

中国石化员工培训教材

石油化工管道 对接焊缝超声检测



SHIYOU HUAGONG GUANDAO

DUIJIE HANFENG CHAOSHENG JIANCE

中国石化员工培训教材编审指导委员会 组织编写
本书主编 周 国 副主编 李兆太

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

中国石化员工培训教材

石油化工管道对接焊缝超声检测

中国石化员工培训教材编审指导委员会 组织编写

本书主编 周 国 副主编 李兆太

中国石化出版社

内 容 提 要

《石油化工管道对接焊缝超声检测》由石油化工工程质量监督总站组织编写,是管道对接焊缝超声检测人员岗位培训用书,经过中国石化管道对接焊缝超声检测人员4年共计7期培训班的试用,学员反映良好,经培训后的学员理论水平和操作技能明显提高。

本书共分七章,主要内容包括绪论、石油化工管道基本知识、相关验收规范对无损检测的要求、探伤仪、探头及其系统性能校验、管道对接焊缝超声检测、奥氏体不锈钢对接焊缝超声检测、TOFD检测技术以及相关检测标准介绍。

本书的特点是理论与实际相结合,经过培训考核合格的人员能自行校验探头、仪器及其系统性能参数,填写校验报告,能根据管道对接焊缝结构的特点编制专用检测工艺和进行现场检测,识别和判定各种回波信号,记录并编制检测报告。

本书是管道对接焊缝超声检测人员岗位技能培训的必备教材,也是本专业技术人员必备的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工管道对接焊缝超声检测 / 周国主编.
—北京: 中国石化出版社, 2013. 10
ISBN 978-7-5114-2363-4

I. ① 石… II. ① 周… III. ① 石油管道-焊缝-超声检测 IV. ① TE973.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 230532 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 9.5 印张 188 千字

2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

定价:30.00 元

中国石化员工培训教材

编审指导委员会

主 任：李春光

委 员：戴 铤 谭克非 章治国 初 鹏

吕长江 张卫东 吕永健 徐 惠

张吉星 雍自强 寇建朝 张 征

蒋振盈 齐学忠 翟亚林 耿礼民

吕大鹏 郭安翔 何建英 石兴春

王妙云 徐跃华 孙久勤 吴文信

王德华 亓玉台 周志明 王子康

《石油化工管道对接焊缝超声检测》

编写委员会

主 任：周 国

委 员：（以姓氏笔画为序）

李兆太 刘金生 杨志伟 陈振雄

张 明 张贤俊 胡国勇 胡联伟

薛建中

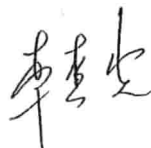
序

中国石化是上中下游一体化能源化工公司，经营规模大、业务链条长、员工数量多，在我国经济社会发展中具有举足轻重的作用。公司的发展，基础在队伍，关键在人才，根本在提高员工队伍整体素质。员工教育培训是建设高素质员工队伍的先导性、基础性、战略性工程，是加强人才队伍建设的重要途径。

当前，我们已开启了建设世界一流能源化工公司的新航程，加快转变发展方式的任务艰巨而繁重，这对进一步做好员工教育培训工作提出了新的更高要求。我们要以中国特色社会主义理论为指导，紧紧围绕企业改革发展、队伍建设和员工成长需要，以提高思想政治素质为根本，以能力建设为重点，积极构建符合中国石化实际的培训体系，加大重点和骨干人才培训力度，深入推进全员培训，不断提高教育培训的质量和效益，为打造世界一流提供有力的人才保证和智力支持。

培训教材是员工学习的工具。加强培训教材建设，能够有效反映和传递公司战略思想和企业文化，推动企业全员学习，促进学习型企业建设。中国石化员工培训教材编审指导委员会组织编写的这套系列教材，较好地反映了集团公司经营管理目标要求，总结了全体员工在实践中创造的好经验好做法，梳理了有关岗位工作职责和 workflows，分析研究了面临的新技术、新情况、新问题等，在此基础上进行了完善提升，具有很强的实践性、实用性和较高的理论性、思想性。这套系列培训教材的开发和出版，对推动全体员工进一步加强学习，进而提高全体员工的理论素养、知识水平和业务能力具有重要的意义。

