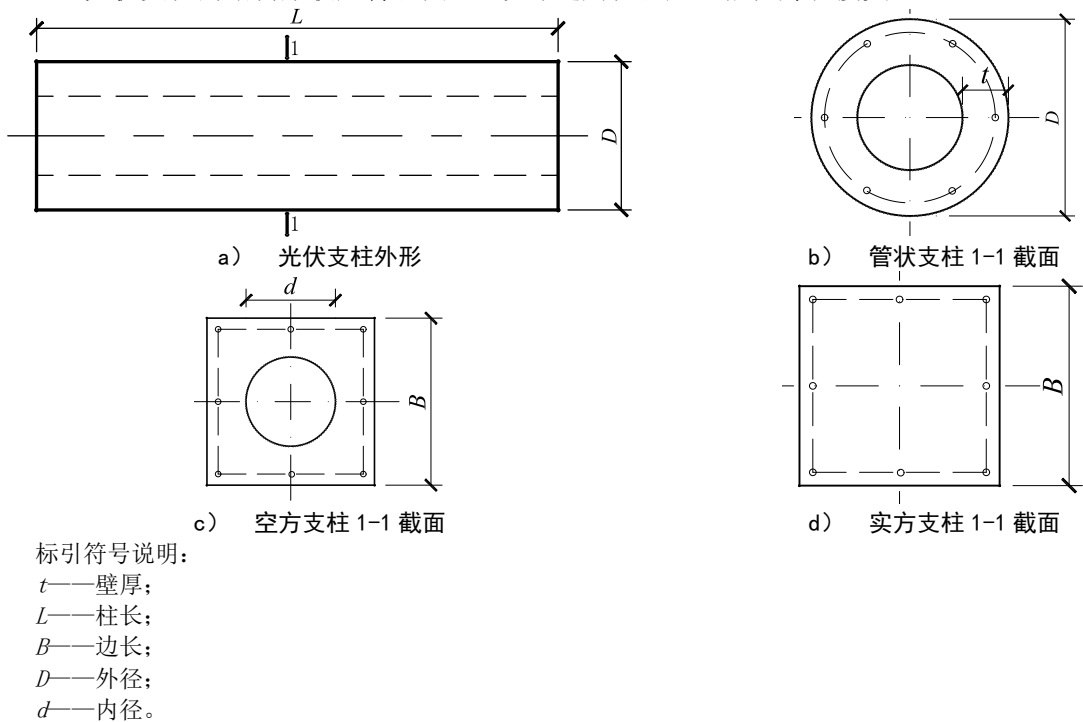


图 1 光伏支柱的结构形状

4.2.2 管状支柱、空方支柱和实方支柱的基本尺寸宜分别符合表 2～表 4 的相关规定，根据供需双方协议，也可生产其他规格、型号、长度的光伏支柱。

表 2 管状支柱的基本尺寸

代号	外径 D/mm	壁厚 t/mm	两端钩吊时 最大柱长 L/m	型号	预应力钢筋 规格	预应力钢筋分布圆 直径 D_p/mm	螺旋筋规格	理论质量 (kg/m)
GZ	200	50	8	I 型	4A7.1	130	A ^b 3@100	61
			9	II 型	5A7.1			
			9	III型	6A7.1			
		60	8	I 型	4A7.1			69
			8	II 型	5A7.1			
			9	III型	6A7.1			
	250	60	9	I 型	5A7.1	180	93	
			9	II 型	6A7.1			
			10	III型	7A7.1			
	300	60	10	I 型	6A7.1	230	A ^b 4@100	118
			11	II 型	7A7.1			
			11	III型	6A9.0			
			12	IV型	7A9.0			
			12 (13)	V 型	6A10.7			
			13	VI型	7A10.7			
		70	10	I 型	6A7.1			132
			10	II 型	7A7.1			
			11	III型	6A9.0			
			11	IV型	7A9.0			
			12	V 型	6A10.7			
			12	VI型	7A10.7			
		80	9	I 型	6A7.1			144
			9 (10)	II 型	7A7.1			
			10	III型	6A9.0			
			11	IV型	7A9.0			
			11	V 型	6A10.7			
			12	VI型	7A10.7			
		85	9	I 型	6A7.1			149
			9	II 型	7A7.1			
			10	III型	6A9.0			
			10	IV型	7A9.0			
			11	V 型	6A10.7			
			11	VI型	7A10.7			
	350	70	10	I 型	6A7.1	270		160
			11	II 型	8A7.1			
			12	III型	8A9.0			
	400	60	12	I 型	7A7.1	340		167
			13	II 型	7A9.0			
			14	III型	10A9.0			
		70	11	I 型	7A7.1			189
			12	II 型	7A9.0			
			14	III型	10A9.0			

