



## ZDJ9 型道岔试验器的研制

课题类型：创新型

小组名称：维管项目部QC小组

申报单位：通号工程局集团有限公司天津分公司

2018年12月

# 目录

一、背景.....	1
二、小组概况.....	1
三、课题选择.....	3
四、设定目标及目标可行性分析.....	6
五、提出方案并确定最佳方案.....	8
六、制定对策表.....	14
七、对策实施.....	14
八、效果检查.....	24
九、标准化.....	26
十、总结及下一步打算.....	28

## 一、背景

伴随着社会经济的快速发展和城市化进程的日益加快，大中城市人口增加，交通压力增大，城市地铁成为缓解交通压力，提高人们出行效率的一种最有效手段，地铁列车每天出入库及运行方向的改变都需要道岔动作来实现，它将直接影响地铁列车运营安全，也是保证地铁列车正点发车的关键设备。



图 1 网络图

制图人：李蓓蓓

制图时间：2018 年 5 月 1 日

## 二、小组概况

表 1 小组成员一览表

小组名称	维管项目部 QC 课题小组				小组人数	7 人	
课题名称	ZDJ9 型道岔试验器的研制				课题类型	创新型	
注册日期	2016 年 1 月				小组注册号	CRSCE-TJFGS-WGXMB	
活动时间	2018 年 5 月 1 日至 2018 年 10 月 30 日				课题注册号	CRSCE-TJFGS-WGXMB-03	
小组成员简介							
小组成员	姓名	性别	年龄	文化程度	组内职务	职务	组内分工
	王东升	男	52	本科	组长	经理	全面组织管理 现场实施
	张鹏	男	26	专科	组员	项目总工	课题选择 技术管理
	李雪娇	女	27	专科	组员	项目技术员	设定目标及目标可行性分析 对策实施
	刘志忠	男	35	专科	组员	综合事物	提出方案并确定方案 对策实施
	杨大闯	男	51	专科	组员	项目工程师	制定对策表 对策实施

	李奎军	男	49	专科	组员	安全工程师	目标检查
	李蓓蓓	女	27	专科	组员	项目技术员	现场资料管理 标准化以及总结
QC 培训时间	所有成员均接受了 80 小时以上的 QC 培训						
培训出勤率	100%						
制表人：李蓓蓓				制表日期：2018 年 5 月 1 日			

小组研制的地铁信号机故障测试器、地铁维修视频管理系统，在维护中推广应用，取得了良好的经济效益，并获全国工程建设优秀 QC 小组活动成果二等奖。

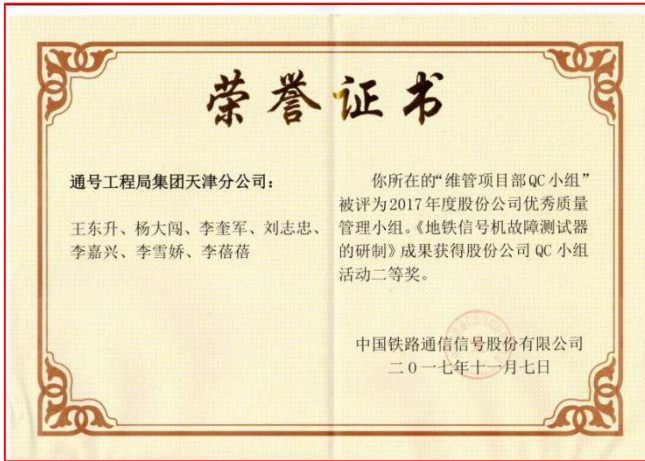


图2 小组获奖证书

制图人：李蓓蓓

制图时间：2018 年 5 月 2 日

表 2 小组活动计划表

阶段	项目	2018					
		5月1日-5月31日	6月1日-6月30日	7月1日-7月31日	8月1日-8月31日	9月1日-9月30日	10月1日-10月31日
P	选择课题	→					
	设定目标及目标可行性分析		→				
	提出方案并确定最佳方案			→			
	制定对策表				→		
D	对策实施				→		
C	效果检查					→	
A	标准化						→
	总结及下一步打算						→
计划进度		→					
				制表人：李蓓蓓		制表日期：2018年5月3日	

### 三、课题选择

#### 1. 需求分析

我项目部成立于 2015 年 1 月，负责天津地铁 1、2、3 号线信号系统的运营维护，由于道岔是直接影响地铁列车运营安全的关键设备，项目部为 3 条地铁线各配备了一组专业人员进行检修维护。

1、2、3 号线道岔为单机牵引方式，每组道岔由一台 ZDJ9 型道岔转辙机控制，需要维护的道岔转辙机数量分别为：1 号线 78 台，2 号线 59 台，3 号线 46 台，2018 年 4 月份地铁 5 号线试运行，天津轨道集团将信号系统的维护任务交于我项目部，5 号线道岔为双机牵引方式，每组道岔由两台 ZDJ9 型道岔转辙机同时控制，共 132 台，需要维护的数量成倍增加。项目部领导高度重视，迅速组建一组技术过硬、经验丰富的专业人员负责 5 号线道岔转辙机的检修维护。

天津轨道集团要求我项目部以半月为周期进行轮检，每天检修时间在列车收车后的 00:30-03:30 之间，在这 180 分钟内，检修人员需要对道岔转辙机完成拉力测试、电气特性测试、机械测试。在新承接 5 号线 132 台道岔转辙机的检修任务后，能否按天津轨道集团的要求完成轮检，是摆在我项目部面前的一个难题。

检修流程为：第一步进行拉力测试，第二步进行电气特性测试，第三步进行机械测试，第四步试验，然后在进行卫生清扫，并行进至下一组道岔转辙机进行检修。



图3 现场检修

制图人：李蓓蓓

制图时间：2018年5月4日

2018年5月7日晚，小组成员对1号线检修班组检修用时进行跟踪调查（单位：分钟），如下表：

表3 检修用时统计表

	拉力测试	电气特性测试	机械测试	试验	其他 (清扫+ 路程)	合计
	测试	测试	测试	室内外位置核对		
第1组	6.2	7.4	8.2	2.4	5	29.2
第2组	6.6	7.1	8.8	2.6	4	29.1
第3组	6.6	7	9	2.2	4	28.8
第4组	6.2	6.8	8.2	2	4.8	28
第5组	6.6	7	8.4	2.2	4	28.2
第6组	6.2	7	8.4	2.4	4	28
平均用时	6.4	7.05	8.5	2.3	4.3	28.55
制表人：李蓓蓓		制表日期：2018年5月7日				

由上表可知，检修一台道岔转辙机平均用时 28.55 分钟，每天检修  $(180/28.55) \approx 6$  台转辙机，5 号线道岔转辙机 132 台，需要  $132/6=22$  天 **>15 天，不能在 15 天周期内完成轮检。**

小组成员对检修用时最短的第6组道岔用时进行了深入分析（单位：分钟），见下表：

表4 第6组道岔检修用时统计表

组别	拉力测试		电气特性测试		机械测试		试验	其他 (清扫+ 路程)	合计
	测试	室内外 联系	测试	室内外 联系	测试	室内外联 系	室内外位 置核对		
第6组	3	3.2	3.8	3.2	5.2	3.2	2.4	4	28
制表人：李蓓蓓					制表日期：2018年5月11日				

由上表可得，测试+试验+其他（清扫+路程）用时为  $3+3.8+5.2+2.4+4=18.4$  分钟，在道岔检修过程中，测试、试验和其他（清扫+路程）用时已无法更改，室内外联系所用时间为  $3.2+3.2+3.2=9.6$  分钟，小组成员构想如果能研制一种新型试验器，直接在室外操作道岔，无需进行室内外联系，可大幅提高作业效率。

