

宝钢施工技术专题总结

BAOGANG SHIGONG JISHU ZHUANTI ZONGJIE

土建

4

上海宝山钢铁总厂工程指挥部

宝钢施工技术专题总结

土 建 4

上海宝山钢铁总厂工程指挥部

目 录

炼钢厂主厂房钢结构安装.....	上海市机械施工公司	(1)
炼钢第一脱整模车间钢结构安装.....	上海市机械施工公司	(26)
气浮法安装重油罐.....	宝钢十三冶七公司 袁树田	(35)
初轧均热炉筑炉技术.....	宝钢二十冶分指挥部 毕占廷	(40)
初轧均热炉浇注料施工.....	宝钢二十冶分指挥部 毕占廷	(50)
内装修工程施工技术.....	宝钢二十冶分指挥部 胡景文	(56)
搅拌站的规划设计与使用.....	宝钢十三冶分指挥部 夏自习	(63)
混凝土三车的使用与维修.....	宝钢二十冶机运公司 边秉成	(71)
烧结 200 米烟囱基础施工.....	宝钢十三冶分指挥部 李钟林 高绍文	(84)
初轧设备基础施工技术.....	宝钢二十冶分指挥部 孙德义	(91)
初轧地下工程防水堵漏.....	宝钢二十冶分指挥部 刘伯永	(101)
高强螺栓与焊接混合接头的吊车梁施工.....	宝钢二十冶分指挥部 荆友文	(106)

炼钢厂主厂房钢结构安装

上海市机械施工公司

炼钢主厂房是宝钢工程主体项目之一，是炼钢厂的核心。宝钢炼钢主厂房是从日本全套引进的，由新日铁负责建筑设计及加工制造，由宝钢建工分指挥部承担施工，设计对口由上海冶金设计研究院负责。

建工分指挥部内部分工是：钢结构由华东建筑机械厂负责接运检验，及部分屋架、气楼、壁吊桁架的组装；市建三公司负责钢构件摩擦面除锈、钢构件油漆、吊装区安全设施搭设及彩色压型钢板墙屋面铺设；市机施公司负责钢结构堆场构件装卸、翻堆配套、钢构件场内驳运与厂房钢结构安装。

我公司过去绝大多数承担钢筋混凝土结构吊装，虽曾做过一些国内设计或国外引进的钢结构工程，但数量少，规模小，无法与宝钢任务比拟，承担规模特大的高重大新的炼钢主厂房钢结构工程，实属初次尝试。工程于1980年3月18日开吊，现已胜利完成了宝钢炼钢主厂房钢结构安装任务，经济效益尚好。工程质量优良，无重大工伤事故，积累了一些经验。

一、工程概况

炼钢主厂房是宝钢工程主体项目之一，厂房内设有300吨级纯氧顶吹转炉和440吨级行车等大型设备，年产钢锭671万吨。

炼钢厂位于宝钢总厂中部偏南，西紧挨经四路炼铁厂，北靠纬三路热轧厂，东近经五路初轧厂与机修厂；炼钢主厂房在炼钢厂西北侧，与连续铸锭厂连成一体，总体平面见图1。

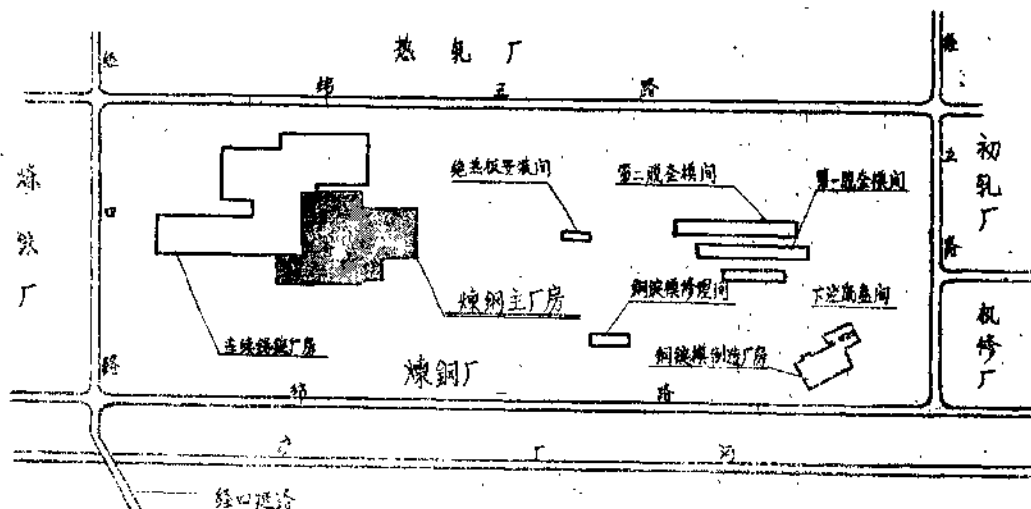


图1 炼钢厂总平面

主厂房主要由受铁装料、转炉脱气、钢锭浇注及钢包修理等跨组成，还有为生产服务的炉前计器室、电气室、计算机室、氧气阀门室、指令操作室和室内各种操作平台等辅助建筑物，见图2。

