

中华人民共和国建材行业标准

JC/T 2723—2022

预应力混凝土实心方桩

Prestressed concrete solid square piles

2022-09-30 发布

2023-04-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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	2
4 分类和标记	2
5 一般要求	3
6 技术要求	7
7 试验方法	8
8 检验规则	11
9 标志、产品合格证	14
10 堆放、吊装和运输	14
附录 A(资料性) 普通桩尖和带钢靴桩尖	16
附录 B(规范性) 预应力方桩开裂弯矩和极限弯矩的计算	17

沈阳建华建设项目管理有限公司
www.syjhg1.com

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。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国水泥制品标准化技术委员会(SAC/TC 197)归口。

本文件负责起草单位：嘉兴学院、建华建材(中国)有限公司、苏州混凝土水泥制品研究院有限公司、嘉兴欣创混凝土制品有限公司、华东建筑设计研究院有限公司。

本文件参加起草单位：广东三和管桩股份有限公司、上海市钢筋混凝土预制构件质量监督分站、兆弟集团有限公司、常熟市龙腾滚动体制造有限公司、浙江弘源金属制品股份有限公司、江苏东浦管桩有限公司、江苏力引建材科技股份有限公司、福建宝丰管桩有限公司、宁波建工广天构件有限公司、南通海华建材有限公司、盐城市双强管桩有限公司、宿迁市伟鑫预制构件有限公司、宁波迈克管桩有限公司、浙江望达建材科技有限公司、盐城中桩预制构件有限公司、江阴市卫益建材有限公司、海盐汇强桩业股份有限公司、浙江大学建筑设计研究院有限公司、江苏省建筑设计研究院有限公司、嘉兴市元正建材科技股份有限公司、宁波市镇海永大构件有限公司、南通国华新材料科技有限公司、浙江沪嘉住宅工业股份有限公司、浙江正大管桩有限公司、唐山市九晨水泥制品有限公司、浙江中成水泥管桩有限公司、盐城市方桩预制构件有限公司、浙江雄宇混凝土构件有限公司、嘉兴市康立德构件股份有限公司、爱科昇振动机械(嘉兴)有限公司、江苏瀚龙建材科技有限公司、常熟市永基建材制品有限公司、江苏新高新型建材有限公司、连云港华云桩业有限公司、浙江荣恒混凝土有限公司、浙江省建材集团建筑产业化有限公司、巨匠建设集团股份有限公司、杭州凝聚力新型材料有限公司、浙江大东吴集团建设有限公司、江西抚州中恒管桩有限公司、常德定海管桩有限公司、宁波汇金水泥制品有限公司、绍兴舜江东方构件有限公司、浙江鸿晨桩业科技有限公司、马鞍山佳诚预制构件有限公司、苏州市兴邦化学建材有限公司、广州天行机械接头有限公司、捷和发(福建)建筑科技有限公司、福建永强岩土股份有限公司、嘉兴市恒德管桩有限公司、宜兴广豪科技有限公司、嘉善凝新混凝土构件有限公司、浙江新业管桩有限公司、浙江意力管业科技有限公司、浙江华为混凝土制品股份有限公司、乐清市超强管业有限公司、湛江市建诚建材有限公司、福建大力新型建材科技有限公司、张家港市岳晟源金属制品有限公司、江苏维骏工业设备有限公司、浙江禹成构件有限公司、泉州泰景建材有限公司、张家港市华诚混凝土构件有限公司、上海同丰工程咨询有限公司、广东红墙新材料股份有限公司、江苏金石源新材料有限公司、浙江协成起重机械有限公司、浙江嘉宇建设有限公司、博元建设集团股份有限公司、浙江中技建设有限公司、浙江恒力建设有限公司、中嘉建设有限公司、百盛联合集团有限公司、博地建设集团有限公司、浙江龙鼎混凝土建材股份有限公司、嘉善华豪建材有限公司、宁波一中管桩有限公司。

本文件主要起草人：蒋元海、李志高、刘红飞、樊华、翁其平、熊厚仁、何友林、陈巧、石福弟、黄殿武、张国发、霍永业、田寅、袁盛、林天满、陈孝平、胡晓伟、陈孝文、陈金志、陈玉文、金君韡、凌德祥、方雷、俞敏芳、张云、沈智洋、孙根明、施黎刚、王志强、王永强、倪海斌、潘秋咏、俞晓东、吴建国、钱宏伟、郭健、曾凯、陈雪康、张仪、许希坤、马佳飞、俞联锋、谢学云、王桂龙、屈志明、苏银君、陈吉果、张万江、田建新、姚忠萍、蔡会平、邵宏胜、丁爱华、王兆仙、张国伟、金家超、吉永海、邓剑涛、钟智谦、许万强、余锡华、黄海燕、金静华、龚朝辉、李严、李圣琪、闵贵平、黄赟、王艺凝、陈雷、郑志忠、单鸿猷、冯兴卓、李斌、张骏达、张瑜、高忠明、高磊芝、张煜、李论、王利、黄浩奇、李惠峰、陆海涛、彭守炼、陈金祥、陆小燕、陈亮、金道远、钟宏伟。

本文件为首次发布。

预应力混凝土实心方桩

1 范围

本文件规定了预应力混凝土实心方桩的分类和标记、一般要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、产品合格证以及堆放、吊装和运输。

本文件适用于工业与民用建筑、市政、公路、铁路、水利、电力、港口、机场等工程用预应力混凝土实心方桩。

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 700—2006 碳素结构钢
- GB/T 706 热轧型钢
- 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—2017 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 5223.3 预应力混凝土用钢棒
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 18046—2017 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 39147 混凝土用钢纤维
- 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 50661 钢结构焊接规范
- JC/T 540 混凝土制品用冷拔低碳钢丝
- JC/T 2238 水泥制品用矿渣粉应用技术规程
- JC/T 2554 蒸养混凝土制品用掺合料
- JGJ 19 冷拔低碳钢丝应用技术规程
- JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
- JGJ 63 混凝土用水标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