## 2. 查新

小组成员在中国知识产权网、中国学术期刊网等相关网站进行查询，通过查阅“具有联锁模拟功能的道岔试验器”、“ZDJ9型道岔试验器”、“道岔试验器”等关键词，结果未有相关专利及发明，并查阅相关论文，如下：



图4 查新截图

制图人：张鹏

制图时间：2018年5月15日

《ZDJ9型转辙机启动电路技术改进方案研究》（北京地铁运营有限公司 张希宁）

《庞巴迪EBI950联锁系统》（铁道通信信号期刊 第42卷 第12期）

《庞巴迪计算机联锁系统在国内应用及接口描述》（中国论文网）

## 3. 借鉴

小组成员在铁道通信信号期刊查阅到相关的论文《庞巴迪EBI950联锁系统》，这篇论文中阐述庞巴迪联锁系统原理可通过集成模块逻辑编程对道岔进行控制，并监测。

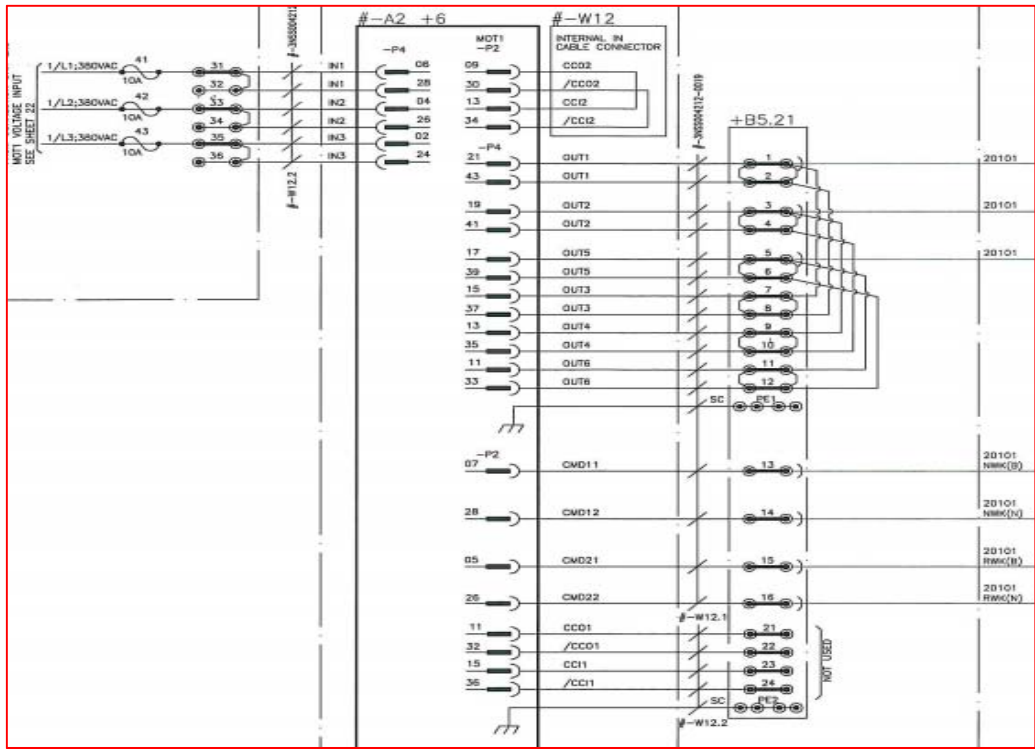


图 5 庞巴迪控制原理图

制图人：张鹏

制图时间：2018 年 5 月 17 日

小组成员经过讨论认为，可将此原理借鉴到道岔试验器研制中，**可以实现在室外直接操控转辙机进行测试**。所以我们将本次活动的课题定为 **ZDJ9 型道岔试验器的研制**。

#### 四、设定目标及目标可行性分析

##### 1. 设定目标值

我们将 ZDJ9 型道岔试验器的目标值设定为**节省检修时间 7 天**；

##### 2. 可行性分析

(1) . 小组成员有多年的现场工作经验和研发经验，曾经成功研制过《信号机故障测试器》、《地铁维修视频管理系统》，专业技术水平扎实，在电路设计、创新成果实施方面具有较强的能力。

(2) . 数据分析：常规工序检修一组道岔转辙机最短用时，如下图所示：

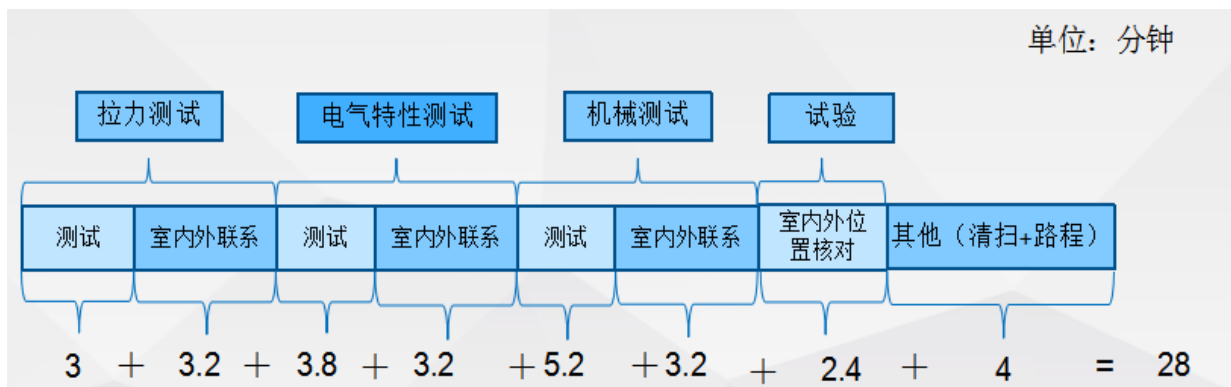


图 6 常规工序用时图

制图人：李雪娇

制图时间：2018 年 5 月 20 日



室内外联系需要  $(3.2+3.2+3.2) = 9.6$  分钟，借鉴庞巴迪联锁系统，通过**集成模块逻辑编程对道岔进行控制并监测**的原理，可以直接在室外操控道岔，并测试，无需室内外联系，检修工序用时将变成：

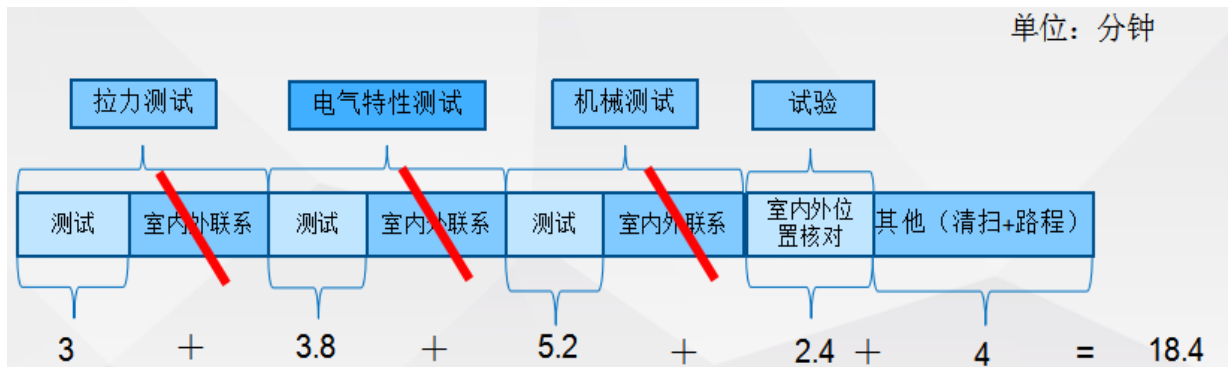


图7 试验器用时图

制图人：李雪娇

制图时间：2018年5月21日

理论上，检修一台道岔转辙机用时 18.4 分钟， $132 / (180 / 18.4) = 13.5$  天， $22 - 13.5 = 8.5$  天  $> 7$  天，理论上可以实现设定的目标值。

