

中国石油化工总公司(行业)标准

球形储罐工程施工工艺标准

SHJ512 — 90

主编单位:中国石油化工总公司第十建筑公司

批准部门:中国石油化工总公司

实行日期:1990年6月1日

1990 北京

中国石油化工总公司文件

中石化(1990)建字2号

关于印发《石油化工企业设备和管道隔热设计规范》等九项标准的通知

各直属公司、总厂、厂、院、所:

现批准下列标准为中国石油化工总公司(行业)标准:

- 一、洛阳石油化工工程公司主编的《石油化工企业设备和管道隔热设计规范》,编号为 SHJ10-90;
 - 二、洛阳石油化工工程公司主编的《石油化工企业储运系统泵房设计规范》,编号为 SHJ14-90;
 - 三、兰州石油化工设计院主编的《石油化工企业给水排水系统设计规范》,编号为 SHJ15-90;
 - 四、北京石油化工工程公司主编的《石油化工企业循环水场设计规范》,编号为 SHJ16-90;
 - 五、洛阳石油化工工程公司主编的《钢制对焊无缝管件》,编号为 SHJ408-90;
 - 六、洛阳石油化工工程公司主编的《钢板制对焊管件》,编号为 SHJ409-90;
 - 七、洛阳石油化工工程公司主编的《锻钢制承插焊管件》,编号为 SHJ410-90;
 - 八、中国石油化工总公司第十建设公司主编的《球形储罐工程施工工艺标准》,编号为 SHJ512-90;
 - 九、中国石油化工总公司第四建设公司主编的《不锈钢、铝制料仓施工及验收规范》,编号为 SHJ513-90。
- 以上九项标准自一九九〇年六月一日起实行。

各项标准章节条款分别由主编单位负责解释。

中国石油化工总公司
一九九〇年一月六日

编制说明

本标准是根据中国石油化工总公司(85)建标字第85号文的安排,由我公司主编的。

在编制过程中,进行了比较广泛的调查研究,总结了多年来球形储罐工程施工经验,并征求了设计、制造、施工等方面的意见,对其中主要问题进行了多次讨论,最后经审查定稿。

在本标准实行过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料提供我公司,以便今后修订时参考。

中国石油化工总公司第十建设公司
一九九〇年一月

第一章 总则

第 1.0.1 条 本标准适用于石油化工用碳素钢和低合金钢制球形储罐(以下简称球罐)的现场组焊、施工。但不适用于下列球罐:

- 一、非固定(如车载或船载)的球罐;
- 二、双层结构的球罐。

第 1.0.2 条 编制本标准是为了使球罐施工工艺标准化,用合理的施工工艺和严格的过程控制来达到保证工程质量的目的,以利于下列技术法规的贯彻实施:

- 《锅炉压力容器安全监察暂行条例》及其实施细则;
- 《压力容器安全监察规程》;
- 《球形储罐施工及验收规范》(GBJ94 — 86)。

第 1.0.3 条 本标准所规定的施工程序及质量要求是必须遵守的指令性规定。

本标准中规定的施工方法及中间控制质量指标是指导性的,施工单位可根据实际条件和具体工程要求加以选择和补充。

- 第 1.0.4 条 球罐施工工艺的修改应提出书面申请,并经专业责任工程师审查认可。
- 第 1.0.5 条 国外供货的球罐,可根据合同规定执行制造厂家提供的工程标准。
- 第 1.0.6 条 球罐施工单位应取得锅炉压力容器安全监察部门颁发的压力容器现场组装、焊接许可证。
- 第 1.0.7 条 球罐施工的安全技术,劳动保护应执行《炼油、化工施工安全规程》(SHJ505-87 H GJ233-87)及其它现行有关标准的规定。

第二章 施工准备

第一节 技术准备

第 2.1.1 条 球罐施工应在具备下列技术资料的条件下进行:

- 一、施工图;
- 二、施工方案或施工组织设计;
- 三、原材料、配件及半成品质量证明书;
- 四、有关的施工及验收规范。

第 2.1.2 条 负责球罐施工的责任人员应熟悉施工图纸和有关技术法规,施工前应通过图纸会审,明确与球罐施工有关的专业工程互相配合的要求。凡涉及设计,材料性能和工程质量标准的内容修改,均应做出书面记录并经有关人员签字认可。

第 2.1.3 条 球罐施工前焊接工艺评定应执行《石油化工工程焊接工艺评定标准》(SHJ509 — 88)和《压力容器焊接工艺评定》(JB3964 — 85)的规定,并应符合下列要求:

- 一、评定应使用板材,试板材料应与球壳板材料的钢号相同;
- 二、评定用试板厚度应为球壳板厚度的 0.75 ~ 1.5 倍,坡口形式应与球壳板相同;
- 三、如设计规定球罐需进行焊后热处理(包括消氢处理)时则评定用试件也应按同样条件进行热处理;
- 四、评定应按向上立焊、横焊、仰焊和角焊四种焊接位置分别进行,受压部件无角焊缝时,可免去角焊评定;
- 五、参加焊接评定的焊工应持有“锅炉压力容器焊工合格证”,并应挑选技术水平较高的焊工施焊;
- 六、试件应经外观检查和射线探伤合格,合格标准与球罐焊缝检验标准相一致;
- 七、评定试样除拉伸、弯曲(面弯、背弯或侧弯)试样外,还应包括冲击韧性试样及设计文件规定的其它试样(如金相、硬度试样等),试样试验结果应符合焊接工艺评定或设计文件规定的标准要求;
- 八、切取试样时宜避开有缺陷的部位。

第 2.1.4 条 焊接技术人员应根据“焊接工艺评定报告”并结合实践经验编制“焊接工艺卡”(WPS)。“焊接工艺卡”应经焊接责任工程师批准后实施。

第 2.1.5 条 球罐施工技术负责人应根据施工技术资料和现场实际条件编制施工技术方案或施工组织设计,其内容应包括:

- 一、球罐技术数据表;
- 二、球壳板排版图和焊缝编号;
- 三、球罐组装检验工艺卡(格式见附录四);
- 四、球罐焊接工艺卡(格式见附录五);
- 五、引用本标准内容的章节索引;
- 六、针对具体工程的补充规定和说明;
- 七、施工现场平面布置图;
- 八、劳动力及施工进度计划;
- 九、安全及防火技术措施;
- 十、施工机具、工装设施及计量仪器一览表;
- 十一、施工措施用料及消耗材料一览表;
- 十二、质量保证体系及责任人员表;
- 十三、其它。

第 2.1.6 条 参加球罐施工的焊工应持有符合《锅炉压力容器焊工考试规则》规定的“锅炉压力容器焊工合格证”。其钢材组别,焊接方法和焊接位置应与实际工程相一致。

第 2.1.7 条 球罐的施工方法宜采用分片组焊法,其工艺流程见附录一。

第 2.1.8 条 公称容积不大于 400 m³的球罐亦可采用环带组焊法。其工艺流程见附录二、附录三。

第 3. 第二节 施工现场准备

第 2.2.1 条 施工现场布置应按施工方案的要求进行,施工现场布置图应标明下列设施的具体位置:

- 一、施工电源(变压器或线路接点)及线路;

- 二、压缩空气站(或气源)及供气线路;
- 三、供水线路;
- 四、半成品堆放场地;
- 五、组装平台;
- 六、电焊机棚;
- 七、焊条烘干及管理室;
- 八、工具房及材料库;
- 九、加热设备(包括燃料储罐);
- 十、消防设施;
- 十一、道路;
- 十二、排水系统;
- 十三、起重吊装设施;
- 十四、休息室、办公室及暗室。

第 2.2.2 条 球罐施工现场地面应处理坚实,适于起重机行走及材料堆放,基础周围不得有低洼积水处。

第 2.2.3 条 水、电、气及燃料供应系统布置应符合安全技术规程,燃料储罐必须装设安全阀、压力表及防晒设施。

第 2.2.4 条 供电线路的电压应稳定,系统运行的总电压降不得大于 10%。

第三节 工装设施准备

第 2.3.1 条 球罐施工用的工装设施包括:

- 一、吊具及脚手架;
- 二、卡具及胎具;
- 三、焊接防护设施;
- 四、加热设施;
- 五、试验工具。

工装设施的设计应满足施工工艺的要求。

第 2.3.2 条 直接与球壳板焊接的工装卡具,宜使用与球壳板相同或具有类似性能的焊接材料,并在工装卡具上做出明显标记。

第 2.3.3 条 重复使用的工装卡具,施工技术负责人应在使用前对其材料、结构和尺寸的适用性予以核查确认。

第三章 组装

第一节 球壳板及零部件的验收

第 3.1.1 条 球罐施工单位应核查制造厂提交的球壳板所附带的出厂证明书,并确认如下事项:

一、各种材料及零部件质量证明书及球壳板原材料的复验报告符合设计文件规定的要求,材料代用要有设计审批手续;

- 二、钢板及球壳板周边超声探伤合格;
- 三、制造厂施焊的焊缝已按规定进行无损检验并合格;
- 四、球壳板的供货状态符合设计文件要求。

第 3.1.2 条 球壳板组装前应进行外观检查,其要求如下:

- 一、表面质量好,无明显的压坑划伤和严重的麻点等缺陷;
- 二、坡口形式符合图样要求,表面平滑、无裂痕、分层、挂渣和氧化皮,局部凸凹不应大于 2mm。高强钢、低温钢球罐的球壳板坡口面应经 100%无损检验合格;
- 三、焊缝表面无熔渣,两侧无飞溅物,焊缝宽窄均匀,余高符合要求。咬边深度不大于 0.5mm,其连续咬边长度不大于 100mm,且而侧咬边总长不超过该焊缝长度的 10%。焊缝和热影响区无裂纹、弧坑、气孔和夹渣。角焊缝焊脚尺寸符合图样要求;

四、球壳板预组对标记符合排版图的要求,材料标记清晰。

第 3.1.3 条 球壳板应逐块进行尺寸及成形检查,其质量应符合(GBJ94-86)第二章的规定。检查方法如下:

- 一、坡口加工尺寸用样规检查;
- 二、球壳板尺寸用钢尺检查,测量时应在坡口处放置定位样规;
- 三、球壳板曲率用样板检查,测量时样板应与球壳板保持垂直,每块不少于 5 个测量点;
- 四、焊于极板上的人孔和接管用钢尺测量;
- 五、焊于赤道带板上的支柱用钢尺检查。其允许偏差应符合图 3.1.3 的规定。

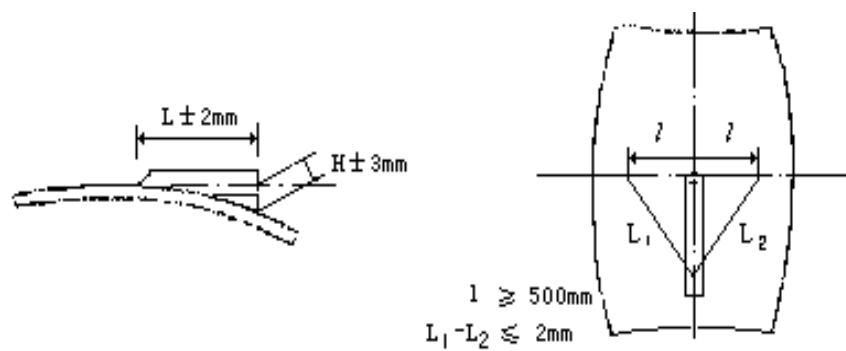


图 3.1.3 赤道带板上支柱测量检查示意图

第 3.1.4 条 每块球壳板沿周边 100mm 范围内应进行全面积超声探伤,其结果对于高强钢、低温钢、低合金钢应符合《压力容器用钢板超声波探伤》(ZBJ7400—88)规定的 级要求。对于碳素钢应符合 级要求。探伤部位表面的氧化皮、锈皮、凸出点等应打磨平滑,但均匀的涂料可以保留。探伤时应使用耦合剂。

第 3.1.5 条 用超声波测厚仪抽查球壳板实际板厚不应小于图样上规定的厚度扣除钢板负偏差与工艺减薄量之和,抽查数量为球壳板总数的 20%,但每带板不得少于 2 块,上、下极板不少于 1 块。测点如图 3.1.5 所示。

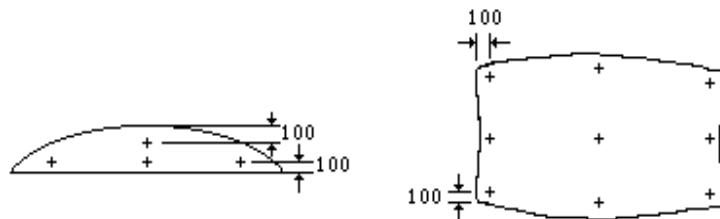


图 3.1.5 球壳板厚度测点示意图

第 3.1.6 条 球罐支柱的检查应符合下列要求:

- 一、支柱直径及长度用钢尺测量,其结果应符合图样的要求,长度偏差不得大于 $\pm 2\text{mm}$;
- 二、支柱上斜拉撑的支耳方位用样板检查,其间隙不应大于 4mm,见图 3.1.6。

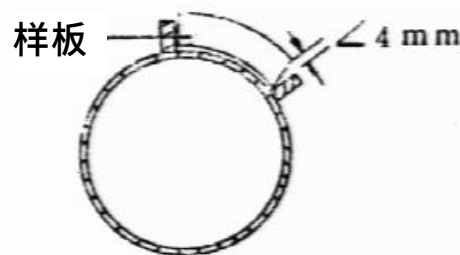


图 3.1.6 支柱上支耳方位检查示意图

- 三、支柱底板与支柱的垂直度允许偏差不得大于 2mm;
- 四、支柱全长直线度允许偏差不应大于 1‰,且不大于 10mm。

第 3.1.7 条 支柱间可调式斜拉杆的螺纹应进行外观检查,不得有锈蚀和断扣现象,螺纹配合应良好。

第 3.1.8 条 球罐附属的平台、梯子、喷淋装置及零部件应按图样核对其材质、规格、尺寸。

第 3.1.9 条 安全阀应经整定,其起跳压力,关闭压力均应符合设计文件规定,试验介质应为空气或其它惰性气体。

第 3.1.10 条 球罐随带的产品试板和焊接工艺评定用试板,应核对其材料标记及厚度,并和球壳板相一致。

第二节 基础中间交接及处理

第 3.2.1 条 球罐施工前应对基础进行中间交接,交接时应检查下列各项:(见图 3.2.1)

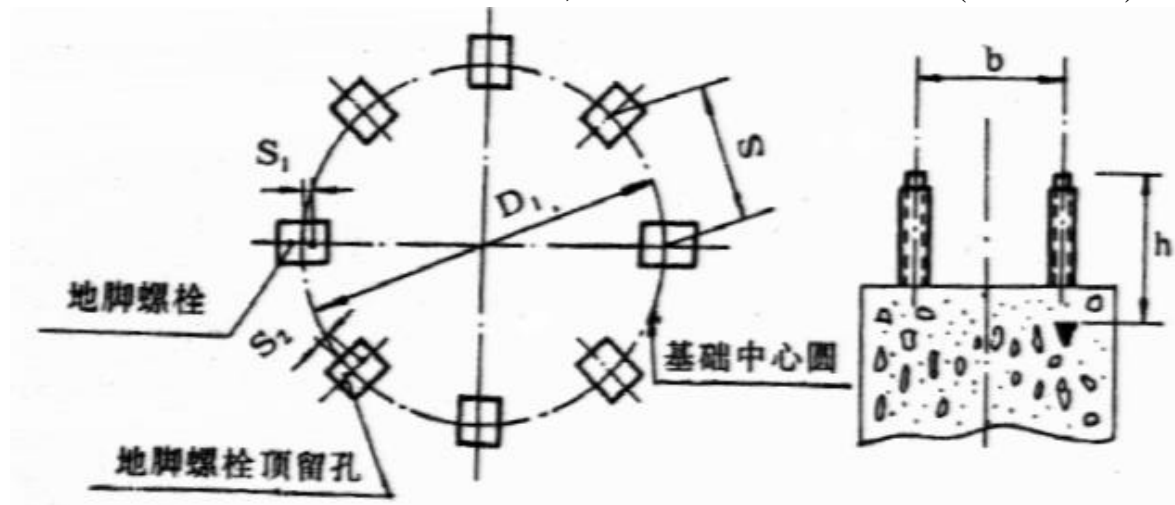


图 3.2.1 基础尺寸检查四月示意图

一、基础尺寸检查项目及其允许偏差值应符合表 3.2.1 的规定。

球罐基础尺寸允许偏差 表 3.2.1

序号	项目		允许偏差
1	基础中心圆直径 (D_1)	球罐容积 < 1000m ³	± 5mm
		球罐容积 1000m ³	$\pm \frac{D}{2000}$ mm
2	基础方位		1°
3	相邻支柱基础中心距 (S)		± 2mm
4	支柱基础上的地脚螺栓中心与基础中心圆的间距 (S_1)		± 2mm
5	支柱基础地脚螺栓预留孔中心与基础中心圆的间距 (S_2)		± 8mm
6	基础标高	各支柱基础上表面的标高	D ‰且不低于 - 15mm
		相邻支柱基础标高差	4mm
7	单个支柱基础上表面的表面平面度	采用地脚螺栓固定的基础	5mm
		采用预埋地脚板固定的预埋钢板	2mm
8	基准线以上基础螺栓长度 (h)		$\begin{matrix} +10 \\ -0 \end{matrix}$ mm

注:D 为球罐设计内径。

二、基础上应有中心线及标高测量标记。

三、基础混凝土强度符合设计文件要求,表面无疏松、孔洞、露筋等现象。

第 3.2.2 条 基础垫铁设置可采用下列形式之一:

一、平垫铁组;

二、斜垫铁组;

三、水泥砂浆垫墩。

第 3.2.3 条 垫铁应按规范及垫铁布置图要求进行铺设。

第 3.2.4 条 铺设垫铁组应符合下列规定:

一、放置垫铁的基础表面应铲平;

二、每个支柱的垫铁不得少于四组,在地脚螺栓两侧各放置一组,每组垫铁的块数不得多于三块,厚的垫铁宜放在下面;

三、确定每组垫铁高度时应考虑支柱的实际长度偏差,二次灌浆层高度不应低于 30mm;

四、垫铁露出支柱底板边沿的长度应为 10 ~ 20mm。

五、每组垫铁的上表面水平度允许偏差不得大于 2mm/m。

第 3.2.5 条 采用水泥砂浆垫墩时,应按下列要求施工:

一、将准备设置垫墩的基础表面铲除麻面,然后用水冲洗干净;

二、用不低于 200#水泥砂浆在预定位置上堆砌水泥砂浆墩,其高度为 50 ~ 80mm;

三、在水泥砂浆墩顶部埋设平垫板;

四、用钢尺和水平仪检查垫铁上表面,其顶部标高应符合球罐支柱底板下表面的设计标高,允许偏差为 ± 2mm,垫板的水平度允许偏差不得大于 2mm/m;

五、将砂浆墩上部垫铁四周抹成 45° 光坡后进行养护;

六、砂浆墩达到设计强度 70% 以上后方可安装支柱。

第 3.2.6 条 需要进行焊后整体热处理的球罐,在设置垫铁组或水泥砂浆垫墩时,应考虑滑动底板的厚度和刚度。

第三节 球罐分片法组装工艺

第 3.3.1 条 球罐分片组装时,球壳板在吊装之前应按下列要求设置吊、卡具:

一、方帽的数量和间距应根据球壳板的长度和厚度确定。纵向间距宜为 1.1 ~ 1.3m,环向间距宜为 0.5 ~ 0.8m。方帽与球壳板边缘的距离按键板中心距确定;

二、吊、卡具宜布置在球壳板的外表面;

三、球壳板与焊接吊、卡具处应清除防锈涂料及铁锈。

第 3.3.2 条 支柱和赤道带板的组对宜在平台上进行。见图 3.3.2。组对时的几何尺寸检查及允许偏差见

表 3.3.2。

支柱组对尺寸允许偏差

表 3.3.2

序号	检查项目	允许偏差 mm	备注
1	支柱底板到赤道线距离 L	± 3	见图 3.3.2
2	支柱直线度 ∇	3	见图 3.3.2
3	支柱与带板轴线的平行度 l_1-l_2	2	1 500mm

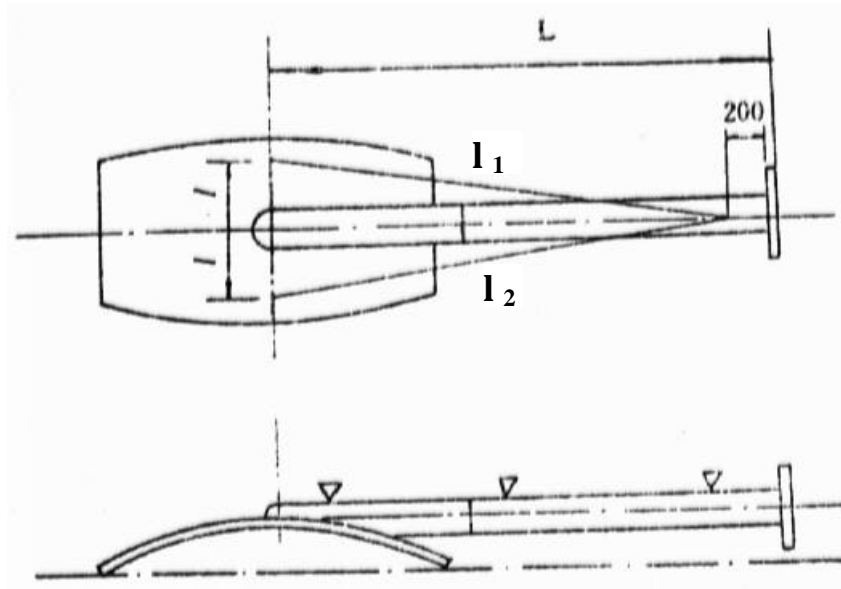


图 3.3.2 支柱组对示意图

第 3.3.3 条 支柱和赤道带板的相贯线在现场焊接时,组对后要检查相贯线处支柱与赤道带板之间的间隙,其允许偏差不得大于 2mm。相贯线焊接应采用变形量最小的焊接工艺方法,并严格按照焊接工艺卡施工,焊后进行渗透探伤。

第 3.3.4 条 赤道带板组装时应按下列程序施工:

一、吊装第一块带支柱的赤道带板,就位后用拉线或其它方法将赤道带板固定,见图 3.3.4 — 1;测量支柱垂直度或赤道带板垂直度;

