

金属结构的加固

建筑工程出版社

金屬結構的加固

楊 郁 譯

建筑工程出版社出版

• 1956 •

內容提要 本書闡述了工業和民用建築物金屬結構加固的各項問題，書中載有作者擬議的現行加固方法的分類；研究了臨時、根本及預見性加固的各種形式，並附有不少的實際例子。該書還敘述了在加固的結構中，有關應力調整的問題。

本書適用於設計工程師及直接參與金屬結構加固工程的工作人員。

本書系由殷芝霖同志作重點校閱。

原本說明

書名 УСИЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ
編著者 М. Н. Лащенко
出版者 Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре
出版地點及日期 Ленинград-1954-Москва

金屬結構的加固

楊郁譯

*

建築工程出版社出版（北京市阜成門外海澱土路）

（北京市書刊出版業營業許可證出字第052號）

建築工程出版社印刷廠印刷 新華書店發行

書號385 字數120千字 850×1168 1/32 印張 4¹⁵/16

1956年10月第1版 1956年10月第1次印刷

印數：1—1,100冊 定價（10）0.95元

目 錄

原 序	4
中譯本序	5
第一章 加固方法的分类	7
第二章 用增加新結構(構件)進行加固	15
第三章 增加輔助支撐、肋杆、加勁杆及联系杆的方法	20
第四章 構件或結構連接点的加固	28
第五章 用加大構件的截面進行加固	38
第六章 用变更結構的形式進行加固	61
第七章 金屬結構加固后应力的机械調整	103
第八章 应行加固結構構件的計算	120
結 論	134
附 錄	136
參考書籍	157

原 序

在我們祖國遼闊的土地上，到处都在建筑 和改建工業及民用的建筑物和結構物，并且进行着美化城市和村鎮的工作。

國民經濟一日千里的發展，就要求大小工廠不断地擴大生產能力。为完成此項任务，社会主义各个工業部門的工作人員，必須努力以更合理的方式，利用企業的装备、原有建筑物及結構物。

因此，研究金屬結構加固的各项問題，就具有重大的意义。

已有为数不少的書籍來闡述桥梁、工業和民用鋼筋混凝土及木結構的加固、加固構件的計算方法及以电焊作加固的鉚釘連接的共同受力。

但有关总结工業及民用結構物金屬結構加固的經驗，就顯得少了。而發表的也僅是一些零星的論文，其中很多还是刊登在定期刊物上的。

彌补这个缺陷的必要，促使作者著作本書，它必須帮助設計人員正确地解决金屬結構加固的各种問題，並在每个单独場合下選擇合理的加固方法。

加固方法是各种各样的，作者研究了采用某些加固方法的合理性之后，將它們分門別类。本書也利用了一些設計及施工組織的資料，以及發表于定期刊物上的有关金屬結構加固的論文(包括作者自己的論文)。

最后，作者謹向本書付印时給予寶貴指示的技術科学博士 Н. Н. 阿依司多夫(Аистов)教授致以崇高的敬意。

中譯本序

本書闡述了工業及民用建築物金屬結構加固設計的各种問題；例舉了金屬結構加固的實際方法。本書適用於設計工程師及直接參與金屬結構加固的同志們。

作者感到十分高興，因為本書引起中國建築工作者的注意，並決定譯成中文出版。

作者謹向親愛的中國讀者們致以敬意，並請將意見和期望寄至：蘇聯，列寧格勒，聶夫斯基大街 28 號國立建築書籍出版社（СССР，Ленинград，Невский проспект 28，Стройиздат）。

副教授、技術科學碩士

М. Н. 拉新科

10

11

第一章 加固方法的分類

在實踐中，經常會碰到必須要延長金屬結構使用年限及增加其承重能力等問題。

這種情況多半是當工業企業改建、增大車間原來跨度、以新型設備替換原有設備及增大吊車起重能力時產生的。經常會有在另一種受力條件下，利用那些不同類型、不完整 的結構來配置結構物。當結構由於某些原因而喪失必要的強度、剛度及穩定性時，才需要加固。

