

非现场执法用动态汽车衡智能化检测系统研究及应用

□刘宾武 司延召 张勇

河南省计量测试科学研究院

【摘要】本文研究一种基于WiFi数据传输^[1]的非现场执法用动态汽车衡智能化检测系统^[2]，具有网络配置、信息录入、数据采集、调试管理、用户管理等模块，能够在无线局域网内同时实现多车道检测数据的自动化采集、计量参数调试、存储，系统的使用可保障检定人员人身安全，极大提高检测效率。

【关键词】动态汽车衡；非现场执法；WiFi数据传输；调试

文献标识码：A

文章编号：1003-1870（2025）09-0015-06

Research and Application of an Intelligent Detection System for Dynamic Truck Scales in Off-site Law Enforcement

【Abstract】This paper studies an intelligent detection system^[2] for dynamic truck scales in off-site law enforcement based on WIFI data transmission^[1], featuring modules such as network configuration, information entry, data collection, debugging management, and user management. It can simultaneously achieve automated collection of multi-lane detection data, measurement parameter debugging, and storage within a wireless local area network. The use of the system can ensure the personal safety of verification personnel and greatly improve detection efficiency.

【Keywords】dynamic truck scale; off-site enforcement; WIFI data transmission; debugging

引言

非现场执法用动态汽车衡是一种能对社会货运车辆进行低、中高速称重的工作计量衡器，是非现场执法超限超载检测系统^[3]的核心设备，广泛安装于国家公路干线交通非现场执法点位，用于安全防护，属于强制性检定工作计量器具，需进行周期检定。传统的计量检定模式需要检定人员人工读取动态汽车衡仪表的基本信息和计量数据，记录于原始记录管理系统的电子表格软件中。在国、省道上开展检定作业，为保障检定工作安全，交通执法人员需对道路进行封路处理，堵车现象频繁出现，同时检定人员离参考车辆^[4]极近，人身安全无法保障，检定人员压力较大。如果手动记录数据，容易出现误

记、漏记等现象，遇到特殊天气环境，则给检定工作带来极大不便。动态汽车衡由于长期使用，加之过车辆大、货车异常行驶等原因，容易造成传感器移位导致计量性能变化、检测数据不准，此时需要对动态汽车衡计量参数进行调试，以使其计量性能满足国家计量检定规程JJG 907-2006 动态公路车辆自动衡器的要求，调试过程极大增加检测时间。因此，改善检定人员工作环境、缩短检定时间、提高检测过程的自动化已十分迫切。据调研，目前非现场执法用动态汽车衡称重仪表（或工控机）内均置有通信网卡，配置有RJ45通信网口，为利用WiFi通信技术实现检测数据自动化采集提供硬件基础。非现场执法用动态汽车衡智能化检测系统（以下简称智能

检测系统) 利用WiFi 通信技术实时传输检测数据并实时显示、存储, 并能对计量数据不准的动态汽车衡进行调试标定, 最终将检测数据存入电子记录表格中, 实现检测过程的自动化。

1 智能检测系统研究设计

智能检测系统研究设计主要包含无线局域网搭建和智能检测软件的功能开发。无线局域网搭建主要考虑网络覆盖距离、信号质量以及上位机与称重仪表的通信方式。智能检测软件拟以Visual C# 为开发平台, 以Excel 电子表格为存储媒介, 数据采集以

无线局域网为媒介, 基于称重仪表检测数据自动上传机制, 基于UDP 协议的点对点通信实现上位机与称重仪表的通信。检测数据实时传输至软件平台显示, 检测完成后, 自动存入电子记录表格中。检测软件包含网络设置、信息录入、数据采集、调试管理、用户管理等功能。调试管理功能可实现车辆总重计量参数的自动计算、给出系数建议值, 经检定人员确认后, 写入仪表, 进行复测。系统可实现检定和调试标定两种作业流程。智能检测系统运行流程图如图1 所示。

