

船用型材切割生产线输入夹持角度适应控制研究

唐兴华

上海中船临港船舶装备有限公司 上海 200032

摘要: 简要介绍了船用型材切割生产线的结构组成, 以及输入夹持的夹持特点。建立了各种规格和尺寸的型材输送角度数学模型, 通过对模型的求解揭示了输入型材夹持角度的规律性。据此提出了一种自适应的输入夹持角度适应推进器的设计和控制方法。以上思路和方法, 为船用型材切割生产线的优化设计和控制提供了重要的借鉴与指导。

关键词: 型材切割; 生产线; 夹持机构; 角度适应

1 序言

当前, 我国船舶工业的国际地位不断提升, 同时也面临更加严峻的国际竞争。在现代船舶建造中, 会大量使用各种型材, 船舶船体型材的使用量在船体全部钢材用量中占有相当大的比例。

切割作为重要的型材加工手段, 是船舶建造过程中基础且非常重要的工序。船用型材主要分为等边角钢、不等边角钢、球扁钢、T形钢和H形钢, 各种型材需要按照指定要求切割, 为后续的拼装和焊接提供合格的原材料。由于各种型材具有不同的尺寸规格和品种差异, 工件轮廓复杂且加工精度要求高, 因此对型材的切割设备提出了更高的要求^[1]。

船用型材切割生产线采用机器人切割系统, 具有运行稳定、适应性强、自动化程度高等优点, 能够提高切割质量和生产效率, 改善工人的劳动强度等, 因而得到了广泛应用。典型的船用型材切割生产线及其布置如图1和图2所示, 可切割型材的品种

为角钢和球扁钢。

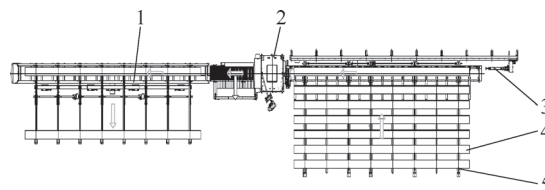


图2 典型船用型材切割生产线布置

1.输出机构 2.切割室 3.输入夹持 4.型材 5.输入机构

船用型材切割生产线一般包括输入机构、输入夹持、切割室、输出机构、切割电源和除尘系统等。

输入机构将各种型材依次输入, 输入夹持从型材的端面一侧接触型材, 并上下夹紧型材的腹板或者长边, 型材被夹持推送输入切割室, 切割完成后的型材由输出机构从切割室依次输出。输入夹持如图3所示, 输入型材和被夹持的型材如图4、图5所示。

输入夹持从型材的端面一侧上下夹紧型材, 夹持面与型材腹板面或者长边面垂直。由于在输入过



图1 典型船用型材切割生产线



图3 输入夹持



图4 输入型材



图5 被夹持的型材

程中, 型材的腹板或者长边与输送面呈一定角度, 所以输入夹持也应能旋转一定角度, 夹持面始终与型材腹板面或者长边面垂直。由于各种型材尺寸规格差异, 型材的输送角度是变化的, 故对输入夹持提出了角度适应的要求。因此, 分析了型材的输送角度与型材截面的关系, 创建了各种规格和尺寸的型材输入夹持角度适应模型, 提出了夹持角度适应控制的思路和具体措施。

