

提高钢箱梁焊缝合格率

中交第二公路工程局有限公司 NM-SG4 标品质宁马 QC 小组

一、工程概况

中交二公局NM-SG4标参建的秦淮新河大桥属于拆除重建桥梁，大桥全长837.2m，采用双向十车道设计标准，主桥单幅桥宽24.15m，为国内同类桥梁之最（国内最宽的单幅桥梁），也是全标段范围内重难点及控制性工程。其中，跨河主桥上部结构采用（55+100+55）m变截面连续钢箱梁，钢箱梁全长209.76m，采用双箱单室式变截面，梁高采用圆弧曲线变化，中支点处梁高4.2m，跨中梁高2.4m。主体钢结构钢材采用Q345QD，单幅%1.5焊缝重量44872.8kg。

二、小组概况

为贯彻落实交通运输部《关于打造公路水运品质工程的指导意见》、江苏省交通运输厅《关于打造江苏省公路水运品质工程的实施方案》和《江苏省公路水运品质工程示范创建行动计划》的要求，结合本项目主体工程实际特征，为推进本项目品质工程创建，特成立“中交二公局NM-SG4标品质宁马QC小组”。

（一）小组成员组成

小组成立于2020年3月，小组成员共10人，由项目领导、专业工程师及专业技术人员组成，技术力量雄厚，项目管理经验丰富。成员形成统一的质量意识，始终坚持“求实、创新”的质量管理理念，树立品质宁马高速公路全线质量的“示范标杆”。

本次QC活动属于问题解决型，QC小组各成员分工见表2-1，QC活动计划安排见表2-2。

表2-1 QC小组成员情况及分工表

小组名称	中交第二公路工程局有限公司 NM-SG4标品质宁马QC小组	注册日期	2020.03
------	----------------------------------	------	---------

三、选择课题

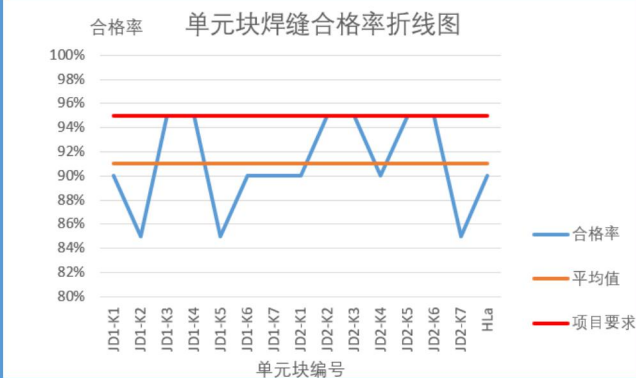
上级要求

业主要求项目达到创江苏省优质工程质量管理控制目标：
分项工程的关键检测项目合格率 95% 以上

问题现状

项目对秦淮新河大桥右幅 15 个单元块钢箱梁焊缝进行现状调查，合格率为 91%，不满足创优要求。

单元块编号	检查点数	合格点	不合格点	合格率
JD1-K1	20	18	2	90.0%
JD1-K2	20	17	3	85.0%
JD1-K3	20	19	1	95.0%
JD1-K4	20	19	1	95.0%
JD1-K5	20	17	3	85.0%
JD1-K6	20	18	2	90.0%
JD1-K7	20	18	2	90.0%
JD2-K1	20	18	2	90.0%
JD2-K2	20	19	1	95.0%
JD2-K3	20	19	1	95.0%
JD2-K4	20	18	2	90.0%
JD2-K5	20	19	1	95.0%
JD2-K6	20	19	1	95.0%
JD2-K7	20	17	3	85.0%
HLa	20	18	2	90.0%
合计	300	273	27	91.0%



