

# 兰合联络线特大桥 $(16.2+4\times 32.7+16.2)$ m

## 钢箱梁施工专项方案



编制:

审核:

批准:

内蒙古恒久钢构集团有限公司

2022 年 5 月

## 目录

<b>1. 编制依据及编制范围.....</b>	<b>- 4 -</b>
1.1 编制依据.....	- 4 -
1.2 编制范围.....	- 6 -
<b>2. 工程概况.....</b>	<b>- 6 -</b>
2.1 总体工程概况.....	- 6 -
2.2 桥梁结构.....	- 8 -
2.3 主要材料.....	- 11 -
<b>3. 工程重点难点分析及对策.....</b>	<b>- 11 -</b>
<b>4. 施工部署.....</b>	<b>- 12 -</b>
4.1 原则要求 .....	- 12 -
4.2 控制目标.....	- 13 -
4.3 项目组织机构.....	- 13 -
4.4 施工准备.....	- 14 -
4.5 工期安排.....	- 19 -
4.6 机械设备安排.....	- 19 -
4.7 人力资源配备.....	- 22 -
<b>5. 总体施工方案论述.....</b>	<b>- 23 -</b>
<b>6. 钢箱梁制作方案设计.....</b>	<b>- 23 -</b>
6.1 钢箱梁分段.....	- 23 -
6.2 单元划分 .....	- 27 -
6.3 总体制作流程.....	- 29 -
<b>7. 厂内制造、试拼装及涂装.....</b>	<b>- 31 -</b>
7.1 下料及机加工.....	- 31 -
7.2 板单元制作.....	- 32 -
7.3 节段制作和预拼装.....	- 37 -
7.4 节段焊接.....	- 38 -
7.5 涂装工艺.....	- 45 -



<b>8. 制作验收规程.....</b>	<b>- 51 -</b>
8.1 材料及材料管理.....	- 51 -
8.2 零件制造.....	- 52 -
8.3 组装质量控制.....	- 55 -
8.4 焊接工艺方案.....	- 58 -
8.5 矫正质量控制.....	75
8.6 制孔.....	77
8.7 涂装质量控制.....	79
<b>9. 厂内起吊、转运及翻身工艺及安全要求.....</b>	<b>81</b>
9.1 构件起吊、转运及翻身原则工艺要求.....	81
9.2 构件起吊与转运.....	82
9.3 构件翻身.....	83
9.4 构件存放.....	84
<b>10. 钢箱梁运输施工方案.....</b>	<b>85</b>
10.1 运输路线及路面平整.....	85
10.2 装载方案.....	86
<b>11. 钢箱梁安装方案设计.....</b>	<b>86</b>
11.1 施工方法.....	88
11.2 落梁施工及支座安装施工.....	104
11.3 横移施工工效分析.....	109
11.4 横移监测.....	109
11.5 施工组织安排.....	110
<b>12. 安全及质量保证体系及措施.....</b>	<b>113</b>
12.1 质量保证体系及措施.....	113
12.2 安全保证体系及措施.....	118
<b>13. 应急组织机构及职责.....</b>	<b>138</b>
13.1 应急组织体系.....	138
13.2 应急预案程序.....	138

---

13.3 宣传、培训和演习 .....	139
13.4 应急响应程序 .....	140
<b>14. 明施工与环境保护措施 .....</b>	<b>145</b>
14.1 环保管理体系 .....	145
14.2 成立环境保护小组 .....	146
14.3 环境保护措施 .....	146
14.4 噪音控制措施 .....	146
14.5 文明施工措施 .....	147
<b>15. 冬季施工 .....</b>	<b>147</b>
15.1 冬季施工焊接技术措施 .....	147
15.2 冬季施工吊装施工措施 .....	150
15.3 其他施工措施 .....	151



编制依据及编制范围

## 1.1 编制依据

### 1.1.1 技术规程、规范

(1) 国家相关法律、法规，国家有关部门、铁道行业及中国国家铁路集团相关技术标准、规范，中国国家铁路集团相关规章制度。

(2) 国家、铁路总公司、地方政府有关安全、环境保护、水土保持的法律、法规、规则、条例。

(3) 原铁道部《铁路大型临时工程和过渡工程设计暂行规定》（铁建设〔2008〕189号）。

(4) 中国国家铁路集团《铁路桥梁工程施工机械配置技术规程》（Q/CR9225-2015）。

(5) 中国国家铁路集团《质量安全红线管理规定》。

(6) 《铁路营业线施工安全管理办法》（铁运〔2012〕280号）

(7) 《电气化铁路有关人员电气安全规则》（铁运〔2013〕60号）

(8) 《普速铁路接触网安全工作规则》（铁总运〔2017〕25号）

(9) 《客货共线铁路桥涵工程施工技术指南》（TZ 203-2008）

(10) 《铁路桥涵工程施工质量验收标准》（TB 10415-2018）

(11) 《客运专线铁路桥涵工程施工技术指南》（TZ 213-2019）

(12) 《高速铁路桥涵工程施工技术规程》（Q/CR9603-2015）

(13) 《铁路建设项目资料管理规程》（TB10443-2010）

(14) 《铁路工程施工组织设计指南》铁建设〔2009〕226号

(15) 《铁路桥涵工程施工安全技术规程》（TB10303-2020）

- (16) 《铁路建设项目施工作业指导书编制暂行办法》
- (17) 《铁路建设项目技术交底管理暂行办法》
- (18) 《铁路工程基本作业施工安全技术规程》(TB10301-2020)
- (19) 《高速铁路桥涵工程施工技术指南》铁建设[2010]241号
- (20) 《铁路钢桥制造规范》(Q/CR 9211-2015)。
- (21) 《高速铁路桥涵工程施工质量验收标准 TB10752-2018》
- (22) 《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T3650 -2020);
- (23) 工程设计图纸及相关资料。
- (24) 施工调查资料及初步策划相关内容。
- (25) 我公司所拥有的人力、机械设备等资源, 施工管理水平、工法及科研成果和多年积累的工程施工经验。

### 1.1.2 营业线施工相关规定

- (1) 《中华人民共和国铁路技术管理规程(高速铁路部分及普速铁路部分)》(铁总科技[2014]172号);
- (2) 《铁路通信、信号、电力、电力牵引供电工程施工安全技术规程》(TB10306-2009)。
- (3) 《高速铁路电力牵引供电工程施工质量验收标准》(TB10758-2010)。
- (4) 《铁路电力牵引供电工程质量验收标准》(TB10421-2003)。
- (5) 《兰铁集团铁路营业线施工安全管理细则》
- (6) 《普速铁路工务安全规则》。
- (7) 《电气化铁路有关人员电气安全规则》铁运【2013】60号。
- (8) 《普速铁路接触网安全工作规则》铁总运【2017】25号。

(9) 《普速铁路接触网运行维修规则》铁总运【2017】9号。

## 1.2 编制范围

本方案编制范围为：兰合联络线特大桥（16.2+4×32.7+16.2）m 等高变宽钢箱梁横移、落梁工程。

### 1.2.1 编制原则

- (1) 跨营业线安全第一的原则。
- (2) 确保工程质量的原则。
- (3) 确保工期的原则。
- (4) 文明施工、高度重视环境保护的原则。
- (5) 满足建设项目技术先进、经济合理的原则。
- (6) 积极采用新技术、新材料、新工艺、新设备的原则。

## 2. 工程概况

### 2.1 总体工程概况

兰州至合作铁路全线位于甘肃省境内，行经兰州市、临夏回族自治州和甘南藏族自治州，地处甘肃南部黄土高原与青藏高原的过渡地带。沿途多为藏、回等少数民族聚居地，自古是汉、藏文化交流的交通要道，地理位置非常重要。线路总体呈南北走向，自兰新铁路西固城站西端引出，经西固区柳泉镇岸门村，向南穿越草坪山、雾宿山至永靖县；一跨洮河通过刘家峡水库库区，至东乡县河滩镇转入大夏河宽谷区；溯河谷南行经临夏市至土门关，进入甘南藏族自治州大夏河峡谷区；沿峡谷西侧敷设至夏河县唐尕昂乡引入西宁至成都铁路唐尕昂站，与西宁至成都铁路共线至合作。线路全长 184.414km，其中：利用兰新铁路兰州西至柳泉 16.487km，利用西宁至成都铁路唐尕昂至合作

20.147km，新建柳泉至唐尕昂正线长度 147.780km。另修建兰州至中川机场铁路与本线联络线工程，正线长度 3.940km。



图 1-1 项目位置图

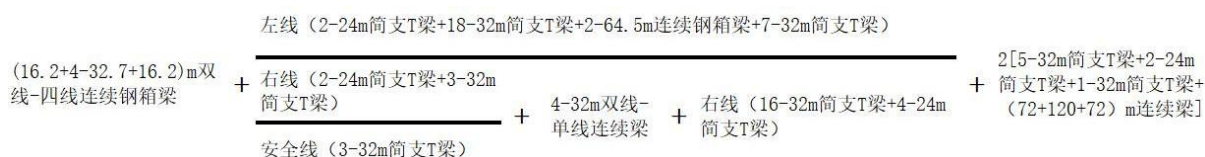
兰合联络线特大桥位于西固区兰州威立雅水务集团第一水厂附近，与兰州南滨河路较近，为兰合线接轨中川铁路而设。兰合联络线特大桥于中川铁路西固黄河特大桥上接轨，中川铁路为已营运线，西固黄河特大桥为跨越黄河及市区内立交而设，位于直线及曲线上，双线桥梁，设计时速为 160km/h。桥址所在处地形平坦，地物特别多，多条铁路和公路交错布置，非常复杂。

联络线于中川铁路西固黄河特大桥桥上左右线向外侧出岔分别引出，接轨点左线沿中川铁路和货车北环线间高架南行，上跨中川铁路后与右线并行。



接轨点右线，沿中川铁路北侧占用环行西路东侧辅路高架前行。两线并行后跨越兰州北环线、西柳沟立交枢纽及兰新双线后线路西折前行至岸门附近接入兰合线。

联络线需要采用桥梁方式解决线路的接轨、既有铁路与道路的并行、既有铁路与城市道路的跨越等问题，因此根据本桥的受控因素及布设原则，结合线路纵断面情况推荐桥式方案如下：



桥梁全长按左线贯通长度为 1684.36m (含接轨处连续梁及双线)，右线单绕长度为 1000.873m (含安全线道岔连续梁)，安全线长度为 98.2m。

为减小对中川铁路的干扰，在最短的工期内实现接轨，接轨点拟采用侧位制梁、横向顶推、置换旧梁的方案施工，为减轻顶推重量，按照顶推连续钢箱梁设计。钢箱梁桥型为 (16.2+4×32.7+16.2)m 等高变宽钢箱梁。

## 2.2 桥梁结构

### (1) 上部结构

采用 (16.2+4×32.7+16.2)m 等高变宽连续钢箱梁。

#### 1) 结构形式

全桥采用等高连续钢箱梁的形式，箱梁每隔 2.0m 左右设置一道横向加劲

肋，顶底板设置 T 型加劲肋，腹板设置板型加劲肋。桥面两侧分别设置声屏障及钢栏杆。（单位：mm）

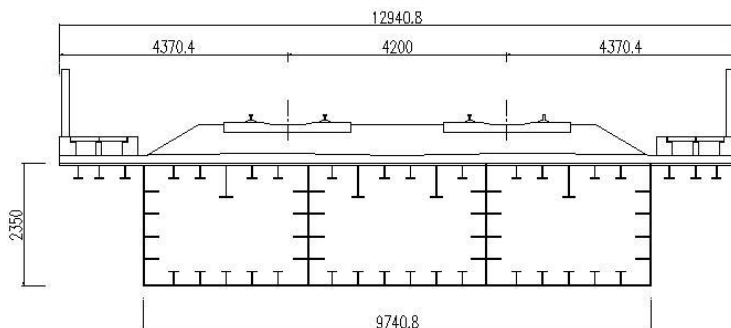


图 2- 1 钢箱梁横截面

## 2) 钢箱梁构造

梁高 2.35m，箱梁顶宽 24.2m $\sim$ 10.1m，底宽 21m $\sim$ 8.5m，中支点局部加宽至 9.846m，顶板厚 26mm，底板中支点处厚 32mm，其余部分厚 24mm，腹板厚 20mm。中支座处钢箱梁底部灌注 C50 混凝土。

顶、底板设置 T 型加劲肋，T 型加劲肋的最大距离为 588mm，其中顶板设置六道大纵肋，大纵肋的翼缘宽 240mm，板厚 12mm，腹板高 600mm，厚 12mm；顶底板普通加劲肋 T 肋的翼缘宽 180mm，厚 12mm，腹板高 250mm，厚 12mm。腹板设置板形加劲肋，肋宽 280mm，厚 20mm。

沿桥纵方向，隔 2.0m 设置一道横向加劲肋，支点附近加劲肋加密，边跨支点处加劲肋厚 32mm，中支点处加劲肋厚 36mm，其它加劲肋厚 20mm。加劲肋与钢箱梁内侧采用焊接方式连接。（单位：mm）

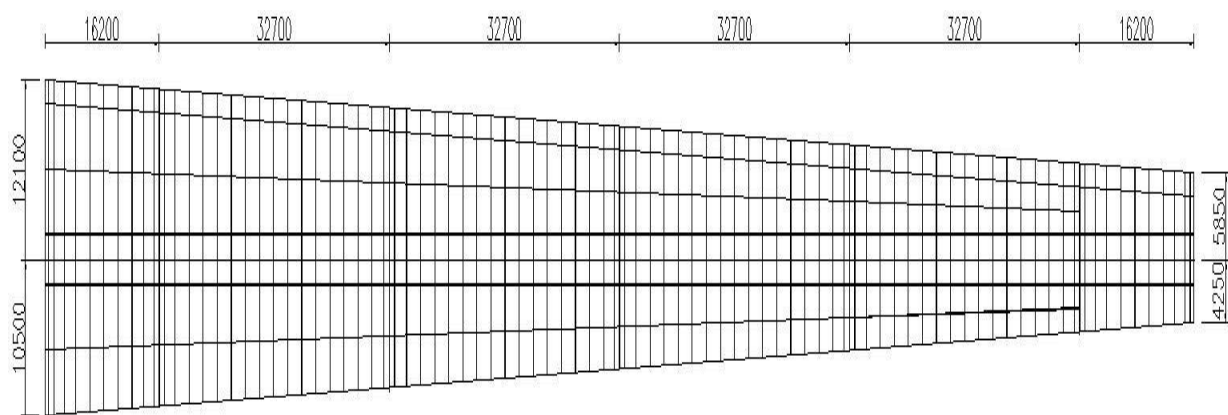


图 2-2 钢箱梁平面图

### 3) 桥面结构设计

考虑本桥运行速度低，相邻的 32m 标准梁均为有砟轨道结构，为了今后运营维修、养护的方便，采用有砟桥面。为了增强钢桥面板在道砟桥面使用条件下的耐磨、防腐蚀性能，在钢桥面板与道砟层之间设置 15cm 的混凝土板。

### (2) 下部结构

为减小对既有铁路运营的影响，避免与既有桥墩基础干扰，更换桥梁桥墩布置于既有桥跨中，采用双线圆端形墩和拱形门式墩两种类型。基础采用钻孔灌注桩基础。

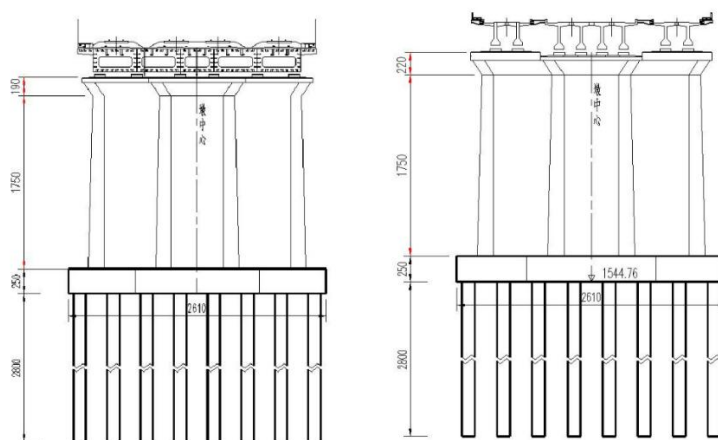


图 2-3 箱梁立面示意图

## 2.3 主要材料

### (1) 钢梁

#### 1) 结构用钢

钢箱材质采用 Q370qE 钢，辅助结构采用 Q235qD 钢，桥梁钢交货条件应满足《桥梁用结构钢》(GB/T 714—2015) 6.4.1 条的规定。

钢材的各项指标应符合设计文件和 GB/T 714-2008 的要求。

#### 2) 高强度螺栓

采用 10.9S 级高强度螺栓，材质选用情况见下表，螺母及垫圈应符合 GB1228~1231 的规定。

表 2-1 高强度螺栓材质表

规格	材质	预拉力设计值	设计抗滑移系数
M24	20MnTiB	240KN	$f \geq 0.45$

### (2) 桥墩

桥梁墩台身采用 C45 混凝土，顶帽、托盘、道碴槽均采用 C35 混凝土，墩台支承垫石采用 C50 混凝土，承台及桩基础采用 C45 混凝土。

### (3) 钢筋

HPB300 钢筋应符合《钢筋混凝土用钢第一部分：热轧光圆钢筋》

(GB1499.1)的要求，HRB400 钢筋应符合《钢筋混凝土用钢第二部分：热轧带肋钢筋》(GB1499.2)的要求，HRB400 钢筋抗拉标准强度  $f_{sk}=400\text{MPa}$ ，HPB300 钢筋抗拉标准强度  $f_{sk}=300\text{MPa}$

## 3. 工程重点难点分析及对策

(1) 拆除旧梁、安装新梁工序多，施工时间短任务量大。



## 措施

1) 拆除旧梁做好各项准备工作(编制专项方案)拆除旧梁考虑的因素:

a) 果不能单点顶起就要考虑多点进行顶起, 需要增加的设备以及人员要提前预留;

b) 封锁线路后首先拆除旧梁需要将两处断开, 这个是关键点

2) 新梁顶推安装前人员培训、滑道量安装验收、操作平台及人员通道安装及防护到位。

3) 钢箱梁横向滑移前, 应检查滑移系统是否异常电气系统调试结束后, 进行试滑移工作。全面检查设备运行情况; 每一处滑座的滑移量、滑座是否与滑移梁卡位、牵引反力装置、滑移梁及桁架受力情况等, 及时和技术人员沟通解决出现的问题。

4) 为连续作业需要备用(顶推千斤顶 3~5 台、设备更换吊车 2 台)快速更换设备最短时间继续工作。

(2) 临时墩、拼装平台、顶推平台的设计是施工安全的直接影响因素。在复杂的施工环境制约下, 既要确保钢箱梁施工顺利进行, 又要确保施工过程中既有线运营安全, 同时又要考虑软土地地区地基沉降的不利因素, 因此临时结构设施在既有线区域的布置及结构设计是施工的难点。

## 措施

需要合理规划现场拼装场地, 需要与总包沟通协调。

## 4. 施工部署

### 4.1 原则要求

针对目前建筑市场竞争激烈的状况, 工程施工中的各项工作, 应充分体

“现誉至上，质量第一”的宗旨，并根据本工程的具体情况，重点抓住“加快施工进度”和“提高工程质量”及“加强现场和环境管理”这三项内容组织施工。具体落实和体现在配合很得体的领导班子。过硬的施工队伍，足够的技术力量，齐全的机械设备，采用先进合理的技术措施，科学地安排施工进度，保证物资的及时供应，组织好个工种的协调作战。

## 4.2 控制目标

### 4.2.1 工期目标

加强工程施工的动态管理，确立本工程"施工工期 171 天，全面完成合同条款内的各项工作"的施工总进度控制计划的工期目标管理。

### 4.2.2 质量目标

确保本工程"合格"的质量目标管理

### 4.2.3 安全目标

确立本工程“杜绝死亡事故，控制重伤事故（重伤率 $<0.3\%$ ），减少一般事故（一般事故频率 $<1\%$ ）”、“施工现场安全防护达标率 100%，综合优良率之 50%”、“实现无重大伤亡事故、无重大设备安全事故、无重大多人急性中毒事故”的安全目标管理。

## 4.3 项目组织机构

为确保尽快完成施工任务，我公司将充分发挥企业综合性实力强，施工承包经验丰富的优势，挑选具有类似工程施工经验的优秀管理人员组成施工管理班子，保证施工管理工作步步到位。专门成立项目经理部，施工现场严格按项目法施工，实行项目经理负责制的管理体系，以项目班子为核心，组建施工队伍，配备先进的机具、设备，以科学的手段、先进技术，优质高速地完成本工

程。

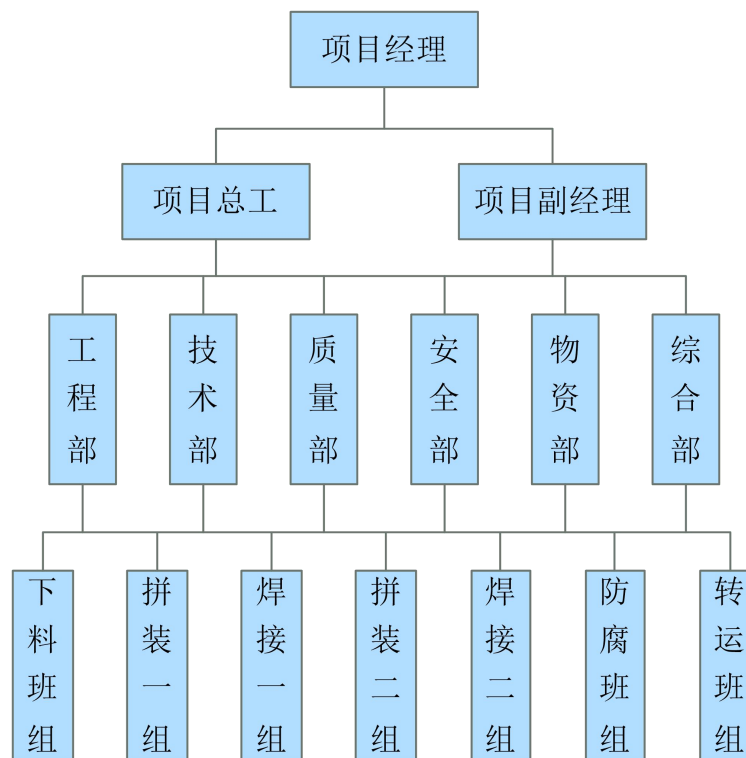


图 4-1 项目管理机构框架图

## 4.4 施工准备

### 4.4.1 制作场地准备

现有加工场地

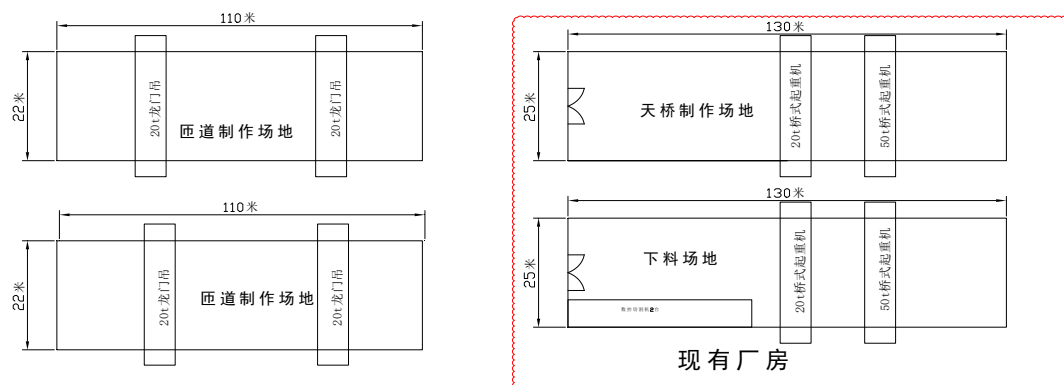


图 4-2 北创加工厂平面图

## 4.4.2 技术准备

技术部认真研究理解业主提供的相关技术文件（设计图纸、规范、技术要求等资料），并邀请设计部门进行设计交底。在此基础上，完成施工图转化、工装设计、焊接工艺评定、工艺文件编制和质量计划编制等技术准备工作。

### （1）施工图绘制

施工图绘制以设计图为依据，以施工方案为指导，全部采用计算机完成。内容包括：拼装总图、节段组装图、各种单元件施工图、附属设施施工图、材料明细表、构件发运清单等。施工图绘制程序 4-3 如下：

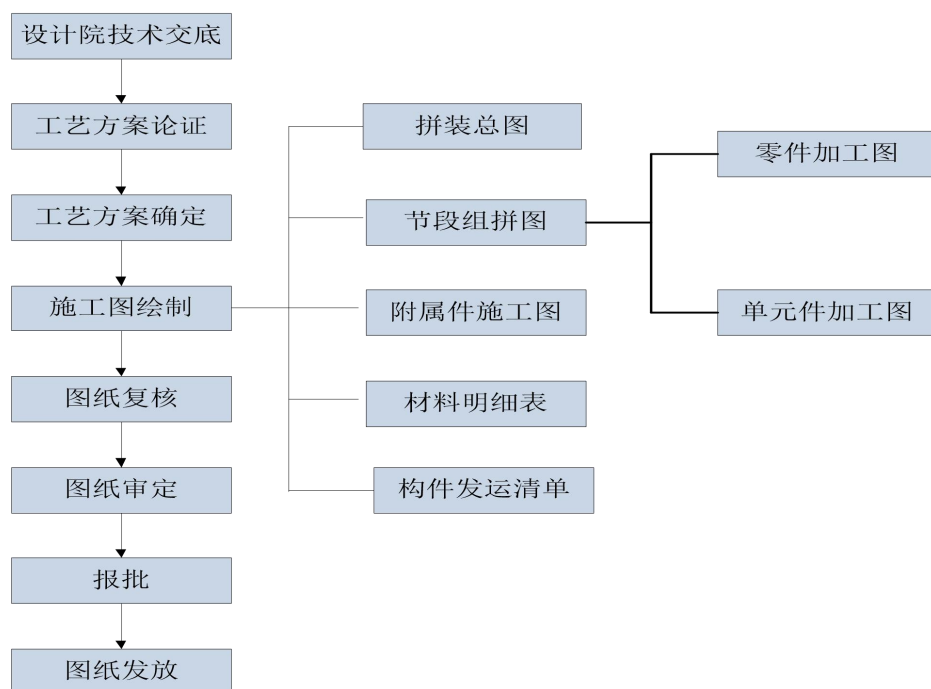


图 4-3 施工详图绘制流程

### （2）工装准备

为保证各梁段的制造精度，提高生产效率，公司将设计制造或改制一系列工装，具体见下表：

表 4-1 工装一览表

单元制作	节段制作	预拼装及桥上焊接
1、底板单元组装平台 2、隔板组焊平台 3、腹板组装平台	1、T 型梁组装平台 2、T 型梁焊接平台	1、钢梁连续匹配预拼装胎架 2、测量坐标系统 3、防风、防雨棚、冬施保温棚

### (3) 工装设计

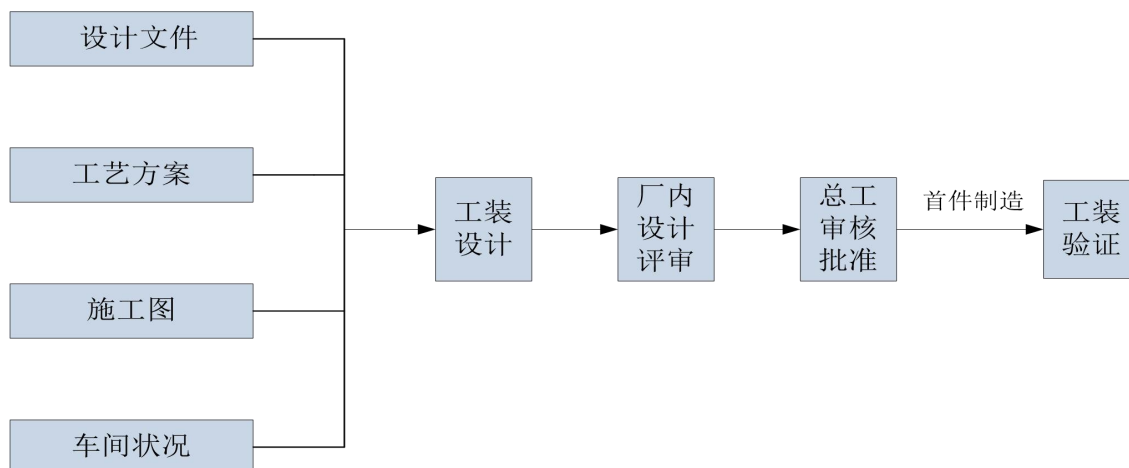


图 4-4 工装设计流程图

### 钢梁连续匹配预拼装胎架

为保证钢梁梁段位置和外轮廓的尺寸的准确性，保证桥位的安装精度，保证安装进度，针对该桥结构特点，以立柱、横梁、柱脚板和调节板为组装形式的工厂组装胎架。用于钢箱梁工厂组装焊接。胎架为循环连续使用。胎架立柱使用[16 的槽钢，横梁使用[14 的槽钢，柱间横向支撑使用[14 或 L80。柱脚板采用 20mm 的钢板，调节板高度为 300mm，厚度为 30mm，依据桥梁线型做为斜面，以调节不同高度的线形。胎架循环利用时立柱不变，只调调节板的高度即可。胎架高程是模拟钢箱梁线型及现场实际高差。从而使制作出的箱梁线型准确。

根据“施工设计图”设计胎架纵向线形，考虑到钢箱梁受焊接收缩变形和重力的影响，在胎架横向设置适当的上拱度，钢箱梁的纵向线形和横向预拱通过调整胎架牙板高差来实现。

胎架基础必须有足够的承载力，确保在使用过程中不发生沉降。胎架要有足够的刚度，避免在使用过程中变形。

在胎架上设置纵、横基线和基准点，以控制梁段的位置及高度，确保各部件尺寸和立面线形。胎架外设置独立的基线、基点，以便随时对胎架进行检测。

每轮箱梁段下胎后，应重新对胎架进行检测，做好检测记录，确认合格后方可进行下一轮次的组拼。

箱梁胎架图如下图 4-5；4-6 所示：

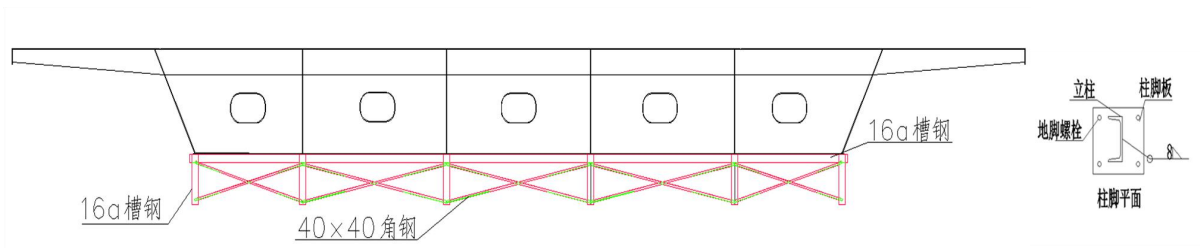


图 4-5 连续胎架立面横向图

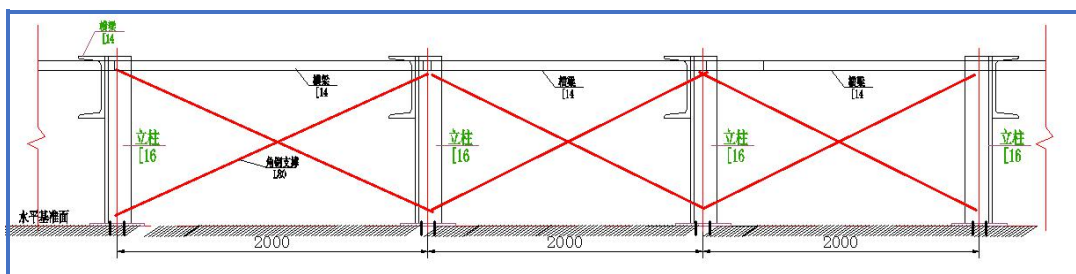


图 4-6 连续胎架立面纵向图

### 4.4.3 焊接工艺评定

#### 4.4.3.1 焊接工艺评定依据

钢梁制造的焊接工艺是保证焊接质量的关键，而焊接工艺评定是编制焊接工艺的依据，所以在开工前对主要类型的焊缝均应作焊接工艺评定。

评定条件应与钢桥制造条件相对应。评定试验用的母材应与产品一致，选用的焊接材料应使焊缝的强度、韧性与母材相匹配。

试板宜选用碳、磷、硫等化学成分偏标准上限且冲击韧性偏标准下限的母材制备。试板焊接时，要考虑坡口根部间隙、环境和约束等极限状态，以使评定结果具有广泛的适用性。

焊接工艺评定包括对接接头试验、熔透角接试验和 T 型接头试验。

根据本桥设计图纸和相应国家标准的规定，编制焊接工艺评定任务书，逐项进行焊接工艺评定试验。焊接工艺评定试验报告经监理工程师审查、批准生效。并在生产中跟踪、检查、补充和完善施工工艺。

试验报告按规定程序批准后，根据焊接工艺评定试验报告编写各种接头的焊接工艺指导书。焊接人员应严格按照焊接工艺指导书的内容施焊。

#### 4.4.3.2 焊接工艺评定方案编制

##### (1) 熔透角接接头

- 1) 底板、顶板与纵腹板的熔透角焊缝；
- 2) 支座隔板与腹板、底板、顶板的熔透角焊缝；
- 3) 支座加劲板与隔板、底板的熔透角焊缝；

4) 根据设计钢箱梁工程设计图，将焊接接头归类为：对接接头、熔透角接头、部分熔透角接接头和 T 型接头共四种。



## (2) 对接接头

- 1) 箱梁翼板、底板、腹板的对接焊缝；
- 2) 加劲板对接接头；

### 4.4.4 焊接工艺指导书编制

焊接工艺评定，根据工件的材质、焊接材料和接头形式，参照标准查看已有的焊接工艺评定是否被覆盖，没有就要做。做焊接工艺评定的主要程序是：

#### ➤ 工艺文件编制

按照设计文件和技术规范的要求，编制《制造验收规则》作为内控标准来指导和控制钢桥制造的全过程，用于指导生产，控制施工质量。

### 4.4.5 技术培训

对参加该工程的制造的管理人员、技术人员和工人进行上岗前全员技术培训和质量意识教育、技术交底和应知应会教育，对于主要工种，如焊工、组装工、划线工、检验员等进行考核上岗制度。其中电焊工必须要持证上岗，并且只能从事证书规定的焊接。

## 4.5 工期安排

桥梁加工制作施工工期 4 个月，安装 3 个月。

## 4.6 机械设备安排

主桥钢结构安装施工投入施工机械设备如下表，所有机械均由我公司自行租赁，租赁单位机械相关合格证书，项目物装部审核合格后，方可进场使用。



表 4-2 主要加工机械设备投入表

序号	设备名称	规格	数量	设备情况	备注
1	钢板预处理线	QXY3200-8	1	自有	预处理
2	平板矫平机	W4330×3000mm	1	自有	预处理
3	抛丸机	QL6930	1	自有	预处理
4	除锈设备		3	自有	预处理
5	高压喷涂机	BXD-CMD-40E	2	自有	预处理
6	储气罐	1m <sup>3</sup>	2	自有	供气体
7	储气罐	6m <sup>3</sup>	3	自有	供气体
8	数控精密切割机	SL-2060SD	2	自有	下料
9	数控火焰切割机	ZC-4000 工作台长宽：25×4m	2	自有	下料
10	数控等离子切割机	CNG-6000 工作台长宽：25×4m	1	自有	下料
11	数控火焰切割机	TG-6000 工作台长宽：25×4m	1	自有	下料
12	多头切割机	GCD3-100	1	自有	下料
13	直条切割机	GZ-4000 工作台长宽：20×4m	1	自有	下料
14	便携式数控切割机	TZNC1200*4000 轨道范围：1.2×4m	7	自有	下料
15	半自动火焰切割小车	CG1-30B	10	自有	下料
16	数控钻床		2	自有	机加工
17	摇臂钻床		2	自有	机加工
18	磁力空心钻		2	自有	机加工
19	剪板机		2	自有	机加工
20	埋弧自动焊机	ZD5-1250	4	自有	焊接
21	手工电弧焊机	ZX7-500	10	自有	焊接
22	气体保护焊机	YM-500KR	35	自有	焊接

