

100663



金属结构中的焊接应力

H·O·奥克尔布洛姆著



6
41
697

建筑工程出版社

5476
52471
R-6

100663

金屬結構中的焊接应力

許乃武 譯

建筑工程出版社出版

• 1956 •

內容提要 本書綜述了目前有关焊接应力及其对焊接金屬結構工作能力作用的理論、試驗及生產經驗的資料。列举關於焊接应力分布的概念以及这种应力与焊接結合 構造形式、制造方法的主要关系;書中並介紹消除焊接应力的方法,以及焊接应力本身与其消除方法对焊接結構工作能力的影响。

本書可供設計与制造焊接結構的工程技術人員参考,也可以作为技術学校学生的参考書。

原本說明

書 名 СВАРОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯХ

編 著 者 П. О. Ожорблом

出 版 者 Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы

出版地点及日期 Москва-1950-Ленинград

金屬結構中的焊接应力

許乃武 譯

*

建筑工程出版社出版 (北京市阜成門外南禮士路)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第061号)

建筑工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書号325 字數106千字 850×1168 1/32 印張5 插頁1

1956年12月第1版 1956年12月第1次印刷

印數:1—5,000册 定價(10) 0.95元

目 錄

序 言	5
第一章 焊接与焊接应力的意义	7
1. 焊接在近代工業中的作用	7
2. 內应力問題的意义	9
3. 焊接变形与焊接应力問題	12
4. 焊接应力对焊接結構强度的影响	16
第二章 焊接应力	18
5. 分类	18
6. 产生焊接应力的情况	20
7. 产生組織应力的情况	26
8. 在焊接結合与簡單部件中的应力性質	30
9. 工藝因素对焊接应力的影响	37
10. 焊接方法对焊接应力性質和数值的影响	47
11. 有初应力的部件在焊接时应力的組成情况	59
12. 焊道在表面上熔化时的应力	65
13. 焊接結構中的剩余应力	69
第三章 焊接应力对焊接結構工作能力的影响	77
14. 焊接应力与作用荷載所产生应力的疊加	77
15. 在荷載作用下焊接桿件变形的發展	83
16. 焊接結合的机械特性	86
17. 焊接应力对靜力强度的影响	93
18. 焊接应力对疲劳强度的影响	101
19. 焊接应力对撞击强度与冷脆性的影响	105
20. 焊接应力同其他因素對於焊接結構工作能力的比較作用	109
第四章 焊接应力的消除	113
21. 消除焊接应力的方法	113

22. 用施加外力來消除应力	114
23. 焊縫敲打	124
24. 焊接結構的热处理	129
25. 消除应力的热電法	134
26. 防治应力的其他方法	142
27. 各种消除应力的方法对焊接結構工作能力的影响	146
結論: 焊接应力問題及其进一步解决的途徑	150
參考書籍	154
中俄名詞对照表	158

序 言

目前焊接应力對於焊接結構工作能力的作用問題缺乏系統的資料,这在很多情況下導致構造方式和生產方法的不正確,使制造焊接結構的工藝及其在使用過程中的作用複雜化。

毫無根據地要求消除焊接应力,不僅在制造焊接結構的工藝過程中增加多余的工序,這些工序總是要求有昂貴的機具設備和鋪張的作業場地(例如:蒸汽鍋爐、橋梁等等,許多大型焊接結構需要熱處理);而且在應用某些消除焊接應力的方法時,會造成往往更為危險的新內应力(例如,在局部退火時,或在應用消除應力的熱塑法時)。

作者在很早以前的一本書“焊接變形和焊接应力”(1948年出版)中,曾經介紹一般的原理,說明這些原理應用的實例,並且也部分地討論到焊接應力的作用問題。

在現在這本書里,作者嚐試地把過去所作的理論和試驗研究結果,更完備的加以系統整理並加以論述,其中包括作者在列寧格勒 М. И. 加里寧工藝學校焊接生產講座的工作結果;書中並就焊接应力本身及其各種消除方法對於焊接結構強度的作用加以研討。

在這裡,作者願意對 И. П. 巴伊考夫(Байков)工程師在準備原稿時給予的幫助和技術科學候補博士 Д. И. 納夫羅茨基(Навроцкий)在編輯本書時給予的寶貴指示表示衷心的感謝。

