文档编号：

山东华宇航天空间技术有限公司

烟台分公司

**总体方案设计说明书**

（软件类产品适应）

项 目 名 称: DN15-DN25热量表检定装置上位机

项目开发部门: 研发中心

项目部门负责人:

项目技术负责人:

2014 年 7 月 18 日

# 系统概述

DN15-DN25热量表检定装置上位机软件，采用最新国际、国内技术标准，运用计算机和数据库等IT先进技术，结合当今热量表检定装置发展趋势，基于热力行业用户本源需求，以实现热量表检定为基础，以技术引领检定装置发展为导向。

本软件集数据采集、设备控制、核心算法、数据管理、故障诊断、远程更新等功能于一体，实现热量表检定业务的有效集成，标准、专业，可以为不同类型用户（如生产型、计量型、研发型）提供针对性的解决方案。

本软件提供的主要功能有：

* + - 质量法实现流量传感器的分量检定
    - 质量法实现热量表的总量检定
    - 标准表法实现流量传感器的分量检定
    - 标准表法实现热量表的总量检定

# 设计约束

本部分主要说明从《产品规格需求说明书》中提取的一些需求约束及隐含约束。

## 遵循的标准和规范

* 1. 热量表检定规程JJG225-2010
  2. 液体流量标准装置JJG164-2000
  3. 标准表法流量标准装置JJG643-2003
  4. 《计算机软件开发规范》GB8566—88
  5. 《计算机信息系统安全保护等级划分准则》(GB/T17859-1999)
  6. 《软件文档管理指南》(GB/T16680-1996)
  7. 《软件维护指南》(GB/T14079-1993)
  8. 《计算机软件可靠性和可维护性管理》(GB/T14394-1993)
  9. 《计算机软件质量保证计划规范》(GB/T12504-1990)
  10. 《计算机软件配置管理计划规范》(GB/T12505-1990)
  11. 《计算机软件产品开发文件编制指南》(GB/T8567-1988)
  12. 《计算机软件需求说明编制指南》(GB/T9385-1988)
  13. 《计算机软件测试文件编制规范》(GB/T9386-1988)
  14. TCP/IP网络协议
  15. RS232/RS485串口通讯协议
  16. 编程语言采用C\C++、SQL数据库脚本语言，软件架构采用跨平台的Qt框架
  17. GB/T 11457-89 《软件工程术语》；
  18. GB/T 11457-1995 《软件工程标准分类法》；
  19. GB/T8566-2001《中华人民共和国国家标准，信息技术，软件生存周期过程》
  20. GB/T18491-2001《中华人民共和国国家标准，信息技术，软件测量，功能规模测量》
  21. GB/T18492-2001《中华人民共和国国家标准，信息技术，系统及软件完整性级别》

## 系统运行环境

软件支持环境：

* 操作系统：如 WINDOWS XP、WINDOWS7等。
* 数据库支持系统：SQLite3数据库。
* 通信系统：RS232/RS485串口通讯，TCP/IP通讯。

硬件支持环境：

* 工作站硬件配置：装有WINDOWS系统的PC/工控计算机
* 网络连接设备。

## 系统开发环境

* + - Windows XP、Windows7
    - SQLite3
    - Visual Studio 2010
    - Qt 4.8.5

## 接口的约束

主要描述系统对外的接口及协议。

本软件与下位机控制板之间通过串口通讯(RS232/RS485)进行数据采集和设备控制，下位机控制板通过串口采集天平、温度、热量表等信息，并控制气动阀、调节阀、变频器等设备。



