

标准轨道衡管理系统设计与实现

□中国铁道科学研究院标准计量研究所

国家轨道衡计量站 彭冲 段小军 何蕾 赵小康 蔡增晖

【摘 要】为提高标准轨道衡对检衡车的检定效率，设计了标准轨道衡管理系统。标准轨道衡管理系统可以对标准轨道衡输送的数据进行自动计算分析，还可以自动出具检定记录和检定证书，减少手工计算误差出错的概率，大大提高检定效率。

【关键词】标准轨道衡；检衡车；管理系统

文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2023）08-0019-06

概述

标准轨道衡是由刀子、刀承、两级传力杠杆、天平杆、油阻尼装置等机械结构，大质量预测传感器、小质量精测传感器、加减码机构，以及台面休止装置等组成，是国内唯一的高准确度等级百吨级标准衡，它是检定检衡车的计量标准。检衡车是用来统一全国工作用轨道衡的计量标准，检衡车在标准轨道衡上称量后获得其质量的标准值，然后使用检衡车检定安装在现场的轨道衡，完成从标准轨道衡到检衡车再到工作用轨道衡的量值传递。标准轨道衡、检衡车和工作用轨道衡的关系如图 1 所示。

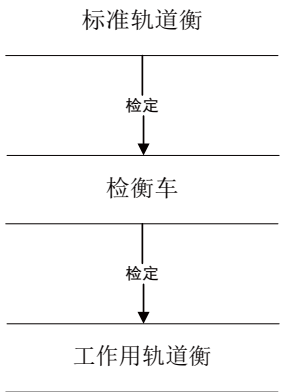


图1 关系图

检衡车有 T_{6FK} 、 T_7 、 T_{6DK} 等多种型式，标准轨道衡对检衡车进行检定时，涉及到的数据较多，手工

计算和记录，影响检定效率，并且历史的检定记录和证书查询也不方便。而本文提到的标准轨道衡管理系统可以很好的解决上述问题，该系统可以对标准轨道衡输送的数据进行自动计算和记录，减少手工计算误差出错的概率，大大提高检定效率。使用标准轨道衡管理系统还可以自动出具检定记录和检定证书，并将涉及的数据存在数据库中方便统计和查询。

1 系统需求分析

功能性需求

标准轨道衡管理系统主要目标是可以控制标准轨道衡并对标准轨道衡输送的数据进行自动计算分析，可以自动出具检定记录和检定证书，可以查询历史检定记录和检定证书。标准轨道衡管理系统满足的功能需求主要有以下几点：

- （1）用户管理，可以对使用系统的用户进行管理。
- （2）权限管理，有不同的角色的用户需要使用此系统，因此必须有完善的权限管理功能，使得不同的角色有不同的权限。
- （3）检定管理，控制标准轨道衡进行称量和休止，并对标准轨道衡输送的数据进行自动计算分析，允许检定员输入与检定相关的其他信息，然后自动出具检定记录和检定证书。
- （4）检定记录和检定证书管理，可以查询和打

印历史检定记录和检定证书。

非功能性需求

标准轨道衡管理系统采用 C/S 架构，需要满足响应速度、易用性和可靠性。

(1) 响应速度。由于采用 C/S 架构，用户通过电脑进行相关操作，数据输入端是标准轨道衡输送数据，系统对于用户操作的响应时间必须满足实时性要求，响应时间小于 3s。

