

1. 方案详细说明

1.1 方案的选优

十四化建将“基于客户价值的技术与资源的组合能力”定义为自己的核心竞争力。

在大化煤气化框架五大件吊装这个项目上，上面这句话则意味着：当知道这个项目的信息后，我们即开始了在全国范围内收集和学习这种煤气化装置大型设备吊装的各种案例。以及在全国范围内搜索和调查各种吊车资源的现状与动态，然后在最后阶段，针对在大化项目的具体情况，制定出一套“安全、可行、经济高效”的吊装方案，力求为指挥部的各位领导提供一份有价值的决策参考。

事实上，零零星星的搜索和调查工作已经在半年前就开始了。比如，我们先后考察参观了湖北双环的煤气化项目、安庆石化的煤气化项目……这是目前国内已经完成或正在施工的壳牌技术的煤气化项目；我们先后接触拜访了 1200t 吊车、800t 吊车、680t 吊车、500t 吊车的拥有单位并和他们建立了动态追踪式的联系；我们调查了大连市目前吊装市场和资源的情况，并知道玛姆特公司（欧洲最大的吊装专业化公司）在大连成立了一个吊车租赁公司，最近有 13 台大型吊车正在办理报关手续……当我们的工程技术人员为此调研、奔波的时候，他们心中的信念是：通过自己的辛勤劳动，为大化集团提供出一份高质量的吊装方案。

通过前期的调研、学习、综合各种信息、资料，结合我公司在曲靖甲醇装置(已竣工)和 50 万 T 合成氨煤气化装置(待施工)，得知煤气化框架上的五大件吊装，从方案上来讲不外乎两种：其一，利用钢框架并在其上设立桅杆、行车的方案；其二，利用大型吊车的方案。在以下的讨论中我们简称其为“**框架法**”和“**吊车法**”。

框架法剖析： 框架法的特征是，在吊装之前，设计、制作并安装一套包括数根钢构承重立柱（或成品桅杆）、带轨道的横梁、可在横梁上行走的垂直提升装置（特别制作的大吨位行车），以及许多与原设备支撑框架相联系及加固的梁柱在内的特殊吊装设施，设备入场后，利用这套新增钢构（或桅杆）与原框架组合成的整体做为主要承重部件，利用行车垂直提升和水平平移的功能吊装设备就位，并在吊装工作完成之后进行吊装设施的拆除。本质上讲，属于桅杆吊装这个流派。从安全的角度，整个吊装工作的安全性是由这套特殊装置的设计、加工制作来保证的；从工作效率上来说，框架法在前有一个较长的准备工作期，期内有大量的准备工作要实施，而一旦这套装置完成安装，它就可以从容不迫地完成所有的吊装工作，特别是当五台设备到货期不一样，比如，第一台设备的入场时间和最后一台设备的入场相

差几个月甚至半年时，它不必支付任何象吊车那样的台班费，我们认为这是框架法的最大优点。指挥部介绍的上世纪 80 年代的荷兰阿姆斯特丹煤气化项目，2003 年湖北双环科技的煤气化项目均采用此法。



阿姆斯特丹的框架法施工



双环的框架法施工

框架法的主要工作内容和费用构成如下：

- (1) 基础施工：外伸的吊装装置的立柱需要一组坚固的基础，双环打桩、承台砼的造价是 20 万；
- (2) 专用吊装装置钢结构的设计、制作、安装与拆除：此部分钢结构包括立柱、梁、连系梁、轨道、行车梁，双环项目此部分共耗用 600t 钢材，同时还将约 80t 原框架钢结构由 Q235 材质增强为 16Mn，需费用 500 余万；
- (3) 行车的设计、制作、安装与拆除：双环项目委托特制了一台 300t 行车，配齐钢丝绳、电气设施后总费用是 120 万；
- (4) 配合吊车台班：框架法吊装仍需要 300t 左右

的吊车协助配合溜尾，同时飞灰器无法采用框架法吊装，双环项目在进出场费、台班费上的总支出约超过 100 万元。

- (5) 其它的辅材、机具台班及人工费：用于吊具、基础处理、税金、人工及管理费约在 60-80 万元。

我们预测大化项目采用框架法施工的费用构成如下表：

大化项目五大件“框架法”吊装费用预测表

序	项 目	大化项目	参考案例(双环项目)
1	基础施工(打桩、承台)及配合吊车站位处地基处理费用	30 万	30 万
2	专用吊装设施及原框架加固的钢结构梁、柱等设计、制作、安装、拆除费用	$650\text{t} \times 0.7 \text{ 万/t} = 460 \text{ 万}$	$600\text{t} \times 0.85 \text{ 万/t} = 510 \text{ 万}$
3	专用行车的设计制作、安装、拆除费用	150 万(360t 行车)	120 万(300t 行车)
4	溜尾吊车的配合费用	80 万	120 万
5	其它费用(人工费、管理费、索具、枕木)	80 万	80 万
	项目总投入(以上小计)	800 万	860 万
6	行车折旧费	$-(150 \times 2/3) = -100 \text{ 万}$	$-(120 \times 2/3) = -80 \text{ 万}$
	业主支付施工单位总费用	700 万	780 万

注：

- 1、大化项目的单台设备重量均比双环项目重 18% 左右，如气化炉、双环为 $\phi 3800/\phi 2500 \times 22800$ ，重 235t，而大化项目为 $\phi 3900/\phi 2650 \times 24750$ ，重 275t；因此，钢构重量、行车能力均要大于双环。
- 2、2003 年钢材市场价格较高，而 2005~2006 年应低一些；
- 3、双环的溜尾吊车均从上海租赁，进出场费高，而大化项目则可在大连解决；
- 4、折旧费按一次使用摊销 1/3 考虑。

吊车法剖析：

吊车法施工是当今世界设备吊装的主流技术，其关键点在于找到起吊能力足够的主吊机。由于目前中国已拥有 1250t、800t、680t 吊车，因此，大化项目煤气化框架五大件设备的吊装方案除框架法之外，又增加了几种选择。因为上述型号的吊车均能完成五大件的吊装工作，与框架法相比，吊车法施工的工作

内容较简单：首先是完成吊装工艺设计、租赁吊车，然后是吊装场地（吊车站位及行进路线）作简单的基础处理（夯实、砼施工）、主吊机入场组接杆、正式吊装、吊车拆杆清退场。预测大化项目吊车法费用构成如下：

大化项目五大件“吊车法”吊装费用预测表

序	项 目	800t 吊车	1250t 吊车
1	特殊设施费,吊车站位处场地基础处理,对口调整装置,临时固定框架制安费	50 万	55 万
2	主吊车进退场费用	50~100 万 (北京或上海、连云港——大连)	120 万(宁波——大连)
3	主吊车台班费	$160 \text{ 万/月} \times (25/30) \text{ 月} = 140 \text{ 万}$	$240 \text{ 万/月} \times (25/30) \text{ 月} = 340 \text{ 万}$
4	溜尾吊车的配合费用	50 万	50 万
5	其他费用(人工、税金、管理费、索具、枕木等)	80 万	95 万
	吊装费用总计	380~430 万	530 万