小组选题

提高钢箱梁焊缝合格率

四、现状调查

（一）现状调查分析

钢箱梁焊缝主要有对接焊缝、全熔透角焊缝、部分熔透角焊缝以及 T 形接头角焊缝 4 种形式，其中前两者要求为 I 级焊缝，后两者要求为 II 级焊缝。根据 GB50205-2001《钢结构工程施工质量验收规范》要求，I 级焊缝应进行 100% 检验，II 级焊缝应进行抽检，抽检比例应不小于 20%。小组对秦淮新河大桥右幅主桥钢箱梁 2020 年 2 月 15 日至 2020 年 2 月 28 日连续焊接的两个节段（JD1、JD2）的 14 单元块及横梁（HLA）的 1 个单元块进行了焊缝磁粉和超声波探伤检测。共检测焊缝 300 条，其中合格 273 条，不合格 27 条，合格率为 91%，详见表 4-1 钢箱梁焊缝合格率现状调查表。

表 4-1 钢箱梁焊缝合格率现状调查表

单元块 编号	检查点 数	合格点	不合格点					小计	合格率
			气 孔	焊 瘤	咬 边	夹 渣	未 焊 满		
JD1-K1	20	18	1	1				2	90.0%
JD1-K2	20	17	1	2				3	85.0%
JD1-K3	20	19	1					1	95.0%
JD1-K4	20	19		1				1	95.0%
JD1-K5	20	17		2			1	3	85.0%
JD1-K6	20	18	2					2	90.0%
JD1-K7	20	18			1	1		2	90.0%
JD2-K1	20	18	1			1		2	90.0%
JD2-K2	20	19	1					1	95.0%
JD2-K3	20	19		1				1	95.0%
JD2-K4	20	18	1		1			2	90.0%
JD2-K5	20	19		1				1	95.0%

JD2-K6	20	19	1					1	95.0%
JD2-K7	20	17	2	1				3	85.0%
HLa	20	18	1	1				2	90.0%
合计	300	273	12	10	2	2	1	27	91.0%
备注：表中“检查点数”按钢箱梁单元块体抽查焊缝数量统计。 制表人：裴有鑫 制表时间：2020.3.6									



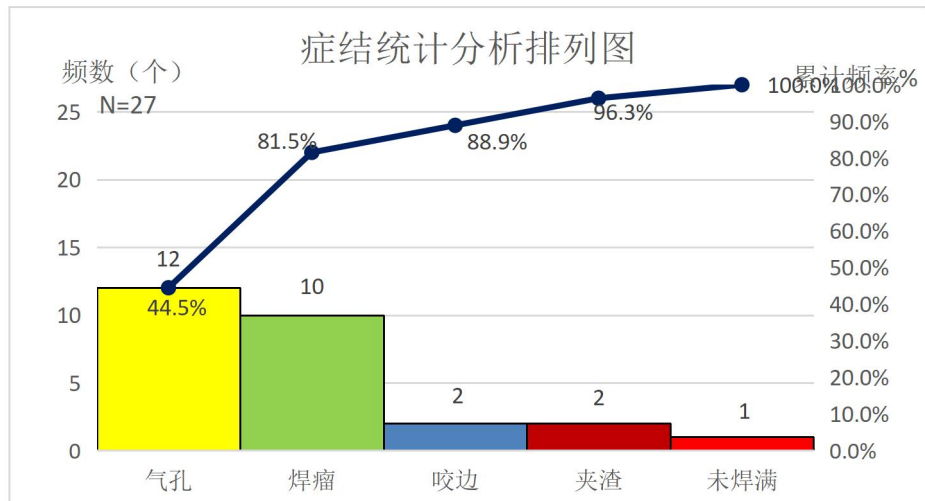
钢箱梁焊缝质量现场检测采集数据

(二) 针对缺陷点进行频数统计分析

小组通过检测发现共有：“气孔、焊瘤、咬边、夹杂及未焊满”五类缺陷问题，先后进行了频数统计及绘制排列图如下：

表 4-2 现状调查频数统计表

序号	项目	频数	累计频数	频率	累计频率
1	气孔	12	12	44.5%	44.5%
2	焊瘤	10	22	37.0%	81.5%
3	咬边	2	24	7.4%	88.9%
4	夹渣	2	26	7.4%	96.3%
5	未焊满	1	27	3.7%	100.0%



