

文章编号:1005-0523(2015)06-0020-07

南昌地铁 1 号线车辆检修库安全联锁系统研究

杨文锐¹, 王孔明², 乔海洋³

(1.南昌轨道交通集团有限公司,江西 南昌 330000;2.中铁二院工程集团有限责任公司,四川 成都 610031;
3.中车长春轨道客车股份有限公司,吉林 长春 130062)

摘要:简述南昌地铁 1 号线车辆检修库工艺设计情况,对该库安全联锁风险进行分析。针对安全联锁风险,提出基于安全联锁监控系统的解决方案。最后研究确定了系统的构成、主要功能、电气连锁方案和主要设备接口。

关键词:地铁;车辆;定修;安全联锁

中图分类号:U291

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2015.06.004

国内地铁车辆段一般将定修线、临修线合并设置为定临修库,静调线单独设为静调库。在南昌地铁 1 号线车辆段设计过程中,结合专家评审意见经研究取消了单设的静调库,利用两条定修线中的 1 条兼做静调线,将 1 条定修线(兼静调线)、1 条定修线、1 条临修线合并设置为车辆综合检修库(下面简称“综合库”),尚属国内首次尝试。

采用综合库设计大幅节省了工程投资并节约了土地资源,但综合库承担的定修、临修、静调 3 种功能易互相冲突,易引起作业人员和设备安全事故,带来复杂的安全连锁问题;因此,有必要对综合库安全联锁进行研究。

1 综合库工艺设计概况

南昌地铁 1 号线是南昌地铁线网中首条骨干线,计划 2015 年年底开通试运营,采用 B 型车 6 辆编组、DC 1 500 V 架空接触网授电方式,设 1 处瑶湖车辆段和 1 处蛟桥停车场。其中,瑶湖车辆段承担全线配属列车的定修、临修任务,部分列车的双周/三月检、停车/列检任务;蛟桥停车场承担部分列车的双周/三月检、停车/列检任务。

1.1 检修工作量和设计规模

根据南昌地铁 1 号线行车组织设计,计算了检修工作量^[2],如表 1 所示。根据表 1 远期定修需求为 1.1 列位,向上取整按 2 列位设计,但存在能力较大浪费。静调需设计 1 列位,如果按常规设计则静调库尺寸一般为 9 m×156 m,库内设 1 条 156 m 长的静调线(整体道床)。考虑到定修线设备设施与静调相差不大,且定修能力富裕较大,因此取消单设的静调库,对其中 1 条定修线进行适应改造后兼做静调线,可以大幅节约工程投资。将定修线(其中 1 条兼静调线)、临修线合并设置为综合库,确定的瑶湖车辆段综合库设计规模为 1 条定修兼静调线,1 条定修线,一条临修线。

收稿日期:2015-09-12

作者简介:杨文锐(1978—),男,工程师,主要研究方向为城市轨道交通运营管理。

表 1 检修工作量计算表
Tab.1 Maintenance capacity calculation

项 目		初 期	近 期	远 期
运用车+备用车/列		23	34	60
配属车/(列·辆 ⁻¹)		26/156	38/228	67/402
全年列车行车里程/万 km		359.5	450.4	767.7
全年检修任务量 (/列·年 ⁻¹)	定 修	18.0	22.5	38.4
	三月检	95.9	120.1	204.7
	双周检	599.1	750.6	1 279.6
检修列位 /列位	定 修	0.69	0.86	1.10
	三月检	0.92	1.15	1.96
	双周检	1.43	1.79	3.06

1.2 综合库工艺设计

综合库库长 156 m,宽 25 m,库内设临修线 1 列位、定修线 1 列位、定修兼静调线 1 列位,设 10 t 桥式起重机 1 台、2 t 桥式起重机 1 台。临修线为了方便临修架车,设 1 组固定式地下架车机组(架 1 单元车)。定修线、定修兼静调线为架空股道,定修兼静调线两侧设低地面,定修线一侧设宽检查坑。定修线、定修兼静调线之间设置双层作业平台(包括中间作业平台、车顶作业平台),并在车顶对侧设置车顶护栏;定修静调线靠墙一侧设置中间作业平台如图 1,图 2 所示。