作者

第一章 焊接與焊接應力的意義

1. 焊接在近代工業中的作用

卓越的俄國發明家、工程師 Н.Н. 別納爾道斯(Бенардос)和 Н.Г. 斯拉瓦諾維奇(Славянович),在他們的研究工作中,独特地創建了改進金屬結構及其製造方法的可能途徑,他們首先制定了金屬部件間的電弧焊接方法。

無論 Н.Н. 別納爾道斯在1882年發明炭電極電弧焊接方法——“利用電流的直接作用來連結金屬和切割金屬的方法”,或者是 Н.Г. 斯拉瓦諾維奇在1888~1890年發明金屬極電弧焊接方法——“金屬的電鑄方法”。雖然當時的先進分子,對他們所發明的金屬部件連結方法的意義和金屬電焊的意義也曾經給予過應有的評價,但在他們生活的時代都沒有得到廣泛地發展。只是在第一次世界大戰時期,才促使人們特別注意到新的工藝過程——焊接,這就推動了焊接在工業上廣泛地運用。

在第一次世界大戰以後一個比較短的時期中,按照別納爾道斯方法所作的電弧焊接,更主要地,按照斯拉瓦諾維奇方法所作的電弧焊接曾經在廣闊的領域內取得實際應用,就在今天,也很難說出工業中還有那個部門未曾應用過電焊。

戰前年代中社會主義工業的蓬勃發展,偉大衛國戰爭年代中的緊張勞動,以及根據戰後第一個恢復和發展蘇聯國民經濟的計劃而廣泛展開的工作,都以無可辯駁地証明了在蘇聯所有各工業和建築部門的進一步發展中,電焊所具有的特殊意義。最近在一些新的重要的結構和建築物中,應用電焊的實例,表明電焊最廣闊應用的可能性,表明其在各個部門中的應用。可以提出的有:斯大林工廠(在列寧格勒)所建造的功率為十萬千瓦特的蒸汽透平機焊接結構;“鋼結構裝配”托拉斯所進行的“薩普羅斯鋼廠”煉鐵爐外

殼的焊接；造船工業聯合廠建築整體焊接船舶巨大工程；葉古羅夫工廠（在列寧格勒）所制作的整體焊接金屬客車車廂；列寧格勒西梅德特中尉橋的橋梁；莫斯科和高爾基汽車廠出產的各種廣泛應用焊接的汽車。最後，還可以指出：只是由於應用了焊接的緣故才能迅速修復戰爭時期被破壞了的工業、鉚釘結構和焊接結構。以上這些都足以使人們深信焊接在所有工業與國民經濟各部門中不斷增長著的作用。

焊接在應用上的不斷增長，焊接技術方法的擴展和深入是取決於這一工藝過程的一些特點，它們能夠更完備的滿足近代工業所提出的要求，而近代工業的使命就是供給日益完善的、日益強大的、具有各種用途的機器和裝備。焊接和其他一些工藝過程不同，它的特點是：

(1) 能夠使結構和建築物具有更合理的構造形式。焊接時，幾乎完全消除鑄造、鉚接、模壓和其他工藝過程，在選擇個別部件和整個結構的構造形式和尺寸時所受到的任何一類限制。例如，消除了鉚接時連結部件厚度上的限制；消除了鑄造個別部件時重量與尺寸上的限制；消除了轉彎處要利用鉚接就必需使用角鋼而受到的一些限制，以及其他等等。

(2) 能夠做出應用其他工藝過程所無法做出的制品與結構。在焊接時基本材料更充分的利用以及在一个結構中應用更多種不同材料的可能性，大大地提高了合理利用現有結構體系的範圍；至於個別構件和任何結構形式的整體結構所具有的較輕重量，又創造了利用以前不能實現的新體系的可能性。

(3) 在焊接結構中能夠利用個別的模壓和鑄造部件，完全保留模壓和鑄造分別給予部件的一些優點。比較完善的結構總是對個別部件提出更為複雜的要求，而在構件的某些組合部分應用模壓、鑄造或其他工藝過程就有可能更簡單地滿足這些要求。焊接保證了結構的整體性，並且可以不用任何常是會破壞連結均勻性的次要構件而將單獨的部件連結在一起，這就造成了合理利用保證使結構上每一單獨組成部分制作得更簡單、更經濟的工藝過程。

