

信号线把预制机器人研制



QC 小组名称：信息技术 QC 小组

单 位 名 称：通号工程局集团信息技术有限公司

2019 年 5 月

目录

1、小组简介.....	1
2、选择课题.....	3
3、设定目标及目标可行性分析.....	7
4、提出方案并确定最佳方案.....	8
5、制定对策.....	20
6、实施对策.....	21
7、效果检查.....	29
8、标准化.....	32
9、总结和下一步打算.....	34

1、小组简介

表 1 小组概况表

小组名称	信息技术 QC 小组			成立时间	2017 年 4 月 28 日	
课题名称	信号线把预制机器人研制					
所属单位	通号工程局集团 信息技术有限公司			课题类型	创新型	
小组注册号	CRSCE-XXJS-XXJS			课题注册号	CRSCE-XXJS-XXJS-003	
活动时间	2018 年 3 月 1 日—2018 年 9 月 15 日					
成员姓名	性别	职称	文化程度	组内职务	组内分工	出勤率
郑海洋	男	高级工程师	本科	组长	总体统筹、技术支持	100%
张自强	男	高级工程师	本科	副组长	成果指导、组织协调	100%
修增仁	男	工程师	本科	组员	提出方案、方案比选	100%
蔡世阳	男	工程师	本科	组员	制定对策、标准化	100%
祝长旗	男	工程师	本科	组员	质量检查、数据收集	100%
段达	男	工程师	本科	组员	技术实施、资料整理	100%

制表人：段达

制表时间：2018 年 3 月 2 日

小组成员有 2 人具有高级工程师职称，还有经验丰富的研发工程师和安质工程师，具备较强的科研开发实力。小组成员均有多年的 QC 小组活动经验，小组开展的“PMS 工程项目管理系统研制”课题成果获得 2017 年中国铁路通信信号股份有限公司优秀成果一等奖，2017 年全国铁路工程建设优秀成果一等奖，并申请了软件著作权。“轨道电路无孔连接器研制”获得了 2018 年中国铁路通信信号股份有限公司优秀成果特等奖，并申请了两项外观专利、两项实用新型专利。



图 1 PMS 工程项目管理系统

制图人：祝长旗 制图时间：2018 年 3 月 3 日



图 2 轨道电路无孔连接器

制图人：郑海洋 制图时间：2018 年 3 月 3 日



图3 小组所获知识产权

制图人：张自强

制图时间：2018年3月4日



图4 小组历年所获荣誉

制图人：祝长旗

制图时间：2018年3月4日

2、选择课题

2.1 需求分析

京津城际铁路正线全长 113.5 公里，于 2008 年 8 月 1 日开通运营，是我国第一条运行时速 350 公里的高速铁路，为服务北京奥运会、推动京津冀协同发展发挥了重要作用，成为展示我国高铁发展成就和运营品质一张亮丽的国家名片。经过了近 10 年的运营，中国高铁创新发展，于 2018 年 3 月 1 日开始对京津城际列车控制系统进行技术升级改造，计划于 6 月 26 日完成升级，项目工期 118 天。这次改造工程是中国高铁建设以来第一次对列车核心列控系统及沿线各类设施的升级改造，改造完成后京津城际全线将实现 100%国产化，对今后高铁建设和升级改造具有标志性的示范意义。



图 5 京津城际复兴号高铁

制图人：修增仁

制图时间：2018 年 3 月 5 日

2.2 问题提出

铁路信号机是指挥列车运行的关键设备，本次改造涉及沿线 676 架信号机的更新换装。铁路总公司要求我单位在不影响京津城际正常运营的情况下，于夜间收车后进行施工，信号机的更新换装必须提前将信号线把预制完毕，根据施工组织计划，信号线把预制工序只有 14 天时间。

名词解释

信号线把：铁路信号机内部使用 $7 \times 0.52\text{mm}$ 铜芯塑料线进行配线。为节约空间、方便配线和维护，配线前需要将信号线缆通过布线、折弯、绕线脖、套管等工序制备成定型线把。



图 6 铁路信号机及信号线把示意图

制图人：修增仁

制图时间：2018 年 3 月 6 日

表 2 信号线把手工预制时间统计表

班组	信号工姓名	布线、绑线 /min	剥线 /min	绕脖、套管 /min	合计/min
班组 1	张震、温华	91	2	18	111
班组 2	苏有全、张曦	92	2	16	110
班组 3	潘国栋、吕鸿	93	2	16	111
班组 4	秦闯、周建国	94	2	17	113
班组 5	张景志、彭卫中	95	2	18	115
班组 6	马军、陶卫平	96	2	20	118
平均	-	93.5	2	17.5	113

制表人：段达

制表时间：2018 年 3 月 8 日

由上表可以看出，**2 人 1 个班组手工制作 1 只信号线把的平均时间为 113 分钟**。项目部为本次改造工程信号线把集中预制工序配备信号工人 12 名，共组成 6 个班组。根据核算，正常每天工作 8 小时，需要 57 天完成，即使加班至一天工作 12 小时，仍需 38 天才能完成，不能满足 14 天的工期要求。

表 3 信号机线把预制工期核算表

效率核算	线把手工制备效率	所需工期计算	是否满足 工期要求
正常情况	113 分钟/把·组	② 1 天工作时间：8 小时 ②1 个班组 1 天制备线把个数最大值： $[8 \times 60 \div 113] \approx 4$ 只 6 个班组完成全部线把制备所需时间： $[1352 \div (4 \times 6)] \approx 57$ 天	否
加班赶工	113 分钟/把·组	② 1 天工作时间：12 小时 ②1 个班组 1 天制备线把个数最大值： $[12 \times 60 \div 113] \approx 6$ 只 6 个班组完成全部线把制备所需时间： $[1352 \div (6 \times 6)] \approx 38$ 天	否

制表人：修增仁

制表时间：2018 年 3 月 10 日

信号线把的制备统一按照《信号线把预制技术交底书》的标准流程进行，配备的信号工人均为培训合格、上岗多年的熟练技术工人，已无法通过节省工序、加快工人制备速度等方法缩短线把制备时间。

因此，小组成员急需找到一种新的信号线把制备方法！

2.3 借鉴查新

小组成员在专利检索网站进行查阅，通过查阅“线把制备”、“线把预制”、“信号线制备”、“信号线预制”等关键词，结果未有相关文献、专利及发明。

表 4 查新检索情况表

查新项目 名称	信号线把预制机器人	查新人员	段达
查新机构	信息技术 QC 小组	查新时间	2018. 3. 12
一、查新目的：查新借鉴			
二、查新范围：			
			
三、查新点与查新要求： 线把制备、线缆预制、信号线制备、信号线预制			
四、查新结果： 上述网站未查到有能进行信号线把预制的相关文献、专利及科技成果			

制表人：段达

制表时间：2018 年 3 月 12 日

2.4 提出创新思路

小组成员在库房点验施工材料过程中注意到：项目部所使用的信号线缆均为外部采购，其外观为整齐、美观的线圈形状。那么线缆厂家是如何将信号线缆成品制备成线圈的呢？



图 9 信号线圈示意图

制图人：祝长旗

制图时间：2018 年 3 月 13 日

小组成员通过电话咨询和网上查阅的方法得知，目前厂家主流工艺是使用绕线机器人帮助实现信号线圈的生产。工序主要包括穿套管、引线定位、缠绕引脚、整周缠线、剪线、末端引线，末端缠绕引脚，自动绕线机完成线圈主体的整周缠绕，气动剪线钳完成漆包线的切断，自动穿套管机完成漆包线上塑胶套管的套装。

小组成员进行进一步检索，查到论文《高频变压器绕线机器人的设计与分析》中所论述的绕线机器人结构设计可以值得我们所借鉴。该论文中提出的**由大臂、小臂和传动轴组成的结构，可以进行平移和绕动的机器人**设计实现了将线缆按照设定的形状和弯曲半径进行缠绕，并打结绑扎的功能。该功能与信号线把制备过程中的布线、折弯、绕线脖等步骤具有相似性。

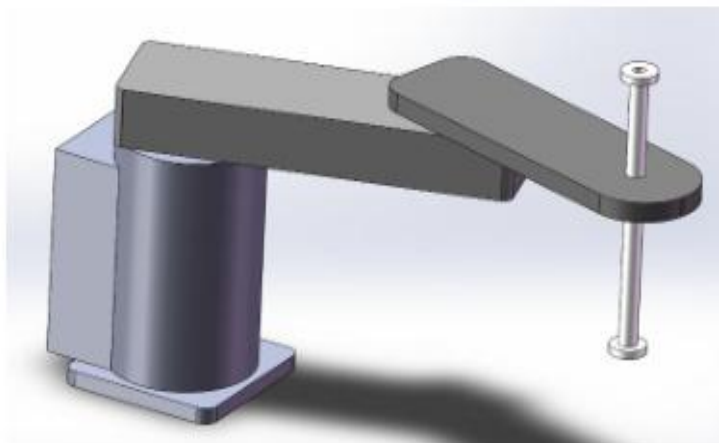


图 10 高频绕线机器人结构模型

制图人：段达

制图时间：2018年3月14日

2.4 确定课题

小组成员结合自身的研发实力，经过充分讨论后认为，如果将机器人**通过大臂、小臂和传动轴结构，进行平移和绕动的原理**运用到我们的研制活动中，可以实现信号线把自动制备。因此我们将此次活动课题命名为**信号线把预制机器人研制**。

3、设定目标及目标可行性分析

3.1 设定目标值

根据现场工期要求，项目部要在 14 天的时间内完成 676 架信号机 1352 只线把的制备，需 1 天制备信号线把 $[1352 \div 14] \approx 97$ 只。因此小组成员将“信号线把预制机器人研制”课题的目标值设定为：

信号机线把制作速度达到 97 只/天。

3.2 目标可行性分析

3.2.1 数据分析

在《高频变压器绕线机器人的设计与分析》查得，所设计的绕线机器人仅仅是将线缆的缠绕引脚、引脚打结两步进行了全自动化，就使工作时间由原来平均 **5-6 分钟/套** 的作业时间缩短为 **10 秒/套**，工作效率提高了 **30 倍** 以上。

