



教育部高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

JIAOYUBUGAOZHIGAOZHUANCAILIAOLEIZHUANYE
JIAOXUEZHIDAOWEIYUANHUI
GONGCHENGCAILIAOYUCHENGXINGGONGYILEIZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

焊接检测 及技能训练

许利民 / 主编 吴静然 蔡建刚 / 副主编 孟宪斌 苏海青 / 主审



HANJIE
JIANCE
JINENGXUNLIAN

焊接结构生产、熔焊过程控制与焊接工艺
焊接方法与设备、焊接检测及技能训练
金属材料、热处理技术基础
热处理设备、金属材料检测技术
热处理技能操作训练、铸造合金熔炼及控制
铸造生产及工艺设计、特种铸造
铸造工程CAE优化设计、铸造技能基础实训

中南大学出版社
www.csupress.com.cn

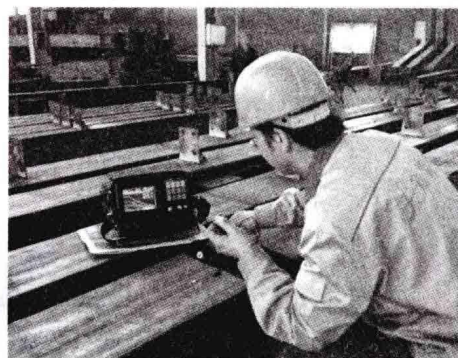
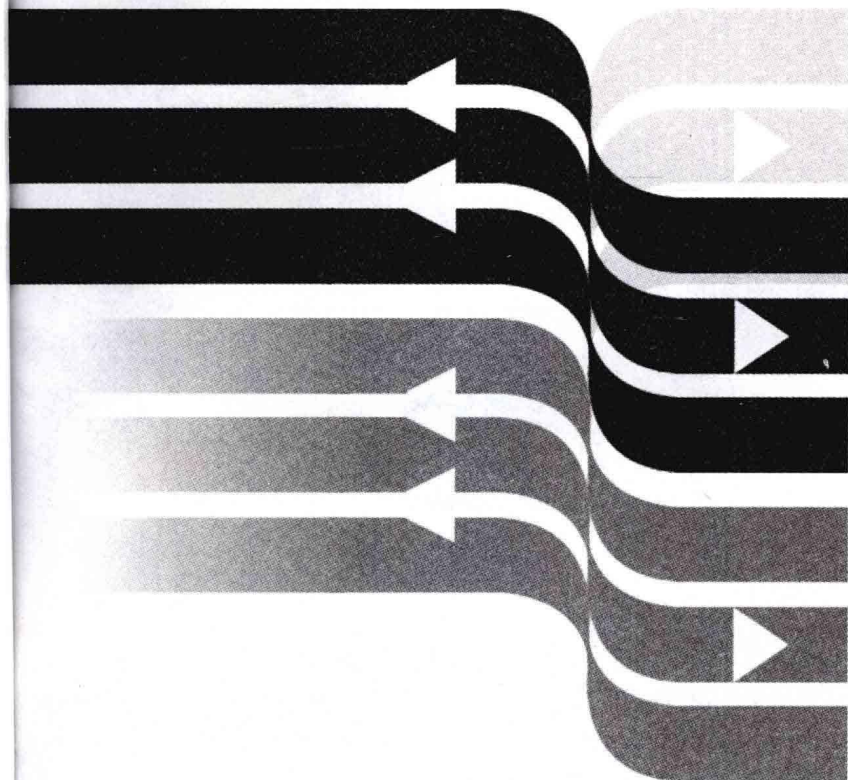


教育部高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

JIAOYUBUGAOZHIGAOZHUANCAILIAOLEIZHUANYE
JIAOXUEZHIDAOWEIYUANHUI
GONGCHENGCAILIAOYUCHENGXINGGONGYILEIZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

焊接检测 及技能训练

许利民 / 主编 吴静然 蔡建刚 / 副主编 孟宪斌 苏海青 / 主审



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

焊接检测及技能训练/许利民主编. —长沙:中南大学出版社,2010
教育部高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺
类专业规划教材

