

STEEL HIDDEN ARC WELDING TECHNIQUE

钢桥结构焊接接头埋弧 自动焊施焊工艺

张国华 曹 景 主编

刘旭锴 主审

中国建筑工业出版社

钢桥结构焊接接头埋弧 自动焊施焊工艺

张国华 曹 景 主编
刘旭锴 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

钢桥结构焊接接头埋弧自动焊施焊工艺/张国华,
曹景主编. —北京:中国建筑工业出版社, 2009

ISBN 978-7-112-11640-9

I. 钢… II. ①张…②曹… III. 钢桥—焊接结构—
焊接接头—埋弧焊: 自动焊—焊接工艺 IV. TG445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 219439 号

钢桥结构焊接接头埋弧自动焊施焊工艺

张国华 曹 景 主编

刘旭锴 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京密东印刷有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 6 字数: 172 千字

2010 年 6 月第一版 2010 年 6 月第一次印刷

定价: 26.00 元

ISBN 978-7-112-11640-9

(18900)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书介绍了目前实施的埋弧自动焊施焊工艺、部分工艺概念释义和作者曾用于施焊工艺实践的埋弧自动焊工艺理论；探讨了一些提高埋弧自动焊工艺功效，防止焊接变形、焊缝裂纹、延迟裂纹，提高焊接接头使用性能的施焊工艺技术。

本书可供结构工程设计、施工、管理人员参考。

* * *

责任编辑：田启铭 于 莉

责任设计：赵明霞

责任校对：赵 颖 刘 钰

前 言

随着我国经济建设的快速发展，钢制焊接结构在高层建筑、城市桥梁、公路桥梁、体育场馆、会展中心得到了越来越广泛的应用。大跨度、超高层钢结构的迅猛发展，使构件截面不断增大，钢板厚度越来越厚，结构形式亦随之新颖多样。设计工程师为了处理大型结构设计中，构件交汇的节点，应用了加工性能良好但焊接难度较高的铸钢件。焊制钢结构是由母材(主体材料)和焊接接头组成的，焊接接头的使用质量即使用过程的安全可靠性，从根本上决定了焊制钢结构的质量。

焊接接头的使用质量概念，就其属性讲起码包含如下两个内容：①焊接缺陷：因其性质、数量、产生原因和存在部位均在不同程度上削弱了焊接接头的使用质量，同时也降低了焊制钢结构的使用性能。诸如气孔、夹渣、未熔合等缺陷均消减了焊缝截面尺寸和致密程度；裂纹缺陷危害程度就更加严重。对于焊道可以通过超声波检测、射线(X γ)检测、渗透检测、磁粉检测等手段来判定焊缝质量是否合格，也可以通过采取相应返修手段消除缺陷，使其达到合格指标。②有些危险性缺陷在构件使用过程中才逐渐暴露出来，无损检测方法只能检查焊接接头(焊缝)的静态质量，而焊制钢结构在使用过程中焊道的质量变化是很难实施预先检测的，以至酿成灾难性事故。裂纹，特别是延迟裂纹，突发性脆断均是此类危险性缺陷。再有施焊时工艺参数的线能量输入过大、焊接层次过多，焊接区域焊后残余应力过大，施焊工艺不当造成了超差的焊接变形，为了“交工”对焊缝区域进行火焰“矫正”使焊缝区域内原已存在的较大残余应力在烘烤连续加热和冷却作用下“重新分配”达到矫正目的，而置应力的去向和焊缝区域的组织性能变化于不顾。这些都会危害焊制钢结构的使用

性能而无损检测手段不能实施预先检测的缺陷。确保焊制钢结构焊接质量和安全可靠使用是一整套复杂的系统工程，它需要焊接工艺技术人员不断学习、实践、实验去解决其中的部分问题。

埋弧自动焊工艺技术是一项成熟的焊接工艺技术。它有使用电流大，电弧热量集中，焊剂对电弧空间有可靠保护等固有点；因此焊缝熔深增加，电弧热利用率高，焊接速度快且焊缝质量好。已为各行业的钢制焊接结构制造企业广泛应用；中厚钢板接头施焊应用最广。