(3) 5 号线现场需求迫切，项目部材料、器具设备满足 ZDJ9 型道岔试验器的研制要求，线路测试和调整方便。

(4) 公司领导高度重视科技创新，为 ZDJ9 型道岔试验器的研制拨付 10 万元专款，提供了充足的资金保障。



图8 项目经理部为课题研制拨付专款

制图人：张鹏

制图时间：2018年5月26日

综上所述：我们的目标是可行的。

## 五、提出方案并确定最佳方案

### 1. 提出方案

小组成员召开头脑风暴分析会，借鉴集成模块逻辑编程对道岔进行控制并监测的原理，根据现场实际情况，经过整理分析形成亲和图，ZDJ9 型道岔试验器应由以下部分组成：



图9 亲和图

制图人：李雪娇

制图时间：2018年6月7日

小组成员在确定总体方案后，根据要实现的功能，将总体方案进行分割细化，如下图所示：



图10 分解图

制图人：李雪娇

制图时间：2018年6月9日

## 2. 二级方案比选

### (1) 输出控制单元

表 5 方案对比

选择条件	输出控制单元为试验器的关键部分，启动该控制单元，能输出道岔控制命令，保证道岔正常转换。因此，小组成员认为满足以下条件，方可选择该方案。 1、技术难度低 2、占用空间小			
方案	微型继电器控制单元		集成模块控制单元	
经济性	芯线 80 元，14 个微型继电器和组合架 2000 元，2 个电源线圈 100 元，4 个表示灯 96 元，电容和电阻 40 元，总计 2316 元		3 块集成模块控制板 2600 元	
难易程度	根据道岔动作和表示的原理，设计电路图，过程复杂		将道岔动作和表示的原理编写进模块中，无需单独设计电路图，需要一定的编程技术	
实施性	组装繁琐，占用空间较大		组装简单，占用空间小	
试验过程及结果	项目	设备数量	占用空间	用时
	微型继电器控制单元	微型继电器 14 个，电源线圈 2 个，表示灯 4 个，电阻 1 个，电容 1 个，	40*68*35cm	8 天
	集成模块控制单元	集成板卡 3 块	28*8*12cm	9 天
综合评价	集成模块控制单元无需单独设计电路，需要一定编程技术，但小组成员能够解决完成，占用空间小			
是否采用	否		是	
制表人：张鹏		制表日期：2018 年 6 月 11 日		

### (2) 位置检测模块

表 6 方案对比

选择条件	位置检测模块是用于显示道岔位置和三相电的状态，接通 DC24V 电能正确显示道岔位置，接通 AC380V 电正确显示三相电。因此，小组成员认为满足以下条件，方可选择该方案。 1、灯端电压满足 DC24V、AC380V			
方案	氙灯泡		LED 信号表示灯	
经济性	需要 5 个，共花费 80 元		需要 5 个，共花费 120 元	
有效性	需要 20V 到 110V 左右的电压的使它起辉，然后还需一个较低的电压使它继续发光，工作电压 110-500V		可直接安装于电路中，有交直流 24V、110V、220V、380V 多个型号	
实施性	焊线配线操作简单		焊线配线操作简单	
试验过程及结果	占用空间	配线用时	占用空间	配线用时
	80mm <sup>2</sup>	6 分钟	148mm <sup>2</sup>	5 分钟
综合评价	LED 信号表示灯虽占用空间较大，但可直接安装，多种型号可供选择			
是否采用	否		是	
制表人：张鹏		制表日期：2018 年 6 月 13 日		

(3) 测试单元

表 7 方案对比

选择条件	测试单元为试验器的测试部分，通过预置编程实现道岔拉力测试和电气特性测试。因此，小组成员认为满足以下条件，方可选择该方案。 1、散热性好 2、热导性好（即导热系数高）		
方案	普通电路板	陶瓷电路板	
经济性	需要电路板 3 块，花费 2400 元	需要 3 块，花费 2500 元	
有效性	导热系数为 1-4W/M. K，散热性差	导热系数为 9-20W/m. k，散热性好	
实施性	焊线配线操作简单		焊线配线操作简单
试验过程及结果	项目	配线时间	制作时间
	普通电路板	30 分钟	2 天
	陶瓷电路板	25 分钟	1 天
综合评价	陶瓷电路板散热性好，热导性好		
是否采用	否	是	
制表人：张鹏		制表日期：2018 年 6 月 15 日	

(4) 控制单元

表 8 方案对比

选择条件	控制单元为试验器接通道岔动作电路的电源，小组成员认为满足以下条件，方可选择该方案。 1、操作灵敏 2、耐压性 $\geq$ AC380V（转辙机动作电压）											
方案	钮子开关						按钮开关					
经济性	需要钮子开关 3 个，60 元钱						需要按键开关 3 个，90 元钱					
有效性	通过两个方向的搬动进行定反向操控，非自复式，耐压性最大为 AC380V						按压式操控，自复式，耐压性最大为 AC1.5KV					
实施性	占用空间大，操作方便，寿命长						占用空间小，操作简单，耐高温阻燃					
试验过程及结果	测试项	动作时间 (s)										平均时间 (s)
		1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	9 次	10 次	
	钮子开关	1	0.8	1	1	0.9	1	1	0.8	0.9	0.8	0.83
按钮开关	0.8	0.7	0.8	0.7	0.9	0.8	0.7	0.8	0.9	0.8	0.79	
综合评价	钮子开关和按钮开关的耐压性均满足 AC380V，按钮开关灵敏度更高											
是否采用	否						是					
制表人：张鹏						制表日期：2018 年 6 月 17 日						

## (5) 界面显示单元

表 9 方案对比

选择条件	界面显示单元是能够正确显示测试数据和图形的必要部分，小组成员认为满足以下条件，方可选择该方案。 1、无反光现象 2、精度高													
方案	电阻式触控屏							电容式触控屏						
经济性	需要花费 1420 元							需要花费 1550 元						
有效性	利用压力感应原理进行工作，精度达到单个显示像素							利用人体的电流感应进行工作，精度可以达到几个像素						
实施性	支持单点触摸的人机交互方式，屏幕会轻微反射阳光，影响视线							支持多点触摸的人机交互方式，没有反光现象						
试验过程及结果	测试项	安装时间	反光试验										反光率	
			1次	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次	10次		
	电阻式	10min	轻微反光	无反光	无反光	无反光	无反光	无反光	轻微反光	无反光	无反光	无反光	无反光	30%
电容式	9min	无反光	无反光	无反光	无反光	无反光	无反光	无反光	无反光	无反光	无反光	无反光	0%	
综合评价	电容式触控屏虽然成本高一点，但精度高，无反光现象													
是否采用	否							是						
制表人：张鹏							制表日期：2018年6月19日							

## (6) 电源控制单元

表 10 方案对比

选择条件	电源控制单元为主机提供工作电源，闭合即能同时为逻辑输出单元、显示屏、测试装置供电。因此，小组成员认为满足以下条件，方可选择该方案。 1、体积小 2、安全性高							
方案	闸刀开关				空气开关			
经济性	需要开关 2 个，60 元				需要开关 2 个，80 元			
安全性	在合闸和拉闸瞬间会产生电弧（电火花），工作电流越大电弧会越强烈，安全性低				集控制和多种保护功能于一身，短路、严重过载及欠电压时会自动断开，安全性高			
实施性	触头容易老化、氧化，体积大				体积小，操作简单			
试验过程及结果	占用面积		配线时间		占用面积		配线时间	
	17cm <sup>2</sup>		12min		12cm <sup>2</sup>		8min	
综合评价	空气开关体积小，配线时间短，安全性更高							
是否采用	否				是			
制表人：张鹏				制表日期：2018年6月21日				

