

### 混凝土变截面预制方桩

本申请要求下述专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中：

- 1) 2019 年 09 月 04 日提交中国专利局、申请号为 201921464635.1、  
5 发明名称为“一种预制变截面四面桩”的实用新型专利申请。
- 2) 2020 年 05 月 06 日提交中国专利局、申请号为 202010371564.1、  
发明名称为“混凝土变截面预制方桩”的发明专利申请。

### 技术领域

- 10 本发明涉及混凝土预制桩技术领域，特别是混凝土变截面预制方桩。

### 背景技术

混凝土预制桩是在工厂预制的内部具有钢筋笼的混凝土预制构件。

- 15 预制桩包括直桩与变截面桩，顾名思义，直桩的桩身在长度方向上各横截面形状和尺寸均相同，而变截面桩的桩身横截面尺寸及形状沿桩长度会发生变化，与直桩相比，变截面桩具有更好的抗拔和承载性能，越来越受到建筑行业的青睐。

- 20 如 CN 204738291 U 公开的一种预制混凝土竹节实心方桩，其包括桩身截面为方形的桩身，且包括两个分别位于桩身上端和桩身下端的大截面节段、以及位于两个所述大截面节段之间的中间段；所述中间段两端设有小截面节段，所述大截面节段的截面积大于小截面节段的截面积；所述大截面节段和小截面节段之间通过斜面过渡。这种方桩具备高竖向承载力高、强水平抗剪力、良好抗腐蚀性能、较强抗拔性能的多种综合性能。

- 25 实际工程应用时，在沉桩对方桩进行检查的过程中，有一定的概率会发现变截面桩的中间段存在不同程度的损坏，例如表面裂纹、材料破损或脱落等，一旦发现此类现象，便需要评估发生损坏的方桩是否能够继续正常使用，通常情况下，为了保证工程质量和施工进度，存在严重缺陷的方桩将不再继续使用，只能作为建筑废料进行处理。

对于这种情况，长期以来，业内人士都通常都将其归咎于混凝土配方

或制作工艺的问题，也有观点认为是转运过程中的粗暴操作造成的，并分别朝着这些方向进行了探索和改进。

但是，在经过了相当长的一段时间之后，这一问题依然未能得到有效的解决。

5

## 发明内容

本发明的目的在于提供一种混凝土变截面预制方桩，以减少中间段容易损坏的现象，降低变截面预制方桩的破损率，使变截面预制方桩的产品质量更加稳定可靠，从而更好的满足实际使用要求。

- 10 为实现上述目的，本发明提供一种混凝土变截面预制桩，包括沿纵向交替排列有大截面段和小截面段的桩体，所述大截面段和小截面段的横截面大体呈矩形；所述大截面段与相邻的所述小截面段的侧表面之间形成有侧向过渡面；至少部分数量的所述侧向过渡面具有在侧向投影上偏离竖直方向的前边沿和/或后边沿，且该侧向过渡面与第一水平面的相交线的垂向投影位于该侧向过渡面与第二水平面的相交线的垂向投影的外侧；所述第
- 15 一水平面为任意两个水平面中位于上方的水平面，所述第二水平面为任意两个水平面中位于下方的水平面，所述小截面段的一个或两个侧表面垂直于所述小截面段的底面或者自上而下向桩体内侧倾斜设定角度。

- 优选地，所述侧向过渡面在侧向投影上偏离竖直方向的前边沿和/或后
- 20 边沿为倾斜的边沿或弯曲的边沿。

优选地，位于两端之间的所述大截面段的侧表面的前边沿和后边沿为竖直边沿，其面宽自上而下保持恒定；或者，位于两端之间的所述大截面段的侧表面的前边沿和/或后边沿在侧向投影上偏离竖直方向，其面宽自上而下变大或变小。

- 25 优选地，所述侧向过渡面包括位于小截面段前部的第一过渡面和位于小截面段后部的第二过渡面，所述第一过渡面的后边沿自上而下向前倾斜或弯曲；和/或，所述第二过渡面的前边沿自上而下向后倾斜或弯曲。

优选地，所述侧向过渡面包括位于小截面段前部的第一过渡面和位于小截面段后部的第二过渡面，所述第一过渡面的前边沿自上而下向前倾斜

或弯曲；和/或，所述第二过渡面的后边沿自上而下向后倾斜或弯曲。

优选地，所述侧向过渡面为平面，其前边沿平行于后边沿，面宽自上而下保持恒定，或者，所述侧向过渡面为平面，其前边沿与后边沿不平行，面宽自上而下变大或变小；或者，

- 5       所述侧向过渡面为曲面，其前边沿平行于后边沿，面宽自上而下保持恒定，或者，所述侧向过渡面为曲面，其前边沿与后边沿不平行，面宽自上而下变大或变小。

优选地，所述侧向过渡面为内凹的曲面、外凸的曲面或扭曲面。

- 10       所述内凹的曲面包括内凹的弧面或内凹的锥面，所述外凸的曲面包括外凸的弧面或外凸的锥面。

优选地，所述侧向过渡面与第一水平面的相交线的垂向投影的延长线与该侧向过渡面与第二水平面的相交线的垂向投影的延长线相交。

- 15       所述桩体具有桩端面，至少一桩端面具有凹槽和多个间隔布置的连接孔，所述凹槽用于至少部分容纳存储有粘性物质的存储块，所述凹槽深度小于存储块的初始高度，在预制方桩对接时，压缩所述存储块可释放粘性物质以消除和/或填充相对接预制方桩的接桩端面间隙。

优选地，所述容纳槽的槽深大于等于 1mm、槽宽大于等于 1mm，且所述容纳槽距所述连接孔 0.5cm 以上。

优选地，所述容纳槽的槽深为 2mm-20mm。

- 20       所述至少一个所述凹槽呈圆形或环形或矩形或正多边形且位于桩端面的中心处；

和/或，至少一个所述凹槽为环状且环绕所有连接孔；

和/或，至少一个所述凹槽为环状且环绕部分连接孔；

和/或，至少一个所述凹槽为环状且环绕单个连接孔。

- 25       所述主筋骨架包括：由多根主筋间隔排列且环绕形成有预留空腔的主筋骨架，以及箍紧所述主筋骨架的骨架箍筋；

其中，所述主筋骨架的端部套有加强预制桩结构强度的刚性网罩和/或刚性网片，主筋骨架的端部由辅助箍筋箍紧固定，且辅助箍筋的缠绕间距小于或等于骨架箍筋的缠绕间距。

- 30       所述辅助箍筋形成箍筋加密区，所述箍筋加密区的长度大于

端部大截面段的长度；所述箍筋加密区的缠绕密度为非加密区的 1.5-3 倍。

优选地，主筋骨架端面还设有若干开口朝向预留空腔的中部的 C 型套箍。

5 优选地，所述主筋端部连接有连接螺母，所述辅助箍筋至少连接固定其中一个连接螺母。

优选地，所述 C 型套箍横向或纵向依次间隔排列设置在主筋骨架的预留空腔内；和/或，C 型套箍交叉设置在主筋骨架的预留空腔内；所述 C 型套箍与辅助箍筋或/和刚性网罩固定连接。

