

密级：内部参考类别：技术协议项目：动车组综合试验平台编号：TKY-01-001-04共 24 页

## 动车组试验数据综合显示平台技术协议

### 版本历史：

版本	作者/修订人	时间	说明/修订内容
0.9.0	郑重雨	2015-03-26	初稿，建档，协议附件
0.9.1	郑重雨	2015-03-31	修改，增加显示控件，修改系统传输协议
0.9.2	郑重雨	2015-04-03	修改，增加 MVB 显示控件，增加关于铁路主题的显示风格要求、增加服务器显示功能需求
0.9.3	郑重雨	2015-04-07	修改，UDP 和 TCP 通信协议由软件开发方指定
1.0	郑重雨	2015-04-14	修改，全部通信协议均可以通过 UDP 实现；明确数据传输采用 key-value 形式；历史数据回放仅在服务器端实现，并取消历史数据发布；监控端数量不超过 20 个；取消备份服务器；增加图片控件；将 MVB 控件修改为网络面板 1 显示方案，不再单独制作；全部专业组显示方案要求进行界面设计。

甲方：中国铁道科学研究院机车车辆研究所

乙方：

年 月 日

年 月 日



## 1. 概述

### 1.1. 总体目标

通过网络汇总多个试验数据采集软件（动力学试验软件、弓网试验软件、牵引试验软件、制动试验软件等）的试验数据，对数据进行集中实时显示和存储，并提供试验历史数据的查询和浏览。

### 1.2. 软件交付

软件完成后，乙方应提供以下完整软件和相关资源、文件和资料，供使用方查阅及存档：

- 完整安装包(含安装所必需的文件和资料)
- 软件框架图
- 软件源代码
- 软件使用说明/用户手册

### 1.3. 计划和进度安排

于 2015 年 4 月 30 日前完成软件界面需求和设计工作，2015 年 5 月 30 日前提供可用于测试联调的软件，2015 年 6 月 30 日前完成全部的软件系统联调，并提供完整的软件资料。2015 年 7 月完成软件验收工作。软件验收后应提供为期 1 年的系统维护。

合同生效后，乙方应提供进度表逐步实现预期设计的全部内容。

## 2. 定义

### 2.1. 总体拓扑结构

软件运行环境总体拓扑结构如图 2.1-1 所示。

注意，图 2.1-1 所示仅为一种逻辑结构，并不代表必须的环境配置。例如：中央显示大厅之中有可能仅仅布置一台客户端进行集中显示。

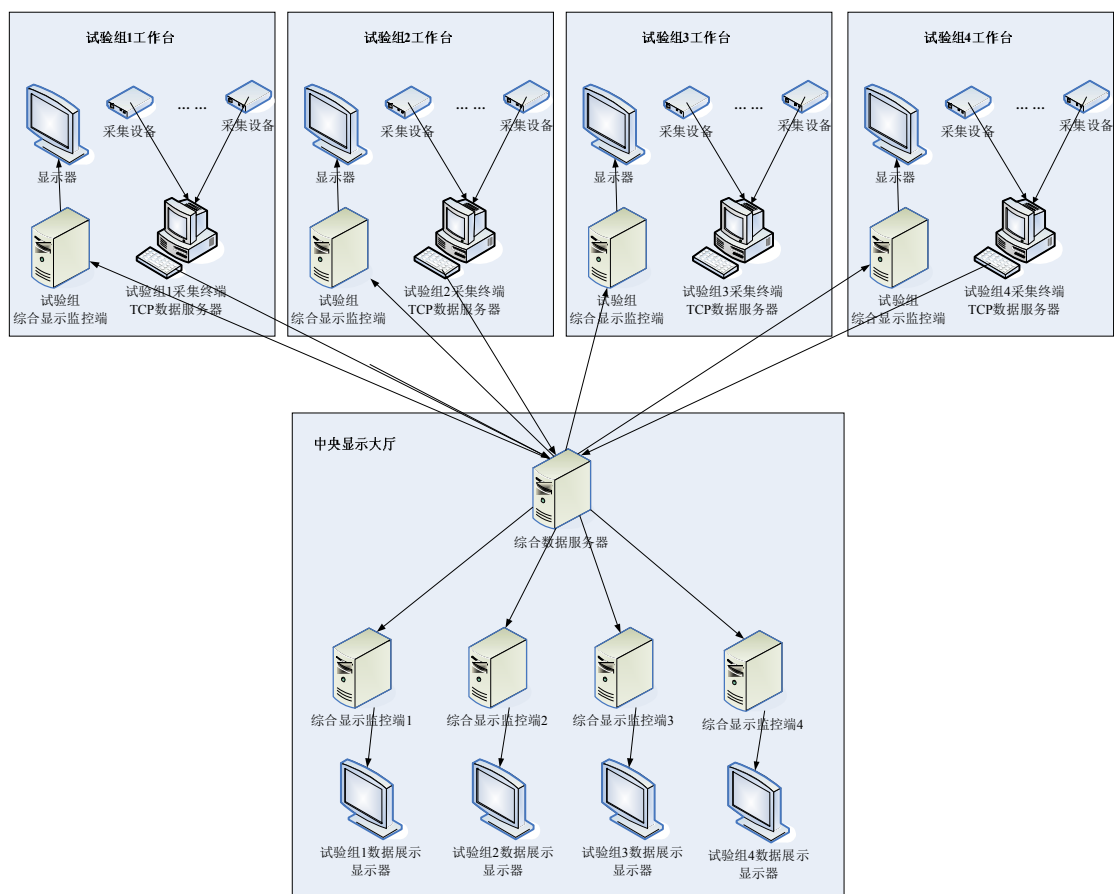


图 2.1-1 软件运行环境总体拓扑结构

## 2.2. 设备定义

### 2.2.1. 综合数据服务器

用于汇总各个试验组采集终端发送的试验数据，对采集的试验数据进行可视化显示配置，为综合显示监控端提供结构化数据源。其配置较高。通常为工控机或服务器计算机。

### 2.2.2. 综合显示监控端

通过网络与综合数据服务器进行实时通讯，获取综合显示配置，实时显示全部试验数据，并可根据需要调整显示界面的排布方式。通常为工控机，并配备有大型显示屏幕，用于在中央显示大厅中进行综合试验数据展示。综合显示监控端与试验组综合显示监控端总数量不超过 20 个。