ISBN 978 - 7 - 81105 - 393 - 7

I. 焊... II. 许... III. 焊接 - 质量检验 - 高等学校:技术
学校 - 教材 IV. TG441.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 062420 号

焊接检测及技能训练

主编 许利民

☐责任编辑 史海燕

☐责任印制 周 颖

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙理工大印刷厂

☐开 本 787 × 1092 1/16 ☐印张 15 ☐字数 373 千字

☐版 次 2010 年 7 月第 1 版 ☐2010 年 7 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978 - 7 - 81105 - 393 - 7

☐定 价 31.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容简介



本书是教育部高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材。

本书主要讲述了超声波检测、射线检测、渗透检测、磁力检测、涡流检测等常用焊接无损检测方法的基本原理,检测设备、器材,不同焊缝及工件的检测技术、方法及相应的质量评定。引入大量技术实训内容,针对工程实践中多见的焊接结构及焊接接头形式进行实际检测训练指导,并介绍了如防止电离辐射等安全知识。对声发射检测、红外线检测、激光全息检测、中子射线法检测、液晶检测和微波检测等一些较新或发展较快的无损检测技术进行了简要介绍。

为了有利于学生实际工作能力的培养,对金属的焊接缺陷、焊接检测的依据、常用破坏性检测方法、焊接质量控制的基本内容、焊接质量评定标准、无损检测的应用、压力容器检测、检验人员技术资格鉴定等有关内容也进行了简要介绍。

本书是一本集理论与实际操作于一体的高等职业技术学院焊接或检测专业教材,亦可供从事无损检测技术工作的工程技术人员参考。



教育部高职高专材料类专业教学指导委员会 工程材料与成形工艺类专业规划教材编审委员会 (排名不分先后)

主 任

王纪安 承德石油高等专科学校

任慧平 内蒙古科技大学

副主任

曹朝霞 包头职业技术学院

谭银元 武汉船舶职业技术学院

凌爱林 山西机电职业技术学院

佟晓辉 中国热处理行业协会

王红英 深圳职业技术学院

赵丽萍 内蒙古科技大学

姜敏凤 无锡职业技术学院

委 员

张连生 承德石油高等专科学校

韩小峰 陕西工业职业技术学院

王泽忠 四川工程职业技术学院

阎庆斌 山西机电职业技术学院

李荣雪 北京电子科技职业学院

彭显平 四川工程职业技术学院

陈长江 武汉船舶职业技术学院

杨坤玉 长沙航空职业技术学院

诸小丽 南宁职业技术学院

蔡建刚 兰州石化职业技术学院

白星良 山东工业职业学院

杨 跃 四川工程职业技术学院

李学哲 沈阳职业技术学院

张 伟 洛阳理工学院

赵 峰 天津中德职业技术学院

杨兵兵 陕西工业职业技术学院

李 慧 新疆农业职业技术学院

谢长林 株洲电焊条股份有限公司

尹英杰 石家庄铁路职业技术学院

孟宪斌 齐鲁石化建设公司

苏海青 承德石油高等专科学校

石 富 内蒙古机电职业技术学院

邱葭菲 浙江机电职业技术学院

范洪远 四川大学

许利民 承德石油高等专科学校

杨 崑 西华大学

王建勋 兰州石化职业技术学院

曹喻强 陕西工业职业技术学院

韩静国 山西机电职业技术学院

王晓江 陕西工业职业技术学院

王书田 包头职业技术学院

付 俊 四川工程职业技术学院

郝晨生 黑龙江工程学院

柴腾飞 太原理工大学长治学院

总 序



当前,高等职业教育改革方兴未艾,各院校积极贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号文)和教育部、财政部《关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号文)文件精神,探索“工学结合”的改革之路,取得了很多很好的教学成果。