世界各先进工业国家，相继采用了单丝或双丝自动跟踪的窄间隙，埋弧自动焊，各国采用的窄间隙，坡口相似而略有不同。我国《钢制压力容器焊接规程》JB 4709—2000 标准释义中规定：“埋弧自动焊时对接焊缝 I 形坡口（即不开坡口不清根）全熔透结构适用板材厚度：其 $\delta_{\max}$ 为 20mm；正反两侧面各焊一道完成。”“这样的坡口尺寸最大电流值一般不超过 850~900A；热输入量对于 $\sigma_b \leq 490\text{MPa}$ 的低合金钢来说其焊接接头性能可满足要求。”

笔者涉足于锅炉、压力容器、建筑钢结构、钢桥结构的焊接工程施工几十年。近几年来从事钢桥建造工程监理工作需对施工承包单位进行资质能力考察的机缘，得以广泛接触部分钢桥建造施工的大中型企业的现行埋弧自动焊焊接工艺并学习，查寻了相关工艺技术标准，规范；经与石油化工建设，电力建设行业的焊接同仁、故友切磋，加大跨度桥梁超高层钢结构的迅猛发展，大厚板乃至铸钢件的应用，我们进行了埋弧自动焊低合金高强度结构钢桥梁用钢全熔透、对接接头（含 T 型对接）中厚板，大钝边，窄间隙埋弧自动焊工艺技术探讨，并在提高其接头使用可靠性方面作了部分努力得到了些收获。

本书由天津市赛英工程建设咨询管理有限公司张国华和天津市市政工程设计研究院曹景主编，天津市赛英工程建设咨询管理有限公司参编，天津市市政工程设计研究院刘旭绪总工主审。本书在编写过程中原天津市化工建设公司周金元总工进行了审阅，在此表示感谢。

本书内容中的不妥之处，恳请读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章	从“焊接工艺评定”说起	1
第 2 章	埋弧自动焊工艺参数与熔焊电弧状态实施 窄间隙全熔透施焊	12
第 3 章	焊接过程中实施“消应消氢法”措施的埋弧 自动焊工艺	16
第 4 章	焊接工艺“过程控制”的重要性	33
第 5 章	中厚板手工电弧焊、埋弧焊及铸钢节点焊接技术 ...	35
第 6 章	中厚板对接接头焊缝裂纹及脆断缺陷	49
第 7 章	“表面堆焊法”工艺矫正构件原始形态缺陷及 焊接残余变形	63
第 8 章	桥梁用结构钢、高强度低合金钢的手工电弧焊	80
第 9 章	工艺技术管理与焊接工艺技术水平	103
第 10 章	过程控制、焊接检验及相关标准规定	117
第 11 章	焊接返修及提高焊接接头综合力学性能的方法 ...	125
第 12 章	钢桥工程监理	148

第1章 从“焊接工艺评定”说起

《钢制压力容器焊接工艺评定》JB 4708—2000 标准在国内首次提出“焊接工艺评定”术语(即专业概念)。“焊接工艺评定”是指为验证所拟定的焊件焊接工艺的正确性而进行的试验过程及结果评价。“焊接工艺评定”的目的在于验证拟定的“焊接工艺指导书”的正确性;而“焊接工艺指导书”应由具有一定专业知识和相当实践经验的焊接工艺人员根据钢材的焊接性能、结合产品特点设计图样要求,本单位制造工艺、工装条件,技术水平状态和管理情况来拟定的。

同是焊制钢结构制作安装企业,由于它们隶属的行业不尽相同,所制造安装的产品施工技术规范、标准、合格指标也不完全相同,各行业管理模式各异,行业间技术交流不多;所以形式相同的焊接接头的焊接工艺过程和工艺水平亦有差异。

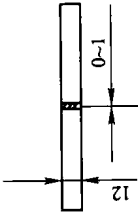
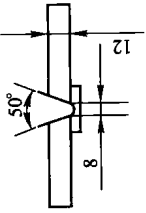
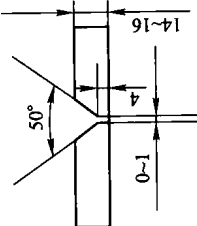
因技术交流和工程监理工作的机缘,笔者得以接触一些大中型钢桥结构制造安装企业的生产厂内制造,现场安装施工的焊接工艺过程并对照查阅了施焊单位的“焊接工艺评定清册”。

