

文章编号 :1001-831X(2003)01-0087-03

# 钢管桩设计中的若干问题探讨<sup>\*</sup>

阮长青

(温州市城市中心区开发建设指挥部,浙江 温州 325000)

**摘 要 :**钢管桩具有高承载力和挤土效应低等优点,本文在详细介绍钢管桩特点的基础上,提出了钢管桩垂直承载力和水平承载力的计算方法,并详细介绍了钢管桩的构造设计,最后提出了钢管桩设计中应注意的问题以供工程设计参考。

**关键词 :**钢管桩 ; 特点 ; 计算 ; 构造

中图分类号 :TU473.1<sup>+</sup>3

文献标识码 :B

## 1 前言

50 年代中期开始,钢管桩在国外被大量使用,而国内除宝钢、金山石化、杨浦大桥、北仑港电厂、嘉兴电厂等少数几个项目外很少使用。由于钢材抗压、抗拉强度高,材质均匀,延性好,加工成钢管后刚性好,抗弯、抗剪能力强,作为优点十分突出的一种桩型,其综合效益也相当明显,随着国民经济实力的不断增强,高层、超高层建筑不断地涌现,钢管桩应用前景将十分广阔。由于使用较少,其应用上的一些问题不被熟悉,在此,将就钢管桩的有关特性做浅略介绍,以供参考。

## 2 钢管桩的特点

### 2.1 承载能力大

钢管桩目前大多采用 A3 号低碳钢,材料的抗压、抗拉、抗剪强度很高,加工成钢管后抗弯能力很强,在持力层好的地质情况下选用,可以大大地发挥其受力特性,提高单桩承载力,减少布桩数量,缩小基础承台尺寸。对抗震区及风荷载较大的地区或较高的建筑物,选用该桩型也可大大发挥其抗水平荷载能力强的特点。

开口钢管桩在沉桩过程中形成土塞效应,可以增加桩基的端承力,从而提高单桩的垂直承载力。

### 2.2 规格多、选用余地大

目前定型生产的钢管桩直径有 318.5 ~ 2500mm,达几十种规格,壁厚 6.9 ~ 25mm,且同管径有多种壁厚,可根据受力情况,选用几种合适的规格同时使用,使强度充分利用,以满足安全经济要求。一般情况下,桩各节均采用相同壁厚,有时为使桩进入较硬的持力层,需加大锤重并增加锤击数,对承受较大冲击的上节桩,可适当加大壁厚。

### 2.3 桩长易调整、浪费少

钢管桩常规每节长 6m,采用焊接接长,当持力层埋深变化时,根据沉桩实际情况可以任意切割或焊接,切割部分还可以接到其它钢管桩上,不会象其它桩型造成浪费,并可以准确控制桩顶设计标高,对施工极为有利。

### 2.4 挤土有限、对周边影响少

钢管桩大多采用敞口式,加之管壁薄,压桩过程中土可以进入桩身,形成土塞效应,从而降低挤土和表土隆起,减小土的扰动,降低对场地周边设施的影响。在旧城改建或周边已有建筑物的情况下,采用其他打入式桩,挤土非常明显,常常不能使用,采用钻孔灌注桩,虽可以解决挤土问题,但泥浆常污染场地及运输线路的城市道路,在大力提倡美化城市环境的今日,使用也大受限制。而采用钢管桩则不存在此类问题。并可以在小面积场地上进行非常密集的施工。

### 2.5 施工速度快

<sup>\*</sup> 收稿日期 2002-12-01(修改稿)

作者简介 阮长青(1965-)男,浙江人,高级工程师,从事工程设计与管理工作。

钢管桩每节采用焊接 ,焊后 1 分钟即可压桩 ,接桩方便、间歇时间短 ,桩身强度高 ,对  $N_{635} = 50$  的坚硬土层能较轻易穿透 ,在常规情况下 ,桩就位后就能正常压桩 ,很少碰到土层难以穿越而需人工加以处理的情况。一般每台压机每天可以压桩 500m 左右 ,远远高于其它桩型 ,对工期紧的项目十分有利 ,相对而言可节约工程费用 ,因而其综合经济效益高。