序号	设备名称	规格	数量	设备情况	备注
23	C02 自动焊车	AWT-1	5	自有	焊接
24	悬臂焊机	XMZ-1000	2	自有	焊接
25	二氧化碳气体保护焊机	NB280	30	自有	焊接
26	埋弧自动焊机	MZ-1000	4	自有	焊接
27	H 型组立机	HZJ1030	2	自有	组立
28	H 型矫正机	YJZ-60B	2	自有	矫正
29	烘干箱	ZYH-2002	2	自有	焊材烘干
30	10 吨龙门吊	LDHY-10-22.45	6	自有	倒运配件
31	32 吨龙门吊	含吊索吊具	2	自有	桥梁起重
32	20 吨龙门吊	含吊索吊具	1	自有	桥梁起重
33	叉车 5 吨		2	自有	倒运配件

表 4-3 安装设备计划表

序号	设备名称	规格	数量	设备情况	备注
1	龙门吊	50t	2	自有	钢箱梁拼装
2	汽车吊	80t	1	租赁	支架制作、安装
3	履带吊	70t	1	租赁	支架制作、安装
4	全站仪	2+2ppm	2	自有	测量
5	手工电弧焊机	ZX7-500	5	自有	焊接
6	气体保护焊机	YM-500KR	20	自有	焊接
7	经纬仪		1	自有	测量
8	水准仪		2	自有	测量
9	三米直尺	SZC-1	3	自有	测量
10	X射线探伤机	BTS-802C	1	自有	焊接检测

序号	设备名称	规格	数量	设备情况	备注
11	超声波探伤仪	DJD2-C	2	自有	焊接检测
12	红外线测温仪	XXH-3005	2	自有	焊接检测
13	漆膜测厚仪		1	自有	测量
14	主配电箱		3	自有	配电设备
15	分配电箱		85	自有	配电设备
16	其它主、配供电线板及线缆		若干	自有	配电设备
17	变压器（500KVA）		1	自有	配电设备
18	箱梁内供电的低压变压器		4	自有	配电设备

#### 4.7 人力资源配备

表 4-4 劳动力投入动态图表

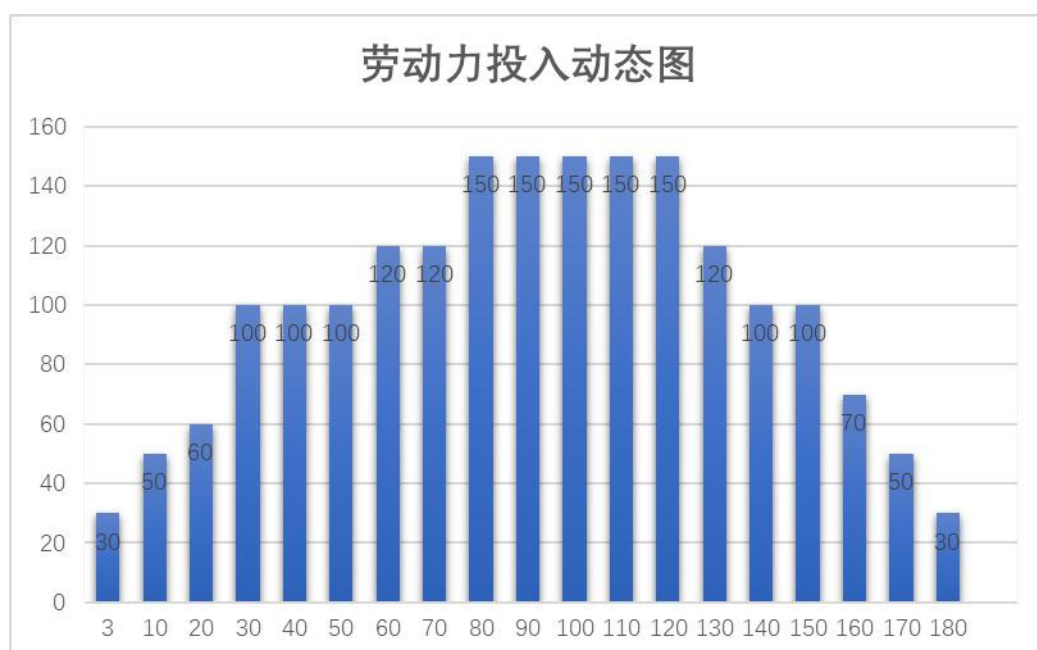


表 4-5 劳动力计划表

序号	工种	厂内钢结构制作 (人)	现场安装 (人)
1	组装工	25	15

序号	工种	厂内钢结构制作（人）	现场安装（人）
2	切割工	6	5
3	电焊工	35	15
4	铆工	9	3
5	涂装工（预处理）	6	
6	打磨工	6	3
7	起重工	3	2
8	辅助工	10	4
9	合计	100	50

注：人员配备情况可根据具体的施工进度进行相应的调整。

## 5. 总体施工方案论述

主梁厂内制作采取整幅拼装，拼装完毕后进行节段分解，进入涂装工序，验收合格后运输至安装现场。

钢箱梁采用现场拼装+横移法架设。在 138#~143#墩线路右侧设置拼装平台，用于钢箱梁拼装。在拼装平台与主体墩设置横移支架及滑道，横移支架一端设置反力墩及千斤顶反力座，采用拖拉横移架设的方法将新建钢箱梁架设至设计位置。

## 6. 钢箱梁制作方案设计

### 6.1 钢箱梁分段

#### 6.1.1 分段原则

依照设计图纸要求，并与设计单位沟通，综合考虑钢箱梁分段厂内制造、运输、现场安装等因素的影响，确定以下原则：

（1）节段的划分应满足受力要求，临时接头应尽量设置在内力较小的位置；

- (2) 加工厂设备和现场吊装设备允许的最大节段吊装重量；
- (3) 节段划分位置应避开横隔板和加劲板；
- (4) 运输路线及现场安装空间允许的节段最大外形尺寸；
- (5) 在满足运输和吊装的前提下，尽量减少现场安装接头数量，且方便安装施工作业。

## 6.1.2 分段说明

### 6.1.2.1 分段划分

考虑到设计要求、现场环境、吊装运输等因素，对钢箱梁进行分段，横向分为 7 个节段（1~7），纵向分为 8 个节段，主梁共计为 50 件吊装分段。

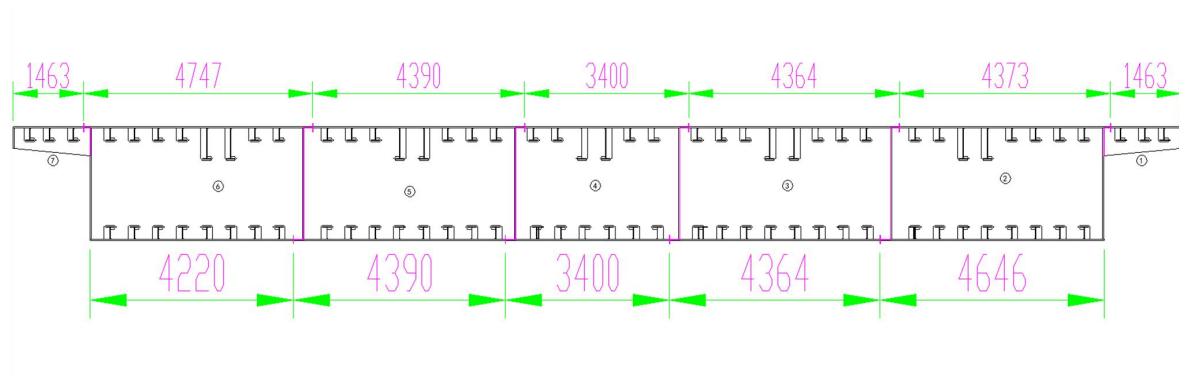


图 6-1 A 段横截面分段图

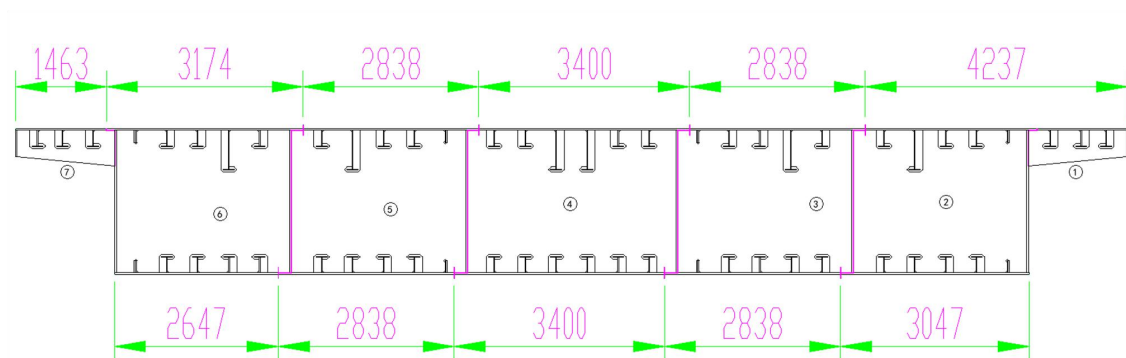


图 6-2 E 段横截面分段图

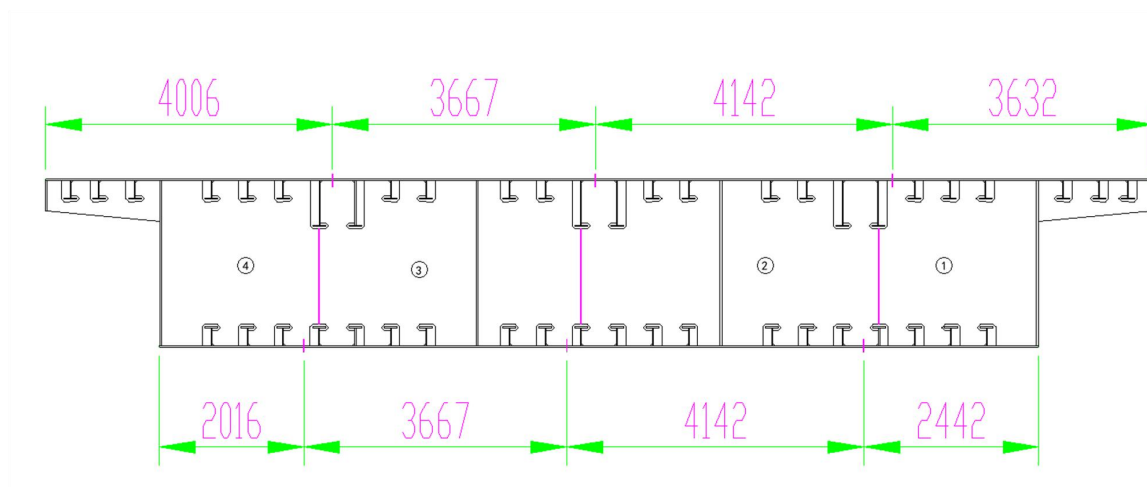


图 6-3 F~H 段横截面分段图

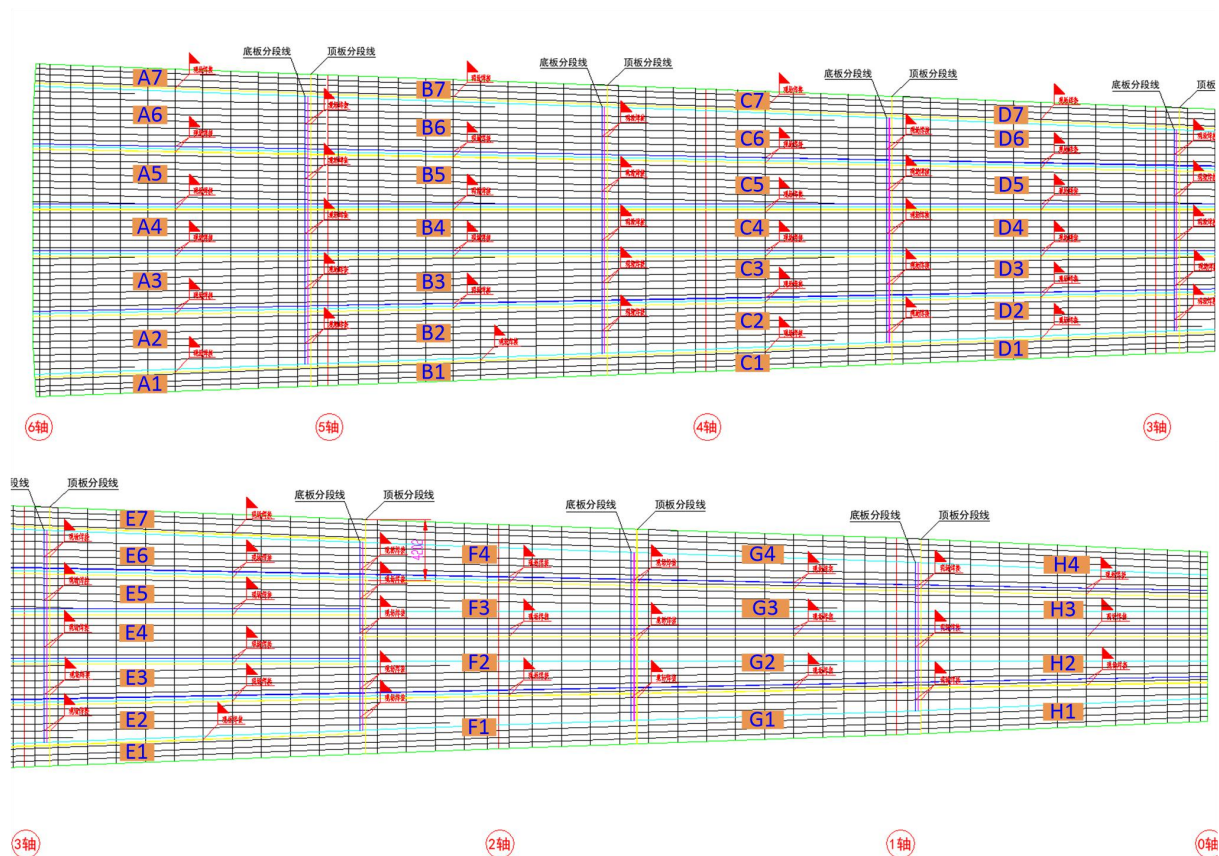


图 6-4 顶板平面分段



图 6-5 钢箱梁分段立面图

表 6-1 钢箱梁分段参数表

梁段	梁段号	长度 (mm)	宽度 (mm)	高度 (mm)	重量 (t)	数量
A 段	A1	21600	1600	2350	10.65	1
	A2	21600	4800	2350	88.7	1
	A3	21600	4913	2350	78.43	1
	A4	21600	4790	2350	65.17	1
	A5	21600	3800	2350	78.44	1
	A6	21600	4790	2350	79.18	1
	A7	21600	4800	2350	10.65	1
B 段	B1	21970	1600	2350	11.36	1
	B2	21970	4420	2350	89.91	1
	B3	21970	4420	2350	78.7	1
	B4	21970	3800	2350	70.06	1
	B5	21970	4420	2350	77.26	1
	B6	21970	4420	2350	78.3	1
	B7	21970	1600	2350	11.36	1
C 段	C1	21100	1600	2350	10.86	1
	C2	21100	4044	2350	78.13	1
	C3	21100	4010	2350	67.03	1
	C4	21100	3800	2350	67.02	1
	C5	21100	4010	2350	67.03	1
	C6	21100	4044	2350	68.39	1
	C7	21100	1600	2350	10.86	1
D 段	D1	21300	1600	2350	10.96	1
	D2	21300	3640	2350	71.86	1
	D3	21300	3610	2350	61.02	1
	D4	21300	3800	2350	67.31	1
	D5	21300	3610	2350	61.02	1
	D6	21300	3640	2350	62.01	1
	D7	21300	1600	2350	10.96	1
E 段	E1	22200	1600	2350	11.3	1



	E2	22200	3220	2350	66.54	1
	E3	22200	3215	2350	55.45	1
	E4	22200	3800	2350	68.26	1
	E5	22200	3215	2350	55.32	1
	E6	22200	3220	2350	56.32	1
	E7	22200	1600	2350	11.3	1
F 段	F1	19100	4200	2350	58.88	1
	F2	19100	4270	2350	67.76	1
	F3	19100	4290	2350	63.86	1
	F4	19100	4790	2350	58.96	1
G 段	G1	19975	3896	2350	51.41	1
	G2	19975	3905	2350	65.51	1
	G3	19975	4333	2350	61.42	1
	G4	19975	3865	2350	51.5	1
H 段	H1	20175	3597	2350	47.21	1
	H2	20175	3560	2350	63.56	1
	H3	20175	4060	2350	59.41	1
	H4	20175	3560	2350	47.32	1

## 6.2 单元划分

钢箱梁节段是由顶板单元、底板单元、腹板单元、隔板单元组成：

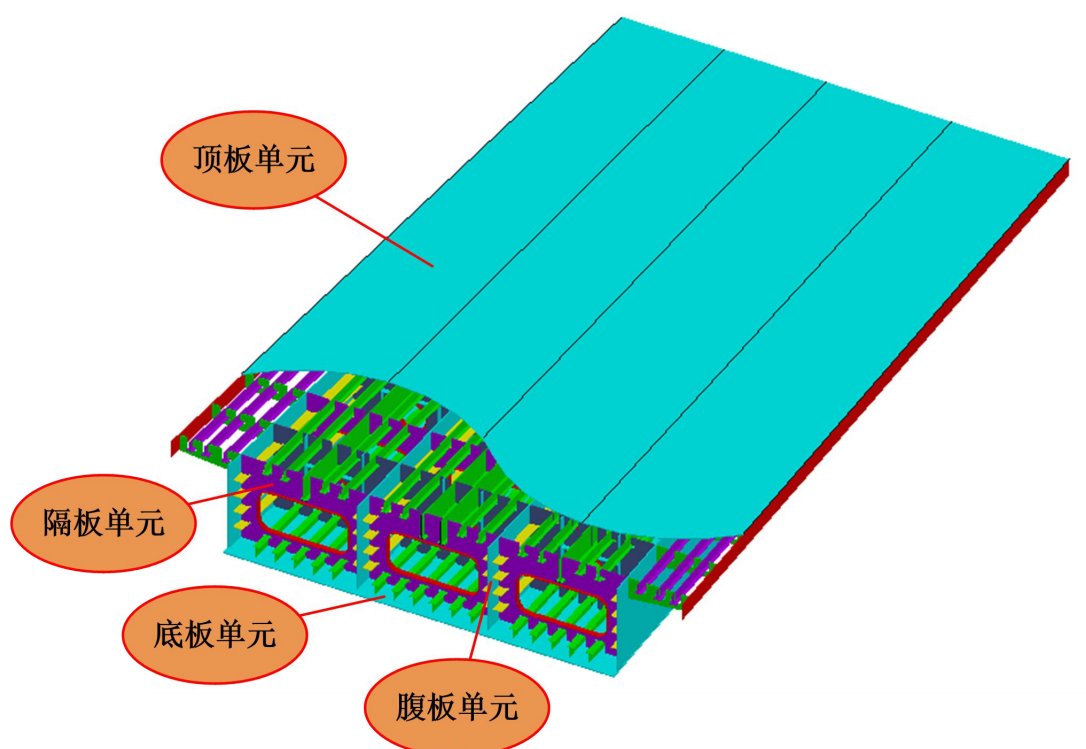


图 6-6 单元划分示意图

顶、底板单元均由钢板和 T 肋、板肋组成：



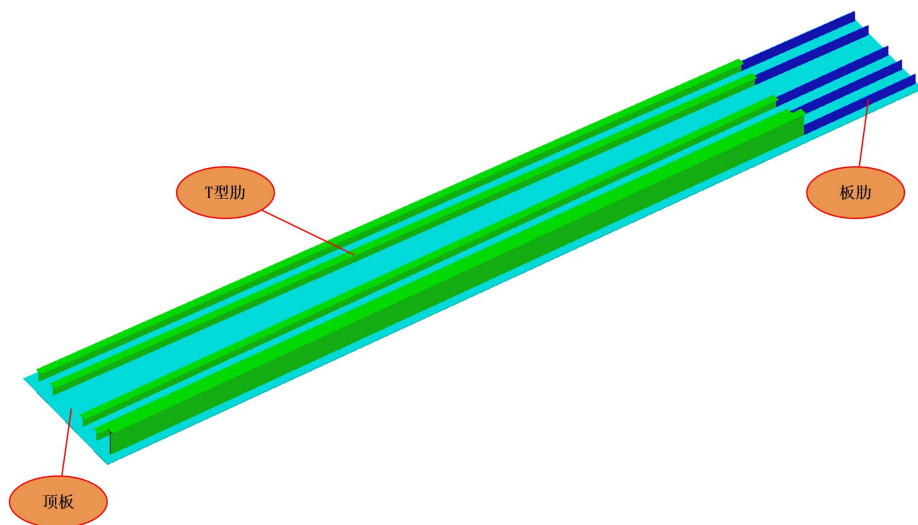


图 6-7 顶底板单元示意图

腹板单元均由钢板和板肋组成：

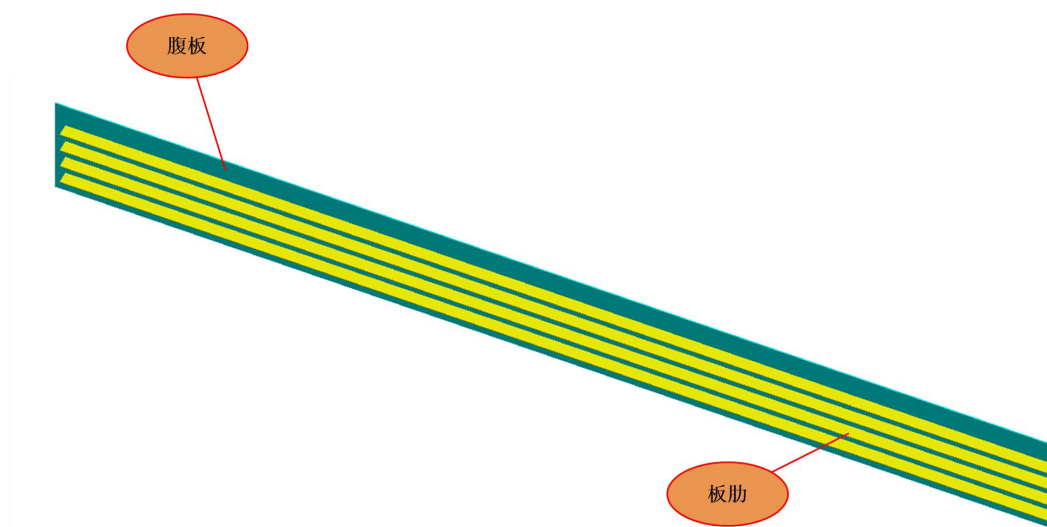


图 6-8 腹板单元示意图

所有隔板单元均由钢板和板肋组成，以桥面分段隔板为例：

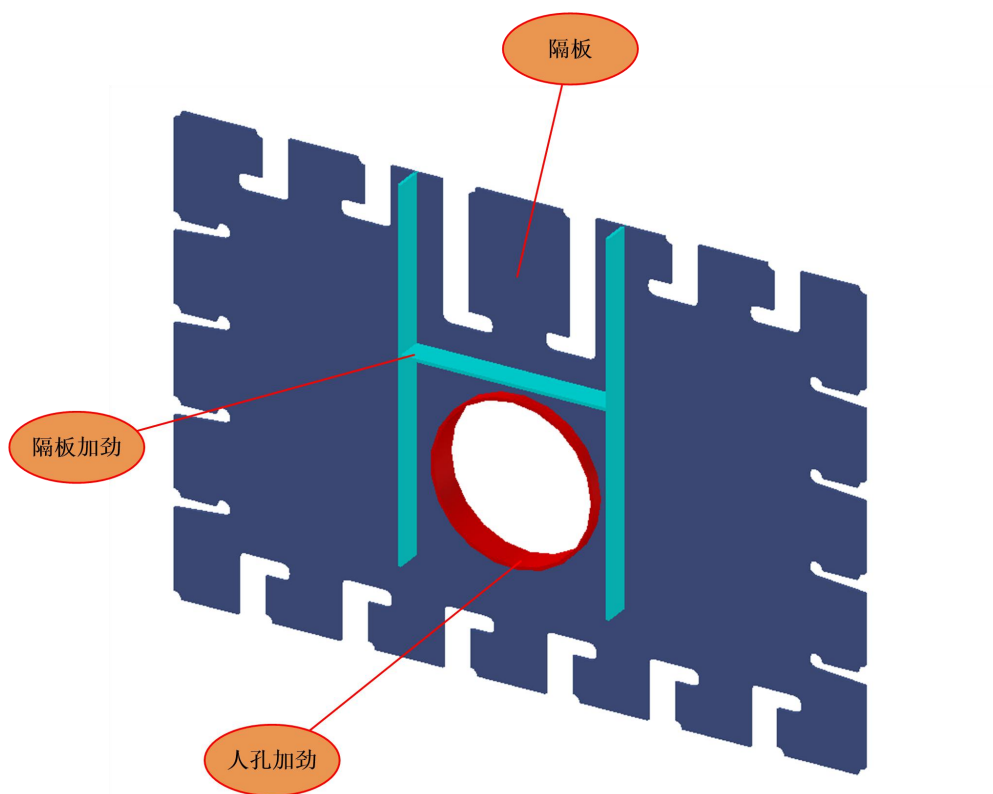
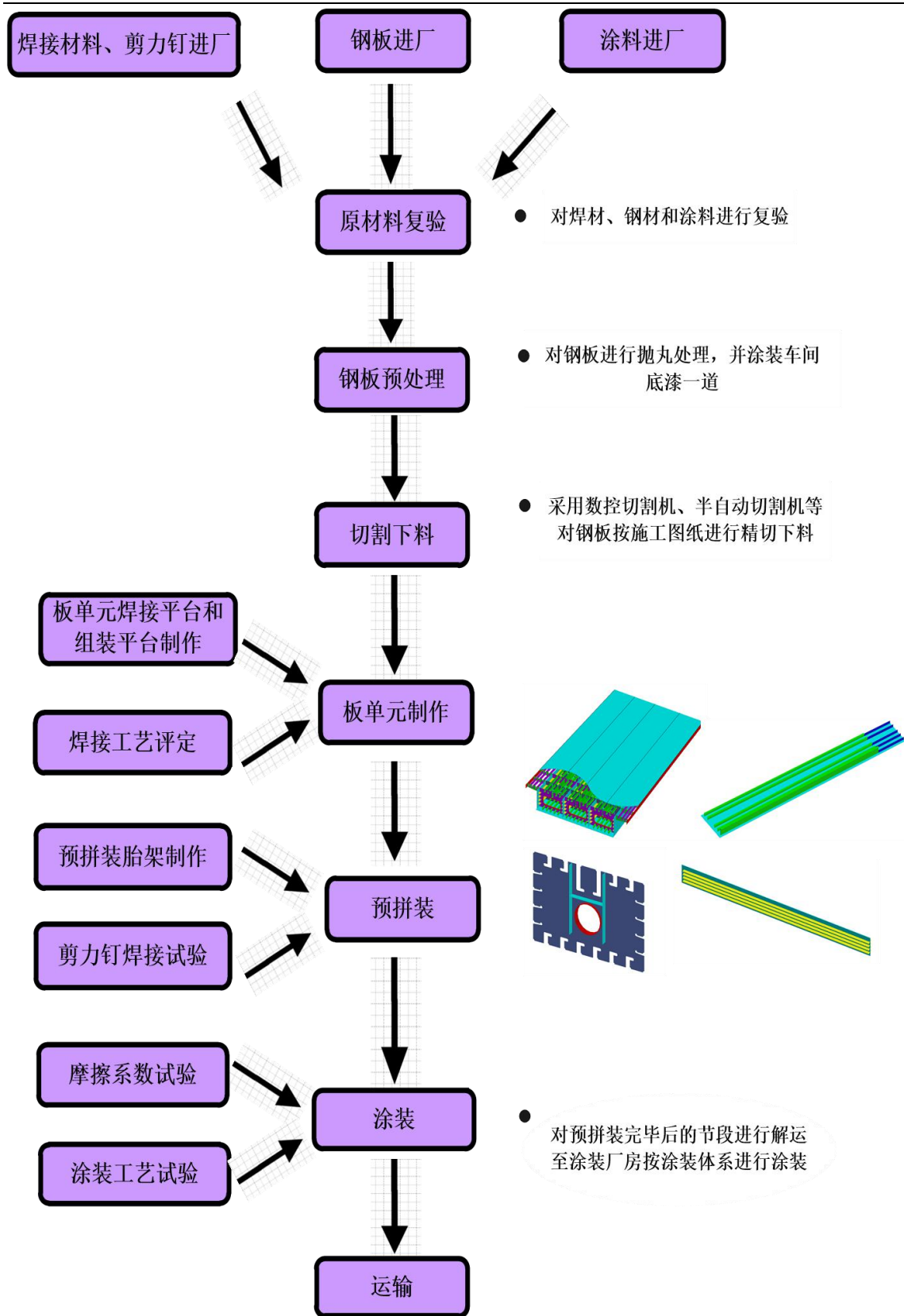


图 6-9 隔板单元示意图

### 6.3 总体制作流程

根据设计图纸和加工厂实际情况，确定了本工程总体施工流程：



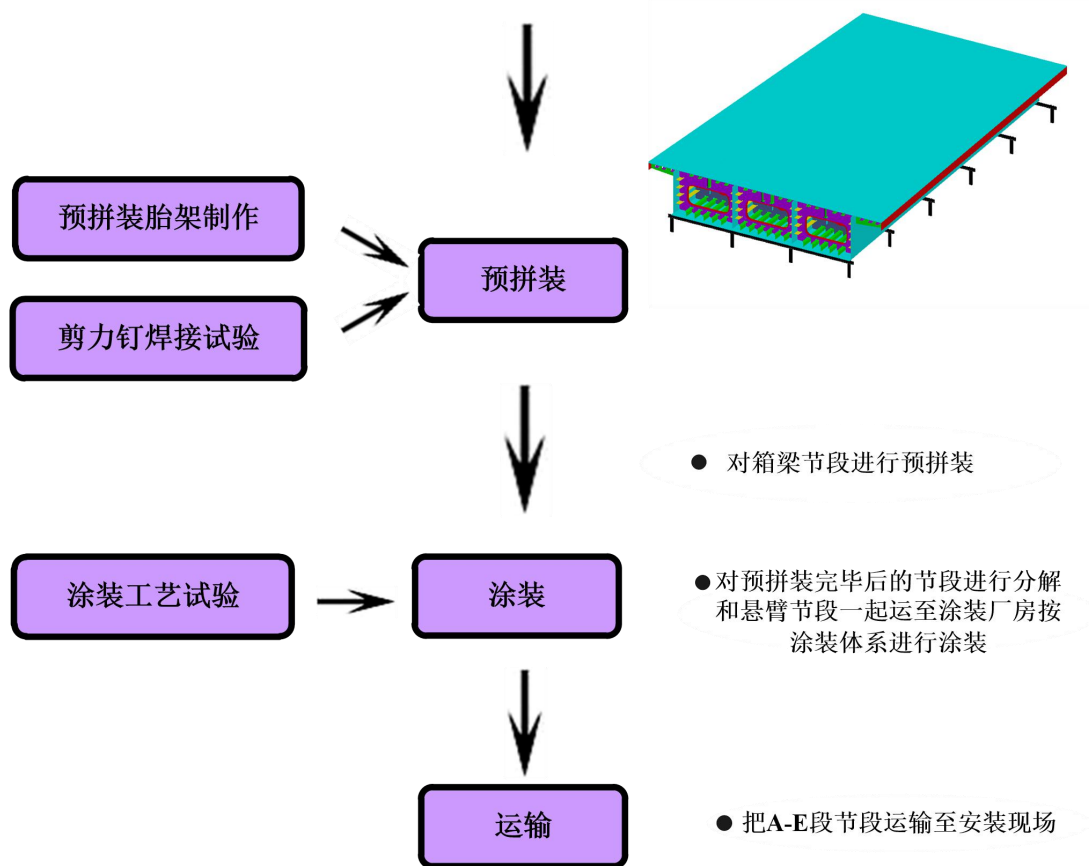


图 6-10 钢箱梁施工流程图

## 7. 厂内制造、试拼装及涂装

### 7.1 下料及机加工

主要零件、异形零件通过数控等火焰切割机下料，直条采用等数控多头切割机下料，零件不仅变形量小，而且效率高。对于重要零件的边缘或焊接边缘应进行机加工（如隔板），以保证零件的尺寸和焊接坡口精度，下料时预留加工余量。