的有利条件。

(4) 在制造焊接制品和結構时能够使工艺过程广泛地机械化和自动化,由此也就可能应用更完善的装配方法,特别是在成批和大量生产的时候。广泛应用熔剂层下的自动焊接創造了为达到使焊接工作質量稳定、提高焊接生产率、減低制造焊接結構的劳动量的条件。

(5) 能够使制造焊接制品和結構的期限大大的縮短,这一点也是前述各項的直接后果。

但是,上面所談到的,焊接时更充分利用母体金屬的这个可能性同时也要求在焊接制品和結構中更充分地估計焊接过程本身對於母体金屬性質及其工作能力的影响。在这类對於确定是否可能利用焊接於某項結構有着特殊重大意义的問題之中,焊接变形和焊接应力問題佔据着首要的地位。如果可以把焊接变形——焊接結構的走形——看作是基本上屬於制定保証能够使焊接結構达到設計尺寸和形狀的焊接技术方法的技术問題,那么,焊接应力問題,基本上就是焊接結構强度問題的一部分,它在一定的使用条件下,确定焊接的利用是否容許。因此,焊接应力(也就是在焊接过程中所產生的、並保留於焊接結構中的应力)問題的解决,就确定了焊接技术的進一步发展及其在焊接結構和制品中利用它的途徑。

2、內应力問題的意義

焊接应力屬於“內应力”这一类,或者,像人們有时称为“原始应力”的一类,也就是屬於一种在結構上沒有附加外力时存在着的应力。內应力問題首先由俄国的冶金学家 Н.В. 卡拉庫茨基 (Калакуцкий) 提出,1887年他在自己的著作“生鉄和鋼的內应力研究”[10]中发表了自己多年研究的結果。当时,內应力問題的產生是独立於焊接作业之外的,並且,最初也和其他任何金屬的加工过程沒有联系起來。

“十五年多以前我动手做試驗——Н.В. 卡拉庫茨基在上述著作中写道——开始試驗的目的是單純确定在金屬中一般地是不是

有內應力存在……………而關於內應力要依靠於金屬加工條件這一結論的認識却是以後的事情”。

但是，就是這種最初的研究工作已經使他本人得到一個結論：“內應力的數量和性質與加工條件有着直接的關係；這種應力在廣闊的範圍內可能有所變化，對於這種情況，加工的技术是能夠提供出完全確實可靠並且極為簡單的資料”。內應力的可能控制使H.B.卡拉庫茨基產生了合理利用這種應力並使之由有害的因素轉變成為有利因素的概念，有利的因素可以使結構得到改進，“增加構造物的抗力”也會使“構造物建立在更合理的原則上”。

因此，在內應力問題產生的時候就已經建立了它與金屬加工方法之間的聯繫，也已經注意到調節內應力的可能性。

以後，和研究各種工藝過程——鑄造、鍛打、壓延、軋輾、鉚接等——相關聯的研究工作表明：在製造金屬製品和結構的所有工藝過程中都有內應力產生，它的數值此時極為巨大，並且在很多情況下會引起製品的顯著變形。

譬如，在製造軋輾型鋼時，由於冷卻不均勻而發生內應力，這些內應力量不均勻地分布在材料的截面上。在一些試驗研究中曾證明過，軋輾型鋼中保留的剩餘應力值達到了近於屈伏限值的數值〔18〕，〔56〕。假如，估計到試驗可能只確定平均應力，那麼，就不得不承認，型鋼截面中個別部分的實際應力無疑是等於屈伏限值的。

在製造鉚接結構時，鉚釘灼熱的過程也在鉚釘本身和被鉚接的構件中造成內應力。鉚釘杆軸的收縮在鉚釘孔壁上產生機械作用，使釘孔附近的被鉚接構件金屬上產生極大的應力；而孔的直徑則擴大了一些。假如，估計到近鉚釘孔處的金屬由於接觸到灼熱的鉚釘被加熱至超過 500° 的溫度，因而使這部分金屬的屈伏限值降低。那麼，很明顯，近釘孔處的實際應力應當達到，甚至也可能超過屈伏限值。這樣，在被鉚接的金屬受熱時，其中不僅產生彈性的、而且也產生塑性的變形。當鉚釘冷卻時，鉚釘和釘孔的直徑減小，並在後者的邊緣上產生拉應力，這拉應力往往也超過屈伏限