目前仍存在问题：线圈绕制仍然依靠手工或简易半自动绕线设备进行，生产效率低（仅5-6min/pcs）；现有设备柔性差导致生产准备周期长，且生产节拍不定（不利于排定生产计划，导致质量不可控；手工绕制使得产品质量依靠工人的工作经验和熟练程度，而非可控因素，产品质量不稳定（70-80%）；现有机械化设备虽然降低了劳动强度，但仍然需要人员频繁介入生产，占用大量宝贵人力资源。

功能要求	具体参数
安装方式	固定地板或桌面
额定负载重量	不少于 3kg
工作范围	水平方向不小于 500mm，垂直方向不小于 300 mm
精度	定位精度不低于±0.2mm，重复定位精度不低于±0.02mm
末端最大速度	不高于 $0.5m \cdot s^{-1}$
末端最大加速度	不高于 $0.1m \cdot s^{-2}$
标准作业时间	不高于 10sec

图 11 《高频变压器绕线机器人的设计与分析》论文相关内容图 1

制图人：蔡世阳

制图时间：2018 年 3 月 16 日

目前若 1 个班组 1 天加班工作 12 小时，人工制备信号线把最多可完成 6 只。**若通过大臂、小臂和传动轴结构，进行平移和绕动的原理，研制信号线把预制机器人代替人工制作**，工作效率仅需提高 **16.2** 倍就可实现目标值 $[6 \text{ 只} \times 1 \text{ 组} \times 16.2] \approx 97 \text{ 只}$ ，理论上完全可行。

3.2.2 人员保证：

QC 小组成员包含技术部、工程部多名技术骨干，QC 小组活动知识和专业技术水平扎实，实干和创新能力强，具有丰富的研发和施工经验。

3.2.3 资金支持：

本次课题是对铁路信号施工工艺的一次革命性创新，公司领导给予了高度期望和关注，研发资金拨款 30 万元用于购买研制材料和设备，资金准备充足。

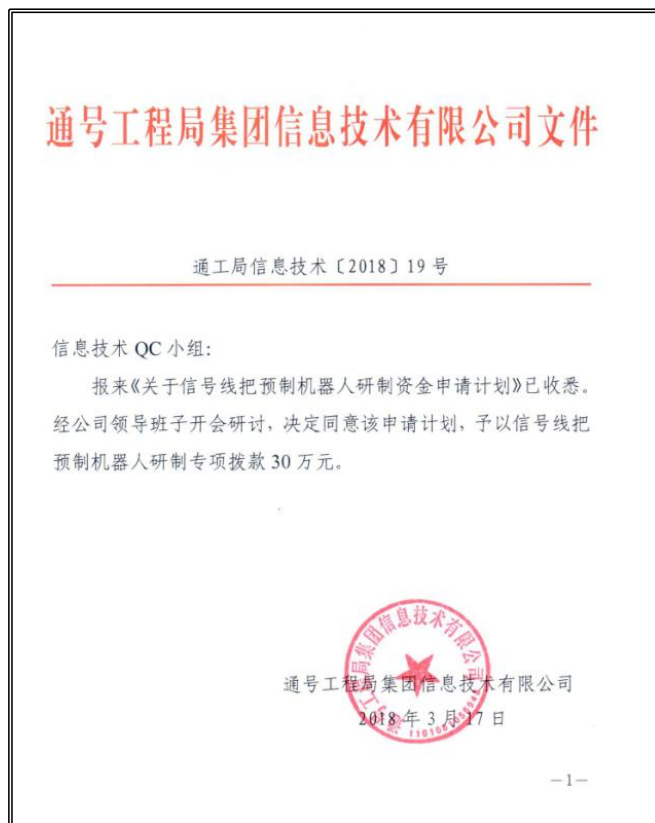


图 12 公司拨款专项批复图

制图人：郑海洋

制图时间：2018 年 3 月 17 日

4、提出方案并确定最佳方案

4.1 提出方案

在《高频变压器绕线机器人的设计与分析》所设计的绕线机器人共分为机座、大臂、小臂、腕部和末端执行器四部分及电控程序组成。

如下图 2.7 EE25 高频变压器绕线机器人的运动简图所示，该机器人由机座、大臂、小臂、腕部和末端执行器四部分组成，拥有三个旋转自由度和一个直线运动自由度，平面重复定位精度高，末端执行器的竖直方向上的运动由直线运动自由度完成^[22]，末端执行器部分设计为与机器人腕部配合使用的手指单元，使此型机器人可以完成预先设计的工作任务。此外该 SCARA 型机器人具有较好的设备柔性，可以再设计与此 SCARA 型机器人腕部配合使用的末端执行器，使得此型机器人可以完成微电子、机械生产和制造装配业的其他指定作业任务。

图 13 《高频变压器绕线机器人的设计与分析》论文相关内容图 2

制图人：郑海洋

制图时间：2018 年 3 月 18 日

小组成员使用头脑风暴法，根据绕线机器人机座、大臂、小臂、腕部和末端执行器四部分的结构，可进行平移和绕动的原理，经过整理分析形成了亲合图。信号线把预制机器人应由机器人关节、传动方式、控制系统、支撑外壳材料、末端执行器五部分构成。



图 14 总体方案亲合图

制图人：蔡世阳

制图时间：2018 年 3 月 19 日

小组成员确定总体方案后，根据亲合图将整体方案进行分割细化，形成总体方案分解图：

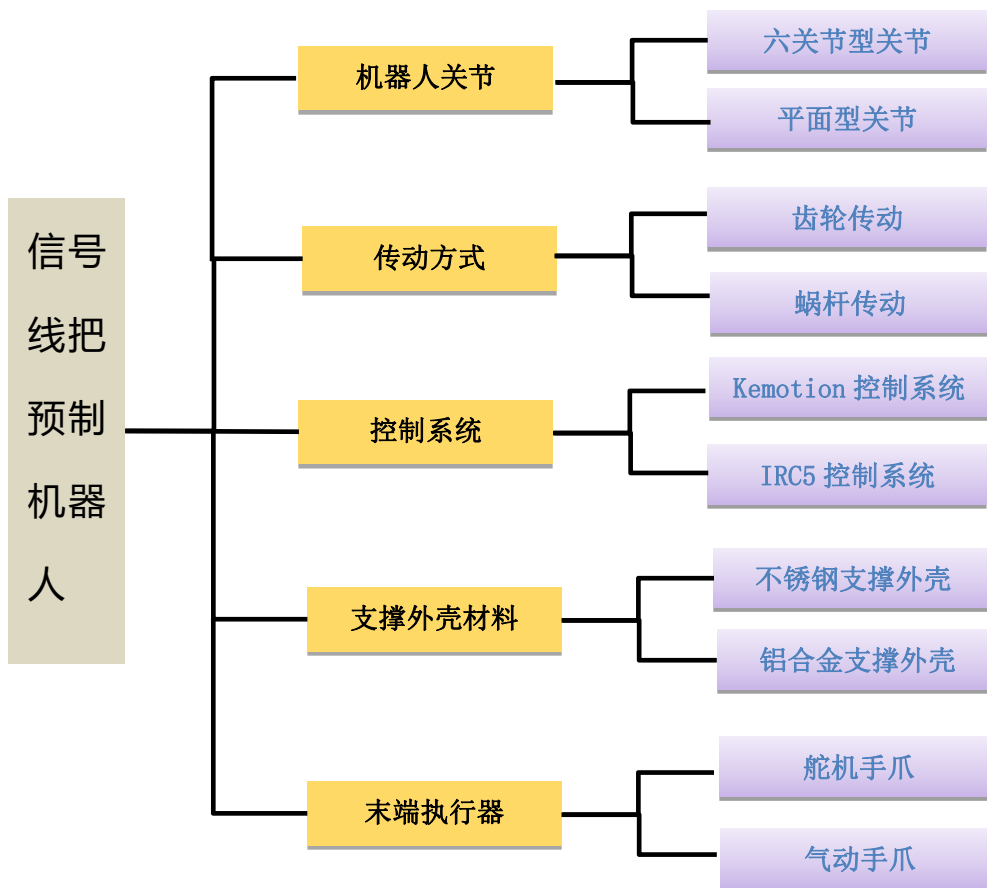


图 15 信号线把预制机器人总体方案分解图

制图人：修增仁

制图时间：2018 年 3 月 20 日

4.2 分级方案比选

4.2.1 机器人关节比选

表 5 机器人关节对比分析表

调查分析	六关节型关节	平面型关节
简介	几个转动关节和相应的杆件采用串联的方式进行开链连接，第 1 个关节的旋转轴与另外几个关节的旋转轴相垂直，其结构和功能与人类的手臂相类似	3 个转动关节和 1 个移动关节进行几何组合构型，使所有的运动轴都是平行的
动作灵活性	拟人程度高，可胜任多角度的复杂任务；运行速度极快，大臂最大转速 $225^{\circ}/s$ ，最大升降速 $1.5m/s$	运行速度较快，大臂最大转速 $150^{\circ}/s$ ，最大升降速度 $1m/s$
有效性	六关节型机器人工作范围大，多关节机器人手保证了工作空间最大化利用，拟人程度高，可达性非常高，	平面关节型机器人工作范围较大，功能满足要求

	可以更好地完成多个工作步骤	
占用空间	占用空间小，仅占自身方形空间，以 2m×2m 工作台为例，仅需 4m ²	占用圆柱形空间，以 2m×2m 工作台为例，需占地 6.28m ²
成本	6 万元	4.5 万元
综合评价	小组成员经过讨论后认为，虽然六关节型关节研制成本略高，但其占用空间小、运动速度更快、装配效率更高，考虑此次活动注重机器人的运动性能，因此采用六关节型关节。	
结论	采用	不采用