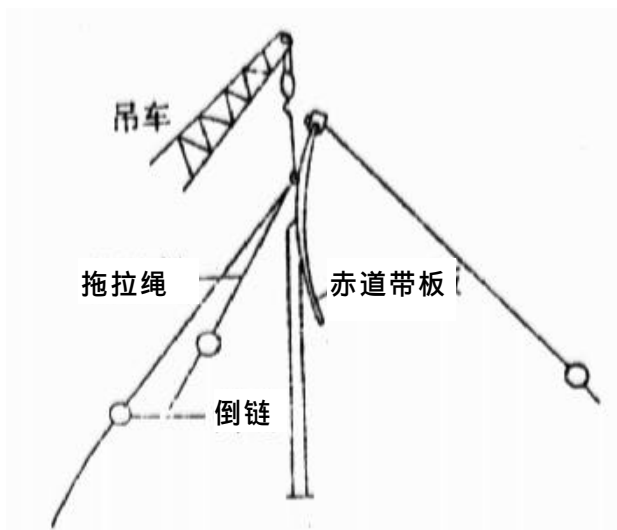


图 3.3.4-1 第一块赤道带板吊装示意图

二、吊装第二块带支柱的赤道带板,就位后用拉线将赤道带板固定。当支柱和赤道带板偏心布置时,应在偏心一侧适当加以支撑,然后测量支柱垂直度或赤道带板垂直度及支柱间的相对位置;

三、将不带支柱的赤道带板吊起插入两块带支柱的赤道带板之间,并用卡具固定,见图 3.3.4 — 2;

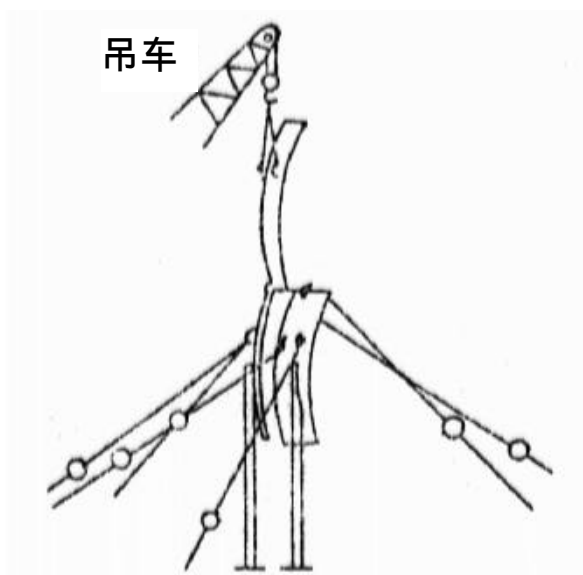


图 3.3.4-2 不带支柱赤道带板吊装示意图

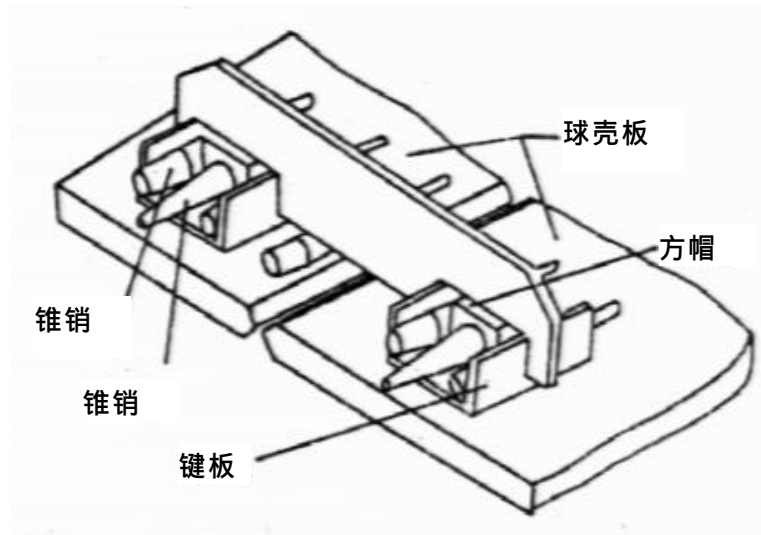


图 3.3.4-3 球壳板组对卡具固定示意图

四、依次吊装赤道带板就位,使之组成环带。

第 3.3.5 条 赤道带板组对成环后,应立即进行找正,并安装支柱间支撑,使装配尺寸达到要求。支柱找正时不得用柱间支撑强拉。

赤道带板组装的检查项目及允许偏差见表 3.3.5。

赤道带板组装尺寸允许偏差

表 3.3.5

序号	检查项目	允许偏差 mm	备注
1	支柱垂直度	12	H ≤ 8000mm
		$0.15\%H$, 且不大于 15	H > 8000mm
2	赤道线水平度	± 3	
3	赤道带圆度	$0.3\%D$, 且 ≤ 30	
4	接缝对口间隙	3 ± 2	或按图样要求
5	对口角变形	E ≤ 7	焊前用不小于 1000mm 样板检查长度 1000mm
6	对口错边量	$0.1t$ 且不大于 3	等厚度壳板
		$0.1t_1 + (t_2 - t_1)$ 且不大于 4	相邻壳板厚度差小于 3mm

表中：H 为支柱高度；D 为赤道带内径；t 为壳板壁厚；E 为曲率样板与球壳

第 3.3.6 条 设计采用刚性柱间支撑时,支柱找正后应将支撑构件进行预组装,使各焊接接缝的间隙均符合要求后,方可进行焊接,焊接时应对称施焊。

第 3.3.7 条 赤道带板组装符合要求后,为便于上、下温带板的安装调整,宜在球罐中心位置安装中心柱或伞形架支撑。

中心柱或伞形架支撑应有足够的强度和刚度,中心柱和赤道带带板之间可用钢丝绳固定,见图 3.3.7。

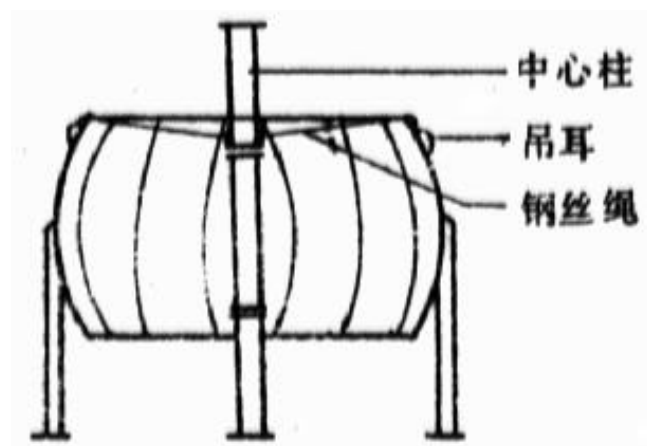


图 3.3.7 中心柱安装示意图

第 3.8.8 条 上、下温带板组装时,宜先组装下温带板。下温带板组装程序如下:

一、按排版图要求先吊装第一块下温带板,就位后用卡具与赤道带板组对连接,并用钢丝绳和中心柱固定,见图 3.3.8。吊装组对时应注意温带板与赤道带板的相对位置,并调整好温带板与赤道带板的曲率;

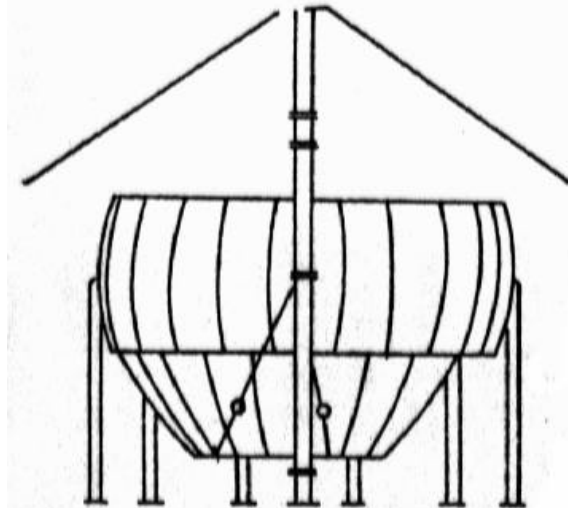


图 3.3.8 下温带板安装固定示意图

二、吊装第二块下温带板,就位后用上述同样方法固定,并用卡具和相邻温带板及赤道带板组对连接;

三、依次吊装组对全部下温带板,并组对成环。

第 3.3.9 条 上温带板的吊装,组对程序与下温带板相同。

第 3.3.10 条 上温带板上口的临时固定可利用中心柱上伸出的支撑管或用手拉葫芦同中心柱拉牢见图 3.3.10。

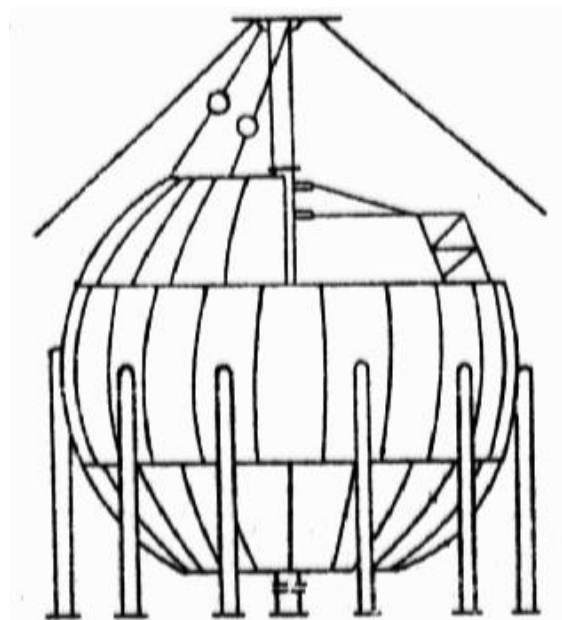


图 3.3.10 上温带板安装固定示意图

上、下温带板全部组装完毕,尺寸及接缝偏差调整合格,然后拆除中心柱,组装上、下极板。

第 3.3.11 条 上、下极板应先组对下极板,后组对上极板,吊装组对时应检查极板与温带板的相对位置以及管口方位是否与图样相符。极板吊装就位后,应用卡具与温带板固定。

第 3.3.12 条 球罐整体组装完毕后,应进行总体尺寸检查,总体尺寸的允许偏差见表 3.3.12。

球罐组装总体尺寸允许偏差

表 3.3.12

序号	检查项目	允许偏差 mm	备注
1	接缝间隙	3 ± 2	或按图样要求
2	对口错边量	$0.1t$ 且 3	等厚壳板
		$0.1t+(t_2 - t_1)$ 且 4	不等厚壳板相邻壳板厚度差
3	对口角变形	E 7	样板长度 1000
4	内径及圆度	$0.3\%D$ 且 50	赤道带水平方向测六个数据;极板方向测二个数据
5	支柱垂直度	H 8000	2
		H>8000	$1.5H\%$ 且 15

表中: t 为球壳板厚度; D 为球罐内径; E 为曲率样板与球壳板间间隙; H 为支柱高度; 为支柱上、下测点与铅垂线距离差。

第 3.3.13 条 在全部球壳板组装完毕并检查合格后,为了便于焊接时球罐内通风和施工人员的通行,可将下极板中的一块侧板暂时取下,待球壳板焊接完后在此部位重新组对焊接。

第 3.3.14 条 球壳板定位焊应先焊纵缝,后焊环缝。

第 3.3.15 条 球罐内部接缝的焊接应在通风、照明、脚手架的临时设施完成后进行。

第 3.3.16 条 球罐全部接缝焊接后,应再次检查内径、圆度和焊缝的角变形,其允许偏差规定如下:

球罐两极的净距与设计内径之差以及赤道截面的最大内径与最小内径之差均应小于球罐设计内径的 0.7%,且不应大于 80mm。焊缝处的角变形(包括错边量) E 不应大于 10mm。

第 3.3.17 条 球罐组装用的吊、卡具可按焊接完成进度随时拆除,焊在球壳板上的吊、卡具拆除时应用砂轮打磨、碳弧气刨或气割切除。严禁用锤敲落。切除后,球壳板上的吊、卡具焊接痕迹应用砂轮打磨平滑并进行渗透探伤或磁粉探伤。切割和打磨均不得伤及球壳板母材。

第四节 球罐环带法组装工艺

第 3.4.1 条 球罐采用环带组装法时,各环带均应在平台上进行组焊。

铺设完毕的平台,在施工过程中不得出现变形或偏沉。

第 3.4.2 条 每个环带组对时均应采用相应的胎具,组装成形后的胎具直径为各环带内径的设计值加焊接收缩量。

第 3.4.3 条 赤道带的组焊程序如下:

一、在平台上按照理论计算值画出赤道带下口基准圆;

二、在赤道带下口基准圆内侧设置胎具,胎具的高度不宜小于赤道带高度的 $2/3$ 。胎具直径应通过 1:1 放样验证。赤道带板应与胎具圆周接触,并且确保水平,满足组对要求;

三、在基准圆的外侧加一个球壳板壁厚处均布点焊定位板,且每块球壳板不少于 2 块。内侧定位板可根据组对过程中的需要酌情放置,定位板的厚度不小于 8mm,以长 140mm 宽 110mm 为宜。

四、以定位板和胎具为基准,利用工卡具使所有球壳板都紧贴胎具,使各球壳板间接缝保持 2 ~ 3mm 的间隙。然后检查错边量、对接缝所形成的角变形,上、下口圆度,周长等均应在允许偏差内。并在纵缝内坡口进行定位焊。定位焊后,再复查上述尺寸有无变化,并作出记录。当一切符合要求后,可进行焊缝坡口面的清理,除锈和除油工作,并交付焊接;

五、焊接完成后,将上、下口的直径、圆度、赤道带高度、周长以及错边量、角变形等作出记录,检查合格后,焊好防变形支撑,然后进行无损检验;

六、赤道带板焊接前、后的尺寸允许偏差同第 3.3.5 条和第 3.3.12 条的规定,且周长偏差不得大于 10mm。

第 3.4.4 条 温带的组焊程序和要求与赤道带相同,但大口基准圆要根据赤道带上、下口的实际直径来确定,小口要以相应的极板直径为基准,且不应大于极板实际直径。

第 3.4.5 条 温带板纵缝焊接以及温带板和极板组对焊接时,焊缝的外观检查 and 无损检验根据探伤工艺要求,与各工序穿插和交叉进行。

第 3.4.6 条 赤道带和上、下温带(包括极板)分别组焊完成后,如采用先安装下温带(包括极板)再安装赤道带的施工程序应按下列步骤施工:

一、根据图纸安装就位,把下温带(包括极板)吊放到安装座圈上,如图 3.4.6 — 1。放置安装座圈的地面应事先进行处理,使其具备足够的承载能力;

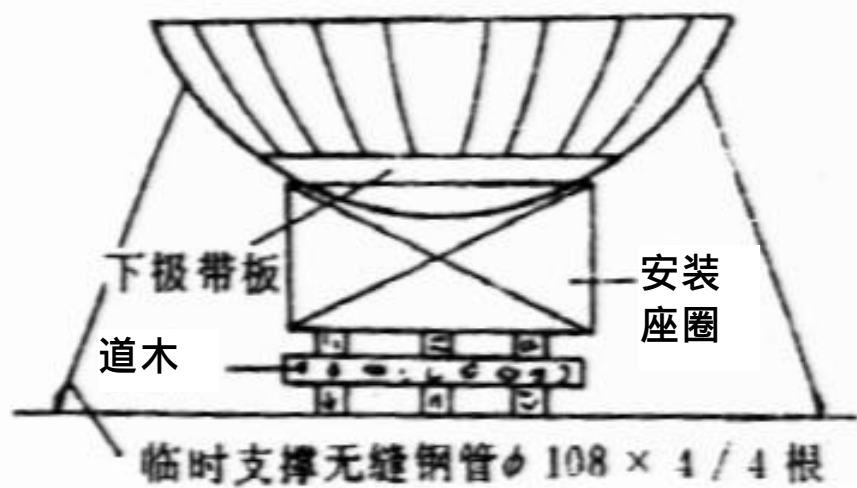


图 3.4.6-1 下温带吊到安装座圈上的示意图

二、安装座圈的中心应与球罐基础中心一致,位置度允许偏差不应大于 3mm,水平度允许偏差不应大于 1%,标高应能满足支柱安装的要求,其高度偏差范围为± 2mm;

三、当下温带吊到座圈上后,温带上口直径方向的相对高差不应大于 5mm,标高误差不应大于 2.5mm,中心线与球罐安装中心线的位置度误差不应大于 5mm;

四、下温带就位时,应按排版图进行找正,再用四根 108 × 4 的钢管(或刚性适当的其它型钢)对称支撑固定;

五、分别调整好赤道带与下温带(包括极板)上口圆度,在下温带上口外侧均匀分布焊接导向板,如图 3.4.6—2;

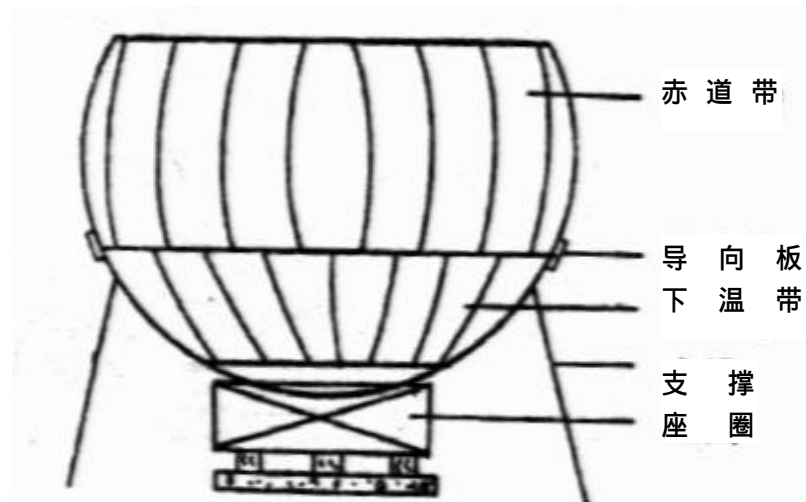


图 3.4.6-2 导向板焊缝位置示意图

六、吊装赤道带,在赤道带和下温带之间的环缝内侧用卡具找圆调整接缝偏差,使接缝间隙、错边量、角变形均符合第 3.3.5 条的要求。然后对称定位焊接,清除坡口面的铁锈、油污及其脏物后,交付施焊。并焊完全部环焊缝;

七、对下温带与赤道带环焊缝及有关几何尺寸检查合格后进行支柱安装。支柱安装时应符合下列要求:

1.将验收合格的支柱进行预装,其要求如下:

- (1)各支柱标高应一致,偏差不应大于 5mm;
- (2)支柱与赤道带壳板的间隙不应大于 2mm;
- (3)支柱垂直度的允许偏差在全长范围内不应大于 10mm。

2.支柱应同时焊接,焊完后,垂直度允许偏差应在规定范围内,拉杆螺栓的预紧力应适当,不得用强力紧固拉杆螺栓的办法来校正支柱的垂直度。支柱焊接时,焊缝金属应饱满、且不得咬边;

八、对支柱的安装,焊接作全面检查,焊缝进行打磨和渗透探伤;

九、调整上温带(包括极板)下口圆度,使之符合要求。然后在赤道带环形口内侧,均匀分布焊接导向板,吊装上温带板并在上温带与赤道环缝内侧用卡具进行找圆,使对口间隙、错边量、角变形均在允许的范围,然后焊接外侧环缝;

十、球罐内侧环缝焊接应在通风、照明、脚手架等临时设施完善后进行。

第 3.4.7 条 赤道带和上、下温带(包括极板)分别组焊完成后,如采用先安装赤道带再组装下温带的施工程序时,应按下述步骤施工:

一、根据图样要求在赤道带外侧与球罐支柱相对应的位置焊接支撑托架(为赤道带吊装就位临时使用);

二、根据设计规定的安装方位,把下温带(包括极板)大口向上吊到球罐基础的中心放好、垫平;

三、安装检查合格的支柱,其垂直度宜初步调整在规定范围内,支柱间拉杆螺栓预紧要适当;

四、吊装赤道带,就位后找水平度。再次调整支柱的标高和支柱的垂直度,使之达到规范要求。然后进行支柱与赤道带的焊接;

五、分别吊装下温带(包括极板)和上温带(包括极板)。如图 3.4.7—1 及图 3.4.7—2 所示。

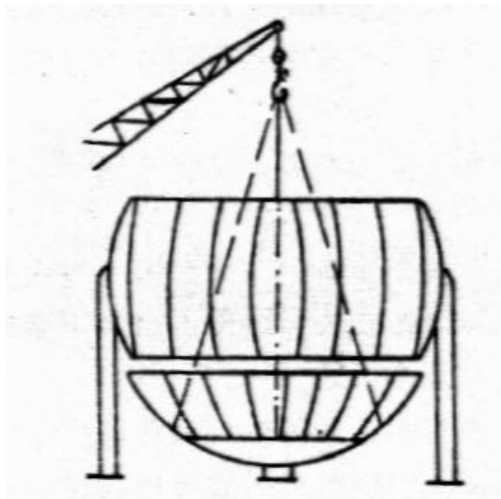


图 3.4.7-1 下温带吊装示意图

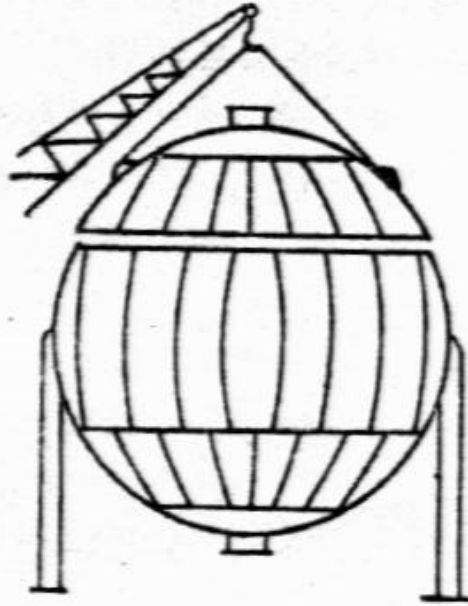


图 3.4.7-2 上温带吊装示意图

六、环带组对方法,焊接要求和各部位的尺寸允许偏差见第 3.4.6 条的规定。

第 3.4.8 条 球罐全部接缝焊接完成后,应再次检查内径、圆度和焊缝部位的角变形,其允许偏差应符合第 3.3.16 条的要求。

第 3.4.9 条 球罐组装用的吊装卡具拆除应符合第 3.3.17 条的规定。

第五节 附件安装

第 3.5.1 条 球罐人孔,接管在现场组装,焊接时,焊接接头应严格按图样施工。

第 3.5.2 条 人孔,接管的位置及尺寸允许偏差如下:

高度: $\pm 5\text{mm}$

法兰平面与接管的垂直度: 1% 法兰外径且不大于 3mm 。

人孔、接管的开孔位置度:不应大于 5mm 。

第 3.5.3 条 人孔、接管、阀件、液面计、喷淋装置等球罐附件的法兰密封面应平整光洁,不得有径向伤痕,安装时应清除法兰表面锈蚀,喷淋装置安装前应事先清理喷水孔。