### 2.2.3. 试验组综合显示监控端

通过网络与综合数据服务器进行实时通讯，获取综合显示配置，实时显示全部试验数据，并可根据需要调整显示界面的排布方式。通常为笔记本或工控机，用于各个试验组对综合试验数据进行监视和查询。综合显示监控端与试验组综合显示监控端总数量不超过 20 个。

## 2.2.4. 试验组采集终端

各个试验组的试验数据采集电脑，其上运行与试验相关的数据采集软件，并通过网络向综合数据服务器发送试验数据。

## 2.3. 设备连接

设备定义中的全部设备都属于同一个局域网，并具有互不冲突的独立 IP。其之间的通信方式如下：

试验组采集终端按照规定的统一通信协议通过 UDP 方式持续向综合数据服务器发送试验数据。数据发送过程中有可能出现数据中断以及中断后恢复的情况。

综合显示监控端与试验组综合显示监控端都通过网络以 UDP 方式向综合数据服务器请求实时数据，并将获取的数据显示到显示器之上。

## 2.4. 运行环境

### 2.4.1. 软件运行环境

综合数据服务器、综合显示监控端、试验组综合显示监控端的硬件配置没有特殊要求。

支持目前 Windows 的主流操作系统，如 WindowsXP、Windows 7、Windows 8 等。

## 2.5. 性能要求

### 2.5.1. 稳定性

软件应运行稳定、高效、实时性好，不会出现反应慢、崩溃、报错等问题。

### 2.5.2. 扩展性

软件结构应具有可扩展性。

可以通过增加模块兼容其他非标准协议的数据源，延长软件使用寿命。

可以根据需要增加新的显示控件。

具有向下兼容的能力，可以正确打开低版本软件的试验配置、数据源配置和显示配置文件。

### 2.5.3. 实时性

软件的数据存储与数据显示应当互相独立，数据显示界面的切换不会影响到数据存储时间周期。数据传输中不会因为以太网内连接的多台设备而产生数据冲突或者降低传输速度。

## 2.5.4. 灵活性

软件的用户界面美观大方，操作方便流畅，无闪烁等现象，保证可以根据用户需要进行临时的显示界面添加和修改。

# 3. 系统功能

## 3.1. 综合数据服务器功能

### 3.1.1. 管理试验项目

在指定的试验文件路径建立试验项目，输入的试验名称、试验备注。

打开已有的试验项目，并修改试验名称、试验备注。

保存以及另存当前的试验项目。并保证试验名称、试验备注。

在试验项目目录建立对应的试验数据文件夹，存储试验数据。

### 3.1.2. 配置数据源信息

根据试验情况，配置现场试验组采集终端的 IP 和端口信息。

根据试验组发送数据情况，建立数据源通道映射表，包括：数据名、单位、最大值、最小值、试验组编号、数据类型编号等。

可以按照试验组采集终端分别导入导出数据源配置信息。

全部数据源信息默认存储在试验项目目录之中。

配置数据源的工作应当具有缓存功能，保证错误修改的可恢复性。

数据源信息可以通过网络通信协议获取。

数据源配置工作应当在采集停止进行时，一旦修改数据源配置，应当重新开始采集。

### 3.1.3. 数据接收

根据数据源配置，以 UDP 协议，从数据源获取试验数据。

数据接收间隔不大于 0.5s，通常为 0.1s。

数据接收错误时，以 0 值进行数据填充。

时间数据采用服务器本机系统时间信息。

数据接收按照指定 UDP 协议进行，协议可以采用简单的 key-value 形式进行数据信息与数据值的对应，UDP 协议详细内容需要由软件开发方提供。

UDP 协议应当满足以下功能：

- 能够获取数据源全部可用通道名称及单位。
- 能够获取数据源全部可用通道实时数据。

注：因试验组开发能力有限，需要软件开发方提供 UDP 通信协议的 c++代码示例进行试验采集软件数据接口修改和程序调试，包括：可运行的 UDP 客户端源代码和程序、可运行的 UDP 服务器接收端源代码和程序（最好具有图形界面）。

### 3.1.4. 数据存储

数据存储按照每一个数据源一个数据文件的方式进行存储。

每次试验采集开始后，重新生成以当前时间为目录名的文件夹，并将数据文件存储于其中。文件夹命名方式为：YYYYMMDD\_hhmmss

试验配置文件（包括：数据源配置文件、显示配置文件、其他附加文件如：线路文件、图片等）也同时备份存储在数据文件夹之中。方便进行之后的数据读取。

数据文件采用两种方式，一种为 csv 文本数据文件、一种为二进制数据文件。

csv 文本数据文件按照以下方式进行存储：

- 每一个数据源对应一个 csv 文件
- csv 文件命名方式为：数据源 Id\_数据源名\_YYYYMMDD\_hhmmss.csv
- 每个 csv 文件中包含一个数据源全部的通道数据
- csv 文件表头第一行为通道名称：时间，通道名 1，通道名 2，...，通道名 n。
- csv 文件表头第二行为单位：（空），单位 1，单位 2，...，单位 n
- csv 文件时间数据存储格式为：YYYY-MM-DD hh:mm:ss.000
- csv 浮点数保留 6 位有效数字。

二进制数据文件按照以下方式进行存储：

- 每个数据源对应一个文件夹。
- 文件夹命名方式为：数据源 Id\_数据源名\_YYYYMMDD\_hhmmss。
- 每个数据源通道对应一个数据文件。
- 数据文件命名方式为：通道 Id\_通道名\_YYYYMMDD\_hhmmss.dat。
- 数据文件之中为时间和数据组成的二元组序列，每个二元组为一个时刻的数据。
- 时间按照 long(8 字节)型存储为 utc 时间

- 数据按照 double(8 字节)型存储。

### 3.1.5. 实时数据发布

以 UDP 方式建立数据发布服务器，接收综合显示监控端的数据请求。如：请求方式为：请求类型, 请求通道数量,数据源 id1,通道 id1, 数据源 id2,通道 id2。

