

文章编号:1671 - 3559(2001)04 - 0389 - 03

人工挖孔扩底桩在工业建筑中的设计

高红卫， 于洪生， 李云兰

(济南大学土木建筑学院,山东 济南 250022)

摘 要:人工挖孔扩底桩具有受力明确、承载力高、施工方便、无噪声、造价低等优点,探讨了挖孔扩底桩的优点、设计计算及构造要求。  
关键词:人工挖孔扩底桩;工业建筑;设计计算;构造  
中图分类号:TU473.1<sup>+</sup>2 文献标识码:B

河南省林县电厂水泥厂地处河南省林县境内,是一个年产 8.8 万 t 的中型水泥厂。其烘干车间采用的是框架结构,其地上 6 层,地下有设备基础,总高度 22.5 m,根据地质报告,其厂区土质如表 1。

表 1 厂区土质

土质	平均层厚/m	物理性能	承载力 $f_k$ /kPa
杂填土	1.5	黄褐色,可塑	100
粉质粘土	2.1	可塑 - 软塑	140
细砂	3.5	湿,中密	160
中砂	2.5	中密	180
卵石层	5.7	中密	300

考虑到工业厂房楼面活荷载为 4 kN/m<sup>2</sup>,比较大,而且浅层土地基承载力较低,如果采用独立基础,必然使基础过大,且影响设备基础的设计,因而决定采用人工挖孔扩底桩。

1 人工挖孔扩底桩的优点及适用范围

人工挖孔扩底桩是采用人工挖掘的方法成孔,然后安放钢筋笼,再浇注混凝土而成的桩基础,它同机械成孔桩或预制桩相比,具有以下优点:

- (1) 成孔机具简单,施工过程中无振动,无噪声,无污染,施工场地占地少,施工工期较短。
- (2) 同机械成孔桩相比,由于人下至桩底开挖,便于清底,且随时可对孔壁进行检查,便于核实土质情况,浇注时可由人工下井振捣,混凝土质量有保证。
- (3) 只要开挖至桩端设计的持力层即可停止开

挖,因而桩径和桩长可随地基的情况而变化,桩受力明确,计算简单且单桩承载力高。  
(4) 人工挖孔扩底桩宜在地下水以上施工,适应于人工填土层、粘土层、粉土层、砂石层,也可在黄土和膨胀土及冻土地区使用,适用性强。

2 人工挖孔扩底桩的设计

2.1 布 桩

在工程设计中,对于框架结构,原则上采用一柱一桩,筒体结构则采用群桩。桩身直径宜在 800 ~ 2 000 mm 之间,最大可达到 3 500 mm,扩底直径  $D$  一般为  $1.3d \sim 2.5d$ ,  $d$  为桩身直径。变径部分应为  $(D - d)/2$ ,  $h = 1 \sim 4$ ,  $h$  为扩底部至变径部的高度。桩与桩之间的最小中心距为  $3d$ ,见图 1。当桩距过于小不满足要求时,可采用以下方法处理:

- (1) 当桩距小于 2 m 时,可两桩合并成一桩。
- (2) 当桩距大于 2 m 但桩底扩大头距离太小不满足规范要求时,可使两桩标高相互错开,见图 2。

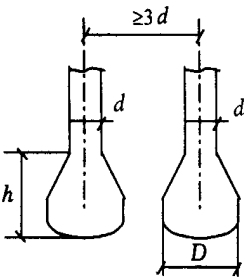


图 1 桩布置图之一

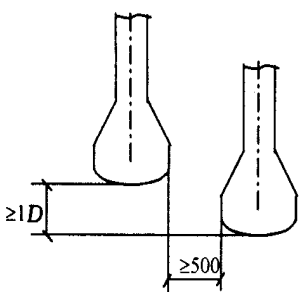


图 2 桩布置图之二

2.2 选择桩端持力层

在多层建筑中,由于荷载不太大,一般可选择承载力较高的砂石、卵石层或压缩性较小的坚硬粘性土、中密或密实的砂类土作为持力层。

2.3 桩的设计计算

(1) 桩水平承载力的计算

由于风载及垂直荷载产生的桩顶水平力较小,且桩与桩之间靠桩帽、承台、基础梁、拉梁连接在一

收稿日期:2000-11-03  
第一作者简介:女,1967 年生,高级工程师

起,而且它们通常位于天然地平以下,受到周围土的嵌固作用,因此当桩顶水平力满足下列公式时,可不进行桩的水平承载力计算,即桩身可不配抗弯钢筋,一般多层建筑均能满足此要求。

$$V \leq d^2 \sqrt{1.5 d^2 + 0.5 d(1 + \frac{0.9 Q}{f_t A})} \quad (1)$$

$V$ —单桩桩顶水平力, kN;

—综合系数,根据上层土的类别,桩身混凝土强度不同选用;

$A$ —桩身截面面积,按设计桩径计算,  $m^2$ ;

$d$ —桩身直径, m;

$f_t$ —混凝土抗拉强度设计值, kPa;

$Q$ —单桩桩顶竖向压力, kN。

—桩身截面抵抗距的塑性系数。

### (2) 桩垂直承载力计算

桩的垂直承载力取决于桩身的材料强度和桩周的摩阻力及桩尖持力层的承载力。一般来说,只有端承桩且桩尖持力层为承载力很高的基岩时,桩垂直承载力才取决于桩身的材料强度,此时,桩垂直承载力可按下式计算:

$$R_d = \eta_c \cdot f_c \cdot A_p$$

$\eta_c$ —为不同成孔桩工艺对桩身强度影响系数。人工干作业时,取值为 0.9,人工湿作业时,取值为 0.8;

$f_c$ —桩身混凝土轴心抗压强度, kPa;