2.6 质量有保证

钢管桩的钢管是在厂家制作完成运至工地现场焊接 ,焊接质量容易把握 ,其刚性较大 ,外形有保证( 钢管桩外形及各部尺寸误差限值见表 1 ) ,施工后基本可以保证桩 100% 有效 ,极少出现其它桩型的常见毛病而需后期处理。

钢管桩外形容许偏差限值 表 1

外径	桩端部	$\pm 0.5\%$	
	桩 身	$\pm 1\%$	
厚度	$\Phi \leq 600$	$600 < \Phi < 800$	+ 不定
			- 0.5
	$\leq 16\text{mm}$	$600 < \Phi < 800$	+ 不定
			- 0.7
	$\Phi \geq 800$		+ 不定
			- 1.0
	$\Phi < 800$		+ 不定
			- 0.8
	$> 16\text{mm}$		+ 不定
	$\Phi \geq 800$		- 1.0
长度	$> 0$		
失高	$\leq 1\%$		
端部平整度	$\leq 2$		

2.7 不易腐蚀

由于钢管桩埋在基础下 ,与外界隔绝 ,其内壁处于密闭状态 ,可不考虑其腐蚀 ,其外侧与地下水接触稍有腐蚀 ,可以采用涂防腐层 ,以增加余量及阴极保护。根据国外资料 ,钢管的腐蚀速度 70 年为 0.075 ~ 0.9mm ,国内规定的年腐蚀率见表 2。

钢管腐蚀速率 表 2

钢管所处环境	单面腐蚀率( mm/年 )
地面以上 无腐蚀环境	0.05 ~ 0.1
水面以上	0.05
地面以下 水面以下	0.03
波动区	0.1 ~ 0.3

国内的规定比国外要严 ,设计时可根据建筑物的重要性类别 ,既考虑涂防腐层又适当增加钢管的

壁厚。

2.8 单价较高

由于钢材价格较高 ,导致钢管桩单价偏高。钢管现价约 3700 元/t ,打桩费 30 ~ 80 元/m<sup>3</sup> ,厂家运输至工地运费 180 ~ 250 元/t ,以  $\Phi 609$  径、壁厚  $\delta = 14\text{mm}$  为例 ,其成本约需 510 元/( 1750 元/m<sup>3</sup> ) ,远远高于其它桩型 ,正是这一致命的因素制约了其应用的前景 ,但作为优点也十分显著的桩型在特定条件下选用也是其它桩型所无法代替的。随着钢材生产量的增加 ,材料单价会下降 ,对该桩应用的普及也会促使施工单位改进工艺 ,降低各种费用。

由于钢管桩单桩承载力高 ,布桩数量可以大大减少 ,基础承台也可以缩小 ,且施工速度快 ,后期处理事宜少 ,综合效益高 ,因此钢管桩的应用前景还是十分广阔的。

3 钢管桩的极限承载力标准值计算

3.1 垂直承载力

钢管桩垂直承载力的确定一般有三种方式 ,一是按地质参数进行理论计算 ;二是进行静载荷试验确定 ;三是根据经验公式 ,按打桩过程有关参数进行计算。

3.1.1 理论计算

根据土的物理指标确定单桩竖向极限承载力标准值 :

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = \lambda_s U \sum q_{sik} I_i + \lambda q_{pk} A_p$$

当  $h_b/d_s < 5$  时  $\lambda_p = 0.16h_b/d_s \lambda_s$

当  $h_b/d_s \geq 5$  时  $\lambda_p = 0.8 \lambda_s$

式中 : $q_{sik}$ 、 $q_{pk}$ ——桩的极限侧阻力和桩端极限阻力标准值

$U$ ——桩身周长

$I_1$ ——土分层深度

$A_p$ ——桩端面积

$\lambda_p$ ——桩端闭塞效应系数 ,对闭口桩  $\lambda_p = 1$  ,对敞口桩取上述计算值

$h_b$ ——桩端进入持力层深度

$d_s$ ——钢管桩外径

$\lambda_s$ ——侧阻挤土系数 ,闭口桩  $\lambda_s = 1$  ,敞口桩按表 3 取值

敞口桩侧阻挤土效应系数  $\lambda_s$  表 3

$d_s$ ( mm )	$\leq 600$	700	800	900	1000
$\lambda_s$	1.00	0.93	0.87	0.82	0.77

对带隔板的半敞口钢管桩,以等效直径  $d_e$  代替  $d_s$  确定  $\lambda_s$ 、 $\lambda_p$ ,  $d_e = d_s/n^{1/2}$ ,其中  $n$  为桩端隔板分割数。