“焊接工艺评定清册”或“焊接工艺评定汇编”,它验证施焊单位所拟定的“焊接工艺指导书”的正确性,并据此评定施焊单位的能力;它亦是施焊单位技术储备的标志之一。现就录于施焊单位“焊接工艺评定清册”或“汇编”且正在实施的钢桥结构全熔透焊接接头施焊工艺实例进行一些研讨,见表 1-1。

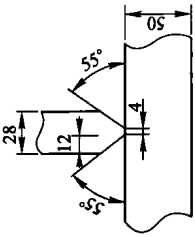
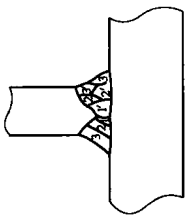
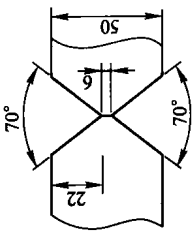
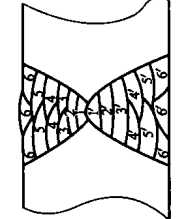
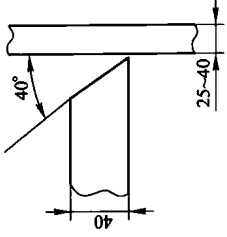
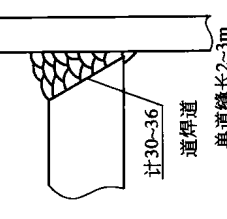
JB/T 4709—2000 标准释义中讲述:“焊接坡口的根本目的在于确保接头根部的焊透,并使两侧的坡口面熔合良好,故焊接坡口设计的两条原则是熔深和可焊到性,设计依据是:①焊接方法;②母材的钢种及厚度;③焊接接头的结构特点;④加工坡口的设备能力。还应考虑以下因素:①焊缝填充金属尽量少;

钢桥结构全熔透焊接接头施焊工艺

表 1-1

本文 编号	接头型式	焊缝成形	材质	焊材牌号 及规格	适用部位	焊接工艺过程
1			Q345q _D	H10Mn2 φ4 SJ101	箱梁底板纵横 梁板料拼接	6mm ≤ δ ≤ 12mm 被双面 埋弧自动焊
2			Q345q _D	JQYJ501—1 φ1.2 陶质衬垫 H10Mn2 φ5.0 SJ101	单元总成底板 对接现场施工拼 焊	CO ₂ 半自动气电焊打底 埋弧自动焊填充盖面
3			Q345q _D	JQYJ501—1 φ1.2 碳棒 H10Mn2 φ5.0 SJ101	焊制 H 型梁, 箱梁翼板腹板梁 底板拼接焊	CO ₂ 半自动气电焊打底 后两到三层埋弧自动焊填充 盖面; 背面碳弧气刨清 根磨削后两层埋弧自动焊- 填充-盖面

续表

本文 编号	接头型式	焊缝成形	材质	焊材牌号 及规格	适用部位	焊接工艺过程
4			Q345qD	H10Mn2E φ5.0 碳棒 SJ101q	焊制 H 型钢 梁, 翼板与腹板 的 T 型对接焊	焊前接缝区及两侧 140℃ 预热; 层间温度 120 ~ 150℃; 船型位置施焊; 单 侧三层埋弧焊道焊后翻身 清根磨削。磨清后施焊另 一侧三层五道埋弧焊道
5			Q345qD	H10Mn2E SJ101q 碳棒	厚板结构材料 对接拼焊	焊前接缝区及两侧 140℃ 预热; 层间温度 120~150℃ 正面埋弧自动焊 6 层 11 道。 翻身破弧自动清根磨削。背 面埋弧自动焊 6 层 10 道, 焊道共 12 层 21 道, 焊后 保温
6			Q345qD	TWE φ1.2	锚箱盒及锚箱 盒与隔腹板拼焊	焊前 120 ~ 140℃ 预热 CO ₂ , 药芯焊丝气电焊, 焊 接位置: 1. 锚箱盒拼焊平角焊 2. 与隔腹板接组角立焊