表 2 管状支柱的基本尺寸（续）

代号	外径 D/mm	壁厚 t/mm	两端钩吊时 最大柱长 L/m	型号	预应力钢筋 规格	预应力钢筋分布圆 直径 D_p/mm	螺旋筋规格	理论质量 (kg/m)	
GZ	400	80	11	I 型	7A7.1	308	$A^b4@100$	209	
			12	II 型	7A9.0				
			13	III型	10A9.0				
	450	80	12	I 型	8A7.1	358		242	
			13	II 型	8A9.0				
			14	III型	12A9.0				
	500		13	I 型	11A7.1	406	$A^b5@100$	274	
			14 (15)	II 型	11A9.0				
			15	III型	13A9.0				
	550		14	I 型	12A7.1	456			307
			15	II 型	12A9.0				
			16	III型	15A9.0				
	600	80	15 (16)	I 型	14A7.1	506			340
			16	II 型	14A9.0				
			17	III型	17A9.0				
	700	90	16	I 型	12A9.0	590	$A^b6@100$	448	
			18 (19)	II 型	18A9.0				
			19	III型	24A9.0				
	800		18	I 型	16A9.0	690			552
			20	II 型	24A9.0				
			21	III型	32A9.0				
注：柱长列中，括号里数值表示混凝土强度为C80的情况，如13（14）表示采用C60时的最大柱长为13m，采用C80时的最大柱长为14m；无括号时表示该柱长对于C60和C80均适用。									

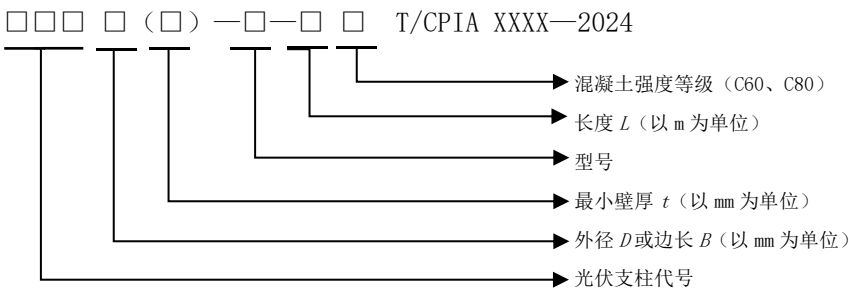
表 3 空方支柱的基本尺寸

代号	边长 B/mm	内径 d/mm	两端钩吊时最大柱长 L/m	型号	预应力钢筋规格	预应力钢筋分布方形边长 B_p/mm	螺旋筋规格	理论质量 (kg/m)		
KFZ	200	100	7 (8)	I 型	4A7.1	130	$A^b3@1000$	84		
			9	II 型	4A9.0			91		
		80	7	I 型	4A7.1			180	$A^b3@1000$	128
			8	II 型	4A9.0					168
	250	130	8	I 型	4A7.1	230	$A^b4@100$	182		
			9	II 型	4A9.0			228		
	300	180	8 (9)	I 型	4A7.1	270	$A^b4@100$	256		
			10	II 型	8A7.1			278		
		160	8	I 型	4A7.1			340	$A^b4@100$	298
			9	II 型	8A7.1					355
	350	210	10	I 型	8A7.1	406	$A^b5@100$	414		
			11	II 型	8A9.0			414		
	400	280	11	I 型	8A7.1	358	$A^b5@100$	414		
			12	II 型	8A9.0			414		
		260	10	I 型	8A7.1	406	$A^b5@100$	414		
			11	II 型	8A9.0			414		
		240	10	I 型	8A7.1	406	$A^b5@100$	414		
			11	II 型	8A9.0			414		
	450	290	11 (12)	I 型	12A7.1	406	$A^b5@100$	414		
			13	II 型	12A9.0			414		
	500	340	12	I 型	12A7.1	406	$A^b5@100$	414		
			13	II 型	12A9.0			414		
注：柱长列中，括号里数值表示混凝土强度为C80的情况，如7（8）表示采用C60时的最大柱长为7m，采用C80时的最大柱长为8m；无括号时表示该柱长对于C60和C80均适用。										

