

60 MN 自由锻水压机主工作台面结构研究

高明昕¹, 宋 华², 李东华¹, 胡林翔², 肖卿鹤¹, 张 祎²

(1. 辽宁科技大学 工程训练中心, 辽宁 鞍山 114051; 2. 辽宁科技大学 机械能与自动化学院, 辽宁 鞍山 114051)

摘要: 在对 60 MN 自由锻水压机进行改造过程中发现, 拉紧板变形严重及主工作台面磨损严重, 针对此现象提出了一种主工作台面结构的改进方案。基于 ANSYS 数值模拟软件, 对两种结构主工作台面在实际工作状态下的变形规律及应力分布规律进行数值模拟研究, 并对两种结构主工作台面在制造、安装、使用、维修及维护等方面进行工艺性能对比分析。分析结果表明, 整体结构主工作台面在承受 60 MN 压力时虽然两侧出现 2.058 mm 的翘起, 但可以明显增大拉紧板工作时的受力面积、减小拉紧板变形量及所受应力, 同时具有有效防止氧化铁皮渗漏、提高润滑效率等优点, 整体结构主工作台面的改进方案优于分体结构。

关键词: 重型锻造水压机; 主工作台面; 变形机理; ANSYS

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2016.03.017

中图分类号: TH123+.3; TH123+.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2016) 03-0083-05

Research on structure of main working table for 60 MN free forging hydraulic press

Gao Mingxin¹, Song Hua², Li Donghua¹, Hu Linxiang², Xiao Qinghe¹, Zhang Yi²

(1. Engineering Training Center, University of Science and Technology Liaoning, Anshan 114051, China;

2. School of Mechanical Engineering and Automation, University of Science and Technology Liaoning, Anshan 114051, China)

Abstract: When the 60 MN free forging hydraulic press was reconstructed, the serious deformation of the tension plate and the serious wear of the main working table were found. For the above issues, an improved scheme for the main working table was put forward. Therefore, the laws of the deformation and the stress distribution with the two main working tables in the working state were analyzed by software ANSYS. Meanwhile, the processing properties of the manufacture, installation, usage and maintenance for main working tables were studied. It is concluded that when the overall structure of the main working table is under 60 MN pressure, even though both sides appear the 2.058 mm deformation, it can obviously increase the force area by the tension plate, decrease the deformation and the stress of tension plate. In addition, it embodies the advantages of the prevention of iron oxide leakage and the improvement of the lubrication, etc. The final result shows that the improved whole structure of the main working table is better than the fission structure.

Key words: heavy forging hydraulic press; main working table; deformation mechanism; ANSYS

锻造在工业生产中占有举足轻重的地位, 是机械制造业的基础工艺之一^[1]。大型锻件的制造能力直接代表着国家制造业的发展水平, 重型锻造液压机是生产大型锻件的基础设备^[2], 主工作台面是锻造液压机的主要承载部位, 其结构直接影响液压机的使用寿命、维护成本及锻造精度^[3-5]。

在重型锻造液压机制造中, 由于受到制造能力的制约, 通常采用 3 块主工作台面通过卡槽连接的分体结构^[2]。某厂 60 年代从捷克进口的 60 MN 自由锻造水压机, 3 块主工作台面总长为 9000 mm, 在对其改造的过程中发现, 主工作台面下部的拉紧板变形严重, 且主工作台面下表面磨损严重, 拆除拉紧板后利用红外线水平仪对其变形弯曲量进行扫描, 得出拉紧板弯曲挠度约为 36 mm, 扫描数据见表 1, 变形曲线见图 1。拉紧板总长 9000 mm, 由变形曲线可知, 长时间使用后拉紧板变形分为 3 个直线段, 两侧 3000 mm 范围出现明显翘起现象。针对此现象进行工作台面方案改进设计, 将主工作台面结构由 3 块改成 1 块整体结构, 这样可以有效增大主

收稿日期: 2015-08-06; 修订日期: 2015-11-16

基金项目: 辽宁科技大学青年教师科研基金资助项目 (201QN09)