以 UDP 方式向综合显示监控端发送试验数据。返回数据信息为：响应类型,时间,数据数量,数据 1, 数据 2。

采用多线程支持多个客户端的同时接入和断开。

注：以上 UDP 通信方式可由软件开发方进行调整更改，但要求提供完整的协议说明。

### 3.1.6. 配置显示界面

根据数据源配置其对应的显示界面

每个数据源可以拥有多个显示面板

每个数据源中的显示慢板以 Tab 页的形式进行切换

每个显示面板应当包含基本属性（如：名称、长、宽等），可以通过图形界面进行修改。

每个显示面板都可以根据用户需求插入多种显示控件，从而实现显示面板的自定义。

每个显示控件都应当具有基本属性（如位置、大小），并可以通过图形界面进行修改。

每个显示控件都可以指定一个或多个数据通道，进行实时动态显示。

可以通过拖拽的方式移动显示控件位置。

多种显示控件的堆叠可以设置其前后覆盖关系。

显示配置文件可以按照数据源进行导入导出。

全部数据源显示配置默认存储在试验项目目录之中。

配置显示界面的工作应当具有缓存功能，保证错误修改的可恢复性。

配置显示界面的工作应当可以在采集过程之中进行，包括：建立显示面板、增加显示控件、修改显示面板、修改显示控件的数据连接等。

修改显示控件之后，不需要重新开始采集，显示监控端即可自动更新显示界面。保证与服务器端的显示界面同步。



### 3.1.7. 显示实时数据

根据当前的显示界面配置，从服务器系统缓存中读取实时数据，并动态显示到当前软件界面之中。

显示界面应当同综合显示监控端一样可以进行面板并列布局和 Tab 页面切换。

实时显示界面应当根据显示界面配置的修改进行同步刷新，方便用户对最终显示效果确认。

### 3.1.8. 显示历史数据

根据趋势图、线路图等数据需求，直接从本地数据文件中读取历史数据信息。

历史数据仅仅包括当前时刻之前的数据，不进行动态更新。

历史数据的查询应当可以自定义显示效果。如：数据曲线颜色、线型、子图数量、网格线、图例等。

### 3.1.9. 试验配置文件发布

能够向综合显示监控端发布试验配置、数据源配置、显示配置以及附加的资源文件。

在试验配置、数据源配置、显示配置更新时，重新向综合显示监控端发送配置更新指令，让监控端显示界面及时更新。

## 3.2. 综合显示监控端功能

### 3.2.1. 自动载入试验配置

软件启动后自动连接综合数据服务器，并自动载入试验配置信息。

载入试验配置信息后自动刷新生成全部可用的显示界面，并关闭不存在的显示界面。

### 3.2.2. 自定义显示布局

可以根据需求最大化、最小化一个专业组的显示界面

