

中国电力建设企业协会 主编

中国电力建设工法汇编

(2009年)中册



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

中国电力建设工法汇编 (2009年)中册

ISBN 978-7-5083-4217-9



9 787508 391779 >

上、中、下三册定价共：290.00元
销售分类建议：电力工程/火力发电

中国电力建设企业协会 主编

中国电力建设工法汇编

(2009 年)中册



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书以《电力建设工法管理方法》为依据,内容涉及火电、水电、输变电、风电、核电和燃机发电等建设项目,并涵盖了汽轮机、锅炉、电热、输变电、焊接等建筑及安装技术,其建筑与安装各项技术内容,必然会广泛应用于电力建设新的工程项目中。

本书技术含量高,有较强的专业性,应用范围广、内容详实、图文并茂、文字表达准确,对电力建设施工企业科学组织施工有很强的指导意义。同时,又可作为一本工具书,供电力建设全体技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国电力建设工法汇编. 2009 年. 中册/中国电力建设企业协会主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-9177-9

I. 中… II. 中… III. 电力工程-工程施工-建筑规范-汇编-中国-2009 IV. TM7-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 163291 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 10 月第一版 2009 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 89.125 印张 2143 千字

印数 0001—3000 册 上、中、下三册定价共 290.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

本书编委会

主任委员 孙玉才

副主任委员 尤 京 范幼林

委 员 （按姓氏笔画排序）

丁瑞明	王新康	王淑燕	冯忠沛	冯佳昱	甘焕春
任永宁	刘龙武	江小兵	齐亚民	宏 峰	张孝谦
张所庆	李鹏庆	李云浩	李润林	沈维春	沈铭曾
沙利民	陈发宇	陈秀菊	陈连康	陈振兴	周德福
宗敦峰	林志华	金 麟	施可登	赵祝人	赵 军
高德荣	梁丙海	梅锦煜	黄 敏	韩英明	鲁焕浩
楼海英	蔡新华	薛慧君			

中国电力建设工法汇编

(2009年)

前 言

中国电力建设企业协会依据《电力建设工法管理办法》，组织中国电力建设专家委员会工法工作委员会进行了电力建设工法评审工作，评选出 100 项电力建设工法，并以中电建协[2009] 22 号和中电建协[2009] 44 号文公布。

为了便于广大电力建设施工企业学习和推广应用首批电力建设工法成果，提高电力建设工法的编制水平，真正使工法的建设和工法制度的建立成为企业推进技术进步和提高技术管理水平的重要举措，将其汇编成《中国电力建设工法汇编(2009 年)》(以下简称“本《汇编》”)。

本《汇编》的工法涉及火电、水电、输变电、风电、核电和燃机发电等建设项目，涵盖了汽轮机、锅炉、电热、输变电、焊接等建筑及安装技术，体现了目前全国电力建设施工的技术水平。其关键技术有较强的专业性，应用范围广、内容详实、图文并茂、文字表达准确，对电力建设企业科学组织施工及管理具有较强的指导意义，供各专业技术人员学习和参考。

本《汇编》的工法来自于全国电力建设企业，他们为电力建设工法的建设作出了很大贡献，在此表示感谢！

由于编写时间仓促，存在的疏漏和不足之处，敬请读者和专家批评指正。

中国电力建设企业协会

2009 年 7 月

目 录

前言

上 册

600MW 机组布袋除尘器综合集成施工工法	1
锅炉钢结构叠梁变形控制施工工法	17
炉排型垃圾焚烧炉安装施工工法	36
采用液压提升装置倒装法安装塔式锅炉尾部垂直段烟道施工工法	45
超（超）临界机组用 SA335-P92 中频弯管工法	56
600MW 汽轮发电机本体设备安装施工工法	65
600MW 火电机组凝汽器就地组合安装施工工法	98
大型汽轮机润滑油系统安装及冲洗施工工法	117
大型变压器超低桥式运输施工工法	141
利用专用吊装架吊装 600~1000MW 发电机定子工法	165
弹性减振基础上大型汽轮发电机组安装关键工艺施工工法	184
电站设备电气接地施工工法	195
电站锅炉金属壁温热电偶安装工法	265
快速提高发电机绝缘施工工法	276
大型火电机组主蒸汽管道电磁感应热处理工法	281
1000MW 超超临界工程 P92 钢焊接施工工法	290
火力发电厂主蒸汽管道 SA335-P91 钢焊接施工工法	305
火力发电厂钛材管板焊接工法	317
火力发电厂主给水管道的 WB36 钢焊接施工工法	328
大型火电机组受热面管道镜面焊工法	340
超超临界机组用 SA335-P92 厚壁管埋弧自动焊工法	349
冷却塔斜支柱现浇施工工法	357
1000MW 火力发电厂主厂房箱型柱（梁）制作施工工法	367

烟气脱硫吸收塔液压顶升倒装施工工法.....	382
火力发电厂烟气脱硫吸收塔施工工法.....	395
电除尘保温外护施工工法.....	408
螺旋水冷壁安装施工工法.....	416
三分仓容克式空气预热器施工工法.....	426
锅炉炉顶密封施工工法.....	438
中频弯管工法.....	446
VNT 系列空气预热器安装工法	451
汽轮机润滑油系统大流量水冲洗循环工法.....	462
大型汽轮机本体“粘贴—捆绑”保温施工工法.....	472
管道爆破吹扫施工工法.....	478
液压顶升系统吊装大型发电机定子工法.....	484