值得注意的是  $Q_{pk}$  随桩的细长比及土塞状况而变化,根据有关成果,一般  $Q_{pk}$  仅取  $Q_{uk}$  的 6% 左右为宜,当该比例大于 10% 时,有可能发生钢管桩的刺入破坏。

3.1.2 静载荷试验

由于钢管桩一般均使用在二级建筑物以上的基础中,因此静载荷试验是不可缺少的手段,测试数量按规范要求 1% 且不少于 3 根,其准确度最高。有条件时最好先试桩确定承载力。

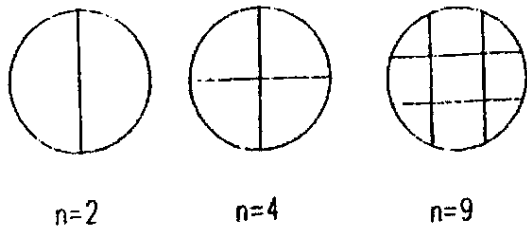


图 1 桩端隔板数

3.1.3 经验公式

利用打桩过程有关数据,采用海雷(Hiley)公式推算每根桩的承载力:

$$Q_{uk} = e_f H (S + C/2) \times (W_H + e^2 W_p) (W_H + W_p)$$

式中  $e_1$ ——锤的效率,相当于机械效率

$W_H$ ——锤自重

$W_p$ ——桩及桩帽自重

$H$ ——锤的下落高度

$C$ ——贯入度

$S$ ——回弹量

$e$ ——恢复系数

经验公式一般有一定的缺陷,通常只作复核承

载力用。工程中经常需综合上述三种方法,最后确定承载力数值。

3.2 水平承载力等参数的计算

钢管桩的设计还涉及到水平承载力、负摩擦力、压曲稳定、群桩设计等内容,可采用经典 C 法、欧拉(Euler)法、等效深基础法等多种方式计算,方法较多,但每种办法均有一定的缺陷,而且上述各种承载力不属设计中主要内容,在此不予展开。

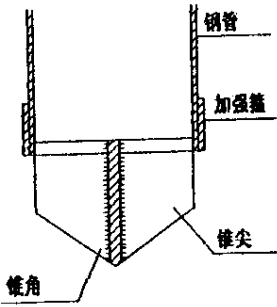


图 2 锥底构造图

4 钢管桩的构造

4.1 桩端

钢管桩的桩端有敞口和闭口二种,口部分平底和锥底二种,由于钢管桩的承载力已很高、且为了减少挤土的作用,通常选用锥底敞口形状,其端部构造如图 2 所示。

由于端部施打过程易遇石块等硬物,故常予加强,加劲箍的厚度  $\delta$  根据桩径的大小选用 6 ~ 20mm,宽度 150 ~ 300mm,锥尖常用 10 ~ 20mm 钢板焊接,锥角  $30^\circ \sim 45^\circ$ 。

4.2 桩身

钢管桩通常由厂家提供、现场焊接,由于需由厂家运至工地,太长对运输、吊装、对接均不大有利,规范要求不宜长于 15m,实际上大多采用 6m/节,现场上下节焊接。其节点构造如图 3。