作者简介: 高明昕 (1985-), 男, 硕士, 讲师

E-mail: gaoming31@163.com

通讯作者: 宋 华 (1968-), 男, 博士, 教授

E-mail: songhua88@126.com

工作台面在工作时与滑板的受力面积,从而使拉紧板受力更加均匀,达到减小拉紧板变形量的目的,但整体结构主工作台面工作时可能会出现两端翘起。因此本文基于 ANSYS 软件对 60 MN 自由锻水压机主工作台面结构设计进行数值模拟分析。

表 1 拉紧板变形扫描数据 (mm)

Table 1 Scanning data of deformation for tension plate (mm)

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 扫描位置 | 0 | 750 | 1500 | 2250 | 3000 | 3750 | 4500 |
| 扫描数据 | 204 | 198 | 188 | 182 | 176 | 175 | 173 |
| 扫描位置 | 5250 | 6000 | 6750 | 7500 | 8250 | 9000 | |
| 扫描数据 | 177 | 180 | 187 | 196 | 208 | 216 | |

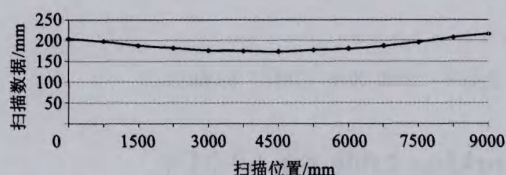


图 1 实测拉紧板变形曲线

Fig. 1 Deformation curve of tension plate

1 水压机结构简介

60 MN 自由锻水压机结构见图 2。自由锻水压机的典型结构为三梁四柱结构,上横梁、活动横梁及下横梁通过 4 个立柱拉紧,工作时由 3 个工作缸及侧面的两个提升缸带动活动横梁做上下运动,从而达到锻造工件的目的。

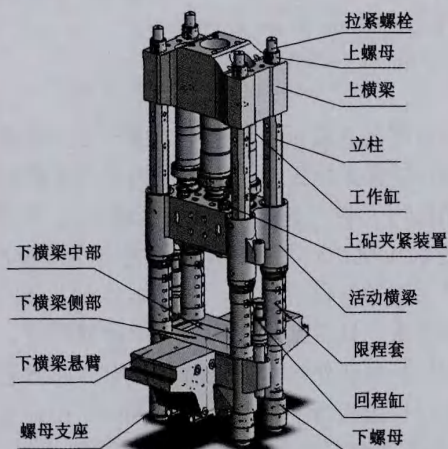


图 2 水压机结构图

Fig. 2 Structure chart of hydraulic press

水压机下横梁由 7 部分组成,包括 2 个左悬臂、2 个右悬臂、1 个下横梁中部及 2 个下横梁侧部,见

图 3。主工作台面由 3 块组成,其中中间 1 块为工作时受力台面,3 块主工作台面通过卡槽连接,主工作台面与下横梁间装有 2 件拉紧板及 3 排滑板(主工作台面、滑板、拉紧板及下横梁组装图见图 4)。其中主工作台面及滑板为易损件,可更换,拉紧板为不可更换件,若拉紧板变形量达到一定范围需对设备进行大修,因此如何减小拉紧板使用时的变形量极为重要。