学习的目的在于运用，希望全体员工大力弘扬理论联系实际的优良学风，紧密结合企业发展环境的新变化、新进展、新情况，学好用好培训教材，不断提高解决实际问题、做好本职工作的能力，真正做到学以致用、知行合一，把学习培训的成果切实转变为推进工作、促进改革创新的实际行动，为建设世界一流能源化工公司作出积极的贡献。



二〇一二年七月十六日

前 言

根据中国石化发展战略要求,为加强培训资源建设、推进全员培训的深入开展,集团公司人事部组织梳理了近些年培训教材开发成果,调研了企业培训教材需求,开展了中国石化员工培训课程体系研究。在此基础上,按职业素养、综合管理、专业技术、技能操作、国际化业务、新员工等六类,组织编写覆盖石油石化主要业务的系列培训教材,初步构建起中国石化特色的培训教材体系。这套系列教材围绕中国石化发展战略、队伍建设和员工成长的需要,以提高全体员工履行岗位职责的能力为重点,把研究和解决生产经营、改革发展面临的新挑战、新情况、新问题作为重要目标,把全体员工在实践中创造的好经验好做法作为重要内容,具有较强的实践性、针对性。这套培训教材的开发工作由中国石化员工培训教材编审指导委员会组织,集团公司人事部统筹协调,总部各业务部门分工负责专业指导和质量把关,主编单位负责组织培训教材编写。在培训教材开发和编写的过程中,上下协同、团结合作,各级领导给予了高度重视和支持,许多管理专家、技术骨干、技能操作能手为培训教材编写贡献了智慧、付出了辛勤的劳动。

《石油化工管道对接焊缝超声检测》的编写以提高管道对接焊接接头超声检测技能为核心,以理论联系实际、科学实用为原则。主要介绍石油化工管道教材基本知识、管道焊接方法及易产生的缺陷、相关标准规范、探伤仪、探头及其系统性能校验、管道对接焊缝超声检测工艺的编制、典型回波信号的分析、奥氏体不锈钢对接焊缝检测案例和 TOFD 检测方法介绍。通过学习可以让参加培训的员工对管道对接焊缝的超声检测技术具有全面的了解,对检测操作和信号识别判断能力明显增强。

《石油化工管道对接焊缝超声检测》由石油化工工程质量监督总站组织编写,主编周国(石油化工工程质量监督总站),副主编李兆太(南京金陵检测工程有限公司),参加编写的人员有胡国勇(石油化工工程质量监督总站)、陈振雄(石油化工工程质量监督总站)、刘金生(天津宏迪工程检测发展有限公司)、杨志伟(北京蓝光恒远工业检测有限公司)、胡联伟(石油化工工程质量监督总

站镇海炼化分站)、张明(中石化宁波工程有限公司)、薛建中(石油化工工程质量监督总站燕山石化分站)、张贤俊(山东泰思特检测有限公司)。本教材已经由集团公司人事部组织审定通过,主审李伟(北京燕华工程建设有限公司),参加审定的人员有周国、李兆太、张明、胡联伟、陈一民、陈振雄。审定工作得到了中国石化集团公司第四建设公司、天津宏迪工程检测发展有限公司的大力支持;中国石化出版社对教材的编写和出版工作给予了通力协作和配合,在此一并表示感谢。

由于本教材编写时间紧迫,不足之处在所难免,敬请各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议,以便教材修订时补充更正。

目 录

第1章 绪论	(1)
第2章 石油化工管道基本知识	(3)
2.1 石油化工管道的特点	(3)
2.2 管道的分级	(3)
2.3 石油化工管道材料相关知识	(6)
2.4 管道焊接与热处理知识	(19)
第3章 相关规范标准对无损检测的要求	(38)
3.1 《特种设备安全监察条例》对检测的相关规定	(38)
3.2 《压力管道安全技术监察规程——工业管道》(TSG D0001—2009)对检测的 相关要求	(39)
3.3 《压力管道规范 工业管道》(GB/T 20801.1~6—2006)对检测的相关要求	(41)
3.4 《石油化工金属管道工程施工质量验收规范》(GB 50517—2010)对检测的 相关要求	(44)
3.5 《石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》(SH3501—2011) 对检测的相关要求	(49)
3.6 《油气长输管道工程施工及验收规范》(GB 50369—2006)对检测的相关要求	(53)
3.7 《油气输送管道穿越工程施工规范》(GB 50424—2007)对检测的相关要求	(55)
3.8 《油气输送管道跨越工程施工规范》(GB 50460—2008)对检测的相关要求	(56)
3.9 《石油天然气站内工艺管道工程施工规范》(GB 50540—2009)对检测的相关 要求	(58)
3.10 《油气集输管道施工技术规范》(SY/T 0422—2010)对检测的相关要求	(59)
3.11 其他标准简介	(60)
第4章 探伤仪、探头及其系统性能校验	(68)
4.1 探伤仪、探头及其系统性能指标	(68)