临修线、定修线不挂设接触网,定修兼静调线设有侧移式接触网便于列车升弓静调。当接触网不工作时收回到靠墙非工作位并断电;当静调需要升弓测试时,接触网摆动 90°到定修兼静调线正上方工作位,然后操作接触网隔离开关闭合,接触网则通电。当需要定修作业时,作业人员需要通过定修线与定修兼静调线之间设置的车顶作业平台到车顶进行作业,为了确保人员安全,设置了门禁系统。

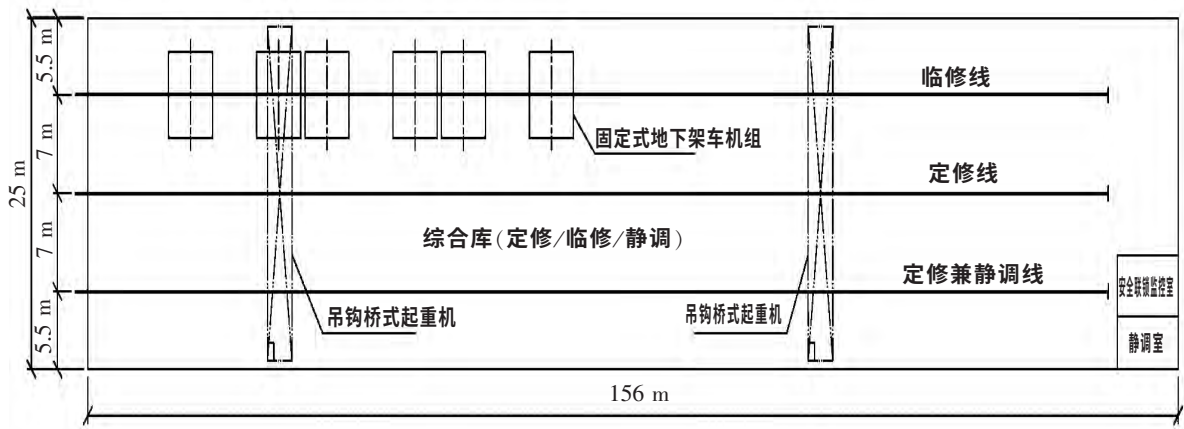


图 1 综合库平面布置示意图
Fig.1 Compositive workshop plane layout

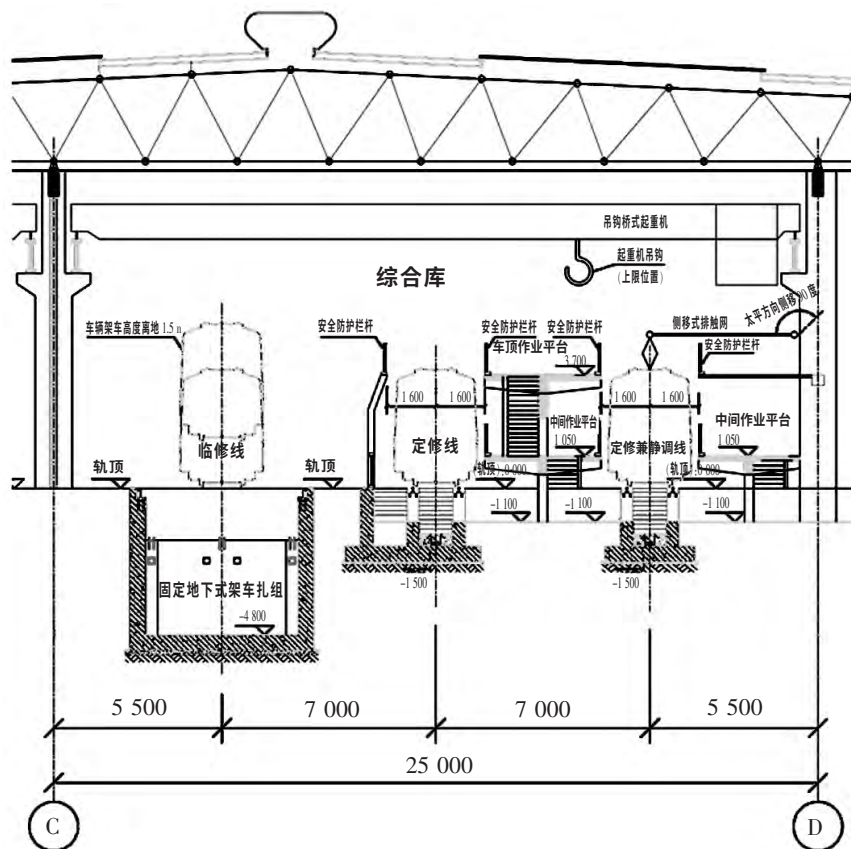


图 2 综合库剖面图

Fig.2 Composite workshop section plan

2 安全风险及安全联锁关系

2.1 安全风险

采用综合库设计模式在国内是一个创新,虽然减少了房建和占地规模、节省了工程投资,但引起较复杂的安全联锁问题。经研究分析,主要存在以下安全风险:

1) 起重机与侧移式接触网之间的安全风险。起重机工作时,吊钩容易触碰处于工作位的接触网,此时接触网带电,易导致起重机操作人员触电。

2) 侧移式接触网与车顶人员作业安全风险。当作业人员通过车顶平台登顶开展定修作业时,存在触碰正处于工作位时的侧移式接触网而触电的风险。

2.2 安全联锁关系

通过前面的安全风险分析,存在以下安全联锁关系:

- 1) 接触网工作时,人不得上平台,且起重机不得启动;
- 2) 起重机工作时,接触网应锁定在非工作位,接触网隔离开关断开;
- 3) 接触网工作时,人不得上车顶平台;
- 4) 人在车顶作业时,接触网应锁定在非工作位,接触网隔离开关断开。

3 安全联锁监控系统方案

针对安全联锁关系,研究在综合库内设置综合库安全联锁监控系统,通过对侧移式接触网、接触网隔离开关、门禁、起重机等进行联锁控制,实现作业安全联锁,确保作业人员和设备安全。在综合库内尾端设置安全联锁监控室,由值班人员对现场监控,并操作安全联锁监控系统控制终端实现安全联锁。



