

中华人民共和国国家标准

GB/T XXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

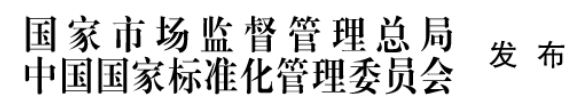
重型机械 焊接件设计规范

Heavy mechanical—Design specification for weldments

|  |
| --- |
| （征求意见稿） |
|  |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施



ICS 25.020

J 33

目  次

[1 范围 1](#_Toc12671)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc29973)

[3 术语和定义 1](#_Toc3611)

[4 焊接件材料的选择原则 1](#_Toc11194)

[4.1 一般要求 1](#_Toc18102)

[4.2 金属的焊接性 1](#_Toc20587)

[5 焊接接头的型式 2](#_Toc16579)

[5.1 一般要求 2](#_Toc12040)

[5.2 选用原则 2](#_Toc12096)

[6 焊接件焊缝强度计算 2](#_Toc29361)

[6.1 不同焊缝的强度计算公式 2](#_Toc11394)

[6.2 焊缝的许用应力 4](#_Toc16723)

[7 焊接件设计的经济性和合理性 6](#_Toc4098)

[7.1 宜采用比较经济的角焊缝 6](#_Toc16572)

[7.2 选择合理的坡口形式 7](#_Toc19373)

[7.3 选择焊接材料的合理性与经济性 8](#_Toc14640)

[7.4 焊缝位置的合理性与经济性 8](#_Toc21650)

[7.5 减少结构件焊接后的辅助工序 8](#_Toc27099)

[7.6 减少焊缝内应力和收缩变形时的焊缝布置 9](#_Toc31267)

[7.7 减少由于内应力在厚度方向而形成的层状撕裂 10](#_Toc1424)

[7.8 设计举例 12](#_Toc26730)

[8 焊接件图样要求 19](#_Toc17071)

[8.1 技术要求 19](#_Toc13524)

[8.2 图样标注要求 19](#_Toc32566)

**[附录A 20](#_Toc4749)**

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家标准管理委员会提出。

本文件由全国冶金设备标准化技术委员会（SAC/TC409）归口。

本文件起草单位： 。

本文件主要起草人：  。

本文件为首次发布。

重型机械 焊接件设计规范

1. 范围

本文件规定了焊接件焊接接头选用规定、焊缝标注方法及焊接件设计的合理性和经济性设计等的一般规范。

本文件适用于重型机械及零部件中的钢制焊接件的焊接制造。

1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 324 焊缝符号表示法

GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口

GB/T 985.2 埋弧焊的推荐坡口

GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相

GB/T 11345 焊缝无损检测 超声波检测技术、检测等级和评定

GB/T 37400.3 重型机械通用技术条件 第3部分:焊接件

GB/T 26951 焊缝无损检测 磁粉检测

GB/T 26952 焊缝无损检测 磁粉磁粉检测 验收等级

GB/T 26953 焊缝无损检测 磁粉渗透检测 验收等级

JB/T 3223 焊接材料质量管理规程

JB/T 6967 电渣焊 通用技术条件

1. 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

1. 焊接件材料的选择原则
   1. 一般要求

在选择焊接件材料时，需考虑金属材料的焊接性，在满足设计计算强度的情况下，应选择焊接性良好的材料。

* 1. 金属的焊接性

4.2.1 金属的焊接性，是指被焊金属材料在采用一定的焊接工艺方法、工艺材料、工艺参数及结构型式条件下，获得优质焊接接头的难易程度。

同一金属材料，采用不同焊接方法或焊接材料，其焊接性可能有很大差别。

焊接性有两方面：

1. 工艺焊接性 主要指金属或材料在一定的焊接工艺条件下，能否获得优质致密、无缺陷和具有一定使用性能的焊接接头的能力，涉及焊接制造工艺过程中的焊接缺陷，即金属对形成裂纹、气孔、夹渣、断裂等缺陷的敏感性。
2. 使用焊接性 主要指焊接接头在使用中的可靠性，包括焊接接头的机械性能（强度、延性、韧性、硬度以及抗裂缝扩展的能力等）和其他特殊性能（如耐热、耐蚀、耐低温、抗疲劳、抗时效等）。