800t 吊车在扬子石化炼油厂进行焦炭塔吊装（重量 220t）

方案的比较与选优

- A. 可行性：**不管是“框架法”还是“吊车法”，在理论上、实践上均是可行的：如已经完成吊装工作的湖北双环之框架法，正在进行之中的安庆石化的 800t 吊车法。
- B. 安全性：**“框架法”的重大安全环节有：特殊吊装装置的设计质量；特殊吊装装置的制作、安装与调试质量；现场吊装作业时的工作质量。“吊车法”的重大安全环节有：吊装工艺设备、吊车站位处的地基处理、现场吊装作业时的工作质量。应该说两种方案的安全性均是有保障的，但从安全控制理论上来说，由于“框架法”在实施过程中需要控制的环节太多（框架与行车设计、制作、安全、调试中涉及的工序与控制点太多），以及这样的装置均是第一次（可能也是最后一次）为某项目量身打造，不象“吊车法”那样，吊车的操作室均具有现代化的安全报警装置，因此，“吊车法”因其吊装工艺设计的简便易行、吊车自身的现代化安全报警装置，吊装工艺与操作的通用性与成熟性，在安全可靠上要高于第一次建成并投用的、没有现代化自控设施与报警装置的、在建成投用的过程中需要检验检查的环节太多的“框架法”。
- C. 工期确定性：**如果只是单纯考虑吊装作业速度，无疑“吊车法”要优于“框架法”但大化项目的吊装工作是在一年之后的 2006 年 4 月份这样一个时间尺度里，宏观上，土建施工速度、钢框架安装速度，特别是五大件设备的到场时间等许多不确定因素的情况下，“框架法”对工期的贡献很明显：只要整套吊装设施一旦安装完毕，不管设备到货时间如何不确定，它总能保证在设备到货之后的约 1 周内完成该设备的吊装工作。与此相比，“吊车法”最头疼的就是设备到货期的滞后引起费用的增加，因此，“吊车法”对应的工期条件是刚性的，首先要求业主保证基本的设备供货期限的准时，同时，要求吊车拥有单位的吊车入场时间应履约准时；不过，目前国内 800t 吊车有 2 台，而且经过调查，2006 年 4 月份左右均未有签约合同，同时其主管单位核工业部的核岛工程安装时间在 2006 年的年底，因此，如果及早与其签约并交付定金，则吊装工作工期的确定性就大大加强了。
- D. 吊装费用：**“框架法”的总投入大约在 800 万左右，但业主扣去摊销费用后，估

计“框架法”的最终费用在 700 万；“吊车法”中，三种型号的吊车能力做对比：1250t 吊车能力远远超出大化吊装所需求的，属于能力过剩，而 680t 吊车在吊装最重件时能力富余约 5%，安全系数不够、吊能不足；只有 800t 吊车在吊装最高最重件时能力富余量在 20%~30% 左右，是最合适的，其吊装费用约 380~430 万，与“框架法”相差不多，而 1250t 吊车则约多出 100 万左右。

- E. 综合效益：**“框架法”在综合效益上比“800t 吊车法”要逊色得多：
- a. 从全厂的总吊装费用上来看：**“框架法”只能吊装煤气化五大件中的四大件，飞灰器仍需要吊车来完成，更不用说煤气化框架上的其它设备以及脱硫装置，甲醇装置等其它单元的大件设备的吊装；而“吊车法”的履带式主吊车可以在四大件组对的空隙时间里，在全厂范围内吊装所有的大件设备（只要设备已运抵现场），因此，当选定“吊车法”施工方案后，将设备到货时间与吊车入场时间稍加协调，则完全可以既完成五大件的吊装，又能完成煤气化框架上其余设备的 80%，以及全厂其它装置大型设备的 80% 的吊装工作，至少可以节约 100 万元的吊车进场费用。
- b. 从劳动强度与现场文明施工角度来看：**“吊车法”作业简单，机械化程度高，可以大大改善工人劳动强度；相比之下，“框架法”在正式吊装前存在着繁重的劳动量与劳动强度，吊装现场不如“吊车法”那样井然有序。
- c. 从综合社会效益来说：**虽然“框架法”的吊装费用不高，但那是因为施工单位承受了部分费用：吊装设备每次只允许摊销 1/3；其实“框架法”总费用在 800 万左右；这里面主要是那 600t 钢材，从社会上许多环保主义者的角度出发来看这个问题，他们就会说“这 600t 钢材需要 300t 焦炭、800t 铁矿石来冶炼，而 300t 焦炭还需要 500t 煤碳来炼焦，这期间产生了多少 CO₂、酸雨和尘埃物质……而 2005 年，京都协议都签字生效了……”因此，如果有办法少耗用钢材，本着保护环境的角度，我们还是少用为好。

基于以上的分析，我们建议采用 800t 吊车法施工。

1.2. 800t 吊车法概述

1.2.1 方案主题词：以一台 LR1800（800t、履带底盘、桁架吊臂）为主吊机，配合以 300t 或 200t 吊车溜尾，采用单机提吊法完成大化项目煤气框架五大件吊装，在 25 天时间，合理安排主吊机行程，展开交叉，充分利用主吊机的优越性能，完成五大件吊装工作；另外，可以再用 20 天时间，即在总时间 45 天内，交叉完成煤气化框架 95% 的设备工作以及全厂其它装置的所有大件吊装工作。

1.2.2 主吊车介绍：

型号：LR1800

制造厂商：Liebherr（德国利勃海尔）

出厂日期：1999 年 9 月

吊机特征：

- 履带底盘
- 桁架吊臂
- 超起装置
- 全电脑——液压控制的动力与安全系统
- 负载行走

能力指数：最大起吊高度 136m

最大起吊能力 910t

最大作业半径 84m

工作模式：L、LD、LN、S、SD、SDW 六种

履带尺寸：12300×14100（占地外廓）

超起装置：R=18000-25000

配重：悬挂吊蓝最大起重 350t 32t 中心压载/回转平台 162t 配重

吊机重量：本次使用时按 SDW 模式，在 S-56、D-42，W-49 时吊机总重 380t+542t=922t



1.2.3 吊装工程部署

● 五大件吊装顺序（建议）：气化炉 → 合成气冷却器 → 气体返回室 → 输气管 → 飞灰器

● 吊装工作程序：



● 主吊车入场后的时间安排

设备可在主吊车入场前一次性全部运抵现场，也可在主吊车入场后依次进场；吊车入场后首先进行组接杆（5 天）；再用 12 天时间进行五大件的吊装；中途需要换接杆一次（3 天）；最后进行拆杆退场（5 天），全部五大件吊装时间为 25 天。如在期间有条件，穿插进行煤气化框架其余设备（10 天）、全厂其他装置（脱硫、甲醇等）大件吊装（10 天）工作，则全厂主要设备吊装工作可在 45 天完成。

