

浅谈引水压力钢管焊接中常见缺陷成因和防止措施

陈临泉 王建华

(中国水电三局有限公司陕西分局)

【摘要】水电站引水压力钢管焊接是保证压力钢管密性和强度的关键,焊接质量直接关系到压力钢管的安全使用。据相关行业协会对压力钢管接口断裂事故调查的相关统计表明,40%质量事故来源于焊缝缺陷处。本文对压力钢管焊接中常见缺陷及形成原因进行了汇总、分析、介绍,并提出了防止措施,以期与同行专家进行探讨,从而为压力钢管焊接施工工作提供较为准确的技术和质量保障。

【关键词】压力钢管 焊接缺陷 预防措施

1 概述

压力钢管焊接施工中,由于人、机、物、法、环的因素影响较多,因此造成缺陷种类很多。如按焊缝位置划分,可分为外部缺陷与内部缺陷两类。外部缺陷位于焊缝外表面,用肉眼或低倍放大镜就可以看到,例如,焊缝尺寸不符合要求,咬边、焊瘤、弧坑、表面气孔和表面裂缝等。内部缺陷位于焊缝内部,这类缺陷可用破坏性试验或无损探伤方法来检测,如未焊透、内部气孔和内部裂缝等。如按焊缝性质划分,可分为三类,即焊缝尺寸不符合要求;组织构造缺陷,如气孔、裂缝;性能缺陷,如焊接接头的机械性能、抗腐蚀性能不能满足技术要求等。

在手工电弧焊焊接方法中,夹渣、气孔、未焊透是较常见的缺陷。对于各种缺陷,只有明白它的危害性,了解它的产生原因,然后采取相应的措施防止缺陷产生和消除已出现的缺陷,才能保证焊接质量。

2 常见焊接缺陷及危害性、缺陷成因及预防措施

2.1 焊缝尺寸不符合要求

主要表现在焊缝外表形状高低不平,波形粗劣;焊接宽度不齐,太宽或太窄;焊缝高度过低或过高;角焊缝单边等均属焊缝尺寸不符合要求

(图1)。焊缝宽度不一致,除造成焊缝成形不美观外,还影响焊缝与基本金属的结合强度。焊缝高度太高,与基本金属交界突变,形成应力集中;太低时,就不能得到足够的接头强度。对于重要结构的角焊缝和平焊缝一样,要求焊缝金属向母材圆滑,避免尖角,减少应力集中,提高结构工作性能,如图1中三种形式的角焊缝焊脚“K”彼此相等,但图1C具有圆滑过渡形式,应力集中最小。

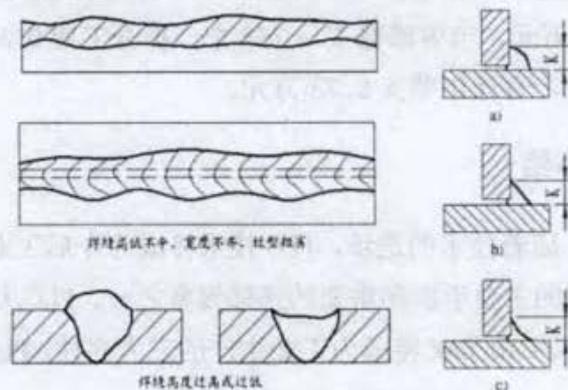


图1 焊缝尺寸不符合要求

缺陷产生主要原因:焊件坡口角度不当或装配间隙不均匀;焊接电流过大或过小;运条速度或手法不当以及焊条角度选择不合适;埋弧自动焊中主要是焊接规范选择不当。

防止措施:注意选择正确的焊件坡口角度及装配间隙;正确选择焊接电流;熟练掌握运条手法及速度,随时适应焊件装配间隙的变化,以保持焊缝的均匀;在角焊缝时要根据焊脚尺寸而定,

注意保持正确的焊缝条角度，运条速度及手法。

2.2 焊穿及焊漏

在焊缝上形成穿口，称为焊穿，液体金属从焊缝反面漏出凝成小台，称为焊漏（图2）。焊穿和焊漏在手工电弧焊或埋弧焊中最为常见，也是焊接中不允许存在的缺陷。



图2 焊漏和焊穿

焊穿及焊漏产生主要原因：焊件加热过甚，如焊接电流过大；焊件间隙太大；焊接速度过慢以及电弧在焊缝处停留时间过长等。

防止措施：正确选择焊接电流和焊接速度，严格控制焊件装配间隙，并保持均匀。

2.3 弧坑

弧坑是指焊缝收尾处产生的下陷现象（图3）。焊缝收尾处的弧坑，往往使该处焊缝的强度严重减弱，同时在冷却过程中容易产生弧坑裂缝。弧坑常伴有裂纹和气孔，严重削弱焊接强度。



