

水压机试验监控及信息存储分析系统的研制

陈 亮

(中石化石油机械股份有限公司沙市钢管分公司, 湖北 荆州 434001)

摘要: 为解决钢管水压机试验及分析系统中存在的问题, 开发了一套基于 Visual Studio 2013 C# 平台的水压机试验及信息存储分析系统。简要介绍了该系统的总体软硬件架构、压管试验数据采集、实时曲线显示、设备参数下载、水压数据抛存本地工业控制数据库、管号修正、数据双备份等 C# 功能块逻辑流程; 重点介绍了 Prosave 6.2 的适应性及通信处理、历史曲线质量报表等编程难点。运行结果表明: 该系统运行稳定, 能较好满足现场使用, 水压设备压管数据全自动采集、保存且实现双备份, 能为钢管水压质量的追溯性提供数据支撑。

关键词: 钢管; 水压试验机; 监控; 信息存储; 分析系统

DOI:10.19938/j.steelpipe.1001-2311.2021.2.68.73

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



R & D of Monitoring and Information Storage & Analysis System for Hydrostatic Testing

CHEN Liang

(Shashi Steel Pipe Company, Sinopec Oilfield Equipment Corporation, Jingzhou 434001, China)

Abstract: In order to solve the problems as staying with steel pipe hydrostatic testing, a Visual Studio 2013 C# platform-based system for hydrostatic testing and information storage & analysis is developed. Briefed here in the article are the general hardware/software architecture, and the logic flows of the C# function blocks, including data acquisition for pipe hydrostatic testing, real-time curve display, download of equipment parameters, dumping the hydrostatic testing data into the local industrial control data base, pipe number correction and data dual backup, etc. Focused on are the suitability of Prosave 6.2 and the programming difficulties such as communication processing, and history curve quality report, etc. The actual operation result of the said system demonstrates that the system runs steadily, and meets the site service requirements; and the pipe statistic testing data can be automatically acquired, and stored with dual backup so as to provide data support for the traceability for quality of the steel pipe hydrostatic testing.

Key words: steel pipe; hydrostatic testing machine; monitoring; information storage; analysis system

随着工业控制技术的发展和信息化系统的建设, 某公司钢管生产线水压机试验及信息存储分析系统逐渐暴露出以下问题^[1-15]:

(1) 原系统硬件采集卡为研华 ISA 插拔式采集卡, 目前市场上所有品牌工控机均取消了 ISA 插槽, 且研华公司已经停产了 ISA 插槽式采集卡。此情况的发生导致原水压试验系统的采集卡无法作为备件使用。

(2) 原试验系统缺乏管号输入错误修正功能, 导致操作人员压完的某根钢管, 该管已经转运至后续岗位, 过一段时间发现管号输错时, 缺乏一键式将数据库中原错误管号刷新为正确管号的功能。由此增加了向客户驻厂监理解释答疑的工作。

(3) MES(Manufacturing Execution System)制造企业生产过程执行管理系统现场生产执行层软件均在 WIN 7 64 位系统、微软 Visual Studio 2013 C#(缩写 VS2013 C#)框架下开发, 原水压试验系统在 XP 系统下 Visual Basic Script 平台开发运行, 二者同时安装在同一台工控机上运行时, 频繁出现不兼容

陈 亮 (1986-), 男, 高级工程师, 从事焊管行业电气自动化、信息化设计及焊管工艺自动化研究工作。

冲突。使得水压岗位采用 2 台电脑，2 套键盘鼠标供操作人员交互使用，压管效率跟不上生产节奏。

(4) 原系统不具备压管数据往 MES 系统转存的功能，压管信息不能形成双备份。

为解决以上问题，中国石化石油机械股份有限公司沙市钢管分公司(简称沙市钢管)自主攻关研发了一套基于 C# 及 Prodrive IP 协议的水压机打压试验及信息存储分析系统。