制表人：段达

制表时间：2018 年 3 月 21 日

4.2.2 传动方式比选

表 6 传动方式对比分析表

名称	齿轮传动	蜗杆传动
简介	齿轮传动是指轮缘上有齿轮连续传递运动和动力的传动方式	蜗杆传动是由蜗杆和蜗轮组成的，用于传递交错轴之间的运动和动力的传动方式
图示		
传递功率	传动比可达 70~300	传动比在可接受尺寸内传动比仅为 3~20
传动距离	传动距离近，远距离传动需要多个齿轮合作	适合中远距离进行传动

名称	齿轮传动	蜗杆传动	
设计实验	实验名称：稳定进给爬行误差对比		
	名称	齿轮传动	蜗杆传动
	说明	使用齿轮传动和蜗杆传动分别进行 150cm/min 走线，使用误差测量仪测量单次走线和循环 3 次走线后爬行进给误差，精确到 0.1mm。	
	图示		
	误差测量结果（单位：mm）		
	150cm/min 单次走线	齿轮传动	蜗杆传动
	1	0.1	0.3
	2	0.1	0.4
	3	0	0.2
	4	0	0.4
	5	0	0.4
	150cm/min 循环三次走线	齿轮传动	蜗杆传动
	1	0.1	0.4
	2	0.2	0.6
	3	0.1	0.5
4	0.1	0.6	
5	0.1	0.8	
综合分析	齿轮传动与蜗杆传动相比传动比高，传动力矩更大，且实测走线误差相对较小，传动效率更高，故选用齿轮传动。		
结论	采用	不采用	

制表人：张自强

制表时间：2018 年 3 月 23 日

4.2.3 控制系统比选

表 7 控制系统对比分析表


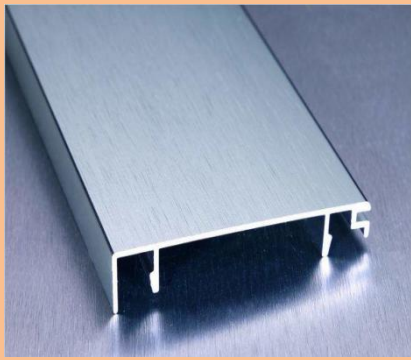
调查分析	IRC5 控制系统	KeMotion5000 控制系统
示意图		
简介	RC5 控制器是 ABB 研发的工业机器人控制器，由 1 个控制模块和 1 个驱动模块组成，可实现关节、直线、圆弧等多种轨迹	KeMotionr5000 系列控制器是一套完好的面向多轴运动控制零碎软硬件模块化控制器，可实现关节、直线、圆弧等多种轨迹
经济性	整套控制系统成本为 125000 元	整套控制系统及开发工具集成本为 189000 元
难易程度	提供开放式开发平台和 API 函数，方便模块化开发	需要一周以上时间熟练掌握所使用的专用开发工具集
可扩展性	模块化编程保证了未来添加功能的只需编写功能模块即可调用	要求机器人功能设计一次成型，添加新功能需修改全局程序
安全性	提供专用安全控制模块，可有效预防各类安全隐患	有轨迹中触发和碰撞检测功能
可操作驱动模块数	4	1
可驱动伺服轴数	36	10
综合分析	两种控制系统均为成熟控制器产品，可满足研发需要。小组成员从研发成本、研发时间周期、未来可扩展性等方面考虑，选用 IRC5 控制系统。	
结论	采用	不采用

制表人：蔡世阳

制表时间：2018 年 3 月 24 日

4.2.4 支撑外壳材料比选

表 8 支撑外壳材料对比分析表



调查分析	不锈钢支撑外壳	铝合金支撑外壳
示意图		
简介	不锈钢是在钢材中加入镍、铬等金属材料制成的特殊钢材	铝合金是在纯铝中加入各种合金元素制成，与钢材相比更加轻便，已经应用于航天、汽车、机械、船舶等多个领域
成型温度（℃）	800 以上	560
比重	2.71~2.95	1.71~1.78
拉伸强度（kgf/mm ² ）	3.8	6.4
弹性模量（kgf/mm ² ）	21000	13000
综合分析	铝合金材料和不锈钢材料均能保证工作空间内的运动强度和刚度要求。在此基础上小组成员考虑应尽量减少电机负载，提高机器人手臂运动的响应速度。铝合金材料抗拉强度高，比重仅为不锈钢材料的 2/3, 故选用铝合金支撑外壳。	
结论	不采用	采用

制表人：段达

制表时间：2018 年 3 月 26 日

4.2.5 末端执行器比选

表 9 末端执行器对比分析表

名称	舵机手爪	气动手爪		
图示				
简介	舵机手爪动力来源于舵机，舵机运动时，带动两个固定在爪盘直线导轨中的手指运动	通过压缩机将空气压缩后推入活塞做功进行动作		
定位精度	舵机定位精度一般	定位精度高，且便于循环定位		
手爪加持力	最大加持力 300N	可提供 250N 稳定加持力，足以完成载重任务		
响应速度	使用电子阀进行换向，在布线过程中会出现较多停顿	有一对曲柄槽用于减小摩擦力，可持续高速运转		
试验过程及结果	手爪类型	测试项目	测试方法	测试结果
	舵机手爪	抓取 0.2kg 信号线把悬停 10s 后在指定地点停放	使用简易驱动杆驱动手爪进行工作	定位精度误差在 $\pm 0.4\text{mm}$
		在走线盘上按制定路线连续布线 10 次		走线时间 5min
	气动手爪	抓取 0.2kg 信号线把悬停 10s 后在指定地点停放	使用简易驱动杆驱动手爪进行工作	定位精度误差在 $\pm 0.02\text{mm}$
在走线盘上按制定路线连续布线 10 次		走线时间 3min		
综合分析	经过调查分析和设计实验进行对比，气动手爪工作效率更高，定位及走线精度更高，因此选用气动手爪。			
结论	不采用	采用		

制表人：修增仁

制表时间：2018 年 3 月 26 日

4.3 三级分解

小组成员对需要进一步比选的项进行了分割细化，形成三级比选方案图如下：

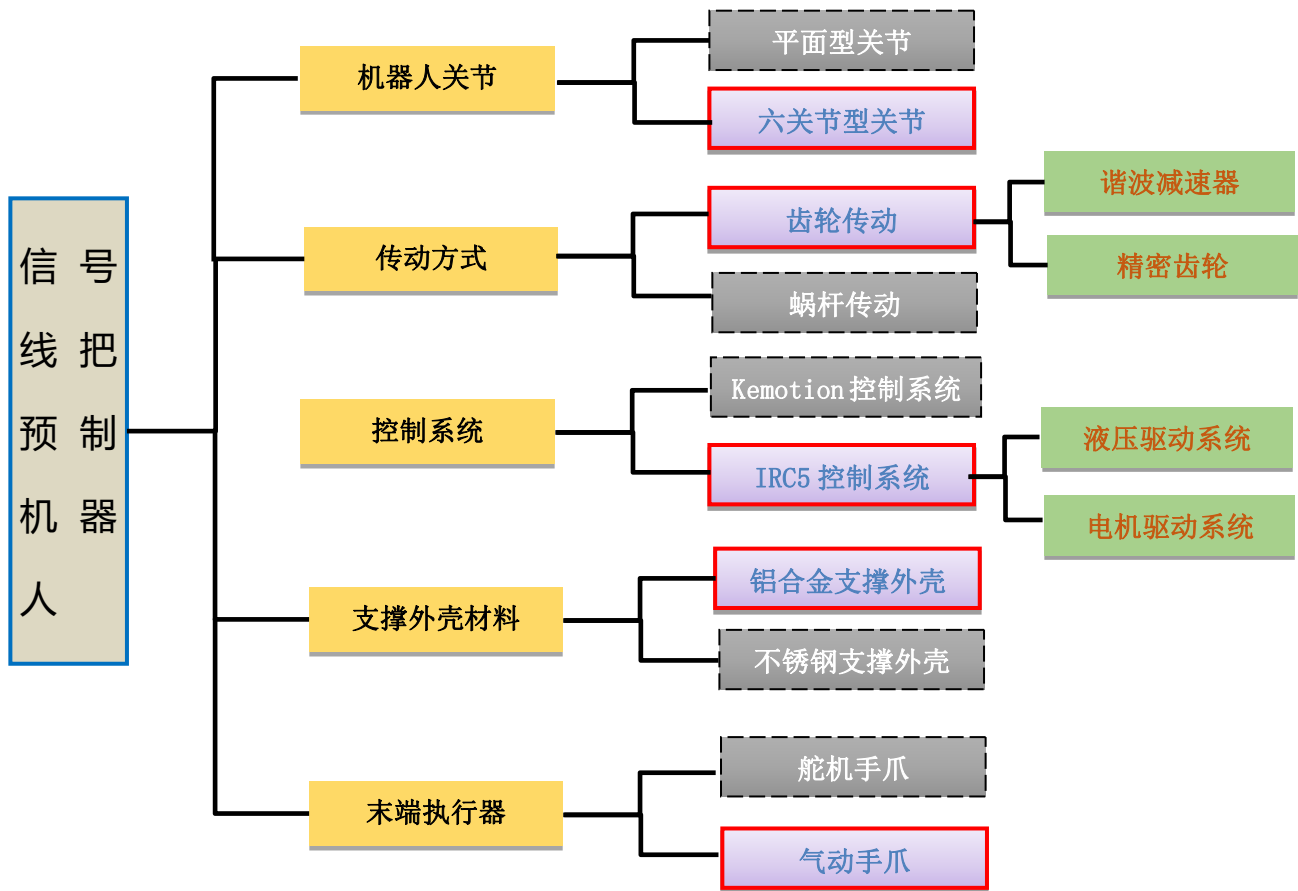


图 16 信号线把预制机器人方案逐级分解图

制图人：蔡世阳

制图时间：2018 年 3 月 27 日

4.4 三级方案比选

4.4.1 齿轮传动比选

表 10 齿轮传动对比分析表

名称	谐波减速器	精密齿轮
简介	大臂使用电机+谐波减速器传动，机器人小臂也使用电机+谐波减速器传动	机器人大臂使用电机+精密齿轮减速器传动，机器人小臂使用二级同步带传动
图示		
传递功率	传动比 150~300	传动比与齿轮大小成正比，在可接受尺寸内传动比 100~120
尺寸	尺寸较小，直径可控制在 10cm 以内	尺寸较大，且不能抓取基座附近的物品，有可能影响未来某些类型线把的制作
成本	单价 2000 元，共需 5 个谐波减速器，总成本 10000 元	需要多种类型的齿轮，采购零件加工成本 6000 元
工作效率	工作效率极高，可使机械臂 180 度高速回旋	因不能安装自锁功能，影响高速运动性能
综合评价	谐波减速器成本与精密齿轮相比差额在可接受范围内，而其占用体积小，便于机器人手臂进行活动，且工作效率更高，传动比更大，因此选用谐波减速器。	
结论	采用	不采用