第 3.5.4 条 法兰连接用的螺栓、垫片应按设计选用(试压用的临时螺栓、垫片除外)。安装时应按规定涂抹油膏,螺栓紧固后螺纹应露出螺母 $1 \sim 2$ 个螺距,试压用临时螺栓、垫片应有标记。

第 3.5.5 条 阀门、液面计安装前应经强度、严密度试验合格。

第 3.5.6 条 球罐本体上附设的梯子、平台、管道支架、喷淋装置等应事先预制成形并按图样检查合格。直接与球罐连接的构件,如支耳、垫板等应使用设计规定的材料,焊接时应使用球罐本体焊接用的焊条,并按照焊接工艺卡的要求施焊。

第 3.5.7 条 球罐内部转梯等结构部件预制时,应事先考虑运搬条件适当分割。

第六节 脚手架及其它临时设施的设置

第 3.6.1 条 球罐施工用的脚手架应按施工进度及时搭设。附设于赤道带以上的球壳板上的脚手架,其支撑托架挂耳宜按预定位置在地面焊接。焊接时应遵守吊、卡具的焊接要求。

第 3.6.2 条 脚手架宜采用专用脚手架或用钢管搭设,跳板应尽量靠近球壳板,跳板操作面宽度不得小于 500mm。

第 3.6.3 条 脚手架,跳板必须搭设牢固,并按规定装设安全护拦及安全网。

第 3.6.4 条 焊接施工用的防护设施包括防风棚,防雨罩等应与外脚手架统筹安排,并尽量利用外脚手架来固定防护结构构件。

第 3.6.5 条 焊接施工现场应有可靠的防火措施,防护设施不宜选用可燃材料。

第 3.6.6 条 球罐内部施工作业时,应装设照明和通风设备。球罐施工用电应有可靠的安全措施。电线、电缆与球罐本体接近的部位,应有隔离或绝缘保护措施。供电线路应装触电保安器(漏电保护器)。

第七节 组装质量检验

第 3.7.1 条 球罐支柱的垂直度应沿径向和切线两个方向测量,测量力法可用线坠和钢尺在支柱上、下两点测量。如图 3.7.1 所示。线坠的重量不应小于 1kg。如由于气候条件用线坠无法准确测量时,亦可用经纬仪测量。但事先应在支柱上做好测点标记。

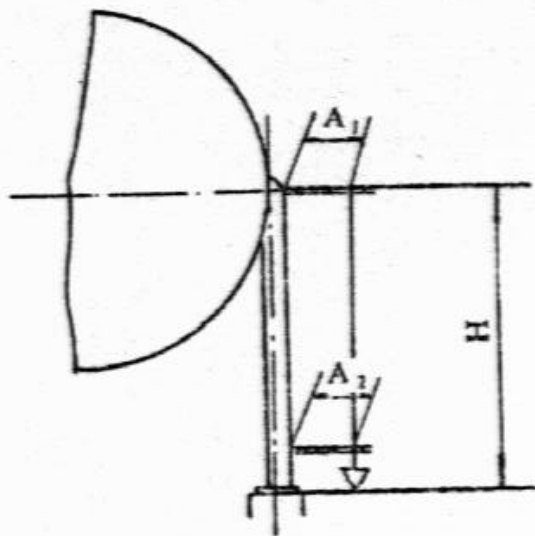


图 3.7.1 支柱垂直度测量示意图

第 3.7.2 条 球罐支柱的垂直度应在焊接前、后各测一次,如球罐需要进行焊后整体热处理时,则应在热处理后作最后测定。

第 3.7.3 条 赤道带的水平度应在赤道线上用连通管或钢卷尺和水平仪测量。如图 3.7.3 所示。测点不应少于 6 点。

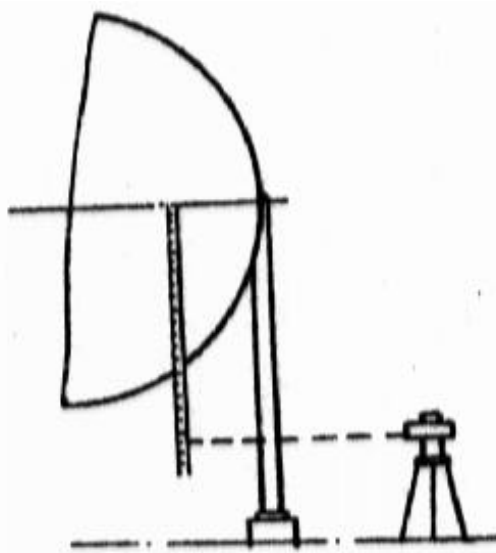


图 3.7.3 赤道带水平度测量示意图

第 3.7.4 条 球罐的内径宜用钢板尺和钢卷尺测量。如图 3.7.4 — 1 所示。测量时应分别沿水平方向和垂直方向测定。水平方向不应少于 6 个数据,垂直方向不应少于 2 个数据,其中必须包括一个铅垂方向的直径。如图 3.7.4 — 2 所示。

水平方向的直径亦可采用外径吊线坠法测定。

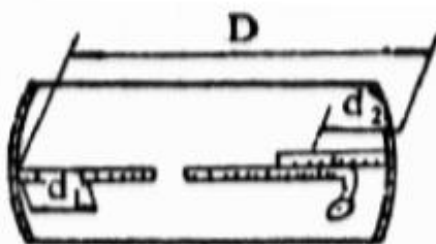


图 3.7.4-1 内径测量方法示意图

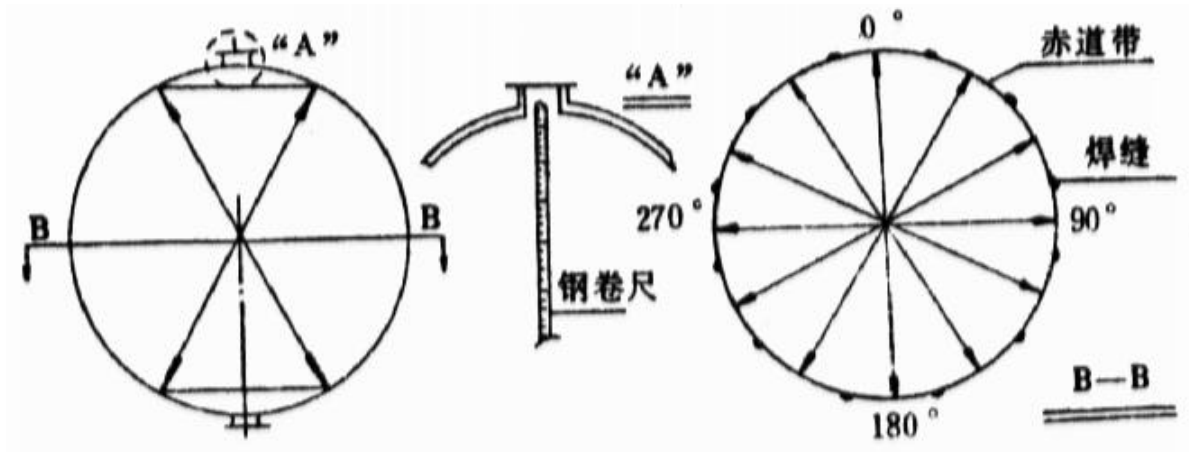


图 3.7.4-2 内径测量位置示意图

第 3.7.5 条 球壳板对接接头的接缝间隙用量规检查,错边量、角变形用样板检查。如图 3.7.5 — 1,图 3.7.5 — 2,图 3.7.5 — 3 所示。

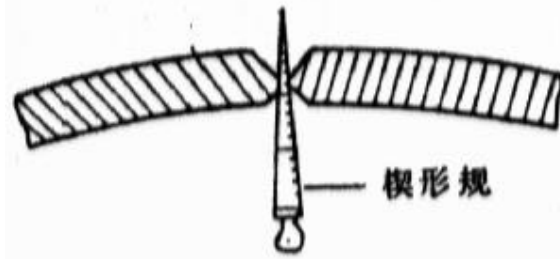


图 3.7.5-1 球壳板对口间隙测量示意图

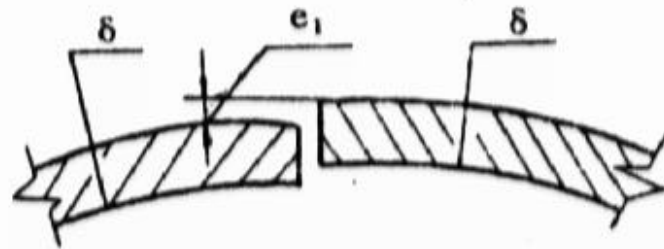


图 3.7.5-2 球壳板对口错边量示意图

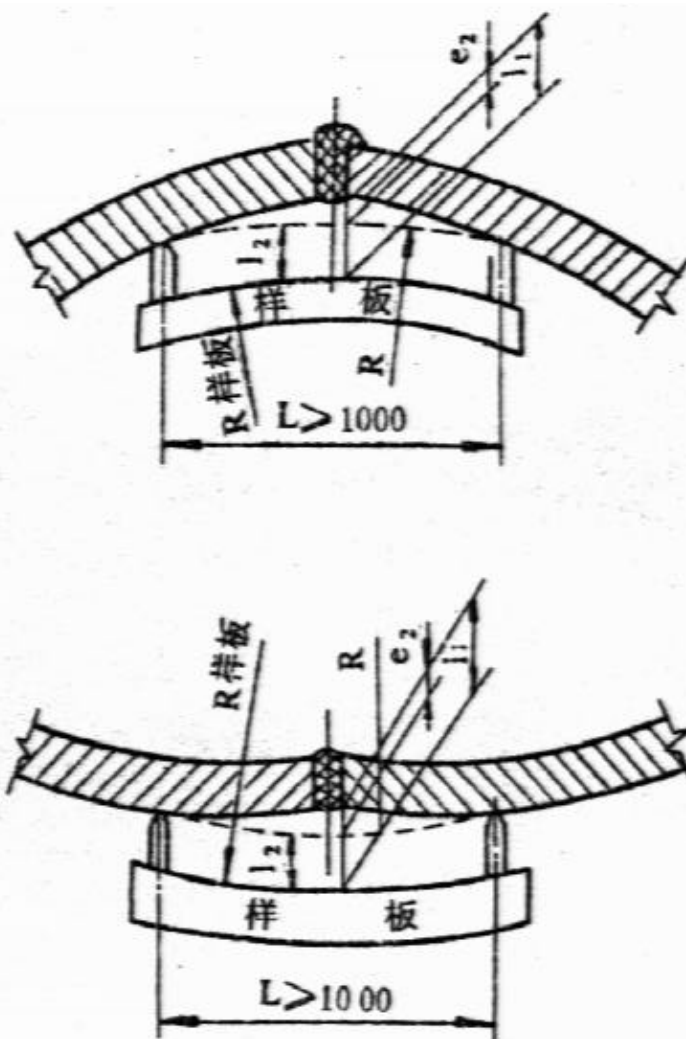


图 3.7.5-3 球壳板对接接头角变形测量示意图

注: e_1 错边量;
 e_2 角变形; $e_2=l_1 - l_2$

- l_1 最大角变形处球壳板与样板的径向距离；
- l_2 标准球壳板与样板的径向距离， $l_2=|R - R_{\text{样板}}|$ ；
- R 规定的球壳板内半径或外半径；
- $R_{\text{样板}}$ 样板的曲率半径。

第四章 焊接

第一节 一般规定

第 4.1.1 条 本章仅适用于手工电弧焊,采用其它焊接方法时,施工单位应作出专门规定,并取得主管部门和劳动安全监察部门的认可。

第 4.1.2 条 焊机与焊条应互相匹配,焊机的容量应满足焊接工艺的要求,使用交流弧焊机时,宜选用附有遥控装置和防电击装置的焊机。

使用交流或直流焊机均应配置指示准确的电压、电流检测仪表。

第 4.1.3 条 焊机应尽量设置在靠近施焊的地点。

第 4.1.4 条 焊机应有防护设施和可靠的接地。使用时应经常检查,保持良好的工作状态。

第 4.1.5 条 施焊前应对焊接坡口进行检查确认其角度、对口间隙、错边量均符合要求。并在清除坡口面的锈蚀、油脂、水份及其它污物后方可施焊。

第 4.1.6 条 定位焊应由考试合格的焊工进行焊接,并使用与正式焊接相同的焊条,其焊接条件以及焊接过程的管理也应与正式焊接相同。

需要进行焊前预热的母材,应在预热温度达到要求后,进行定位焊,在**高强钢**上焊接零、部件时应采用回火焊道。

第 4.1.7 条 定位焊宜在气刨清根一侧进行,定位焊焊道长度应在 50mm 以上,焊层高度为 5 ~ 8mm,间距为 300 ~ 400mm,且应避免 T 字接头以及正式焊道的始端和末端等易造成焊接缺陷的部位。

第 4.1.8 条 正式焊接时,必须清除定位焊焊道、不得使其残留在主体焊道的熔敷金属内。

第 4.1.9 条 吊、卡具的补强板、垫板及其它直接与球壳板相接的角焊缝,焊接时应严格按焊接工艺卡执行。不得在母材上随意引弧,并应防止咬边。

第 4.1.10 条 降雨、降雪时,如无有效防护措施不得进行焊接。

第 4.1.11 条 施焊时球罐周围环境条件应符合下列要求:

- 一、风速在 5m/s 以下;
- 二、环境温度在-5 以上;
- 三、相对湿度在 90%以下。

当环境条件不能满足上述要求时,施工单位应采取相应的防护措施,方可进行焊接。

第 4.1.12 条 气象及焊接条件应每隔 2 ~ 4h 测定并记录一次。焊接环境条件应在距球罐表面 500 ~ 1000mm 处测量。

第 4.1.13 条 焊接施工情况应有专人负责记录,记录格式见附表 6—7。

第 4.1.14 条 产品试板应由焊接该球罐的焊工进行焊接,并在球罐对应焊接位置的第一条接缝焊接以后进行,且不得在球罐焊完以后进行产品试板焊接。

第二节 焊条检验及管理

第 4.2.1 条 球罐各部分所用的焊条型号应符合焊接工艺卡的规定,并应根据经材料责任工程师认可的采购单进行采购。

第 4.2.2 条 焊接受压元件的焊条应在复验合格后使用,其熔敷金属的力学性能及化学成分应符合标准要求,检验项目规定如下:

- 一、力学性能:抗拉强度、屈服点、延伸率、冷弯、冲击韧性;
- 二、化学成分:碳、硫、磷、硅、锰及其它规定的合金成分;
- 三、扩散氢含量:(仅限于低氢型焊条)。

除出厂说明书另有规定外,碱性低氢型焊条烘干后的实测扩散氢含量(甘油法)应符合表 4.2.2 规定。

碱性低氢型焊条扩散氢含量 表 4.2.2

焊条级别	扩散氢含量 ml/100g
T42	8
T50	6
T55	5

复验合格的焊条应在包装外面加上确认印记。

第 4.2.3 条 焊条应按焊条说明书或表 4.2.3 的规定进行干燥和存放。

焊条烘干条件及存放温度 表 4.2.3

种类	烘干温度()	恒温时间(min)	存放温度()
低氢型焊条	350 ~ 400	60	100 ~ 150

第 4.2.4 条 施焊时焊条应放在保温筒内携带,携带时间不应超过 4h。超过规定时间应重新干燥,但重新干燥的次数不应超过二次。

第 4.2.5 条 焊芯锈蚀及药皮变质的焊条不得使用。

第 4.2.6 条 焊条应设专人负责烘干、保管发放和回收,焊工每次领用的焊条规格、型号、数量,使用部位及回收数量均应予以记录。

第 4.2.7 条 现场的焊条库房应有温度和湿度调节设施,库房内温度不得低于 10 ,相对湿度不得大于 60%。

第三节 焊接施工工艺

第 4.3.1 条 焊接施工应严格按照焊接工艺卡(WPS)进行,焊接程序应在焊接工艺卡中明确规定,焊接工艺卡应附有焊缝布置图,注明焊缝编号,说明焊接次序。

焊工应按对称位置进行施焊。

第 4.3.2 条 焊接程序应符合下列原则:

- 一、先焊赤道带、后焊温带、极板;
- 二、先焊纵缝、后焊环缝;
- 三、先焊大坡口一侧,后焊小坡口一侧。

第 4.3.3 条 焊缝交叉部位,应先将纵缝焊到环缝坡口内,然后将环缝坡口内的焊肉打磨干净以除去焊缝终端缺陷,如图 4.3.3,焊环缝时,不应在交叉部位引弧或灭弧。

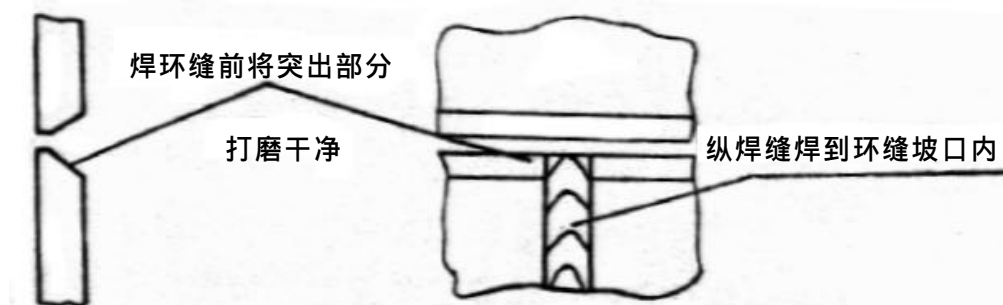


图 4.3.3 交叉部位的焊缝处理示意图

第 4.3.4 条 预热时应将焊接部位均匀加热,使其到焊接工艺卡中规定的温度。预热范围为焊接接头中心两侧各三倍板厚以上且大于 100mm。

第 4.3.5 条 球壳板对接接缝的焊前预热对接接头的后热宜采用远红外线电热板等电加热元件;现场条件不具备时,可采用液化石油气等火焰加热器;但不得使用氧—乙炔焰进行加热。用火焰加热器加热时,宜使用弧形多嘴燃烧器。

第 4.3.6 条 采用电热板宜用永久磁铁临时固定在球壳板上。

第 4.3.7 条 支柱与球壳板的相贯线,人孔、接管及工、卡具等部位的局部加热可用单嘴火焰加热器。

第 4.3.8 条 预热温度和层间温度应用测温笔或表面温度计测定,并加以记录。用表面温度计测温时,应采取避免环境条件影响测量的精确度。测定部位应在焊缝两侧表面距熔合线 50mm 处,每条焊缝测点不应少于三对。

当采用电预热温度自动控制测温装置,并按专门规程测温时允许适当的减少测点数量。

第 4.3.9 条 对于拘束度大的部位(如环缝、接管角缝等)或在冬季施工时,预热温度应取规定值的上限,并适当扩大预热范围,延长预热时间。

第 4.3.10 条 焊接时,第一层焊道应采取分段退焊法,每层焊道引弧点应依次错开 50mm 以上,焊道始端宜采用后退起弧法,焊道终端应将弧坑填满,如有弧坑缺陷,应用砂轮清除。

第 4.3.11 条 焊接线能量的确定应符合下列要求:

- 一、焊接线能量应根据焊接工艺评定的结果结合球壳板的材质、厚度、焊接位置和预热温度等确定。
- 二、对于高强度钢、厚度大于 25mm 的低合金钢,以及厚度大于 38mm 碳素钢的焊接,必须严格控制线能量。

三、焊接线能量的测定可按下式计算:

$$Q = \frac{60IU}{V}$$

式中 Q—焊接线能量,J/cm;

I—焊接电流,A;

U—电弧电压,V;

V—焊接速度,cm/min。

第 4.3.12 条 每条焊缝宜每侧一次连续焊完,厚度较大的球壳板一条焊缝也可分段或分层焊接,分段焊接时段数应力求减少、且每侧每段应连续焊完;分层焊接时,每侧应连续焊满坡口深度的 2/3 以上。如因故中断,应采取措施防止裂纹的产生,重新开始焊接前应仔细检查确认无裂纹后方可施焊。

第 4.3.13 条 焊缝清根应使用碳弧气刨,砂轮或其它机械切削方法。刨槽的形状应为 V 形,宽度应一致,深度应适当,并应完全清除根部缺陷,再经渗透探伤合格后方可继续施焊。

第 4.3.14 条 焊缝的后热消氢处理应按焊接工艺卡的要求进行,其加热范围、温度测量等要求应与预热相同。

第 4.3.15 条 采用陶瓷型非熔化焊接软垫进行单面焊双面成型焊接时,应按下列规定执行:

- 一、坡口组对间隙以 4mm 为宜,贴垫前应将坡口两侧各 50mm 范围内用钢丝轮刷除锈,打磨出金属光泽;
- 二、软垫使用前应在 35 ~ 40 条件下烘干 30min;
- 三、软垫应靠紧内坡口粘贴,将铝箔通过粘接层与内坡口两侧贴紧;
- 四、施焊时应采用连弧焊,换焊条要快,避免出现接头缺陷、坡口边缘两侧必须熔合好;
- 五、第二遍焊完方可拿掉软垫,工件表面残留的粘结层应予以清理。

第四节 焊缝质量检验

第 4.4.1 条 焊缝应进行外观检查,检查前应清除熔渣和飞溅物。球壳板对接焊缝以及球壳板上的永久性的连接角焊缝表面,在磁粉探伤前均应用砂轮打磨到焊缝焊波消失为止,并与母材圆滑过渡。

第 4.4.2 条 焊缝表面的质量应符合下列规定:

- 一、焊缝及热影响区表面不得有裂纹、气孔、夹渣、凹陷、熔合性飞溅等缺陷;
- 二、焊缝咬边深度不得大于 0.5mm,咬边连续长度不得大于 100mm,焊缝两侧咬边的总长度不得超过该焊缝长度的 10%。低温钢球罐焊缝不允许咬边;
- 三、角焊缝的焊脚高度应符合设计要求,表面应向母材圆滑过渡,下凹和上凸均不得超过 1.5mm;
- 四、焊缝宽度以每边超过坡口边缘 1 ~ 2mm 为宜;
- 五、焊缝余高应小于表 4.4.2 的要求。

焊缝余高

表 4.4.2

球壳板厚(mm)	焊缝余高(mm)
t ≤ 12	0 ~ 1.5
12 < t ≤ 25	0 ~ 2.5
t > 25	0 ~ 3

第 4.4.3 条 焊缝应按设计文件的规定进行无损检验,设计文件未作明确规定时应按下列方法和比例抽查:

一、球壳板对接焊缝,公称直径 250mm 以上的接管、法兰和锻制加强环的外接焊缝应进行 100% 射线探伤或超声探伤;