制图人：袁启航 制图时间：2020.3.10

(三) 确定主要症结

从症结统计分析排列图可以直观地看出，表面“气孔”和“焊瘤”两项出现缺陷的累计频率为 81.5%，是影响钢箱梁焊缝合格率的主要症结。



焊缝局部出现的气孔



焊缝局部出现的焊瘤

五、设定目标

(一) 与兄弟单位对标分析：

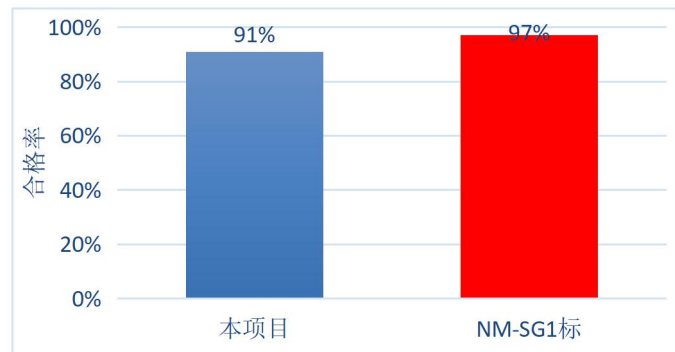
为了给设定的目标提供充足依据，同时对标兄弟单位查找自身不足，小组成员针对问题症结进行了对比。3月20日小组对跟本项目施工规模、条件相当的兄弟标段 NM-SG1 标油坊桥互通钢箱梁焊缝合格率进行了调查统计，结合本标段情况对问题症结进行水平对比分析。

1、钢箱梁焊缝合格率对比

表 5-1 油坊桥互通钢箱梁焊缝合格率统计表

部位	检查 点数	合格 点	不合格点					合格 率	
			气孔	焊瘤	咬边	夹渣	未焊满		小计
B匝道	100	96	2				2	4	96%
C匝道	100	97		1		2		3	97%
D匝道	100	98			1		1	2	98%
合计	300	291	2	1	1	2	3	9	97%