10 优选地，辅助箍筋和刚性网罩连接固定，且刚性网罩位于辅助箍筋的内部；

或者，所述刚性网罩包括若干沿主筋骨架长度方向依次间隔排列的环筋以及若干连接固定各环筋的轴向筋，其中，轴向筋平行于主筋；

或者，所述刚性网片设置于主筋骨架的端部且沿所述预留空腔的长度方向间隔配置。

15 优选地，所述桩体两端的大截面段长度大于中间部分的大截面段长度，所述桩体两端的大截面段长度大约为中间部分的大截面段长度的 2 倍~6 倍；

和/或，在所述小截面段的横截面上，所述小截面段的横截面面积为  $S_1$ ，钢棒横截面面积总和为  $S_2$ ， $S_2$  占  $S_1$  的比值至少为 0.5%~0.15%。

20 本发明采用以上结构设计，与现有技术相比，增强了变截面预制方桩顶面以及侧向过渡面的强度，使得变截面预制方桩在起吊时顶面的抗压强度增强，而底面受到的拉力减小，实现了提高变截面预制方桩抗弯性能的效果，减小了变截面预制方桩在起吊时裂纹的产生，提高了桩身质量，减小了废桩退桩率。

25 而且，由于侧向过渡面的前边沿和/或后边沿在侧向投影上偏离竖直方向，增大了侧向过渡面的面积，改变了侧摩擦阻力系数，从而提高了变截面预制方桩桩身的侧摩擦阻力和抗压抗拔性能，在同样的工况下，可以减小预制桩规格，提高性价比，顺应国家节能减排的政策。

此外，还可以提高变截面预制方桩制作时的脱模效率，提升桩身质量。  
30 比如在脱模过程中，可以释放预应力张拉力，可以有效防止变截面处将模

具凸出部抱死的情况，可以减少变截面预制方桩竹节的破损，减少人工修补破损的人工消耗，桩身的整体性好，桩身强度高。

### 附图说明

- 5       图 1 为本发明第一实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图；  
图 2 为图 1 所示变截面预制方桩在另一视角下的结构示意图；  
图 3 为图 1 所示变截面预制方桩的俯视图；  
图 4 为图 3 中 A 部位的局部放大图；  
图 5 为本发明第二实施例公开的变截面预制方桩的俯视图；  
10       图 6 为图 5 中 B 部位的局部放大图；  
图 7 为本发明第三实施例公开的变截面预制方桩的局部放大图；  
图 8 为本发明第四实施例公开的变截面预制方桩的局部放大图；  
图 9 为本发明第五实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图；  
图 10 为图 9 所示变截面预制方桩的俯视图；  
15       图 11 为本发明第六实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图；  
图 12 为本发明第七实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图；  
图 13 为本发明第八实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图；  
图 14 为图 13 的局部放大图；  
图 15 为图 14 的仰视图；  
20       图 16 为图 13 所示变截面预制方桩的侧视图；  
图 17 为图 13 所示变截面预制方桩的底部边沿具有倒角的端部示意图；  
图 18 为图 13 所示变截面预制方桩的底部边沿具有倒角的局部结构示意图；  
图 19 为图 13 所示变截面预制方桩的顶部边沿圆滑过渡的端部示意图；  
25       图 20 为图 13 所示变截面预制方桩的底面边沿圆滑过渡的局部结构示意图；  
图 21 为图 13 所示变截面预制方桩的顶部和底部边沿具有倒角的端部示意图；  
图 22 为图 13 所示变截面预制方桩的顶部和底部边沿具有倒角的局部

结构示意图；

图 23 为图 13 所示变截面预制方桩的顶部边沿具有倒角、底部边沿圆滑过渡的端部示意图；

图 24 为图 13 所示变截面预制方桩的顶部边沿具有倒角、底部边沿圆滑过渡的局部结构示意图；

图 25 为本发明第九实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图；

图 26 为本发明第十实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图；

图 27 为本发明第十一实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图；

图 28 为图 27 所示变截面预制方桩的侧视图；

10 图 29 为图 27 所示变截面预制方桩的仰视图；

图 30 为图 29 中 C 部位的局部放大图；

图 31 为桩体上所形成的 (a) ~ (g) 类型的侧向过渡面的集中展示示意图；

15 图 32 为桩体上所形成的 (h) ~ (n) 类型的侧向过渡面的集中展示示意图；

图 33 为桩体上所形成的 (o) ~ (u) 类型的侧向过渡面的集中展示示意图；

图 34 为桩体上所形成的 (v) ~ (w) 类型的侧向过渡面的集中展示示意图；

20 图 35 为同一大截面段的前部侧向过渡面和后部侧向过渡面对称的局部结构示意图；

图 36 为本发明第十二实施例公开的变截面预制方桩的安装结构示意图；

图 37 为图 36 中预制桩端面凹槽位置及形状的一种示意图；

25 图 38 为图 36 中预制桩端面凹槽位置及形状的另一示意图；

图 39 为图 36 中预制桩端面凹槽位置及形状的另一示意图；

图 40 为图 36 中预制桩端面凹槽位置及形状的另一示意图；

图 41 为本发明第十三实施例公开的变截面预制方桩的接桩过程示意图；

30 图 42 为图 41 中变截面预制方桩接桩完成状态示意图；

图 43 为本发明第十四实施例公开的变截面预制方桩的接桩结构示意图;

图 44 为图 43 中变截面预制方桩接桩完成状态示意图;

图 45 为图 43 中 D 处结构放大图;

5 图 46 为本发明第十五实施例公开的变截面预制方桩的刚性骨架的结构示意图;

图 47 为图 46 所示刚性骨架的端部视图;

图 48 为本发明第十六实施例公开的变截面预制方桩的刚性骨架的结构示意图;

10 图 49 为图 48 所示刚性骨架的端部视图;

图 50 为本发明第十七实施例公开的变截面预制方桩的刚性骨架的结构示意图;

图 51 为图 50 所示刚性骨架的端部视图;

15 图 52 为本发明第十八实施例公开的变截面预制方桩的刚性骨架的结构示意图;

图 53 为图 52 所示刚性骨架的端部视图;

图 54 为刚性网片的结构示意图;

图 55 为辅助箍筋的结构示意图;

图 56 为刚性网罩的结构示意图;

20 图 57 为 C 型套箍的结构示意图。

图中:

1. 桩体 2. 小截面段 2-1. 上边沿 2-2. 下边沿 3. 大截面段 3-1. 上边沿 3-2. 下边沿 4. 侧向过渡面 4-1. 第一过渡面 4-1-1. 前边沿 4-1-2. 后边沿 4-2. 第二过渡面 4-2-1. 前边沿 4-2-2. 后边沿 4-2-3. 上边沿 4-2-4. 下边沿 5. 左凸起部 6. 右凸起部 7. 上凸起部 8. 下凸起部 9. 连接孔 10. 存储块 11. 凹槽 12. 粘性物质 13. 钢筋 14. 机械连接件 15. 密封圈 16. 混凝土构件 17. 桩端 18. 平滑过渡部 19. 桩端面 21. 主筋 22. 骨架箍筋 23. 刚性网片 23-1. 加强条筋 24. 辅助箍筋 25. 连接螺母 26. 刚性网罩 26-1. 环筋 26-2. 轴向筋 30 27. C 型套箍

### 具体实施方式

为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案，下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步的详细说明。

5 在本文中，“上、下、左、右、前、后”等用语是基于附图所示的位置关系而确立的，根据附图的不同，相应的位置关系也有可能随之发生变化，因此，并不能将其理解为对保护范围的绝对限定；而且，诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个与另一个具有相同名称的部件区分开来，而不一定要求或者暗示这些部件之间存在任何这种实际的关系或者顺序。