二、球壳板对接焊缝、接管和球壳板间的 K 型焊缝内外两个表面以及所有与球壳板连接的角焊缝表面在水压试验前(需整体热处理的球罐在热处理前)应进行 100% 磁粉探伤或渗透探伤。

水压试验后应进行复查,复查数量不得小于焊缝全长的 20%。复查部位,包括全部 T 字接头及每个焊工各个焊接位置的对接焊缝和各种角焊缝。

第 4.4.4 条 对接焊缝按规定进行局部探伤时,检验的部位,应包括全部 T 字接头及每个焊工在各种焊接位置的焊缝,被补强板复盖的焊缝须经 100% 的射线探伤。

第 4.4.5 条 选择 100% 超声探伤方法时,还应对超声波探伤部位作射线探伤复检。复检长度不应少于所探焊缝总长的 20%。

选择 100% 射线探伤检查时、对球壳板厚度大于 38mm 的焊缝还应作超声探伤复检,复检长度不应小于所探焊缝总长的 20%。

上述两种检验应按各自的标准执行,复检部位应包括全部 T 形接头的焊缝。

第 4.4.6 条 无损检验应在焊后至少 24h 进行。

第 4.4.7 条 射线探伤和评级应按《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》(GB3323 — 87)的要求进行。并应符合下列规定:

- 一、射线照相的质量应不低于 AB 级;
- 二、增感屏宜使用金属箔增感屏;
- 三、穿透厚度不大于 40mm 时,应使用 X 射线源,大于 40mm 时,可使用铱 192 射线源。

第 4.4.8 条 要求进行 100%探伤的焊缝,射线探伤的合格标准应为 Ⅱ 级,只要求局部探伤的焊缝,射线探伤的合格标准应符合设计文件规定,且不得低于 Ⅲ 级。

第 4.4.9 条 射线照相底片应有清晰的编号,并与球罐号和焊缝编号相对应,要求 100%探伤的焊缝底片有效长度的总和不得少于焊缝总长,底片的有效评片区域之间应互相衔接,不得有漏探部位。

第 4.4.10 条 超声探伤和评定应按《锅炉和钢制压力容器对接焊缝超声探伤》(JB1152-81)的规定进行,要求 100%探伤的焊缝合格标准应为 Ⅱ 级,只要求局部探伤的焊缝,合格标准应符合设计规定。

第 4.4.11 条 射线或超声探伤发现的超标缺陷部位必须返修。局部探伤所抽查的焊缝发现有超标缺陷时,除返修不合格部位外,还必须在该焊工所焊的焊缝延伸部位加倍抽查且不得少于相应焊缝总长 10%,如仍有超标缺陷则该焊工所焊的同一焊接位置焊缝应 100%探伤。

第 4.4.12 条 磁粉探伤应按《钢制压力容器磁粉探伤》(JB3965 — 85)的要求进行。并应符合下列规定:

- 一、对接焊缝的磁粉探伤应在射线或超声探伤合格后进行;
- 二、探伤时应使用圆形沟槽 A-30/100 型标准试片来检查探伤灵敏度,试片布置间距宜为 4 ~ 5mm,以能清晰显示标准试片的缺陷来调整磁化规范;
- 三、初次显现的磁痕图形应在除去以后,再次试验并显现同样磁痕图形后方可确认为缺陷;
- 四、缺陷的磁痕图形难以判断时,可以允许限度内将表面修整平滑再进行探伤;
- 五、高强钢和低温钢宜使用荧光磁粉探伤。

第 4.4.13 条 磁粉探伤的合格标准规定如下:

- 一、表面上没有显示裂纹引起的缺陷磁痕;
- 二、线状缺陷(只限于熔合不良、夹渣)磁痕的最大长度不大于 2mm;
- 三、圆形缺陷痕的长径不大于 4mm;
- 四、在 25 cm² 的面积上,出现若干个长度不大于 2mm 的线状缺陷磁痕或直径不大于 4mm 的圆形缺陷磁痕时,各个缺陷的“点数”之和不大于 12。“点数”应根据缺陷磁痕的种类和大小按表 4.4.13 进行换算。

缺陷磁痕的“点数”换算 表 4.4.13

缺陷磁痕种类	磁痕长度或长径	
	2mm 以下	4mm 以下
线状缺陷磁痕	3	
圆形缺陷磁痕	1	2

第 4.4.14 条 渗透探伤应按《钢制焊接压力容器技术条件》(GB150-89)附录 H(渗透探伤)的要求进行。

第 4.4.15 条 渗透探可按磁粉探伤的合格标准进行评定,但焊缝清根后的渗透探伤检查结果不得有裂纹、未焊透、熔合不良等缺陷。

第 4.4.16 条 开孔补强圈角焊缝除进行磁粉探伤或渗透探伤外,还应通入 0.4 ~ 0.5MPa 的压缩空气进行试漏。

第五节 焊缝返修

第 4.5.1 条 焊缝表面在外观检查中发现的缺陷,凹凸及咬边部位应进行修补,规定如下:

- 一、焊缝凸起超过 4.4.2 规定时应进行打磨修整;
- 二、焊缝表面的裂纹、气孔、夹渣应打磨清除;
- 三、焊缝咬边部位应打磨修整,深度超过规定时应在打磨后进行补焊;
- 四、焊缝下凹或清除缺陷的焊缝表面低于母材时,应进行补焊。

第 4.5.2 条 焊缝补焊前应清理补焊部位表面的铁锈、油脂及其它污物。补焊时遵守正式焊接时的焊接工艺卡的规定或经过专门评定合格的焊接工艺进行。焊前预热和焊后消氢处理必须认真进行。

第 4.5.3 条 焊缝打磨后应形成圆滑表面,焊缝咬边打磨时,应加工成具有 1:3 以下的坡度的平滑斜坡,如图 4.5.3 所示。

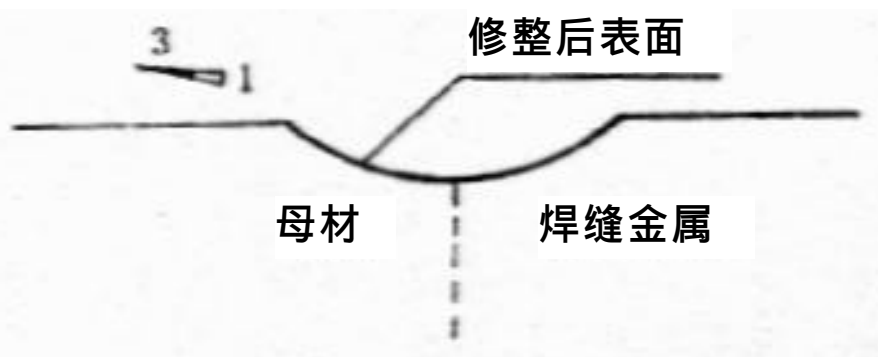


图 4.5.3 焊缝咬边部分打磨成形示意图

第 4.5.4 条 焊缝咬边打磨深度不得超过 0.5mm,修磨后的实际厚度不得小于设计文件最小厚度。

第 4.5.5 条 焊缝需要补焊时,修补焊缝长度应在 50mm 以上。高强钢、低温钢咬边部位补焊时,修补的焊道外层应加焊一道回火焊道,如图 4.5.5 所示,然后磨去多余的熔敷金属。

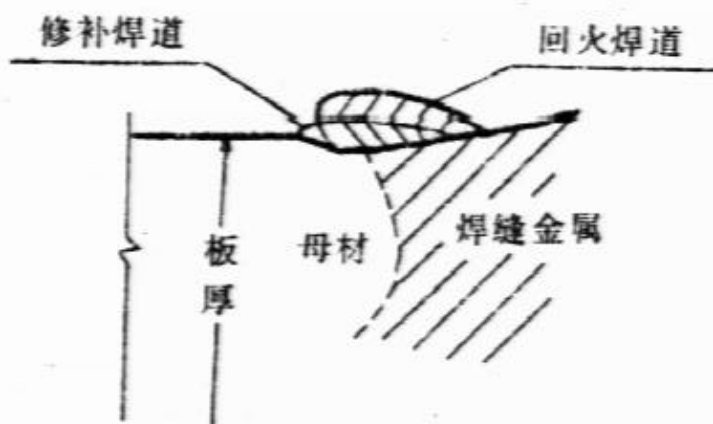


图 4.5.5 焊缝修补的回火焊道示意图

第 4.5.6 条 所有表面修补部位,均应进行磁粉或渗透探伤,并确认无缺陷,补焊深度从球壳板表面算起超过 3mm 时,应增加射线探伤。

第 4.5.7 条 焊缝内部缺陷超标准应用碳弧气刨彻底清除后重新焊接,修补焊接前应探测缺陷埋入深度,确定清除缺陷的起创面。清除缺陷的创槽长度不得小于 100mm。

缺陷清除深度从球壳板表面算起不应超过板厚的 2/3,如有超过板厚的 2/3 处仍有缺陷则应先在该状况下进行刨槽的打磨和焊接,然后在其背面再次清除缺陷,并重新打磨补焊。

第 4.5.8 条 焊缝内部缺陷清除后、应用砂轮打磨刨槽,并进行渗透探伤,确认无缺陷后再进行焊接。

第 4.5.9 条 修补焊接应严格按照焊接工艺卡和本章第三节的有关规定施工,并应符合下列要求:

- 一、预热范围以补焊部位为中心至少每侧 150mm 以上;
- 二、修补的焊层必须在两层以上;
- 三、严格控制焊接线能量,且不应在其下限值附近焊接短焊道,接近上限时不得多层连续焊接。

第 4.5.10 条 补焊结束后,应按第三章的要求进行外观检查,射线或超声探伤以及磁粉探伤,且均应达到合格标准。

第 4.5.11 条 同一部位(焊缝内外侧各作为一个部位)返修次数不宜超过二次。需要二次返修时,焊接技术责任人员,应提出返修技术措施,经施工单位技术负责人批准后实施。

第 4.5.12 条 修补焊接,宜由优秀的焊工进行施焊。

第 4.5.13 条 修补焊接应作好详细记录,记录格式见附表 5—8。

第六节 其它修补

第 4.6.1 条 在运输、组焊过程中球壳板表面产生的划痕、凹痕等缺陷,经砂轮打磨后深度超过球壳板厚度的 7% 或 2mm(取两者的其较小值)以上时应进行补焊。

第 4.6.2 条 球壳板补焊应符合下列要求:

- 一、每处补焊面积不得超过 50cm^2 ;
- 二、两个补焊部位的边缘之间应相隔 50mm 以上。

第 4.6.3 条 球壳板补焊部位应进行磁粉探伤,补焊深度超过 3mm 时应增加射线探伤。

第 4.6.4 条 拆除吊具、卡具时留在球壳板表面的痕迹应进行打磨,打磨深度超过第 4.6.1 条规定时应进行补焊,补焊后的检查要求同 4.6.3 条的规定。

第 4.6.5 条 修补焊接应按第 4.5.9 条的规定执行。

第五章 焊后整体热处理

第一节 一般规定

第 5.1.1 条 设计要求焊后整体热处理的球罐,在热处理前应完成全部与球体有关的焊接工作,并经检验(包括无损检验)合格取得签证证书。

第 5.1.2 条 球罐整体热处理应编制施工方案,其内容包括下列各项:

- 一、热处理方案与设备;
- 二、施工平面布置图;

- 三、热工计算及工艺曲线(计算公式见附录七);
- 四、测温点布置图及支柱移动量表;
- 五、支柱移动装置,加热测温系统及绝热结构设计图;
- 六、选用本标准内容的条款目录及其补充说明;
- 七、热处理操作细则及记录格式;
- 八、安全技术措施。

第 5.1.3 条 球罐整体热处理前应做好下列准备工作:

- 一、将各支柱垂直度调整合格,松开地脚螺栓,装设支柱移动装置;
- 二、将产品焊接式板对称布置在赤道线外侧,并与球壳板贴紧,使之接触良好;
- 三、装设加热和测温装置;
- 四、封闭与热处理无关的接管;
- 五、脱开球罐附属物件(如平台、梯子)上所有影响球体自由胀缩的连接部位;
- 六、完成热处理的施工;
- 七、根据气候及环境条件设置必要的防火、防风、防雨雪设施;
- 八、备用电源及设置必要的消防器材。

第 5.1.4 条 如果施工单位和建设单位事先有协议需要在热处理前后对焊缝,母材和热影响区进行硬度测定时,则应在绝热施工以前完成热处理前的上述测试工作,测试部位规定如下:

- 一、上、下极板纵缝各选一处;
- 二、上、下温带、赤道带按 120° 分布,在纵缝上各选三处。

第 5.1.5 条 支柱移动装置应按设计图纸施工,并符合下列要求:

- 一、支柱底板在基础板上能移动。移动装置采用滚柱结构时,滚柱直径应相等,保证所有滚柱均匀受力,采用滑板结构时,滑板表面应光滑平整,支柱底板上的螺栓孔和螺栓之间应有足够的位移空间,所有相对滑动表面均应加注油滑脂;
- 二、柱脚底板和基础板之间应装设位移指示器,如图 5.1.5 所示;

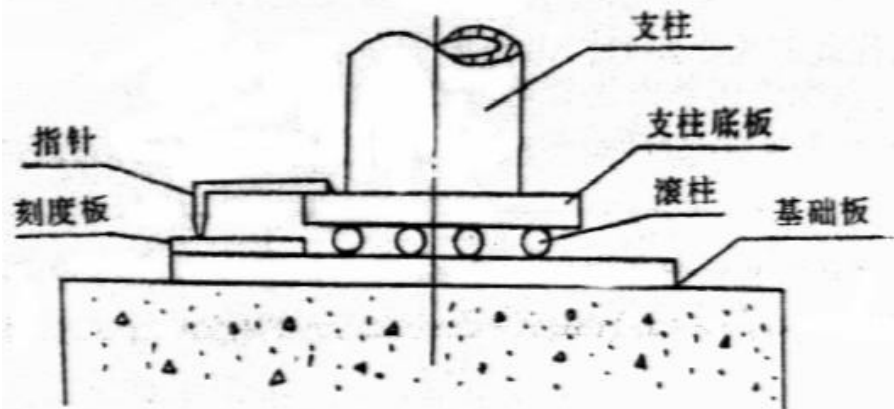


图 5.1.5 支柱移动指示器示意图

三、推动支柱移动的螺旋千斤顶的受力支承结构应稳固。

第 5.1.6 条 热处理隔热材料应采用预制块,大小宜为 1.5 × 1.5m。隔热材料宜选用岩棉毡式超细玻璃棉毡,厚度根据热工计算和环境条件来确定,隔热厚度较大时宜分两层错开铺设,底层应选用无碱玻璃棉被或硅酸铝纤维毡。

第 5.1.7 条 固定隔热材料的保温钉不得直接与球壳板焊接,应采用钢带组成的钢格套笼供焊接保温钉使用,钢带间距以 1 ~ 1.2m 为宜,保温钉在钢带上布置的间距为 0.7 ~ 1.0m。

第 5.1.8 条 隔热层之间应搭接严密并用 22# 镀锌铁丝缝合,热处理过程中应检查隔热层不得松动脱落。

第 5.1.9 条 接管、排烟筒、进气套筒和球罐支柱上半部至少 1m 长度的范围均进行隔热。

第 5.1.10 条 热处理时的升温速度在 300℃ 以下时可不控制, 300℃ 以上时,宜控制在 60 ~ 80℃ /h 范围内。

第 5.1.11 条 热处理恒温温度应符合设计文件规定,允许偏差为 ± 25℃,恒温时间见表 5.1.11。

热处理恒温时间 表 5.1.11

球壳板厚度 t(mm)	恒温时间(h)	备注
t < 25	1.0	
25 ≤ t < 37.5	1.5	
37.5 ≤ t < 50	2.0	
t ≥ 50	t/25	

第 5.1.12 条 热处理恒温温度和时间达到要求后,应缓慢降温,降温速度以 30 ~ 50℃ /h 为宜,300℃ 以下

可不限,但应在空气中自然冷却。

第 5.1.13 条 在升温 and 降温过程中,球壳表面任意两个测温点之间的温度差不得大于 130 。

第 5.1.14 条 在热处理过程中,加热火焰不得与球壳板直接接触。

第 5.1.15 条 热处理的升温 and 降温过程应每隔 100 移动支柱一次,移动量应符合技术资料的规定。

第 5.1.16 条 热处理完毕,拆除绝热层后,应及时将临时卡具的定位焊缝用砂轮磨去,然后将定位焊焊迹打磨平滑,并用渗透探伤,检查不应有任何缺陷。

第 5.1.17 条 热处理作业开始前 24h 内应掌握天气预报情况,大风和降雨、降雪天气和无有效防护措施时不得热处理作业。

第二节 热处理方法

第 5.2.1 条 球罐整体热处理宜采用球内燃烧法,燃料可使用轻柴油或液化石油气,但当施工现场不准使用火焰加热时,宜采用电热法加热。

第 5.2.2 条 球罐内部燃烧法热处理的装置由雾化器、燃料空气供给系统组成。

燃油法整体热处理的装置如图 5.2.2 — 1 所示,液化石油气整体热处理的装置如图 5.2.2 — 2 所示。

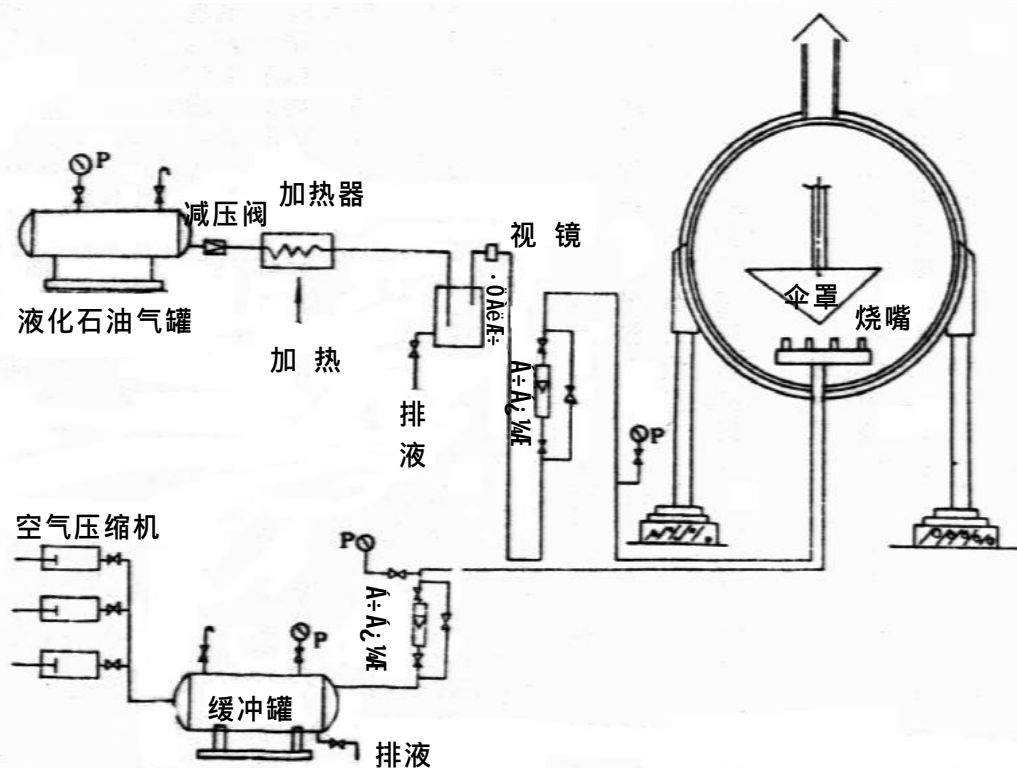
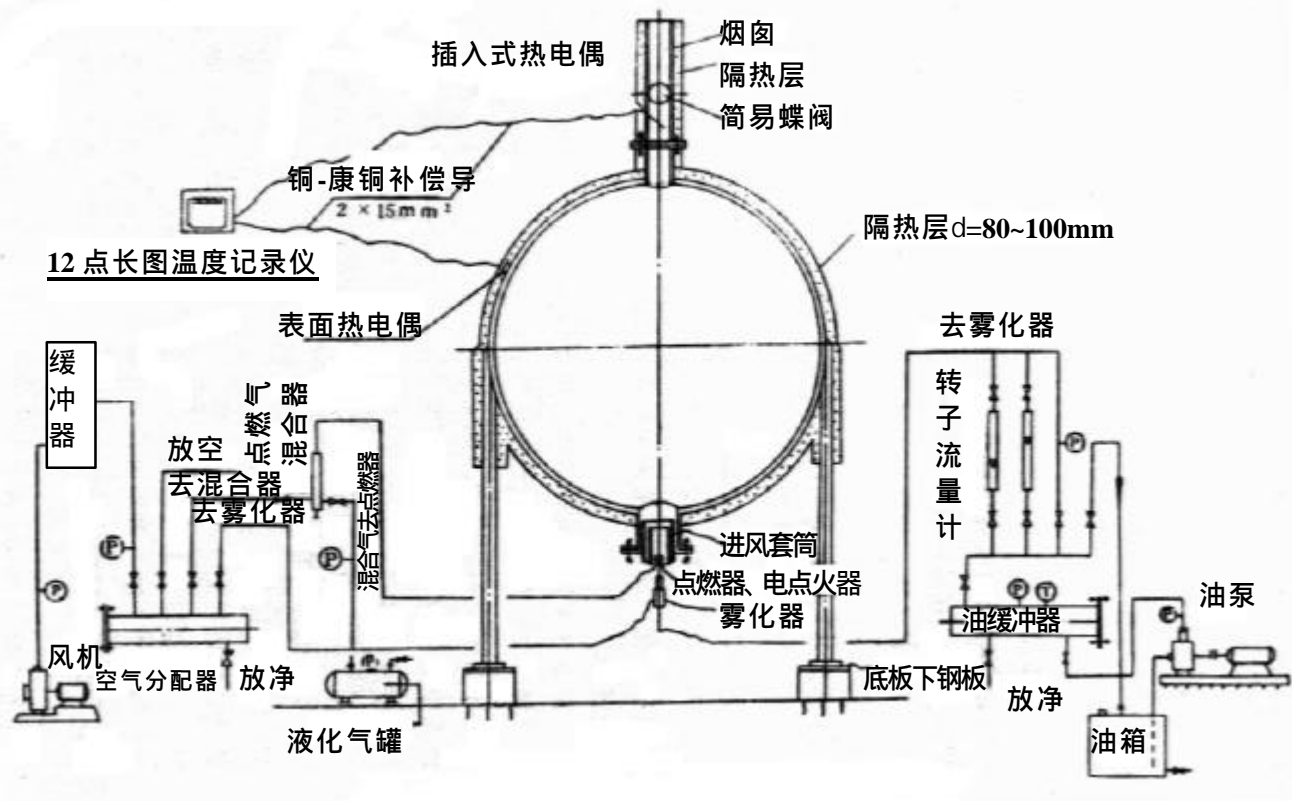