可以将多个专业组显示界面进行平铺显示

可以将多个专业组显示界面进行堆叠显示

可以通过鼠标拖拽调整专业组显示界面大小。

可以将显示布局保存在配置文件之中，并在下一次打开时自动载入。

### 3.2.3. 切换显示面板

一个专业组显示界面包含有多个显示面板。

可以通过 Tab 键切换一个专业组显示界面之内的多个显示面板。

### 3.2.4. 显示实时数据

根据当前的显示面板的数据源通道需求，向综合数据服务器请求对应的通道数据。

每次切换显示面板或者修改显示数据源界面时应当动态生成数据请求列表。

全部显示界面应当在一个线程中进行统一更新。

### 3.2.5. 显示界面效率

显示上保证最少 0.1s 的刷新速率。

显示界面不存在画面闪烁和卡顿。

## 3.3. 网络通信协议功能

能够向指定数据源请求数据源数据，如：电压、电流、脱轨系数、轮重减载率等。

能够向指定数据源请求数据源定义，包括：名称、单位等。

具有足够的扩展性和稳定性，能够保证在数据采集过程中的持续运行。

## 4. 显示样式

### 4.1. 整体统一的颜色风格

铁路主题的显示界面，有体现铁路系统的关键元素：比如机车、动车组、铁轨、铁路网等。

界面图标体现铁路风格。

界面配色美观、简洁。

界面文字清晰、可读性强。

整体能够与铁科院 Logo 协调一致

各个控件之间颜色风格协调一致，文字大小基本相同。

显示界面动画不存在画面闪烁和卡顿。

### 4.2. 多种显示控件

根据目前收集的资料至少需要以下几种控件，在之后确认各个专业组需求后有可能增加新类别控件。

### 4.2.1. 图片控件

能够插入一张图片，并进行尺寸缩放。

图片格式支持 jpeg、png、gif、bmp。

图片显示支持 Alpha 通道，进行背景透明化显示。

### 4.2.2. 二维表格

基本样式如图 4.2-1 所示

能够在一张指定长宽表格数量的二维表格之中显示试验数据通道。

可以指定具体单元格的文字信息、字体、颜色等。

可以指定具体行列的高度和宽度。

可以显示数据通道的单位信息。

可以根据单位前缀显示数据通道数据。

变压器 油温	电机1定子 温度	电机2定子 温度	冷却水 温度
45	100	76	43
环境温度			
14			

图 4.2-1 二维表格示例

### 4.2.3. 仪表盘

基本样式如图 4.2-2 所示

根据数据通道显示范围的最大小值设置刻度范围。

一个指针显示数据通道历史最大值。

一个指针显示数据通道当前值。

显示数据通道名称和单位



图 4.2-2 仪表盘示例