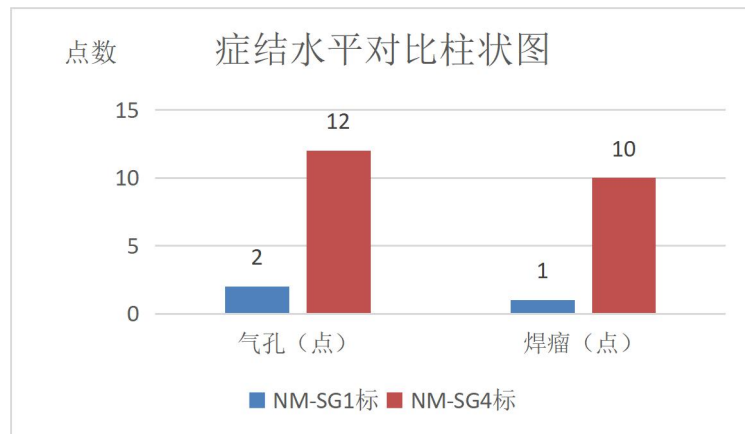
由上表得知，该项目钢箱梁焊缝合格率达 97%，高于本小组项目合格率。



2、症结比对

表 5-2 症结对比表

单位名称	总点数	气孔（点）	焊瘤（点）	不合格点数	症结占比
NM-SG1标	300	2	1	9	33.3%
本项目	300	12	10	27	81.5%



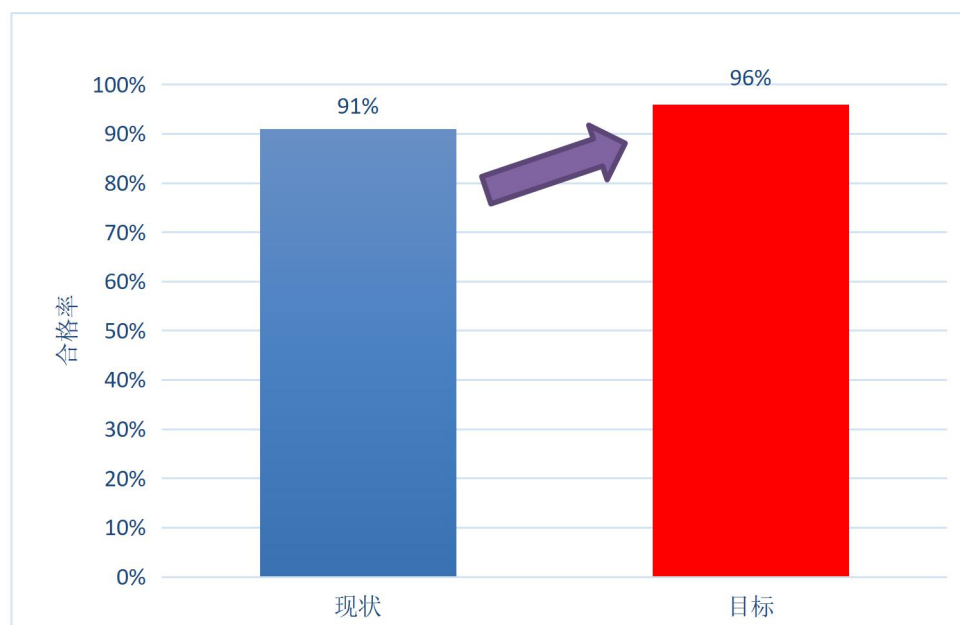
由以上调查分析可知 NM-SG1 标油坊桥互通钢箱梁焊缝总体合格率为 97%。同样检测点数下气孔、焊瘤缺陷分别只有 2 个、1 个，占症结总数比例为 33.3%。既然兄弟单位能达到要求，小组也有能力完成目标。

（二）症结解决程度测算分析：

测算：如果项目钢箱梁焊缝气孔及焊瘤的缺陷也可以降到 3 个，则总体合格率可以提升到 $\{300 - (27 - 12 - 10) + 3\} / 300 = 97.3\%$ 。