1 系统软硬件架构

水压机试验及信息存储分析系统的软硬件架构如图 1 所示。

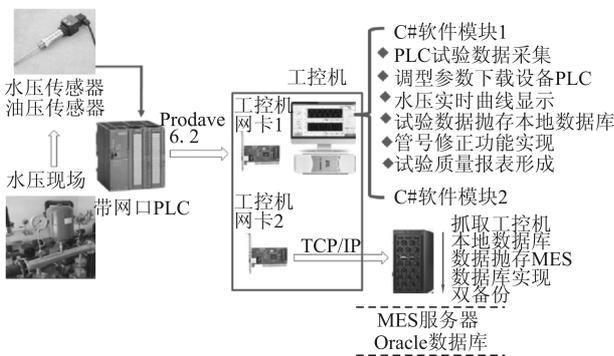


图 1 系统软硬件架构示意

工作原理：工控机显示屏中输入管号、材质、保压时间、试压值等信息，水压/油压传感器获取水压/油压信号传输给 PLC 300 模拟量 AI 模块，PLC CPU 程序进行模数转换后，油压/水压信息通过 Prodrive 6.2 协议转换之后经过网卡 1 被工控机主机中自行开发的 VS2013 C# 程序实时读取，读取后可通过 C# MSchart 控件动态展示水压实时曲线供操作工参考，该 C# 程序可实现调型参数下载设备功能，可实现试验数据抛存本地数据库功能、管号修正功能，且可通过软件菜单式操作后自动分析本地数据，形成质量曲线报表，还可将工控机本地压管数据库通过网卡 2 定时自动上传至服务器 Oracle 数据库中。

2 Prodrive 6.2 的适应性及通信处理

Prodrive 接口协议是西门子公司推出的动态链接库，是供 Windows 系统使用的高级语言接口函数，使高级语言通过以太网能对 PLC 存储区的数据进行读写，Prodrive 6.2 版本支持操作系统有 Windows XP Professional、Windows Vista 32 以及 Windows 7(32 和 64 位)，该接口协议软件安装过

程中，自动识别操作系统，在安装过程中实现函数封装，对于使用者来说，在不同版本 Windows 系统上采用同一种高级语言编程，功能函数的调用方法是一致的。

自行开发的该软件系统中，工控机 VS2013 C# 编程平台使用 Prodrive 6.2 接口与 PLC 通信时候，必须首先点击“通信连接”按钮，按钮对应的程序需要首先加载 PLC CPU 的 IP 地址，IP 通信类型(西门子 PLC 支持 IP/MP/DP 通信类型)、PLC CPU 在硬件组态中的插槽号、CPU 所在机架号；之后通过调用接口函数库中通信连接函数 Prodrive6.LoadConnection_ex6()，该函数会接收 PLC 反馈回来的通信成功与否标志位，当为 0 时，表示通信成功，代表工控机已经通过 Prodrive 6.2 接口库连接上 PLC，并且会给出绿色提示性语句“通信成功”；当为 1 时，表示通信失败，代表工控机通过 Prodrive 6.2 接口库连接上 PLC 失败，程序给出红色提示性语句“通信失败，请检查通信”。当出现通信失败的警示后，需要工程师去现场处理通信链路的硬件故障或 PLC 端软件设置。通信连接处理流程如图 2 所示。

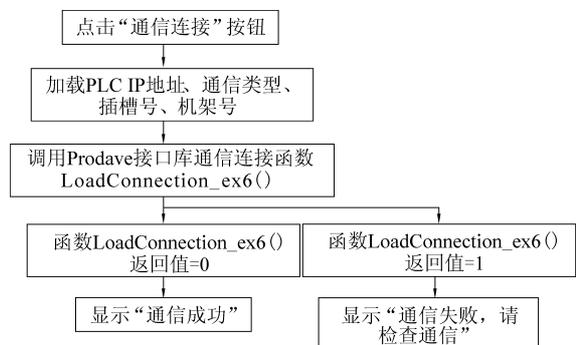


图 2 通信连接处理流程示意

通信连接程序如下。

```
private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if(button3.BackColor != Color.LawnGreen)
    {
        short ConNr = 0;
        string AccessPoint = "S7ONLINE"; // Default access point——S7ONLINE
        Prodrive6_CS.Prodrive6.CON_TABLE_TYPE ConTable;
```

```
int ConTableLen = System.Runtime.InteropServices.Marshal.SizeOf (typeof (Prodave6_CS.Prodave6.CON_TABLE_TYPE));
```

```
ConTable.Adr = new byte[] { 192, 168, 8, 69, 0, 0 }; //PLC CPU 的 IP 地址
```

```
ConTable.AdrType = 2; //Type of address: MPI/PB(1), IP(2), MAC(3)
```

```
ConTable.SlotNr = 2; // 插槽号
```

```
ConTable.RackNr = 0; // 机架号
```

```
Program.RetValue = Prodave6_CS.Prodave6.LoadConnection_ex6(ConNr, AccessPoint, ConTableLen, ref ConTable);
```

```
InitChart();
```

```
}
```