值,这一点在研究具有釘孔的腐蝕断面时,通过流限图形的观察得到証实[45]。在鉚接时,内应力的產生也由下列情况得到証实,即当打鉚釘的次序不正确时,鉚接梁会有极大的弯曲变形。

鋼板在輓压和冷作模压时必然獲得塑性变形,这就予先决定經过这种作业的鋼板中有剩余应力存在,其数值的大小將視鋼板的厚度和其最后一次弯曲的半徑是多少而定。

内应力在鑄件中也是出現的。其数值根据許多作用力不大时就有裂紋出現的情况來判断。

鑄造内应力形成的条件在目前已有很好的研究,并已制訂出在鑄造时消除它們的方法[14]。

必須指出,在某种工艺过程中所產生的内应力在制品内部互相平衡,按照前述研究結果采用的分类,它們可以区分为三类[3]。

据根内应力发生和相互平衡所在的范围大小,可以分成:

1) 第一类应力,它們具有一定的方向和数值,並在制品内部平衡,它們和由外力的作用而產生的应力相似;

2) 第二类应力,它們在微小体积范围内(也就是在金屬顆粒間)互相平衡,它們和制品的大小与形狀無關,因此也沒有一定的方向;

3) 第三类应力,它們在超微細体积范围内(也就是在結晶格柵核心間)互相平衡,和第二类应力相仿,它們對於制品的主軸來說是沒有一定方向的。

第三类应力到目前为止尚缺乏研究。第二类应力主要是和金屬組織的变化有关,是在广泛地研究着的。第一类应力所受到的研究最为詳細,这种应力范围最广,并且首先是对金屬制品和結構的形式有最显著影响的。在应用低合金鋼和特种鋼时,还需要估計到第二类应力,这种应力的出現会极严重地影响制品受荷載的工作情况。

因此,在一个制品中可以存在着三种类型的应力,但每种应力的数值則將主要决定于所用鋼料的标号。

在前面所談到的由壓延、鑄接、軋壓和鑄造而引起內應力的各種情況中，人們所注意的是第一類內應力，但是在那些和加熱到高溫有關的工藝過程中也會發生第二類應力，實際上這一類主要是在應用合金鋼時才會發現。

很明显，在製造過程中經過類似淬火這種形式的熱處理的製品也不會擺脫內應力。就是在用熱處理來消除已存在的內應力時——在某些條件下也能够產生更高的瞬時內應力，它們會使製品出現裂紋，如同有時候在大型鑄件熱處理的程序不正確時，就能看到這種現象一樣〔14〕。

由上面所述可以看出，內應力問題在現時對於所有金屬製品的工藝加工過程都有其本身的意義，對於焊接過程也不例外。

3. 焊接變形與焊接應力問題

焊接時產生的、並稱為焊接應力的內應力（它類似於鑄造時產生的所謂鑄造應力）在蘇聯和國外都是許多研究工作的一個課題。

我國的金屬極電弧焊接發明者H.Γ.斯拉瓦諾維奇，過去已經指出過焊接應力的意義，他在1892年出版的一本著作“金屬電鑄”〔44〕中，不僅提出過需要“小心金屬中的有害拉伸”，而且也提出過其產生的實際和防治的方法。同時，他提供了許多目前尚在應用的防治這種應力的方法：預熱法、分段焊接法、焊後鍛打法等。

但是，在發明電焊以後最初的年代里，儘管在這方面有很多熱情工作者的努力，其中著名的如M. A. 夏傑林（Шателен）〔48〕，然而焊接應力的問題仍然長時期很少研究。

如在革命前的俄國，有許多試圖把有關電焊問題的研究放在一個比較堅實基礎之上的嘗試，其中可以提出的是1913年“燒焊事業”（Автогенное дело）雜誌的專家小組的組織。

雜誌〔1〕中有一些論文涉及焊接內應力，根據這些論文可以確信，在解決焊接應力的問題上當時並沒有重大的進展，研究的成果包括德國和法國的研究在內並沒有比H.Γ.斯拉瓦諾維奇所曾提