這樣，增加整個結構或單獨構件的承重能力，就成為其加固的總措施了。結構加固的目的應滿足強度、穩定性及剛度的目前要求，並有可能保證今后的正常使用。

整個結構及構件加固的基本原因，與下列徵象有關：

改變使用條件	原始構造上的缺陷	使用過程中的磨損	意外的損害	構造使用中的缺陷
荷載的增加，因結構物改建而改變其使用制度等	設計、製造及安裝方面的缺點；結構或構件剛度及穩定性的不足	磨損，因動力及振動荷載的作用而損失的強度，由於高溫及化學試驗劑的影響而損失的強度	單獨構件的故障及自發性的損害等	結構使用的不正確

加固工程或大型金屬結構(結構物)的改建工程，首先必須要 有相適應的準備工作(試驗分析，附有技術經濟指標計算的設計書)。特別應當指出的是研究及估算所有可能用來加固的方案，並在其中選出一個較經濟，且能產生良好效果的方案。

做加固設計比做新結構(結構物)的設計要複雜得多，這是因為沒有一套用來解決加固的死板公式，因此在完成整個結構物加固時會產生很多困難。所以，就需要全面考察結構物，編制整個結

構和單獨構件缺陷鑒定表及研究以前的技術設計資料(如果保存的話)。在編制加固工程施工組織設計時,必須預先考慮到完成各種工種的順序及細小環節:加固結構的最大減荷;從加固構件上臨時傳遞至其他構件的荷載,如增添輔助支撐、聯系杆來臨時加固結構等。要特別注意構件焊接的正確次序及焊縫安排的先後等。

本書所列的金屬結構加固分類表中(圖1),另开辟一欄同直接加固方法具有同等重大意義的“特殊性的措施”。

五種直接加固方法連同二種特殊性的措施,不但能決定負荷時及預先減荷情況下的加固,同時也能決定拆卸結構的加固。

查明未被利用的後備強度

詳細地考察結構物及企業生產過程的特點,是可以斷定某些結構(結構物)能否擔負起正常使用條件下的目前要求。

想解決這個問題,首先要從查明被加固結構的未被利用的後備強度着手,而在某些情況下,還需要驗算其剛度及穩定性。

可以用重新計算加固結構來達到這一點,俾使其容許應力同現行標準及技術規範相符(很明顯,在原來的設計荷載下,它們是能滿足全部使用要求的話)。祇有根據實驗室的材料確定鋼材標號以後,才能作結構的重新計算。

大家都知道,在戰前由於根據了較高的荷載標準及較低的容許應力,因此結構往往具有後備強度。後備強度在不少的情況下,不僅需略為加固即能滿足要求,而且有時甚至不需要加固。

表1是近五十年來金屬結構中容許應力增長的情況,所載的應力是屬於第一限值的(主要荷載)。

為標準所確定的容許應力的增高,在頗大的程度上使有效荷載也同時增加,這對於預見性的加固尤為重要。

從結構的實際觀點出發,在復算時要尽可能地弄清楚原先結構設計的簡化計算,而採用可以全部估計到結構物和其單獨構件實際受力的先進計算方法。例如,空間結構以前考慮為平面結構,桁架的剛性節點以前考慮為鉸接,構件的連續性及其他等成為計

表 1

年 份	材 料	σ 公斤/平方公尺
1896	鑄 鐵	1000
1915	" "	1200
1928	鋼 3	1200
1930 (III)	" "	1400
1931 (III)	" "	1400
1931 (IX)	" "	1400
1934	" "	1400
1942	" "	1600
1946	" "	1600
1948	按極限狀態作結構的計算	—