中 册

控制凝汽器与低压缸连缸焊接变形施工工法.....	501
汽轮发电机组润滑油系统冲洗净化施工工法.....	514
东汽大型汽轮机低压外缸就地组合施工工法.....	526
空冷系统设备安装工法.....	535
循环水管高压无气喷涂防腐施工工法.....	545
大型立式水泵安装工法.....	553
DCS 机柜浮空安装工法.....	565
电缆防火分隔封堵施工工法.....	575
汽轮机轴向位移传感器定位安装施工工法.....	586
大型发电机谐振法交流耐压试验工法.....	596
大跨度双层柱面焊接节点干煤棚网壳制作工法.....	606
异型管件强制回转自动焊施工工法.....	614
P91 厚壁管埋弧自动焊施工工法	623
大型铝母线焊接工法.....	633
大口径管道悬空埋弧焊平焊焊接施工工法.....	639
1000MW 火力发电厂主厂房钢结构施工工法	646
1000MW 火力发电厂 240m 烟囱混凝土外筒清水混凝土施工工法	655
1000MW 火力发电厂塔式锅炉基础超大体积混凝土施工工法.....	666
大跨度焊接节点干煤棚网壳脚手架滑移分块吊装工法.....	673

汽轮机基座清水混凝土施工工法.....	681
火电厂空冷钢筋混凝土圆形支柱施工工法.....	690
煤斗吊装拖运就位工法.....	710
双曲线冷却塔筒壁施工垂直运输工法.....	718
利用连续运行参考站系统 CORS 进行网络 RTK 测图工法.....	731
钢结构彩板封闭施工工法.....	739
烟囱钢内筒液压钢绞索提升倒装工法.....	759
整板基础全面分层浇筑和内保温养护施工工法.....	774
冷却塔环基施工工法.....	784
烟囱混凝土外筒滑模施工工法.....	792
钢筋混凝土异型烟囱施工工法.....	807
套筒式烟囱耐酸砖内筒施工工法.....	820
600MW 主厂房框架清水混凝土施工工法	836
动态泥浆冲击钻成孔灌注桩施工工法.....	854
烟囱筒壁电动升模施工工法.....	869
烟囱筒壁方框架体系翻模施工工法.....	885

下 册

500kV 封闭式组合电器现场安装工法.....	895
500kV 电力变压器现场安装工法.....	918
GIS、HGIS 交流耐压优化试验工法.....	966
跨海高塔工程特大法兰与钢管焊接制作工法.....	979
可折叠双水平臂自升式起重机组塔施工工法.....	988
500kV 紧凑型输电线路张力架线工法.....	1011
“八牵 8” 张力放线施工工法.....	1041
变电站二次回路接线施工工法.....	1061
支柱绝缘子超声波探伤试验工法.....	1081
全封闭三母管系统绝缘油净化设备安装工法.....	1095
500kV 三相一体、分解运输的电力变压器（ASA）安装施工工法	1104
500kV 高压并联电抗器整体搬迁施工工法.....	1120
同步法吊装超长管形母线工法.....	1132
橡塑电缆交流耐压和局放试验的工法.....	1140
变电站室内组合电器的气垫运输施工工法.....	1152
串补装置安装工法.....	1163
架空输电线路岩石锚杆基础施工工法.....	1185
铰接组合抱杆组塔施工工法.....	1198
利用遥控飞艇施放电力架空线路施工引绳施工工法.....	1217

主副抱杆联合组立特高压跨越塔施工工法..... 1228

直升机展放引导绳施工工法..... 1239

大截面导线安装工法..... 1253

OPGW 张力架设工法..... 1267

输变电路工程远程无线视频监控系统施工工法..... 1280

扩径导线架设施工工法..... 1291

超高压输电线路带电作业施工工法..... 1305

单向土工格栅加筋土挡墙施工工法..... 1329

GE1.5MW-sle 风力发电机组安装工法..... 1341

风力发电机基础施工工法..... 1371

风力发电场风机叶轮组装及吊装施工工法..... 1394

关于中国电力建设工法编码说明

控制凝汽器与低压缸连缸焊接变形施工工法

DJGF-HD-36-2009

浙江省火电建设公司

姜 煌 张家刚 沈 钢 王伟民

1 前 言

如何有效控制焊接变形是焊接结构中的一大难题，控制凝汽器喉部与低压缸排汽管连接的焊接变形则是目前各类大型发电厂汽轮机设备安装中的一大难题。以 600MW 汽轮机组为例，凝汽器喉部与低压缸排汽管连接，由于其安装尺寸大（见图 1-1）、结构整体刚性小、焊缝多为单边 V 形接头（见图 1-2、图 1-3），焊缝填充量较大；另外由于安装和制造误差，各处的装配间隙、焊缝填充金属及焊接变形量不一致，造成缸体变形超标及焊接应力的大量残余，致使低压缸定位和轴系扬度偏高，影响机组的振动，严重时甚至会影响机组的安全运行。