表 7-1 零件下料方式表

序号	名称	下料方式	备注
1	顶板	数控火焰切割	
2	底板	数控火焰切割	

3	腹板	半自动切割	
4	隔板	数控等离子切割	边缘铣边
5	顶板、底板、腹板加劲肋、隔板加劲肋	数控火焰切割	
6	坡口	半自动切割机，过度坡口进行铣面加工	

## 7.2 板单元制作

板单元分为顶板单元、底板单元、腹板单元、横隔板单元，先进行板及板肋零件的下料，然后组装焊接，经检验合格后进行单元的组装。

## 7.2.1 底板单元

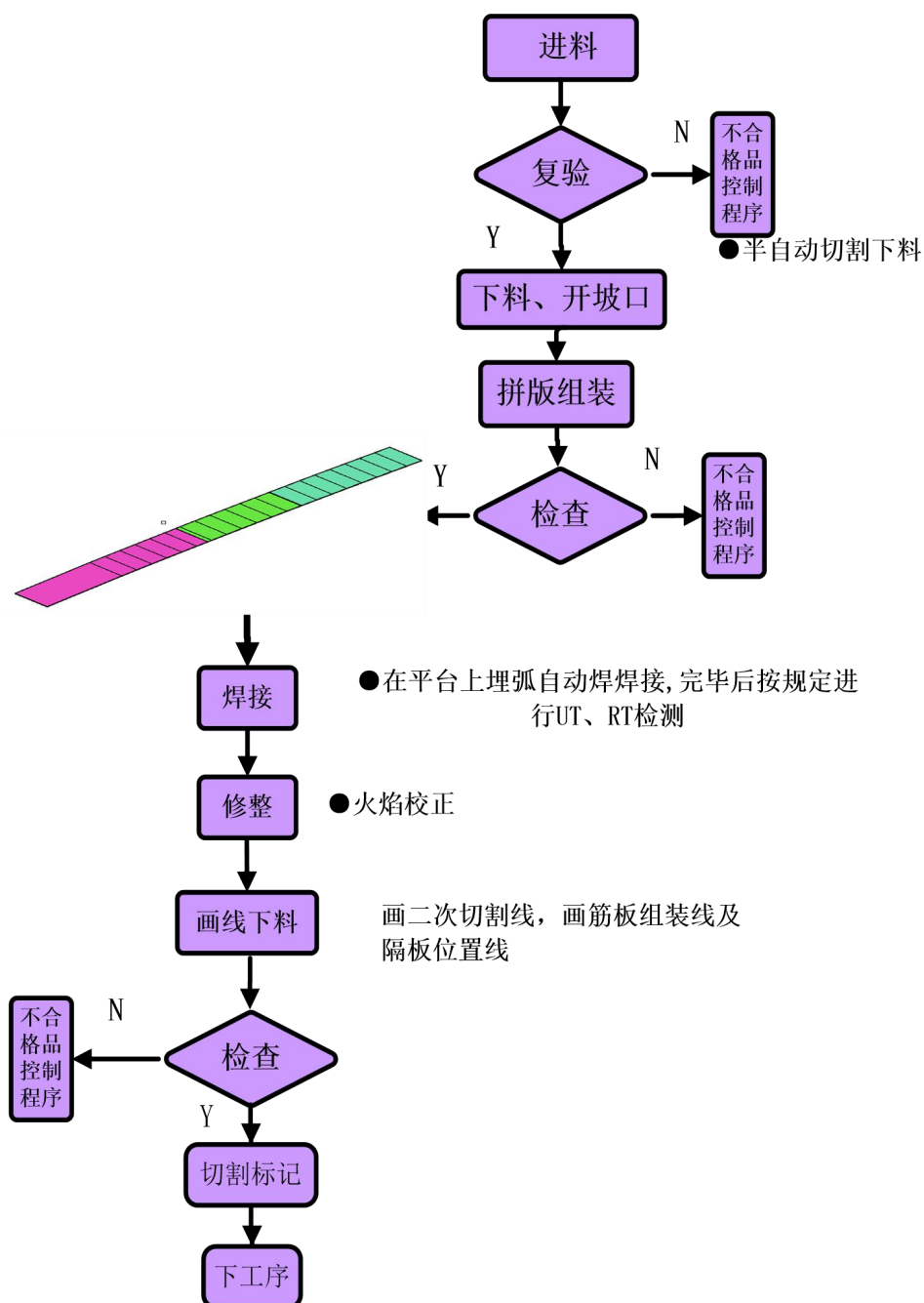


图 7-1 底板施工流程图

## 7.2.2 顶板单元

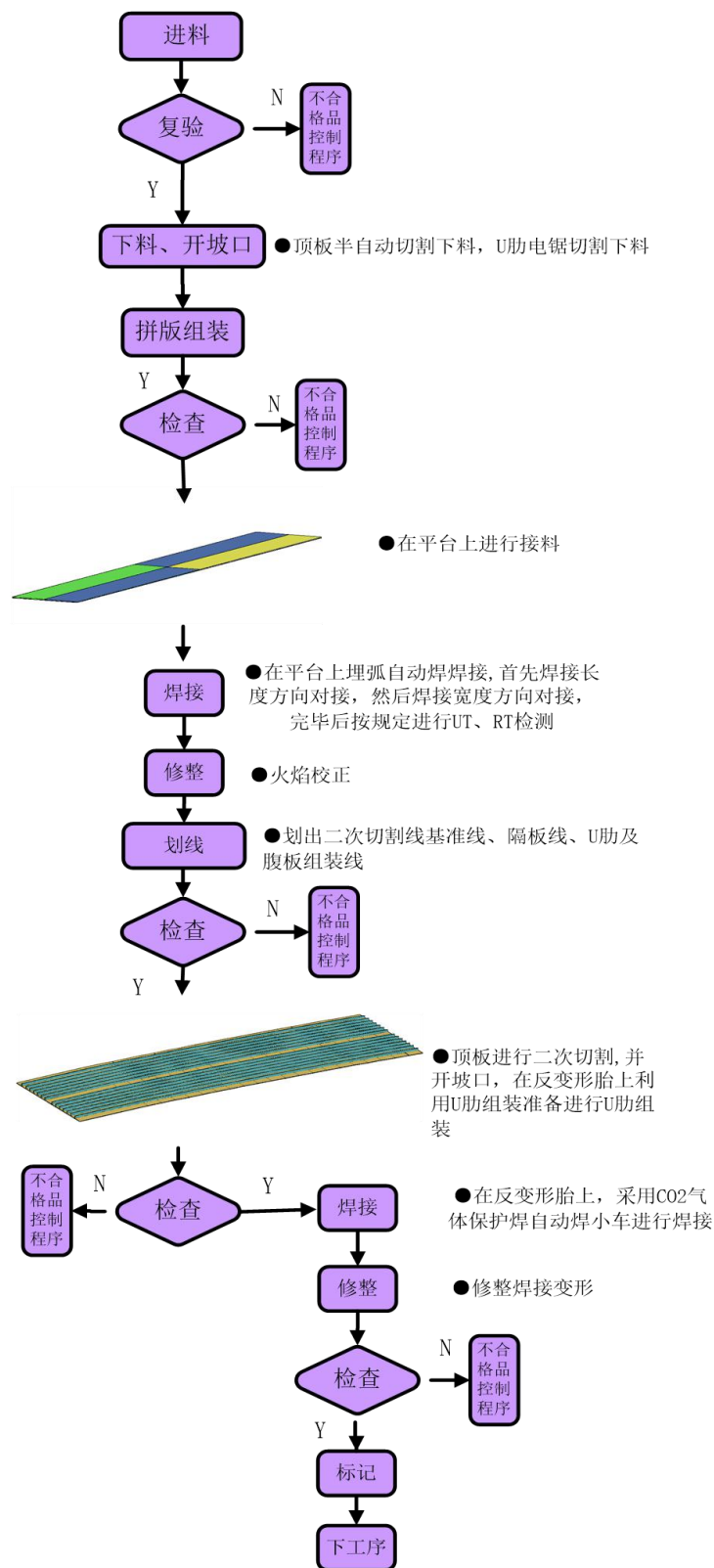


图 7-2 顶板单元施工流程图

### 7.2.3 腹板单元

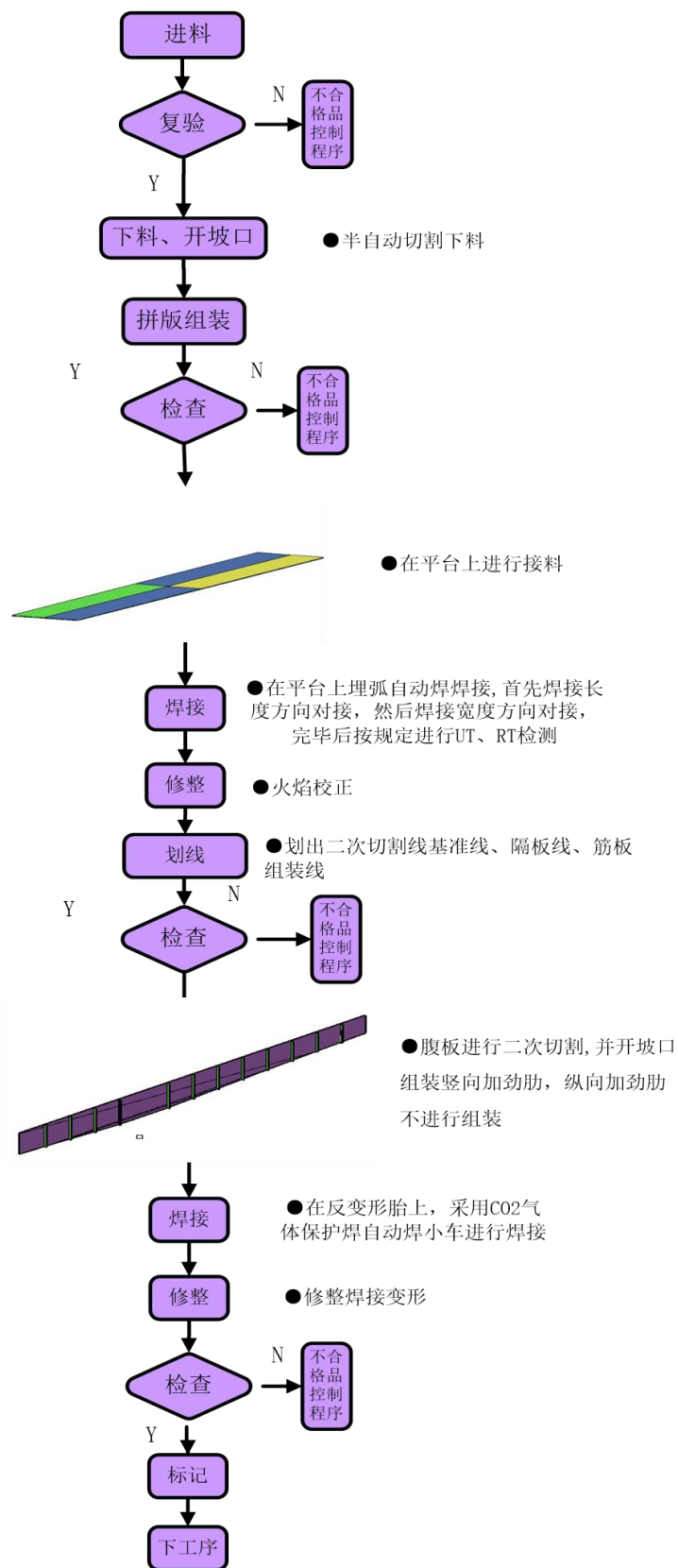


图 7-3 腹板施工流程图



## 7.2.4 隔板单元

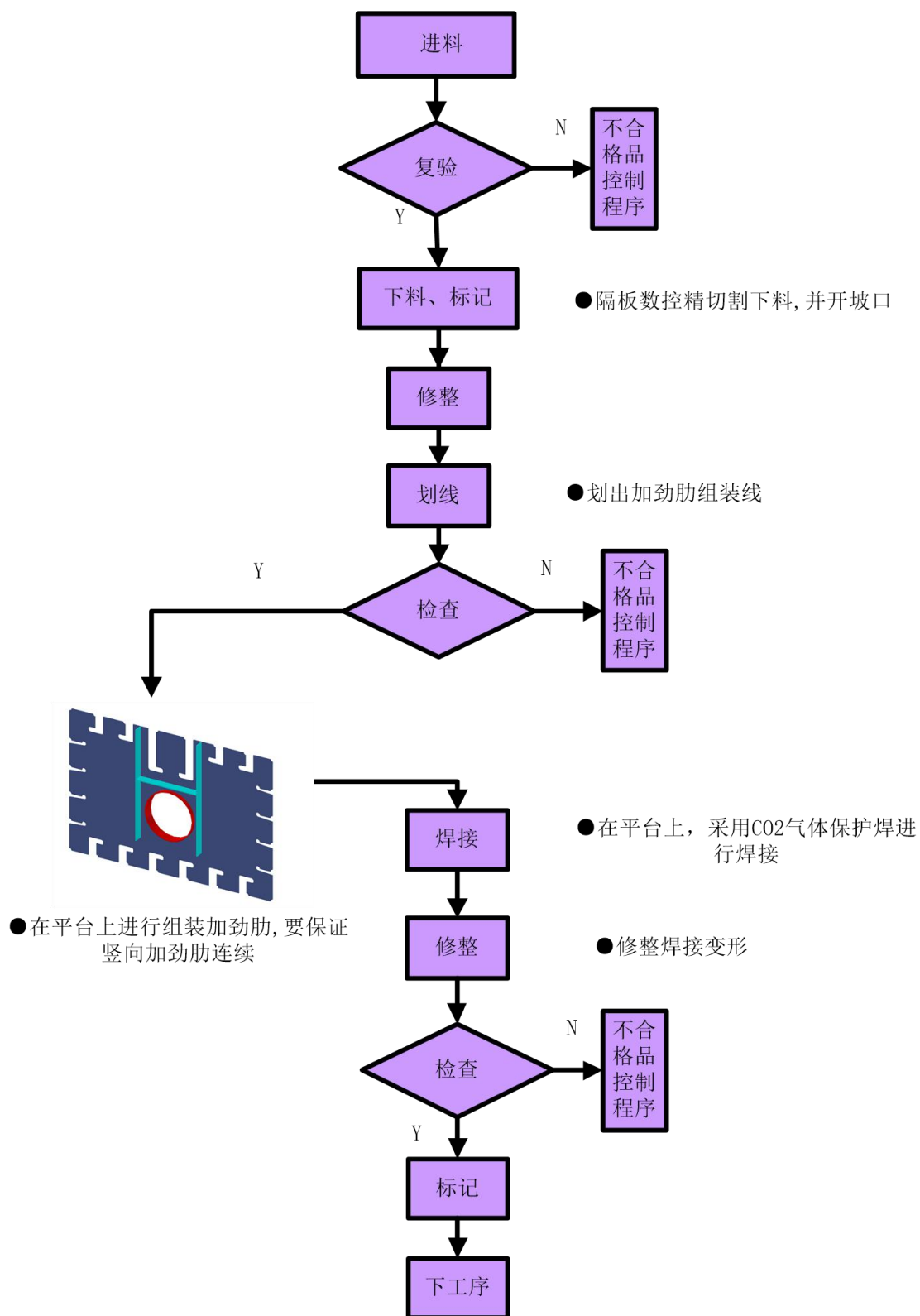


图 7-4 隔板施工流程图

### 7.3 节段制作和预拼装

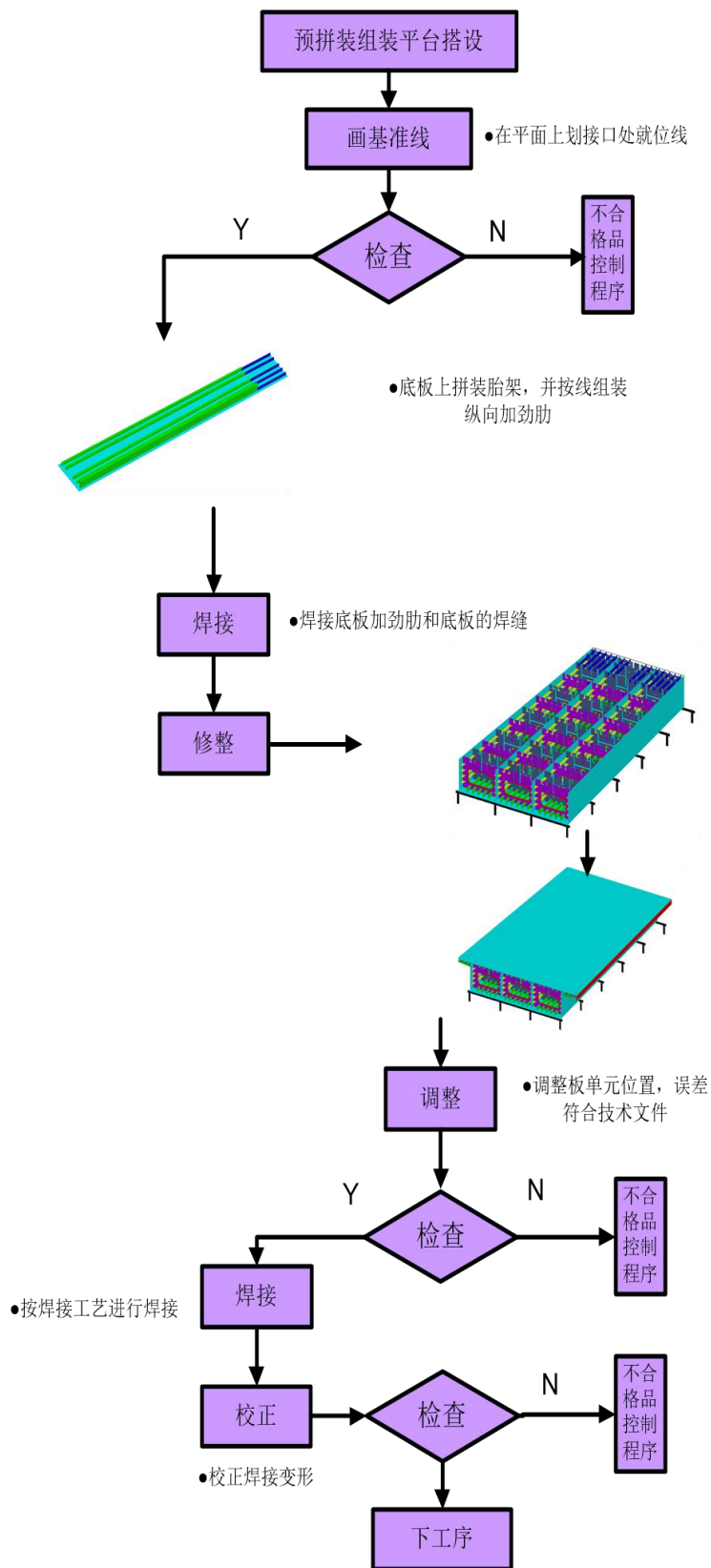


图 7-5 预拼装流程图

## 7.4 节段焊接

### 7.4.1 焊工资质

焊工持有国家认可的焊工考试合格证书，并结合该工程的施工特点，按焊接方法（埋弧自动焊、CO<sub>2</sub> 气体保护焊、手工电弧焊）和焊接位置（平焊、立焊）分别进行考试。考试合格后发给上岗证书。焊工持证上岗并严格按上岗证书规定的范围进行焊接作业。

### 7.4.2 焊接材料、焊接方法的拟定

#### （1）制订焊接工艺

在构件制造开工前，应对工厂焊接和工地焊接分别进行焊接工艺评定，焊接工艺评定试验条件与构件生产条件相对应，并应采用与实际结构相同的母材及焊材。焊接工艺评定试验应按《铁路钢桥制造规范》（TB10212-2015）的规定进行。

（2）试验报告按规定程序批准后，由承包人根据焊接工艺评定试验报告编写各种接头的焊接工艺指导书。焊接工艺指导书经监理工程师批准后，由焊接技术人员根据焊接工艺指导书的内容组织焊接施工。

#### （3）焊接方法、焊接材料的选择

首先应保证焊缝金属的强度、塑性、韧性达到规范及设计要求，同时还应考虑抗裂性及焊接生产效率等。由于低合金高强度钢材，氢致裂纹敏感性较强，因此选择焊材时应优先采用低氢焊条和碱度适中的埋弧焊焊剂。为了保证焊接接头具有与母材相当的冲击韧度，焊材选择，应优先考虑高韧度焊材。

### 7.4.3 焊接一般规定

#### （1）焊前清理要求

焊缝区域 30mm 范围不得有水、锈、氧化皮、油污、油漆或其它杂物。

## (2) 焊前预热要求

1) 当环境温度低于  $5^{\circ}\text{C}$ 、相对空气湿度  $\geq 80\%$ ，焊缝两侧 80~100mm 区域内要求预热，预热温度为  $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ ；

2) 经焊接工艺评定试验确定的预热温度按具体要求进行预热。

## (3) 定位焊焊接要求

1) 定位焊焊缝长度为 60~80mm，间距 400~500mm，定位焊应距焊缝端部 30mm 以上，且焊脚尺寸  $\leq 1/2$  设计焊脚。

2) 定位焊不得存在裂纹、夹渣、气孔、焊瘤等缺陷。定位焊如出现开裂现象，须先查明原因，然后用碳弧气刨清除原定位焊缝，再由装配人员重新定位。

3) 定位工装严禁采用锤击法或疲劳破坏的方式拆除，须采用气割。切割时应留 3mm~5mm 的余量，然后铲掉余量、磨平。

4) 定位焊采用手工电弧焊或  $\text{CO}_2$  气体保护半自动焊。

## (4) 焊接的一般要求

1) 严禁在焊缝以外的母材上随意引弧。

2) 角焊缝的转角处包角应良好，焊缝的起落弧处应回焊 10mm 以上。

3) 埋弧自动焊如在焊接过程中出现断弧现象，必须将断弧处刨成 1:5 的坡度，搭接 50mm 施焊。

4) 埋弧自动焊焊剂覆盖厚度控制在 20~40mm 范围，焊接后应待焊缝稍冷却后再敲去熔渣。

5) 多层多道焊时，各层各道间的熔渣应彻底清除干净。

6) 焊接时，严格控制层间温度，采用点温计在焊接过程中进行监控。

7) 焊后清理熔渣及飞溅物，图纸要求打磨的焊缝按要求打磨平顺。

8) 对接焊缝焊接时，在焊缝两端装设引、熄弧板，引、熄弧板的材质、坡口形式与母材保持一致。

9) 施工人员在施工过程中，如发现焊缝出现裂纹应及时通知工艺人员，工艺人员在查明原因后制订工艺方案，工艺方案经监理工程师批准后才能实施。

#### 7.4.4 构件焊接

箱形构件的焊接：

先将腹板、盖板与其加劲肋采用埋弧自动焊或 CO<sub>2</sub> 气体保护自动焊制作部件，箱形构件的四条棱角焊缝外侧采用药芯焊丝 CO<sub>2</sub> 气体保护半自动焊。

棱角焊缝的坡口形式为单面坡口，施焊时注意焊丝倾角及对中情况，防止焊偏，第一道焊缝要控制好焊接电流、电弧电压及行走速度，以防止出现焊穿、咬肉和出现结晶裂纹。为防止过大的焊接变形，焊接时采取同向、对称，并确保构件搁置平整。

#### 7.4.5 厚板焊接的技术保证措施

(1) 厚板焊接  $t_8/5$  值及焊接规范控制

1) 厚板焊接存在的一个重要问题是焊接过程中，焊缝热影响区由于冷却速度较快，在结晶过程中最容易形成粗晶粒马氏体组织，从而使焊接时钢材变脆，产生冷裂纹的倾向增大。因此在厚板焊接过程中，一定要严格控制  $t_8/5$ 。即控制焊缝热影响区尤其是焊缝熔合线处，从 800℃ 冷却到 500℃ 的时间，即  $t_8/5$  值。

2)  $t_8/5$  过于短暂时, 焊缝熔合线处硬度过高, 易出现淬硬裂纹;  $t_8/5$  过长, 则熔合线处的临界转变温度会升高, 降低冲击韧性值, 对低合金钢, 材质的组织发生变化。出现这两种情况, 皆直接影向焊接结头的质量。

3) 对于手工电弧焊, 焊接速度的控制: 在工艺上规定不同直径的焊条所焊接的长度, 规定焊工按此执行, 从而确保焊接速度, 其它控制采用电焊机控制, 从而达到控制焊接线能量的输入, 达到控制厚板焊接质量之目的。

## (2) 厚板加热方法

厚板焊接预热, 是工艺上必须采取的工艺措施, 对于本工程钢结构焊接施工采用电加热板预加热的方法。加热时应力求均匀, 预热范围为坡口两侧至少  $2t$ , 且不小于  $100\text{mm}$  宽, 测温点应在离电弧经过前的焊接点各方向不小于  $75\text{mm}$  处; 预热温度宜在焊件反面测量。

经研究表明产生氢致裂纹要以下四项基本先决条件:

- 1) 敏感的微观组织 (硬度是敏感度的一个粗略的指标)
- 2) 适当的扩散氢含量
- 3) 合适的拘束度

适宜的温度

其中一项或几项是处于支配地位的, 但这四项条件都必须具备才会产生氢致裂纹。防止氢致裂纹的实用方法就是预热, 就是设法控制这些因素中的一项或几项。

一般来说有两种不同的方法来预估预热温度。根据大量的裂纹试验, 提出一种基于热影响区临界值, 就可消除氢致裂纹的危险。被认可的临界硬度可能是氢含量的函数。另一种预估预热温度的方法是基于控制氢。为弄清低温时的

冷却速度即  $300^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$  之间的冷却速度的作用，已经通过高约束度下坡口焊缝试验确立了临界冷却速度，化学成份以及氢含量之间的关系。

通过上述的理论分析，经实践试验证明对于板厚不小于 36mm 的钢板预热温度达  $120^{\circ}\text{C}$  即可，对于  $t=60\sim 70\text{mm}$  的钢板预热温度需达到  $150^{\circ}\text{C}$ 。

### （3）层间温度控制

1) 厚板为防止出现裂纹采取加热预热后，在焊接过程中应注意的一个重要问题，就是焊缝层间温度控制措施。如果层间温度不控制，焊缝区域会出现多次热应变，造成的残余应力对焊缝质量不利，因此在焊接过程中，层间温度必须严格控制。

2) 层间温度一般控制在  $200^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$  之间。为了保持该温度，厚板在焊接时，要求一次焊接连续作业完成。

3) 当构件较长 ( $L>10$  米) 时，在焊接过程中，厚板冷却速度较快，因此在焊接过程中一直保持预加热温度，防止焊接后的急速冷却造成的层间温度的下降，焊接时还可采取焊后立即盖上保温板，防止焊接区域温度过快冷却。

### （4）焊接过程控制

1) 定位焊：定位焊是厚板施工过程中最容易出现问题的部位。由于厚板在定位焊时，定位焊处的温度被周围的“冷却介质”很快冷却，造成局部过大的应力集中，引起裂纹的产生，对材质造成损坏。解决的措施是厚板在定位焊时，提高预加热温度，加大定位焊缝长度和焊脚尺寸。

2) 手工电弧焊的引弧问题：有些电焊工有一种不良的焊接习惯，当一根焊条引弧时，习惯在焊缝周围的钢板表面四处敲击引弧，而这一引弧习惯对厚板的危害最大，原理同上。因此在厚板焊接过程中，必须“严禁这种不规范”的



行为发生。

3) 多层多道焊：在厚板焊接过程中，坚持的一个重要的工艺原则是多层多道焊，严禁摆宽道。这是因为厚板焊缝的坡口较大，单道焊缝无法填满截面内的坡口，而一些焊工为了方便就摆宽道焊接，这种焊接造成的结果是，母材对焊缝拘束应力大，焊缝强度相对较弱，容易引起焊缝开裂或延迟裂纹的发生。而多层多道焊有利的一面是：前一道焊缝对后一道焊缝来说是一个“预热”的过程；后一道焊缝对前一道焊缝相当于一个“后热处理”的过程，有效地改善了焊接过程中应力分布状态，利于保证焊接质量。

4) 焊接过程中的检查：厚板焊接不同于中薄板，需要几个小时乃至几十小时才能施焊完成一个构件，因此加强对焊接过程的中间检查，就显得尤为重要，便于及时发现问题，中间检查不能使施工停止，而是边施工、边检查。如在清渣过程中，认真检查是否有裂纹发生。及时发现，及时处理。

#### (5) 厚板焊接角变形的控制

厚钢板对接焊后的变形主要是角变形。实践中为控制变形，往往先焊正面的一部分焊道，翻转工件，碳刨清根后焊反面的焊道，再翻转工件，这样如此往复，一般来说，每次翻身焊接三至五道后即可翻身，直至焊满正面的各道焊缝。同时在施焊时要随时进行观察其角变形情况，注意随时准备翻身焊接，以尽可能的减少焊接变形及焊缝内应力。

### 7.4.6 控制焊接残余应力的焊接措施

构件焊接时产生瞬时应力，焊后产生残余应力，并同时产生残余变形，这是客观规律。一般我们在制作过程中重视的是控制变形，往往采取措施来增大被焊构件的刚性，以求减小变形，而忽略与此同时所增加的瞬时应力与焊接残

余应力。本工程主体结构中，大部分构件均属刚性大、板材厚的构件，虽然残余变形相对较小，但同时会产生巨大的拉应力，甚至导致裂纹。在未产生裂纹的情况下，残余应力在结构受载时内力均匀化的过程中往往导致构件失稳、变形甚至破坏。因此焊接应力的控制与消除在本工程制作过程中显得十分重要。应优先于构件的残余变形给予考虑。

### 焊接应力的控制

#### (1) 减小焊缝尺寸

焊接内应力由局部加热循环而引起，为此在满足设计要求的条件下，在深化设计过程中，不应加大焊缝尺寸和余高，要对其焊缝尺寸给予优化，焊缝坡口要合理，尽量采用双面坡口，要转变焊缝越大越安全的观念。

#### (2) 减小焊接拘束度：

拘束度越大，焊接应力越大，首先应尽量使焊缝在较小拘束度下焊接。如长构件需要拼接板条时，要尽量在自由状态下施焊，不要待到组装时再焊，应按工艺先将其拼接工作完成，再行组装构件。若组装后再焊，则因其无法自由收缩，拘束度过大而产生很大应力。

#### (3) 采取合理的焊接顺序。

在焊接较多的组装条件下，应根据构件形状和焊缝的布置，采取先焊收缩量较大的焊缝，后焊收缩量较小的焊缝；先焊拘束度较大而不能自由收缩的焊缝，后焊拘束度较小而能自由收缩的焊缝的原则。

1) 构件卧放于平台上：先焊对接缝，次焊垂直角焊缝。再焊平面角焊缝。

2) 沿焊缝长度而言，每条缝应采用由中向外，逐步退焊。就构件平面而言亦应采用由中向外（四周）分散逐个焊接。

#### （4）采用补偿加热法

在构件焊接过程中为了减少焊接热输入流失过快，避免焊缝在结晶过程中产生裂纹，因此当板厚达到一定厚度时，焊前应对焊缝周边一定范围内进行加热，加热温度视板厚及母材碳当量而定此即为焊前预热。

当构件上某一条焊缝经预热施焊时，构件焊缝区域温度非常高，伴随着焊缝施焊的进展，该区域内必定产生热胀冷缩的现象，而该区域仅占构件截面中很小一部分，此外部分的母材均处于冷却（常温）状态，由此而对焊接区域产生巨大的刚性拘束，造成很大的应力，甚至产生裂纹。

若此时在焊缝区域的对称部位进行加热，温度略高于预热温度，且加热温度始终伴随着焊接全程，则上述应力状况将会大为减小，构件变形亦会大大改观。

## 7.5 涂装工艺

### 7.5.1 涂装体系

钢桥涂装技术应符合现行的《铁路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（TBT1527-2011）的规定。

防腐涂装材料的品种、规格、技术性能指标必须符合设计和技术规范的要求，具有完整的出厂质量合格证明书，并经防护涂装施工单位复检合格后方可使用。采用的涂敷系统应进行车间和现场的工艺试验后方可施工。涂层层数、涂层厚度应符合设计要求。

#### （1）表面清理工艺要求

表面清理包括表面缺陷修补、打磨，钢板表面盐含量的检测及可溶盐的清除，表面油污的检查及清除，粉尘记号、涂料、胶带等表面附着物及杂物的清

除。

喷砂前表面清理工艺流程为：（结构缺陷的清除）焊接缺陷补焊、打磨---清洗剂清洗油污----压缩空气吹净、干燥----防止再次污染。

为增强漆膜与钢材的附着力，应对二次除锈后的钢材表面进行清洁处理，然后再进行涂装，表面清洁工艺流程为：用压缩空气吹净表面粉粒----用无油污的干净棉纱、碎布抹净----防止再次污染。

## （2）涂装作业环境要求

表 7-2 涂装施工环境控制表

项目	控制要求	检测方法	备注
环境温度	5-38℃	温度计测量	/
空气相对湿度	≤80%	干湿球温度计测量再查表换算，或直接用仪器测量空气湿度	涂装房内采用除湿机、加热干燥机等达到涂装作业环境要求。
钢板表面温度	≥空气露点温度+3℃	钢板温度仪测量	
空气露点	由空气温度和空气相对湿度查表求出		

在施工现场配备相对湿度测试仪，以便随时了解现场施工工况。

## （3）喷砂除锈技术要求

### 1) 磨料

选择的磨料其清洁、干燥性能符合GB6484-86,GB6485-86的要求；其粒度和形状均满足喷射处理后对表面粗糙度的要求，磨料清洁（不含油、杂物）、干燥（不含水）质量符合规定的要求，施工过程中经常检查磨料的运行情况，并及时进行补充和调整。在表面清理检验合格且表面干燥后即可进入喷砂作业工序。

## 2) 喷砂操作

在技术措施满足要求的基础上，选用有丰富施工经验、技术熟练的老工人进行复杂结构部位的的喷砂除锈，从施工人员方面满足结构复杂部位的喷砂除锈要求，保证喷砂除锈质量。磨料喷射方向与工件的夹角为 $75^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ，喷枪距工作面的距离为200~400mm，当喷嘴直径增大20%时将更换喷嘴。按先上后下，从左到右的顺序进行施工。

## 3) 清砂、清尘

采用大功率吸尘器或真空吸砂机带动吸尘装置，全面吸净喷砂表面的灰尘。

油漆涂装前，必须对将要涂装油漆的表面进行清理。对喷砂表面应清理干净残存的磨料并吹净表面浮灰；对机械打磨表面应清理干净打磨残存的杂物并吹净表面浮灰；对电弧喷涂涂层表面的附着颗粒及粉尘进行清理；对原有油漆涂层应先修理涂层缺陷，然后除去表面杂物并吹净表面浮灰。

## 4) 粗糙度要求

所有钢材表面必须经过喷砂处理，清洁度达到GB8923-88标准的Sa2.5级。

## 5) 清洁表面的保护

接近喷砂处理过的表面时，所有人员均穿戴专用工作服及鞋套、手套，防止污染清洁表面。在工序交叉施工时如果出现工序间的相互影响，应进行充分的保护。如有特殊部位不能受喷砂或油漆涂装的影响，要遮挡保护。

焊口处预留接头50mm宽不喷涂油漆涂层，以免影响焊接。以后每层油漆涂装前，焊接边缘再留出30mm宽不涂装油漆，形成阶梯状保护层。用木板或胶带纸遮挡保护，避免漆膜在工地焊缝对接区附着。



#### (4) 喷漆技术要求

装前应仔细确认涂料的种类、名称、质量及施工位置，涂装过程中的环境条件、每层涂装时间间隔以及使用的机具设备等均应满足涂装施工工艺和涂料说明书的要求。在完成前一道涂敷后，其干膜厚度须经监理工程师检验合格，方可进行下一道涂敷。

涂装采用喷涂工艺。根据涂料性能选择正确的喷涂设备，使用前应仔细检查储料罐、输料管道及喷枪是否干净、适用；检查高压空气压力、管道喷嘴是否符合工艺要求，高压空气中是否有其他油污和水。在喷涂涂料时，严格执行该涂料的施工技术参数及其对环境条件的要求。

除锈等级达到要求后，在环境温度5-38℃之间，相对湿度80%以下时，钢板可以喷涂底漆。钢结构外表面结露时不得涂装，涂装4小时后不得淋雨。涂层喷涂间隔时间必须符合有关规定，以保证每度涂层的实干。

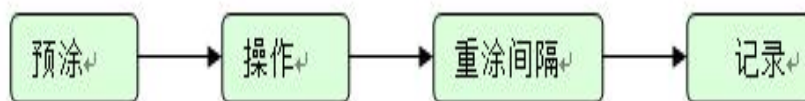


说明：1、采用刷涂法和高压无气喷涂法；  
 2、施工所用的涂料均采用同一厂家的产品，只有经检验合格的涂料才能使用。  
 3、对表面喷砂处理检验合格的清洁表面进行保护，如不用除湿机控制相对湿度，则在规定时间内进行底漆喷涂。  
 4、必要时加稀释剂，稀释剂与涂料的体积比不超过规定的数值 5%；  
 5、遵照技术服务代表的要求，进行涂料调配。配置时注意涂料的熟化期和混合使用期，达到熟化期才能施工，但超过混合使用期的涂料严禁使用。

图 6-15 涂装流程图

#### 1) 喷漆

在雨天、雾天、薄雾、冰雨、下雪天、水汽凝聚或风中夹杂有灰尘的情况下，不允许在钢结构涂装施工。



说明：1、严格控制施工工艺，喷枪与工件表面之间的距离保持在适当的最小距离，且喷涂时始终与待涂表面保持接近 90°，做到涂层分布均匀，不产生流挂、漏喷、干喷、龟裂等缺陷。喷枪移动时，与上道漆膜有三分之一重叠，下道涂层的喷涂。

2、按照涂料供应商提供的资料及产品说明书的要求严格按照涂料涂装重涂间隔的要求进行施工。

3、施工时记录环境条件，所用涂料品种、数量、涂装部位、设备参数等资料。

在涂下道涂层前，色漆体系中的每道涂层应干燥充分或固化完全。在中间涂层前，把钢结构涂层清理干净出去污染物。如果必要的话，表面上用自来水清理。在涂中间漆以前，按规范要求对涂层上存在厚度不够或破损的区域进行修补。

## 2) 预涂

为保证预涂质量，所有预涂均采用刷涂。喷底漆前，将预涂所有焊缝，边角及所有不易喷涂的部位，以保证这些部位有足够的膜厚。为确保上述部位涂层的质量，将在底漆和中间漆喷涂前也分别对上述部位进行预涂。针对不同部位，应采用不同工具进行预涂。

狭小区域及附属设施等小表面积工件采用手工涂刷油漆的施工方法。手工涂刷油漆所使用的工具包括：毛刷、滚筒等成品工具，以及铁丝缠绕少量棉纱或棉布的特制工具，针对不同涂刷部位使用不同的工具。刷涂或滚涂时，刷涂



或滚涂方向应取先前后、后左右的方向进行。预涂过程中发生掉毛时要随手清理掉，不便于随手清理的应在涂层固化后使用铲刀铲除、砂纸打磨等方法进行清理。

#### (5) 涂层保护

对已涂装完毕的节段在起吊运输时不允许直接用钢位捆扎，避免涂层损伤，严禁碰撞擦伤涂层，构件堆放应垫高，避免浸水，尽量减少重新电焊及动火作业，吊装运输应在构件涂层硬干后进行，损伤涂层应及时合理修复。

在安装期间和安装之后，涂漆现场应有充分的保护措施。以防构件打磨和构件安装的损坏。

### 7.5.2 涂装工艺流程

涂装施工流程见下图，执行文件施工组织设计和检验规范。

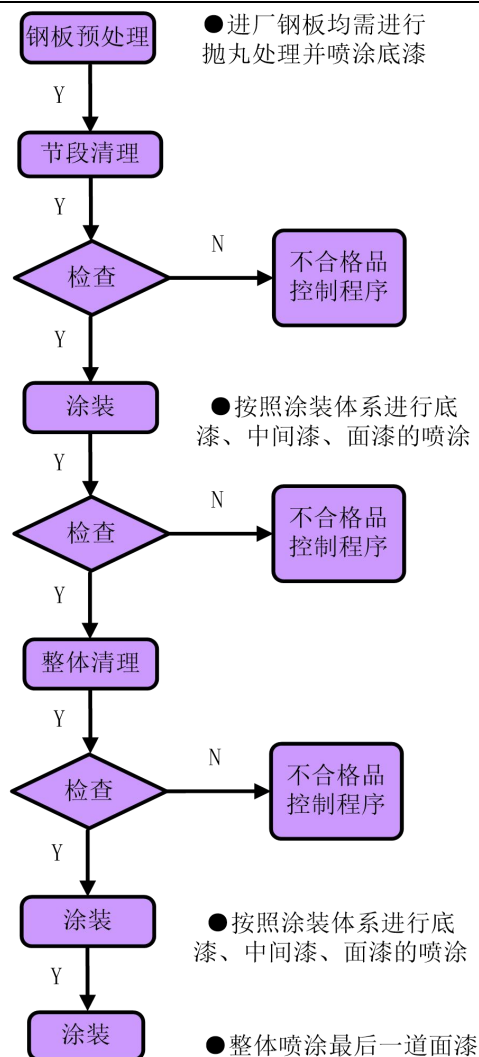


图 7-6 涂装工艺流程图

## 8. 制作验收规程

### 8.1 材料及材料管理

#### 8.1.1 材料

- (1) 钢材应符合设计文件的要求和现行标准的规定；
- (2) 焊接材料应通过焊接工艺评定试验确定，并应符合设计文件的要求和现行标准的规定；
- (3) 防腐涂装材料应符合涂装设计方案和相关标准的规定。