制表人：郑海洋

制表时间：2018 年 3 月 29 日

4.4.2 IRC5 控制系统比选

表 11 IRC5 控制系统对比分析表

名称	液压驱动系统	电机驱动系统																		
简介	液压系统由两个大小不同的液缸组成，两个液缸里各有一个可以滑动的活塞，小活塞将这一压力通过液体的压强传递给大活塞提供动力	电机驱动是一种将电脉冲转化为角位移的执行机构。当驱动器接收到一个脉冲信号，它就驱动步进电机按设定的方向转动 1 个固定的角度，其旋转以固定的角度一步一步运行																		
功率重量比	1.5-2 kg/kw	0.2kg/kw																		
有效性	由液压泵驱动，扭矩较大，可提供强大动力，满足此次活动需求	由电机驱动，可提供充足动力，满足此次活动需求																		
无级变速调速比	100	2000																		
设计实验	设计实验：启动速度对比																			
	名称	液压驱动	电机驱动																	
	图示																			
	型号	YML35	DH422																	
	体积	30cm×15cm×24cm	28×8×22cm																	
	重量	5.4kg	3.6kg																	
	启动速度 (单位：s)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>编号</th> <th>液压驱动</th> <th>电机驱动</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1.7</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1.6</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.6</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1.7</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1.6</td> <td>0.1</td> </tr> </tbody> </table>	编号	液压驱动	电机驱动	1	1.7	0.1	2	1.6	0.1	3	1.6	0.1	4	1.7	0.1	5	1.6	0.1
编号	液压驱动	电机驱动																		
1	1.7	0.1																		
2	1.6	0.1																		
3	1.6	0.1																		
4	1.7	0.1																		
5	1.6	0.1																		
综合分析	电机驱动系统与液压驱动系统相比单位体积下重量更轻，其无级变速比高的优点可以使机器人手臂的运动更加流畅，且启动速度具有明显优势，因此选用电机驱动系统。																			
结论	不采用	采用																		

制表人：蔡世阳

制表时间：2018 年 3 月 30 日

4.5 确定最佳方案

最终，小组成员根据方案比选结果，确定了最佳方案如下图所示：

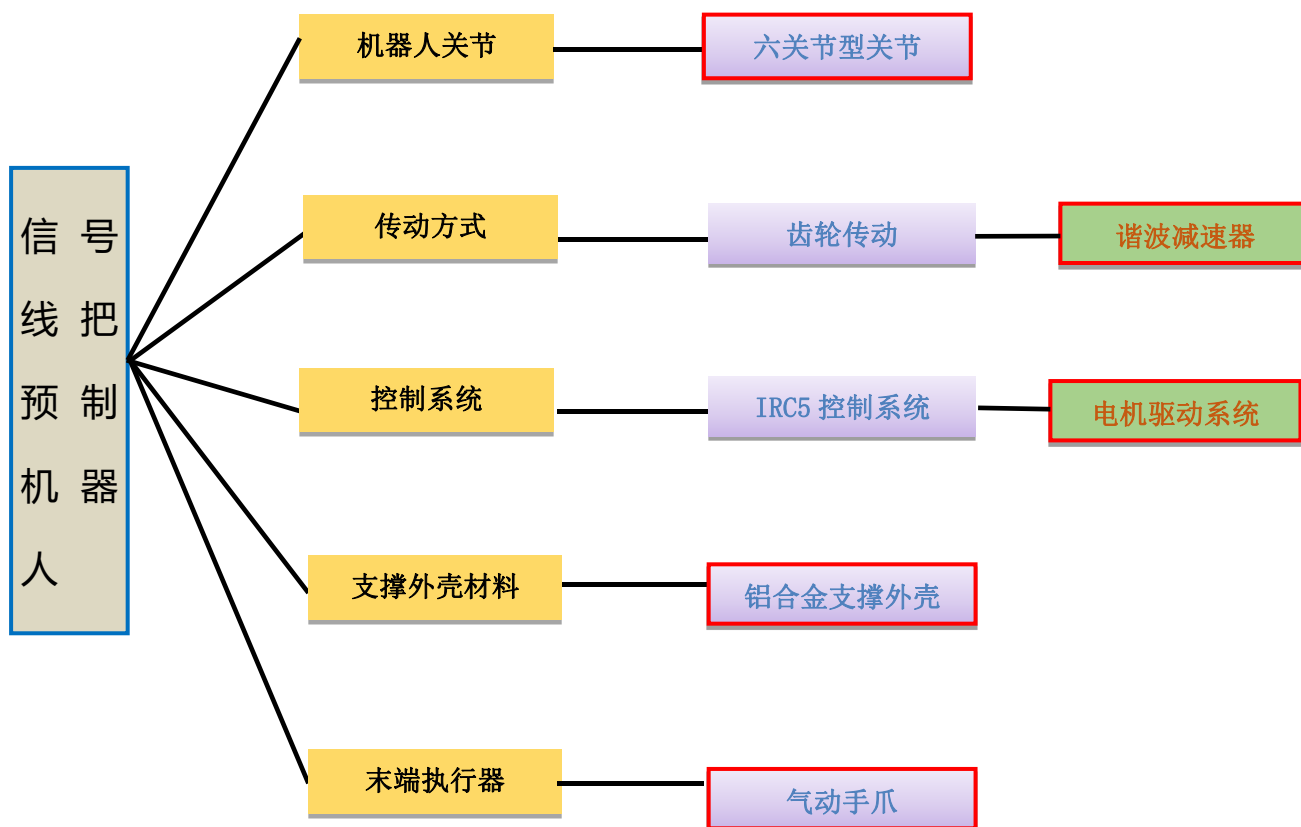


图 17 信号线把预制机器人最佳方案图

制图人：蔡世阳

制图时间：2018 年 4 月 2 日

5、制定对策

小组成员根据最佳方案比选结果和 5W1H 原则，指定了对策实施表：

表 12 信号线把预制机器人研制对策实施表

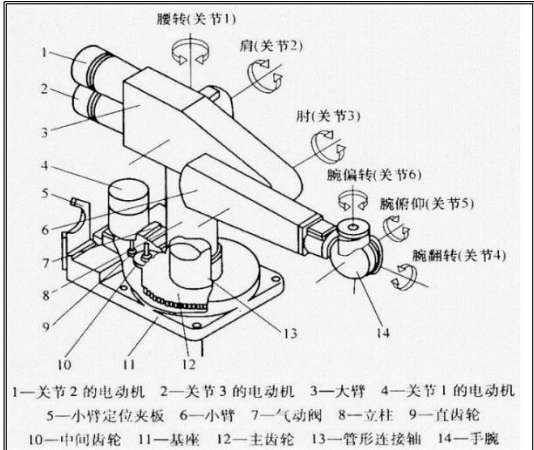
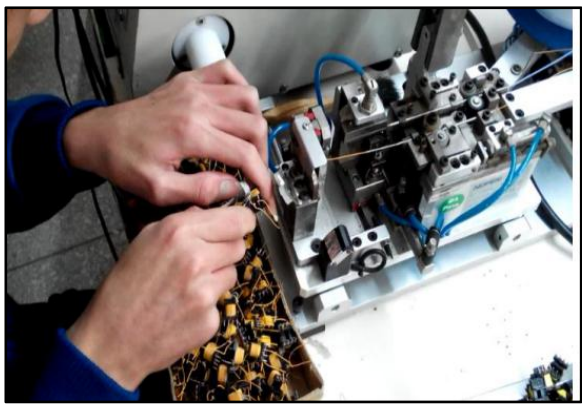
序号	对策	目标	措施	地点	完成时间	责任人
1	六关节型关节	水平方向工作半径 $\geq 150\text{cm}$	1. 绘制六关节型关节设计图 2. 制作六关节型关节及手臂主体样机 3. 功能测试	公司八楼技术部	2018年4月10日	祝长旗
2	谐波减速器	定位误差 $\leq 0.5\text{mm}$	1. 绘制传动轴设计图 2. 同步齿形带和丝杠螺母，在手臂主体上集成传动轴 3. 定位精度测试	公司八楼技术部	2018年4月20日	段达
3	电机驱动系统	额定工作压力 $\geq 3000\text{N}$	1. 绘制电机驱动系统设计图 2. 电机驱动器安装 3. 额定工作压力测试	公司八楼技术部	2018年4月27日	祝长旗
4	铝合金支撑外壳	最大抗弯形变 $< 0.1\text{mm}$	1. 设定铝合金支撑外壳外形参数 2. 制作铝合金支撑外壳 3. 铝合金支撑外壳安装 4. 抗弯形变测试	公司八楼技术部	2018年5月4日	张自强
5	气动手爪	额定负载重量 $\geq 5\text{kg}$	1. 绘制气动手爪设计图 2. 安装夹爪、手指和手指气缸 3. 载重测试	公司八楼技术部	2018年5月10日	修增仁
6	组装调试	线把一次合格率达到 100%	1. 机器人组装 2. 测试线把制备一次合格率	京津城际 02 中继站	2018年5月20日	张自强