10 预制桩的施工程序主要分为预制、运输、堆放、沉桩，在各施工程序中，预制桩难以避免被频繁起吊。

现有的起吊方式是在桩身顶部设置吊钩，利用起吊设备对预制桩进行起吊。根据预制桩的桩身长度和质量，在桩身上设置两个吊钩进行两点起吊的方式应用较多。两点起吊时，由于起吊力和桩身重力的共同作用，在  
15 起吊方向上，桩身顶面位于桩身底面上方，桩身顶面受压，桩身底面受拉。

经发明人研究发现，由于混凝土具有抗压强度远大于抗拉强度的性能且桩身重力大，桩身底面和侧向过渡面极易由于受拉强度较大而导致出现裂纹，这是造成桩身损坏的原因之一，而现有的变截面桩虽然在长度方向上，横截面会有所变化，但在高度方向上的各截面保持一致；因此，当变  
20 截面桩受拉强度较大时，总是底面先被损坏进而导致整根桩报废。

基于这一研究结论，本发明对变截面预制方桩的结构做了进一步改进，以在一定程度上改善或消除变截面预制方桩存在的上述技术问题。

请参考图 1 至图 4，图 1 为本发明第一实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图；图 2 为图 1 所示变截面预制方桩在另一视角下的结构示意图；图 3 为图 1 所示变截面预制方桩的俯视图；图 4 为图 3 中 A 部位的局  
25 部放大图。

如图所示，在第一实施例中，本发明所提供的混凝土变截面预制桩，其桩体 1 沿前后方向交替排列有四个小截面段 2 和三个大截面段 3，大截面段 3 和小截面段 2 的横截面大体呈矩形，桩体的顶面、右侧面和底面为  
30 平面，左侧面为凹凸面，其中每一个大截面段 3 的左侧相对于小截面段 2

向外凸起，每一个小截面段 2 与左凸起部 5 之间形成有侧向过渡面 4。

以位于中间的一个小截面段 2 为例，其两侧的表面，也就是图中所示的左侧表面和右侧表面垂直于底面，大截面段 3 的左侧表面和右侧表面也垂直于底面，小截面段 2 与前部的大截面段 3 之间形成的侧向过渡面 3 为第一过渡面 4-1，与后部的大截面段 3 之间形成的侧向过渡面为第二过渡面 4-2。

第一过渡面 4-1 为倾斜的平面，其前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 为直线边沿，两者相互平行，且前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 在侧向投影上均偏离竖直方向，自上而下向前倾斜一定角度。从俯视图上可以看出，如果将任意两个水平面与第一过渡面 4-1 的相交的线做垂向投影，则第一过渡面 4-1 与第一水平面的相交线的垂向投影 L1 位于第一过渡面 4-1 与第二水平面的相交线的垂向投影 L2 的外侧，其中，第一水平面 4-1 为任意两个水平面中位于上方的水平面，第二水平面为任意两个水平面中位于下方的水平面。

第二过渡面 4-2 为斜向的平面，其前边沿 4-2-1 和后边沿 4-2-2 为直线边沿，两者相互平行，且前边沿 4-2-1 和后边沿 4-2-2 在侧向投影上保持竖直方向，并没有向前或向后倾斜。

具有该结构的变截面预制方桩可以增强顶面以及侧向过渡面 4 的强度，使得变截面预制方桩在起吊时顶面的抗压强度增强，而底面受到的拉力减小，实现了提高变截面预制方桩抗弯性能的效果，减小了变截面预制方桩在起吊时裂纹的产生，提高了桩身质量，减小了废桩退桩率。

而且，由于第一过渡面 4-1 的前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 在侧向投影上偏离竖直方向，增大了第一过渡面 4-1 的面积，改变了侧摩擦阻力系数，从而提高了变截面预制方桩桩身的侧摩擦阻力和抗压抗拔性能，在同样的工况下，可以减小预制桩规格，提高性价比，顺应国家节能减排的政策。

此外，还可以提高变截面预制方桩制作时的脱模效率，提升桩身质量。比如在脱模过程中，可以释放预应力张拉力，可以有效防止变截面处将模具凸出部抱死的情况，可以减少变截面预制方桩竹节的破损，减少人工修补破损的人工消耗，桩身的整体性好，桩身强度高。

请参考图 5、图 6，图 5 为本发明第二实施例公开的变截面预制方桩的俯视图；图 6 为图 5 中 B 部位的局部放大图。

本实施例中，与第一实施例相同的部分，给予相同的附图标记，并省略相同的文字说明。

如图所示，在第二实施例中，小截面段 2 的左侧表面和右侧表面不垂直于底面，改为自上而下向桩体内侧倾斜设定角度，同时，大截面段 3 的  
5 左侧表面和右侧表面也不垂直于底面，改为自上而下向桩体内侧倾斜设定角度。

如此，在俯视图上，小截面段 2 的上边沿 2-1 和下边沿 2-2（虚线所示）不再重合，其下边沿 2-2 的垂向投影位于上边沿 2-1 垂向投影的内侧，同理，大截面段 3 的上边沿 3-1 和下边沿 3-2（虚线所示）也不再重合，其下  
10 边沿 3-2 的垂向投影位于上边沿 3-1 垂向投影的内侧。

以第一实施例为基础，可以在同一左凸起部 5 上形成两个前后对称的上述侧向过渡面 4（见图 7），也可以以第二实施例为基础，在同一左凸起部 5 上形成两个前后对称的上述侧向过渡面 4（见图 8），从而获得第三、第四以及更多的实施例。

15 请参考图 9、图 10，图 9 为本发明第五实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图；图 10 为图 9 所示变截面预制方桩的俯视图。

本实施例中，与第二实施例相同的部分，给予相同的附图标记，并省略相同的文字说明。

如图所示，在第二实施例的基础上，桩体 1 的右侧面也间隔设置有三个凸出于桩体的右凸起部 6，桩体 1 左侧面的凸起部 5 与右侧面的凸起部 6  
20 镜像对称。

镜像对称的左凸起部 5 与右凸起部 6，使得变截面预制方桩在沉桩进入土体时，能够使桩身受力更加均匀，以保持桩身以竖直状态进入土体。

25 请参考图 11，图 11 为本发明第六实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图。

本实施例中，与第三实施例相同的部分，给予相同的附图标记，并省略相同的文字说明。

如图所示，在第三实施例的基础上，桩体 1 的两端形成有大截面段 3，位于两端的大截面段 3 的横截面与位于中间的大截面段 3 的横截面基本相同。此结构设计，可以有效提高桩身的桩端承载力，同时提高桩端的抗  
30 击

打能力， 可以将桩端承载力、压桩力、侧摩擦阻力平衡在最优的情形。

本实施例与第三实施例相比，不仅在打桩时能够受力均匀，保证竖直进入土体，还能有效提高桩段承载力。

请参考图 12，图 12 为本发明第七实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图。

本实施例中，与第三实施例相同的部分，给予相同的附图标记，并省略相同的文字说明。

如图所示，在第三实施例的基础上，桩体 1 的顶面设置有三个凸出于桩体的上凸起部 7，桩体 1 的底面设置有三个凸出于桩体的下凸起部 8。

与第三实施例相比，本实施例的变截面预制方桩增加了上凸起部 7 与下凸起部 8，进一步提高了桩身的抗弯强度。另一方面，进一步的增大了与土体的接触面积，提高了侧摩擦阻力，而且，左凸起部 5、右凸起部 6 与下凸起部 8，左凸起部 5、右凸起部 6 与上凸起部 7 均匀过渡，便于制造，结构紧凑，力学性能好。