可通过碳当量公式的估算或工艺焊接性试验对金属材料焊接性进行评价。

4.2.2 碳当量法是根据化学成分对钢材焊接热影响区淬硬性的影响程度粗略地评价焊接时产生冷裂缝倾向及脆化倾向的一种估算方法。

碳钢及低合金结构钢常用的碳当量公式（国际焊接学会推荐的）如下：



对合金成分为C≤0.5%、Mn≤1.6%、Cr≤1%、Ni≤3.5%、Mo≤0.6%、Cu≤1%的合金钢，其碳当量公式推荐如下：





根据经验：

当CE＜0.4%时，钢材的淬硬倾向不明显，可焊性优良，当被焊工件厚度＜40mm时焊接时可不用预热。



当CE=（0.4~0.6）%时，钢材的淬硬倾向逐渐明显，需要采取适当预热，控制线能量等工艺措施。



当CE＞0.6%时，淬硬倾向强，属于较难焊的钢材，需采取较高的预热温度和严格的工艺措施。

1. 焊接接头的型式
   1. 一般要求

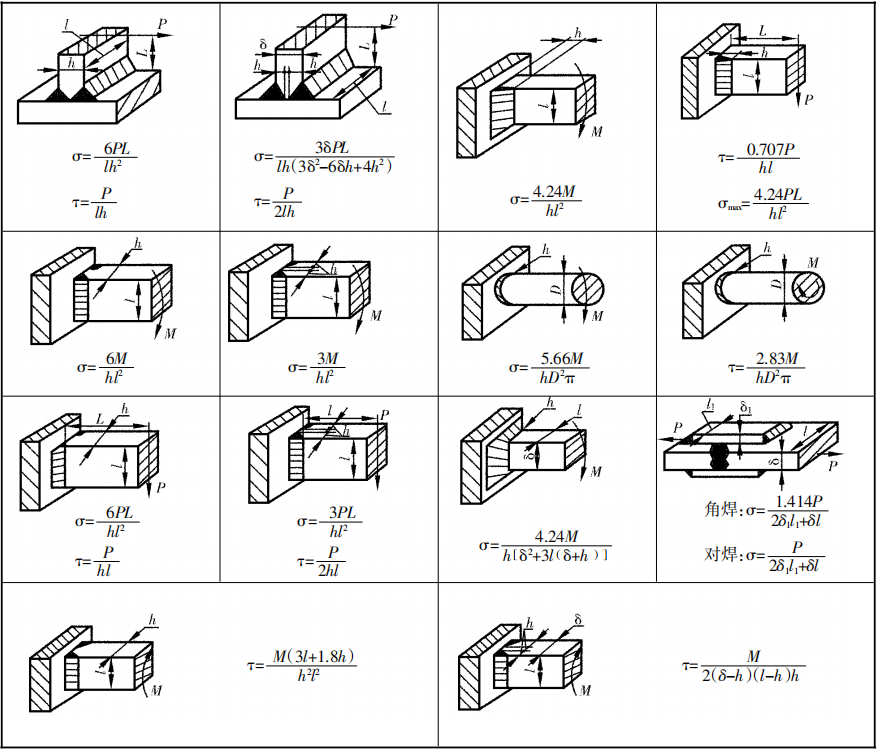
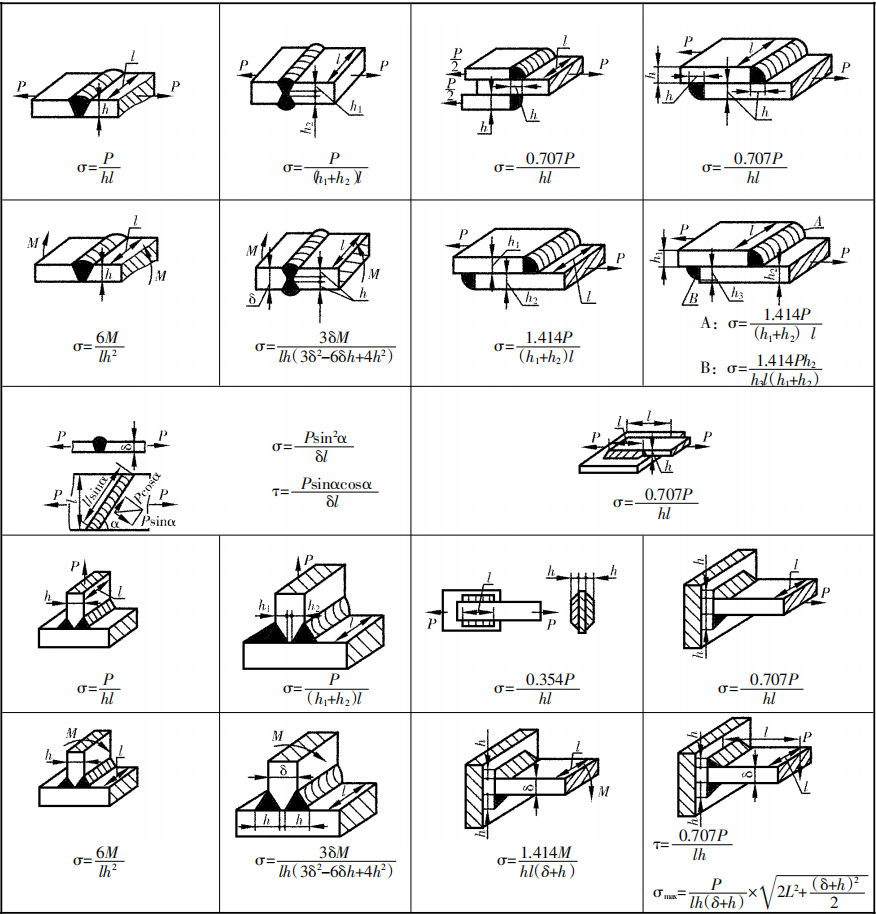
在焊接接头及焊缝型式设计时，应充分考虑：焊接材料消耗量，可焊到性，坡口加工，焊接变形等因素。

* 1. 选用原则

5.2.1厚钢板应尽量采用组合焊缝、双向对称或不对称焊缝，以减少焊缝截面积，增大结点抗层状撕裂能力。焊接件中不必全部采用焊透焊缝，对主要的应力集中部位的焊缝应磨成圆弧型，此时应在图样中按GB/T 324中规定的标准焊缝代号标注。

5.2.2气体保护焊、焊条电弧焊、埋弧焊、窄间隙埋弧焊以及电渣焊等特殊焊缝的坡口形式和尺寸按GB/T 985.1、GB/T 985.2和JB/T 6967的要求进行设计。