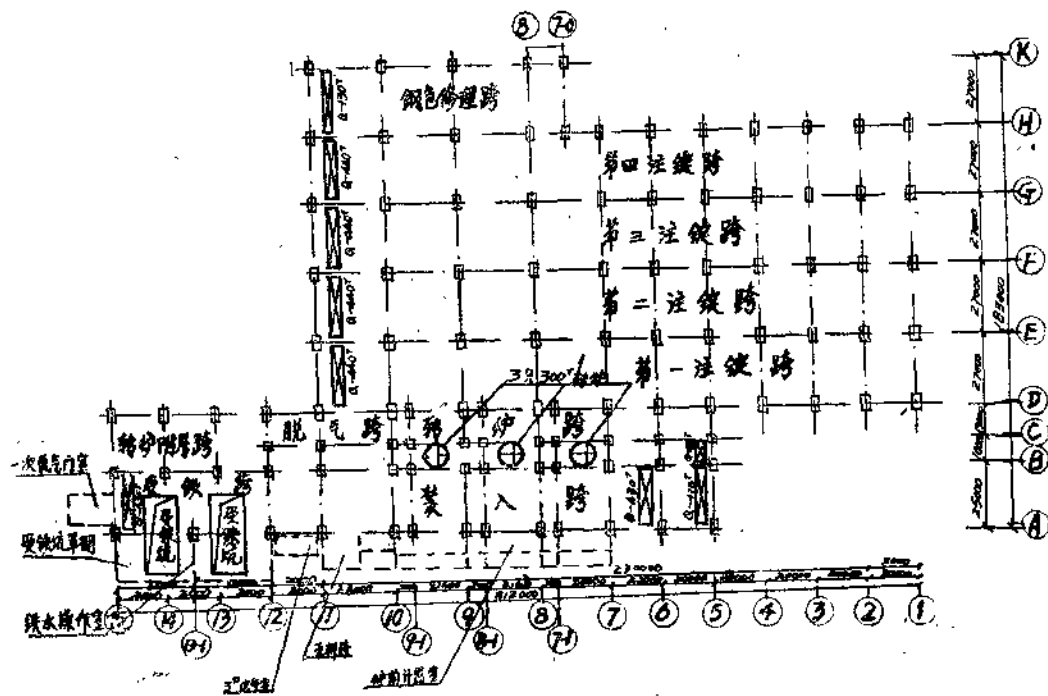


图2 主厂房平面

主厂房采用全钢结构，占地面积 41701 m^2 ，建筑面积 66586 m^2 ，建筑平面轴心 $183 \text{ 米} \times 312 \text{ 米}$ ，基本柱距为 20 米 和 28 米 ，基本跨度 27 米 ，框架部分因设备布局需要，其柱距和跨度各有不同。

1. 结构特点

厂房主要由单层和多层框架组成。八层框架是整个建筑物的核心，最高部分达 70 米 ，占地面积为整个厂房面积的 10% 弱，而钢构件的重量却占整个钢构件总量的 $1/3$ 强。框架内部复杂，除框架结构外，尚有不同规格的料斗、电梯井、氧枪支架、大规格烟道、悬挂式操作小平台和大量的楼层搁栅平台板等散小构件，还有大型组合墙板和与厂房吊装同时进行的汽包、消音器等设备的安装。

单层厂房结构同国内厂房结构类似，有行车梁系统、壁吊系统、钢锭浇注和炼钢原料作业平台、检修通道及铸锭控制室等。

整个厂房屋面采用横向气楼，屋面材料采用彩色压型钢板，每块长度等于厂房跨度。墙面采用全钢结构，由钢制小立柱、墙筋和外贴彩色压型钢板组成。

2. 构件形式

钢柱采用多节形式，框架部分为三节柱，其余为二节柱，凡设有行车设备的下节钢柱采用双肢型柱，钢材用大规格轧制的 H 型钢，部分上节柱由钢板焊接成型。

行车梁长度有六种，断面为实腹工字型。因使用荷载和长度不同，断面高度亦不相同，

但搁置端高度都为等高形式。梁搁置端的高度 BC 跨为 1436 毫米,其余为 2000 毫米。支承方式有平面状和刀片状支承,其具体构造形式和我国的习惯有所不同。

屋面因 20 米和 28 米不同柱距,采用托架、屋架结构,中心线之间距离有 6 米和 7 米。屋架大都采用桁架形式,安装在钢柱上为主屋架,安装在托架上为付屋架。考虑到行车设备上架,专设一榀实腹式屋架,作为行车上架的起重大梁用。横向气楼是以节间为单元设置的,气楼架同屋架方向作相互垂直布置,横向气楼以独立状态呈现在屋面上。屋面采用单坡式,坡度 1:20,上铺彩色压型钢板。

墙面采用压型钢板作围护结构。考虑高空施工安全,在 42 米以上,为装配式组合大墙板,每块的最大面积约 60 平方米(轮廓尺寸 5 米×12 米),节点连接用螺栓紧固,其余部位的墙面是散件形式安装。

框架构件品种繁多,框架大梁、轴组大梁为实腹工字型,单件重量较重。楼层次梁因设备、部位和使用荷载不同,实际每一节间次梁布置均非标准型。料斗、电梯井、氧气枪支架等结构特殊,搁栅长短不一,平台板均为小块拼接,烟道结构同设备保温材料交叉在一起,尚有其他结构如在原料跨屋面上第二氧气阀门室、悬挂式操作台等,总之框架结构复杂、量多,并同土建施工设备安装交叉在一起。

3. 连接处理

钢柱、柱间支撑、托架、制动架、屋架、框架大梁等均采用对接形式,其间留 10 毫米空隙。除 44 处钢柱对接为箱型封闭节点,无法采用高强度螺栓连接。又因荷载大,使用要求高,构件钢板厚,采用直流自保护粉芯焊丝半自动焊接工艺进行高空焊接外,其余节点全部用高强度螺栓连接。

概括起来主厂房钢结构具有如下几个特点:

厂房高。转炉脱气八层框架最高部分达 70 米。

构件重。分节钢柱最重 73 吨,大钢梁重 68 吨,料斗地面组合整体吊装重 60 吨。

工程量大。钢结构总重量 3.13 万吨,9.99 万箱件,高强度螺栓总数 74.22 万套。

结构连接采用新工艺。绝大部分为扭剪型高强度螺栓连接,螺孔与螺栓间隙仅 1.5~2 毫米;接柱焊接节点,采用现场高空直流自保护粉芯焊丝半自动焊,等强度焊接,要求 100% 检验合格。

施工复杂。多层框架钢结构重万余吨,安装繁杂;铁水包深坑与地面上高空结构安装同时进行;厂房安装过程穿插土建施工与设备安装;大量钢构件的堆放、配套、搬运管理要求高。

二、规划方案

1. 接受任务,分析差距,收集情况,积极准备

针对炼钢主厂房工程量大、结构新、技术复杂等工程特点及我们对这样大工程施工经验不足,我们在宝钢总厂工程指挥部和建工分部领导下,组织力量,积极准备,紧紧抓住以下三个工作:

(1) 收集情报

收集国外有关大型钢铁厂建设方面各种技术情报资料。

收集美、英、德、法、日五国各种型号施工机械系列样本资料。参加订购设备会谈,提议总厂指挥部订购西德 300 吨履带吊作为主厂房施工主机。参加对日的一系列技术会谈,摸

清宝钢工程规模 and 任务。

(2) 施工设想与工程规划

根据掌握的情报与技术会谈资料,按阶段对有关工程进度、施工力量、机械选型作出初步规划。1979年3月在成套设备合同草签的基础上,编制宝钢工程钢结构吊装初步方案,主厂房吊装主机选择和关键工程设想,为主厂房的施工力量安排提供了依据。