(7) 外壳

表 11 方案对比

选择条件	外壳主要是为试验器提供一个外界保护适应外界环境的装置，因此，小组成员认为满足以下条件，方可选择该方案。 1、耐低、高温性能好 2、抗冲击性好											
方案	PE 塑料外壳						ABS 工程塑料外壳					
经济性	需要 500 元						需要 660 元					
有效性	对于环境应力(化学与机械作用)敏感，耐低、高温性(温度范围可达-40~90℃)、抗老化性差						耐低、高温性能(温度范围可达-70~105℃)；化学稳定性好					
实施性	多用于较软的材料，绝缘性差						多用于工程塑料，电绝缘性好，抗冲击性较高					
试验过程及结果	测试项	冲击性测试(由 2 米高处自由落体)										合格率
	PE 材料	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	9 次	10 次	90%
	ABS 材料	好	好	好	好	好	好	好	好	好	好	100%
综合评价	ABS 材料电绝缘性好、耐低、高温性更好，抗冲击性较高											
是否采用	否						是					
制表人：张鹏						制表日期：2018 年 6 月 23 日						

3. 小组成员对确定的二级方案进行细化，如图所示：



图 11 二级方案细化图

制图人：李雪娇

制图时间：2018 年 6 月 24 日

#### 4. 三级方案比选

##### (1) 按钮开关

表 12 方案对比

选择条件	按钮开关为试验器接通道岔动作电路的电源，小组成员认为满足以下条件，方可选择该方案。 1、安全性高 2、额定电流 $\geq 2A$ （转辙机动作电流）			
方案	PVC 带灯开关		铜镀镍开关	
经济性	需要钮子开关 3 个，45 元钱		需要按键开关 3 个，90 元钱	
有效性	内部采用单自锁，安全性稍低，额定电流最大为 10A		内部采用双自锁，安全性高，额定电流最大为 15A	
实施性	防水性低，占用空间大，操作方便		防水性强，占用空间小，操作方便，高机械寿命	
试验过程及结果	占用面积	配线时间	占用面积	配线时间
	484mm <sup>2</sup>	11min	225mm <sup>2</sup>	9min
综合评价	PVC 带灯开关和铜镀镍开关的电流均满足 $\geq 2A$ ，铜镀镍开关安全性高			
是否采用	否		是	
制表人：张鹏		制表日期：2018 年 6 月 26 日		

5. 小组成员综合上述方案，确定了最佳方案, 如图所示：



图 12 架构图

制图人：李雪娇

制图时间：2018 年 6 月 28 日

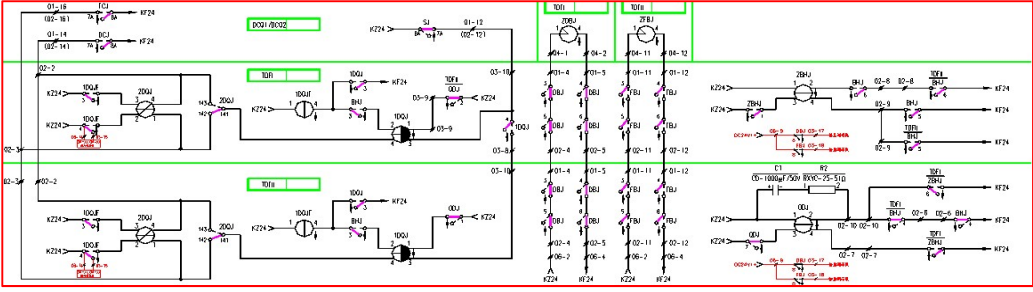
## 六、制定对策表

根据5W1H的原则制定了如下对策表：

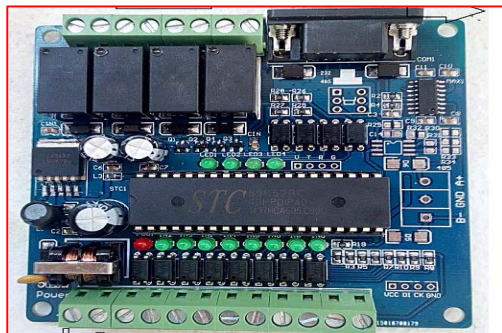
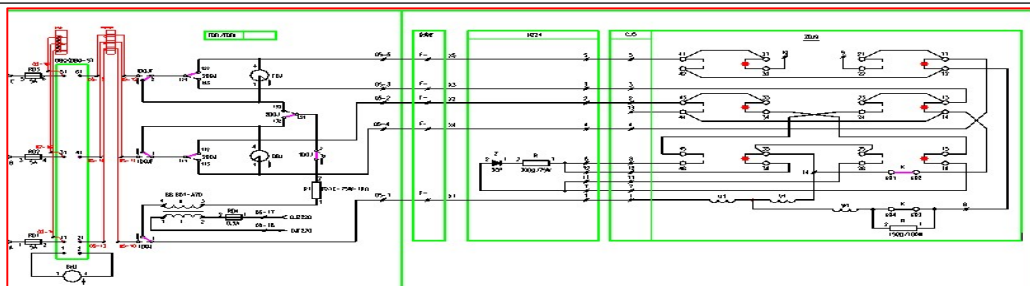
表 13 对 策 表

序号	对策	目标	措施	地点	负责人	完成时间
1	集成模块控制单元	输出电信号时间为 6.8-7S	1、根据道岔原理图,通过 PLC 技术将道岔原理编写进模块中; 2、安装已经编写完成的模块; 3、功能测试。	项目部	张鹏	2018 年 8 月 2 日
2	LED 信号表示灯	灯位显示正确率 100%	1、配置 LED 信号表示灯; 2、根据原理图,配线安装; 3、测试灯位显示功能。	项目部	王东升	2018 年 8 月 7 日
3	陶瓷电路板	执行命令正确,正确率 100%	1、配置电路板; 2、将测试项的程序编写进电路板中; 3、配线安装; 4、功能测试。	项目部	刘志忠	2018 年 8 月 10 日
4	铜镀镍开关	测试开关通断准确率 100%	1、配置铜镀镍开关; 2、根据原理图,配线安装; 3、测试通断功能。	项目部	李蓓蓓	2018 年 8 月 12 日
5	电容式触控屏	数据、图形显示准确率为 100%	1、配置电容式触控屏; 2、根据原理图,配线安装; 3、测试功能。	项目部	李雪娇	2018 年 8 月 13 日
6	空气开关	测试开关通断准确率 100%	1、配置空气开关; 2、根据原理图,配线安装; 3、测试通断功能。	项目部	杨大闯	2018 年 8 月 15 日
7	ABS 工程塑料外壳	外壳尺寸为 54cm*32cm*18cm,空间利用率为 80%	1、绘制结构设计图; 2、加工制作。 3、安装测试。	项目部	王东升	2018 年 8 月 17 日
8	组装调试	测试正确率为 100%	1、制定测试方案; 2、试车线进行测试。	试车线	张鹏	2018 年 8 月 22 日
制表人：杨大闯			制表日期：2018 年 7 月 1 日			

## 七、对策实施

实施一	集成模块控制单元				
实施人员	张鹏、刘志忠	地点	项目部	完成时间	2018 年 8 月 2 日
目标	输出电信号时间为 6.8-7S				
实施过程	<p>1、根据道岔原理图,通过 PLC 编程将道岔原理编写进模块中;</p> 				





2、安装已经编写完成的模块；



3、功能校核。

小组成员根据道岔动作原理，对模块进行测试，结果如下：

测试项	1次	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次	10次
标准时间 (s)	6.8-7	6.8-7	6.8-7	6.8-7	6.8-7	6.8-7	6.8-7	6.8-7	6.8-7	6.8-7
测试时间 (s)	6.8	6.9	7	7	6.9	6.9	6.8	6.8	6.8	6.9
是否达标	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是