2 角度适应模型

2.1 输入型材和夹持姿态

输入机构将型材(角钢和球扁钢)依次输入, 型材的面板靠近输送面的垂直立辊, 垂直立辊可旋转, 型材紧贴着垂直立辊表面被输入夹持夹紧往前输送。

型材在输送时, 被放在输送面上的位置不尽相同。目前的输入夹持装置都只能用于部分型号尺寸型材的输送过程, 无法对各种形状的型材做到角度适应。

型材的腹板与输送面呈一定角度 α , 输入夹持在夹持前需要旋转相应的角度 α , 夹持面与腹板表面始终垂直。

船用角钢主要分为等边角钢和不等边角钢, 不等边角钢又可以分为不等边不等厚角钢和不等边等厚角钢。输入不等边不等厚角钢和夹持姿态如图6所

示, 输入不等边等厚角钢和夹持姿态如图7所示, 输入球扁钢和夹持姿态如图8所示。

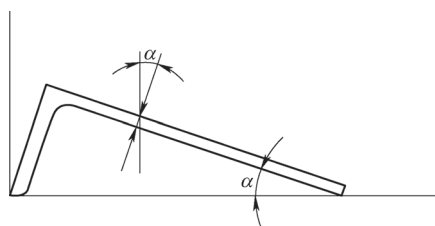


图6 输入不等边不等厚角钢和夹持姿态

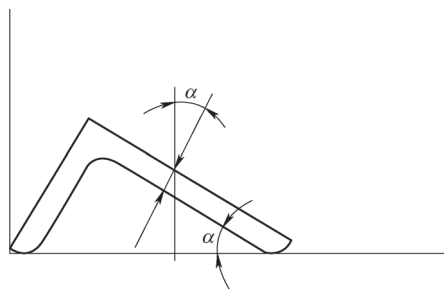


图7 输入不等边等厚角钢和夹持姿态

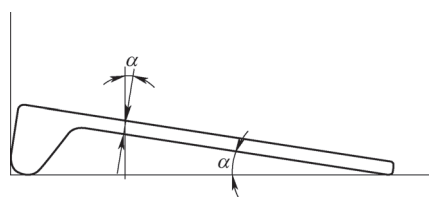


图8 输入球扁钢和夹持姿态

2.2 角度适应数学模型

从型材的截面尺寸出发, 确定以型材截面尺寸和输送角度 α 之间的数学模型, 探究输送角度 α 的规律性。

(1) 角钢角度数学模型 因为等边角钢边宽度始终相等, 所以角钢在被夹持过程中其输送角度始终等于 45° 。

不等边不等厚角钢角度适应模型如图9所示。

不等边不等厚角钢输送角度 α 的计算公式如下

$$\alpha = \arctan \frac{B - t_1 - r_1}{A - t_2 - r_2} - r \quad (1)$$

根据不等边不等厚角钢的标准规格参数和公式(1), 得出不等边不等厚角钢输送角度 α 的数值, 见表1。

不等边等厚角钢角度适应模型如图10所示。

不等边等厚角钢输送角度 α 的计算公式如下

$$\alpha = \arctan \frac{B - r_1}{A - r_1} \quad (2)$$

根据不等边等厚角钢的标准规格参数和公

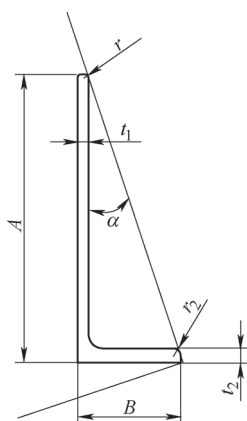


图9 不等边不等厚角钢角度适应模型

注： t_1 为腹板厚度， t_2 为面板厚度， r 为腹板端部圆角半径， r_2 为面板内侧圆角半径， A 为腹板宽度， B 为面板宽度。

表1 不等边不等厚角钢输送角度 α

不等边不等厚角钢规格 /mm × mm × mm × mm	角度 α / (°)
L 200 × 90 × 8 × 14	22.3
L 200 × 90 × 9 × 14	22.1
L 200 × 90 × 10 × 14	21.8
L 250 × 90 × 9 × 14	17.4
L 250 × 90 × 9 × 15	17.4
L 250 × 90 × 10 × 15	17.2
L 250 × 90 × 11 × 16	17.1
L 250 × 90 × 12 × 16	16.8
L 300 × 90 × 10 × 16	14.2
L 300 × 90 × 11 × 16	14.0
L 300 × 90 × 12 × 17	13.9
L 300 × 90 × 13 × 17	13.7
L 300 × 100 × 9.5 × 14	17.6
L 300 × 100 × 10.5 × 15	17.4
L 300 × 100 × 11.5 × 16	17.3
L 300 × 100 × 12.5 × 17	17.2
L 350 × 120 × 9.5 × 15	18.3
L 350 × 120 × 10.5 × 16	18.2
L 350 × 120 × 11.5 × 18	18.1
L 350 × 120 × 12.5 × 19	18.0
L 350 × 100 × 11 × 17	13.4
L 350 × 100 × 12 × 17	13.2
L 400 × 120 × 10 × 21	16.2
L 400 × 120 × 11.5 × 23	16.1
L 400 × 120 × 12.5 × 25	16.0
L 400 × 100 × 11.5 × 16	11.4
L 400 × 100 × 12 × 18	11.4
L 400 × 100 × 13 × 18	11.3
L 450 × 120 × 10 × 23	14.4
L 450 × 120 × 11.5 × 25	14.3
L 450 × 120 × 12.5 × 27	14.3
L 450 × 125 × 11.5 × 18	13.3
L 500 × 120 × 12.5 × 33	13.0
L 500 × 120 × 13.5 × 35	12.9