1979年9月在日方提供炼钢主厂房局部设计参考图的基础上,编制炼钢主厂房结构吊装扩大初步设计方案;重点解决吊装主机的选择,吊装流水程序和各台吊装主机分别承担的吊装内容,由于资料不足,方案偏重技术上的可能性,对经济是否合理、施工是否均衡,考虑不周,但对进一步编制吊装方案有一定参考价值。

1980年2月编制炼钢主厂房结构吊装施工组织设计,虽然当时设计图纸还不齐,但吊装总进度中日双方已确定,钢构件的FOB计划已落实,吊装机械已明确化,关键构件的轮廓尺寸、重量和有关吊装方法措施已同日本专家取得基本一致意见,因此我们及时编制了主厂房施工组织设计。施工组织设计内容是:吊装主付机的选定,流水程序的确定,总计划进度的制订,劳动组织工效水平的设想,钢构件堆场的规划,以及施工方法、措施、质量标准、高强度螺栓施工规定、双H型钢柱现场对接焊操作规定、安全设施等。该方案于1980年2月底由总厂工程指挥部审批同意,作为炼钢主厂房吊装施工的主要技术文件。

为了具体指导主厂房施工,从1980年2月份起,在施工组织设计基础上按八个部分划分,分期分批编制了主厂房结构吊装施工实施细则,先后共编制了21个分册。

(3) 组织专题攻关小组

引进机械接收小组:检验接收机械,翻译技术资料,培训司机,考核发证。

厚板钢柱现场高空焊接小组:由CO₂气体保护焊接转变为直流自保护粉芯焊丝半自动焊,焊工分批培训,考核发证。模拟试验,制定焊接工艺、岗位职责与超声波探伤检验规程。

高强度螺栓小组:编制施工规程,组织技术讲课,去电厂实践操作,以及检查验收。

钢构件堆场小组:编制堆场规划、机械配备、平面布置,熟悉构件符号,研究油漆防腐、检验,配套构件翻堆,供应吊装。

钢构件现场运输小组:结合钢构件重量形状选定运输汽车,特殊平板拖车设计制造,提出道路场地要求,确定运输措施。

构件予检与校正专业组:构件予检、结构校正和质量资料汇编。

安全设施小组:制定规划,明确分工,具体贯彻执行。

2. 统一厂房划块分节

由于厂房工程量大,施工周期长,吊装主机多,钢构件数量、规格繁多,决定事先对厂房进行统一划块分节,用代号来反映厂房某一部位,使吊装方案中的图表数字简要明晰,便于吊装管理。

(1) 对厂房的平面,根据吊装部位进行分块编号,确定35块。

(2) 对厂房部分的竖向剖面,采取分节编号,决定分为三节:框架部分以钢柱连接部的节点为分界线。下节钢柱范围内所有构件均为第I节;中节范围内的所有构件均为第II节;上节柱范围内的所有构件,包括气楼屋面系统均为第III节。单层厂房下节柱范围内所有构件为第I节,上节柱范围内的所有构件为第II节,屋面包括气楼范围内的所有构件为第III节。

(3) 符号之间的相互关系。因厂房系日本设计,构件制作也由日方承担,日方对钢构件及有关厂房用代号表示,为此,吊装方案编制也采用代号表示。

3. 吊装主机的选定

(1) 选定主机的前提条件。必须确保主厂房的控制总工期;主机的起重性能参数,必须满足钢构件的吊装要求;主机的数量,规格、机种必须确保供应;主机各自承担的任务必须合理安排。

(2) 确定吊装主机方案。确定的六台吊装主机,具体规格是:CC 2000-300 吨履带式起重机 2 台; IHI 1495-100 吨履带式起重机 2 台; TQ 60/80 改制 80 吨塔桅式起重机 1 台; PLH 955 LT-75 吨履带式起重机 1 台。其各自承担的吊装范围见图 3~6。