1. 焊接件焊缝强度计算
   1. 不同焊缝的强度计算公式



* 1. 焊缝的许用应力

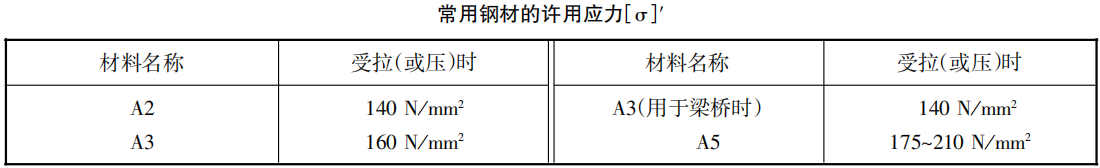
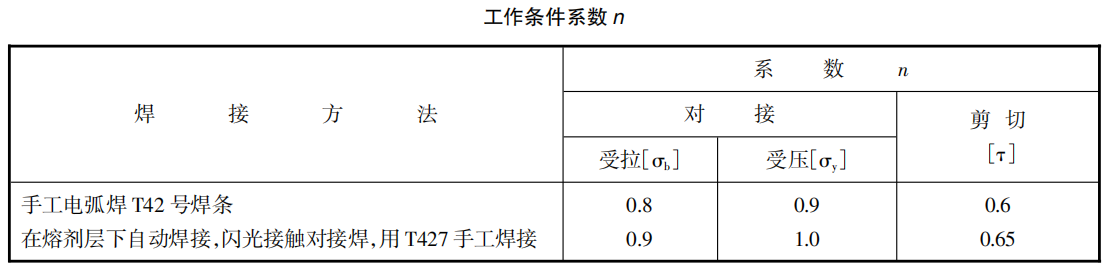
6.2.1 机械制造中：

6.2.1.1 受静载荷时的许用应力

式中：—焊缝的许用应力（受静载荷时）

—母体金属许用应力

—工作条件系数



6.2.1.2 受变载荷和变向载荷时的许用应力

式中：r—降低系数

—焊缝的许用应力（受静载荷时）



注：①及为绝对数值的最小和最大作用力，代入时必须带有本身的正负号。

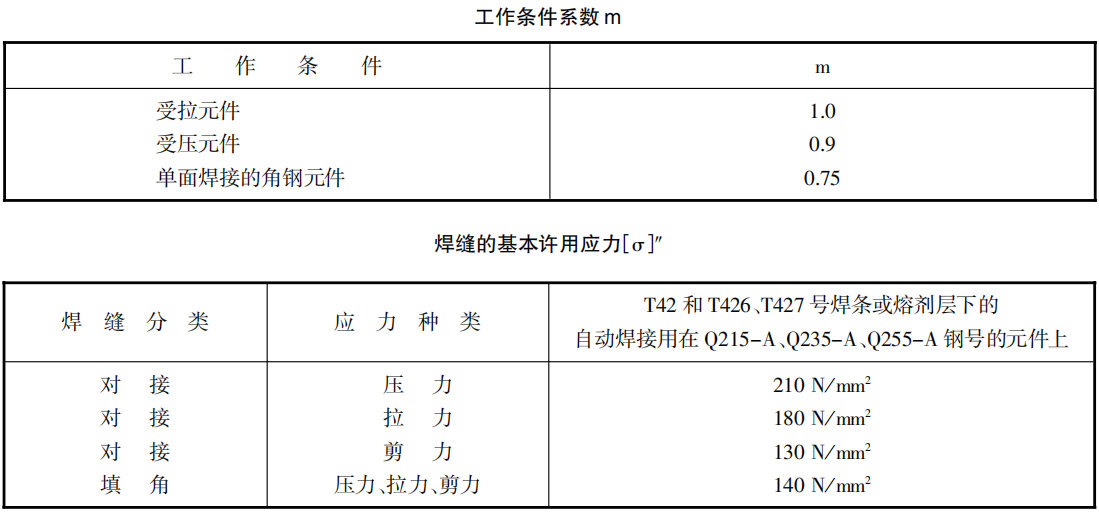
②≤1（当r>1时则取r=1）。

6.2.2 金属结构中：

6.2.2.1 静载荷时的许用应力

式中：m—工作条件系数

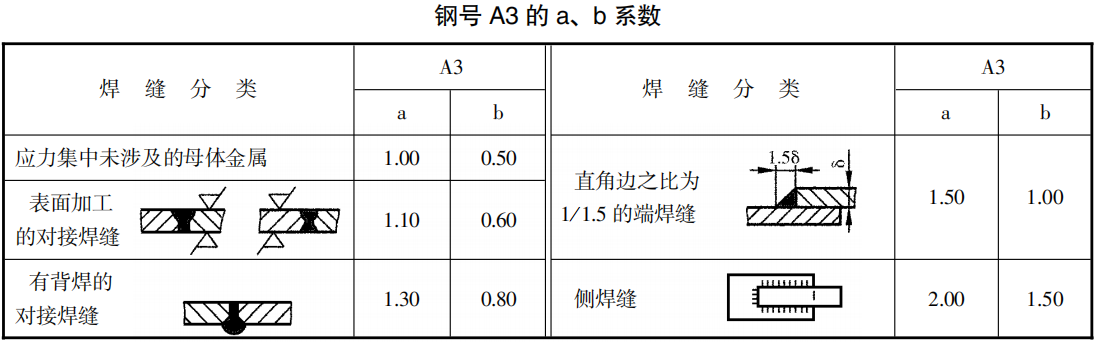
—焊缝的基本许用应力



6.2.2.2 受变向载荷时的许用应力

式中：、—为绝对数值的最小和最大的作用力，代入时必须带有本身的正负号。

当计算的大于1时，则应取=1。



1. 焊接件设计的经济性和合理性
   1. 宜采用比较经济的角焊缝

7.1.1单面角焊缝原则上不许采用，只有不可避免时方可采用。因为单面角焊缝不但变形大而且焊缝断面积比双面角焊缝大一倍（图1、图2），显然工时也多，焊接材料也多，这是不经济的。若选用双面焊缝确实有困难，例如，其中有一面难以施焊，或者处于强迫位置时，则可考虑选用单面角焊缝。