主机与从机之间采用TCP/IP通讯。



# 技术方案

产品涉及的技术总体介绍，包括的主要内容有：

## 技术术语

### 热量表 Heat meter

热量表是测量和显示载热液体经热交换设备所吸收（供冷系统）或释放（供热系统）热能量的仪表。

#### 组合式热量表 Combined heat meter

由独立的流量传感器、配对温度传感器和计算器组合而成的热量表。

#### 一体式热量表 Complete heat meter

由流量传感器、配对温度传感器和计算器组成，而组成后全部或部分不可分开的热量表。

### 热量表的组成部件 Sub-assemblies of a heat meter

#### 流量传感器 Flow sensor

在热交换系统中用于产生并发出载热液体的流量信号的部件，该信号是载热液体体积流量或质

量流量的函数。

#### 配对温度传感器 Temperature sensor pair

用于采集载热液体在热交换系统的入口和出口的温度信号的部件。

#### 计算器 Calculator

用于接收流量和温度的信号，并进行计算、累加、存储和显示热交换系统中所交换的热量的热量表部件。

### 标称运行条件 Rated operating conditions

包括温度范围限、温差限、流量限、热功率上限、最大允许工作压力和最大压损等

#### 温度范围限 Limits of temperature range

##### 温度范围上限（θmax） Upper limit of the temperature range

流经热量表的载热液体的最高允许温度，热量表在此温度下运行不超过最大允许误差。

##### 温度范围下限（θmin） Lower limit of the temperature range

流经热量表的载热液体的最低允许温度，热量表在此温度下运行不超过最大允许误差。

#### 温差限 Limits of temperature difference

##### 温差（Δθ）Temperature difference

热交换系统中载热液体的入口温度和出口温度之差。

##### 温差上限（Δθmax） Upper limit of the temperature difference

最大允许误差，热量表在此温差和热功率上限内运行不超过最大允许误差。

##### 温差下限（Δθmin） Lower limit of the temperature difference

最小允许误差，热量表在此温差运行不超过最大允许误差。

#### 流量限 Limits of flow-rate

##### 流量上限(qs) Upper limit of the flow-rate

热量表的最大流量，在此流量下短期运行（<1h/天及<200h/年）不超过最大允许误差。

##### 常用流量（或额定流量）（qp） Permanent flow-rate

热量表的最大流量，在此流量下连续运行不超过最大允许误差。

##### 最小流量（qi） Lower limit of the flow-rate

热量表的最小流量，在此流量下连续运行不超过最大允许误差。

#### 热功率上限 Upper limit of the thermal power

热量表的最大热功率，在此热功率下运行不超过最大允许误差。

#### 最大允许工作压力 Maximum admissible working pressure(MAP)

热量表在其上限温度下运行可持久承受的最大正压力。

#### 最大压损(ΔP) Maximum pressure loss

热量表在额定流量下运行时，载热液体流过热量表允许产生的压力降低值。

### 总量检定 Complete verification

对热量表的热量值直接进行测量并同时测量分量值的检定方法称为总量检定。

### 分量组合检定 Combined verification

将热量表的流量计单独检定，温度传感器与计算器组合检定的方法称为分量组合检定。

## 方案原理介绍

系统以RS232/RS485串口通讯为主，辅助以TCP/IP通信方式，实现与下位机、温度传感器、天平、热量表的数据传递，依靠智能化检定装置上位机软件，完成热量表的检定过程。对软件运行状态、设备工作情况、热量表检定信息等进行计算机化管理，可以灵活设置检定方式，并对检定结果进行查询、统计、分析、打印等。能够对装置运行情况和故障信息进行全过程跟踪记录，便于问题定位及故障诊断。

### 主要特点

#### 标准化

本软件严格按照JJG225-2010热量表检定规程，参照采用国际建议OIML R75-2002热量表和欧洲标准EN1434-2007热量表，实现检表过程。

#### 先进性

系统遵循技术先进、稳定可靠、简单易用的设计原则，覆盖生产型、计量型、研发型等不同类型用户，集数据采集、设备控制、检定流程、故障处理、远程更新等功能于一体，实现检定、查询、报告等核心业务的有效集成。

基于软件模块化设计，各模块通过中间访问层与底层数据平台交互相关信息；数据库选用功能强大、体积小巧、开源免费的SQLite3数据库。

支持各种通信介质（TCP/IP网络、RS232/RS485通信等）。

完善的运行日志管理，全程记录设备运行情况和故障信息，便于信息追溯和故障诊断。

具备基于网络的远程更新功能。

通讯协议采用协议库管理模式，兼容性好，易于扩充。

#### 实用性

系统人机界面简洁大方，交互性好，整个检定过程均由计算机自动完成，无需人工干预；采用可视化的展示技术，让检定流程和结果展示更加形象化。

#### 可靠性

程序运行稳定可靠，杜绝程序假死、宕机等问题。

#### 可维护性

系统具备完善的日志管理，全程记录设备运行的关键信息、一般警告、严重警告等信息，能够快速进行信息追溯和故障定位，可维护性强。

#### 安全性

检定结果保存在SQLite3数据库中，一般检定人员只能通过系统提供的程序查询浏览数据，无

权随意修改检定结果，避免人为作假现象的发生。

#### 模块化

程序架构设计科学合理，进行模块化的开发和维护，易于故障定位及远程更新。

## 整体结构

### 软件总体结构图



#### 硬件平台

硬件平台是软件平台的物质基础，是支撑软件平台运行的基本环境，而软件平台提供了发挥硬件平台功能的方法和手段，扩大其应用范围。硬件平台是整个系统的“躯体”，而软件平台是整个系统的“灵魂”。硬件平台与软件平台是相互依靠，相互促进，硬件平台性能的提高，可以为软件平台创造更好的开发环境，软件平台的发展对硬件平台提出更高的要求， 促使硬件平台性能的提高，甚至产生新的硬件平台。