算中容許的后备强度。

不僅對加固及承受較大荷載的結構需作復算，此外，凡因加固構件受力條件的變更，而可能影響到其他結構的受力，亦必須復核。

復算時作結構的試驗或試驗報告是具有重大意義的，因為這就有可能驗算結構物及其構件中的安全係數。結構材料、鉚釘、螺栓、焊縫的試驗結果，會影響設計及加固的完成。

忽視復算及試驗，以及對它們的估計不足，均會導致不經濟的決定，尤其是當加固舊結構時。

大家都知道有過不少這樣的事情，根據查明計算形式所作復算的結果，却否定了需要進行加固的決定，而這種加固是因為結構物要適應其他用途的必要而被提出來的。

最近幾年來，已編制了某些在結構構件中確定實有應力的方法：如X射綫法、磁鐵法、硬度比較法等。上述這些方法適用於實驗室。

不論是適用於實驗室的或只適用於現場的方法中，應該特別指出來的是以鑽孔來確定實有應力的方法；它已為不少結構成功地採用了，這種方法是列寧格勒工業建築設計院制訂的。

這種方法的實質是：在要求確定應力的結構構件上，沿一直綫裝置兩個有150~200公厘底座的拉力計，兩拉力計之間留有25公

有空隙。

在拉力計上取得讀數以后，用电鑽鑽直徑为18~20公厘的孔。鑽孔时發热的金屬冷却后，在拉力計上就会看到新的讀數。孔鑽好以后，根据某种仪器測得兩讀數之差，即使我們知道鑽后孔徑的改变值。

确定結構構件中所作用的实有应力，可用理論推算或用孔徑的改变值和同样大小的孔徑改变(在受相適應荷載下鑽在标准試件上的)來比較确定。

減輕結構的荷載

以減少或限制作用于結構上的荷載，來达到改善結構的受力条件。例如，減少屋盖金屬梁荷載的方法，可用輕質的填充料代替重質的填充料；为了減輕桁架的荷載，可去掉桁架的輔助吊杆，限制吊車荷載的强度及行人数量等等。

这些措施，虽然不是实际的加固方法，但事实上它們却能顯露出結構的承重能力，容許以減少或限制某些荷載而提高有效荷載的等級。这是頗有价值的，因為它們不需要消耗材料及改变結構。

加固結構的狀態

結構可能在下列情況下加固：負荷时緊張的受力下加固；予先去除有效荷載及部分靜力荷載的加固；僅僅受自重作用的已被拆开結構的加固(脱离整个結構的結構)。

設計及加固时，必須考慮到結構的狀態。結構多半是在受力狀態下加固的。連接加固構件的必要性，会引起不少的困难。不僅如此，为了使加固構件的完全受力，就得采取一系列在实际上頗有困難的方法。

設計时，也同样会碰到各种各样的困难。到目前为止，还没有制訂一个能确定負荷时被加固結構中应力的方法。加固構件的試驗，确定实有应力及借各种專門量具之助，而測得結構变形能起很大作用。

加固予先減荷的結構時，不僅是承受附加荷載，而且還承受着加固時所作用的荷載，此時，遇到的困難就顯得少了。

應該指出在不少的情況下，必須將結構拆開才能完成加固。一般當恢復金屬結構物時，由整個結構中拆出加固構件，此種加固方法即能避免仰焊。

在恢復性的工程中，經常要加固那些不同類型及不完整部分的舊結構。同樣，業已製成而未經安裝的結構，也可能要加固，例如將容易裝卸的臨時性結構改為永久性的結構等。從計算角度上看，這些結構的加固設計與新結構的設計並無不同之點，但是其安裝工程是屬於結構物全部安裝工程範圍內的。

當結構在負荷、減荷或拆開狀態時，大多數情況下根據使用觀點來確定加固是最合理的。除此之外，還須考慮到技術方面、經濟方面的其他特殊條件。如果使用觀點不能在本質上起作用，如果靜力荷載小於行載，則不減輕荷載作加固是合算的。如靜力荷載的數值大時，最宜於加固前減輕結構的荷載。如當加固負荷結構時，為了更好地使加固構件受力，必須在加固時盡量減少其荷載。

加固方法的種類

加固方法有臨時的、緊急性的、永久的（根本的）及予見性的四種。

在根本加固以前，而又必須在一個短時期內使用結構的話，可採用臨時加固。有時須採用結構停止使用期間壓縮加固期限的簡化方法，但使用的材料與根本加固時所用的材料是不同的。這些材料的存在及其等級，能影響加固方法的選擇，經常採用的是木材、圓鐵做的拉桿及鐵索等。構件的連接用螺栓。

因一系列原因而引起的安裝加固，是屬於臨時加固中的一種特殊性的加固。在安裝結構時，它們的加固是包括在施工組織設計之列的，大部分的構件（梁、桁架、拱等）是需要這種加固的。當升起、移動及懸吊結構時，其受力條件與設計中確定的正常受力條件是不一樣的。依據這個理由，就可能出現顯著的逾限應力，引起