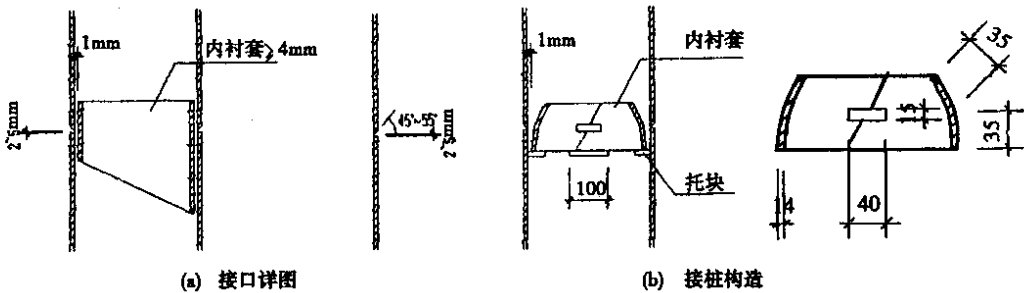


图 3 节点构造

统 ,包括具有接地事故和导向器监控系统的三角形——星形三相配电系统、分置式变电所、顺序启动及荷载平衡保护 ,甚至还包括隧道停电时对 TBM 的关键系统提供电源的应急发电机。该安全系统还包括一个由信息处理机控制的电容器 ,该电容器把功率系数校正值维持在 0.9 滞后值。整个电气系统还符合机器指示书 EN60204 - 1 的要求。

4 TBM 的规格

TBM 直径	9.4m
TBM + 后配套系统的长度	180m
TBM + 后配套系统的重量	约 990t
设计掘进速度	8cm/min
最小曲率半径	250m
总安装推力	10197t
总安装功率	5100kW

译自 :Progress in Tunnelling after 2000 , Proceedings of the AITES-ITA 2001 World Tunnel Congress Milan-Italy 10<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> June 2001 , Volume II , P301 ~ 307( 英文 ) .

( 上接第 89 页 )

较方便方式可直接在加劲箍上焊接焊环 如图 4.

4.3 桩顶

桩顶通常有顶封和内封两种 ,由于钢管桩施打过程中土塞不可能完全满管 ,因此顶封可防止人员落管 ,在现场较安全 ,锚入承台的钢筋焊接也较方便 ,内封则有利于插入钢管的钢筋达到锚固长度。规范中尚有锅型盖板、十字肋板等形式 ,可根据现场情况灵活选用。

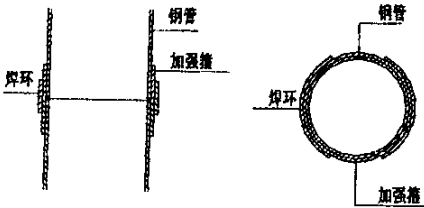


图 4 加强箍与焊环构造

参考文献 :

[ 1 ] 俞振全 . 钢管桩的设计与施工 [ M ]. 北京 :北京地震出版社 .  
[ 2 ] 史佩栋 . 实用桩基工程手册 [ M ]. 北京 :中国建筑工业出版社 .

刀盘连续扭矩	1022 t·m@1.97rpm
刀盘最大扭矩	2043 t·m@0.98rpm
刀盘峰值扭矩	2452 t·m
静止密封设计压力	8 巴
刀盘功率	2700kW
螺旋输送机直径	1.1m
螺旋输送机功率	300kW

5 结语

由于不断改进 ,Passante Ferroviaria de Bologna 隧道工程的两台 Lovat TBM 的设计比以前的 TBM 先进。TBM 的整体操作保持简单、可靠的特点 ,对 TBM 的性能极为关键的某些部件进行了优化 ,以实现 TBM 的最佳性能。从设计方法到所使用的材料和部件系统 ,Lovat RME370SE 系列 19600 和 19700 TBM 的确是技术上比较先进的隧道掘进机。

5 需注意的问题

5.1 焊接质量

钢管桩存在大量的焊接节点 ,由于其承载力大 ,沉桩过程中其端部、头部及上下节接桩处均有较大的集中应力 ,所以各节点务必按规程操作 ,以免由于焊接质量不过关造成断桩现象。

5.2 桩壁厚度

施打压过程中偶遇较大的作用力 ,要计算钢管的应力 ,选择适当的厚度 ,以免钢管屈服。

5.3 投资比较

由于钢管桩单方投资较高 ,但又有施工速度较快等优点 ,选择时宜做好增加投资量与提前产生效益额的比较分析 ,真正做到用有所值。