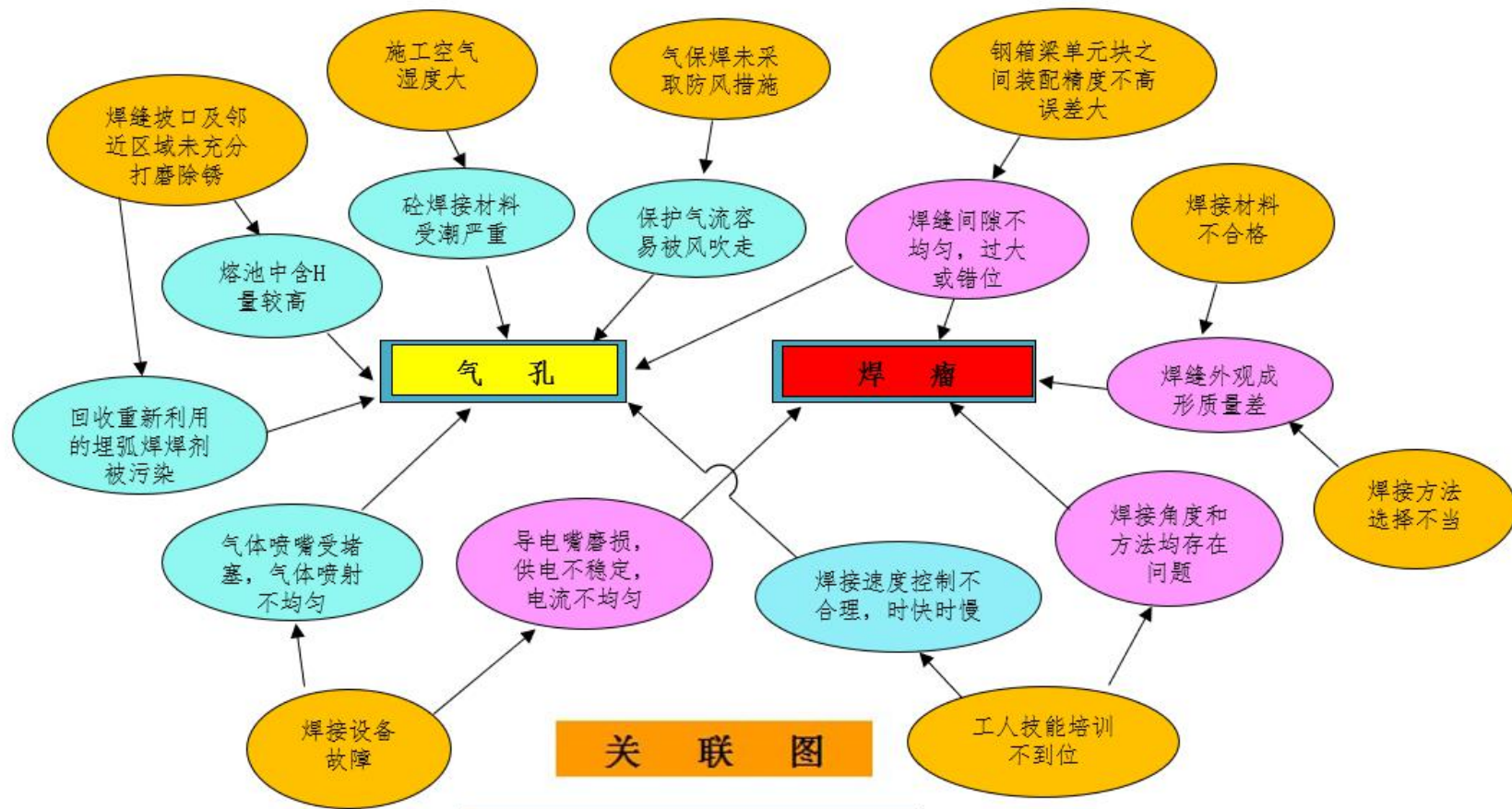
（三）设定目标：

经 QC 小组成员认真研究和反复论证，将本次 QC 活动目标值设定为：钢箱梁焊缝合格率提高至 96%。



六、原因分析

2020 年 4 月，小组全体成员对钢箱梁焊缝出现气孔和焊瘤现象进行了专项研究，经过对现场施工情况的分析及相关技术问题的讨论，从人、料、机、法、环等五个方面对焊缝局部“气孔”和“焊瘤”主要症结，进行了绘制关联图并找出 7 个末端原因如下：



关 联 图

制图人: 袁启航 审核: 杨逢春
 制图时间: 2020年4月15日

针对钢箱梁焊缝局部出现“气孔”和“焊瘤”等问题，项目部QC小组召开质量分析专题会议，在会议上小组成员进行了详细分析，客观分析现场条件及五大影响因素，对可能影响钢箱梁焊缝局部出现“气孔”和“焊瘤”的末端因素进行了逐条分析，具体分析情况详见表6-1。