//注意在 Prodave 连接库中有类 Program.cs, 该类中定义了一个全局变量 RetValue

```
if(Program.RetValue == 0)
```

```
{
```

```
button3.BackColor = Color.LawnGreen;
```

```
button3.Text="PC_PLC_数控通信成功";
```

```
timer1.Enabled = true;
```

```
timer2.Enabled = true;
```

```
}
```

```
else
```

```
{ button3.BackColor = Color.Red;
```

```
button3.Text = " 通信失败";
```

```
timer1.Enabled = false;
```

```
timer2.Enabled = false;
```

```
textBox9.Text = "通信失败, 请检查通信";
```

```
}
```

```
}
```

通信异常时, 硬件上排查主要查看网线的两端水晶头、工控机的网卡是否正常, 软件设置上主要排查 PLC 的编程组态软件中的相关通信设置是否正确。

3 水压机钢管试验数据采集功能

水压机钢管试验数据采集主要包括水压值、油压值、管径、保压值、保压时间、材质、壁厚、操作员工号和管号。其中管径、保压值、保压时间、材质、壁厚和操作员工号是一次性输入, 每换一根钢管自动绑定。只有水压值、油压值、管号 3 个数据是每根钢管不一样的, 管号信息会在后面叙述。

水压值、油压值采集及实时显示程序逻辑如图 3 所示。

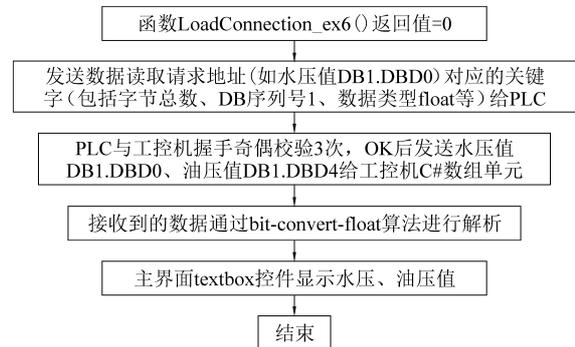


图 3 水压机钢管数据采集功能块 C# 程序流程

4 调型参数下载功能

此部分功能属于沙市钢管自动化方面首次尝试使用微软底层 C# 语言直接对西门子 PLC 进行调型参数写入下载操作, 在各车间西门子上位机升级及将来可能的数字化车间建设等方面有广阔的应用场景。调型参数下载实现流程如图 4 所示。

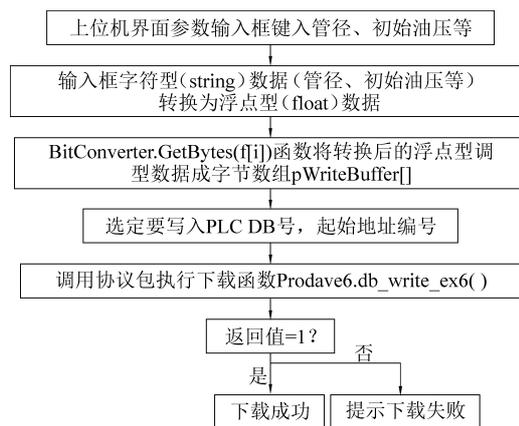


图 4 调型参数下载功能实现流程

5 水压实时曲线显示功能

VS2013 C# 平台进行曲线实时显示采用的是 Chart 曲线图表控件, 对该控件菜单中相关功能项进行设置后, 通过程序进行水压变量数组输入, 描点连线, 形成实时曲线。水压实时曲线显示程序实现逻辑如图 5 所示。

6 水压机钢管数据抛存本地数据库功能

压管数据存储数据库采用微软 Access2013, 支持 ODBC (Open Database Connectivity) 开放数据库互联技术, 可与其他数据库互联。压管数据抛存 Access2013 的实现逻辑如图 6 所示。