出的原則有什么進展[44]。

在偉大的十月社会主义革命以後，焊接應力的研究事業才有重大的進展，那時，電焊不僅在修理工作中應用，而且也用在新建金屬結構、機器和建築物方面。

雖然，內應力最初的研究者H. B. 卡拉庫茨基對於這種應力和金屬加工方法的直接關係已有完全肯定的看法，但是，焊接應力的研究仍然長時期沒有考慮焊接本身的作業過程。曾經產生過要確定最終的焊接應力而不去研究其發生和發展過程的嘗試。例如，在最初從理論上確定焊接應力的一些嘗試中，並沒有確定焊接應力，而只是肯定了溫度應力（邦達連科 Бондаренко [21]）。儘管這些嘗試還沒有發現——並且也不可能發現實際的焊接應力，但是它們畢竟表明了，在受熱過程中所產生的應力可能大大地超過材料的屈服限值。然而，對解決焊接應力問題的形式主義態度卻還長久地保留於國外的研究工作中[55]、[59]、[62]。

從理論上確定焊接應力的企圖沒有成功，使國外的研究者基本上轉向焊接應力和變形方面的試驗研究。但是這些研究工作在大多數情況下也帶有形式主義的特徵，所涉及的主要仍是最終的焊接變形和焊接應力，並沒有關於施焊條件的細致研究或者哪怕是施焊條件的簡單記載也好（勞特曼 Лотман [66]，馬利希烏斯 Мализиус [68] 等人）。

國外的研究工作是零散的，它們和焊接本身作業過程的研究相脫離，沒有和總的目的與方向聯繫起來，並且經常受着經營商業的觀點所支配，雖然人數眾多，但畢竟不能解決焊接變形和應力問題所提出的要求。

蘇聯所進行的研究工作和國外所作的有着顯著的差異，它們力求尽可能更完備地估計焊接時應力和變形所借以發生和發展的實際條件。最初所作闡明焊接變形和應力的研究工作就設法確定它們產生的情況，並設法找到從理論上確定它們的途徑，研究工作如H. C. 列伊金（Лейкин）[13]，A. H. 夏斯科夫（Шашков）[49] 在1932年提出報告的研究工作就是這一類的。在蘇聯對於拼接焊縫

沿其長度不同時施焊從理論估計上作了初步的嚐試(佛利德連 傑爾Фридлендер[47])。有關解決焊接變形和應力問題的試驗研究不僅包括對最後的變形和應力的研究(巴頓В.О.Патон,高魯布諾夫Б.Н.Горубнов,別爾什金Д.О.Берштейн,與德塞瓦爾托夫斯基К.И.Дзевалтовский[37],尼古拉耶夫Г.А.Николаев[16],斯特魯茨科夫А.Ф.Стручков[46],葛利克曼А.А.Гликман和葛列科夫Д.И.Греков[61]),而且也涉及因焊接受熱而在受焊構件中產生的溫度的分布問題(Г.А.尼古拉耶夫[15],雷卡林Н.Н.Рыклин[40,41])。在廣泛地試驗和理論研究的基礎上,Н.Н.雷卡林[42,43]曾經首次創立了焊接的受熱理論,它對於焊接時產生的各種過程有關的現象來說,是一個深入研究和理論綜合的可靠根據。

焊接時溫度的分布理論,使研究焊接變形和應力時,便於估計焊接工藝條件。

根據作者在列寧格勒М.И.加里寧工藝學校焊接生產講座而進行的研究結果,作者曾制訂過從理論上確定焊接部件任一截面上的焊接變形和應力的方法,此方法,可以用於焊接過程中的任何時候,也可以用於焊後冷卻過程中的任何時候,而且同時把彈性變形和塑性變形(溫度的和力學的)、焊接的程序和條件、焊接部件和其結構的尺寸等項考慮在內[26]。

加里寧工藝學校焊接生產講座的進一步研究發展了所提出的方法並且創立了焊接變形和應力的一般理論,這種變形和應力既可由熱作用而產生也可由此作用所引起的組織變化而產生[27,28]。

具有代表性的特點就在於這樣一個事實:國外所作的許多研究工作,不能建立研討深入的焊接時熱度分布的理論與焊接變形和應力的理論。儘管國外也曾提出過從理論上確定和Н.Н.雷卡林所建議者相近似的焊接受熱溫度的方法(羅森塔爾Розенталь[72]),但它們並不能達到雷卡林理論所具有的那種研討的深透程度。甚至這種熱力分布理論的創作者本人——羅森塔爾——也還