在本实施例中，上述结构设计，使得各凸起部形成一个闭合的环形，使得变截面预制方桩的整体性加强，也达到了最优的桩身抗弯性能，同时凸起部的强度得到一定加强，抗破碎能力进一步提高。

请参考图 13 至图 16，图 13 为本发明第八实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图；图 14 为图 13 的局部放大图；图 15 为图 14 的仰视图；图 16 为图 13 所示变截面预制方桩的侧视图。

本实施例中，与第七实施例相同的部分，给予相同的附图标记，并省略相同的文字说明。

如图所示，在第七实施例的基础上，桩体 1 的两端形成有大截面段 3，位于两端的大截面段 3 的横截面与位于中间的大截面段 3 的横截面基本相同，相对于小截面段 2，在周向上具有左凸起部 5、右凸起部 6、上凸起部 7 和下凸起部 8。

此结构设计，可以有效提高桩身的桩端承载力，同时提高桩端的抗击打能力， 可以将桩端承载力、压桩力、侧摩擦阻力平衡在最优的情形。

桩体 1 两端的大截面段 3 的长度大于中间部分的大截面段 3 长度，桩两头的大截面段 3 长度大约为中间部分的大截面段 3 长度的 2 倍~6 倍，

以提高桩端结构强度和抗击打性能。

本实施例与第七实施例相比，不仅在打桩时能够受力均匀，保证竖直进入土体，还能有效提高桩段承载力。

以第八实施例为基础，通过改变桩体大截面段 3 上下边沿的形状，可以获得更多的实施例。例如，变截面预制方桩的底部边沿具有斜面倒角（见图 17、图 18），或者，变截面预制方桩的顶部边沿圆滑过渡，即倒圆角（见图 19 图 20），或者，变截面预制方桩的顶部和底部边沿均具有斜面倒角（见图 21、图 22），又或者，变截面预制方桩的顶部边沿具有斜面倒角、底部边沿圆滑过渡（见图 23、图 24）。

另外，如果在图 11 所示的第六实施例的基础上，省去位于中间部分的大截面段 3，仅保留位于两端的大截面段 3，同时将桩体的长度缩短，则可以得到如图 25 所示的实施例，或者，仅保留位于中间部分的一个大截面段 3，从而获得如图 26 所示的实施例，以及在图 25 和图 26 的基础上，进一步在大截面段 3 增加上凸起部 7 和下凸起部 8 后获得的其他实施例。这些实施例中的桩体 1 长度虽然较短，但可以通过对接多根桩体 1 的方式相互连接为尺寸较长的预制桩，进而达到与上述其他实施例基本相同的使用效果。

请参考图 27 至图 30，图 27 为本发明第十一实施例公开的变截面预制方桩的结构示意图；图 28 为图 27 所示变截面预制方桩的侧视图；图 29 为图 27 所示变截面预制方桩的仰视图；图 30 为图 29 中 C 部位的局部放大图。

本实施例中，与第八实施例相同的部分，给予相同的附图标记，并省略相同的文字说明。

如图所示，在第八实施例的基础上，其两个小截面段 2 的侧向过渡面 4 在前后方向上对称，下面以位于前侧的一个小截面段 2 为例，对其侧向过渡面 4 进行说明。

此小截面段 2 具有位于前部的第一过渡面 4-1 和位于后部的第二过渡面 4-2，其中，第一过渡面 4-1 的前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 相平行，且自上而下向前倾斜；第二过渡面 4-2 的前边沿 4-2-1 自上而下向后倾斜，第二过渡面 4-2 的后边沿 4-2-2 自上而下向前倾斜，两者并不平行，两者的侧

向投影形成上大下小的梯形的腰线。

从仰视图可见,其第二过渡面 4-2 的上边沿 4-2-3 的垂向投影位于第二过渡面 4-2 的下边沿 4-2-4 的垂向投影的外侧。如果将任意两个水平面与第二过渡面 4-2 的相交的线做垂向投影,则第二过渡面 4-2 与第一水平面的相交线的垂向投影将位于第二过渡面 4-2 与第二水平面的相交线的垂向投影的外侧,其中,第一水平面为任意两个水平面中位于上方的水平面,第二水平面为任意两个水平面中位于下方的水平面,而且,第二过渡面 4-2 与第一水平面的相交线的垂向投影的延长线和第二过渡面 4-2 与第二水平面的相交线的垂向投影的延长线会相交于一点。

10 请参考图 31,图 31 为桩体上所形成的 (a)~(g) 类型的侧向过渡面的集中展示示意图。

如图所示,在其他实施例中,小截面段 2 的侧向过渡面 4 还可以有各种不同的形式。

15 图中所示的 (a) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为平面,其前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 相平行,从侧面观察时,前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度保持恒定,在前面的实施例中已经做过相应的介绍。

20 图中所示的 (b) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为扭曲面,其前边沿 4-1-1 的侧向投影自上而下向前倾斜,后边沿 4-1-2 的侧向投影自上而下向后倾斜,从侧面观察时,前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变大。

图中所示的 (c) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为扭曲面,其前边沿 4-1-1 的侧向投影自上而下向前倾斜,后边沿 4-1-2 的侧向投影保持竖直,从侧面观察时,前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变大。

25 图中所示的 (d) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为扭曲面,其前边沿 4-1-1 的侧向投影保持竖直,后边沿 4-1-2 的侧向投影自上而下向后倾斜,从侧面观察时,前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变大。

30 图中所示的 (e) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为扭曲面,其前边沿 4-1-1 的侧向投影自上而下向后倾斜,后边沿 4-1-2 的侧向投影自

上而下向前倾斜,从侧面观察时,前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变小。

图中所示的 (f) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为扭曲面,其前边沿 4-1-1 的侧向投影保持竖直,后边沿 4-1-2 的侧向投影自上而下向前倾斜,从侧面观察时,前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变小。

图中所示的 (g) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为扭曲面,其前边沿 4-1-1 的侧向投影自上而下向后倾斜,后边沿 4-1-2 的侧向投影保持竖直,从侧面观察时,前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变小。

上述 (a) ~ (g) 类型的第一过渡面 4-1 与水平面的相交线为直线。

请参考图 32,图 32 为桩体上所形成的 (h) ~ (n) 类型的侧向过渡面的集中展示示意图。

如图所示,在其他实施例中,小截面段 2 的侧向过渡面 4 还可以有各种不同的形式。

图中所示的 (h) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为内凹面,具体可以是圆柱面或椭圆柱面,其前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 相平行,从侧面观察时,前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下保持恒定。

图中所示的 (i) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为锥面或扭曲面,其前边沿 4-1-1 的侧向投影自上而下向前倾斜,后边沿 4-1-2 的侧向投影自上而下向后倾斜,从侧面观察时,前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变大。

图中所示的 (j) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为锥面或扭曲面,其前边沿 4-1-1 的侧向投影自上而下向前倾斜,后边沿 4-1-2 的侧向投影保持竖直,从侧面观察时,前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变大。

图中所示的 (k) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为锥面或扭曲面,其前边沿 4-1-1 的侧向投影保持竖直,后边沿 4-1-2 的侧向投影自上而下向后倾斜,从侧面观察时,前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变大。

图中所示的 (1) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为锥面或扭曲面, 其前边沿 4-1-1 的侧向投影保持竖直, 后边沿 4-1-2 的侧向投影自上而下向前倾斜, 从侧面观察时, 前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变小。

5 图中所示的 (m) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为锥面或扭曲面, 其前边沿 4-1-1 的侧向投影自上而下向后倾斜, 后边沿 4-1-2 的侧向投影自上而下向前倾斜, 从侧面观察时, 前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变小。