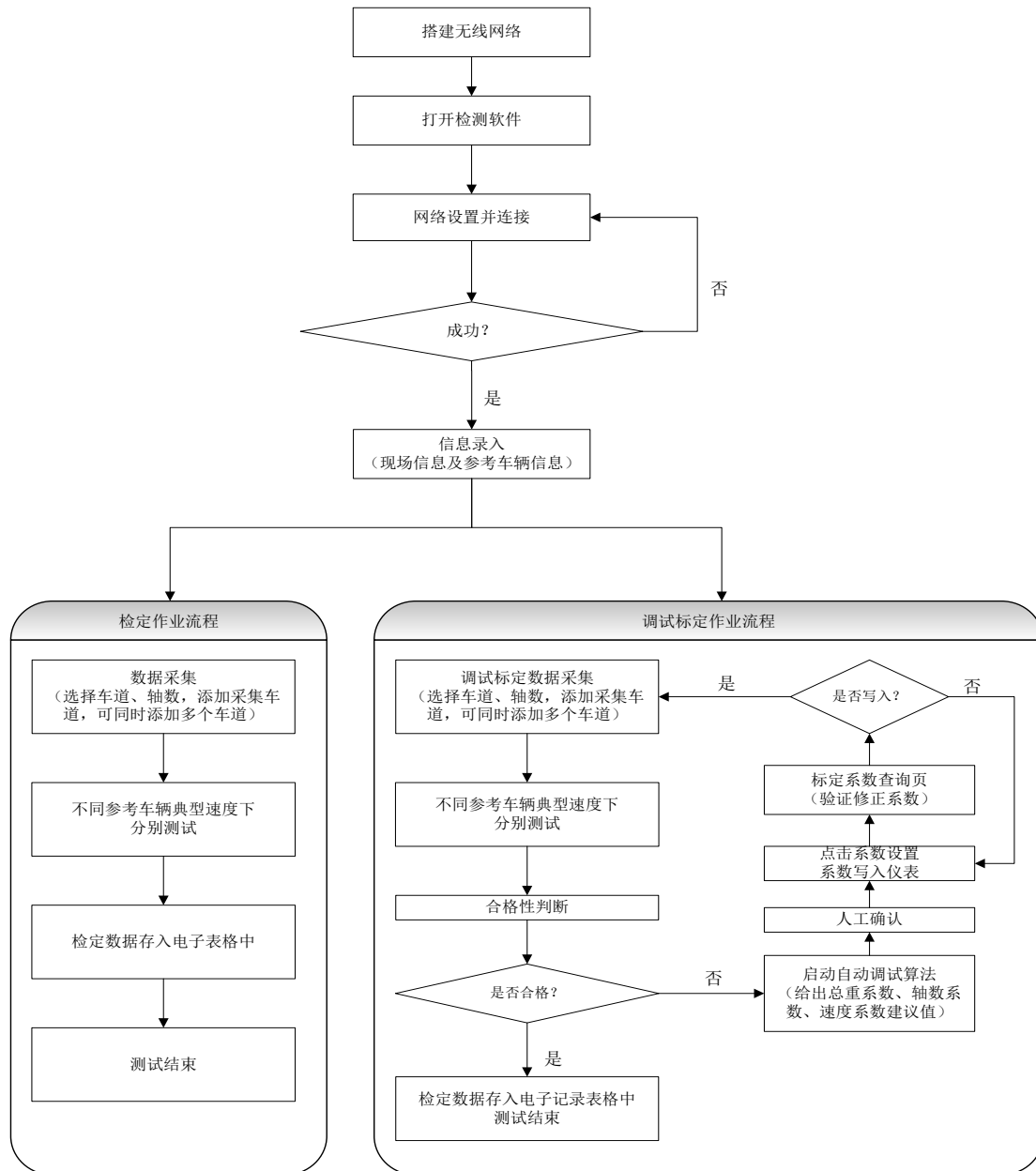


图1 智能检测系统运行流程图

1.1 无线局域网搭建

为保障检定人员人身安全，本系统检测数据采集采用无线传输，通过搭建无线局域网，使检定人员可以远离检定现场，在100米内的安全区域内进行检定作业。局域网的搭建需配备一个集交换功能于一体的大功率无线路由器，物理连接方式：称重仪表通过网线连接至路由器，上位机通过账号登录连接至无线路由器，称重仪表和上位机组成无线局域网。路由器选择大功率、网络覆盖广的无线网桥AP，wifi协议为802.11b/g/n，加密方式为WAP2，通信方式为基于UDP协议的点对点通信，点对点传输可保证传输数据的安全性、可靠性，通过设置称重仪表和上位机的网络IP和端口号，使仪表和上位机通信连接，为数据的实时传输提供网络基础。

