

水利水电工程施工实用手册



金属结构制造与安装

(上册)

《水利水电工程施工实用手册》编委会 编

| 施工实用手册

金属结构制造与安装

(上册)

《水利水电工程施工实用手册》编委会 编

中国环境出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属结构制造与安装. 上册 / 《水利水电工程施工实用手册》编委会编. —北京: 中国环境出版社, 2017. 12

(水利水电工程施工实用手册)

ISBN 978-7-5111-3426-4

I. ①金… II. ①水… III. ①水工结构—金属结构—制造②水工结构—金属结构—安装 IV. ①TV34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 292957 号

出 版 人 武德凯
责任编辑 罗永席
责任校对 尹 芳
装帧设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765(编辑管理部)
010-67112739(建筑分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405(传真)
印装质量热线: 010-67113404

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2017 年 12 月第 1 版
印 次 2017 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/32
印 张 7.125
字 数 186 千字
定 价 22.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换。

《水利水电工程施工实用手册》

编委会

总主编：赵长海

副总主编：郭明祥

编委：	冯玉禄	李建林	李行洋	张卫军
	刁望利	傅国华	肖恩尚	孔祥生
	何福元	向亚卿	王玉竹	刘能胜
	甘维忠	冷鹏主	钟汉华	董伟
	王学信	毛广锋	陈忠伟	杨联东
	胡昌春			

审 定：中国水利工程协会

《金属结构制造与安装 (上册)》

主 编：王学信 毛广锋

副 主 编：王众渊 杨联东

参编人员：李 宏 李涣清 郭永强 焦小五
彭翔鹏

主 审：章根兴 陈洪涛



前言

水利水电工程施工虽然与一般的工民建、市政工程及其他土木工程施工有许多共同之处,但由于其施工条件较为复杂,工程规模较为庞大,施工技术要求高,因此又具有明显的复杂性、多样性、实践性、风险性和不连续性的特点。如何科学、规范地进行水利水电工程施工是一个不断实践和探索的过程。近 20 年来,我国水利水电建设事业有了突飞猛进的发展,一大批水利水电工程相继建成,取得了举世瞩目的成就,同时水利水电施工技术水平也得到极大的提高,很多方面已达到世界领先水平。对这些成熟的施工经验、技术成果进行总结,进而推广应用,是一项对企业、行业 and 全社会都有现实意义的任务。

为了满足水利水电工程施工一线工程技术人员和操作工人的业务需求,着眼提高其业务技术水平和操作技能,在中国水利工程协会指导下,湖北水总水利水电建设股份有限公司联合湖北水利水电职业技术学院、中国水电基础局有限公司、中国水电第三工程局有限公司制造安装分局、郑州水工机械有限公司、湖北正平水利水电工程质量检测公司、山东水总集团有限公司等十多家施工单位、大专院校和科研院所,共同组成《水利水电工程施工实用手册》丛书编委会,组织编写了《水利水电工程施工实用手册》丛书。本套丛书共计 16 册,参与编写的施工技术人员及专家达 150 余人,从 2015 年 5 月开始,历时两年多时间完成。

本套丛书以现场需要为目的,只讲做法和结论,突出“实用”二字,围绕“工程”做文章,让一线人员拿来就能学,学了就会用。为达到学以致用目的,本丛书突出了两大特点:一是通俗易懂、注重实用,手册编写是有意把一些繁琐的原理分析去掉,直接将最实用的内容呈现在读者面前;二是专业独立、相互呼应,全套丛书共计 16 册,各册内容既相互关

联,又相对独立,实际工作中可以根据工程和专业需要,选择一本或几本进行参考使用,为一线工程技术人员使用本手册提供最大的便利。

《水利水电工程施工实用手册》丛书涵盖以下内容:

1)工程识图与施工测量;2)建筑材料与检测;3)地基与基础处理工程施工;4)灌浆工程施工;5)混凝土防渗墙工程施工;6)土石方开挖工程施工;7)砌体工程施工;8)土石坝工程施工;9)混凝土面板堆石坝工程施工;10)堤防工程施工;11)疏浚与吹填工程施工;12)钢筋工程施工;13)模板工程施工;14)混凝土工程施工;15)金属结构制造与安装(上、下册);16)机电设备安装。

在这套丛书编写和审稿过程中,我们遵循以下原则和要求对技术内容进行编写和审核:

1)各册的技术内容,要求符合现行国家或行业标准与技术规范。对于国内外先进施工技术,一般要经过国内工程实践证明实用可行,方可纳入。

2)以专业分类为纲,施工工序为目,各册、章、节格式基本保持一致,尽量做到简明化、数据化、表格化和图示化。对于技术内容,求对不求全,求准不求多,求实用不求系统,突出丛书的实用性。

3)为保持各册内容相对独立、完整,各册之间允许有部分内容重叠,但本册内应避免出现重复。

4)尽量反映近年来国内外水利水电施工领域的新技术、新工艺、新材料、新设备和科技创新成果,以便工程技术人员参考应用。

参加本套丛书编写的多为施工单位的一线工程技术人员,还有设计、科研单位和部分大专院校的专家、教授,参与审核的多为水利水电行业内有丰富施工经验的知名人士,全体参编人员和审核专家都付出了辛勤的劳动和智慧,在此一并表示感谢!在丛书的编写过程中,武汉大学水利水电学院的申明亮、朱传云教授,三峡大学水利与环境学院周宜红、赵春菊、孟永东教授,长江勘测规划设计研究院陈勇伦、李锋教授级高级工程师,黄河勘测规划设计有限公司孙胜利、李志明教授级高级工程师等,都对本书的编写提出了宝贵的意

见,我们深表谢意!

中国水利工程协会组织并主持了本套丛书的审定工作,有关领导给予了大力支持,特邀专家们也都提出了修改意见和指导性建议,在此表示衷心感谢!

由于水利水电施工技术和工艺正在不断地进步和提高,而编写人员所收集、掌握的资料和专业技术水平毕竟有限,书中难免有很多不妥之处乃至错误,恳请广大的读者、专家和工程技术人员不吝指正,以便再版时增补订正。

让我们不忘初心,继续前行,携手共创水利水电工程建设事业美好明天!

《水利水电工程施工实用手册》编委会

2017年10月12日

目 录

前 言

上 册

第一章 金属结构焊接	1
第一节 焊接应力与钢结构的变形	1
第二节 消除焊接残余应力的方法	8
第三节 防止和矫正焊接变形的的方法	12
第二章 焊接质量检验	24
第一节 焊接质量检验的依据和内容	24
第二节 焊接接头的无损检验	32
第三章 水工金属结构防腐蚀	53
第一节 表面预处理施工	54
第二节 涂料保护	59
第三节 金属热喷涂保护	69
第四章 水工钢结构的制作	74
第一节 平面钢闸门的制造	74
第二节 弧形钢闸门的制造	113
第三节 人字门的制造	145
第四节 压力钢管的制造	173

下 册

第五章 水工钢闸门及埋件安装	213
第一节 钢闸门及埋件安装施工基本知识	213
第二节 钢闸门及埋件安装主要施工设备	219
第三节 钢闸门及埋件安装通用技术	221
第四节 平面闸门埋件安装	234

第五节	平面闸门安装	238
第六节	弧形闸门埋件安装工程	242
第七节	弧形闸门安装	247
第八节	人字闸门门体安装	253
第九节	钢闸门及埋件安装施工安全措施	259
第六章	水利水电压力钢管制造	263
第一节	水利水电压力钢管制造基本知识	263
第二节	制作下料	267
第三节	制作卷制	272
第四节	制作组圆	276
第五节	加劲环安装	280
第六节	制作焊接	282
第七节	防腐蚀	301
第七章	水利水电压力钢管安装	305
第一节	压力钢管安装基本知识	305
第二节	压力钢管安装主要设备介绍	306
第三节	压力钢管安装工艺流程	308
第四节	压力钢管运输施工	310
第五节	压力钢管安装洞内吊装	315
第六节	压力钢管定位节安装	319
第七节	压力钢管中间节钢管安装	322
第八节	压力钢管弯管段及渐变段的安装	325
第九节	压力钢管凑合节的安装	327
第十节	竖井压力钢管安装施工	332
第十一节	斜井压力钢管安装施工	343
第十二节	弹性垫层压力钢管安装施工	353
第十三节	钢岔管洞内安装施工	355
第十四节	天圆地方压力钢管安装施工	364
第十五节	压力钢管灌浆孔封堵施工	367
第十六节	压力钢管安装施工安全控制措施	368
第八章	水利水电工程启闭机安装	376
第一节	水利水电工程启闭机安装基本知识	376
第二节	水利水电工程启闭机安装主要设备 介绍	381