预应力混凝土实心方桩 **prestressed concrete solid square piles**

采用先张法预应力工艺，振动密实成型的正方形截面的混凝土方桩，简称预应力方桩，代号 YZH。

4 分类和标记

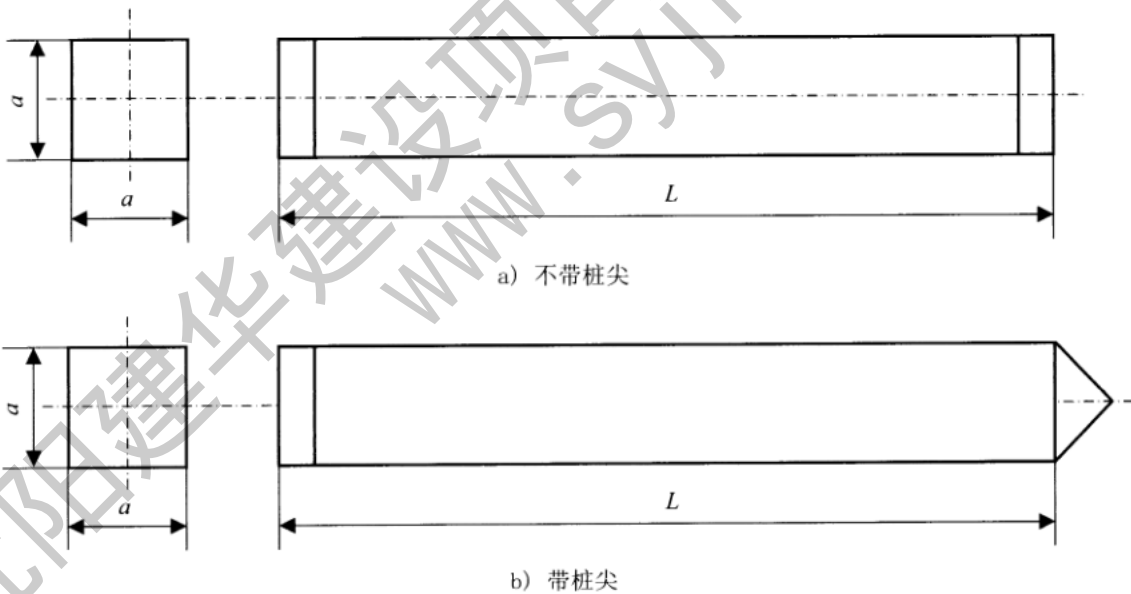
4.1 产品规格和型号

4.1.1 预应力方桩按截面边长分为 300 mm、350 mm、400 mm、450 mm、500 mm、550 mm、600 mm 和 700 mm 等八种规格。

4.1.2 根据混凝土有效预压应力值，预应力方桩分为 A 型、B 型，其中 A 型桩的混凝土有效预压应力值为 $3 \text{ N/mm}^2 \sim 5 \text{ N/mm}^2$ (含 5 N/mm^2)，B 型桩的混凝土有效预压应力值为 $5 \text{ N/mm}^2 \sim 7 \text{ N/mm}^2$ (含 7 N/mm^2)。

4.2 产品基本参数

预应力方桩的示意图见图 1，基本参数见表 1，其中桩长不包括桩尖。



标引符号说明：

a ——截面边长；

L ——长度。

图1 预应力方桩的结构形状

表1 预应力方桩的基本参数

截面边长 mm	型号	单节桩长 m	预应力钢筋配筋	螺旋箍筋规格 mm	参考重量 kg/m
300	A	6~12	8Φ9.0	Φ4	225
	B	6~14	8Φ10.7		
350	A	6~12	8Φ10.7		306
	B	6~15	8Φ12.6		
400	A	6~14	12Φ10.7	Φ5	400
	B	6~15	12Φ12.6		
450	A	6~14	12Φ10.7		506
	B	6~15	12Φ12.6		
500	A		16Φ10.7		625
	B		16Φ12.6		
550	A		20Φ10.7	Φ6	756
	B		20Φ12.6		
600	A		24Φ10.7		900
	B		24Φ12.6		
700	A		20Φ12.6	Φ7	1225
	B		24Φ12.6		

注：根据供需双方协议且满足设计及相关标准时，也可以生产其他规格、型号、长度、截面、配筋的产品。

4.3 标记

产品按代号、截面边长、型号、桩长、标准编号顺序进行标记。

示例：符合本文件，边长为 400 mm，长度为 12 m 的 B 型预应力混凝土实心方桩标记如下：

YZH-400-B-12 JC/T 2723

5 一般要求

5.1 原材料

5.1.1 水泥

水泥应采用符合 GB 175 规定的强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥。

5.1.2 集料

5.1.2.1 细集料宜采用天然硬质中粗砂或机制砂。天然砂的细度模数宜为 2.5~3.2，含泥量不宜大于 1%；采用机制砂时，细度模数宜为 2.5~3.5，单级最大压碎指标不应大于 20%，泥块含量为 0%，石粉含量在亚甲蓝值不大于 1.4 或快速法试验合格时，不宜大于 5%，其他情况下不宜大于 1%。细集料

中氯离子含量不应大于 0.01%，硫化物及硫酸盐含量不应大于 0.5%，其他质量要求应符合 GB/T 14684 的规定。

5.1.2.2 粗集料宜采用碎石，其最大粒径不宜大于 25mm，且不应超过钢筋净距的 3/4；粗集料的含泥量不宜大于 0.5%，且泥块含量为 0%，其他质量要求应符合 GB/T 14685 和 GB 50164 的规定。