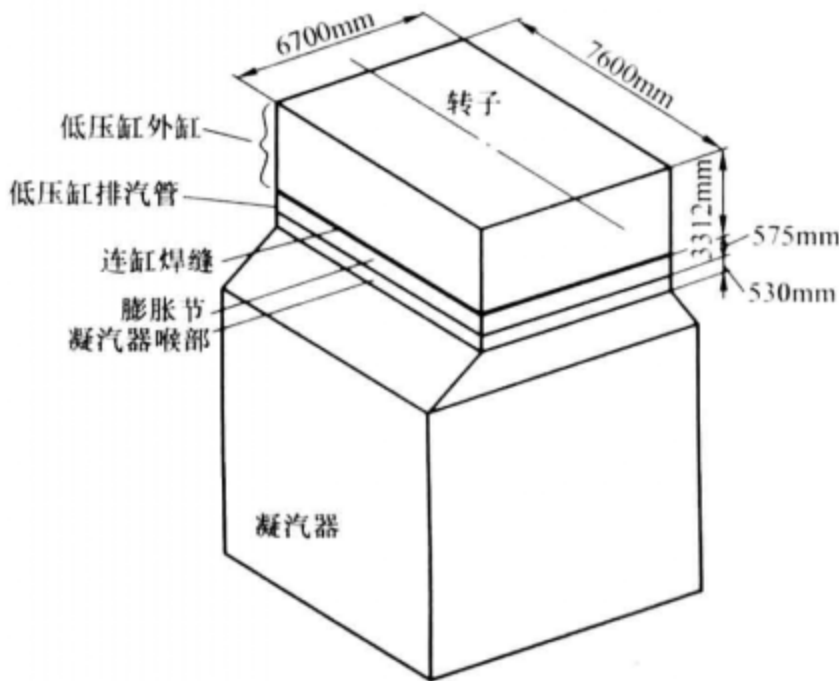


图 1-1 凝汽器喉部与低压缸排汽管连接示意

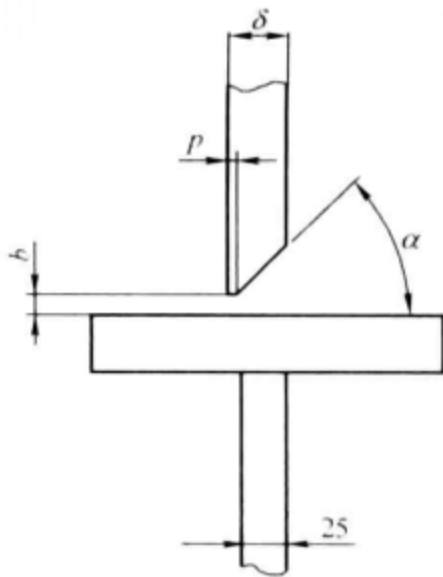


图 1-2 焊接接头

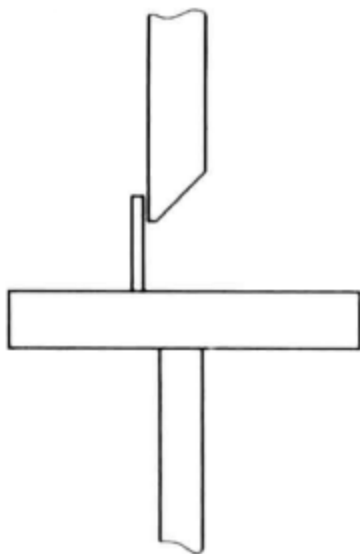


图 1-3 覆衬板

本工法分析了施工过程中焊接变形产生的原因，针对可能发生的焊接变形的类别及影响因素，通过采用一种或多种行之有效的措施，减少并控制焊接变形，从而确保低压缸正确定位和轴系扬度的稳定，降低凝汽器喉部与低压缸排汽管连接焊接变形对汽机振动的影响。

随着机组单机容量的进一步增加及核电机组大力发展, 机组的稳定运行对电网及社会安全的影响越来越大, 因此控制凝汽器喉部与低压缸排汽管焊接变形的技术将更多地运用到实践中。

2 工 法 特 点

2.1 正式装配前采用堆焊和打磨方法消除局部坡口间隙不一致, 同时采用塞块方式进行点固, 从而减少焊缝局部及整体的收缩量。

2.2 焊接时采用多人焊接、专人指挥的方式确保实施对称、分段、退步跳焊, 减少焊接变形和残余应力, 同时每层(道)采用锤击的方式消除焊接残余应力和变形。

2.3 对含有橡胶装置的凝汽器喉部膨胀节的连接, 采用灌水的方式, 加快焊接区域的散热, 降低焊接热影响区的温度, 从而减少焊接变形和高温对橡胶装置带来的损害。

2.4 采用本工法可以满足手工电弧焊(SMAW)、二氧化碳保护焊(GMAW)工艺对变形的控制。

2.5 本工法在不增加机具设备、人员技能等的前提下, 实现变形的可控性, 缩短总的施工工期, 具有操作简单、可靠性强、易掌握的特点。

3 适 用 范 围

本工法适用于火电、核电等各类电厂的汽轮机凝汽器接颈与低压缸连接焊接。关键技术对于低压缸拼缸焊接也适用。

4 工 艺 原 理

此焊接结构尺寸大、整体刚度小, 变形不易控制; 且坡口焊缝金属填充量大, 焊缝尺寸长及对口间隙各处都不均匀, 焊件局部不均匀地受热与冷却, 将导致整个焊件在三维方向上的应力严重失衡。根据焊接变形理论及以往实践经验分析, 凝汽器接颈与低压缸连接焊接变形主要表现为两种: ① 整个缸体发生旋转变形, 如图 4-1 所示; ② 沿焊缝方向的弯曲变形