教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺分委员会,主要负责工程材料及成形工艺类专业与课程改革建设的指导工作。分教指委组织编写了《高职高专工程材料与成形工艺类专业教学规范(试行)》,并已由中南大学出版社正式出版,向全国推广发行,它是对高职院校教学改革的阶段性探索和成果的总结,对开办相关专业的院校有较好的指导意义和参考价值。为了适应工程材料与成形工艺类专业教学改革的新形势,分教指委还积极开展了工程材料与成形工艺类专业高职高专规划教材的建设工作,并成立了高职高专工程材料与成形工艺类专业规划教材编审委员会,编审委员会由教指委委员、分指委专家、企业专家及教学名师组成。教指委及规划教材编审委员会在长沙中南大学召开了教材建设研讨会,会上讨论了焊接技术及自动化专业、金属材料热处理专业、材料成形与控制技术专业(铸造方向、锻压方向、铸热复合)以及工程材料与成形工艺基础等一系列教材的编写大纲,统一了整套书的编写思路、定位、特色、编写模式、体例等。

历经几年的努力,这套教材终于与读者见面了,它凝结了全体编写者与组织者的心血,体现了广大编写者对教育部“质量工程”精神的深刻体会和对当代高等职业教育改革精神及规律的准确把握。

本套教材体系完整、内容丰富。归纳起来,有如下特色:①根据教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业制定的教学规划和课程标准组织编写;②统一规划,结构严谨,体现科学性、创新性、应用性;③贯彻以工作过程和行动为导向,工学结合的教育理念;④以专业技能培养为主线,构建专业知识与职业资格认证、社会能力、方法能力培养相结合的课程体系;⑤注重创新,反映工程材料与成形工艺领域的新知识、新技术、新工艺、新方法和新标准;⑥教材体系立体化,提供电子课件、电子教案、教学与学习指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源平台。

教材的生命力在于质量与特色，希望本系列教材编审委员会及出版社能做到与时俱进，根据高职高专教育改革的形势及产业调整、专业技术发展的趋势，不断对教材进行修订、改进、完善，精益求精，使之更好地适应高职人才培养的需要，也希望他们能够一如既往地依靠业内专家，与科研、教学、产业第一线人员紧密结合，加强合作，不断开拓，出版更多的精品教材，为高职教育提供优质的教学资源和服务。

衷心希望这套教材能在我国材料类高职高专教育中充分发挥它的作用，也期待着在这套教材的哺育下，一大批高素质、应用型、高技能人才脱颖而出，为经济社会发展和企业发展建功立业。

王纪安

2010年1月18日

王纪安：教授，教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会委员，工程材料与成形工艺分委员会主任。



为了进一步贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的文件精神,加强职业教育教材建设,满足职业院校深化教学改革对教材建设的要求,教育部高职高专材料类专业教学指导委员会召开了“工程材料与成形工艺类专业规划教材建设研讨会”。在会上,来自教指委及全国26所职业院校的专家、教授、一线骨干教师研讨了在新的职业教育形势下工程材料与成形工艺类专业的课程体系,确定了面向高等职业教育层次教材的编写计划。本书是根据会议所确定的教学大纲和高职高专工程材料与成形工艺类专业的教学规范及焊接技术及自动化专业的培养目标组织编写的。

本书重点强调培养学生应用常用的焊接检测技术及进行质量控制的能力,在编写过程中充分体现高等职业教育特色,力求“淡化理论、突出应用、重在技能”,基础理论以服务应用为目的、以够用为度。注重焊接检测基础知识的铺垫,以检测的技术控制为重点,突出检测操作及标准应用,为了加强技能培养引入较大的实训内容。

全书以无损检测为重点,适当介绍了现行国家及行业标准,有利于在工程实践中应用及参考。本书编写模式简洁、新颖,将需要掌握的知识和技能进行了分解,有利于培养学生的工作能力。全书内容中还兼顾到无损检验员的考证要求,以满足“双证制”教学需要。

本书在内容方面主要有以下特点:①焊接检测的主要对象是焊接缺陷,所以本书首先介绍了焊接缺陷。②本书以无损检测为重点,对焊接产品涉及较多的破坏性检验内容进行了简要介绍,有利于学员全面了解焊接检测的内容。③焊接检测的主要目的是进行焊接过程及产品的质量控制,因此,本书对焊前及施焊过程中的质量控制、应具备的条件和典型产品要求、达到的质量指标进行了必要的阐述。④目前还很难找到将相关基础知识内容与实训操作内容合理结合、方便高等职业教育人才培养的应用教材,所以,本教材是高职高专焊接专业、检测专业及化工机械等相关专业进行焊接检测教学和技能培训用书。