图 5.2.2-2 液化石油气整体热处理装置系统图

第 5.2.3 条 雾化器的能力及其调节性能应能满足热处理的要求。空气压缩机(鼓风机)、油泵的规格应与雾化器相配套,设备数量应包括备用机以保证热处理操作的连续进行。

第 5.2.4 条 燃烧供给系统应有流量调节和监测设备。

第 5.2.5 条 球内燃烧法加热装置应在投用前进行试压合格并经吹扫和试烧,试烧时间不得少于 10min,试

烧过程中如发现设备缺陷彻底消除后,方可按工艺曲线进行热处理操作。

第 5.2.6 条 球罐内燃烧法热处理操作应注意调节火焰,控制球体各部温差不得过大。采用柴油雾化法加热调节火焰时,应防止正压反喷,点火时,先给风后给油,升温时先加风后加油,调小火焰时,先减油后减风,风油增减应按比例逐步调节,严格按施工方案调节。

第 5.2.7 条 点火器应工作可靠,宜采用电火花塞点火,点火后能稳定自动燃烧。液化气(或煤气)压力不应小于 0.05MPa。

第 5.2.8 条 升温和恒温阶段,排烟筒的蝶阀应处于全开位置。

第 5.2.9 条 电热法热处理的加热装置由变压器,电源控制箱和远红外电热板组成,电热板的功率和数量应满足热工要求,其最高使用温度应高于热处理恒温温度 200 以上。电热板的导线和金属支架,应采取可靠措施和球体绝缘。

第 5.2.10 条 电热板的电源控制系统性能应可靠,便于操作并且有自动的和手动的两种控制方式。

第 5.2.11 条 电热法加热系统采用温度自动程序控制时,程序控制系统应事先调试合格。

第三节 温度测量和管理

第 5.3.1 条 热处理过程的温度测量应使用远距离连续自动检测系统,测量仪表应事先检定合格。

第 5.3.2 条 测温点应沿球体外表面均匀布置,测点之间的距离不得大于 4500mm,且下列部位必须设置测温点。

一、上、下极板中心处,当极板中心设有人孔时,测点应布置在人孔附近 200mm 范围内;

二、产品焊接试件上。

第 5.3.3 条 热电偶应用专用卡具或定位焊固定在球壳板上,如图 5.3.3 所示,球罐隔热层施工前应检察其相互接触是否良好,固定是否可靠,隔热层施工时应注意加以保护。

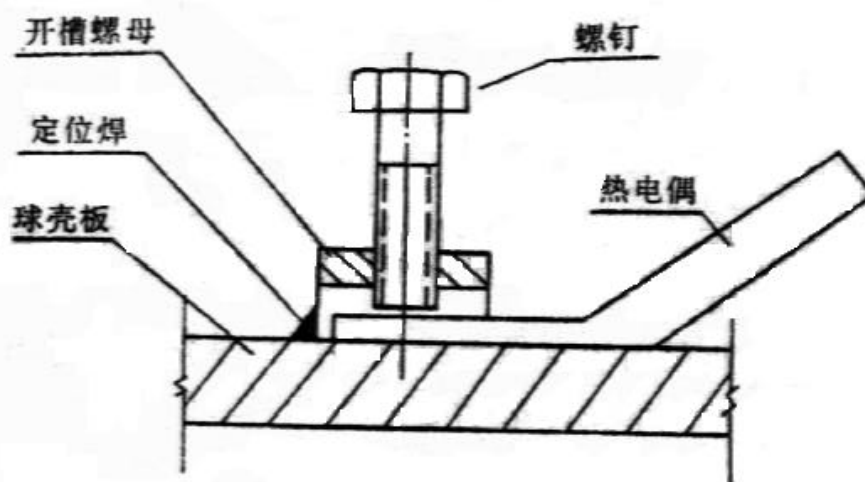


图 5.3.3 热电偶固定卡具示意图

第 5.3.4 条 热电偶接线座与补偿导线联接部位,应用绝缘胶布包裹,补偿导线应作妥善固定,且不应埋设在保温材料下面。

第 5.3.5 条 热处理恒温期间隔热层外表面温度不宜高于 60 。

第 5.3.6 条 热处理过程应设专人定岗操作和监视测温系统,并每隔 30min 记录各点温度一次。发现测温部位失灵应及时修复,温度偏离工艺曲线过大或各点温差过大时,应立即采取调整措施。采用微机进行温度自动记录打印时应加强监视与维护。

第 5.3.7 条 热处理过程应作好书面记录。

第 5.3.8 条 热处理过程的记录曲线和数据图表应清晰,整洁,不得随意涂改,最终提交验收的温度记录图表应注明设备位号,热处理日期,并经热处理技术负责人签字认可。

第四节 热处理后的质量检验

第 5.4.1 条 球罐整体热处理后应进行下列质量检验工作:

一、根据施工记录,确认热处理工艺符合本标准要求,其恒温温度达到设计文件规定值,偏差在允许范围之内,恒温时间符合本标准规定,热处理过程中各测点的温差未超过本标准规定的范围。

二、热处理后的产品焊接试件的力学性能试验其结果符合本标准第四章第四节的要求。

第 5.4.2 条 如果设计文件未作规定,高强钢和低温钢球罐热处理后,应对球壳板所有对接焊缝,K 型焊缝和与球壳板连接的角焊缝进行 20%磁粉探伤或渗透探伤抽查,探伤发现超标缺陷时应进行 100%复验。

第六章 最终试验与工程验收

第一节 水压试验

第 6.1.1 条 进行水压试验前球罐应具备下列条件:

- 一、本体及附件的组装,焊接和检验工作已全部结束;
- 二、需要进行焊后整体热处理的球罐,热处理工作已全部结束,并检验合格;
- 三、基础二次灌浆已达到设计强度;
- 四、支柱拉撑杆调整紧固完毕;
- 五、工、卡具定位焊痕迹打磨完毕并检验合格。

第 6.1.2 条 水压试验压力应为设计压力的 1.25 倍,设计有特殊规定时按设计文件要求进行。

第 6.1.3 条 水压试验前应完成下列准备工作:

- 一、敷设临时管线,安装试压泵和压力表,压力表的数量至少应在球罐顶部和底部各安装一块,其精度不得低于 1.5 级,事先应经校验合格,压力表的量程为试验压力的 1.5 ~ 2 倍,表盘直径应不小于 150mm;
- 二、拆除球罐内部所有脚手杆和跳板;
- 三、准备好测量基础沉降量的仪器和工具,在适当地点设置沉降测量基准点,在各支柱上焊接水平测定板或设置基准点;
- 四、冬季试压应在球罐上安装温度计测量介质温度、温度计的感温部件应超过接管长度伸入球体,球罐及临时管线应采用适当保温措施;
- 五、试验区域应有明显的警示标志。

第 6.1.4 条 试压介质应为洁净的工业用水,水温应符合下列规定:

- 一、碳素钢和 16MnR 钢制球罐试压用水不得低于 5℃;
- 二、其它低合金钢球罐试压用水不得低于 15℃;
- 三、设计文件有规定时按设计文件执行。

第 6.1.5 条 充水应缓慢进行,当水从顶部排气管溢流后方可封闭排气管。

第 6.1.6 条 水压试验应按下列步骤进行:

- 一、升压前检查球壳表面应无结露现象;
- 二、压力升至试验压力的 50%时,保持 15min、然后对球罐的所有焊缝和连接部位作初次目视渗漏检查,确认无渗漏后,继续升压;
- 三、压力升至试验压力的 90%时,保持 15min 后再次作渗漏检查;
- 四、压力升至试验压力时,保持 30min,然后将压力降至设计压力进行检查,应以无渗漏为合格。

第 6.1.7 条 试验压力不得超过规定试验压力的 0.05MPa。试压时严禁敲击罐体。

第 6.1.8 条 降压应缓慢进行,泄压速度不得大于 1.5MPa/h,待顶部压力表指示值降至零后,方可打开放空管口及人孔盖。水排尽后用清水冲洗并用压缩空气将球罐内部吹干。

第 6.1.9 条 试压用水不得在基础附近就地排放。

第 6.1.10 条 水压试验不宜用气压试验代替,在特殊情况下,不得不用气压试验代替时,应由建设单位和施工单位技术负责人共同协商并取得锅炉压力容器安全监察部门的认可,试验施工方案和安全措施应经施工技术总负责人批准。

第 6.1.11 条 在水压试验过程中如发现异常现象时,应立即停止升压并进行检查。如需进行修整,应先进行泄压,不得带压进行修整工作。

第 6.1.12 条 水压试验后进行磁粉探伤抽查时,如发现超标缺陷,应按照本标准第四章第五节的要求进行修补,并对修补部位再次进行磁粉探伤,直至合格。

修补后是否重新进行水压试验,应根据修补面积和深度,由施工单位技术负责人会同有关部门协商确定。

第二节 基础沉降观测

第 6.2.1 条 球罐在水压试验时应进行基础沉降观测,观测工作应在下列各阶段进行:

- 一、充水前;
- 二、充水到 1/3 球罐本体高度时;
- 三、充水到 2/3 球罐本体高度时;
- 四、充满水 24h 后;
- 五、放水后。

第 6.2.2 条 每个支柱基础均应分别测量沉降量,测量工具宜用水平仪,每次测量时均应通过基准点校正。

第 6.2.3 条 支柱基础沉降应均匀,放水后,不均匀沉降量不应大于球罐直径的 1‰,相邻支柱基础之间沉降量差不应大于 2mm,当设计另有规定时按其规定检查。

第三节 气密试验

第 6.3.1 条 设计文件要求气密试验的球罐,气密试验应在水压试验合格并经磁粉探伤确认无任何超标缺陷后进行。

第 6.3.2 条 气密试验所用的气体应是干燥、清洁的空气或其它惰性气体,气体温度不得低于 5 。

第 6.3.3 条 气密试验用的临时管线,压力表,温度计等应与水压试验时要求相同。

第 6.3.4 条 气密试验压力为球罐的设计压力,设计有特殊要求时,应按其规定执行。

第 6.3.5 条 气密试验前应完成下列工作:

- 一、完成球罐内所有的安装工作,包括浮筒液面计,内部盘梯等附件的安装;
- 二、清理球罐内的杂物;
- 三、封闭所有人孔和管口,封闭时,法兰连接接头均应使用正式螺栓和垫片;
- 四、试验区域作出明显的警示标志。

第 6.3.6 条 气密试验的步骤如下:

- 一、首先升压到试验压力的 50%,保持 10min,检查焊缝、阀门、法兰连接处有无泄漏;
- 二、逐步将压力升到试验压力,保持 30min,对所有焊缝、阀门及法兰连接等部位涂肥皂水或其它发泡剂检查,检查无泄漏无降压为合格;
- 三、发现泄漏时应在泄压后进行修理,并再次进行试验。

第 6.3.7 条 气密试验压力不得超过规定值加 0.05MPa。

第 6.3.8 条 降压应缓慢,降压速度不得超过 1.5MPa/h。

第 6.3.9 条 夏季进行气密试验时,应随时注意环境温度的变化,经常监视压力表的读数,防止发生超压事故。

第四节 涂层和隔热

第 6.4.1 条 球罐最终试验合格后,应及时进行涂层、隔热等工作,设计规定应进行脱脂的球罐,脱脂工作应按《脱脂工程施工及验收规范》HGJ202 — 82 规定进行,脱脂后应及时封闭。

第 6.4.2 条 球罐涂层前应用风动钢丝刷清理表面铁锈、油污及其它污物。

第 6.4.3 条 涂料种类,颜色及层数应符合设计规定,涂层的厚度应均匀,颜色应一致,涂层干燥后不得有起皱剥落,气泡等缺陷。

第 6.4.4 条 雨、雪相对湿度大于 85%,及气温低于 5 不宜进行涂层。

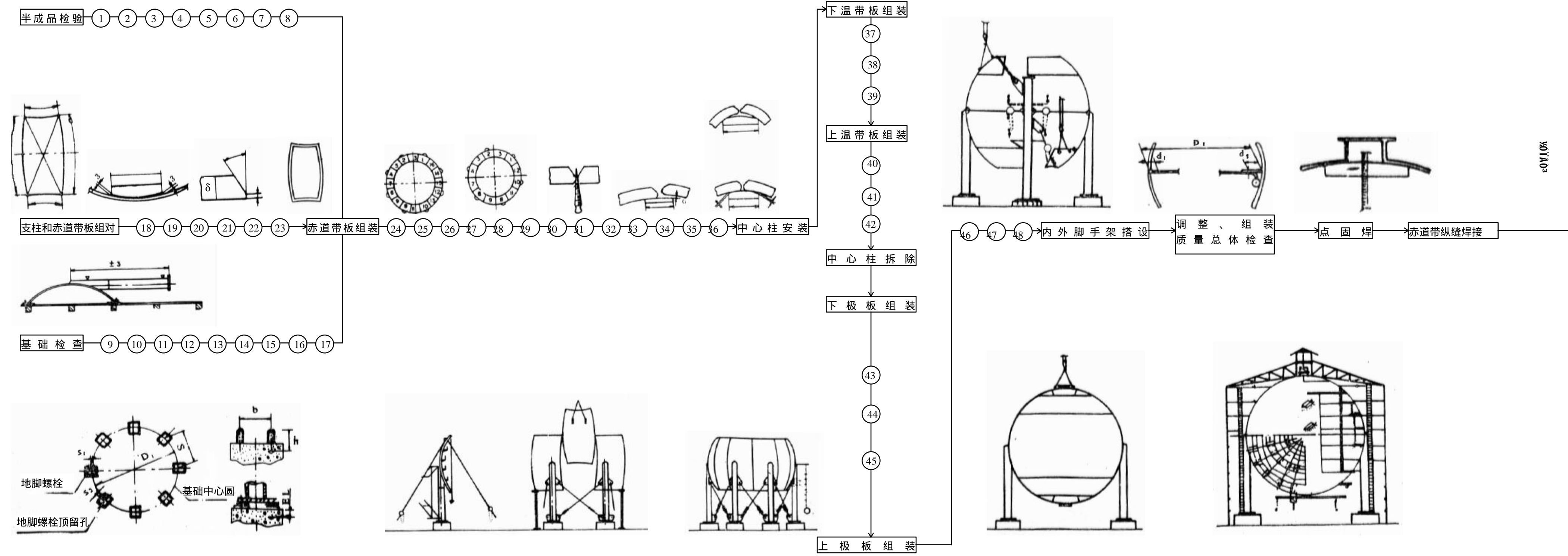
第 6.4.5 条 球罐隔热工程施工应按专门规程进行。

第五节 工程验收

第 6.5.1 条 球罐工程验收时,施工单位应按《工程建设交工技术文件规定》(SHJ503 — 86)(试行)的规定,向建设单位提交交工文件。

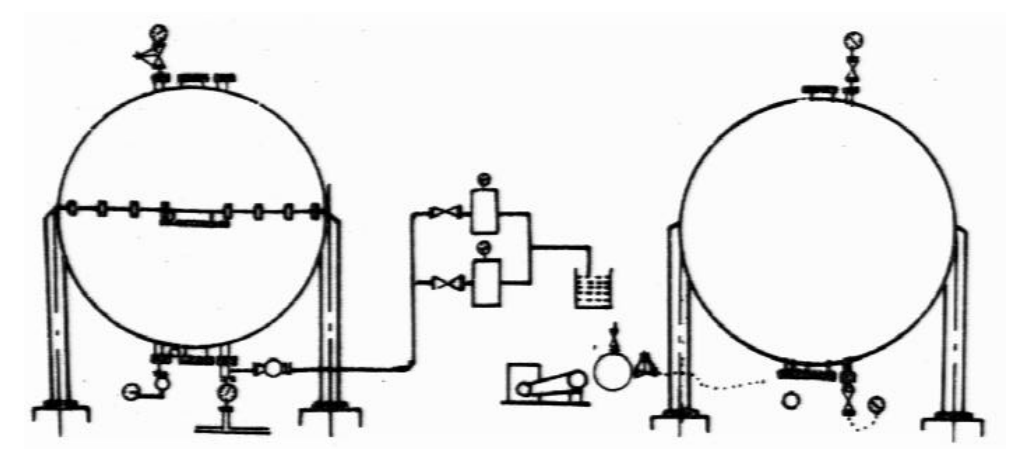
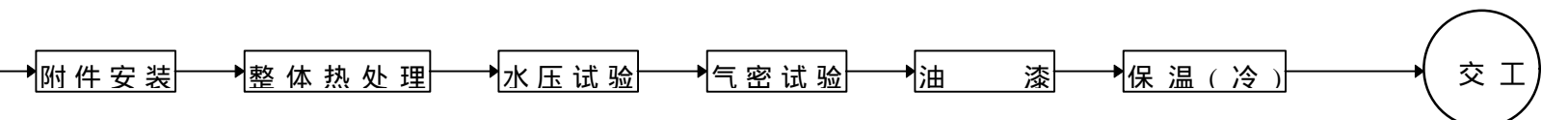
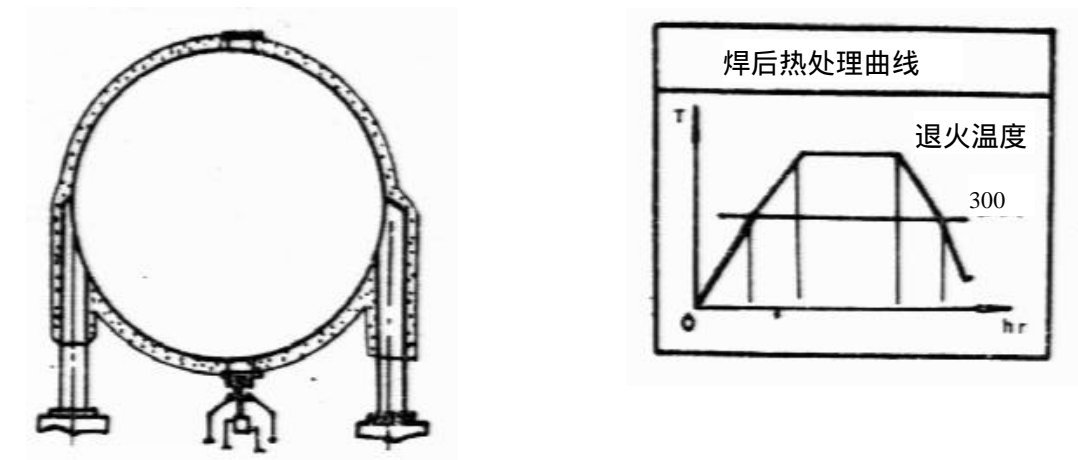
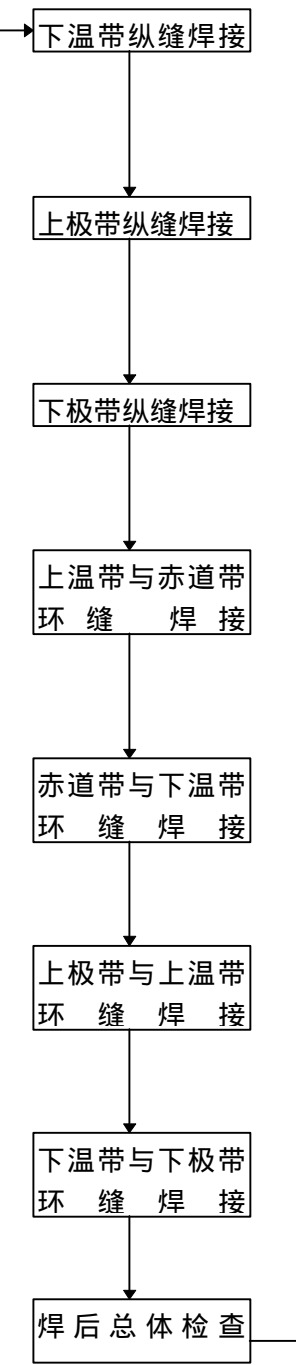
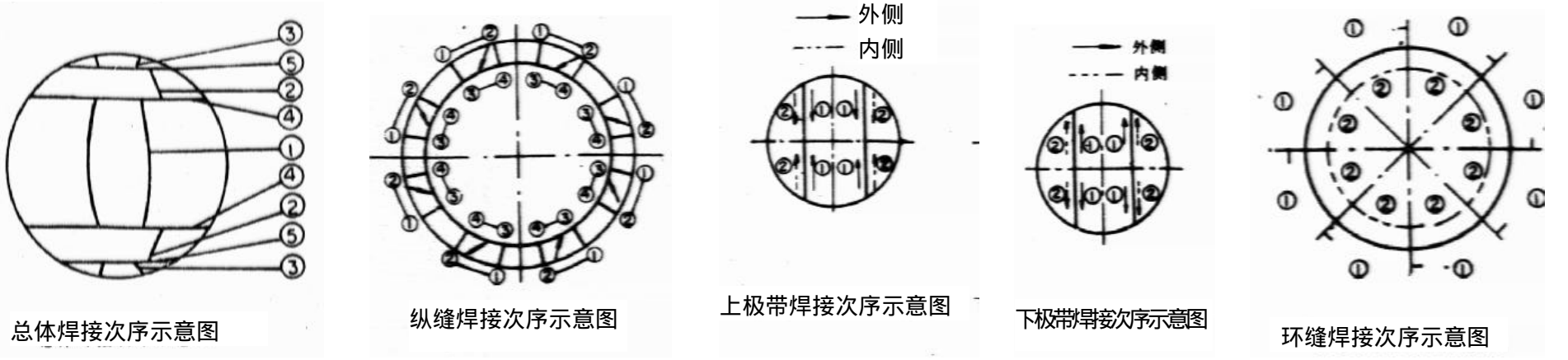
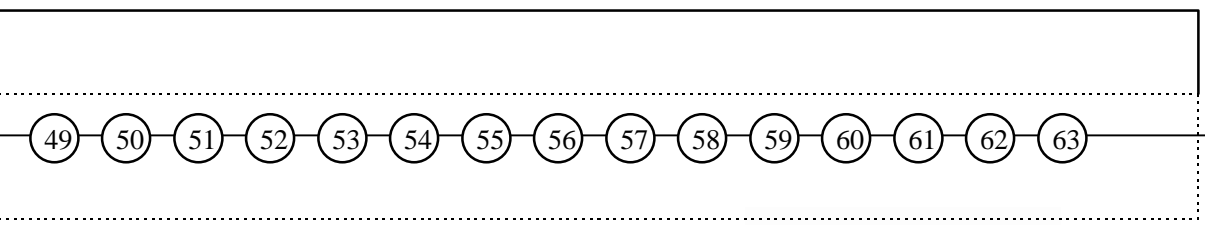
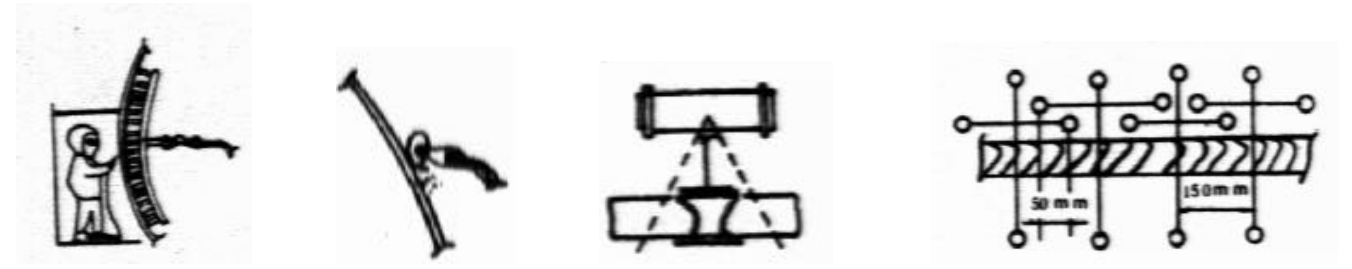
第 6.5.2 条 交付使用的球罐上应设有标明施工单位的铭牌。

