

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。抗拔桩宜采用机械连接、焊接与机械复合连接方式。

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 $\pm 200\text{mm}$ ，吊环对垂直于桩纵轴线方向的偏差不应大于 $\pm 20\text{mm}$ 。

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。

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 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	桩套箍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≤10mm
7	桩套箍凹陷		凹陷深度≤10mm
8	麻面、蜂窝、粘皮和气孔		局部麻面、起砂、粘皮和气孔的深度≤5mm
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。

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	±0.5%L
2	横截面边长		+5 -5
3	桩身弯曲矢高		≤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：根据外观质量检验的重要性程度，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。

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 35mm，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 25mm。

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	1153

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 28d 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，且与桩作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 28d。

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。

7.3 尺寸偏差

尺寸偏差的检测工具和检测方法见表 9。

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 1mm	1
7	桩套筒凹陷	用深度游标卡尺测量凹陷深度, 精确至 1mm	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 1mm	1
9	桩外表混凝土浇筑面	目测	—

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 1mm	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 1mm	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 1mm	1
4	桩尖偏心	用钢直尺测量, 精确至 1mm	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 1mm	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 1mm	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;

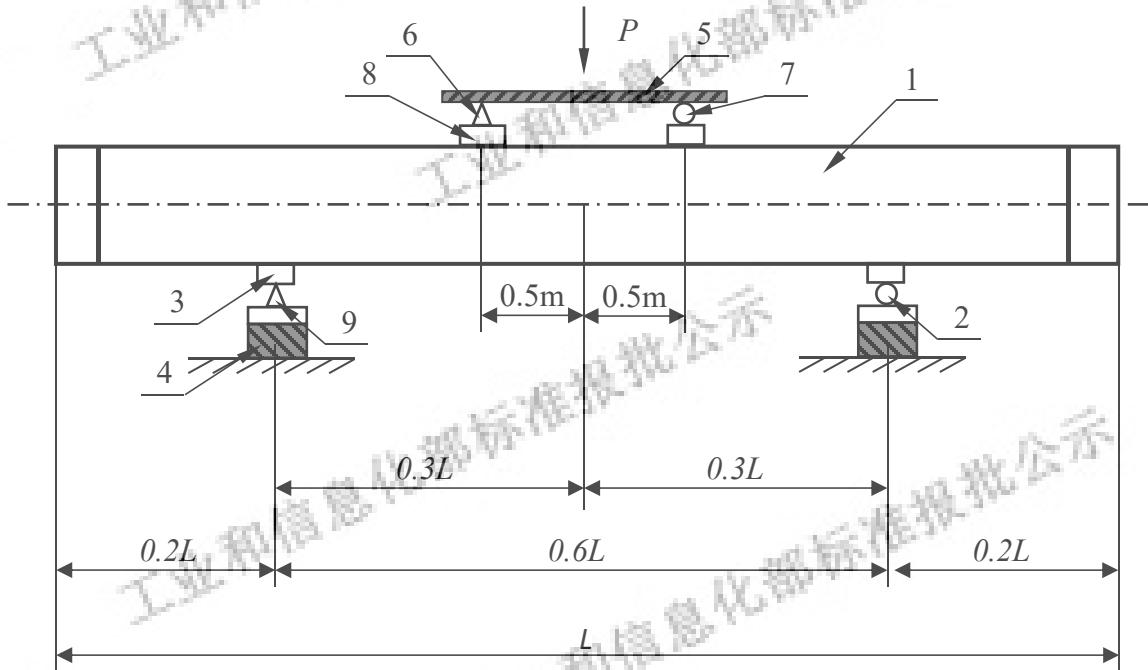
e) 试验用的加荷设备及量测仪表应预先进行标定或校准。

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



标引序号说明：

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

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 3min；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 3min，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 3min，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 3min，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 1.5mm；
- 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 1m~3m 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 0.1mm 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 1mm。

b) 非破损法：用分度值为 1mm 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 1mm。

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 30000 根为一批，但在三个月内生产总数不足 30000 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 30000 根为一批，但在三个月内生产总数不足 30000 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1000mm~1500mm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；
- 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。