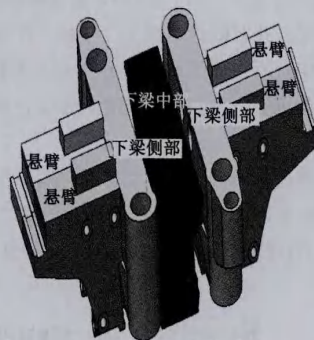


图 3 水压机下横梁分解图

Fig. 3 Breakdown drawing of lower beam for hydraulic press

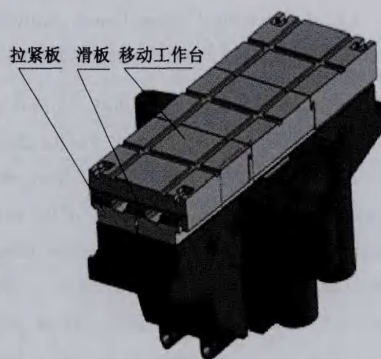


图 4 水压机下部组装图

Fig. 4 Assembly drawing of lower part for hydraulic press

2 有限元模型

2.1 材料参数

通过对拆除后主工作台面、拉紧板及滑板取样分析,得到主工作台面及拉紧板材质为具有较高强度和较好塑性的中碳铸钢 ZG270-500,其物理参数及力学性能为^[6-7]:密度 $\rho = 7.82 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-3}$,抗拉强度 $R_m = 3.7 \times 10^5 \text{ Pa}$,屈服强度 $R_{eL} = 2.7 \times 10^5 \text{ Pa}$,弹性模量 $E = 2 \times 10^{11} \text{ Pa}$,泊松比 $\nu = 0.3$ 。滑板为具有一定自润滑功能的球墨铸铁 QT400-18,其物理参数及力学性能为^[6-7]:密度 $\rho = 7.3 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-3}$,抗拉强度 $R_m = 3.7 \times 10^5 \text{ Pa}$,屈服强度 $R_{eL} = 2.4 \times$

10^5 Pa, 弹性模量 $E=1.61 \times 10^{11}$ Pa, 泊松比 $\nu=0.274$ 。

2.2 仿真模型建立及网格划分

由于分体结构主工作台面在工作时仅中间一块受力, 故本文在分析分体结构时两侧工作台面不予考虑。网格划分单元类型选择有接触分析功能的、具有 8 个节点的 SOLID-185, 其每个节点有 3 个沿 x 、 y 、 z 方向平移的自由度, 具有超弹性、蠕变、大变形、大应变及接触分析能力。采用体扫掠网格划分方法分别对拉紧板、滑板及工作台面进行网格划分, 图 5、图 6 分别为划分网格后分体结构及整体结构主工作台面三维仿真模型。

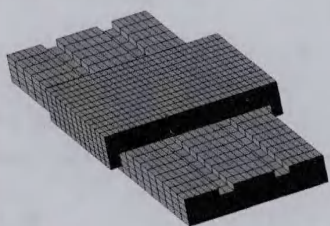


图 5 分体结构主工作台面仿真模型

Fig. 5 Simulation model of fission structure for the main working table

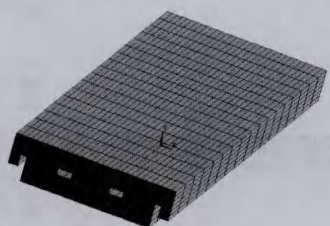


图 6 整体结构主工作台面仿真模型

Fig. 6 Simulation model of whole structure for the main working table

2.3 约束及载荷

工作状态下, 拉紧板与下横梁左、右悬臂的凸台配合, 并通过 M80 螺栓与下横梁配合。根据实际工作状态, 将拉紧板下表面所有 6 个自由度 (U_x , U_y , U_z , Rot_x , Rot_y , Rot_z) 均约束为零, 并分别对工作台面下面与滑板上面 (带润滑的静摩擦, 摩擦系数为 0.15)、滑板下面与拉紧板上面 (不带润滑的静摩擦, 摩擦系数为 0.3) 定义为接触对^[6]。根据工作时置于工作台面上的下底座尺寸对工作台面受力区域施加 6×10^4 kN 向下 (Y 轴负方向) 的压力, 压力时间设置为 2 s。

3 仿真结果分析

等效应力采用 Von Mises 强度理论计算, 等效

应力为^[8]:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)}{2}} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (1)$$

式中: σ_x , σ_y , σ_z 分别为 x , y , z 方向正应力; τ_{xy} , τ_{yz} , τ_{xz} 分别为 xy , yz , xz 方向剪应力; σ_1 , σ_2 , σ_3 分别为该点的第 1、2、3 主应力。

3.1 变形分析

图 7 为整体 Y 向位移分布云图, 可以看出, 整体结构主工作台面两侧出现明显翘起现象。图 8 为 $X-Z$ 截面 Y 向位移分布云图。可以看出, 分体主工作台面结构时, 拉紧板距两外侧约 2700 mm 范围内变形量为 $-0.158 \sim 0.139$ mm, 中间约 3600 mm 范围内变形量为 $-1.344 \sim -0.158$ mm。整体主工作台面结构时, 工作台面两侧翘起量最大值为 2.058 mm, 拉紧板距离两外侧约 2500 mm 范围内 Y 向变形量为 $0.332 \sim -0.0128$ mm, 中间约 4000 mm 范围内 Y 向位移量为 $-0.703 \sim -0.128$ mm。因此, 整体结构主工作台面在工作时虽然出现两端翘起现象, 但可有效增大拉紧板的变形范围, 并有效减小拉紧板变形量。