②避免产生缺陷；③减少残余焊接变形与应力。各标准所列的坡口形式和尺寸都是可行的，但不一定是最佳的，最佳的焊接坡口只有结合施焊单位的实际条件研究实验才能确定。”

(1) 上列从施焊单位“清册”或“汇编”中所录的编号1, 3号工艺，是一些施焊单位通用工艺。 $6\text{mm} \leq \delta \leq 12\text{mm}$ 板料，I形坡口，0~1mm 间隙，双面埋弧自动焊确保焊接接头与母材等强熔透焊坡口形式在 GB 986 标准中早有规定，且各施焊单位应用该工艺的年限已很长、很有成效，此处不赘述。当板料厚度 $\delta > 12$ 时的第3号工艺：4mm 钝边， 50° 单面 V 形坡口， CO_2 半自动气电焊打底后两到三层埋弧自动焊填充盖面，背面“碳弧气刨”“清根”磨削后再二层埋弧自动焊填充，盖面；如此算来从开坡口加工到施焊完成不少于五道工序过程。据施焊单位讲：用 CO_2 半自动气电焊打底是为了保证第一层埋弧自动焊填充焊道施焊时不会烧穿，碳弧气刨“清根”是为了：①保证熔透；②清除 CO_2 半自动气电焊时可能存在的接头部位和其他缺陷。实际上这种讲法本身就否定了该工艺坡口设计的正确和可行性。埋弧自动焊工艺特点是电流大，深熔，也用 CO_2 打底实际上是将开坡口时切掉的母材金属焊补上且填塞了间隙，以保证埋弧焊时不会因使用大电流焊穿，那为什么只留 4mm 钝边？本来就担心 CO_2 打底时会产生接头部位和其他缺陷，焊件翻身后还要用碳弧气刨铲掉，那这些材料，人工，机械岂不是空耗？况且单侧 V 形坡口，单侧填充金属，焊接层次多将造成接缝处“棱角度”变形和焊接残余应力较大且因焊接层次多而缺陷几率会增加。

(2) 上列从施焊单位“焊接工艺评定清册”或“汇编”中的编号2号工艺： $\delta = 12\text{mm}$ 平板对接， 50° 单 V 形坡口，非金属（陶瓷）衬垫，8mm 间隙， CO_2 半自动气电焊打底，埋弧自动焊填充，盖面工艺；此工艺优点颇多：①工厂内组拼运输单元构件和现场工地拼焊单面施焊操作方便；②大面积拼焊全熔透结构接头省去了大面积板料翻身施焊背面焊道工序；③工地现场较大结

构件对接拼缝施焊省去了底面焊缝的“清根”和难度较大的仰位置焊道施焊。但是此工艺为了 CO_2 半自动气电焊操作将组拼间隙定为 8mm，再加上 50° 开口形坡口，焊接层次，填充金属都增加了不少，与前文所讲 2 号工艺一样： CO_2 半自动气电焊仍可能有接头部位外观(去掉陶垫后)缺陷；焊接层次多，填充金属多仍会有较大棱角变形和应力，仍因焊接层次多。层间缺陷出现的几率便多些。

钢箱梁、叠合梁工厂内或工地现场，接缝较长的对接接头，可以采用金属垫板(指桥面板)非金属垫板(指箱梁叠合梁底板拼焊后垫板应去掉)，I 形坡口或 Y 形坡口窄间隙埋弧自动焊，一般板料 $\delta < 14\text{mm}$ 时可单面焊一道完成， $\delta > 14\text{mm}$ 时可施焊两道完成，具体工艺方法容后文表述。

(3) 上列从施焊单位“焊接工艺评定清册”或“汇编”中所录的编号 4 号工艺：T 形全熔透对接接头埋弧自动焊，翼缘板 $\delta = 50\text{mm}$ ；腹板 $\delta = 28\text{mm}$ ；腹板接缝处坡口加工为：双侧 55° 坡口，中钝边 4mm 与翼板组拼成 K 型接头，船型平位施焊；焊前 140°C 预热，首焊侧三层三道完成；次焊侧碳弧气刨清根，磨削后三层五道施焊完成；层间温度， $120 \sim 150^\circ\text{C}$ 控制；焊后保温。