$A_p$ —桩身截面面积,  $m^2$ ;

大多数情况下,桩的垂直承载力取决于桩周的摩阻力及桩尖持力层的承载力。此时,桩垂直承载力可如下计算。对于端承桩,不考虑周围软土的摩阻力,有

$$R_k = q_p \cdot A_p$$

$R_k$ —单桩竖向承载力标准值, kN;

$q_p$ —桩端土的承载力标准值, kPa;

$A_p$ —桩身截面面积( $m^2$ ),取扩大头水平投影面积,  $A_p = 1/4 D^2$ 。

对于摩擦桩,有

$$R_k = q_p A_p + \mu_p \sum q_{si} l_i$$

$\mu_p$ —桩身周边长度(m),  $\mu_p = \pi d$ ;

$q_{si}$ —桩周第  $i$  层土的摩擦力设计值, kPa;

$l_i$ —桩周第  $i$  层土的厚度, m。

### (3) 桩身配筋计算

单桩竖向承载力确定后,可进一步按受压构件确定纵向钢筋。

### (4) 桩的沉降计算

当选择基岩作为桩端持力层时,桩受荷后沉降小,此种情况下往往不需要作沉降计算。当选择砂、卵石层或硬塑粘土层作持力层时,需作桩的沉降计算,其计算方法与天然地基相同,把桩与桩间土看成一个实体基础计算。

### (5) 桩护壁设计

扩底桩应在无地下水或人工降低地下水位以后施工,施工和扩底均有机机械和人工两方法,当采用人工成孔扩底时,应作混凝土护壁。当水下灌注时应在护壁内配直径 6 mm 间距 150 mm 的双向钢筋网。

## 3 构造要求

(1) 桩身混凝土强度等级应不低于 C20,最小直径为 800 mm。

(2) 扩大头  $D$  与桩身直径  $d$  之比不小于 3,扩大头高度  $h$  与宽度  $b$  之比也不应大于 3,且不小于 1.5。

(3) 单桩桩顶一般为桩帽,群桩应设承台,桩顶嵌入承台或桩帽内 100 mm,桩帽厚  $> 1000$  mm,其每边比桩多出 200 mm,上下及侧面应配双向钢筋网,桩承台的尺寸及配筋由计算决定,其计算方法可参见设计规范中有关承台计算章节。

(4) 当桩与桩之间有基础梁时,不另设拉梁。

(5) 扩大头进入持力层的深度应  $2 \sim 3 D$ ,且当持力层为粘性土和砂土时不小于 1.5 m,为砂卵石或碎石层时不小于 0.75 m。

在烘干车间的基础设计中,考虑了厂区的工程地质情况,采用了人工挖孔扩底桩。其桩端持力层选在卵石层上,其地基承载力为 300 kPa,根据上部框架的计算结果设计了三种直径的扩底桩,由于桩受力为摩擦桩,应按如前所述摩擦桩的计算公式来确定桩的承载力,计算结果如表 1。桩身纵筋按偏心受压构件并满足 0.6 % 的最小配筋率,选择 12 根直径为 25 mm 的钢筋并沿桩身周边均匀分布,箍筋选择螺旋箍筋,且每隔 2 m 设一道焊接加强箍。

表 1 工程中采用桩的承载力及尺寸表

桩号	轴向力设计值 / kN	桩身直径 d/ m	扩大头直径 d/ m	扩大头宽度 d/ m
桩 1	3 100	1.2	2.2	0.5
桩 2	2 500	1.1	2.0	0.45
桩 3	1 600	0.9	1.8	0.4

## 4 结束语

尽管人工挖孔扩底桩施工简单,但施工中也经

常遇到一些问题.

(1) 为了成功成孔,在施工中应逐段开挖逐段护壁,并逐段校核垂直度,一般以 0.8~1.0 m 为一施工段。

(2) 当施工中遇地下水管涌现象时,可用抽水机连续抽水后,快速连续浇注混凝土,并同时调正混凝土的配合比。但当管涌现象很严重时,应根据地质报告提供的渗水量,采用井点降水法使地下水降至孔底 0.5~1.0 m 处,再进行施工。

(3) 桩基础施工完成后,必须经过质量检查合格后方可施工上部结构,本工程桩基础的检测方法采用反射波法和动力参数法,对桩的完整性进行评估,并由此推测单桩承载力,其理论依据是根据混凝土的标号与应力波速之间的相关性,推算出混凝土的平均强度指标。依据表 2 进行推测。本工程桩身动力测试结果显示,所有桩体完整,混凝土波速全部>3 500 m/s,满足 C20 混凝土的要求,证明均为合格桩。

表 2 反射波法检验混凝土质量用表

混凝土质量特征	C10 混凝土的速度 m/s	C20 混凝土的速度 m/s	C30 混凝土的速度 m/s
良好	3 300	3 800	4 300
合格	3 000~3 300	3 500~3 800	5 000~4 300
不合格	≤3 000	<3 500	<4 000

[参考文献]

[1] 《桩基工程》编委会. 桩基工程手册[M]. 北京:中国建筑业出版社,1995.  
[2] 潘天森. 大直径人工挖孔桩设计与施工[J]. 建筑结构,1998 (2)

Design of the club - footed piles  
by man-made hole in industry building

Gao Hongwei ,Yu Hongshe ,Li Yunlan

(School of Civil Construction Jinan University ,  
Jinan 250022 ,China)

**Abstract :** the club - footed piles with man - made hole has characters of definite load conditions , high bearing capacity , simple construction , no noise and low expenses , etc. The characters ,design calculation of the piles also discussed in this papers.

**Key words** club-footed piles by man - made hole ; industry building ;design calculation ; construction.