## 8.1.2 材料管理

(4) 钢箱梁材料应有生产厂家的质量证明书外，并按相关标准抽样复验，复验合格方能使用；

(5) 钢板应采取文字标识文字标识要求字迹清楚，书写工整，内容包括材质、炉批号等；

(6) 钢材局部表面的麻坑或伤痕深度为  $0.3 \sim 1\text{mm}$  时，可磨修匀顺；深度超过  $1\text{mm}$  时，应在补焊后磨修匀顺；局部边缘的夹层缺陷深度不超过  $t/4$  时，可按本标准 8.4.5 的规定清除裂纹后补焊、磨修，并进行无损检验。

(7) 焊接材料必须在干燥通风的室内存放，焊材储存库内，不允许放置有害气体和腐蚀性介质，室内保持整洁，焊材存放在专用架子上，严防焊条受潮，堆放时应按种类、牌号、规格、入库时间分类堆放，每垛应有明确标记，避免混乱。

(8) 涂料应存放在专用库房内，不得使用超期贮存的涂料。

## 8.2 零件制造

### 8.2.1 零件加工

(1) 零件的边缘、端头可保留锯切、剪切或焰切状态，也可进行刨铣加工，但经锯切、剪切或焰切后不再进行机加工的零件应磨去边缘的飞刺、挂渣，使切割面光滑匀顺。零件尺寸的允许偏差应符合下表的规定。

表 8-1 钢系梁零件尺寸允许偏差（单位：mm）

名 称	允 许 偏 差		备 注
	长 度	宽 度	
顶板、底板	+2	+2	
横隔板	+2	+2	
腹板	+2	$\pm 1$	

名 称	允 许 偏 差		备 注
	长 度	宽 度	
横隔板	+2	+2	
其它板件	±2	±2	
U 形肋	±2	-2	宽度是 U 肋口
其它型钢	±2	-	端面垂直度不大于 2mm

下料详细误差见施工图纸。

(2) 焊接坡口可用火焰切割，也可机加工。焊接坡口的形状、尺寸及允许偏差应按焊接工艺评定进行。

### 8.2.2 切割下料

(1) 下料前应检查材料的牌号、规格、质量；

(2) 所有切割下料必须在切割下料平台上进行，切割前把钢板摆正放平，清除割件表面切口两侧约 30~50mm 内杂质；

(3) 为确保工件加工质量，如有需要先进行试切；

(4) 工件切割完毕后切割边缘需清理打磨，对于切割时造成的崩坑等缺陷进行修补打磨；

(5) 下料后应在所下料的端头标示出编号、规格、材质等，同时应在余料上标出其规格、炉批号、材质、钢板号等，并在端头板厚方向上标出编号；

(6) 零件采用切割下料时，其边缘至少应满足下列条件之一：

1) 边缘硬度不超过 HV350；

2) 边缘不承受作用应力；

3) 边缘全部熔入焊缝；

4) 进行打磨或机加工，去掉 2mm，或者虽不到 2mm，但能证明边缘的硬度不超过 HV350；

(7) 切割表面不应产生裂纹。所有零件应优先采用精密(数控、自动、半

自动)切割下料,切割面质量应符合下表的规定。

**表 8-2 精密切割边缘表面质量要求**

项 目	用于主要零件	用于次要零件	备 注
表面粗糙度	50 $\sqrt{\text{ }}$	100 $\sqrt{\text{ }}$	GB/T 1031-1995 用样板检查
崩 坑	不允许	1m 长度内允许有一处 1mm	深度小于 2mm 时,可磨修匀顺,当深度超过 2mm 时,应先补焊,然后磨修匀顺
塌 角	允许有半径不大于 0.5mm 的塌角		
切割面垂直度	$\leq 0.05t$ , 且不大于 2mm		t 为钢板厚度

(8) 在数控切割下料编程时除应考虑焊接收缩量之外,还应考虑切割热变形的影响;

(9) 采用普通切割机或手工焰切下料时,应根据施工图和工艺文件预留焊接收缩量、加工余量等。手工切圆弧应采用靠模切割。切割号料前,应对钢料进行矫正,并清理其表面的锈蚀、油漆等污物;

(10) 手工气割仅用于工艺特定或切割后仍需机加工的零件,切割后不再进行机加工的零件表面质量应符合下表的规定。

**表 8-3 手工气割切割面质量(切割波纹)要求(单位: mm)**

项 目	构件分类	允许偏差	备 注
自由边缘	主要构件	0.20	
	次要构件	0.50	
焊接边缘	主要构件	0.30	接头有顶紧要求时除外
	次要构件	0.60	

(11) 零件的剪切边缘应整齐、无毛刺、反口等缺陷,缺棱不应大于 1.0mm;

(12) 当气割边缘的切口或崩坑深度小于 2mm 时,可磨修匀顺,当深度超过 2mm 时,应在铲磨出坡口后,可按规定补焊、磨修,并进行无损检验。

### 8.2.3 零件矫正

见矫正技术要求

### 8.2.4 弯曲加工

(1) 隔板人孔加劲通过冷、热加工弯曲或压制成形，但加工后其边缘不应产生裂纹，力学性能应不低于其标准规定；

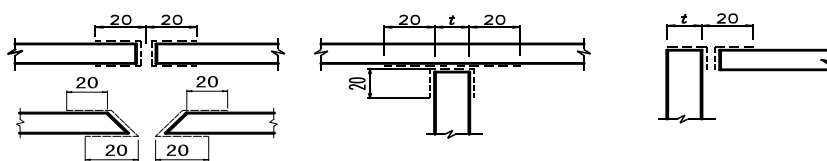
(2) 冷作弯曲加工时的环境温度应不低于 $-5^{\circ}\text{C}$ ，如需热煨，热煨的加热温度、高温停留时间、冷却速率应与所加工钢材相适应。

## 8.3 组装质量控制

### 8.3.1 组装准备

(1) 组装前应熟悉图纸和工艺文件，按图纸核对零件编号、外形尺寸和坡口方向，确认无误后方可组装。

(2) 采用埋弧焊、 $\text{CO}_2$  气体（混合气体）保护焊及低氢型焊条手工焊方法焊接的接头，组装前应彻底清除待焊区域的铁锈、氧化铁皮、油污、水分等有害物，使其表面显露出金属光泽。清除范围应符合下图的规定。



除锈范围（虚线为清除范围）(mm)

(3) 组装时应在对接焊缝和主要角焊缝的端部连接引、熄弧板（引板），引板的材质、厚度、坡口应与所焊件相同。

(4) 产品试板应与其代表的焊缝相连接，试板材质、厚度、轧制方向及坡口应与所焊板材相同，其长度和每侧宽度应分别不小于 400mm 和 150mm。当不能连接时，可采取相同条件就地焊接。

### 8.3.2 板单元组装

(5) 所有板单元应在胎架上组装，每次组装前应对胎架进行检查，确认合格后方可组装。

(6) 在组装板单元时应以板件的边缘和指定端作为定位基准。

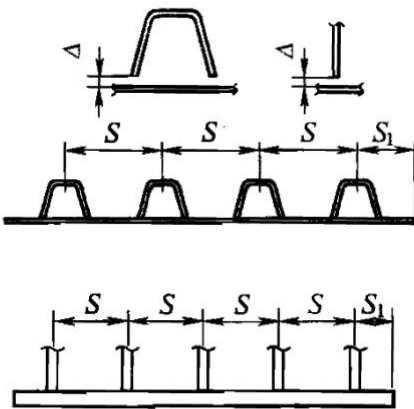
(7) 组装定位焊应符合焊接技术规定。

(8) 板单元组装尺寸允许偏差：

#### 1) 隔板单元

隔板单元上加劲肋位置度和垂直度偏差 2mm 之内

#### 2) 顶底腹板单元

名称	图 例	项 目	允许偏差
板单元		U 形肋、板肋组装间隙 $\Delta$	0.5 局部允许 1.0
		$S_1$ 、 $S$	$\pm 1.0$ 端部及横肋处
			$\pm 2.0$ 其他部位
		板肋垂直度	1.0

### 8.3.3 梁段组装

(9) 梁段应在胎架上组装，胎架可按照工艺文件进行。组装胎架应具有足够的刚度和几何尺寸精度，组装前应按工艺文件要求检测胎架的几何尺寸。

(10) 组装详见组装流程图

(11) 梁段定位应避免日照的影响，用经纬仪和测距仪监控测量主要定位尺寸，梁段组装允许偏差应符合下表的规定。



表 8-4 梁段组装允许偏差

项 目	允许偏差(mm)	备注
板单元 对接板错边 $\Delta$	$\leq 0.5$	$t \leq 25$
	$\leq 1.0$	$t > 25$
高度	2	工地接口处
	4	其余部分
节段间隙 a	-2 +3	
全长	$\pm 10$	分段累加总长
	$\pm 2$	分段长
腹板中心距	$\pm 3$	腹板外边缘间距
翼板宽	$\pm 2$	梁段接口处面板宽
	$\pm 3$	梁段其他部位面板宽
横断面对角线差	$\pm 2$	梁段接头处的横断面
横隔板间距	$\pm 3$	
横隔板垂直度	$\pm 3$	
旁弯	最大 5	桥面中心连线在平面内的偏差。
	2	单段箱梁
面板、腹板平面度	H/250	H—加劲肋间距
扭曲	每米不超过 1, 且每段 $\leq 4$	每段以两边隔板处为准
工地连接板面高低差	$\pm 2$	
预拱度	+5, 0	

### 8.3.4 预拼装

- (1) 预拼装在预拼装胎架上进行，梁段应解除与台架间的临时连接，处于自由状态。
- (2) 预拼装流程详见预拼装流程图
- (3) 预拼装时应使板层密贴，并检查拼接处有无相互抵触的情况。
- (4) 桥上梁段间临时连接件宜在预拼装检验合格后安装。
- (5) 磨光顶紧处用 0.2mm 塞尺检查，插入深度不应超过要求顶紧长度的

1/4。

(6) 预拼装检验应在无日照影响的条件下进行，并应有详细的检查记录，预拼装允许偏差应符合下表的规定。

表 8-5 梁段预拼装允许偏差（单位：mm）

项 目	允许偏差	备 注
预拼装长度 (L)	$\leq \pm n$	n 为梁段数
箱梁预拼装累加长	$\leq \pm 10$	与上一轮次累加
扭曲 (mm)	$\leq 1/m$ , 且 $\leq 8/\text{段}$	用水准仪测量标高
预拼装梁长 $L_2$ (m) 预拱度	+5 , 0	沿桥中线测量隔板处标高
预拼装梁长 $L_2$ (m) 旁弯	$3+0.1L_2$ 且 $\geq 12$ ,	桥面中心线在平面内的偏差
顶板宽 B	$\pm 8$	拼接处相对差 $\leq 2$
纵桥向中心线偏差	$\leq 1$	梁段中心线与桥轴中心线偏差
纵肋直线度 f	$\leq 2$	梁段匹配接口处
顶、底、腹板对接错边	$\leq 1.5$	梁段匹配接口处安装匹配件后
顶、底、腹板对接间隙	+4, -0	配切后测量

## 8.4 焊接工艺方案

为保证联络线特大桥钢梁焊接质量，针对其结构特点、所使用钢材类型、接头形式、焊接方法、焊接位置和焊接接头质量要求等，对各种接头形式拟选定的坡口形式、坡口尺寸、焊接材料以及焊接工艺，依据《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T3650-2020) 进行焊接工艺评定。试验内容见下图 1。

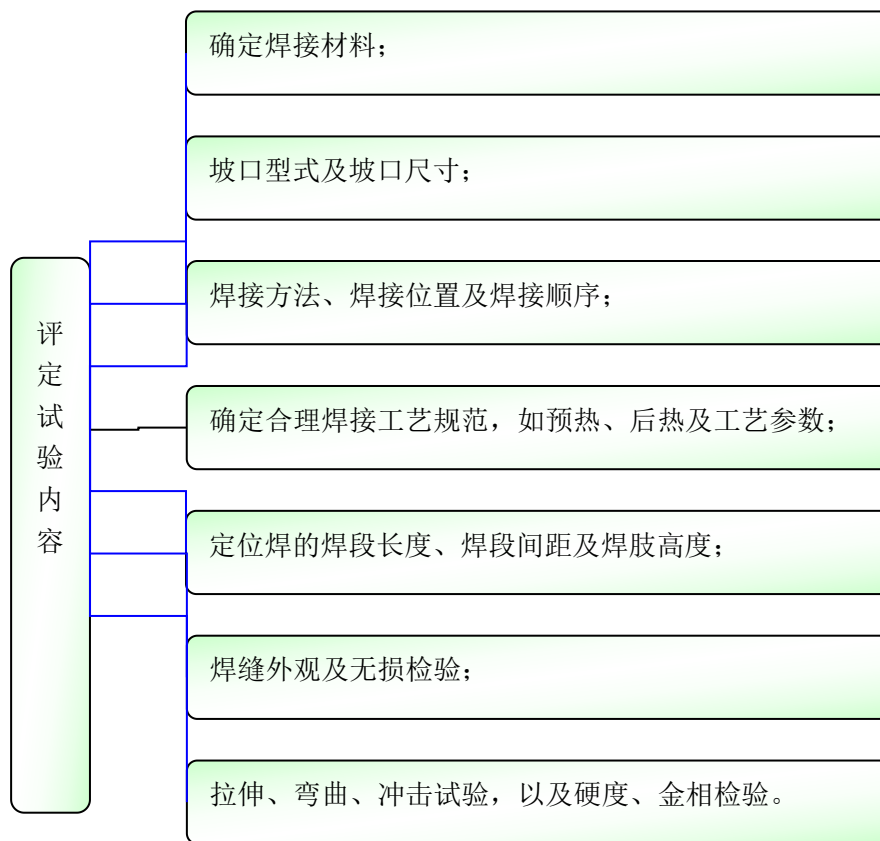


图 6-17 焊接工艺评定试验内容

焊接工艺评定试验流程见下图 2。

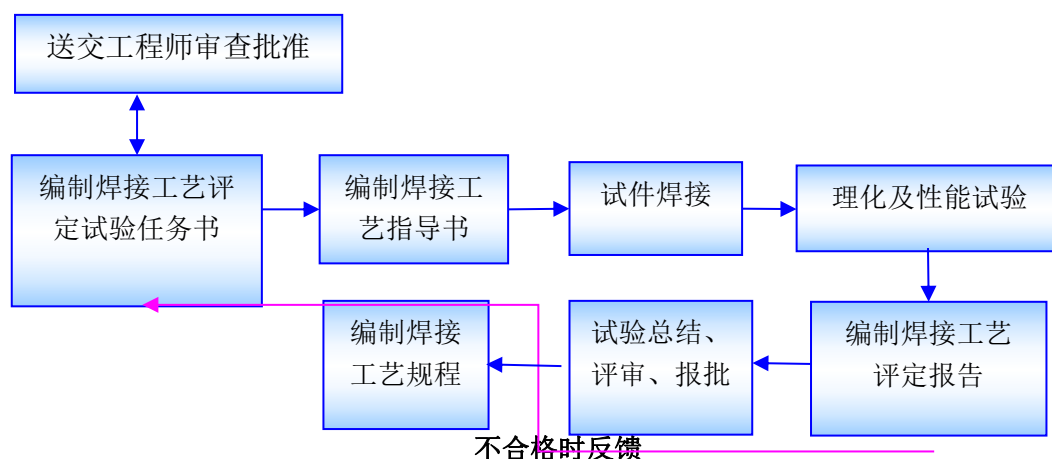


图 6-18 焊接工艺评定流程图

#### 8.4.1 试验依据及标准

(1) 联络线特大桥施工设计图纸；

- (2) 《铁路钢桥制造规范》(Q/CR 9211-2015)
- (3) 《桥梁用结构钢》(GB/T 714-2015);
- (4) 《埋弧焊的推荐坡口》(GBT 985.2-2008);
- (5) 《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》(GBT 985-1-2008);
- (6) 《钢结构焊接规范》(GB 50661-2011);
- (7) 《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》(GB/T 12470-2003);
- (8) 《气体保护焊用碳钢、低合金钢焊丝》(GB/T 8110-2008);
- (9) 《非合金钢及细晶粒钢焊条》(GB/T 5117-2012);
- (10) 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带》(GB/T 3274-2017)。

#### 8.4.2 试验目的

- (1) 选定适合本工程 Q345qE 钢材的焊接材料;
- (2) 对各种不同的焊接接头选择合理的坡口形式和坡口尺寸;
- (3) 选择能够满足各接头的焊接工艺, 使其焊缝内外部质量及焊接接头的各项力学性能全面达到设计图和相关标准的要求。

#### 8.4.3 试验内容

##### (1) 试件母材的准备

1) 试件下料前, 应收集核查钢材的炉批号及相应的质量证明书, 并根据材质标准对所用材料进行化学成分及力学性能复验。试件材质标准和复验结果应符合《桥梁用结构钢》(GB/T 714-2015) 及设计文件要求。

2) 试件坡口采用机械加工, 若条件不允许可采用火焰切割, 切割后坡口面

及周围须打磨光亮至露出金属光泽；组装前，焊接区母材表面作除锈、除尘处理。

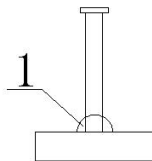
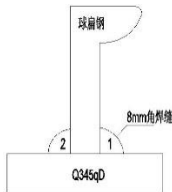
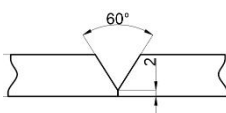
3) 试件组装，两端安装引/熄弧板。

(2) 评定用钢板

焊接工艺评定试验所选用的试板材质与设计图的要求一致。根据评定试验对板厚选择的说明 ( $0.75t \leq \delta \leq 1.5t$ ,  $\delta$  为产品板厚,  $t$  为试板板厚)。

(3) 焊接接头形式大样和清单



序号	报告编号	焊接方法	焊材	接头形式及 焊接位置	焊接内容	适用位置	接头形式简图
1	2022P0401	SW (栓钉焊)	/	T 型接头	Q345qE $\delta$ 20mm+ $\Phi$ 22	钢混段锚固端板 栓钉焊接	
2	2022P0402	GMAW (CO2)	ER50-6 $\Phi$ 1.2mm	对接接头 清根全熔透	DH36 $\delta$ 11mm	顶、底、腹板 接料	
3	2022P0403	GMAW (80%Ar+20%CO2)	ER50-6 $\Phi$ 1.2mm	T 型接头 角焊缝	DH36 $\delta$ 11mm+ Q345qE $\delta$ 24mm	球扁钢加劲肋与 腹板及风嘴顶、 底、腹板焊接	
4	2022P0404	SAW	SU34 $\Phi$ 4.0mm +SJ101	对接接头 清根全熔透 平焊	Q345qE $\delta$ 12mm	顶、底、腹板 接料	



序号	报告编号	焊接方法	焊材	接头形式及 焊接位置	焊接内容	适用位置	接头形式简图
5	2022P0405	SAW	SU34 $\phi 4.0\text{mm}$ +SJ101	对接接头 清根全熔透 平焊	Q345qE $\delta 24\text{mm}$	顶、底、腹板 接料	

序号	报告编号	焊接方法	焊材	接头形式及 焊接位置	焊接内容	适用位置	接头形式简图
9	2022P0409	GMAW (CO2)	ER50-6 $\phi 1.2\text{mm}$	T 接头 清根全熔透横焊	Q345qE $\delta$ 16mm+ $\delta$ 30mm	腹板与顶、底板焊接	
10	2022P0410	GMAW (CO2)	T492T1-1C1A $\phi 1.2\text{mm}$	T 接头 清根全熔透立焊	Q345qE $\delta 16\text{mm} + \delta 30\text{mm}$	隔板与腹板焊接	





11	2022P0411	GMAW (CO <sub>2</sub> )	ER50-6 Φ 1.2mm	T 接接头 清根全熔 透横焊	Q345qE , δ 30mm	I 肋与顶板、腹板焊接, 腹板与顶、底板焊接	
12	2022P0412	FCAW	T492T1-1C1A Φ 1.2mm	T 接接头 清根全熔 透立焊	Q345qE, δ 30mm	隔板与腹板焊接	
序号	报告编号	焊接方法	焊材	接头形式 及焊接位置	焊接内容	适用位置	接头形式简图
13	2022P0413	FCAW	T492T1-1C1A Φ 1.2mm	T 接接头 清根全熔 透仰焊	Q345qE, δ 24mm + δ 30mm	顶板与腹板、隔板焊接	
14	2022P0414	GMAW (80%Ar+20%CO <sub>2</sub> )	ER50-6 Φ 1.2mm	T 型接头 角焊缝 横焊	K=8, Q345qE, δ 16mm	隔板加劲与隔板焊接, 加劲肋与风嘴顶板焊接, 隔板角点加劲焊接	



15	2022P0415	FCAW	T492T1-1C1A $\phi 1.2\text{mm}$	T 型接头 角焊缝 立焊	K=8, Q345qE $\delta$ 16mm	U 肋与隔板焊接 隔板角点加劲焊接	
16	2022P0416	GMAW (80%Ar+20%CO2)	ER50-6 $\phi 1.2\text{mm}$	T 型接头 角焊缝 横焊	K=10, Q345qE $\delta$ 16mm	隔板加劲与隔板焊接, 加劲肋与风嘴顶板焊接, 隔板角点加劲焊接	
序号	报告编号	焊接方法	焊材	接头形式 及焊接位置	焊接内容	适用位置	接头形式简图
17	2022P0417	FCAW	T492T1-1C1A $\phi 1.2\text{mm}$	T 型接头 角焊缝 立焊	K=10 Q345qE $\delta$ 16mm	U 肋与隔板焊接 隔板角点加劲焊接	
18	2022P0418	GMAW (CO2)	ER50-6 $\phi 1.2\text{mm}$	对接接头 陶瓷衬垫 立焊	Q345qE $\delta$ 24mm	顶、底、腹板现场口焊接	
19	2022P0419	GMAW	ER50-6	对接接头	Q345qE	顶、底、腹板现场口焊接	



		(C02)	$\phi 1.2\text{mm}$	陶瓷衬垫 平焊	$\delta 24\text{mm}$		
20	2022P0420	SW (栓钉焊)	/	T 型接头	Q345qE $\delta 20\text{mm}+$ $\Phi 13$	桥面栓钉焊接	



## (4) 焊接方法

钢箱梁各部位试验使用的焊接方法分别为手工电弧焊（SMAW，主要用于定位焊及返修焊）、实心焊丝 CO<sub>2</sub> 气体保护焊（GMAW，主要用于打底焊缝焊接和加劲肋的焊接）、埋弧焊（SAW，主要用于钢板接料、对接焊缝盖面）。

1) 本工程拟用焊接方法和焊接参数见表 8-6。

表 8-6 焊接方法和焊接参数

焊接方法	焊材规格	焊接位置	焊接电流	电弧电压	焊道厚度	气体流量
					(焊接速度)	(l/min)
CO <sub>2</sub> 气体保护焊	Φ 1.2mm	平焊	220~300 A	28~34V	15~35cm/min	15~20
		横、立、仰焊	140~180A			
手工电弧焊	Φ 4.0mm	平焊	140~160A	/	3~5 mm/道	/
		横、立、仰焊	120~160A	/	3~5 mm/道	/
埋弧自动焊	Φ 4.0mm	平焊、船位焊	500~650A	28~36V	35~45cm/min	/

## 2) 主要的焊接工艺措施

①各种焊丝应具有一定的挺度，焊丝表面的镀铜应均匀致密，焊丝表面应无水分和油污。

②焊剂中不允许混入熔渣和脏物，重复使用的焊剂应用钢丝网筛过滤。

③焊条表面应无水分和油污，严禁使用受潮、变质以及药皮开裂、焊芯生锈的焊条。

焊条、焊剂必须按表 8-4 规定烘干使用。



表 8-7 焊接材料的烘焙参数

焊接材料	烘干温度	保温时间	保存温度	说明
焊条	300~350℃	2h	100~150℃	焊材从保温箱中取出 4h 以上应重新烘干，焊剂随用随取。
焊剂	300~350℃	2h	100~150℃	

④焊工（包括定位焊），必须有焊接资格证书，且只能从事焊工资格认定范围内的工作。

⑤焊接前应检查并确认所使用的设备工作状态正常，仪表工具良好、齐全可靠，方可施焊。

⑥施焊应严格执行焊接工艺，焊工应按照焊接试验作业指导书进行作业，不得随意变更参数。

⑦焊接工作宜在室内进行，施焊时，环境温度不应低于 5℃，空气相对湿度不应高于 80%。环境温度低于 5℃时，原不要求热的接头应进行预热处理，热温度 60~150℃。相对湿度高于 80%时，焊前应应用烤枪对焊区进行烘烤除湿，焊条、焊剂在空气中暴露时间不宜超过 2 小时。室外作业时，宜在晴天进行，遇到风雨时，应设挡风板和遮雨棚。

⑧焊接选用直流电源，采用反极性连结（即工件接负极）。

⑨焊接前清除焊接区的锈尘。多道焊时应将前道熔渣清理干净，并经检查确认无裂纹等缺陷后再继续施焊。

⑩焊接尽量采用多道焊，手工焊接时，焊条作适当横向摆动。

⑪热及层间温度要求：

<28mm 板可不热，但当环境温度低于 5℃时，原不要求热的接头也应进行热处理，热温度 80~120℃。≥28~60mm 板热，热温度 80~120℃。层间温度不低于热温度，控制在 150℃~180℃左右，且不超过 250℃。



⑫零件加工及组装，其坡口角度、钝边尺寸和组装间隙应满足试件图要求，并做好检测记录。

⑬焊接时应做好过程记录。（包括：环境温度、湿度、坡口角度、组装间隙、焊接电流、电压及速度、焊道厚度等）。

### 3) 焊接材料

根据本工程试验用钢板，选择与其相匹配的焊接材料，拟选择焊接材料应符合表 8-8 的规定。

表 8-8 试验用焊接材料

焊接材料名称	焊接材料牌号或型号	标准名称	标准号
手工焊条	E5015	《非合金钢及细晶粒钢焊条》	GB/T 5117-2012
实心焊丝	ER50-6	《气体保护焊用碳钢、低合金钢焊丝》	GB/T 8110-2008
埋弧焊丝	H10Mn2	《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》	GB/T 12470-2003
埋弧焊剂	SJ101	《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》	GB/T 12470-2003
气 体	$CO_2 \geq 99.5\%$	《焊接用二氧化碳》	HG/T 2537-1993
气 体	80%Ar+20%CO <sub>2</sub>		

### 5) 焊接设备

埋弧自动焊：直流电源 ZD5-1250 配 MZ-1250 型焊机；

CO<sub>2</sub> 气体保护焊、混合气体保护焊： NBC-500A 型焊机，TKIII 500 型设备；

手工电弧焊：ZX7-400 逆变焊机。

以上焊接电源均为直流反极性接法。

（焊接设备品牌不做要求，设备性能良好，满足使用要求即可。）



## 6) 焊前预热及道间温度

本工程主体结构钢材采用 Q345qD 钢板，根据该钢种焊接性特点及抗裂试验结果，确定本工程 Q345qD 钢板焊接预热及层（道）间温度见表 8-9。

、表 8-9 预热温度及层（道）间温度

材质	板厚 (mm)	预热温度 (°C)		预热范围 (mm)	层间温度 道间温度 (°C)
		手弧焊/ 气体保护焊	埋弧焊		
Q345qD	<40	≥5	≥5	—	5~200
	≥40	60~100	60~100	≥100	60~200 (埋弧焊 5~200)

## 8.4.4 焊接工艺评定报告的内容

- (1) 母材和焊接材料的型（牌）号、规格、化学成分和力学性能等；
- (2) 试板图；
- (3) 试件的焊接条件、施焊日期及工艺参数；
- (4) 焊缝外观及无损检验结果；
- (5) 力学性能试验及宏观断面酸蚀试验结果；
- (6) 结论（相关人员签字评定合格）

## 8.4.5 一般要求

(1) 焊工必须取得资格证书，且只能从事资格证书中认定范围内的工作。各种焊工如果停止焊接工作时间超过 6 个月，应对其重新考核。

(2) 焊接工艺必须根据焊接工艺评定报告编制，施焊时必须严格执行本项目焊接工艺规程执行。

(3) 焊接工作宜在室内或防风防雨设施内进行，焊接环境湿度应不大于 80%；焊接低合金钢的环境温度不应低于 5℃。当环境温





度或湿度未满足上述要求时，应在采取必要的工艺措施后进行焊接。

(4) 焊接前必须彻底清除待焊区域内的有害物，焊接时不得随意在母材的非焊接部位引弧，焊接后应清理焊缝表面的熔渣及两侧的飞溅。

(5) 焊剂、焊条必须按产品说明书烘干使用；焊剂中的脏物，焊丝上的油锈等必须清除干净；CO<sub>2</sub>气体的纯度应大于 99.5%。

#### 8.4.6 定位焊

(1) 定位焊缝应距设计焊缝端部 80mm 以上，其长度为 50～100mm；定位焊缝的间距及焊脚尺寸由焊接工艺确定。

(2) 定位焊缝不得有裂纹、夹渣、焊瘤等缺陷，对于开裂的定位焊缝，必须在保证焊件组装尺寸正确的条件下补充定位焊，并清除开裂的焊缝。

#### 8.4.7 焊接过程

(1) 埋弧自动焊应在距设计焊缝端部 80mm 以外的引板上起、熄弧。

(2) 在埋弧自动焊焊接过程中，应待焊缝稍冷却后再敲去熔渣。其中，用细丝或粗丝焊接的焊缝，敲渣部位到熔池的距离应分别大于 0.5m 和 1m。

(3) 在埋弧自动焊过程中不应断弧，如有断弧 则必须将停弧处刨成 1:5 斜坡，并搭接 50mm 再引弧施焊，焊后搭接处应修磨匀顺。

(4) 单面焊双面成型的焊缝应在坡口背面贴严、贴牢工艺规定的陶质衬垫。

(5) 圆柱头焊钉的焊接



- 1) 圆柱头焊钉的焊接必须按本项目焊接工艺规程规定进行焊接工艺评定；
- 2) 圆柱头焊钉的焊接应采用专用焊接设备焊接，少量平位、立位及其它位置也可采用手工焊接；
- 3) 圆柱头焊钉焊接工作必须由经过圆柱头焊钉焊接培训、考试合格的焊工担任；
- 4) 圆柱头焊钉焊接应严格按照圆柱头焊钉焊接工艺执行，未经焊接主管工程师同意不得随意更改焊接工艺参数；
- 5) 施焊前焊工必须检查所用设备、工具良好，确保正常工作时才能施焊；
- 6) 每日每台班开始生产前或更改一种焊接条件时，必须按规定的焊接工艺试焊 2 个圆柱头焊钉，进行外观和弯曲  $30^{\circ}$  角检验，检验合格后方可进行正式焊接；若检验不合格，应分析原因重新施焊，直到合格为止；
- 7) 焊接前，圆柱头焊钉及焊接部位应除去铁锈、氧化铁皮、油污、水分等不利于焊接的物质；
- 8) 瓷环应按规定要求烘干使用。

#### **8.4.8 焊缝磨修和返修焊**

- (1) 焊缝焊接后，端部的引板或产品试板必须用气割切掉，并磨平切口，不得损伤母材。
- (2) 焊脚尺寸、焊波或余高等超出本规则规定上限值的焊缝及小于 1mm 且超差的咬边必须修磨匀顺。
- (3) 焊缝咬边超过 1mm 或焊脚尺寸不足时，可采用手弧焊或  $\text{CO}_2$  气体保护焊进行返修焊。
- (4) 应采用碳弧气刨或其它机械方法清除焊接缺陷，在清除缺



陷时应刨出利于返修焊的坡口，并用砂轮磨掉坡口表面的氧化皮，露出金属光泽。

(5) 焊接裂纹的清除范围除应包括裂纹全长外，还应由裂纹端外延 50mm。

(6) 用埋弧自动焊返修焊缝时，必须将焊缝清除部位的两端刨成 1:5 的斜坡。

(7) 返修焊缝应按原焊缝质量要求检验，同一部位的返修焊不宜超过两次。

(8) 所有焊缝表面的修磨均应沿主要受力方向进行，使磨痕平行于主要受力方向。

(9) 圆柱头焊钉的补焊：对有缺陷的焊钉焊缝可采用手工焊进行补焊，补焊长度应自缺陷两端外延 10mm，焊角尺寸为 6mm；当钢板厚度达到手工焊要求预热的厚度时应预热，预热温度和手工焊要求的预热温度相同。当焊钉焊缝不合格时，应将焊钉从杆件上切除，且不应伤及母材，切除圆柱头焊钉的部位应打磨平整，然后用原焊接方法重新焊上圆柱头焊钉，并达到合格的焊接质量。

#### 8.4.9 焊接检验验收规则

##### (1) 焊缝的外观检验

1) 所有焊缝必须在全长范围内进行外观检查，不得有裂纹、未熔合、焊瘤、夹渣、未填满及焊漏等缺陷，并应符合下表的规定。



表 8-10 焊缝外观质量标准表

序号	项目	简 图	质 量 标 准 (mm)			
1	咬边		横、纵向受拉对接焊缝		不允许	
			U形肋角焊缝翼板侧受拉区			
			横向受压对接焊缝 $\Delta \leq 0.3$			
			主要角焊缝 $\Delta \leq 0.5$			
			其它焊缝 $\Delta \leq 1$			
2	气孔		对接焊缝	不允许		
			主要角焊缝	直径小于 1.0	每米不多于 3 个，其间距不 小于 20 mm，	
			其它焊缝	直径小于 1.5		
3	焊脚 尺寸		主要角焊缝 $K \pm \frac{2}{1}$ ，一般角焊缝 $K \pm \frac{2}{1}$ ， 一般角焊缝全长 10%范围内允许 $K \pm \frac{3}{1}$			
4	焊波		$h \leq 2$ (任意 25mm 范围内)			
5	余高 ( 对 接)		$b \leq 20$ 时， $h \leq 2$ ； $b > 20$ 时， $h \leq 3$			
6	对接焊 缝余高 铲磨		$\Delta_1 \leq 0.5$ $\Delta_2 \leq 0.3$ 粗糙度 Ra50 $\mu m$			

2) 所有焊缝的外观检查均应在焊缝完全冷却后进行。

### 3) 圆柱头焊钉焊缝检验

① 圆柱头焊钉焊完之后，应及时敲掉圆柱头焊钉周围的瓷环进行外观检验。焊钉底角应保证  $360^\circ$  周边挤出焊脚。

② 每 100 个圆柱头焊钉至少抽一个进行弯曲检验，方法是用锤打击圆柱头焊钉，使焊钉弯曲  $30^\circ$  时，其焊缝和热影响区没有肉眼可见的裂缝为合格；若不合格则加倍检验。

### (2) 焊缝的无损检验



1) 无损检测人员必须取得资格证书，且只能从事资格证书中认定范围内的工作。

2) 焊缝经外观检验合格的焊接件，应在焊接 24 小时后进行无损检验。钢板厚度 $\geq 40\text{mm}$ 的焊缝应在 48h 后进行。

3) 焊缝无损检验的质量分级、检验方法、检验部位及执行标准应符合本项目焊接规程规定。

4) 焊缝超声波探伤（UT）的距离—波幅曲线灵敏度及缺陷等级评定应符合《铁路桥涵施工技术规范》（JTJ041—2000）附录 K—1 的规定；其它要求应符合现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》（GB 11345—1989）的规定。

5) 进行局部探伤的焊缝，若发现裂纹，应对焊缝全长进行探伤；若发现较多其它超标缺陷，应扩大探伤范围，必要时对焊缝全长进行探伤。

6) 焊缝的射线探伤（RT）应符合现行国家标准《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》（GB/T3323—2005）的规定。