制表人：段达

制表时间：2018年4月4日

6、实施对策

表 13 对策实施一过程记录表

实施一		六关节型关节																						
实施人员	祝长旗	地点	公司八楼技术部	完成时间	2018年4月10日																			
目标	水平方向工作半径≥150cm																							
实施过程	<p>1 绘制六关节型关节设计图</p> <p>根据实际需要的尺寸进行设计。考虑到机械手末端执行器需能信达到号线把最远距离，将手臂末端要达到的水平距离设定为 1.4m。</p> <p>由于机器人手臂整体中心较高，如果机座太薄则整个机械手稳定性将降低，影响其强度，因此选机座厚度为 40mm，预留哈德洛克防松螺母孔位进行固定。</p> 																							
	<p>2.制作六关节型关节及手臂主体样机</p> <p>装配机电一体化系统的设计、制作。为稳定基座，采用在三角铝合金的下面加木质垫片的方式来稳定其位置。</p> 																							
	<p>3.功能测试</p> <p>打开闭锁开关，使用手工方式移动机器人手臂进行球面环绕运动，测量机器人手腕末端能否达到水平方向 150cm 以外指定位置。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>试验组数</th> <th>每组频次</th> <th>目标值上限</th> <th>实测值</th> <th>是否达到目标</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>150cm</td> <td>155 cm</td> <td>是</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>10</td> <td>150cm</td> <td>155 cm</td> <td>是</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10</td> <td>150cm</td> <td>155 cm</td> <td>是</td> </tr> </tbody> </table>					试验组数	每组频次	目标值上限	实测值	是否达到目标	1	10	150cm	155 cm	是	2	10	150cm	155 cm	是	3	10	150cm	155 cm
试验组数	每组频次	目标值上限	实测值	是否达到目标																				
1	10	150cm	155 cm	是																				
2	10	150cm	155 cm	是																				
3	10	150cm	155 cm	是																				

目标验证	水平方向工作半径 > 150cm, 目标实现
------	------------------------

制表人: 蔡世阳

制表时间: 2018年4月10日

表 14 对策实施二过程记录表

实施二	谐波减速器				
实施人员	段达	地点	公司八楼技术部	完成时间	2018年4月20日
目标	定位误差 ≤ 0.5mm				
实施过程	<p>1. 绘制传动轴设计图</p> <div data-bbox="486 562 1305 1160" data-label="Image"> <p>1—机座 2—AC 伺服电机 3—谐波减速器 4—I 轴传动轴 5—机座端盖 6—I 轴透盖 7—大臂 8—上大臂盖</p> </div> <p>传动轴主要由机座、谐波减速器传动轴、轴透盖、大臂、大臂盖等零部件装而成。AC 伺服电机的输出轴和谐波减速器的输入端直接相连后固定在机座端盖内部, 可以减少转动惯量。</p> <p>2. 同步齿形带和丝杠螺母, 在手臂主体上集成传动轴</p> <p>小组成员在过程确保了周围环境足够清洁, 安装过程中没有任务异物进入减速器内部, 同时确保了柔了性轮保持充分润滑。正常工作时通过齿形传送带将电机的输出传递到丝杠螺母上。</p> <div data-bbox="387 1473 900 1912" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="938 1464 1414 1912" data-label="Image"> </div> <p>3. 定位精度测试</p>				



试验方法：将机器人手臂调整至同一高度，然后输出目标地点，待机器人手臂运动至目标地点后测量位移误差。试验重复十次。

试验编号	目标值上限	实测值	是否达到目标
1	0.5mm	0.487mm	是
2	0.5mm	0.491mm	是
3	0.5mm	0.487mm	是
4	0.5mm	0.490mm	是
5	0.5mm	0.494mm	是
6	0.5mm	0.490mm	是
7	0.5mm	0.487mm	是
8	0.5mm	0.489mm	是
9	0.5mm	0.490mm	是
10	0.5mm	0.491mm	是

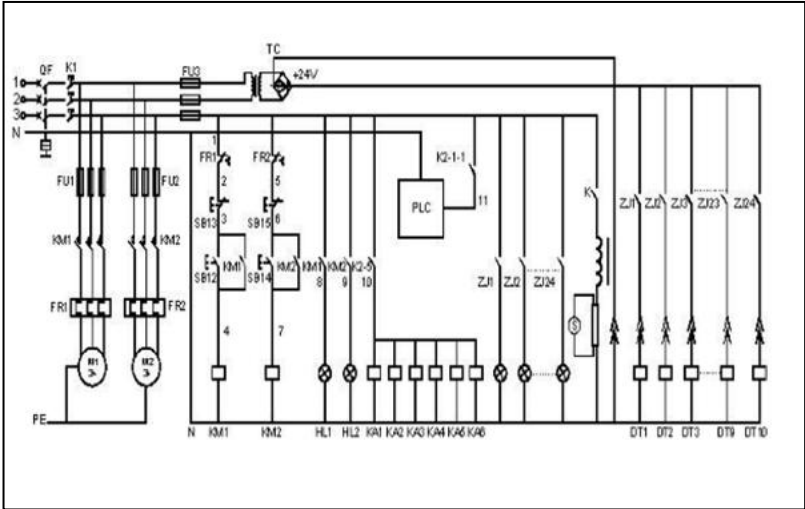
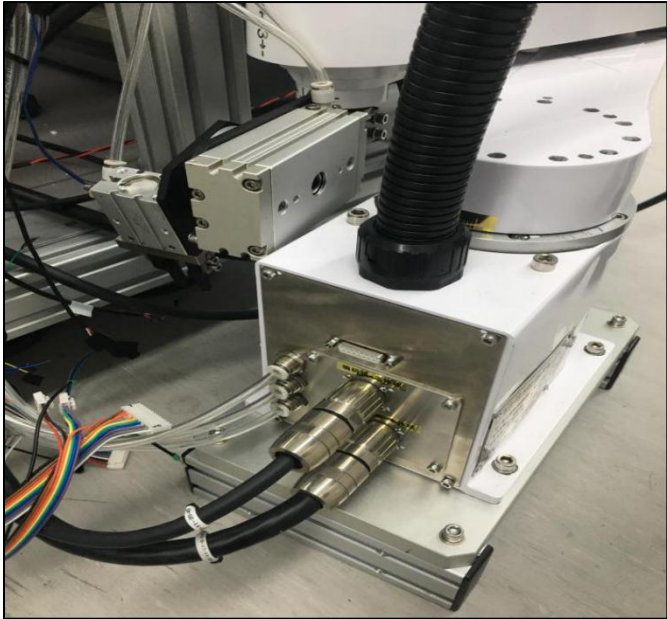
目标验证

定位误差 $<0.5\text{mm}$ ，目标实现

制表人：段达

制表时间：2018年4月20日

表 15 对策实施三过程记录表

实施三		电机驱动系统			
实施人员	祝长旗	地点	公司八楼技术部	完成时间	2018年4月27日
目标	额定工作压力 $\geq 3000\text{N}$				
实施过程	<p>1. 绘制电机驱动系统设计图</p> <p>由于电机轴到电机执行元件之间有压力损失，为保证电机驱动系统正常工作，设计电机系统输出压力为 4000N。</p>  <p>2. 电机驱动器安装</p> <p>电机马达和机器人手臂使用挠性连接，同轴度小于 0.1mm，轴线倾角小于 1°。电磁换向阀水平安装。连接阀安装前检查密封圈是否正常。</p>  <p>3. 额定工作压力测试</p> <p>试验方法：将电机驱动马达设定为逆时针旋转，调节电机功率使其达到最大工作压力进行负载测试，直到扭矩传感器检测出马达输出轴发生角度偏转，采集输出压力。</p>				

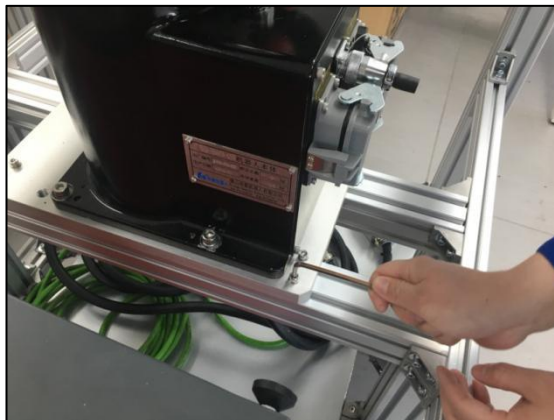
	试验编号	相位角度	工作压力	目标值下限	是否达标
	1	30°	3500N	3000 N	是
	2	60°	3500 N	3000 N	是
	3	90°	3500 N	3000 N	是
	4	120°	3500 N	3000 N	是
	5	150°	3500 N	3000 N	是
目标验证	额定工作压力>3000N, 目标实现				

制表人：段达

制表时间：2018年4月27日

表 16 对策实施四过程记录表

实施四	铝合金支撑外壳				
实施人员	张自强	地点	公司八楼技术部	完成时间	2018年5月4日
目标	最大抗弯形变<0.1mm				
实施过程	<p>1. 设定铝合金支撑外壳外形参数 考虑连接部位关键原件滚珠丝杠滚珠花键一体单元的性质，大臂、小臂回转角度应在±120°之间。结合六关节型关节设计结果，考虑机器人手臂应尽量减少工作空间的设计需求，确定大臂支撑外壳长度为60cm，小臂支撑外壳长度45cm。大臂与小臂连接法兰盘最大集成直径24cm，为确保机器人手臂抗弯性能达到最佳，大臂、小臂支撑外壳直径确定为24cm。</p> <p>2. 制作铝合金支撑外壳 采用固溶处理+数控加工的方式以提高强度、减少加工余量，加工时为内部电缆预留了孔位，同时确保了密封防尘。定型完成后进行了表面处理和光整加工以提高外观水平。最后在关节轴处布置了限位开关，防止机器人手臂工作过程中自身发生误碰。</p>  <p>3. 铝合金支撑外壳安装 进行铝合金支撑外壳安装，然后将铝合金支撑外壳固定于底座。</p>				



4.抗弯形变测试

试验方法：将机器人手臂张至最大角度，分别使大臂和小臂保持水平，在机器人手臂末端悬挂 5KG 铅坠，静止 10s 后使用 FRT 弯曲传感器进行抗弯形变测试，以上测试分别重复 5 次，测试结果如下：