5.1.3 掺合料

5.1.3.1 掺合料宜采用矿渣粉、粉煤灰、硅灰或蒸养混凝土制品用掺合料等。其中，矿渣粉不应低于 GB/T 18046—2017 表 1 中 S95 级的规定，并应符合 JC/T 2238 的规定；粉煤灰不应低于 GB/T 1596—2017 中 II 级的规定；硅灰应符合 GB/T 27690 的有关规定；蒸养混凝土制品用掺合料应符合 JC/T 2554 的规定。

5.1.3.2 当采用其他品种的掺合料时，应符合相关标准的规定，并通过试验验证。

5.1.4 外加剂

外加剂应符合 GB 8076 的规定。

5.1.5 水

混凝土用水应符合 JGJ 63 的规定。

5.1.6 钢材

5.1.6.1 预应力钢筋宜采用预应力混凝土用钢棒，应符合 GB/T 5223.3 的规定，且抗拉强度不应小于 1420MPa，规定塑性延伸强度不应小于 1280MPa，断后伸长率不应小于 7%。若采用预应力混凝土用钢绞线，应符合 GB/T 5224 的规定，钢绞线的配筋设计应符合等强度换算原则。

5.1.6.2 螺旋箍筋宜采用冷拔钢丝，应符合 JC/T 540 和 JGJ 19 的规定。

5.1.6.3 端板的材质宜采用 Q235B，其公称厚度应符合表 2 的规定，桩套箍材质的性能应符合 GB/T 700—2006 中 Q235 的规定。端板的加工要求：外侧平面度不应大于 1.0mm，边长允许偏差 (0, -5)mm，厚度允许偏差 (+0.5, -0.3)mm。

表2 端板最小厚度

单位为毫米

预应力钢棒直径		9.0	10.7	12.6
端板最小厚度	承压桩	18	20	22
	抗拔桩	20	22	24

5.1.6.4 预应力方桩根据设计需要设置桩顶附筋时，其根数不应少于 4 根，且应符合表 3 的规定。桩顶附筋应采用 HRB400 热轧带肋钢筋，且应符合 GB/T 1499.2 的有关规定。

表3 桩顶附筋设置要求

单位为毫米

截面边长	300~350	400~450	500	550	600~700
配筋直径	18	20	22	22	24
长度	≥2 000			≥2 200	≥2 400

5.1.6.5 预应力方桩根据设计需要设置角钢时，宜采用热轧等边角钢，应符合 GB/T 706 的有关规定。

5.1.6.6 吊环钢筋直径不大于 14 mm 时,应采用 HPB300 热轧光圆钢筋,且应符合 GB/T 1499.1 的有关规定;吊环钢筋直径大于 14 mm 时,应采用 Q235B 圆钢,且应符合 GB/T 700—2006 的有关规定。采用铝制绳套或其他形式的预埋件作为吊环时,其强度应经设计验算,并应符合起吊的要求。

5.1.7 钢纤维

钢纤维应符合 GB/T 39147 的规定。

5.2 钢筋加工与钢筋骨架

5.2.1 钢筋加工

5.2.1.1 钢筋应清除油污,切断前应保持平直,不允许局部弯曲,切断后端面应平整。

5.2.1.2 预应力钢筋锚头部位的强度不应低于该材料抗拉强度的 90%。

5.2.1.3 同根桩中预应力钢筋长度的相对差值不应大于 1.5 mm。

5.2.2 钢筋骨架

5.2.2.1 预应力筋应采用对称布置,公称直径不宜小于 9.0 mm,配筋数量应根据设计验算确定,且不应少于 4 根,最小配筋率不宜低于 0.5%。

5.2.2.2 螺旋箍筋直径不应小于 4 mm,且符合表 1 的规定。与承台(或基础底板)连接端的螺旋箍筋加密区长度不应小于 4 倍截面边长,且不应小于 2500 mm;桩体其余部位的螺旋箍筋加密区长度不应小于 4 倍截面边长,且不应小于 2000 mm;加密区的螺旋箍筋间距不应大于 65 mm,其余部分的螺旋箍筋间距不应大于 100 mm,螺旋箍筋间距的偏差为 ± 5 mm。

5.2.2.3 吊环钢筋直径宜按表 4 选用。

表4 两点吊吊环钢筋直径

单位为毫米

截面边长 mm	桩长 m			
	≤ 10	≤ 12	≤ 14	≤ 15
300	$\Phi 14$	$\Phi 14$	$\Phi 16$	$\Phi 16$
350	$\Phi 14$	$\Phi 16$	$\Phi 18$	$\Phi 20$
400	$\Phi 16$	$\Phi 18$	$\Phi 20$	$\Phi 22$
450	$\Phi 18$	$\Phi 20$	$\Phi 22$	$\Phi 25$
500	$\Phi 20$	$\Phi 22$	$\Phi 25$	$\Phi 28$, 或 $2\Phi 20$
550	$\Phi 22$, 或 $2\Phi 16$	$\Phi 25$, 或 $2\Phi 18$	$\Phi 28$, 或 $2\Phi 20$	$\Phi 32$, 或 $2\Phi 25$
600	$\Phi 25$	$\Phi 28$, 或 $2\Phi 20$	$\Phi 32$, 或 $2\Phi 25$	$\Phi 32$, 或 $2\Phi 25$
700	$\Phi 28$	$\Phi 32$, 或 $2\Phi 25$	$\Phi 36$, 或 $2\Phi 28$	$\Phi 36$, 或 $2\Phi 28$