7) 焊缝的磁粉探伤（MT）应符合现行部颁标准《焊缝磁粉检验和缺陷磁痕的分级》（JB/T 6061—2007）的规定。

8) 用射线、超声波、磁粉等多种方法检验的焊缝，必须达到各自的质量要求，方可认为该焊缝合格。

## **8.5 矫正质量控制**

### **8.5.1 机械校正**

（1）冷矫正时环境温度不能低于  $5^{\circ}\text{C}$ ，矫正时应缓慢加力，总变形量不应大于变形部位原始长度的 2%。

（2）用千斤顶校正施工时在校正钢板上添加垫板，以避免受力集中引起更大的变形。



### 8.5.2 火攻校正

(1) 温度控制在 600-800℃ 之间，严禁过烧，不宜在同一部位多次重复加热。

(2) 过火部位在应力相反方向，同步对称加热。

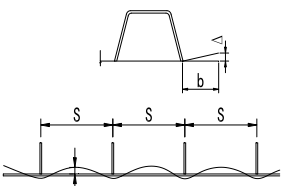
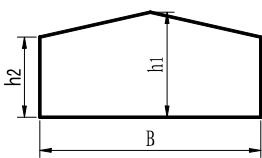
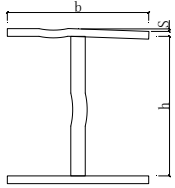
(3) 温度降至室温前，不得锤击钢材和用水急冷。

### 8.5.3 矫正尺寸偏差

零件校正允许偏差

(1) 板单元和杆件矫正后的尺寸允许偏差应符合下表的规定

表 8-11 板单元矫正允许偏差(单位: mm)

序号	名称	项 目	允许偏差	示 意 图	备 注
1	顶板	长度、宽度	$\pm 2$		有切头时长度可放宽
		对角线相对差	$\leq 4$		
	底板	平面度 f	横 向 $S/250$		S 为纵肋间距
			纵 向 $S/500$		S 为横肋间距
	腹板	角变形 $\Delta$	$\leq b/150$		
		纵肋垂直度	$\leq 1$		
		板边直线度 f	$\leq 3$		
2	隔板	高度 h1、h2	$\pm 2$		
		宽度 B	$\pm 2$		
		平面度 f	$\leq h_1/250$		
		板边直线度 f	$\leq 2$		
3	工型结构	翼板和腹板的垂直度 s	$b < 500, s < 0.5; b > 500, s < 1$		



		翼板平面度	$\leq 1$		
		腹板平面度	$\leq 2$		

(2) 梁段矫正后的允许偏差应符合下表的规定。

表 8-12 梁段矫正允许偏差(单位:mm)

项 目	允许偏差	备 注
梁段高度 (H)	$\pm 2$	工地接头处
	$\pm 4$	其余部分
梁段长度 L	$\pm 2$	
腹板中心距	$\pm 6$	
	$\leq 2$	相邻梁段连接处
顶板宽 B	$\pm 8$	拼接处相对差 $\leq 2$
横断面对角线差	$\leq 4$	工地接头处的横断面
旁弯 f	$\leq 5$	单个梁段
桥面横坡	+0.2% -0.1%	测量同一横断面
顶板、底板、腹板 平面度 f	S/250, 且 $\leq 8$	S—加劲肋间距 或顶板与加劲肋间距
扭 曲	每米不超过 1, 且每段不大于 8	每段以两边隔板处为 准

## 8.6 制孔

(1) 螺栓孔应成正圆柱形, 孔壁表面粗糙度 Ra 不得大于 25um, 孔缘无损伤不平, 无刺屑。

(2) 螺栓孔的允许偏差应符合下表的规定。





表 8- 13 螺栓孔径允许偏差

螺栓直径 (mm)	螺栓孔径 (mm)	允许偏差 (mm)	
		孔径	孔壁垂直度
M16	Φ18	+0.5 0	板厚 $t \leq 30$ 时, 不大于 0.3;
M24	Φ26	+0.7 0	板厚 $t > 30$ 时, 不大于 0.5,

(3) 螺栓孔距允许偏差应符合下表的规定, 由特殊规定要求的孔距偏差应符合图纸规定。

表 8- 14 螺栓孔距允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
两相邻孔距	$\pm 0.3$
多组孔群两相邻孔群中心距	$\pm 1.2$
两端孔群中心距	$\pm 3$

(4) 使用模板钻孔时, 必须按施工图检查零件规格尺寸, 核对所用钻孔模板无误后, 方可钻孔。

(5) 对钻孔的杆件, 应检查杆件外形尺寸和制作偏差, 并将误差均分。并应符合下列要求。

1) 工型杆件腹板中心与样板中心允许偏差 1mm。

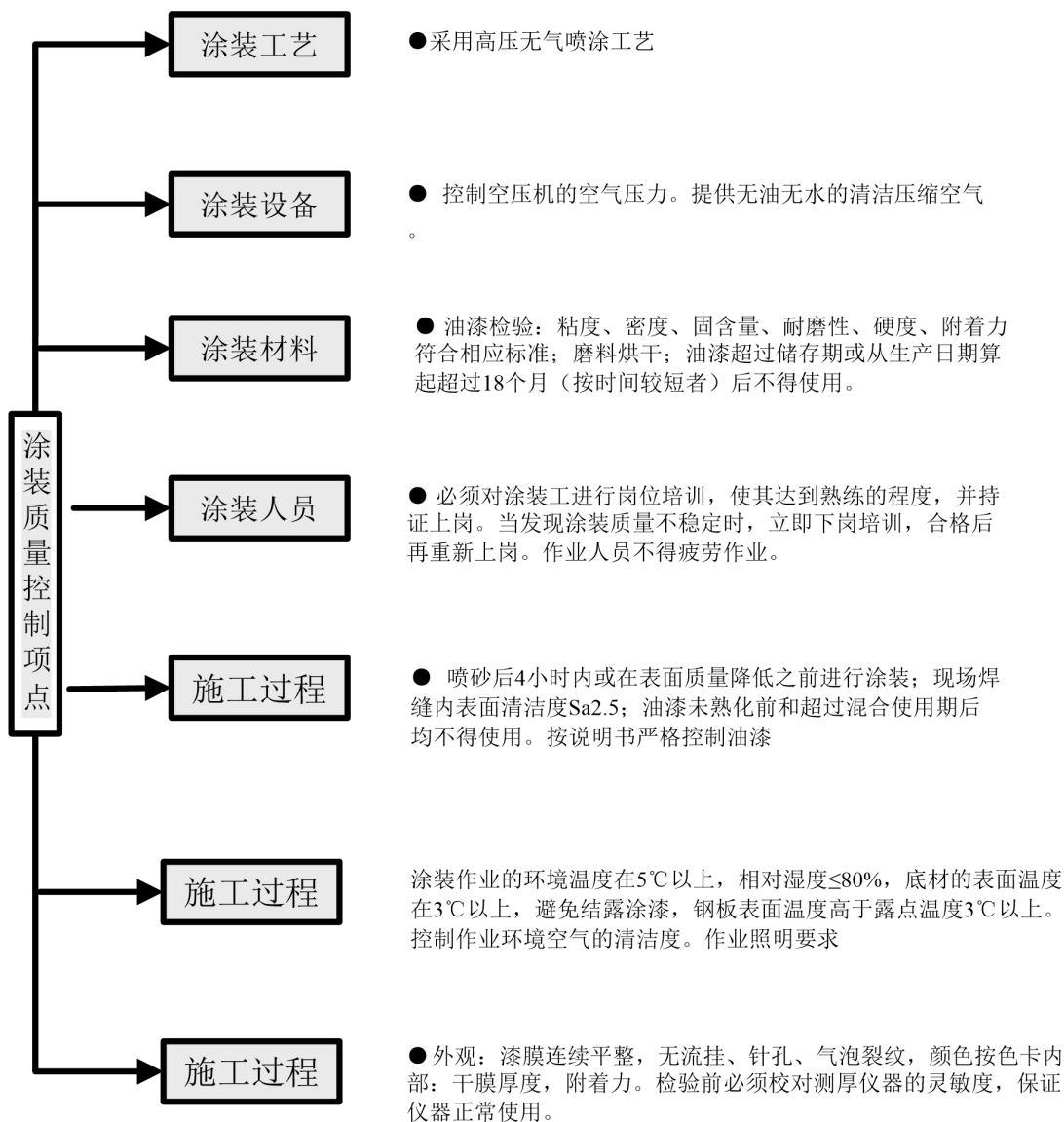
2) 纵向偏差应以两端部边距相等为原则。

3) 箱型杆件两竖腹板水平中线与样板中线允许偏差 1.5mm, 但有水平拼接时, 其允许偏差为 1mm。



## 8.7 涂装质量控制

### 8.7.1 涂装控制要点



### 8.7.2 涂装质量要求

表 8-15 涂装质量要求

工序	检测项目	检测手段	检验要求	检测数量	标准
除油	油污、杂质	目测	清除可见油污、杂质	全面	



工序	检测项目	检测手段	检验要求	检测数量	标准
喷砂	清洁度	图谱对照	Sa3/Sa2.5 级	全面	GB8923-88
	粗糙度	表面粗糙度比较样板或粗糙度测量仪	$R_z=40\sim60\mu\text{m}$	测 3 点	GB/T13288-91/ GB6060.5-85
涂层	涂层厚度	磁性测厚仪	每层检验达到规定漆膜厚度	以每个梁段为一测量单元，每 $10\text{m}^2$ 取 5 个基准面，每个基准面取三点法进行测量	GB/T 4956-85
	结合力	划格法	外表面 0 级 内表面 1 级	涂装结束后监理任意选点测量。	GB9286-1998
		拉开法	不小于 3.0MPa	3 点	GB/T5210-2004
	外观	漆膜颜色达到色卡要求，漆膜无流挂、针孔、气泡、裂纹等缺陷	目测、自检和监理专检在每种涂层指干后全面检查	全面	JT/T 722-2008

### 8.7.3 涂装工艺要求

(1) 涂装施工前，制造厂和油漆供应商应进行专项涂装工艺试验，工艺试验合格后方可进行正式涂装施工。涂装试板按钢梁外表面涂装体系进行涂装施工和检查。应按图纸规定涂层配套进行喷涂，涂装材料、工艺及性能要求等亦应符合图纸要求。施工方案必须符合油漆厂商提供的使用说明所规定的要求。

(2) 涂装前应仔细确认涂料的种类、名称、质量及施工位置，制造厂应对批量油漆的主要性能指标进行检验。

(3) 对双组份涂料要明确混合比例，并搅拌均匀、熟化后使用。混合后如超过使用期，则不得使用。

(4) 工地焊缝处不涂油漆，以免影响焊接质量。

(5) 杆件在运输和安装过程中。对损坏的油漆应进行补涂，对



大面积损伤的，必须重新喷砂除锈，按层修补。局部小面积损伤者用手工打磨，进行修补。

(6) 涂装环境要求：聚氨酯漆不允许在气温  $5^{\circ}\text{C}$  以下施工，环氧富锌底漆温度不得低于  $10^{\circ}\text{C}$ ，其余涂装环境温度在  $5^{\circ}\text{C} \sim 38^{\circ}\text{C}$  之间，相对湿度 80% 以下（当与油漆说明书不符时，应执行油漆相应产品施工说明书）。构件表面结露不得涂装，金属表面温度高于露点  $3^{\circ}\text{C}$  以上方可施工，涂装后 4 小时内应保护免受雨淋。

(7) 底漆、中间漆涂层的最长暴露时间不应超过 7 天，两道面漆的涂装间隔也不宜超过 7 天。若两道面漆的涂装间隔超过 7 天时，应先用细砂纸将涂层表面打磨成细微毛面，然后再涂装后一道面漆。

## 9. 厂内起吊、转运及翻身工艺及安全要求

### 9.1 构件起吊、转运及翻身原则工艺要求

(1) 构件在吊运前，操作人员必须清楚构件的确切重量，并根据吊运构件的重量和形状正确选用吊索具，严禁在超负荷和受冲击载荷的情况下使用；

(2) 钢丝绳在使用过程中，应严防扭结、压扁、弯折、碰电等现象的发生；

(3) 吊环大小、形状、所用材料以及安装位置应由工艺人员设计和确定，其焊接应由熟练焊工焊接，吊环与吊索的连接应采用卸扣，严禁采用其它方式进行作业；

(4) 吊环焊角尺寸必须符合规定要求；

(5) 吊环的孔眼宜采用钻孔，气割孔眼应磨光，以免损坏索具；

(6) 从构件上去除吊环时，应采用切割的方法，不得锤击，构



件表面应通过打磨使之保持平整光洁，重要部位需进行表面裂缝探查；

(7) 构件起吊前，应检查板件与胎架间的连接焊缝是否已全部拆除，并同时检查吊环焊接是否牢靠；

(8) 构件起吊前，应先将构件吊离胎架约 200mm，确认索具、吊环的安装可靠后再正式起吊；

(9) 对钢丝绳可能和钢板边缘快口接触的部位，应垫以方木、半圆管或破麻袋等，以免钢丝绳被磨损或割断；

(10) 磁性吊具吊运构件时，禁止从人或设备的上方运行，吊具与构件的吸着面不得有任何杂物、灰尘和油水等；

(11) 磁性吊具吊运构件时，必须置于构件的重心位置，构件的倾斜度应控制在 5 度内，且构件钢吊离地面时应稍作停留，确认完全符合要求后方可继续进行；

(12) 构件起吊后，不应长时间高空悬挂，如遇突发情况，应采取必要措施防止他人误入构件下方的危险区；

(13) 起吊构件时，构件上严禁站人，或存在浮动物件；

## 9.2 构件起吊与转运

该工程构件有板料、板式单元件、T 型梁以及节段。各构件的重量相差极大，重量从不到 1 吨的板料到近 80 吨的节段不等。因此针对不同的构件，起吊与转运的要求亦不相同。

### 9.2.1 板料起吊与转运

板料起吊与转运可以采用磁性吊具也可用钢板夹具吊运，用钢板夹吊运时，不得同时吊运两张（或以上）的层叠钢板，吊运时要轻吊轻放；



### 9.2.2 零散构件吊运

零散构件吊运时，要用钢丝绳捆扎牢固，捆扎时在棱角、快口、利边等部位要采取衬垫措施，起吊要保持平衡以避免散落造成事故；厂内转运可用叉车或板车，码放要整齐，上部严禁堆放其它重物；转运过程要平稳，轻起轻落；

### 9.2.3 单元件起吊与转运

(1) 对重量在两吨以下的单元件可采用钢板夹具起吊，转运可用叉车（形状和重量适宜）或汽车，码放不能过高，每一层要用垫木垫平并塞紧，防止移动。转运过程要平稳；

(2) 对外形尺寸较大、重量较重不用翻身只需平位转运的单元件，可用钢丝绳捆扎吊运，也可在单元件上设置四个吊环用于起吊与转运。吊环位置应以构件重心对称布置，且吊环间距不应过大（小），以挂绳间夹角  $60^{\circ}$  为宜，且不大于  $120^{\circ}$ 。

(3) 吊环规格选取：若利用四个吊环进行起吊，则单个吊环所能承载的允许负荷  $\geq$  构件重量的二分之一；

(4) 对不能用叉车转运的外形尺寸较大、重量较重的单元件须用汽车或平板车转运，单元件在车上放平衡，下部垫以枕木，枕木位于有加强筋的部位，每个单元件下部至少垫 4 排枕木，而且码放不能超过 5 层。转运要平稳，全过程必须有专人看护。

### 9.2.4 节段起吊与转运

箱形节段及工字梁因重量较重，利用专用翻身工装起吊，用平板车转运，起吊与转运要平稳且缓慢，要指定专人指挥，全程有专人监控。

## 9.3 构件翻身

因焊接和矫正需要，单元件或节段需进行多次翻身，利用两台





或多台起重机进行空中翻身，翻身应由专人统一指挥，各台起重机的升降、移动应保持同步，使各台起重机负载均衡，要求钢丝绳应尽量保持垂直。且在正式起吊前，必须先试吊（即吊离基准面约500mm停下），并检查专用翻身工装情况，确认无误后方可起吊翻身。

注意在翻身过程中，单元件落地时，板边必须落在软体物（如枕木）上，严禁节点部位与地面接触，以免节点(板边)变形。

节段采取专用翻身工装空中翻身，对重量不超过一台起重机起重能力的节段，翻身过程不允许节段落地；对重量超过一台起重机起重能力的节段，卸装吊具时节段需落地，此时节段大部分重量应由一台起重机承受，下部必须落在软体物（如枕木）上，严禁节点部位与地面接触，软体物必须放在纵横结构交汇处，且卸装吊具要迅速，以减少起重机的受力时间，保证翻身的安全。

#### 9.4 构件存放

本项目从板料、零件、单元件到节段等，构件繁多，需要很大的专用存放场地。在构件存放前，应对场地的平整度、坚实性、通风与排水是否良好等情况进行检查与整改。

单元等构件可采取叠放，每层间用枕木垫平，枕木位于有加强筋部位，存放高度不得大于5层且不超过1.5米，防止构件产生变形；且构件与地面间的净空不得小于300mm，形状特殊的构件，存放时要采取加固措施，防止倾倒。

存放时按类分区，码放整齐，而且根据需求顺序合理存放，即先需要的构件应存放于上部且获取方便。

存放区内各堆位要有清晰的标牌，且标牌要放于显眼易找的部位，为构件转运提供便利。无标识（记）或标识（记）不完整的构





件严禁进入存放区；

节段放置时尽可能保证水平，下部要放置至少 4 个（较长节段至少 6 个）钢墩或枕木，钢墩或枕木应布置在节段纵横向结构交汇且地面坚实不下沉的地方。使用的钢墩或枕木顶面应平整无突起。

## 10. 钢箱梁运输施工方案

### 10.1 运输路线及路面平整

结合对包头至项目现场路线的勘察、咨询，制定如下运输路线

#### 10.1.1 确定运输路线原则

(1) 选择的线路要适合于汽车的通行，路面平坦，没有过大的坡度，道路曲线最小半径能保证汽车顺利通过；

(2) 运距适宜；

(3) 应尽量避免交通拥挤的路段；

(4) 运行线路应能保证汽车中速行驶；

#### 10.1.2 运输路线

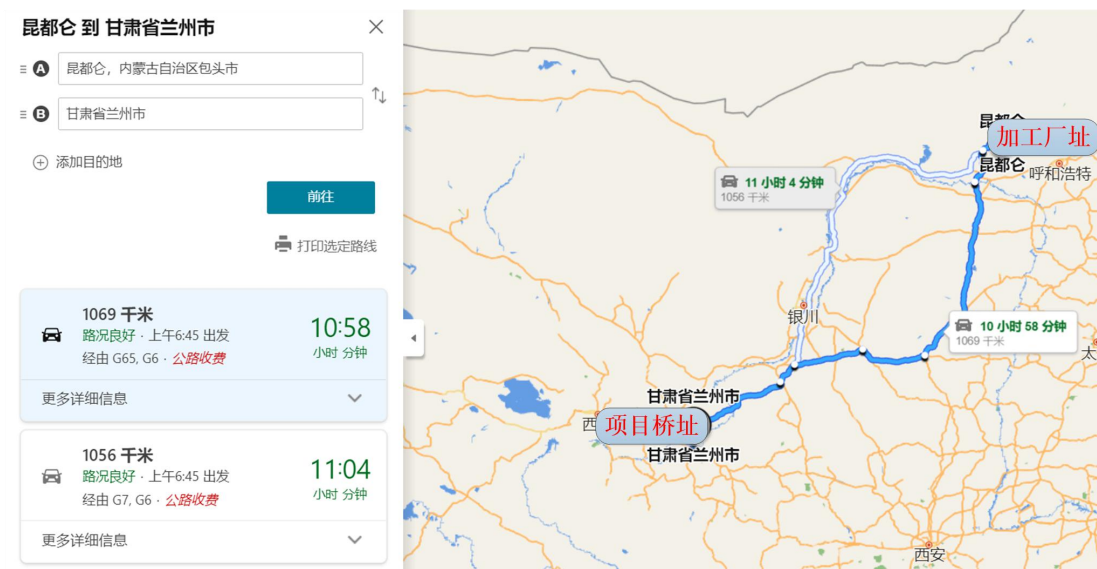


图 10-1 钢箱梁运输路线图

钢箱梁在加工厂至项目现场路面进行平整、硬化，保证道路宽度不小于 8m，拐弯处道路宽度不小于 16m。



序号	设备名称	数量	规格	运输和吊装能力	备注
1	平板车	6	290KW 以上	140 吨	

## 10.2 装载方案

### 10.2.1 装载方案编制原则

- (1) 根据货物种类选择车型，做到车型符合货种；
- (2) 根据货物批量确定车辆最佳载质量；
- (3) 组合的列车宁短勿长；
- (4) 车辆能够编组行驶；
- (5) 根据构件的重量、外型尺寸、结构特点及沿途路况、桥梁、弯道、空障等诸多因素综合考虑。

### 10.2.2 装载方案

采用瑞典进口 420 马力沃尔沃牵引车或解放牵引车牵引三轴线车载运。设备底部铺垫薄板，然后使用两道 $\geq \Phi 12$ 的钢丝绳和 SH5-5 吨倒链将设备前端与特制托盘捆绑牢固，使用两道 $\geq \Phi 12$ 的钢丝绳和 SH5-5 吨倒链将设备后端与三轴线捆绑牢固，设备与车板捆绑为一体，保证在运输中转弯时货随车转，设备稳定性好，行驶时安全系数大。设备装车后车货总长 25m-35m, 总宽不超 5000mm, 总高不超 5000mm。



## 11. 钢箱梁安装方案设计

整体思路：首先在既有桥梁下跨中施工基础及墩台，然后在既有桥梁两侧分别搭设制梁及拆梁平台，安装导向和滑移系统，液压顶推移出旧梁，横移新梁就位，铺设道砟、安装轨枕和道岔，接触网挂网恢复既有线路。

施工工序：施工新梁桥墩及基础→搭设制、拆梁平台→现场焊



接梁体→搭设支架，安装导向和滑移系统→封锁线路→拆除既有桥墩接触网网杆→顶升旧梁、拆除支座→顶推横移旧梁→顶推横移新梁、安装支座→铺设道砟、轨枕、道岔和钢轨→接触网挂网恢复线路→凿除旧梁、拆除制拆梁平台及支架。

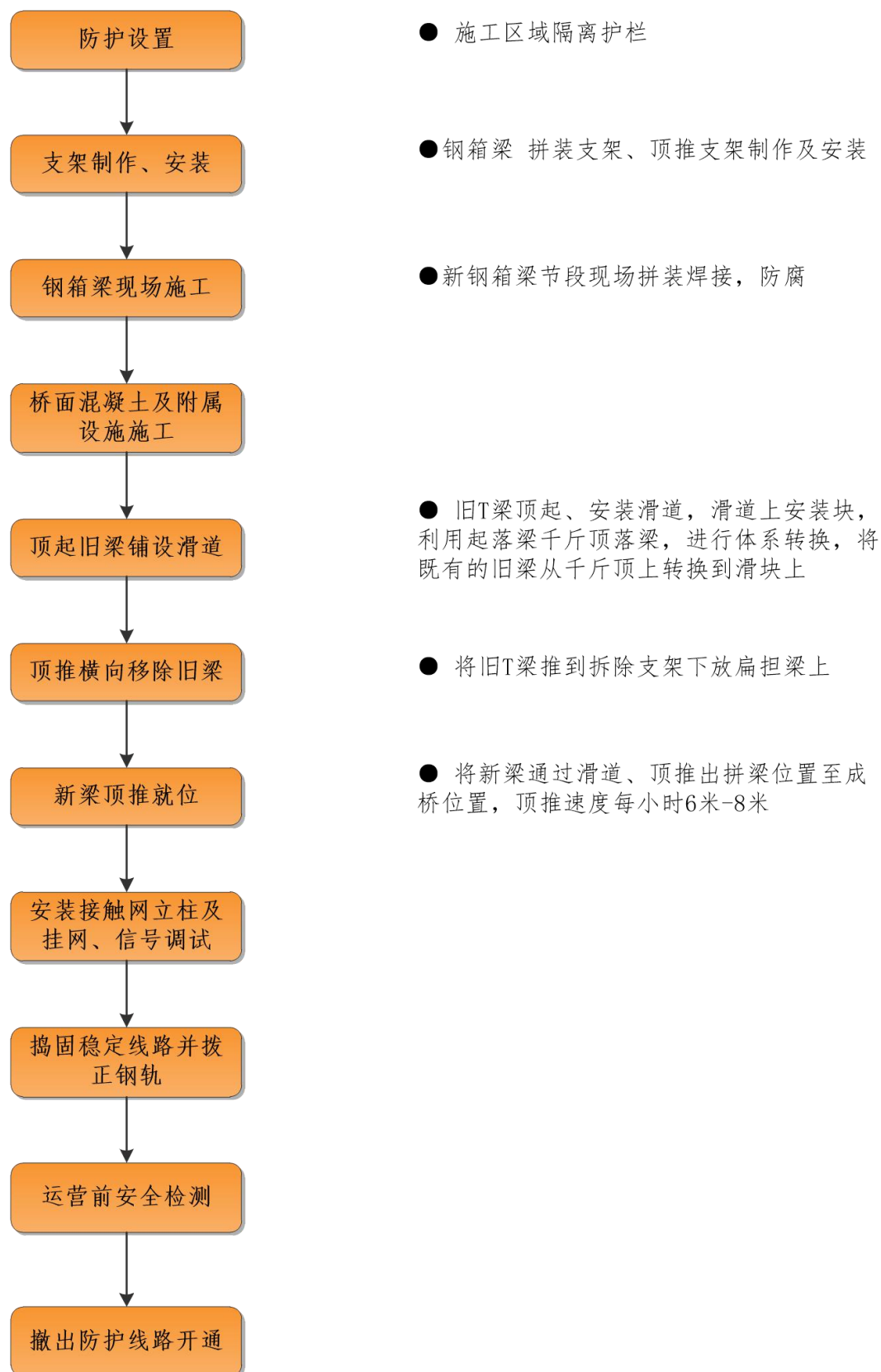
施工周期：施工新梁桥墩及基础 90 天，搭设换梁支架及工作平台 20 天，焊接拼装钢箱梁及铺设桥面混凝土板、防水层 30 天，顶推横移前准备工作 7 天，顶推横移换梁及恢复线路 4 天，拆除旧梁 20 天，总工期 171 天。

根据我公司在兰张三四线兰武段 ZQ 二标，跨线吊装钢盖梁经验，封锁施工计划为：顶推横移换梁施工共封锁 96 小时。



## 11.1 施工方法

### 11.1.1 钢箱梁安装流程



钢图 11-1 箱梁安装流程图



表 11-1 联络线特大桥横移施工作业用时统计表

序号	项目	时 间 (h)	作业内容	使用设备	人员	备注
1	设置防护	2				
2	拆除旧桥面及接触网立柱	12	解除老桥接触网、道岔等附属结构连接。	接触网供电作业车、轨道滑车	供电、工务及电务人员	
3	顶起旧梁铺设滑道	12	将既有钢梁顶起、安装滑道，并在滑道上安装滑块，利用起落梁千斤顶落梁，进行体系转换，将既有的旧梁从千斤顶上转换到滑块上	500 吨带自锁的双作业千斤顶 56 台（使用 48 台，备用 8 台），同步控制泵站 12 台（使用 10 台，备用 2 台），自控系统 1 台，滑块 40 块（底面设置改性聚四氟乙烯滑板），起落梁配套的支墩及钢板若干	每孔梁设置人员 12 人，共需设置施工作业人员 60 人（备用人员不能少于 15 人）	
4	横移旧梁	14	将旧梁通过滑道、横移出成桥位置至旧梁拆除位置，速度每小时 6 米-8 米	200 吨连续顶推千斤顶 14 台（使用 10 台、备用 4 台），同步控制泵站 14 台（使用 10 台、备用 4 台），自控系统 5 台，后锚具 14 套（使用 10 套，备用 4 套），钢绞线若干，纠偏装置 20 套，纠偏千斤顶 20 台	每孔梁设置人员 12 人，共需设置施工作业人员 60 人（备用人员不能少于 15 人）	



5	顶推新梁	14	将新梁通过滑道、顶推出拼梁位置至成桥位置，顶推速度每小时 6 米-8 米	200 吨连续顶推千斤顶 10 台（使用 7 台，备用 3 台），同步控制泵站 10 台（使用 7 台，备用 3 台），自控系统 1 台，后锚具 10 套（使用 7 台，备用 3 套），钢绞线若干，纠偏装置 28 套，纠偏千斤顶 28 台	每个墩顶设置人员 10 人，共需设置施工作业人员 70 人	
6	拆除滑道并落梁	8	将梁顶起，利用墩顶滑道	500 吨带自锁的双作业千斤顶 30 台（使用 24 台，备用 6 台），同步控制泵站 10 台（备用 3 台），自控系统 1 台，起落梁配套的支墩及钢板若干，滑道滑移小车 36 台（使用 28 台，备用 8 台）	每个墩顶设置人员 10 人，共需设置施工作业人员 70 人	
7	铺设道砟、轨枕，安装道岔、钢轨并焊接新旧钢轨	14	铺设道砟、轨枕，安装道岔、钢轨并焊接新旧钢轨	铺轨滑车、道砟运输车、钢轨焊接机	工务人员	
8	安装接触网立柱及挂网、信号调试	12	安装接触立柱、挂网、安装信号机、信号调试	接触网供电作业车	供电、电务人员	
9	捣固稳定线路并拨正钢轨	4	捣固稳定线路并拨正钢轨	拨道机、捣固机、大型整道机	工务人员	





10	安全制梁检查	2				
11	撤除防护、开通线路	2				
12	合计	96				

### 11.1.2 现场施工场地

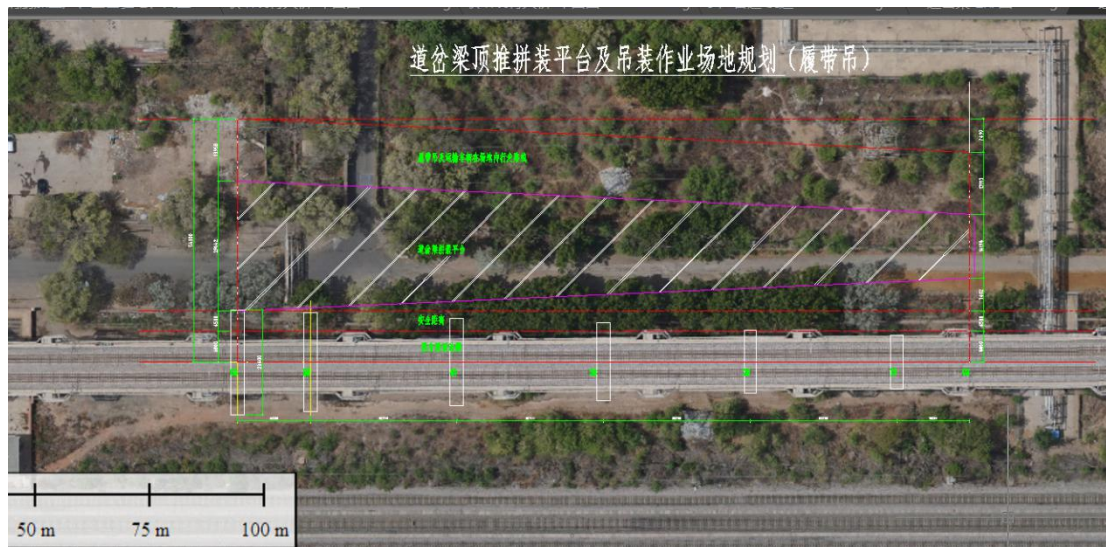


图 11-2 在现场北侧场地规划图

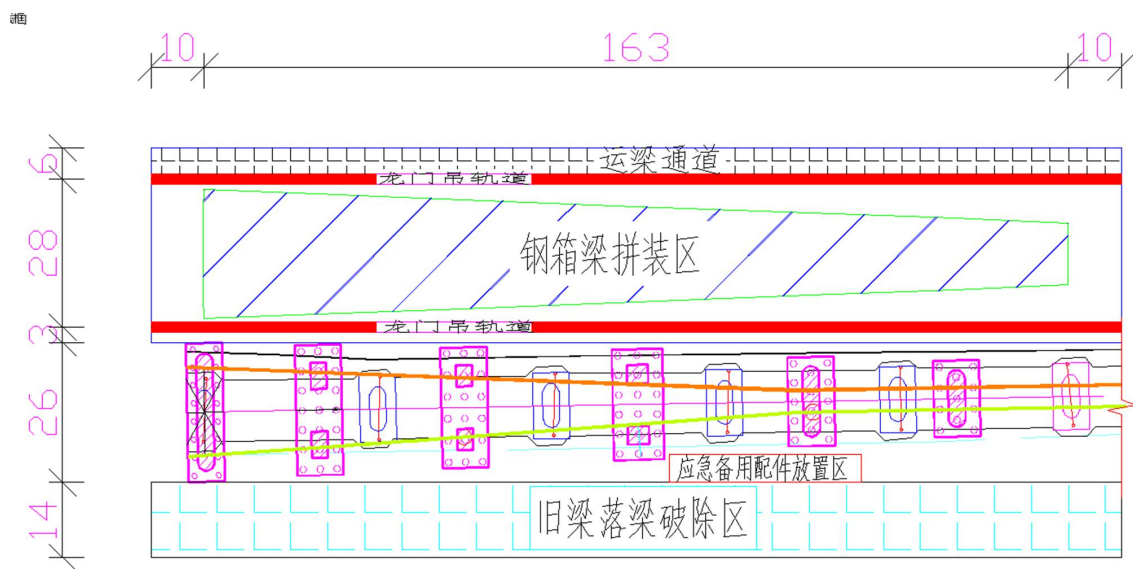


图 11-3 场地规划图





### 11.1.3 钢箱梁施工流程

新建钢箱梁采用现场拼装+横移法架设。在 138#~143#墩线路左侧设置拼装平台，用于钢箱梁拼装。在拼装平台与主体墩之间设置横移支架及滑道，横移支架一端设置反力墩及千斤顶反力座，采用拖拉横移架设的方法将新建钢箱梁架设至设计位置。

老桥 T 梁采用横移+下放至地面法拆除。在 138#~143#墩线路右侧设置 T 梁下放支架。在下放支架与主体墩之间设置横移支架及滑道，横移支架一端设置反力墩及千斤顶反力座，采用拖拉横移架设的方法将老桥 T 梁横移至下放支架上。

顶推重量的确定：

中川铁路双线 32m 简支 T 梁拆除人行道、临时迁改桥上缆线后每孔梁重约 730t。

表 11-2 简支 T 梁重量统计表

2005(2101)系列梁	重量 (t)
32m 双线T 梁自重	539.7
二期恒载	545.8
合计	1085.5
顶推控制重量	730

(16.2+4×32.7+16.2) m 变宽连续钢箱梁如考虑梁体与梁上设备同时顶进则顶推总重量为 10527t，最大支点反力为 2688t，按照 15%计算顶推力，顶推力超过 4000KN。最小支点反力为 182.5t，按照 15%计算顶推力，顶推力为 274KN。

表 11-3 变宽连续钢箱梁重量统计表

项目	重量 (t)
----	--------



钢箱梁自重	3830.4
混凝土桥面板	1892.3
道砟	4222.2
线路设备	294.5
人行道设备	287.6
合计	10527

如顶推前不铺设道砟，则顶推总重量为 6400t，最大支点反力为 1666t，按照 15%计算顶推力，顶推力为 2500KN，最小支点反力为 132.5t，按照 15%计算顶推力，顶推力为 199KN。

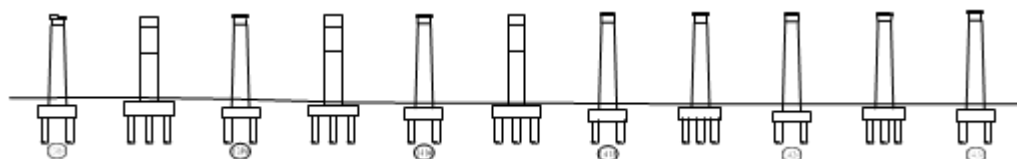
为减小同步顶推的难度，本次顶推时按顶进就位后铺设道砟重量考虑，道砟以外的其余设备可预先放置于梁上。

横移速度为 15cm/分，横移采用为采用 18 台 200t 牵引（连续）千斤顶，安装于滑道梁横移方向的端部，引绳为 1 束 18 $\Phi$ 15.24 钢绞线（长度 40.0m）并锚固，钢绞线另一端分别与千斤顶连接。