第三节	启闭机轨道安装工程	383
第四节	桥式启闭机安装工程	386
第五节	门式启闭机安装工程	391
第六节	固定卷扬式启闭机安装工程	407
第七节	螺杆式启闭机安装工程	414
第八节	液压式启闭机安装工程	416
第九节	启闭机安装施工安全措施	420
第九章	金属结构工程质量控制检查与验收	423
第一节	金属结构工程质量控制与检查	423
第二节	焊接质量控制与检验	427
第三节	闸门、拦污栅、埋件安装的质量控制与 检验	433
第四节	启闭机安装质量控制与验收	435
第五节	压力钢管安装质量控制与验收	440
第六节	除锈和防腐处理	442
参考文献		444

金属结构焊接

第一节 焊接应力与钢结构的变形

焊接时一般采用集中热源局部高温加热,因此在焊件上产生不均匀温度场。在不均匀温度场作用下,焊件不可避免地将产生应力和变形。当残余应力和变形超过某一范围时,将直接影响钢结构的承载能力、使用寿命、加工精度和尺寸,引起脆性断裂、疲劳断裂、应力腐蚀裂纹等。

一、应力

1. 应力

物体受到外力作用时和加热引起物体内部之间相互作用的力,称内力。单位截面面积上的内力称为应力。

引起金属材料内力的原因有工作应力和内应力。如物体外部受拉力、压力或剪切力作用而形成的拉应力、压应力或剪应力统称工作应力。工作应力的产生和消失与外力有关。当构件有外力时内部即存在工作应力,相反同时消失;内应力是指在没有外力作用的条件下平衡于物体内部的应力,在物体内部构成平衡力系。按产生原因分类有热应力、相变应力和塑变应力。

热应力是指在加热过程中,焊件内部温度有差异所引起的应力,故又称温差应力。热应力的大小与温差有关,温差越大应力越大,温差越小应力越小。

相变应力是指在加热过程中局部金属发生相变,使比容增大或减小而引起的应力。

塑变应力是指金属局部发生拉伸或压缩塑性变形后引

起的内应力。对金属进行剪切、弯曲、切削、冲压、铆接、铸造等冷热加工时常产生这种内应力。

2. 残余应力

(1) 温度产生内应力的原因。温度差异所引起应力(热应力)的举例如图 1-1 所示。它是一个既无外力又无内应力封闭的金属框架,若只对框架中心杆件加热,而两侧杆件保持原始温度,如果无两侧杆件和封闭框架的限制,中心杆件随温度的升高而伸长,但由于受到两侧杆件和封闭框架的限制,不能自由伸长,此时中心杆件受压而产生压应力,两侧杆件

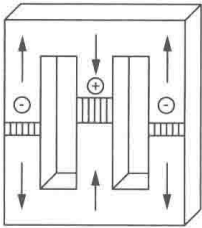


图 1-1 封闭金属框架

件受到中心杆件的反作用受拉而产生拉应力,压应力和拉应力是在没有外力作用下产生的。压应力和拉应力在框架中互相平衡,由此构成了内应力。如果加热的温度较低,应力在金属框架材料的弹性极限范围内,当温差消失后,温度差产生的应力随之消失。

(2) 残余应力。如果加热时产生的内应力大于材料的弹性极限,中间杆件就会产生压缩塑性变形,当温度恢复到原始温度,若杆件能自由收缩,那么中间杆件的长度必然要比原来的短,这个差值就是中心杆件的压缩塑性变形量,若杆件不能自由收缩,中间杆件就会产生内应力,这种内应力是温度均匀后产生在物体中的,故称残余应力。实际上框架内侧杆件阻碍着中心杆件的自由收缩使其受到残余拉应力,两侧杆件本身则由于中心杆件的反作用而产生残余压应力。

二、变形

在外力或温度等因素的作用下,引起金属物体形状和尺寸发生变化,这种变化称物体的变形。变形有弹性变形、塑性变形、自由变形和非自由变形(包括外观变形和内部变形)。当外力去除或温度均匀化后变形随即消失,物体恢复到原状,这个变形称为弹性变形,不能恢复原状的变形称塑性变形;如果金属杆件因受热发生相变,引起形状和尺寸变