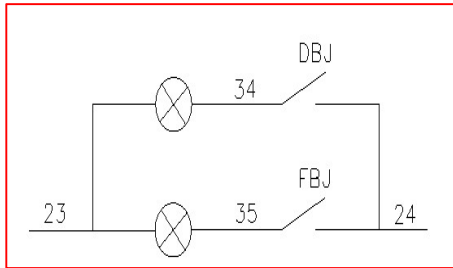
目标验证 全部达标，满足目标

制表人：刘志忠

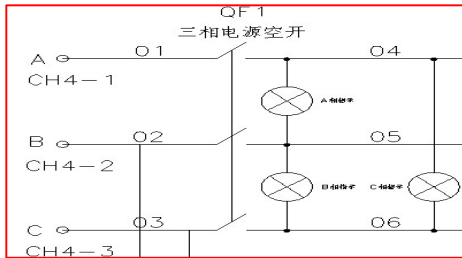
制表日期：2018年8月3日

实施二	LED 信号表示灯				
实施人员	王东升、李蓓蓓	地点	项目部	完成时间	2018年8月7日
目标	灯位显示正确率 100%				
实施过程	1、配置 LED 信号表示灯； 				

2、根据原理图，配线安装：  
道岔定反位表示灯原理图



三相电表示灯原理图



2、测试灯位显示功能

根据原理图进行配线，对 LED 信号表示灯进行测试，道岔定反位表示显示绿灯，三相电通断显示红灯，结果如下：

(1) 道岔定反位表示灯：绿灯，测试结果如下：

测试项	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	9 次	10 次
应显示灯位	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯
实际显示灯位	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯	绿灯
正确率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

(2) 三相电表示灯：红灯，测试结果如下：


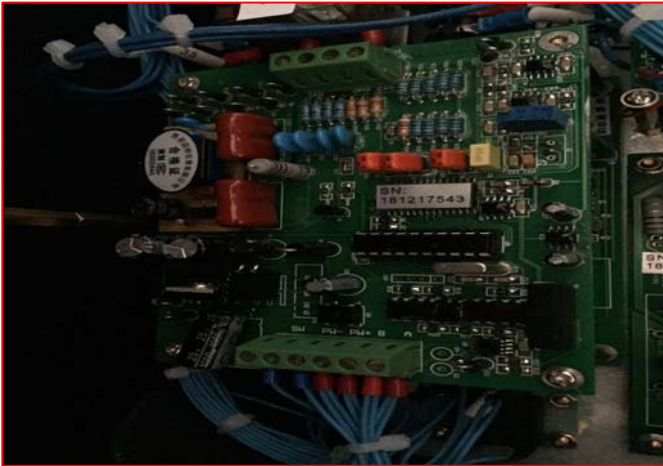
测试项	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	9 次	10 次
应显示灯位	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯
实际显示灯位	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯
正确率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

目标验证 全部达标，满足目标

制表人：李蓓蓓

制表日期：2018 年 8 月 7 日

实施三	陶瓷电路板				
实施人员	刘志忠、杨大闯	地点	项目部	完成时间	2018 年 8 月 10 日
目标	执行命令正确，正确率 100%				

实施过程	1、配置电路板；																																											
																																												
	2、将测试项的程序编写进电路板中； 将拉力测试仪和万用表的原理以程序的方式编写进电路板中；																																											
	3、配线安装；																																											
																																												
4、功能测试																																												
根据拉力测试和电气特性测试原理，对电路板输出命令进行测试，结果如下：																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>测试项</th> <th>1次</th> <th>2次</th> <th>3次</th> <th>4次</th> <th>5次</th> <th>6次</th> <th>7次</th> <th>8次</th> <th>9次</th> <th>10次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>拉力测试</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> </tr> <tr> <td>电气特性测试</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> </tr> <tr> <td>准确率</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	测试项	1次	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次	10次	拉力测试	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	电气特性测试	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	准确率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
测试项	1次	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次	10次																																		
拉力测试	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确																																		
电气特性测试	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确																																		
准确率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																																		
目标验证	全部达标，满足目标																																											
制表人：杨大闯																																												
制表日期：2018年8月10日																																												

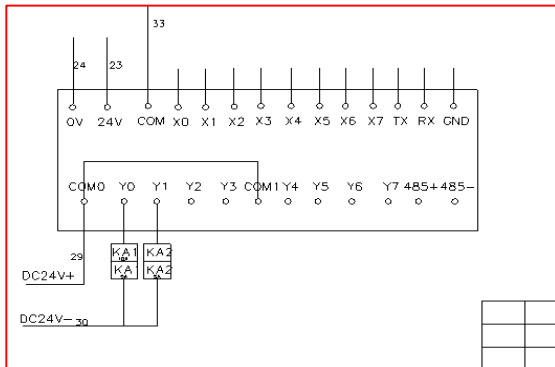
实施四	铜镀镍开关				
实施人员	李蓓蓓、杨大闯	地点	项目部	完成时间	2018年8月12日
目标	测试开关通断准确率 100%				

实施过程	<p>1、配置铜镀镍开关； 根据要求购买铜镀镍开关</p> 																																											
	<p>2、根据原理图，配线安装：</p> 																																											
	<p>3、测试通断功能； 根据原理图连线进行开关通断测试，结果如下：</p> <table border="1" data-bbox="331 1272 1310 1444"> <thead> <tr> <th>测试项</th> <th>1次</th> <th>2次</th> <th>3次</th> <th>4次</th> <th>5次</th> <th>6次</th> <th>7次</th> <th>8次</th> <th>9次</th> <th>10次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>接通</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> </tr> <tr> <td>断开</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> </tr> <tr> <td>准确率</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	测试项	1次	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次	10次	接通	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	断开	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	准确率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
测试项	1次	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次	10次																																		
接通	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确																																		
断开	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确																																		
准确率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																																		
目标验证	全部达标，满足目标																																											
制表人：杨大闯																																												
制表日期：2018年8月12日																																												

实施五	电容式触控屏				
实施人员	李雪娇、张鹏	地点	项目部	完成时间	2018年8月13日
目标	显示准确率为100%				
实施过程	1、配置电容式触控屏；				

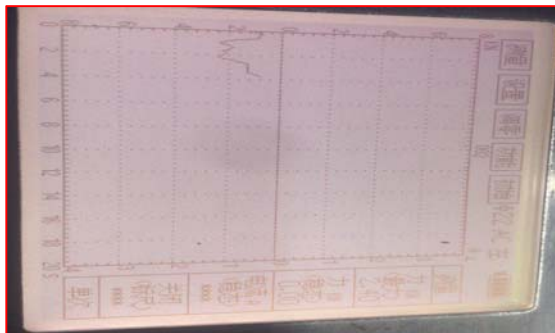


2、根据原理图，配线安装；



3、测试功能

小组成员对显示屏的显示是否会出现变形、残缺进行测试，结果如下：


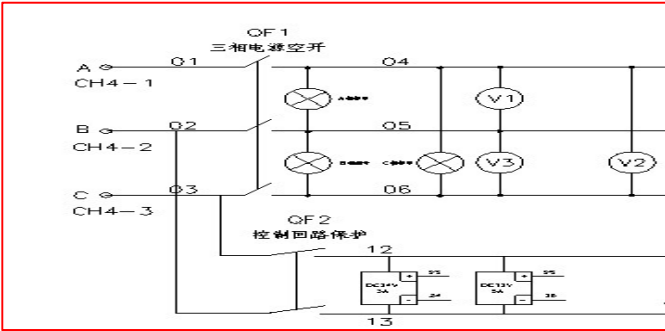



测试项	1次	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次	10次
是否变形	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否
是否残缺	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否
准确率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