1.3. 气化炉吊装

关键词：主吊机站在框架正面，设备入场时摆放在侧面，由主吊机与溜尾吊机完成翻身站直后，由主吊机单机提升设备就位。

吊车配置：主吊机——LR1800（800t），主杆 S-56m；副杆 W-35m，350t 超起装置，最大受力时 $R=22m$ ；

溜尾吊机——Demag TC2000（300t，轮胎式，格构杆）；出杆 18m， $R=9m$ 。

吊装程序：A → B → C → D

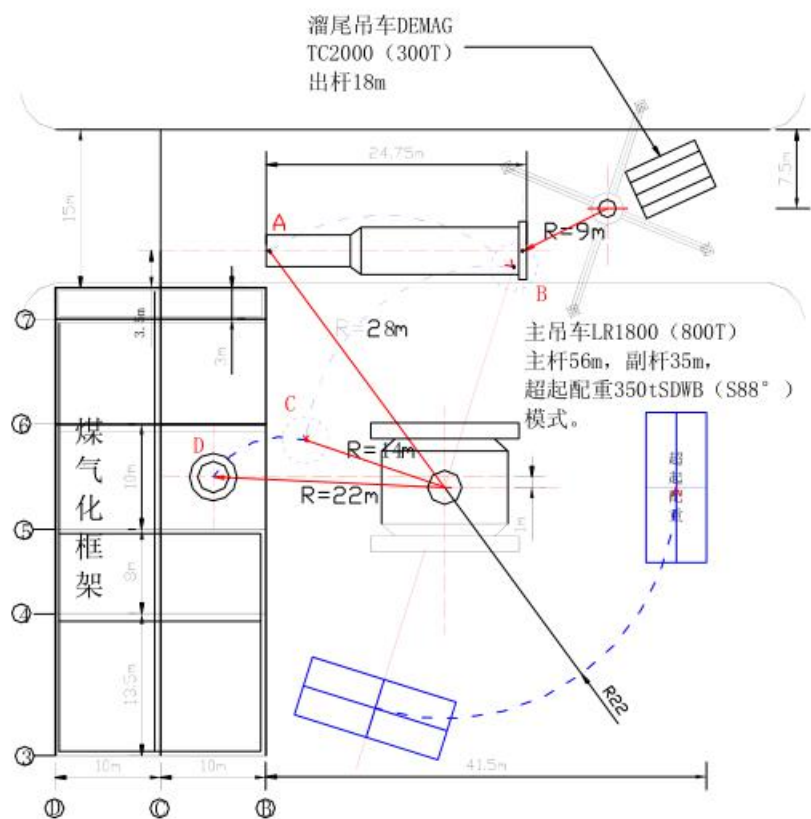


图3-1 气化炉吊装平面图

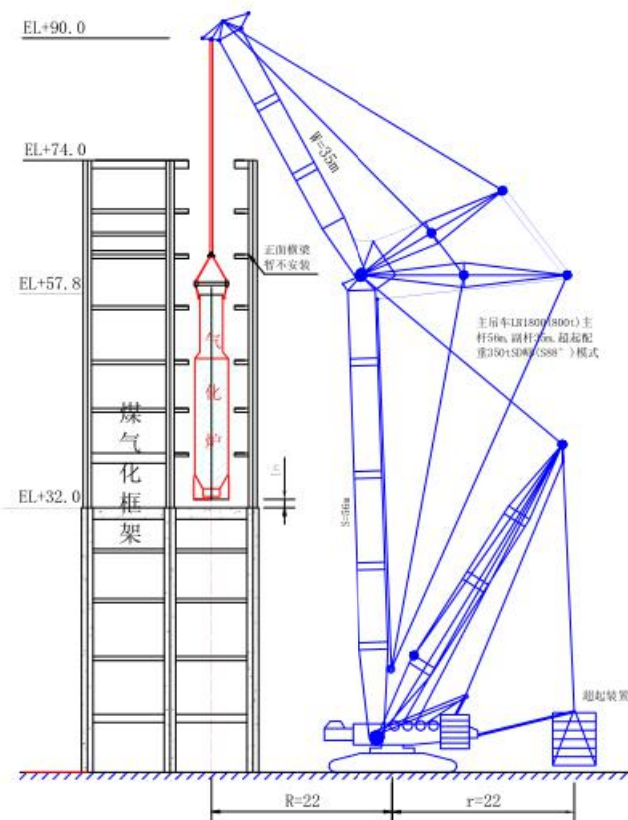


图3-2 气化炉吊装立面示意图

- A：起始状态
- B：主吊机与溜尾吊机双机配合，完成设备翻身站直；操作时溜尾吊车基本保持位置不变。
- C、D：气化炉正面的 EL+32.00 砵平面以上的横梁均暂不安装，设备由此空档中旋入；设备在站直后，由主吊车单机施至 C 处，然后开始垂直提升，至 EL+33m 左右后，绕过 C 处的柱子，旋入框架内，然后在 D 处进行设备就位。

1.4. 合成气冷却器吊装

关键词：主吊机仍旧站在框架正面，仍按原全杆、副杆，只是平面位置稍稍做些移动；仍由原溜尾吊车做配合，吊装方法基本与气化炉一致。

吊车配置：主吊机——LR1800（800t），主杆 S-56m；副杆 W-35m，最大受力 R=20m；
溜尾吊机——TC2000（300t），出杆 18M，R=8m。

吊装程序：A → B → C → D

A：起始状态

B：主吊机与溜尾吊机配合，完成设备的翻身站直；操作时溜尾吊车基本保持不动。

C、D：冷却器正面的 EL+38.6m 砼平台以上的横梁均暂不安装，设备由此空档中旋入；首先由 B 处低空旋至 C 处，开始垂直提升，至 EL+38.6m 左右，绕过 C 处的柱子，然后旋入框架内，最后调整至 D 处后由上方将设备插入洞中，安装上拉筋，并在顶部做临时固定后松钩。

