

No. 98-29

项目全称 北京化工四厂 1000m³


丙烯球罐现场组焊

工程

施工方案（措施）

会 签：

安质部门

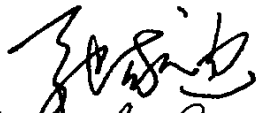
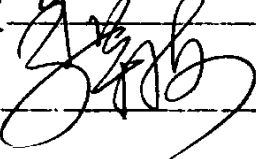


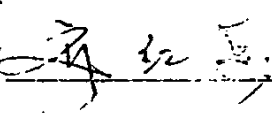
批准

审定

审核

编制



施工单位



中国化学工程第三建设公司

____年____月____日

北京化工四厂 1000M³丙烯球罐现场组焊工程 施 工 方 案（措施）

1. 概述

本施工方案以创优质工程为主导思想，力争技术进步、经济合理，确保安全、工期，让用户满意，创出新信誉。

1.1 工程概况

1.1.1 建设单位：北京市化工四厂

1.1.2 设计单位：大连化工设计院

1.1.3 施工单位：中化学工程第三建设公司

1.1.4 制造压片单位：金州石油化工机器厂

1.1.5 工程编号：

1.1.6 施工图号：

1.1.7 工程地点：北京市化工四厂丁辛醇工程装置内

1.1.8 主要技术参数：

1.1.8.1 设备名称：丙烯球形贮罐

1.1.8.2 设备位号：V—15911B V—159D

1.1.8.3 公称容积：1000m³

1.1.8.4 容器类别：III

1.1.8.5 工作压力：1.84MPa

1.1.8.6 设计压力：2.16MPa

1.1.8.7 工作温度：40.6℃

1.1.8.8 设计温度：-11~50℃

1.1.8.9 腐蚀裕度：2.5mm

1.1.8.10 焊缝系数：1mm

1.1.8.11 壳体材质：16MnR

1.1.8.12 设计厚度：48mm

1.1.8.13 设备自重（每台）：204760Kg（包括钢结构）

1.1.8.14 设计内径：12300mm

1.1.8.15 分瓣形式：混合型

1.1.8.16 分带数： 3 带

1.1.9 工程特点

1.1.9.1 施工期主要在 5、6、7 月份，在原罐区内进行球罐组焊，生产与施工同时进行，

场地狭小，防火要求高。

1.1.9.2 球壳板厚度较厚，焊接及热处理难度大。

1.1.9.3 施工周期短，资源投入增大。

1.2 主要执行技术文件

1.2.1 工程合同

1.2.2 施工图

1.2.3 《钢制压力容器》GB150—89

1.2.4 《压力容器安全技术监察规程》

1.2.5 《钢制球形贮罐》GB12337—90

1.2.6 《球形贮罐施工及验收规范》GBJ94—86

1.2.7 《压力容器无损检测》JB4730—94

1.2.8 《球形贮罐质量等级评定及检查细则》HG / ZQ1.7—87

1.2.9 《化三建球罐工程质量保证手册》Q / HSA11—93

1.2.10 《现场管理标准》化三建 Q / SG27—92

1.2.11 《炼油化工施工安全规程》HGJ233—87

2. 球罐安装方法与程序

施工方法：采用以赤道带为基准的单片散装法。此法组装质量过关、应力小，操作简单、熟练。对于混合式球来说，为防止焊后变形必须一次性将 34 块球板组装完毕。组装质量检查合格后，采用手工电弧焊进行焊接。焊接经检验合格后，再采用燃油法内燃式整体热处理消除焊接应力，最后用水压试验检验球罐强度，用气密试验检验球罐的致密性。

施工程序（详见施工程序图）

施工准备 → 基础验收 → 球片及附件验收 → 组装 → 焊接 → 检验 → 热处理 → 水压试验 → 气密性试验 → 交工验收

3. 开工前的准备工作

3.1 向北京市劳动局锅炉处及市锅检所提出书面材料，申请监检。

3.2 设计单位向建设单位、施工单位进行设计技术交底。

3.3 图纸会审、方案审核，并做好图纸会审、方案审核记录。

3.4 落实机索具配套及完好率，设置采购计量器具并按要求进行检验。

3.5 按设计要求采购焊条复验、入库。

3.6 焊工资格和无损检测人员资格的确认，焊接工艺评定的确认。

3.7 安装卡具的准备：要求准备好足够的龙门卡、楔子、眼睛板、锁口板。眼睛板、锁口板的材质必须同球壳板相同。

3.8 解决好进点施工人员的住宿、就餐等问题，并对全体施工保同进行安全教育、技术交底等工作。

3.9 检查几何尺寸样板的制备：

3.9.1 弦长 2m 的内弧样板 2 只。

3.9.2 弦长 1m 的内、外弧样板各 2 只。

3.9.3 弦长 300mm，的内、外弧样板 2 只，样板材料为镀锌铁皮，厚度为 1mm。

3.9.4 测量焊缝错边量、角变形量具 1 只。

3.10 半成品验收：

3.10.1 对照图纸认真审检制造厂的出厂质量证明书。

3.10.1.1 审检材质证明书及受压元件材料复验报告。

3.10.1.2 审检钢板超声复验报告、球板周边超声探伤报告锻件探伤报告、坡口着色报告、焊缝拍片、磁粉探伤报告等。

3.10.1.3 球壳成形试板试验报告。

3.10.1.4 设计修改及材料代用手续。

3.10.2 对照制造厂竣工图、清单、核察来件数量。

3.10.3 对球片表面及坡口表面进行宏观检查，检查以 GBJ94—86 有磁规定为标准。

3.10.4 对产品试板，核对质量证明书是不与球片同材质、同厚度、同批号。

3.10.5 对每块球壳板进行几何尺寸检查（见表 1）

项 目	允许偏差	检查比例	检 查 方 法
坡口角度	$\pm 2^{\circ} 30'$	100%	用焊缝检测器
坡口深度	$\pm 1.5\text{mm}$	100%	用焊缝检测器
坡口钝边	$\pm 1.5\text{mm}$	100%	用焊缝检测器
弦长长度方向	$\pm 2.5\text{mm}$	100%	用钢盘尺和包角卡具
弦长宽度方向	$\pm 2\text{mm}$	100%	用钢盘尺和包角卡具
弦长对角线	$\pm 3\text{mm}$	100%	用钢盘尺和包角卡具
对角线交叉距离	$\leq 5\text{mm}$	100%	用钢盘尺和包角卡具
球板曲率	$\leq 3\text{mm}$	100%	用弧长 2m 样板检查

3.10.6 球壳板复验：

对球壳板 20% 进行测厚复验，赤道带，带支柱 2 块，不带支柱 2 块；上下温带各 1

块，极板、中板、侧板各 1 块。每块板中间及四角测 5 个点，实测厚度不得小于设计厚度扣除钢板负偏差与加工成满量之和。对球壳板进行 20% 超声波复验，复验板片与测厚同，执行标准 ZBJ4003—88，等级 III 级合格。

3.10.7 支柱全长的直线度小于 8mm，支柱与支柱底板垂直度不应超过 2mm，其它附件必须符合设计要求。

3.11 基础验收

对照土建基础施工记录，用水准仪、钢盘尺、粉线等工具对基础进行认真的复核（见表 2）

序号	项 目	允许偏差
1	基础中心圆直径	±6.12mm
2	基础方位	1°
3	相邻支柱基础中心距	±2mm
4	地脚螺栓中心与基础中心间距	±2mm
5	相邻基础标高差	≤4mm
6	单个支柱基础上表面的平面度	2mm
7	各支柱基础上表面柱高	12.2mm

4. 计划进度及现场平面布置

4.1 计划进度

两台球罐安装计划进度见北京化四丁辛醇工程两台 1000M³球罐施工网络计划。

4.2 施工现场平面布置

根据公司现场标准化管理及球罐的施工程序，同时考察到安全及现场文明施工减少材料半成品的二次倒运，现场平面布置图附后。

4.2.1 施工道路

由于球罐安装吊车要进入罐区，所以在两台新建球罐中间位置阻火墙打一个 8m 的缺口，并在对应处绿化带上修一个临时吊车通行道路，路面应铺设碎石道路且承压能力 10t/m³。连接罐区与交通道路，以便 50 吨吊车进入罐区。

4.2.2 施工用电

根据用电设备配制，现场电源容量不小于 1200 千瓦，且二次电源应接至球罐附近。

4.2.3 施工用水

考虑到施工用水、消防用水、生活用水，现场水源应接临时水管，水管规格为 Φ60×5，水压为 0.3~0.4MPa，具体布置见平面布置图，水质要求为工业洁净水。

试压用水拟取自消火栓。

4.2.4 施工平台

在现场铺设一个规格为 20m×15m 的钢平台，钢板厚度 16~20mm。

4.2.5 半成品堆放

半成品尽可能堆放于基础四周，但因场的狭小必须占用一部份绿化带，应堆整齐，以不影响道路畅通及施工方便为原则。

4.2.6 其它临设

现场设办公室二间，班组休息室四间，工具库二间，焊条库二间，电焊机棚二个 2m×14m，值班室二间。

4.2.7 施工用水排放点

根据现场实际情况与甲方协商确定。

5. 组装及其检查

组装采用以赤道带为基准，利用拉杆稳定支柱，单片散装，利用工卡具调整球壳板对口间隙、错边量及角变形，以达到设计要求的几何尺寸。

5.1 基础处理与垫铁安装

基础垫铁位置凿出深 5mm 平槽，非垫铁位置凿出麻面。垫铁为四组，每组不超过三块，每块垫铁尺寸不小于 100mm×200mm。每组垫铁高度不应小于 25mm，垫铁接触应紧密，找正完毕后，点焊固定，并用高于基础一个标号的细石砼进行二次灌浆。基础上的地脚螺栓，安装支柱后，应露出螺母 2~3 扣。