目标验证 全部达标，满足目标

制表人：李雪娇

制表日期：2018年8月13日

实施六	空气开关																																																
实施人员	杨大闯、刘志忠	地点	工区	完成时间	2018年8月15日																																												
目标	测试开关通断准确率 100%																																																
实施过程	<p>1、配置空气开关；</p>  <p>2、根据原理图，配线安装；</p>   <p>3、测试通断功能。</p> <p>根据原理图连线进行开关通断测试，结果如下：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>测试项</th> <th>1次</th> <th>2次</th> <th>3次</th> <th>4次</th> <th>5次</th> <th>6次</th> <th>7次</th> <th>8次</th> <th>9次</th> <th>10次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>接通</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> </tr> <tr> <td>断开</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> <td>正确</td> </tr> <tr> <td>准确率</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>					测试项	1次	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次	10次	接通	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	断开	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	准确率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
测试项	1次	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次	10次																																							
接通	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确																																							
断开	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确	正确																																							
准确率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																																							
目标验证	全部达标，满足目标																																																
	制表人：杨大闯		制表日期：2018年8月15日																																														

实施七	ABS 工程塑料外壳				
实施人员	王东升、刘志忠	地点	项目部	完成时间	2018年8月17日
目标	外壳尺寸为 54cm*32cm*18cm，空间利用率为 80%				
实施过程	<p>1、绘制结构设计图；</p> <p>根据元器件的数量、尺寸以及安装方式，设计外壳尺寸为：54cm*32cm*18cm；</p> <p>2、加工制作。</p>				



### 3、安装试验

小组为了美观和节省空间采用档板双层摆放，底部放置集成模块控制单元和陶瓷电路板，上层放置 LED 信号表示灯、铜镀镍开关、电容式触控屏、空气开关，（长\*宽\*高）；

设备名称	数量	放置方式	放置位置	占用空间(含配线空间)	总占用空间(含配线空间)	外壳空间
集成模块控制单元	3	2 块平行放置, 1 块叠加	底部	28cm*16cm*9cm	52cm*32cm*9cm;	54cm*32cm*18cm
陶瓷电路板	3	2 块平行放置, 1 块叠加		24cm*16cm*9cm		
LED 信号表示灯	5	平行放置	上层	10cm*3cm*6cm	38cm*26cm*6cm	
铜镀镍开关	2	平行放置		4cm*3cm*6cm		
电容式触控屏	1	平行放置		12cm*9cm*6cm		
空气开关	2	平行放置		12cm*5cm*6cm		

由表可见，底部设备占用空间为 52cm\*32cm\*9cm；上层设备占用空间为 38cm\*26cm\*6cm；总占用空间长度、宽度取最大值，高度为上层和底层之和，总占用空间为 52cm\*32cm\*(9+6) cm，即 52cm\*32cm\*15cm=24960cm<sup>2</sup>，外壳尺寸 54cm\*32cm\*18cm=31104cm<sup>2</sup>  
 空间利用率=设备总占用体积/外壳体积\*100%，即 24960/31104\*100%=80%。

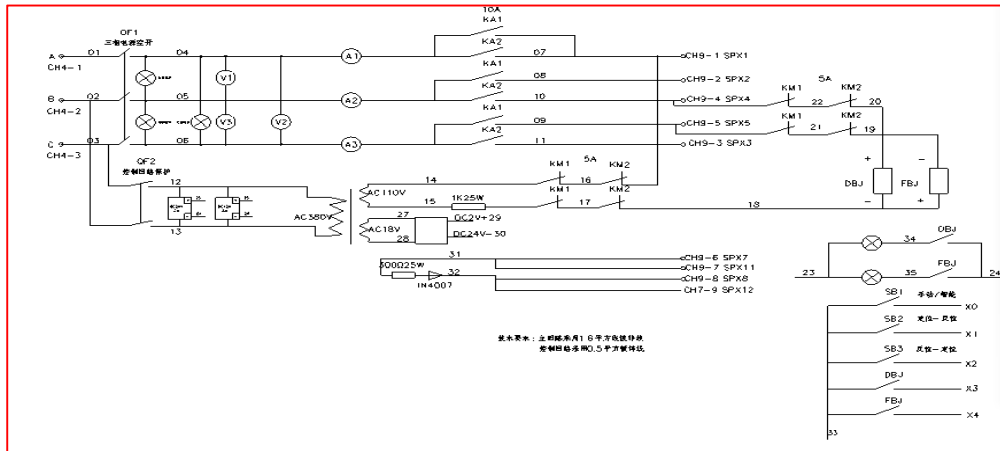
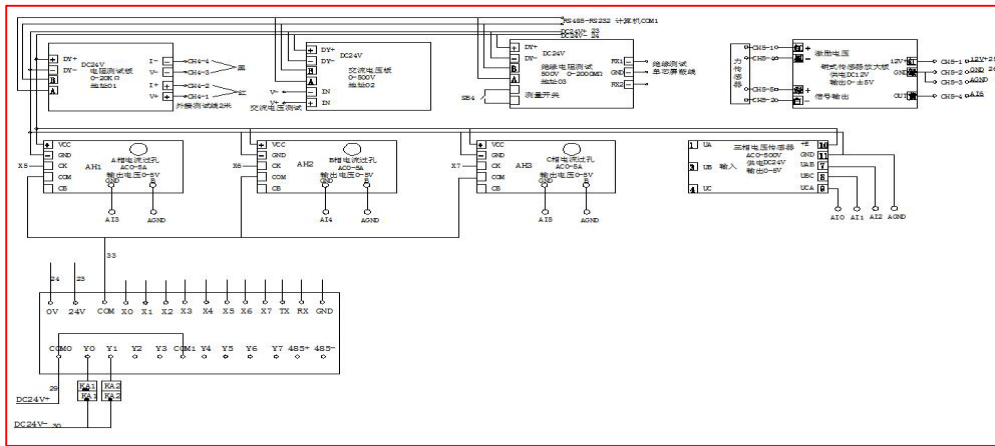
目标验证 全部达标，满足目标

制表人：刘志忠

制表日期：2018 年 8 月 17 日

实施人	组装测试				
实施人员	张鹏、王东升、刘志忠	地点	试车线	完成时间	2018 年 8 月 22 日
目标	测试正确率为 100%				

1、组装；  
根据原理图进行组装



实施过程



2、试车线进行测试。  
小组成员和地铁运营公司人员在试车线利用一组 ZD9 型道岔转辙机对试验器进行测试，结果如下：





测试项	标准	1次	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次	10次	准确率
定位操作	转向定位	定位	定位	定位	定位	定位	定位	定位	定位	定位	定位	100%
定位表示	定位表示	定表	定表	定表	定表	定表	定表	定表	定表	定表	定表	100%
反位操作	转向反位	反位	反位	反位	反位	反位	反位	反位	反位	反位	反位	100%
反位表示	反位表示	反表	反表	反表	反表	反表	反表	反表	反表	反表	反表	100%
拉力测试	4KN以下	3.8	3.9	3.8	3.9	3.9	3.9	3.8	3.9	3.9	3.9	100%
电压测试	AC38 0±5%	379	380	382	379	381	380	379	379	380	381	100%
电流测试	不大于2A	1.56	1.62	1.59	1.58	1.62	1.62	1.56	1.58	1.62	1.62	100%

