

2.6 高空台排气冷却装置施工组织设计

一、工程概况

(一) 工程名称及主要内容

高空台排气冷却装置(以下简称排气冷却装置)是“七五”期间国家重点建设项目,是我国独立自主发展航空工业不可缺少的关键试验设备。

安装航空燃气涡轮机高空模拟试车台,是一项复杂的大型系统工程。排气冷却装置是一台大型非标焊接结构设备。按其设计理论、结构、使用工况和加工建造所涉及的工艺技术条件等,本组织设计将这项工程类型确定为特殊的大型卧式压力容器。它由图 2-6-1 所示的 10 大段组成,其外形尺寸,最大直径 8m,局部高 28m,总长 81.2m,总重约 1500t。工程总承包造价 2280 万元,总工期 1985 年 1 月至 1988 年 1 月。据总承包合同规定,因本工程七种特殊优质材料订货供应计划影响,开竣工期可能相应后延,但有效工期 37 个月不变。

(二) 建设地区技术经济条件

该地区基础设施,公用工程和生活服务项目比较配套,有充足的供水、供电、供气(天然气和压缩空气)能力,其研究室和附属工厂有金属材料无损检测、理化试验和常规机加工能力,可为本工程提供部分技术协作服务。

施工场地是征用的一片河滩蔬菜地,比较开阔平整,便于现场平面布置。建设资金和物资渠道均有保证,设计是成功的。上述这些技术经济条件,对本工程施工极其有利。不利因素是建设地点靠山隐蔽,交通比较闭塞,铁路专线站台在工地 7km 以外。进工地的两条公路,一条是等外泥结石盘山小公路,另一条是穿越两个简易隧道的小公路,大件结构、大型设备进场困难。另外,施工现场处于河谷山口,有 8 级以上的季节阵风。

(三) 工程特征

1. 结构特征

如图 2-6-1 所示,排气扩压器直段、排气扩压器锥段、活动直通段、过渡段、中间段这五大段为双层夹套式结构,内筒体为高温燃气流通道,内筒与外筒之间的夹套为循环冷却水通道,循环水压力 0.4~0.5MPa,每段与外部管道构成一个单独的循环回路。一级冷却器为换热管横置的大型列管式换热器,二级冷却器为换热管纵置的大型列管式换热器。灭焰段为内部具有喷水帘和 70 个水雾幕的双层结构。活动排大气段为内部具有喷水帘和拐角导流片的双层夹套结构,它与活动直通段分别安装在两台电动平板车上,通过快速法兰连接互换使用,其中活动直通段用于发动机高空试验,活动排大气段用于发动机低空排大气试验。排大气消音器为圆筒塔形结构,内部具有若干多孔消音板。整套装置通过 17 对支架安装在混凝土基础上,其中尾端两对三角支架为固定支架,其余 15 对为滑动支架。前端通过波形补偿器与高空试验舱连接,尾端通过抽气总管与抽气系统连接。

2. 工艺流程和特点

流程 1: 高空试验

高空舱内发动机进气最低温度 -50°C ,发动机出口燃气最高温度 1827°C ,流量 120kg/s ,马赫数 2.5,燃气温度经过一级冷却器降为 1000°C ,至二级冷却器出口降为 150°C ,经灭焰段喷淋后降为 50°C ,再经抽气总管进入抽气系统,使装置燃气通道的真空度

达到 3039.75Pa (0.03atm) 发动机处在模拟的 25km 高空低温、低压状态下工作。

流程 II：排大气试验

将活动直通段位置换装活动排大气段。高空舱内发动机进气最高温度 400℃，发动机出口温度、流速、流量与流程 I 相同。高温燃气流在活动排大气段喷淋降为 250℃，经过消音器直接排入大气。

在发动机点火启动时，燃气通道内早先集存的可燃气体，有发生爆炸的可能，其爆炸压强为 0.7MPa，虽有防爆设施，设计强度仍考虑了这一冲击荷载。

3. 排气冷却装置工作荷载、应力特点分析

特点之一，换热强度很高，温升曲线很陡，温度梯度应力很大。其燃气通道，在发动机点火前有短时 -50℃ 低温进气，点火后，温度急剧升至 1827℃；水夹套循环冷却水最高水温限制为 60℃，内筒体内外壁之间温差以及内筒和外筒最高温差均为 1700℃ 以上。因此要求材料和焊缝具有较低的脆性转变温度，能承受很大的热应力，内外筒的温差应变，结构上应能自由补偿，并承受温度频繁波动的疲劳荷载。

特点之二，内筒体在正常运行下外压容器，压强 0.4~0.5MPa，燃气发生爆炸时又是内压容器，压强 0.7MPa。因此它应具有外压下的结构整体稳定性，又要承受内压爆炸冲击荷载。

特点之三，燃气内通道承受轴向气动力及高温高速燃气流的冲刷和振动荷载。

4. 工艺技术要求

从上述工艺流程及载荷应力特点，可以看出排气冷却装置运行工作条件十分繁重恶劣，因此设计上对该装置制造、安装工艺技术要求也十分严格，其中许多指标超过了国家现行一、二、三类压力容器技术标准。

(1) 材料、内筒体为专门冶炼的精炼优质的细晶粒钢，牌号分别为 16MnDRY、20gZ、20gY。及配套焊材。这种钢材化学成分硫、磷含量限制极低，两项合计不超过 0.025%。机械性能具有常温和 -50℃ 低温冲击韧性。外筒体为 20g。

(2) 焊接要求：所有对接焊缝作 RT、UT、MT 三项 100% 无损检测，RT II 级合格、UT I 级合格。其中重要焊缝要求 RT 甲级照相、I 级合格、焊接工艺评定及产品试板除常温机械性能外，还需通过 -50℃ 夏比冲击试验。焊缝晶粒度不大于三级。

(3) 整体形位公差：筒体圆柱度，母线及轴线直线度、端面垂直度、平面度，内外筒同轴度等要求很高（详见表 2-6-1）要求焊接件几乎达到机加产品的精度。该装置的 30 多个耳座支承面，应与装置水平中剖面重合，其自身的平面度和水平度公差 0.5mm，表面粗糙度 $\nabla 6.3$ 。在现场对上百吨重大型结构进行整体机械加工，其难度之大是很明显的。

表 2-6-1

序号	名称	外径 (mm)	长度 (mm)	壁厚 (mm)	重量 (t)	技术要求 (mm)					其他
						壳体材质	轴线 不直 度	端面 不垂 度	焊缝 错边 量	半 径 差	
1	排气冷却装置总成	8040/2020	81202	65/12	1497		≥10				基础：基础预压载荷为水压试验总重量的 1.5 倍

续表

序号	名 称	外 径 (mm)	长 度 (mm)	壁厚 (mm)	重量 (t)	技术要求 (mm)					其 他
						壳体材质	轴线 不直 度	端面 不垂 度	焊缝 错边 量	半 径 差	
1	排气冷却装置总成	8040/2020	81202	65/12	1497		≥10				<p>水压试验：各项水夹套 0.5MPa 水压试验，夹套与燃气通道连通后水压试验 0.75MPa 支座、支承（耳座）水平面允差 0.5mm，支座面与轴水平线高低差 ≤2mm。</p> <p>无损探伤：扩压器直段内筒、一、二冷管板焊缝 100% 射探Ⅰ级，其余内外筒 100% 射探Ⅰ级。所有内外筒焊缝 100% 超探Ⅰ级，100% 磁探。不能进行射探、超探部位 100% 磁探或渗透检验。</p> <p>热处理：所有内筒体焊后整体热处理，外筒壁厚大于 30mm 整体热处理，合拢缝局部热处理。</p>
2	扩压器直段		14400		44						
	I、Ⅱ可卸段外筒	2020		16		20g	≤1	≤2	≤2	≤2.5	
	I、Ⅱ可卸段内筒	1848		22		16MnDRy	≤1	≤2	≤2	≤1.8	母线不直度 2mm
3	扩压器锥段		9990		74						导流板与内筒间隙 5±1mm
	内锥体	3544（大口）		22		16MnDRy	≤2	≤2	≤2	≤3	
	外锥体	3716（大口）		26		20g	≤2	≤2	≤2	≤3	
4	活动直通段		8000		123						两筒体不同轴 ≤2mm，两端块装法兰不同心小于 2mm
	外筒	3716		26		20g		≤2	≤2	≤8	
	内筒	3544		22		16MnDRy		≤2	≤2	≤3.5	
5	活动排大气段		8000		104						
	内筒	3544		22		16MnDRy		≤2	≤2	≤8	
	外筒	3716				20g		≤2	≤2	≤10	

续表

序号	名 称	外 径 (mm)	长 度 (mm)	壁厚 (mm)	重量 (t)	技术要求 (mm)					其 他
						壳体材质	轴线 不直 度	端面 不垂 度	焊缝 错边 量	半 径 差	
6	排大气消音器	8040	29540	16	156	16MnDRy					
7	过渡段		8712		122						
	锥段内筒	7592		24		16MnDRy		≤2	≤2	≤3	
	锥段外筒	7764		32		20g		≤2	≤2	≤3	
	直段内筒	3544		24		16MnDRy		≤2	≤2	≤2	
	直段外筒	3716		32		20g		≤2	≤2	≤2	
8	第一冷却器		3900		125						
	筒体	7764		36		20g		≤2	≤3	≤5	
	管板			12		20gY					
9	中间段		9000		115						
	外筒	7692/6064		36/32		20g		≤2	≤3	≤5	
	内筒	5640		20		16MnDRy		≤2	≤2	≤3	
10	第二冷却器		10849		386						
	筒体	6200		30		20g		≤2	≤3	≤13	
	管板	6220		38		20gZ					管板不平度≤6mm
11	灭焰段		16300		248						喷水管试压 1MPa, 汽 管试压 0.5MPa, 内壁喷 铝 0.23mm
	外壳体	5870		30		20g		≤2	≤3	≤13	
	内壳体	2861		30		20g		≤2	≤3	≤13	
	内封头	5870		65		20g					

(4) 热处理要求: 所有采用优质钢材的内筒体和厚度大于 30mm 的外筒体应整体消除应力热处理, 无法整体热处理的总装合拢口应局部热处理。根据图样, 最大装炉热处理件直径 8m, 长 5m, 重 70t, 经国内调研, 在现场对这种大型薄壁复杂筒体结构整体热处理工艺, 尚无先例。

(5) 胀、焊、胀工艺。一级冷却器和二级冷却器换热管与管板连接 (共 11000 个接头), 采用“胀、焊、胀”工艺。前胀相当于锅炉安装的挂管初胀, 消除间隙, 焊后复胀,

是为了消除焊应力,或应力变号(+变-),或将应力水平降低至容许值。至于容许应力指标,测试方法以及它与初胀、焊接、复胀工艺规范参数之间关系应列为科研课题。通过大量的试验数据,经国内有关权威专家评定合格后再转变为胀、焊、胀实施工工艺和操作规程。