(2) 易用性。系统须提供一个操作简单、界面友好、简洁易用的平台。

(3) 可维护性，通过将各功能需求模块进行合理规划分，满足系统开发人员对系统进行二次开发，快速迭代升级满足业务需求。

2 系统设计

系统总体设计

系统功能模块设计

本系统分为三大功能模块，如图 2 所示。

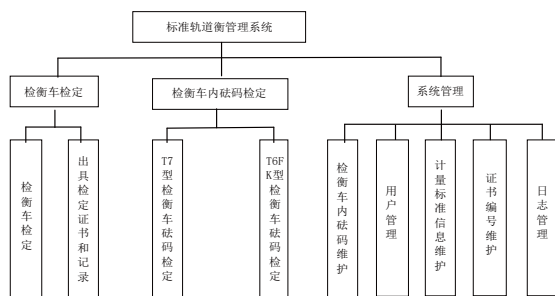


图2 软件功能模块图

(1) 检衡车检定模块

主要为检衡车检定功能，生成 T7 型检衡车、T6FK 型检衡车和 T6DK 型检衡车的检定记录和检定证书功能，以及检衡车检定记录和证书的查询和管理功能。检衡车检定功能，可以将需要检定的检衡车车号，厂段修时间、厂段修单位、换长和温湿度等检定需要的基本信息和检衡车的标准值保存进系统。出具检定记录和检定证书功能，依据检定功能保存的数据，按设计的格式生成不同型式的检衡车的检定记录和检定证书，还支持打印和保存成 Word 版检定记录和检定证书。

(2) 检衡车内砝码检定模块

主要包括生成 T7 型检衡车、T6FK 型检衡车内

的砝码检定记录功能。出具 T7 型检衡车、T6FK 砝码检定记录功能，可以将检定砝码的数据录入系统，按设计的格式生成不同型式的检衡车的砝码的检定记录，还支持打印和保存成 Word 版检定记录。

(3) 系统管理模块

主要包括检衡车内砝码维护、用户管理、计量标准信息维护、证书编号维护和日志管理功能。检衡车内砝码维护功能，维护检衡车内砝码的数量。用户管理功能，主要是对系统用户进行管理包括增加新用户，修改用户信息，查看用户信息、删除不用的账号。计量标准信息维护功能，主要是对检衡车检定过程中涉及到的计量标准考核证书、社会公用计量标准考核证书和电子天平、大质量比较仪、F2 等级砝码、标准轨道衡等标准器的基本信息进行维护，对最终出具的检定证书提供基本信息。证书编号维护功能，可以设置年号以及编号的起始位，对最终出具的检定证书提供连续的证书编号。拥有日志管理权限的人员，可以查看用户的操作记录。

数据库设计

标准轨道衡管理系统使用 MySQL 数据库，数据库主要包括用户信息、标准器信息、用户操作记录、检衡车检定记录、检衡车内砝码检定记录、证书编号记录等。

信息和系统基本数据等内容，数据库列表见表 1 所示。

表1 数据库列表

表名	记录内容
用户表	用户基本信息
标准器和计量标准证书信息表	标准器和计量标准证书信息
检衡车检定记录表	检衡车检定涉及到的信息
检衡车内砝码检定记录表	砝码检定涉及到的信息
证书编号记录表	设置的证书编号相关信息
日志表	用户操作记录信息

安全设计

本系统需要满足安全性要求，所以在以下几个方面加强系统安全性：

(1) 用户认证

系统采用用户名 + 密码 + MAC 地址方式验证用户身份。

(2) 日志与操作记录管理

系统可以记录每一个用户的登录信息，以及用户进入系统后的每一步操作，便于发现异常操作后，追踪到用户。

检衡车检定

检衡车型式多样，有 T7、T6FK 和 T6DK 型检衡车。T7 和 T6FK 型检衡车内配有 M12 等级和 M1 等级砝码，检定时需要检定车内砝码和检衡车空车。T6DK 型检衡车无砝码，只需对整车进行检定。检衡车的检定流程如图 3 所示。