10 图中所示的 (n) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为锥面或扭曲面, 其前边沿 4-1-1 的侧向投影自上而下向后倾斜, 后边沿 4-1-2 的侧向投影保持竖直, 从侧面观察时, 前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变小。

上述 (h) ~ (n) 类型的第一过渡面 4-1 与水平面的相交线为向内凹进的弧线。

15 请参考图 33, 图 33 为桩体上所形成的 (o) ~ (u) 类型的侧向过渡面的集中展示示意图。

如图所示, 在其他实施例中, 小截面段 2 的侧向过渡面 4 还可以有各种不同的形式。

20 图中所示的 (o) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为外凸面, 具体可以是圆柱面或椭圆柱面, 其前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 相平行, 从侧面观察时, 前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下保持恒定。

25 图中所示的 (p) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为锥面或扭曲面, 其前边沿 4-1-1 的侧向投影自上而下向后倾斜, 后边沿 4-1-2 的侧向投影自上而下向前倾斜, 从侧面观察时, 前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变小。

图中所示的 (q) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为锥面或扭曲面, 其前边沿 4-1-1 的侧向投影保持竖直, 后边沿 4-1-2 的侧向投影自上而下向前倾斜, 从侧面观察时, 前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变小。

30 图中所示的 (r) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为锥面或扭

曲面，其前边沿 4-1-1 的侧向投影自上而下向后倾斜，后边沿 4-1-2 的侧向投影保持竖直，从侧面观察时，前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变小。

图中所示的 (s) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为锥面或扭曲面，其前边沿 4-1-1 的侧向投影自上而下向前倾斜，后边沿 4-1-2 的侧向投影自上而下向后倾斜，从侧面观察时，前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变大。

图中所示的 (t) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为锥面或扭曲面，其前边沿 4-1-1 的侧向投影保持竖直，后边沿 4-1-2 的侧向投影自上而下向后倾斜，从侧面观察时，前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变大。

图中所示的 (u) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为锥面或扭曲面，其前边沿 4-1-1 的侧向投影自上而下向前倾斜，后边沿 4-1-2 的侧向投影保持竖直，从侧面观察时，前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度自上而下逐渐变大。

上述 (o) ~ (u) 类型的第一过渡面 4-1 与水平面的相交线为向外凸出的弧线。

请参考图 34，图 34 为桩体上所形成的 (v) ~ (w) 类型的侧向过渡面的集中展示示意图。

如图所示，在其他实施例中，小截面段 2 的侧向过渡面 4 还可以有各种不同的形式。

图中所示的 (v) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为外凸面，其前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 呈相平行的弧形，自上而下向前弯曲，从侧面观察时，前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度保持恒定。

图中所示的 (w) 类型的侧向过渡面 4 中的第一过渡面 4-1 为内凹面，其前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 呈相平行的弧形，自上而下向前弯曲，从侧面观察时，前边沿 4-1-1 和后边沿 4-1-2 之间的宽度保持恒定。

虽然，图 31 至图 34 示出的位于中间的大截面段 3 仅单边形成有改进之后的第一过渡面 4-1，但可以理解，对于每一个位于中间的大截面段 3 而言，其两边的侧向过渡面 4 均可以采用如图 35 所示的对称式结构。此

外，位于中间的大截面段 3 两边的侧向过渡面 4 还可以是以上任意两种不同类型的侧向过渡面。

预制变截面方桩在厂房由钢筋混凝土预制成型，预制桩对接完成后在接桩处易产生间隙，因而地下酸、碱腐蚀性物质易从间隙位置进入接桩处  
5 腐蚀金属连接件，为解决这一技术问题，可采用下述实施例中的方案。

由于在这些实施例中，将主要介绍变截面预制方桩的端部结构和内部的钢筋结构，为简便起见，图中所示的变截面预制方桩采用了简略画法，未示出大截面段、小截面段以及侧向过渡面等部位，这样的省略并不会影响本领域技术人员理解和再现本发明技术方案。

10 请参考图 36，图 36 为本发明第十二实施例公开的变截面预制方桩的安装结构示意图。

如图所示，本实施例提供一种变截面预制方桩，该变截面预制方桩为在工厂预制的混凝土构件，其内部通常有若干钢筋构成的骨架，且桩端面 19 上对应钢筋间隔设置有多个连接孔 9，连接孔 9 内安装有机电连接件 14，用于与其他其他外部物体连接，从而实现连续的应力传递，提高混凝土预制构件间的连接强度和可靠性。  
15

本实施例中，外部物体为混凝土构件，如承台、地基等；其中，机械连接件 14 为本领域常用的机械连接件（如专利文献 CN201510649253.6、CN201510314380.0 等公开的连接件）。

20 具体的，预制桩的至少一桩端面 19 具有凹槽 11，用于至少部分容纳存储有粘性物质 12 的存储块 10，当桩端面 19 抵接外部物体时，存储块 10 受压释放粘性物质 12，粘性物质 12 溢出凹槽 11 以分隔连接孔 9 和最靠近连接孔的桩端面 19 边缘，进而保护机械连接件 14，防止灰尘、泥沙、水等经过桩端面 19 与外部物体间的间隙进入机械连接件 14 中，进而腐蚀机械连接件 14。  
25

本实施例中，预制桩的上端面和下端面分别设置有凹槽 11，如图 36 所示；为使粘性物质 12 能够均匀的对所有连接孔 9 内的机械连接件 14 进行保护，将凹槽 11 置于预制桩的桩端面 19 的中心处，且凹槽 11 的形状可以根据预制桩的桩端面 19 的形状来进行设置，可以为圆形、环形、矩形或正多  
30 边形等；凹槽 11 也可以为环形，环绕所有连接孔 9 或者每个连接孔 9 都环

绕有一个凹槽 11，将连接孔 9 与桩端面 19 的边缘隔开，如图 37-38 所示；由于粘性物质 12 具有流动性，其被挤压溢出凹槽 11 后可以沿着桩端面 19 流动，环形的凹槽 11 也可以只环绕部分连接孔 9，或只有部分连接孔 9 上分别环绕有一个环形凹槽 11；当桩端面 19 具有多个凹槽 11 时，可以按照上述凹槽 11 的形状和位置进行组合设置，如图 39-40 所示，当然，凹槽 11 也可以是其他的形状和其他的位置以及组合方式，并不限于本实施例示出的情况。

作为优选的技术手段，为保证凹槽 11 内能稳定放置存储块 10，且存储块 10 能够被压缩并在粘性物质 12 溢出凹槽 11 后，凹槽 11 内能够存储有足量的粘性物质 12，将凹槽 11 深度设置为大于预制桩直径的 0.5% 且小于存储块 10 的高度。这样结构的设置，在预制桩由于生产误差而产生桩端面 19 倾斜时，凹槽 11 可以给置于凹槽内的存储块 10 以足够的阻挡面，防止存储块 10 倾倒。

请参考图 41、图 42，图 41 为本发明第十三实施例公开的变截面预制方桩的接桩过程示意图；图 42 为图 41 中变截面预制方桩接桩完成状态示意图。

本实施例中，与实施例十二相同的部分，给予相同的附图标记，并省略相同的文字说明。

本实施例提供一种接桩结构，包括粘性物质 12、至少两条依次竖向对接的预制桩和位于相邻两条预制桩之间且存储有粘性物质的至少一个存储块 10；且相邻两条预制桩中至少一条为实施例一提供的预制桩，相邻两条依次竖向对接的预制桩分别为上节预制桩和下节预制桩，压缩存储块 10 可释放粘性物质 12 以消除和/或填充相邻两条预制桩的接桩端面之间的间隙。