表 4 实方支柱的基本尺寸

代号	边长 B/mm	两端钩吊时 最大柱长 L/m	型号	预应力钢筋规格	预应力钢筋分布方 形边长 B_p/mm	螺旋筋规格	理论质量 (kg/m)
SFZ	200	12	I 型	4A7.1	130	A ^b 3@100	104
		13 (14)	II 型	4A9.0			
	250	12 (13)	I 型	4A7.1	180		163
		14	II 型	4A9.0			
	300	14 (15)	I 型	8A7.1	230	A ^b 4@100	234
		16	II 型	8A9.0			
	350	15	I 型	8A7.1	270		319
		16 (17)	II 型	8A9.0			
SFZ	400	16 (17)	I 型	12A7.1	308	A ^b 4@100	416
		18	II 型	12A9.0			
	450	16 (17)	I 型	12A7.1	358		527
		18	II 型	12A9.0			
	500	17 (18)	I 型	16A7.1	406	A ^b 5@100	650
		19	II 型	16A9.0			
注：柱长列中，括号里数值表示混凝土强度为C80的情况，如13（14）表示采用C60时的最大柱长为13m，采用C80时的最大柱长为14m；无括号时表示该柱长对于C60和C80均适用。							

4.3 标记示例



- 示例 1：外径 400 mm、壁厚 80 mm、长度 12m、III型、混凝土强度等级为 C80 的管状支柱标记为：GZ 400 (80) -III -12 C80 T/CPIA XXXX—2024
- 示例 2：边长 250 mm、内径 130 mm、长度 8m、II 型、混凝土强度等级为 C60 的空方支柱标记为：KFZ 250 (130) -II-8 C60 T/CPIA XXXX—2024
- 示例 3：边长 200 mm、长度 11m、I 型、混凝土强度等级为 C60 的实方支柱标记为：SFZ 200-I-11 C60 T/CPIA XXXX—2024

5 原材料及一般要求

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、矿渣硅酸盐水泥，其质量应符合GB 175的规定。

5.1.2 骨料

- 5.1.2.1 细骨料宜采用洁净的天然硬质中粗砂或人工砂，细度模数为 2.5~3.2，采用人工砂时，细度模数可为 2.5~3.5，质量应符合 GB/T 14684 的规定。
- 5.1.2.2 粗骨料宜采用碎石或破碎的卵石，支柱壁厚不大于 60 mm 时其最大粒径不宜大于 20 mm，大于 60 mm 时其最大粒径不宜大于 25 mm，且不应超过钢筋净距的 3/4，质量应符合 GB/T 14685 的有关规定。
- 5.1.2.3 有抗冻或其他特殊要求的光伏支柱，应对其原材料、混凝土配合比和生产工艺等相关技术进行控制，并按设计要求对混凝土保护层等采取相应措施。

5.1.3 钢材

- 5.1.3.1 预应力钢筋应采用预应力混凝土用钢棒或混凝土制品用冷拔低碳钢丝，其质量应分别符合 GB/T 5223.3 和 JC/T 540 的规定。采用预应力混凝土用钢棒时，其抗拉强度不应小于 1420 MPa，规定非比例延伸强度不应小于 1280 MPa，断后伸长率不应小于 7 %。
- 5.1.3.2 螺旋筋宜采用低碳钢热轧圆盘条、混凝土制品用冷拔低碳钢丝，其质量应分别符合 GB/T 701、JC/T 540、JGJ19 的规定。
- 5.1.3.3 支柱端部需设置钢板的光伏支柱，宜在端部 50 mm 范围内设置套箍，其厚度不应小于 1.2 mm，材质性能不宜低于 Q235B，且质量应符合 GB/T 700 的规定。
- 5.1.3.4 支柱端部设置的钢板质量应符合 JC/T 947 和 JC/T 2239 的规定，材质性能应不低于 Q235B。当上部支架采用端部钢板进行锚固时，其厚度不应小于表 5 的规定；当采用机械套筒进行锚固时，钢板的最小厚度不宜小于 5 mm。当端部钢板兼做光伏支架的连接件时，钢板厚度和螺栓孔尺寸间距可根据连接条件确定。

表 5 用于锚固钢棒的最小钢板厚度

钢棒直径（mm）	7.1	9.0	10.7
最小钢板厚度（mm）	14	16	18

- 5.1.3.5 光伏支柱端部设置套筒时，其材质宜采用 45 号钢，且质量应符合 GB/T 699 的规定。

5.1.4 水

混凝土拌合用水的质量应符合 JGJ 63 的规定。

5.1.5 外加剂

外加剂的质量应符合 GB 8076 的规定。

5.1.6 掺合料

- 5.1.6.1 掺合料宜采用矿渣微粉、硅灰或硅砂粉等，矿渣微粉的质量应符合 GB/T 18046 中 S95 级的有关规定，硅灰的质量应符合 GB/T 27690 的有关规定，硅砂粉的质量应符合 JC/T 950 的有关规定。
- 5.1.6.2 当采用其他品种的掺合料时，应通过试验鉴定，确认符合光伏支柱混凝土质量要求时，方可使用。