此工艺施焊可得到保证与母材等强，质量较好的焊接接头；但是，焊后焊接残余应力和变形较大，翼板不平度超差；据调查，对大型，大厚度板材焊制 H 型构件矫形设备，就国家部委属大企业拥有率也不多，故而对其采用“火焰热矫”矫形是目前建筑钢结构，桥梁结构制造企业的“通用工艺”，但各自掌握的水平，火焰热矫的“温度掌控”各不相同其结果应讨论。

(4) 上列从施焊单位“清册”或“汇编”中所录工艺编号 5 工艺：板厚 50mm；X 形坡口两侧面均 70° ，6mm 钝边，不留间隙；双面埋弧自动焊；焊前 140°C 预热；层间温度控制在 $120 \sim 150^\circ\text{C}$ ，正侧面 6 层 11 道施焊，背面碳弧气刨清根，磨削后 6 层

10 道埋弧自动焊；共 12 层 21 道完成；焊后保温。此工艺施焊单位经焊接工艺评定合格并应用于工程构件施焊。

对于低合金高强度结构钢中厚板全焊透对接接头施焊工艺，我们掌握了一些知识和已往工程的施焊工艺技术。监理工程师监督的责任驱使我们查阅、学习了些建筑钢结构，桥梁结构施工的相关标准，规程，规范：

JTJ 041—2000 实施手册第十七章规定“厚度为 25mm 以上时(低合金高强度结构钢，桥梁用钢)进行定位焊，手弧焊及埋弧自动焊时应进行预热。”

JB 4709—2000 标准释义“预热可以降低焊接接头冷却速度，防止母材和热影响区产生裂纹，改善它的塑性和韧性，减少焊接变形，降低焊接区的残余应力。”当遇有速度大或环境温度低等情况时还应适当增加预热温度。

《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81—2002，6.5 焊后消除应力处理第 6.5.2 款：焊后热处理应符合现行国家标准《碳钢、低合金钢焊接构件焊后热处理方法》GB/T—6046 的规定……

或许是与购买标准的渠道有关还是其他原因，JGJ 81—2002；6.5，6.5.2 款印刷有误，目前尚不知是否有“修正单”下发。《碳钢、低合金钢焊接构件焊后热处理方法》是现行中华人民共和国机械行业标准 JB/T 6046—92；由中华人民共和国机械电子工业部 1992 年 5 月 5 日发布；1993 年 7 月 1 日实施；GB/T 6046 其标准标题是《指针式石英钟》。

众里寻她，我们姑且认为 JB/T 6046—92 便是 JGJ 81—2002 所指的相关标准。进行了深入学习：

1. 主题内容与适用范围

本标准规定了碳钢、低合金钢焊接构件的焊后热处理方法。本标准适用于锅炉、压力容器的碳钢、低合金钢产品以改善接头性能，降低焊接残余应力为主要目的而实施的焊后热处理。其他产品的焊后热处理亦可参照执行。

2. 引用标准

《钢制压力容器》GB 150；《焊接名词术语》GB 3375；《金属热处理工艺术语》GB 7232；《热处理炉有效加热区测定法》GB 9452；《球形储罐施工及验收规范》GBJ 94；《锅炉受压元件焊接技术条件》JB 1613 共引用标准六项。

JB/T 6046—92 标准规定了碳钢低合金钢焊接构件焊后热处理方法。低合金钢包括的范围较广：《压力容器用钢》GB 6654；《低合金高强度结构钢》GB/T 1591；《桥梁用结构钢》GB/T 714；均属低合金钢范畴；因此建筑钢结构，钢桥结构用中厚钢板焊接工程施工依遵 JB/T 6046—92 标准相关规定是恰当的，亦属于该标准适用范围之“其他产品”之列。

GB 150 是 JB/T 6046 中首选引用标准。它们互补相依，关联明确可操作。GB 150—1998 标准规定低合金钢当采用预热工艺时其材料厚度 δ 不小于 30mm，焊前不采用预热的 δ 不小于 28mm 材料均需要焊后热处理。JB/T 4709 标准中表 6 又规定了碳素钢、强度型低合金钢焊后热处理温度，加热时间，表 13 列出了世界各先进国家标准：ASME；BS；ISO；HPIS；AWS/ANSI；JISB 各标准焊后热处理(PWHT)温度比较，为使用国外等效钢材提供了方便；JB/T 6046—92 标准提供了热处理方法。各标准组合融汇，相得益彰，确保焊制钢结的使用安全可靠。