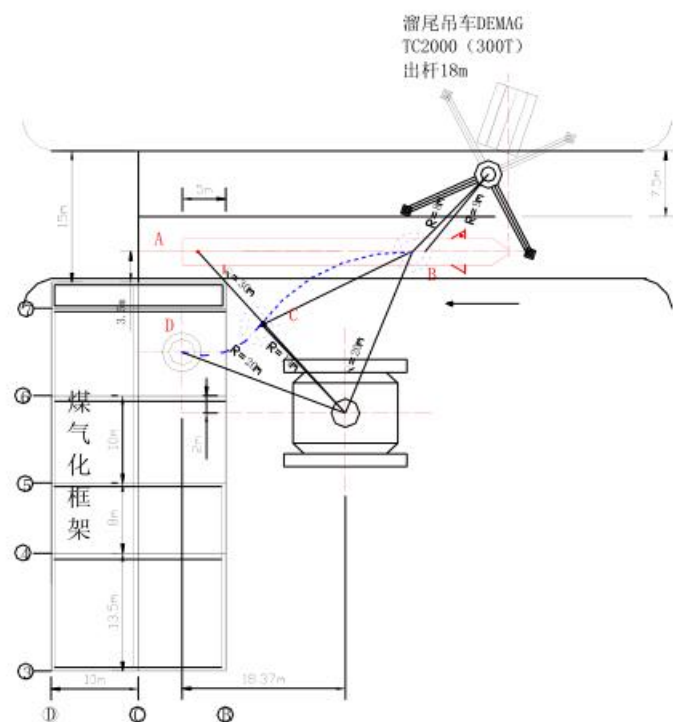


图4-1 合成冷却器吊装平面布置图

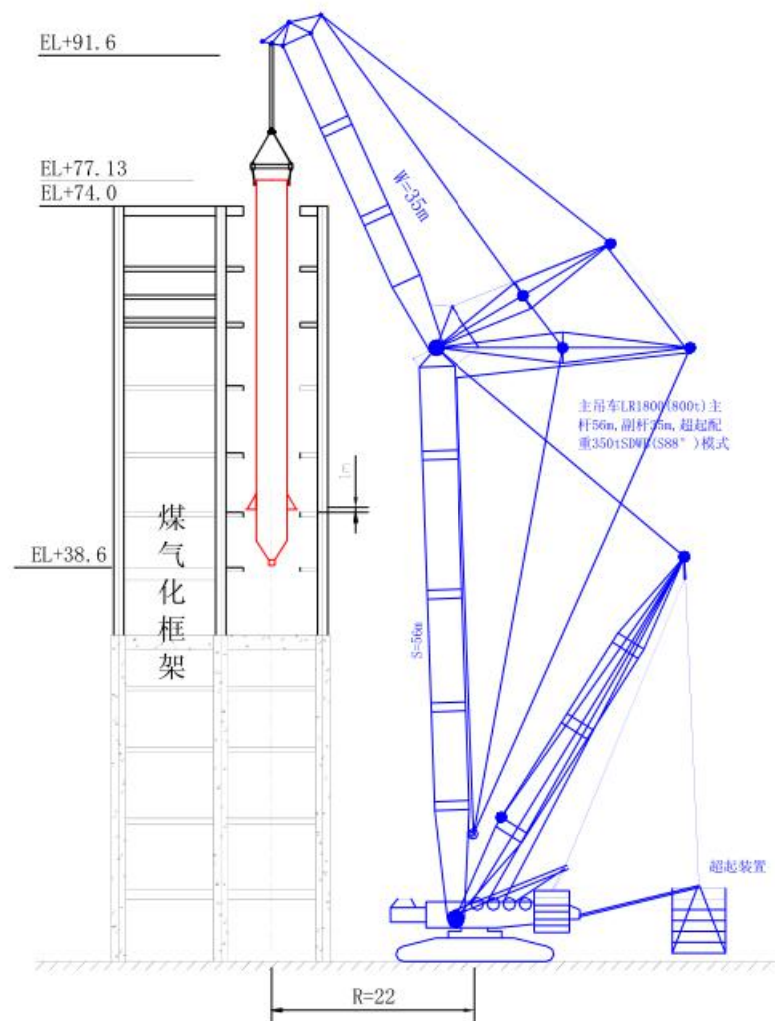


图4-2 合成冷却器吊装立面示意图

1.5. 气体返回室吊装

关键词：虽然主吊机的能力远大于气体返回室的重量，但由于其形状的特殊，在吊装设计时应解决好以下两个难题：第一，克服因重心不在轴心线而引起的空中歪斜问题；第二，克服偏心而引起的焊口组对时的临时固定与调整问题。溜尾吊车 2——LTM1160（160t，全液压越野式），出杆 L=13.2m，50t 配重，R=6~7m。

吊车配置：主吊车——LR1800（800t），S=56m，W=35m，R 在 14~32m 均可；溜尾吊车 1——LTM1120（120t，全液压越野式），出杆 L=14m，28.7t 配重，R=6~7m

吊装步骤：A → B → C → D

A、B、C——翻身吊装：如果双机提吊，在翻身吊装的最后直立阶段，仍存在主吊耳受侧向力，设备没有办法在另一面上也垂直地面的情况，因此，应采用三台吊车组合吊装方能克服上述问题。设备空中站直后，临时放置在用枕木或钢支架作成的临时支墩上；四周用缆风索固定，

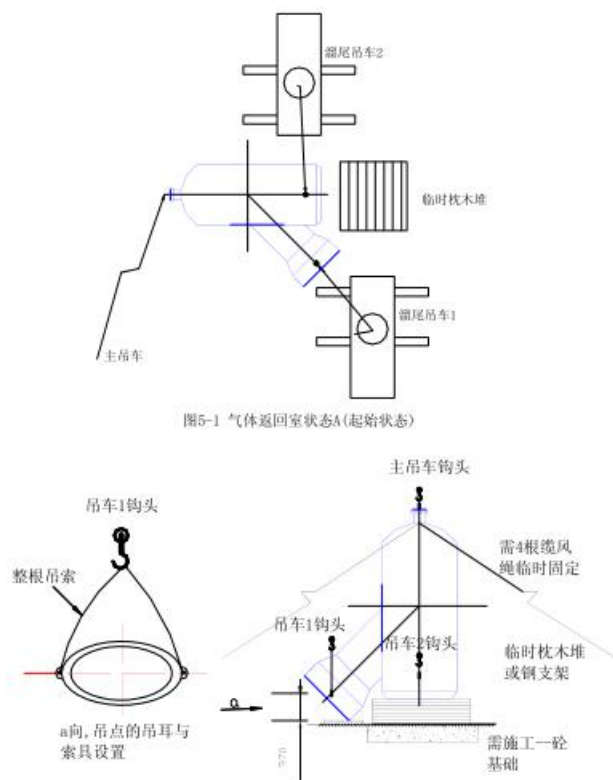


图5-2 气体返回室状态B(直立及临时放置)

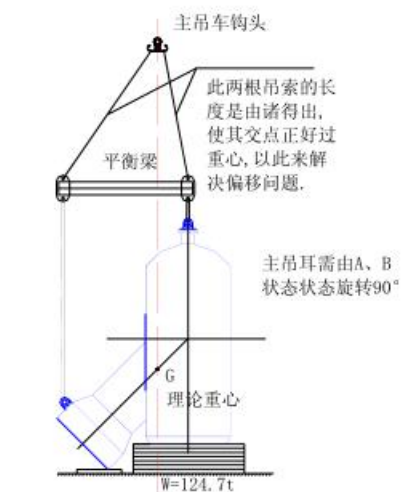


图5-3 气体返回室状态C(更换吊耳及索具置)