1.2 信息录入

信息录入为记录检测现场基本信息，包括被检单位名称、检定地点、样品名称、检定时间、生产厂家、车道数量、温度、准确度等级、车道数量、检定员、参考车辆总重约定真值及车牌号和检定用标准器信息。其中，检定日期加入日历表，点击选择时间；参考车辆信息和标准器信息均设置为默认值，无需修改；检定员信息可从下拉菜单中选择；其余信息均设置为手动输入。

1.3 数据采集

无线局域网搭建配置成功后，在网络设置页面点击打开按钮，连接状态应显示正常。参考车辆通过车道数据采集区域后，仪表检测数据自动实时定向传输至上位机，检测软件通过执行厂家数据解析协议将检测数据包解析，并选取所需字段信息实时显示于软件数据显示框中。数据采集前，需添加检测车道，对车道、轴数、车辆行驶方向进行设置，标准重量（即参考车辆总重约定真值）会自动匹配显示，也可进行单独输入设置，设置完成后，点击添加按钮，自动打开车道标签页。车道标签页包含总重过滤设置选项、数据显示列表框、开始采集、暂停采集和数据导出按钮。总重过滤设置以百分比设置总重范围，超出设定范围的采集数据不予显示，避免数据干扰。数据显示列表框显示过车编号、时间、速度、总重、方向、相对误差、合格判定等信息。合格判定以JJG 907-2006 动态公路车辆自动衡器

第5.2条进行判断，判定不合格的数据信息以红色显示、合格信息以黑色显示。数据采集可以实现多车道同时采集，通过添加车道标签页实时显示不同车道过车数据，标签页可随时暂停、开始采集和关闭采集。已添加标签页，再次添加时检测软件会提示窗口已添加，防止误操作。多车道同时检测，可极大提高检测效率。数据导出功能可将车道检测数据存储于电子记录表格中。

1.4 调试管理

调试管理的使用权限仅限于法定计量检定机构技术人员在现场检定过程中对动态汽车衡计量参数进行调试管理。调试管理菜单包含系数查询和调试标定子菜单，系数查询根据设置车道号获取仪表内存的对应车道的总重系数、轴型系数、速度系数，并以折线图直观显示。调试标定功能在本文1.3数据采集功能的基础上，实时显示当前采集车道的总重系数、轴数系数、速度系数，并增加系数自动调试功能。当参考车辆在典型速度下完成测试后，依据系数自动调试算法（如下所述），软件自动给出总重系数建议值、轴数系数建议值、速度系数建议值，依据建议值，给出理想修正重量误差率。根据相对误差以及数据颜色，可判别此车道在当前参考车辆下是否检定合格，若合格，则停止测试，将测试数据存入电子记录表格中。不合格，经检定人员确认后，点击对应系数设置，将修正系数写入仪表。在系数查询页，可实时查询修正系数是否已完成修改。修改完成后，参考车辆再次对该车道进行复测，复测完成后，再次对测试结果进行判别，若合格，则停止测试，不合格，则再次进行调试标定、复测，直到检定合格为止。测试完成后，合格数据存入电子记录表格中。

系数自动调试算法简要说明：在动态汽车衡称重仪表的标定算法中，主要涉及的计量系数包括总重系数、轴数系数和速度系数。总重系数是针对所有车型均生效的系数；轴数系数是针对特定轴数生效的系数；速度系数是针对特定轴数的车辆在不同速度下的系数，速度系数同轴型系数相关联，属于轴型系数的二级系数。为便于描述，总重系数、轴数系数和速度系数分别用TWF（Total Weight Factor）、ANF（Axis Number Factor）和SF（Speed Factor）表示。