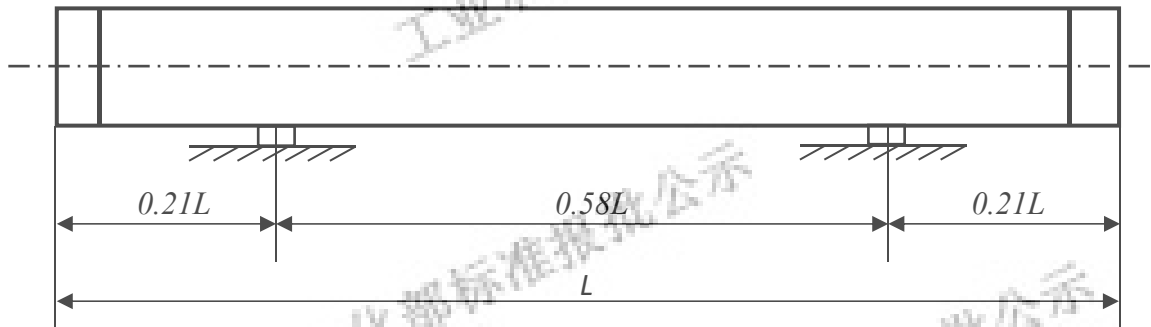


图 3 两支点法位置示意图

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。

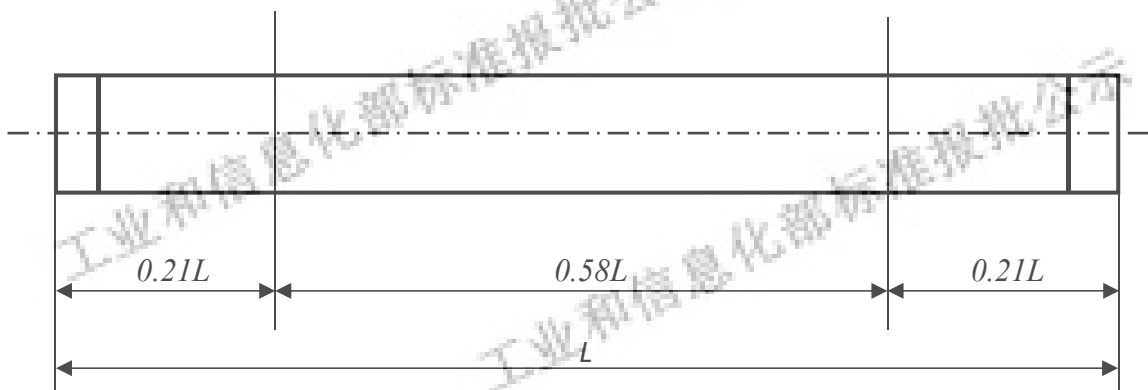


图 4 两点吊吊点位置示意图

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

A.1 桩尖类型

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。

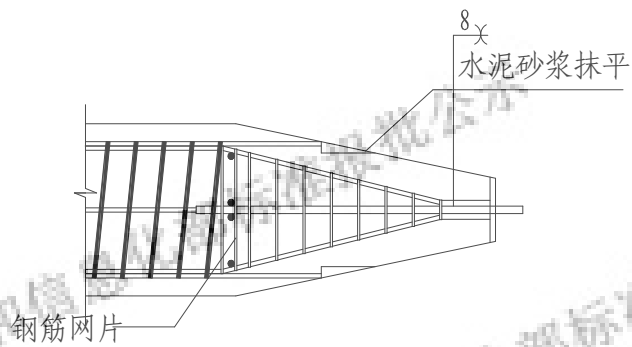


图 A.1 普通桩尖示意图

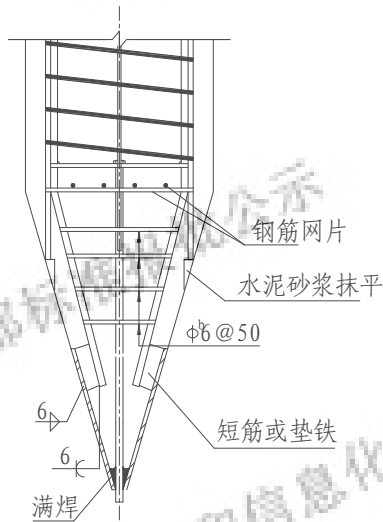


图 A.2 带钢靴桩尖示意图

附录 B

(规范性)

预应力方桩开裂弯矩和极限弯矩的计算

B.1 开裂弯矩和极限弯矩的计算

a) 垂直向下加载，开裂弯矩和极限弯矩按公式 (B1) 计算：

$$M = \frac{P}{4} \left(\frac{3}{5} L - 1 \right) + \frac{1}{40} WL \dots\dots\dots (B1)$$

b) 垂直向上加载，开裂弯矩和极限弯矩按公式 (B2) 计算：

$$M = \frac{P}{4} \left(\frac{3}{5} L - 1 \right) - \frac{1}{40} WL \dots\dots\dots (B2)$$

式中：M —— 开裂弯矩 M_c 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_c 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)。