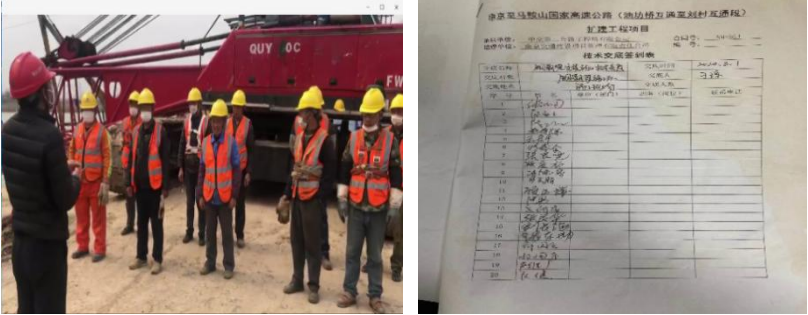

表6-1 末端原因分析表

序号	末端因素	确认方法	确认内容	责任人	完成时间
1	工人技能培训不到位	调查分析	分析技能培训对工人焊接操作的影响程度	裴存才	4月19日
2	钢箱梁单元块之间装配精度	现场检测	板单块装配测量数据是否在拼装规范要求范围内	裴有鑫	4月15日
3	焊接材料不合格	现场检查	是否有进场复验合格单	杨逢春	4月15日
4	焊接方法选择不当	调查分析	分析焊接方法对气孔的影响程度	袁启航	4月16日
5	焊接设备故障	现场检查	检查气体喷嘴、导电嘴等是否损坏	袁启航	4月18日
6	焊缝坡口及邻近区域未充分打磨除锈	调查分析	分析锈渍对气孔的影响程度	邓乐	4月17日
7	施工空气湿度大	调查分析	分析空气湿度对气孔影响程度	杨逢春	4月15日
8	气保焊未采取防风措施	调查分析	分析防风措施对气孔影响程度	裴有鑫	4月14日

七、确定主要原因

经 QC 小组成员分析讨论，最终确定影响钢箱梁焊缝局部出现“气孔”和“焊瘤”的主要由以下原因见下表。

要因确认一：工人技能培训不到位

确认方法	调查分析																												
确认时间	2020 年 4 月 19 日	确认人	裴存才																										
确认过程	1、培训情况检查																												
	检查发现焊接作业工人均持特种作业证上岗，三级技术交底及培训考核记录齐全，人员全覆盖，考核合格率 100%。具体情况见下表：																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>培训交底名称</th> <th>主持人</th> <th>地点</th> <th>参加人数</th> <th>开展时间</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>钢箱梁施工技术交底</td> <td>裴存才</td> <td>项目部</td> <td>15</td> <td>2019.12.20</td> </tr> <tr> <td>钢箱梁施工补充技术交底</td> <td>袁启航</td> <td>项目部</td> <td>18</td> <td>2020.01.15</td> </tr> <tr> <td>钢箱梁施工技术培训</td> <td>裴存才</td> <td>项目部</td> <td>30</td> <td>2020.02.09</td> </tr> <tr> <td>焊接技能实操培训</td> <td>裴存才</td> <td>现场</td> <td>12</td> <td>2020.02.10</td> </tr> </tbody> </table>				培训交底名称	主持人	地点	参加人数	开展时间	钢箱梁施工技术交底	裴存才	项目部	15	2019.12.20	钢箱梁施工补充技术交底	袁启航	项目部	18	2020.01.15	钢箱梁施工技术培训	裴存才	项目部	30	2020.02.09	焊接技能实操培训	裴存才	现场	12	2020.02.10
	培训交底名称	主持人	地点	参加人数	开展时间																								
钢箱梁施工技术交底	裴存才	项目部	15	2019.12.20																									
钢箱梁施工补充技术交底	袁启航	项目部	18	2020.01.15																									
钢箱梁施工技术培训	裴存才	项目部	30	2020.02.09																									
焊接技能实操培训	裴存才	现场	12	2020.02.10																									
																													
技术交底																													
																													
技术培训																													



特种作业证

2、症结影响程度检查

小组发现项目只对后进场的班组 2 进行了技能实操培训，4 月 19 日，小组在两个班组人员各抽取 10 人在同等条件下进行了现场焊接作业实操考核，结果如下：

班组	考核人数	是否进行实操培训	出现气孔 (条)	出现焊瘤 (条)	不合格条数	合格率
班组 1	10	是	1	3	4	60%
班组 2	10	否	0	1	1	90%

由此看出，实操培训对工人焊接操作影响较大，从而影响气孔、焊瘤症结发生。分析得出班组 1 个别焊工焊接时不够熟练，焊接电流设置过大或焊接角度不对造成焊瘤出现，焊接速度不稳定导致气孔发生。

