

# 桩的静载试验

桩的静载试验是确定桩轴向或横向承载力最为可靠的方法，也是基桩质量检测中一项很重要的方法。其试验结果整理是否正确对桩在静荷载作用下性状的了解，关系极为密切。

- 单桩竖向承载力的确定
- 单桩水平承载力的确定

桩的水平容许承载力是指对应于桩和桩侧土某一个工作状态时桩能承受的最大水平荷载。相应于这种工作状态包括两个方面：

桩侧土不致因桩在水平荷载作用下桩的水平位移过大同时产生很大的塑性变形，从而丧失对桩的嵌固作用，亦即要求桩的水平位移和桩侧土的塑性变形较小，使桩长范围内大部分土仍处于弹性变形阶段；

对于桩身而言，桩身断面虽已开裂，但裂缝宽度尚未超出规范规定的容许值，并在卸载后裂缝即闭合，亦即将桩看作弹性杆件不致会导入很大误差。

因此，确定桩的水平承载力仍然要从保证桩身材料和地基强度与稳定性，以及桩顶水平位移满足使用要求来分析，通常可采取水平静载试验和分析计算法两种途径。

桩的质量检测与竖向承载力动测

- 桩位偏差检查

基桩施工前应按设计桩位平面图落放桩的中心位置，施工结束后应检查中心位置的偏差，并应将其偏差值绘制在桩位竣工平面图中，检测时可采用经纬仪对纵、横方向进行量测。桩孔中心位置的偏差要求，对于群桩不得大于 100mm；单排桩不得大于 50mm。

- 桩倾斜度检查

在灌注桩的施工过程中，能否确保桩的垂直度，是衡量基桩能否有效发挥作用的一个关键因素。因此，必须认真地测定桩孔的倾斜度。一般要求对于竖直桩，其允许偏差不应超过 1%。

桩倾斜度的检查可采用 JDL-1 型陀螺测斜仪或 JJX-3 型井斜仪，也可采用声波孔壁测定仪。

- 超声脉冲法

超声脉冲法是检测混凝土灌注桩连续性、完整性、均匀性以及混凝土强度等级的有效方法。它能准确地检测出桩内混凝土中因灌注质量问题造成的夹层、断

桩、孔洞、蜂窝、离析等内部缺陷，并能测出混凝土灌注桩均匀性及强度等级等性能指标。

超声脉冲检测法基本原理：声波在正常混凝土中的传播速度一般 3000m/s~4200m/s 之间，当传播路径上遇到混凝土有裂缝、夹泥和密实度等缺陷时，声波将发生衰减，部分声波绕过缺陷前进，产生漫射现象，因此传播时间延长，波速减小。而遇有空洞的空气界面要产生反射和散射，使波的振幅减小。桩的缺陷破坏了混凝土的连续性，使波的传播路径复杂化，引起波形畸变。所以声波在有缺陷的混凝土桩体中传播时，振幅减小，波速降低，波形畸变。

超声脉冲检测法主要有超声换能器、超声检测仪、探头升降装置、记录显示装置或数据采集与处理系统等基本部件所组成。超声换能器利用压电效应或磁致伸缩效应等将电能转换成声能或将声能转换成电能，通常称为发射探头（发射换能器）或接收探头（接收换能器）。超声检测仪的功能是产生、接收和显示超声脉冲，并具有测量声时、波幅、频率等物理参数的功能，为超声脉冲检测法的基本装置，常用的有 UCT-2、CTS-25 型等低频超声波检测仪。探头升降装置是为了保证探头在预埋的声测管中按要求任意升降，并使操作者准确评价探头在桩内的确切位置。记录显示装置或数据采集系统用于随时显示和记录探头在桩内任意深度时的接收波形及声波的传递时间；处理系统用于对测试的数据进行各种数值运算、分析处理。量化桩身内部各缺陷的性质、大小和位置等。

该法在检测时需在灌注桩内预埋若干根声测管作为检测通道，再将发射探头和接收探头置于声测管中，管内充满清水作为耦合剂，然后通过脉冲信号发生器发出一系列周期性电脉冲，由发射探头将其转换为超声脉冲，穿过待测桩体的混凝土，由接收探头接收，再转换回电信号。仪器中测量系统测出超声脉冲穿过混凝土所需的时间、接收波幅值、接收脉冲主频率、接收波波形及频率等参数，再通过数据处理系统，对接收信号的各种参数进行综合判断和分析，确定出混凝土中各种内部缺陷的性质、大小和位置等，并给出混凝土总体均匀性和强度等级的评价指标。

声测管是检测时换能器进入桩体的通道，其预埋方式及其在桩的横截面上的布置形式，将直接影响检测结果，通常可采用图 9-7 所示三种布管方式，图中阴影部分为检测有效区。