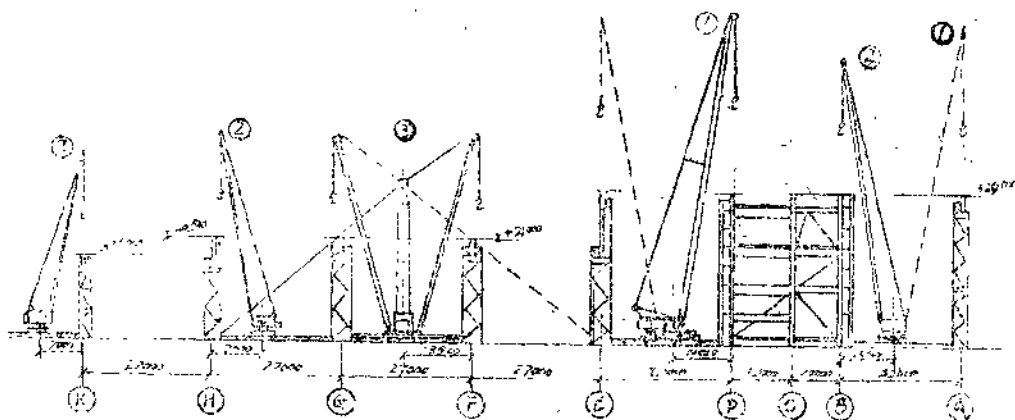


图3 第I节吊机定位
1-CC 2000, 2-IHI 1495, 3-80^t 塔吊

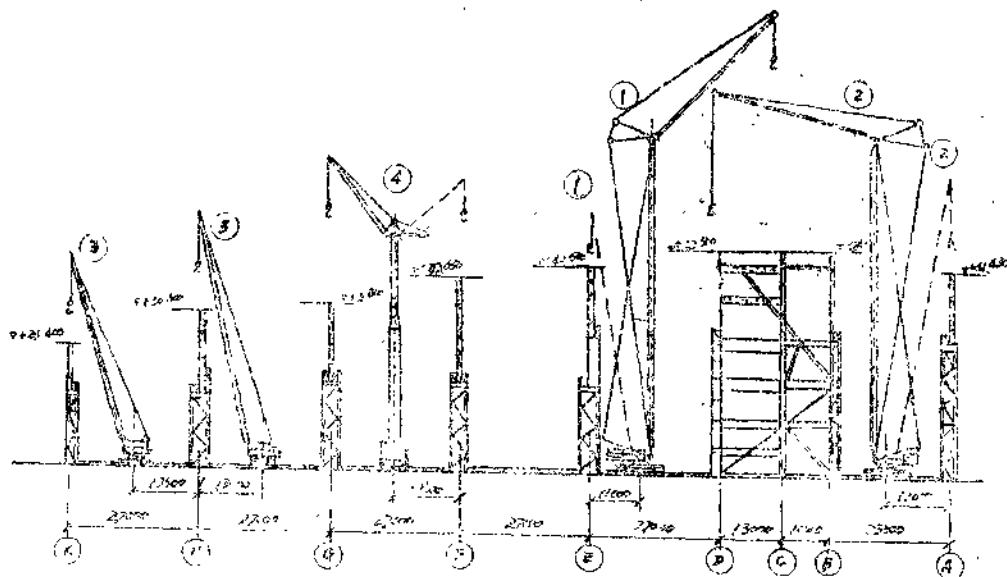


图4 第II节吊机定位
1,2-CC 2000, 3-IHI 1495, 4-80^t 塔吊

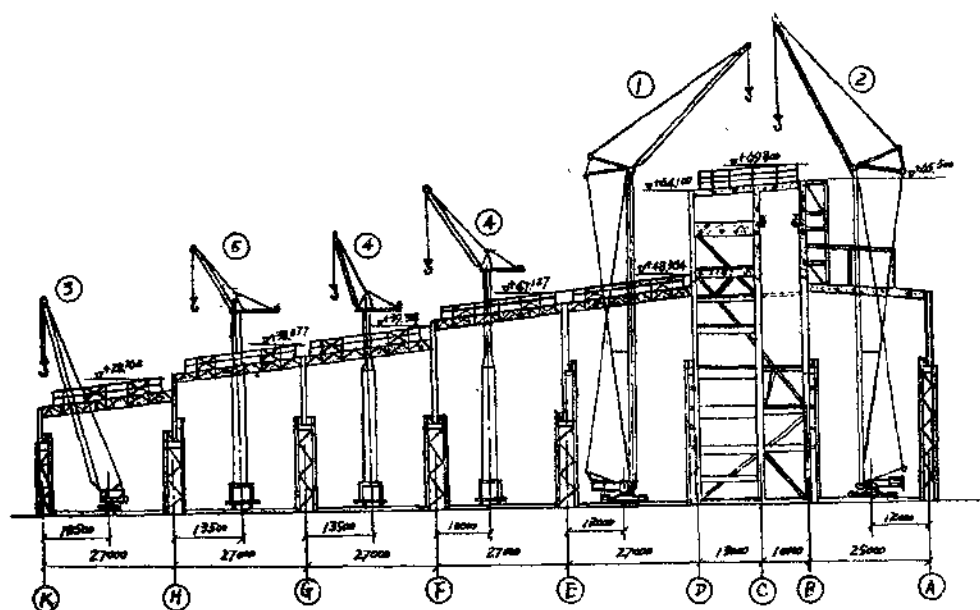


图5 第III节吊机定位

1、2-CC 2000, 3-IHI 1495, 4-80^T 塔吊, 5-3~8^T 塔吊

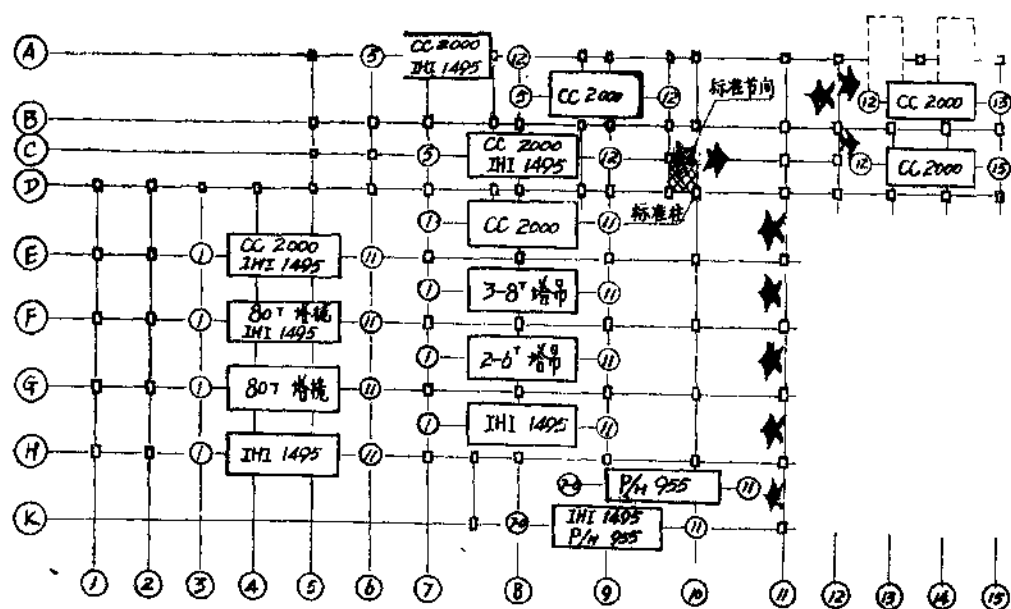


图6 吊机平面定位

(3) 选定吊装主机分析。炼钢主厂房吊装主机的选择, 日方曾提出过二次方案, 第一次是 10 台吊装主机方案, 第二次是 6 台吊装主机方案。现就日方第二次方案同我们选定的方案作重点分析:

表 1 吊装主机方案比较

我公司选定的吊装方案			日本安装要领书方案	
1	300T 履带吊车×2台 (CC 2000)	转炉和真空脱气跨(BD) 转炉附属跨(BD) 装料跨和受铁跨(AB) NO、1 浇铸跨(DE)	300T 履带吊车 ×2台 (P&H 5300)	转炉和真空脱气跨(BD) 转炉附属跨(CD) 装料跨(AB) E、F、G、H、K 列柱竖向构件
2	100T 履带吊车×2台	NO、3~NO、4 浇铸跨屋面部分 A、G、H 第 II 节构件 K 轴第 I、II 节构件	127T 汽车吊 车×3 台	NO、1~NO、4 注入跨屋面 受铁跨(AB) 钢包修理跨屋面
3	80T 塔桅吊车×2台	F、H、G 列柱第 I 节 II 节构件 NO、2 浇铸跨屋面(FG)		
4	75T 履带吊车×1台 (P&H 955 G)	钢包修理跨屋面围护结构系统	40T 汽车吊车 ×1 台	装料跨室内平台层