通过焊后热处理可以松弛焊接残余应力、软化淬硬区、改善组织、减少含氢量、提高耐蚀性，尤其是提高冲击韧性和改善力学性能。总之其结果是确保焊制钢结构的使用安全可靠。

综上所述本文表编号 5 埋弧自动焊工艺的工艺技术规范中缺少了使用性能保证的焊接工艺技术措施。Q3459 材料的焊接性能中：对“冷裂纹敏感”或曰：“氢敏感”施焊此种材料中厚板时必须注意材料因素，应采取相应措施防止。

本文表编号 6 工艺：焊接方法：CO₂ 半自动气电焊(气电焊是气体保护电弧焊总称)，而不是埋弧自动焊所以列入本文是研讨一

下 CO_2 气电焊对此类接头的适用性，和与埋弧自动焊的比较。

CO_2 半自动气体保护电弧焊有很多优点：诸如生产率高，成本低操作简便和焊接变形及内力小，适用范围广等；这些优点应是对一定产品结构、生产条件、材料板厚、采取相应技术工艺措施方能显现出来，和其他焊接方法一样在满足其焊接技术条件下方能进行焊接施工。诸如：埋弧自动焊一般进行平位置施焊和船形位置平焊；焊接圆筒形构件环焊缝就需采用工艺装备：外环焊缝使用圆筒构件转动机具和焊接平台；内环缝施焊则尚须“探臂”才能将其定位施焊。氩弧焊焊接紫铜管件或管子接缝（紫铜分电解铜，无氧铜和含氧铜三种）在任何环境温度下施焊均须将接缝及两侧各不少于 20mm 处预热不低于 600°C 后方可施焊；焊后“水淬”为了使接头部位软化且可做形位矫正。如管材料为“含氧铜”时氩弧焊工艺尚须在施焊时加入脱氧“铜焊剂”否则易有裂纹产生。

本文表编号 6 工艺：用于洛阳市钢管混凝土拱桥结构中叠合梁锚箱结构施焊，图 1-1 所示。其装配焊接顺序为：锚箱主箱 $\delta=40$ ，H 型截面部分先装配、焊接、矫正焊接变形后再与两片 $\delta=20$ 定位腹板装配施焊； $\delta=40$ 板边缘均开 40° 坡口；H 构件为 40/40 板厚组拼后平位置施焊；40/25 板厚腹板组拼后立位置施焊，见图 1-1。

本工艺施焊的角接接头 40/40 板厚和 40/25 板厚两种接头的焊接层数和接头填充金属截面面积是相等的且均不小于 7cm^2 ；30 道堆焊金属在不小于 7cm^2 ，截面长度 2116mm 的坡口内电弧冶金高温对母材加热热胀加压，再冷凝收缩拉回已被压缩变形的母材过热区金属产生的焊接残余应力是可观的，形成的残余变形也不小。

矫正焊接残余变形施工，施焊单位采用“火焰热矫正”工艺；GB 50205—2001，JGJ 041—2000 标准中的“矫正和成型”条款中热矫正工艺指的是材料、型材和零件。遍查建筑钢结构和桥梁结构施工的相关标准：焊接变形后焊接接头焊缝近域火焰加热矫正变形的相关规定均未寻出端详。