5.2 支柱现场组焊

在平台上，找好水平点，将带上段支柱的赤道带板放在水平点上，下段支柱放在临时支架上，找好直线度及垂直度后，进行点焊固定，然后由两名焊工对称焊接，焊接工艺同球罐主体焊接相同，焊后进行着色探伤检查，并必须保证垂直度及直线度在允许范围之内。

5.3 赤道带组装

5.3.1 先在基础上找出赤道安装位置线，利用 50 吨液压汽车吊车吊装第一块带支柱的赤道板，利用拉杆进行找正，然后吊装第二块带支柱的赤道板，调正好两板间尺寸后，拉好两支柱间拉杆，并调整好松紧度，安装没有支柱的中间赤道板，并用龙门卡具进行相邻球片连接。其对口间隙和错边量可用卡具上加楔子调整并初步检查调整赤道带中心圆直径、垂直度、水平度，使其达到规范的要求。

5.4 下边极板组装

将下边极板壳板依次吊装就位，下边极板壳板之间及上下口与赤道带间用龙门卡连接，下口用钢丝绳、松紧螺母连接。用楔子以及调节拉杆来调整下边极板之间及赤道带

间的的组对间隙、错边量，使下边极板装达到要求。

5.5 上边极板组装

以赤道为基准，将上边极板壳板依次吊装就位，下口搭在赤道带上。用龙门卡将球壳板之间及与赤道带间连接起来，上口用撑杆予以固定。用楔子调整板片间以与赤道带板间组对间隙、错边量，使其达到要求。

5.6 上下极板组装

在球罐主全拼装完毕后，将上下极板在地面组对成型然后吊装就位，用龙门卡将其连接，用楔子调整组对间隙、错边量，并点焊定位。

5.7 点焊定位及极板的地面拼装

赤道带、上下温带组装完后，进行二次找正。对口间隙及错边量，顺序是先赤道带纵缝，其次是下温带纵缝，后是上温带纵缝，最后是上下环形缝，找正后点焊定位。点焊焊接工艺同球体相同，定位焊和蔗 80~100mm，其引弧和熄弧点都在坡口内。焊肉厚度大于 10mm，间距 200mm 左右，点焊应在内坡口进行，T 型焊缝、Y 型焊缝必须全封焊，长度 150mm。极板地面拼装工艺同上，拼装后用样板严格检查，再行定位焊。

5.8 脚手架及焊接防护棚搭设

在球罐四周搭设双排钢脚手架，罐内搭设满堂脚手架，脚手架上下间距不大于 1.3m。脚手架上绑扎双排跳板，跳板间互相搭头 300mm 在横杆上，并用铁丝扎牢，不得铺设探头跳板。双排脚手架中间搭设斜马道。

脚手架四周用白铁皮或石棉瓦，从上至下围起来，相线之间一定要铁丝连接牢固，以免脱落砸伤人。球罐顶部搭设防火蓬布。

5.9 附件安装

5.9.1 所有与罐体连接的附件焊接与罐体焊接工艺相同。与壳体焊接的垫板与支柱上的托板均应在下部留通气孔。

5.9.2 拉杆安装松紧合适，且必须保证支柱垂直度。

5.9.3 安全阀、液压计等必须校验合格后安装。

5.9.4 梯子平台、喷淋管等按有关规范进行施工，喷淋管用无缝钢管镀锌后煨弯，焊口涂银粉漆。

5.10 组装质量检验标准（见表 3）

序号	项 目	允许偏差
1	对接焊缝对间隙 3mm	±2mm
2	错边量	≤3mm
3	角变形（用弦长≥1m 样板检查）	≤7mm

4	内径	$\pm 25\text{mm}$
5	椭圆度	$\leq 80\text{mm}$
6	任意相邻两焊缝间距	$> 100\text{mm}$
7	支柱垂直度	$\leq 12\text{mm}$

6. 焊接及其检查

6.1 焊接管理

6.1.1 焊工：焊工必须是持有劳动部门签发的具有相应钢种和项目，并在有效期内的压力容器焊接资格的焊工。

6.1.2 焊接环境：在施焊区域内，距施焊点 0.5~1.0m 范围内其环境湿度不得高于 90%，环境温度在 -5°C 以上，风速不大于 $8\text{m} / \text{sec}$ 。

6.1.3 焊条的管理：焊条必须有质量合格证明书，并对其进行含氢量等复验合格后方能使用。现场设专职焊条保管员，负责对焊条的验收、保管、烘烤、发放、回收以及负责控制焊条库及施焊现场的温湿度，并每天做好各种记录。

焊条库内备有去湿、干燥设备和温湿度测量仪器，保证库内相对湿度不高于 60%，每个焊工均配性能良好的焊条保温筒。E5016 焊条，使用前要经 $350^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ 烘烤，恒温 1 小时，然后放在 150°C 恒温筒内存放时间不超过 4 小时。超过后应重新烘烤后方可使用。但焊条烘烤不得超过两次。第二次烘烤的焊条要做好标记，由一人使用并一次使用完。

6.2 焊接工艺

6.2.1 焊接方法：手工电弧焊直流反接。

6.2.2 焊接材料：E5016、 $\Phi 3.2\text{mm}$ 、 $\Phi 4\text{mm}$ 两种规格焊条。

6.2.3 焊机：直流焊机，12 千瓦并配备电流电压表，焊机位置尽量靠近球罐。

6.2.4 焊接工艺参数：见焊接工艺规程。

6.2.5 焊接顺序及程序：见焊接顺序及焊缝成形图。

6.2.6 焊接要点：

6.2.6.1 必须严格执行施工方案及工艺规程。

6.2.6.2 凡在球壳上直接焊接的焊缝均与主体焊缝的焊接要求相同。

6.2.6.3 引弧：引弧必须在坡口内进行，采用回焊法。严防球壳表面电弧擦伤。

6.2.6.4 运行：心量短弧，打底焊直线运条，填充要中间稍快，两边稍慢。

6.2.6.5 接头：每层接头要错开。

6.2.6.6 收弧：收弧要饱满，纵缝两头焊缝应延伸出环缝外。

6.2.6.7 丁字接头：焊环缝前先仔细处理好纵缝端头。

6.2.6.8 由于单条焊缝较长，施焊可采用分两段施焊。

6.2.7 清根、打磨

清根采用碳弧气刨，用 26 千瓦直流焊机反接电源。碳刨后的坡口要比较整齐，切忌弯曲及深浅不一。清根后的焊缝坡口用风动砂轮打磨光滑，磨除渗碳层，并进行渗透探伤，合格后方可焊接。

6.2.8 焊口施焊前，对坡口及边缘清除氧化皮、油污、铁锈。

6.3 修补

球罐修补焊接应执行与该处相同位置的焊接工艺规程。

6.3.1 球壳表面缺陷修补

球罐表面的工卡具、焊迹上的裂纹、刮伤和电弧擦伤等其表面缺陷应用砂轮修磨。修磨后实际板厚应大于最小设计厚度（否则就要补焊）。每处修磨表面要光滑，表面需焊接修补时，修补范围在 50mm 以内。补焊后必须重新进行表面探伤。修补深度大于 3mm 时要做 RT 探伤。

6.3.2 焊缝内部缺陷返修

经无损探伤（RT、UT）需返修部位，探伤人员应将缺陷性质及集团绘制在返修通知单上，并协同电焊工、检查员、技术人员确定现场位置和具体的返修方法。

返修方法：一般采用碳弧气刨清除缺陷，用风动砂轮修磨刨槽磨除渗碳层。缺陷清除深度应在钢板厚的 2/3 以内，若仍未清除缺陷，应先补焊好这一面后，再在其背面清除。每处补焊长度均应在 50mm 以上。

返修应由有经验的焊工进行，同一部位返修不得超过两次。若有二次返修，必须向技术总负责人报告，制定出有效的技术措施后再施焊。缺陷清除补焊后，重新做相应的无损检测。

6.4 焊后检查

6.4.1 外观检查

6.4.1.1 焊缝及热影响区表面不应裂纹、气孔、夹渣、凹坑、未焊满等缺陷。

6.4.1.2 焊缝咬边可用打磨进行圆滑过渡。打磨深度超过最小设计厚度时应进行补焊。

6.4.1.3 焊缝宽度应比坡口每边增宽 1~2mm，角焊缝应等符合设计要求。

6.4.1.4 对接焊缝余高内侧焊缝 $\leq 1.5\text{mm}$ ，外侧焊缝 $\leq 2\text{mm}$ 。

6.4.2 几何尺寸检查：

序号	检查项目	允 差	检查工具
1	错边量	$\leq 3\text{mm}$	用样板检查
2	角变形	$\leq 10\text{mm}$	用弦长 $\geq 1\text{m}$ 样板检查
3	椭圆度	80mm	钢盘尺检查