同样是六台吊装主机方案,但有些主机承担的任务大不一样,所以对其进行大幅度的调整,主要是:127吨汽车吊,货源不落实;受铁跨内有二只16米左右深的铁水包坑设备基础,工程复杂,施工周期长,原料跨吊装时,该深坑尚在施工,吊装机械过不去,因此采用300吨履带吊车最后跨外吊受铁跨;框架部分工程量且结构复杂,300吨履带完成框架吊装再进行铸锭跨的竖向构件吊装,总工期难于确保,同时钢构件堆场小,场地周转有影响,所以调整方案,决定增加80吨塔桅起重机,同框架吊装交叉施工,提前铸锭跨的竖向构件吊装,既保总工期,又减轻钢构件堆场的压力。

该方案主机是落实的,也得到日方的确认。根据各主机所承担的任务,300吨履带任务是艰巨繁重的,100吨履带尚有一定的潜力。

4. 吊装流水程序的确定

根据选定的吊装主机和其承担的任务,结合吊装工艺的要求,编制了以吊装主机为对象的吊装流水程序。

(1) 吊装流水程序,做到关键构件(例下节柱、行车梁)反映到单件,竖向构件反映到列柱,屋面部分反映到节间,框架部分反映到分块编号的每个楼层。

(2) 吊装流水程序实例分析

吊装流水程序的编制,不但能使每台主机的工作内容进一步明瞭,同时,吊装主机相互搭接,矛盾可以得到暴露,做到事先心中有数。由二台300吨履带吊的流水程序表(见表2、3)可见。

第 I 节框架吊装阶段,1#×300吨主机起着关键作用,直接控制着吊装进度,力量安排以及解决问题先后应以1号主机为主,相反2号300吨主机就不明显,可以放在次要地位。

第 II 节框架吊装阶段,按主机定位考虑,1号300吨吊装CD跨为最理想,但工程量大,这样安排工期势必延长。相反2号300吨如果吊BC跨,工程量少,大部分时间要等工。因此这阶段的吊装任务划分,不能按施工条件来考虑,应以工程量和操作条件来合理安排,适当减少1号主机任务,2号主机要增加任务,以缩短第 II 节框架的吊装工期。

第 III 节框架吊装阶段,情况却相反,尽管1号主机工作量仍很大,但2号主机要承担原料跨和屋面第二氧气阀门室的吊装,其重量大大超过1号主机,上升为控制总工期的关键吊

表 2 1号 300^T 履带吊装流水程序表

I BCD 10-5	ICD 10-12	27 BLOCK	II CD 9-1-12	III CD 5-12	27 BLOCK
1C-BC 10-5	1C-CD 11-12	1C-D4-1	3A-BLOCK	2A-BLOCK	III-DE 11-10
1C-D5-10	2-BLOCK	1C-E1-11	调整、紧固	调整、紧固	III-DE 10-9
3A-BLOCK	1-BLOCK	I-E1-11	2-BLOCK	2-BLOCK	III-DE 9-8
调整、紧固		II-E1-11	1-BLOCK	1-BLOCK	III-DE 8-7
3B-BLOCK				3B-BLOCK	III-DE 7-6
调整、紧固				4A-BLOCK	III-DE 6-5
4A-BLOCK				4B-BLOCK	III-DE 5-4
4B-BLOCK				5A-BLOCK	III-DE 4-3
5A-BLOCK				5B-BLOCK	III-DE 3-2
5B-BLOCK				6-BLOCK	III-DE 2-1
6-BLOCK				7-BLOCK	退场
7-BLOCK				D5-12 组合	

表 3 2号 300^T 履带吊装流水程序表

IBC 10-5	IBC 5-12	IA 5-12	II CD 9-1-5	II BC 5-12	III BC 5-12	III AB 12-5
10A-BLOCK	1C-B 11-12	1C-A 12-5	3 B-BLOCK	8-BLOCK	8-BLOCK	15-BLOCK
10B-BLOCK	9-BLOCK	I-A 5-12	4 A-BLOCK	9-BLOCK	9-BLOCK	16-BLOCK
11A-BLOCK	8-BLOCK	I-A 5-12	5 A-BLOCK	10-BLOCK	10-BLOCK	17-BLOCK
11B-BLOCK		II-A 5-12	5 A-BLOCK	11-BLOCK	11-BLOCK	18-BLOCK
12A-BLOCK			6-BLOCK	12-BLOCK	12-BLOCK	19-BLOCK
12B-BLOCK			7-BLOCK	13-BLOCK	13-BLOCK	20-BLOCK
13-BLOCK				14-BLOCK	14-BLOCK	21-BLOCK
14-BLOCK						22-BLOCK
						23-BLOCK II
						24
						22
						23-BLOCK III
						24
						25-BLOCK I
						26
						25-BLOCK II
						26
						25-BLOCK III
						26

装主机。因此该阶段二台主机分工，1号主机应积极创造工作面早上，否则2号主机上不去。这些情况都是通过吊装流水程序的编制，使问题暴露，而加以合理处理的。

5. 吊装控制总进度计划的编制

(1) 炼钢主厂房的总进度计划，是中日双方在1979年12月谈判中定下来的，前提是投产期为1982年8月1日，炼钢系统编制了一整套土木、建筑、设备安装进度计划，中日双

表 4 钢构件安装定额

操 作 内 容	钢 柱	组 装 行车梁	行车梁 L < 6.0 M	框架平台构件 L > 6.0 M		屋 面 构 件		
				吊 装 高 度 (M)	托架梁	屋 架	联系梁	支 撑
构件卸车	25							
安装吊索具	15	20	10	5	5	15	5	5
起 吊	10	20	15	3	5	10	5	5
拆除下吊千斤	10							
回 转	5	20	5	5	6	5	3	3
构件进档	40	60	20	10	16	20	9	15
初 校	40	70	35	25	28	20	12	22
拆除千斤	20	20	10	5	5	5	3	5
松钩跑车	15	15	15	10	10	15	3	5
单件时间工效(件/分)	180	225	110	63	75	90	40	60
合班产量(件/合班)	2.50	3.00	4.00	7.00	6.00	5.00	22.00	16.00
工日消耗(工日/件)	8.00	10.00	5.00	2.86	3.33	4.00	0.96	1.25
施工定额								
工日消耗(工日/件)								
施工定额								