目标验证 全部达标，满足目标

制表人：刘志忠

制表日期：2018年8月23日

在试车线进行测试时，邀请地铁公司人员共同测试，道岔试验器功能正常，试验效果良好。

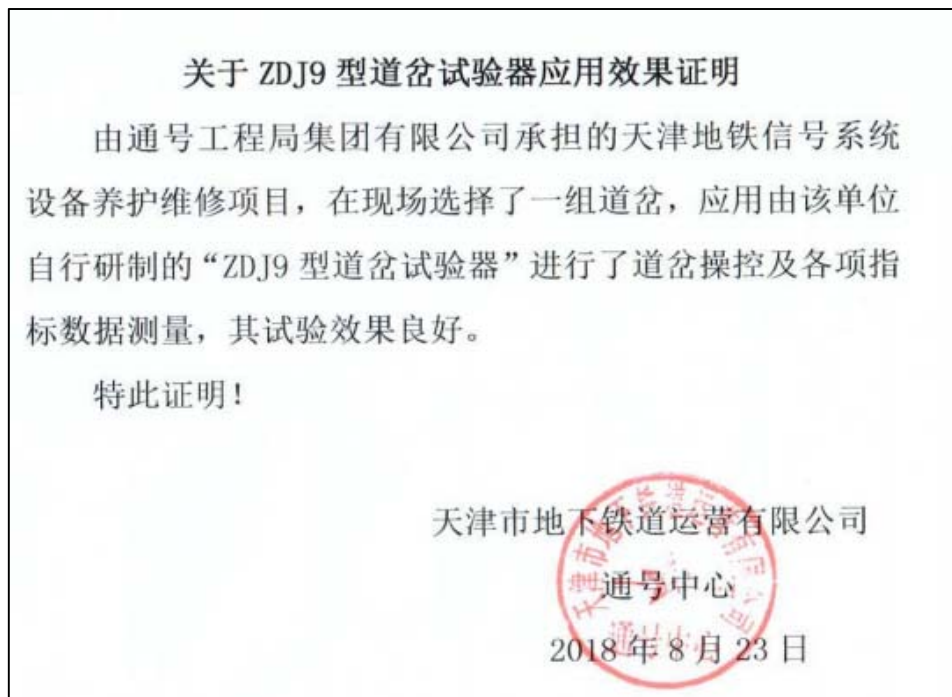


图 13 地下铁道运营出具的证明

制图人：李蓓蓓

制图时间：2018 年 8 月 23 日

## 八、效果检查

1. 2018 年 9 月 1 日晚，小组成员在 5 号线使用该试验器进行道岔转辙机检修作业，统计数据如下（单位：分钟）：

表 14 用时统计表

组数	检修时间	拉力测试	电气特性测试	机械测试	试验	其他 (清扫+ 路程)	合计
		测试	测试	测试	室内外位置 核对		
第 1 组	00:30:00-00:48:24	3.3	3.2	4.3	2.4	5.2	18.4
第 2 组	00:48:24-01:06:12	3.4	3.4	4.4	2.6	4	17.8
第 3 组	01:06:12-01:24:24	3.2	3.6	4.6	2.2	4.6	18.2
第 4 组	01:24:24-01:42:24	3.1	3.5	4.6	2	4.8	18
第 5 组	01:42:24-02:00:42	3.2	3.4	4.8	2.2	4.7	18.3
第 6 组	02:00:42-02:19:36	3	3.6	5	2.4	4.9	18.9
第 7 组	02:19:36-02:38:06	3.2	3.4	4.8	2.5	4.6	18.5
第 8 组	02:38:06-02:56:24	3.2	3.5	4.5	2.4	4.7	18.3
第 9 组	02:56:24-03:14:30	3	3.4	4.6	2.6	4.5	18.1
合计	00:30:00-03:14:30	28.6	31	41.6	21.3	42	164.5
平均用时		3.2	3.45	4.6	2.3	4.7	18.3
制表人：李奎军		制表日期：2018 年 9 月 2 日					

由表可得，当晚从 0:30 至 03:15，检修完成了 9 台道岔转辙机，用时 164.5 分钟，检修一组道岔转辙机平均用时为 18.3 分钟。

后续，小组成员每天对 5 号线道岔转辙机检修用时及检修台数进行记录并统计，如下表：

表 15 用时汇总表

日期	检修时间	用时（分钟）	完成数量（台）
2018.9.1	00:30:00-03:15:12	165.2	9
2018.9.2	00:30:00-03:17:18	167.3	9
2018.9.3	00:30:00-03:16:12	166.2	9
2018.9.4	00:30:00-03:15:36	165.6	9
2018.9.5	00:30:00-03:17:30	167.5	9
2018.9.6	00:30:00-03:17:49	167.8	9
2018.9.7	00:30:00-03:15:25	165.4	9
2018.9.8	00:30:00-03:15:56	165.9	9
2018.9.9	00:30:00-03:18:32	168.5	9
2018.9.10	00:30:00-03:16:36	166.6	9
2018.9.11	00:30:00-03:16:42	166.7	9
2018.9.12	00:30:00-03:15:00	165	9
2018.9.13	00:30:00-03:16:35	166.6	9
2018.9.14	00:30:00-02:56:08	146.2	8
2018.9.15	00:30:00-02:38:06	128.1	7
合计		2438.6	132
制表人：李奎军		制表日期：2018 年 9 月 16 日	

由表可见，9 月份，在 15 天内小组完成 132 台道岔转辙机检修作业，活动前 22 天，活动后 15 天，较活动前节省了  $22-15=7$  天，**我们的目标实现了。**

## 2. 效益分析

### (1) 经济效益

9 月 17 日小组对完成地铁 5 号线 132 台道岔转辙检修任务的成本进行分析，共用时 15 天，每日用工 5 人，每人单位工费为 200 元；直接成本为  $15*5*200=15000$  元；

**研制道岔试验器直接成本为：2600+120+2500+90+1550+80+660=7600 元；**

9 月 23 日小组对 1 号线使用原常规检修方式完成 132 台道岔转辙机成本进行统计，每日检修 6 组，共用时 22 天，每日用工 5 人，每人单位工费为 200 元，直接成本为  $22*5*200=22000$  元；

**直接节约成本为：22000-15000-7600=-600 元。**

由于 ZDJ9 型道岔试验器研制成本较高，前期经济效益呈现负值现象，道岔检修属于长期维护模式，将道岔试验器投入到地铁 1.2.3 号线检修作业中，可大大提高作业效率，预见经济效益将非常可观。