图 3 综合库安全联锁系统安装布置图

Fig.3 Installation layout for the safety interlock system of composite workshop

3.1 系统构成

安全联锁监控系统以 PLC 网络控制系统为核心,主要由计算机控制与显示单元、门禁控制单元、安全警示单元和视频监控单元等部分构成。

3.1.1 PLC 网络控制系统

定修线、定修兼静调线分别设计一组以 PLC 为核心控制器的电气控制柜。PLC 根据输入量的各种不同组合状态控制 LED 有无电显示屏、作业门指示灯、黄色闪烁警示灯等设备的状态,各股道 PLC 子站的状态通过通讯总线和安全联锁监控室的 PLC 主站进行通讯,PLC 主站和操纵台的计算机进行通讯,在计算机上实时显示各股道的状态。

3.1.2 计算机控制与显示单元

在安全联锁监控室设有计算机控制与显示单元,利用工控软件的工程浏览器开发的控制界面在运行后显示窗口可显示出下列内容:

- 1) 接触网是否带电;
- 2) 车顶平台作业门指示灯状态;
- 3) 工位切换按钮。

界面设计客观显示现场情况,通过界面可以一目了然地观察到库房内各股道检修台位的情况。各股道可以用屏幕上的按钮进行切换。

3.1.3 门禁控制单元

进出车顶作业平台两端的作业门上各设 1 套门禁装置。各作业门处设红、绿两色指示灯,红色指示灯亮表示禁止作业人员通过作业门,同时,门禁装置电磁锁自动锁闭作业门;绿色指示灯亮表示允许作业人员进出作业门,门禁装置自动解锁作业门处的电磁锁,作业人员通过刷卡可以进出作业门,确保每次只能通过一个人,此信息通过通讯总线输入到安全联锁监控室计算机进行记录。

3.1.4 安全警示单元

系统设有安全警示子系统,以声、光的形式对作业人员进行安全提示,具体构成及功能如下:

- 1) 黄色闪烁警示灯。在车顶作业平台上的黄色闪烁警示灯,用于警示尚滞留在作业平台上的作业人员迅速撤离。接触网隔离开关闭合前,按下警示灯启动按钮,警示灯闪烁 30 s 后自动停止。
- 2) LED 显示屏。在定修兼静调线车顶作业平台两端合适位置设表示接触网通电状态的 LED 显示屏,用

于对作业人员进行安全警示,以红色“有电”和绿色“无电”显示接触网是否有电。接触网开关断开时,LED 显示屏显示绿色“无电”两个字,接触网开关闭合时,LED 显示屏显示红色“有电”两个字。

3) 作业指示灯。设在车顶平台作业门处,红色指示灯亮表示禁止作业人员通过作业门,同时,门禁装置电磁锁自动锁闭作业门;绿色指示灯亮表示允许作业人员打开作业门,门禁装置自动解锁作业门处的电磁锁,作业人员通过刷卡后可以进出作业门。

4) 广播。库内设广播系统,用于库内进车、接触网通电前的提示或其它广播通知。

5) 无线对讲机。用于作业人员及时沟通信息,每列位配置无线对讲机 2 台。

3.1.5 视频监视单元

为便于安全联锁监控室值班人员及时掌握库内作业状态,系统通过多路快速球型摄像机及枪型摄像机对库内双层作业平台及车顶人员动态、车辆进出库情况进行实时监视,并在安全联锁监控室通过液晶大显示屏实时分屏监视。系统具有视频信息的储存、浏览功能。

3.2 系统设备主要功能

1) 系统主机。系统主机(工控机)配置——Intel 双核处理器,主频大于 1 200 MHz/内存容量 1 G/硬盘容量 80 G,显示器类型:21 英寸液晶显示器;其他配置:100 M 网卡/USB 口/键盘/鼠标;电源:三相五线制,AC380 V,设备功率不大于 8 kW。

2) LED 显示屏。供电电源:AC220V $\pm$ 10%;外形尺寸:不大于 700 mm(长) $\times$ 400 mm(宽);显示距离:不小于 150 m。

3) PLC(可编程控制器)。输入输出点数:256 点(扩展并用);运算处理速度:基本指令 0.08 μ s/指令。

4) 摄像头。高速一体化球型摄像机(库外)为全天候外悬吊式日/夜型摄像机,嵌墙安装,230VAC,18 倍光学变焦,彩色转黑白,昼夜转换,带加热器和风扇;高速一体化球型摄像机(库内)为悬吊式彩色球型摄像机,吊杆式悬挂,4VAC,18 倍光学变焦,彩色转黑白,昼夜转换;枪型摄像机为 10 倍光学变焦。

5) 液晶显示大屏。规格:36 英寸 LED。

4 电气联锁方案

安全联锁监控系统与各设备之间的电气联锁方案设计如下:

1) 侧移式接触网摆出到工作位、接触网隔离开关闭合的联锁方案,如图 4 所示。

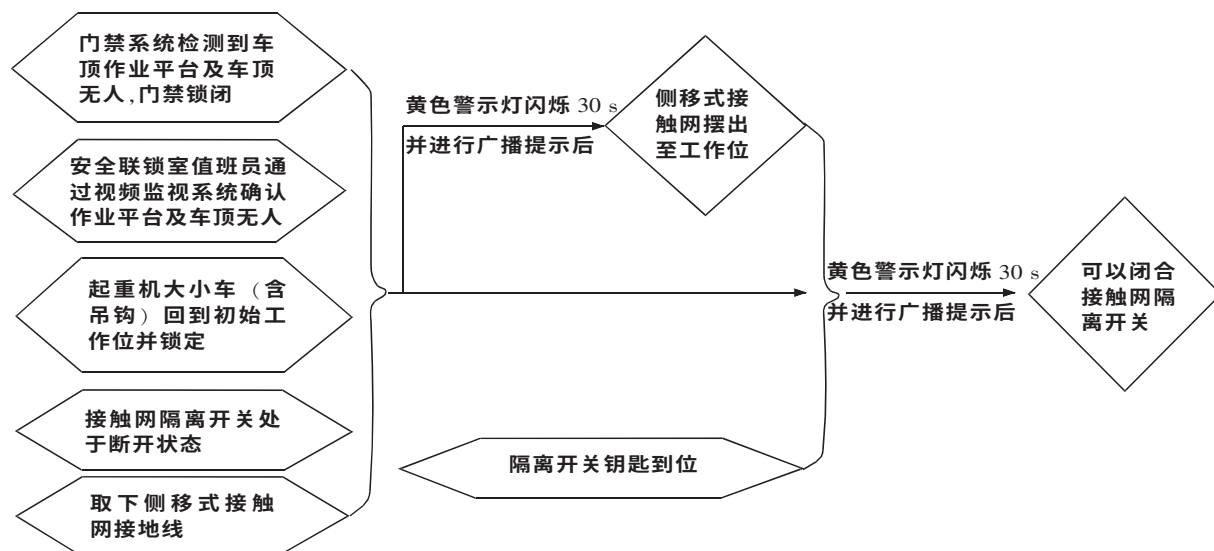


图 4 侧移式接触网-接触网隔离开关连锁方案

Fig.4 Interlock plan for overhead contact system(ab. OCS) and OCS isolating switches

2) 接触网隔离开关闭合与作业门指示灯、门禁、LED 屏、起重机的联锁方案,如图 5 所示。

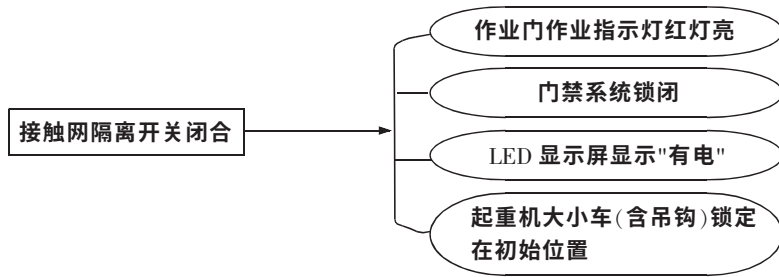


图 5 接触网隔离开关-门禁-LED 屏-起重机连锁方案

Fig.5 Interlock plan for OCS isolation switches- access control system-LED screen-crane