调试算法以最小二乘法^[5]拟合线性函数为基础，通过参考车辆总重约定真值和车辆的测试重量合理地计算出TWF、ANF和SF的值。设定某参考车辆测试重量为MTW_i，约定真值为RTW，则MTW_i与RTW的函数关系如公式（1）：

$$RTW = MIW \times TWF \times ANF \times SF \quad (1)$$

算法流程如下：

通过多次测试，得到不同速度下测试重量MTW_i，并求得平均值 $\overline{MTW_i}$ ；

根据平均值 $\overline{MTW_i}$ ，通过公式（2），得到总重系数和轴数系数的乘积TWF×ANF；

$$TWF \times ANF = RTW / \overline{MTW_i} \quad (2)$$

根据公式（1），计算得到速度系数SF；

设定总重系数不变，则根据公式（2），得到轴数系数；

通过算法（1）至（4），得到不同参考车辆的TWF、ANF和SF；

利用最小二乘法求得总重系数、轴数系数最佳值TWF和ANF。

1.5 数据存储和用户管理

为方便数据存储，测试开始前，先新建一个文件夹，文件夹以“单位名称+检定地点”命名，此

点位所有数据文件均存放于此文件夹内。测试完成后，点击数据导出按钮，将测试数据存入电子记录表格中，表格以“车道号+轴数+车辆总重+检定时间”命名。检测软件的使用授权通过用户管理进行设置，在用户管理菜单下，可进行登录账号、用户名、密码的添加、修改和删除操作，经添加的账号方可登录软件。

2 检测系统应用

以我院4轴检衡车和6轴检衡车为参考车辆，对河南省内某公路非现场执法超限超载检测系统进行车辆总重测试，执法点位限速40km/h，动态汽车衡准确度等级为5级，参考车辆总重约定真值分别为4轴25000kg，6轴41000kg。测试前，搭建无线网络，通过设置称重仪表和上位机的IP地址和端口完成网络连接。检定现场比较空旷，检定人员在距离称重仪表约100米处的通勤车内进行测试，网络信号良好。此次测试执行调试标定作业流程，6轴参考车辆进行1车道测试，同时4轴参考车辆进行2车道测试，分别在典型速度内进行10次测试，图2和图3分别为6轴和4轴参考车辆测试数据，测试结果如图2、图3所示。

非现场执法动态汽车衡智能检测系统

网络设置

信息录入

数据采集

调试管理

系数查询

调试标定

用户管理

调试标定

车道: 2 轴数: 4 标准重量: 25000 kg 方向: 正向 添加 查询标定

1车道 6轴 41000kg 正向 2车道 4轴 25000kg 正向

总重过滤: 30% 开始 暂停 数据导出

系数设置 总重设置 轴数设置 速度设置

批次	操作	编号	时间	速度	总重	方向	相对误差	速度系数	总重系数 建议值	轴数系数 建议值	速度系数 建议值	速度标定	修正重量 误差率
<<第 2 轮采集>> 总重系数: 10800 轴数系数: 9844													
1	删除	192	2025/5/16 13:29:13	5	41500	正向	1.22%	10133			10011	未选	1.22%
2	删除	293	2025/5/16 13:41:52	6	41150	正向	0.37%	10133			10095	未选	0.36%
3	删除	203	2025/5/16 13:30:08	10	41450	正向	1.10%	10093			10020	未选	1.10%
4	删除	305	2025/5/16 13:42:48	10	41150	正向	0.37%	10093			10020	未选	0.36%
5	删除	217	2025/5/16 13:31:30	15	40850	正向	-0.37%	9939	10800	9843	9975	未选	-0.37%
6	删除	223	2025/5/16 13:32:41	20	41250	正向	0.61%	9739			9680	未选	0.61%
7	删除	231	2025/5/16 13:34:12	25	41300	正向	0.73%	9916			9843	未选	0.73%
8	删除	240	2025/5/16 13:35:43	30	40900	正向	-0.24%	9989			10014	未选	-0.25%
9	删除	258	2025/5/16 13:37:42	34	41700	正向	1.71%	10047			9878	未选	1.70%
10	删除	285	2025/5/16 13:40:42	40	40900	正向	-0.24%	10023			10047	未选	-0.25%
<<第 1 轮采集>> 总重系数: 10800 轴数系数: 10000													
13		57	2025/5/16 13:14:13	6	41000	正向	0.00%	10000			10133	已设置	-0.25%
14		175	2025/5/16 13:26:34	6	41200	正向	0.49%	10000			10133	已设置	0.23%
15		66	2025/5/16 13:15:05	11	41150	正向	0.37%	10000			10083	已设置	-0.38%
16		161	2025/5/16 13:24:42	11	41450	正向	1.10%	10000			10083	已设置	0.34%
17		77	2025/5/16 13:16:12	15	41900	正向	2.20%	10000	10800 已设置	9844 已设置	9939	已设置	-0.01%
18		168	2025/5/16 13:25:46	21	42960	正向	4.76%	10000			9696	已设置	-0.01%
19		92	2025/5/16 13:17:33	25	42000	正向	2.44%	10000			9916	已设置	-0.01%
20		109	2025/5/16 13:19:13	29	41750	正向	1.83%	10000			9975	已设置	-0.01%
21		127	2025/5/16 13:21:14	34	41450	正向	1.10%	10000			10047	已设置	-0.01%
22		145	2025/5/16 13:23:30	44	41650	正向	1.59%	10000			9999	已设置	-0.01%