#### 11.1.4 施工步骤

步骤一：

1、施工桥梁下部结构。



2、施工新建钢箱梁拼装支架及横移滑道、老桥 T 梁拆除支架及横移滑道、门吊走道基础并拼装门吊。

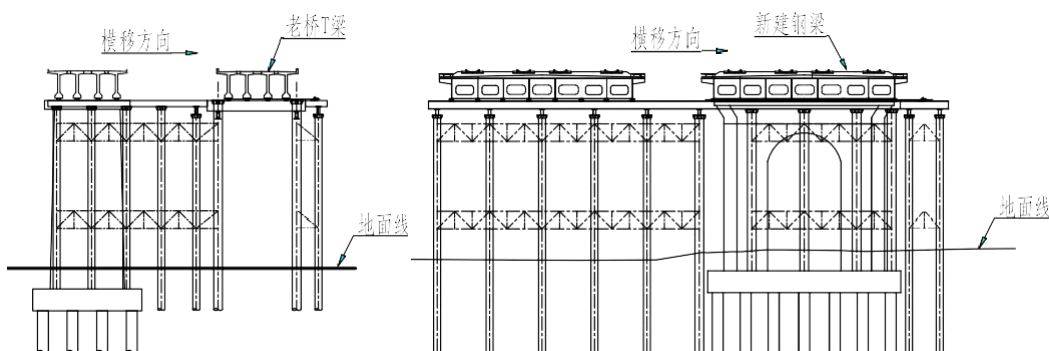


## 步骤二：

- 1、拼装新建钢箱梁，安装附属设施。
- 2、钢箱梁及附属设施安装完成后横移前，将门吊移动至线路前进方向的最前方（避免门吊在空间上钢箱梁横移工作产生影响）。
- 3、利用履带吊将门吊轨道上方横移滑道梁安装到位，滑道梁之间形成可靠连接。

## 步骤三：

- 1、解除老桥接触网、道岔等附属结构连接。
- 2、在支座垫石附近利用落梁千斤顶将 T 梁同步顶起一定高度（留出安装滑块空间）。
- 3、在 T 梁横移滑道梁顶部与 T 梁接触位置安装滑块。
- 4、落梁千斤顶同步回油，将 T 梁落梁至 T 梁横移滑道梁顶部滑块上方，完成 T 梁横移受力体系转换。
- 5、安装 T 梁横移动力系统，穿设横移钢绞线并锚固。
- 6、同步启动连续千斤顶，将 T 梁横移至拆除支架上方，横移过程中拆除老桥 T 梁支座。



## 步骤四：

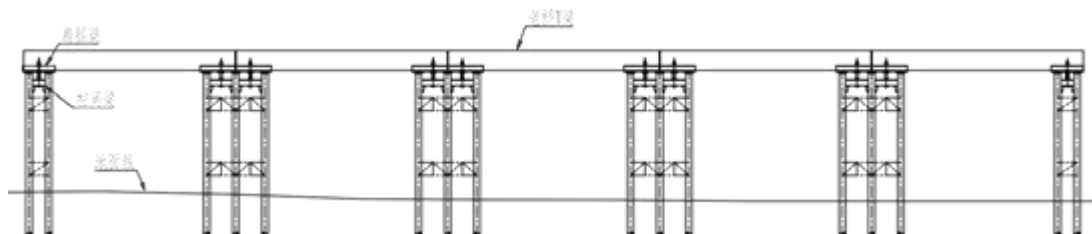
- 1、安装新桥钢箱梁支座。



- 2、利用落梁千斤顶将钢箱梁同步顶起，拆除钢箱梁拼装抄垫，在相应位置安装横移滑块。
- 3、千斤顶同步回油，将钢箱梁落梁至钢梁横移滑道梁顶部滑块上方，完成钢箱梁横移受力体系转换。
- 4、安装钢箱梁横移动力系统，穿设横移钢绞线并锚固。
- 5、同步启动连续千斤顶，将钢箱梁横移至桥位。

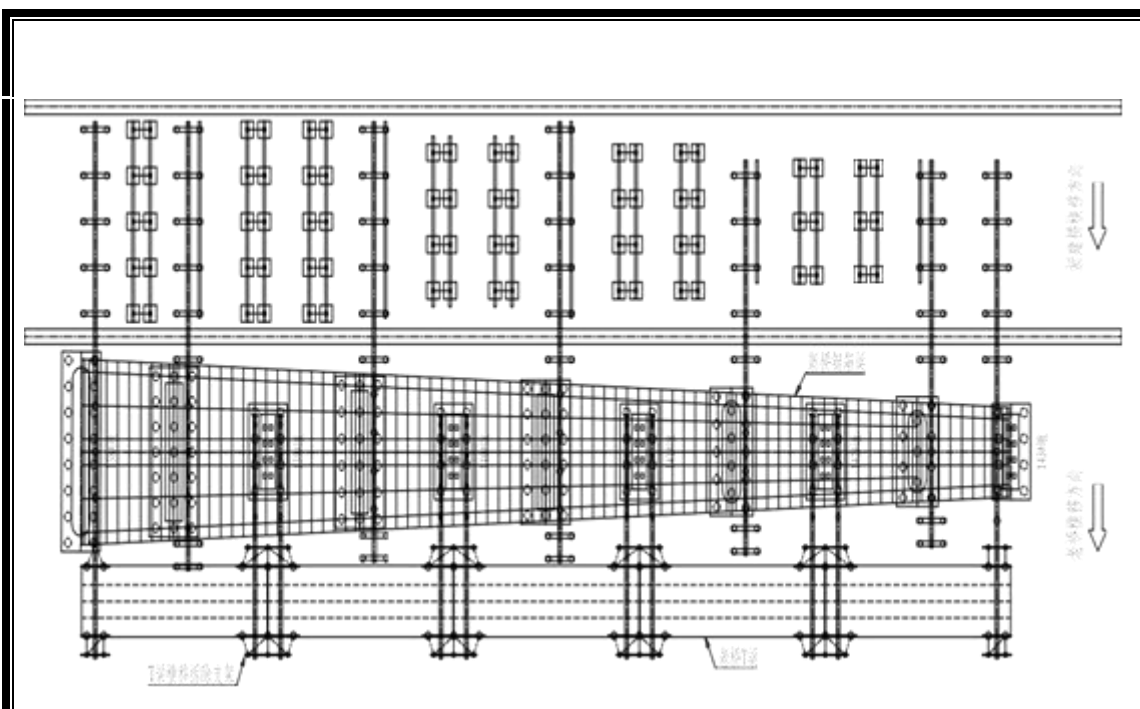
步骤五：

- 1、在支座垫石附近安装钢箱梁落梁千斤顶。
- 2、利用落梁千斤顶将钢箱梁同步顶起，拆除横移动力装置、滑块。
- 3、通过千斤顶起顶及回落，将钢梁落梁至设计标高。
- 4、拆除落梁千斤顶，同时安装道岔、接触网等附属设施。
- 5、恢复线路交通。
- 6、拆除拼装支架、横移支架等临时设施。



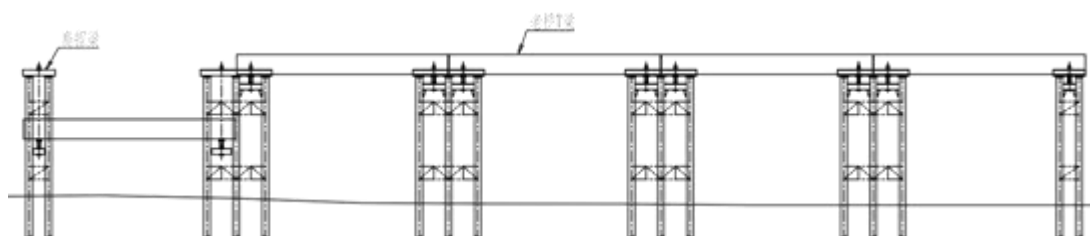
步骤六：

- 1、将 T 梁落梁至托梁上方。
- 2、安装老桥 T 梁拆除扁担梁及下放系统。
- 3、拆除部分 T 梁翼缘板。



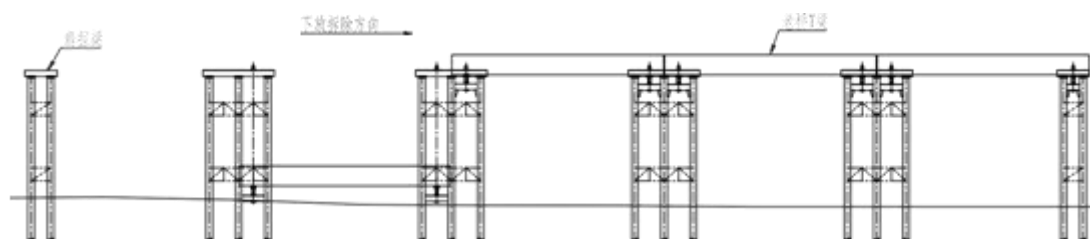
步骤七：

- 1、利用连续千斤顶提升托梁（留出拆除支撑牛腿空间）
- 2、拆除支撑牛腿，利用千斤顶将第一跨 T 梁整孔下放至地面，破碎拆除并转运出场。



步骤八：

- 1、重复步骤六～步骤七，依次完成剩余跨 T 梁下放拆除工作。
- 2、拆除支架等临时设施，完成 T 梁拆解工作。





### 11.1.5 施工准备

(1)提前一个月，向兰州铁路局集团办理要点施工计划。

(2)在滑道梁上设置标尺，在就位处设置明显的标识及限位，便于横移控制。

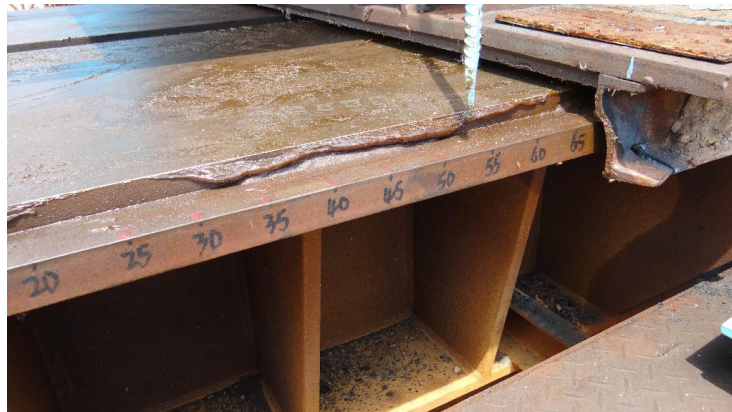


图 11-4 滑道梁上设置标尺、标识及限位参考图

(3)对支架体系、滑道梁及组合梁进行严格的检查，确认是否满足横移的条件。尤其是滑板与滑道梁间的空隙要用薄铁片填塞。

#### ①材料验收

验收主要检查其材质报告、焊缝检测报告和结构尺寸，高强螺栓及拼接板的检测报告，普通螺栓的合格证。

#### ②拼装验收

场地拼装验收完成后，派专人检测其高强螺栓连接情况、牛腿焊接情况，填写验收记录。

#### ③纵横移系统验收

纵横移系统主要检查千斤顶动力及制动性能，滑道梁平整度、顺直度，滑板表面质量，千斤顶合格证，试运行记录。

千斤顶、油泵及油管路安装完毕后，进行调试和试拉，确保组合梁正常横移，并要保证备用千斤顶完好。

#### ④滑道梁临时固结检查





滑道梁与墩身墩采用 $\Phi 32$ 预应力螺纹钢筋连接，与临时墩分配梁采用普通 $\Phi 20$ 螺栓连接，横移前检查各连接螺栓是否松动，确保各连接螺栓拧紧。

#### ⑤ 砼梁强度评估

根据梁体混凝土同条件试块预压报告对梁体混凝土强度、弹性模量进行评估，确保混凝土强度、弹性模量达到 100%。

(4)为减小滑动摩擦力，将滑道上均匀涂抹黄油。



图 11-5 滑道均匀涂抹黄油

(5)千斤顶、油泵及油管路安装完毕后，进行调试和试拉，确保组合梁正常横移，并要保证备用千斤顶完好。

(6)对加工好的千斤顶反力座进行验收。

(7)对进场的 ZLD-200T 千斤顶配备智能控制泵，进行同步试验，确定其控制性能。

(8)正式施工前，对所有参与施工的作业人员分工种进行技术培训和营业线施工安全培训，并进行考试，考试合格者方可正式上岗施工。

### 11.1.6 拖拉横移系统安装

组合梁横移系统由上滑道、下滑道、反力限位座、牵引装置及操作平台组成，上下滑道均在梁体模板安装前提前安装好，反力限





位座、牵引装置及操作平台在移梁前安装完成。

### (1) 下滑道

在滑道梁上铺设 20mm 厚钢垫板作为下滑道。钢板与滑道梁上翼缘板焊连，钢板拼接焊缝用砂轮磨平，钢板表面及边缘毛刺均打平磨光。

### (2) 上滑道

为减小顶推过程中槽型梁梁体扭曲变形，上滑道由梁底滑块组成，垂直于滑道梁安放于梁底，由厚 30mm 钢板焊制而成钢箱。滑船边缘焊钢块作为滑道限位装置，滑船与下滑道间嵌入 3cm 厚高强度 NGE 滑板。中部设  $\Phi 130\text{mm}$  预留孔，用来安放拖拉用的钢绞线。如滑道示意图”。

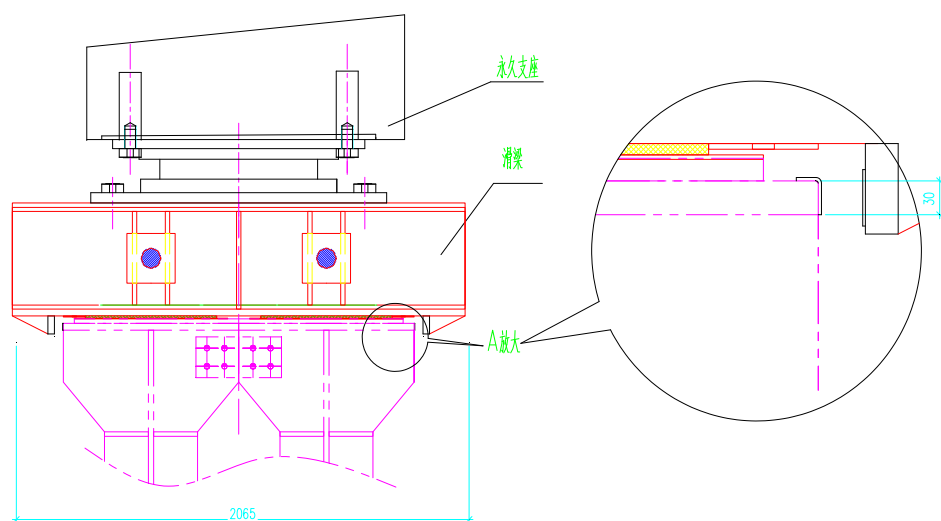


图 11-6 滑道示意图

### (3) 反力限位座

每个下滑道梁上设 2 个反力限位座，由 20mm 厚钢板焊接而成，用于安放千斤顶，同一滑道梁两反力座间距为 1.2m。反力座用于梁体横移使用，作为连续顶推千斤顶的后背。



图 11-7 反力座参考图

#### (4) 牵引装置

##### 1) 牵引装置选择

拖拉力计算：横移时，组合梁荷载为 6400t，摩擦系数取 0.1，组合梁每端牵引力为： $F=2400 \times 10 \times 0.1 \times 0.5=1200\text{KN}$ 。每根  $\Phi 15.24$  钢绞线承受拉力为： $139\text{mm}^2 \times 1860\text{N/mm}^2 \times 0.75=193\text{KN}$ 。

组合梁每端采用 2 束、每束 12 根钢绞线进行牵引，每端钢绞线承受的拉力为： $193 \times 24=4632\text{KN} > 1825\text{KN}$ ，因此，每端采用 24 根钢绞线可行。

梁体每个滑道端设 2 台连续牵引千斤顶（并备用 1 台），根据《客货共线铁路桥涵施工技术指南》相关要求，横移千斤顶的顶推力不小于计算力的 2 倍，故 200t 牵引千斤顶满足施工要求。

##### 2) 牵引装置安放

千斤顶安装于滑道梁 1 及滑道梁 2 横移方向的端部，千斤顶并联设置，安装 2 束 12  $\Phi 15.24$  钢绞线并锚固，钢绞线另一端分别与千斤顶连接。如“3.1-8（1）千斤顶安装示意图”、“3.1-8（2）千斤顶安装参考图”、“3.1-9 钢绞线安装参考图”。

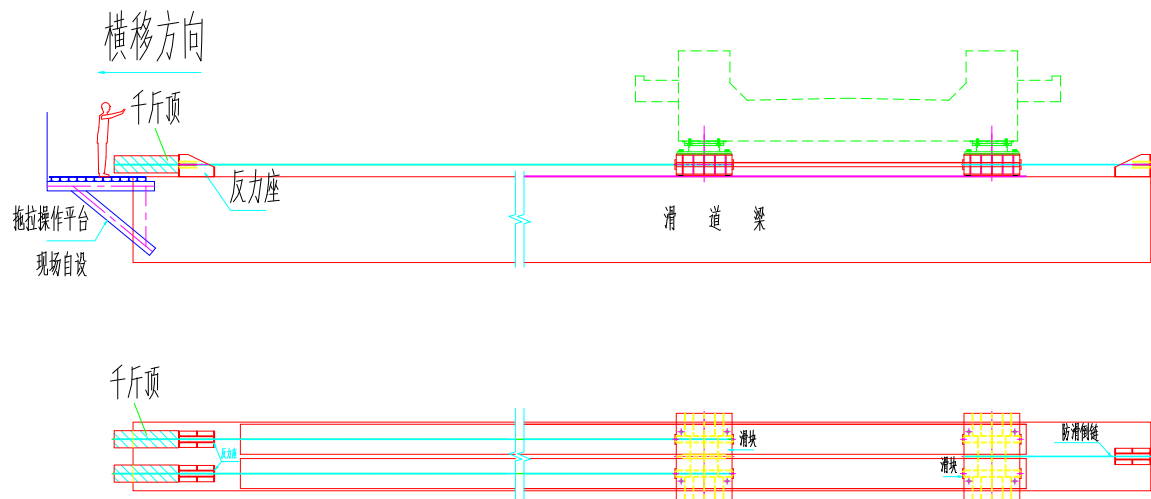


图 11-8 千斤顶安装示意图



图 11-9 千斤顶安装示意图

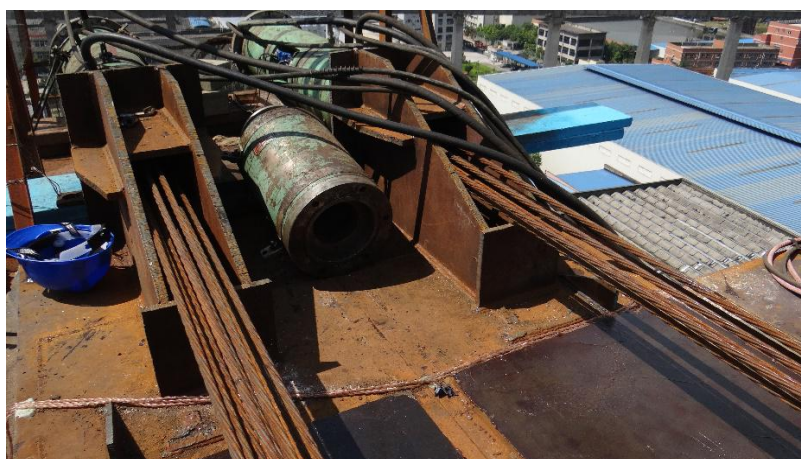


图 11-10 钢绞线安装参考图

#### (5) 操作平台



用 $\angle 100 \times 100$ 角钢以牛腿形式焊接于滑道梁腹板位置，其上满铺10号槽钢，四周设高度1.2米栏杆及防护网，形成操作平台。

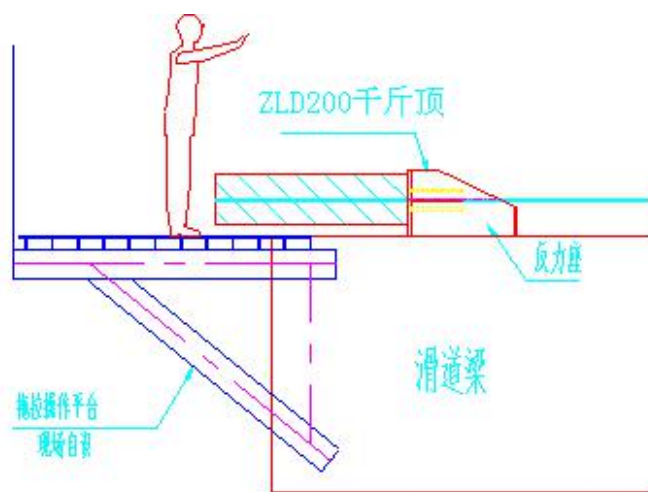


图 11-11 拖拉千斤顶操作平台示意图

### 11.1.7 组合梁横移

(1)施工前召开施工协调会，由兰州铁路局集团按照电报批复组织各单位召开施工协调会，由施工单位汇报方案及现场准备情况。

(2)要点前车站登销记人员提前40分钟到车站进行要点登记，现场设置4名防护人员，检查确认应急物质及防护备品齐全，检查确认桥面施工机具固定及杂物清理干净，封锁线路、安装响墩、警示标等防护，等待车站调度命令。

(3)施工负责人下达施工命令，由监控班组长下达命令进行限位装置的解除，解除完毕后向施工负责人汇报解除完成。

(4)施工负责人向千斤顶控制班组下达拖拉开始命令，千斤顶控制班组长向千斤顶操作手下达开启电源命令。千斤顶进入工作状态，钢绞线处于受力状态，监控班组长下达命令，监控班组成员对梁体姿态进行严密监控。每横移一个刻度，监控班组成员即向油顶操作班负责人汇报位移及梁体姿态情况，油顶操作班负责人及时





向施工负责人汇报监控情况，油顶操作班负责人有权利直接命令千斤顶操作手停止千斤顶作业。

(5)梁体横移走行速度为 15cm/min。监控组人员不间断对支架及滑道梁进行测量，严格控制其应力及变形值，保证横移梁的安全。

梁体横向平移施工时需要点封锁施工，横移速度为 15cm/分钟，横向平移施工。

(6)组合梁接近水平就位位置时（距设计轴线 50cm），测量班组人员加强测量，放慢横移速度，到最后一镐前，停止横移梁，监控班组成员进行最后位置复核确认，然后缓慢（10cm/min）拖拉，当上滑道触碰到限位装置上的断电开关时，油泵立即停止工作，说明组合梁顶推就位，就位后由监控班组立即对上滑道梁设挡限位。

横移千斤顶张拉出的钢绞线每端由 4 人负责理顺，确保钢绞线前端不受任何阻挡。

(7)施工负责人及铁路配合单位进行共同检查，主要检查组合梁限位是否良好、施工机具是否侵限以及既有线行车设备是否良好。确认现场安全后通知现场防护准备销点、现场防护通知驻站联络人准备销点、驻站联络人进行销点。

(8)车站同意销点，驻站联络人通知现场防护销点，拆除现场防护。

(9)施工负责人宣布线路开通，封锁要点施工结束。

#### 11.1.8 梁体就位

为确保梁体准确就位，在滑道上安装断电开关，当上滑道触碰到限位装置上的断电开关时，油泵立即停止工作，组合梁横移就位，由监控班组立即对上滑道梁设挡限位。



## 11.2 落梁施工及支座安装施工

### 11.2.1 落梁及支座安装施工流程

施工准备→安装顶梁钢支墩、千斤顶→千斤顶顶升→拆除滑船、球形钢支座及支座顶部调平钢板→拆除滑道梁（梁底节段）→安装落梁保护墩→落梁→梁体精确定位→安装支座→拆除组合梁纵横移系统。

### 11.2.2 安装顶梁钢墩、保护墩及千斤顶

梁体就位后，准备落梁施工。

#### （1）落梁钢墩及保护墩布置

梁体的每端设钢支撑4组，其中2组是落梁钢支墩、2组是保护墩，由圆柱形钢垫块和2cm厚度钢板组成，圆柱形钢垫块由16mm壁厚钢板焊接而成，其直径为609mm，钢垫块上下焊厚20mm直径为750mm法兰盘，结构高度有500mm、200mm、100mm三种规格，能够满足落梁需求。为保证钢支撑稳定，落梁钢墩与顶帽之间采用膨胀螺丝连接，落梁钢垫块间采用螺栓连接，为确保支墩稳定，临近的临时墩与落梁钢墩采用[10槽钢焊接为一个整体。

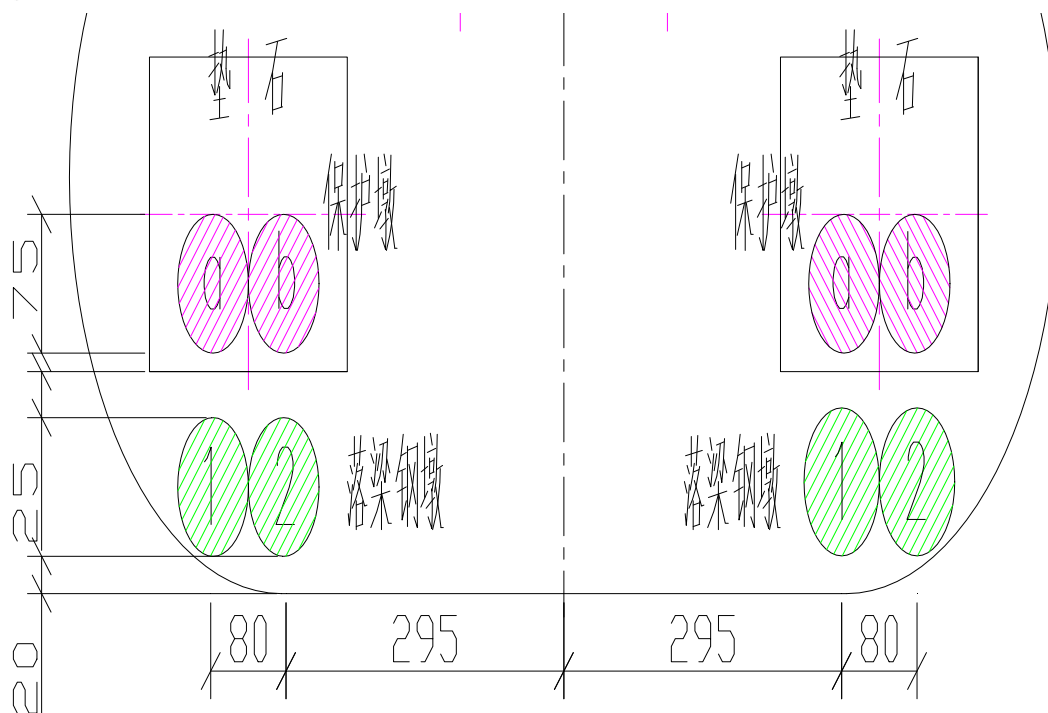


图 11-12 钢墩及保护墩布置

## (2) 千斤顶及顶升系统选型

落梁千斤顶的额定起重能力应大于实际起重总量的 1.3 倍，以保证不平衡受力时的安全。

钢梁最大支反力 2688 吨，落梁作业每个墩顶配置 8 台 YSD500t 竖向千斤顶，千斤顶性能详见下表“10-4 千斤顶技术性能参数表”。

表 10-1 千斤顶技术性能参数表

型号	顶举力 (KN)	顶推行程 (mm)	质量 (kg)	外形尺寸 $\Phi D \times L$ (mm)
QYS500t	500	200	420	$\Phi 420 \times 465$

落梁系统采用国内先进的 PLC 液压同步控制系统进行落梁控制。

液压控制系统型号为 CWS-01CWS-02，液压泵站型号为 SHPS-T-P4-F3.8-P28-V500-T。





表 11-4 千斤顶要求

一般要求	液压系统工作压力	31.5 MPa
	尖峰压力	70.0 MPa
	工作介质	ISOVG46#抗磨液压油
	同步控制精度	$\leq \pm 0.5\text{mm}$
	供电电源电压	AC380V/50HZ; 三相五线制
	功率	40KW (MAX)
	运转率	24 小时连续工作制
	最大顶升速度	5mm/min
	组与组间控制形式	位置闭环控制, 同步精度 $\pm 2.0\text{ mm}$

## (3) 落梁钢墩及临保护墩检算

落梁钢墩及临保护墩壁厚钢板为 12mm, 施工过程中支撑梁体重量的钢墩数最少为 16 个, 千斤顶通过膨胀螺栓倒置安装在与顶升支撑垂直位置的梁底, 避免在落梁施工过程中频繁搬运千斤顶。

## 11.2.3 拆除滑船及支座

安装落梁钢支撑及千斤顶, 千斤顶顶升使梁体支座与千斤顶共同受力, 解除永久支座与梁体间的螺栓, 千斤顶加压将梁的一端顶起 2cm, 用手拉葫芦将支座及滑船顺着滑道拖出, 吊车移除。然后在拆除其他墩滑船与支座。顶梁时, 千斤顶由专业熟练工人操作, 专人统一指挥, 监控测量同步情况。

## 11.2.4 整体落梁

滑道梁拆除完毕后在支撑垫石上搭设落梁保护墩, 每个墩顶帽上设落梁钢墩、保护墩各 2 组, 临时支墩顶部距梁底 $\leq 3\text{cm}$ , 落梁钢墩和临时支墩布置图”, 编号为“a、b”的圆形钢墩为保护墩, 编号



为“1、2”的圆形钢墩为落梁钢墩。

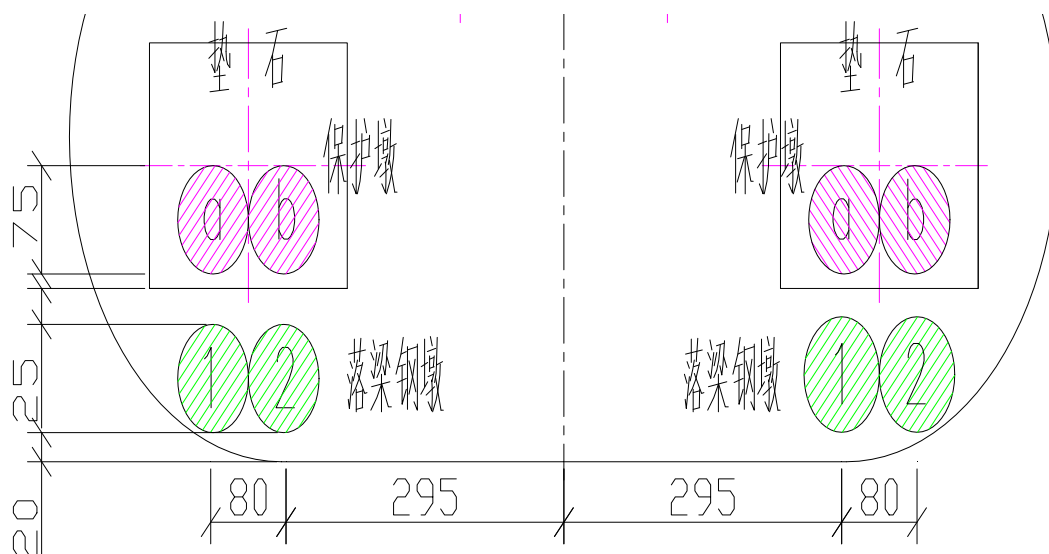


图 11-13 落梁钢墩和保护墩布置图

#### (6) 落梁施工原则

①落梁施工时，采用同步落梁的方法进行施工，同步将梁顶起，同步将梁落下。

②落梁时应安排专人观察落梁钢墩和临时支墩，发现异常情况立即叫停落梁作业，查明原因及时处理。

③采用两端分别并联的落梁千斤顶，千斤顶的规格、高压油管的长度和直径等需一致，确保终端压力相同、同步顶升和停止，使顶升的梁端形成统一支点；非顶升端需将千斤顶备帽锁死，使梁体形成受力相同的两个支点，从而和梁体顶升端形成对称四点支撑，确保不发生“三条腿”现象。

#### (7) 落梁施工

##### 1) 千斤顶安装

落梁采用 500t 千斤顶，落梁千斤顶的数量根据落梁支反力的大小进行确定，确保顶力大于支付反力的 1.8 倍。千斤顶底座与梁体间采用  $\Phi 12$  螺丝连接，以避免落梁时拆除千斤顶。



$\Phi 12$  膨胀螺栓允许抗拉荷载为 6360KN 即 636kg，每个千斤顶由 4 根螺栓锚固，则膨胀螺栓总受拉力为 25440KN > 千斤顶 4200KN 自重，故膨胀螺栓满足要求。

### 2) 落梁垫块间连接

落梁垫块设在墩身顶帽上，与顶帽采用膨胀螺栓连接，垫块与垫块间采用法兰盘连接，20mm 钢板与落梁垫块间铺石棉布以增强临时墩稳定性。

### 3) 落梁施工方法

根据《客货共线铁路桥涵工程施工技术指南》11.2.16 第 5 条“两梁端应交替落梁，高差不应大于 5cm。”要求。落梁过程中必须保证梁底与钢垫块顶面 2~3cm，特制订以下落梁方案。

保护墩安装完毕后，落梁支撑千斤顶回油，保护墩支撑梁体重量，墩上操作人员抽换落梁钢墩钢垫块，然后千斤顶加压将梁体顶升，使梁体脱离保护墩，墩上操作人员抽换保护墩上落梁钢垫块，最后将落梁千斤顶回油，使梁体回落至保护墩上，一个落梁循环结束。

### (8) 平面位置精调

当梁体落至梁底距垫石 40cm 时，精确测量组合梁位置，如误差超标则进行调整。调整时组合梁先支撑在保护墩上，然后安装梁体纵横移装置精确调整。

纵横系统共 4 套，每个墩设置两套，如“3.2-6 墩顶纵横移系统示意图”。纵横移系统由钢结构反力座、2 台 500t 竖向顶推千斤顶、2 台 100t 横向千斤顶、2 台 100t 纵向千斤顶组成和高分子滑板组成，高分子滑板设置在竖向千斤顶下部。

精确调整时，竖向千斤顶将梁体顶起，横向千斤顶加压顶推



500t 千斤顶基座，从而实现横向精调，纵向千斤顶加压顶推 500t 千斤顶基座，从而实现纵向精调，精确对位后重新对横移滑座限位，并将梁体落至支撑垫石钢支墩上，“如图 10-12 墩顶纵横移系统平面布置图”。

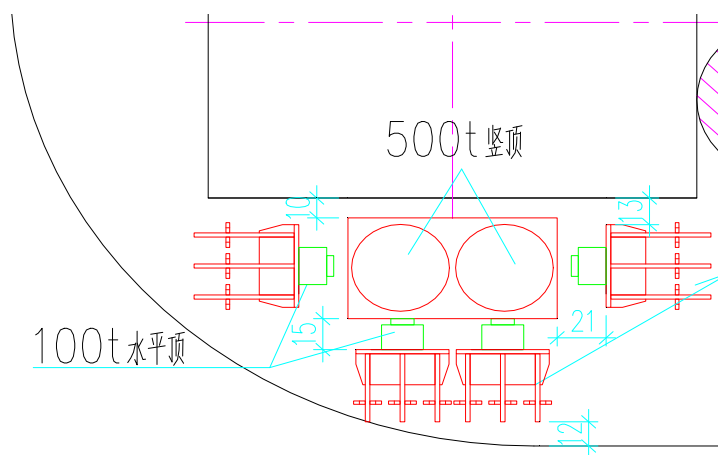


图 11-14 墩顶纵横移系统平面布置图

### 11.2.5 支座安装

精确对位后将梁体一端略微顶起，拆除垫石上保护支墩，将支座横移就位，调整好支座标高，落梁并与支座连接。完成后用同样方法安装另一端支座，两端支座不得同时安装。完成后再次检查组合梁的位置和标高，不达标时重新进行调整，达到质量验收标准后进行螺栓孔灌浆锚固。

### 11.3 横移施工工效分析

梁体横移速度最少可满足 15cm/分钟，每小时横移距离为 9 米，梁顶面最宽处 24.2 米，拼装区据梁成桥位置按 45 米，横移需要的时间为 5 小时，计划时间 14 小时，计划时间大于横移需要的时间，横移工效能够满足实际施工的需要。

### 11.4 横移监测

横移施工过程中线性及应力监控委托有资质的单位进行，为确



保线形我公司也将组织监控队伍自行监控。

#### 11.4.1 横移同步性监测

横移前，在滑道梁上翼缘外侧设置位移标尺，组合梁端部设置观测标，派专人监控顶推位移，并做详细记录，两端横移位移差值不得大于 2cm，当位移差值超过 2cm 时，应及时调整组合梁姿态。如“4.1-1 滑道梁监控刻度参考图”。