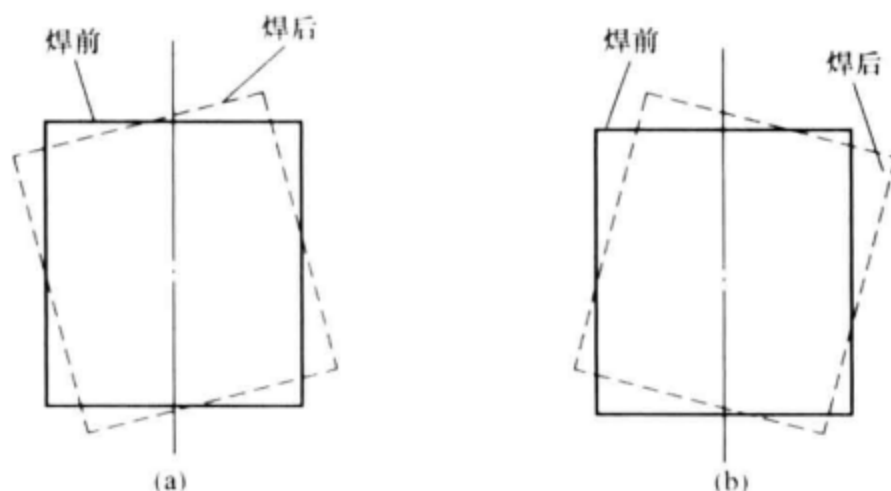


图 4-1 旋转变形

(a) 顺时针旋转变形; (b) 逆时针旋转变形



(上挠变形)如图4-2所示。这两种变形产生的主要原因是由于连缸的四条焊缝横向收缩变形不一致(尤其是相互对称的两条焊缝)引起。为消除这种变形的不一致,本工法通过采用确保焊缝形式基本一致(如坡口尺寸、对口间隙等)的措施,焊接过程的变形监控、焊接过程变形控制等方式,从而减少上述两种变形的产生并使之受控。

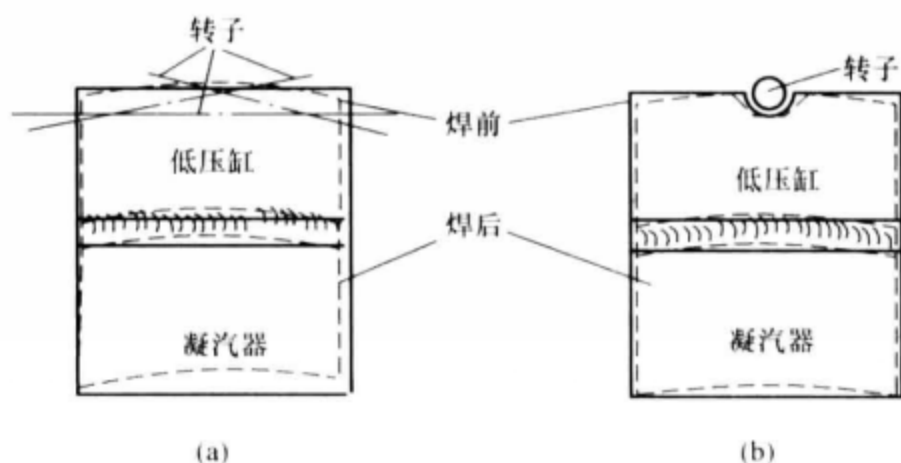


图4-2 上挠变形

(a) 与转子平行面的上挠变形(焊缝缩短,两端微下沉,中间上挠);

(b) 与转子垂直面的上挠变形(焊缝缩短,两端微下沉,中间上挠,轴瓦张开)

4.1 确保焊缝形式一致

当焊缝坡口尺寸、对口间隙不一致时,会造成焊缝填充金属量的不均匀,从而使局部应力及变形过大,造成缸体整体旋转、弯曲变形。本工法通过精细下料、修整的方式使各段的坡口尺寸、坡口间隙基本保持一致。

4.2 焊接过程的变形监控

通过在低压缸支撑座多个部位架设百分表,通过不间断地测量,对缸体的定位进行监控;另外在转子对轮部位架设多只百分表以监视转子的扬度。当表计测量有突变时,立即停止焊接,在分析原因及采取相应措施后再继续进行连缸焊接,并随时检查低压缸和台板的间隙。

4.3 焊接过程的变形控制

4.3.1 采用刚性固定法来控制变形

凝汽器与低压缸焊接变形主要是焊缝金属的横向收缩变形引起,点焊及第一层焊接时由于坡口存在间隙,整体结构在焊缝横向收缩处于自由状态。用点固楔块的方法来进行刚性固定如图4.3.1所示,在焊缝长度方向间隔用楔块进行点固(点固越密,刚性越强),增加焊缝横向的拘束度,从而减少由焊缝横向收缩引起的焊接变形。