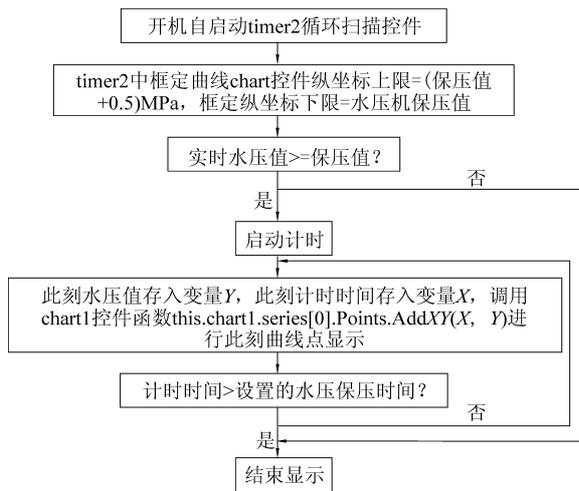


图5 水压实时曲线显示程序实现逻辑示意

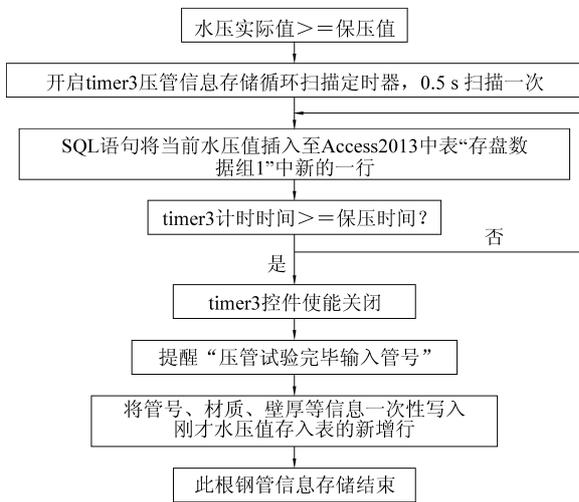


图6 压管数据抛存本地数据库功能实现逻辑示意

7 管号输错修正功能模块

该模块的功能是：当操作人员水压试验一根钢管，输入管号时候，由于手误，将管号输错后，运行通过该功能进行修正。管号修正功能实现逻辑如图7所示。

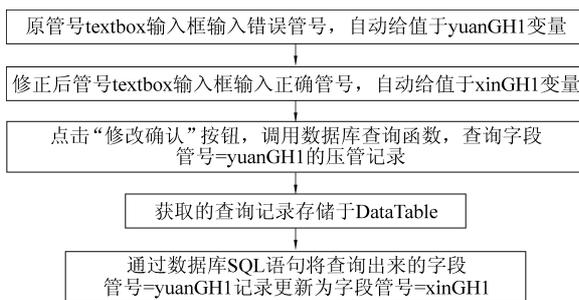


图7 管号修正功能实现逻辑示意

8 历史曲线质量分析报表功能

此功能块是为驻厂监理检验水压试验钢管质量提供记录，或者为后期相关标准审核时提供数据支撑。此部分由于对实时性要求不高，采取微软事件驱动机制来进行开发。主要分为两部分，一部分为历史压力曲线绘制，另一部分为试验报告。

8.1 历史压力曲线绘制

根据驻厂监理的要求，需要提供按历史管号查询该钢管保压期间水压压力变化曲线，方便直观地抽查该根钢管保压期间压力值变化情况。

VS2013 C# 平台绘制历史曲线采用 chart 控件，首先在开发平台上设置 chart 控件要展示的曲线类型为曲线型(SPLINE 型)，之后通过 C# 语句设置 Chart 控件的横坐标与纵坐标格数，输入管号后，通过数据库查询函数 Query(GH)，查询本文第5节提到某根钢管历史数据库中的系列水压值与时间值作为坐标，通过 Chart 控件自带的函数 chart1.Series [0].Points.DataBindXY (iXAxis, yValue) 获取对应坐标进行曲线绘制。

具体历史曲线绘制的程序如下：

```
chart1.Series [0].ChartType = SeriesChartType.Spline; //设置曲线展示类型为 LINE 型
```

```
DataTable t2 = Query(GH1); //通过数据库查询函数 Query 查询管号 GH1 的数据库水压值，存入 t2 表
```

```
int [ ]iXAxis =new int[t2.Rows.Count]; //定义 chart 描点横坐标数组，数组元素个数为保压期水压值个数
```

```
float [ ]yValue =new float [t2.Rows.Count]; //定义 chart 描点纵坐标数组，元素个数=横坐标元素个数
```

```
int Xmax; float Ymax;
Xmax = int.Parse (t2.Rows [0] ["保压时间"].ToString ()); //获取保压时间作为横坐标最大值
```

```
Ymax = float.Parse (t2.Rows [0] ["试压值"].ToString ()); //获取工艺试压值作为纵坐标最大值
InitChart (Xmax, Ymax); //初始化历史曲线横纵坐标轴。
```

```
for (int i = 0; i < t2.Rows.Count; i++)
{
    iXAxis [i] = i + 1; //历史曲线横坐标秒数赋值给 iXAxis [i]
    yValue [i] = float.Parse (t2.Rows [i] ["水压"]);
```

```
ToString()); //水压值赋值给纵坐标 yValue[i]
    chart1.Series[0].Points.DataBindXY(iXAxis,
    yValue); //调用 chart1 控件函数进行曲线绘制
    }
```