方共同确认。

(2) 对吊装进度的四点说明:

① 计划确定 1980 年 4 月 15 日正式吊装:考虑到我们经验不足,吊装工期紧,操作工人尚须熟悉,经宝钢总厂工程指挥部和建工分部领导同意,提前于 1980 年 3 月 18 日吊装。

② 三个部位工期必须确保:一是 BC 跨 45 吨行车要确保 1981 年 3 月 1 日交付安装,原因是转炉和脱气跨的生产设备安装,绝大部分借助于这台行车;二是 AB 跨,即原料跨 430 吨行车要确保 1981 年 3 月 15 日交付安装,原因是转炉本体的倾动装置,单件重 106 吨,要借此行车起吊;三是 DE 跨,即第一浇铸跨 440 吨行车要确保 1981 年 4 月 1 日交付安装,原因是转炉本体的炉壳和托圈,最大单件重 285 吨,要借此行车起重。

③ 吊装控制进度中,结构吊装占用工期 14 个月(1980 年 4 月 15 日~1981 年 6 月 15 日),同设备安装的交叉工期 11 个月(1981 年 6 月—1982 年 5 月)。

④ 炉前计器室的进度原安排三个月(1981 年 1 月 15 日~1981 年 4 月 15 日),通过设备谈判,了解到设备安装复杂、工期长,要求结构吊装提前到 1980 年进行。

(3) 施工力量和吊装工效的确定

① 我们编制了以月度为单位的吊装机具和劳动班组需要表。高峰期 8 个月(1980 年 9 月~1981 年 4 月),有 5 条吊装主机作业线同时施工。高峰时吊装主付机的比例是 1:3,付机规格为 15 吨~50 吨级起重机,劳动力约 500 人,其中起重班组 20 个,堆场运输小组 8 个,高强度螺栓施工专业小组 10 个,还有焊接小组等。

② 工效的确定。由于主厂房结构特点,国家定额和冶金定额难于套用,因此对不同作业任务,结合现有水平,提出了暂行施工定额,作为配备力量、编制施工进度表的依据,详见表 4。

6. 指标的测算与比较

(1) 同日本福山钢厂第三转炉车间对比

表 5 与国外同类厂对比

项 目	单 位	宝钢炼钢主厂房计划	日本福山钢厂实际
1 建筑面积	m ²	66586	16790
2 钢结构吊装量	吨	30000(扣除交叉期量)	16800
3 吊装工期	月	14	7
4 平均月产量	T/月	2145	2400
5 主机台班产量	T/8 小时	15.31	20.8T/10 小时 折成 16.6T/8 小时
6 吊装时间		1980.4.15~81.6.15	1972.11~1973.6

(2) 同国内冶金建设系统的对比

一冶等单位 1966 年施工定额水平,耗工指标为 8.00 工日/吨,历年来实际平均水平 9.80 工日/吨,最好的工程项目实际达 7.30 工日/吨;炼钢主厂房耗工计划是 6.23 工日/吨(其中吊装部分为 4.69 工日/吨,脚手油漆等估算为 1.54 工日/吨)。

由此可见,主机台班产量略低于日本水平,而每吨钢结构施工耗工略低于国内同行业。

三、工程实施

1. 八层框架结构的安装与校正

根据日方介绍,框架部分为节间综合安装,一个节间吊装校正、高强度螺栓紧固完毕,方可进行下一节间的安装。但从第一节间综合安装情况剖析,1980年4月22日吊装好,校正和高强度螺栓紧固到5月3日才完成,主机窝工5~7天,不利总进度。经研究分析,决定改为标准节间和流水吊装相结合的方法,即在节间校正和高强度螺栓紧固同时,进行其他节间的吊装,先构成排架,后形成框架,这样施工主机就能充分发挥作用。安装校正方法如下:

(1) 标准柱与样板柱的选定。我们选择DC跨9-1、10轴作为开吊的标准节间,在标准节间内选一根钢柱作为样板柱,在标准节间外选一根钢柱为标准柱。标准节间框架下层平台吊装时,标准柱作校正样板柱温差影响的对比用。当吊至10.8米平台时,节间已形成框架,具备足够的侧向刚度,温差影响调整可不必参照标准柱。

(2) 标准节间的吊装。平台梁吊装松钩前,必须按梁重、螺栓抗剪能力,安装一定数量的临时螺栓。平台梁吊装松钩后,每个节点的螺栓安装量补足到 $1/3$,并拧紧。每层平台梁吊装时,要随时观察钢柱垂直度,控制在 ± 2 毫米以内,节间综合吊装结束并总体固定后,要求标准节间第一节柱垂直度达到样板柱的 ± 2 毫米以内,其它柱在 ± 4 毫米以内。

由于阳光照射及钢柱承受的单面荷载,使钢柱产生垂直偏差。为消除多层平台的积累误差,每层平台吊装后,在无温差条件下,均作层层校正。

(3) 节间框架的整体测校。是用多根19毫米钢索加5吨手拉葫芦同向拉校,或用千斤顶在平台梁上直接顶校钢柱。若钢索受力过大而钢柱偏差仍校不动,可以松动连接螺栓和斜撑连接节点,并用小钢楔楔入连接间隙配合钢索校正。有时钢索校正,框架一时校不动,可保持钢索拉紧状态,第二天框架会被逐渐校正过来。钢索校正经测定,拉力大致在8~10吨之间。

每个节间全部吊装完毕,还必须作一次综合测定,其复校内容为:①柱下脚位移;②在无温差影响条件下,每根柱子垂直度;③行车梁牛腿面的标高。复测后的框架,在正确无误前提下,将柱基下脚电焊固定,再处理好所有高强度螺栓,使框架最后形成稳定结构。节间校正后,高强度螺栓作业,应尽量避免硬冲螺栓孔,螺孔错位必须进行扩孔处理,防止硬冲引起钢柱垂直度偏差。

2. 重型钢柱的吊装与校正

炼钢主厂房双肢型钢柱的最大重量为73吨,外型尺寸为2米 $\times$ 5米 $\times$ 31.5米,柱根为箱型,底部与柱基二组锚固螺栓相连接。由于双肢型钢柱,重量重,体积大,我们采用双机抬吊定位旋转法,以钢柱自重为控制值,吊装时考虑适当的安全系数。