4	支柱垂直度	$\leq 12\text{mm}$	细钢丝、钢直尺、线坠
5	连接板安装位置	$\leq 10\text{mm}$ 且离开焊缝 150mm 以上	粉线、盘尺
6	接管方位	$\leq 5\text{mm}$ 0.5°	粉线、盘尺

6.4.3 无损检测

序号	检查方法	任务要求	检查工具
1	RT	100% II 级合格	JB4730—94 焊后 24 小时
2	UT	$\geq 20\%$ I 级合格 包括所有丁字焊缝	JB4730—94
3	MT	热处理前 100% 水压后 100%	JB4730—94

6.5 球罐的预热和后热

6.5.1 球壳的对接焊缝，焊前进行预热，预热的温度为 $125\sim 175^\circ\text{C}$ ，焊后须立即进行后热消氢处理，后热温度为 $200\sim 250^\circ\text{C}$ ，保温时间为 $0.5\sim 1\text{h}$ ，预热后热采用电加热法。

6.5.2 在球壳上焊接吊耳、工卡具及垫板等，其预热和后热同上。局部预热可采用火焰法加热。

6.6 产品试板

6.6.1 每台球罐产品试板需横焊、立焊、平仰焊各一付。规格为 $300\times 650\text{mm}$ 。

6.6.2 产品试板要求与球体同材质、同钢号、同厚度。在同条件、同环境、同焊接工艺下施焊，作同等无损检测，并与球体一起热处理。

6.6.3 产品试板按《GB150—89》有关要求加工进行加工试验。

7. 燃油法内热式球罐整体热处理

7.1 热处理目的

消除球罐组装与焊接的残余应力及变形，稳定球罐几何尺寸改善焊缝及热影响区的组织，使淬火组织得以软化，残余弹性变形变为塑性变形，进一步释放焊缝中的有害气体，减少产生应力腐蚀的条件。

7.2 热处理的方法与工艺

7.2.1 热处理方法

采用由燃油法进行球罐整体热处理。

7.2.2 热处理工艺（见后附工艺曲线图）

热处理温度： $625\pm 25^\circ\text{C}$

恒温时间：2 小时
升温速度：20~80℃/h
降温速度：20~50℃/h
恒温时最大温差：50℃
升温时最大温差：130℃
降温时最大温差：130℃
升温时~300℃之间可不计升温速度
降温时 300℃以下可随空气自然冷却

7.3 流程与装置

7.3.1 流程：见工艺流程图。

7.3.2 装置：装置包括加热、供油、供气、供风、排烟、保温、测量、支柱移动等 8 个系统。

(1) 加热系统：

加热系统由油喷嘴、液化气燃烧器、点火器及内外套筒组成。

油喷嘴：它是热处理的核心设备，它安装在下人孔处。

液化气燃烧器：采用 1000m³球罐专用燃烧器，安装在下人孔处，其作用是着重加热下人孔附近球以减少温差。它又是环形点火器，保证雾化油连续、均匀、稳定燃烧。

(2) 供油系统：

供油系统由贮油槽（容量 4 吨）二台，ZCY—1.1/14.5 齿轮油泵二台，一台备用。调节计量由玻璃转子流量计完成。其它尚有控制阀组、压力表等。油泵出口设有回流管，流量计没有旁路管，进油过滤采用在贮槽出口加滤网法，二台罐需 0# 柴油 8 吨。

(3) 供气系统：

液化气燃烧器及点火器均用液化气为原料，每台罐需耗用液化气 3 吨，液化气直接从液化气瓶组或从液化气槽车出来后，经过缓冲罐经减压至 0.05~0.3MPa，再通过分气包分配，调节阀调节后，送经燃烧器和点火器。燃烧器的风压控制在 0.2~0.5MPa 之间。

(4) 供风系统：

供风系统设有空压机、缓冲罐、分气包、玻璃转子流量计、调节阀、压力表等。空压机选用两台 7Kg / cm² / 9m³ / 分，其中一台为电动，一台为柴油机驱动。正常时用电动，另一台为备用。缓冲罐及分气包上应配置压力表，流量计应设旁通回路。

(5) 排烟系统：

排烟系统由烟囱、手控蝶阀以及伞帽组成。烟囱的规格 $\Phi 500 \times 300 \times 4$ 无缝管自制而成。手控蝶阀在热处理过程中应随时调节其开启角度，以满足升温、恒温、降温各阶段的工艺要求。

(6) 保温系统:

保温系统由保温材料、镀锌铁丝网、纵向拉条、保温钉及圆钢箍组成。保温材料采用内层 40mm 砖酸铝陶纤维绵容重为 80Kg/m^3 ，此种材料耐温 800°C 以上。外层用无碱超细玻璃棉，能耐温 600°C 以上，保温层的制作与安装见球罐保温安装图。

保温材料应保持干燥不得受潮，保温层应紧贴球壳表面，局部间隙不得大于 20mm，接缝应严密，在热处理过程中保温层不得松动脱落。球罐上的人孔、接管、连接板均应进行保温，从支柱与球壳连接焊缝的下端算起，向下至 1m 长度范围内的支柱应保温。

(7) 测量系统:

测量系统设有长图记录仪、热电偶、补偿导线、便携式表面温度测量仪以及交流稳压器。

测温点的布置：测温点 22 点，上下板人孔附近各一个，上下温带各均匀布设 5 个。赤道带均匀布设 10 个（其中 2 个设在产品试板上）。

长图记录仪、热电偶、补偿导线应相匹配，记录仪、热电偶在使用前应校验，精度应达到记录基本误差 $\pm 1\%$ ，记录仪选用台，一台备用。在记录仪记录的同时尚需进行手工记录，交流稳压器的使用是为了防止电源电压波动对读数造成的影响，便携式表面温度测量仪，则用于保温层外表面的温度监测。

热电偶的安装采用球片上点焊 M18 开槽螺母。用螺栓压紧的方法。连接热电偶的补偿导线应妥善固定，以防烧掉。热电偶形号为 RN—010，补偿层线的型车为 WRW—ZX，产品试板两块对称放置在赤道带外侧其下部用点焊角铁支撑，两侧与球壳点焊。间隙用铜削塞满。热电偶与产品试板与球壳连接的焊肉，热处理后用砂轮磨去。

(8) 支柱移动系统:

支柱移动系统由移动支架、千斤顶以及测距指针组成。

在热处理过程中，由于加热和冷却，球罐将产生膨胀和收缩，为了避免支柱与球罐连接部位产生过大的应力和变形，故要定时调整柱脚，以控制支柱始终处于垂直位置，具体做法是：每个支柱脚上架一只用 [14# 焊制成的可移动支架，用 15 吨千斤顶加热时将柱脚向外推，冷却时，定时定温向里推。在柱脚移动时，10 根柱脚要对称均匀移动。同时进行拉杆的松紧工作。根据经验最大膨胀为 106mm（按最高温度 625°C ），每个柱脚最大移动量约 53mm，故柱脚移动每升温 50°C 或降温 50°C 相对应向外或向内移动 4.3mm。移动 6 次检查一次支柱的垂直度。移动标记在基础上划线，柱脚点焊定位钢针。

7.4 热处理施工平面布置

在现场根据实际情况，具全布置会同甲方及经理部安全保卫部门等协商而定。

7.5 热处理前准备工作

7.5.1 组织质保体系人员、甲方、监检单位，对球罐的组装、焊接、检验以及施工资料

进行综合检查，确认已达到 GB150—89、GBJ94—86 及设计施工组织设计等要求。

7.5.2 热处理所需的一切设备安装就位，且调试合格。

7.5.3 热处理人员、机具、材料已具备。

7.5.4 热处理挡雨防风棚已搭设好，罐内清扫干净，跳板重新绑扎牢固，与球罐连接的刚性件已解除。

7.5.5 与有关单位联系，确保 48 小时内用电不中断，并掌握天气情况，确保 48 小时无雨和大风。

7.5.6 对热处理操作进行技术交底，落实安全消防措施。

7.6 操作方法与注意事项

7.6.1 点火：打开液化气瓶阀门和气包阀门，启动空压机，先开液化气燃烧器进风阀，再代开进气阀，用单头烤把点燃燃烧器，如两分钟内点不着，应关闭进气阀，吹扫后再重新点火。燃烧器点着后迅速调节至兰色火焰。紧接着就打开油喷嘴阀门送雾化气至热处理需要的最小风压（0.21MPa），接着送燃料点燃喷嘴。

7.6.2 升温：调节喷嘴的油阀和风阀，观察火焰为浅黄色比较理想，在壁温 300℃以内，升温速度不限，但由于罐壁在冷态下加热，如不适当控制升温速度，一则会出温差大，二则可能产生正压反喷。故火焰长度一般控制在 2m 左右。壁温升至 300℃时，可适当增加火焰长度。一般为罐壁内径的 1 / 3 左右，同时按热处理曲线要求，调节各温度区的风油比，将升温速度控制在 20~80℃/h 内。升温中重要的是根据以往的施工经验，根据现场的实际情况，灵活调节。