进行正式吊装前的吊耳与索具更换，由此套索具来保证设备不发生太大的偏斜。

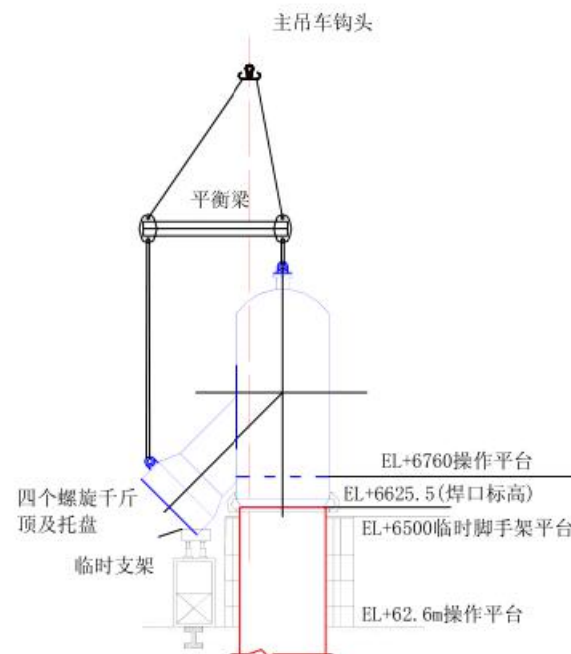


图5-4 D状态(就位吊装、临时支撑与对口调整)

D——就位吊装：设备在就位前，于冷却器上口外壁上安装一套快整对口装置（螺栓连接，而不与设备直接焊接）；同时搭设一顶标高为 EL+65.00m 的脚手架平台；以及安装一临时支架，支架上放置调整受力状态的 4 个千斤顶及与设备下口相接接触的托盘。设备吊装就位后，须待对口找正、及焊口施焊等工作完成后方可摘钩。

1.6. 输气管吊装

关键词：当输气管平躺在地面时，先用一台吊车将设备翻转至弯头朝上的状态；在此台吊车不松钩的情况下，安装好正式起吊的索具，主吊车用此套索具首先将设备沿另一根轴线翻转至就位时的状态；然后提升设备，至安装位置安装；利用调节与临时固定装置进行对口找正，最后施焊完毕后吊车摘钩。

吊车配置：主吊机——仍采用 LR1800，S=56m；W=35m，R≤32m。

辅助吊车——采用 LTM11600（160t，全液压越野式），出杆 L=14m，28.7t 配重，R=5~8m。

吊装步骤：A → B → C

- A：吊机就位，主吊车仍在框架正前方；辅助吊车就位应保证翻转时 R=9-10m。
- B：首先完成沿第一轴线的翻转；由辅助吊车单机完成，使弯头朝着正上方的位置，此时并不松钩；并在左右塞入木方防倾覆。
- C：先安装如图正式吊装时的索具，然后主吊车起动，提升其中一个吊点，辅助吊车并不松钩以防止提升时左右的晃动，当提升输气管至就位所需的姿态后（此时全套索具均受力），辅助吊车松钩；主吊车向上提升至安装高度后，从侧面旋入对口部位，此时气化炉端对口先接触，而另一端则搁置在临时支架上，四个螺旋千斤顶来调节高度（千斤顶上方的鞍座应在制造厂留有焊接在设备上的短板，现场用螺栓安装鞍座）；并焊接如 a—a 剖视所示的桁框架以防止设备左右方向的滑动，以及用千斤顶来调节左右位置。调整完毕后实施焊接，完成一定焊缝长度后主吊车摘钩。

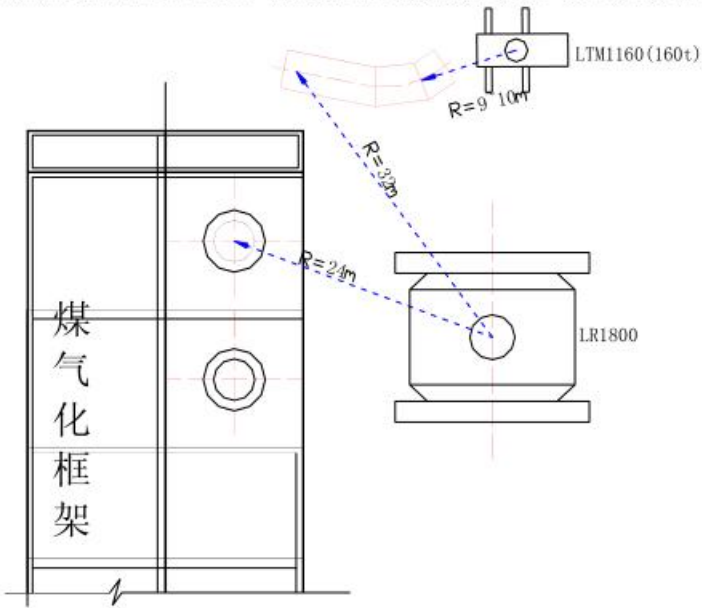


图6-1 输气管A状态(吊车站位)

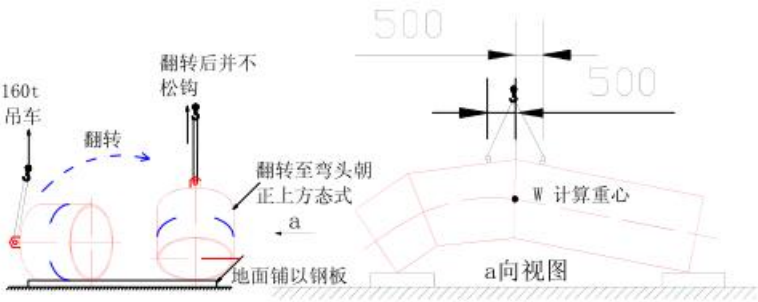


图6-2 输气管B状态(第一轴线方向翻转)