本书由承德石油高等专科学校许利民教授主编，并负责了第一、第七、第八模块的编写，承德石油高等专科学校吴静然老师、兰州石化职业技术学院蔡建刚老师担任副主编，并分别编写了第二模块和第三模块，兰州石化职业技术学院郑复晓老师编写了第四模块，长沙航空职业技术学院杨新刚老师编写了第五模块，承德石油高等专科学校刘翔宇老师编写了第六模块。齐鲁石化建设公司工程师、一级建造师孟宪斌和承德石油高等专科学校苏海青教授对书稿进行了审阅。

编写过程中，作者参阅了国内外出版的有关教材和资料，在此对有关作者表示衷心感谢！

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 5 月



目 录

模块一 焊接检测基础	(1)
1.1 金属焊接工艺缺陷	(1)
1.1.1 焊接缺陷的概念	(1)
1.1.2 焊接缺陷的分类和主要特征	(2)
1.1.3 焊接接头缺陷形成的主要原因	(5)
1.1.4 焊接接头缺陷的防止方法	(5)
1.1.5 焊接缺陷对质量的影响	(5)
1.1.6 压焊缺陷	(6)
1.1.7 钎焊缺陷	(7)
1.2 焊接检测的一般知识	(7)
1.2.1 焊接检测的意义	(7)
1.2.2 焊接检测的分类	(8)
1.2.3 焊接检测的依据	(9)
1.2.4 焊接检测过程与内容	(10)
1.2.5 焊接结构破坏事故的现场调查与分析	(12)
1.3 焊接接头的几种常用破坏性检测方法	(12)
1.3.1 焊接接头力学性能试验	(12)
1.3.2 焊接接头金相组织分析	(17)
1.4 焊接检测课程的特点、目的和要求	(20)
1.4.1 课程特点	(20)
1.4.2 课程目的	(20)
1.4.3 课程要求	(20)
【综合训练】	(21)
模块二 超声波检测	(23)
2.1 超声波检测的物理基础	(23)
2.1.1 超声波简介	(23)
2.1.2 超声波在介质中的传播	(24)
2.1.3 超声波在平界面上的入射	(27)
2.1.4 超声波的衰减	(30)
2.1.5 超声波的获得和超声场	(32)
2.2 超声波检测仪器、探头和试块	(33)
2.2.1 超声波检测仪	(33)

2.2.2	超声波探头	(35)
2.2.3	探测仪和探头的主要技术性能指标及有关术语	(37)
2.2.4	试块	(38)
2.2.5	耦合	(44)
2.3	超声波检测技术	(44)
2.3.1	超声波检测方法分类	(44)
2.3.2	探伤条件的选择	(47)
2.3.3	扫查	(51)
2.3.4	探伤仪的调节	(52)
2.3.5	缺陷的定位	(55)
2.3.6	缺陷的定量	(57)
2.3.7	超声检测结果记录、评定和报告	(59)
2.4	技能训练	(63)
2.4.1	超声波检测的主要性能测试	(63)
2.4.2	直探头主要性能的测试	(65)
2.4.3	斜探头主要性能的测试	(66)
2.4.4	焊缝超声波检测距离-波幅曲线的制作	(68)
2.4.5	薄钢板超声波检测	(70)
2.4.6	对接焊缝超声波检测	(71)
2.4.7	管座角焊缝超声波检测	(74)
2.4.8	T形焊缝超声波检测	(77)
	【综合训练】	(79)

模块三 射线检测

3.1	射线检测基本原理	(82)
3.1.1	射线的种类	(82)
3.1.2	X射线和 γ 射线的主要性质	(83)
3.1.3	射线的产生及特点	(83)
3.1.4	射线照相法的原理及特点	(84)
3.2	X射线检测设备及器材	(85)
3.2.1	X射线检测机的分类和用途	(85)
3.2.2	X射线检测机的构造	(86)
3.2.3	典型国产X射线检测机技术性能及选择	(87)
3.2.4	X射线检测器材和工具	(89)
3.3	X射线照相法检测技术	(92)
3.3.1	射线照相检测工艺的基本过程	(92)
3.3.2	射线照相检测的基本透照方式	(92)
3.3.3	透照工艺参数的选择	(94)
3.3.4	胶片的暗室处理技术	(96)