5.3 混凝土

5.3.1 应按 JGJ 55 的规定进行混凝土的配合比设计,并通过试配确定生产用混凝土配合比。

5.3.2 混凝土质量控制应符合 GB 50164 的规定。

5.3.3 预应力钢筋放张时，混凝土抗压强度不应低于设计强度等级值的 75%；产品出厂时，混凝土抗压强度不应低于设计强度等级值。

5.3.4 桩体锤击端混凝土在配制中可掺加钢纤维，钢纤维混凝土配合比设计应符合 JGJ/T 221 的规定。

5.3.5 对在腐蚀、冻融等环境下及有特殊要求的预应力方桩，应对原材料、混凝土配合比、混凝土保护层厚度、生产工艺等进行技术方案调整，并按 GB/T 50046 及设计要求采取相应技术措施。

5.4 养护

5.4.1 采用自然养护工艺时宜满足如下规定：

- a) 自然养护场所宜具有 15℃ 以上的环境温度，养护时混凝土宜铺塑料薄膜或苫盖；
- b) 可根据需要对脱模后的预应力方桩进行保湿作业。

5.4.2 采用常压蒸汽养护工艺时宜满足如下规定：

- a) 蒸汽养护的介质宜采用饱和水蒸气；
- b) 蒸汽养护分静停、升温、恒温、降温四个阶段。蒸汽养护的静停时间、升温速度和时间、恒温温度和时间、降温速度和时间等应根据试验确定；
- c) 可根据需要对脱模后的预应力方桩进行保湿作业。

5.5 接桩方式

5.5.1 预应力方桩的接桩方式有焊接连接、机械连接、焊接与机械复合连接方式。

5.5.2 焊接连接的端板应根据设计要求制作，端板焊接处坡口尺寸应符合 GB 50661 的规定。

5.5.3 机械连接由设计人员根据实际情况，参照相关标准选用。

5.6 桩尖

5.6.1 应根据工程设计需要确定是否采用桩尖。

5.6.2 若设计确定需要桩尖时，桩尖宜单独设计制作，施工过程中桩尖与桩体现场拼接(焊接)。

5.6.3 桩尖若与桩体一起制作，其桩尖形式有：普通桩尖、带钢靴桩尖，其结构形式及要求参见附录 A。

5.7 其他

5.7.1 桩套箍的焊接应平直、方正，不应倾斜、翘曲，焊缝应饱满。

5.7.2 预应力方桩吊装可采用预埋吊环、预留吊装孔、预埋螺母等三种方案，其中，吊环可采用外露式吊环或内凹式吊环。

5.7.3 采用预埋吊环时，吊环的位置应埋设在中间主筋的两侧。吊环埋入混凝土的深度不应小于 30 倍吊环钢筋直径，并应与桩的主筋作牢固绑扎。

5.7.4 采用预留吊装孔时，可在混凝土初凝后拔出钢管成孔，但不应有损桩身，孔的两侧应分别增加补强吊筋或箍筋。

5.7.5 采用预埋螺母时，强度应符合起吊要求及吊装安全。预埋螺母及配套的吊具，应符合设计及相关产品标准要求。

5.7.6 浇注桩身混凝土时，应从桩顶向桩端方向进行，且应连续浇注，不应中断，对桩头、桩尖部位的混凝土应加强振捣。

5.7.7 在桩端部设置预埋件时，预埋件的材质应符合相关标准的规定。

5.7.8 预应力方桩可采用适当方式接桩，接桩处极限弯矩不应低于桩身极限弯矩。

5.7.9 吊点位置应符合设计要求，吊环对桩纵轴线方向的偏差不应大于 ± 200 mm，吊环对垂直于桩纵轴线方向的偏差不应大于 ± 20 mm。

6 技术要求

6.1 混凝土抗压强度

预应力方桩的混凝土强度等级不应小于 C60，且按 GB/T 50107 评定。

6.2 外观质量

预应力方桩的外观质量应符合表 5 的规定。当外观质量存在表 5 中序号 6、7、8、9 缺陷时，应修补，并经检验合格后出厂。

表5 外观质量要求

序号	项目	类别	外观质量要求
1	断筋、脱头	S1	不允许
2	露筋		不允许
3	桩套筒与桩身结合面的空洞		不允许
4	表面裂缝		不应出现环向和纵向裂缝，但龟裂、水纹和收缩裂缝不在此限
5	桩端面平整度		桩端面混凝土和预应力钢筋锚头不得高出端板平面
6	混凝土局部磕损	S2	混凝土局部磕损深度 $\leq 10\text{ mm}$
7	桩套筒凹陷		凹陷深度 $\leq 10\text{ mm}$
8	麻面、蜂窝、粘皮和气孔		局部麻面、起砂、粘皮和气孔的深度 $\leq 5\text{ mm}$
9	桩外表混凝土浇筑面		应抹光平整，不应有踩踏脚印
注：根据外观质量检验的重要性程度，受检项目分为 S1 类、S2 类。			

6.3 尺寸允许偏差

预应力方桩各部位的尺寸偏差应符合表 6 的规定。

表6 尺寸偏差要求

单位为毫米

序号	项目	类别	允许偏差
1	桩长	S1	$\pm 0.5\%L$
2	横截面边长		+5 -5
3	桩身弯曲矢高		$\leq 1\%L$ ，且 ≤ 20
4	桩尖偏心		≤ 10
5	桩顶平面对桩中心线的倾斜(桩顶倾斜)		≤ 3
6	桩顶对角线之差	S2	≤ 10
注：根据尺寸偏差检验的重要性程度，受检项目分为 S1 类、S2 类。			