附录一 分片组焊法施工工艺流程



- | | | | | | | |
|----------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------|-----------------------------|-------------------|
| (1)球壳板表面检查 | (8)球壳板曲率 | (15)单个支柱基础上表面的表面平面度 | (22)支柱和赤道带板的相贯线、预热、焊接、打磨、着色检查 | (29)支柱垂直度检查 | (36)安装支柱间支撑 | (42)调正对口尺寸，初步点焊固定 |
| (2)球壳板周边超声波探伤 | (9)基础中心圆直径 | (16)基础螺栓有效长度 | (23)吊、卡具在球壳板上的位置以及预热、焊接、后热 | (30)赤道带水平度检查 | (37)吊装下温带板 | (43)吊装下极板 |
| (3)球壳板厚度检查 | (10)基础方位 | (17)基础垫铁设置位置及数量 | (24)吊装第一块带支柱的赤道带板就位 | (31)赤道带圆柱度 | (38)用卡具与赤道带组对、用钢丝绳或导链与中心柱固定 | (44)检查管口方位 |
| (4)球壳板坡口尺寸检查 | (11)相邻支柱基础中心距 | (18)球壳板放平、垫牢、支柱与赤道带板组对 | (25)吊装第二块带支柱的赤道带板就位 | (32)焊缝对口间隙检查 | (39)调正对口尺寸、初步点焊固定 | (45)用卡具与温带固定 |
| (5)球壳板纵向弧长 | (12)支柱基础上的地脚螺栓中心与基础中心圆的距离 | (19)支柱底板到赤道带线距离 | (26)吊装不带支柱的赤道带板插入两块带支柱带板之间 | (33)对口处角变形检查 | (40)吊装上温带板 | (46)吊装上极板 |
| (6)球壳板横向弧长 | (13)支柱基础地脚螺栓预留孔中心与基础中心圆间距 | (20)支柱与带板轴线的平行度 | (27)依次吊装赤道带板就位 | (34)错边量检查 | (41)用卡具与赤道带组对，用导链或支撑管与中心柱固定 | (47)检查管口方位 |
| (7)球壳板对角线弧长及两条对角线间距离 | | (21)支柱与带板的间隙 | (28)赤道带板调整、找正 | (35)赤道带板点焊固定 | | (48)用卡具与温带固定 |

10E103

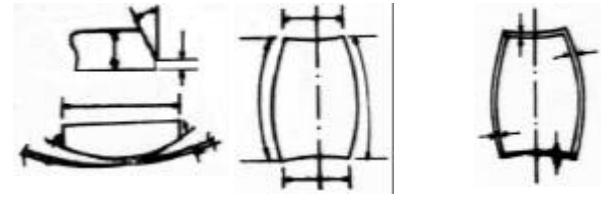


- (49)焊条烘干
- (50)预热
- (51)外侧焊缝焊接
- (52)后热
- (53)内侧焊缝清根
- (54)清根后的焊缝打磨、着色、渗透、探伤检查
- (55)预热
- (56)内侧焊缝焊接
- (57)后热
- (58)焊缝表面检查

- (59)焊缝打磨
- (60)射线探伤检验
- (61)超声波探伤检验
- (62)磁粉探伤检验
- (63)焊后总体检查

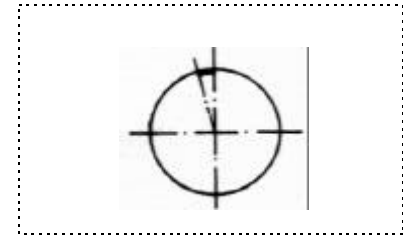
附录二 环带组焊法施工工艺流程（先安装下温带）

半成品检验 表面 超探 测厚 坡口 弧长 曲率

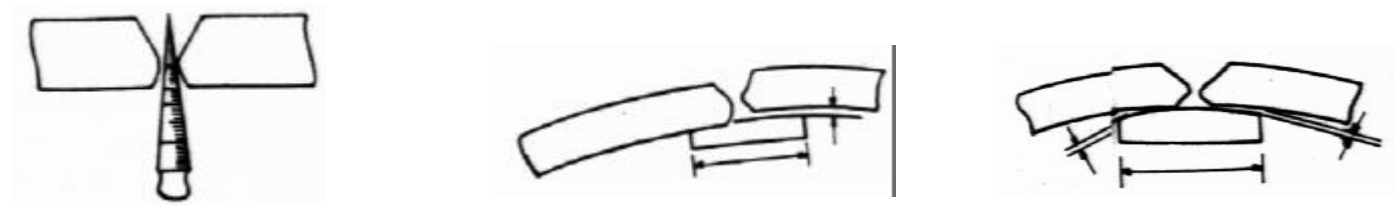
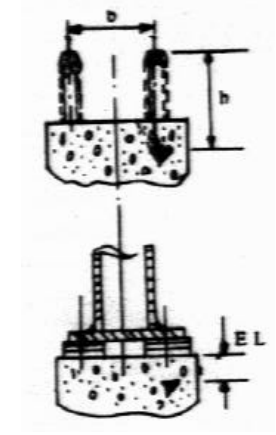
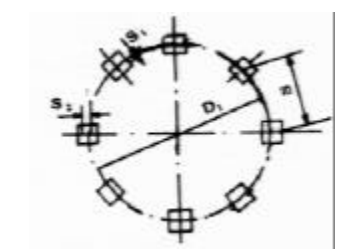


赤道带 平台上组装

预制平台铺设 稳定 水平度 基准圈 定位块

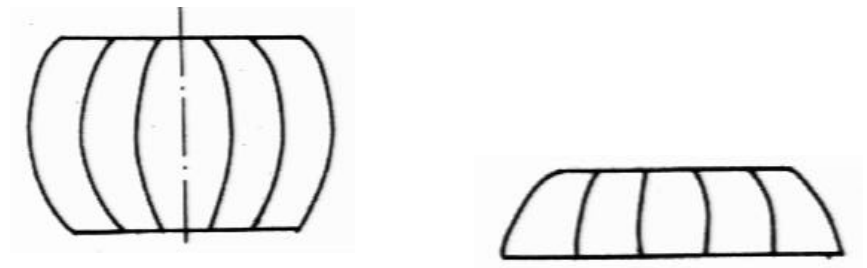
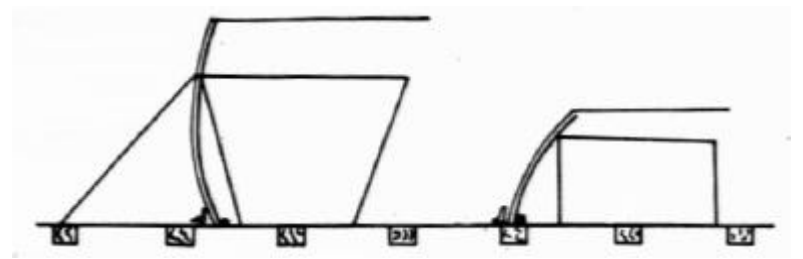


基础检查 直径 方位 中心距 间距 标高 平面度 垫块



各环带在平台上组装程序

内胎具 吊壳板 固定 调整 间隙 错边量 角变形 周长 椭圆度 点固焊

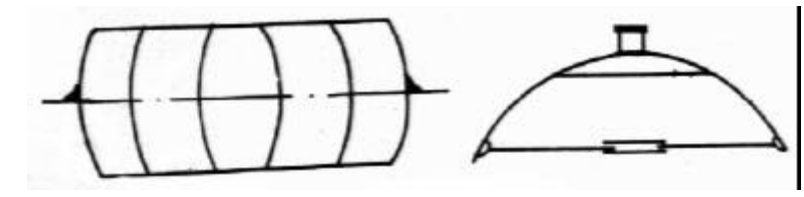
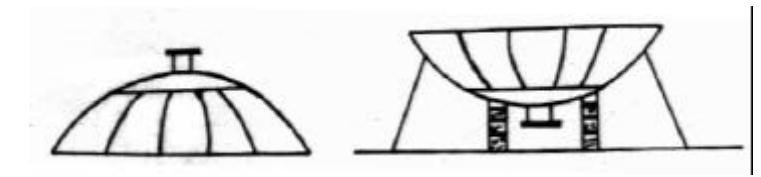


赤道带 纵缝焊接



各环带在平台上纵缝焊接程序

坡口清理 预热 焊接 后热 环带翻身 破爪刨槽 刨槽打磨 着色 预热 焊接 后热 检查 焊缝打磨 探伤 加固



ε0.00%

上、下温带
平台上组装

上、下温带
纵缝焊接

上、下极板与
上、下温带组焊

上、下极板人
孔接管组焊

划线

开孔

组装

焊接

尺寸

方位

数量

安装下温带（包括
极板）用的安装座圈

同心

水平度

标高

把下温带（包括
极板）吊到安装座圈上

同心

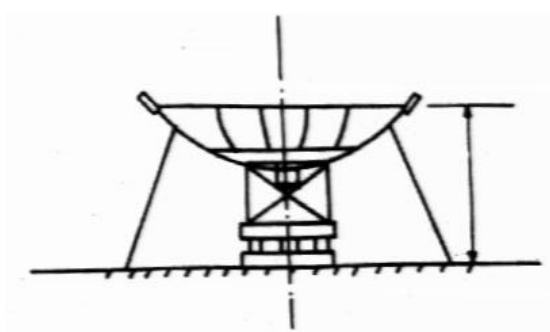
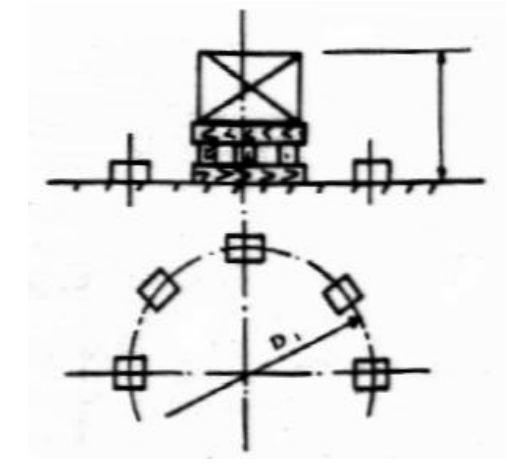
水平

标高

方位

支撑

赤道带与下温带组装



调整

尺寸

点固

支柱安装

垂直

标高

间隙

点固

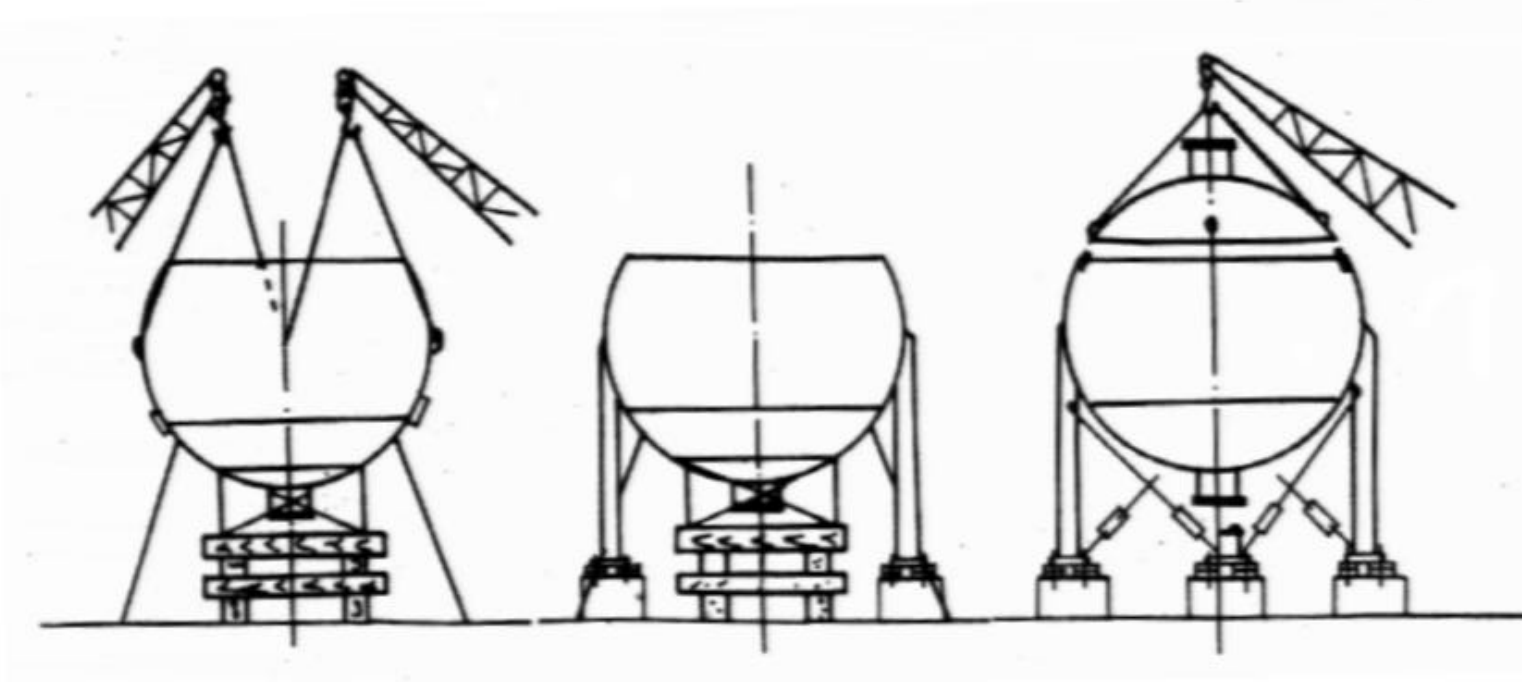
安装拉杆

调整

尺寸

点固

上温带与赤道
带组装



内外脚手架
搭设

组装后总体
检查

直径

椭圆度

角变形

间隙

错边量

赤道带与上、下温带环缝
及支柱与赤道带焊接

坡口
清理

预热

焊接

后热

内侧
刨槽

刨槽
打磨

着色

预热

焊接

后热

检查

焊缝
打磨

探伤

焊后总体检查

附件安装

二次灌浆

整体热处理

水压试验

下沉量

变形量

磁粉
探伤

内部
清理

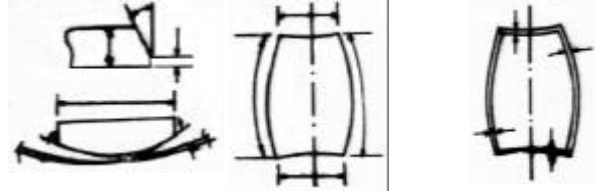
气密试验

油漆（保温）

交工

半成品检验

- 表面
- 超探
- 测厚
- 坡口
- 弧长
- 曲率



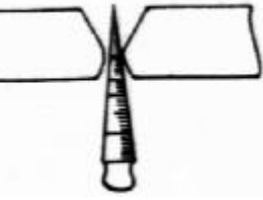
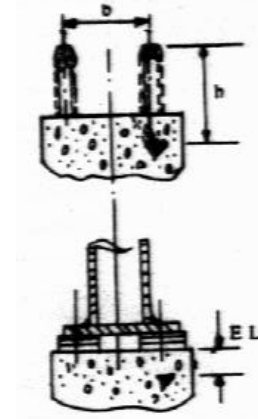
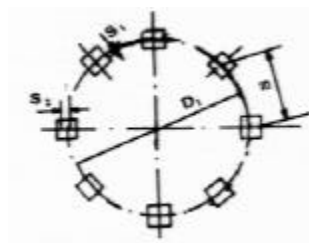
预制平台铺设

- 稳定
- 水平度
- 基准圈
- 定位块

赤道带
平台上组装

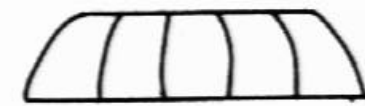
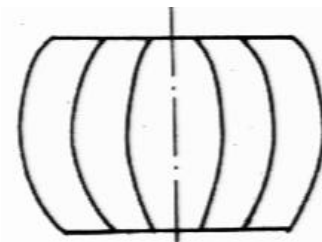
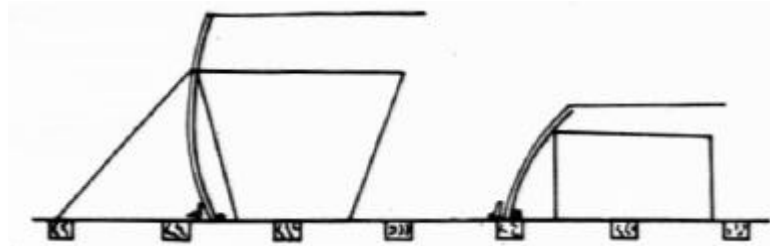
基础检查

- 直径
- 方位
- 中心距
- 间距
- 标高
- 平面度
- 垫块



各环带在平台上组装程序

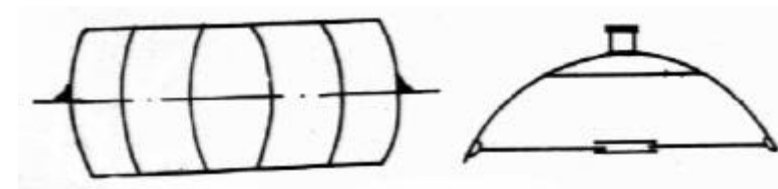
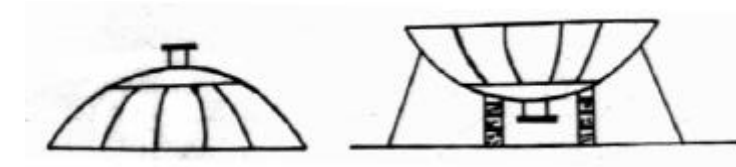
- 内胎具
- 吊壳板
- 固定
- 调整
- 间隙
- 错边量
- 角变形
- 周长
- 椭圆度
- 点固焊



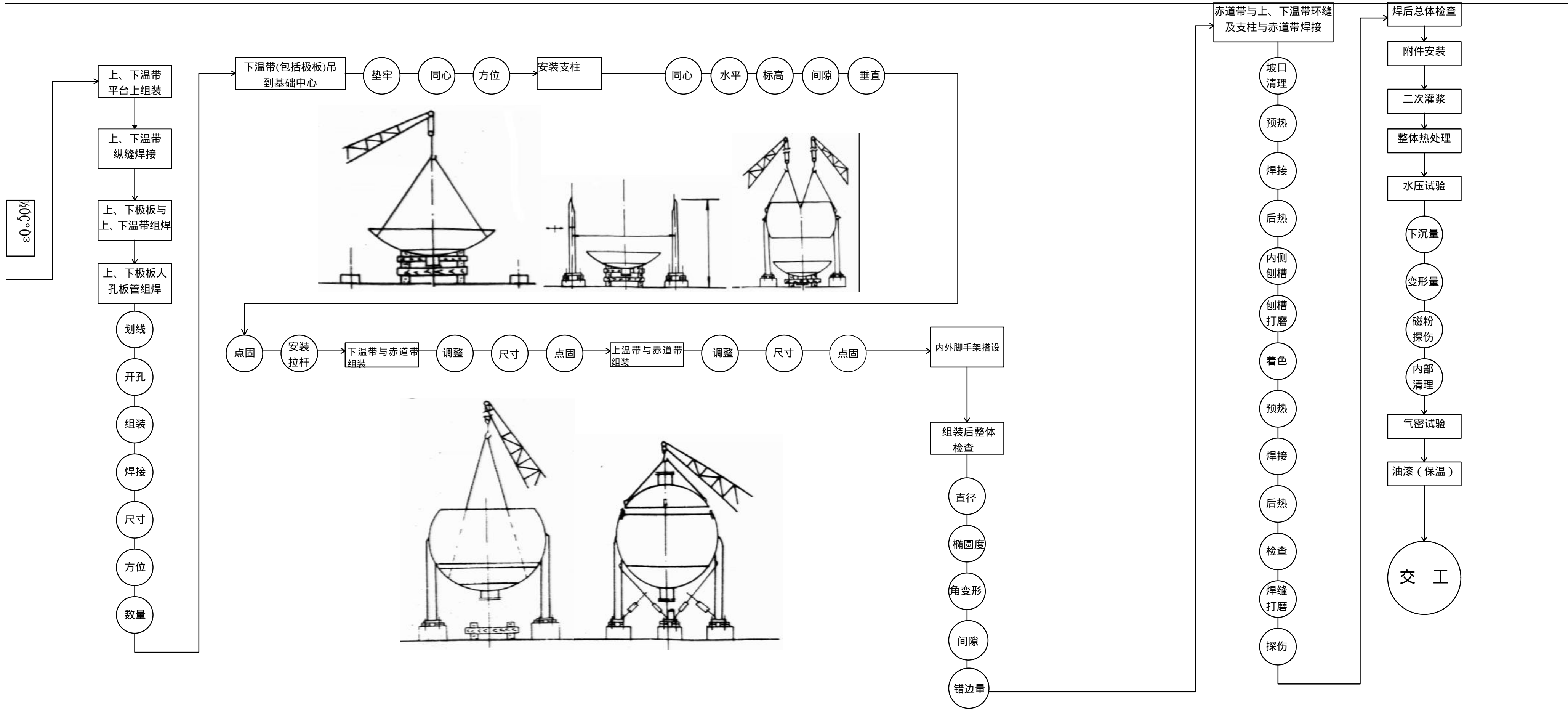
赤道带
纵缝焊接

各环带在平台上纵缝焊接程序

- 坡口清理
- 预热
- 焊接
- 后热
- 环带翻身
- 破爪刨槽
- 刨槽打磨
- 着色
- 预热
- 焊接
- 后热
- 检查
- 焊缝打磨
- 探伤
- 加固