(6) 喷铝工艺。灭焰段表面及附件约 500m^2 , 做喷铝防腐处理, 涂层厚度 $220\mu\text{m}$ 。金属表面喷铝防腐工艺, 国内已有应用, 但尚未见成文的施工规范和质量评定标准, 如附着力、致密度检测方法、评定标准等。本工程的特点是内部结构复杂, 许多狭窄位置无法喷涂。所以应将部件先喷涂, 再组装焊接、装炉热处理。热处理后对喷涂层质量变化均应提出科学的判定报告, 因此也应列为科研课题。

在全国专家设计会审时, 一致认为排气冷却装置施工技术上存在七大难题, 它们分别是:

- (1) 低温优质钢高质量焊接工艺。
- (2) 焊接结构整体形位公差高精度要求。
- (3) 直径 6.2m 大型薄管板制造工艺。
- (4) 两级冷却器换热管与管板胀、焊、胀工艺。
- (5) 大型结构件消除应力整体热处理工艺。
- (6) 大面积喷铝工艺。
- (7) 大型结构吊装及总装合拢工艺。

二、施工程序与施工方法

(一) 主要施工程序

排气冷却装置工程是一项大型非标设备制造、安装、调试工程, 建设地点又在远离大城市, 交通闭塞, 比较隐蔽的山区。根据我国现行工业结构、布局和管理体制特点, 对这样一项结构复杂、技术难度很高的系统工程, 比较经济合理的决策, 是发挥工厂和现场施工两个优势, 形成紧密联合体, 扬长避短, 实现优势互补。本工程施工程序分为工厂制造和现场组装两大步骤, 两步骤在工期进度上相互交叉搭接。

第一步工厂制造(又称一次制造), 主要内容是零部件加工。零部件出厂的尺寸界限, 重量和成型程度, 按照结构特点和工厂划分, 其中排气扩压器直段分两个半段及排气扩压器锥段前半段, 由工厂整体组装成型后出厂, 以下各段为散片或瓦片供应现场。其中工厂制造造价为 1178 万元, 它包括排气冷却装置全部主材、附件、半成品及出厂包装运输费用。现场组装造价为 1102 万元, 它包括分段组装、总装合拢、冷态调试交工。现场组装焊接工作量约占本装置全部组装焊接工作量 70%, 本文前面提到的七大技术难题, 几乎全部在现场解决, 它包含了绝大部分技术风险和工期风险, 工艺技术含量占很大比重。本施工组织设计为现场组装施工程序和方案。现场组装(又称二次制造)分为施工准备—→分段组装—→总装合拢—→土建厂房及水、电、气配套工程与排气冷却装置接口—→冷态调试及交工验收。

(二) 选用的主要施工方法, 方案及其构思依据

1. 分段组装方法

分段组装采用立式组合法。单层筒体组装、焊接、矫圆、热处理和双层筒体套合均在立式状态进行, 经检测合格后再翻转成卧式交付总装合拢。对各段结构分段特点、提高整体精度和吊装刚性, 尽可能减少总装合拢焊口, 缩短总装周期以及起重吊装设备能力等因

素综合分析后,分段组装成型的最大尺寸界限控制在直径 8m,长度 9m,重 100t 以内为宜。

设计院提供的蓝图,其最大吊装件重量为 50t 以内,因而过渡段、一级冷却器、中间段,其外壳均出现夹套纵向合拢焊缝,即外壳对半分,在基础上与内筒芯合拢。这种焊缝只能单面焊接,无法进行射线探伤和整体热处理,不便于控制夹套间隙和内外筒同轴度。二级冷却器也规定分三截在基础上卧式对接,很难调整 8 层管孔的同轴度,而保证 4000 多根 $\Phi 57 \times 3.5$ 长 9m 的换热管顺利穿过。本方案将分段组装的尺寸和重量扩大一倍可避免上述缺陷,提高设备整体质量,对原设计也起到优化作用。

排气冷却装置筒壁厚度与直径之比值很小,属薄壁筒体,径向刚度很低,单层筒体在卧式状态因自重产生的椭圆度弹性变形,对筒体圆柱度精确矫形和检测极为不利,只有在立式状态,其圆柱度形状最为真实、稳定,便于精确矫形、检测,达到设计要求。筒体结构件立式整体热处理,也是控制圆度变形的最好措施。因此,分段组装的装配台、矫形机、热处理炉等大型工装设备亦应按照这一工艺原则进行设计。

2. 几项特殊工艺的原则方案

(1) 直径 6.2m 大型薄管板制造方案。二级冷却器前管板直径 6.22m,后管板直径 5.89m,厚度 38mm,钢材牌号 20gZ,设计图样采用 4 块 $3150 \times 6300 \times 55$ mm 轧制钢板对接拼焊成 $6300 \times 6300 \times 55$ 毛胚板,其中前管板还要焊一圈直径 5792mm 与中间段连接的过渡环板,再将板厚加工成 38mm,粗糙度 $\sqrt{6.3}$,最后与 6 块折流板重叠加工管孔。由于直径太大,从工厂运不过来,经用户、设计、施工三方多次讨论和初步试验预测,决定直接用 38mm 厚轧制板在现场拼焊钻孔免去板面机械加工,不但费用省,对产品质量还有提高,其一,同炉批号钢板,薄板的机械性能优于厚板,焊缝亦然,薄板焊缝的容许缺陷比厚板焊缝的容许缺陷限制更严;其二,轧制板面无粗加工留下的切削刀纹和切削应力,可提高抗疲劳强度。

现场拼焊的关键措施是控制焊接变形,鉴于 20gZ 钢材塑性,韧性指标很好,可以采用板面侧向约束法,令其在焊接过程中暂时保持一定的残余应力(经测算,平均残余应力 $\delta < 60\text{MPa}$) 而不出现平面外变形,焊后连同工装胎具整体热处理,消除应力,稳定平面度,以达到重叠钻孔的工艺要求和最终不平度 $< 6\text{mm}$ 的设计要求。这一原则方案,还应进行一些缩比工艺试验后,制定实施细则,力求做到万无一失,一次成功。

(2) 耳座加工装配工艺。经反复论证,认为在现场对这种大型结构的机加面,按传统的机加工艺,焊后整体加工的方法是不可取的,无论采用重型机床或是轻型动力头加工,不是费用很贵,就是工效很低,而且未必能达到整体形位公差要求。本方案,决定将单元耳座提前按其自身的技术要求加工,总装合拢时,采用精确装配焊接,控制焊接变形的办法,达到设计要求。根据过去的工程实例和经验,这个方案是可行的。

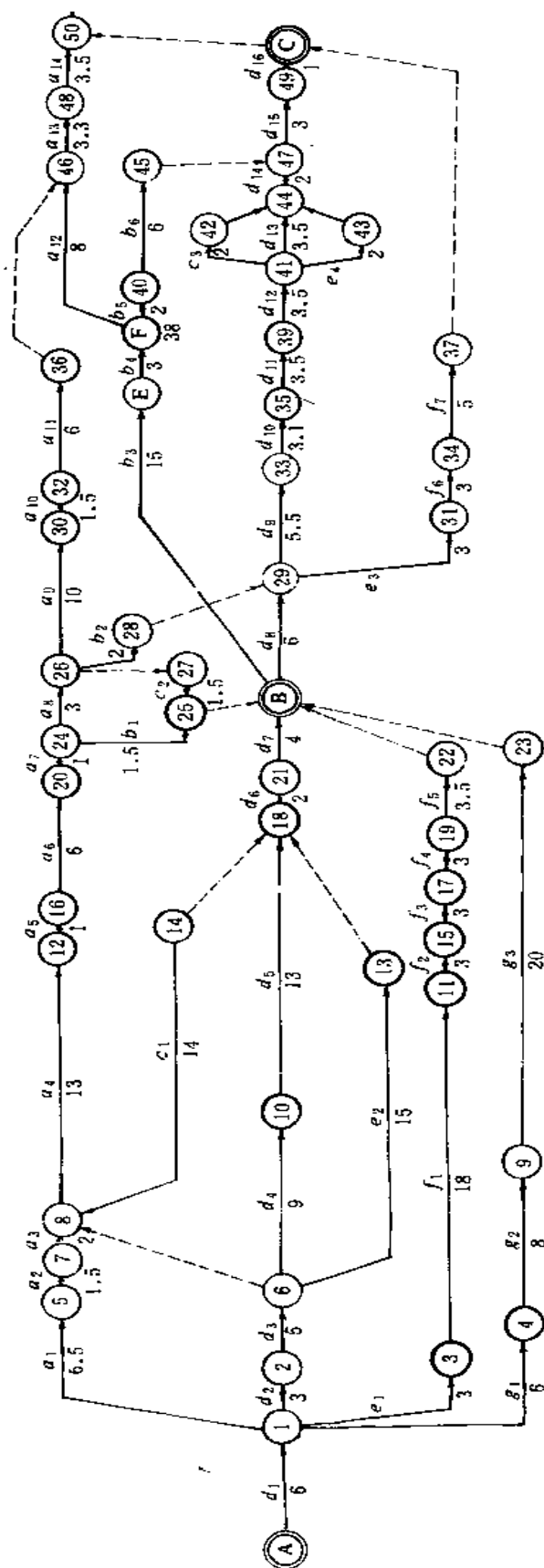
(3) 胀、焊、胀工艺。这项工艺试验研究工作,关键是要寻求一种适于现场应用、测量距焊口不同水平位置和沿深度分布的梯度残余应力的测试方法,据初步调研,国内已有一种无切削应力干扰的局部释放——电测法以及相应的设备和应变片。它与 X 射线衍射法比较具有设备简单经济,适于现场使用,其测定深度约为 X 射线衍射法的 100 倍等优点。与机械钻孔、切槽释放法相比,前者无切削应力干扰,测定精度较高。现场应拟定专项计划,做好配合准备工作。