3.4 射线照相质量的影响因素及焊缝质量等级评定	(97)
3.4.1 射线照相灵敏度	(97)
3.4.2 评片工作的基本要求	(99)
3.4.3 评片工作的主要步骤	(101)
3.4.4 常见焊接缺陷影像及伪缺陷	(102)
3.4.5 焊缝质量分级	(104)
3.4.6 射线检测记录、报告与底片的保存	(105)
3.5 典型焊缝和工件透照方式	(106)
3.5.1 平板对接焊缝透照方式	(106)
3.5.2 角形焊缝透照方式	(107)
3.5.3 管件对接焊缝透照法	(108)
3.6 其他射线检测方法与技术	(109)
3.6.1 射线实时成像检测技术	(109)
3.6.2 数字化 X 射线成像技术	(110)
3.6.3 X 射线层析照相技术(X-CT)	(112)
3.7 辐射防护	(113)
3.7.1 辐射防护的基本方法	(113)
3.7.2 放射防护国家标准简介	(114)
3.8 技能训练	(115)
3.8.1 射线检测基础实训	(115)
3.8.2 典型位置的透照实训	(119)
3.8.3 胶片暗室处理方法	(130)
3.8.4 焊缝射线底片的评定	(132)
【综合训练】	(137)
模块四 液体渗透检测	(140)
4.1 液体渗透检测原理	(140)
4.1.1 液体渗透检测的物化基础	(140)
4.1.2 液体渗透检测的一般知识	(141)
4.2 液体渗透检测剂及设备	(144)
4.2.1 渗透检测剂	(144)
4.2.2 液体渗透检测设备及器具	(147)
4.2.3 液体渗透检测试块	(148)
4.3 液体渗透检测技术	(149)
4.3.1 液体渗透检测方法和步骤	(149)
4.3.2 缺陷评定	(151)
4.3.3 液体渗透检测灵敏度及液体渗透检测操作的质量控制	(154)
4.4 焊缝液体渗透检测实例	(157)
4.4.1 焊缝的液体渗透检测	(157)

4.4.2	坡口的液体渗透检测	(157)
4.4.3	焊接过程中的液体渗透检测	(157)
4.5	技能训练	(158)
4.5.1	溶剂清洗型着色液性能的比较	(158)
4.5.2	后乳化型着色液的配制	(159)
4.5.3	溶剂悬浮显像剂的配制	(160)
4.5.4	渗透剂的灵敏度测试	(160)
4.5.5	显像剂的灵敏度测试	(162)
4.5.6	焊缝着色检测	(163)
【综合训练】		(164)
模块五	磁力检测	(166)
5.1	磁力检测基础知识	(166)
5.1.1	磁力检测的基本原理	(166)
5.1.2	磁力检测的分类	(167)
5.1.3	影响漏磁场强度的因素	(167)
5.2	焊件磁化方法的选择	(168)
5.3	磁粉检测法	(170)
5.3.1	磁粉检测的材料	(170)
5.3.2	磁粉检测设备简介	(171)
5.3.3	磁粉检测过程	(172)
5.3.4	焊接缺陷的判断和焊缝等级的确定	(173)
5.3.5	焊缝等级确定及验收	(174)
5.4	技能训练	(174)
5.4.1	称量法测定磁性	(174)
5.4.2	酒精沉淀法测磁粉粒度	(175)
5.4.3	磁粉检测	(175)
【综合训练】		(176)
模块六	涡流检测	(178)
6.1	涡流检测的原理	(178)
6.1.1	涡流及集肤效应	(178)
6.1.2	涡流检测的原理	(179)
6.2	涡流检测设备	(180)
6.2.1	涡流检测线圈	(180)
6.2.2	涡流检测仪	(180)
6.2.3	对比试样	(182)
6.3	涡流检测的一般步骤	(183)
6.3.1	检测前的准备工作	(183)