6.4 开裂弯矩和极限弯矩

桩身开裂弯矩和极限弯矩不应低于表 7 的规定。

表7 预应力方桩的开裂弯矩和极限弯矩

边长 a mm	型号	开裂弯矩 M_{cr} kN·m	极限弯矩 M_u kN·m
300	A	38	72
	B	46	96
350	A	62	119
	B	74	156
400	A	100	199
	B	121	259
450	A	125	234
	B	148	308
500	A	176	343
	B	210	450
550	A	235	471
	B	283	617
600	A	304	616
	B	366	807
700	A	455	986
	B	503	1 153

6.5 混凝土保护层厚度

预应力方桩最外层钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 35 mm，地基处理和临时性建筑基础用预应力方桩最外层钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 25 mm。

7 试验方法

7.1 混凝土抗压强度

7.1.1 每一个工作班制作不宜少于三组混凝土立方体试件，其中：一组试件检验预应力钢筋放张时的混凝土抗压强度，一组试件检验 28 d 标准养护的混凝土抗压强度，另一组备用或检验桩出厂时的混凝土抗压强度。混凝土拌合物应在布料时随机抽取，并制作标准尺寸的试件，且与桩做同条件蒸汽养护或自然养护。

7.1.2 检验预应力钢筋放张时的混凝土抗压强度的试件，应在同条件养护结束后拆模，然后进行混凝土试件的抗压强度检验。

7.1.3 检验混凝土强度等级的试件，应在同条件养护结束后拆模，然后放入标准养护室养护，养护龄期至 28 d。

7.1.4 检验出厂时混凝土强度的试件，应在蒸汽养护或自然养护结束后拆模，并继续在成品堆场作自然养护，在产品出厂时进行混凝土试件的抗压强度检验。

7.1.5 混凝土抗压强度试验方法应符合 GB/T 50081 的有关规定。

7.2 外观质量

外观质量的检测工具和检测方法见表 8。

表8 外观质量的检测工具和检测方法

序号	项目	检测工具和检测方法	检测工具分度值 mm
1	断筋、脱头	目测	—
2	露筋	目测	—
3	套筒与桩身结合面的空洞	目测	—
4	表面裂缝	目测	—
5	桩端面平整度	目测	—
6	混凝土局部磕损	用游标卡尺测量局部磕损的深度，精确至 1 mm	1
7	桩套筒凹陷	用深度游标卡尺测量凹陷深度，精确至 1 mm	0.02
8	麻面、蜂窝、粘皮和气孔	用游标卡尺测量麻面、粘皮、气孔的尺寸，精确至 1 mm	1
9	桩外表混凝土浇筑面	目测	—

7.3 尺寸偏差

尺寸偏差的检测工具和检测方法见表 9。

表9 尺寸偏差的检测工具和检测方法

序号	项目	检测工具和检测方法	检测工具分度值 mm
1	桩长	用钢卷尺测量，精确至 1 mm。	1
2	横截面边长	用卡尺或钢直尺在同一断面测定相互垂直的两边长，取其平均值，精确至 1 mm。	1
3	桩身弯曲矢高	将拉线紧靠桩的两端部，用钢直尺测量其弯曲处的最大距离，精确至 1 mm。	1
4	桩尖偏心	用钢直尺测量，精确至 1 mm。	1
5	桩顶平面对桩中心线的倾斜 (桩顶倾斜)	将直角靠尺的一边紧靠桩身，另一边与端板紧靠，测其最大间隙处，精确至 1 mm。	0.5
6	桩顶对角线之差	用卡尺或钢直尺测量桩顶两个对角线长度，精确至 1 mm。	1

7.4 开裂弯矩和极限弯矩

7.4.1 试验条件

进行开裂弯矩和极限弯矩检验时的试验条件应符合下列规定：

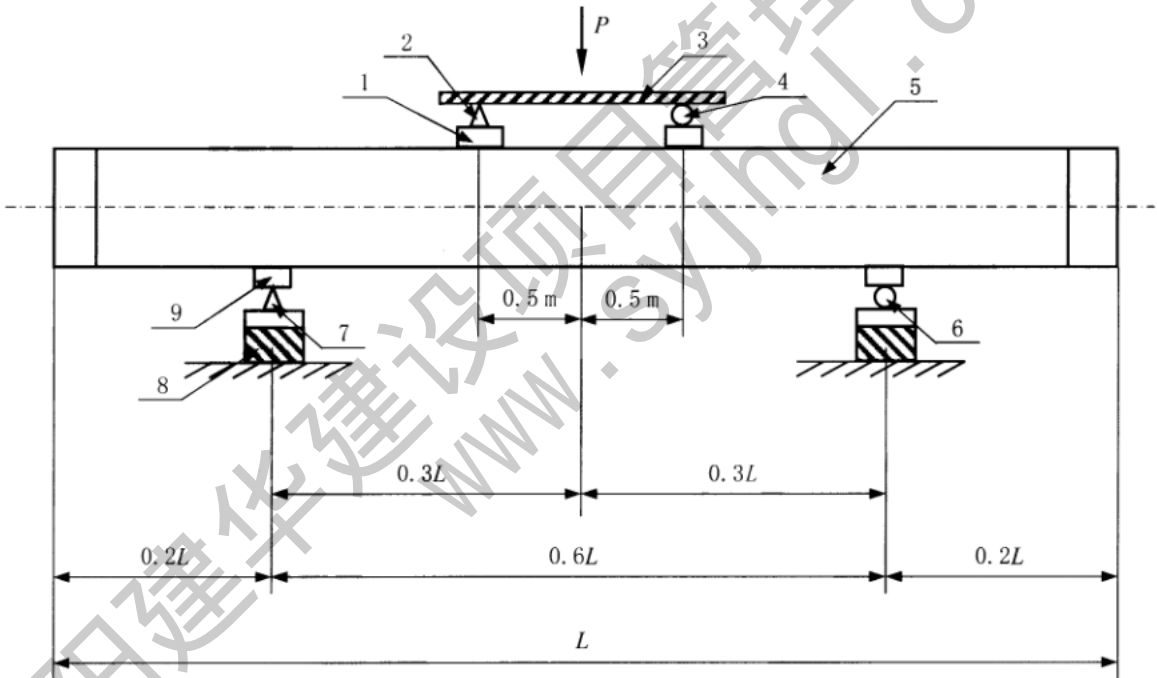
- a) 试验场地的温度应在 0℃ 以上；
- b) 蒸汽养护后的预应力方桩应在冷却至常温后进行试验；
- c) 预应力方桩的混凝土强度应达到设计强度的 100% 以上；
- d) 预应力方桩在试验前应量测其实际尺寸，并检查预应力方桩表面，所有的缺陷和裂缝应在预应力方桩上标出；
- e) 试验用的加荷设备及量测仪表应预先进行标定或校准。