图3 焊缝收尾的弧坑

弧坑产生主要原因：熄弧时间过短，或焊接突然中断，或焊接薄板时电流过大等。在埋弧自动焊时，主要是没有分两步按下“停止”按钮。

防止措施：手工电弧焊时，必须注意在收弧过程中焊条要在收尾处作短时间停留或作几次环形运条，使足够的焊条金属填满熔池；正确选择焊接电流。埋弧自动焊时，分两步按下“停止”按钮，以便焊条溶液填满弧坑。

2.4 咬边

咬边也称“咬肉”，是由于电弧将焊缝边缘熔

化后，没有得到填充金属的补充，而留下了缺口（图4）。咬边减弱了基本金属的有效面积，减弱了焊接接头强度，并且在咬边处形成应力集中，承载后有可能在咬边处产生裂缝。

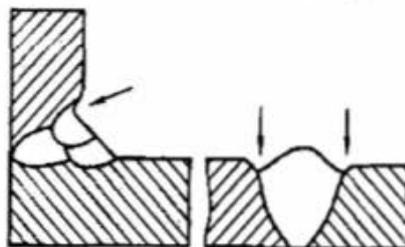


图4 咬边缺陷

咬边产生主要原因：平焊时，焊接电流太大以及运条速度不合适；角焊时，焊条角度或电弧长度不适当；埋弧自动焊时，焊接速度过高等。

防止措施：选择适当电流、保持运条均匀；角焊时采用合适的焊条角度和保持一定的电弧长度；埋弧自动焊时正确选择焊接规范。

2.5 焊瘤

在焊缝的中间或始末端产生金属瘤为焊瘤，焊瘤在立焊和仰焊中经常产生（图5），用埋弧自动焊焊接小直径的环缝时，也常常出现焊瘤。焊瘤影响了焊缝的成形美观，立焊中的焊瘤部位往往还存在夹渣和未焊透。



图5 焊瘤缺陷图

焊瘤产生主要原因：操作不熟练和运条不均，造成熔池温度过高，液态金属凝固缓慢下坠，在焊缝表面形成金属瘤。立、仰焊时，采用过大的焊接电流和弧长。

防止措施：提高操作技术的熟练程度，严格控制熔池温度，立、仰焊时，焊接电流应比平焊

小10~15%，使用碱性焊条时，应采用短弧焊接，保持均匀运条，并选用正确的焊接电流。

2.6 严重飞溅

在手工电弧焊焊接时产生少量飞溅是正常的现象，不同药皮成分的焊条就会有不同程度的飞溅，但如飞溅现象严重，则应视为焊接缺陷。严重飞溅不仅浪费焊条，影响焊缝表面整洁(图6)，而且影响多层多道焊的连续操作，因为不消除这些飞溅而继续施焊很容易引起气孔和夹渣。



图6 飞溅缺陷

严重飞溅产生主要原因：除了少数焊条因保存不当而变质(如药皮开裂、钢芯锈蚀)外，就碱性焊条而言主要是受潮引起。受潮焊条在焊接过程中因水分分解而产生大量气体，其中部分气体溶解在熔滴中，在电弧高温作用下，溶解的气体膨胀炸裂，把金属滴带出熔池形成飞溅。另外，碱性焊条使用直流正接时，电源设备选择不当，以及由于接地的焊接电缆接点不当而产生严重磁偏吹时，也会造成严重飞溅。

防止措施：使用碱性焊条时，必须按要求把焊条烘干，保证焊条处于干燥状态，使用时必须用直流反接，并应选用具有良好特性的焊机，同时防止磁偏吹现象发生。

2.7 夹渣

夹在焊缝中的非金属熔渣称为夹渣，是焊缝中常见缺陷之一(图7)。焊缝中的针形氮化物和磷化物，会使金属发脆，氧化铁和硫化铁夹渣会使焊缝产生热脆性。

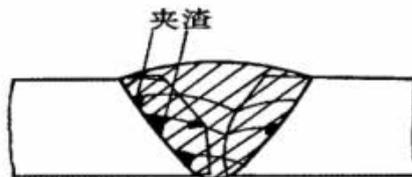


图7 焊接夹渣缺陷

夹渣产生主要原因：焊件边缘及焊层、焊道之间清理不干净；焊接电流太小使熔化金属凝固速度加快，熔渣来不及浮出；运条不当，熔渣与铁水分离不清，阻碍熔渣上浮；焊件及焊条的化学成分不当。当熔池内含氧、氮等成分多时，则形成夹渣物的机会也越多。