5.2 一般要求

5.2.1 预应力钢筋的加工

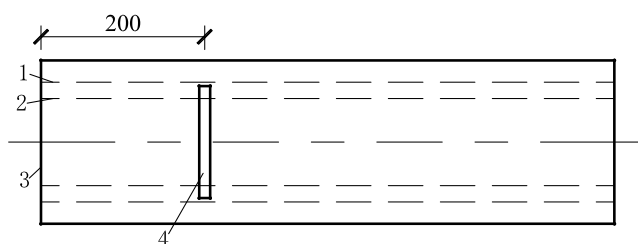
- 5.2.1.1 钢筋应清除油污，切断前应保持平直，不应有局部弯曲，切断后端部应平整。同根光伏支柱中钢筋长度的相对差值不得大于 1.5 mm。
- 5.2.1.2 钢筋镦头部位的强度不应低于该材料抗拉强度的 90 %。

5.2.2 钢筋骨架

- 5.2.2.1 预应力钢筋应沿支柱圆周或四边均匀配置，最小配筋率不宜低于 0.4 %，当采用离心成型时，根数不得少于 5，间距允许偏差为 ±5 mm。
- 5.2.2.2 螺旋筋的直径不应小于 3 mm，箍筋的净间距不宜大于 100 mm，螺距的允许偏差为 ±5 mm。
- 5.2.2.3 预应力钢筋和螺旋筋的焊接点的强度损失不得大于该材料抗拉强度的 5 %。

5.2.3 防冻胀措施

对于不含柱尖且内部中空的空方支柱，当用于冻胀土层时，应在距底部 20 cm 范围内设置封堵段（图 2）。



标引序号说明:

- 1——笼筋;
2——支柱内壁;
3——柱底;
4——封堵板。

图 2 管柱支柱和空方支柱封堵板布置示意图

5.2.4 混凝土抗压强度

- 5.2.4.1 混凝土质量控制应符合 GB 50164 的规定。
- 5.2.4.2 光伏支柱的混凝土强度等级不应低于 C60。
- 5.2.4.3 预应力钢筋放张时，光伏支柱的混凝土抗压强度不得低于 45 MPa。
- 5.2.4.4 产品出厂时，光伏支柱的混凝土抗压强度不得低于混凝土强度等级值。

6 设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 光伏支柱的选用应根据工程地质情况、建设区域抗震设防烈度、上部光伏支柱结构类型、荷载大小及性质、施工条件、工期要求及地方经验、施工设备等因素综合分析后确定。
- 6.1.2 光伏支柱基础设计前应获得场地的岩土工程勘察文件、阵列总平面布置图、光伏支柱结构类型、使用条件及对基础承载力和变形的要求、施工条件、施工周期等资料。
- 6.1.3 当地下水或地基土对混凝土、钢筋和钢零部件有中、强腐蚀作用时，应符合设计要求及现行相关标准的规定。
- 6.1.4 光伏支柱基础应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。
- 6.1.5 光伏支柱基础设计安全等级不应小于上部光伏支柱结构设计安全等级，结构重要性系数对于光伏电站光伏支柱基础不应小于 0.95，对于光热发电站光伏支柱基础不应小于 1.0。
- 6.1.6 光伏支柱基础设计工作年限不应小于电站设计工作年限，且不应小于 25 年，当设计要求工作年限不应小于 50 年时，应对支柱的主筋防护要求进行调整。

6.2 结构设计

- 6.2.1 光伏支柱基础应按下列规定进行承载力计算：
- a) 应进行竖向承载力和水平承载力计算；
 - b) 对单光伏立柱基础应进行抗弯承载力验算；
 - c) 承受荷载较大的光伏立柱基础应对基础结构承载力和裂缝宽度进行验算。
- 6.2.2 单支支柱基础设计时，荷载组合的作用效应及相应的抗力限值、水平及竖向承载力、变形等计算应符合 GB 51101、NB/T 10115 的相关规定。
- 6.2.3 风荷载和雪荷载应按 GB 50009 规定的方法确定。基本风压和基本雪压应采用重现期不低于支柱基础设计使用年限的值，对于光伏支柱基础可取重现期不小于 25 年的值。
- 6.2.4 对于新近填土、湿陷性土、季节性冻土、膨胀土，应考虑负摩阻力、冻胀力、胀切力对基础承载力和稳定性的影响，地基基础的设计除应满足本规范的相关规定外，尚应符合 GB 50007、JGJ 94、GB 50025、JGJ 118、GB 50112 的规定。
- 6.2.5 光伏支柱基础耐久性设计应根据光伏支柱基础设计使用年限和环境类别确定。光伏支柱基础的防腐设计除应满足本规范的相关规定外，尚应符合 GB 50046 的规定。
- 6.2.6 光伏支柱基础宜以原状土或压实填土作为地基持力层，未经检验查明以及不符合质量要求的填土不得作为光伏支柱基础的地基持力层。
- 6.2.7 当利用压实填土作为光伏支柱基础的地基持力层时，应符合下列规定：