试验编号	测试项目	抗弯形变量 (单位: mm)	目标值上限 (单位: mm)	是否达标
1	大臂水平	0.01	0.1	是
2	大臂水平	0.01	0.1	是
3	大臂水平	0.02	0.1	是
4	大臂水平	0.01	0.1	是
5	大臂水平	0.02	0.1	是
6	小臂水平	0.01	0.1	是
7	小臂水平	0.02	0.1	是
8	小臂水平	0.01	0.1	是
9	小臂水平	0.02	0.1	是
10	小臂水平	0.01	0.1	是

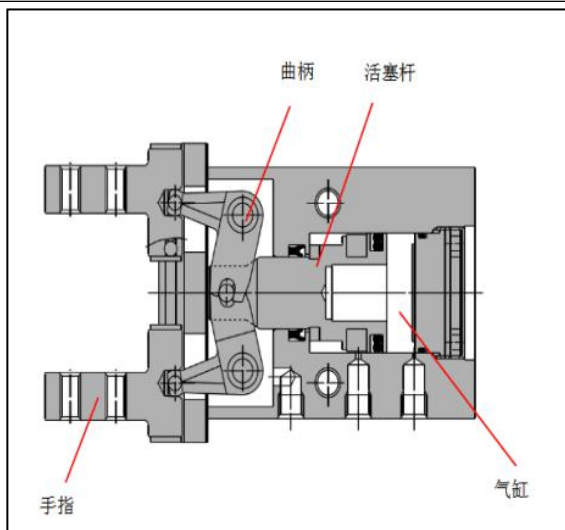
目标验证 最大抗弯形变<0.1mm，目标实现

制表人：张自强

制表时间：2018 年 5 月 4 日

表 17 对策实施五过程记录表

实施五	气动手爪				
实施人员	修增仁	地点	公司八楼技术部	完成时间	2018 年 5 月 10 日
目标	额定负载重量≥5kg				
	1.绘制气动手爪设计图				



气动手爪体积设计为 130mm×54mm×46mm，最大伸缩速度 400mm/s，回转范围±180°，手爪加持宽度 50-100mm。

2.安装夹爪、手指和手指气缸

机械手指采用两指肘节式卡爪，通过圆头螺钉与曲柄连接，气缸通过活塞杆向手爪末端提供动力。



3.载重测试

使用电机为气动手爪提供动力，使其抓取 6kg 定型线把并移动到指定位置，测量定位精度误差。

试验组数	负重质量	每组频次	重复定位误差上限	实测值平均值	是否有未达标情况
1	6kg	50	0.1mm	0.07mm	否
2	6kg	50	0.1mm	0.08mm	否
3	6kg	50	0.1mm	0.08mm	否


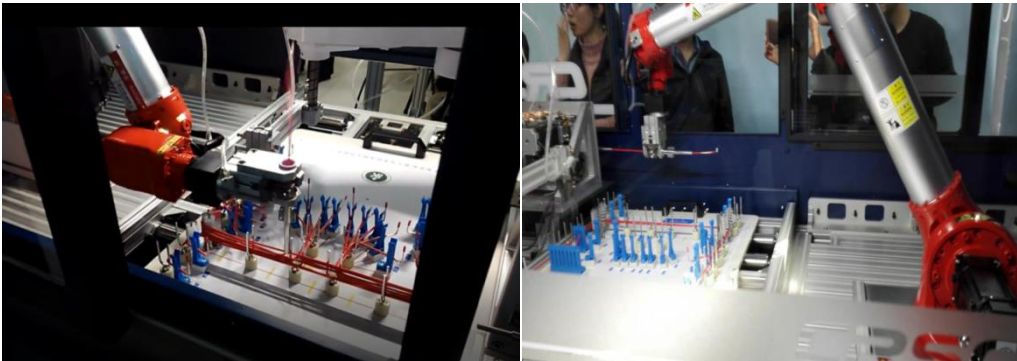
目标验证


额定负载重量>5kg，目标实现

制表人：郑海洋

制表时间：2018年5月10日

表 18 对策实施六过程记录表

实施六		组装调试																																																										
实施人员	张自强	地点	京津城际 02 中继站	完成时间	2018 年 5 月 20 日																																																							
目标	线把一次合格率达到 100%																																																											
<p>1. 机器人组装</p>  <p>2. 测试线把制备一次合格率</p> <p>小组成员召开信号线把预制机器人技术评审会，使用成型的信号线把预制机器人连续制备 10 个信号机线把，制备完成后检查线把外观是否整齐，绑扎间距是否一致，线缆有无交叉。</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>试验编号</th> <th>绑扎间距是否一致</th> <th>线缆是否有交叉</th> <th>作业时间</th> <th>线把一次合格率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>是</td><td>否</td><td>6' 58"</td><td>100%</td></tr> <tr><td>2</td><td>是</td><td>否</td><td>7' 00"</td><td>100%</td></tr> <tr><td>3</td><td>是</td><td>否</td><td>6' 58"</td><td>100%</td></tr> <tr><td>4</td><td>是</td><td>否</td><td>7' 00"</td><td>100%</td></tr> <tr><td>5</td><td>是</td><td>否</td><td>7' 00"</td><td>100%</td></tr> <tr><td>6</td><td>是</td><td>否</td><td>6' 58"</td><td>100%</td></tr> <tr><td>7</td><td>是</td><td>否</td><td>7' 02"</td><td>100%</td></tr> <tr><td>8</td><td>是</td><td>否</td><td>7' 02"</td><td>100%</td></tr> <tr><td>9</td><td>是</td><td>否</td><td>7' 02"</td><td>100%</td></tr> <tr><td>10</td><td>是</td><td>否</td><td>6' 58"</td><td>100%</td></tr> </tbody> </table>						试验编号	绑扎间距是否一致	线缆是否有交叉	作业时间	线把一次合格率	1	是	否	6' 58"	100%	2	是	否	7' 00"	100%	3	是	否	6' 58"	100%	4	是	否	7' 00"	100%	5	是	否	7' 00"	100%	6	是	否	6' 58"	100%	7	是	否	7' 02"	100%	8	是	否	7' 02"	100%	9	是	否	7' 02"	100%	10	是	否	6' 58"	100%
试验编号	绑扎间距是否一致	线缆是否有交叉	作业时间	线把一次合格率																																																								
1	是	否	6' 58"	100%																																																								
2	是	否	7' 00"	100%																																																								
3	是	否	6' 58"	100%																																																								
4	是	否	7' 00"	100%																																																								
5	是	否	7' 00"	100%																																																								
6	是	否	6' 58"	100%																																																								
7	是	否	7' 02"	100%																																																								
8	是	否	7' 02"	100%																																																								
9	是	否	7' 02"	100%																																																								
10	是	否	6' 58"	100%																																																								

<div style="text-align: center;"> <p>通号工程局集团有限公司</p> <p>京津城际列控系统技术改造项目经理部文件</p> <hr/> <p>通号局京津城际安〔2018〕7号</p> <p>信号线把预制机器人技术评审会议纪要</p> <p>时 间：2018年5月20日</p> <p>主 持 人：李宝华</p> <p>会议内容：</p> <p>2018年5月20日，在京津城际02中继站进行了信号线把预制机器人的现场测试。测试项目：使用该机器人现场制备了10个7×0.52mm阻燃铜芯塑料绝缘软线信号线把。</p> <p>经测试，该信号线把预制机器人能够按照线把的制作要求和工艺标准进行线把制作，成品线把绑扎间距一致，线把整齐美观，挺直平顺、无交叉，所有线把均为一次合格，制作效率高。天津电务段工作人员</p> <p style="text-align: center;">- 1 -</p> </div>	<p>在京津城际改造工程中可进行全面推广应用，确保线把的配线质量和外观美观，与会专家一致同意予以通过。</p> <p>参会人员：</p> <p>天津城际公司：李泽凯 天津电务段：黄志斌 北京铁建工程监理公司：张万年 通号京津城际项目部：黄 磊 李嘉斌 李 健 杨 震 孙维嘉 左一鸣 曹立生 曹晓丽</p> <div style="text-align: center;">  <p>通号工程局集团有限公司 京津城际列控系统技术改造项目经理部 2018年5月20日</p> </div> <p>抄送：存档。</p> <p>京津城际项目经理部 2018年5月20日印发</p> <p style="text-align: center;">3/4</p>
目标验证	线把一次合格率达到 100% ，目标实现

制表人：张自强

制表时间：2018年5月20日

7、效果检查

7.1 目标值检查

5月24日，小组成员跟随线把预制班组，使用信号线把预制机器人进行线把制作。信号线把预制机器人只需1名信号工人进行操控，预制班共配备2名熟练操作的信号工人，按3小时为1班，2人倒班进行制作，共工作4个班次，施工记录如下表所示：