图2 6轴参考车辆测试数据

非现场执法动态汽车衡智能检测系统

图3 4轴参考车辆测试数据

从图2、图3 可以看出，检测系统软件可同时采集1 车道6 轴参考车辆测试数据和2 车道4 轴参考车辆测试数据。以图2 进行说明，第一轮测试共采集10 条测试数据，包含采集时间、速度、总重、方向、相对误差、系数建议值等信息，其中4 条数据（红色显示）为不合格数据（相对误差大于2.5%）。根据自动调试算法，对应于每条测试数据，自动生成总重系数建议值、轴数系数建议值、速度系数建议值，

建议值随采集的数据增加动态变化。检定员对系数建议值进行确认后，点击总设置按钮，将系数建议值写入仪表后，进行第二轮测试。从图2 看出，10 条测试数据相对误差均在2.5% 内，所有数据均合格，则测试结束。点击数据导出将测试数据存入电子记录文件，6 轴和4 轴参考车辆测试数据电子记录文件如表1 和表2 所示。

表1 6轴参考车辆数据存储电子记录表

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
检定基本信息															
单位名称	检定地点	样品名称	检定日期	生产厂家	准确度等级	车道数	参考重量2	车轴号2	参考重量4	车轴号4	参考重量6	车轴号6	温度	检定员	
唐河县交通运输局	唐店镇南205-40-S	2025年5月	2025年5月	郑州衡量15级	4	13000	豫A12345	25000	豫A12346	41000	豫A12347	26	机电衡6		
检定所使用的计量标准器具															
序号	名称	测量范围	准确度等级	证书编号	有效期至										
1	砝码	10000kg	1	3443-232	2030年										
2	砝码	54t	M1	20241102											
<<第 2 轮采集>> 总重系数: 10800 轴数系数: 9844															
序号	批次	编号	时间	速度	总重	方向	总量误差率	速度系数	理论总系数	总重+轴型系数	速度系数理想值	总重系数建议值	轴数系数建议值	速度系数建议值	修正总量误差率
1	2	192	2025/05/05	41500	正向	1.22%	10133	10643	10631	10011	10800	9843	10011	1.22%	
2	2	293	2025/05/06	41150	正向	0.37%	10133	10733	10631	10095	10800	9843	10095	0.36%	
3	2	203	2025/05/10	41450	正向	1.10%	10093	10614	10631	9984	10800	9843	10020	1.10%	
4	2	305	2025/05/10	41150	正向	0.37%	10093	10691	10631	10056	10800	9843	10020	0.36%	
5	2	217	2025/05/15	40850	正向	-0.37%	9939	10605	10631	9975	10800	9843	9975	-0.37%	
6	2	223	2025/05/20	41250	正向	0.61%	9739	10291	10631	9680	10800	9843	9680	0.61%	
7	2	231	2025/05/25	41300	正向	0.73%	9916	10465	10631	9843	10800	9843	9843	0.73%	
8	2	246	2025/05/30	40900	正向	-0.24%	9989	10646	10631	10014	10800	9843	10014	-0.25%	
9	2	258	2025/05/34	41700	正向	1.71%	10047	10502	10631	9878	10800	9843	9878	1.70%	
10	2	285	2025/05/40	40900	正向	-0.24%	10023	10682	10631	10047	10800	9843	10047	-0.25%	
<<第 1 轮采集>> 总重系数: 10800 轴数系数: 10000															
序号	批次	编号	时间	速度	总重	方向	总量误差率	速度系数	理论总系数	总重+轴型系数	速度系数理想值	总重系数建议值	轴数系数建议值	速度系数建议值	修正总量误差率
1	1	57	2025/05/06	41000	正向	0.00%	10000	10800	10632	10158	10800(已标定)	9844(已标定)	10133(已标定)	-0.25%	
2	1	175	2025/05/06	41200	正向	0.49%	10000	10747	10632	10108	10800(已标定)	9844(已标定)	10133(已标定)	0.23%	
3	1	66	2025/05/11	41150	正向	0.37%	10000	10760	10632	10120	10800(已标定)	9844(已标定)	10083(已标定)	-0.38%	
4	1	161	2025/05/11	41450	正向	1.10%	10000	10682	10632	10047	10800(已标定)	9844(已标定)	10083(已标定)	0.34%	
5	1	77	2025/05/15	41900	正向	2.20%	10000	10958	10632	9939	10800(已标定)	9844(已标定)	9939(已标定)	-0.01%	
6	1	168	2025/05/21	42950	正向	4.76%	10000	10309	10632	9696	10800(已标定)	9844(已标定)	9696(已标定)	-0.01%	
7	1	92	2025/05/25	42000	正向	2.44%	10000	10543	10632	9916	10800(已标定)	9844(已标定)	9916(已标定)	-0.01%	
8	1	109	2025/05/29	41750	正向	1.83%	10000	10606	10632	9975	10800(已标定)	9844(已标定)	9975(已标定)	-0.01%	
9	1	127	2025/05/34	41450	正向	1.10%	10000	10682	10632	10047	10800(已标定)	9844(已标定)	10047(已标定)	-0.01%	
10	1	145	2025/05/44	41650	正向	1.59%	10000	10631	10632	9999	10800(已标定)	9844(已标定)	9999(已标定)	-0.01%	