#### 4.2.4. 柱状图

基本样式如图 4.2-3 所示

根据数据通道显示范围的最大小值设置刻度范围。

一个指针显示数据通道历史最大值。

一个指针显示数据通道当前值。

显示数据通道名称和单位

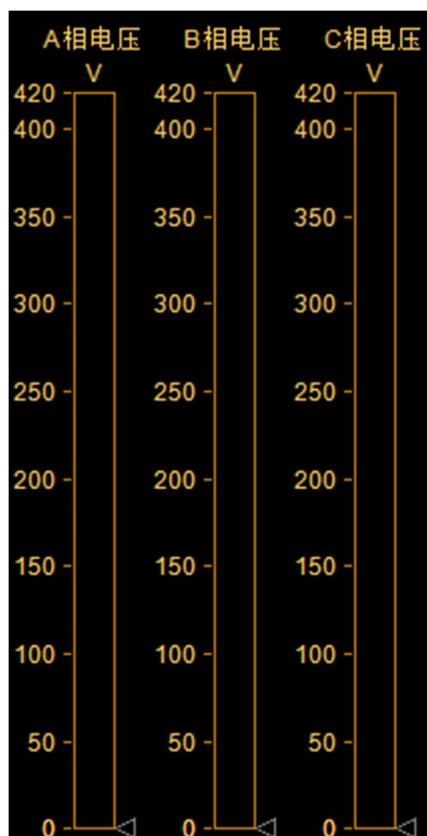


图 4.2-3 柱状图示例

#### 4.2.5. 单一数值显示框

基本样式如图 4.2-3 所示

仅仅是一个简单的单元格，能够显示一个数据通道的数据信息。

时间通道的数据信息，根据时间模板指定。

能够显示纯文字。

能够显示数据通道的单位，并可以设置单位前缀。

能够设置字体、颜色、边框、背景色等，可以设置边框和背景色为空。

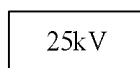


图 4.2-4 单一数值显示框示例

#### 4.2.6. 趋势图

基本样式如图 4.2-5 所示

可以根据子图分别显示不同数据源通道数据。并缓存 2 小时内的数据信息。

可以设置 Y 轴坐标轴显示单位

可以绘制多种曲线宽度

可以手动设置曲线线形。

一个趋势图可以包含多个子图

一个子图可以包含多个 Y 轴

一个 Y 轴可以包含多个数据曲线。

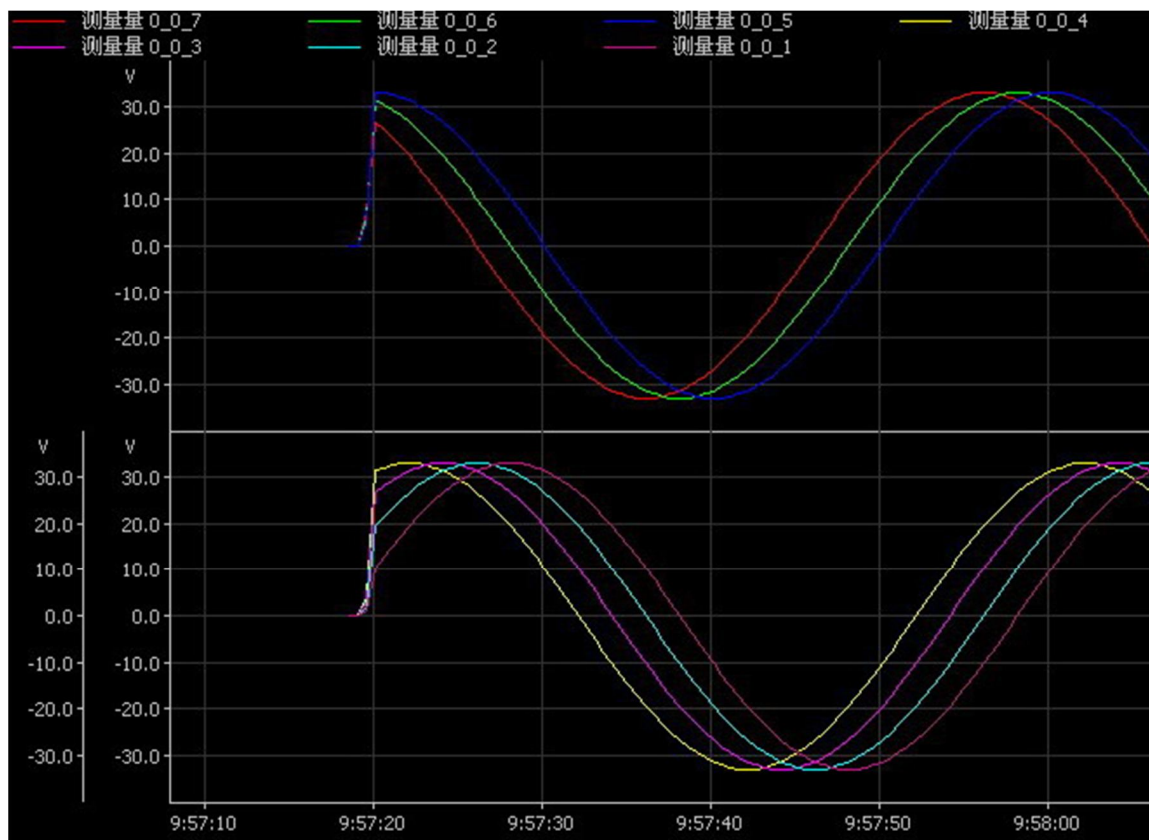


图 4.2-4 单一数值显示框示例

## 4.2.7. 线路图

基本样式如图 4.2-6 所示

需要指定里程参数数据通道

可以显示当前列车所在位置

可以显示当前列车行驶线路的地形信息

可以显示线路文件中所包含的主要信息，如：坡度、曲线、桥梁、隧道、公里标、车站、分相等。

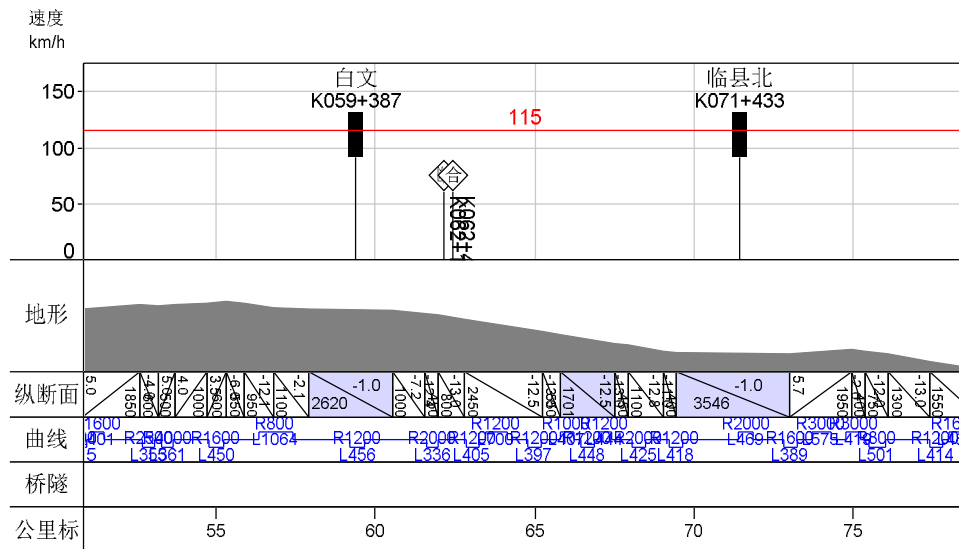


图 4.2-6 线路图示例

### 4.2.8. 图片框

简单的插入图片的控件，可以插入 bmp、png、jpeg 等图片格式。

可以在之上 覆盖单一数值显示框，并标记图片指定位置的数值。如图 4.2-7 所示。

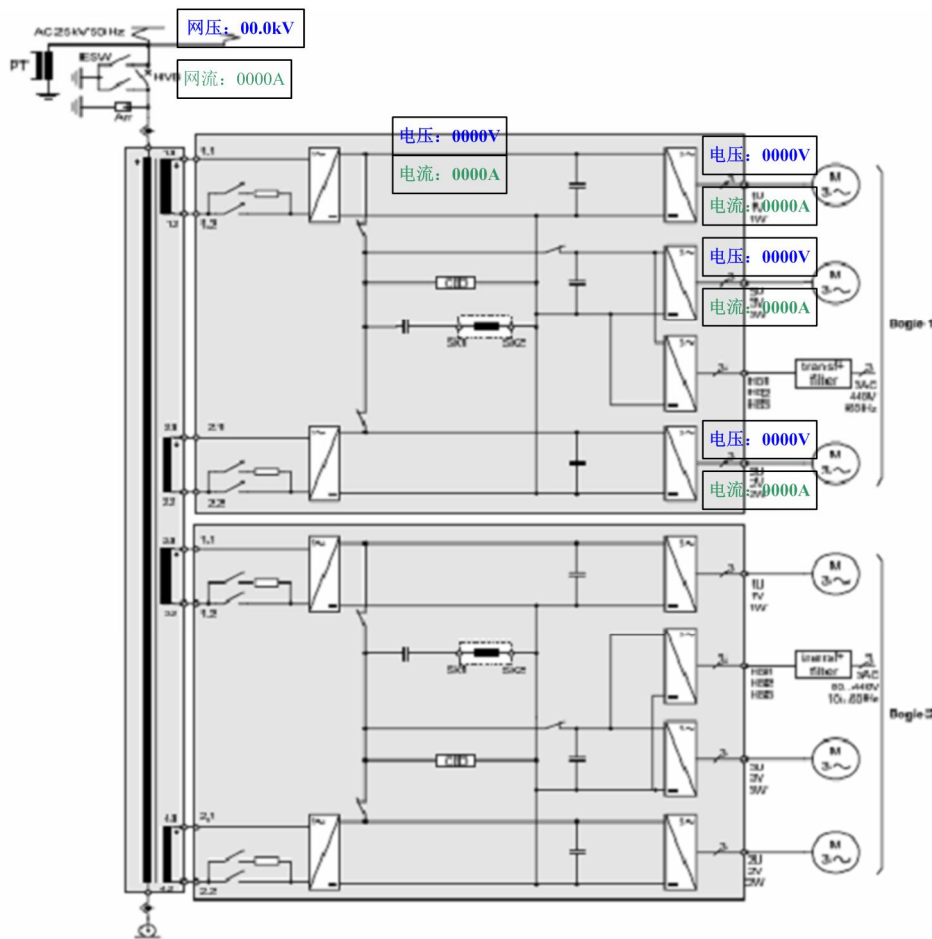


图 4.2-7 图片框与单一数据显示框组合应用示例

## 4.2.9. GPS 地图

以一张地图图片为基础，动态在其上标记 GPS 移动路径。应当能够根据需要标记地图左上角和右下角的经纬度坐标，用于进行数据校准。如图：4.2-8 所示。

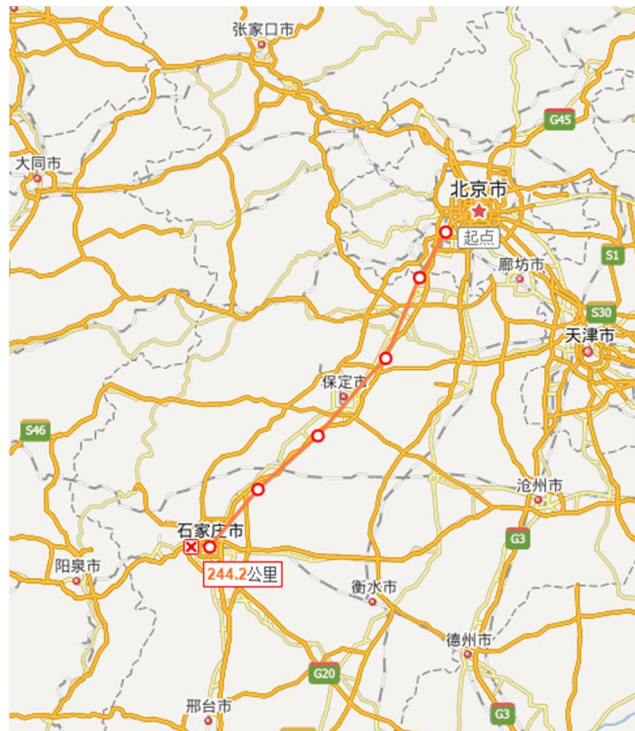


图 4.2-8 GPS 地图应用示例