4.2 校验方法	(69)
第 5 章 管道对接焊缝超声检测	(76)
5.1 脉冲反射式超声检测的原理	(76)
5.2 影响缺陷检出率的因素及改进措施	(76)
5.3 管道环向对接焊缝超声检测方法 & 工艺卡的制定	(78)
5.4 典型回波信号的识别	(90)
5.5 缺陷定位、定量和定级	(100)
5.6 检测记录和报告	(101)
第 6 章 奥氏体不锈钢焊缝超声检测	(106)
6.1 案例一	(106)
6.2 案例二	(107)
第 7 章 TOFD 检测技术	(110)
7.1 TOFD 检测方法的由来	(110)
7.2 TOFD 检测方法	(110)
附录 1 钢管材料标准对照表	(118)
附录 2 常用国标主要钢种的新旧牌号及与美国、日本标准牌号对照表	(119)
附录 3 石油化工管道无损检测标准 (SH/T 3545—2011) (超声检测部分)	(121)
附录 4 石油天然气钢质管道无损检测 (SY/T 4109—2005) (超声检测部分)	(129)
主要参考文献	(142)

第 1 章 绪 论

管道是石油化工生产设施的血脉，管道对接焊缝❶的检测质量至关重要，根据中国石油化工集团公司中国石化建[2011]501 号《中国石化管道工程超声检测人员管理办法》文件的要求，针对石化管道施工的特点，对超声检测人员进行针对性的培训考核，使其具有管道对接焊缝超声检测的应有技能，从而保证检测质量和使石化装置持久安全运行。

由于石油化工管道对接焊缝在结构型式、焊接工艺、主要缺陷产生的部位、缺陷信号判别、探头扫查面、探头 K 值选择、耦合等方面都具有与压力容器对接焊缝检测不同的特点，因此必须进行专业培训，才能保证超声检测人员对管道对接焊缝具有正确的检测和判断能力。石油化工管道对接焊缝与压力容器对接焊缝超声检测的不同点比较见表 1-1。

表 1-1 石油化工管道对接焊缝与压力容器对接焊缝超声检测的不同点

项 目	石油化工管道对接焊缝	压力容器对接焊缝
焊接工艺条件	单面焊接，多为手工焊，现场野外作业，焊接质量受环境因素影响大	双面焊接，多为自动焊，车间内机械化作业，焊接质量受环境因素影响小
表面检查条件	不能进入管道内部进行目视检查，只能对外表面进行检查	可以进入容器内部，能对容器进行内外表面目视检查，不能进入容器内部检查的则开有检查孔
缺陷产生的主要部位	除内部缺陷外更容易在焊缝根部产生未焊透、未熔合、内凹、焊瘤、错口、咬边、裂纹等缺陷	缺陷主要产生在焊缝内部，如气孔、夹渣、未熔合、未焊透、裂纹等
超声波信号的判断	焊缝根部缺陷回波易与内表面回波相混淆，不易判断区分	焊缝内部缺陷回波与焊缝表面回波位置明显不同，易于区分判断
探头扫查面	只能在管道外表面扫查；直管与其他管件的对接焊缝只能从直管侧扫查	一般可以从压力容器内外表面、焊缝两侧扫查
检测面曲率与耦合	检测面曲率一般较大，探头与工件易产生耦合不良	检测面曲率小，一般接近平面，耦合良好
对探头的要求	较薄的焊缝要求探头具有短前沿和大 K 值，增大一次波的扫查范围	较厚的焊缝则要求探头 K 值不宜过大