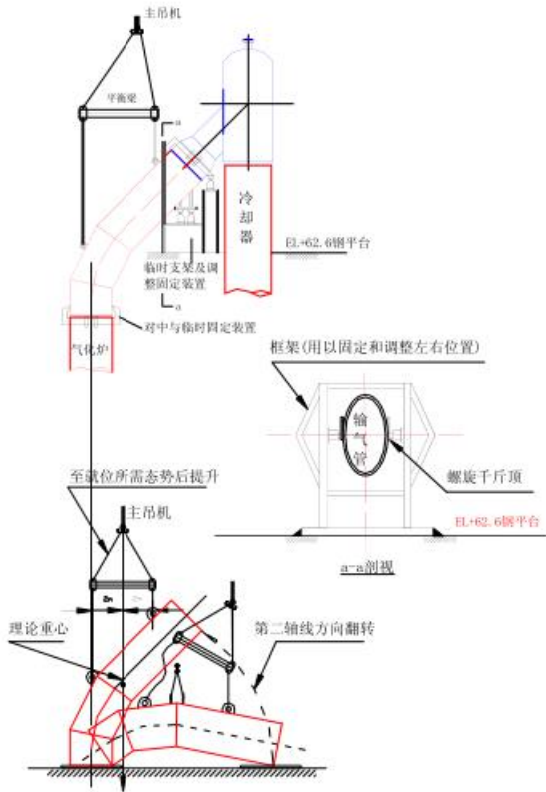


图6-3 输气管C状态(第二轴线方向翻转)

1.7. 飞灰器的吊装

关键词：主吊机仍站在框架正面，副杆由原 35m 接长至 49m，设备翻身直立后，从框架侧面旋入框架内，然后直接由 EL+74.00 平台上方将飞灰器插入洞内就位。

吊车配置：主吊机——LR1800，主杆不动，副杆换杆成 W=49m，R=28m。

辅助吊车——Demay TC2000（轮胎格构杆），出杆 18m，R=12m。

吊装步骤：A → B → C

A：初始状态

B：主吊车与溜尾车开始配合吊装，将设备由卧态吊至直立状态

C：设备吊至直立后，主吊机单机旋至 C 处后开始垂直提升，由于直接由 D 处提升时 ⑦ — ⑧ 柱子会触杆，因而改在 C 处；当提至 74.00 顶层平台高度后旋入框架内；然后再移于 D 处，此时 ⑧ 轴线上 ⑦ — ⑧ 梁（EL+74.00 处）暂不安装以免触杆。

D：设备直接由 EL+74.00 平台顶上用正装法穿入洞内进行就位。

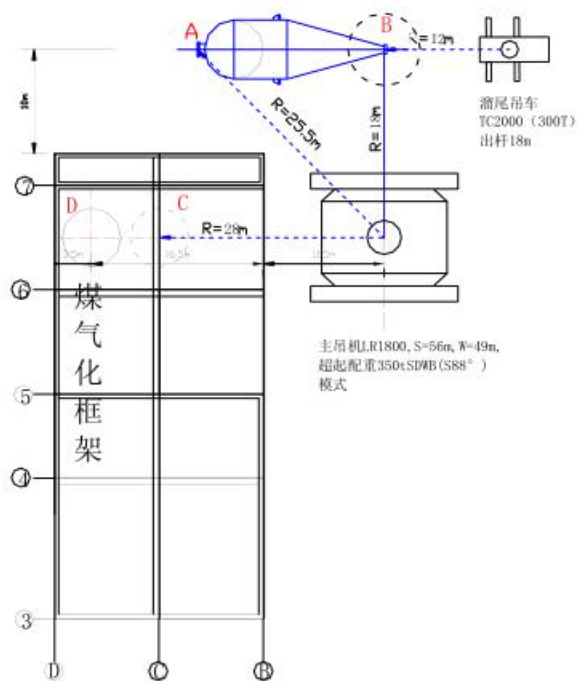


图7-1 飞灰器吊装平面布置图

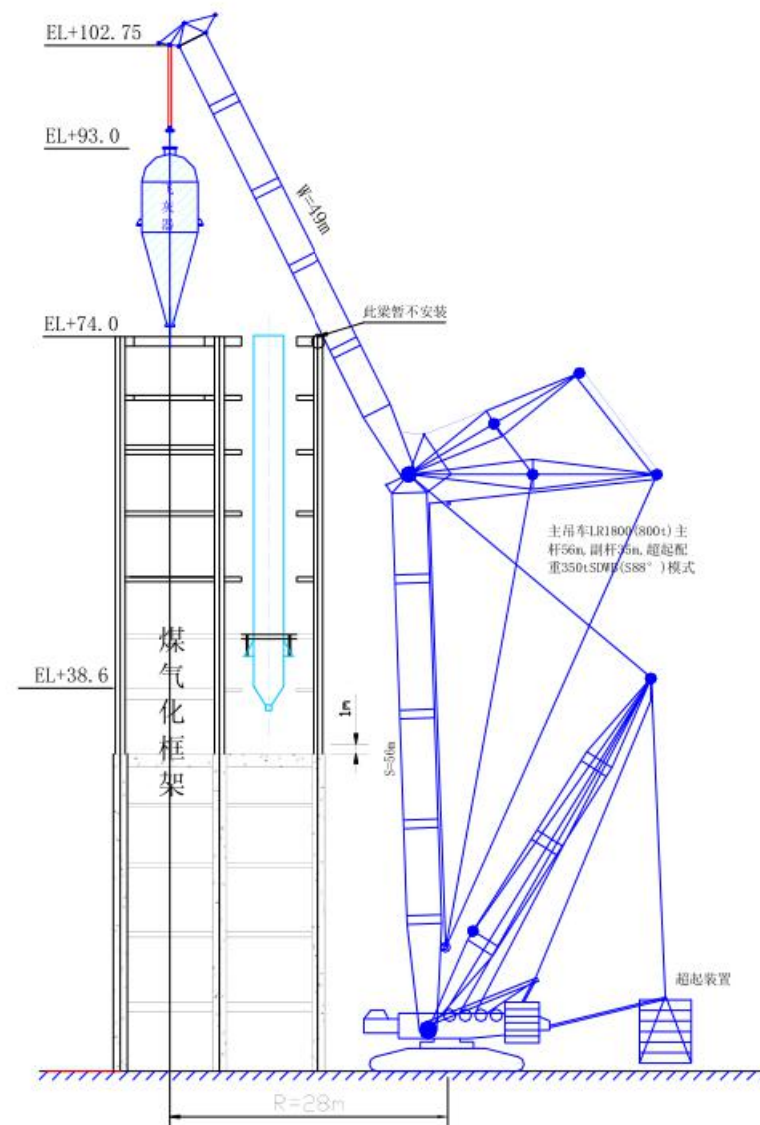


图7-2 飞灰器吊装立式图

2. 吊装工艺验算

2.1. 气化炉吊装验算

2.1.1 翻身吊装时吊车受力验算

2.1.1.1 开始状态 (A 状态)

- 主吊机 吊装计算受力 $P=1.1 \times (275 \times 0.48 + 7) = 152.9t$;
此时 $R=28m$, 吊机额定起吊力 $[F]=295t >> P$; 故安全。
- 溜尾吊机 吊装计算受力 $P=1.1 \times (275 \times 0.48 + 5.5) = 172.5t$
此时 $R=9m$, 吊机额定起吊力 $[F]=221t$;
能力富余度 β 为 $(221-172.5)/172.5=28\%$; 故安全。

2.1.1.2 站直状态 (B 状态)