## 4.3. 多种显示面板布局

### 4.3.1. 综合显示布局

综合显示布局中，全部的数据源界面平铺在显示屏幕中。

通用信息包括：试验名称、铁科院 Logo、试验的时间、列车速度、当前公里标等。

在平铺数据源界面的布局方式应当至少包括：2\*2、2\*3、2\*4 三种显示方式。如图 4.3-1 为 2\*3 的平铺显示方式。





图 4.3-1 2\*3 平铺数据源界面显示方式

### 4.3.2. 单一显示布局

单一显示布局中，仅仅显示一个数据源界面数据

每个数据源界面可以通过 Tab 页进行显示面板切换。

此布局中同样需要显示通用信息。如图 4.3-2 所示

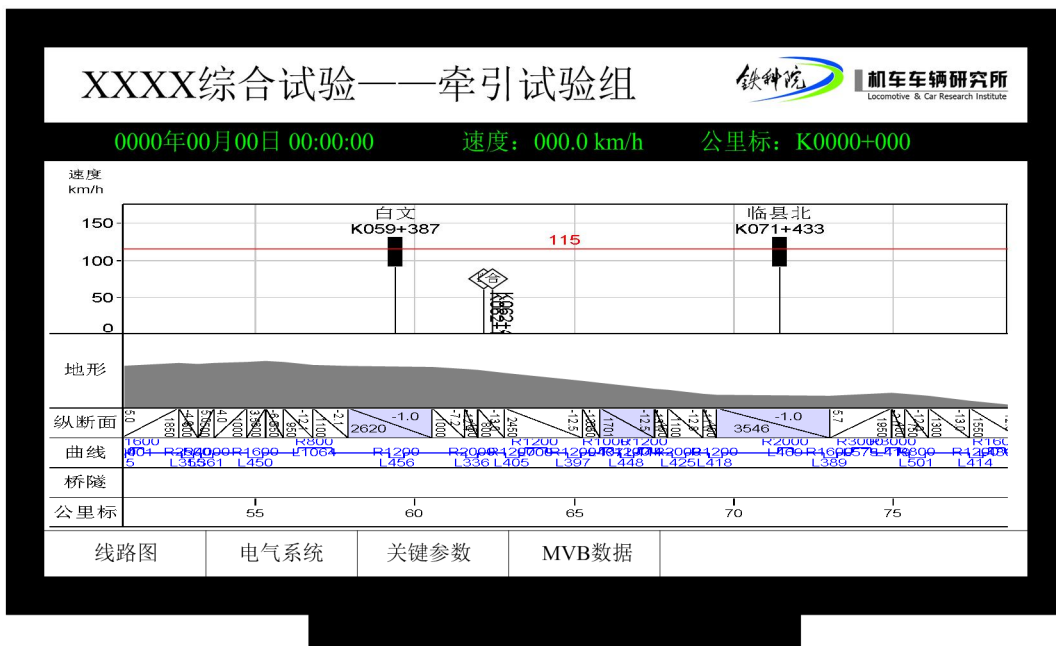


图 4.3-2 单一显示布局方式

## 5. 专业组显示界面需求

为了减少各个试验专业组对于显示界面的开发压力，并保证界面美观，需要根据各个专业组的显示界面需求提供具体的显示界面设计。并保证这些显示界面风格统一、美观大方。

这些显示界面的设计应当由系统之中已有的显示控件组合而成。并可以通过导入导出显示配置的方式进行修改和复用。

注：乙方应当为各个专业组的显示需求提供完整的界面设计，并给出具体实现的要求。如：字体、字号、颜色、背景色、前景色等。此设计可以在综合数据服务器的界面配置中，通过组合 4.2 节所述各种控件实现。乙方应当给出至少 2 个具体的界面实现范例，并在软件交付前指导甲方如何制作显示界面。

以下是各个专业组的显示界面需求。

### 5.1. 动力学专业

#### 5.1.1. 面板 1

关键参数：

脱轨系数、轮重减载率、轮轴横向力、平稳性指标、舒适度指标

显示要求：

测试项目	测试指标	测点位置	6 车		7 车		8 车	
			当前最大值	历史最大值	当前最大值	历史最大值	当前最大值	历史最大值
运行稳定性	脱轨系数 Q/P	4 轴						
		3 轴						
	轮重减载率 $\Delta P/P$	4 轴						
		3 轴						
	轮轨力(kN)	4 轴						
		3 轴						
横向稳定性	构架横向加速度(g)	一位						
		二位						
运行品质	车体加速度(g)	一位横						
		一位垂						
		中部横						

		中部垂						
		二位横						
		二位垂						
运行平 稳性	舒适度 N	一位						
		中部						
		二位						
	平稳性指标 W	一位						
		中部						
		二位						