- a) 不得采用淤泥、耕土、冻土、膨胀性土以及有机质含量大于 5 % 的土作为填料，填料中不得含有植物残体、垃圾等杂质；
- b) 当选用砂土和碎石土回填时，应级配良好，最大粒径不宜大于 200 mm；
- c) 以粉质黏土、粉土作为填料时，其含水量宜为最优含水量，最优含水量可采用击实试验确定；
- d) 压实填土的质量用压实系数 λ_c 进行控制，且应符合表 6 的规定。

表 6 压实填土地基压实系数控制值

填土部位	压实系数（ λ_c ）		控制含水量（%）
	光伏电站	光热电站	
支柱基础柱顶至预计柱端平面以下3m	≥ 0.95	≥ 0.96	$\omega_{op} \pm 2$
其他部位	≥ 0.93	≥ 0.94	
注：压实系数 λ_c 为填土的实际干密度 ρ_d 与最大干密度的 ρ_{dmax} 的比值； ω_{op} 为最优含水量。土的最大干密度宜采用击实试验确定；碎石土的最大干密度可取 $2.1\text{t/m}^3 \sim 2.2\text{t/m}^3$ 。			

6.2.8 位于塘、沟、积水洼地等地区的填土地基，填土施工前宜清除底层软弱土体。填方设计前应查明地下水和地表水的补给与排泄条件，当填土阻碍原地下水和地表水的畅通排泄时，应采取防止土颗粒流失的措施。

6.2.9 竖向压力作用下单柱的竖向抗压承载力特征值应满足式（1）要求：

$$R_a = \frac{Q_{uk}}{2} > N_k \cdots \cdots (1)$$

式中：
 R_a ——单柱的竖向抗压承载力特征值，单位为千牛（kN）；
 Q_{uk} ——单柱的竖向抗压极限承载力标准值，单位为千牛（kN）；
 N_k ——荷载效应标准组合轴心竖向力作用下，单柱的平均竖向压力，单位为千牛（kN）。
竖向拔力作用下单柱的竖向抗拔承载力特征值应满足式（2）要求：

$$R'_a = \frac{T_{uk}}{2} > N'_k - G_p \cdots \cdots (2)$$

式中：
 R'_a ——单柱的竖向抗拔承载力特征值（kN）；
 T_{uk} ——单柱的竖向抗拔极限承载力标准值（kN）；
 G_p ——单柱自重（kN），地下水位以下取浮重度；
 N'_k ——荷载效应标准组合轴心竖向力作用下，单柱的平均竖向拔力（kN）。

6.3 构造要求

6.3.1 混凝土保护层厚度：外径或边长为 200 mm 的光伏支柱，其主筋的混凝土保护层厚度不应小于 15 mm，其余类型的光伏支柱其主筋的混凝土保护层厚度不应小于 25 mm。

6.3.2 光伏支柱的布置应符合下列规定：

- a) 采用植桩工法时，柱的中心距不应小于柱身直径的 3 倍；
- b) 非饱和土和饱和非黏性土中挤土柱的中心距不应小于柱身直径或边长的 3.5 倍，饱和黏性土中挤土柱的中心距不应小于柱身直径或边长的 4 倍。

6.3.3 光伏支柱进入土层的有效长度，对于岩石地基不宜小于 0.8 m，对于其他土层不宜小于 1.3 m。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 施工前，应进行下列准备工作：

- a) 调查现场的地质、地形、气象等情况并提出相应的安全质量措施；
- b) 处理或清除场地内影响沉柱的高空及地下障碍物；
- c) 在不受施工影响的位置设置坐标、高程控制点及轴线定位点；
- d) 经审查批准的施工组织设计或施工方案；