上节预制桩的下端面和下节预制桩的上端面分别开设有凹槽 11，两预制桩上凹槽 11 的位置一一对应且形状相适配，两预制桩上凹槽 11 的形状也可以不适配且两预制桩上凹槽 11 轴向上重合的空间可以容纳存储块 10，为方便接桩后存储块 10 完全置于凹槽 11 中，存储块 10 被压缩后能够达到的最小厚度小于或等于对应的两个凹槽 11 深度之和；当然，对应的凹槽 11 的形状也可以不相适配或不对应，为保证接桩后存储块 10 完全置于凹

槽 11 中, 存储块 10 被压缩后能够达到的最小厚度小于或等于其所在凹槽 11 的深度; 作为另一种优选的方案, 只在上节预制桩的下端面和下节预制桩的上端面中任一个桩端面 19 上设置有凹槽 11, 为方便接桩后存储块 10 完全置于凹槽 11 中, 存储块 10 被压缩后能够达到的最小厚度小于或等于  
5 凹槽 11 深度; 当然, 也可以根据实际情况对两预制桩的端面上是否有凹槽 11 以及凹槽 11 的位置进行设置, 可以是其他的位置以及组合方式, 并不限于本实施例示出的情况; 存储块 10 为弹性吸水性材料, 例如海绵等, 具有较好的弹性及吸水性, 可以吸附并存储大量的粘性物质 12, 粘性物质 12 一般为环氧树脂或改性环氧树脂等能够流动且具有固化性的材料, 当上节  
10 预制桩与下节预制桩的接桩端面相互靠近直至抵接的过程中, 存储块 10 受到上节预制桩与下节预制桩的挤压力而被压缩, 如图 41 所示, 粘性物质 12 从存储块 10 中被挤压出并溢出凹槽 11 进而铺满接桩端面 19, 隔绝桩端面 19, 防止其与外界的空气、水或砂石等接触, 对预制桩端面进行密封和防腐保护; 存储块 10 也可以是由柔性材料制成的胶囊, 内部灌装有一定量的  
15 粘性物质 12, 当受到接桩端面 19 的挤压时, 存储块 10 破裂, 粘性物质 12 从上述破裂的缝隙中流出, 或者存储块 10 上具有小孔, 在受压时, 小孔被撑大, 粘性物质 12 从小孔中被挤出。

采用上述结构, 省去了人工涂抹粘性物质 12 的工序, 如图 41 所示, 将上节预制桩起吊并与下预制桩对齐后, 在机械连接件中注满粘性物质  
20 12, 并将蘸满粘性物质 12 或预先制好的存有粘性物质 12 的存储块 10 放入凹槽 11 中, 当存储块 10 存储的粘性物质 12 达到一定量时, 还可以进一步省略向机械连接件 14 中注入粘性物质 12 的步骤, 存储块 10 中的粘性物质 12 通过桩端面 19 流入并注满机械连接件 14, 方便快捷, 提高了工作效率; 同时, 由于存储块 10 的体积为一个定值, 即其内部存储的粘性物质 12 也  
25 为定值, 实现了粘性物质 12 的定量使用, 防止了操作不当造成粘性物质 12 浪费, 节约成本; 上节预制桩下压, 存储块 10 中的粘性物质 12 受到挤压流出, 并沿桩端面 19 流动; 继续下压直至接桩端面贴合, 存储块 10 被完全压缩于凹槽 11 中, 如图 42 所示, 此时, 接桩完成; 由于存储块 10 的弹性作用, 使其在被压缩后与凹槽 11 的内壁紧贴, 且存储块 10 中仍具  
30 有部分粘性物质 12, 当粘性物质 12 固化后, 将上预制桩与下节预制桩连

接成一体，保证了小应变检测的合格率，提高了预制桩的接桩性能。

请参考图 43、图 44、图 45，图 43 为本发明第十四实施例公开的变截面预制方桩的接桩结构示意图；图 44 为图 43 中变截面预制方桩接桩完成状态示意图；图 45 为图 43 中 D 处结构放大图。

5       本实施例中，与实施例十三相同的部分，给予相同的附图标记，并省略相同的文字说明。

      与实施例十三相比，本实施例的接桩结构还包括耐腐蚀密封圈 15，密封圈 15 套设于相邻两条竖向对接的预制桩的连接处；在接桩前将密封圈 15 套设在靠近桩端面 19 的桩身上，再进行两条预制桩的对接，接桩完成后，拖动密封圈 15，将其移动至两预制桩端面贴合处并将其包裹住；由于  
10       密封圈 15 具有一定弹性，套设完成后，密封圈 15 压紧在预制桩上，对桩端面 19 贴合处进行密封，防止粘性物质 12 未凝固而流出，减少了粘性物质 12 的损失。

      进一步的，预制桩的桩端直径小于桩身直径，密封圈 15 的厚度小于或  
15       等于桩身直径与桩端直径之差的  $1/2$ ，密封圈 15 的宽度小于或等于桩端的长度的 2 倍，以保证密封圈 15 不凸出于桩身，在进行打桩时泥土不会将密封圈 15 推离原始位置；优选的，为方便密封圈 15 的安装，在桩端与桩身之间设置有平滑过渡部 18。

      请参考图 46、图 47、图 55、图 56，图 46 为本发明第十五实施例公开的  
20       变截面预制方桩的刚性骨架的结构示意图；图 47 为图 46 所示刚性骨架的端部视图；图 55 为辅助箍筋的结构示意图；图 56 为刚性网罩的结构示意图；

      如图所示，本实施例中的变截面预制方桩的桩用刚性骨架，包括：由  
      多根主筋 21 间隔排列且环绕形成有预留空腔的预制桩用刚性骨架，和箍紧  
      固定所述主筋骨架的骨架箍筋 22，主筋骨架的端部套有加强预制桩结构强  
25       度的刚性网罩 26 和/或刚性网片 23，主筋骨架的端部由辅助箍筋 24 箍紧固定，  
      且辅助箍筋 24 的间距小于或等于骨架箍筋的间距。

      具体的说，在主筋骨架的端部增加刚性网罩 26，同时主筋骨架端部  
      外围缠绕辅助箍筋 24，箍紧刚性网罩 26 和主筋 21，可以防止在制作混凝土  
      预制桩时，泵送混凝土将主筋骨架端部的主筋 21 冲击炸开，保护主筋骨  
30       架端部结构，也可以防止打桩时主筋 21 受冲击炸开，加强混凝土预制桩的

端部结构强度。若辅助箍筋离主筋 21 间距较大则没有防止主筋骨架炸开的作用，所以辅助箍筋 24 需要紧贴主筋 21。并且通过限制辅助箍筋 24 之间的间距可以更好的加强主筋骨架的结构强度。优选方案，预制桩用刚性骨架为钢筋笼，骨架箍筋和辅助箍筋为螺旋箍筋，刚性网罩 26 为钢筋网罩。

5 优选方式，辅助箍筋 24 和刚性网罩 26 连接固定，且辅助箍筋 24 位于刚性网罩 26 的外部。将刚性网罩 26 套设在主筋骨架的端部后，再将辅助箍筋 24 箍住刚性网罩 26，可以使主筋骨架能够承受更大的锤击力，避免辅助箍筋 24 松散开。