本软件能够运行在PC、工控计算机、基于ARM9的控制板等硬件平台上。

#### 软件平台

本软件基于Qt框架的和C++语言开发，能够支持WinXP\Win7\WinCE等操作系统，也能够支持Unix\Linux等，具有良好的跨平台特性。

#### 数据库

本软件采用的SQLite3数据库，是一款轻型数据库，是遵守[ACID](http://baike.baidu.com/subview/600227/5926023.htm)的关系型[数据库管理系统](http://baike.baidu.com/view/68446.htm)，它体积小巧、功能强大、开源免费，占用资源非常低。既支持Windows/Linux/Unix等主流的[操作系统](http://baike.baidu.com/view/880.htm)，也支持嵌入式操作系统，在[嵌入式设备](http://baike.baidu.com/view/2778983.htm)中，可能只需要几百K的内存就足够。同时能够跟很多程序语言相结合，完全满足本软件要求。

#### 通用功能模块

本软件进行科学的功能模块划分，包括数据采集、设备控制、检定算法、日志管理、远程更新、权限管理、通讯协议库、主机-从机控制等通用功能模块，并可以根据需要不断扩展功能模块。

#### 展示层

该层提供一个人机交互和信息展示的窗口，是整个系统的门户,把应用系统的运行状态、各种数据资源通过界面方式集成到展示平台之上，快速地建立使用者和应用系统之间的信息交互和控制通道。

### 主要功能及模块

#### 质量法检定

包括流量传感器的分量检定、热量表的总量检定。

#### 标准表法检定

包括流量传感器的分量检定、热量表的总量检定

#### 用户权限管理

权限主要分为基本权限和特殊权限。基本权限即基本的检表权限，能够控制阀门开断、设置

变频器频率、设置调节阀开度、开始检表、停止检表等。特殊权限包括修改设备运行方式(主/从模式)、设置用户权限、修改数据库记录等。

#### 运行日志管理

每天自动生成一个带时标的日志文件，记录设备运行的关键信息、一般警告、严重警告等，并

详细记录信息产生的精确时间、故障点、故障现象、初步分析原因等。

#### 数据存储、修改、打印等

检定结果保存在SQLite数据库中，程序提供查询、统计、分析、打印等窗口。

#### 数据采集与设备控制

软件与天平、管路温度、热量表、下位机之间采用串口通讯，完成各种类型的数据采集及阀

门、水泵、调节阀等设备控制。

#### 通讯协议库

通讯协议封装到独立的通讯协议库中，能够兼容多种天平、温度采集器和不同厂家、不同类型

的热量表，并能方便的进行扩充。

#### 主机-从机管理

软件提供两种工作方式：本地模式和联网模式。本地模式即单机工作模式，每台检定装置独立

工作；联网模式可以设置一台主机和多台从机，工作人员可以在主机端控制各台从机的运行状态，也可以在从机端控制自身运行，主机和从机之间的运行状态自动同步，检定结果本地保存。联网模式能够实现单人同时操作和监视多台检定装置，提高单人工作效率。

#### 远程更新及远程故障诊断

通过检定装置联网，能够进行远程程序更新和故障诊断，减少后期出差到用户现场的工作量，

有效降低维护升级成本。

## 关键技术

1. 符合热量表检定规程的核心算法
2. 数据采集与控制
3. 基于Qt和C++的跨平台可视化开发技术
4. RS232/RS485串口通讯
5. TCP/IP通讯

## 技术优势

1. 基于Qt框架和C++ 语言开发，支持Windows、Unix、Linux等不同操作系统的跨平台运行。
2. 提供与通信方式和通信协议无关的统一接口，支持RS232/RS485,TCP/IP等多种数据通信方

式和各种不同协议。

1. 采用可视化技术更加形象的展示信息和故障。

## 需求分析

1. 用户特殊需求的解决方案
2. 与需求规格说明书差异部分及解决方案

## 成本差异分析

## 其他

无

# 系统结构



# 备选方案

如果下位机控制板不具备采集天平、管路温度、热量表、标准温度的功能，可以由上位机直接

采集这些数据，控制板只完成设备控制/反馈功能即可。



# 样机试运行方式

在此技术方案中，加以说明样机试运行的方式：

* 厂内验收的环境与要求；

软件环境：

* + - Windows XP、Windows7
    - SQLite3
    - Qt4.8.5
    - VisualStudio2010

硬件环境：

* + - 工控计算机
    - 大屏显示器
    - 下位机控制板
    - 热量表检定台
* 现场试运行的条件与要求；

# 需要的设计文档清单

《DN15-DN25热量表检定装置上位机软件概要设计说明书》

* 软件主界面 概要设计说明书
* 质量法检定 概要设计
* 参数设置(串口参数、端口设置、检定参数等) 概要设计
* 数据库管理 模块概要设计
* 日志管理 模块概要设计
* 串口通讯(多线程管理) 模块概要设计
* 通讯协议库 模块概要设计
* 主机-从机控制 概要设计
* 核心算法 模块概要设计
* 数据采集与控制测试 模块概要设计
* 用户权限管理 模块概要设计
* 标准表法检定 概要设计

《DN15-DN25热量表检定装置上位机软件详细设计说明书》

* 软件详细设计说明书
* 软件集成测试方案
* 软件集成测试计划
* 软件系统测试计划