附录三 环带组焊法施工工艺流程（先安装支柱和赤道带）



附录四 球罐组装检验工艺卡

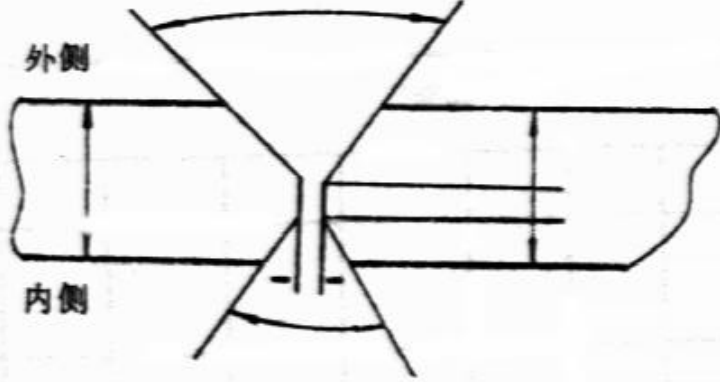
球罐名称			位号	产品编号	介质	公称容积 (m³)	内径 (mm)				
设计压力(MPa)			水压试验压力(MPa)	气密试验压力(MPa)	设计温度 ()	球壳板材质					
结构说明	形式	焊缝总长 (m)		球壳板	组成	赤道带	上温带	下温带	上极板	下极板	
	支柱	直径/厚度 (mm)	高度 (mm)		数量	厚度 (mm)					
						单重 (kg)					
			地脚螺栓规格数量		块数						

除施工技术方案中有特别规定者外，本球形储罐应按中国石油化工总公司标准《球形储罐工程施工工艺标准》(SHJ512-90)进行施工和检验，工艺标准中可供选择的内容中括用于本球罐施工和检验的有关章节均列于本施工说明书之中。

组装工艺	焊接工艺	检验工艺																																															
<p>基础垫铁：按第三章第二节</p> <p>施工采用：平垫铁组 斜垫铁组 水泥砂浆垫墩</p> <p>球罐组装采用：分片组焊法/ 环带组焊法，按SHJ512-90第三章施工</p> <p>其工艺流程见SHJ512-90附录附件安装按SHJ512-90第三章施工</p> <p>具体工程补充规定和说明：</p> <p>垫铁位置图： 卡具布置图： 组装工艺的其它说明： 涂料：_____，遍数_____。</p> <p>隔热（保温）材料：_____，厚度_____。</p> <p>隔热（保冷）材料：_____，厚度_____。</p>	<p>焊接应按第四章的要求施工，各焊接部位的焊接工艺规范见焊接工艺卡。</p> <p>焊条复验项目：抗拉强度、屈服点、延伸率冷弯、冲击韧性；碳、硅、锰、硫、磷、镍、铬、钼、铜。</p> <p>扩散氢含量：_____ml/100g。</p> <p>焊机型号：交流_____；直流_____；极性_____</p> <p>焊条牌号：_____，规格_____，烘干温度_____；</p> <p>焊工数量_____名。</p> <p>焊接接头加热方法：球壳板对接焊缝(A)：_____，其它焊缝(B)：_____。</p> <p>测温方法：测温笔/表面温度计/热电偶</p> <p>具体工程补充规定和说明：</p> <p>焊后热处理按单项技术方案施工。</p> <p>加热方法： 恒温温度： 恒温时间： 焊缝布置图：</p>	<p>组装质量检验按第三章第七节执行。</p> <p>支柱垂直度测量采用：线坠法/经纬仪法。</p> <p>球罐体直径测量采用：钢尺测内径法/线坠测外径法。</p> <p>焊缝检验按第四章第四节执行。焊缝探伤要求如下：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>方法</th> <th>部位</th> <th>阶段</th> <th>比例</th> <th>合格级别</th> <th>说明</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>射线探伤</td> <td>A</td> <td>试压前</td> <td></td> <td></td> <td>射线源： 增感屏： 底片：</td> </tr> <tr> <td>超声探伤</td> <td>A</td> <td>试压前</td> <td></td> <td></td> <td>探伤仪： 探头： 藕合剂：</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">磁粉探伤</td> <td rowspan="2">A</td> <td>试压前</td> <td></td> <td></td> <td rowspan="2">探伤仪： 磁粉：黑色/荧光 载液：</td> </tr> <tr> <td>试压后</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">渗透探伤</td> <td rowspan="2">A</td> <td>试压前</td> <td></td> <td></td> <td rowspan="4"></td> </tr> <tr> <td>试压后</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">B</td> <td>试压前</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>试压后</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					方法	部位	阶段	比例	合格级别	说明	射线探伤	A	试压前			射线源： 增感屏： 底片：	超声探伤	A	试压前			探伤仪： 探头： 藕合剂：	磁粉探伤	A	试压前			探伤仪： 磁粉：黑色/荧光 载液：	试压后			渗透探伤	A	试压前				试压后			B	试压前			试压后		
		方法	部位	阶段	比例	合格级别	说明																																										
		射线探伤	A	试压前			射线源： 增感屏： 底片：																																										
		超声探伤	A	试压前			探伤仪： 探头： 藕合剂：																																										
		磁粉探伤	A	试压前			探伤仪： 磁粉：黑色/荧光 载液：																																										
				试压后																																													
		渗透探伤	A	试压前																																													
试压后																																																	
B	试压前																																																
	试压后																																																
<p>产品焊接试件按第四章第一节进行检验。基础沉降按第六章第二节进行观测。具体工程补充规定及说明： 气密试验介质为：</p>																																																	

附录五 球罐焊接工艺卡

设备名称		位号		产品编号		容积		m ³
板厚		mm		材质		焊缝编号图中的焊缝号		
1.电源特性: 电流 DC、AC 极性				4.无损检验要求:_____				
2.焊接方法:				5.预热温度:_____				
3.清根方法:				6.层间温度:_____				
				7.后热温度:_____				
焊接顺序和方法								
焊 接 顺 序	焊 接 位 置	焊 层 数	焊 条 型 号	直径(mm)	电流(A)	电压 (V)	焊接速度(cm/min)	线能量(kJ/cm)



审核： 制表：

球罐基础验收记录

附表 6-2

年 月 日

工程名称		球罐名称			球罐编号					
允许 数据 偏差	项目 基础编号	基础方位 (度)	基础标高 (mm)	基础平面度 (mm)	地脚螺栓中心 与基础中心圆 的距离 S_1 (mm)		预留孔中心与 基础中心圆的 距离 S_2 (mm)		相邻支 柱基础 中心间 距 S (mm)	基础中 心圆直 径 D_1 (mm)
					内	外	内	外		
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									

责任工程师：

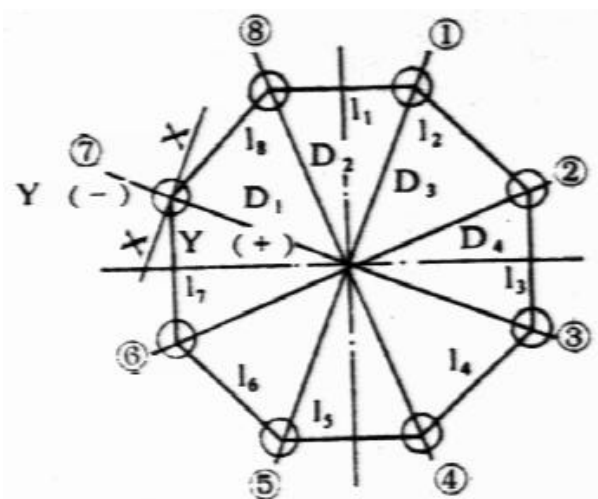
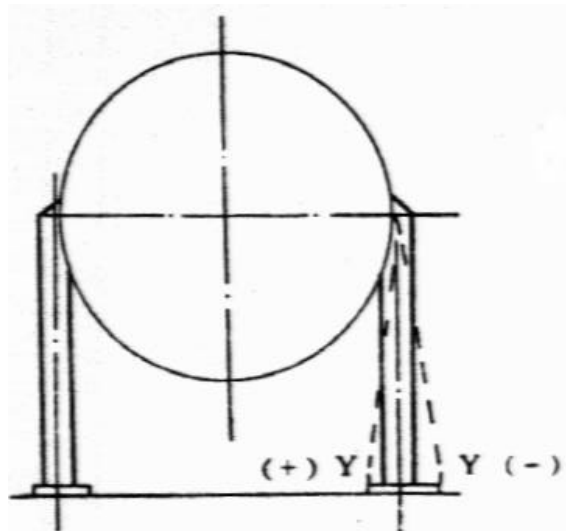
质量检查员：

施工班(组)长：

设备名称		设备位号		设备规格	
------	--	------	--	------	--

允许偏差(mm) (1)垂直度 (2)柱距 l : (3)柱距 D :

图例



垂直度 (m m)		柱号	1	2	3	4	5	6	7	8				
		测点方位												
	X-X	焊接前												
	Y-Y	焊接后												
柱距 (m m)		测点阶断	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	l ₇	l ₈	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
		焊接前												
		焊接后												

检查员

制表 :

壳体圆度、赤道线水平度检验记录

附表 6-4

年 月 日

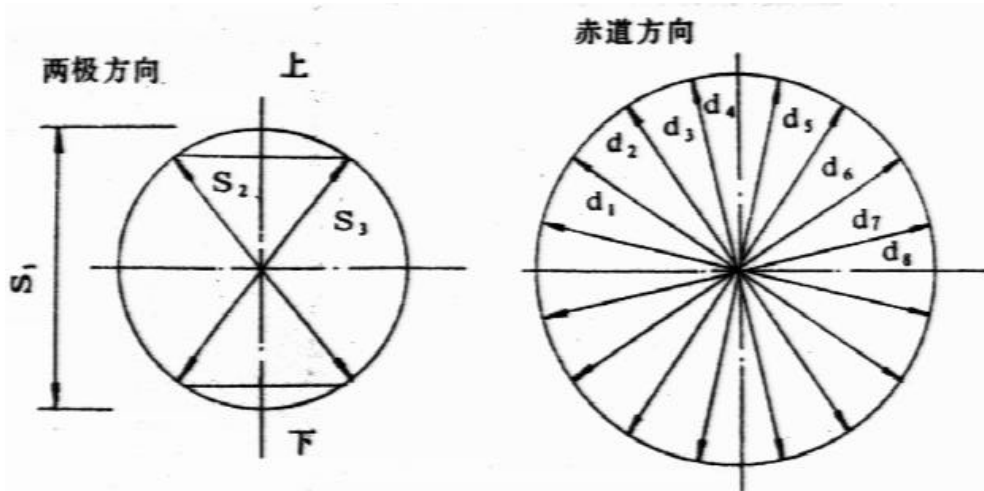
设备名称		设备位号		设备规格	
------	--	------	--	------	--

允许偏差(mm)

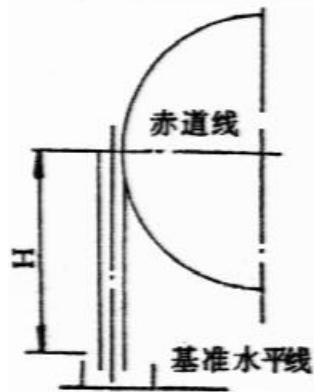
(1)壳体圆度：

(2)赤道线水平度：

图例



测点	S ₁	S ₂	S ₃	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈
阶段											
焊接前											
焊接后											
最大值											
最小值											



阶段	柱号	1	2	3	4	5	6	7	8
焊接前									
焊接后									

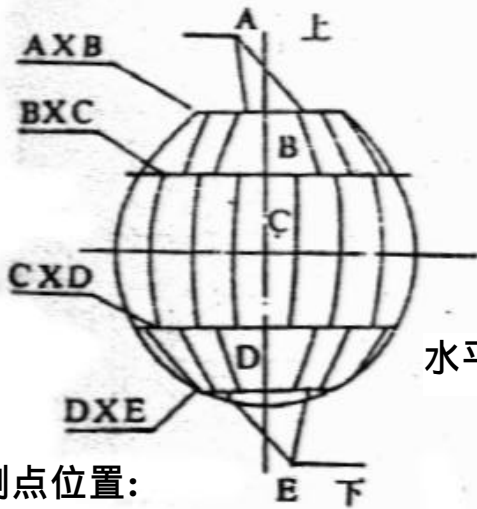
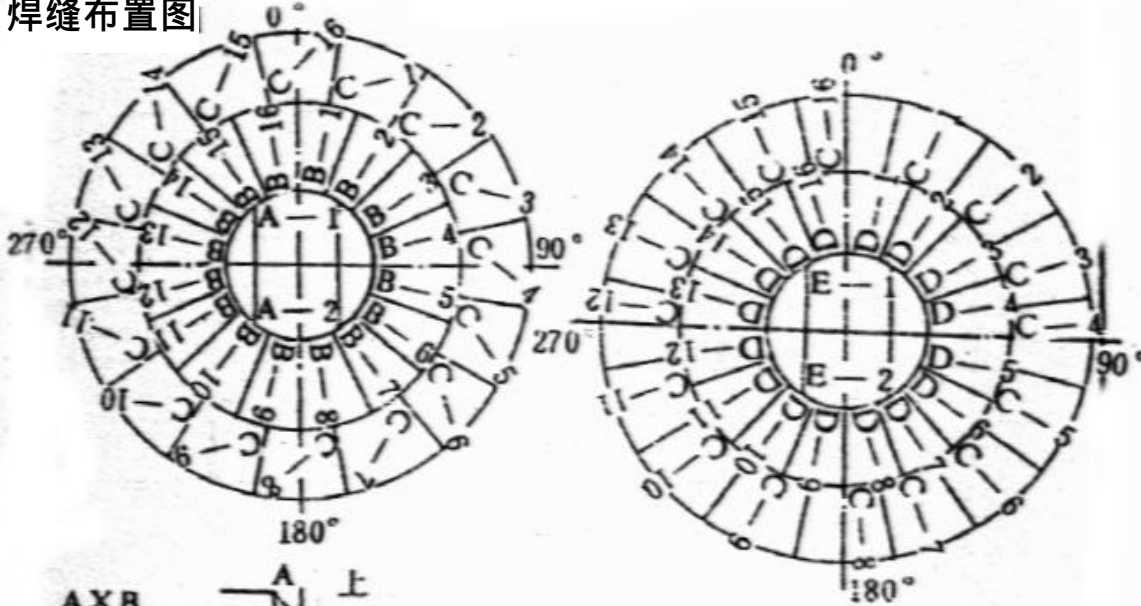
检查员：

制表：

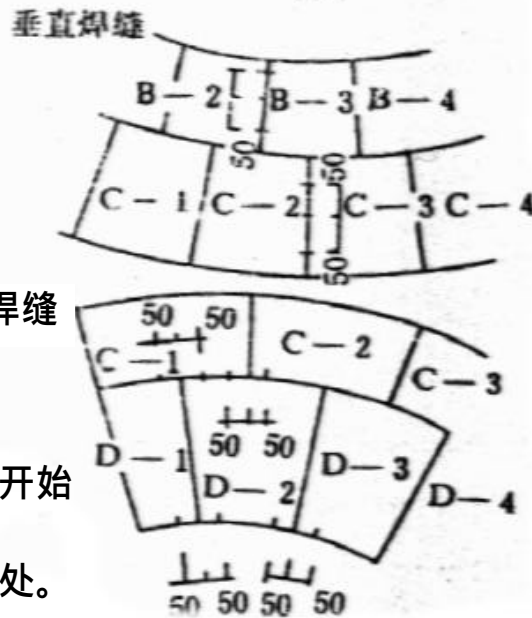
设备名称		设备位号		设备规格	
允许偏差(mm)		角变形：	根部间隙	错边量：	

焊缝布置图

焊缝布置图



水平焊缝



测点位置：

垂直焊缝 - 距“T”形接头 50mm 开始
每隔 500mm 处。

水平焊缝 - 距“T”形接头 50mm 处。

检查员：

制表

焊接记录

附表 6-7

年 月 日

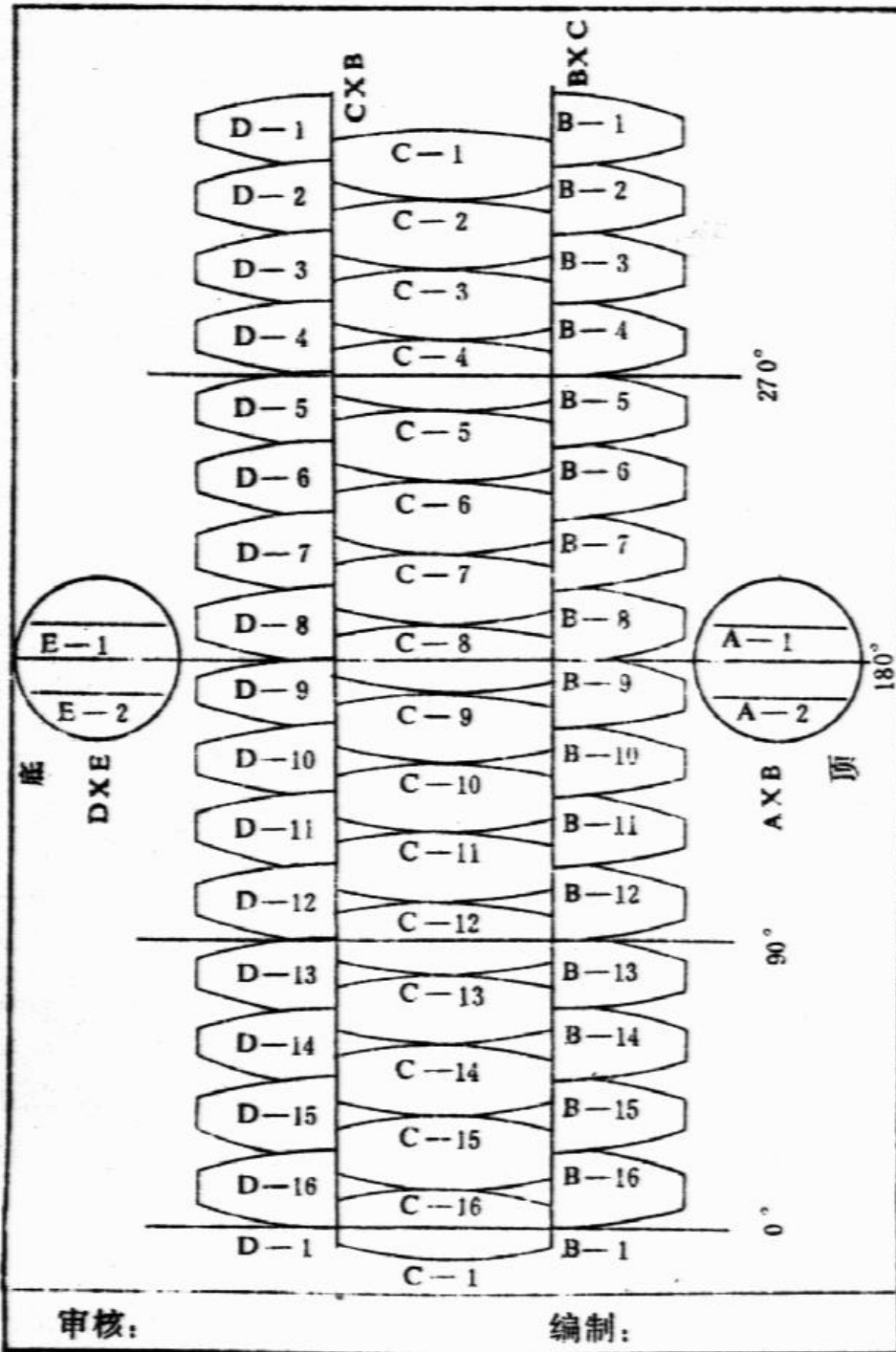
设备名称				设备位号				壳体板厚					
壳板材质				焊条牌号				坡口形式					
预热温度				后热温度				层间温度					
焊接环境								风向					
时 间	天 气	球内		球外		风		其它					
		温 度	湿 度	温 度	湿 度	风 向	风 速						
焊 缝 编 号	焊 接 位 置	焊 工 代 号	抽查记录										
			内、外	层 次	焊条直 径()	电 流 (A)	电 压 (V)	速度(cm/min)	线能量(KJ/cm)				
记录：													

焊缝返修记录

附表 6-8

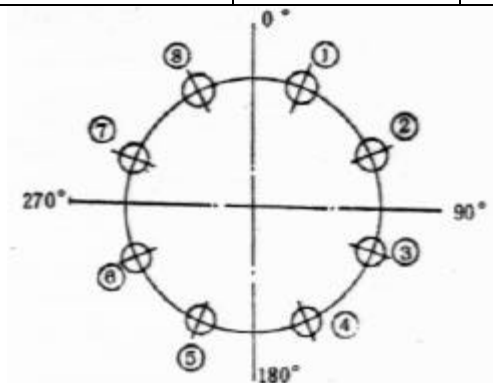
设备名称		设备位号		返修部位			
壳板材质		壳板厚度	mm	第	次返修		
缺陷点	焊缝编号			施焊日期、气象	年	月	
	气候				日		
	修补位置	内	外		气温		
	胶片号				湿度	%	
焊工姓名		合格证号		焊工代号			
预热温度		焊接电流		A			
预热时间	min	焊接电压		V			
层数		焊接速度		cm/min			
层间温度		焊接时间		min			
焊接线能量	KJ/cm	后热温度					
焊条牌号		后热时间		min			
焊条直径		施焊姿势					
补焊后的检查	RT	MT		UT	PT		
检查日期							
判定结果							
缺陷位置图				修补长度	mm		
				修补深度	mm		
				修补宽度	mm		
质量保证工程师：		焊接责任工程师：		编制：			

焊缝返修及卡具痕迹部位图 附表 6—9



球罐支柱基础沉降量检查记录

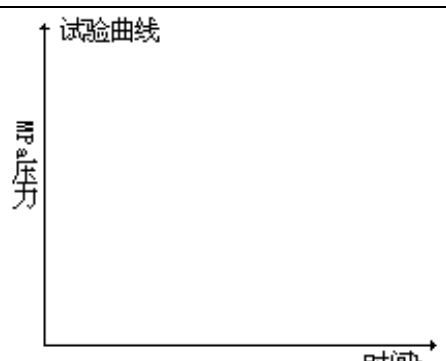
附表 6-13

球罐名称		球罐位号		检查日期	
公称容积	m ³	直径	mm		
					
阶段 数据 支柱基础编号	数	充水前 (mm)	充水到 1/3 球 罐本体高度 (mm)	充水到 2/3 球罐本体高 度(mm)	充满水 (mm)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
检查员：			制表：		