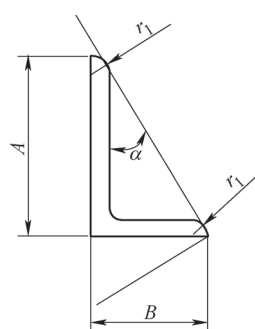


图10 不等边等厚角钢角度适应模型

注： r_1 为边端圆弧半径， A 为长边宽度， B 为短边宽度。

式（2），得出不等边等厚角钢的输送角度 α 的数值，见表2，最小输入不等边等厚角钢为 L100mm × 63mm。

表2 不等边等厚角钢输送角度 α

不等边等厚角钢规格/mm × mm × mm	角度 α / (°)
L 100 × 63 × 6	31.2
L 100 × 63 × 7	31.1
L 100 × 63 × 8	30.9
L 100 × 63 × 10	30.5
L 100 × 80 × 6	38.2
L 100 × 80 × 7	38.1
L 100 × 80 × 8	38.0
L 100 × 80 × 10	37.9
L 110 × 70 × 6	31.6
L 110 × 70 × 7	31.5
L 110 × 70 × 8	31.3
L 110 × 70 × 10	31.0
L 125 × 80 × 7	31.7
L 125 × 80 × 8	31.6
L 125 × 80 × 10	31.3
L 125 × 80 × 12	31.0
L 140 × 90 × 8	31.8
L 140 × 90 × 10	31.6
L 140 × 90 × 12	31.4
L 140 × 90 × 14	31.1
L 150 × 90 × 8	30.0
L 150 × 90 × 10	29.7
L 150 × 90 × 12	29.5
L 150 × 90 × 14	29.2
L 150 × 90 × 15	29.1
L 150 × 90 × 16	28.9
L 160 × 100 × 10	31.0
L 160 × 100 × 12	30.7
L 160 × 100 × 14	30.5
L 160 × 100 × 16	30.3
L 180 × 110 × 10	30.5
L 180 × 110 × 12	30.3
L 180 × 110 × 14	30.0
L 180 × 110 × 16	29.8
L 200 × 125 × 12	31.0
L 200 × 125 × 14	30.8
L 200 × 125 × 16	30.6
L 200 × 125 × 18	30.5

(2) 球扁钢角度数学模型 球扁钢角度适应模型如图11所示。

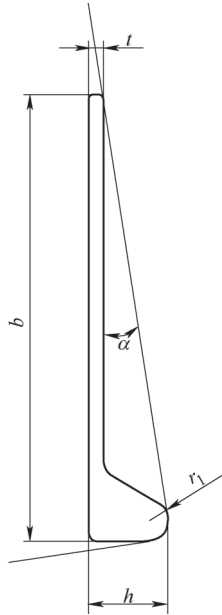


图11 球扁钢角度适应模型

注：b为宽度，h为高度， r_1 为球端圆角半径，t为腹板厚度。

球扁钢的输送角度 α 的计算公式如下

$$\alpha = \arctan \frac{h-t}{b-r_1} \quad (3)$$

根据球扁钢的标准规格参数和公式(3)，得出球扁钢输送角度 α 的数值，见表3，最小输入球扁钢为100mm×7mm。

表3 球扁钢输送角度 α

球扁钢型号/mm×mm	角度 $\alpha / (^\circ)$
100×7、100×8	9.2
120×6、120×7、120×8	8.4
140×7、140×8、140×10	8.0
160×7、160×8、160×9、160×11	8.1
180×8、180×9、180×10、180×11	8.2
200×9、200×10、200×11、200×12	8.3
220×10、220×11、220×12	8.4
240×10、240×11、240×12	8.4
260×10、260×11、260×12	8.5
280×11、280×12、280×13	8.5
300×11、300×12、300×13	8.5
320×12、320×13、320×14	8.5
340×12、340×13、340×14	8.6
370×13、370×14、370×15	8.6
400×14、400×15、400×16	8.6
430×14、430×15、430×17、 430×19、430×20	8.7

通过上述数学模型和表1~表3中输送角度 α 的具体数值，总结出输送角度 α 与型材类型以及型材规格的规律如下。

1) 对于等边角钢（现行标准为GB/T 706—2016），输送角度 α 为固定值45°。

2) 对于不等边不等厚角钢（现行标准为CB 3269—1988和YB/T 4562—2016），输送角度 α 的规律和特点呈现如下：①同一种标准下，同一种型钢型号的输送角度 α 与型钢尺寸基本无关，可近似为固定值。②同一标准下，型钢型号越大，输送角度 α 越小：YB/T 4562—2016型材，L450mm比L200mm的输送角度 α 约小9°（22.3°—13.3°=9°）；CB 3269—1988型材，L50mm比L30mm的输送角度 α 约小4.7°（17.6°—12.9°=4.7°）。③不同标准的不等边不等厚角钢，同一种型钢型号的输送角度 α 相差较大。且YB/T 4562—2016标准的型材比CB 3269—1988标准的型材输送角度 α 小。L350mm的输送角度 α 最大角度差约5.1°（18.3°—13.2°=5.1°）。④输送角度 α 的差异主要取决于不等边不等厚角钢截面尺寸的差异，同时也反映出各种型材标准之间的差异性。