- 主吊机 吊装计算受力 $P=1.1 \times (275 + 7) = 310.2t$;
此时 $R=22m$, 吊机额定起吊力 $[F]=367t$;
能力富余度 β 为 $(367-310.2)/310.2=18.3\%$; 故安全。

2.1.2 就位吊装时受力与触杆验算

2.1.2.1 就位时 (D 状态) 吊机能力验算

- 主吊机 吊装计算受力 $P=1.1 \times (275 + 7) = 310.2t$;
此时 $R=22m$, $[F]=367t$;
能力富余度 β 为 18.3% ; 故安全。

2.1.2.2 就位时 (D 状态) 吊机触杆验算

- 顶部钩头以上富余高度 $h=90-57.8=32.2m > 5m$, 故安全。
- 设备顶部外缘距桅杆间距 ΔL :
副杆仰角 $\alpha = \arccos[(22-3.8)/35] = 58.67^\circ$
副杆顶高 $H=60.14=35\sin \alpha = 90.04m$;
 $\Delta H=H-57.8=32.24m$
 $\Delta L = \Delta \cdot \text{ctg} \alpha - (3.65/2 + 0.3 + 2.9/2) = 16.55m >> 0.5 \sim 1m$; 故不会触杆。

2.1.2.3 在绕过柱子时 (C 状态) 吊机触杆验算

- 此时吊车最大回转半径 $R=18-1.0-0.5-4.5/2=14.25m$, 取 $R=14m$;
副杆仰角 $\alpha = \arccos[(14-3.8)/35] = 73.06^\circ$
 $\Delta L = (60.14 + 35\sin \alpha - 57.8) \cdot \text{ctg} \alpha - (3.62/2 + 0.3 + 2.9/3) = 8.3m >> 0.5 \sim 1m$; 故不会触杆。

2.2 合成气冷却器吊装验算

2.2.1 翻身吊装(A、B 状态)时的验算

- 主吊机 吊装计算受力 $P=1.1 \times (283.9 \times 0.52 + 7) = 170t$;
此时 $R=30m$, 额定起吊力 $[F]=275t >> P$; 故安全。
- 溜尾吊机 吊装计算受力 $P=1.1 \times (283.9 \times 0.65 + 5) = 208.5t$
此时 $R=8m$, 额定起吊力 $[F]=250t > P$; 故安全。

2.2.2 就位吊装时(C、D 状态)的验算

★. 主吊车受力验算

吊装计算受力 $P=1.1 \times (283.9 + 7) = 320t$;
此时 $R=20m$, 吊机额定起吊力 $[F]=394t$;
 $[F] > P$, 且能力富余度 β 为 $(394-320)/320=23\%$; 故安全。

★. 顶部钩头以上富余高度 $h=91.16-77.13-6=8.03m > 5m$, 故安全。

★. 触杆验算

副杆仰角 $\alpha = \arccos[(20-3.8)/35] = 62.43^\circ$
设备顶部与吊臂间隙 ΔL :
副杆顶高 $H=60.14=35\sin \alpha = 90.04m$;
 $\Delta L = (91.16-77.13) \cdot \text{ctg} \alpha - (3/2 + 0.5 + 2.9/3) = 5.3m >> 1m$; 故不会触杆。

2.3. 气体返回室吊装验算

2.3.1 翻身时的吊机能力验算

- 溜尾吊机 1 吊装受力 $P=1.1 \times 1.1 \times (124/4 + 3) = 41.2t$;
此时 LTM1120(120t)出杆 $14m$, $R=7m$, 额定起吊力 $[F]=50t > P$; 故安全。
- 溜尾吊机 2 吊装受力 $P=1.1 \times 1.1 \times (124 \times 0.75 \times 0.5 + 3) = 60t$
此时 LTM1160(160t)出杆 $13.2m$, $R=7m$, 额定起吊力 $[F]=50t > P$; 故安全。

2.3.2 就位时, 主吊机能力验算

- 主吊车 吊装受力 $P=1.1 \times (124 + 7) = 144.1t$;
此时 $R=24m$, $[F]=340t >> P$; 故安全。

2.4. 输气管吊装验算(略)

2.5. 飞灰器吊装验算

2.5.1 翻身吊装时的验算

- 主吊机 吊装计算受力 $P=1.1 \times 1.1 \times (205.4 \times 0.8 + 7) = 207.3t$;
此时 $R=56m$, $W=49m$, $R=25.5$, 查其额定起吊力 $[F]=286t > P$; 故安全。
- 溜尾吊机 吊装计算受力 $P=1.1 \times 1.1 \times (205.4 \times 0.4 + 3) = 103t$
此时 TC2000 (300t), 出杆 18m, $R=12m$;
查其额定起吊力 $[F]=160t > P$; 故安全。

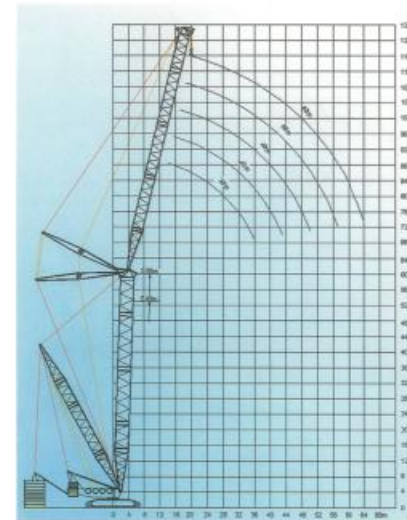
2.5.2 就位时的验算

- 主吊车能力验算
吊装计算受力 $P=1.1 \times (205.4 + 7) = 233.7t$;
此时 $R=28m$, 查其额定起吊力 $[F]=273t > P$;
且能力富余度 β 为 $(273-233.7)/233.7=17\%$; 故安全。
- 杆顶钩头富余高度验算
 $\Delta H = 102.75 - (93 + 3) = 6.75m > 4.5m$; 故安全

2.5.3 触杆验算:

- 副杆仰角 $\alpha = \arccos[(28-3.8)/49] = 60.4^\circ$;
- EL+74.0m 平台位置, ⑧轴梁与臂杆间距 $\Delta L1$:
 $\Delta L1 = (102.75 - 74) \text{ctg } \alpha - (16.5 + 0.5 + 2.9/3) = -1.6m$;
触杆, 因而此梁在吊装前不能安装。
 - EL+67.6m 平台位置, ⑧轴梁与臂杆间距 $\Delta L2$:
 $\Delta L2 = (102.75 - 67.6) \text{ctg } \alpha - (16.5 + 0.5 + 2.9/3) = 2.0m > 0.5m$; 故不触杆。
 - 已安装的 V-1302 冷却器的触杆情况
 $\Delta L3 = (102.75 - 74) \text{ctg } \alpha - (16.5 + 1.5 + 0.5) = 2.83m$; 故不触杆。
 - 设备顶部触杆情况:
设备顶部与臂杆间隙 $\Delta L4$:
 $\Delta L4 = (102.75 - 91) \text{ctg } \alpha - 3.1 = 3.6m > 0.5m$; 故不会触杆。