3. 总装合拢方案

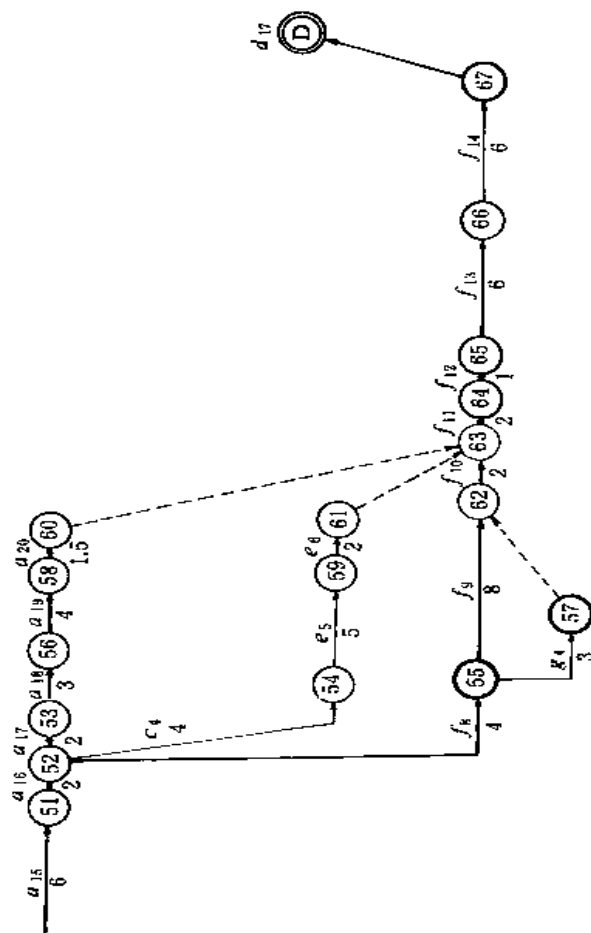
总装合拢构成见表 2-6-2, 选用的主要吊装机具为 100t 龙门吊, 以传统的土法吊装为辅助配合。龙门吊的布置见图 2-6-7 (高空台排气冷却装置施工现场平面布置图), 其大车运行前端能使主钩到达排气扩压器锥段尾端位置。排气扩压器直段和锥段, 可用龙门吊吊至消音器位置, 用地排水平牵引到位, 再用简易门架提升就位找正。排大气消音器, 先用龙门吊将 4 根支柱和支撑筒吊装就位, 再用支撑筒自身承重, 将消音筒 (重 100t) 分两次引体向上, 提升到位, 处在消音器跨下的两个活动段 (即活动直通段、活动排大气段) 由于已被消音器占据了上部空间位置, 不能用龙门吊直接吊装到位, 可在安装位置外, 先用龙门吊配合组装完毕, 再用临时轨道水平牵引到位。其余各段可用龙门吊直接吊装合拢。其中两个超重段的分解方法如下: 二级冷却器, 总重 386t, 总长 10850mm。可将后管板前的筒体、管板、折流板和部分支撑定位管在分段组装时完成, 其重 100t, 长度 9m, 符合龙门吊吊装能力。上位后再穿换热管 (约 220t), 最后吊装后段承力网格。灭焰段重 248t, 长 16.3m, 分为前筒体、后筒体、内筒体、后封头 4 大件吊装。前后外筒体就位后, 内筒体从后筒体尾端敞口进入, 装完内部灭焰罩后, 再吊装后封头。总装合拢全部完毕。

表 2-6-2

总装 顺序	名 称	总重 (t)	整 体 吊 装		散装件、重量
			分次就位顺序、重量	合计重量	
1	排气扩压器直段	43.7	1. 前半段 20t, 2. 后半段 23t, 3. 支架 0.7t	43.7	
2	排气扩压器锥段	74.134	1. 前半段 28t, 2. 后半段 40t, 3. 支架 1.34t, 4. 环管水泵 4.794t	74.134	
3	排大气消音器	158	1. 支撑结构 37.61t, 2. 上筒体 64t, 3. 顶盖 7.5t, 4. 下筒体 48.9t	158	
4	活动排大气段	104	一次就位	104	
5	活动直通段	123	一次就位	123	
6	过 渡 段	122.55	1. 支架 4.55t, 2. 前半段 43t, 3. 后半段 70t, 4. 环管水泵 5t	122.55	
7	二级冷却器	386	1. 支架 40t, 2. 前筒体 110t, 3. 后筒体 46t	196	换热管 4490 根 190t
8	灭 焰 段	248	1. 支架 80t, 2. 外筒 100t, 3. 内筒 24t, 4. 后封头 12t	216	灭焰罩、喷水帘等 32t
9	中 间 段	115	1. 筒体 105t, 2. 上下水槽及水泵 10t	115	
10	一级冷却器	125	1. 支架 25t, 2. 冷却器本体 100t	125	
11	其余附件	17.812			搭接环等 17.812t
合计		1517.196		1277.384	239.812t



注: a_1 课题调研 (二); a_2 施工方案定稿; a_3 特殊工艺试验方案编写; a_4 专用工装加工; a_5 基础预压方案及准备; a_6 基础预压 (上游段); a_7 基础校验核; a_8 处理及对策; a_9 基础预压 (下游段); a_{10} 基础校核; a_{11} 对策与处理; a_{12} 下游段到货; a_{13} 二级冷却器校验; a_{14} 二冷拼装就位; a_{15} 芯芯胀焊; a_{16} 二冷实验; a_{17} 一级冷却器调试; a_{18} 一级拼装; a_{19} 一冷芯芯胀焊; a_{20} 一冷就位前试压; b_1 上游段坐标定位; b_2 上游段主机铺设; b_3 消音器制安; b_4 活动直道段到货; b_5 直通段校正; b_6 直通段拼装就位; c_1 特殊工艺试验; c_2 下游段坐标定位; c_3 液压系统安装调整; c_4 过渡段调校; d_1 编制施工方案; d_2 课题调研 (一); d_3 安装工艺卡编制 (上游段); d_4 工装设计; d_5 安装工艺卡编制 (下游段); d_6 安装工艺卡审定及技术交底; d_7 活动段小车道安装安装用零配件加工; d_8 扩压段到货; d_9 扩压段校验拼装; d_{10} 直道段安装; d_{11} 锥段安装; d_{12} 排大气段安装; d_{13} 快速法兰连接调整; d_{14} 固定支承受理; d_{15} 水压试验; d_{16} 防腐及交验; d_{17} 目标工期; e_1 生产性暂设工程设计协调; e_2 焊工考试; e_3 活动排大气段到货; e_4 水系统安装调整; e_5 过渡段拼装到位; e_6 过渡段附件安装; f_1 临时生产性暂设工程施工; f_2 生产供水供电设施; f_3 侧轨铺设 (上游段); f_4 侧轨铺设 (下游段); f_5 专设工程就位; f_6 排大气段校验; f_7 排大气段拼装; f_8 灭焰段调校; f_9 灭焰后段拼装就用工装设备就位; f_{10} 中间段就位; f_{11} 一冷就位; f_{12} 支架处理; f_{13} 附件安装调整; f_{14} 整体水压试验; g_1 施工预算编制; g_2 安装材料采购; g_3 安装材料进场; g_4 灭焰前段拼装



7-9-2

为了适应上述工艺方案,拟先安排排气冷却装置主体,后盖厂房。

原设计规划,按原定点厂的工艺要求,厂房建筑面积为 6000m²,设置重型行车,根据这一建议削减了主要供排气冷却装置加工制造用的厂房 4000m²,只剩下排气冷却装置主厂房 2000m²,其内的 70t 行车改为 10t 行车,厂房高度降低,结构也轻型化,节省了一大笔基建投资。设备安装后盖厂房虽然增加了一点土建难度系数费和设备保护措施费,但与节省的投资相比还是微不足道的。对安装施工,虽然多在露天施工,但提高了大部吊装的空间自由度,对提高设备整体质量极为有利。

(三) 重要吊装机具的选择

根据上述工艺方案,本工程吊装作业,有以下 4 个特点:

(1) 最大件吊装重量 100t

(2) 分段组装场内大型工装设备和半成品比较密集,总装合拢基础呈阶梯形,重型臂杆式起重机不便在场内频繁通行。

(3) 分段组装各工位之间半成品工序转移吊运十分频繁,高峰期频率 10 次/h 左右。

(4) 起重机械使用期限较长,约 2 年。

根据吊装作业特点,经对目前可供选用的大型起重机械进行经济技术对比论证,决定专门设计制造一台 100t 龙门起重机。该机主体采用钢板箱形结构、双梁、双悬臂、O 形支腿。支腿间通过界限 9m,主梁长 40m,分三截,采用高强螺栓连接,支腿为法兰对接,以便拆迁。地面轨距 22m,悬臂 2×9m,主钩起重 100t,副钩起重 20t,起升高度 12.35m,暂定型号为 OMQ100/20 型。根据现场平面布置,龙门吊大车行程为 150m,作业覆盖面 6000m²,分段组装场全部大型工装和总装工位几乎全在其覆盖之内,这就使现场形成了一个没有厂房的大型压力容器组装车间。

三、生产进度计划 (见图 2-6-2)。

四、主要资源供应计划

(一) 劳动力需用计划 (见表 2-6-3)

表 2-6-3

序号	工 种	准 备 期					施 工 期				
		平均人数	进场时间 (年、月)	使用期限		计划工日	平均人数	进场时间 (年、月)	使用期限		计划工日
				日历 (d)	作业 (d)				日历 (d)	作业 (d)	
1	铆 工	10	85.11	243	204	2040	40	86.7	548	495	19800
2	起重工	10	85.6	395	332	3320	20	86.7	515	430	8600
3	电焊工	10	85.11	243	204	2040	45	86.7	526	441	19845
4	气焊工	5	85.11	243	204	1020	8	86.7	548	495	3960
5	管 工	2	85.5	426	357	714	2	86.7	548	495	990

续表

序号	工 种	准 备 期					施 工 期				
		平均 人数	进场时间 (年、月)	使用期限		计划工日	平均 人数	进场时间 (年、月)	使用期限		计划工日
				日历 (d)	作业 (d)				日历 (d)	作业 (d)	
6	钳 工	7	85.10	274	230	1610	7	86.7	548	495	3465
7	油漆工	5	86.3	122	102	510	15	87.7	243	204	3060
8	电 工	4	85.5	426	357	1428	4	86.7	548	495	1980
9	热处理工	1	85.11	243	204	204	2	86.7	517	434	868
10	测量工	1	85.3	487	408	408	1	86.7	548	495	495
11	检验工	2	86.3	122	102	204	3	86.7	548	495	1485
12	探伤工						4	86.7	517	434	1736
13	材料工	4	85.7	365	306	1224	4	86.7	548	495	1980
14	车铣刨磨	10	85.11	243	204	2040	10	86.7	517	434	4340
15	木、瓦	2	85.3	487	408	916	2	86.7	548	495	990
16	汽车司机	2	85.3	487	408	916	2	86.7	548	495	990
17	吊车司机	1	85.3	487	408	408	3	86.7	548	495	1485
18	其 他	10	85.3	487	408	4080	10	86.7	548	495	4950
	合 计	86				23082	183				81019

注：施工准备期用工主要用于现场平面布置、临地设施、自制工装、部分工艺试验和特殊工种提前培训。

(二) 主要材料需用计划 (见表 2-6-4)

表 2-6-4

序号	名称、规格、品种	数 量	用 途	需用时间
1	钢板 Q235δ12mm	100,000kg	100t 龙门吊用料	85 年 6 月
2	钢板 Q235δ14mm	20,000kg	100t 龙门吊用料	85 年 6 月
3	钢板 Q235δ10mm	20,000kg	100t 龙门吊用料	85 年 6 月
4	钢板 Q235δ6mm	15,000kg	龙门吊及其它工装用料	85 年 6 月
5	钢板 Q235δ25mm	20,000kg	龙门吊及其它工装用料	85 年 6 月
6	钢板 Q235δ30mm	20,000kg	龙门吊及其它工装用料	85 年 6 月
7	圆钢 45#Φ200mm	2,500kg	龙门吊及其它工装用料	85 年 6 月
8	圆钢 45#Φ150mm	2,000kg	龙门吊及其它工装用料	85 年 6 月
9	圆钢 45#Φ100mm	1,000kg	龙门吊及其它工装用料	85 年 6 月