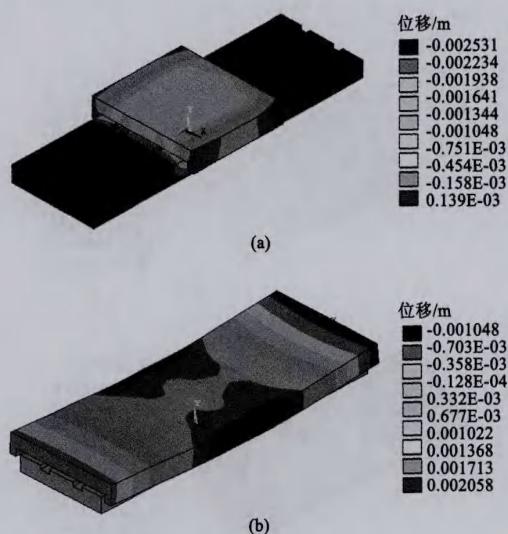


图 7 整体 Y 向位移分布云图

(a) 分体结构 (b) 整体结构

Fig. 7 Displacement distribution of the whole along Y direction

(a) Fission structure (b) Whole structure

3.2 应力分布规律分析

图 9、图 10、图 11 分别为两种结构主工作台面在模拟工作状态下的整体 Y 向应力分布云图、 $X-Y$ 截面 Y 向应力分布云图及 $X-Z$ 截面 Y 向应力分布

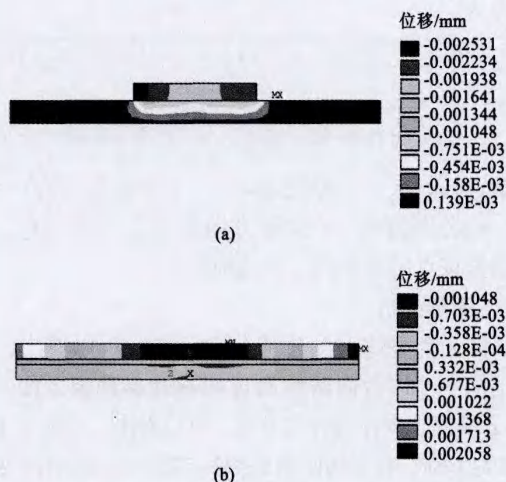


图 8 Y-Z 截面 Y 向位移分布云图

(a) 分体结构 (b) 整体结构

Fig. 8 Displacement distribution of the X-Z section along Y direction

(a) Fission structure (b) Whole structure

云图。可以看出,两种结构的主工作台面工作时 Y 向应力分布趋势基本一致。图 11 中的整体结构主工作台面长度方向的 Y 向压应力范围明显增大,且应力值较分体结构时明显减小。因此,整体结构主工作台面可以使拉紧板在工作时所受 Y 向应力更加均匀,并可有效减小拉紧板所受应力。