結構在安裝時加固的必要。

在特殊的情況下，才採用緊急性的加固，其特點與臨時加固一樣。

永久性的加固(根本加固)是加固的主要類型。當在其他條件都相同的場合下，造價的多寡是確定選擇加固方法的主要因素。工業及民用結構物結構形式及加固方法的頻繁，尤其是在大多數情況下要加固那些改建、恢復和修理性質的工程項目，就更難於掌握加固造價的規律。

誠如 H. C. 斯特列律斯基(Стрелецкий)教授^①所指的，予見性加固(一種先進的加固方法)是發展鋼結構方面的主要任務之一。主要是在工業建築物中採用予見性加固，那些隨着時間的進展，而有可能逐漸增加荷載的結構，要採用予見性加固的方法。有吊車荷載的車間結構物，就可作為一個例子。

為此，不論是重新設計結構物或者是設計單獨的結構，祇要有可能今後增加荷載，那麼必須要作所謂的“予見性”加固。實踐證明，車間的加固要比橋梁的加固複雜得多，因而設計時，此種加固的予見性，實在是迫切需要的。

被加固結構及加固結構的材料和它們之間的連接方法

加固時，製造結構的材料特性及質量起着重大作用。應該特別仔細地加固那些用熟鐵及鑄鐵做成的原來結構，在舊有的工業企業中(紡織廠等)，曾採用過鑄鐵做車間的承重結構。無數次的試驗證明了沿構件縱向焊接時，焊層會撕開；而沿結構橫向連接時，焊層就分裂(圖2)。所以，在決定採用以電焊來加固熟鐵及鑄鐵的結構以前，必須先做可否採用電焊的材料試驗。

對那些用熟鐵(精鐵)或鑄鐵制成的結構來說，其大部分加固構件的連接是用鉚釘、螺栓或混合連接(鉚釘和螺栓)。

將加固構件連接到鋼結構上，可採用焊接、鉚接、螺栓連接及

^① “發展鋼結構方面的主要任務” H. C. 斯特列律斯基教授著，刊於1948年“建築工業”3~4期

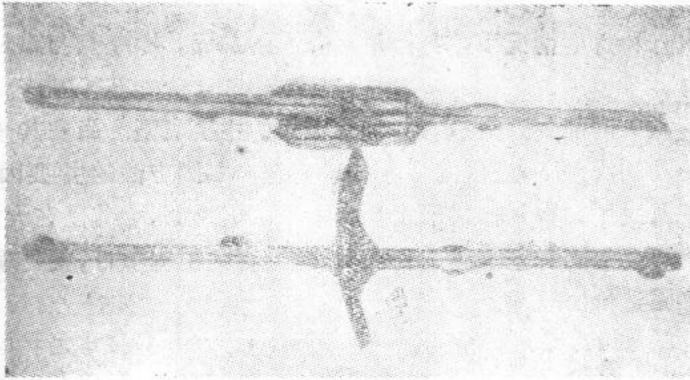


圖2 構件焊接連接時熱鐵的撕開(上面)和分裂(下面)
扁鋼經受拉力(根據 Н. Н. Аистов 教授的試驗)

混合連接的方法。如果採取電焊的連接方法，那麼一定要知道鋼材的性能，並且還必須考慮到連接構件的現行方法。

加固的主要材料是金屬(各種截面的型鋼、圓鐵、鋼索、管子)但也經常採用石料(砌磚柱的磚、混凝土、鋼筋混凝土及鉄屑混凝土)。木材的利用率顯得差些，僅是在短期的臨時性加固中採用。

加固的主要方法

總結金屬結構的加固方法，大致可歸併為五種主要類型，這五種主要加固方法是：

- 1) 增加新的輔助結構或構件；
- 2) 增加輔助支撐、肋杆、加勁板及聯系杆；
- 3) 構件連接點的加固；
- 4) 加大構件的截面；
- 5) 變更結構的形式。

在大多數情況下，完成結構的加固，並不是單靠上述的某一種加固方法，而是靠它們的相互配合。不僅如此，還有可能採用那些“特殊性措施”的加固方法。例如，桁架式剛架結構的加固，是在橫梁下面添上一根拉杆，這也就變更了計算結構的形式(主要的加固方法)。增加拉杆就要求加大剛架個別杆件的截面(輔助的加固