❶ 对接焊缝——包括焊缝熔敷金属、熔合线和热影响区。关于对接焊缝熔敷金属、熔合线和热影响区三者结构的总称谓，有的标准称其为对接焊接接头，有的标准则称其为对接焊缝，本书认为称其为对接焊缝较妥，即通俗易懂又沿袭了过去的习惯叫法。本书在引用相关标准条文时，采用原文引用，其引用条款中可能会有对接焊接接头的名词。

充分了解管道运行状况、材料性能、施工程序、焊接方法、焊接位置、易产生的缺陷及缺陷产生的原因等，将有助于提高超声检测人员的综合判断能力。

石化工程管道对接焊缝采用超声检测具有以下优点：

1) 对厚壁对接焊缝检测效率高，对裂纹类缺陷检测灵敏度高

对于壁厚 30mm 以上的管道对接焊缝由于射线检测非常困难、效率极低且检测灵敏度下降很快，而射线检测对于裂纹类面状缺陷检测灵敏度也很低，因此选择适当角度的探头能有效提高裂纹类面状缺陷的检测灵敏度。

2) 与射线检测法相比，对检测人员和周围人员无伤害，对环境无不良影响

射线对人体有一定的伤害，特别是有些工程位于生产车间内或其附近，而生产操作不能停止，操作人员不能撤离，或施工现场周围有人员居住等，这些因素都导致射线检测安全防护距离达不到要求，此时选择超声检测替代射线检测是检测对接焊缝内部质量的最优化的方法。超声检测不需要周围人员撤离，也不影响其他人员工作。

3) 超声检测可以在任何时间进行

由于工期的原因，经常会发生射线检测作业时间不够，如装置大修、计划工期非常短、施工现场全天 24 小时都有人施工等，不能保证射线检测所需的时间，而采用超声检测则可以有效解决这个问题，此时可与其他工种施工平行作业，有利于保证工程进度。

4) 降低检测成本

超声检测与射线检测相比，节省了价格昂贵的胶片及配套材料，大大降低了检测成本。

超声检测也存在以下缺点：

a) 目前，采用 A 型脉冲反射法超声检测尚不能获得与检测位置相对应的反射信号的连续动态记录，其检测结果不能像射线底片一样可以直观判读，对缺陷定性、定量有一定的局限性；

b) 检测结果受检测工艺和检测人员技能的影响较大；

c) 对不具备探头扫查面的对接焊缝不能进行检测，如法兰与弯头对接焊缝等；

d) 反射信号要通过专业人员结合施工条件及焊接工艺进行分析判断。

练 习 题

1. 比较管道对接焊缝与压力容器对接焊缝在焊接工艺、焊接缺陷、检测面及缺陷信号判断方面的不同点。

2. 简述管道对接焊缝超声检测的优缺点。

第2章 石油化工管道基本知识

2.1 石油化工管道的特点

石油化工管道传输的介质和运行条件复杂多样，且多在高温、高压条件下传输可燃、有毒、腐蚀性介质，这些介质一旦泄漏将给人民生命和财产造成极大危害，更有可能造成严重的环境污染。

石油化工管道由管子和管道组成件连接而成，一条管道一般包括直管段、弯头、法兰、阀门、三通、四通、大小头等管道组成件，这些管道组成件通过焊接将其按顺序连接成一体，一条管道焊口数量少则几道，多则几十道、上百道。大部分管道是在地面预制成大段，再运输到现场组装成一个整体。现场组对焊口一般为高空固定口，而高空固定口焊接条件较差，焊工要在搭设的脚手架上焊接。有些焊接位置由于现场条件限制，管道安装和焊工操作非常困难。由于管道布置结构的特点及管径的原因，施工人员一般无法进入管子内部进行焊接。因此，管道对接焊缝一般采用单面焊双面成形的焊接工艺。为了保证根部焊透，管道施工采取根部氩弧焊打底，手工或埋弧焊填充、盖面。