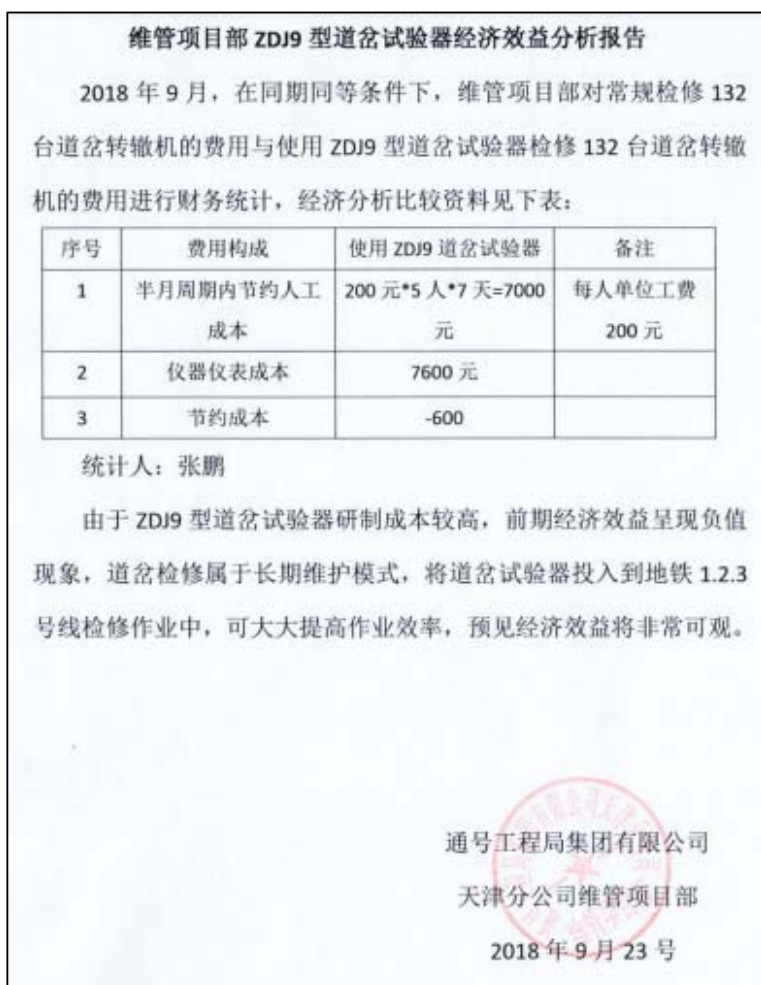


图 14 经济效益分析报告

制图人：李奎军

制图时间：2018 年 9 月 23 日

## (2) 社会效益

小组成功研制的 ZDJ9 型道岔试验器，在天津地铁推广使用，提高了道岔检修效率，同时 ZDJ9 型道岔试验器还具有绝缘测试和电阻测试的功能，也可用于日常员工理论和实操的实时培训，本试验器还可以应用于高铁、客专施工中，对室外站场已安装完毕的道岔和转辙设备进行试验调试（室内设备安装暂不具备条件的情况下事先对室外道岔进行调试）。

## 九、标准化

1. 为方便工区人员的学习及应用，小组对 ZDJ9 型道岔试验器作业的使用方法进行总结归纳，形成《ZDJ9 型道岔试验器作业指导书》，受控编号为：THTDTX/W-01-2018，并将成果资料及过程记录存档备案，以便其他项目借鉴使用。



图 15 作业指导书

制图人: 李蓓蓓

制图时间: 2018 年 10 月 1 日

表 16 ZDJ9 型道岔实验器标准化表

序号	项目	纳入标准	标准类型	标准编号	对应条款和内容
1	ZDJ9 型道岔试验器作业指导书	ZDJ9 型道岔试验器作业指导书纳入《通号工程局集团有限公司天津分公司企业标准》。	技术标准	Q/THG T0104-2018	<p>3 ZDJ9 型道岔试验器</p> <p>3.1 系统测试</p> <p>首先将电源线与转辙机内的相应的控制电路端子连接, 合闭空开开机。</p> <p>(1).拉力测试: 将传感线与道岔动作杆连接, 按下定反位按钮操作道岔, 通过人机界面清楚看到道岔动作过程中, 拉力的大小</p> <p>(2).电气特性测试: 将表笔与试验器测试插孔连接, 按下定反位按钮操作道岔, 通过人机界面将显示电压和电流的大小。</p>
制表人: 张鹏			制表时间: 2018 年 10 月 1 日		

## 十、总结及下一步打算

### 1、专业技术方面

- (1) 小组成员在 PLC 编程、原理设计与机械设计、加工等方面的技术有了很大提高；
- (2) 本次 QC 活动已经达到预期的目标，保证了 5 号线道岔转辙机的检修任务，也为以后的道岔维护工作作出贡献；
- (3) 小组成员在对策实施时的组装调试技能优待提高；
- (4) 该试验器的专利正在申请中。

### 2、管理水平

表 17 统计表

活动内容	优点	不足及今后努力方向
选择课题	对道岔检修作业的需求进行选题，借鉴庞巴迪联锁系统原理进行创新	运用创新思路，针对今后检修过程中遇到的难点或问题开展 qc 活动
设定目标及目标可行性分析	采用了大量的理论和借鉴原理的分析确定了最终目标的可行性	可增加模拟实验，来增强可行性论证
提出方案并确定最佳方案	主要采用树图分解方案以及理论分析和对比试验来选择的最佳方案	工具方法运用不充足，加强比选方法和数据支撑
制定对策	严格按照 5W1H 原则制定对策表	个别对策措施不明确，还需进行斟酌细化
对策实施	严格的按照对策表实施计划并进行多次试验检查	还可加强对实施过程的把控，多用数据验证目标达标
效果检查	在 5 号线各站不同情境下对试验器进行了效果检查，达到设定目标值，并阐述了社会效益进行	检测时只能逐台进行，无法同步对两台转辙机同时进行。
标准化	对成果总结推广，并将相关文件归档处理	下一步将 ZDJ9 型道岔试验器运用到高铁项目建设中，提高道岔调试效率
制表人：李蓓蓓		制表日期：2018 年 10 月 20 日

表 18 活动计划完成进度表

阶段	项目	2018					
		5月1日-5月31日	6月1日-6月30日	7月1日-7月31日	8月1日-8月31日	9月1日-9月30日	10月1日-10月31日
P	选择课题	计划进度: 5月1日-5月31日 实际进度: 5月1日-5月31日					
	设定目标及目标可行性分析	计划进度: 5月15日-5月31日 实际进度: 5月15日-5月31日					
	提出方案并确定最佳方案		计划进度: 6月1日-6月15日 实际进度: 6月1日-6月15日				
	制定对策表			计划进度: 7月1日-7月15日 实际进度: 7月1日-7月15日			
D	对策实施			计划进度: 7月15日-8月31日 实际进度: 7月15日-8月31日			
C	效果检查				计划进度: 9月1日-9月15日 实际进度: 9月1日-9月15日		
A	标准化					计划进度: 10月1日-10月15日 实际进度: 10月1日-10月15日	
	总结及下一步打算					计划进度: 10月15日-10月31日 实际进度: 10月15日-10月31日	

计划进度 实际进度

制表人: 李蓓蓓 制表日期: 2018年10月24日

### 3、综合素质

表 19 小组成员自我评价表

评价内容	自我评价	
	活动前 (分)	活动后 (分)
团队精神	8	9.2
质量意识	9.2	9.6
个人能力	9.1	9.6
管理能力	8.9	9.4
QC 知识	8	9.8
创新能力	9.2	9.6

制表人: 李蓓蓓 制表日期: 2018年10月26日

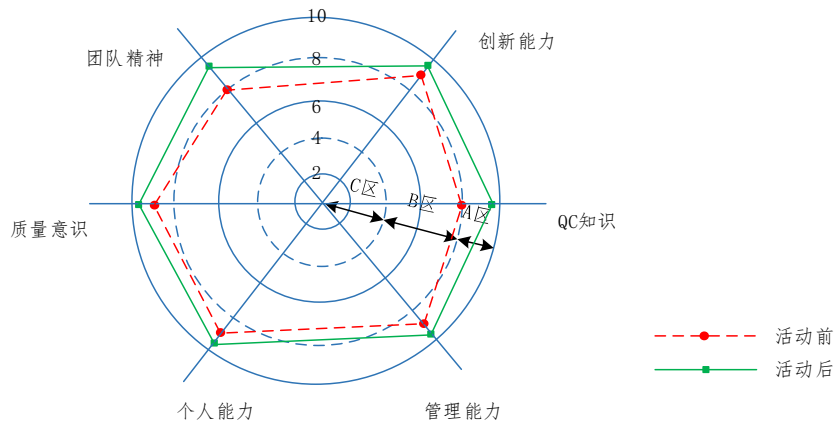


图 16 雷达图

制图人：李蓓蓓

制图时间：2018年10月28日

活动前后，小组在团队精神、质量意识、个人能力、管理能力、QC知识、进取精神、创新能力六个方面进行评分，从雷达图中可以清楚的看到活动后小组成员得到了显著的提高，但是小组成员的实际操作能力和积极性在今后还需提高。

#### 4、下一步打算

目前道岔转辙机检测时只能逐台检测，无法同时对双机牵引的两台转辙机同步进行，小组决定以此作为我们下次的研发的课题，下一步研究的课题是：多机牵引转辙机检测装置的研制。