8.2 试验报告功能实现

此部分主要是通过数据库查询函数将查询到的某个钢管的管号、管径、壁厚、材质、试压值、最低值、最高值、保压完毕时间、结论、日期和操作人员等信息予以展示，具体 C# 程序实现流程如图 8 所示。

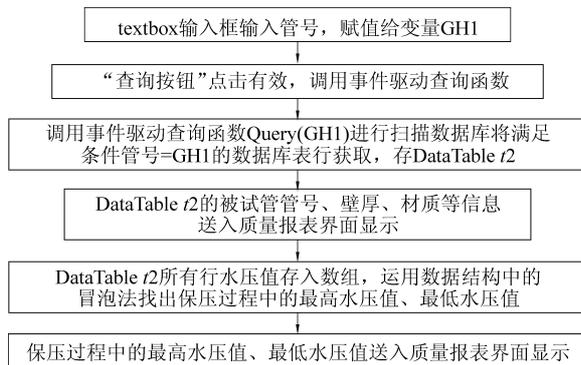


图 8 试验报告功能实现流程示意

由图 8 可知，关于计算保压过程中的水压最高值与最低值极为重要，因为这 2 个值是判定合格与否的标准，当水压最高值大于工艺要求的试压值上限认为不合格，当水压最低值小于工艺要求的试压值认为不合格。最高值与最低值的寻找这里采用数据结构算法中的冒泡法实现。具体程序如下：

//冒泡法获取水压最高值最低值

```
float max, min; //定义最高值最低值临时变量
max = float.Parse(t2.Rows[0][ "水压" ].ToString()); //把搜索到的某根钢管水压记录第一条赋给 max
min = float.Parse(t2.Rows[0][ "水压" ].ToString()); //把搜索到的某根钢管水压记录第一条赋给 min
for(int i = 0; i < t2.Rows.Count; i++)//冒泡法比较计算最高值
{
    float k1;
    k1=float.Parse (t2.Rows [i][ "水压" ].ToString());
    if (max<=k1)
    {
```

```
max = k1;
```

```
}
```

```
}
```

for(int i = 0; i < t2.Rows.Count; i++)//冒泡法比较计算最低值

```
{
```

```
float k2;
```

```
k2=float.Parse(t2.Rows[i][ "水压" ].ToString ());
```

```
if (k2<=min)
```

```
{
```

```
min = k2;
```

```
}
```

```
}
```

水压历史曲线质量报表查询界面如图 9 所示。



图 9 水压历史曲线质量报表界面

9 本地自动抛存 MES oracle 数据库功能

过去水压机的压管信息由于只在现场工控机本地数据库中存储，出现过现场工控机硬盘损坏后，压管信息报表便无法读取，检查前，需要大规模人工补交记录。针对此情况，此次研发特别强化了压管信息双备份功能，开发了本地 Access2013 的压管数据信息往 MES Oracle 自动抛存功能，实现本地电脑和服务器各存一份。