主机CC2000-300吨履带,接66米主起重臂,吊钩100吨级,控制半径 $R=16$ 米,起重臂倾角 $\alpha=78.8^\circ$,提升高度 $H=64.7$ 米,额定起重量 $G=86.56$ 吨。辅机1495-3A-100吨履带,接27.43米起重臂,吊钩50吨级,控制半径 $R=8$ 米, $\alpha=76.5^\circ$, $H=24.9$ 米, $G=41.29$ 吨,配合主机抬吊柱根部。

经验算,其理论数据和吊机实测的数据一致,辅机抬吊柱根最大受力分配系数为57%。双机抬吊的停机方案见图7。开吊时,双机同时将钢柱平吊起,至离地2.5米左右时暂停,让运柱平板车开走,双机再同时打开回转刹车,由主机单独起吊,当钢柱吊装回直后,拆除辅机下吊点钢丝绳,主机单独将钢柱插进锚固螺栓固定。

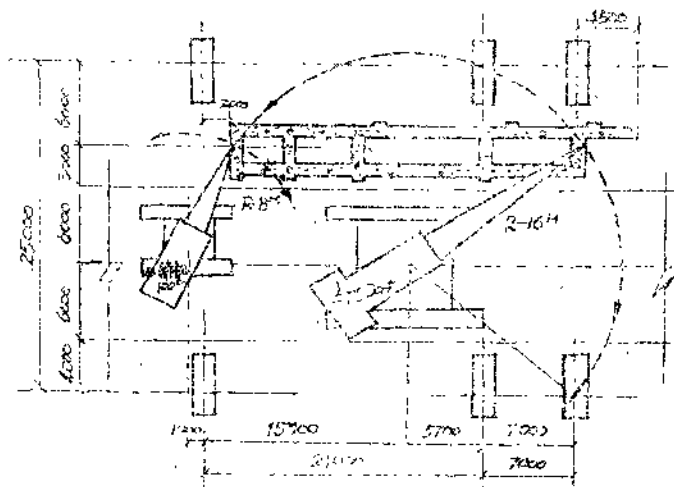


图7 钢柱双机抬吊示意图

钢柱初校垂直度偏差控制在 20 毫米以内方可松钩。钢柱垂直度校正, 采用 30 吨螺旋千斤或油压千斤顶进行。校正过程中, 须不断观察柱底部和标高控制块之间是否脱空, 以防

校正过程中顶升过度造成的水平标高误差。

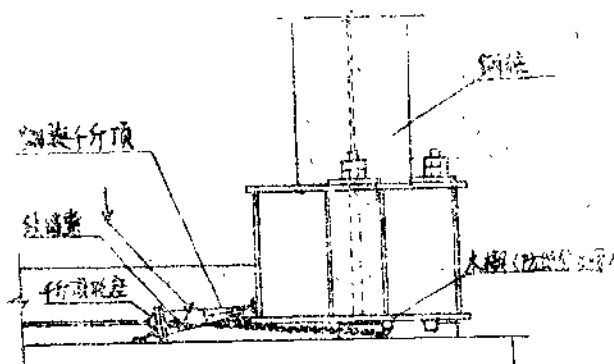


图8 钢柱位移校正图

钢柱位移校正, 采用螺旋千斤顶加链索套环托座, 按水平方向顶校钢柱, 此法在施工中还是首次采用, 效果较理想, 校正后的位移精度在 1 毫米以内, 见图 8。为了防止钢柱校正后的轴线位移, 校正后应在柱基础四边用 6 块 10 毫米厚钢板作定位靠山, 并用电焊固定。钢

柱复校后, 再紧固锚固螺栓, 并将承重块上下用电焊点焊固定, 防止走动。

3. 440 吨级钢行车梁的校正

行车梁是厂房建筑中主要承重构件之一, 是直接承受行车设备荷载的结构大梁, 安装质量有严格的要求。

(1) 构造型式

因厂房柱距规格多, 行车梁的规格品种也繁多, 有 6 种长度, 15 只品种, 自重由 5 吨至 67 吨不等。行车梁构造均为简支梁形式。梁端之间留有 10 毫米的空隙, 施工中不作任何处理。梁与制动架之间采用高强度螺栓连接。梁与钢柱牛腿面的支承, 转炉脱气跨用刀片状支承; 其他六跨用平面状支承。梁的搁置处与牛腿面之间有 50 毫米空隙, 设有二块 25 毫米厚度钢垫块。采用刀片状支承的梁下翼板不焊接钢垫块, 而是刀片钢板凸出下翼板 25 毫米。梁同牛腿连接采用螺栓紧固, 梁下翼板一端开正圆孔 $\phi 25$ 和 $\phi 30$, 梁的另一端开椭圆孔, 分别为 $\phi 25 \times 53$ 和 $\phi 31 \times 65$ 。梁与钢柱侧面用斜杆连接, 同样采用高强度螺栓节点, 取消了我国习惯采用的梁面水平状拉铁和垂直丁字连接板。

(2) 校正顺序

行车梁吊装前必须：① 严格控制定位轴线；② 认真做好钢柱底部临时标高垫块工作；③ 密切注意钢柱吊装后位移和垂直度偏差数值；④ 实测行车梁搁置端梁高误差值。行车梁吊装后，先进行梁表面的标高测定，然后进行行车梁中心线放线，对照中心线再对行车梁的垂直度、位移、蛇形差、标高等进行校正，尔后安装行车梁端部斜撑或中部剪刀撑（制动系统），使行车梁构件部位基本固定不变，最后复测梁的有关质量数据，达到标准后，再进行制动桁架的安装和紧固。行车梁标高校正可在屋盖吊装前进行，其他项目校正宜安排在屋盖吊装完成之后，因屋盖安装可能会引起钢柱跨向微小变动，影响校正数据。

(3) 校正方法

行车梁校正主要是对梁作高低方向和水平方向移动。标高校正主要是对梁的端部抬空，在梁底增设垫块。可用起重机吊空，特制工具抬空、千斤顶顶空等方法，这次是采用起重机吊空，经济效果较差。

梁的水平方向移动，常用的手段是撬棒、钢楔、花兰螺栓、神仙葫芦和千斤顶等，本工程是采用千斤顶和神仙葫芦解决水平方向移动，因摩擦系数小，移动相当顺利。

4、两种钢料仓的吊装

钢料仓的吊装是主厂房钢结构吊装中技术性较强的项目。转炉脱气跨料仓共有两层，标高 27.10 米平台上的⑦~⑩轴间铁合金料仓四组，每组重 53.73 吨；标高 57.10 米平台上的⑦~⑩轴间付原料仓三组，每组重约 90 吨。对于这样高、重、大料仓安装，若用高空散装法将费工、费时，我们根据现有施工机械和现场许可条件，采用地面组装，一次起吊到位的方法，取得了较好的效果。