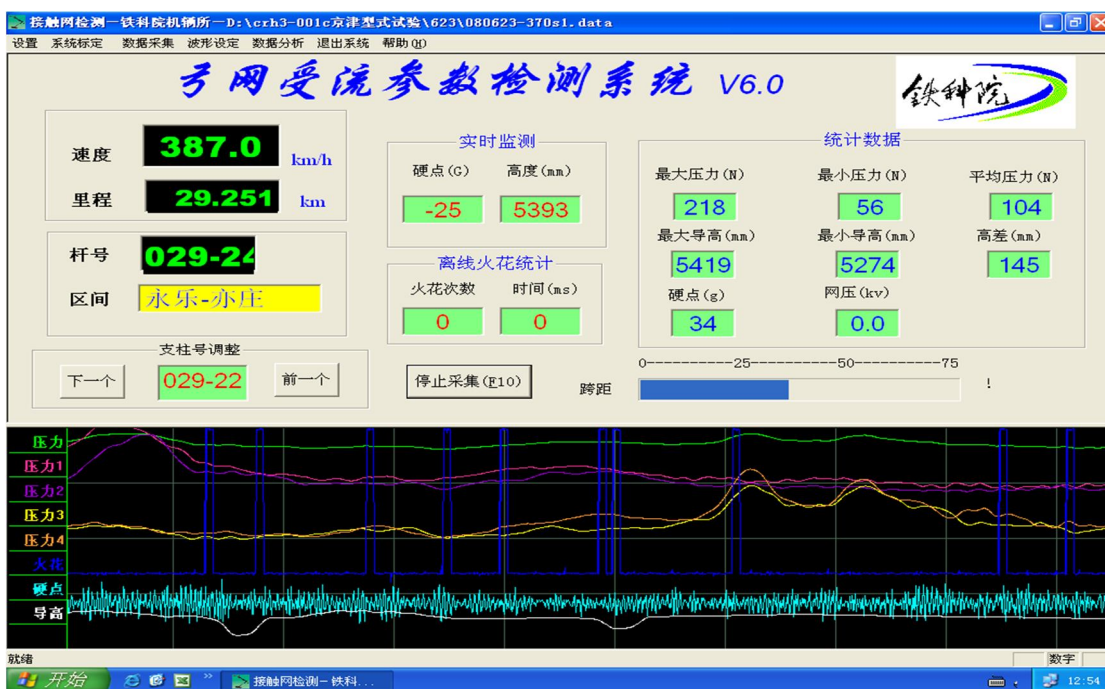
## 5.2. 弓网专业

### 5.2.1. 面板 1

关键参数：

速度、公里标、弓网接触力、导高、硬点、燃弧时间、燃弧次数一跨统计值

显示要求：



### 5.2.2. 面板 2

关键参数：

列车网压（3 车）；

列车网流（3 车）；

相邻车体之间电流（1、2、3、4 车之间，500 电缆）；

工作接地总电流（3 车牵引变压器原边回流，2500A 电缆）；

工作接地回路电流（2、3 车之间和 3、4 车之间，2500A 电缆）；

保护接地电流（1、2、3 车的车体与保护接地间的总电流，2500A 电缆）；

工作接地轴端的电流（2 车的 2、3 轴和 3 车的 2、3 轴，2500A 电缆）；

保护接地轴端的电流（1、2、3 车的 1、4 轴，2500A 电缆）；

相邻车体之间电压（1、2、3、4 车之间，500 电缆）

显示要求：

参数名称	数值
列车网压（3 车）	
列车网流（3 车）；	
相邻车体之间电流（1、2、3、4 车之间，500 电缆）；	
工作接地总电流（3 车牵引变压器原边回流，2500A 电缆）；	
工作接地回路电流（2、3 车之间和 3、4 车之间，2500A 电缆）；	
保护接地电流（1、2、3 车的车体与保护接地间的总电流，2500A 电缆）；	
工作接地轴端的电流（2 车的 2、3 轴和 3 车的 2、3 轴，2500A 电缆）；	
保护接地轴端的电流（1、2、3 车的 1、4 轴，2500A 电缆）；	
相邻车体之间电压（1、2、3、4 车之间，500 电缆）	

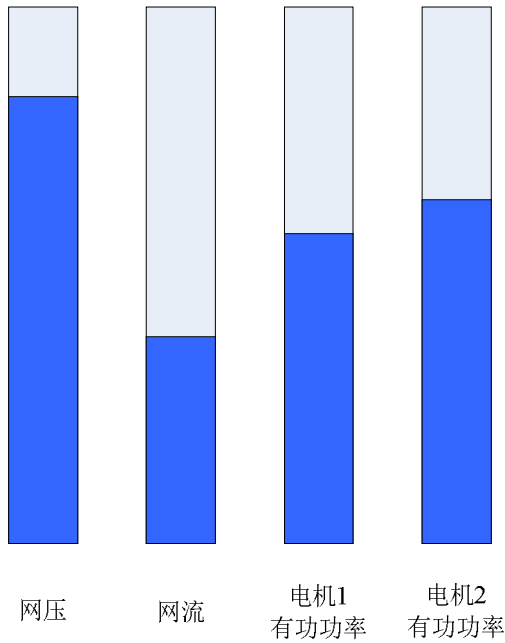
## 5.3. 牵引专业

### 5.3.1. 面板 1——牵引试验关键参数

关键参数：

网压、网流、电机 1 功率、电机 2 功率、变压器油温、电机 1 定子温度、电机 2 定子温度、冷却水温度、环境温度

显示要求：



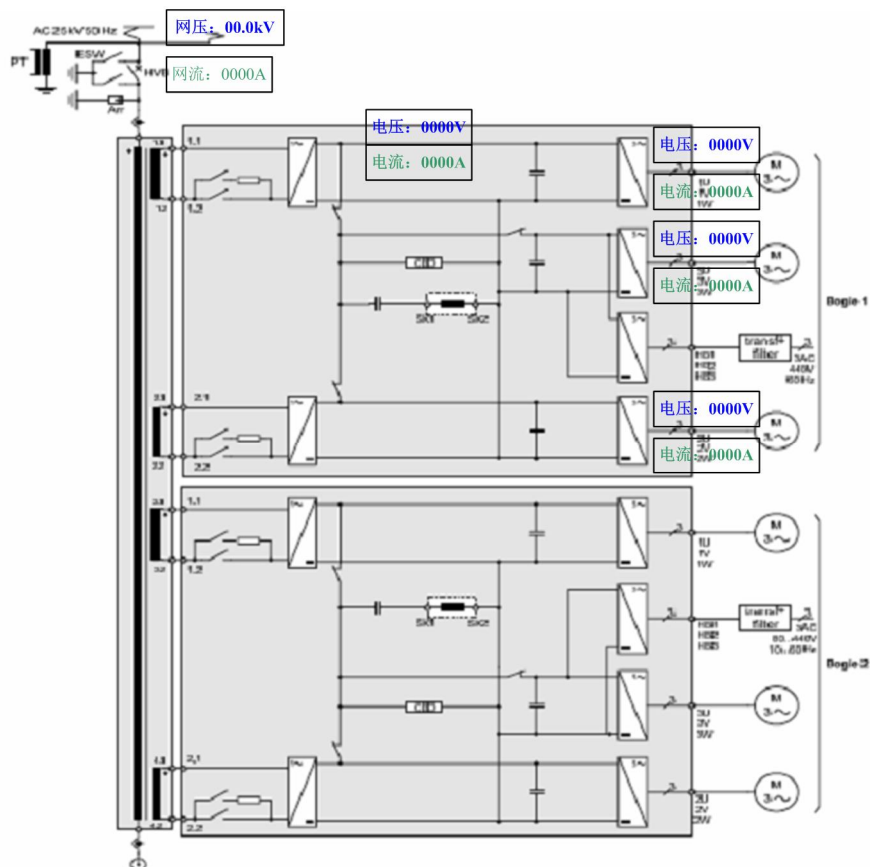
变压器油温	电机1定子温度	电机2定子温度	冷却水温度
45	100	76	43
环境温度			
14			