本地数据库自动抛存 MES Oracle 数据库功能实现逻辑，如图 10 所示。

10 结 语

综上所述，新开发的水压机试验及信息存储分析系统可满足：

(1) 采集数据通过网线以网络形式获取，无需采集卡做备件。

(2) 该系统除了基本的供操作人员进行打压试验的参考判别功能外，特别增加了管号修正功能。

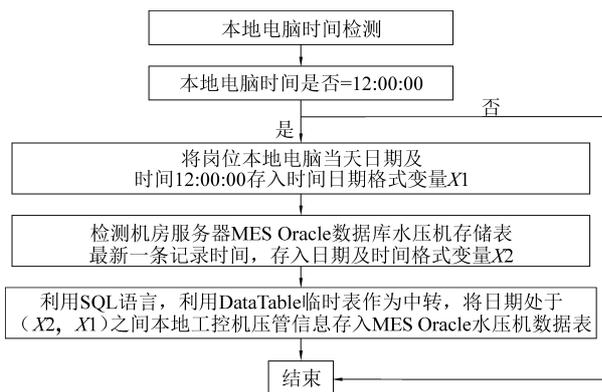


图 10 数据抛存 MES 逻辑流程示意

(3) 该系统采用与沙市钢管 MES 统一的开发平台(VS2013 C# 平台)，使二者在同一电脑上运行具有较好的兼容性，提高了生产节奏。

(4) 新系统具备自动往 MES 系统转存数据的功能，形成信息和安全的双备份。

该焊管水压机试验及信息存储分析系统已得到很好的应用，水压设备压管数据全自动采集及保存且实现双备份，能为钢管水压质量的追溯性提供数据支撑。

11 参考文献

- [1] SOLIS Daniel. C# 图解教程[M]. 北京：人民邮电出版社，2013.
- [2] 本杰明·帕金斯，雅各布·维伯·哈默，乔恩·里德，等. C# 入门经典[M]. 8 版. 北京：清华大学出版社，2018.
- [3] 姜建芳. 西门子工业通信工程应用技术[M]. 北京：机械工业出版社，2016.
- [4] 王晓颖，周淑军，闻康，等. PLC 在埋弧焊管焊渣清理收集装置控制系统中的应用[J]. 钢管，2006，35(6)：36-38.
- [5] 胡满，胡宁，刘玉霞. PRODAVE 在 S7-200 PLC 监控系统中的应用[J]. 自动化技术与应用，2013，32(10)：33-35，45.
- [6] 祝广场，余小敏. 基于 ProDAVE 的西门子 PLC 与 LC 以太网通信研究[J]. 化工自动化及仪表，2017，44(4)：397-400.
- [7] 杨帆，高德欣，于永茂，等. 基于 ProDAVE 的西门子 PLC 监控系统设计及应用[J]. 自动化技术与应用，2013，32(4)：63-66，10.
- [8] 文治洪，胡文东，李晓京，等. 使用 chart 控件实现生理信号的实时显示[J]. 电子设计工程，2011，19(5)：63-66.
- [9] 李伟. MSChart 图表控件在 Visual Studio 2008 中的应用[J]. 电脑知识与技术，2010，6(4)：866-867，877.
- [10] 鄂越. 浅谈 MSChart 控件在 VC++ 中的应用[J]. 计算机与农业，2003(12)：41-42.
- [11] 彭玉军. 基于 MSChart 控件的矿山生产调度系统的开发[J]. 城市地质，2014，9(3)：56-60.
- [12] 王毅. NET Framework 3.5 开发技术详解[M]. 北京：人民出版社，2009.
- [13] 赵军，时良军，黄春阳. 基于 ProDAVE 技术的西门子 PLC 监控调试软件开发[J]. 自动化应用，2011(10)：26-28，72.
- [14] 陈强，强宝民，蒋威. 基于 PRODAVE 的 PLC 数据采集系统的设计[J]. 仪表技术，2008(5)：35-36.
- [15] 杨东亮. 动态链接库在上位机与 PLC 通信中的应用[J]. 电气传动自动化，2006，28(1)：46-48.

(收稿日期：2020-03-23；修定日期：2020-04-29)

● 专利信息

测量钢管管端喷嘴或管体外壁径向偏差的组合工具

主要用于测量钢管的表面缺陷，具体涉及一种测量钢管管端喷嘴或管体外壁径向偏差的组合工具，该组合工具包括参照圆模板、测量长度工具和相对零点标定构件。该实用新型通过参照圆模板以及相对零点标定构件将理想圆轮廓线标定为相对零点并以此为基础来测量钢管管端喷嘴尺寸或管体外壁径向偏差，在测量时，理想圆轮廓线不与钢管外壁有实体上的接触，从而能够更加准确地测量出管端喷嘴尺寸或管体外壁径向偏差，同时与常规测量方法相比，能够避免制作大量的理想圆标定模块，而且适用范围广，经济实用。因参照圆模板的两端支腿具有调节功能，使整体测量工具具有很大的适应性，可用于多种规格钢管的管端喷嘴或者管体外壁径向偏差的测量。(专利申请号：CN201920707890.8 公开号：CN209673004U 申请日：2019.05.17 公开日：2019.11.22 申请人：山东胜利钢管有限公司)

(山东胜利钢管有限公司 吴禹胜)