3) 接触网摆回至非工作位、接触网开关分闸与 LED 屏、门禁、作业指示灯、起重机的联锁方案,如图 6 所示。

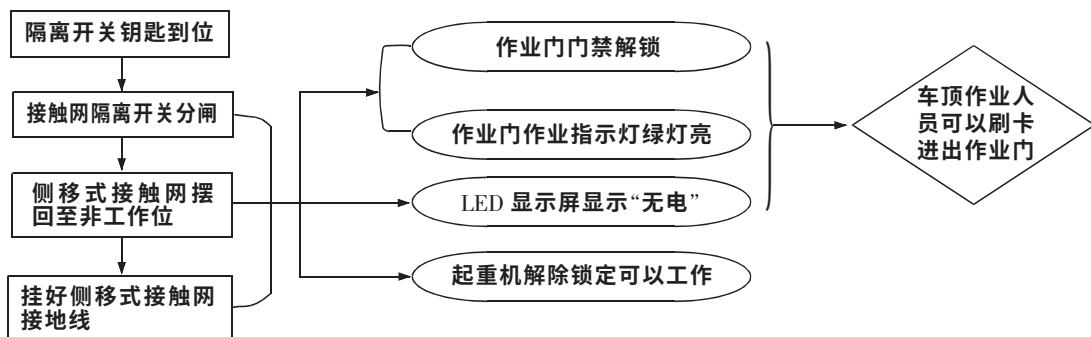


图 6 接触网-隔离开关-门禁-起重机等连锁方案

Fig.6 Interlock plan for OCS-OCS isolating switches- access control system-crane

4) 起重机工作状态与侧移式接触网、接触网隔离开关联锁方案,如图 7 所示。

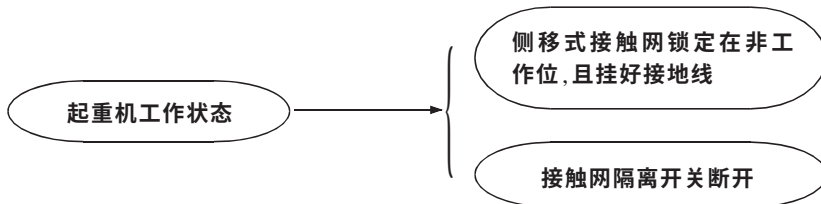


图 7 起重机-隔离网开关连锁方案

Fig.7 Interlock plan for crane and OCS isolating switches

5 主要设备接口

1) 双层作业平台。双层作业平台应配套提供安全作业门,并预留安装门禁锁的位置。

2) 接触网开关柜。接触网开关柜应向安全联锁监控系统提供:接触网开关分闸到位的干接点信号,即开关分闸到位时,此接点闭合;接触网开关合闸到位的干接点信号,即开关合闸到位时,此接点闭合。

3) 侧移式接触网。侧移式接触网系统需要向安全联锁监控系统提供:接触网摆到工作位的干接点信号,及接触网到工作位时,此接点闭合;接触网摆回到非工作位的干接点信号,即接触网摆回至非工作位时,该接点闭合。侧移式接触网系统控制电源受安全联锁监控系统控制,即安全联锁监控系统提供的无源干接点闭合时,本设备方可动作。

4) 起重机。桥式起重机为安全联锁监控系统提供大、小车(含吊钩)在初始位的一个总的干接点信号,即当大、小车(含吊钩)都在初始位时,该接点闭合。桥式起重机控制电源受侧移式接触网控制,即侧移式接触网提供的无源干接点闭合时,起重机方可动作。

6 结束语

取消单独设计的静调库,将定修兼静调线与临修线合并设计成综合库,在国内是一个新的尝试。目前,供货商正按设计的安全联锁系统方案进行设备安装、调试,待南昌地铁 1 号线于 2015 年年底开通进行进一步的运营检验,届时根据运营反馈意见进一步改进。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.GB 50157-2013,地铁设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [2] 南昌地铁 1 号线瑶湖定修库施工图设计工艺设计图册[Z].南昌:中铁二院工程集团有限责任公司,2013.
- [3] 傅八路.动车组检修库活动接触网研制方案与工艺[J].交通科技,2009(3):118-120.
- [4] 张建昭.宁波地铁车辆段检修作业安全联锁管理系统[J].电气化铁道,2015(2):40-42.
- [5] 熊亮,张锴.一种新型接触网开关综合监控系统的设计与实现[J].华东交通大学学报,2012,(4):86-91.
- [6] 张龙,姜连青.安全联锁控制系统在青岛动车所的应用[J].铁道标准设计,2008(11):102-104.
- [7] 林知明,陈兴锋,林响.基于移动终端的供电设备跟踪管理系统[J].华东交通大学学报,2014,31(1):44-49.
- [8] 黄颖.南昌轨道交通消防安全管理的思考[J].华东交通大学学报,2014,31(3):74-79.
- [9] 刘举平,余为清,叶江陵.铁路作业库进出路自动信息提示系统设计[J].华东交通大学学报,2012,29(6):61-64.

Study on the Safety Interlock System of Vehicle Maintenance Workshop of Nanchang Metro Line 1

Yang Wenrui¹, Wang Kongming², Qiao Haiyang³

(1.Nanchang Rail Transit Group Co., Ltd., Nanchang 330000,China; 2.The 2nd China Railway Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031,China;3.CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., Changchun130062,China)

Abstract: The process design of vehicle maintenance workshop of Nanchang metro line 1 is generally introduced. The safety interlock risks in vehicle maintenance workshop are analyzed. Aiming at the safety interlock risk, solutions based on the safety interlock monitoring system is proposed. Finally, the system composition, the main function, the electrical interlock plan and the main interface are studied and determined.

Key words: metro; vehicle; periodical repair; safety interlock

(责任编辑 姜红贵)