7.6.3 恒温：当温度进入 625±25℃时应注意仪表记录，观察最高温度点，将球体温度控制在恒温范围内。

7.6.4 降温：降温时可先将火熄灭，然后关闭烟囱和其它所有进气口，及时观察温度下降速度，若有超差趋势可点火或打开蝶阀。

7.6.5 操作注意事项：

7.6.5.1 点火时一定要先点燃单头烤把，再打开液化气阀，防止爆燃。

7.6.5.2 升温时先加风后加油，不能突然加大油量，否则容量出现正压反喷，正压反喷时只要燃烧器不被吹灭，应立即适当减少油量，当罐内形成稳定的燃烧气流时，反喷就会消灭。如液化气燃烧器被熄灭，要立即将油和气停止供应，用空气吹扫，然后重新点火。

7.6.5.3 降温时，要调小火焰，应先减油，后减风，熄火亦然。

7.7 施工组织及岗位细则

7.7.1 设总指挥及现场指挥各 1 人。

7.7.2 设安全检查、环境警卫执勤与消防执勤各 1 人。

7.7.3 设如下工艺操作岗位：

操作岗位 2 人；供油液化气岗位 1 人；供风系统岗位 4 人；测温电力岗位 2 人；柱脚移动岗位 5 人；其它岗位 2 人。

7.7.4 岗位细则：

安全检查：热处理前负责检查落实好安全检查，同有关部门联系确认无安全隐患后，通知现场指挥点火。热处理中每半小时巡回检查油、液化气、电及球罐四周等情况。发现危险因素立即处理或报告指挥。

操作岗：检查各系统是否符合操作要求及安全规定，负责操作并做好各参数记录，负责开关各控制阀门，保证工艺曲线的正确性。

供油、气岗：保证油、气连续供应。

供风岗位：经常检查空压机等设备使其运转理想，保证在异常情况下及时投入备用设备。

测温电力岗：保证所有电器、仪表设备、热电偶、导线及照明等正常工作，并负责落实好电器安全措施，按规定做好温度记录，分析保温效果，对保温不良提出修整。

柱脚移动岗：负责排除柱脚移动障碍，及时调整柱脚移位和栏杆的松紧。保证支柱垂直度，并做好移动记录。同时负责保温检查及填补保温层开关烟囱蝶阀等。

7.8 安全防范措施：

7.8.1 热处理时按平面布置图设置警戒区，并有专人安全监护，非热处理人员不得进入警戒区内。

7.8.2 负责液化气、电、油操作人员，必须严格执行有关安全操作规程，精心护理与操作，严防火、爆、触电。

7.8.3 上罐必须戴安全帽、安全带。

7.8.4 所有木跳板、电线等易燃物必须离开保温层外 400mm 以上。

7.8.5 各层平台、跳板上应设手提式干粉灭火器，热处理过程中，义务消防人员始终值班，但严禁用水或泡沫灭火器。

7.8.6 各岗位人员要严格按照要求操作，无关人员不得进入罐底，防止正压反喷。

7.9 热处理效果评定：

7.9.1 热处理后产品试板按有关规定作机械性能试验，并在球罐上测量不少于二处的硬度值，在环缝和纵缝各选一处，每处三点。

7.9.2 热处理成功的依据是热处理曲线要符合设计和规范要求。

7.9.3 温度、柱脚移动记录齐全。

8. 水压试验和气密性试验

8.1 水压试验

8.1.1 试验介质：工业洁净水，水温大于 5℃。

8.1.2 试验压力：2.7MPa（表压）。

8.1.3 试验压力表：量程为 6MPa，精度 1.5 级，表面直径为 $\phi 150\text{mm}$ 数量为 2 块，试验时每台罐顶及底部各一块。试验压力读数以顶部压力表为准。压力表必须有合格证并在有效检验期内。

8.1.4 水压试验的准备工作：

8.1.4.1 球罐整体热处理结束，产品试板检验合格。

8.1.4.2 支柱找正固定。

8.1.4.3 基础二次灌浆达到强度要求。

8.1.4.4 为节约用水在两球之间装一联通管 DN150，用来倒水和倒气。

8.1.5 试验程序：

8.1.5.1 压力升至 1.35MPa 时，保持 15 分钟，然后对球罐所有焊缝及法兰口等进行检查，确认无泄漏后继续升压。

8.1.5.2 压力升至 2.43MPa 时，保持 15 分钟，作再次检查。

8.1.5.3 压力升至 2.7MPa 时，保持 30 分钟，然后将压力降至 2.16MPa 进行检查，以无泄漏为合格。

8.1.6 基础沉降观测：

球罐在充放水过程中，对基础进行沉降观测，并作好记录。沉降观测应在下列阶段进行。

8.1.6.1 充水前；

8.1.6.2 充水到 1 / 3 球罐本体高度；

8.1.6.3 充水到 2 / 3 球罐本体高度；

8.1.6.4 充满水 24 小时后；

8.1.6.5 放水后。

每个支柱上应按规定焊有永久性水平测定板。放水后，支柱基础不均匀沉降量不应大于 12.3mm，相邻支柱基础沉降差不应大于 2mm，如果超过上述要求应采取措施处理。

8.2 气密性试验

8.2.1 试验介质：干燥洁净的压缩空气，也可用氮气。

8.2.2 试验压力：2.2.7MPa。

8.2.3 试验用压力表要求同水压试验。

8.2.4 气密试验准备工作：

8.2.4.1 水压试验、磁粉或着色、封罐记录合格后进行。

8.2.4.2 各安全附件（包括安全阀）已安装调试完毕。

8.2.5 试验程序：

先用化四厂氮气升压至 0.6MPa，然后用高压气压机升压，第一台罐试压后，打开两罐间连通管阀门，使第二台罐升压至 1.1MPa，再用空压机升压。

压力升至 1.13MPa 时，保持 10 分钟，对球罐所有焊缝及联接部位进行涂肥皂水检查，确认无泄漏。

压力升至 2.27MPa 后，保持 10 分钟，对所有焊缝和连接部位进行涂肥皂水检查，以无泄漏为合格。

气密试验时，应随时注意环境温度的变化，监视压力表读数，防止发生超压。试压过程中不允许碰撞壳。

9. 质量保证措施

9.1 建立质量保证体系：

质保体系管理过程是一个系统过程，它对质量起保证和监督作用，质保体系内各责任师由具有长期球罐施工经验的技术人员和材料人员担任，按照公司质保手册，各责任师根据自己的职责范围严格控制和把关，并对监检单位认可的“停控点”、“监控点”、“检查点”进行重点控制，使质保体系在实际施工中正常运转。

9.2 对参加球罐施工的技术工人等进行技术再培训及有关规程规范的学习，提高技术和业务水平，树立质量第一的思想。

9.3 球罐施工中全面推行质量管理小组（QC）活动，通过 PDCA 循环，使球罐组装及焊接质量进一步提高。

9.4 严格实行“三工序”管理制度，各工序之间、各工种之间严格交接手续，工序交接由质检员检查，施工员进行组织。

9.5 在球罐施工中实行质量否决权，凡不按技术人员、质检人员交底或不按施工方案和规范规程施工的班组和个人，技术和质检人员有权停止其工作，并视情节和后果给予适当处罚。

9.6 实行奖金与质量挂钩制度，如：焊工焊接一次合格率要求在 95%以上，低于此限将处以罚款，低于 90%便停止其继续上罐焊接。若高于 95%，奖励一定的质量奖，并作晋级的重要条件。

9.7 所用的电流表、电压表、压力表、测量仪器、计量仪表器具等必须经校验并在有效期内方可能使用。

10. 安全技术措施

- 10.1 参加球罐施工的所有管理人员和工人必须认真学习和严格执行《炼油、化工施工安全规程》HGJ233—87。
- 10.2 施工现场设专职安全员进行安全监督和安全检查。
- 10.3 必须严格执行本公司及甲方的有关安全施工和消防的规章制度。
- 10.4 开工前，必须由技术员和安全管理人員共同对施工人员进行技术和安全施工交底，并有安全技术交底卡。
- 10.5 进入施工现场要戴安全帽，上罐施工要系安全带，球罐施焊前，在离地面 2.5m 高度处设一层安全网，但要留出上下通道。
- 10.6 防风雨棚的石棉瓦一定要用铁丝系在脚手架上，以防坠下砸伤人员。
- 10.7 脚手架搭设要符合规定，跳板搭接长度不得小于 300mm，并用铁丝捆牢，跳板每层双排，层间距离不大于 1.3m，并要有护腰，脚手架的上下应搭设马道，马道两则要有护身栏杆，脚手架搭设完毕后，由安全员验收合格后方可使用。
- 10.8 在每台罐上、下、中间等处放置不少于 5 只干粉灭火器。
- 10.9 不允许垂直上下同时作业，在罐上施工用的工卡具应妥善放置好，严防下落。
- 10.10 球片上吊耳及眼睛板要焊接牢固，吊装时，无关人员不得造近作业场。吊车臂下严禁站人，起重工与吊车司机要集中精力认真操作，吊装索具要经检查认可。
- 10.11 严格执行用电规定，罐内行灯电压为 12V，球罐焊接时罐体和电焊机均要可靠地，配电箱内要装触电保安器。施工电线要用绝缘好的橡皮线。现场要有专门进行用电维护和电器检查的电工。
- 10.12 现场氧气与乙炔瓶要隔开 10 米以上，离开火源 15 米以上。为了防止火灾，现场严禁使用竹跳板。
- 10.13 现场文明施工：机具、材料定置堆放，物流有序做到工完料尽场地清。现场要做好防火防盗等保卫工作。夜间要有专人值班，夜间现场照明要合适。
- 10.14 消防规定见《北京化工四厂丙烯球罐建安安全消防措施》。
- 10.15 进入化四厂内任何地点均不准抽烟。
- 10.16 其他未尽事项严格按有关规定执行。