7.1.2若角焊缝在较小负荷下工作或其强度不必计算时，可按下列经验公式确定全部或部分焊缝的高度：

对于双面角焊缝：a=0.3S或k=0.42S ………………………………………（1）

对于单面角焊缝：a≥0.6S或k≥0.85S ………………………………………（2）

式中：

a——焊脚腰高尺寸，见图3，单位为毫米（mm）；

k——焊脚边长尺寸，见图3，单位为毫米（mm）；

S——连接钢板中较薄的钢板厚度，见图3，单位为毫米（mm）；

注：a值是计算焊缝强度用的，在图样上应按K值注明焊缝高度。

7.1.3 尺寸a是按照连接钢板中较薄的钢板考虑的（见图3），出于经济原因，a不应超过12mm。若由于负载原因，需要a＞12mm时，应采取开坡口的形式，采用半焊透或全焊透焊缝。

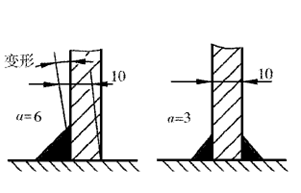


图1

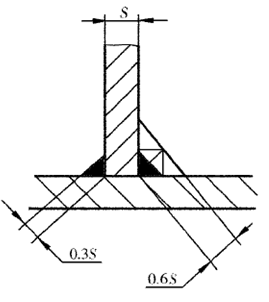


图2

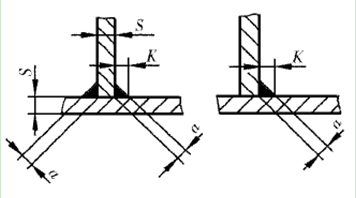
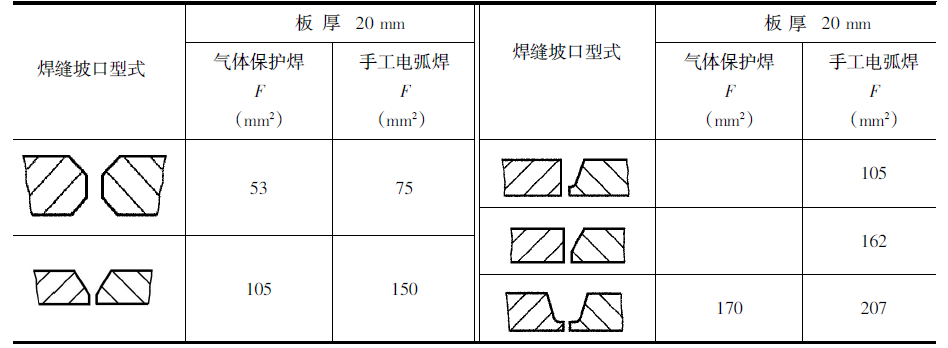


图3

* 1. 选择合理的坡口形式

在设计焊接结构件时，应选用合理的坡口形式。例如，对于单V型坡口，它有较大的焊接空腔，焊缝断面积较大，提高了焊接成本。而对双V型焊缝，它的焊接空腔较小，焊接成本较低。所以在对接焊缝中，可以适当选择焊接坡口形式，力争减少焊缝体积以降低焊接成本。在保证设计焊接坡口深度的情况下，制造工艺可根据采用的焊接方法，改变坡口形式。示例见表1。

表1



* 1. 选择焊接材料的合理性与经济性

在同一焊接结构件或产品中选用板材或型材的材质种类和规格应尽量减少，并使其剩下余料最少，以提高原材料的利用率。

* 1. 焊缝位置的合理性与经济性

在设计时选择焊缝位置，应尽可能选择水平焊或横焊，以保证焊接质量，同时节省焊接时间。同时在设计时要考虑各处焊缝的布置具备可操作性，避免由于空间受限造成个别焊缝无法焊接的情况产生。各种焊接位置的施焊时间对照示例见图4、图5及表2，强迫位置焊缝应尽量避免，见图6。

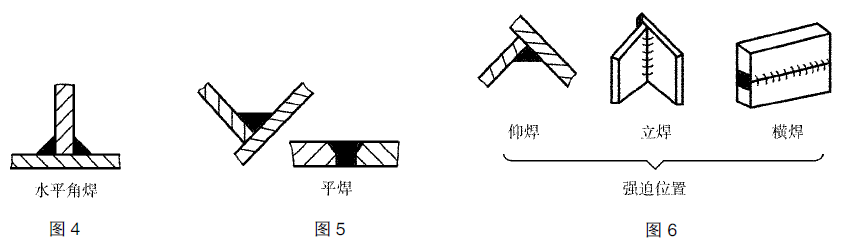


表2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 焊接位置种类 | 横焊  （水平角焊） | 平焊 | 仰焊 | 立焊 | 横焊  （对接焊缝） |
| 施焊时间比 | 1.3 | 1.0 | 2.5 | 2.2 | 1.8 |