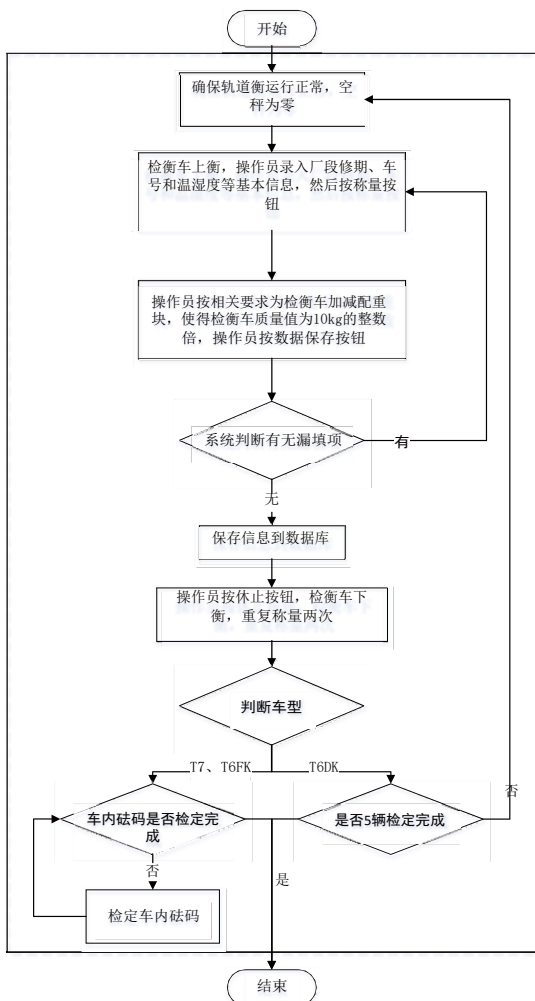


图3 检定检衡车流程图

(1) 检查标准轨道衡运行是否正常。清零后，使标准轨道衡处于休止状态。

(2) 将检衡车牵引至标准轨道衡台面上指定位置，操作人员录入检定员、厂段修期、车号和温湿度等基本信息，然后点击称量按钮，标准轨道衡称

量检衡车。

(3) 待标准轨道衡显示值稳定后，按 JJG 567《轨道衡检衡车》的要求，将检衡车质量值调整为 10kg 的整数倍，操作人员点击数据保存按钮，系统自动判断有无漏填项如果有漏填项系统给出提示，操作人员将缺少的信息补齐，如没有漏填项将之前填的信息以及检衡车的检定值等信息保存到数据库中。

(4) 操作人员按休止按钮，检衡车被牵引出标准轨道衡台面之外。

(5) 重复 (1) ~ (4) 除了调整质量值之外的所有操作两次

(6) 如果刚才称量的是 T7、T6FK 型检衡车，则需要判断检衡车内砝码是否完成检定，如果车内砝码已经完成检定，则此辆检衡车的检定工作完成，可以出具检定证书和检定记录。如果刚才检定的检衡车是 T6DK 型检衡车，则需要判断这一组检衡车是否都检定完毕，如果都检定完毕，则此组检衡车检定完毕，可以出具检定证书和检定记录。

出具检定证书和记录

T₇ 和 T_{6FK} 型检衡车内配有 M12 等级和 M1 等级砝码，检定时需要检定车内砝码和检衡车空车，因此在出具检定证书时需要有检衡车内砝码的检定数据以及检衡车空车的检定数据。T₇ 和 T_{6FK} 生产的时间不同，T₇ 是 T_{6FK} 的升级版，T₇ 与 T_{6FK} 中的砝码数量不同，因此在出具检定证书和检定记录时在不同的界面。T_{6DK} 型检衡车无砝码，只需对整车进行检定，T_{6DK} 型检衡车往往是五辆连挂检定轨道衡，因此出具 T_{6DK} 型检衡车的检定证书和检定记录时，需要五辆检衡车的检定数据，T_{6DK} 证书的出具也在单独的界面。

拥有出具检定证书和记录权限的操作人员，首先需要确定检衡车类型，然后进入不同的页面，依据检定功能保存的数据，按设计的格式生成检衡车的检定证书和检定记录，还支持打印和保存成 Word 版检定证书和检定记录。

检衡车内砝码检定模块

T7 型检衡车砝码检定

从 2002 年到现在一共生产过三批 T₇ 型检衡车，不同批次的检衡车的车内砝码和砝码小车不

同。这三个批次可以根据车号区分，三个批次的T₇型检衡车的车号分别为8066800~8066800819、8066820~8066849 和 8066850~8066865。拥有此权限的操作人员可以在此界面中输入车号，系统自动调出本车号的砝码组成列表，操作人员将检定日期、温湿度和砝码的检定数据录入系统，系统自动保存数据，并可以按此数据，以设计的格式生成检定记录，还支持打印和保存成 Word 版检定记录。

T6FK 型检衡车砝码检定

拥有此权限的操作人员可以在此界面中输入车号，系统自动调出本车号的砝码组成列表，操作人员将检定日期、温湿度和砝码的检定数据录入系统，系统自动保存数据，并可以按此数据，按设计的格式生成检定记录，还支持打印和保存成 Word 版检定记录。