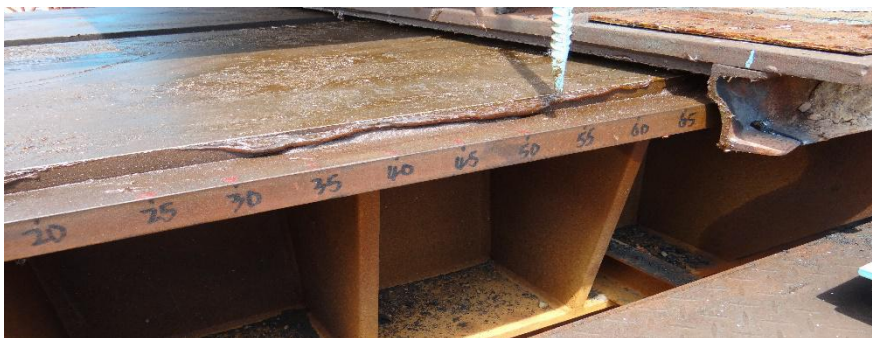


图 11-15 滑道梁监控刻度参考图

#### 11.4.2 滑道梁挠度监测

在两个滑道梁中跨位置设置激光反光贴，利用全站仪观测其挠度变化，并做详细记录，挠度超过 18mm 时应及时停止横移，找出原因并调整好后方可继续横移施工。

#### 11.4.3 梁倾斜度监测

在梁前端分别布置两个棱镜，利用全站仪观测其倾斜度，并作详细记录，倾斜度超标时立即停止作业，查找原因，调整姿态后方可继续进行横移施工。

#### 11.4.4 滑道梁应力监测

横移前及横移过程中，滑道梁上贴应变片，收集梁体横移过程中钢立柱及滑道梁应力值，随时监测钢管及滑道梁应力变化。

### 11.5 施工组织安排

#### 11.5.1 施工人员安排

为保证移、落梁工作进行顺利，对现场作业人员做如下分工：



### (1) 组织机构

总指挥：

副指挥：

专家组：

技术组：

监控组：

1) 变形监测：

2) 应力监测：

3) 位移监测：

既有线防护组：

协调组：

后勤组：

### (2) 现场作业班组

#### 1) 横移梁施工分工表

移梁班：20 人

保障班：电工 3 人，电焊工 4 人，普工 5 人。

#### 2) 落梁施工分工表

千斤顶控制班：电脑数据控制 2 人

油泵操作手 10 人

油路监控 4 人

落梁垫块装卸班：12 人。

保障班：电工 2 人，普工 5 人。

### (3) 职责范围

总指挥：全面领导组合梁施工的工作，总体协调各部门在施工过程中的分工协作和响应中的统一指挥调度，对人力、物力和财力





进行调配。

副指挥：全面负责梁体现场施工，组织现场劳力、机械，合理安排施工顺序，全权负责既有线施工现场指挥工作。

专家组：负责施工方案的技术指导。

技术组：全面负责组合梁施工方案的编制及技术指导工作，负责现场技术交底并指导施工。

监控组：负责组合梁横移及落梁监控监测方案的实施。

既有线防护组：负责既有线安全管理工作，负责现场既有线驻站联络及防护工作。

协调组：负责与兰州铁路局集团及营业线各站段配合单位的沟通协调工作。

后勤组：负责生产调度、通信联络、车辆安排、后勤保障等工作。

移梁班：负责组合梁横移牵引装置的安装、操作及检查维修工作。

保障班：负责组合梁施工物资保障，合理调配材料，保证组合梁施工材料，检查设备运转情况，并及时维修保养。

### 11.5.2 施工设备及材料配备

表 11-5 横移梁主要机械设备进场计划表

序号	名称	必需设备数量	备用设备数量	到场时间	备注
1	ZLD-200T 千斤顶	20 台	2 台	月 日	配 20 套油泵
2	PLC 液压同步控制系统	1 台		月 日	
落梁主要机械设备进场计划表					





序号	名称	必需设备数量	备用设备数量	到场时间	备注
1	500T 千斤顶	台	4 台	5 月 5 日	配 4 套油泵，每两个千斤顶并联，用于落梁
2	100T 千斤顶	8 台	2 台	5 月 5 日	配 4 个油泵，每两个千斤顶并联；分别用于横移及墩顶纵横移系统
3	PLC 液压同步控制系统	2 台		5 月 5 日	13#、14#墩各一台，用于同步控制落梁千斤顶

对于进场的移落梁千斤顶要由具有相关资质的单位进行标定并出具检测报告，组织有关人员进行旁站，对落梁千斤顶要进行带压同步试验。

## 12. 安全及质量保证体系及措施

### 12.1 质量保证体系及措施

#### 12.1.1 质量保证体系

坚持“百年大计，质量第一”的方针，按照 ISO9000 标准、铁路工程质量管理和本合同段施工特点，制定完善的工程质量管理制，建立有效的质量保证体系，在单位工程的分部分项施工工序技术上严格把关，以达到工程质量创优规划及质量目标的实现。

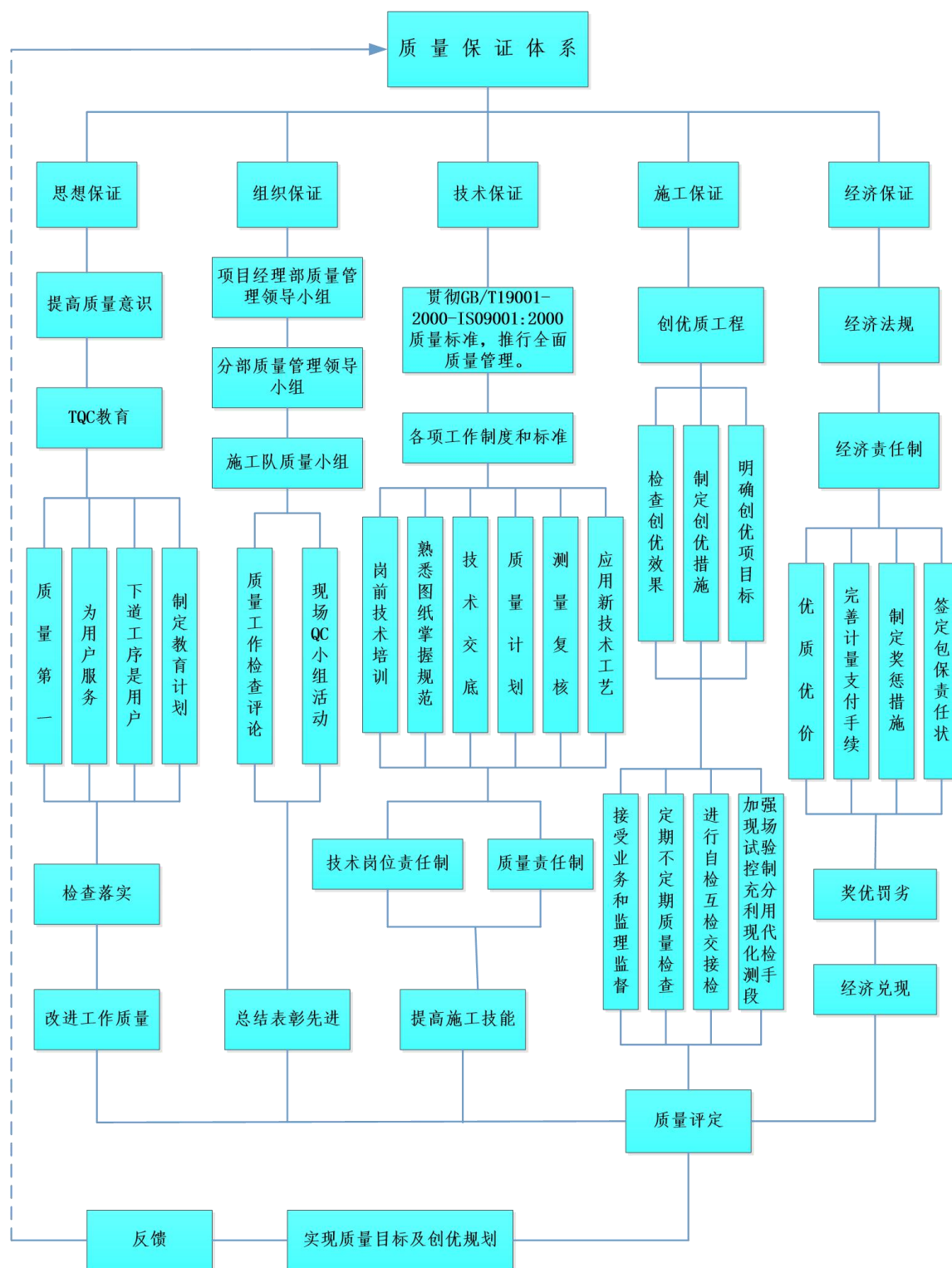


图 12-1 质量保证体系图

### 12.1.2 质量管理制度

做到精心组织、精心指挥、精心施工。质量控制实行公司、职



能部门与项目体三级质量管理和监督及三检制度（自检、互检、专检）。加强工程预检工作，防止或减少制作和施工操作积累误差。对施工人员经常进行全面质量教育，针对本工程结构特点，强化质量意识，牢固树立“产品就是人品，质量表现道德”的理念。

#### （1）工程开工前的检验

1) 对采购的原材料检验。包括钢材、螺栓、焊条、焊丝等。原材料的质量控制以质保书形式表达。

2) 工程预检，包括钢构件预检与基础底板或承台上的轴线标高预检。

3) 对于钢构件，加工厂必须有出厂合格证。在复检后，发生与加工图不符时，应立即通知加工厂整改；对轴线、标高以及预埋螺栓、预埋件的定位情况，也要进行复检，同样在发现问题时也要马上落实整改。

#### （2）每单元完成后的检验

1) 各种构件安装后的自检；

2) 焊接施工后的自检；

3) 各分项工程的质量评定；

4) 超声波探伤报告；

5) 隐蔽工程验收；

6) 对本单元施工的整体质量检验评定。

### 12.1.3 质量预检制度

结构安装前，由测量工对柱基轴线、标高和各类主要分项构件进行预检，并按规定做好原始记录，且由施工负责人向总包索取必要的上道工序质量资料，作为下道工序可以施工的质量依据。



#### 12.1.4 质量自检制度

(1) 每个操作岗位应对完成的部位随时进行自检，凡质量不符合标准的，要及时修正。

(2) 自检纪录表中，校正资料由校正工记录，焊接资料由电焊工记录，临时工序检验记录表由班组长记录。

#### 12.1.5 质量交接检查制度

班组或工种工序间交接时，应由施工负责人组织各工种负责人进行交接检查，认真检查上道工序质量，上道工序质量合格后，方能进行下道工序施工。

#### 12.1.6 质量专检制度

(1) 质量专检人员应对单位工程进行质量抽查，若发现问题及时督促施工现场整改。

(2) 在整个结构安装工程尚未完成时，对于其中完成部分需要进行下道工序施工时，必须会同监理进行分层、分阶段验收，并签办验收手续。

(3) 结构安装工程中的隐蔽工程，必须在下道作业前，由施工负责人组织监理和专职质量人员共同检查验收，并签办隐蔽工程验收单。

#### 12.1.7 单位工程质量验收制度

(1) 结构安装工程全部结束后（包括电焊收尾），应由施工负责人组织有关工种人员进行质量检查，确认各分项质量合格，现场技术资料齐全后，方可申报工程验收。

(2) 验收前，施工负责人负责检查并整理好全套交工技术资料，再与监理约定验收日期，以便安排验收。

(3) 验收时，项经部与监理专检人员首先确定抽查检验范围和



部位，每个分项不小于 10%，特殊情况不少于 3 件（处）。隐蔽项目必须全数检验。

（4）验收时发现结构安装有漏装，漏焊（无客观因素）的情况，当时不得验收签证，必须待班组补装补焊后，方能补办验收签证。

（5）所有质量专检评定表均由专职质量员按验收结果填写，有关人员会签。

### 12.1.8 关键过程及控制

本工程的关键过程为钢箱梁的吊装，测量和校正，电焊连接及涂装。

#### （1）吊装

- 1) 施工流程和技术路线制定控制；
- 2) 施工机械、设备、材料和料索具的选用与控制（特别是超载、关键料索具的控制）；
- 3) 施工环境和施工条件的控制；
- 4) 质量标准控制和吊装过程的质量控制。

#### （2）测量和校正

- 1) 测量和校正方法及仪器的控制；
- 2) 定位轴线、标高等的预检复核；
- 3) 标准尺的控制；
- 4) 测量和校正的施工环境和施工条件控制；
- 5) 吊装构件的轴线、标高的校正和控制；
- 6) 测量和校正质量的检验与控制。

#### （3）电焊连接

- 1) 钢材质保书验证，钢材的材料复试；



- 2) 焊接工艺评定和焊接工艺的控制;
- 3) 焊工培训和焊接设备的选用与控制;
- 4) 焊接用材料的进货检验, 焊接用材料按规定的烘培和保温控制;
- 5) 焊接施工环境和施工条件控制 (环境: 安全操作设施, 防风 and 防雨措施等; 条件: 钢材预热, 焊道检查, 焊接顺序等);
- 6) 焊缝质量检验与控制。

## 12.2 安全保证体系及措施

### 12.2.1 安全管理组织机构

为实现安全目标, 强化安全管理, 项目部设立以项目经理为组长, 项目生产副经理为主要成员的安全生产领导组, 下设安全环保部。安全管理组织机构如下图所示。



、图 12-2 工安全管理组织机构图

### 12.2.2 安全保证体系

严格执行《中华人民共和国安全生产法》、《建设工程安全管理条例》。坚持以人为本, 以安全生产法规为纲, 以“管生产必须管安



全”、“谁主管，谁负责”为原则，以安全生产教育为先导，以施工安全责任制为核心，完善“三控三重”（自控、互控、监控，重奖、重罚、重教育）机制，建立可靠的安全保证体系。切实抓好组织保证、工作保证和制度保证的实效，促使施工安全有序可控，确保实现安全目标。

安全生产保证体系如下图所示。

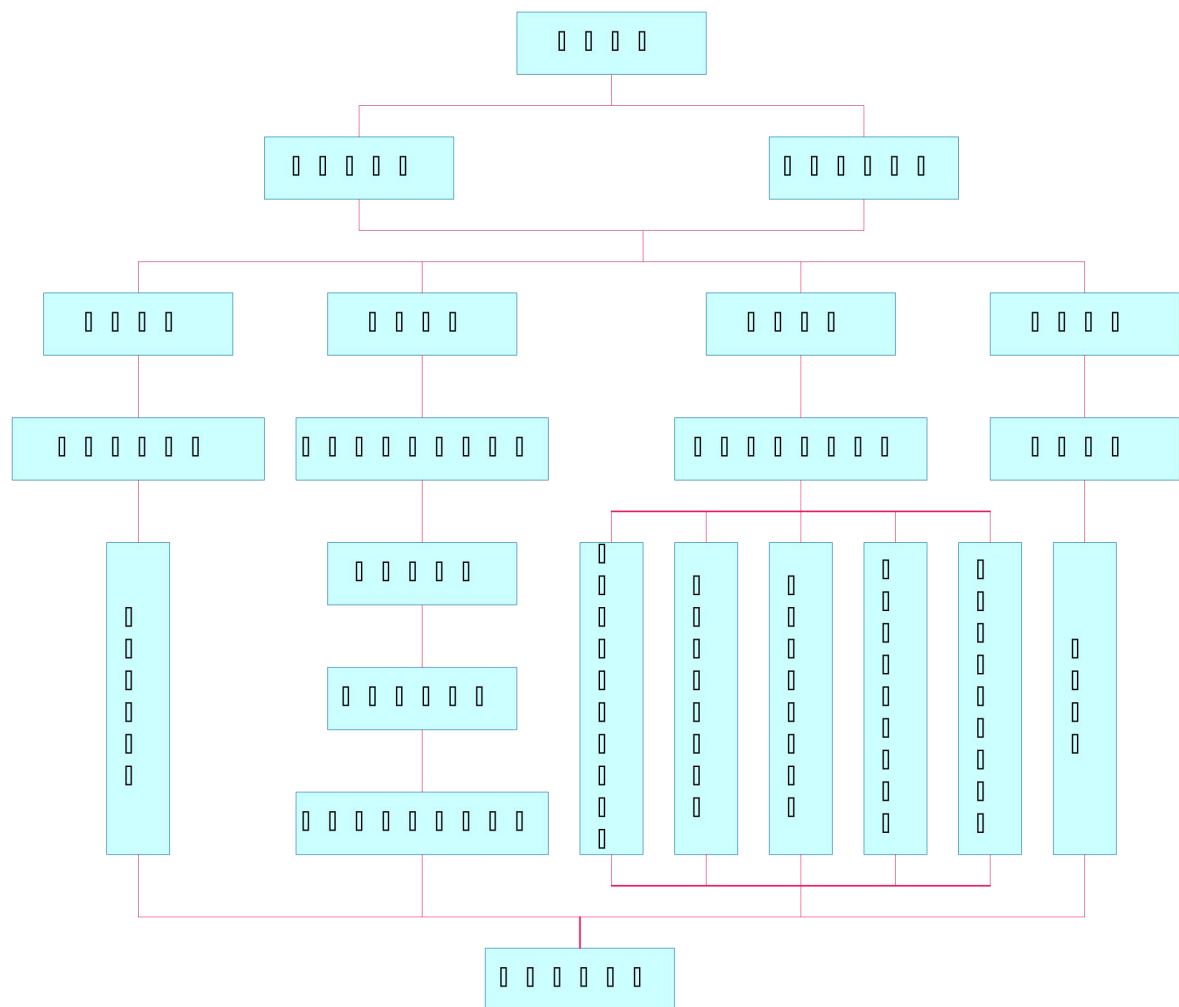


图 12-3 安全保障体系框架图

### 12.2.3 安全保护措施

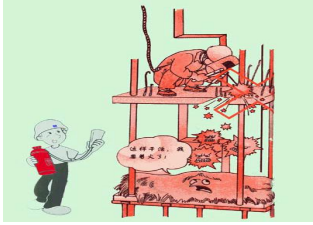


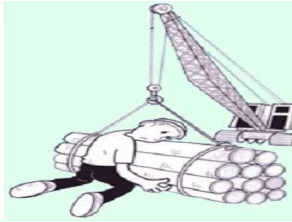

钢箱梁安全施工措施是在执行项目部总体的安全施工措施的情况下，根据专业特点增加并强调专业安全施工措施。





## 12.2.3.1 施工过程中频发事故种类

表 12-1 常见事故种类表

种类	说明	图片
火灾	工程施工阶段，易燃、可燃物品较多，钢箱梁焊接火花易导致火灾。	
触电	钢箱梁广泛使用电动工具，特别是手持式电动工具，防护和管理不力，就可能引发触电事故。	
物体打击	土建与钢箱梁、各工序之间立体交叉作业，易发生物体打击事故。	
机械伤害	大量使用机械设备，有可能发生机械伤害事故。	
高空坠落	钢箱梁安装是高危行业，大量高空临边作业，防护不力易发生高处坠落事故。	



### 12.2.3.2 安全管理工作内容

表 12-2 安全管理工作内容表

内容	说明
现场安全管理	施工安全技术措施方案必须有针对性，落实安全技术书面交底；安全规章制度牌；施工公告牌；安全标志牌；安全标语牌；现场道路牌；材料、构件堆放标识牌；场区总平面图。
安全“三”	指安全帽（包括女工帽）、安全带和安全网（平网、立网、围网）。
“四口”防	指楼梯口、电梯口、预留洞口、通道出入口。
“五临边”防护	未安装栏杆的阳台周边、卸料平台的外侧边、上下跑道斜道两侧边无外架防护的层面周边、框架工程楼层周边等。
脚手架	钢管脚手架搭设必须有施工方案，使用前必须进行验收。
起重作业设	重点检查设备完好情况，如：缆风绳、锚桩和安全限位保险装置。
施工用电	电箱按规范配置，接地接零保护，电缆绝缘性能良好。
施工机具	机械防护措施，做到轮有罩、轴有帽。
安全防护设备材料投入	安全帽、双钩安全带、安全网、钢管、跳板、安全钢丝绳、钢爬梯、吊篮、接火盆、灭火器、漏电保护器、低压电源、防爆灯、防护手套、护目镜、工作衣帽、工作鞋等。

### 12.2.3.3 安全生产管理措施

#### （1）安全教育及培训

安全教育和培训是施工企业安全生产管理的一个重要组成部分，它包括对新进场的工人实行上岗前的三级安全教育、变换工种时进行的安全教育、特种作业人员上岗培训、继续教育等，通过教育培训，使所有参建人员掌握“不伤害自己、不伤害别人、不被别人伤害”的安全防范能力。

#### （2）安全技术交底

根据施工组织设计中规定的工艺流程和施工方法，编写针对性、可操作性的分部(分项)安全技术交底，形成书面材料，由交底人与被交底人双方履行签字手续。



### (3) 安全标志及标牌


按照要求，在施工现场易发伤亡事故(或危险)处设置明显的、符合国家标准要求的安全警示标志牌或示警红灯，场内设立足够的安全宣传画、标语、指示牌、火警、匪警和急救电话提示牌等，提醒广大职工时刻注意预防安全事故，并在现场入口的显著位置悬挂“七牌一图”(质量方针、工程概况牌、施工进度计划、文明施工分片包干区、质量管理机构、消防管理机构、安全生产责任制、施工总平面图。

### (4) 安全管理培训的内容

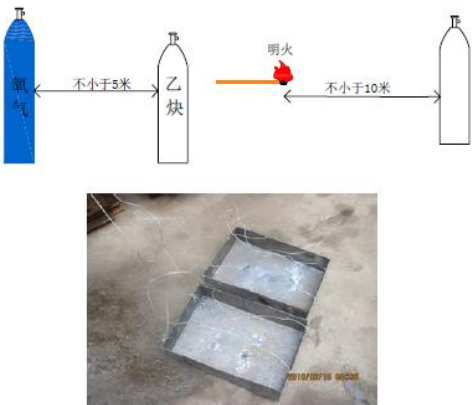
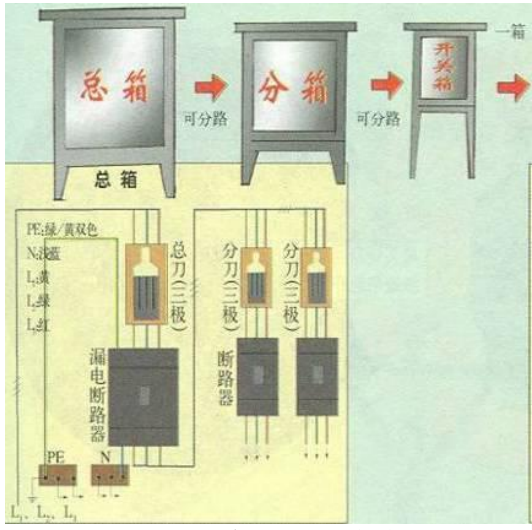

安全教育培训的内容包括《建筑施工安全检查标准》、《专业工种安全要求》、《钢管脚手架安全技术规范》，建筑施工安全常识、用电安全知识、应急救援、特种作业人员的上岗培训等。

### (5) 施工现场安全生产设施

表 12-3 现场安全生产设施表

序号	安全保证措施	图片
1	认真贯彻执行国家有关安全生产法规、建筑施工安全规程。结合本工程特点，制定安全生产制度和奖罚条例并认真执行。用好安全“三件宝”，所有进入现场人员必须戴安全帽，高空作业人员必须系好安全带。“四口”、“五临边”设警戒标识牌。	 <p>安全帽 护目镜 绝缘手套 工作服 安全带 绝缘鞋</p> <p>现场作业人员安全防护</p>



2	<p>焊接安全注意事项：现场焊接时，在钢柱周边布置2台灭火器，高空焊接时下方应放置接火盆，四周搭设防火布，氧气与乙炔距离应满足安全要求。</p>	 <p>接火盆</p>
3	<p>现场用电安全保证措施</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1、现场施工用电采用TN~S系统，按“一机一闸一漏一箱一锁”配置电箱，箱门内贴有控制线路图，箱门外注明编号和责任人的姓名。</li><li>2、机械设备必须执行工作接地和重复接地的漏电保护措施。</li><li>3、电箱内所配置的电闸、漏电、保护开关、熔丝荷载必须与设备额定电流相等，严禁使用金属丝代替电熔丝。</li><li>4、电缆应架空或埋地布设，严禁私拉乱接。电缆过道路时应穿管，电缆两端与管壁接触的部位用橡胶包裹保护。</li><li>5、电缆、用电设备、照明等装拆均由电工操作，值班电工日常检查、维护用电线路及机具，认真填写维修巡查记录。</li><li>6、检查防雷接地装置，测试接地电阻<math>\leq 4\Omega</math>，防止累击事故发生。</li></ol>	 <p>三级配电、两级保护</p>  <p>禁用金属丝代替电容丝</p>





4	现场施工机具安全使用要求	<p>1、焊机安装后验收合格方可使用，设置保护接零线和漏电保护器，并设置可见分段点的隔离开关和断路器，保证一次接线、二次接线分别不超过 5m 和 30m。</p> <p>2、电焊机使用时，要求焊把线与地线双线到位，焊把线不超过 30m。</p> <p>3、焊把线如有破皮，须用绝缘胶布包裹三道。</p> <p>4、各种气瓶距明火要大于 10m，气瓶设置防振圈和防护帽；电焊机施焊现场的 12m 范围内不得堆放氧气瓶、乙炔发生器、木材等易燃物；气焊严禁使用未安装减压器的氧气瓶进行作业，五级以上大风天气严禁明火作业。</p>	<p>电焊机使用安全</p> <p>各种气瓶安全使用</p>
---	--------------	---	--------------------------------

## (6) 汽车吊安全设施

表 12-4 汽车吊安全设施表

安全保证措施	图片
<p>&lt;1&gt;吊机司机遵守起重机安全操作规程，起动前检查各安全装置是否齐全可靠；钢丝绳及连接部位应符合规定；燃油、润滑油、冷却水等均应充足。起动后检查仪表指示，再空载运转，确认无异常后方可开始吊装作业。</p> <p>&lt;2&gt;起重机作业臂杆的最大仰角不得超过生产厂家规定，一般不得超过 <math>78^{\circ}</math>，起重机缓慢平稳变幅，接近满载时严禁下降主臂杆。吊钩应与地面成 <math>90^{\circ}</math> 度，严禁斜拉斜吊。</p> <p>&lt;3&gt;吊车行走站位处，对道路进行加固，上铺设路基箱，防止地基承载力不足使吊车倾覆。</p> <p>&lt;4&gt;带载行走不得超过允许荷载的 70%，并要求行走道路坚实平整，重物在起重机行走正前方向，重物离地面不得超过 50CM，并栓好拉绳、缓慢行驶，严禁长距离带载行驶，严禁下坡空挡滑行，6 级风停止吊装作业。夜间施工必须保证有足够亮度的照明。</p>	<p>吊车站位处，确保地基有足够的承载力</p>



<5>作业后，臂杆应转至顺风方向，并降至 40～60 度之间，吊钩提升到接近顶端的位置。各部制动器保险固定，操作室和机棚都要关门加锁。

<6>高空、地面之间用对讲机通信联络，禁止喊叫指挥。起重指令应明确统一，严格按“十不吊”操作规程执行。



“十不吊”操作规程

## (7) 安全检查

### 施工现场安全处罚规定

项目安全员加强日常巡视，若发现违章、违规，需经济处罚时，应当场对当事人告知处罚原因。开具《内部罚款通知单》时，说明涉及的处罚内容和处罚标准，由项目安全总监签字后生效，其中第一联发当事人据此整改，第二联由执行处罚人留存，第三联交单位财务。

财务管理部门单独设立现场罚款科目，并负责将罚款落实到责任人。所有罚款均作为安全、环保及消防的奖励。

### 施工员、安全员日常巡检。

施工员、安全员每天进行巡查，查安全设施布置、查员工安全防护用品的使用、查违章情况、查安全隐患，并形成记录和整改处理意见。

### 项目经理的定期安全检查

项目每周一次安全检查，由项目经理组织，对安全、文明施工、质量进行定期检查，对不合格项开出整改通知，并跟踪督促检查落实。



表 12-5 专项安全检查表

序号	检查项目	组织人	参加人
1	施工机械	机械员	安全员、工段长
2	安全设施	项目生产经理	安全员、工段长、技术部
3	危险品防火检查	项目生产经理	安全员、工段长
4	劳保用品、个人违章	安全员	安全员、工段长、材料员
5	文明施工	项目生产经理	安全员、工段长、部门负责人
6	胎架、脚手架验收	项目生产经理	安全员、工段长、部门负责人

### 电气机具验收

定期对施工现场电气机具进行检查验收。检查人员由分管负责人、安全部门和施工电气机具工段长组成，查出问题及时整改，经复查合格后方可使用。每次检查验收情况记入检测验收单，在意见栏内必须写明是否检测验收合格并签名确认。

### 12.2.3.4 钢箱梁防雷、防汛措施

(1) 每天收看天气预报，与当地及业主的水文、气象部门保持密切联系，随时掌握准确、及时的水文和气象情况，对暴雨、洪水的袭击作出正确的分析、判断，提前做好各项防范准备。

(2) 针对不同施工区域的施工特点确定不同的防洪警戒水位，在水位接近警戒水位时及时上报防洪工作领导小组，由其负责调派相关抢险人员、车辆、物质应急。

(3) 准备大功率的水泵，做为暴雨后及渗水的基坑临时抽水。

(4) 对于大风、大雨天气，施工现场应停止施工，并做好已安装构件和堆场未安装构件的保护措施。





### 12.2.4 危险源辨识及应对措施

(1) 风险源评估

(2) 风险源评估依据:

- 1) 法律、法规和管理方针的要求;
- 2) 相关方的期望与合理要求;
- 3) 危险源的识别与评估方法。

(1) 风险源评估的方法

(2) 项目部将依据十局集团内风险源评估办法进行, 采用是非判断和定量评分、讨论的方法。

(3) 定量计算每一种危险源所带来的风险, 采用如下方法:

(4)  $D=LEC$  式中:

(5) D——风险值 E——暴露于风险环境的频繁程度

(6) L——发生事故的可能性大小 C——发生事故产生的后果

表 12-6 危险源评估表

事故发生的可能性 (L)		暴露于风险环境的频繁程度 (E)		
分数值	事故发生的可能性	分数值	频繁程度	
10	完全可以预料	10	连续暴露	
6	相当可能	6	每天工作时间内暴露	
3	可能, 但不经常	3	每周一次, 或偶然暴露	
1	可能性小, 完全意外	2	每月一次暴露	
0.5	很不可能, 可以设想	1	每年几次暴露	
0.2	极不可能	0.5	非常罕见地暴露	
0.1	实际不可能			
发生事故产生的后果 (C)		风险等级划分 (D)		
分数值	后 果	D 值	风险程度	风险等级
100	大灾难, 许多人死亡	>320	极其风险, 不能继续	1
40	灾难, 数人死亡		作业	2
15	非常严重, 一人死亡	160~320	风险, 需立即整改	3
7	严重, 重伤	70~160	显著风险, 需要整改	4
3	重大, 致残	20~70	一般风险, 需要注意	5
1	引人注目, 不利于基本的健康安全要求	<20	稍有风险, 可以接受	



表 12-7 横移、落梁危险源辨识清单及风险评价表

序号	危险源	现有控制措施	风 险 评 价				评价结果		备注
			可能性	频繁程度	可能后果	D 值	风险等级	是否重大危险源	
1	材料搬运过程中作业者违章作业，抛扔工具伤及钢轨、回流线或其他信号设备。	在梁体翼缘板及端头处设置临边防护，加强作业人员的安全培训教育工作，相关配合单位人员未到场监控不得施工。	6	6	3	108	3	否	
2	工作平台封闭防护系统不严密，造成小型工具坠落。	加强工作平台封闭防护系统的检查工作，在工作平台底部设置防护网，作业人员配备工具包，小型工具使用完后及时装入包中。	6	3	3	54	4	否	
3	遇恶劣气候仍然违章作业，作业人员滑倒或踩空坠落，影响行车	恶劣天气禁止一切施工作业。	1	2	7	14	5	否	
4	通道不畅通，堆放与操作无关的物件，作业人员行走时坠落，或将物品踢落至既有线	通道严禁堆放与操作无关的物件，物件分类整齐摆放在指定位置，通道边缘按规定设置临边防护。	3	3	7	63	4	否	
5	梁上的施工工具、个别杆件坠落伤及钢轨、回流线或其他信号设备	物料、机具整齐摆放在指定地点，在梁体翼缘板及端头处设置临边防护。	1	3	7	21	4	否	
6	物品或人员坠落造成接触网断线	高空作业人员佩戴安全带，物品整齐摆放在指定地点，在梁体翼缘板及端头处设置临边防护。	1	2	7	14	5	否	
7	吊装作业不规范、吊物旋转碰断接触网	吊装作业严格执行“一机一人”防护，配合单位人员未到场不得施工，严格遵守“十不吊”有关规定。	3	3	7	63	4	否	
8	安全网未挂牢被风吹至接触网上引起接触网断电	安全网要固定牢固并经常对安全网使用状况进行检查。	3	3	7	63	4	否	
9	个别构件、吊挂系统和限位装置等失效，造成变形坍塌或倾覆。	施工作业严格按照施工方案及技术交底要求作业，安排专人对构件、吊挂系统和限位装置等进行检查，做好记录，关键位置执行班前检查。	1	3	40	120	3	是	
10	梁体拖拉横移行走速度太快，前限位装置失效等冲出坠落造成人员伤亡。	梁体拖拉横移行走速度严格按照施工方案及技术交底要求进行控制，行走过程中安排专人进行监控、记录。	1	1	40	40	4	否	



11	梁体与上滑道出现相对位移，导致行走偏移伤人或倾覆、掉落，影响既有线路行车安全	梁体拖拉横移行走过程中专人盯控、监测梁体与上滑道位移情况，出现偏差时停止施工进行调整。	6	1	40	240	2	是	
12	上滑道限位板与下滑道梁翼板间隙不足，产生摩擦，导致两端行走不同步，偏移伤人或倾覆、掉落，影响既有线路行车安全。	施工过程中安排专人盯控、监测上滑道限位板与下滑道梁翼板间隙，当发现间隙不足时立即停止施工，及时进行调整。	6	1	40	240	2	是	
13	钢绞线锚固失效或在侧向风荷载的作业超过稳定限制情况下造成倾覆或垮塌。	加强钢绞线及锚具的进场检验，施工过程中严格控制锚固质量，施工前，对侧向风荷载进行检算，在恶劣天气条件下停止作业。	1	2	40	80	3	是	
14	滑道、NGE 滑板、钢绞线等破裂失效，造成失控偏移或倾覆坠落。	加强材料进场检验，严格控制施工质量，必要时请专业机构进行检测。	1	6	40	240	2	是	
15	操作人员无特种人员作业证书	严禁无有效证件的特种作业人员上岗。	3	6	3	54	4	否	
16	吊装过程中违章超重吊装，造成吊物坠落	严禁超重、超负荷吊装，严格遵守“十不吊”。	3	3	7	63	4	否	
17	吊装设备过程中吊具意外断裂，造成人员伤亡	吊具按规定定期进行检测，加强吊装设备的检查、维修、保养。	1	3	7	21	4	否	
18	施工现场存在可燃易燃的合成材料，施工用火不注意或违章操作导致火灾，造成人员伤亡。	可燃易燃物存放至阴凉、干燥、通风处，并远离明火及人员聚集地，现场设置齐全完备的消防设施。	1	6	7	42	4	否	
19	电线、电器短路引起火灾	现场施工用电严格执行“三级配电、二级保护”，“一机一闸一漏一箱一锁”，严禁私拉乱接。现场设置齐全完备的消防设施。	6	6	3	108	3	否	
20	电焊作业、未做保护接零、无漏电保护器一次侧线长度超过规定或不穿管保护	及时检查，按规范要求接好保护零线、规范要求更换	6	6	3	108	3	否	
21	氧气、乙炔瓶违规摆放，遇到明火燃烧发生火灾	氧气、乙炔瓶直立摆放并采取防倾倒措施，使用时，瓶体间距大于 5m 距明火不小于 10m，作业人员必须持有效证件。现场设置齐全完备的消防设施。	6	6	3	108	3	否	
22	气焊和气割作业时回火装置失效爆炸引起火灾	专人检查回火装置等的有效性，作业时按规定操作。现场设置齐全完备的消防设施。	3	6	3	54	4	否	



### 12.2.5 重大危险源分析

(1) 根据本工程的特点，结合施工现场跨既有营业线施工的实际情况以及对重大危险源辨识分析的结果，其危及行车的重大风险源如“表 12-8 重大危险源分析表”。(横移及落梁危险源辨识)