续表

序号	名称、规格、品种	数 量	用 途	需用时间
10	圆钢 45# Φ 60mm	500kg	龙门吊及其它工装用料	85年6月
11	工字钢 Q235FI30	5,000kg	龙门吊及其它工装用料	85年6月
12	工字钢 Q235FI14	5,000kg	龙门吊及其它工装用料	85年6月
13	槽钢 Q235F [30	5,000kg	龙门吊及其它工装用料	85年6月
14	槽钢 Q235F [14	12,000kg	龙门吊及其它工装用料	85年6月
15	钢板 16MnR δ 20	1,000kg	焊接工艺试验	86年1月
16	钢板 16MnDRY δ 25	1,000kg	焊接工艺试验	86年1月
17	钢板 20gZ δ 38mm	2,000kg	焊接工艺试验	86年1月
18	钢板 20gY δ 12mm	500kg	焊接工艺试验	86年1月
19	重轨 50kg/m	27,000kg	龙门吊轨道	86年1月
20	轻轨 24kg/m	5,000kg	龙门吊轨道	86年1月
21	钢管 20# Φ 76 \times 6	500kg	技措用料	86年1月
22	钢管 20# Φ 219 \times 8	2,000kg	技措用料	86年1月
23	钢管 20# Φ 273 \times 8	2,000kg	技措用料	86年1月
24	钢管 20# Φ 57 \times 3.5	500kg	胀、焊、胀工艺试验	86年1月
25	钢管 20# Φ 76 \times 3.5	500kg	胀、焊、胀工艺试验	86年1月
26	钢板 Q235 δ 40mm	10,000kg	顶平机等工装设备	85年9月
27	水煤气管 DN 50mm	4,000kg	临设空压、电缆	85年9月
28	水煤气管 DN 40mm	30,000kg	架 杆	86年6月
29	水煤气管 DN 25mm	1,000kg	临 设	85年10月
30	镀锌钢管 DN100mm	2,000kg	临 设	85年10月
31	镀锌钢管 DN50mm	1,000kg	临 设	85年10月
32	镀锌钢管 DN40mm	1,000kg	临 设	85年10月
33	镀锌钢管 DN20mm	1,000kg	临 设	85年10月
34	钢板 Q235F δ 20mm	10,000kg	技术措施用料	86年1月
35	螺纹钢 Φ 20mm	3,000kg	临 设	86年1月
36	螺纹钢 Φ 12mm	2,000kg	临 设	86年1月
37	普通水泥 525#	15,000kg	设备基础二次浇灌	86年6月
38	普通水泥 425#	20,000kg	临设基础	86年1月
39	道木	20m ³	周转用料	86年1月
40	跳板	15m ³	周转用料	86年1月
41	电焊条 结 507B	15,000kg	工程焊接用料	86年1月
42	电焊条 结 427B	5,000kg	工程焊接用料	86年1月
43	电焊条 结 427	20,000kg	工程焊接用料	86年1月

续表

序号	名称、规格、品种	数 量	用 途	需用时间
44	电焊条 结 507	5,000kg	工程焊接用料	86年1月
45	电焊条 结 422	8,000kg	工程焊接用料	86年1月
46	焊丝 H06MnNi	1,000kg	工程焊接用料	86年1月
47	焊丝 H06MnNiA	2,000kg	工程焊接用料	86年1月
48	自动焊剂 431 [#]	500kg	工程焊接用料	86年1月
49	铝丝 $\Phi 2.3\text{mm}$ 纯度 99.8%	500kg	灭焰段喷铝	87年1月
50	有机硅耐热漆 W61-25	1,000kg	燃气道油漆	87年6月
51	岩 棉	10m ³	排大气段隔热层	87年6月
52	硅酸铝耐火纤维	40m ³	热处理保温材料	86年1月

(三) 排气冷却装置施工用主要机具及工装 (见表 2-6-5)

表 2-6-5

类别	序号	名 称	型号与规格	用 途	需用量	其 中			进场时间	使用期限	备 注
						已 有	租用 或 购置	自 制			
起重运输机械	1	龙门起重机	100t/20t	冷却器分段装配、整体合拢吊装	1			1	86.5	88.1	小车外委加工、主梁自制
	2	龙门起重机	5t	小工件加工	1		1		85.9	88.1	
	3	轮胎起重机	8t	场外小件装卸、转运	1	1			86.10	87.9	
	4	门式起重机	50t	水口庙火车站部件装卸	1			1	86.7	88.1	
	5	平板拖车	60t	火车站至现场大件运输	1		1				需要时租赁
	6	格构式起重扒杆	200t \times 57m	吊装 100t/20t 龙门吊用	2	2			86.4	86.6	
	7	电动卷扬机	10t	辅助吊装	4	4			86.6	87.9	
	8	电动卷扬机	5t	消音器吊装水平运输	4	4			86.6	88.1	
	9	手拉葫芦	10t	辅助吊装	10	10			86.2	88.1	
	10	千斤顶	3t、5t、10t	备 用	10	10			86.6	88.1	
	11	载重汽车	14.5t	场内外运输	1	1			86.7	87.9	
	12	载重汽车	5t	场内外运输	1	1			85.3	88.3	
冷作机械及专用工装	13	卷板机	3200 \times 30	冷作加工	1		1		86.6	88.1	
	14	卷板机	2000 \times 20	冷作加工	1	1			86.1	88.1	
	15	龙门剪	2500 \times 13	冷作加工	1	1			86.1	88.1	
	16	顶平机	200t	局部整形	1			1	86.7	88.1	
	17	型钢矫直机	100t	冷作加工	1	1			86.1	88.1	
	18	辐射平台	$\Phi 10\text{m}$ 、不平度 <0.5	冷却器分段装配	2			2	86.5	88.1	
	19	翻身架	100t	冷却器分段装配	1			1	86.5	88.1	

续表

类别	序号	名称	型号与规格	用途	需用量	其中			进场时间	使用期限	备注
						已有	租用或购置	自制			
冷作专用机械及装	20	蜘蛛网架	$\Phi 3 \sim \Phi 8 \text{m}$	筒体内支撑加固	12			12			按需要加工
	21	钢平台	$\delta=16 \quad 100\text{m}^2$	工件组对	3			3	86.3	88.1	
焊接及试验设备	22	直流焊机	A_x-400 $A_{x1}-500$		60	35	25		86.2	88.1	
	23	交流焊机	$B_{x1}-500$		6	6			85.9	88.1	
	24	手工氩弧焊机	$NSA-300$ $ARG-500$	焊接打底	7	4	3		86.7	88.1	
	25	直流埋弧自动焊机	$MZ-1000$		2		2		86.9	88.1	
	26	焊接滚胎			5		2	3	86.9	88.1	
	27	电烘箱	$YHX \quad 40$	烘焊条	3	3			86.3	88.1	
	28	自动切割机	SAG		3	3			85.9	88.1	
	29	液压万能试验机	$WE-1000A$		1		1		86.3	88.1	
	30	冲击试验机	$JB-30A$		1		1		86.3	88.1	
	31	除湿机	$KQF-5$	焊条一级库除湿	2		2		86.3	88.1	
	32	应力应变仪	$YJD-17$	盆座应力监测、 焊接应力分析	2		2		87.1	88.1	
	33	金相显微镜	$4XA$	焊接试件分析	1		1		86.3	88.1	
	34	金相显微照像仪	$XZ-3$	焊接试件分析	1		1		86.3	88.1	
	35	金相试样抛光机	仿 P-2	焊接试件分析	1		1		86.3	88.1	
检测仪表	36	测温仪	$DM-80/C$ $0-1000^\circ\text{C}$	焊缝测温	1		1		86.3	88.1	
	37	涡流测厚仪	$FOR-7503$	涂层测厚	1		1		87.1	88.1	
	38	经纬仪	蔡司 010B		1	1			85.3	88.1	
	39	水平仪	$S_1 \quad S_3$		2	1	1		85.3	88.1	
	40	超声波测厚仪	$SCH-3$	钢板测厚	1		1		86.7	88.1	
	41	布氏硬度仪		钢材硬度测试	1	1			86.8	88.1	
	42	方水平		设备精平	2	2			86.8	88.1	
探伤设备	43	射探仪	3005、2505		5	4	1		86.7	88.1	
	44	超探仪			4	2	1		86.7	88.1	
	45	四极旋转磁场仪	CZA		3	1	2		86.7	88.1	

续表

类别	序号	名称	型号与规格	用途	需用量	其中			进场时间	使用期限	备注
						已有	租用或购置	自制			
金属切削机械	46	车 床	C630	金属切削加工	2	2			86.3	88.1	
	47	车 床	C620	金属切削加工	4	4			86.3	88.1	
	48	万能铣床	X62W	金属切削加工	1		1		86.3	88.1	
	49	摇臂钻床	Z3025	金属切削加工	2	2			86.3	88.1	
	50	摇臂钻床	Z3063	金属切削加工	2		2		86.3	88.1	
	51	立式钻床	Z 50	金属切削加工	2	2			86.3	88.1	
	52	牛头刨床	B665	金属切削加工	3	3			86.3	88.1	
热处理设备	53	电加热处理炉	160kW Φ2.5×H2.5	小构件热处理	1			1	86.3	88.1	
	54	电加热处理炉	1200kW Φ9m×H5m	整体热处理	1			1	86.7	88.1	
	55	电子自动测温仪	XWC-300、 EU-2	升温曲线记录	2		2		86.7	88.1	
	56	局部热处理设备		焊缝局部热处理	5			5	86.7	88.1	
主要施工机械					145						

五、主要技术措施

(一) 施工管理机构

本工程按照工程总承包合同,由工厂和安装公司分别为冷却装置的本体制造、现场组对安装的分包单位。总包负责调集冷却装置基础工程的施工力量,负责协调制造与安装的分包关系,并对建设单位负责。

针对本工程的安装特点及承包方式,在现场建立施工领导班子。在组织机构上按技术、施工、质量检验三大系统配备技术干部和管理骨干,这三大管理职能部门既分工明确,各负其责,又互相配合,相辅相成,在领导班子的直接指挥下,组成施工现场的技术中心,培训中心和检验中心。这是以技术为中心,以质量监测作保证的施工管理体系。详见图 2-6-3,现场施工组织是按专业分工的,目的是使各专业工长有明确的技术责任,有利于发挥各专业的技术优势,也便于施工总负责人调度灵活。