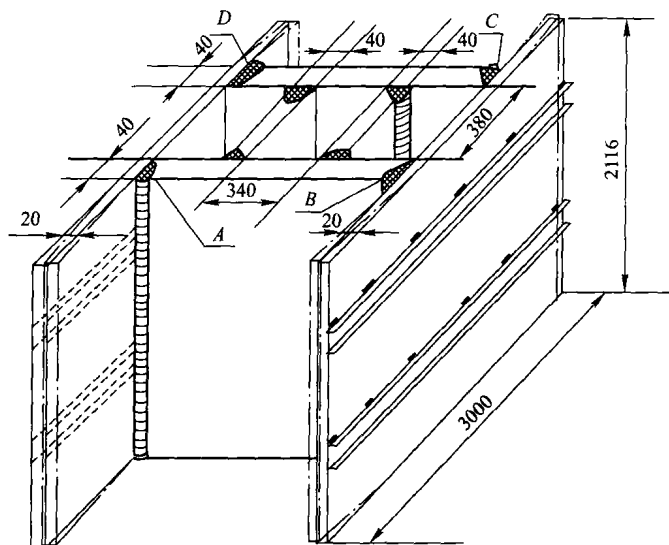


图 1-1 施焊示意图

说明：① 图中槽钢是施焊 A、B、C、D 焊缝时抑制变形用措施件，焊后去掉。

② 图中——是焊后焊接变形的曾有位置轮廓线；实线是火焰矫形后结构形线。

③ H 形结构是火焰矫形后安装定位。

④ 25mm 锚箱位腹板焊后 A、B、C、D 焊缝产生的残余变形火焰矫形区和余痕。

JB 4709—2000 标准第 7 条：后热第 7.3 款“后热温度(指焊后立即对焊接接头焊缝近域进行加热，使其缓冷的工艺措施。它不等于焊后热处理，它有利于焊缝中扩散氢加速逸出，减少残余变形与残余应力，是防止焊接冷裂纹的有效措施之一)一般为 200~350℃ 保温时间与焊缝厚度有关一般不低于 0.5h。”此条款标准释义为：“温度达到 200℃ 以后氢在钢中大大活跃起来，消氢效果好，后热温度的上限一般不超过马氏体转变终结温度，而定为 350℃。”

我们见到的工厂内施工建造过程中进行的：本文表编号 4、编号 6，工艺对构件实施焊接施工，产生了超标残余变形，进行

了连续加热的氧炔焰烘烤矫正工艺过程见图 1-2:

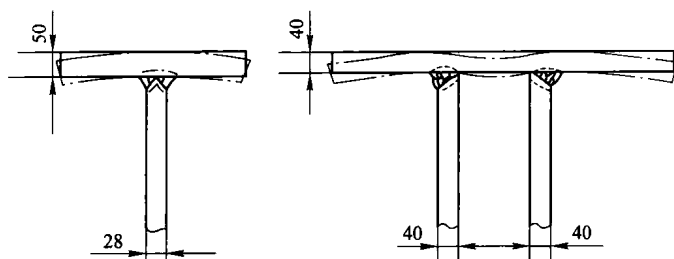


图 1-2 火焰矫正工艺过程

说明: ① ———— 轮廓是焊后变形曾有形迹。

② 烘烤热矫加工位及热传导截面。

因钢板厚度较厚,本文表编号 4 号工艺 K 形坡口埋弧自动焊两侧共六层八道焊缝完成;6 号工艺是单 V 形坡口 CO_2 半自动气电焊交错重叠施焊三十余层道,如图 1-1 所示;当 A、B、C、D 立焊缝施焊终了时图中抑制变形用槽钢的间断定位焊缝宽被形变力拉断。翼板,腹板焊后变形产生的不平度超差,矫正是要费功力的。

热矫正工艺由“热矫正工”来完成,特大号氧炔焰烤枪在本节图 1-1、图 1-2 所示意的部位上着力烘烤,热了,钢板表面红了甚至于钢板表面出现了熔融状态方罢休,任其空冷,板面不平度超差矫正合格了。火焰热矫正工艺实施后在合格平整的构件上留下了局部蓝色局部黑色的烘烤痕迹及点状熔融痕。

氧炔焰烤枪烘烤的是焊缝近域母材金属表面。据观察被加热的金属表面已呈红热状态和局部熔融状态;此部分母材金属与经焊接电弧加热冶炼后结晶成形的焊缝金属比邻且已熔合;热传导至焊缝金属,其温度是否已升温至 350°C 以上,达到了焊缝金属马氏体转变的终结温度;焊接接头的组织性能是否良好?只能留下的疑问,因为不能在产品构件上取样加工成磨块进行金相组织分析而难以作出结论。

笔者曾是天津市《市政公路工程质量》刊物 2006 年第 2 期