2.2 管道的分级

压力管道按其运行条件和传输介质的不同分为不同的等级。不同等级的管道，其检测比例、合格级别有所不同。以下介绍目前最新版标准对管道的分级。

2.2.1 GB/T 20801.1—2006《压力管道规范 工业管道 第1部分：总则》对管道等级的规定

GB/T 20801.1—2006《压力管道规范 工业管道 第1部分：总则》根据输送介质和传输条件的不同对管道进行了分级，该规范将工业管道分为GC1、GC2、GC3三个等级。规范具体分级内容如下：

4. 压力管道分级

压力管道按其危害程度和安全等级划分为GC1、GC2、GC3三个等级。

4.1 符合下列条件之一的压力管道应划分为 GC1 级：

4.1.1 输送下列有毒介质的压力管道：

- a) 极度危害介质；
- b) 高度危害气体介质；
- c) 工作温度高于标准沸点的高度危害液体介质。

4.1.2 输送下列可燃、易爆介质且设计压力大于或等于 4.0MPa 的压力管道：

- a) 甲、乙类可燃气体；
- b) 液化烃；
- c) 甲 B 类可燃液体。

4.1.3 设计压力大于或等于 10.0MPa 的压力管道和设计压力大于或等于 4.0MPa 且设计温度大于或等于 400℃ 的压力管道。

4.2 符合下列条件压力管道应划分为 GC2 级：

除 4.3 条规定的 GC3 级管道外，介质毒性程度、火灾危害性(可燃性)、设计压力和设计温度低于 4.1 条规定(GC1 级)的压力管道。

4.3 符合下列条件的压力管道应划分为 GC3 级：

输送无毒、非可燃流体介质，设计压力小于或等于 1.0MPa 且设计温度大于 -20℃ 但不大于 185℃ 的压力管道。

4.4 当输送毒性或可燃性不同的混合介质时，应按其危害程度及其含量，由业主或设计者确定压力管道等级。

2.2.2 GB 50517—2010《石油化工金属管道工程施工质量验收规范》对管道等级的规定

4 管道分级

4.0.1 石油化工金属管道根据其输送的介质和设计条件可按表 4.0.1 划分。输送介质中常见的毒性介质、可燃介质可按本规范附录 A 确定。管道分级编码组成单元及各编码单元所代表的内容应符合本规范附录 B 的规定。

表 4.0.1 石油化工管道分级

序 号	管道级别	输 送 介 质	设计条件	
			设计压力/MPa	设计温度/℃
1	SHA1	(1)极度危害介质(苯除外)、高度危害丙烯腈、光气介质	—	—
		(2)苯介质、高度危害介质(光气、丙烯腈除外)、中度危害介质、轻度危害介质	$P \geq 10$	—
			$4 \leq P < 10$	$t \geq 400$
			—	$t < -29$

序 号	管道级别	输 送 介 质	设计条件	
			设计压力/MPa	设计温度/℃
2	SHA2	(3) 苯介质、高度危害介质(光气、丙烯腈除外)	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$
			$P < 4$	$t \geq -29$
3	SHA3	(4) 中度危害介质、轻度危害介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$
		(5) 中度危害介质	$P < 4$	$t \geq -29$
		(6) 轻度危害介质	$P < 4$	$t \geq 400$
4	SHA4	(7) 轻度危害介质	$P < 4$	$-29 \leq t < 400$
5	SHB1	(8) 甲类、乙类可燃气体介质和甲类、乙类、丙类可燃液体介质	$P \geq 10$	—
			$4 \leq P < 10$	$t \geq 400$
			—	$t < -29$
6	SHB2	(9) 甲类、乙类可燃气体介质和甲 _A 类、甲 _B 类可燃液体介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$
		(10) 甲 _A 类可燃液体介质	$P < 4$	$t \geq -29$
7	SHB3	(11) 甲类、乙类可燃气体介质, 甲 _B 类、乙类可燃液体介质	$P < 4$	$t \geq -29$
		(12) 乙类、丙类可燃液体介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$
		(13) 丙类可燃液体介质	$P < 4$	$t \geq 400$
8	SHB4	(14) 丙类可燃液体介质	$P < 4$	$-29 \leq t < 400$
9	SHC1	(15) 无毒、非可燃介质	$P \geq 10$	—
			—	$t < -29$
10	SHC2	(16) 无毒、非可燃介质	$4 \leq P < 10$	$t \geq 400$
11	SHC3	(17) 无毒、非可燃介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$
			$1 < P < 4$	$t \geq 400$
12	SHC4	(18) 无毒、非可燃介质	$1 < P < 4$	$-29 \leq t < 400$
			$P \leq 1$	$t \geq 185$
			$P \leq 1$	$-29 \leq t < -20$
13	SHC5	(19) 无毒、非可燃介质	$P \leq 1$	$-20 < t < 185$