11. 劳动力组合

类 别		工种名称	数 量（人数）
技 术	直 接 生 产	铆 工	8 人
		电 焊 工	26 人
		起 重 工	6 人

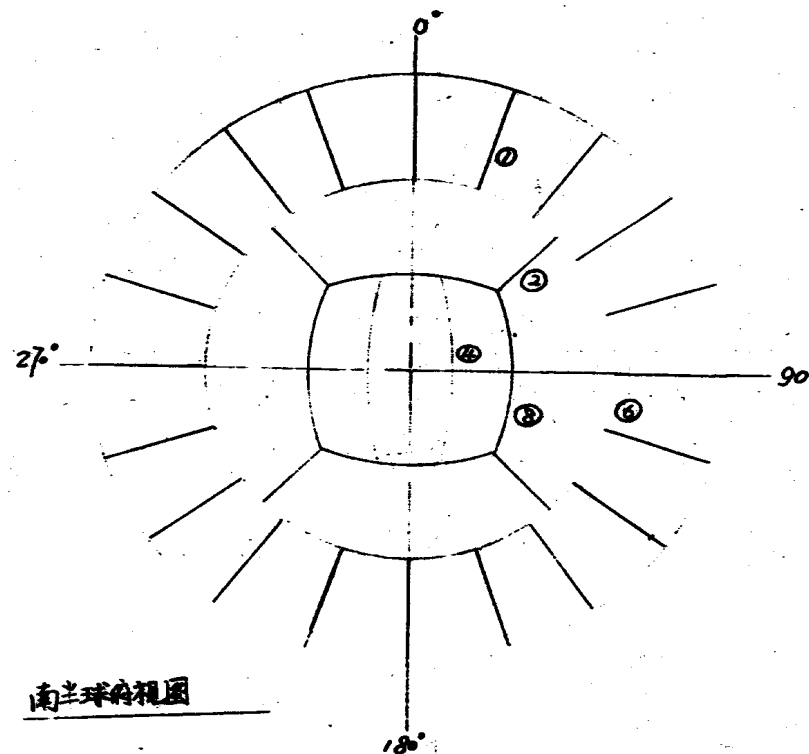
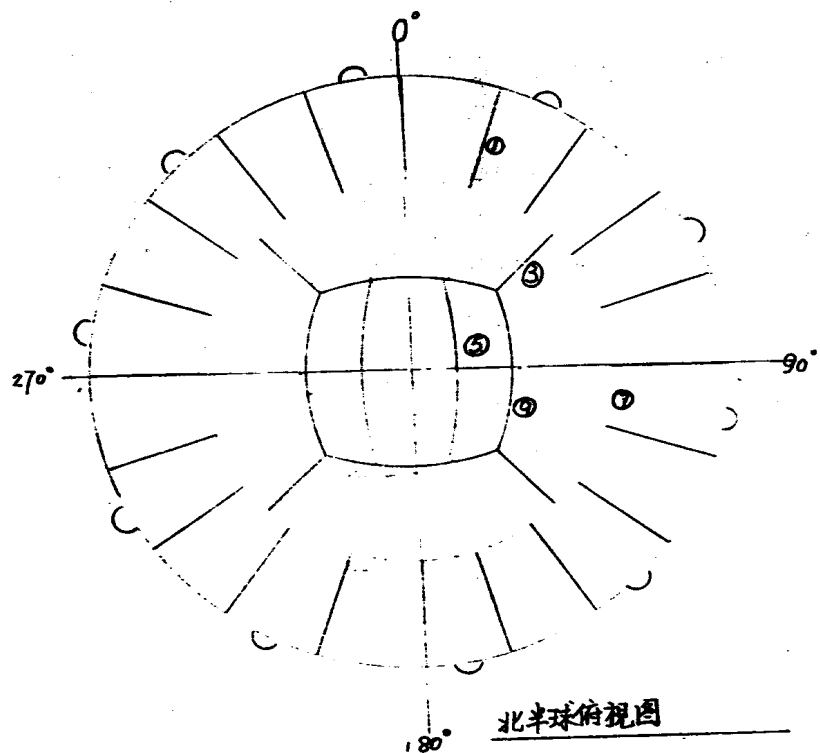
工 人	工 人	气 焊 工	4 人
		探 伤 工	4 人
		管 工	4 人
		小 计	56 人
	辅助 生产 工人	电 工	2 人
		钳 工	1 人
		吊车司机	2 人
		汽车司机	2 人
		小 计	7 人
管 理 人 员		8 人	
壮 工		20 人	
合 计		91 人	

12. 施工机索及周转材料手段用料计划

序号	名 称	规 格 型 号	数量	单位	备 注
1	吊车	25 吨、50 吨	各 1	台	
2	汽车	东风 5 吨	2	台	
3	铲车	3 吨	2	台	
4	空压机	V=9 立方米 P=0.7MPa	2	台	一台电动
5	空压机	V=20 立方米 P=2.5MPa	1	台	气密试验用
6	电焊机	12KW	24	台	直流
7	电焊机	26KW	2	台	直流
8	试压泵	DSY—60X	2	台	
9	风动砂轮机	ZHC / 004	20	把	
10	电动角向磨光机	P54—B	20	把	
11	去湿机	KQF—5	2	台	
12	烘箱	HYZ—500	4	台	
13	焊条库		2	座	自制
14	X 射线探伤机	360EG3Z	2	台	
15	γ 射线探伤机		1	台	
16	磁力波探伤机	JT—HC	1	台	
17	超声波探伤机	XTS—22	1	台	

18	超声波测厚仪	SCH—3	1	台	
19	水准仪		1	台	
20	焊缝检测仪		2	台	
21	温度计	500℃	4	台	
22	干湿温度计	DHW—2 干湿差 100—50℃	6	台	
23	电流表	44C—A0—150	26	只	
24	电压表	44C—V0—150	26	只	
25	风速仪	DEM6	2	只	
26	压力表	6MPa Y—150	6	块	
27	氧气瓶	40T 升	20	只	
28	乙炔瓶		10	只	
29	干粉灭火器		20	只	
30	手拉葫芦	5T	20	只	
31	龙门卡		500	付	
32	眼睛板		1000	只	
33	圆楔子		1000	只	
34	扁楔子		4000	只	
35	竹跳板		800	块	
36	脚手架管		25	吨	
37	扣件		2000	只	
38	镀锌铁皮	$\delta = 1\text{mm}$	8	吨	
39	篷布		12	块	
40	钢丝绳	6×37 $\Phi 21.5$	300	条	
41	卡环	5T 10T	各 20	只	
42	钢板	$\delta = 18\text{mm}$	300	M ²	铺钢平台
43	钢板	$\delta = 1\text{mm}$ A	2	M ²	手段用料
44	钢板	$\delta = 2\text{mm}$ A	3	M ²	手段用料
45	钢板	$\delta = 4\text{mm}$ A	3	M ²	手段用料
46	钢板	$\delta = 10\text{mm}$ A	4	M ²	手段用料
47	钢板	$\delta = 12\text{mm}$ A	8	M ²	手段用料
48	钢板	$\delta = 20\text{mm}$ A	20	M ²	手段用料
49	槽钢	[14#	100	M	手段用料
50	角钢	$\angle 75 \times 8$	200	M	手段用料

51	角钢	$\angle 50 \times 5$	100	M	手段用料
52	钢管	$\phi 325 \times 10$ 10 #	24	M	手段用料
53	钢管	$\phi 108 \times 4$	100	M	手段用料
54	圆管	$\phi 20$	130	M	手段用料
55	铜管	$\phi 18$	30	M	手段用料
56	压力表头		4	只	手段用料
57	钢板	$\delta = 20\text{mm}$ 16MnR	30	M ²	手段用料
58	电加热片		280	块	