7.4.2 试验装置

试验采用简支梁对称加载装置，如图 2 所示，其中，荷载(P)的方向垂直于地面。试验用预应力方桩的单节桩长不应超过表 1 中相应规格的单节最大长度，也不应小于表 10 中规定的单节最短桩长。

表10 开裂弯矩和极限弯矩试验用桩的单节最短桩长

截面边长/mm	300	350	400	450	500	550	600	700
最短单节桩长/m	5	6		7		8		9



标引序号和符号说明：

- 1——上垫板；
- 2——分配梁固定铰支座；
- 3——分配梁；
- 4——分配梁滚动铰支座；
- 5——预应力方桩；
- 6——滚动铰支座；
- 7——固定铰支座；
- 8——支墩；
- 9——下垫板。

P ——荷载；
 L ——桩长。

图2 开裂弯矩和极限弯矩试验示意图

7.4.3 加载程序

7.4.3.1 按开裂弯矩的 20% 的级差由零加载至开裂弯矩的 80%，每级荷载的持续时间为 3 min；然后按开裂弯矩的 10% 的级差继续加载至开裂弯矩的 100%。每级荷载的持续时间为 3 min，观察是否有裂缝出现。若有裂缝出现，测量并记录裂缝宽度。

7.4.3.2 若在开裂弯矩的 100% 时未出现裂缝，则按开裂弯矩的 5% 的级差继续加载至裂缝出现。每级荷载的持续时间为 3 min，测量并记录裂缝宽度。

7.4.3.3 按极限弯矩的 5% 的级差继续加载至出现 7.4.4.2 所列极限状态的检验标志之一为止。每级荷载的持续时间为 3 min，观测并记录各项读数。

7.4.4 开裂弯矩和极限弯矩试验结构破坏特征

7.4.4.1 当加载至表 7 的开裂弯矩时，桩身不应出现裂缝。

7.4.4.2 当加载至表 7 的极限弯矩时，不应出现下列任何一种情况：

- 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。

7.4.5 开裂荷载和极限荷载的确定

7.4.5.1 当在规定的荷载持续时间结束后出现桩身混凝土裂缝时，应取此时的荷载值作为开裂荷载实测值；当在加载过程中第一次出现裂缝时，应取前一级荷载值作为开裂荷载实测值；当在规定的荷载持续时间内第一次出现裂缝时，应取本级荷载值与前一级荷载值的平均值作为开裂荷载实测值。

7.4.5.2 当在规定的荷载持续时间结束后出现 7.4.4.2 所列的情况之一时，应取此时的荷载值作为极限荷载实测值；当在加载过程中出现上述情况之一时，应取前一级荷载值作为极限荷载实测值；当在规定的荷载持续时间内出现 7.4.4.2 所列的情况之一时，应取本级荷载值与前一级荷载的平均值作为极限荷载实测值。

7.4.6 开裂弯矩和极限弯矩的计算

预应力方桩开裂弯矩和极限弯矩的计算按附录 B。

7.5 混凝土保护层厚度

7.5.1 取桩身中部及距两端 1 m～3 m 范围与桩身轴线相垂直的三个截面进行混凝土保护层厚度的检测，可采用下列方法：

- a) 破损法：先凿开混凝土保护层，用分度值为 0.1 mm 的深度游标卡尺或钢直尺在同一截面上均匀分布的任意 3 处不同部位测量，精确至 1 mm；
- b) 非破损法：用分度值为 1 mm 的混凝土保护层测定仪在同一截面上均匀分布的任意 3 处不同部位测量，精确至 1 mm。

7.5.2 当仲裁时以破损法测量为准。

8 检验规则

8.1 检验分类

预应力方桩的检验分出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

8.2.1 检验项目

包括混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差、开裂弯矩。

8.2.2 批量和抽样

8.2.2.1 混凝土抗压强度

混凝土拌合物应在布料时随机抽取，每一个工作班至少制作三组试件。

8.2.2.2 外观质量和尺寸偏差

以同规格、同型号的预应力方桩连续生产 30 000 根为一批，但在三个月内生产总数不足 30 000 根时仍作为一批，随机抽取 10 根进行检验。

8.2.2.3 开裂弯矩

以同规格、同型号的预应力方桩连续生产 30 000 根为一批，但在三个月内生产总数不足 30 000 根时仍作为一批，且样品应在外观质量和尺寸偏差检验合格的产品中随机抽取 2 根进行检验。

8.2.3 判定规则

8.2.3.1 混凝土抗压强度

检查混凝土抗压强度检验的原始记录，检验批评定混凝土的持续生产周期为三个月，评定按 GB/T 50107 的有关规定执行。

8.2.3.2 外观质量

10 根受检预应力方桩中，S1 类项目应全部合格；S2 类项目的超差不超过二根，且每根 S2 类项目的超差不超过二项，则判定该批产品的外观质量为合格，否则判为不合格。