表 12-8 重大危险源分析表

危险源辨识		
序号	危险类型	危险源
1	物体坠落	材料搬运过程中作业者违章作业，作业者抛扔工具伤及钢轨、回流线或其他信号设备
2		工作平台封闭防护系统不严密，造成小型工具坠落。
3		遇恶劣气候仍然违章作业，作业人员滑倒或踩空坠落，影响行车
4		通道不畅通，堆放有与操作无关的物件，作业人员行走时坠落，或将物品踢落至既有线
5		梁上的施工工具、个别杆件坠落伤及钢轨、回流线或其他信号设备
8	接触网损伤	物品或人员坠落造成接触网断线。
9		吊装作业不规范、吊物旋转碰断接触网
10		安全网未挂牢被风吹至接触网上引起接触网断电
12	倾倒、垮塌	个别构件、吊挂系统和限位装置等失效，造成变形坍塌或倾覆。
13		梁体拖拉横移行走速度太快，前限位装置失效等冲出坠落造成人员伤亡。
14		梁体与上滑道出现相对位移，导致行走偏移伤人或倾覆、掉落，影响既有线路行车安全。
15		上滑道限位板与下滑道梁翼板间隙不足，产生摩擦，导致两端行走不同步，偏移伤人或倾覆、掉落，影响既有线路行车安全。
16		钢绞线锚固失效或在侧向风荷载的作业超过稳定限制情况下造成倾覆或垮塌。
17	吊装伤害	滑道、NGE 滑板、钢绞线等破裂失效，造成失控偏移或倾覆坠落。
20		操作人员无特种人员作业证书
22		吊装过程中违章超重吊装，造成吊物坠落
23		吊装设备过程中吊具意外断裂，造成人员伤害。
24	火灾	施工现场存在可燃易燃的合成材料，施工用火不注意或违章操作导致火灾，造成人员伤害。
25		电线、电器短路引起火灾
26		氧气、乙炔瓶违规摆放，遇到明火燃烧发生火灾
27		气焊和气割作业时回火装置失效爆炸引起火灾



### 12.2.6 根据各种可能发生的危险源制定对策

#### ➤ 危险源一：梁体倾覆损毁行车设备及危及行车安全

(1) 可能产生的危害：砸伤钢轨及信号设备、砸断接触网，造成接触网断电、中断行车

(2) 应对措施：

组合梁及临时支墩施工在设计时已根据所处地域考虑各种荷载对挂篮的影响，并对组合梁及临时支墩进行抗倾覆验算，从理论上确保安全。

1)操作人员经过全面培训，掌握组合梁及临时支墩的构造、性能和组合梁及临时支墩施工工艺及流程，对既有线安全进行培训教育，考试合格后方能上岗结合危险源辨识，制定相应的安全技术措施。

2)制定逐级安全技术交底制度并严格实施，如图 12-4 所示。安全技术交底应采用书面形式，并保存签认记录。



图 12-4 安全技术交底

3)安全防护设施应实行验收制度，并按规定进行验收。



4)建设各方应加强对有关技术文件中安全技术措施执行情况的检查，督促作业班组或作业人员落实安全技术措施。

5)对检查中发现的不符合规定的情况，停工整改。

6)班组负责人在每天开工前，应进行班前安全讲话，向作业人员强调安全注意事项，如图 12-5 所示。

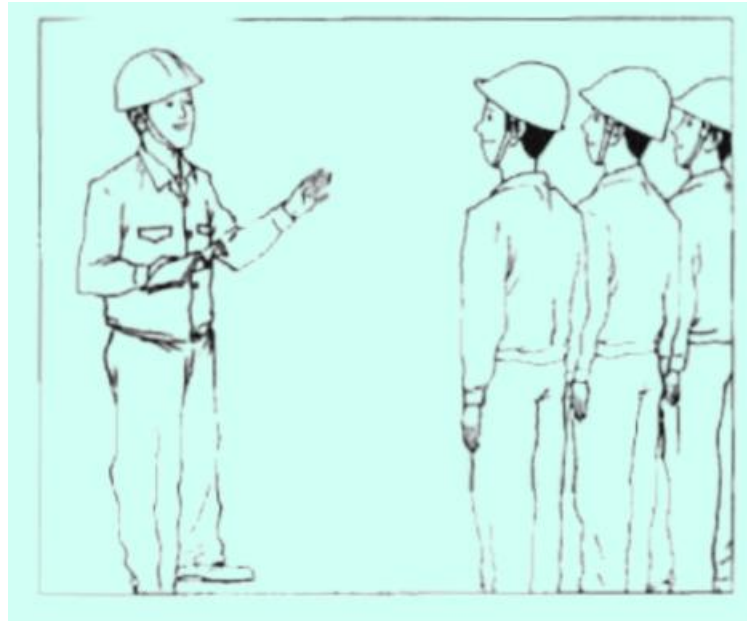


图 12-5 班前安全会

7)进入现场的所有人员，必须按规定配备和使用防护用品。

8)作业班组每班应按本规程各章节中"施工作业安全检查表"内容进行检查，并如实记录。

9)根据项目的具体情况对施工作业进行抽查，并如实记录。对检查中发现的不符合规定的情况，应限期整改，并跟踪验证。

10)发现安全隐患和发生安全事故后，作业人员必须立即向现场负责人报告，并及时采取相应的安全措施。

11)横移前，对临时支墩进行全面检查，验收，合格后方可进行横移施工。





12)梁体横移时，严格按照技术交底施工，匀速走行，事先查看天气预报，避免遇到雷雨、大风、大雾等恶劣天气。横移前，在梁体两端设置两个观测点，现场布置全站仪，全程观测。

13)在拖拉过程中统一指挥，保持组合梁两端应基本同步前进。在拖拉横移过程中，在千斤顶处及上滑道处设专人进行观测，观测事项为：①设备运行情况；②两端组合梁移动距离的同步情况；③组合梁与上滑道是否出现相对位移；④上滑道限位板与下滑道梁翼板间隙情况；⑤钢绞线锚固情况，发现问题立即停止拖拉，研究处理后再进行横移。当两端移动距离相差超过 5cm 时，或限位板与下滑道梁翼板产生摩擦时，立即进行调整。拖拉到位立即对上滑道梁设挡限位。

#### ➤ 危险源二：施工现场的坠物损毁行车设备、击打列车

(1) 可能产生的危害：砸伤钢轨及信号设备、砸断接触网，造成接触网断电、中断行车

##### (2) 应对措施：

1)组合梁工作平台及跨线工作平台四周加设封闭防护网。

2)施工前先对吊车司机、现场施工人员进行高空防坠物的专项安全技术交底，对物料种类、性质、质量、装运地点及安全注意事项进行交底，加强现场人员安全意识，装卸、搬运作业场地应平坦，跳板应坚固牢靠，跳板坡度不得大于 1：3，并有防滑措施。

3)大型构件的装卸应制定专项安全技术措施，并由专人指挥。吊车装卸时，停留起吊设备的场地应平整、坚固，避开沟渠、坑洞或松软土质。吊车撑脚的支垫应保证起吊时车身平稳，吊车前后轮应固定牢靠。拖车、平板车应制动，前后轮应塞楔牢固。

4)施工过程中材料堆码整齐，工具、小型机械按指定位置摆





放，每天派专人收集杂物，集中吊下，严禁直接抛下。

5)高处作业所用的料具，应用绳索捆扎牢靠，小型料具应装在工具袋内吊运，并摆放在牢靠处。

6)拆卸横移设备时，拆下的螺帽、小型工具放入袋中，集中吊下。

7)当有列车通过时，作业人员立即停止作业和走动。

8)作业人员必须经过专业技术培训及专业考试合格，持证上岗，并必须定期进行身体检查。身体状况不适于高空作业者，禁止上岗。系好安全带，穿好防滑软底鞋，扎紧袖口，衣着灵便。

➤ **危险源三：施工现场发生火灾造成中断行车。**

(1)可能产生的危害：中断行车、造成结构破坏和物品坠落。

(2)应对措施：

1)消防工作必须坚持“预防为主、以消为辅”的指导思想，严格执行市消防条例和消防规定。要将防火安全提升到既有线运营安全的高度来认识。

2)成立以项目经理为组长，以安质部长为副组长的消防管理小组，负责定期对现场管理及作业人员进行消防教育，经常检查现场的消防规定执行情况。

3)在施工现场配置消防箱，组合梁两端放置一个，下作业平台上放置4个。

4)施工前对现场易燃物资进行清理，集中存放，施工现场严禁抽烟。

5)施工过程中使用焊接、切割时，氧气、乙炔瓶距离不小于5m，并采用覆盖防晒措施。

6)操作时将安全网等易燃品移开，并在作业平台上木板上铺上



防火石棉板，防止焊渣、火花引起火灾。施工单位应根据工程特点和作业环境，对危险性较大、环境复杂的吊装作业编制安全专项施工方案。

➤ 危险源四：现场吊装作业。

1)参加起重吊装的作业人员必须经过专业培训，特种作业人员必须考核合格，持证上岗。

2)起重机械使用前必须经检查确认符合要求及进行试吊后，方可使用。

3)钢丝绳应无死弯、不起油，在任何一个断面内的断丝数量不得超过此断面总根数的 5%，当接头采用插接时，插接长度不得小于钢丝绳直径的 20 倍，总长度不得短于 300 mm。

4) 接头采用钢丝绳夹连接时应有足够的绳夹数量，并紧固牢靠。

5)钢丝绳表面磨损或锈蚀的折减系数应按表 12-9 的规定确定。

表 12-9 钢丝绳表面磨损或锈蚀的折减系数

钢丝绳表面磨损或锈蚀量 (%)	10	15	20	25	30~40	>40
折减系数 (%)	85	75	70	60	50	报废

6)吊装作业前，应对起重机械的制动器、吊钩、钢丝绳和安全装置进行检查，发现性能不正常时，应在操作前排除。

7)吊装作业中，当重物吊起、转向、走行、接近人员、重物下落时，必须鸣铃示警。吊装物上严禁站人，如图 12-6 所示。

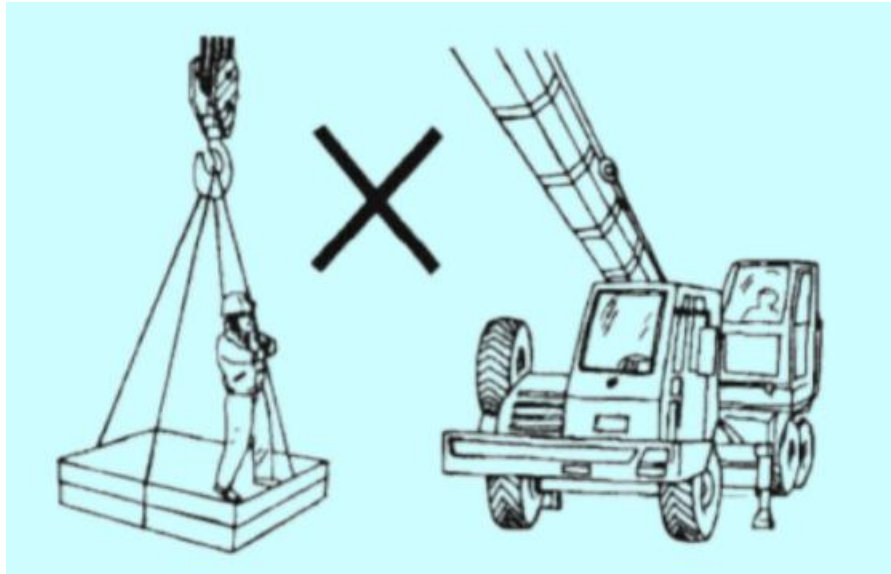


图 12-6 吊装示意图

8)遇六级及以上强风时必须停止露天吊装作业。

9)严禁在超过起重机械允许荷载、荷载不明和斜拉重物的情况下起吊。

10)起重指挥应由安全技术培训合格的专职人员担任，无指挥或信号不清时严禁起吊。

11)电动起重机械作业突然断电时，应将所有的控制器手柄扳回零位；在重新工作前，应检查起重机械动作是否正常。

12)对电动起重机械进行维护保养时，应切断主电源、加锁并挂上标志牌。

13)在轨道上工作的起重机械，当作业结束时，应将起重机械与轨道锁定。

14)起重机械在作业中停机时，必须先将重物落地，不应将重物悬在空中停机。

15)当吊钩处于工作位置最低点时，钢丝绳在卷筒上的缠绕，除固定绳尾的圈数外，必须不少于 2 圈。



16)利用非标起重设备进行起重吊装作业时，施工单位应制定安拆、拆除、吊装作业的安全技术操作规程及安全管理制度，并对作业人员进行安全技术培训后方可上岗作业。

17)起重机械严禁越过无防护措施的外电架空线路作业。在外电架空线路附近吊装时起重机等设备作业当距接触网带电部分小于 2 m 进行作业时，接触网必须停电。

#### ➤ 危险源五：临边作业、悬空作业、操作平台

临边作业的防护措施应符合下列规定：

1)墩台顶、桥面周边等，必须设置防护栏杆。

2)施工现场通道附近的各类洞口与坑槽等处以及公路、乡道、村路边施工的基坑等，除设置防护设施外，夜间应设置警示灯。

3)临边防护栏杆杆件的规格及连接，应保证稳固可靠。防护栏杆应由上、下两道横杆及立柱组成，上杆离下平面高度为 1.0~1.2 m，下杆离下平面高度为 0.5~0.6m。坡度较大的作业面，防护栏杆高度应为 1.5 m，并加挂安全立网或在栏杆下边设置严密固定的高度不小于 18 cm 的挡脚板。除经设计计算外，横杆长度大于 2m 时，必须加设栏杆立柱。

4)悬空作业所用的索具、脚手板、吊篮、吊笼、平台等设施，必须进行安全技术检算，并验收合格。

5)悬空吊装构件时，作业人员必须站在操作平台上操作，严禁在构件上站人。

6)悬空作业人员必须正确佩戴和使用个人劳动防护用品。

7)操作平台应具有足够的强度、刚度和稳定性，并应标明容许荷载值，使用过程中严禁超过允许荷载。



8)操作平台四周必须设置防护栏杆，作业人员在平台顶面上操作时，不得跨到防护栏杆外侧。

9)移动操作平台时，必须待作业人员离开平台后进行。

10)钢平台的支撑点与拉结点必须设置在建筑物上，钢平台安装时，钢丝绳应采用专用的挂钩挂牢。

### 13. 应急组织机构及职责

#### 13.1 应急组织体系

成立生产事故应急救援“指挥领导小组”，由项目经理任领导小组组长，负责生产的副经理和项目总工程师任副组长，各部门及施工队负责人任领导小组成员，下设应急求援办公室，日常工作由安监部兼管，各施工队成立救援队伍。发生重大事故时，以指挥领导小组为基础，立即成立事故应急救援指挥部，项目经理任总指挥，负责生产的副经理和项目总工程师任副总指挥，负责应急救援工作的组织和指挥。项目经理不在时，由分管副经理任临时总指挥。

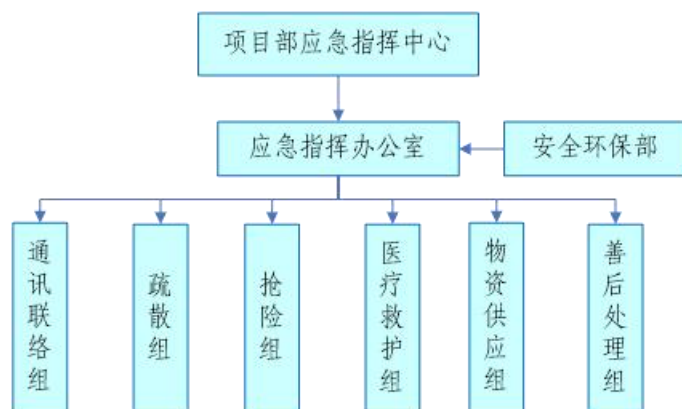


图 13-1 应急组织框架图

#### 13.2 应急预案程序

在施工过程中，一旦预防措施失效，发生险情。项目部应急小组应立即运转，按照规定程序进行险情汇报、处理和评价工作。应急事故处理流程图如下：

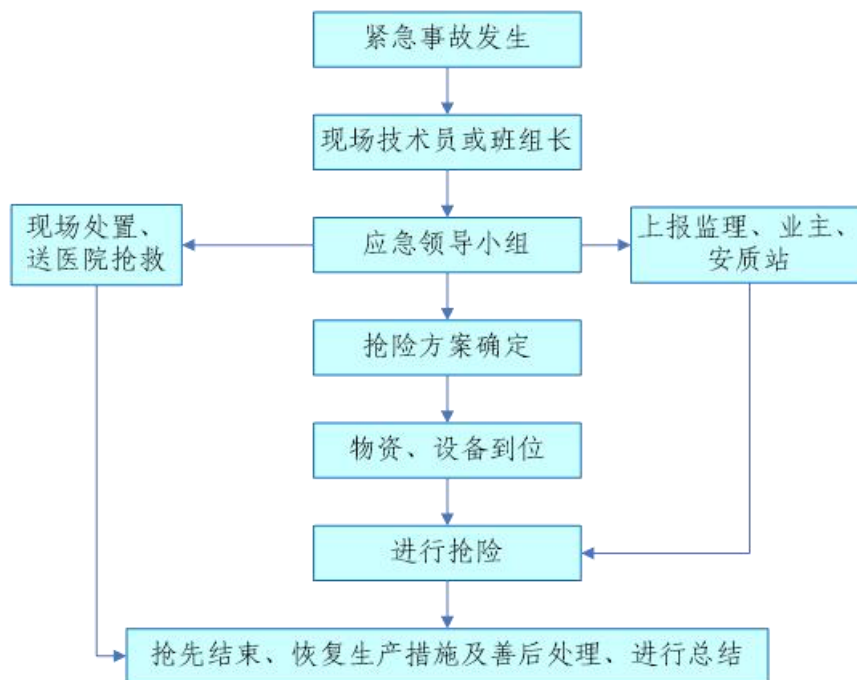


图 13-2 应急事故处理流程图

当事故或紧急情况发生后，在场人员立即向值班应急小组成员汇报。值班人员应根据发生事故的程度和部位，及时向项目经理汇报。项目经理应召集应急小组成员，组织相关人员和应急材料及设备，针对发生事故或紧急情况采取本方案进行处理，防止事态扩大。在事故得到控制后，由项目经理负责向监理处、业主汇报事故发生原因和处理措施，并组织编写事故报告，在 24 小时内向劳动行政部门、安全监督管理部门以及建设行政管理部门报告。

### 13.3 宣传、培训和演习

#### (1) 应急人员的培训

制定培训计划，定期对应急救援人员进行基础培训、专业培训、战术培训，使其掌握自身安全防护措施和救护方法。建立定期的强化培训制度，并进行考核。

#### (2) 公众宣传教育

根据计划，定期对员工进行日常安全教育，使他们掌握可能发





生的事故的性质和特性，掌握必要的应急救援知识和技能，了解预先指定的主要和备用疏散路线，了解各种警报的含义和应急工作的有关要求等等。

### （3）预案演习

项目制定相应的演习计划，定期进行演练，使应急人员更清晰地明确各自的职责和工作程序，提高协同作战的能力，保证应急救援工作的协调、有效、迅速地展开，找出应急救援工作中存在的不足和问题。明确演习的周期、范围，检验重大事故的应急救援组织执行任务的能力。同时，要对演习的结果进行分析评价，对演习中暴露的问题和不足及时进行处理。

## 13.4 应急响应程序

在施工过程中，一旦预防措施失效，发生险情。项目部应急指挥中心应立即运转，按照规定程序进行险情汇报、处理和评价工作。

### （1）一般事故的应急响应

当事故或紧急情况发生后，现场值班人员立即向值班应急指挥中心组员汇报。值班人员应根据发生事故的程度和部位，及时向项目经理汇报。项目经理应召集应急指挥中心成员，组织相关人员和应急材料及设备，针对发生事故或紧急情况进行处理，防止事态扩大。在事故得到控制后，由项目经理负责向公司领导和安全主管部门汇报事故发生原因和处理措施，并组织编写事故报告，在1小时内向劳动行政部门、公安部门、检察机关、工会以及市建设行政主管部门报告。

### （2）重大事故的应急响应

当重大事故发生或一般事故扩大形成重大事故后，项目经理接





到值班人员情况汇报，立即组织应急指挥中心组员和相关人员，抢救伤员和排除险情，制止事故蔓延扩大，并应注意做好以下工作：

1) 为了事故调查分析需要，现场人员在项目经理的组织下保护好事故现场。因抢救伤员和排除而必须移动现场物件时，由应急小组专员做好标记，供事后查证。

2) 清理事故现场应在调查组确认无可取证，并充分记录后方可进行。不得借口恢复生产，擅自清理现场造成掩盖事故真相。

3) 项目经理应立即向公司领导和安全主管部门汇报情况，并组织人员记录情况和编写事故报告，在 1 小时内向劳动行政部门、公安部门、检察机关、工会以及市建设行政管理部门报告。

#### **13.4.1 物体打击事故应急救援**

(1) 存在的危险源及事故发生的主要环节

起重吊装作业、支架搭设及拆除、临时作业、安全通道安装作业。

(2) 预防措施

1) 强化安全教育，提高安全防护意识，提高工人安全操作技能。

2) 进入施工现场的所有人员都必须戴好符合安全标准、具有检验合格证的安全帽，并系好帽带。

3) 起重吊装作业制定专项安全技术措施。

4) 对起重吊装作业进行安全交底，落实吊装安全措施。

5) 加强安全检查，严禁向上或向下抛掷物件。

6) 材料堆放应控制高度。

7) 高处作业应进行交底，工具入袋。高处作业所有的较大工具，应放入工具箱。



8) 避免交叉作业。施工计划安排时, 尽量避免和减少同一垂直线内的立体交叉作业。无法避免交叉作业时必须设置能阻挡上面坠落物体的隔离层, 否则不准施工。

### (3) 应急救援程序

1) 当施工人员发生物体打击时, 急救人员应尽快赶往出事地点, 并呼叫周围人员及时通知医疗部门, 尽可能不要移动患者, 尽量当场施救。抢救的重点放在颅脑损伤、胸部骨折和出血上进行处理。

2) 发生物体打击事故后, 应马上组织抢救伤者, 首先观察伤者的受伤情况、部位、伤害性质, 如伤员发生休克, 应先处理休克。遇呼吸、心跳停止者, 应立即进行人工呼吸, 胸外心脏挤压。处于休克状态的伤员要让其安静、保暖、平卧、少动, 并将下肢抬高约 20 度左右, 尽快送医院进行抢救治疗。

3) 出现颅脑损伤, 必须维持呼吸道通畅。昏迷者应平卧, 面部转向一侧, 以防舌根下坠或分泌物、呕吐物吸入, 发生喉阻塞。有骨折者, 应初步固定后再搬运。

## 13.4.2 火灾爆炸事故应急救援

火灾事故和危险化学品爆炸事故的危害及社会影响较大, 极易造成人员伤亡和财产损失事故, 一旦发生, 将会给项目施工带来极大的不良影响。生产过程中, 项目部应该将预防火灾事故和危险化学品爆炸事故作为安全管理重点环节进行管理, 进行应急救援知识、技能的培训, 争取在事故发生的第一时间消除险情, 确保员工生命安全和财产不受到伤害。

### (1) 存在的危险源及事故发生的主要环节

氧气丙烷存放区、氧气丙烷使用过程中、电焊作业现场。



## (2) 预防措施

1) 加强施工用电防火安全工作，提高职工防火意识及急救技能。

2) 严格按照《消防法》、《建筑设计防火规范》的相关条款配置足够的灭火器，并分区段由专人负责检查。灭火器数量和最大间距应该满足下表：

表 13-1 灭火器最低配置标准

项目	固体物质火灾		液体或可熔化固体物质火灾、气体火灾	
	单具灭火器 最小灭火级别	单位灭火级别 最大保护面积 (m <sup>2</sup> /A)	单具灭火器 最小灭火级别	单位灭火级别 最大保护面积 (m <sup>2</sup> /B)
易燃易爆危险品 存放及使用场所	3A	50	89B	0.5
固定动火作业场	3A	50	89B	0.5
临时动火作业点	2A	50	55B	0.5
可燃材料存放、 加工及使用场所	2A	75	55B	1.0
厨房操作间、 锅炉房	2A	75	55B	1.0
自备发电机房	2A	75	55B	1.0
变配电房	2A	75	55B	1.0
办公用房、宿舍	1A	100	—	—

表 13-2 灭火器的最大保护距离（单位：m）

灭火器配置场所	固体物质火灾	液体或可熔化固体物质 火灾、气体火灾
易燃易爆危险品存放及使用场所	15	9
固定动火作业场	15	9
临时动火作业点	10	6
可燃材料存放、加工及使用场所	20	12
厨房操作间、锅炉房	20	12
发电机房、变配电房	20	12
办公用房、宿舍等	25	—

3) 严格按照氧气丙烷安全操作规程存放和使用。

4) 动火作业必须办理动火证，明确动火人、动火监护人、落实现场消防器材，清理动火区周围的易燃易爆物品。



5) 电焊、气割作业人员必须持有特种作业操作证件。

6) 灭火器要保持足够数量，且应该时常检查灭火器能否正常使用。

### (3) 应急救援程序

1) 火灾、爆炸发生之后，应该立即进行上报，并拨打“119”等急救电话请求支援。

2) 隔离、转移易燃易爆物品，避免事态扩大和蔓延。

3) 火灾较小时，现场人员应该就近取灭火器进行灭火。火灾较大时，现场管理人员应该组织人员有序的进行撤离。

4) 项目部接到事故报告后，应该立即组织人员抢救，首先保证作业人员的生命财产安全，并请求消防单位的支援。

5) 事故急救处理完毕后，由项目安全总监负责对事故的起因、过程、责任人进行确定，细化完善安全防护措施和管理制度，并对应急救援预案进行修订。

### 13.4.3 倒塌事故应急救援

#### (1) 存在的危险源及事故发生的主要环节

施工人员安全通道倒塌、支架搭设拼时发生倒塌、钢箱梁临时过程中倒塌等。

#### (2) 预防措施

1) 对作业人员进行安全技术交底；

2) 作业人员必须经过安全教育，作业时必须正确佩戴个体防护用品；

3) 设置必要的安全防护设施、安全警示标志；

4) 加强现场检查，发现隐患及时采取措施消除；

5) 吊装作业应指派专人统一指挥，参加吊装的司机和指挥要掌



握作业的安全要求，其他人员要有明确分工；

6) 遇大风（6 级及以上）、大雾等恶劣天气时，禁止从事起重吊装作业。

### (3) 应急救援程序

1) 项目经理在接到事故报告后，立即启动应急救援预案，必须立即通知医疗救护组人员、联络调度组及警戒保卫组，各小组力争在第一时间赶到现场。

2) 警戒保卫组保护好现场，由医疗救护组人员将伤员转移到安全的地方进行抢救。

3) 各职能小组、抢险急救组须服从现场总指挥的安排，采取果断措施避免事故的进一步扩大。

4) 负伤人员经现场临时处理后速送附近医院治疗或抢救。

5) 立即组织事故调查组对现场进行勘察，排除险情，防止事故扩大和蔓延，力求将损失减少至最低。

## 13.4.4 通信与信息保障

表 13-3 应急联系通讯单

单位名称	电话	联系人	备注
兰州市公安局	110	/	
任城区交警队	110	/	
兰州是消防大队	119	/	
施工单位			
业主值班电话			
监理值班电话			
医院救援电话	120	济宁市人民医院	

## 14. 明施工与环境保护措施

### 14.1 环保管理体系

建立以项目经理为第一责任人，项目生产副经理带头的环保管



理体系，生产安全部是项目环保管理的主要部门，项目施工过程中的环保体系，主要是从人员、制度、资金、思想等四个方面建立全面的环保管理体系。

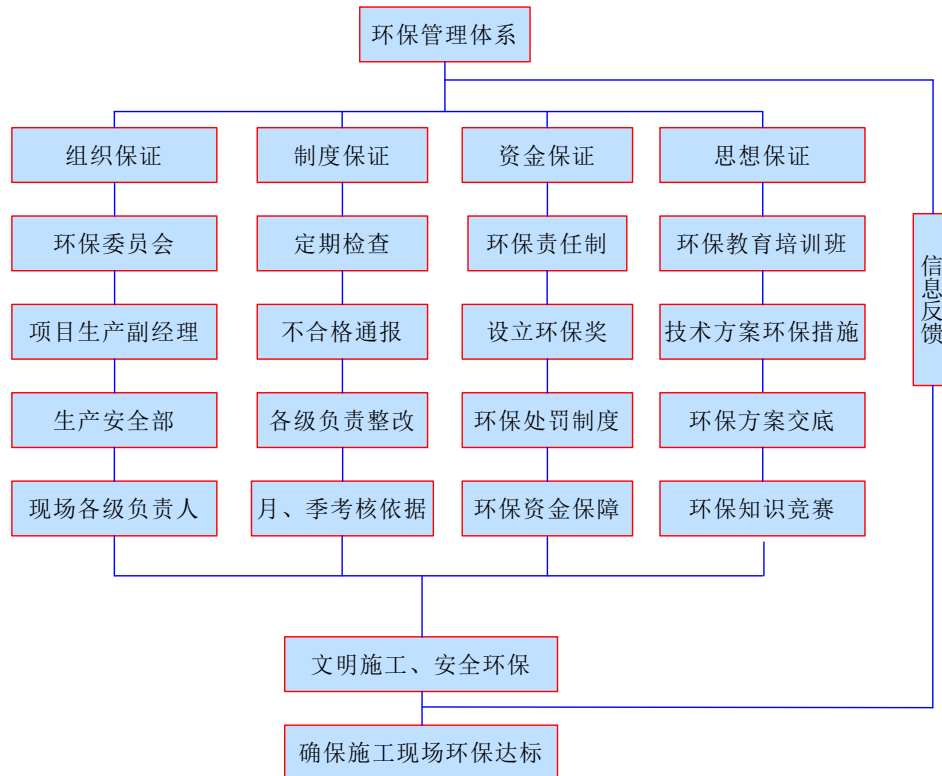


图 14-1 环保管理体系框图

## 14.2 成立环境保护小组

成立以办公室为主体的环境保护小组，全面实施对项目周边的环境保护和环境监控工作。

## 14.3 环境保护措施

(1) 施工过程中固体废弃物禁止乱扔乱倒，应进行集中处理清运。

(2) 废油、含油污的施工用水不得随意排放。

## 14.4 噪音控制措施

(1) 合理安排施工时间，尽量安排白天施工，减少夜间扰民。

(2) 做好机械定期保养，减小机械噪音。





(3) 对参施人员实行教育，夜间不要大声喧哗，施工时轻拿轻放，严禁敲打物体，减少人为的噪音扰民。

(4) 施工期间，注意控制施工车鸣笛，经过村民居住区的运输或施工机械，应注意限速。

### 14.5 文明施工措施

(1) 施工现场设置洗车槽，驶出工地的车辆必须在工地洗车槽内洗净后，方允许上路行驶。

(2) 工地按要求设置标示标牌，施工围蔽。

(3) 模板加工过程中使用电锯、电刨等，应注意控制噪音，夜间施工应遵守当地规定，防止噪声扰民。加工和拆除木模板产生的锯末、碎木要严格按照固体废弃物处理程序处理，避免污染环境。模板拆除后的材料应按编号分类堆放。每次下班时保证工完场清。

## 15. 冬季施工

### 15.1 冬季施工焊接技术措施

(1) 焊接材料的选择、使用：

为保证焊缝不产生冷脆，负温下焊接用的焊条，在满足设计强度的要求下，优先用屈服强度较低、冲击韧性好的低氢焊条。焊丝包装应完好，如有破损而导致焊丝污染或弯折紊乱时应部分废弃。

(2) 焊接材料的储存

焊剂及碱性焊条的焊药易潮，特别是在负温度时，所以它们在使用前必须按照质量说明书的规定进行烘焙。低氢型焊条烘烤温度为：焊条在高温箱中加热到  $350^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$  后保温 1.5 个小时，再在高温中降到  $110^{\circ}\text{C}$  后保存，使用时从烘箱中取出立即放入  $100^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$  的焊条保温筒内，做到随用随取。用剩余的焊条应重新放入高温中烘干方可使用，焊条烘干次数不得超过三次，焊剩余的焊条如





未立即放回焊条保温筒中保存，则需重新烘干后方可使用。焊剂及碱性焊条的焊药外露 2 小时后必须要重新烘焙。所使用的焊条、焊丝要储存在通风干燥的地方，保证焊条的良好性能。

### （3）焊接专用机具的检查

焊接使用瓶装气体时，对负温下瓶嘴在水气作用下容易产生冰缩堵塞现象，在焊接作业中就要及时检查疏通。瓶内气压低于 1Mpa 时应停止使用。焊接前要先检查气体压力表上的指示，然后检视气体流量计并调节气体流量。焊机及电压应正常，地线压紧牢固接触可靠，电缆及焊钳无破损，送丝机应能均匀送丝，气管应无漏气或堵塞。

### （4）焊接前搭设防风保温棚

对于焊接这一关系到整体安装质量的特殊工序，必须在施工前严格制定计划，在施工中组织专门的人力、物力，比预定正式施焊时提前 4~8 个小时进行专题防护。

### （5）焊前预热

采用火焰加热方式，火焰加热应注意均匀加热。火焰加热用测温笔在离焊缝中心 85mm 左右的地方测温，测温点应选取加热区的背面。板材厚度不大于 25mm 的，原则上不预热，但当周围环境温度低于 0℃ 时应预热到 50-80℃；厚度大于 36mm 时，预热温度为 100-150℃。预热范围为预热区在焊缝两侧，每侧宽度不小于焊件厚度的 2 倍，且不小于 100mm。



焊前预热

测量预热温度

### (6) 焊接保证措施

采用焊前大范围加热的方法来消除不经焊前加热即进行焊接时母材与焊缝区的强烈温差，骤热和骤冷是造成钢结构接头区不均匀胀缩的主要因素，不均匀胀缩又是造成母材与焊接接头产生裂纹的主要因素。消除明显温差，最大可能地促使接头在同轴线上均匀胀缩是超厚钢板焊接、尤其是在寒冷地区焊接的重要质量保证环节。这一环节包括了焊前严格加热，施焊过程中，保持持续、稳定并且较高层间温度，全过程的执行窄道焊、有规律地采用左、右向交替焊道。

### (7) 焊后保温

在寒冷劲风多发地区，一切焊前加热、中间再加热等都是围绕着骤冷骤热、消除胀缩不均、延缓冷凝收缩这个质保目的，还需加盖厚石棉布保温，并密封空气流通部位。厚板焊接时，焊缝间的层间温度应始终控制在  $120^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$  之间，每个焊接接头应一次性焊完。施焊前，注意收集气象预报资料。预计恶劣气候即将到来，并无确切把握抵抗的，则放弃施焊。若焊缝已开焊，要抢在恶劣气候来临前，至少焊完板厚的  $1/3$  方能停焊；且严格做好后热处理，记下层间温度。



图 14-2 焊后保温

## 15.2 冬季施工吊装施工措施

(1) 冬季运输堆存钢结构时，必须采取防滑措施。构件堆放场地必须平整坚实，无水坑、地面无结冰。同一型号构件叠放时，必须保证构件的水平度，垫块必须在同一垂直线上，防止构件溜滑。

(2) 雪后在钢结构吊装施工前，将梁、柱、平台上的积雪、霜、冰用铁铲除去并扫净方可操作。

(3) 钢结构安装前除按常规检查外，尚须根据负温度条件对构件质量进行详细复验。凡是在制作中漏检和运输堆放中造成的构件变形等，偏差大于规定影响安装质量时，必须在地面进行修理、矫正。符合设计要求和规范规定后方可起吊安装。

(4) 绑扎、起吊钢构件的钢索与构件直接接触时，要加防滑隔垫。凡是与构件同时起吊的节点板、安装人员使用的挂梯、校正用的卡具、绳索必须绑扎牢固。直接使用吊环、吊耳起吊构件时要检查吊环、吊耳连接焊缝有无损伤。

(5) 在负温度下安装钢结构时，柱子、主梁、支撑等大构件安装后应立即进行校正，校正后立即进行永久固定。当天安装的构件，要形成空间稳定体系，保证钢结构的安装质量和结构的安全。

(6) 在负温度下安装钢结构时，要注意温度变化引起的钢结



构外形尺寸的偏差。如钢结构在常温下制作在负温下安装时，要采取措施调整偏差。

(7) 在负温度下安装构件，编制钢构件安装顺序图表，施工中严格按照规定顺序安装。平面上应从建筑物的中心逐步向四周扩展安装，立面上宜从下部逐件往上安装。

(8) 对要起吊的物件应先查看是否和地面或其它物件冻结，如冻结，先用手撬棍使其松动方可起吊。

(9) 风力大于 5 级、下雪、浓雾天气，停止高空吊装及安装的配套工序，如焊接、压型钢板、上高强螺栓、校正结构。

### 15.3 其他施工措施

(1) 经常检查安全绳是否受冻变脆，如果变脆应立即更换。

(2) 使用榔头时严禁戴手套，在上、下钢柱时手中不得持有任何物体。

(3) 冬季施工现场严禁使用裸线，电线铺设要防碾压，防止电线冻结在冰雪之中，大风雪后应对供电线路进行检查，防止断线造成触电事故。

(4) 大雪后必须及时清扫架子上的积雪，并检查马道平台，如有松动现象务必及时处理，注意马道的防滑。

(5) 电、气焊工更换施焊地点应断电、关气，氧气表、乙炔表应套上防风保温布套。

(6) 冬季保温用品要在安全地点码放好，四周设消防器材，各种可燃保温材料不准堆放在电闸箱、电焊机、变压器四周，防止电热自燃。