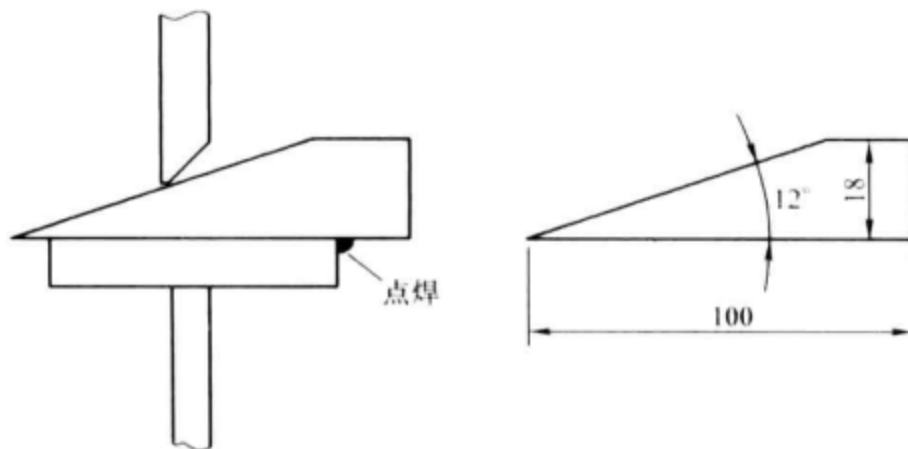


图4.3.1 楔块点固

4.3.2 采用小线能量的方式来控制变形

为了减少由于焊缝横向收缩引起的焊接变形,在头几层采用细直径焊条、小线能量的方式进行。通常焊接线输入量越大,焊缝的横向收缩变形越大,在头几层焊接时,由于拘束度



小, 焊接变形较大, 到后面一些层数, 随着焊缝厚度的增加, 接头的刚性增加, 引起的焊接变形量逐渐减小。

4.3.3 采用分段、倒退、跳跃的方法控制变形和残余应力

结构内的焊接残余应力具有不稳定性, 随着时间而变化, 尤其是在受热或受外部交变应力的作用下, 焊接残余应力会释放, 同时会引起构件的再次变形。另外焊接残余应力的累积, 也会产生焊接变形。因此在焊接时除控制可见的焊接变形外, 还需严格控制焊接残余应力。

根据焊接残余应力产生的机理可知: 如果凝汽器与低压缸焊接时, 每边是从一端向另一端焊接, 则将产生如图 4.3.3-1 所示的焊接应力, 应力的平衡点 P 在距两端各为 $L/4$ 处 (L 为总长), 故实际焊接时大分段点宜在 P 和中心点 Z 。可以将连续焊改为分段焊接 (见图 4.3.3-2) 可使局部的焊缝引起的焊接应力和变形适当减小, 通过调整焊接方向, 如每一层的焊接方向相反, 可以使每一层的焊接应力相互抵消, 如图 4.3.3-3 所示。