不能在解决有关板邊緣熔化焊道时变形和应力的問題中將它加以利用(罗森塔尔和查伯尔斯 Цаберс [73]),这样就使它在整理試驗研究的結果时提出不正確的結論,在我国的文献中關於这一点已經証明过[29]。

有时候,一些个别的研究者在解决焊接变形和焊接应力問題时,也曾產生过要以焊接时温度分布的特点为出发点的概念(鮑尔頓 Боултон和蘭歇馬尔金 Лансемартин[51])——但就在这种情况下,它們也只局限于某一瞬間的觀察(相当於温度超过 600°C 时受热区域有最大寬度的那一瞬間)。而且,他們沒有考虑受热較 600° 为低的区域中由于应力达到屈伏限值而產生的塑性变形。因此,这样的方法虽和正確的解答极为相近,但实际上,它也只是最早期計算方法中的一个有稍許改变形式的解答而已[24];早期的計算方法,是根据用外力代替內力進行的,但这外力引起变形的作用应相当于內力的作用。这种力学方法一般形式的簡單化曾引起許多研究者的注意(伏罗格琴 Вологдин [5]及其他),它們往往企图用方法上的复杂化而使它更接近於实际情况(尼古拉耶夫 [16])。然而,这种忽略因受热所引起的变形的方有着原則上的錯誤,这錯誤使它不能用於解决与焊接結合和焊接組合截面等有关的问题(例如,丁字截面),它只能用在板邊緣熔化焊道的情况中,此时用这个方法所求出的变形就其本身的特点來說是相当於实际的变形(參閱第6节和[30])。

因此,把最后的变形,脫离开变形和应力发生与发展的整个过程而作孤立的觀察,不考虑那些影响焊接程序的基本因素,这样是不能得出良好結果的。

不但如此,利用確定焊接变形和应力的力学方法,往往会使焊接时所发生的某些現象得到不正確的解釋。这种方法的一項特別严重的危害性就在於:撇开过程本質的研究,对方法所能确定的应力實質保留下不正確的概念。这也就部分地說明了为什么焊接結構的一切事故往往总被認為是由焊接变形和应力所造成的緣故。

4. 焊接应力对焊接結構强度的影响

焊接时所发生焊接过程的复杂性,焊接部件和制品構造形式的多样性,彻底估計制造复杂組合部件和結構时焊接过程各阶段影响的困难性使焊接应力的作用仍然沒有充分地揭露出來,特别是以体金屬由於焊接时的热作用而產生改变其机械性能的相变化就更是如此。

总之,对焊接結構强度的影响仍然很少研究的焊接应力,被認為是焊接結構在使用过程中发生破坏的主要原因。

焊接結構中內应力的存在因此就成为一个不变的原因,人們总是不加仔細分析而企图用它來說明焊接結構的任何破坏和事故。正因为很久以來沒有及时能确定內应力的实际作用——这是由於一向不了解制造焊接結構过程中施焊与裝配次序的緣故——所以焊接应力对焊接結構一切破坏所負的責任一直不能撤消。

結果破坏的真正原因長久沒有及时发现,这也是由下列情况所造成,即在某些工业部門中,整个焊接結構的真正工作条件直到現在还没有很好地研究过,而焊接結構的一些独特的特点在大多数情况下在設計中並沒有充分完备地加以考虑,往往是以設計鉚接結構的同样原則來对待焊接結構的設計。

焊接結構的一个特点,如其整体性,直到今天在設計中始終是考虑得很不够的,其一般运算仍根据鉚接所用的标准同样進行。这时很明显,由於焊接結構整体性的緣故,有一些因素,如像在使用过程中其受热的不均匀性,就应当对其变形和应力有更大的影响,这和温度作用对靜不定体系比对靜定体系來得强烈得多是相类似的。

过低估計焊接結構整体性的作用必将導致对选择焊接結構构件与整个制品和建筑物的構造形式的重視不够。直到現在,在某些情况下,还未曾对不同構造因素所造成的应力集中的作用進行重新的估計,实际上,鉚接結合可能会有某些錯动,但集中应力对鉚接結構强度的影响不可能在焊接結構中还是一成不变的,在焊接