信号工程施工记录表					信号工程施工记录表				
工程名称(标段名称):京津城际列控系统技术改造项目		日期:2018年5月24日			工程名称(标段名称):京津城际列控系统技术改造项目		日期:2018年5月24日		
地点:水西站		设备名称:NSA-2键控信号机			地点:水西站		设备名称:NSA-2键控信号机		
施工项目:信号机线把预制		作业人员名称:姜玉斌			施工项目:信号机线把预制		作业人员名称:张高		
作业班次:1		作业时长:3小时			作业班次:2		作业时长:3小时		
线把编号	线把型号	线把直径	作业时间	是否一次合格	线把编号	线把型号	线把直径	作业时间	是否一次合格
YL-S-NB-1	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-27	TST619015	0.52mm	7' 02"	是
YL-S-NB-2	TST619015	0.52mm	7' 02"	是	YL-S-NB-28	TST619015	0.52mm	7' 01"	是
YL-S-NB-3	TST619015	0.52mm	7' 02"	是	YL-S-NB-29	TST619015	0.52mm	7' 00"	是
YL-S-NB-4	TST619015	0.52mm	7' 00"	是	YL-S-NB-30	TST619015	0.52mm	7' 02"	是
YL-S-NB-5	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-31	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-NB-6	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-32	TST619015	0.52mm	7' 01"	是
YL-S-NB-7	TST619015	0.52mm	7' 02"	是	YL-S-NB-33	TST619015	0.52mm	7' 02"	是
YL-S-NB-8	TST619015	0.52mm	7' 00"	是	YL-S-NB-34	TST619015	0.52mm	7' 00"	是
YL-S-NB-9	TST619015	0.52mm	7' 02"	是	YL-S-NB-35	TST619015	0.52mm	7' 02"	是
YL-S-NB-10	TST619015	0.52mm	7' 01"	是	YL-S-NB-36	TST619015	0.52mm	7' 01"	是
YL-S-NB-11	TST619015	0.52mm	7' 00"	是	YL-S-NB-37	TST619015	0.52mm	7' 00"	是
YL-S-NB-12	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-38	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-NB-13	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-39	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-NB-14	TST619015	0.52mm	7' 01"	是	YL-S-NB-40	TST619015	0.52mm	7' 01"	是
YL-S-NB-15	TST619015	0.52mm	7' 02"	是	YL-S-NB-41	TST619015	0.52mm	7' 02"	是
YL-S-NB-16	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-42	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-NB-17	TST619015	0.52mm	7' 01"	是	YL-S-NB-43	TST619015	0.52mm	7' 01"	是
YL-S-NB-18	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-44	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-NB-19	TST619015	0.52mm	7' 01"	是	YL-S-NB-45	TST619015	0.52mm	7' 01"	是
YL-S-NB-20	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-46	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-NB-21	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-47	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-NB-22	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-48	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-NB-23	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-49	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-NB-24	TST619015	0.52mm	7' 01"	是	YL-S-NB-50	TST619015	0.52mm	7' 01"	是
YL-S-NB-25	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-51	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-NB-26	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-NB-52	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
检查结论:本班作业内容为信号线把预制,工作时长3小时,共制备信号线把26只,一次合格率为100%					检查结论:本班作业内容为信号线把预制,工作时长3小时,共制备信号线把26只,一次合格率为100%				

信号工程施工记录表					信号工程施工记录表				
工程名称(标段名称): 京津城际列控改造工程			日期: 2018年5月24日		工程名称(标段名称): 京津城际列控改造工程			日期: 2018年5月24日	
地点: 永乐站			设备名称: XSA-2 携铁信号机		地点: 永乐站			设备名称: XSA-2 携铁信号机	
施工项目: 信号机线把预制			作业人员名称: 蔡玉斌		施工项目: 信号机线把预制			作业人员名称: 张亮	
作业班次: 3			作业时长: 3小时		作业班次: 4			作业时长: 3小时	
线把编号	线缆型号	线缆直径	作业时间	是否一次合格	线把编号	线缆型号	线缆直径	作业时间	是否一次合格
YL-S-XB-53	TST619015	0.52mm	7' 00"	是	YL-S-XB-79	TST619015	0.52mm	7' 00"	是
YL-S-XB-54	TST619015	0.52mm	7' 02"	是	YL-S-XB-80	TST619015	0.52mm	7' 02"	是
YL-S-XB-55	TST619015	0.52mm	7' 01"	是	YL-S-XB-81	TST619015	0.52mm	7' 02"	是
YL-S-XB-56	TST619015	0.52mm	7' 00"	是	YL-S-XB-82	TST619015	0.52mm	7' 00"	是
YL-S-XB-57	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-XB-83	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-XB-58	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-XB-84	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-XB-59	TST619015	0.52mm	7' 02"	是	YL-S-XB-85	TST619015	0.52mm	7' 00"	是
YL-S-XB-60	TST619015	0.52mm	7' 00"	是	YL-S-XB-86	TST619015	0.52mm	7' 02"	是
YL-S-XB-61	TST619015	0.52mm	7' 02"	是	YL-S-XB-87	TST619015	0.52mm	7' 00"	是
YL-S-XB-62	TST619015	0.52mm	7' 01"	是	YL-S-XB-88	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-XB-63	TST619015	0.52mm	7' 00"	是	YL-S-XB-89	TST619015	0.52mm	7' 01"	是
YL-S-XB-64	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-XB-90	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-XB-65	TST619015	0.52mm	7' 00"	是	YL-S-XB-91	TST619015	0.52mm	7' 00"	是
YL-S-XB-66	TST619015	0.52mm	7' 02"	是	YL-S-XB-92	TST619015	0.52mm	6' 57"	是
YL-S-XB-67	TST619015	0.52mm	7' 01"	是	YL-S-XB-93	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-XB-68	TST619015	0.52mm	7' 00"	是	YL-S-XB-94	TST619015	0.52mm	6' 57"	是
YL-S-XB-69	TST619015	0.52mm	7' 01"	是	YL-S-XB-95	TST619015	0.52mm	7' 01"	是
YL-S-XB-70	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-XB-96	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-XB-71	TST619015	0.52mm	7' 01"	是	YL-S-XB-97	TST619015	0.52mm	7' 01"	是
YL-S-XB-72	TST619015	0.52mm	6' 58"	是	YL-S-XB-98	TST619015	0.52mm	6' 58"	是
YL-S-XB-73	TST619015	0.52mm	6' 58"	是					
YL-S-XB-74	TST619015	0.52mm	6' 58"	是					
YL-S-XB-75	TST619015	0.52mm	7' 00"	是					
YL-S-XB-76	TST619015	0.52mm	7' 02"	是					
YL-S-XB-77	TST619015	0.52mm	7' 01"	是					
YL-S-XB-78	TST619015	0.52mm	7' 00"	是					
检查结论: 本班次作业内容信号线把预制, 工作时长3小时, 共制备信号线把26只, 一次合格率为100%。					检查结论: 本班次作业内容信号线把预制, 工作时长3小时, 共制备信号线把20只, 一次合格率为100%, 5月24日共制备信号线把98把, 一次合格率为100%。				

图 18 信号工程施工记录图

制图人: 蔡世阳

制图时间: 2018年5月24日

由上图中记录表可知, 5月24日信号线把预制机器人制备线把效率为98只/天, 大于目标值97只/天, **我们的目标实现了!**

小组成员进行持续跟踪, 对每天制作信号线把情况进行记录统计, 其结果如下表:

表 19 信号线把预制情况统计表

日期	线缆型号	线缆直径	平均作业时间	制备信号线把数量(只)	线把一次合格率
5月24日	TST619015	0.52mm	6' 58"	98	100%
5月25日	TST619015	0.52mm	7' 02"	99	100%
5月26日	TST619015	0.52mm	6' 57"	98	100%
5月27日	TST619015	0.52mm	7' 00"	99	100%
5月28日	TST619015	0.52mm	7' 01"	99	100%
5月29日	TST619015	0.52mm	7' 00"	98	100%
5月30日	TST619015	0.52mm	7' 01"	98	100%
5月31日	TST619015	0.52mm	7' 03"	98	100%
6月1日	TST619015	0.52mm	6' 58"	99	100%
6月2日	TST619015	0.52mm	6' 58"	99	100%
6月3日	TST619015	0.52mm	7' 00"	99	100%
6月4日	TST619015	0.52mm	7' 02"	99	100%
6月5日	TST619015	0.52mm	7' 01"	99	100%
6月6日	TST619015	0.52mm	7' 00"	70	100%
合计	-	-	7' 01"	1352	100%

制表人: 修增仁

制表时间: 2018年6月8日

截止 6 月 6 日，线把预制机器人完成了 1352 只信号线把制备。其中 6 月 6 日完成工程所需全部 1352 只信号线把的制备后即停止工作，故当天制备小线把数量为 70 只。5 月 24 日至 6 月 5 日制备信号线把数量均大于目标值 97 只。

7.2 经济效益检查

小组成员对开通的京沈客专信号线把施工记录进行查询，京沈客专共配备 6 个班组，每班组 2 人，1 天制备信号线把 4 个，完成 1352 只信号线把制作共使用 57 天，单位人工费 350 元。

京津城际改造项目完成 1352 只，共配备 1 个班组，2 人轮班值守，完成 1352 只信号线把制作共使用 14 天，单位人工费 350 元。

经济效益计算见下表：

表 20 经济效益核算表

序号	工程名称	成本核算	备注
1	京沈客专	直接人工费：2×6×57×350=239400 元	2 人 1 班组制备信号线把 1 班组一天制备线把 4 个，共 6 个班组，共制作 57 天，单位人工费 350 元/天
2	京津城际改造	①直接人工费：2×14×350=9800 元 ②设备材料费：6 个关节轴及机械手臂材料费 76000 元；5 个谐波减速器材料费 2087×5=10435 元；IRC5 电机驱动系统及控制器设备费 125000 元，材料费 760 元；铝合金支撑外壳材料费 49000 元；气动手爪材料费 540 元。 ③加工费：关节轴加工费 6×150=900 元；铝合金支撑外壳加工费 10400 元 ④测试费：共计 3700 元 合计： 9800+76000+10435+125000+760+49000+540+900+10400+3700=286535 元	1 人 1 个班组，2 人轮班值守，共制作 14 天，单位人工费 350 元/天
3	经济效益	286535-239400= -47135 元	

制表人：祝长旗

制表时间：2018 年 7 月 10 日

QC 活动经济效益分析报告

2018年5月24日,信息技术QC小组将研制的信号线把预制机器人应用于京津城际改造工程信号机换装过程中的信号线把预制,于6月6日完成了全部676个信号机所需的1352的信号线把的制备,满足了工期要求。

对照京沈客专项目部施工记录和财务报表,对相同条件下使用传统手工制备1352个信号线把的费用和京津城际改造工程中使用信号线把预制机器人制备线把的费用进行了统计,经济效益对比情况如下表:

序号	工程名称	成本核算	备注
1	京沈客专	直接人工费: $2 \times 6 \times 57 \times 350 = 239400$ 元	2人1班组制备信号线把1班组一天制备线把4个,共6个班组,共制作57天,单位人工费350元/天
2	京津城际改造	①直接人工费: $2 \times 14 \times 350 = 9800$ 元 ②设备材料费: 6个关节轴及机械手臂材料费76000元; 5个谐波减速器材料费 $2087 \times 5 = 10435$ 元; IRC5 电机驱动系统及控制器设备费125000元,材料费760元; 铝合金支撑外壳材料费49000元; 气动爪子材料费540元。 ③加工费: 关节轴加工费 $6 \times 150 = 900$ 元 铝合金支撑外壳加工费10400元 ④测试费,共计3700元 合计: $9800 + 76000 + 10435 + 125000 + 760 + 49000 + 540 + 900 + 10400 + 3700 = 286535$ 元	1人1个班组,2人轮班值守,共制作14天,单位人工费350元/天
3	经济效益	$286535 - 239400 = -47135$ 元	