4.0.2 石油化工管道分级除应符合本规范第4.0.1条的规定外,尚应符合下列规定:

- 输送氧气介质管道级别应根据设计条件按本规范表4.0.1中乙类可燃气体确定;
- 输送毒性或可燃性不同的混合介质管道级别应按其危害程度及含量确定;
- 输送同时具有毒性和可燃性介质管道级别应按本规范表4.0.1中高管道级别确定。

4.0.3 本规范表4.0.1中所列管道的检查等级,除应符合相应管道级别的要求外,尚应符合下列规定:

- 钛及钛合金、锆及锆合金、镍及镍基合金、高铬镍钼奥氏体不锈钢管道,以及设计明确规定为剧烈循环工况管道的检查等级不得低于1级;

- b) 铬钼合金钢、双相不锈钢、铝及铝合金管道的检查等级不得低于2级；
- c) 奥氏体不锈钢、设计要求冲击试验的碳钢管道的检查等级不得低于3级。

4.0.4 氧气管道的施工及验收应符合 GB 16912《深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程》的有关规定。

附录 B 管道分级编码

B.0.1 石油化工管道分级编码可由下列单元组成：

- a) 编码一单元为汉语拼音字母 SH；
- b) 编码二单元为英文字母 A、B、C；
- c) 编码三单元为阿拉伯数字 1、2、3、4、5。

B.0.2 石油化工管道分级各编码单元所代表的内容见表 B.0.2。

表 B.0.2 石油化工管道分级编码

编码单元	编码符号	编 码 内 容
一单元	SH	石油化工行业标准
二单元	A	输送毒性介质管道
	B	输送可燃介质管道
	C	输送无毒、非可燃介质管道
三单元	1	检查等级 1 级、焊接接头 100% 无损检测的管道
	2	检查等级 2 级、焊接接头 20% 无损检测的管道
	3	检查等级 3 级、焊接接头 10% 无损检测的管道
	4	检查等级 4 级、焊接接头 5% 无损检测的管道
	5	检查等级 5 级、焊接接头可不进行无损检测的管道

2.2.3 SH 3501—2011《石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》

该标准对管道的分级与 GB 50517—2010《石油化工金属管道工程施工质量验收规范》基本相同，只是不含 SHC 级管道。

2.2.4 TSG R1001—2008《压力容器压力管道设计许可规则》

该规则将长输管道分为 GA1 和 GA2 级。

2.3 石油化工管道材料相关知识

2.3.1 石油化工管道常用金属材料

石油化工管道常用金属材料包括钢材和有色金属。常用钢材有碳钢和合金钢；有色金

2.3.1.1 常用钢的分类

碳钢是指只含碳、铁两种基本元素和少量残留元素(如硅、锰、硫、磷等)的铁碳合金,一般没有添加元素。碳钢分类如下:

3) 高碳钢, 含碳量 $C > 0.60\%$ 。

按冶炼时脱氧程度分类，碳钢可分为：

2) 镇静钢 钢液在浇注之前经过完全脱氧, 在凝固时就不会有沸腾现象, 这样的钢称为镇静钢。

3) 半镇静钢 介于镇静钢与沸腾钢之间的钢。

按钢的用途分类, 碳钢可分为:

2) 碳素工具钢 主要用于制作各种刀具、量具、磨具等,一般为高碳钢。

合金钢是指除铁、碳基本元素和残留元素以外，还特意添加其他元素的合金。通常加入的元素有锰、硅、铬、钼、钛、铌、铜、铝、钨、钼、硼、氮等。

按合金元素的加入量分类，合金钢可分为：

3) 高合金钢, 合金总量超过 10%。

按用途分类, 合金钢可分为:

2) 合金工具钢, 专用于制造各种工具的钢种;

3) 特殊性能合金钢, 具有特殊物理、化学性能的钢种, 例如耐酸钢、耐热钢、电工