系统管理模块

检衡车内砝码维护

拥有此权限的操作员，可以调整检衡车内砝码的数量和编号，为出具检定记录提供基本信息。

用户管理

拥有用户管理权限的人员对系统用户进行管理，包括对系统用户进行添加，删除，修改等操作。用户忘记密码之后，可以让管理员重置为默认密码。

(1) 新建用户

拥有此权限的管理者可以新建用户。

(2) 修改

此功能模块用于修改用户信息，拥有此权限的管理者可以修改用户信息。

(3) 取消

拥有此权限的管理者可以取消（逻辑删除）管理范围内的用户信息，改变（是否允许登录）字段的当前状态。

(4) 删除（物理删除）

拥有此权限的管理者可以删除（物理删除）管理范围内的用户信息。

计量标准信息维护

拥有此权限的操作员可以修改计量标准考核证书、社会公用计量标准考核证书信息，修改电子天平、大质量比较仪、F2 等级砝码、标准轨道衡等标

准器信息，对最终出具的检定证书提供计量标准证书信息和计量标准器信息。

证书编号维护

拥有此权限的操作人员，可以修改年号，证书编号的起始位，为自动生成检定证书编号提供基本信息。

日志管理

从用户登录开始，记录用户在系统中的每一步操作。拥有日志管理权限的人员，可以查看所有用户的操作记录。

3 系统实现与测试

系统实现

用户可以使用检衡车检定功能对检衡车进行检定，图 4 为检衡车检定界面。用户可以点击称量按钮和休止按钮控制标准轨道衡的称量和休止。检衡车称量结束后，用户可以点击数据保存按钮，将检定信息保存到数据库。



图4 检衡车检定界面

检衡车检定结束后，用户可以使用出具检定证书和记录功能，在此界面用户可以调出之前检定检衡车的数据，点击证书按钮出具检定证书，点击记录按钮出具检定记录。如图 5 所示为 T6DK 型检衡车出具检定证书和记录界面。



图5 T_{6DK} 型检衡车出具检定证书和记录界面

用户可以在砵码检定记录界面，出具砵码检定记录，图6为T7型检衡车（8066800~8066819）砵码检定记录界面。



图6 T7型检衡车（8066800~8066819）砵码检定记录界面

用户可以使用计量标准信息维护功能维护标准轨道衡标准装置信息，对最终出具的检定证书提供计量标准证书信息和计量标准器信息，图7为计量标准信息维护界面。

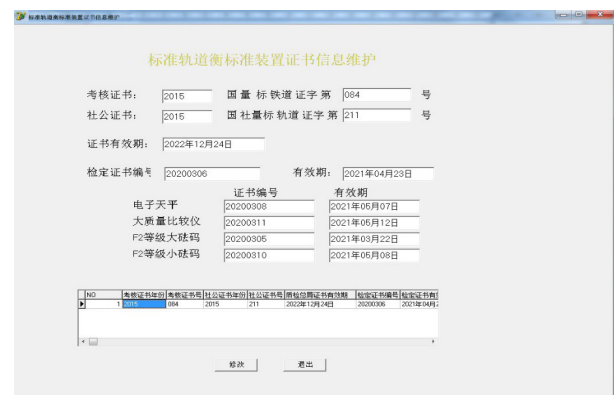


图7 计量标准信息维护界面

系统测试

测试方案

（1）测试目标

本系统测试目标为：满足系统预期定义的功能性需求与非功能性需求。

（2）测试范围

本系统的测试范围覆盖所有功能点，即：检衡车检定模块（检衡车检定、出具检定证书和记录）、检衡车内砵码检定模块（T7型检衡车砵码检定、T6FK型检衡车砵码检定）、系统管理模块（检衡车内砵码维护、用户管理、计量标准信息维护、证书编号维护、日志管理）。对这些功能模块进行详尽测试。在功能符合预期的情况下，继续测试这些功能模块

在性能方面的表现。

（3）测试方法

本系统的测试主要使用黑盒测试，重点使用边界值分析法测试极端输入情况下系统运行情况。

（4）测试环境

测试环境包含硬件环境和软件环境。硬件配置如表2所示：

表2 硬件配置表

核心部件	参数
CPU	Intel 酷睿 i5 2400
内存	8G
硬盘	2T

软件环境如表3所示：

表3 软件环境表

核心部件	参数
操作系统	Windows10
数据库	MySQL 5.6

系统功能测试

功能测试可以检验系统功能的运行是否按照期望进行，本文对系统实现的9个具体的子功能进行功能测试，所有功能均可以正常使用，检衡车检定是本系统的核心功能，本文仅展示检定、出具检定证书和记录的测试情况，其余测试步骤不再赘述。