### 5.3.2. 面板 2——电气电路数据

关键参数：

网压、网流、电机 1 电压、电机 1 电流、电机 2 电压、电机 2 电流、电机 3 电压、电机 3 电流、牵引绕组电压、牵引绕组电流

显示要求：

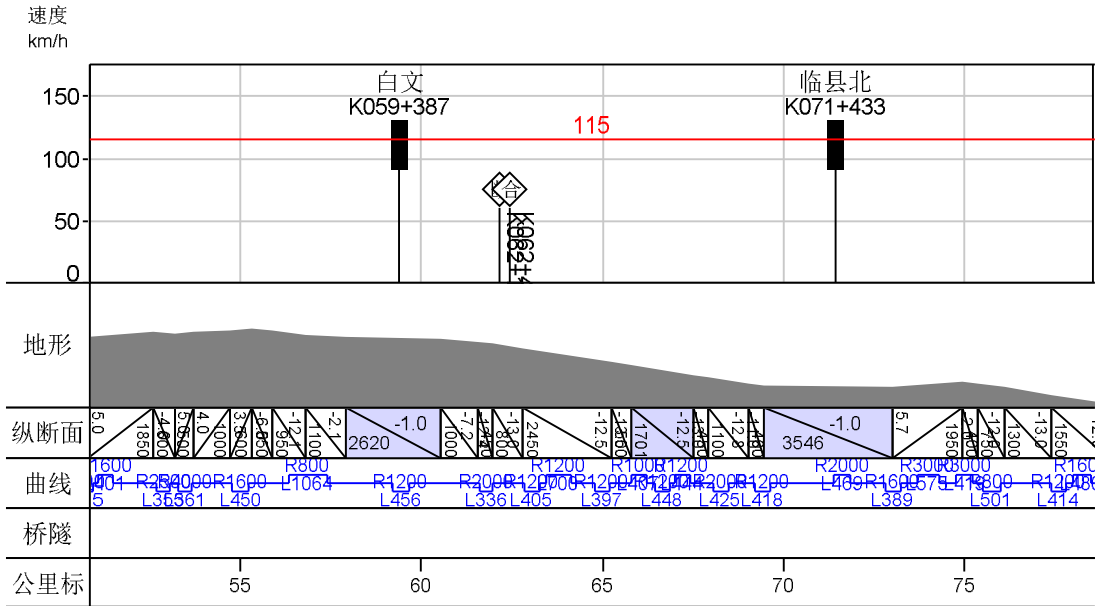


### 5.3.3. 面板 3——线路图

关键参数:

速度、公里标

显示要求:



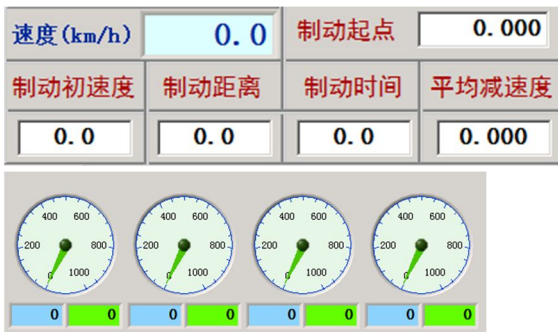
### 5.4. 制动专业

#### 5.4.1. 面板 1

关键参数:

制动初速度、制动距离、制动时间、平均减速度、制动起始公里标、动车制动缸压力、拖车制动缸压力、制动盘片温度

显示要求:



## 5.5. 动应力专业

### 5.5.1. 面板 1

关键参数:

各测点动应力

显示要求:

参数列表（需要细化）

## 5.6. 空气动力学专业

### 5.6.1. 面板 1

关键参数:

车内外压差、1s 压力变化、3s 压力变化、风速、侧墙位移

显示要求:

参数列表，包含：实时值，历史最大值和波形（需要细化）

## 5.7. 网络专业

### 5.7.1. 面板 1

关键参数:

关键部件温度

动车组主要部件工作状态

司机操纵信息

显示要求:

根据列车车厢不同，显示不同车厢之中对应的关键参数。参数信息来源于列车网络 MVB 系统。要求界面中应当包含一个列车车厢图形，以及一个关键参数列表。其中图形可以通过用户指定，参数列表也可以根据当前数据源情况进行人工绑定。如图 4.2-9 所示

主要通过组合图片控件和二维表控件实现。由于显示参数较多，需要能够调整字体。

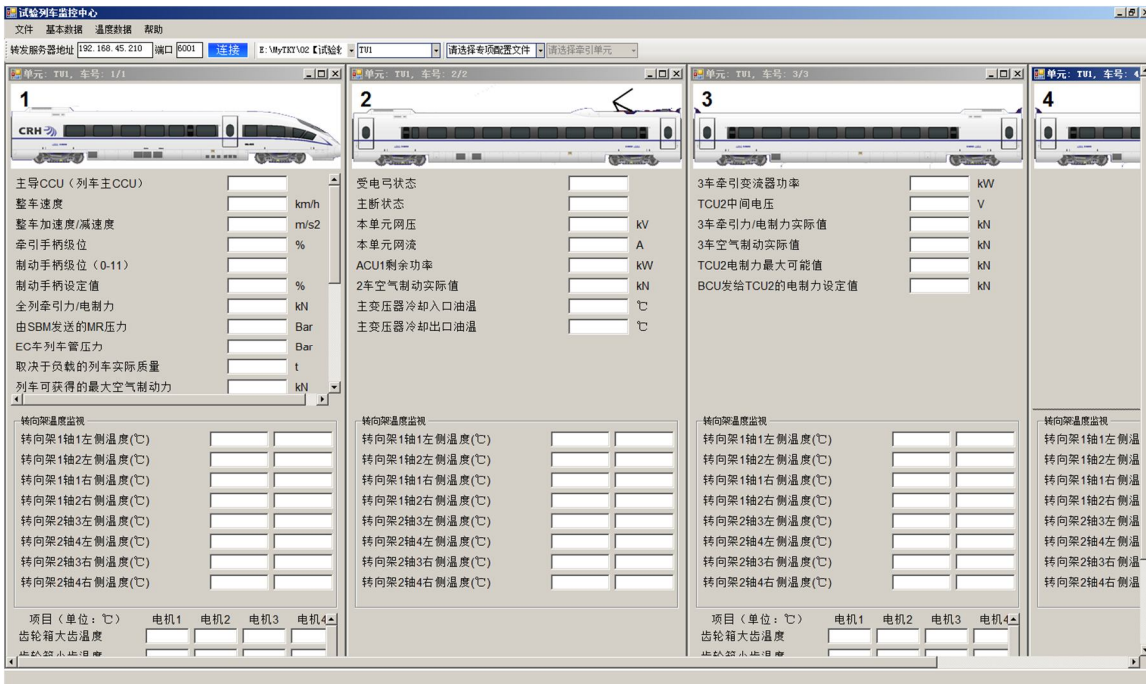


图 4.2-9 MVB 监控表