表2 4轴参考车辆数据存储电子记录表

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
检定基本信息															
单位名称	检定地点	样品名称	检定日期	生产厂家	准确度等级	车道数	参考重量2	车牌号2	参考重量4	车牌号4	参考重量6	车牌号6	温度	检定员	
唐河县交	毕店镇南	ZOS-40-S	2025年5月	郑州衡量	5级	4	13000	豫A12345	25000	豫A12346	41000	豫A12347	26	机电商6	
检定所使用的主要计量标准器															
序号	名称	测量范围	准确度等级	证书编号	有效期至										
1	砝码	10000kg	1	3443-232	2030年										
2	砝码	54t	M1	20241102											
<<第3轮采集>> 总重系数: 10800 轴数系数: 10150															
序号	批次	编号	时间	速度	总重	方向	总重误差率	速度系数	理论总系数	总重*轴型系数	速度系数理想值	总重系数建议值	轴数系数建议值	速度系数建议值	修正总重误差率
1	3	283	2025/05/10	25150	正向		0.60%	10066	10968	10962	10005	10800	10150	10005	0.60%
2	3	279	2025/05/15	25500	正向		2.00%	10135	10892	10962	9936	10800	10150	9936	2.00%
<<第2轮采集>> 总重系数: 10800 轴数系数: 10150															
序号	批次	编号	时间	速度	总重	方向	总重误差率	速度系数	理论总系数	总重*轴型系数	速度系数理想值	总重系数建议值	轴数系数建议值	速度系数建议值	修正总重误差率
1	2	191	2025/05/6	25100	正向		0.40%	10088	11014	10962	10047	10800	10150	10047	0.40%
2	2	260	2025/05/6	25100	正向		0.40%	10088	11014	10962	10047	10800	10150	10047	0.40%
3	2	198	2025/05/10	25150	正向		0.60%	10066	10968	10962	10005	10800	10150	10005	0.60%
4	2	202	2025/05/15	26150	正向		4.60%	10135	10621	10962	9688	10800	10150	9688	-0.02%
5	2	214	2025/05/19	25300	正向		1.20%	9350	10128	10962	9239	10800	10150	9239	1.20%
6	2	219	2025/05/25	25200	正向		0.80%	9440	10266	10962	9365	10800	10150	9365	0.80%
7	2	224	2025/05/30	25000	正向		0.00%	9583	10505	10962	9583	10800	10150	9583	0.00%
8	2	230	2025/05/35	25200	正向		0.80%	9669	10515	10962	9592	10800	10150	9592	0.80%
9	2	242	2025/05/38	25100	正向		0.40%	9834	10737	10962	9794	10800	10150	9794	0.40%
10	2	253	2025/05/44	25900	正向		3.60%	10300	10898	10962	9941	10800	10150	9941	3.59%
<<第1轮采集>> 总重系数: 10800 轴数系数: 10150															