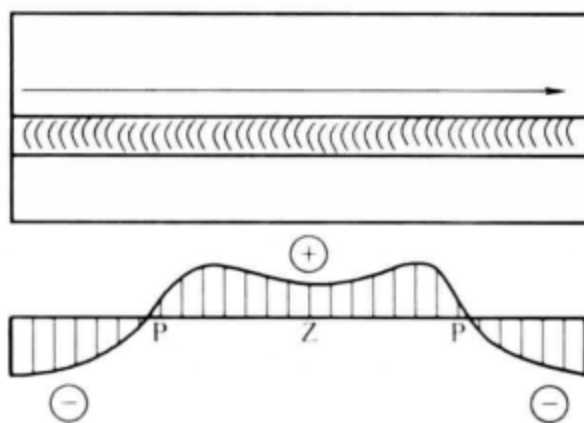


图 4.3.3-1 单向焊接的应力

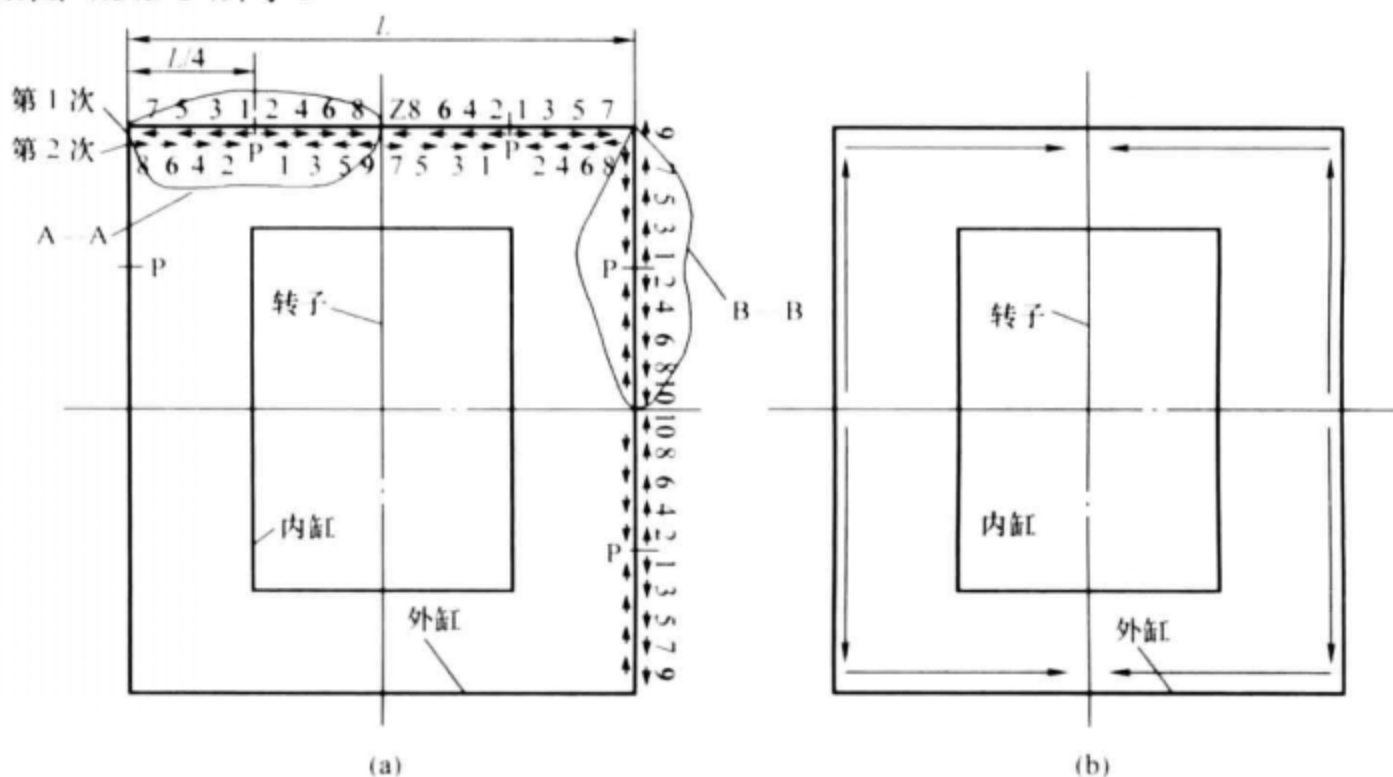


图 4.3.3-2 焊接顺序

(a) 1~5 层焊接顺序; (b) 第 6 层 (盖面层) 焊接顺序

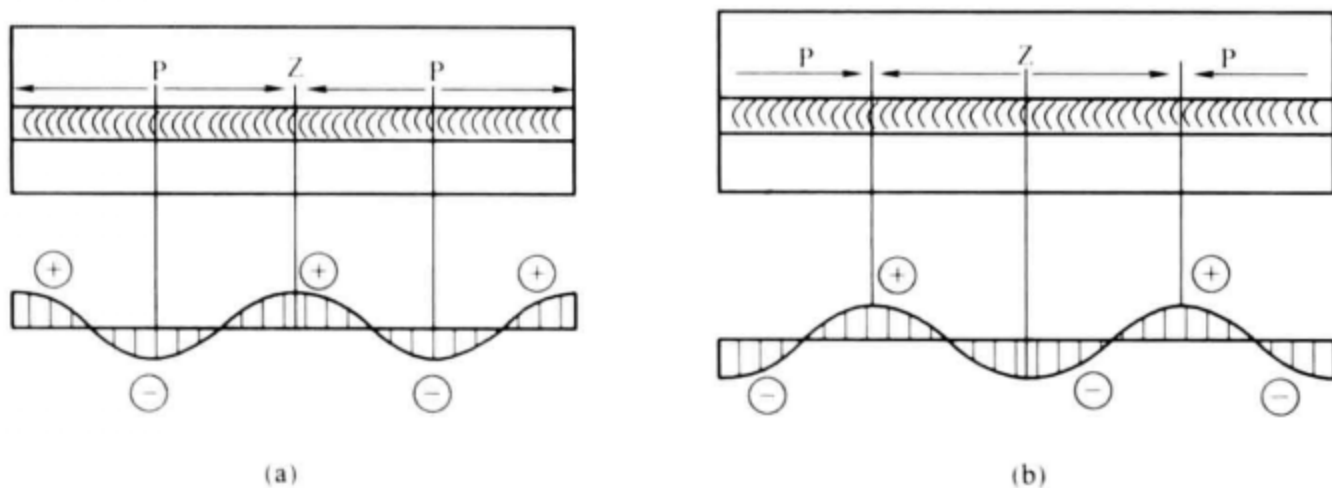


图 4.3.3-3 分段倒退焊接的应力分布

(a) 第 1 层; (b) 第 2 层



4.3.4 采用多人对称焊接的方式控制变形

采用专人进行指挥，多名焊工对 4 条焊缝同时进行施焊，要求每名焊工采用的焊接线能量保持一致，确保达到对称焊接，使各条焊缝的变形保持一致，减少缸体整体旋转变形及焊缝的弯曲变形。

4.3.5 采用锤击的方式减小变形

通过锤击，使焊缝金属产生塑性变形，降低焊缝收缩时的残余应力，并减小焊接变形。同时采用较高的锤击频次，实现使结构发生共振所产生的循环应力来降低残余应力的目的。

4.3.6 往伸缩节灌冷水减少焊接变形

对于含有橡胶装置的凝汽器喉部膨胀节的连接时，伸缩节必须灌满水以防橡胶受热老化。在焊接过程中，通过不断往伸缩节灌冷水，使其始终处于溢流状态，这样就能使焊接处热量减少，使焊接接头熔敷金属受热面积大大缩小，也能起到减少焊接变形的作用。