声测管可采用金属管或塑料管，管内径 50mm~60mm，金属管可以用螺纹连接，接管容易，刚度大，与混凝土粘结牢固，可增加钢筋笼刚度，但传播速度快，阻抗高，易使声波传播过程中断，并对障碍物的声绕射比较敏感。塑料管价格便宜，传声速度介于水和混凝土之间，不易引起障碍绕射和产生干扰谐振，但透声率较大，和混凝土粘结不好，且易破碎，在大型灌注桩中使用应慎重。此外，声测管预埋时可绑在钢筋笼上，和钢筋笼一起下到桩孔内，且必须保持声测管的平行，还要防止起吊过程中的扭曲变形。

- 动力参数法

动力参数测桩法是利用敲击对桩头施加一瞬时冲击荷载，激起桩—土体系产生自由衰减振动，在桩顶上将这种自由衰减的速度响应信号记录下来，获得桩顶振动速度与时间的关系曲线，以此求得系统的固有频率，再换算求得桩的抗压刚度，最后由经验公式估算出基桩的承载力或其它所需参数。

动力参数法具有仪器配备轻便，实际操作简便等优点，并经大量实测对比研究表明，其精度能满足工程要求。

基本原理：将桩连同桩周土看作一单自由度无阻尼质—弹系统。图中质量块只有惯性没有弹性，其质量为  $m$ ，弹簧只有弹性没有质量，其弹簧刚度为  $k$ 。由振动理论可知，系统的无阻尼固有频率  $f_n$  为

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

或

$$k = (2\pi f_n)^2 m$$

式中  $k$  即为基桩的抗压刚度， $f_n$  为基桩的固有频率， $m$  为参数桩和土的总折算质量。

为使动测  $k$  值与动力机器基础设计中的习惯值相近，引入基桩抗压刚度修正系数  $\beta_d$ ，可取 2.365，则式可改写为：

$$k = (2\pi f_n)^2 \frac{m}{\beta_d}$$

参数桩和土质量  $m$  可根据碰撞理论求出，设落锤或落球从高度为  $H$  处自由落下撞击桩头，其回弹高度为  $h_1$ ，桩产生自由衰减振动，固有频率为  $f_n$ ，在桩顶振动速度的时域波形曲线上可求得桩的最大振动速度幅值  $V_{\max}$  及锤（球）回弹后第二次撞击桩头的时间间隔  $t_1$ 。

根据碰撞理论，冲击前后动量不变，因此可求得参振桩的参振土的折算质量  $m$  的计算式为：

## 施工过程中钢管桩的应力监控

由于千岛湖大桥钢管混凝土桩的钢管参与结构受力，因此钢管的受力状态是施工监控中一个重要项目，本方案采用振弦式仪器对钢管的应力状态进行长期监控。

①测点布置（见图 3）

根据钢管混凝土桩的受力特点，在连续钢构桥中拟选择 4 个墩，连续梁桥中拟选择 2 个墩进行应变测量。由于每个墩有 4 根钢管混凝土桩，各选择其中的 2 根桩进行测试，每根桩选择 2 个测试断面，每个断面布置 4 个测点，整个桩基应变测试项目需要 96 支应变计。

本桥梁共布置 11 个测试断面（具体位置在施工监控细则中表示），每个断面布置 5~6 个测点，共有 66 个测点。为了校核振弦应变测试另选一个测试断面埋设 18 个电阻应变片，选配数据采集仪 24 小时观测应变变化。

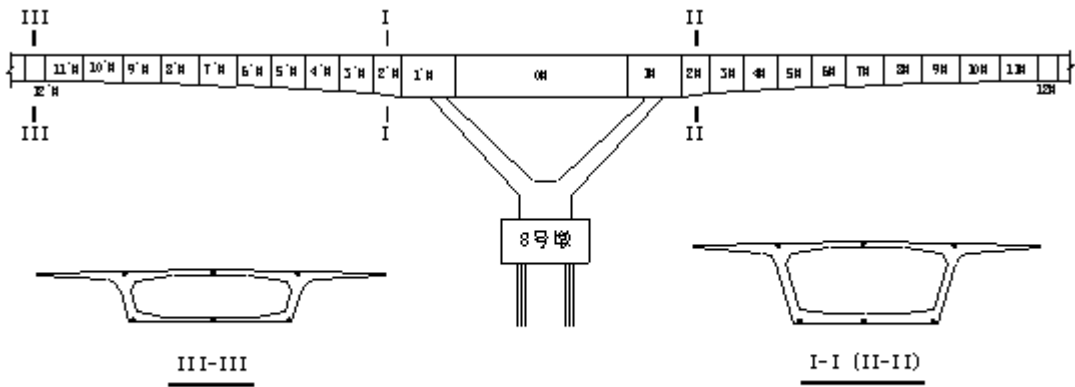


图3 8号墩应变测试点布置图

②测试手段

由于钢弦式应变计具有较好的长期稳定性，比较适合施工监控的要求，本桥将主要采用钢弦式应变计，其中包括人工读数应变测试和自动读数应变测试。

③测试工况（人工读数）

由于施工过程的复杂性，各种误差随时出现，为了便于区分各种误差，在每个施工阶段（即施工一个节段梁）都要进行三次应变测试，具体工况如下：

- 挂篮移动到位后
- 浇筑混凝土后
- 预应力张拉后

④测量精度

从理论上说，应变计的测量精度是比较高的，足够满足桥梁监控要求。事实上，由于混凝土本身的不均匀性以及混凝土本身收缩、徐变的特点，测量结果往往与真实值有一定距离，这就要求我们对测试结果进行分析，排除干扰的信息，确定真实的数据，应力测量误差应小于 0.1MPa。