2.6. 吊车性能表



SDWB(S88°)模式起升高度

履带尺寸: 12,60m × 12,30m × 1,50m

LR1800

S 杆 88° / 工作范围: 360°

32t 中心压载 / 回转平台上 162t 配重

悬挂吊篮配置: 18~22m 半径, 最大 350t

75% 力矩限制

工作半径 (米)	S-49	S-49	S-49	S-49	S-49	S-56	S-56	S-56	S-56	S-56
	D-42	D-42	D-42	D-42	D-42	D-42	D-42	D-42	D-42	D-42
	W-35	W-42	W-49	W-56	W-63	W-35	W-42	W-49	W-56	W-63
14	455	400				450	400			
16	440	390	340			440	390	340		
18	422	378	335	290		420	378	335	290	
20	394	360	325	282	240	394	360	325	282	240
22	367	341	315	275	234	367	341	315	275	234
24	340	320	300	264	228	340	320	300	264	228
26	318	302	286	254	222	318	302	286	254	222
28	295	284	273	244	216	295	284	273	244	216
30	275	267	260	235	210	275	267	260	235	210
32	256	252	248	225	203	256	252	248	225	203
34	239	238	236	216	197	240	238	236	216	197
36		225	224	207	190	222	225	224	207	190
38		213	212	198	184		213	212	198	184
40		200	202	190	178		203	202	190	178
44			179	172	166		163	179	172	166
48			152	157	153			154	157	153
52				140	143				142	143
56					129				119	129
60					112					113
64										95

吊装性能[t], S-S 杆长度[m], D-D 杆长度[m], W-W 杆长度[m]

3. 措施费估算

3.1. 800t 吊车法措施费估算汇总表

序	项目	费用（人民币）
1	主吊车进场费（北京~大连或上海~大连）	50~100 万
2	主吊车台班费	140 万
3	辅助吊车台班费	60 万
4	特殊设施费（平台站位处场地处理费，对口器，吊耳，临时固定用小框架制作安装费）	50 万
5	辅助材料费（索具、枕木等）	10 万
6	其它费用（工人工资、管理费、企业利润、税金）	70 万
7	费用汇总	380~430 万

3.2. 各项细目表

3.2.1 主吊车、辅助吊车台班费细估表（按设备到货不影响吊装、不引起窝工考虑）

序	项目或吊装作业内容	主 吊 机	辅 助 吊 机			
			70t	120t	160t	300t
1	主吊机入场、组杆	5d	5d	5d		4d
2	气化炉吊装	2d				2d
3	冷却器吊装	2d				2d
4	气体返回室吊装	3d		1d	1d	
5	输气管吊装	3d			1d	
6	主吊机换杆	3d	3d	3d		
7	飞灰器吊装	2d				2d
8	主吊机折杆、退场	5d	5d	5d		
	台 班 小 计	25d	13d	14d	2d	10d
	台班费计算式	$\frac{160 \text{ 万/月} \times (25/30) = 140 \text{ 万}}$	$13 \times 0.5 = 6.5 \text{ 万}$	$14 \times 1.1 = 15.4 \text{ 万}$	$2 \times 2 = 4 \text{ 万}$	$10 \times 3 = 30 \text{ 万}$
	台班费小计	140d	$55.9 \text{ 万} \approx 60 \text{ 万}$			

3.2.2 特殊设施费细估表

序	项 目	主要工作量	费用
1	场地平整,夯实,片石及中碎垫层(500mm 厚)	1500m ²	11.5 万
2	吊车站位处及部分设备临时放置处地基特殊处理(300mm 厚,200#砼)	200m ³	8.5 万
3	气体返回室,输气管临时搁放支架,调节对口装置,平衡梁,吊耳等制作、安装、拆除	40t 钢结构	30 万
	小 计		50 万

3.2.3 其它费用细估表

序	项 目	计 算 式	费用
1	税金	$400 \times 3.6\%$	15 万
2	工人工资	$50 \text{ 人} \times 2 \text{ 月} \times 2500 \text{ 元/月} \cdot \text{人}$	25 万
3	管理费	车旅、办工、住宿等	10 万
4	上交企业利润	$400 \times 5\%$	20 万
	小 计		70 万

4. 设备吊耳及位置的建议

4.1. 气化炉吊耳

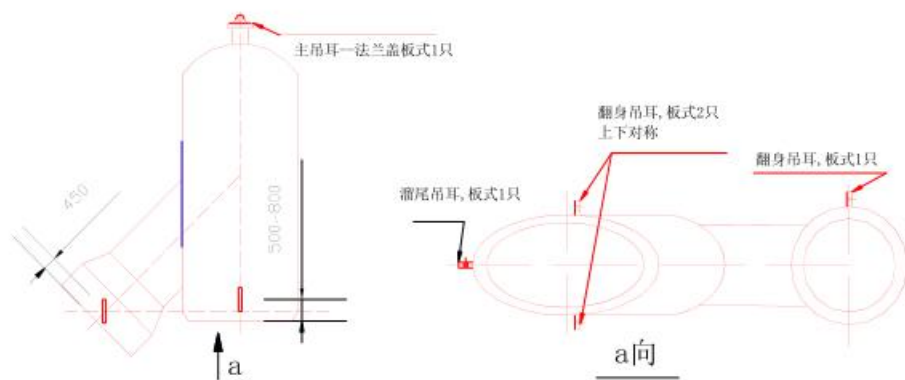


图4-1 气化炉吊耳建议图

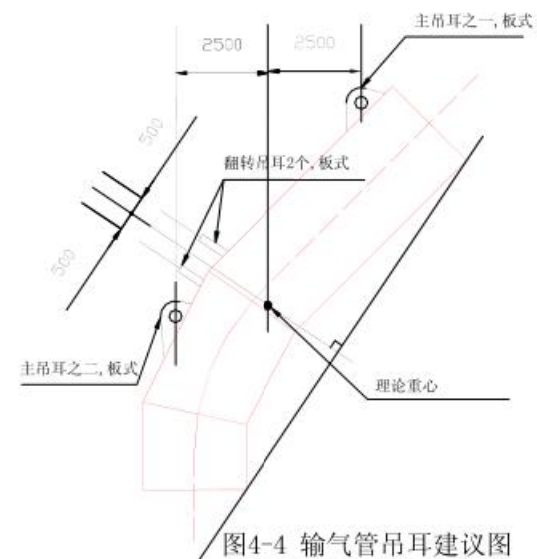
4.2 冷却器吊耳



4.3 气体返回室吊耳



4.4 输气管吊耳



4.5 飞灰器吊耳