化时,未受到外界任何阻碍而自由的进行,这种变形称为自由变形,受到外界阻碍的称为非自由变形。

三、焊接应力与变形产生的原因

构件均匀加热时,如在升温过程中产生了塑性变形,那么在自由冷却时,此变形将保留下来,形成残余变形。对于约束的杆件,在不高的温度(对低碳钢可推导出这个温度约为 100°C)时即产生压缩塑性变形,该变形在自由冷却后将被保留下来,如果在冷却时受约束,则必然会产生拉伸应变和拉伸应力,完全受约束的,即使加热温度不高(对低碳钢而言,加热温度超过 200°C),产生的压缩塑性变形也足以使其在冷却时产生的拉伸应力达到材料的拉伸屈服点。

实际焊接是一个局部加热过程,焊件上的温度分布极不均匀,在焊缝附近,焊接热循环峰值加热温度均会超过 600°C ,熔合线处的峰值温度已达熔点温度。如果焊接速度足够快(图 1-2),可近似认为沿焊缝纵向不存在温度梯度,这样,焊接热源可看成是在焊缝中心同时加热。设想将焊接试板沿焊缝长度方向平行地分切成若干长板条,这样每个长板条受热情况应和前述杆件类似。根据平截面假定,焊接构件在焊前的某一横截面(见图 1-2 I-I 截面),焊后仍将保持为平面,但离焊缝距离不同处的长板条受热的峰值温度是不同的,离焊缝越远处的长板条受热峰值温度越低,而相邻长板条间的变形又彼此受到约束,最终造成近焊缝区域受到拉伸应力作用产生拉伸塑性变形,而远离焊缝处受到压缩应力作用产生压缩塑性变形,必然引起焊接接头横向残余应力及纵向残余应力。

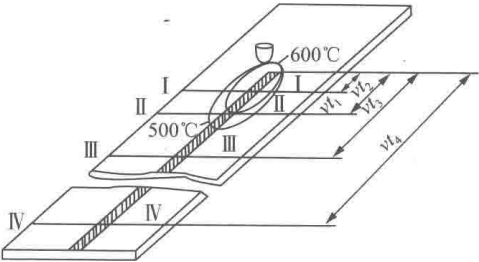


图 1-2 平板高速焊接

四、焊接残余应力对结构的影响

熔化焊必然会带来焊接残余应力,焊接残余应力在钢结构中并非都是有害的。根据钢结构在工程中的受力情况、使用的材料、不同的结构设计等,正确选择焊接工艺,将不利的因素变为有利的因素。同时要做到具体情况具体分析。

1. 对静载强度的影响

正常情况下,平板对接直通焊(见图 1-3)焊接纵向残余应力分布,中间部分为拉应力,两侧为压应力。若焊件在外拉应力 F 的作用下,焊件内部的应力分布将发生变化,焊缝两侧受压应力会随着拉应力 F 的增加,压应力逐渐减小而转变为拉应力,而焊件中的拉应力与外力叠加。如果焊件是塑性材料,当叠加力达到材料的屈服点时,局部会发生塑性变形,在这一区域应力不会再增加,通过塑性变形焊件截面的应力可以达到均匀化。因此,塑性良好的金属材料,焊接残余应力的存在并不影响焊接结构的静载强度。在塑性差的焊件上,因塑性变形困难,当残余应力峰值达到材料的抗拉强度时,局部首先发生开裂,最后导致钢结构整体破坏。由此可知,焊接残余应力的存在将明显降低脆性材料钢结构的静载强度。

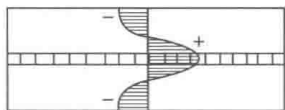


图 1-3 平板对接焊缝纵向残余应力分布

2. 对构件加工尺寸精度的影响

对尺寸精度要求高的焊接结构,焊后一般都采用切削加工来保证构件的技术条件和装配精度。通过切削加工把一部分材料从构件上去除,使截面积相应减小,同时也释放了部分残余应力,使构件中原有残余应力的平衡得到破坏,引起构件变形。图 1-4 在 T 型焊件上切削腹板上表面,切削后去除压板, T 型焊件就会失稳产生上挠变形,影响 T 型焊件的精度。为防止因切削加工产生的精度下降,对精度要求高