(1) 铁合金料斗的组合吊装

每组铁合金料斗的主体结构由三根料斗大梁和十二只料斗组成，组装节点采用高强度螺栓，螺栓罩板为焊接。日本要领书系用高空散装法，先在 27.10 米以下的平台安装搁棚，用型钢梁加固，在平台上按顺序将 12 只料斗堆放，安装好三根料斗大梁，将吊钩从大梁间把料斗逐一起吊到位安装。这样需铺设型钢梁将增加费用，高空工作量大，作业安全设施设置困难，吊装主机占用工期长，影响整个吊装进度。

考虑到 300 吨履带起重能力大，组装后的铁合金料斗总重不大于 60 吨，300 吨履带技术性能可以满足，且地面组装对质量可严格控制，能确保整体吊装的质量要求；吊装主机在第一跨跨跨，组装场地也可以解决。具体做法：在 E 轴柱档，先用路基箱道木搭成地面组装台，水平仪调平，确定构件搁置位置。选用 40 吨履带将构件按顺序组装。用临时螺栓连接，待组装完毕校正复核后，再用高强度螺栓调换紧固，并将螺栓罩板焊接，割除吊耳，搭置必要的操作脚手架，最后由承担框架安装的 300 吨履带，在安装 27.10 米平台大梁后，接 66 米起重臂，定吊机半径为 20 米，用四点吊的形式，将体积长 12 米，宽 5 米，高 4.3 米，重达 60 吨铁合金料斗安装到位。只用半个台班便安装完毕，安装质量良好。

(2) 付原料料斗的吊装

每组付原料料仓由四根大梁，十三根次梁及十三只料斗组成。料仓上部由大梁和次梁构成一个个方格框架，下部装接料斗。连接采用高强度螺栓，螺栓罩板为电焊。因料斗较高，分二或三段供货需现场电焊拼接。付原料料仓安装部位高，结构复杂，安装难度比铁合金料仓更高。日方同样推荐高空散装法，即先在 57.10 米以下的平台上铺设钢梁进行平台加固，

后将料斗按顺序搁置在平台上,先料斗大梁及次梁,再吊料斗。但该料斗体积较大,不能就位到安装时的吊点位置;由于料斗口与梁是对接,料斗不能通过方格档子,无法由上方从框架方格中下落入连接位置。根据结构特点,经过分析,改变吊装顺序,使料斗由高空上方直接进档安装。改进后的吊装工艺为:①将料斗在地面上拼接电焊,校正复核,搭置安全脚手架;②安装料斗大梁,作好校正复核和高强度螺栓紧固;③将料斗吊至高空后,旋转 90° 从料斗大梁间往下贯穿,到位后再调整方位,安装连接。但是,每组料仓中有一只料斗上口为 $5\text{米}\times 4.8\text{米}$,无法从方格里向下贯穿安装,这只料斗留待最后吊装。具体吊法是:先将大料斗吊至大梁外档边缘,用钢丝绳将大料斗临时悬挂在料斗大梁上,再把吊机吊钩换到料斗大梁里档,将料斗吊起到安装位置定位。然后按顺序安装料斗次梁,将次梁下部节点板插入相邻的料斗之间,间隙用普通螺栓安装固定,经整体校正复核,调换高强度螺栓紧固,再焊螺栓罩板。

通过料仓二种吊装方法的实践。说明充分挖掘吊装主机潜力,扩大地面组装,合理选择吊点,调正吊装顺序。可以简化和减少高空作业,效果是比较显著的。

5. 钢结构横向气楼的组合安装

炼钢主厂房的气楼系统是顺屋架方向条形布置的。横向气楼由气楼架、连系梁和墙筋组成骨架,节点用螺栓连接。其中墙筋和气楼架连接用 M 16 六角螺栓,此外均使用 M 20 高强度螺栓。

横向气楼的特点是:①构件自重轻,单根气楼架的重量为 1300 公斤,小则 800 余公斤,其余构件多在 100 公斤以下,最小的圆钢支撑仅 4 公斤;②小件数量多,转炉跨一组气楼 100 公斤以下的小件多达 134 件。铸锭跨气楼小件亦达 120 件;③搁置形式简单,每根气楼架下有二支腿搁置在屋面檩条上,平面接触用 8 枚 M 20 高强度螺栓固定;④安装精度无特殊要求,安装质量由构件的加工精度控制,以螺栓能正确投放为准。

开始以散件安装为主。工效很低,不能满足进度要求。经过研究,决定整体组装。根据吊装主机的起重能力,将转炉跨与铸锭跨的气楼分为二类,分别采用不同的安装形式,调整了原来的施工方案。

(1) 气楼组装程度的确定

转炉跨一组气楼自重约 14 吨,高 5 米,长 21 米,宽 9.5 米,安装高度 64 米,安装半径 20 米。担任吊装是 300 吨履带,起重主臂 66 米,付臂 36 米,安装半径 34 米,起重量 24.96 吨,吊装高度 86.95 米,完全满足吊装要求。因此将气楼架、连系梁、墙筋等所有构件在地面组装。经高强度螺栓终拧后一次起吊安装。铸锭跨气楼横贯二跨屋面。每跨一组气楼,重 13~17 吨。担任吊装是 3~8 吨塔吊,在最小安装半径 12.5 米时,起重量 6.2 吨,通过挖潜可吊 7.3 吨,不符合整体组装要求,因此采取部分组装的办法。以 DEF 两跨为例,共 13 根气楼架,每端的 3 根气楼架由连系梁、墙筋组成一体,加上脚手,重约 7.3 吨,一次起吊。余下的一根气楼架及部分连系梁、墙筋采取高空散装法。

(2) 组装场地的选择。300 吨履带付臂施工,吊重后禁止行走,气楼组装要选择在起重半径内的空地上。3~8 吨塔吊施工,气楼组装场要选在轨道末端跨外空地上。

(3) 组装台的搭设。用数块路基箱作台基,调平后加焊临时支座,使气楼架组装过程中能暂行固定。为防止第一根气楼架在未形成整体前倾倒,组装台一侧的路基箱上要加焊小立柱作靠山。