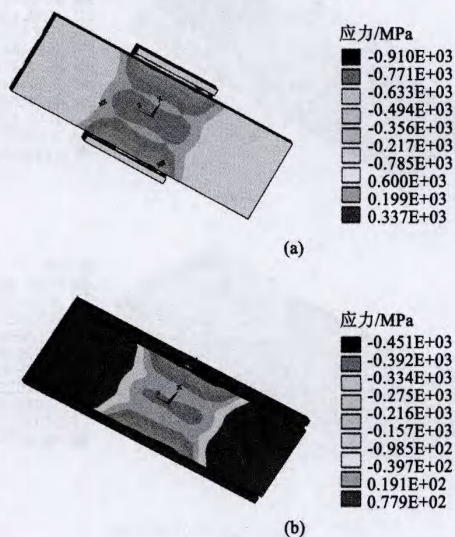


图 9 整体 Y 向应力分布云图

(a) 分体结构 (b) 整体结构

Fig. 9 Stress distribution of the whole along Y direction

(a) Fission structure (b) Whole structure

4 两种结构主工作台面性能对比分析

表 2 为两种结构主工作台面性能对比分析。

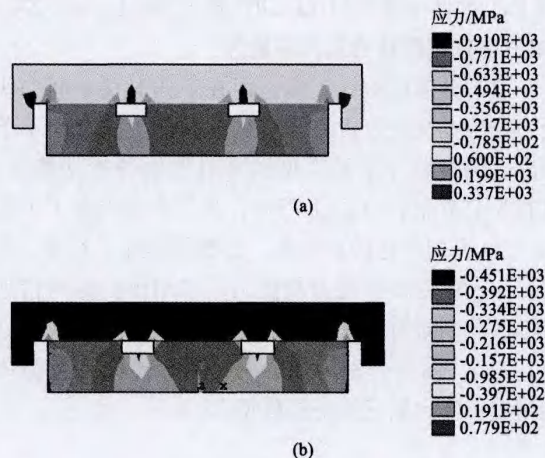


图 10 X-Y 截面 Y 向应力分布云图

(a) 分体结构 (b) 整体结构

Fig. 10 Stress distribution of the X-Y section along Y direction

(a) Fission structure (b) Whole structure

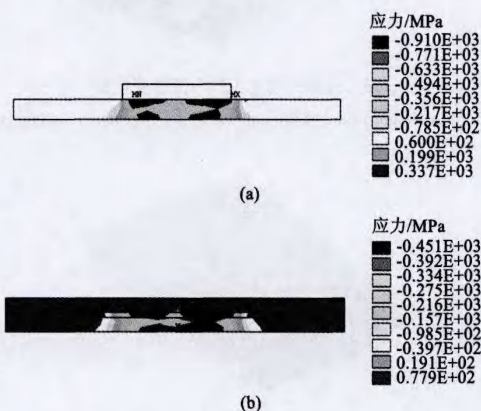


图 11 X-Z 截面 Y 向应力分布云图

(a) 分体结构 (b) 整体结构

Fig. 11 Stress distribution of the X-Z section along Y direction

(a) Fission structure (b) Whole structure

5 结论

(1) 整体结构主工作台面工作时出现两端翘起现象,承受 6×10^4 kN 压力时,最大翘起量为 2.058 mm,拉紧板变形趋势与分体结构基本一致,但整体结构主工作台面可使拉紧板受力面积增大,并可减小拉紧板工作时变形,使应力分布更加均匀且应力值明显减小,达到增加拉紧板使用寿命的目的。

(2) 整体结构主工作台面具有有效防止氧化铁皮渗漏、提高滑板与台面间润滑介质的清洁度、减小工作台面与滑板磨损等优点,但也存在一定缺点,如制造成本较高、维修和维护难度较大、更换成本较高等。

表2 两种结构主工作台面性能分析

Table 2 Property analysis of two kinds of main working tables

| | 分体结构主工作台面 | 整体结构主工作台面 |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 制造因素 | 1. 制造成本低, 有利于保证尺寸精度; 2. 转运及安装方便。 | 1. 制造成本较高, 保证加工精度难度较大; 2. 转运成本较高, 安装难度较大。 |
| 使用性能 | 1. 长时间使用, 易出现氧化铁皮从接缝处渗漏现象, 导致滑板与主工作台面配合部位研伤, 降低使用寿命; 2. 使用时拉紧板受力集中, 产生应力及变形量较大。 | 1. 可有效防止氧化铁皮渗漏, 减少滑板与主工作台面研伤, 增加滑板及工作台面使用寿命; 2. 可有效增加拉紧板受力面积, 减小拉紧板工作时的应力值及变形量, 提高拉紧板使用寿命。 |
| 维修及维护 | 1. 便于维修及维护, 清理地坑氧化铁皮、更换滑板或检修下横梁时只需拆下其中一块主工作台面; 2. 部分损坏时只需更换损坏件。 | 1. 维修及维护成本较高, 每次检修需整体拆下主工作台面; 2. 不便于更换, 有部分位置损坏时需整体更换, 费用较高。 |

(3) 综合分析两种结构可以得出, 整体结构主工作台面在综合性能上优于分体结构。

参考文献:

[1] 郑文达, 权晓惠, 李俊辉. 锻造液压机的现状及其展望 [J]. 重型机械, 2012, (3): 2-10.
Zheng W D, Quan X H, Li J H. Development history and trend of forging hydraulic press [J]. Heavy Machinery, 2012, (3): 2-10.