- e) 供电、供水、排水、道路、照明、通信、临设工房等的安设;
 - f) 光伏支柱基础施工图、设计交底及图纸会审纪要;
 - g) 对防汛有影响的工程,汛期施工时,应执行防汛工作的有关规定;
 - h) 向施工作业人员作技术安全交底;
 - i) 根据工程具体情况编制施工组织设计或施工方案。
- 7.1.2 施工前,应具备下列文件和资料:
- a) 拟建场地的岩土工程勘察报告、设计文件;
 - b) 拟建场地周围道路及建(构)筑物、地下管线、高空线路等相关的技术资料;
 - c) 主要施工设备的技术性能资料;
 - d) 预制混凝土柱出厂合格证及产品说明书;
 - e) 施工工艺的试验资料;
 - f) 保障工程质量、安全生产、文明施工和季节性施工的技术措施。
- 7.1.3 光伏支柱的运输宜采用平板车或驳船,装卸及运输时应采取防止柱滑移与损伤的措施。
- 7.1.4 光伏支柱可采用振动法、锤击法或植入法等方式施工。
- 7.1.5 光伏支柱基础的施工机具及工艺应根据柱型、规格、土层情况、地下水位等条件进行选择,并宜进行试打施工。
- 7.1.6 施工设备就位后应稳固,施工过程中不得发生倾斜和偏移。
- 7.1.7 光伏支柱的施工应符合下列要求:
- a) 支柱应在工厂制作成型;
 - b) 宜采用钳式液压振动锤压入,也可采用锤击方式施工;
 - c) 施工过程中应保持柱身竖直,不应偏心加载;
 - d) 采用预成孔孔径时,孔径不应超过支柱直径或边长的 $2/3$;
 - e) 应在柱顶与打(压)设备间加设硬木、麻袋、草垫等弹性衬垫;
 - f) 施工过程如遇贯入度剧变,柱身突然发生倾斜、位移或有严重回弹,柱顶或柱身出现裂缝、破碎、变形等情况时,应暂停施工并分析原因,采取相应措施。
- 7.1.8 其他施工技术要求应符合 GB 51101、NB/T 10115 的规定。

7.2 贮存、吊运及运输

7.2.1 贮存

- 7.2.1.1 光伏支柱堆放场地应坚实平整,有排水措施。
- 7.2.1.2 光伏支柱堆放时,最下层宜按两支点简支在垫木上(图3),垫木支承点应在同一水平面上。若堆放场地地基经过特殊处理,也可采用着地平放。

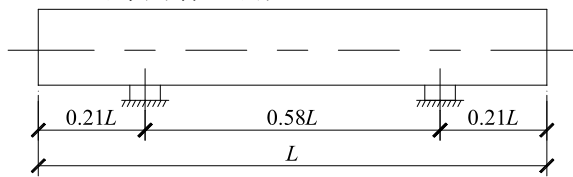


图3 两支点法位置

- 7.2.1.3 光伏支柱应按规格、型号、壁厚、长度分别堆放,堆放过程中应采取可靠的防滑、防滚措施。堆放层数应根据地面承载力、垫木及堆垛稳定性等综合分析确定,并不得超过9层。

7.2.2 光伏支柱吊运

- 7.2.2.1 管状支柱宜采用两头钩吊,长度小于15m的空方支柱和实方支柱宜按图4采用两点吊,吊钩与光伏支柱的水平夹角不小于 45° 。

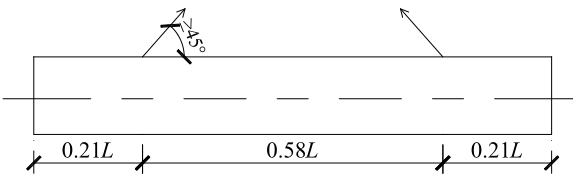


图4 两点吊起吊示意图

7.2.2.2 长度大于 15m 的空方支柱和实方支柱宜按图 5 采用四点吊。

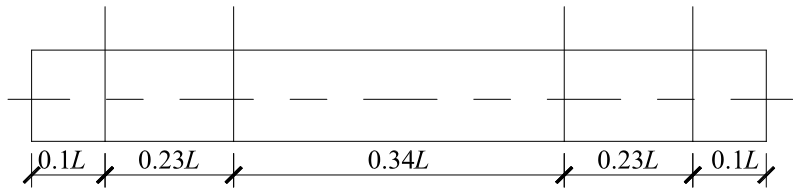


图 5 四点吊起吊示意图

7.2.2.3 吊点位置应符合设计要求，允许偏差为±200 mm。除两头钩吊外，吊索应与光伏支柱纵轴线垂直。

7.2.2.4 光伏支柱在吊运过程中，需平稳提升，轻吊轻放，避免撞击和振动，且下方不应站人。

7.2.3 运输

7.2.3.1 光伏支柱吊运应符合 7.2.2 条的规定。

7.2.3.2 光伏支柱在运输过程中的支承要求应符合 7.2.1.2 条的规定，各层间也应设置垫木，垫木应上下对齐材质一致，同层垫木应保持同一平面。

7.2.3.3 光伏支柱运输过程中应采取可靠的防滑、防滚等安全措施。

7.3 支柱连接

7.3.1 支柱与支柱的连接

7.3.1.1 支柱与支柱之间的连接可采用端部钢板焊接、机械连接或焊接加机械连接组合连接，且应避免在柱尖接近密实砂土、碎石、卵石等硬土层时进行连接。当采用焊接时，应符合 GB 50205 的规定外，并应符合下列规定：