气密试验记录

附表 6-14

年 月 日

设备名称		设备位号		产品编号	
试验介质		介质温度		试验压力	MPa
试验结果					
					
审核：	检查员：		施工班组：		

附录七 热工计算公式

(一)、球壳板升温所需的热量:

$$Q_1 = W \cdot C_1 \cdot \Delta t$$

式中 Q_1 球壳板升温所需的热量,kcal/h;
 W 球壳板重量,kg;
 C_1 球壳板比热,kcal/kg · °C ;
 Δt 球壳板速度, °C/h。

(二)、球壳板及隔热层的传热损失:

$$Q_2 = \frac{t_p - t_a}{\frac{\delta_1}{\lambda_1 F_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2 F_2} + \frac{1}{F \alpha_a}}$$

式中 Q_2 球壳板及隔热层的传热损失,kcal/h;
 t_p 壳极温度, °C ;
 t_a 周围空气温度, °C ;
 δ_1 球壳板厚度,m;
 δ_2 隔热层厚度,m;
 λ_1 球壳板的导热系数,kcal/m · h · °C ;
 λ_2 隔热材料的导热系数,kcal/m · h · °C ;
 F_1 球壳板核算传热面积,取几何平均值,m² ,
 $F_1 = \pi \cdot d_1 \cdot d_2$;
 d_1 球罐内径,m;
 d_2 球罐外径,m;
 F_2 隔热层核算传热面积,取几何平均值,m²
 $F_2 = \pi \cdot d_2 \cdot d_3$;
 d_3 隔热层外径,m;
 F 隔热层外表面积,m² , $F = \pi \cdot d_3^2$
 α_a 隔热层对空气的散热系数,kcal/m² · h · °C 。

(三)、隔热层的蓄热损失:

$$Q_3 = G \cdot C_2 (t_m - t_a)$$

式中 Q_3 隔热层的蓄热损失,kcal/h;
 G 隔热层重量,kg;
 C_2 隔热层的比热,kcal/kg · °C ;
 t_m 隔热层内壁与外壁温度的算术平均值, °C 。

(四)、化学未完全燃烧的热损失:

燃烧时,在空气既不过剩也不欠缺的情况下,不完全燃烧所造成的热损失约占燃料油高热值的 5.53%,当选用燃料油的高热值为 10414kcal/kg 和空气过剩系数为 1.1 时,得化学未完全燃烧的热损失为:

$$Q_4 = 10414 \times 1.1 \times 5.53\% B = 633B$$

式中 Q_4 化学未完全燃烧的热损失,kcal/h;
 B 待求的燃料油用量,kg/h。

5.53 为实验得出的经验数据。

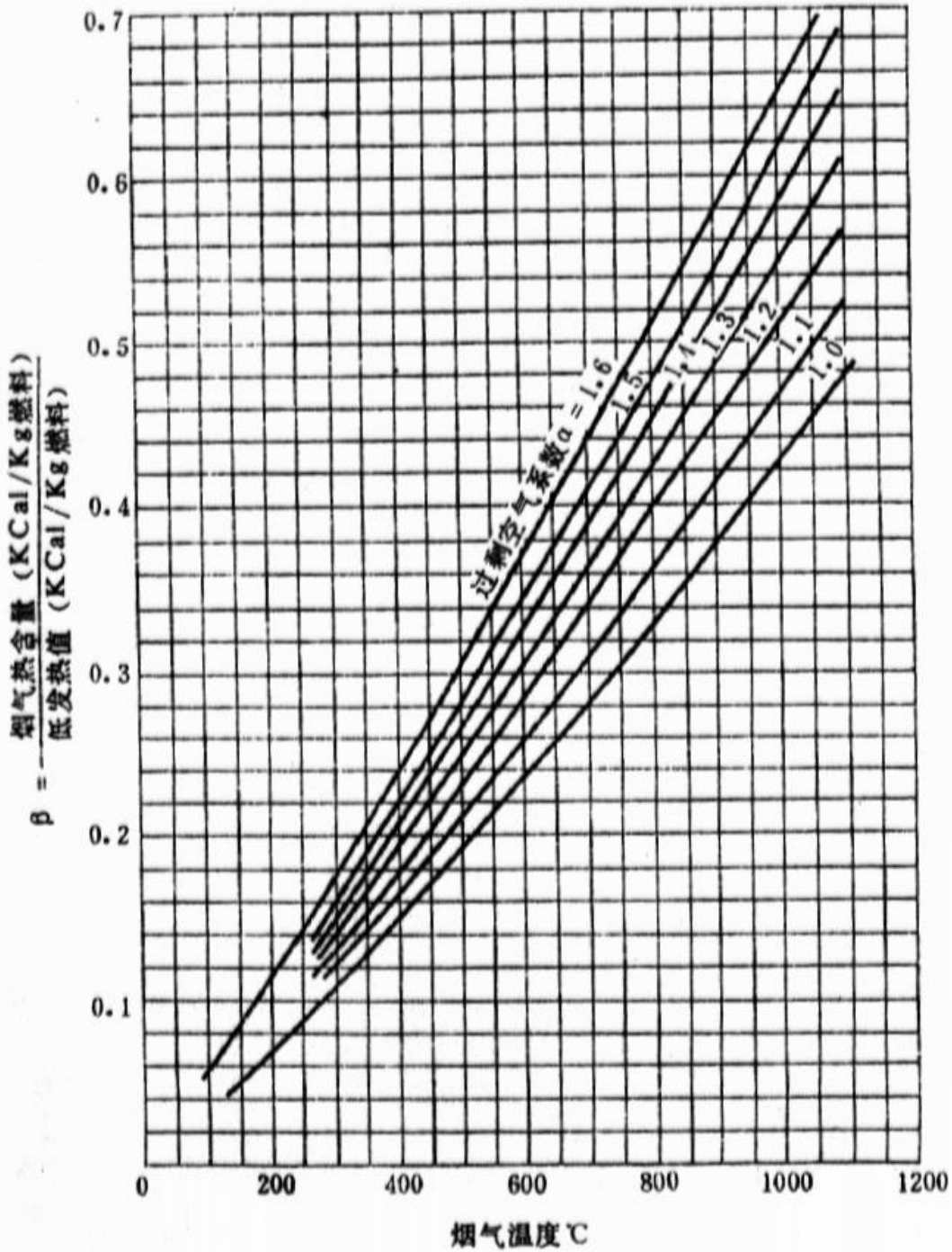
(五)、排出烟气所带走的热量:

$$Q_5 = \beta \cdot 9800B$$

式中

烟气热含量的百分比值, 值的计算图见附图 7-1;

$$\beta = \frac{\text{烟气热含量}}{\text{燃料油低发热量}}$$



烟气温度
附图 7-1 烟气热含量百分比图

(六)、燃料由于机械不完全燃烧产生的热损失:

$$Q_6 = K \cdot B \cdot Q_L$$

式中 K

热损失系数,取 0.02;

Q_L

燃料油应用基低发热量,该值取 9800kcal/kg 油。

由此可得:

$$Q_6 = 0.02 \times 9800B = 196B, \text{ kcal/h.}$$

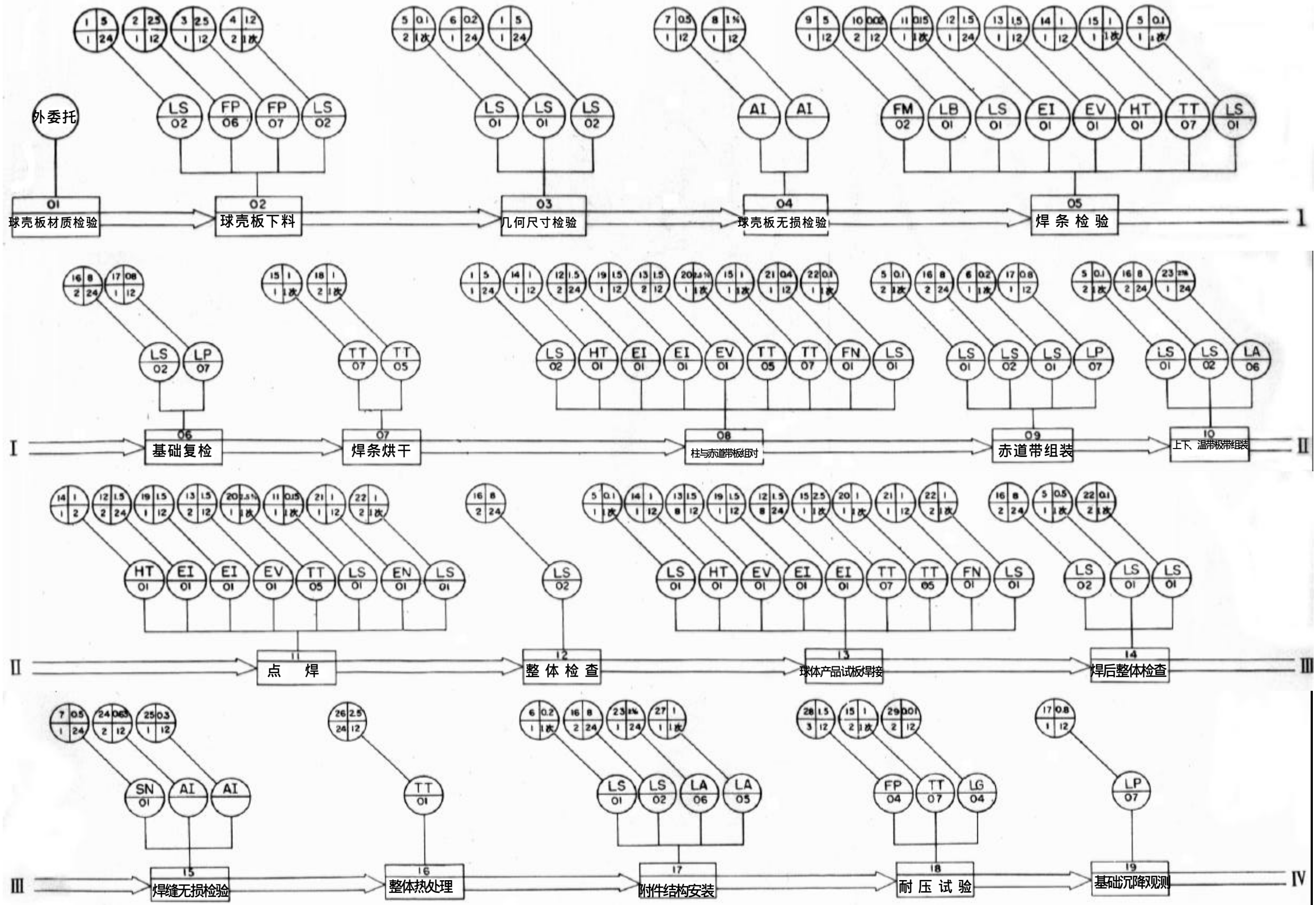
热处理每小时总的燃料油需要量为:

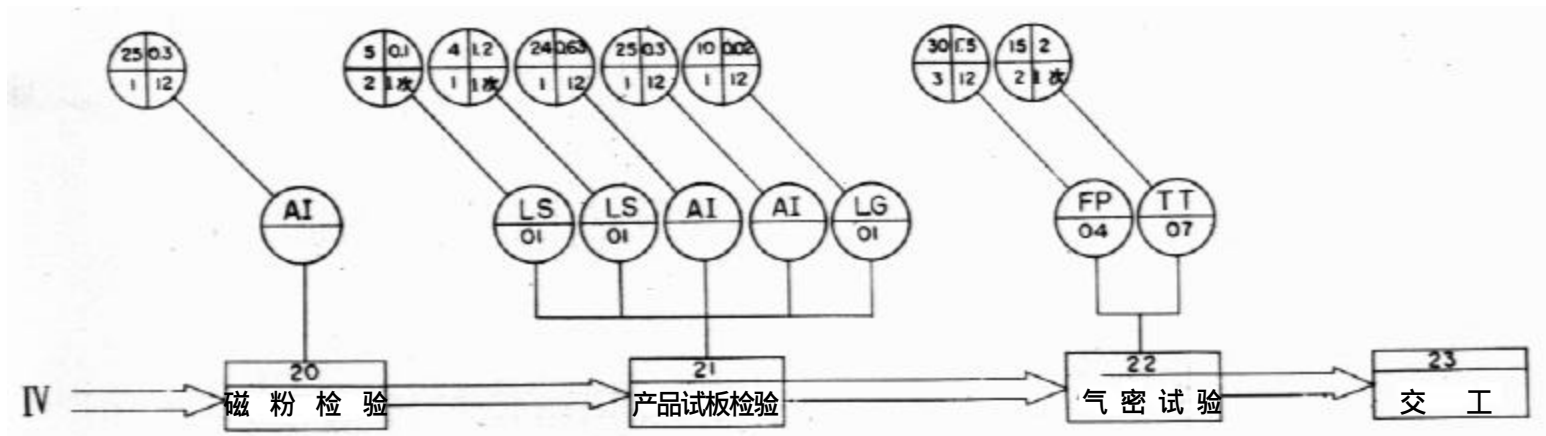
$$\frac{Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6}{Q_L} = B$$

B 每小时总的燃料油需要量,kg/h。

由于热以各种方式传递,球罐并非是一个理想的空心球,因此,热工计算只能提供一个大概的数字,供参考使用。

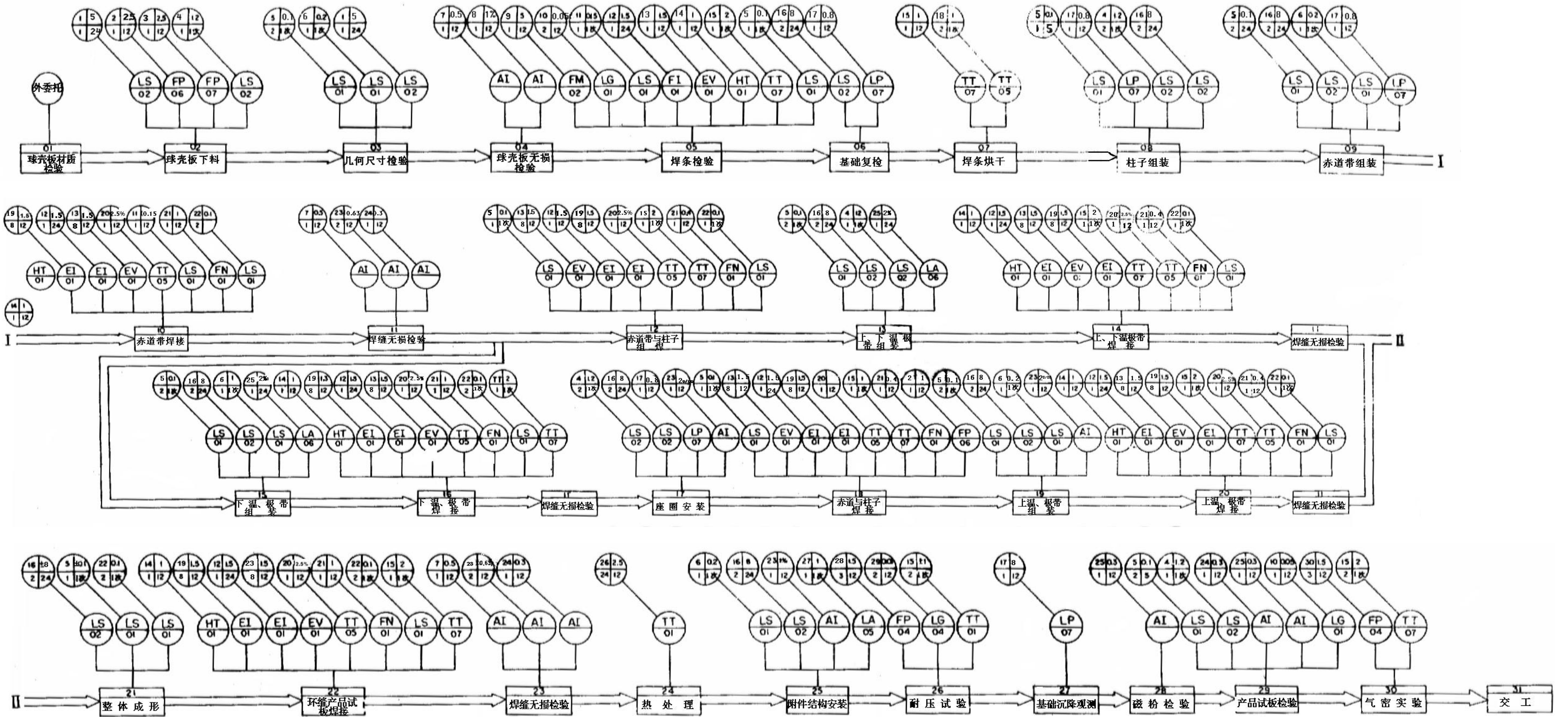
附录八 分片组焊法施工计量网络图










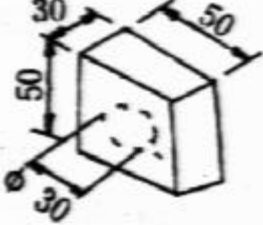

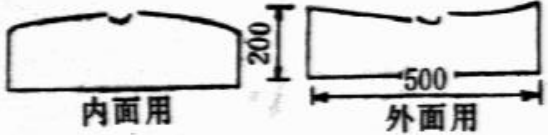
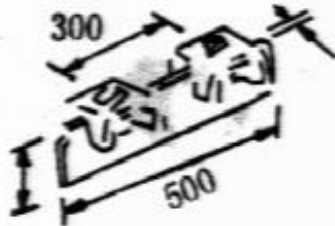

30	压力表	22	0~4MPa	1.5级	3		11	钢板尺	05	0~500mm	0.15mm	2		
29	百分表	18	0~10mm	0.01mm	2		10	游标卡尺	05、21	0~300mm	± 0.02mm	2		
28	压力表	18	0~6MPa	1.5级	3		9	台称	05	5Kg	± 5g	1		
27	角尺	17	600mm	± 1mm	1		8	超声波测厚仪	04	SCH-2	± 1%	1	板厚	
26	热电偶	16	800	± 2	24		7	超声波探伤仪	04、15	CTS-22	± 0.5mm	1		
25	磁粉探伤机	15、19、21	DCE	0.3	1		6	钢板尺	03、09、17	1000mm	± 0.2mm	2		
24	X光机	15、21	EG-300KW	0.63	2		5	钢板尺	03、05、09、10、13、14、21	150mm	± 0.1mm	6		
23	水平尺	10、17	600mm	2‰	2		4	钢卷尺	02	2m	± 1.2mm	2		
22	焊缝机	18、11、13、14	0~6mm	± 0.1	2		3	乙炔	02	0~25MPa	2.5级	1		
21	风速表	08、11、13	DEM6型	0.4m/s	1		2	氧气表	02	0~15MPa	2.5级	1		
20	测温计	08、11、13	300	2.5%	2		1	钢卷尺	02、03、08	10m	± 5mm	2		
19	电流表	08、11、13	500A	1.5级	8		序号	计量器具名称	配备位置	规格型号	准确度	数量	备注	
18	温度计	07	600	± 1	1		批准			图样代号				
17	水准仪	06、09、19	TS ₃	± 0.8mm	1		计量			计量检测率				
16	钢卷尺	06、09、10、12、14、17	30mm	± 8mm	2		主管		分片组焊法施工 计量网络图	应配备数	已配备数	配备率		
15	干湿温度计	05、07、08、10、13、18、22	-7~100	± 1	2		审核							
14	秒表	05、08、11、13	15min	± 1s	2		设计							
13	电压表	05、08、11、13	100V	1.5级	8		描图							
12	钳式电流表	05、08、11、13	0~600A	1.5级	2		日期		公司	共	张	第	张	

附录九 环带组焊法施工计量网络图



30	压力表	30	0~4MPa	1.5级	3	
29	百分表	26	0~10mm	0.01mm	2	
28	压力表	26	0~6MPa	1.5级	3	
27	角尺	25	600mm	± 1mm	1	
26	热电偶	26	800	± 2	24	
25	水平尺	13、15、28、29	600mm	2‰	4	
24	磁粉探伤机	16、23、29	DCE	0.3	1	
23	X光机	11、17、23、25	EG-300KW	0.63	2	
22	焊缝机	10、12、14、16、18、20、21、22	0~6mm	0.1mm	4	
21	风速表	10、12、14、16、18、20、22	DEM6型	0.4m/s	1	
20	测温计	10、12、14、16、18、20、22	300	2.5%	2	
19	电流表	10、12、14、16、18、20、22	500A	1.5级	8	
18	温度计	07	600	± 1	1	
17	水准仪	06、08、09、17、27	TS ₃	± 0.8mm	2	
16	钢卷尺	06、08、09、13、15、17、21、25	30m	± 8mm	2	
15	干温度计	05、07、12、14、16、18、20、22、26、30	-7~100	± 1	2	
14	秒表	05、10、14、16、20、22	15min	± 1s	2	
13	电压表	05、10、12、14、16、18、20、22	100V	1.5级	8	
12	钳式电流表	05、10、12、14、16、18、20、22	0~600A	1.5级	2	
11	钢板尺	05、10	500mm	0.15mm	4	
10	游标卡尺	05、29	0~300mm	0.05mm	2	
9	台称	05	5kg	± 5g	1	
8	超声波测厚仪	04	SCH-2	± 1%	1	板厚
7	超声波探伤仪	04、11、23	CTS-22	± 0.5mm		
6	钢板尺	03、09、13、15、19、25	1000mm	± 0.2mm	2	
5	钢板尺	03、05、08、09、12、13、15、18、19、21、29	150mm	± 0.1mm	8	
4	钢卷尺	02、08、17、29	2m	± 1.2mm	4	
3	乙炔表	02	0~2.5MPa	2.5级	1	
2	氧气表	02	0~15MPa	2.5级	1	
1	钢卷尺	02、18	10m	± 5mm	2	
序号	计量器具名称	配备位置	规格型号	准确度	数量	备注
批准		环带组焊法施工 计量网络图	图样代号	15		
计量主管			计量检测率			
审核			应配备数	已配备数	配备率	
设计			99	99	100%	
描图			公司	共 张	第 张	
日期						

附录十 组装卡具参考图

名称	简图
三角形脚手架	
三角形脚手架用栏杆	
三角形脚手架挂勾板	
锥销	
方楔	
方帽	
爬梯元件	
反变形板(内/外)	
键板	
垫板	<p style="text-align: center;">厚度规格(mm) 3.2,4.6,8.9,12,16,20,25</p> 

附录十一 用词说明

本标准条文中要求严格程度的用词,在执行时按下述说明区别对待:

(一)表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

(二)表示严格,在正常情况下应这样做的用词:

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(三)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

本标准主编单位、参加编制单位和主要起草人名单

主编单位:中国石油化工总公司第十化工建设公司

参编单位:中国石油化工总公司第二化工建设公司

主要起草人:崔清忠、赵勤学