5 工艺流程及操作要点

5.1 工艺流程（见图 5.1）

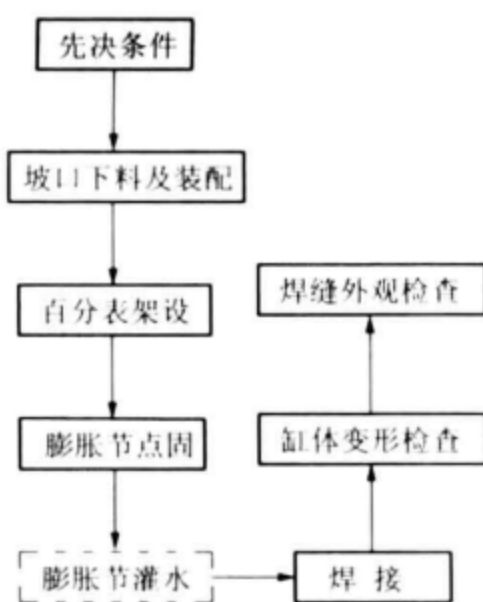


图 5.1 工艺流程图

注：若膨胀节装有橡胶，则焊接时要向膨胀节灌水。

5.2 操作要点

5.2.1 先决条件

5.2.1.1 人员确定

要求焊工共 8 人，每人负责焊接每边的 $L/2$ 长区域。焊工必须具备板件 2G 位置的焊接资格证。

指挥人员 1 名，要求由焊接技术人员承担，负责对现场施焊顺序、施焊速度的协调，同时根据变形监测结果，分析变形原因，及时对现场的施焊顺序进行调整。

变形监测人员 1 名，主要负责现场各个监控百分表数据的观察及记录，并随时将信息反馈到指挥人员（焊接技术员）处。

钳工若干名，主要负责膨胀节的下料、修整、对口工作。



5.2.1.2 焊接工艺参数确定

在正式焊接前，焊工在试焊板上进行焊接电流的调整和焊接速度的试验，焊接工艺参数见表 5.2.1.2-1、表 5.2.1.2-2。

手工电弧焊 (SMAW) 焊接参数

表 5.2.1.2-1

焊材型号	直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	焊接速度 (mm/min)	备 注
E5015	$\phi 2.5$	85~90	23~24	30~40	打底层
E5015	$\phi 3.2$	100~110	23~24	65~75	填充及盖面层
E5015	$\phi 4.0$	140~150	26~27	100~110	填充层

CO₂ 气体保护焊 (GMAW) 焊接参数

表 5.2.1.2-2

焊材型号	直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	焊接速度 (mm/min)	备 注
ER50-6	$\phi 1.6$	160~165	23~24	115~120	打底层
ER50-6	$\phi 1.6$	250~270	25~26	290~300	填充及盖面层

注 CO₂ 流量：18~20L/min。

5.2.2 坡口下料及装配

(1) 坡口加工应符合图样要求。

(2) 将坡口表面及附近母材内、外壁的油、漆、垢等清理干净直至发出金属光泽，清理范围：焊脚 K 值+10mm。

(3) 按照图纸要求进行预对口，对坡口间隙超标的范围及需堆焊的厚度或需打磨的尺寸等详细标出，并在正式对口前进行堆焊、切割或打磨处理，使各段的坡口间隙保持基本一致。

(4) 对口结束后，再对缸体进行找正。

5.2.3 百分表架设

在缸体找正结束后，为便于观察在焊接过程中缸体的变形情况，并及时对焊接顺序进行调整，在缸体及转子的不同部位架设多只百分表，百分表的布置位置及数量见图 5.2.3，并将各百分表归零。