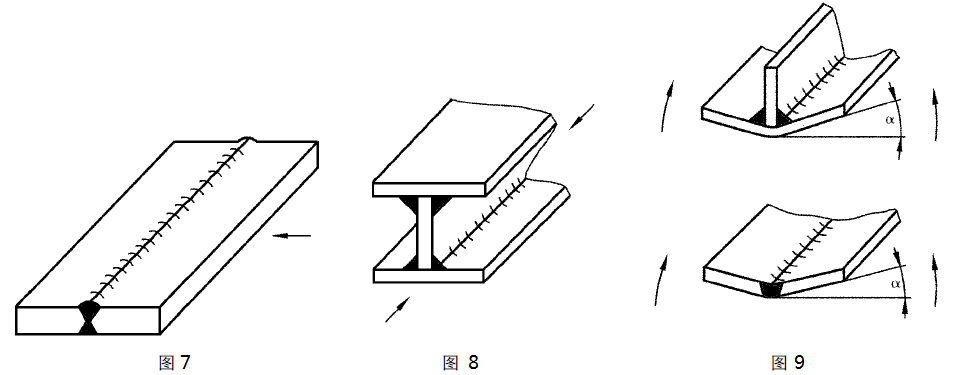
* 1. 减少结构件焊接后的辅助工序

焊接后的辅助工序包括：

1. 矫直：单面焊缝产生单面应力，变形较大，焊后需矫直，故优先选用双面焊缝。
2. 清理和打磨：有的焊缝焊后过高需经打磨，这样浪费工时，故在焊接时，尽可能按焊缝的负偏差进行焊接。
3. 焊后消除应力处理：当要消除焊接件应力和焊后进行多孔、多平面的机械加工时，需进行必要的热处理。一般当材料的碳当量超过0.3%或要减少由于合金元素而产生的焊后硬脆时，需进行焊后热处理。当焊缝较少、薄壁件、不机械加工且精度要求较低等焊接件，可采用振动时效进行消除应力处理。
   1. 减少焊缝内应力和收缩变形时的焊缝布置

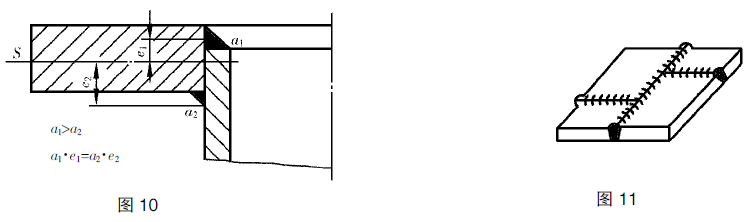
7.6.1 随着板厚的增加，在很大程度上会出现收缩。收缩可分为如下三种：

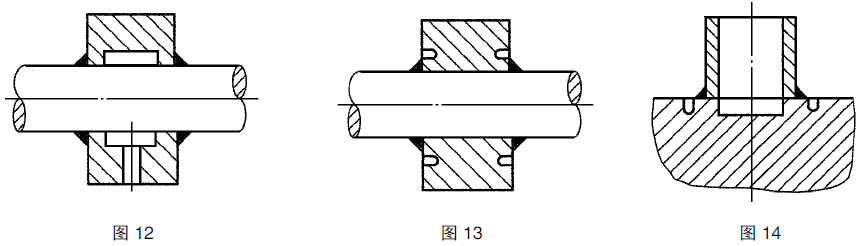
1. 横向收缩，见图7。
2. 纵向收缩，见图8。
3. 角度收缩，见图9。



7.6.2 减少收缩应力可采取下列措施

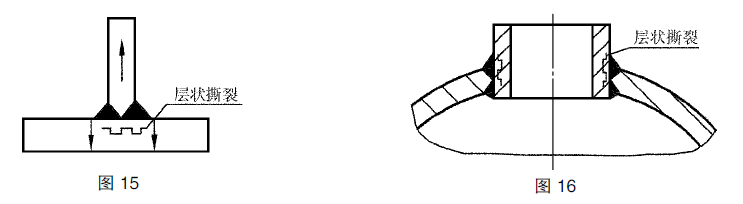
1. 采用断续焊缝：减小焊缝体积，降低热量输入，能减少收缩应力。但为避免应力集中，断续焊缝不宜用在动载荷的结构件中。
2. 减少收缩力矩：焊缝应相对截面的重心轴S对称布置，如不可能，则较厚的焊缝应布置在靠近对称轴心，较薄的焊缝布置在另一面。见图10。
3. 避免焊缝堆积：例如十字交叉焊缝，特别是在厚截面时应避免，以免产生三向应力。若结构上需要交叉焊缝时，相交焊缝应交错布置。见图11。
4. 筋板能导致应力集中，可对筋板倒角，避免焊缝相交。
5. 用收缩切口来减少收缩应力。见图12、图13、图14。





* 1. 减少由于内应力在厚度方向而形成的层状撕裂

7.7.1 如果较厚（例如，30mm～100mm或更厚）的钢板在焊接时厚度方向承受较大的拉伸拘束应力就易发生层状撕裂（图15、图16）。这种层状撕裂酝酿着很大的危险性，因为层状撕裂是一种较难发现的缺陷，裂纹一般不露出表面。对层状撕裂敏感的钢材撕裂前，一般不易被超声波探测出来，只有在大拘束焊接垂直应力的作用下才形成层状撕裂裂纹。层状撕裂多发生在T型接头的结构上。

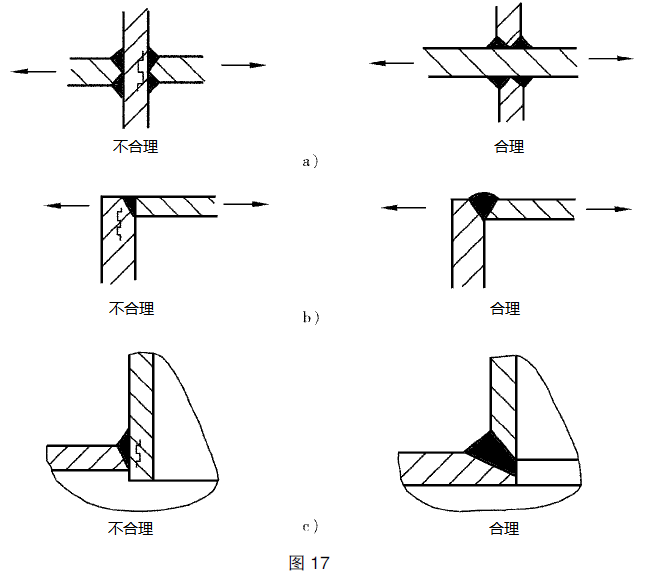


7.7.2 防止层状撕裂的措施：

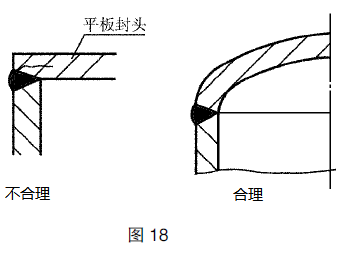
1. 对于船舶、海上采油平台、锅炉和压力容器等重要焊接件应采用《厚度方向性能钢板》（GB/T 5313）。钢板的抗层状撕裂能力采用厚度方向（Z向）拉伸试验的断面收缩率来评定。其性能级别、硫含量以及端面收缩率应符合表3的规定。
2. 选用合适的结构，以减少“Z”向拘束度，其具体办法如下：