如图 46 和图 54 所示，所述刚性网罩 26 包括若干沿主筋骨架长度方向依次间隔排列的环筋 26-1 和若干连接固定各环筋 26-1 的轴向筋 26-2，轴向筋 26-2 平行于主筋 21。优选方式，轴向筋 26-2 沿环筋 26-1 内侧周向固定连接，可以保证刚性网罩 26 受力均匀。

在主筋骨架端部套设刚性网罩 26，可以与辅助箍筋 24 共同箍住主筋骨架的端部，使主筋骨架的主筋 21 更不易炸开。优选，刚性网罩 26 可以是钢筋网罩。

刚性网片 23 设置于主筋骨架的端部且沿所述预留空腔的长度方向间隔配置。可以加强混凝土预制桩端部的结构强度和抗锤击能力，防止在沉桩时，混凝土预制桩端部被打爆。在本实施例中，刚性网片 23 可以单独设置，或者刚性网罩 26 也可以单独设置，或者可以将刚性网片 23 和刚性网罩 26 一同设置。

刚性网片 23 包括若干根交叉连接固定的加强条筋 23-1，刚性网片 23 的端部与辅助箍筋 24 和/或主筋骨架固定连接。刚性网片 23 呈格栅状，既可以加强混凝土预制桩端部的强度，又可以保证在制作混凝土预制桩时，混凝土能充分包裹住条筋 23-1，保证受力均匀，并且刚性网片 23 的端部可以与辅助箍筋 24 连接，也可以与主筋 21 连接，或者与辅助箍筋 24 和主筋 21 连接，保证刚性网片 23 的稳定连接。

具体的说，刚性网片 23 所在平面与轴向筋 26-2 的中轴线垂直。将刚性网片 23 垂直于轴向筋 26-2 依次设置在刚性网罩 26 上，将预留空腔在长度方向上分隔成若干个小空间，可以使混凝土预制桩端部的混凝土更加紧密。

优选方式，将刚性网片 23 连接在刚性网罩 26 上，再套入主筋骨架端部，可以将刚性网片 23 预先连接在刚性网罩 26 上形成一体式结构，使刚性网片 23 的放置更加简便。至少有一个刚性网片 23 与刚性网罩 26 的端部连接，使刚性网罩 26 具有挡面，加强刚性网罩 26 端部结构强度，刚性网片 23 在刚性网罩 26 上的连接形式，可以是刚性网片 23 均与环筋 26-1 连接，或者是刚性网片 23 均与轴向筋 26-2 连接，或者是部分刚性网片 23 与环筋 26-1 连接，部分刚性网片 23 与轴向筋 26-2 连接。

本实施例的工作原理：在预制时用骨架箍筋 22 箍紧主筋 21，形成主筋骨架，同时将刚性网片 23 连接在刚性网罩 26 上，再将刚性网罩 26 套至主筋骨架的端部，最后用辅助箍筋 24 箍紧刚性网罩 26 和主筋 21。可以防止在制作混凝土预制桩时，泵送混凝土将主筋骨架端部的主筋 21 冲击炸开，保护主筋骨架端部结构，同时加强混凝土预制桩的端部结构强度和抗锤击力，可以防止沉桩时，混凝土预制桩端部爆开。

请参考图48、图49，图48为本发明第十六实施例公开的变截面预制方桩的刚性骨架的结构示意图；图49为图48所示刚性骨架的端部视图。

在本实施例中，与实施例十五相同的部分，给予相同的附图标记，并省略相同的文字说明。

相对于实施例十五，本实施例的不同之处在于：主筋 21 端部设有连接螺母 25，所述辅助箍筋 24 至少连接固定其中一个连接螺母 25。预制桩之间通过连接螺母 25 和插杆连接，所以在主筋 21 的顶端设置连接螺母 25，若辅助箍筋 24 离连接螺母 25 间距较大则没有防止主筋骨架炸开的作用，所以辅助箍筋 24 需要至少连接固定一个连接螺母 25，从而防止连接螺母 25 受锤击而散开，导致预制桩之间的连接移位。

请参考图50、图51，图50为本发明第十七实施例公开的变截面预制方桩的刚性骨架的结构示意图；图51为图50所示刚性骨架的端部视图。

本实施例中，与实施例十五相同的部分，给予相同的附图标记，并省略相同的文字说明。

相对于实施例十五，本实施例的不同之处在于：刚性网片 23 所在平面与轴向筋 26-2 的中轴线平行。将刚性网片 23 平行于轴向筋 26-2 依次设置在刚性网罩 26 上，将预留空腔在宽度方向或高度方向上分隔成若干个小空

间，从而使混凝土预制桩端部的混凝土更加紧密。

优选方式，刚性网片 23 在刚性网罩 26 上的连接形式，可以是刚性网片 23 相对的两个端部连接在刚性网罩 26 上。

请参考图 52、图 53、图 57，图 52 为本发明第十八实施例公开的变截面预制方桩的刚性骨架的结构示意图；图 53 为图 52 所示刚性骨架的端部视图；图 57 为 C 型套箍的结构示意图。

本实施例中，与实施例十五相同的部分，给予相同的附图标记，并省略相同的文字说明。

相对于实施例十五，本实施例的不同之处在于：主筋骨架端面还设有若干 C 型套箍 27，且 C 型套箍 27 的开口朝向预留空腔的中间段。

在上述结构中，C 型套箍 27 可以使主筋骨架的端部形成一个挡面，使主筋骨架的端部结构更加稳定，加强混凝土预制桩端面的结构强度。

具体的说，C 型套箍 7 横向或纵向依次均匀排列设置在主筋骨架的预留空腔内；或者，C 型套箍 7 交叉设置在主筋骨架的预留空腔内；所述 C 型套箍 7 与辅助箍筋 24 或/和刚性网罩 26 固定连接。C 型套箍 27 采用以上的布置形式形成挡面可以加强混凝土预制桩端面的结构强度，同时可以与辅助箍筋 24 一起箍紧刚性网罩 26。作为优选，C 型套箍 27 交叉布置在主筋骨架的端面。当然，在实施例十五中的刚性网片 23 的端部也可以与 C 型套箍 27 连接。

优选方式，刚性网片 23 的端部与刚性网罩 26 连接固定，C 型套箍 7 与刚性网罩 26 的端部连接固定，且 C 型套箍 27 位于刚性网罩 26 的内部。可以将刚性网片 23 连接在 C 型套箍 27 上，再连接在刚性网罩 26 上，形成一体式结构，再套入主筋骨架端部，使刚性网片 23 的放置更加简便。

本实施例的工作原理：在预制时用骨架箍筋 22 箍紧主筋 21，形成主筋骨架，同时先将 C 型套箍 7 上连接在刚性网罩 26 的端部上形成挡面，再将刚性网片 23 连接在刚性网罩 26 上，然后将刚性网罩 26 套至主筋骨架的端部，最后用辅助箍筋 24 箍紧刚性网罩 26 和主筋 21。可以防止在制作混凝土预制桩时，泵送混凝土将主筋骨架端部的主筋 21 冲击炸开，也可以防止刚性网片被泵送混凝土冲击，脱出主筋骨架的预留空腔，保护主筋骨架端部结构，并且使主筋骨架结构更稳定，并且能使混凝土预制桩端部的