序号	批次	编号	时间	速度	总重	方向	总重误差率	速度系数	理论总系数	总重*轴型系数	速度系数理想值	总重系数建议值	轴数系数建议值	速度系数建议值	修正总重误差率
1	1	128	2025/05/5	25700	正向		2.80%	10230	10908	10962	9950	10800(已标定)	10150(已标定)	9950已标定	-0.02%
2	1	50	2025/05/6	25350	正向		1.40%	10230	11059	10962	10088	10800(已标定)	10150(已标定)	10088已标定	-0.01%
3	1	58	2025/05/10	25600	正向		2.40%	10308	11035	10962	10066	10800(已标定)	10150(已标定)	10066已标定	-0.01%
4	1	65	2025/05/16	25700	正向		2.80%	10286	10968	10962	10005	10800(已标定)	10150(已标定)	10005已标定	-0.01%
5	1	71	2025/05/19	27000	正向		8.00%	10099	10250	10962	9350	10800(已标定)	10150(已标定)	9350已标定	-0.01%
6	1	79	2025/05/25	25550	正向		2.20%	9649	10349	10962	9440	10800(已标定)	10150(已标定)	9440已标定	-0.02%
7	1	91	2025/05/30	25300	正向		1.20%	9698	10505	10962	9583	10800(已标定)	10150(已标定)	9583已标定	0.00%
8	1	106	2025/05/34	25600	正向		2.40%	9845	10539	10962	9614	10800(已标定)	10150(已标定)	9614已标定	0.00%
9	1	121	2025/05/39	25450	正向		1.80%	10070	10843	10962	9891	10800(已标定)	10150(已标定)	9891已标定	-0.01%
10	1	142	2025/05/42	26150	正向		4.60%	10205	10695	10962	9756	10800(已标定)	10150(已标定)	9756已标定	-0.01%

通过测试，上位机可在100米处的距离与称重仪表进行无线通信，软件采集数据实时、准确。基于仪表的称重数据自动上传机制，软件可同时采集不同车道的称重数据，缩短测试时间，系数自动调试算法能够达到预期效果，数据存储显示无误，系统测试效果达到预期目的。

3 结语

本文利用WIFI数据传输技术实现了非现场执法用动态汽车衡多车道检测数据的实时采集、存储，并能够对总重进行系数调试。使用本智能检测系统，检定人员可远离测试现场，保护人身安全，同时缩短测试时间，提高了检测过程的自动化。

参考文献

- [1] 付政伟, 杨水旺, 苏一鸣等. 基于WiFi通信的室内环境监测系统设计[J]. 电视技术, 2023, 47(7): 39-43.
- [2] 谢红振, 金永贺, 朱俊等. 动态汽车衡智能化检测的研究[J]. 衡器, 2022, 51(07): 33-35.
- [3] 孟庆祝, 冯营伟. 非现场执法超限超载检测系统方案设计探讨[J]. 智能建筑电气技术, 2022, 16(01): 38-42.
- [4] 全国衡器计量技术委员会. JJG907-2006 动态公路车辆自动衡器检定规程[S]. 北京: 中国计量出版

社, 2006.

- [5] 杨玲. 基于最小二乘的动态汽车衡称重数据规律探究[J]. 中国交通信息化, 2021, (S1): 244-245.

作者简介

刘宾武, 男, 河南省郑州人, 河南省计量测试科学研究院, 硕士研究生, 技术工程师。主要从事衡器计量及研究。