把培训试验集中统一,形成一个中心有利于做好培训和工艺试验工作,为施工提供合格焊工和工艺条件。

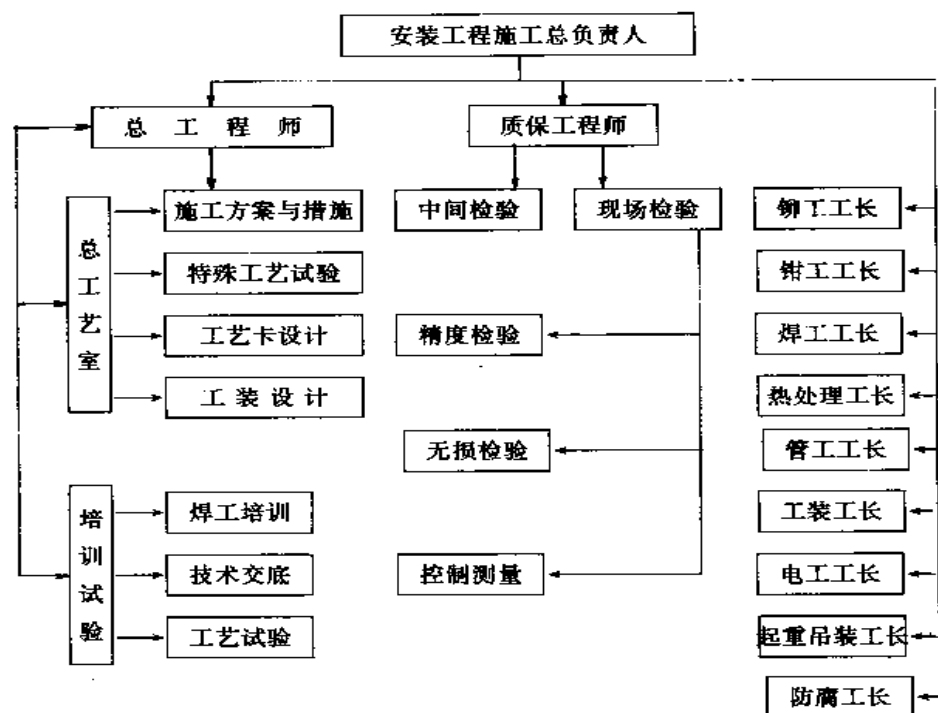


图 2-6-3

检验中心集中在检验总负责人的领导之下，对工程的精度检验，无损检验，控制测量全部负责，有利于统一检验标准，并根据现场检测工作的需要，灵活调度现场检验力量和设备。

(二) 质量技术组织措施

本工程的质量目标：主体工程焊接一次照片合格率在 95% 以上。按照设计技术要求检查，关键保证项目 100% 合格，一般检验项目合格率达 90% 以上。

(1) 本装置在现场制作，组装各阶段、各环节质量管理程序以及质量保证体制分别如图 2-6-4、图 2-6-5 所示，质保体系对五大因素的质量控制和保证质量的具体措施是：

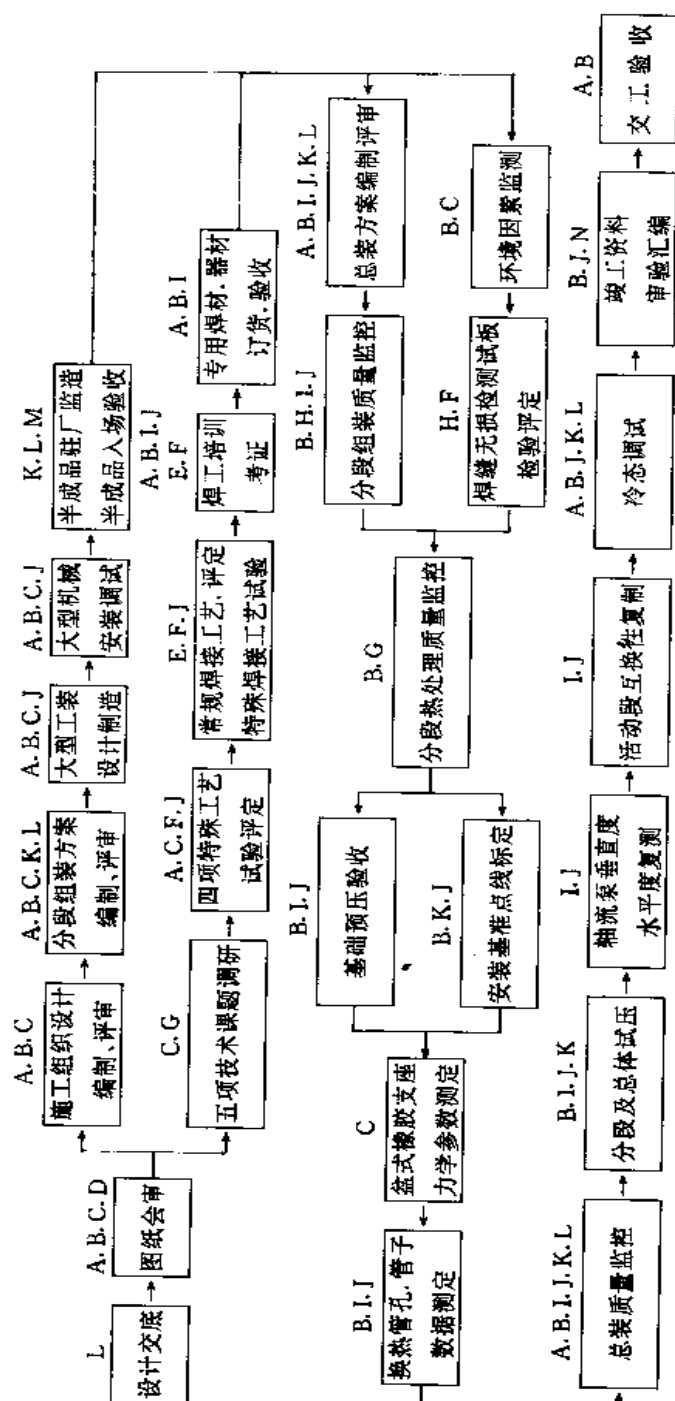
1) 狠抓质量意识教育，反复宣传强调工程重要性，主要技术要求和工艺技术难点、质量目标。提高职工质量意识，强化工艺纪律，树立质量创优信心。

2) 普及全质 (TQC) 教育，使工人能用 TQC 方法分析、控制、管理质量。

3) 专业培训、特殊工种培训，现场建立焊接试验培训中心，“中心”的主要任务有三条：焊接工艺试验评定（另详焊接工艺试验评定实施计划），按照锅炉压力容器焊工考试规则和评定合格的焊接工艺，培训持证上岗的合格焊工，本工程计划培训 60 名持证焊工；根据工程特殊焊接环境、位置、方法对持证焊工进行必要的适应性训练，使焊工经常保持最佳技术操作状态，以保证工程焊缝一次合格率达到 95% 以上。杜绝同一部位返修超过两次。

特殊机操工培训：对龙门吊、退火炉、顶平机、大型卷板机等设备的机操工，由专业技术人员参照设备使用维护说明书、本工程作业特点和现场条件等资料编制应知应会讲义，由主管机动部门组织学习，考试合格后持证上岗。

不断拓宽技术人员的知识面和提高工人的质量意识。鉴于本工程结构复杂，涉及的技术难点和新工艺、新技术问题较多，施工技术人员对这些问题的全面认识不可能在短时间内完成，而是随着施工过程而逐步深化。解决这个问题最有效的方法：一是重视技术方案



执行单位

I—质检员;
J—组装工长,
K—用户代表,
L—设计代表,
M—安装驻厂代表;
N—资料员

四 项 特 殊 工 艺 试 验

- 1—胀、焊、胀试验；
- 2—热处理试验；
- 3—喷铝试验；
- 4—直段合拢口装配、焊接热处理试验

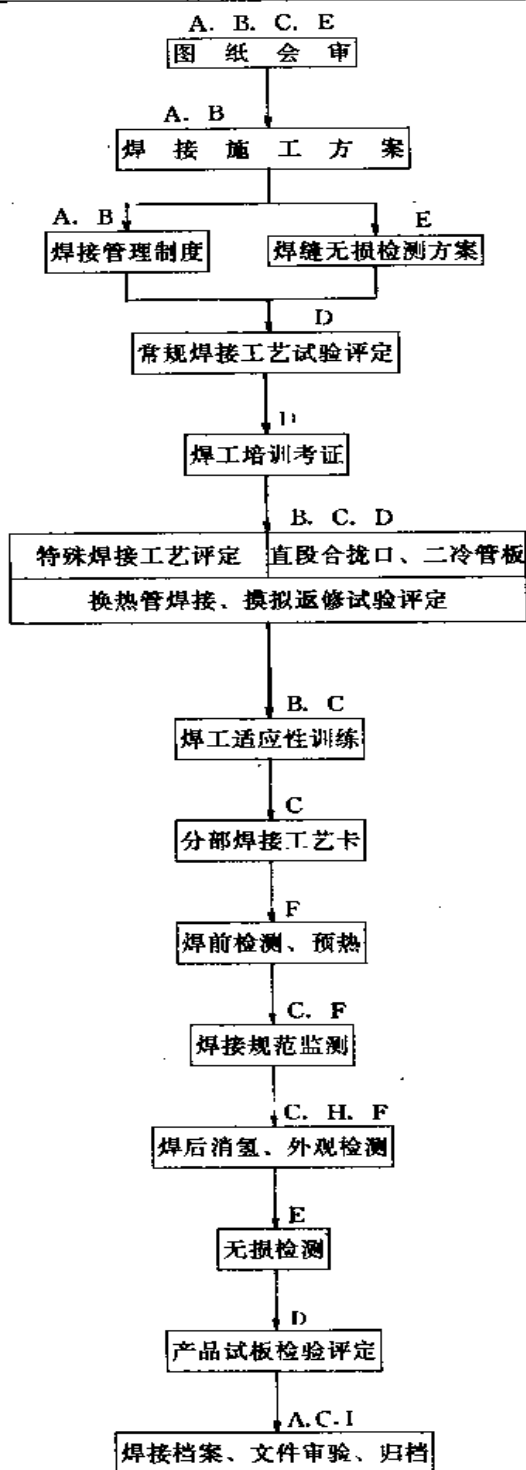


图 2-6-5

A—质保工程师；B—焊接工程师（技师）；C—焊接工长；
 D—焊接试验培训中心；E—无损检测组长；F—质检员；
 G—焊材库；H—热处理组；I—资料、档案员

的专家咨询。各专业技术人员在本地组织设计原则指导下编制的各项技术方案或措施，应广泛征求各方专家意见，促使工程技术人员从多方面和深层次完善技术方案和质量保证措施。

二是对作业层进行方案交底时,要改变传统模式,不囿于简单的程序交代和规范宣讲,应将方案交底会变为工艺技术和工程质量研讨会,充分挖掘作业者的智慧和责任心。

4)本工程对机械设备的管理要求,除通用设备的配套程度和使用管理应符合工程质量要求外,对一些特殊的大型工装设备多属于首次设计和制造,提倡由现场技术人员自行设计。他们对工程结构、使用特点及保证质量的要求最了解,在长期的非标结构现场施工中,对特殊工装有一定的设计能力和经验,设计的工装能做到土而巧,性能适用而成本低廉,在使用中进行改进完善也比较方便。

5)本工程的钢材,在订货合同中已作了严格的供货技术规定,需方进料又作逐张100%超探和按批量理化抽检,对材质可以得到控制。在现场使用的诸多辅材中,对工程质量的影响关系当数焊接材料为强相关因素。本工程选用的低氢和超低氢型手弧焊条,吸潮倾向大,对质量波动比较敏感,应做好采购、验收、保管和使用等环节的管理,应直接向制造厂订货,避免市场流通变质。工厂提供分批技术检验报告,出厂后直接进入现场一级库房,库房采取特殊防潮措施,常年相对湿度不大于65%。二级库的保管及使用的保温防潮措施,应按质保手册中焊材一节的规定严格执行。