- a) 入土部分柱段的柱顶宜高出地面 1.0m；
- b) 下节柱的柱头处宜设置导向箍或其他导向措施。接柱时，上、下节柱段应保持顺直，错位不超过 2 mm；逐节接柱时，节点弯曲矢高不得大于 1/1000 柱长，且不得大于 20 mm；
- c) 上、下节柱接头钢板的焊接处应洁净、干燥，且焊接处应刷至露出金属光泽；
- d) 手工焊接时宜先在坡口圆周上对称点焊 4 点~6 点，待上、下节柱固定后拆除导向箍再分层焊接，焊接宜对称进行；
- e) 焊接层数不得少于 2 层，内层焊渣必须清理干净后方可施焊外层，焊缝应饱满连续；
- f) 手工电弧焊接时，第一层宜用 $\phi 3.2$ mm 电焊条施焊，保证根部焊透。第二层可用粗焊条，宜采用 E43 型系列焊条；采用二氧化碳气体保护焊时，焊丝宜采用 ER50-6 型；
- g) 柱接头焊好后应进行外观检查，检查合格后必须经自然冷却，方可继续沉柱。自然冷却时间不应少于表 7 所列时间，严禁浇水冷却，或不冷却就开始施工；

表 7 自然冷却时间表

单位为分钟：min

锤击柱	采用二氧化碳气体保护焊
5	3

h) 柱底采用钢尖时，宜在工厂内焊接；当在工地焊接时，宜在堆放现场焊接。严禁柱起吊后点焊、仰焊的做法；

i) 雨天焊接时，应采取防雨措施。

7.3.1.2 预制混凝土柱采用机械连接方式时，应符合相应机械连接方式操作要求的规定。

7.3.2 支护与支架的连接

7.3.2.1 支承面板组件的支架柱底部应与光伏支柱顶部可靠连接，柱脚可采用埋入式柱脚、插入式柱脚、外包式柱脚或外露式柱脚，宜采用埋入式柱脚或外露式柱脚，具体连接方式见附录 D。

7.3.2.2 外露式柱脚锚栓不宜用于承受柱脚底部的水平反力，此水平反力由底板与光伏支柱间的摩擦力或设置抗剪键承受，抗剪键与柱脚底板的焊缝应等强焊接。

7.4 施工工法

7.4.1 振动法施工

7.4.1.1 振动锤选型应符合下列要求：

- a) 振动锤的激振力应大于被振沉支柱与土的侧摩阻力；
- b) 振动锤系统的总重量应大于被振沉支柱的端阻力；
- c) 振动锤系统的工作振幅应大于被振沉支柱到要求深度所需的最小振幅；
- d) 振动锤系统的起吊能力应大于被振沉支柱的自重；
- e) 工程场地应满足振动锤系统行走及施工的相关要求。

7.4.1.2 振动锤夹具应符合下列要求：

- a) 夹具应具有足够的强度及刚度；
- b) 夹嘴应具有足够的夹持力；
- c) 夹具外形应与支柱外形紧密贴合；
- d) 设置相关的缓冲措施，防止在施工过程中对柱头造成破坏。

7.4.1.3 打桩过程的质量控制应符合下列要求：

- a) 不得采用振动锤拖拉板桩就位；
- b) 板桩振动沉桩前，桩身中心线应与振动锤中心线重合，防止偏心振动；
- c) 振动沉桩应连续作业；
- d) 应采用定位导向装置进行辅助沉桩；
- e) 当在密实的土层中板桩无法下沉时，可采其他辅助措施。

7.4.2 锤击法施工

7.4.2.1 锤击式施工机械应根据场地条件、工程特点、施工前沉桩工艺试验、预制混凝土柱的截面尺寸及强度、承载力特征值、持力层土性及进入深度等综合选定，打柱锤宜选用液压锤或柴油锤。打柱机的柱架和底盘必须具有足够的强度、刚度和稳定性，并应与柱锤相匹配。

7.4.2.2 柱帽及垫层的设置应符合下列规定：

- a) 柱帽应有符合要求的强度、刚度和耐打性；
- b) 柱帽套筒应与施打的预制混凝土柱的直径或外径相匹配，柱帽下部套柱头用的套筒应做成圆筒形，圆筒形中心应与锤垫中心重合，筒体深度宜取 350mm~400mm，内径或边长应与预制柱外径或边长之差 20mm~30mm，严禁使用过渡性钢套，用大柱帽打小直径或小边长预制混凝土柱；
- c) 打柱时柱帽套筒底面与柱头之间应设置柱垫，柱垫可采用纸板、棕绳、胶合板等材料制作，厚度应均匀一致，压缩后柱垫厚度应为 120mm~150mm，且应在打柱期间经常检查，及时更换或补充；
- d) 柱帽上部直接接触打柱锤的部位应设置锤垫，锤垫应用坚纹硬木或钢丝绳制作，其厚度应为 150mm~200mm，打柱前应进行检查、校正或更换。