注意事项, 1. 纵缝焊接时, 焊工对称布置, 同时施焊, 并要求

等速近线能量

2. 环缝焊接时, 焊工对称分布, 沿同一方向同时施焊, 要求等速近线量

3. ①: 赤道带纵缝, ②: 下温带纵缝, ③: 上温带纵缝

④: 下极纵缝, ⑤: 上极纵缝, ⑥: 赤道带下环缝

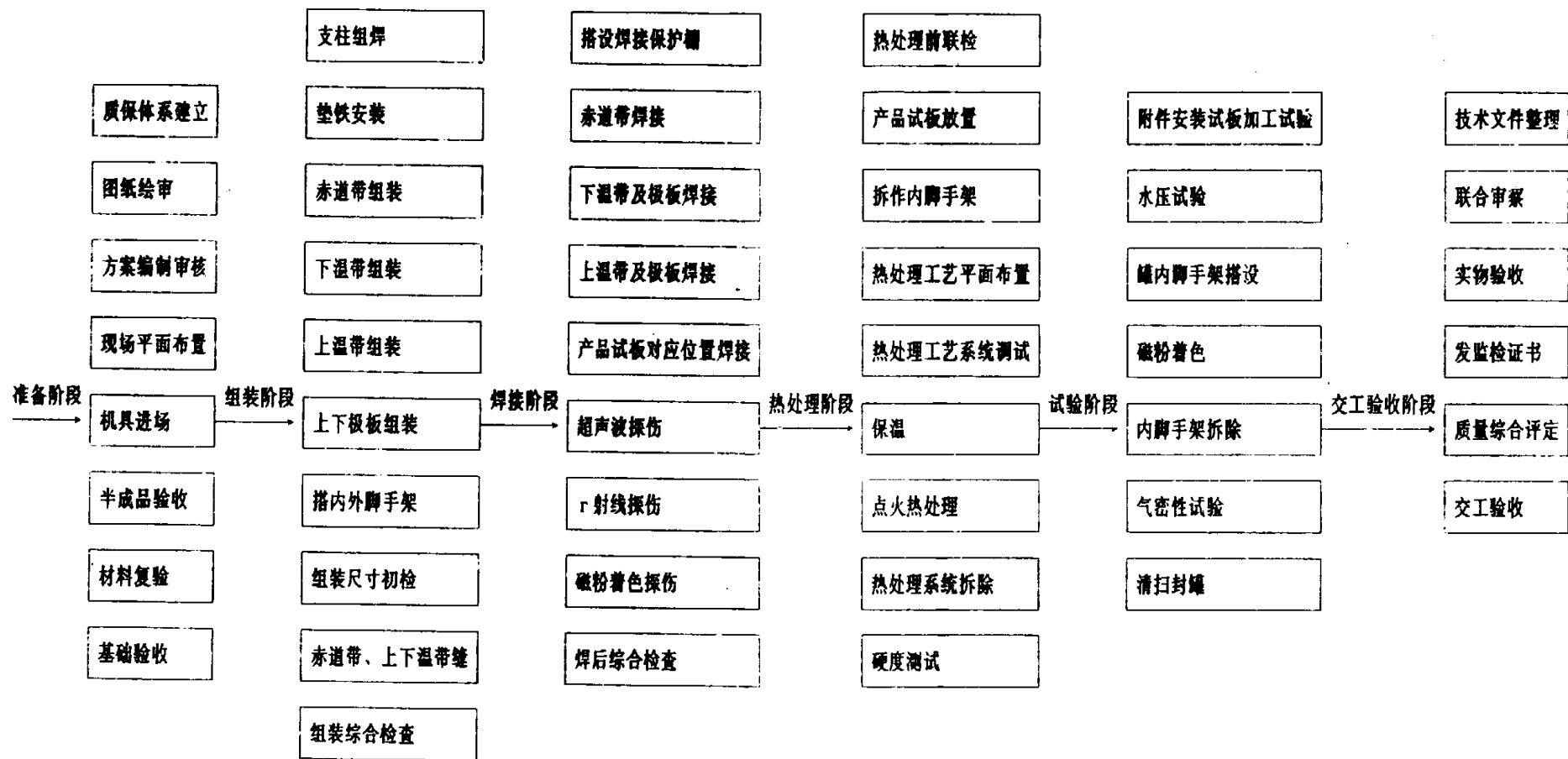
⑦: 赤道带上环缝, ⑧: 下极环缝, ⑨: 上极环缝

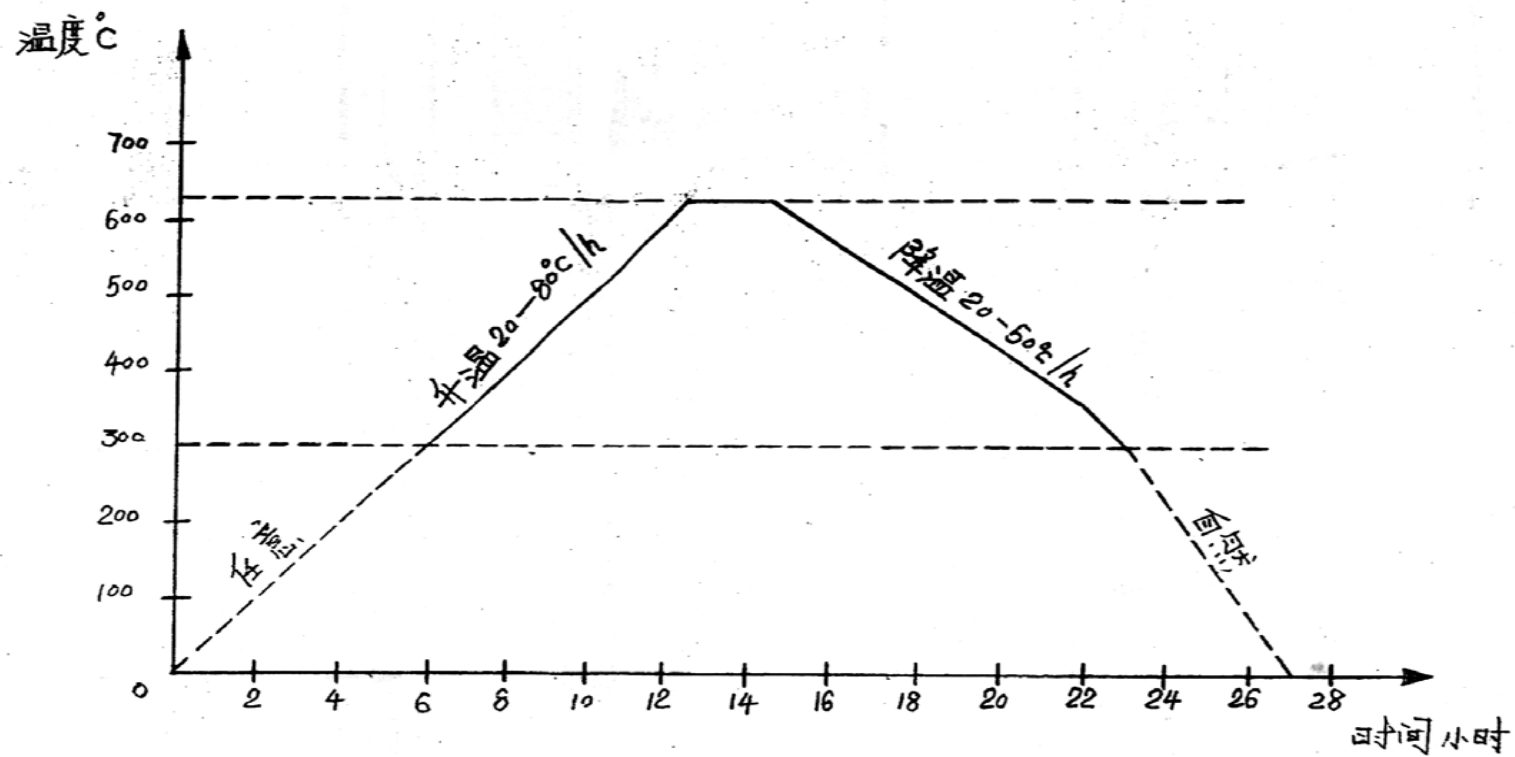
焊接顺序: ① → ② → ③ → ④ → ⑤ → ⑥ →

⑦ → ⑧ → ⑨

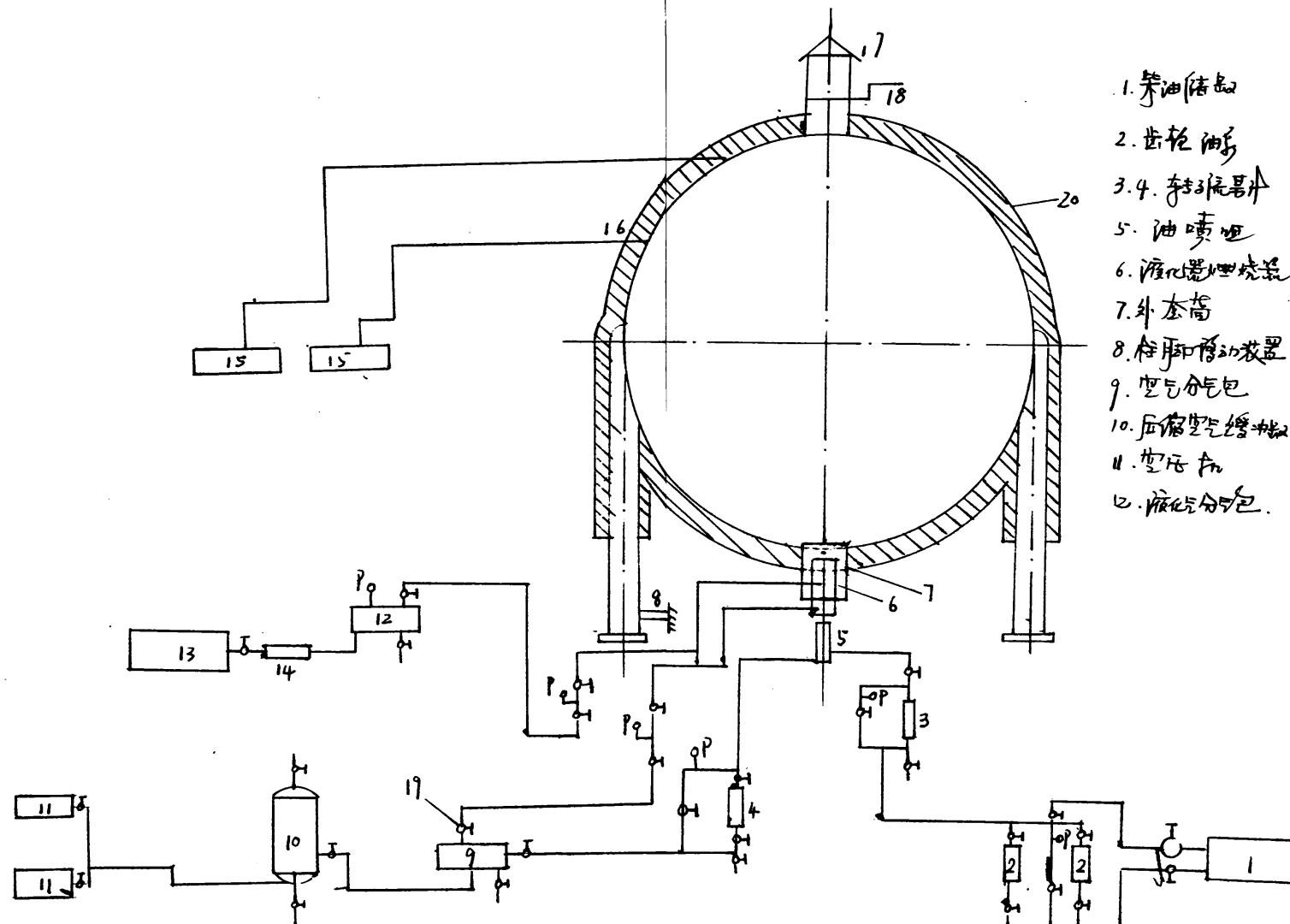
4. 焊接次序, 外部焊接 → 内部纵缝打磨
→ 内部施焊

北京化工四厂丁辛醇工程1000m³球罐安装程序