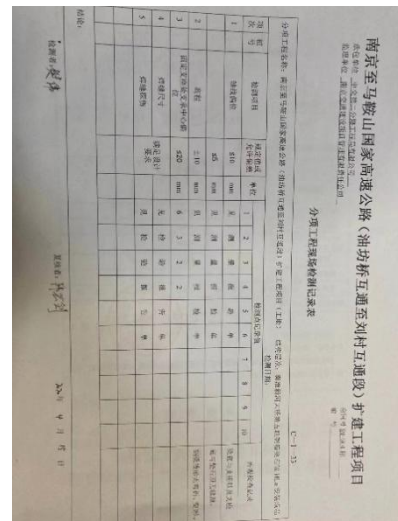
3、确认结果

项目个别工人技能实操培训不到位导致钢箱梁焊缝出现气孔、焊瘤症结，合格率下降。

结论 **要因**

要因确认二：钢箱梁单元块之间装配精度不高

确认方法		现场检测	
确认时间	2020 年 4 月 15 日	确认人	裴有鑫
确认过程		1、装配精度检查 小组通过检查现场检测记录表发现记录完整，检测数据符合相关技术规范，其中横梁 HLa 数据如下：	



4月15日，测量队也对钢箱梁单元块之间装配精度进行实地检测，主要测量内容为：

(1) 临时支撑支架的测量：确定支架的位置标高等。

(2) 桥位安装测量：根据设计制作预留在钢结构节段上的测控点转换成现场控制坐标体系确定钢箱梁节段安装的平面位置，根据设计预拱度及监控提供施工预拱度确定各个测控点位置的高程。

(3) 焊接时的测量：在焊接过程中，对于节段位置（主要是焊接收缩）进行监控，以便于及时调整焊接工艺。


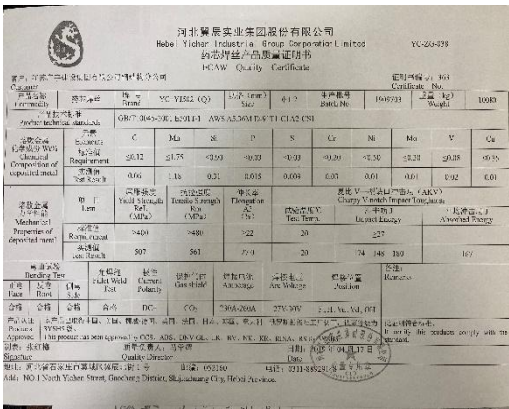
钢箱梁安装测量控制标准

项目		允许偏差(mm)
轴线偏位	钢梁中线	10
	两孔相邻横梁中线相对偏差	5
梁底标高	墩台处梁底	±10
	支座纵、横线扭转	1
支座底板四角相对高差		2
连接	对接焊缝的对接尺寸、气孔率	符合规范要求
拼装	安装环缝、纵缝对接缝口间隙	1~5
	安装环缝、纵缝对接缝口错边量	2

通过现场检测，现场钢箱梁单元块装配的吻合程度、间隙尺寸及坡口尺寸满足设计要求，结果得到监理测量组人员认可。

	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">制作尺寸检测 安装测量定位</p> <p>2、症结影响程度分析</p> <p style="text-align: center;">钢箱梁安装精度不高会导致焊缝错位不均匀，进而导致气孔和焊瘤缺陷发生。</p> <p>3、确认结果</p> <p style="text-align: center;">现场检测钢箱梁安装精度均符合要求，所以为分非要因。</p>
<p style="text-align: center;">结论</p>	<p style="text-align: center;">非要因</p>

要因确认三：焊接材料不合格

<p style="text-align: center;">确认方法</p>		<p style="text-align: center;">现场检查</p>	
<p style="text-align: center;">确认时间</p>	<p style="text-align: center;">2020年4月15日</p>	<p style="text-align: center;">确认人</p>	<p style="text-align: center;">杨逢春</p>
<p style="text-align: center;">确认过程</p>		<p>1、焊接材料检查</p> <p style="text-align: center;">小组经过调查发现，现场施工焊接材料包括焊丝、焊条、焊剂等均有进厂复验合格单，质量有保证。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;">   </div> <p style="text-align: center;">药芯焊丝产品合格证明书</p>	

	<p>2、症结影响程度分析</p> <p>使用不合格焊材会导致气孔和焊瘤缺陷发生。</p> <p>3、确认结果</p> <p>现场焊材均符合要求，所以为分非要因。</p>
结论	非要因