防止措施：采用具有良好工艺性能的焊条；正确选用焊接电流，焊件坡口角度不宜过小；焊缝必须清除锈皮以及多层焊时必须层层清除焊渣等。此外，在操作过程中尚需注意熔渣的流动方向，特别是在采用酸性焊条焊接时，必须使熔渣在熔池的后面，若熔渣流到熔池的前面，就极易产生夹渣特别是在平角焊时更为严重。当使用碱性焊条焊接立角焊缝时，除了必须正确选用焊接电流外，还需采用短弧焊接，同时运条要均匀，避免产生焊瘤，这是因为立角焊缝的焊瘤下面常有夹渣。

2.8 未焊透、未熔合

未焊透是指基本金属之间，或者基本金属与熔敷金属之间的局部未熔合现象；在焊件与焊缝金属或焊缝层间有局部未熔透现象，称为未熔合(图8)。未焊透或未熔合是一种比较严重的缺陷，由于未焊透或未熔合，焊缝会出现间断或突变，降低接头的机械性能，导致焊缝强度大大降低；同时未焊透处的缺口成为应力集中点，易引起裂纹。因此，在引水压力钢管焊接中不允许存在未焊透、未熔合情况发生。

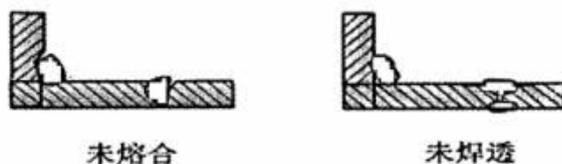


图8 未熔合、未焊透缺陷

未焊透、未熔合缺陷产生主要原因：焊接电流太小，运条速度太快；坡口角度太小、纯边太厚、间隙太窄；焊条角度不对以及电弧偏吹，电弧热能散失或偏于一边等。另外，焊条有厚锈皮（或氧化皮）及熔渣等，能阻碍焊层之间、基本金属边缘及根部的熔化。埋弧自动焊焊偏也很容易引起未焊透。“未熔合”主要是由于手工焊时，使用过大的电流，后半根焊条发红而造成熔化太快，致使焊件边缘还没有熔化时，焊条的熔化金属已覆盖上去，焊件边缘和焊缝金属未能熔合在一起而造成“假焊”。

防止措施：正确选用坡口形式和装配间隙；注意坡口两侧及焊层之间的清理；正确选择电流大小；运条中，随时主意调整焊条角度，使熔化金属与基本金属之间充分熔合；同时要认真操作，防止焊偏。

2.9 气孔

焊缝金属在高温时，吸收了过多的气体（如 H_2 ）或由于溶池内部冶金反应产生的气体（如 CO ），在溶池冷却凝固时来不及排出，而在焊缝内部或表面形成孔穴，即为气孔（图9）。气孔的存在减少了焊缝有效工作截面，降低了接头的机械强度。若有穿透性或连续性气孔存在，会严重影响焊件的密封性。

气孔产生的原因主要有：焊件表面的油、污、锈、垢及氧化膜没有清理干净；焊条受潮或质量不好；焊炬摆幅快而大；焊接现场周围风力较大；焊接速度过快；焊丝和母材的化学成分不匹配。

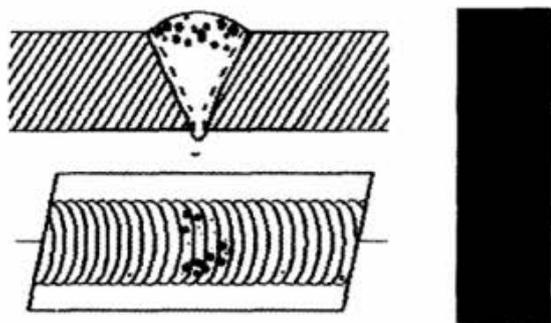


图9 气孔

防止措施：清除焊件表面赃物，焊缝两侧

20~30mm 范围内进行除锈；焊条保持清洁和干燥，含水分不超过0.1%；焊条合理存放，防止受潮。加强熔池保护，如焊条药皮不要脱落，用短弧焊接时电弧不得随意拉长，操作时适当配合动作，以利气体逸出，正确引弧；操作时发现焊条偏心要及时倾斜焊条或调换焊条，保持电弧稳定；装配间隙不要过大；正确执行焊接工艺规程，选择适当的焊接工艺参数，运条速度不得太快；对导热快、散热面积大的焊件，若周围环境温度低时，应进行预热。对于气孔的修正，特别是对于内部气孔，确认部位后，应用风铲或碳弧气刨清除全部气孔缺陷，并使其形成相应坡口，然后再进行补焊。对于夹渣、未焊透、未熔合的缺陷，也是用同样的方法清除缺陷，再按规定进行补焊。