5.2.4 膨胀节点固

点固前，坡口用楔块塞牢，楔块的形状如图 4.3.1 所示，具体布置如图 5.2.4 所示。

5.2.5 灌水

对于装有橡皮垫的膨胀节，在焊接前先将膨胀节灌满水，在焊接过程中，必须不断向膨胀节灌水，使其始终处于溢流状态，如图 5.2.5 所示。

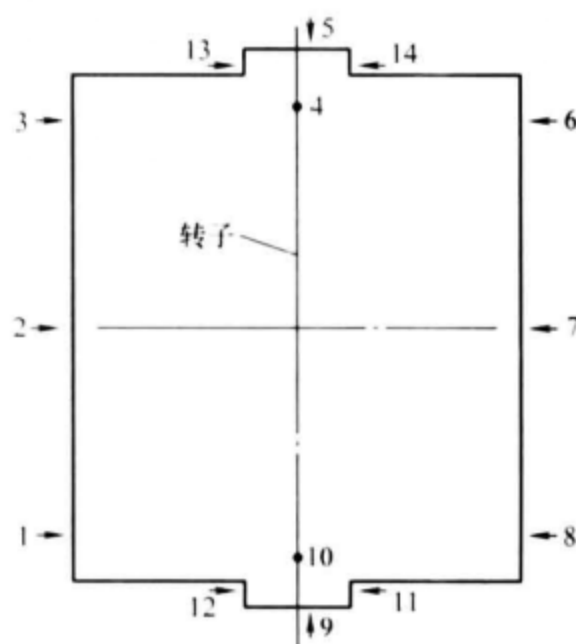


图 5.2.3 百分表布置图

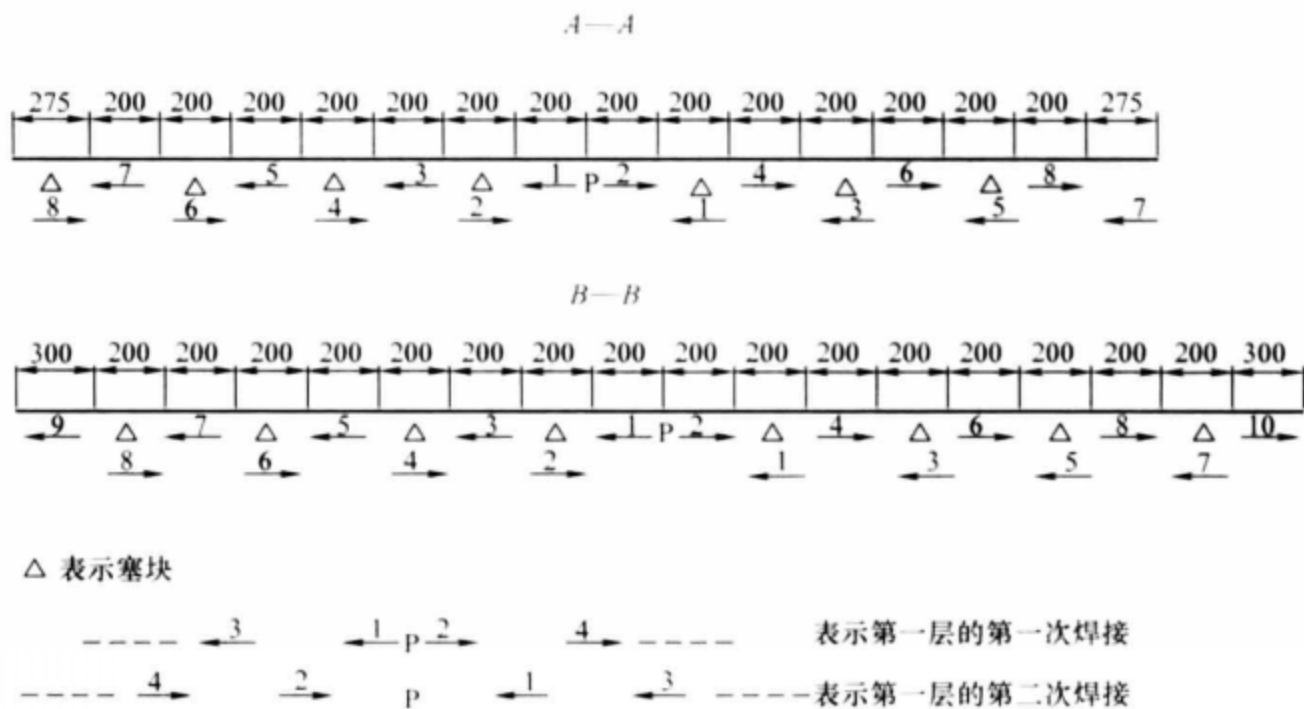


图 5.2.4 楔块布置图

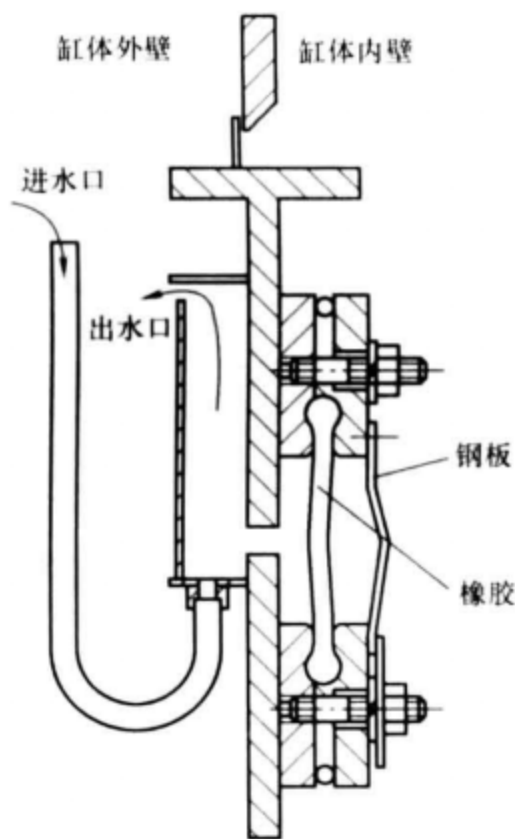


图 5.2.5 膨胀节

5.2.6 焊接

5.2.6.1 焊接流程（见图 5.2.6.1）。

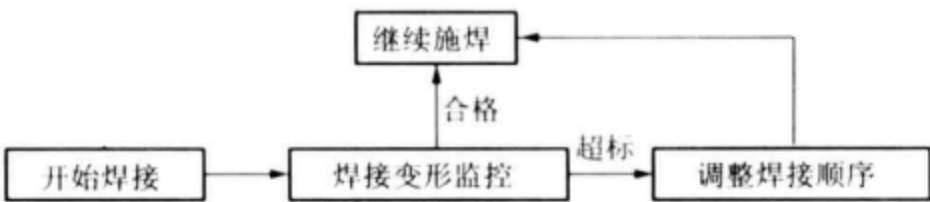


图 5.2.6.1 焊接过程流程图

5.2.6.2 开始焊接

(1) 焊接时由焊接技术员统一指挥协调，每焊一根焊条（如若采用 CO₂ 气体保护焊，则每焊 200mm），采用头部为圆锥形状的手锤，在红热状态下（800～500℃）用锤子保持较高频