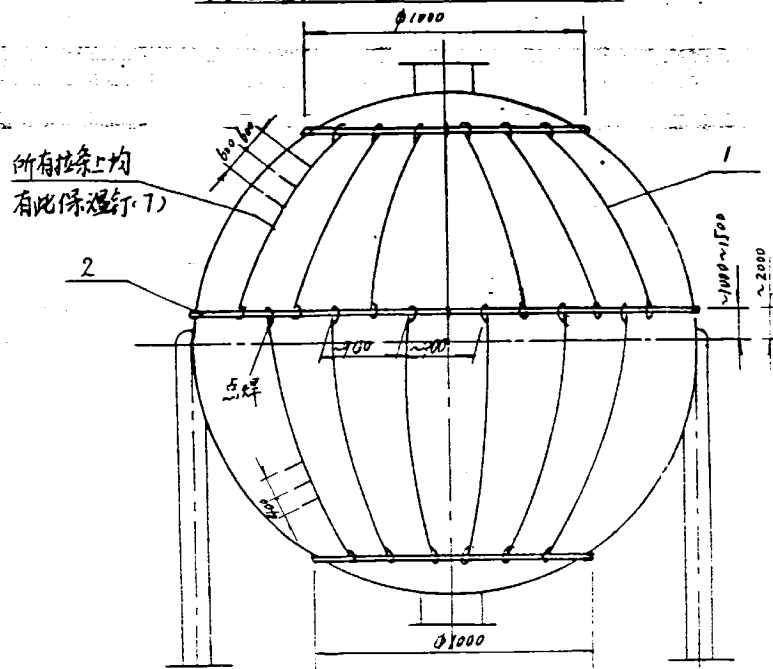
热处理工艺曲线图



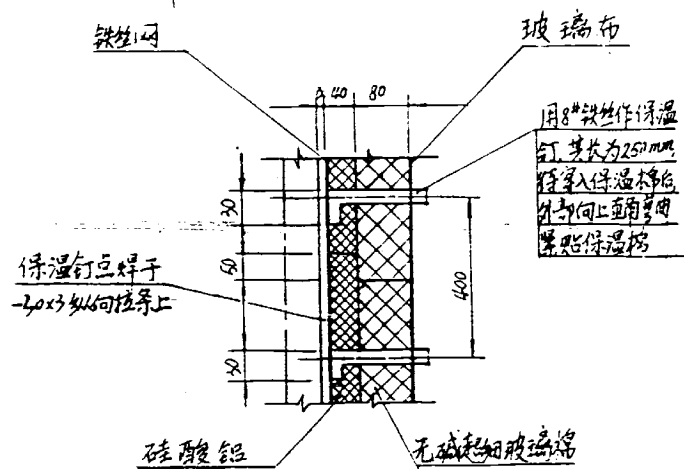
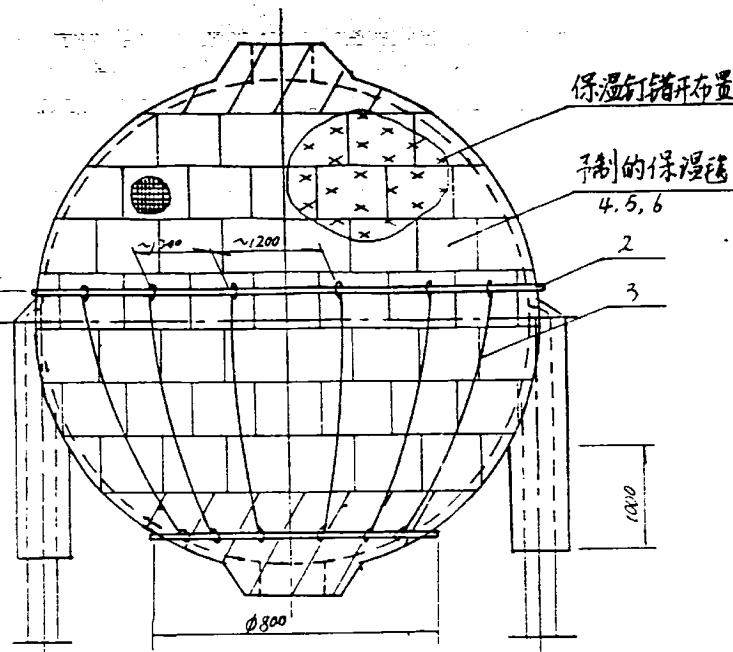
- | | |
|------------|-----------|
| 1. 柴油储罐 | 13. 液化气储罐 |
| 2. 齿轮油泵 | 14. 减压阀 |
| 3. 4. 节流阀 | 15. 长源压力表 |
| 5. 油喷嘴 | 16. 热电偶 |
| 6. 液化气燃烧器 | 17. 烟囱 |
| 7. 外套筒 | 18. 简易报警 |
| 8. 脚踏启动装置 | 19. 截止阀 |
| 9. 空气分气包 | 20. 停炉层 |
| 10. 压缩空气储罐 | |
| 11. 空压机 | |
| 12. 液化气分气包 | |