方法)。

按現行标准复核(結構制作时是按以前标准計算的)和采用最完善的計算方法,就有可能將少量的杆件作“局部”加固(特殊性措施)。

主要的困难是在于正確地选择加固方法。

屬於局部加固方法的有:

- 1) 增加輔助肋杆、加勁板及联系杆;
- 2) 連接点的加固;
- 3) 加大構件的截面。

总加固的方法是:借变更計算結構形式來加固及增加空間剛度的輔助支撐。

选择技術决定时,必須对它作批判性的審查,並在必要的情況下,以增加支撐、斜杆及剛性節点等方法,來改变結構物橫向及縱向形式的穩定。

第二章 用增加新結構 (構件) 進行加固

时常采用在原有梁之間設法增加新的金屬梁的办法來加固屋蓋(圖3),这样就縮小了主梁的間距,因而也就減少了作用于主梁的荷載。

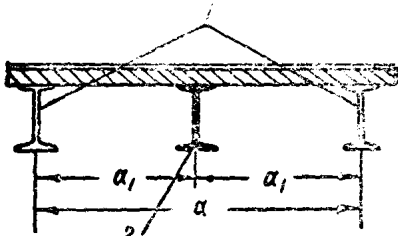


圖3 增加輔助梁加固屋蓋
1—原有的梁; 2—增添的加固梁

这种加固方法收效很大,但是金屬的消耗量也較多。不应忽視在新增梁的上面,由鋼筋混凝土屋面板所產生的負弯矩,而有出現裂縫的可能。

有一座列寧格勒印刷廠

的屋盖^①，采用了这种加固方法。随着企业的改建，屋盖上的荷载显著提高。验算的结果，在梁中的应力达到 $\sigma=2000$ 公斤/平方公分。因纵向砖墙不能作为梁的支承，所以在砖墙处放上一些槽钢支柱，梁就支承在这些柱头上。

桁架式吊车梁的加固^②，是在上翼缘的内部增添一些1375公厘长的焊接工字梁，这种工字梁由60×60公厘的翼缘板及480×16公厘厚的腹板组成(图4)。用螺栓将加固梁与上翼缘的横向加劲板连合，并支持上翼缘的水平板。

这种加固方法收效很大，但需花费很多劳动力及金属。

所以，只能在个别情况下，才能考虑其是否合理。

必须承认，用混凝土或铁屑混凝土加固盒形截面的吊车梁是合算的。

当改建一座多层结构物时，要加固必须承受附加荷载的柱子就遇到了困难。因为那时在旧柱的周围已经做好了新柱，以后是全部荷载传递到那些由新旧柱子所组成的柱簇上。

曾以下面的方法加固了一座桥梁的桁架，桁架的弦杆为盒形截面，而竖杆和斜杆是由二根肢件和用联系杆连接成的。加固桁架用扁铁做成，其外形和原来桁架无异。这些平面桁架一部分、一部分地放置在原来桁架间距的自由空间，所有构件的节点连接都是对接电焊。所以，在节点板上做有相适应的切口，加固桁架同主要结构的连接是采用扁铁做的盖板。

装配就绪以后，因悬起和扯紧了原来的桁架，一部分固定荷载

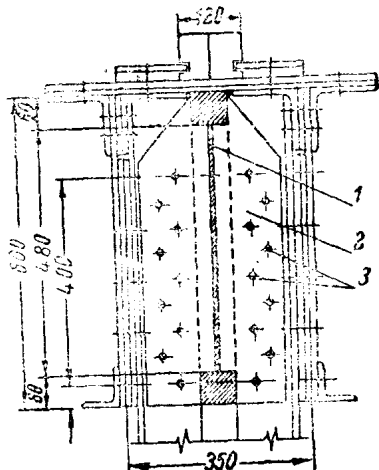


图4 在吊车轨的下面以增添梁来加固桁架式吊车梁的上翼缘

1—增添的加固梁； 2—横向加劲板
3—螺栓孔

① 1945年“钢结构设计院”列宁格勒设计院所作的設計

② 1948年国立冶金工厂设计院設計