6.3.2	确定检测规范	(183)
6.3.3	检测工件	(184)
6.3.4	检测结果的分析与评定	(184)
6.3.5	涡流检测的后续工作	(184)
6.4	技能训练	(184)
6.4.1	涡流检测设备的性能测试	(184)
6.4.2	钢管的涡流检测	(185)
【综合训练】		(187)
模块七 其他无损检测方法		(189)
7.1	声发射检测	(189)
7.1.1	声发射检测基础	(189)
7.1.2	焊接结构的声发射检测	(190)
7.1.3	声发射检测的原理	(190)
7.1.4	声发射检测技术的特点	(190)
7.1.5	声发射检测技术的应用范围	(191)
7.2	红外线检测技术	(191)
7.2.1	红外线检测原理	(191)
7.2.2	红外线检测仪	(192)
7.2.3	红外线检测方法分类	(193)
7.2.4	红外线检测在焊接检测中的应用	(193)
7.3	激光全息检测	(193)
7.3.1	激光全息检测的原理	(193)
7.3.2	激光全息检测的方法	(195)
7.3.3	激光全息检测的特点及应用范围	(195)
7.3.4	激光全息检测在焊接中的应用	(196)
7.4	热中子照相法检测	(196)
7.4.1	中子射线与物质作用	(196)
7.4.2	热中子照相法检测方法	(197)
7.4.3	热中子照相法检测方法的应用	(198)
7.5	液晶检测	(198)
7.5.1	液晶的性质	(198)
7.5.2	液晶检测原理	(198)
7.5.3	液晶检测特点	(199)
7.5.4	液晶检测在焊接检测中的应用	(199)
7.6	微波检测	(200)
7.6.1	微波的性质与特点	(200)
7.6.2	微波检测的基本原理及应用	(200)
7.6.3	微波检测方法	(200)

7.6.4 微波检测技术的应用	(201)
7.7 目视检测	(201)
7.7.1 放大镜检测	(202)
7.7.2 内窥镜	(202)
7.7.3 光电传感器	(203)
7.8 无损检测技术的发展	(204)
【综合训练】	(204)
模块八 焊接质量管理及质量控制	(207)
8.1 焊接质量控制的基本内容	(207)
8.1.1 焊接质量控制的基本条件	(208)
8.1.2 焊接质量控制阶段和内容	(208)
8.2 焊接质量评定标准简介	(208)
8.2.1 质量控制标准	(208)
8.2.2 合于使用的标准	(208)
8.2.3 两类质量评定标准对比	(209)
8.3 无损检测的应用	(210)
8.3.1 无损检验对裂纹的检出率	(210)
8.3.2 无损检测方法的选择对质量控制的影响	(211)
8.4 压力容器检测	(214)
8.4.1 压力容器基础	(214)
8.4.2 压力容器的分类及工作条件	(214)
8.4.3 压力容器组成、结构及焊缝要求	(216)
8.5 检验人员技术资格鉴定	(219)
8.5.1 检验人员资格等级及职责	(219)
8.5.2 无损检测人员的一般要求	(219)
8.5.3 无损检测人员的资格等级	(219)
8.5.4 各级检测人员的报考资格与条件	(220)
【综合训练】	(221)
参考文献	(223)



模块一

焊接检测基础

[学习目标]

1. 掌握主要焊接缺陷的一般特征、影响因素及对焊接质量的影响程度；
2. 了解焊接检测的作用、过程及主要内容；
3. 掌握常用焊接检测的种类及进行检测的依据；
4. 了解常用焊接接头破坏性检测的试样制备、试验方法等。

高温、高压、高速、高效是现代工业的标志，现代工业要求产品结构向大型化、精密化、智能化和多功能化的方向发展，而这些都必须建立在高质量的基础上。焊接质量是影响金属结构产品质量的重要因素，而焊接检测在焊接质量控制活动中扮演着重要的角色。为了有效地开展焊接检测工作，检测人员必须具备较宽的知识面和过硬的检测技巧，因为焊接检测并不只是简单地看看焊缝，更重要的是对焊接产品的质量水平，特别是缺陷的存在程度与影响做出准确的判断。