7.4.2.3 锤击沉桩施工应符合下列规定：

- a) 首节柱插入时，应认真检查柱位及柱身垂直度偏差，校正后的垂直度偏差应为 $\pm 0.5\%$ ；
- b) 当预制混凝土柱沉入地表土后就遇上厚度较大的淤泥层或松软的回填土时，柴油锤应采用不点火空锤的方式施打；液压锤应采用落距为 200mm~300mm 的方式施打；
- c) 预制混凝土柱施打过程中，宜重锤轻击，应保持柱锤、柱帽和柱身的中心线在同一条直线上，并随时检查柱身的垂直度；
- d) 在较厚的黏土、粉质黏土层中施打预制混凝土柱，宜将每根柱一次性连续打到底，减少中间间歇时间；
- e) 预制混凝土柱内孔充满水或淤泥时，柱身上部应设置排气（水）孔；
- f) 重要工程应采用高应变法进行打柱过程监测，并对监测结果进行分析。

7.4.2.4 预制混凝土柱总锤击数不宜超过 1500。

7.4.2.5 最后贯入度量测应符合下列条件：

- a) 柱头和柱身完好；
- b) 柱锤、柱帽、柱身及送柱器中心线重合；
- c) 柱帽及送柱器套筒内衬垫厚度符合本标准规定；
- d) 打柱结束前即完成测定，不得间隔较长时间后才量测。

7.4.2.6 收锤标准应根据工程地质条件、柱的承载性状、单柱承载力特征值、柱规格及入土深度、打柱锤性能规格及冲击能量、柱端持力层性状及柱尖进入持力层深度、最后贯入度或最后 1m~3m 的每米沉柱锤击数等因素综合确定。

7.4.3 植入法施工

- 7.4.3.1 当在水泥土或旋喷柱中植入预制混凝土柱时，施工应符合 JGJ/T 327 和 JGJ/T 330 的规定。
- 7.4.3.2 当采用钻孔等成孔工艺植入法沉柱时，应符合下列规定：
 - a) 成孔工艺应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定；
 - b) 护壁浆液宜采用水泥浆、水泥与膨润土混合浆液，相关配比及性能应符合工艺与性能要求，应由现场工艺试验与静载试验确定。
- 7.4.3.3 采用植入法施工时，施工前应进行沉柱工艺试验，确定施工工艺和施工参数。
- 7.4.3.4 植入预制混凝土柱前应将柱孔附近返浆清理干净。
- 7.4.3.5 植入法施工时应采取监控预防措施，多节预制混凝土柱连接时应保证接柱质量和柱身垂直度。
- 7.4.3.6 植入法沉柱施工时，预制混凝土柱垂直度允许偏差不应大于 0.5%，定位允许偏差应为±10mm，柱顶标高允许偏差应为±50mm。
- 7.4.3.7 采用引孔辅助沉柱法时，引孔的直径、孔深及数量应符合下列规定：
 - a) 引孔直径不宜超过柱直径的 2/3，深度不宜超过柱长的 2/3，并应采取防塌孔的措施；
 - b) 引孔宜采用长螺旋钻机引孔，垂直偏差不宜大于 0.5%；
 - c) 引孔作业和沉柱作业应连续进行，间隔时间不宜大于 12h。

8 质量与验收

8.1 质量检测

8.1.1 混凝土抗压强度

混凝土抗压强度应满足 5.2.4 条的规定。

8.1.2 外观质量

光伏支柱的外观质量应符合表8的规定。

表 8 光伏支柱的外观质量

序号	项目	外观质量要求
1	粘皮和麻面	局部粘皮和麻面累计面积不大于支柱总外表面积的0.5%；每处粘皮和麻面的深度不大于5mm，且应修补
2	柱身合缝漏浆	漏浆深度不大于5mm，每处漏浆长度不大于300mm，累计长度不大于总长度的10%，或对称漏浆的搭接长度不大于100mm，且应修补
3	局部磕损	磕损深度不大于5mm，每处面积不大于50cm ² ，且应修补
4	内外表面露筋	不允许
5	表面裂缝	不得出现环向和纵向裂缝，但龟裂、水纹和内壁浮浆层中的收缩裂纹不在此限
6	端面平整度	光伏支柱端面混凝土和预应力钢筋墩头不得高出端板平面。
7	断筋/脱头	不允许
8	内表面混凝土塌落	不允许
9	柱套箍凹陷	凹陷深度不应大于10mm
10	柱套箍与柱身结合面	漏浆
		空洞和蜂窝

8.1.3 尺寸允许偏差

光伏支柱各部位的尺寸允许偏差应符合表9的规定。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/318054120065006102>