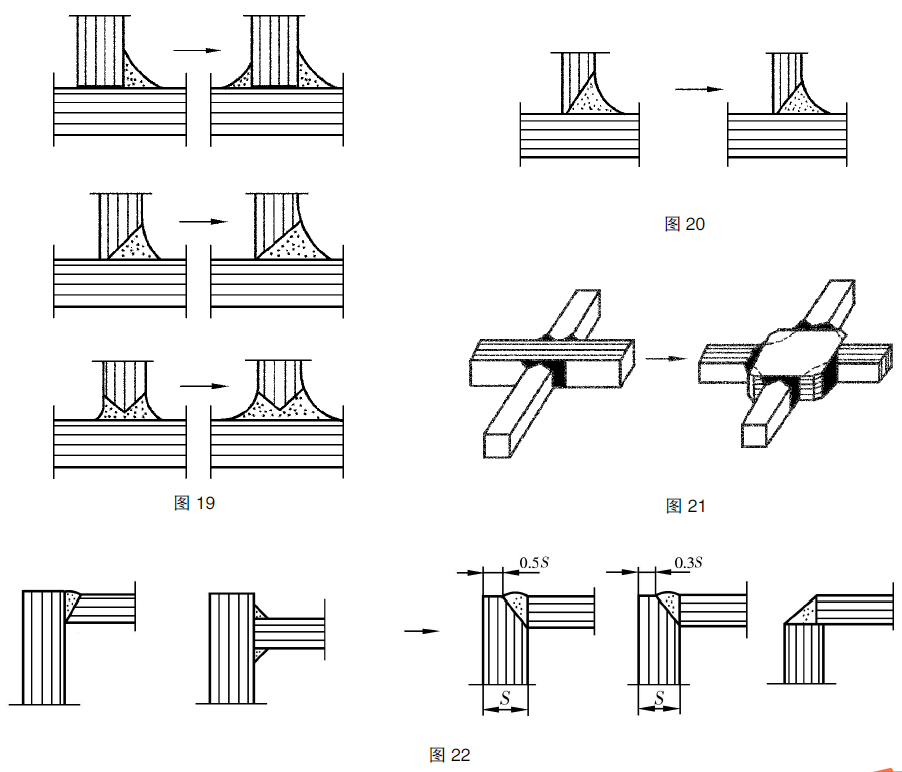
1）改进焊接接头形式：对塑性、韧性较低的焊缝区，避开与外力垂直作用，如图17a）所示；

开坡口，如图17b）所示；将全插式接管改为半插式，如图17c）所示。



2）改进结构型式：如将平板封头改为椭圆封头，如图18所示；通过增大连接面减少层状撕裂，见图19；用减少不必要的焊缝截面积来减少层状撕裂倾向，见图20，因为较小焊缝面积收缩途径小，收缩变形也小，层状撕裂也下降；采用合适的连接或坡口形式，以消除层状撕裂，见图21、图22。