图 19 经济效益分析报告图

制图人: 郑海洋

制图时间: 2018年7月15日

由上图及上表可知,本次QC活动经济效益为-47135元。主要原因是设备材料费用较高,而人工费节约了 $239400 - 9800 = 229600$ 元。本次活动所研制的信号线把预制机器人可直接应用于今后的铁路信号施工项目中,可大幅提高施工效率,节约人工成本,预见经济效益可观。

7.3 社会效益检查

本次小组活动成果重点解决了铁路信号施工过程中信号线把制备过程时间过长、人工成本过高的问题,保障了工程按期完工。信号线把预制机器人安全可靠,其一次合格率达到100%,避免了人工排线、插头易出错带来的频繁返工问题。由机器人手臂制备的信号线把可保证维度、长度、曲率等外观参数保持一致,避免了多人一起制备线把导致线把外观参差不齐的难题,为公司赢得了良好的社会信誉。

8、标准化

本次活动后,小组成员对新型布线工艺机器人的制作与安装工艺进行了总结归纳,制备了《布线工艺机器人操作手册》,并纳入《通号工程局集团信息技术有限公司信号机换装作业标准》标准化管理,将成果资料及过程记录存档备案。

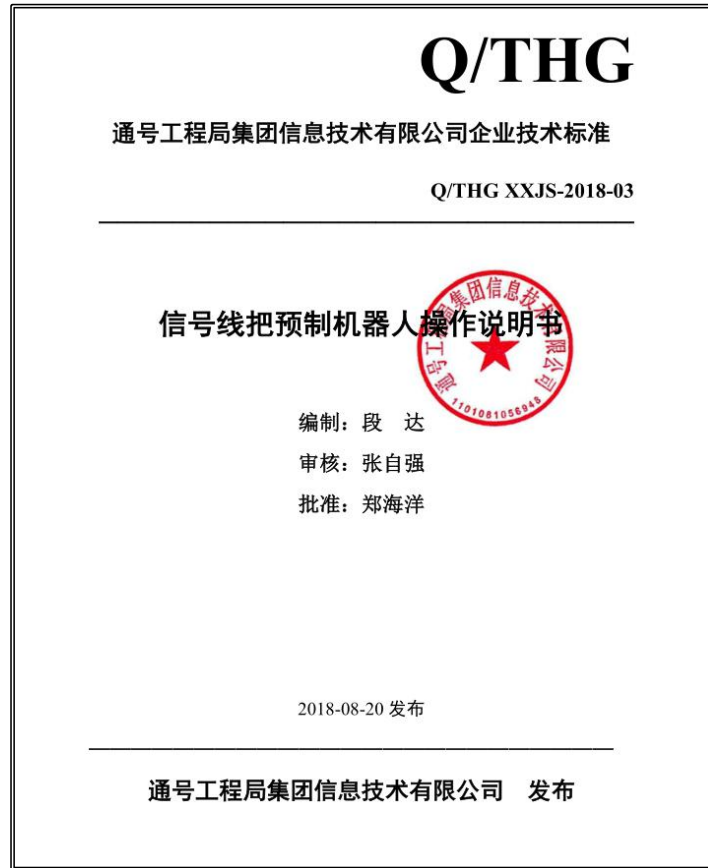


图 20 标准化文件资料图

制图人：段达

制图时间：2018 年 8 月 20 日

表 21 信号线把预制机器人标准化表

序号	标准化项目	标准化形式	标准类型	标准编号	对应条款和内容
1	信号线把预制机器人操作手册	《信号线把预制机器人操作手册》纳入《通号工程局集团信息技术有限公司信号机换装作业标准》	技术标准	QB-THTZ-XXJS-2018-03	<p>4.6 操作前检查</p> <p>设备检查。检查设备各部位是否有损坏，是否遗失零件或附件，润滑是否良好，气压管路是否连接可靠。设备长期停机后再次开动设备，必须先进行充分润滑。</p> <p>.....</p> <p>5.2 空走运行监测</p> <p>工件坐标系标定完成后，选择对应布线模板的空走调试程序，进行主机械臂、副机械臂和剥线机的空走运行检测。空走运行过程中操作人员应一直监控机械臂的运行状况。</p> <p>.....</p> <p>5.4 线把自动制备</p> <p>将捆装电缆线盘放入放线器，然后打开线盘，将电缆一头穿过放线器导线</p>

					孔，然后将电缆依次穿过导直机构。 选择对应走线盘模板的制备程序， 设备按照程序进行线把自动制备。
--	--	--	--	--	--

制表人：郑海洋

制表时间：2018年8月25日

9、总结和下一步打算

9.1 总结

9.1.1 专业技术能力总结

①信号线把预制机器人的成功研制实现了铁路工程信号线把的自动化制备，大大提高了现场人员的施工效率，降低了劳动力成本。

②信号线把预制机器人的成功研制为小组积累了机器人设计与制造、微电子技术等方面的研发经验，使公司在自动化、数字智能化的发展方向上迈出了坚实的一步。

9.1.2 管理能力总结

表 22 小组管理能力总结表

活动内容	优点	不足及今后努力方向
选择课题	课题顺应了国家数字化、智能化的发展方向，在借鉴查新环节充分借鉴了绕线机器人的相关原理和数据，选题理由充分。	今后选题时可使用联想法拓宽创新思路
设定目标及目标可行性分析	目标值设定依据合理，可行性分析对所借鉴的绕线机器人相关数据进行了对比，具有说服力	可采用模拟实验的方法强化对目标可行性的论证
提出方案并确定最佳方案	调查论证充分，对需要进行三级比选的方案进行了充分分析	部分方案比选未设计实验进行论证
制定对策	严格按照 5W1H 原则制定对策表	未考虑在不同环境下措施制定的全面性
对策实施	严格的按照对策表实施计划，逐项对策进行了目标值检验	可加强对策实施阶段数据支撑
效果检查	对目标值是否实现进行了充分检查，经济效益、社会效益分析较全面	功能单一，目前只能实现信号机线把自动制备
标准化	对成果进行了充分总结，将相关资料纳入公司标准化管理体系	着手将信号线把预制机器人推广至其他铁路信号施工项目

制表人：祝长旗

制表时间：2018年9月7日

9.1.3 综合素质总结

通过本次 QC 活动，小组成员 QC 知识、个人能力、效益观念、团队精神、动手能力都有了很大提升，对创新性 QC 课题的程序、步骤、工具有了较深刻的理解和认识，对影响铁路通信信号的工法有了深刻认识，积累了丰富的铁路信号施工经验。

=

表 23 小组自评表

评价内容	活动前（分）	活动后（分）
质量意识	70	90
解决问题的能力	75	84
团队协作精神	70	88
工作热情	80	90
改进意识	75	88
QC工具运用技巧	65	83

制表人：祝长旗

制表时间：2018年9月9日

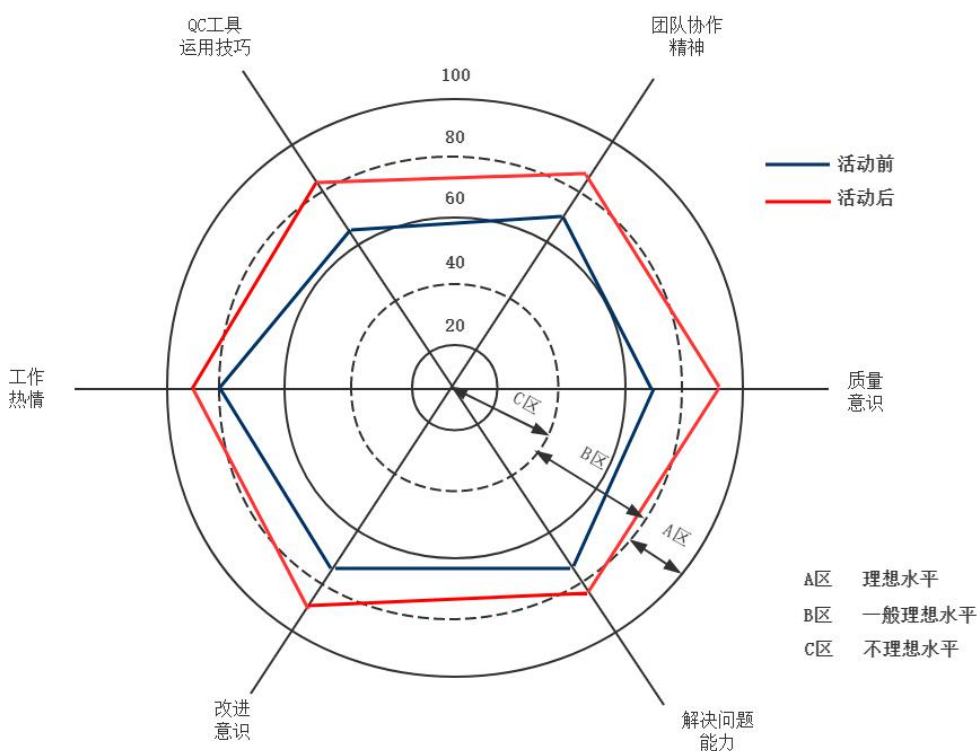


图 24 自我评价雷达图

制图人：蔡世阳

制图时间：2018年9月10日

9.2 下一步打算

目前我小组设计的信号线把预制机器人功能单一，只能实现信号机线把自动制备。由于线缆种类、线把形状和绑扎工艺等存在较大差异，无法实现信号工程室外方向盒、室内信号机柜等设备所需信号线把的预制。接下来我小组将围绕这一功能需求，以《多功能自动配线机器人研制》为课题继续开展 QC 活动。