（1）检定

检定功能包含点击称量按钮后标准轨道衡进入称量状态，点击休止按钮后标准轨道衡进入休止状态，有漏填项目按数据保存按钮系统有提示。检定测试用例如表4所示。

表4 检定测试用例表

测试用例	预期结果	实际结果
点击称量按钮	标准轨道衡进入称量状态	符合预期
点击休止按钮	标准轨道衡进入休止状态	符合预期
不填厂修期，点击数据保存按钮	系统提示未填写厂修期保存失败	符合预期

（2）出具检定证书和记录

出具T7型检衡车、T_{6FK}型检衡车和T_{6DK}型检衡车的检定记录和检定证书在不同的界面。操作员在相应界面点击证书按钮，系统自动将之前保存的信息以及从数据库中保存的标准器信息导入到预先设

计好的 Word 模板中，生成 Word 版的检定证书。操作员在相应界面点击记录按钮，系统自动将之前保存的信息以及从数据库中保存的标准器信息导入到

预先设计好的 Word 模板中，生成 Word 版的检定记录。出具检定证书和记录测试用例如表 5 所示。

表5 出具检定证书和记录测试用例表

测试用例	预期结果	实际结果
在T _{6DK} 型检衡车出具证书和记录界面操作员点击证书按钮	生成Word 版的检定证书，其格式与设计的模板一致，并且其中的信息与数据库一致	符合预期
在T _{6DK} 型检衡车出具证书和记录界面操作员点击记录按钮	生成Word 版的检定记录，其格式与设计的模板一致，并且其中的信息与数据库一致	符合预期
在T _{6FK} 型检衡车出具证书和记录界面操作员点击证书按钮	生成Word 版的检定证书，其格式与设计的模板一致，并且其中的信息与数据库一致	符合预期
在T _{6FK} 型检衡车出具证书和记录界面操作员点击记录按钮	生成Word 版的检定记录，其格式与设计的模板一致，并且其中的信息与数据库一致	符合预期
在T7 型检衡车出具证书和记录界面操作员点击证书按钮	生成Word 版的检定证书，其格式与设计的模板一致，并且其中的信息与数据库一致	符合预期
在T7 型检衡车出具证书和记录界面操作员点击记录按钮	生成Word 版的检定记录，其格式与设计的模板一致，并且其中的信息与数据库一致	符合预期

系统非功能测试

系统非功能测试，主要是进行系统性能测试。

表 6 罗列了几个用户常用功能请求的测试结果：

表6 性能测试结果表

测试用例	响应时间
操作员点击称量按钮	1s
操作员点击休止按钮	1s
操作员点击数据保存按钮	2s
操作员点击证书按钮	2
操作员点击记录按钮	2s

分析上表结果可知，系统几个常用功能的响应时间均在 3s 以内，满足用户对实时性的要求。

测试结论

根据测试方案，对系统的三个主要模块：检衡车检定模块、检衡车内砝码检定模块和系统管理模块进行详尽的功能性测试和非功能性测试。测试结果符合预期，各个模块功能正常，运行良好，能上线使用。

5 结论

轨道衡是保证国内和国际间贸易结算公平公正

的重要设备。检衡车是确保轨道衡的称量数据准确可靠的重要计量器具，因此检衡车的检定关系着轨道衡的应用。建设标准轨道衡管理系统，将会进一步提高检衡车的检定工作效率，更好地确保轨道衡称量值准确可靠，为国内和国际间贸易结算保驾护航。

参考文献

- [1] JJG 567—2012 轨道衡检衡车 [S].
- [2] JJG 234—2005 标准轨道衡 [S].
- [3] 彭冲, 李学宝, 安爱民, 周永贵等. 轨道衡检定证书管理系统设计与实现 [J]. 铁道技术监督, 2019,47(09):10—13.

作者简介

彭冲（1991—），男，河北省石家庄晋州市人，管理学硕士，现工作于中国铁道科学研究院标准计量研究所国家轨道衡计量站，从事力学计量工作。