8.2.3.3 尺寸偏差

10 根受检预应力方桩中，S1 类项目应全部合格；S2 类项目的超差不超过二根，且每根 S2 类项目的超差不超过二项，则判定该批产品的尺寸偏差为合格，否则判为不合格。

8.2.3.4 开裂弯矩

若所抽二根全部符合 6.4 条规定，则判开裂弯矩合格；若所抽二根全部不符合 6.4 条规定，则判开裂弯矩为不合格；若有一根不符合 6.4 条规定，应从同批产品中抽取四根进行复验，复验结果若仍有一根不合格，则判开裂弯矩不合格。

8.2.3.5 判定

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差、开裂弯矩全部合格，则判该批产品为合格，否则判为不合格。

8.3 型式检验

8.3.1 检验条件

有下列情况之一时均应进行型式检验：

- a) 正常生产时，每年进行一次；
- b) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- c) 正式生产后，如材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- d) 产品停产超过半年，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。

8.3.2 检验项目

包括混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差、开裂弯矩和极限弯矩、混凝土保护层厚度。

8.3.3 抽样

在同规格、同型号的出厂检验合格产品中随机抽取 10 根进行外观质量和尺寸偏差检验，10 根中随机抽取二根进行抗弯性能检验。抗弯性能试验完成后，在二根中抽取一根进行混凝土保护层厚度检验。

8.3.4 判定规则

8.3.4.1 混凝土抗压强度

检查同批次预应力方桩用混凝土抗压强度检验的原始记录，评定按 GB/T 50107 的有关规定执行。

8.3.4.2 外观质量

10 根受检预应力方桩中，S1 类项目应全部合格；S2 类项目的超差不超过二根，且每根 S2 类项目的超差不超过二项，则判定该批产品的外观质量为合格，否则判为不合格。

8.3.4.3 尺寸偏差

10 根受检预应力方桩中，S1 类项目应全部合格；S2 类项目的超差不超过二根，且每根 S2 类项目的超差不超过二项，则判定该批产品的尺寸允许偏差为合格，否则判为不合格。

8.3.4.4 开裂弯矩和极限弯矩

若所抽二根全部符合 6.4 规定，则判开裂弯矩和极限弯矩合格；若所抽二根全部不符合 6.4 规定，则判开裂弯矩和极限弯矩为不合格，且不应复检；若有一根不符合 6.4 规定，应从同批产品中抽取四根进行复验，复验结果全部合格则判开裂弯矩和极限弯矩合格，若复验结果中仍有一根不合格，则判开裂弯矩和极限弯矩不合格。

8.3.4.5 混凝土保护层厚度

若所抽一根中有八个及以上数值符合 6.5 条的规定，则判混凝土保护层厚度为合格；若所抽一根中的有三个数值及以上不符合 6.5 条的规定，则判混凝土保护层厚度为不合格；若有二个数值不符合 6.5 条的规定，应从同批产品中再抽取二根进行复验，复验结果全部符合 6.5 条的规定，则去除之前的不合格品，判混凝土保护层厚度为合格，若仍有一根不符合 6.5 条的规定，则判混凝土保护层厚度不合格，且不应复检。

8.3.4.6 判定

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差、开裂弯矩和极限弯矩、混凝土保护层厚度等全部合格时，判该批产品为合格；否则判为不合格。

9 标志、产品合格证

9.1 标志

- 9.1.1 标志应位于距端头 1 000 mm~1 500 mm 处的桩外表面。
- 9.1.2 标志内容包括制造厂的厂名或产品注册商标、桩标记、制造日期、桩编号、合格标识。

9.2 产品合格证

产品合格证应包括下列内容：

- a) 合格证编号；
- b) 采用的标准号；
- c) 产品规格、型号、长度、桩尖形式；
- d) 产品数量；
- e) 混凝土强度等级；
- f) 制造日期；
- g) 产品编号；
- h) 制造厂厂名、出厂日期；
- i) 检验员签名或盖章(可用检验员代号表示)。

10 堆放、吊装和运输

10.1 堆放

- 10.1.1 预应力方桩堆放场地应坚实平整。
- 10.1.2 预应力方桩堆放时，最下层宜按图 3 所示两支点的位置安放垫块，垫块宜采用垫木。若堆场地基经过加固处理，也可采用着地平放。