6)本工程选择手工电弧焊接法为主,基于两条原因:一是本工程所有焊缝绝大部分是全位置焊缝,有些焊缝施焊位置十分狭窄,手弧焊的适应性最强。二是手弧焊是我们的强项,质量比较稳定。提高手弧焊质量要控制好三个环节,一是评定合格的焊接工艺,包括返修工艺,在同一部位一次、二次、三次返修后,焊缝内部质量、接头的机械性能、金相组织均应评定合格。二是焊工的理论知识和操作技能。三是焊接工艺参数的计量控制,包括焊接电流、电压、预热、层间和后热消氢温度的监控。前两条,主要由现场焊接试验培训中心保证,最后一条主要是施工过程中的管理控制,应由过去以经验为主转变为科学计量控制。详见质量保证手册的焊接部分。

为了避免两级冷却器胀、焊、胀工艺数万个数据的人为误差,应将传统的手工测量计算方法改用声光型电子定扭矩控制,前者只作相互验证抽检。

7)本工程分段组装及总装合拢均在露天施工,施工周期大约要经历两个冬季和两个夏季。工程质量将受到诸多环境因素的制约和影响,其中最难于控制而又容易被忽略的是环境温差,包括季节温差,日照和阴天温差对大型焊接结构产生的热应变而造成的组装精度超差,如长度超差,轴线偏差等。特提醒施工和质保人员重视下列三点:

第一、按一般资料介绍,碳钢在常温下的热应变率即线膨胀系数 α 为 1.2×10^{-5} m/m·℃,在安装施工中,在常温下对一个小部件常常可忽略不计,但对于大型结构的累计胀缩量,往往可能超过公差界限或检测数据发生较大波动、干扰、难于追踪原因,因此不可忽视。

第二、结构实际温升应在不同的季度、天气、日照和背阴等不同条件下,反复测量,掌握其变化规律,不能简单地用环境气温代替结构的实际温升,两者的属性不同,差异也很大。

第三、测量器具和被测对象应在相同的热应变效应下进行测量,减少误差波动。

掌握上面三条原则,可在不同季节、天气进行分段组装或总装合拢的控制尺寸或基准面定位控制作适当调整,以便缩小最终误差达到设计要求,举例如下:图2-6-6是排气冷却装置排大气试验时的总装示意图,设计要求活动排大气段出口轴线与消音器轴线同轴度公

差为 20mm, 由于本工程在露天施工, 总装完工后再盖厂房, 充水调试交工。设充水后设备正常温度 $t_{\text{常}}=20^{\circ}\text{C}$, 冬季温度 $t_{\text{冬}}=0^{\circ}\text{C}$, 夏季 (日照下) $t_{\text{夏}}=60^{\circ}\text{C}$ 。消音器单独安装在基础上, 其轴线垂直投影点不受温度影响, 保持不变。若下游段在 $t_{\text{冬}}$ 时合拢, 其前端面应向基准线后移 9.9mm; 若 $t_{\text{夏}}$ 时合拢, 则应前移 19.8mm, 可提高同轴度的最终精度。

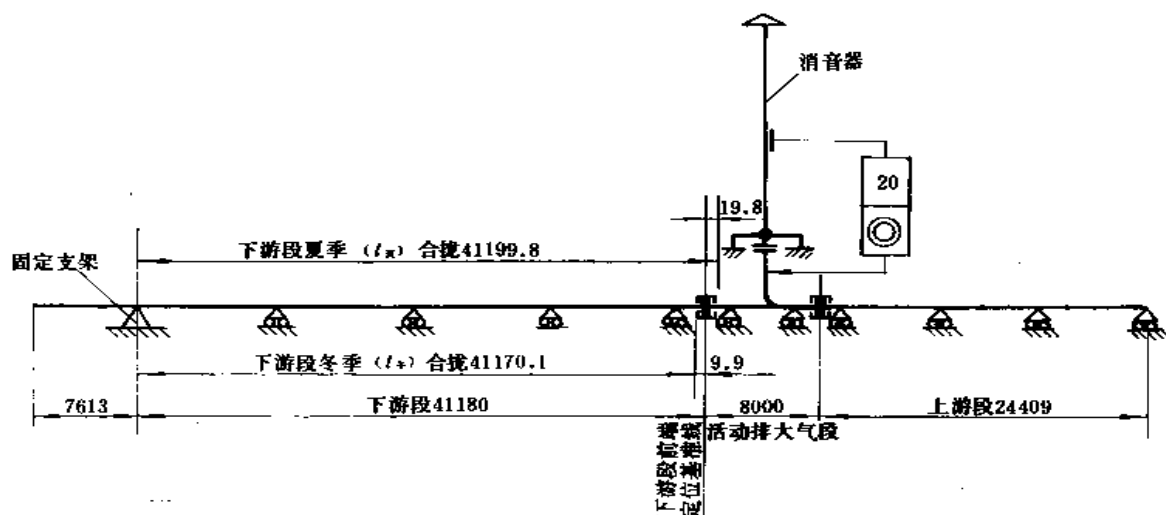


图 2-6-6

针对工艺过程中的技术难题, 初步拟定以下课题, 组织各专业工程技术人员、工人技师, 开展科技攻关活动:

- ①大型非标准设备整体高精度组装;
- ②低温优质钢的高质量焊缝;
- ③直径 6.2m 大型薄管板制造工艺;
- ④两级冷却器管子管板低应力接头, 即胀、焊、胀工艺;
- ⑤大型结构件整体消除应力热处理工艺;
- ⑥大面积喷铝工艺;
- ⑦大型结构吊装及整体合拢工艺。

每个课题都要完成向生产的转化, 做好与之相关的装备、技能考培、工艺规程、劳动组合、质量控制等物质和技术条件的准备。

(2) 各课题小组在进行科研攻关的同时, 还要完成下列工装设备的调研、试制工作:

- 1) 0MQ100t/20t 龙门吊;
- 2) 200t 顶平机;
- 3) 80t 安乐椅式翻身架;
- 4) 1200kW $\Phi 9 \times 5.5$ (m) 远红外热处理炉。

(3) 运用全面质量管理的理论, 指导施工生产的全过程, 要求参加本项目施工的职工必须接受 15h 以上全面质量管理教育, 其中工程技术人员、管理人员不少于 30h 全面质量管理教育。

要求主要工种铆、焊班建立 QC 小组, 着重攻克焊缝收缩量控制、扩压器直段安装精度和焊缝质量保证、冷却器换热管试装及胀、焊、胀工艺等课题。

(4) 后冷装置既是一个大型现场组装焊接的非标准设备, 又是一个特殊的高温卧式压力容器, 为使设备能在工作条件比较恶劣的环境下正常而可靠地工作, 设计对焊接技术提出了很高的要求: 设备本体所有对接焊缝要求射探、超探、磁探三项 100% 检测, 射探 I 级 (其中重要焊缝 I 级) 合格, 超探 I 级合格。为此拟在现场建立焊接试验培训中心和检验中心, 由公司和工程处二级焊接专业工程技术人员, 有丰富实践经验的焊接技师、焊接检验人员、管理干部等组成。

培训中心的职责是按照安装工艺大纲要求, 制定焊接工艺试验、焊工培训计划并组织实施。

各种焊接工艺都必须先由培训中心进行焊接工艺评定, 未经评定合格的工艺不能用于焊接。根据评定合格的焊接工艺, 对每条 (类) 焊缝制定焊接工艺卡, 施焊前技术人员须根据工艺卡对操作焊工进行技术交底。

通过几种焊接方法对本工程的适应性和我们的焊接特长综合考虑, 选用手工电弧焊为主, 再辅之以其它类别的焊接。电焊、气焊、氩弧焊、埋弧自动焊等各类焊工在上岗施焊前必须送培, 以提高焊工的理论水平和操作技能, 并进行适应性训练。按照锅炉压力容器焊工考试规则考试合格后方能承担焊接工作。

(5) 加强焊接技术管理与质量监督。施工中坚持焊工持证上岗, 各类焊接设备均要配齐电流表、电压表及气体流量表, 保证运行工况良好。施焊时焊接程序、工艺参数等必须按照工艺卡规定进行, 未经制定工艺的有关人员同意, 任何人不得擅自改变焊接工艺。

无质量证明书或经检验不合格的母材及焊接材料不得用于焊接, 焊接材料的保管及使用由专人负责, 并严格执行公司的《焊接材料管理制度》。

施工中焊工及管理人员要认真填写焊接日志、焊接材料烘烤及使用、焊接工艺参数、气象状况等施工记录。焊接过程中严格执行自检、互检、专职质检员检查的三检制度, 做到上道工序不合格不进行下道工序。

后冷装置是在温度交变、压力交变, 并在冲击载荷的条件下工作, 而且结构尺寸较大, 焊缝位置复杂, 多数属于全位置固定焊, 要保证后冷装置的安全使用, 防止由于焊缝缺陷而引起的低应力脆断和疲劳损坏十分重要。

按照设计要求, 对同一焊缝需采取多种方法检查, 并按筒体的工作条件, 焊缝接头形式与部位, 分别以射线探伤、超声波探伤、磁粉探伤、渗透法探伤中的一种为主, 其余为辅。所有对接焊缝均要同时进行射探、超探、磁探三项检验 100% 合格。根据检查来评定焊缝的内部质量, 需现场探伤的焊缝总长约计 5000m。

由于探伤数量大、焊缝部位复杂, 需要有足够的探伤设备 (配置进口高效能 X 射线、超声波探伤仪器) 和具有 I 级以上资质的探伤人员, 做好焊接、探伤、返修的程序之间的合理穿插, 将现场的检验中心设立探伤组和金相组负责整个工程的探伤与金相检查工作。整个工程的无损检测工作由安装公司试验室编制施工方案。

(6) 为了保证安装精度达到设计要求, 要采用高精度经纬仪、水平仪等组成高精度定位测量系统。定人、定点、定仪器在指定阶段对工程质量进行检查和控制, 并制订一整套组装 (焊接) 专用表格, 明确规定凡未经上一道工序检查人员签字, 不得进行下一道工序的施工。

(7) 加强全员的质量意识教育, 要求每个施工人员对自己所从事的每项工作的质量标

准十分清楚,并以此进行自我检查,防止不合格产品的产生。进一步强化质量监督系统,充实现场质量检查人员,从原材料进场检验到现场分段制造、总装合拢的全过程进行质量监督,并行使质量否决权。

(8) 后冷装置的本体是由工厂制造。安装质量的好坏,在一定程度上依赖于制造质量,因此要加强中间检验和半成品检验,统一检验手段标准,制造与安装双方应当互派检查员,常驻制造与安装现场,对关键部位的关键工艺应有制造厂家的代表在施工现场指导安装,使制造和安装在质量保证方面能互相依托、互相监督。

(三) 安全技术组织措施

(1) 后冷装置系现场组装的大型压力容器,整个装置由十段组成,全长 81.2m,最大外筒直径 $\Phi 8040\text{mm}$,最小外筒直径 $\Phi 2020\text{mm}$,设备净重 1500 余吨,整个后冷装置由 21 个支架支承于地基上。地基呈阶梯形,设备中心距地基最大高度 5500mm,最低高度 2300mm。为协调设备总装合拢与土建厂房施工的交叉作业,采用两次四步交叉施工方案,即:土建地下柱基和设备基础施工→后冷装置主体安装→地面厂房施工→配套设备安装。