混凝土更加紧密，从而加强混凝土预制桩的端部结构强度和抗锤击能力。

在上述实施例的基础上，在小截面段 2 的横截面上，小截面段 2 的横截面面积为  $S_1$ ，钢棒横截面面积总和为  $S_2$ ， $S_2$  占  $S_1$  的比值至少为 0.5% ~ 0.15%，受力筋占比高，提高桩身结构强度和抗拔强度。此外，桩两端螺旋箍筋加密区的长度大于端部大截面段 3 的长度，桩两端螺旋箍筋加密区的密度为普通区的 1.5-3 倍，以提高桩端结构强度和抗击打性能；钢棒间距大于等于 50mm，以方便浇筑或泵送混凝土时，粗骨料（即石子）能够均布；桩端部增加钢性网罩 26 和钢筋网片 23，可提高桩端部抗锤击能力，避免爆桩引起的连接件或受力筋裸露在地下酸、碱腐蚀性物质中。

10 如果侧向过渡面 4 为内凹面或外凸面，则由于圆滑过渡，其前边沿或后边沿的痕迹将不是十分明显，人眼观察可能难以分辨，此时，可以沿侧向过渡面 4 的边界做辅助线来界定其前边沿或后边沿所在的位置。

15 本发明要求保护的变截面预制方桩包含变截面实心方桩和变截面空心方桩，对于变截面实心方桩而言，既可以采用 U 形模具进行生产，也可以采用沿对角线开合的闭合模具进行生产。当采用 U 形模具生产时，本发明十分有利于进行脱模，可避免暴力拆模造成混凝土保护层开裂或者有脱落风险。

20 各实施例之间的技术方案可以相互结合，但应该是以本领域普通技术人员能够实现为基础。若技术方案的结合出现相互矛盾或无法实现时，应当认为这种技术方案的结合不存在，也不在本发明要求的保护范围之内。

25 以上对本发明所提供的混凝土变截面预制方桩进行了详细介绍。本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的核心思想。应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以对本发明进行若干改进和修饰，这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

## 权 利 要 求

- 1、一种混凝土变截面预制桩，包括沿纵向交替排列有大截面段和小截面段的桩体，所述大截面段和小截面段的横截面大体呈矩形；所述大截面段与相邻的所述小截面段的侧表面之间形成有侧向过渡面；至少部分数量的所述侧向过渡面具有在侧向投影上偏离竖直方向的前边沿和/或后边沿，且该侧向过渡面与第一水平面的相交线的垂向投影位于该侧向过渡面与第二水平面的相交线的垂向投影的外侧；所述第一水平面为任意两个水平面中位于上方的水平面，所述第二水平面为任意两个水平面中位于下方的水平面；所述小截面段的一个或两个侧表面垂直于所述小截面段的底面或者自上而下向桩体内侧倾斜设定角度。
- 2、根据权利要求 1 所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述侧向过渡面在侧向投影上偏离竖直方向的前边沿和/或后边沿为倾斜的边沿或弯曲的边沿。
- 3、根据权利要求 1 或 2 所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，位于两端之间的所述大截面段的侧表面的前边沿和后边沿为竖直边沿，其面宽自上而下保持恒定；或者，位于两端之间的所述大截面段的侧表面的前边沿和/或后边沿在侧向投影上偏离竖直方向，其面宽自上而下变大或变小。
- 4、根据权利要求 1 或 2 所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述侧向过渡面包括位于小截面段前部的第一过渡面和位于小截面段后部的第二过渡面，所述第一过渡面的后边沿自上而下向前倾斜或弯曲；和/或，所述第二过渡面的前边沿自上而下向后倾斜或弯曲。
- 5、根据权利要求 1 或 2 所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述侧向过渡面包括位于小截面段前部的第一过渡面和位于小截面段后部的第二过渡面，所述第一过渡面的前边沿自上而下向前倾斜或弯曲；和/或，所述第二过渡面的后边沿自上而下向后倾斜或弯曲。
- 6、根据权利要求 1 所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述侧向过渡面为平面，其前边沿平行于后边沿，面宽自上而下保持恒定，或者，所述侧向过渡面为平面，其前边沿与后边沿不平行，面宽自上而下变大或变小；或者，

所述侧向过渡面为曲面，其前边沿平行于后边沿，面宽自上而下保持恒定，或者，所述侧向过渡面为曲面，其前边沿与后边沿不平行，面宽自上而下变大或变小。

5 7、根据权利要求6所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述侧向过渡面为内凹的曲面、外凸的曲面或扭曲面。

8、根据权利要求7所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述内凹的曲面包括内凹的弧面或内凹的锥面，所述外凸的曲面包括外凸的弧面或外凸的锥面。

10 9、根据权利要求1所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述侧向过渡面与第一水平面的相交线的垂向投影的延长线和该侧向过渡面与第二水平面的相交线的垂向投影的延长线相交。

10、根据权利要求1所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述桩体具有桩端面，至少一桩端面具有凹槽和多个间隔布置的连接孔，所述凹槽用于至少部分容纳存储有粘性物质的存储块，所述凹槽深度小于存储块  
15 的初始高度，在预制方桩对接时，压缩所述存储块可释放粘性物质以消除和/或填充相对接预制方桩的接桩端面间隙。

11、根据权利要求10所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述容纳槽的槽深大于等于1mm、槽宽大于等于1mm，且所述容纳槽距所述连接孔0.5cm以上。

20 12、根据权利要求11所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述容纳槽的槽深为2mm-20mm。

13、根据权利要求10所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，至少一个所述凹槽呈圆形或环形或矩形或正多边形且位于桩端面的中心处；

和/或，至少一个所述凹槽为环状且环绕所有连接孔；

25 和/或，至少一个所述凹槽为环状且环绕部分连接孔；

和/或，至少一个所述凹槽为环状且环绕单个连接孔。

14、根据权利要求1或10所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，其刚性骨架包括：由多根主筋间隔排列且环绕形成有预留空腔的主筋骨架，以及箍紧所述主筋骨架的骨架箍筋；

30 其中，所述主筋骨架的端部套有加强预制桩结构强度的刚性网罩和/

或刚性网片，主筋骨架的端部由辅助箍筋箍紧固定，且辅助箍筋的缠绕间距小于或等于骨架箍筋的缠绕间距。

15 15、根据权利要求 14 所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述辅助箍筋形成箍筋加密区，所述箍筋加密区的长度大于端部大截面段的长度；所述箍筋加密区的缠绕密度为非加密区的 1.5-3 倍。

16、根据权利要求 14 所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，主筋骨架端面还设有若干开口朝向预留空腔的中部的 C 型套箍。

10 17、根据权利要求 14、15 或 16 所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述主筋端部连接有连接螺母，所述辅助箍筋至少连接固定其中一个连接螺母。

18、根据权利要求 16 所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述 C 型套箍横向或纵向依次间隔排列设置在主筋骨架的预留空腔内；和/或，C 型套箍交叉设置在主筋骨架的预留空腔内；所述 C 型套箍与辅助箍筋或/和刚性网罩固定连接。

15 19、根据权利要求 14 所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，辅助箍筋和刚性网罩连接固定，且刚性网罩位于辅助箍筋的内部；

或者，所述刚性网罩包括若干沿主筋骨架长度方向依次间隔排列的环筋以及若干连接固定各环筋的轴向筋，其中，轴向筋平行于主筋；

20 或者，所述刚性网片设置于主筋骨架的端部且沿所述预留空腔的长度方向间隔配置。

20、根据权利要求 14 所述的混凝土变截面预制桩，其特征在于，所述桩体两端的大截面段长度大于中间部分的大截面段长度，所述桩体两端的大截面段长度大约为中间部分的大截面段长度的 2 倍~6 倍；

25 和/或，在所述小截面段的横截面上，所述小截面段的横截面面积为 S1，钢棒横截面面积总和为 S2，S2 占 S1 的比值至少为 0.5%~0.15%。