2.10 裂纹

裂纹是焊接施工中比较普遍的而又十分严重的缺陷，它是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的金属原子结合力遭到破坏而使焊接面产生裂纹，实质就是焊接后焊口在冷却过程产生的热应力超过材料强度所导致的裂纹（图10）。结构的破坏多从裂纹处开始，在焊接过程中要采取一切必要的措施防止出现裂纹，在焊接后要采用各种方法检查有无裂纹，一经发现裂纹，应彻底清除，然后给予修补。焊接裂纹一般分为热裂纹和冷裂纹。

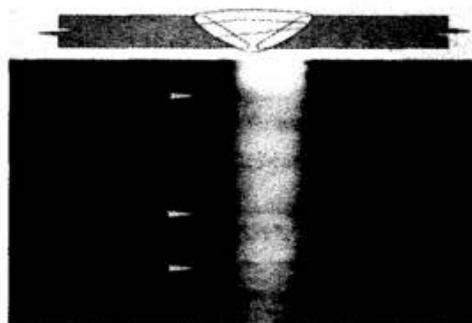


图10 焊接裂纹

① 热裂纹

焊缝金属由液态到固态的结晶过程中产生的裂纹称为热裂纹，其特征是焊后立即可见，且多发生在焊缝中心，沿焊缝长度方向分布。热裂纹

的裂口多数贯穿表面，呈现氧化色彩，裂纹末端略呈圆形。

热裂纹产生原因：焊件及焊条内含硫、铜等低熔点杂质，结晶凝固晚，凝固后的塑性和强度又极低。因此，在外界结构拘束应力足够大和焊缝金属的凝固收缩作用下，熔池中低熔点杂质在凝固过程中被拉开，或在凝固后不久被拉开，造成开裂。

防止产生热裂纹的措施：严格控制焊接工艺参数，减慢冷却速度，适当提高焊缝形状系数，尽可能采用小电流多层多道焊，以避免焊缝中心产生裂纹；认真执行工艺规程，选取合理的焊接程序，以减小焊接应力；减小硫、磷等有害元素的含量，用含碳量较低的焊条焊接；采用熔深较浅的焊缝，改善散热条件使低熔点物质上浮在焊缝表面而不存在于焊缝中；合理选用焊接规范，并采用预热和后热，减小冷却速度；采用合理的装配次序，减小焊接应力；降低残余应力避免应力集中。

② 冷裂纹

焊缝金属在冷却过程或冷却以后，在母材或母材与焊缝交界的熔合线上产生的裂纹称为冷裂纹。这类裂纹一般在焊后立即出现，也有可能在焊后几小时、几天甚至更长时间才出现。

冷裂纹产生的主要原因为：在焊接热循环的作用下，热影响区生成了淬硬组织；焊缝中存在有过量的扩散氢，且具有浓集的条件；接头承受有较大的拘束应力。

防止产生冷裂纹的措施：采用低氢型碱性焊条，减少焊缝中扩散氢的含量；严格遵守焊接材料(焊条、焊剂)的保管、烘焙、使用制度，谨防受潮；仔细清理坡口边缘油污、水份和锈迹，减少氢的来源；根据材料等级、碳当量、构件厚度、施焊环境等，选择合理的焊接工艺参数和线能量，如焊前预热、焊后缓冷，采取多层多道焊接，控制一定的层间温度等；焊后紧急热处理，以去氢、消除内应力和淬硬组织回火，改善接头韧性；采用合理的施焊程序，采用分段退焊法等，减少焊接变形和焊接应力。

3 结束语

综上所述：各种焊接缺陷均会导致焊缝出现应力集中，缩短使用寿命，造成脆裂，危及安全。因此，在水工压力钢管制作安装中，必须加强焊接工作控制，遵守焊接规范，严格施工工艺，保证焊缝质量，避免产生焊接缺陷，方能保证钢管从制作开始到安装验收完成均处于质量受控状态。

参考文献：

- [1]《金属工艺学》，邓文英主编，高等教育出版社；
- [2]《焊接工艺学》，机械工业出版社；
- [3]《金属材料焊接工艺》，雷玉成、陈希章、朱强主编，化学工业出版社；
- [4]《焊接结构工程》，章应霖等，水利电力出版社出版；
- [5]《焊接手册》中国机械工程学会焊接学会编，机械工业出版社。

加入“常州精密钢管博客官方知识星球”即可免费下载所有的专业技术文档！

常州精密钢管博客 知识星球

专业的 钢铁知识 钢管知识 热处理知识 钢铁行业资讯 分享网站

官方网站: <http://www.josen.net>

微信扫码加入星球

知识星球



国家
产品