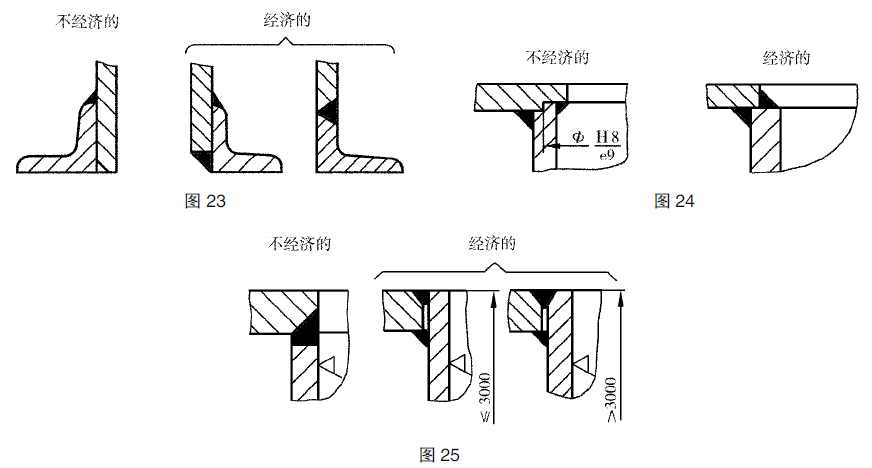




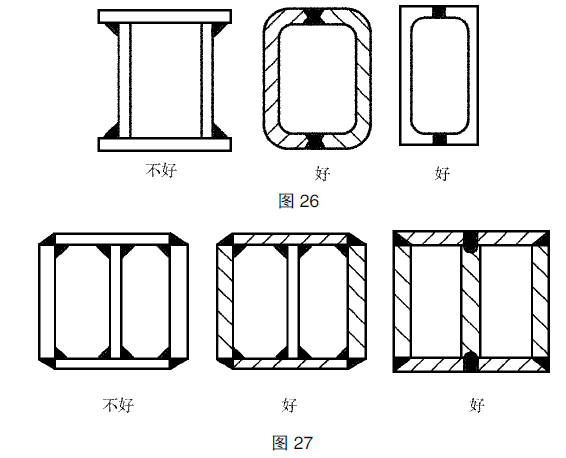
* 1. 设计举例

7.8.1 适用于手工焊接或小批量生产情况：

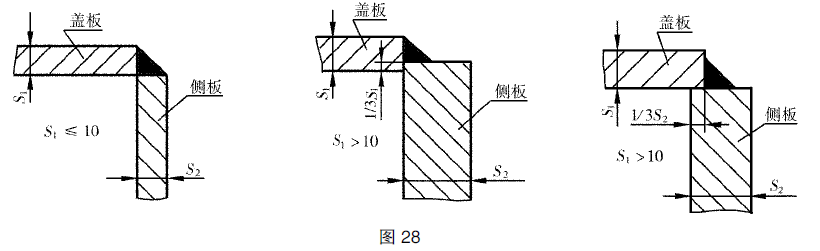
1. 法兰焊接：由于角焊缝成本低，使用角焊缝是经济的，见图23；
2. 定心：工件在焊接前，一般情况下，不需过高的定心要求，见图24；
3. 光滑表面和配合面不应通过焊缝：见图25，如切削加工的法兰。



7.8.2 箱形焊接结构件：应该由带边缘钢板或型材拼焊，见图26、图27。



7.8.3 盖板同侧板拼焊时（图28），应根据板厚确定搭接焊接，一般盖板厚度小于或等于10mm且与侧板的厚度差较小，盖板就不易弯曲。



7.8.4 焊缝根部不应处于受拉力区域，如图29。

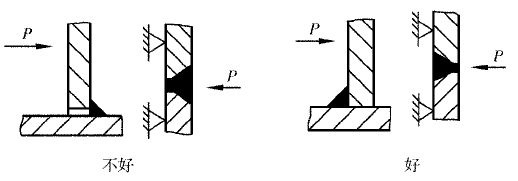


图29

7.8.5 在承受最大弯曲负载处，应尽可能避免横焊缝，如图30。

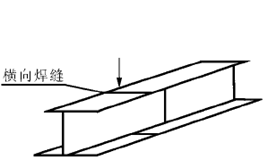


图30

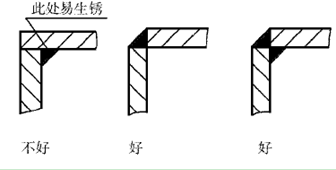


图31

7.8.6 在角形连接中，应避免向外开口的焊缝（防止生锈），在要求密封和承受动载荷时，应该增设内部焊缝，图31。

7.8.7 在焊缝封闭时，应将焊缝中的一段断开或者增加一个通气孔，以便在加热或冷却时空气能够

流通，否则要导致翘曲，图32。

7.8.8 剖分面不要被焊缝断开，图33。

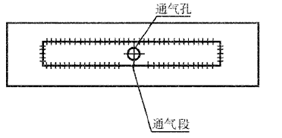


图32

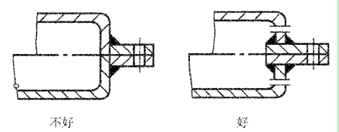


图33

7.8.9 如果封闭箱体要进行退火，则应钻Φ5mm～Φ10mm的通气孔。如果孔有影响，退火后可再堵塞，见图34。

7.8.10 焊接件要求水、油密封，不应使液体从螺纹孔和其他类似地方泄出，在强度允许的情况下，应设有内部焊缝或采取适当的结构，图35。

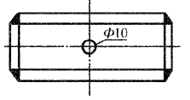


图34

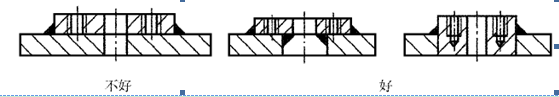


图35

7.8.11 薄钢板焊接时，有发生拱起的倾向。应考虑开孔焊接或采用图32的方式，如图36所示。

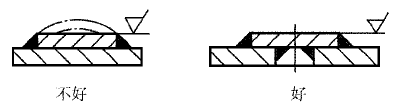


图36

7.8.12 由于负荷直接传递，连杆与轴套的焊接，整体镶焊较侧焊好，见图37。

在较小负荷情况下，宜采用角焊缝（轴套尽可能用圆钢），在动负荷情况下，应采用斜切环缝，在高负荷情况下应采用锻件环缝，见图38.