热外理工艺流程图

球釜保温前按装内拉条后示意图



球釜保温后示意图

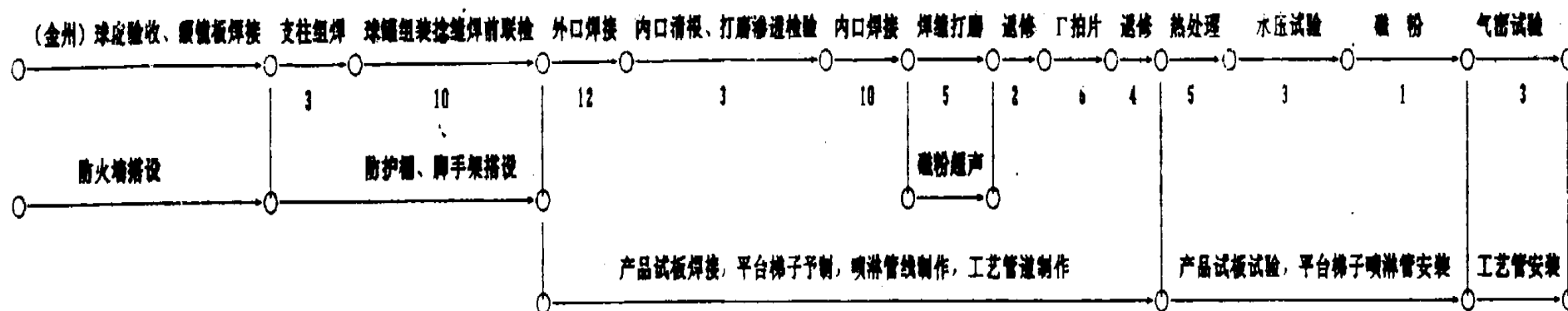


说明

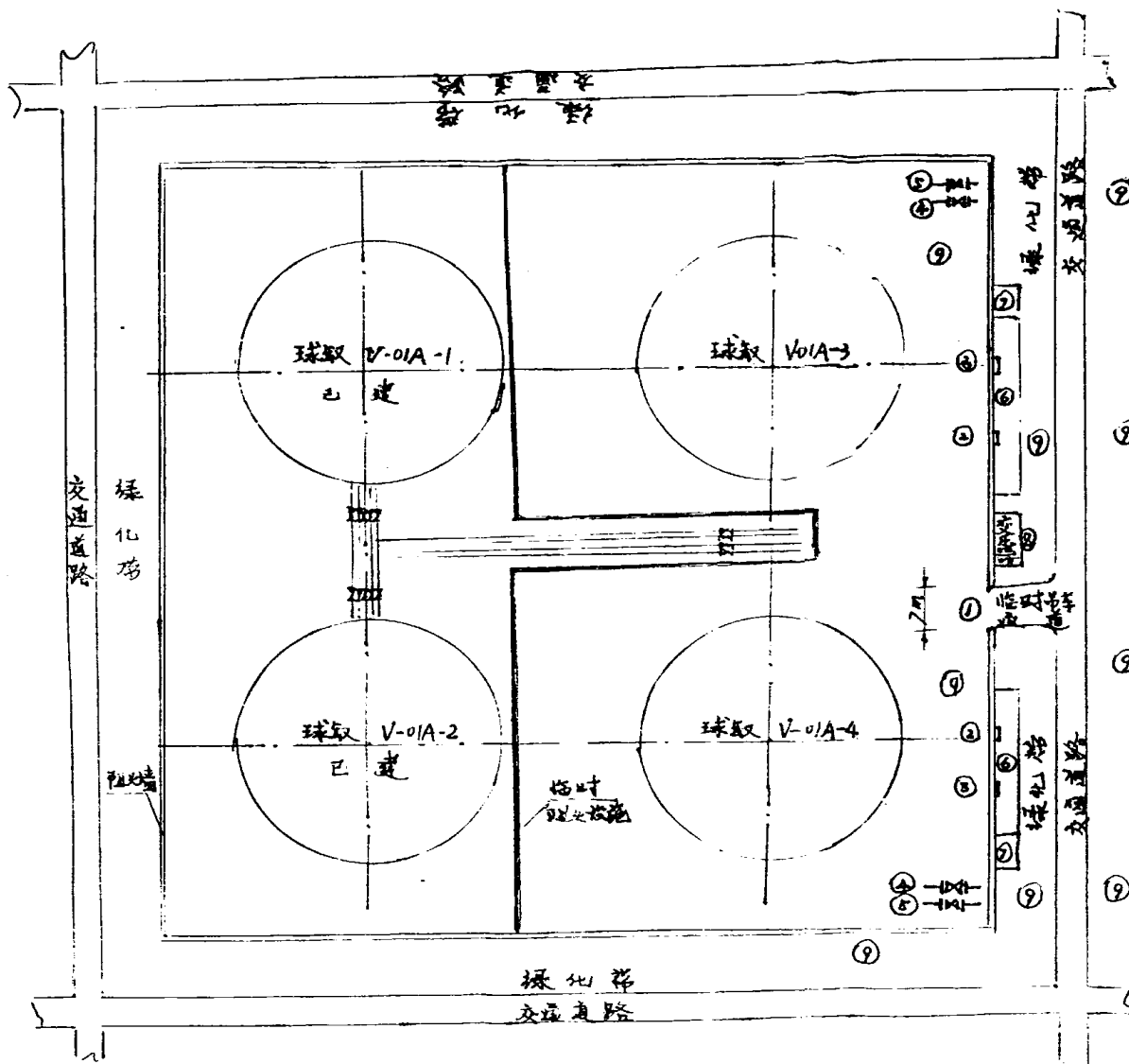
1. 球釜保温梯在制作、保温过程中均不得受潮。
2. 先在釜内预制成保温毯，其每块规格不得小于 $1m \times 1m$ 。保温时相邻保温毯间要有 $50mm$ 搭接量。
3. 放试板处和柱腿的保温要用 $8\#$ 铁丝捆牢，其它处用 $2\#$ 铁丝相互交叉拧紧。

7	件·通钉	8#铁丝	1900只	
6	镀锌铁丝网		650m ²	51
5	无机超细玻璃棉	$\delta=80mm$	55m ³	70
4	硅酸铝保温棉	$\delta=40mm$	28m ³	13
3	纵向外拉条	-20x3 A3	400m	
2	圆钢箍	$\phi 20$ A3	70m	
1	纵向内拉条	-30x3 A3	900m	
编号 名称 规格材料 数量				
制图 沐喜山 审核				
1000mm 球釜				
壳体热处理保温图				
				附图 三

北京化工四厂两台1000m³丙烯球罐施工网络计划



- 注: 1、该施工网络计划安排为有效工日。
 2、第二台比第一台球罐推迟三天完成。



说明

- 1、临时吊车通行道路宽7米，在原绿化带上铺设300mm大块砾石，再铺设100mm小毛石，连通交通道路与堆区，以便50吨汽车吊进入堆区。
- 2、200KW配电箱，2处。
- 3、400KW配电箱，2处。
- 4、DN50工业用水管道接头，日常用水20吨/日，2处。
- 5、DN25消防蒸汽接头，2处。
- 6、机具棚安放电焊机，空压机等机，2处。
- 7、焊条库2处。
- 8、变压器提供1200KW用电，三个开关箱。
- 9、球壳板临时堆放场地。
- 10、水压试验用水400吨。

北京化工四厂新增两台 1000m³丙烯球罐施工方案

施 工 技 术 总 结

由我公司 203 工程处承建的北京化工四厂两台 1000m³丙烯球罐，在施工前精心编制了施工方案（下简称方案），方案在编写过程中听取了多方意见，经过多次修改，最后经北京经理部、业主和市锅检所批准后作为球罐施工过程中的技术执行文件，工程在开工前，工程处所有QC小组成员认真学习了方案，并对主要施工技术措施进行了技术交底。下面以施工过程为序，对方案在施工中的指导过程进行总结。

一、在基础、球壳板复验以及球罐组装过程中

方案中对基础的几何尺寸允许偏差进行了规定，在施工过程中，根据方案中允许的几何尺寸对基础进行复验，并在几何尺寸的允许范围内确定每个柱腿中心及底板边缘所在的位置，这样为赤道板组装就位提供了极大的方便，使赤道板一次到位，保证了组装后球罐的几何尺寸，同时方案中规定了球壳板的检查项目和检查方法以及各检查项目的允差，在施工中根据方案的要求对球壳板进行了验收，在验收过程中，我们发现球板有 3 处在运输过程中出现了表面擦伤，我们根据方案中第 16 页“球壳表面缺陷修补”的方法对擦伤部位进行修补，甲方对此深表感激。

方案中对球罐的组装方法选用单片散装法，这种组装方法避免传统散装法需要采用中心伞架、张线，带来大量的辅助焊件，造成大量人、物力的浪费，这种组装方法安全而快捷，整个球壳在 3 天半时间组装完毕，根据方案中的方法对球体进行调整，调整后的所有测量项目和测量点都在标准中规定的允差范围。

二、在球罐焊接和整体热处理过程中

方案中规定了严格的焊接管理制度和详细的施焊要领及焊接工艺，在焊接前，组织所有焊工对这部分内容进行了学习，使每位焊工对球罐本体 16MnR 材料的焊接要领和焊接工艺规程进行了掌握，在焊接过程中，根据方案的要求把每位焊工焊接质量和奖金挂钩起来，所有焊接管理人员按照方案的要求对焊接工艺进行控制，焊缝拍片一次合格率为 98.7%，产品试板的机械性能全部符合国标的规定。根据方案中的方法和要求打磨焊缝，对焊缝打磨后的表面质量进行控制，焊缝表面质量一次通过市锅检所的检查，一次合格率为 100%。

方案中对球罐的整体热处理先用我公司在技术上较成熟的“柴油内燃法”，这种方法设备简单、易操作，方案中对热处理工艺、热处理设备、保温材料和方法、热处理各大责任岗都作了详细的规定，在施工过程中根据方案的要求安装设备，组织各大责任岗对热处理的全过程进行控制，快速优质地进行完热处理，记录仪打印出合格的热处理曲线。

三、在水压和气密试验过程中

方案中规定了水压和气密试验的试验压力、升压阶段、压力测量方式以及沉降观测的方法。为了节省水源和气密试验过程中的机械台班，方案设计了在两罐间进行导水和导气，并在气密试验中，规定先用甲方氨气充至 0.6MPa 的压力，在水压及气密试验施工过程中，根据方案中的规定进行试验前准备工作，根据方案中的要求检查各升压阶段的耐压和气密情况，顺利地完成了两试验，同时在水压试验过程中，根据方案中的要求进行沉降观测，测量各阶段各支柱基础的沉降量。

四、在安全、质量、工期控制过程中

新建球罐在没有停产的情况下，在原装置中进行施工，防火成为安全工作的重点，在方案中《热处理工艺和方法》中的“安全防范措施”和《安全技术措施》中都对防火作了严格的规定，在施工过程根据方案中的安全技术要求进行安全管理和安全施工，在整个施工过程，安全事故为零，在施工准备过程中，工程处根据方案中列的机具和人员进行资源配置，保证了整个施工过程的连续性，又不造成资源浪费，整个施工工期为三个半月，甲方对此深表满意，为了保证工程质量，方案中对质保体系构成和运作以及质量过程控制均作了详细的规定，规定了严格的奖罚制度和严格的工序制度，在施工中根据方案的要求对工程质量进行控制，各停控点的检查合格率为 100%，一次通过检验，试车一次成功。

总之，在北京化工四厂的球罐施工过程中，由于方案的执行，保证了施工中安全、质量、工期，创建了新的优良工程，为公司树立了新的声誉。

203 工程处 潘树东
一九九八年十二月八日