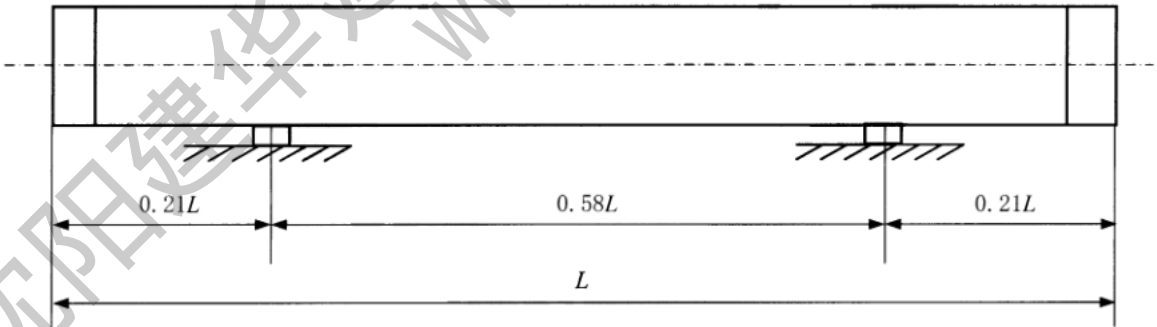


图3 两支点法位置示意图

- 10.1.3 预应力方桩应按产品规格、型号、长度分别堆放，堆放过程中应采用防滑等安全措施。堆放层数不宜超过表 11 的规定。

表11 堆放层数

截面边长/mm	300~450	500~700
堆放层数	9	6

10.2 吊装

10.2.1 预应力方桩宜按图 4 采用两点吊，吊索应与桩身纵轴线垂直。

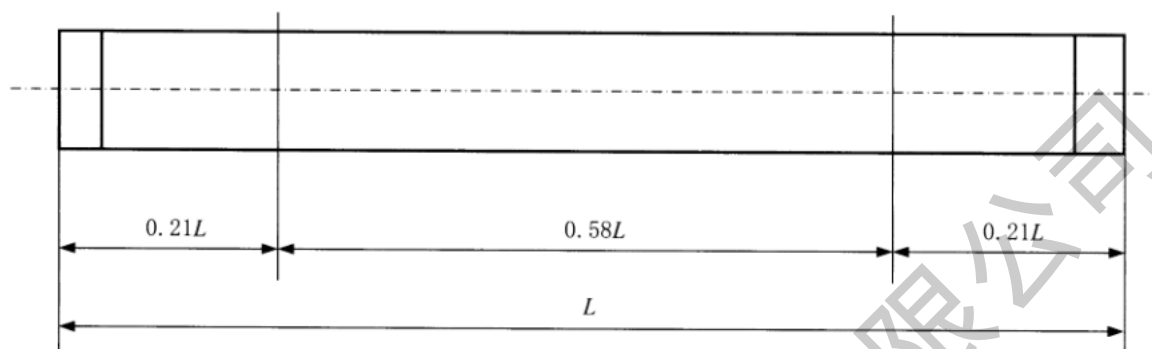


图4 两点吊吊点位置示意图

10.2.2 装卸时应轻起轻放，严禁碰撞、滚落。

10.3 运输

10.3.1 预应力方桩在运输过程中的支承要求应符合 10.1.2 的规定。

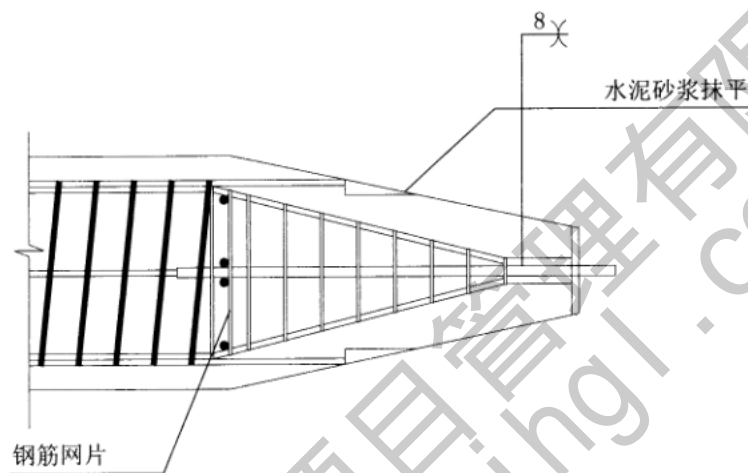
10.3.2 公路运输时应根据预应力方桩的规格、长度及车辆载质量等布置装载层数及每层的数量，不应超载。

10.3.3 水路运输时装载总质量应符合船舶载重量要求，不应超载。

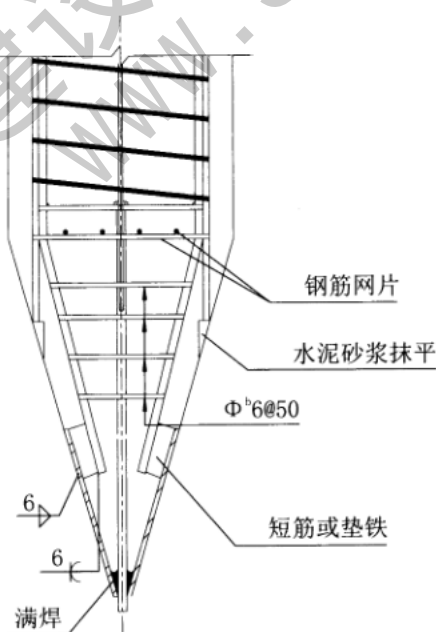
10.3.4 预应力方桩运输过程中应采取防滑、防掉落等安全措施。

附录 A
(资料性)
普通桩尖和带钢靴桩尖

桩尖若与桩体一起制作，其桩尖形式有：普通桩尖、带钢靴桩尖。其中，普通桩尖，见图 A.1；带钢靴桩尖，见图 A.2。



图A.1 普通桩尖示意图



图A.2 带钢靴桩尖示意图

附录 B

(规范性)

预应力方桩开裂弯矩和极限弯矩的计算

开裂弯矩和极限弯矩按以下公式计算：

a) 垂直向下加载，开裂弯矩和极限弯矩按公式 (B. 1) 计算：

$$M = \frac{P}{4} \left(\frac{3}{5} L - 1 \right) + \frac{1}{40} WL \quad \text{..... (B. 1)}$$

b) 垂直向上加载，开裂弯矩和极限弯矩按公式 (B. 2) 计算：

$$M = \frac{P}{4} \left(\frac{3}{5} L - 1 \right) - \frac{1}{40} WL \quad \text{..... (B. 2)}$$

式中：

M ——开裂弯矩 M_{cr} 或极限弯矩 M_u ，单位为千牛米 (kN·m)；

W ——桩重量，单位为千牛 (kN)；

L ——桩长度，单位为米 (m)；

P ——开裂荷载 P_{cr} 或极限荷载 P_u ，垂直向下加载时应包括加载设备的重量，垂直向上加载时不应包括加载设备的重量，单位为千牛 (kN)。