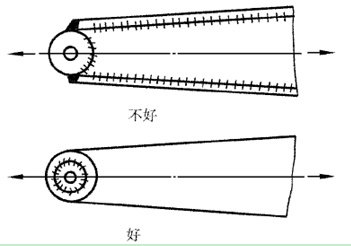


图37

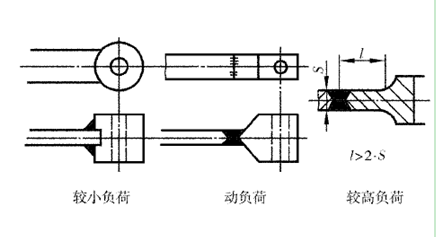


图38

小负荷时，弯曲叉头焊在杆端平面上是适宜的，用管子连接最好，高负荷时应采用锻焊或铸焊结构，见图39。

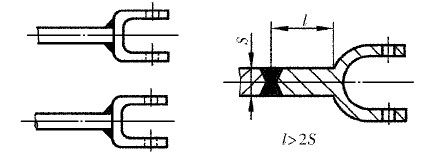


图39

7.8.13 在需喷丸处理的箱型结构中应考虑在喷丸后能够清理，防止残留钢砂，以免钢砂进入轧件或润滑系统中造成损坏。

7.8.14 在承受较高负荷的构件中，宜采用K型焊缝（图40）。狭窄的双耳环应该用经弯曲的钢板焊接，这样便于操作（图41）。

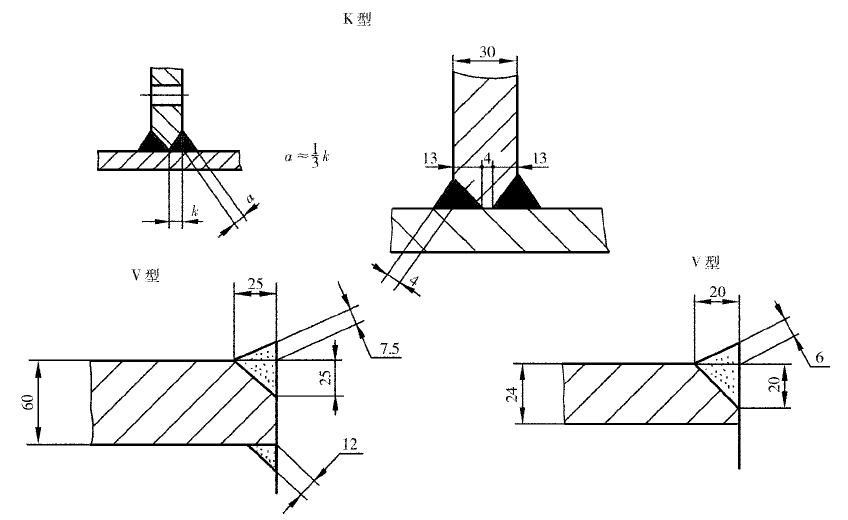


图40

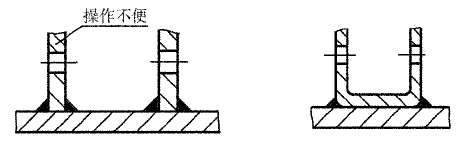


图41

7.8.15 壁厚较薄要求弯曲刚性大的箱形筋（空心筋板），可用角钢、槽钢或钢板弯制而成，见图42。

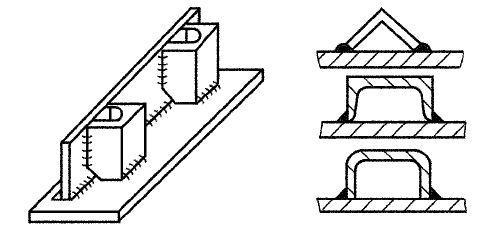


图42

7.8.16 型钢连接：

1. 工字钢的接缝，见图43。

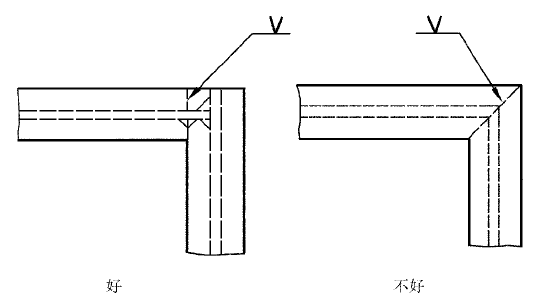


图43

1. 角钢和槽钢的斜角接缝，图44。

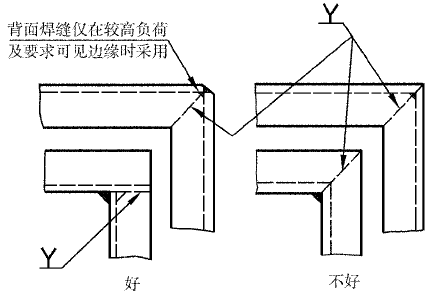


图44

1. 避免采用焊缝角度小于45°，图45。

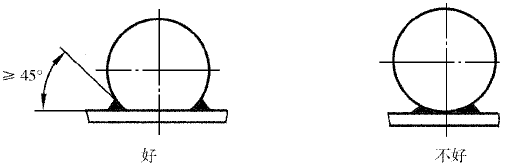


图45

1. 重要结构件型钢接缝型式，图46。

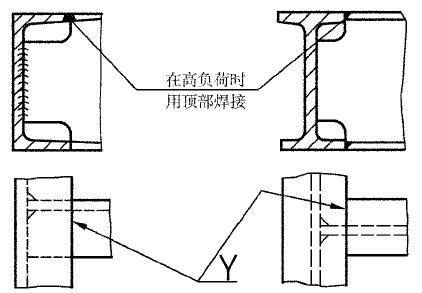


图46

1. 对于不重要的焊接结构可以不用插接，图47。

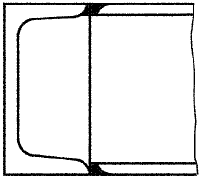


图47

1. 在型钢焊接结构中，型钢本身的尺寸和形状偏差往往影响焊接后的加工质量，如图48。

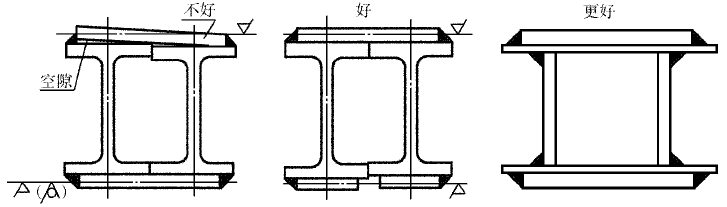


图48

1. 焊接件图样要求
   1. 技术要求

焊接件的设计应符合GB/T 37400.3的规定。

* 1. 图样标注要求

焊接件的图样规范可参考附录A。

附录A

（资料性）

焊接件图样规范要求

A.1 焊接件图样规范要求

焊接件的图样规范要求参见表A.1。

表A.1焊接件规范



\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_