[2] 何文斌, 曾攀, 赵加清, 等. 重型液压机机架变形的数字图像相关测量与降温法有限元模拟 [J]. 机械工程学报, 2015, 51 (8): 34-42.
He W B, Zeng P, Zhao J Q, et al. Deformation measurement based on digital image cooling method of heavy hydraulic press frame [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2015, 51 (8): 34-42.

[3] 吴生富. 150 MN 锻造液压机本体组合结构研究 [D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2006.
Wu S F. Study on Composite Structure of Body for 150 MN Hydraulic Press [D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2006.

[4] 吕强, 张学良, 陈永会. 80 MN 快锻液压机本体结构有限元分析 [J]. 太原科技大学学报, 2015, (8): 312-316.
Lv Q, Zhang X L, Chen Y H. Clearance and creep age design on converter electric safety of metallurgy crane [J]. Journal of Taiyuan University of Science and Technology, 2015, (8): 312-316.

[5] 杜俊雷, 陶勇, 于江, 等. 大型模锻液压机移动工作台结构

优化及应用 [J]. 中国重型装备, 2013, (3): 4-6.
Du J L, Tao Y, Yu J, et al. Structural optimization and application of moveable table for heavy duty die forging hydraulic press [J]. China Heavy Equipment, 2013, (3): 4-6.

[6] 王文斌, 林中钦, 李奇, 等. 机械设计手册 [M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2004.
Wang W B, Lin Z Q, Li Q, et al. Machine Design Handbook [M]. Third Edition. Beijing: China Machine Press, 2004.

[7] 任志俊, 薛国详, 汪立亮, 等. 实用金属材料手册 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2007.
Ren Z J, Xue G X, Wang L L, et al. Practical Handbook of Metal Materials [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 2007.

[8] 周建刚. 立辊轧机机架强度和变形的有限元分析 [J]. 机械设计与制造, 2008, (8): 62-64.
Zhou J G. Analysis of strength and deformation of vertical rolling mill housing by finite element method [J]. Machinery Design & Manufacture, 2008, (8): 62-64.

[9] 郝立文. 120 MN 自由锻水压机操作系统改造 [J]. 锻压技术, 2014, 39 (12): 75-78.
Hao L W. Improvement of control system for 120 MN free forging hydraulic [J]. Forging & Stamping Technology, 2014, 39 (12): 75-78.

[10] 曾祥东, 杨固川, 张华, 等. 800 MN 大型模锻液压机极限设计制造技术创新 [J]. 锻压技术, 2014, 39 (2): 96-101.
Zeng X D, Yang G C, Zhang H, et al. Creation of limit design and manufacturing technique for close-die forging hydraulic press of 800 MN [J]. Forging & Stamping Technology, 2014, 39 (2): 96-101.

掌上期刊——“《锻压技术》杂志手机报”
邀请您加入我们!!

- 内容丰富: 精选每期杂志的主要内容, 包括: 名企风采、杂志订阅、广告征集、行业资讯、每期广告索引、每期文章索引、华言巧语七大板块。
- 时效性强: 每月一期, 每期杂志出刊后第一时间发送给您, 让您在收到杂志前先睹为快!
- 覆盖范围广: 发送人群覆盖整个锻压及相关领域, 每期收看人数达几千人。

现杂志正在广泛征集手机号信息, 如您想要收看《锻压技术》杂志手机报、想要了解杂志每期主要内容、想要知道更多的锻压行业信息, 那就请您将您的手机号告知我们, 编辑信息“姓名+部门职务+单位名称+手机号”发送到邮箱 dyjsjournal@163.com, 收到您的信息后, 我们会将您的手机号添加到数据库中, 每期为您免费发送手机报。

《锻压技术》编辑部