(2) 后冷装置在安全施工方面的特点:

- 1) 整个安装工程均系露天作业,受气候变化的制约较大;
- 2) 大件 (50~100t) 吊装较多;
- 3) 高空作业及临界高空作业频繁;
- 4) 施工场地狭窄,交叉作业多;
- 5) 容器内作业多。

为了确保安全生产,要在施工现场建立安全领导小组,由施工队分管安全工作的领导、专职安全员、主要专业工长等组成,其主要职责是:落实安全生产的组织管理、技术管理,施工现场安全生产的平面布置,制定行之有效的安全管理制度,做好岗位安全培训、安全生产监督管理、宣传教育等。提高全体施工人员的安全意识和自我保护能力,建立起安全文明的施工生产秩序。

(3) 坚持领导安全值日制度,施工队每位领导每周轮换值日,这样便于直接了解施工现场安全生产的状况,便于发现问题和加快解决问题的速度,提高办事效率。

(4) 严格执行安全管理奖惩制度,安全领导小组要秉公办事,奖惩分明,使各项安全管理规章制度变为广大职工的自觉行动。

(5) 坚持岗位安全技术培训,对电工、焊工、起重工、吊车司机等工种上岗前必须组织培训,认真学习各专业的安全技术知识和安全操作规程,掌握安全操作技能,经考试合格后才准上岗。

(6) 坚持安全技术交底制度,一是做好各分部分项工程施工方案、吊装方案的安全交底工作,由方案的编制人向有关专业的工长、施工班组交底,特别是安全工作的重点部位以及采取的针对性措施均要一一交待清楚。二是开好施工班组每天的班前会,班长要根据当天工作特点,做好安全技术交底,并检查各项安全措施的落实情况。

(7) 为保证安全,在施工现场总体布置方面应采取以下措施:

1) 现场的全部工装、设备及暂设工程在交付使用前要进行试验或检查,合格后填写试验或检查报告,经安全监督人员检查认可在报告上签署意见后,方可投入使用。

2) 现场的配电工程及用电线路,均按正式工程要求施工,应符合有关的施工及验收规

范。

施工现场用电设五个供电回路,分别由2台1000kVA、1台560kVA变压器供给,设四个临时用电的固定配电柜,现场的电焊设备应按区布置,原则上分四~五个区域,减少二次线路耗损和线路纵横交错,所有焊机应配电流、电压表。供电系统采用变压器中性点接地的三相四线制,所有用电设备均应保护接零,并重复接地,所有电动工具均应安装漏电保安器,接零电阻不大于 4Ω ,接地电阻不大于 10Ω ,100t龙门吊接地不少于2次。

照明回路设4个高压汞灯,2个固定式探照灯,另在龙门吊上设一个照明灯,以保证场内有足够的亮度。

3)检修任一供电回路时应事先通知用电设备的使用人员。检修任一用电设备时应在该回路总闸悬挂检修标志。

4)在筒体内作业时,使用的行灯,其电压不得高于12V,筒体外的行灯电压不允许高于36V。

5)所有可能发生危险的作业地点,均应悬挂醒目的三角警告牌。

6)现场氧气瓶应放置在三个立式氧气瓶存放架上,不允许随意放置。

(8)起重吊装作业安全防护:起重吊装作业应严格按吊装方案和起重吊装操作规程执行,各种吊装机具要做好经常性的检查、维护、保养工作,吊装前要进行必要的负荷验算。

100t龙门吊应由专职司机操作,每班应进行一次空负荷试验,检查钢丝绳有无缺陷,各操作机构是否灵活,安全设施是否可靠,起重吊装作业时应专人指挥,步调一致,并由专职挂钩员进行挂钩作业,所有机操人员、挂钩员、指挥员都应严格遵守龙门吊操作规程、维修保养制度及交接班制度。

起吊时钢丝绳必须垂直,做到五不吊,即手势不清不吊、重量不明不吊、超负荷不吊、看不清不吊、捆绑不牢或不正确不吊。大车行走时,必须注意轨道上有无异物和人,重物越过作业点或人头前必须响警铃。

(9)高空作业安全防护:高空作业主要指高度在2m或2m以上以及垂直交叉作业,除遵守各工种安全操作规程外,还应着重强调以下几点:

1)所有筒体上操作的人员均配备防滑胶鞋、工具袋、安全带、安全帽,并应正确使用。

2)梯子应放置平稳,下设防滑胶垫,上部捆牢,与地面夹角以 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 为宜,禁止二人上梯作业。

3)脚手架搭设应牢固可靠、工作面上跳板应结实、满铺、无空隙、跳板与架杆之间应绑扎牢固,不准有探头跳板。

4)在进行交叉作业时,上、下层间应隔离。筒体组装焊接时,禁止同一立面的二个高度上在无隔离措施情况下作业。

5)在高空或临界高空作业时,为了延伸作业面,禁止一足踩梯、一足踏在其它物件上,以免用力后梯子移动,更不允许踩在阀门、手柄、滑动座等可转动的支持物上。

6)在筒体或龙门吊等高空使用工具时,为了防止滑落,应用绳子将工具系牢,牵挂在固定构件或人体上。

7)进入高空或其它作业面时应排除作业面的不安全因素方可作业。

(10)热处理安全防护:

1)严格遵守热处理炉的安全操作规程。

2) 热处理前应在热处理炉及局部热处理区域挂出醒目的警告牌及划定警戒区。

3) 炉体及局部热处理件应可靠接地。

4) 局部热处理件在进行热处理时,禁止在可动端进行作业,其任何一端不允许进行有碍热处理的作业。

5) 筒体上的固定合拢口进行热处理时,应清理焊缝二侧或临近的易燃物,在布置热处理元件时,电闸应挂出禁止合闸的标志牌,并有专人看护。

(11) 手持电动工具使用规定:

1) 手持电动工具在使用前应检查绝缘情况,每天一次。

2) 手持电动工具必须串联触电保安器,在筒体上或筒体内使用时,操作人员应穿绝缘胶鞋,带绝缘手套。

3) 使用砂轮机、磨光机时,人应站在侧面,并戴上口罩及防护镜,防止砂轮伤人。

(12) 尘毒等有害作业防护:

1) 在筒体内进行焊接打磨作业时,应设通风装置,人应站在上风侧,每作业 1h,应离开筒体去室外休息 10~15min。

2) 在筒体内进行油漆作业时,应加强机械通风,人应在上风侧,禁止明火。

3) 现场进行 X 射线透照作业时,在 X 射线源周围 25m 内不得有人活动,并设置醒目的警告牌。

4) 在筒体内进行渗透探伤时,应加强通风,以降低有害气体的浓度,工作人员应戴好口罩及胶皮手套。探伤剂应按可燃类物质进行存放保管。

(四) 消防安全保卫措施

(1) 在施工队领导班子中指定专人主管消防保卫工作,配备 2 名兼职消防保卫人员。制定施工现场消防管理制度及保卫制度。

(2) 组建一支施工现场义务消防队,举办一期消防知识学习班,讲授并实习常用消防器材的使用方法。

(3) 配备消防器材,在电气线路密集的电焊机房、配电室、龙门吊大小车配电室等处设置干粉灭火器,在加工车间及办公用房、库房周围设泡沫灭火器。室外加工、安装现场设 5 个地上式消火栓。施工过程中的防火重点部位,将根据实际情况再增设必要的防火器材。另外再配备消防桶、消防梯、消防龙带、消防火钩等器材。

(4) 设现场值班室一个,每班 1~2 名值班员,昼夜值班,特别要加强夜间值班力量。库房、重要关键设备、高精度贵重仪表、技术资料室等都是现场保卫工作的重点。

(五) 降低成本的综合措施

(1) 打破传统的行政建制和管理方法,按工程特点、优化组合工程的管理机构,由工程处的二位副主任、一位主任工程师挂帅,集中公司和工程处一批管理骨干和技术尖子充实到各职能部门,变被动执行生产计划单纯完成施工任务的队伍为综合经营管理型的项目班子,从加强管理中体现效益。

(2) 对一线工人实行任务切块,一揽子承包,核定工资奖金总额不留活口,二线配合服务工种按定额工日和服务质量考核,三线管理人员按岗位职责考核。二、三线的工作目标就是从物质、技术、政治思想等方面保证一线工程进度。在奖金分配上要向生产第一线倾斜。奖金分配与工程进度、工程质量挂钩,最大限度地调动广大职工的积极性,加快施

工进度,保证工程质量。

(3) 优化组织结构,提高人员素质,并考虑到前述两条,实行先进的项目管理及合理的承包激发出职工积极性,一线工人可以压缩,二、三线人员亦相应做到精干、高效和满负荷运行,则在原计划 320 人基础上再压缩 40%左右是有可能的,这是降低成本的有力措施之一。

(4) 依靠技术进步,充分利用现有技术资源条件,开展科技攻关活动,攻克技术难关是保证工期,提高质量、降低技术措施费用,降低成本又一有效措施。

(5) 广泛开展群众性的合理化建议及小改小革活动,集思广益,针对工程特点,搞些小发明、小创造,以减轻劳动强度,提高工作效率。

(6) 在工艺管理上要总体规划、统筹安排、少走弯路。

(7) 编制好工期网络结构图,在关键线路上都留有时间储备,其中也包含了劳动力和技术装备能力的储备,应充分发挥这些储备能力,多完成一些本合同外的配套工程,如旁路管、抽气总管、循环水钢板卷管等工程。另外,可接受工厂分包单位委托现场加工部分零配件,既帮助建设单位解决外协加工困难,又在不增加投入的前提下做到多产出、多增收,是降低成本的好措施。

(8) 在施工机具管理方面:

1) 通用设备,充分利用企业内部储备,适当添置少量关键配套设备。

2) 大型工装设备的添置占整个机械费和总成本的比例很大,可根据自身的设计制造能力和施工准备周期,尽量由现场工程技术人员自行设计或提出设计任务书和主要性能参数,委托专业单位设计,容易做到结构简单、性能适用,充分利用现有资源,拆迁、改装方便,以便在其它类似工程上重复使用。设备实行专人使用,专人管理定期进行维护保养,提高设备的利用率和完好率。

(9) 材料管理方面,采购供应的材料,在保证产品质量的前提下尽可能降低材料成本,所有材料都必须有产品质量证明书或产品合格证,不合格产品不准使用。

(10) 建立分部分项工程材料收发台账,班组实行限额领料,定期核算,节约有奖。

(11) 精打细算,套裁下料,充分利用边角余料,发动群众做好废弃材料的回收工作。

(12) 根据施工实际情况,及时办理材料代用及经济签证。

(六) 季节性施工技术组织措施

后冷装置工程与其它工程不同,它是先安装设备再建造厂房,因此整个工程都是露天作业,受气候变化的影响较大,在组织施工的同时,还要做好下列工作:

(1) 经常与当地气象站保持联系,了解当月、当旬的天气变化趋势,以便安排施工作业计划及采取相应的防范措施。

(2) 各专业工长,特别是各焊工作业点要做好施工气象记录,一旦发生质量事故,便于查找、分析原因,以利改进。

(3) 现场所有的施工机具,除体积过大如 100t 龙门吊、热处理炉、翻身架等均应放在室内或搭设临时工棚,以免日晒雨淋。对露天放置的设备,其传动机构、电气控制箱等都要设防雨罩,并要定期检查设备的绝缘情况,传动机构要经常加油、检查。

(4) 为了确保焊接质量,后冷装置上的各道焊缝应按焊接工艺进行焊前预热,当环境温度低于 5℃时,预热温度及预热范围应适当提高,具体要求在制定焊接工艺时明确。

(5) 风速过大将影响焊接质量,大风天气应停止室外焊接作业,一般情况下,要采取挡风措施,防止穿堂风。

(6) 夏季作业,应在作业点设太阳伞,防止太阳曝晒、氧气瓶要放在带有遮阳伞的氧气瓶架上,施工现场要保证供应茶水或其它清凉饮料。

(7) 夏季在筒体内作业时,要加强筒体内通风,筒体外要采取隔热措施,适当调整工作时间,避开在温度最高的时候进筒体内作业。医生要准备好急救药箱和防止中暑的药品,经常到现场值班。

(8) 雨季作业时,对于重要焊口要搭设防雨棚或准备好篷布,在暴雨突来时保护焊缝免受温度骤变影响焊接质量。当相对湿度大于 90%时应停止作业。

(9) 夏季要配合建设单位共同做好防洪工作,要保证排水管道畅通,做好防洪抢险的物质准备,加强夜间巡逻值勤工作,组织好现场抢险队伍。对重要物资、贵重仪器设备要存放在安全可靠地方。

(10) 在后冷装置的制作、安装过程中,按照施工程序要及时做好各部件的除锈防腐工作。

(七) 现场文明施工及成品保护措施

(1) 施工现场必须按照平面布置图规划,机具设备、材料应按指定地点安装或堆放,施工中的废弃物要及时打扫,保持现场整齐、清洁、道路畅通。

(2) 施工现场必须设置施工公告牌,各生产、办公场所都要挂牌,现场的主要部位要悬挂醒目的安全标语牌,易发事故的不安全场所要悬挂警告牌,各种机具设备都要挂标志牌,标明设备名称、用途、安全操作注意事项、设备使用保管者姓名等,使整个现场有一种强烈的安全生产气氛。

(3) 所有职工进入施工现场必须自觉遵守各项规章制度,穿戴整齐,正确使用各种劳动保护用品,工作中要团结协作,互相帮助。

(4) 现场的各个测量基准点都要妥善保护,不得随意在后冷装置的各段、各部件上任意开孔、焊接其它构件,筒体在封闭前要仔细检查,不要把东西遗忘在里面。

六、技术经济指标预测

(一) 工期指标分析测算

定额工期,本工程无定额依据,以合同工期为定额工期,即 19 个月。

设计工期按定额工期提前一个月竣工,即 18 个月。依据和措施:

- (1) 提前做好施工准备及有关工艺试验;
- (2) 实行定包管理,提高劳动效率;
- (3) 提高综合施工机械化程度;
- (4) 提高整体吊装进度,缩短总装周期。

$$\text{工期指标} = \frac{\text{设计工期}}{\text{定额工期}} \times 100\% = \frac{18}{19} \times 100\% = 94.7\%$$

(二) 成本分析

1. 工程总费用

- (1) 合同标价 1102 万元
- (2) 完成合同外工程 22 万元 (包括抽气总管、旁路管、循环水管)

合计 1124 万元

2. 降本指标

成本预测见表 2-6-6。

(万元)

表 2-6-6

成本项目	行 次	预算成本	计划成本	降本额	降本率%
人 工 费	1	118.8	118.8	0	0
材 料 费	2	438.6	334.6	104	23.7
机 械 费	3	243.6	214.4	29.2	12
其它直接费	4	39.6	36.6	3.0	7.6
直接费成本	5	840.6	704.4	136.2	16.2
管 理 费	6	211.2	159.1	52.1	24.7
总 成 本	7	1051.8	863.5	188.3	17.9

3. 降本措施

(1) 材料费:

1) 三材(钢材、木材、水泥)纳入重点工程订货计划,享受统配优惠价。

2) 主要辅材(焊条、氧气、乙炔、油漆等)直接向生产厂一次订货,分批供应,享受出厂优惠价。

2) 临时设施材料 一部分采用应抵汗的旧临设材料代替新料。

2) 临时设施材料 一部分采用应抵汗的旧临设材料代替新料。

出厂优惠价。

2) 临时设施材料 一部分采用应抵汗的旧临设材料代替新料。

出厂优惠价。

2) 临时设施材料 一部分采用应抵汗的旧临设材料代替新料。

$$\text{单位产品劳力消耗 (2)} = \frac{\text{施工用工} + \text{准备用工}}{\text{总实物工程量}} = \frac{81019 + 23082}{1517.196} = 68.61 \text{ 工日/t}$$

(五) 机械指标测算

计划进场主要施工机械 145 台 (不包括倒链、千斤顶、一般仪器仪表)。

计划制度台日数 78121 (台日) (从进场至出场使用期计算)。

根据机械技术状况分析, 综合完好台日数 74828 (台日)。

根据各种机械作业分析, 综合作业台日数 = 51895 (台日)。

$$\text{机械完好率} = \frac{\text{综合完好台日数}}{\text{制度台日数}} \times 100\% = \frac{74828}{78121} \times 100\% = 95.8\%$$

$$\text{机械利用率} = \frac{\text{综合作业台日数}}{\text{制度台日数}} \times 100\% = \frac{51895}{78121} \times 100\% = 66.4\%$$

$$\text{主要工种综合施工机械化程度} = \frac{\text{机械化作业工日}}{\text{制度作业工日}} \times 100\% = \frac{49605}{66040} \times 100\% = 75.1\%$$

上述指标, 略超过企业设备管理目标值。

(六) 主要工种作业分析 (见表 2-6-7)

表 2-6-7

序 号	工 种	平均人数	制度作业工日	其中机械化作业工日
1	铆 工	40	19, 800	15, 600
2	起重工	20	8, 600	5, 780
3	电焊工	45	19, 845	19, 845
4	气焊工	8	3, 960	1, 200
5	管 工	2	990	
6	钳 工	7	3, 465	1, 740
7	油漆工	15	3, 060	1, 100
8	电 工	4	1, 980	
9	机加工	10	4, 340	4, 340
	合 计	151	66, 040	49, 605

(七) 整体吊装程度

$$\text{整体吊装程度} = \frac{\sum \text{整体吊装重量}}{\text{总重量}} \times 100\% = \frac{1277.384}{1517.196} \times 100\% = 84.2\%$$

(八) 质量安全指标预测

1. 质量指标

根据排气冷却装置设计图纸、施工技术条件和质量定等办法规定统计, 本工程质量检测项目约 500 项。

其中: 材质、焊接、热处理、水压试验、重要几何尺寸等关键保证项目 185 项, 在严格执行本施工组织设计有关质量管理和保证措施条件下, 可以达到 100% 合格, 其中焊缝一次合格率 95% 以上, 同一部位返修避免超过两次。

其它主要检测项目 218 项, 力争合格 208 项, 合格率 95.4%。

一般项目 97 项, 争取合格 90 项, 合格率 93%。

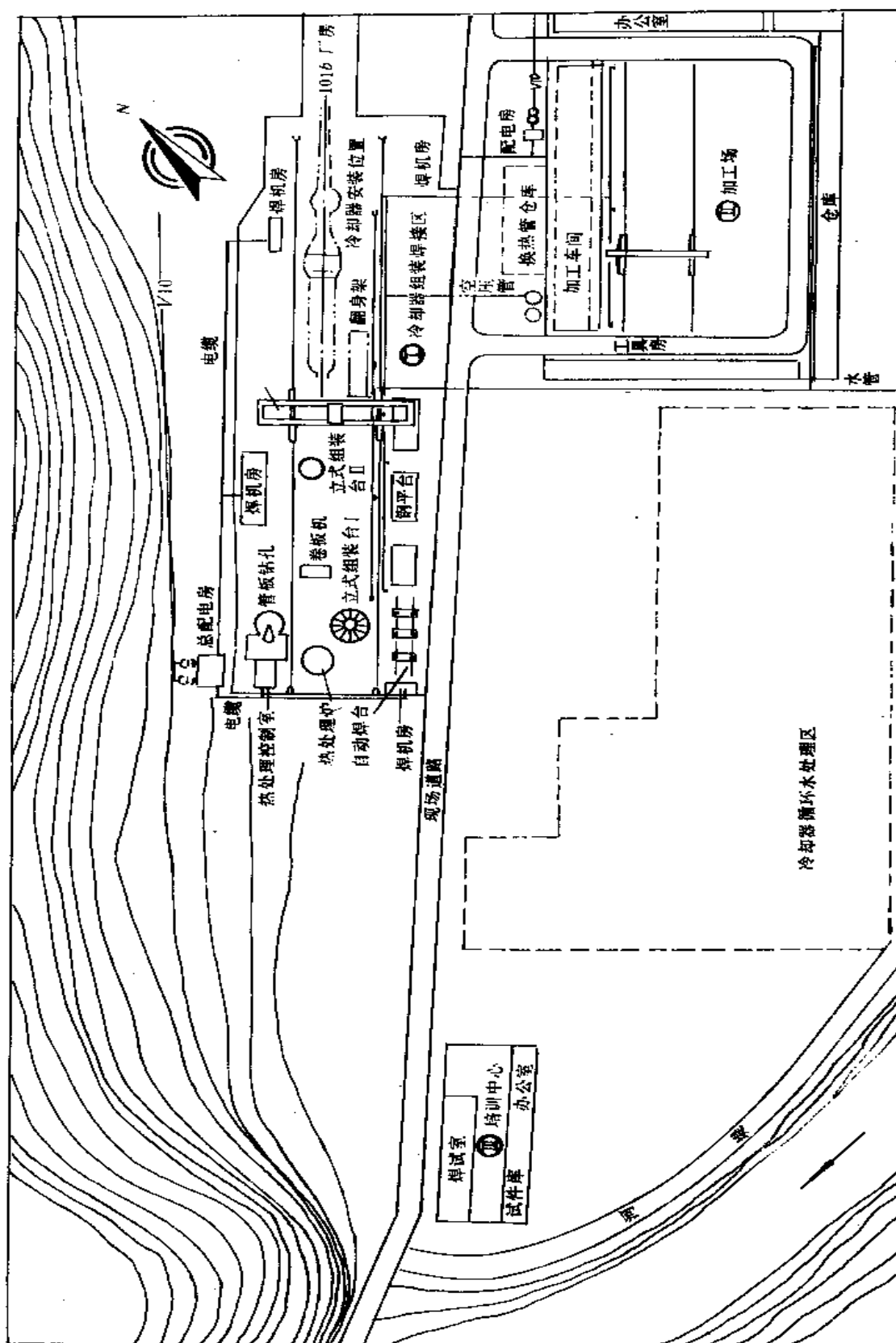


图 2-6-7