3) 对于不等边等厚角钢（现行标准为GB/T 706—2016），输送角度 α 的规律和特点如下。①同一种型钢型号的输送角度 α 与型钢尺寸基本无关，可近似为固定值。②等边角钢L100mm×80mm比较特殊，其输送角度 α 不仅比其他的等边角钢都大，而且差值较大。

4) 对于球扁钢（现行标准为GB/T 9945—2012），输送角度 α 的规律和特点如下。①同一种球扁钢型号的输送角度 α 与型钢尺寸基本无关，可近似为固定值。②不同型号的球扁钢，输送角度 α 差别不大，最大约1.2°（9.2°—8.0°=1.2°）。主要原因是由于不同型号的球扁钢高度和宽度的比值变化较小。

3 角度适应控制

研究了各种型材的输送角度 α ，利用各种型材对应的输送角度 α 的规律，提出一种自适应的输入夹持角度控制推进器的设计和控制方法，如图12所示。

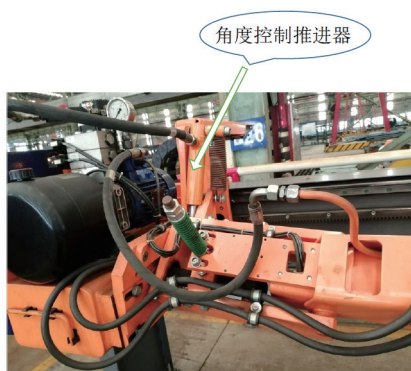


图12 输入夹持角度控制推进器

输入夹持的夹持臂绕一定轴回转，所需动力由推进器提供。推进器能够精确控制推进距离和推进角度，且自动化程度高。

推进器和输入夹持的控制关系如图13所示。

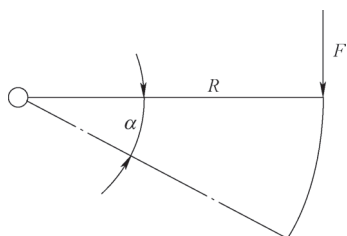


图13 推进器和输入夹持的控制关系

注：R为输入夹持臂回转半径，F为推进器的推进力，

α 为输入夹持的旋转角度。

推进器推进距离L的计算公式如下

$$L = \pi R \alpha / 180^\circ \quad (4)$$

根据表1~表3的输送角度 α 数值，可以得出对应于不同输入型材所需的推进距离。当推出相应距离L后，输入夹持的夹持面就能与输入型材的腹板面垂直。

(上接第18页)

4 结束语

在焊接过程中，由于S22053和Q235B化学成分差异较大，故容易造成焊缝成分不均匀和因碳迁移而在脱碳层产生裂纹等问题。为此，针对两异种钢相焊接，采用焊条电弧焊和不锈钢焊条ER2594，根据预焊接工艺规程制定的焊接规范制备焊接工艺评定试板，焊后经检查、检测及力学性能试验合格后，能够验证预焊接工艺规程的正确性，完成了焊接工艺评定报告。根据焊接工艺评定报告编制焊接工艺规程和焊接作业指导书，指导焊工对15t合成釜

输入夹持在推进器的作用下回转相应角度的状态如图14所示。



图14 输入夹持回转后的状态

4 结束语

对于船用型材切割生产线，分析了各种型材的输送角度 α 与型材截面的关系，创建了各种规格和尺寸的型材输入夹持角度适应模型，通过对各种模型的求解，揭示出输入型材输送角度的规律性。在此基础上，提出一种自适应的输入夹持角度控制推进器的设计思路，为船用型材切割生产线的优化设计和控制提供重要的指导。采用该改进装置后，切割质量和生产率均得到提高，现存的其他问题以及其他社会、经济效益得到改善。

参考文献：

- [1] 彭辉.造船材料[M]. 哈尔滨：哈尔滨工程大学出版社，2011.

MW 20210107

的异种钢焊缝进行了焊接，取得了良好的效果。

参考文献：

- [1] 陈啸，姚洪清.2205与Q345D异种钢焊接产生裂纹探讨[J].金属加工（热加工），2017（14）：43-45.
- [2] 田志勇.Q245R和S31603异种钢的焊接工艺评定[J].特种设备安全技术，2016（6）：57-58.
- [3] 赵瑞辉.Q345R与N08825异种钢焊接工艺试验[J].金属加工（热加工），2016（12）：53-55.
- [4] 杨永良，王田勇.双相不锈钢2205的焊接工艺[J].金属加工（热加工），2016（14）：45-47.

MW 20210124