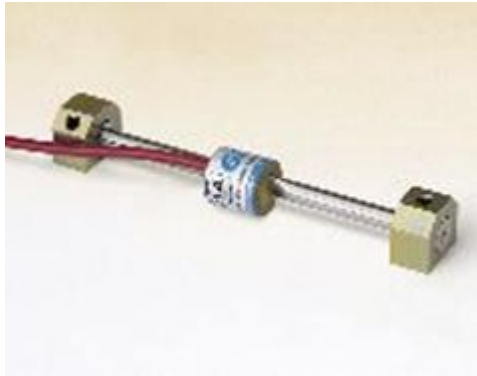
VSM4000 传感器指标：标距：50.8mm；量程：2500  $\mu\epsilon$ ；

分辨率：1  $\mu\epsilon$ 。

MICRO-10 应变仪指标：通道数：16；激励范围：400~4500Hz；

测量分辨率：0.25  $\mu\epsilon$  /255；

时机精度：0.01%。

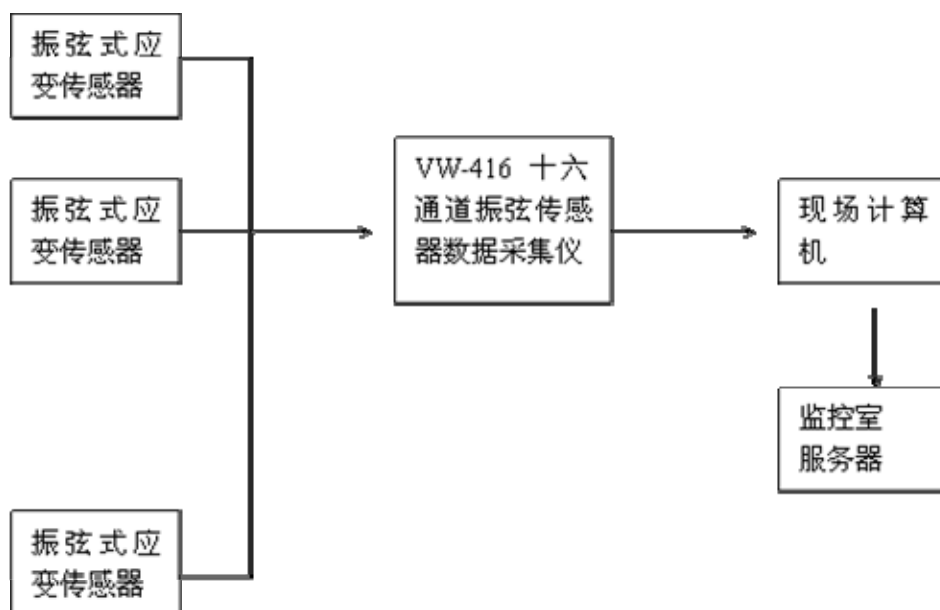


基康 VSM4000 型应变仪



基康 MICRO-10 型数据自动化采集系统

为了提高施工控制的精确度，需要大量测试数据。传统手工测试的方法由于其局限性，数据量往往不够，不能满足误差分析的要求。目前测试手段的更新，为解决测试数据量不足提供了新的解决方法，采用应变自动监测就是其中之一。自动监测可以 24 小时自动读取数据，自动分析数据的可靠性，当遇到应力值偏大时，还可以自动报警。具体流程图如下：



将振弦式应变传感器预埋在被测构件内，当构件受力变形时，会引起传感器的变化，传感器将应变转化成电信号传输给数据采集仪，数据采集仪将信号传到现场计算机或监控室的服务器中。

## 2. 主梁标高测试

对于连续梁桥施工监控来说，测试主梁控制断面的标高及其变化规律也是一个重要内容。标高测试也可采用两种方法，即常规的水准仪读数法和自动水准读数法。自动水准读数法与自动应变测试仪差不多，都可进行 24 小时不间断测量，可以用计算机控制，这种装置可以延用至运营阶段，也是桥梁健康诊断系统的一部分。如果采用这种 24 小时跟踪测试的设备，由于采集数据足够多，使得误差分析将容易进行，标高控制将非常简单，唯一要考虑的问题是同时要增加监控成本。

沉降传感器指标：量程：300mm；

灵敏度：0.02%F. S. R；

精度：±0.1%F. S. R。



高灵敏度沉降传感器