要因确认四：焊接方法选择不当

确认方法		调查分析																	
确认时间	2020年4月16日	确认人	袁启航																
确认过程		<p>1、现场焊接方法调查</p> <p>小组现场调查发现，钢箱梁桥面板为使得焊缝成型好，现场均采用埋弧自动焊，既CO₂气体保护半自动焊打底，用埋弧自动焊盖面。焊接方法满足施工要求。</p> <p>通过查阅资料得知各个气焊焊接工艺对比如下表：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>焊接方法</th> <th>优点</th> <th>缺点</th> <th>适用范围</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>手工电弧焊</td> <td>设备简单，使用灵活</td> <td>效率较低，质量不稳定</td> <td>适用广泛</td> </tr> <tr> <td>气体保护焊</td> <td>效率高，成本低</td> <td>抗风能力差，焊缝不够美观</td> <td>适用广泛</td> </tr> <tr> <td>埋弧自动焊</td> <td>质量高且稳定，自动化操作，效率高</td> <td>设备昂贵，工艺复杂</td> <td>长直线焊缝，批量生产</td> </tr> </tbody> </table>		焊接方法	优点	缺点	适用范围	手工电弧焊	设备简单，使用灵活	效率较低，质量不稳定	适用广泛	气体保护焊	效率高，成本低	抗风能力差，焊缝不够美观	适用广泛	埋弧自动焊	质量高且稳定，自动化操作，效率高	设备昂贵，工艺复杂	长直线焊缝，批量生产
		焊接方法	优点	缺点	适用范围														
手工电弧焊	设备简单，使用灵活	效率较低，质量不稳定	适用广泛																
气体保护焊	效率高，成本低	抗风能力差，焊缝不够美观	适用广泛																
埋弧自动焊	质量高且稳定，自动化操作，效率高	设备昂贵，工艺复杂	长直线焊缝，批量生产																
		<p>2、症结影响程度检查</p> <p>4月16日，小组通过实验比较埋弧自动焊、气体保护焊和手工电弧焊焊接平直缝的施工质量，如下表：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>焊接工艺</th> <th>焊缝条数</th> <th>出现焊瘤条数</th> <th>合格率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>手工电弧焊</td> <td>15</td> <td>4</td> <td>73%</td> </tr> <tr> <td>气体保护焊</td> <td>15</td> <td>1</td> <td>93%</td> </tr> <tr> <td>埋弧自动焊</td> <td>15</td> <td>0</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p>由上表可见，气体保护焊和埋弧自动焊相比手工电弧焊焊缝成形质量更高，焊接方法对焊瘤症结影响较大。</p>		焊接工艺	焊缝条数	出现焊瘤条数	合格率	手工电弧焊	15	4	73%	气体保护焊	15	1	93%	埋弧自动焊	15	0	100%
焊接工艺	焊缝条数	出现焊瘤条数	合格率																
手工电弧焊	15	4	73%																
气体保护焊	15	1	93%																
埋弧自动焊	15	0	100%																

	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">埋弧自动焊 C02 气体保护焊</p> <p>3、确认结果</p> <p style="padding-left: 40px;">现场根据实际焊接条件和效率费用分析选择了最合适的焊接方法，所以为非要因。</p>
结论	非要因

要因确认五：焊接设备故障

确认方法		现场检测	
确认时间	2020年4月16日	确认人	袁启航
确认过程		<p>1、焊接设备检查</p> <p style="padding-left: 40px;">4月16日，小组现场检查发现，现场电焊机、C02 流量计的计量指示准确，气体喷嘴、导电嘴无损坏，焊接电源前配备SBW-225 稳压器，保证电源输入电压稳定。专业人员定期检查保养，发现问题及时更换设备。</p> <p>2、症结影响程度分析</p> <p style="padding-left: 40px;">焊接设备损坏会导致气体喷射不均匀而产生气孔，电流不稳定而导致焊瘤发生。</p> <p>3、确认结果</p> <p style="padding-left: 40px;">现场设备性能检验合格，保养完善，所以为非要因。</p>	
结论		非要因	

要因确认六：焊缝坡口及邻近区域未充分打磨除锈

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/565233320113011040>