1.1 金属焊接工艺缺陷

1.1.1 焊接缺陷的概念

在焊接生产过程中要获得无缺欠的焊接结构(件)，在技术上是相当困难的，也是不经济的。为了满足焊接结构(件)的使用要求，应该把缺欠限制在一定的范围之内，使其对焊接结构(件)的运行不致产生危害。GB/T 6417.1—2005《金属熔化焊接头缺欠分类及说明》，将焊接接头中因焊接产生的不连续、不致密或连接不良的现象，称为焊接缺欠，简称“缺欠”(Welding Imperfection)。超过规定限值的缺欠，称之为焊接缺陷(Welding Defect)。



专业常识

由于不同的焊接结构(件)使用的场合不同，对其质量要求也不一样，因而对缺欠的容限范围也不相同。

1.1.2 焊接缺陷的分类和主要特征

在国家标准中根据缺欠的性质、特征将其分为六大类：裂纹、孔穴、固体夹杂、未熔合及未焊透、形状和尺寸不良、其他缺欠。每种缺欠根据其位置和形状还可进行分类。

1. 裂纹

焊接裂纹是指金属在焊接应力及其他致脆因素共同作用下，焊接接头中局部区域金属原子结合力遭到破坏形成新界面所产生的缝隙，具有尖锐的缺口和长宽比大的特征。常见裂纹形式见图 1-1。

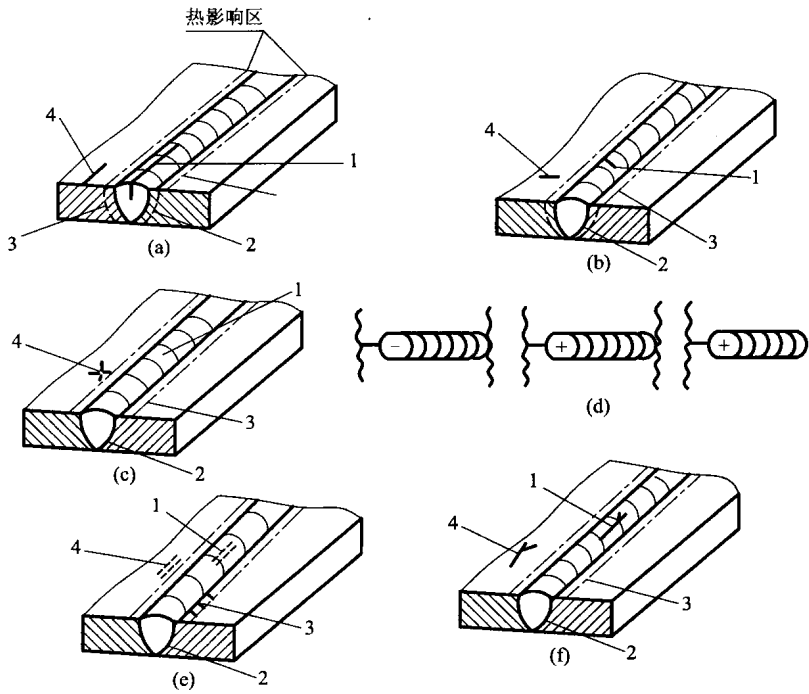


图 1-1 常见裂纹

(a) 纵向裂纹；(b) 横向裂纹；(c) 放射状裂纹；(d) 弧坑裂纹；(e) 间断裂纹群；(f) 柱状裂纹
1—焊缝金属中；2—熔合线上；3—热影响区中；4—母材金属中

2. 孔穴

孔穴类缺欠主要是气孔，还有可能是缩孔。

焊接时熔池中的气泡在凝固时未能逸出而残留下来所形成的空穴称为气孔。气孔有时单个出现，有时以成堆的形式聚集在局部区域，其形状有球形、条虫形和链状等。常见气孔见图 1-2。缩孔在焊接过程中很少出现。

3. 固体夹杂

主要是指焊缝中存在的固体杂物，以夹渣和夹杂为主。

(1) 夹渣 焊后残留在焊缝中短小的熔渣或焊剂渣称为夹渣。其形状较复杂，一般有线状、长条状、颗粒状及其他形式。主要发生在坡口边缘和每层焊道之间非圆滑过渡的部位，在焊道形状发生突变或存在深沟的部位也容易产生夹渣。在横焊、立焊或仰焊时产生的夹渣