的焊件,在切削加工前应对焊件先进行消除应力退火,再进行切削加工。也可采用多次分步加工的办法,释放焊件中的残余应力和变形。

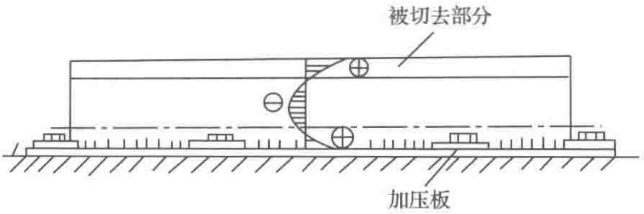


图 1-4 切削加工引起内应力释放和变形

3. 对受压杆件稳定性的影响

焊接后工字梁(H型)中的残余应力和外载引起的压应力叠加之和达到材料的屈服点时,这部分截面就丧失进一步承受外载的能力,削弱了有效截面积。这种压力的存在,会使工字梁稳定性明显下降,使局部或整体失稳,产生变形。

焊接残余应力对杆件稳定性的影响大小与内应力的分布有关。图 1-5 为 H 型焊接杆件的内应力分布。如果 H 型杆件中的翼板采用火焰切割,或者翼板由几块叠焊起来的则可能在翼板边缘产生拉伸应力,其失稳临界应力比一般焊接的 H 型截面高。

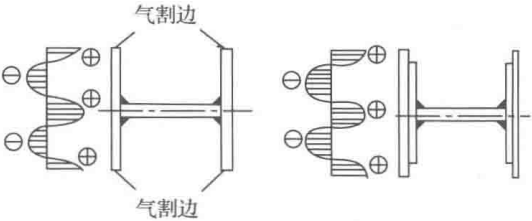


图 1-5 带火焰切割边及带翼板的 H 型杆件的应力分布

4. 对应力腐蚀裂纹的影响

金属材料在某些特定介质和拉应力的共同作用下发生的延迟开裂现象,称为应力腐蚀裂纹。应力腐蚀裂纹主要是由材质、腐蚀介质和拉应力共同作用的结果。

采用熔化焊焊接的构件,焊接残余应力是不可避免的。焊件在特定的腐蚀介质中,尽管拉应力不一定很高,都会产生应力腐蚀开裂。其中残余拉应力大小对腐蚀速度有很大的影响。当焊接残余应力与外载荷产生的拉应力叠加后的拉应力值越高,产生应力腐蚀裂纹的倾向就越高,发生应力腐蚀开裂的时间就越短。所以,在腐蚀介质中服役的焊件,首先要选择抗介质腐蚀性能好的材料,此外对钢结构的焊缝及其周围处进行锤击,使焊缝延展开,消除焊接残余应力。对条件允许焊接加工的钢结构,在使用前进行消除应力退火等。

五、焊接变形对钢结构的影响

设计的钢结构首先要实用、安全、经济美观。焊接成型的钢结构必须满足设计要求。表面平整无凸凹不平现象,整体上平整顺直无弯曲扭斜。

多数钢结构的部件经焊接成型后,都采用螺栓、螺钉、铆钉等连接件组装在一起,或通过压板与其他构件进行拼接。如果焊接使构件发生变形、表面凸凹不平、构件发生弯曲扭斜等,组装时很难将拼接件贴紧,变形量超过某一数值时,拼接很难进行,甚至不能拼接。如两个正方体箱形框架进行组装,其中有一个发生扭曲变形,其形状由原来的正方体变成棱形体,整个端面发生转动,被拼接的正方体箱形框架之间就很难使横竖梁之间的孔相互对应进行组装,由此需进行返修或报废。

对采用螺栓进行连接的焊接构件,要充分考虑到因焊接、切割热过程引的纵向、横向构件发生缩短现象,如果事先未留收缩量,会造成钢结构整体难以组装。所以,对外形尺寸、整体精度、孔连接要求高的组装件,必须考虑热收缩带来的不利影响。

变形会降低构件的承载能力。如 H 型钢发生挠曲变形在承受载荷时,当承受的载荷小于发生挠曲变形的某一强度值时,H 型钢处于稳定状态。当竖向载荷大于某一强度值时,H 型钢则向凹的方向弯曲,甚至发生扭转,使 H 型钢丧失稳定性而失去继续承载的能力。如果 H 型钢发生的变形较小,