

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2023.06.013

高速工业缝纫机送料机构优化设计

杨树¹,徐仙国²,郑吉^{2*},崔林涛²,邱卫明²

(1.杰克智能缝制科技有限公司,浙江台州 318014; 2.杰克科技股份有限公司,浙江台州 318010)

摘要:为解决某型号高速工业缝纫机存在的送布效率低、易刮伤缝料等问题,课题组对其送料机构进行了参数优化设计。首先通过运动学计算,详细地分析了送料牙在运动过程中倾斜角度与主轴电机转角的函数关系;然后通过软件编程分析计算,获得送料机构零件参数的最优解;在此基础上,对其进行功能样机测试。结果表明:参数优化后的送料牙出、入针板时牙齿倾斜角度由原来的1.14°和1.30°分别减少至0.15°和0.02°,与理论计算结果相符。优化后的送料机构运行更加可靠,提高了缝纫机送布效率。

关键词:工业缝纫机;送料机构;送料牙;倾斜角

中图分类号:TH112;TH122 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2023)06-0087-06

Optimization Design of Feeding Mechanism of High Speed Lockstitch Sewing Machine

YANG Shu¹, XU Xianguo², ZHENG Ji^{2*}, CUI Lintao², QIU Weiming²

(1. Jack Intelligent Sewing Machine Technology Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang 318014, China;

2. Jack Technology Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang 318010, China)

Abstract: In order to solve the problems of low cloth feeding efficiency and easy scratching of sewing materials of a certain type of high-speed industrial sewing machine, the parameters of the feeding mechanism was optimized. Firstly, through kinematic calculations, the functional relationship between the inclination angle of the feed tooth and the rotation angle of the spindle motor during the movement process was analyzed in detail; then, the optimal solution of the parameters of the feeding mechanism parts was obtained through software programming analysis and calculation; on this basis, the functional prototype was tested. The results show that after the optimization, when the feed tooth out and into the needle plate, the angle of inclination is reduced from 1.14° and 1.30° to 0.15° and 0.02°, respectively, which is consistent with the theoretical calculation results. The optimized feeding mechanism is more reliable in operation and increases the cloth feeding efficiency of the sewing machine.

Keywords: industrial sewing machine; feeding mechanism; feed tooth; angle of inclination

随着科技的发展与进步,缝纫机机型不断推陈出新,人们对缝纫机的缝纫效果、缝纫稳定性的要求会越来越高。

缝纫机主要由刺料机构、挑线机构、勾线机构和送料机构组成,其中送料机构是缝纫机中驱动送料牙运动的机构。送料机构工作状态是:①由送料牙完成咬

住和移动缝料;②下降和退回送料牙,完成送料运动^[1-2]。但是传统的缝纫机送料牙在开始送料时与针板存在一定的倾斜角度,送料牙与缝料的接触面积较小,送料稳定性较差,且容易对缝料造成损伤,留下刮痕。

1 送料机构结构

传统送料机构如图1所示,送料执行机构由牙架

收稿日期:2022-11-09;修回日期:2023-03-21

基金项目:浙江省科技计划(2018D60SA8111170)。

第一作者简介:杨树(1997),男,辽宁丹东人,本科,主要研究方向为机械结构设计优化。通信作者:郑吉(1989),男,浙江台州人,硕士,高级工程师,主要研究方向为计算机辅助工程与仿真。E-mail:bingleng2008@qq.com

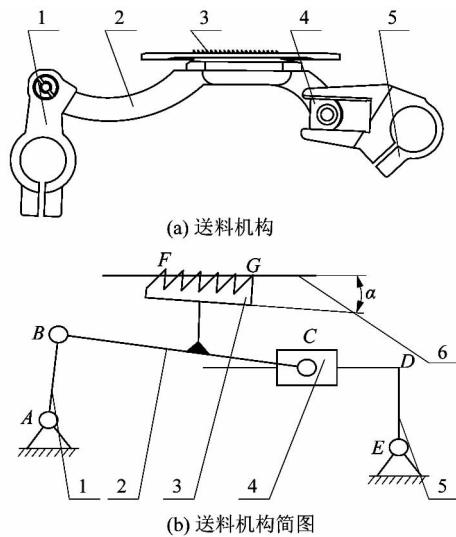


图 1 送料机构示意图

Figure 1 Schematic diagram of feeding mechanism

座、牙架、滑块和叉型曲柄等组成。牙架座固定在送料轴上并在主电机的驱动下左右摆动,叉型曲柄固定在

抬牙轴上并在主电机的驱动下上下摆动。在牙架座前后摆动和叉型曲柄上下摆动的约束下,牙架上的送料牙完成上下(抬牙运动)、前后(送料运动)的综合运动,运动轨迹类似椭圆形。

送料机构在开始送料时,送料牙与针板存在倾角 α ,如图 1(b)所示。在送料过程中,如果 α 偏大,会出现下述现象:①送料牙与缝料不能完美贴合,降低送布效率;②在缝纫机高速运转时,送料牙与缝料容易打滑,划伤缝料,使得缝纫效果变差。

2 机构运动学分析

针对传统送料机构存在的问题,对其进行运动学分析,求解目标是获得送料牙左顶点 $F(x_F, y_F)$ 和右顶点 $G(x_G, y_G)$ 关于杆长参数的函数关系;进一步得到送料牙倾角 α 与主杆长参数的函数关系,从而对送料机构进行结构参数优化。

某型送料机构的尺寸参数如表 1 所示,牙架座摆动角度 β 、叉型曲柄摆动角度 γ 如图 2 所示。

表 1 某型送料机构尺寸参数

Table 1 Size parameters of certain model of feeding mechanism

| (x_A, y_A) /(mm, mm) | (x_E, y_E) /(mm, mm) | 杆长/mm | | | 长度/mm | | 夹角/(°) | | |
|------------------------|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|--------------|
| | | L_{AB} | L_{BC} | L_{DE} | L_{BF} | L_{BG} | $\angle CDE$ | $\angle FBC$ | $\angle GBC$ |
| (-63.5, -193.0) | (55.5, -183.0) | 23.50 | 90.50 | 3.50 | 48.73 | 74.85 | 90.00 | 19.87 | 14.62 |

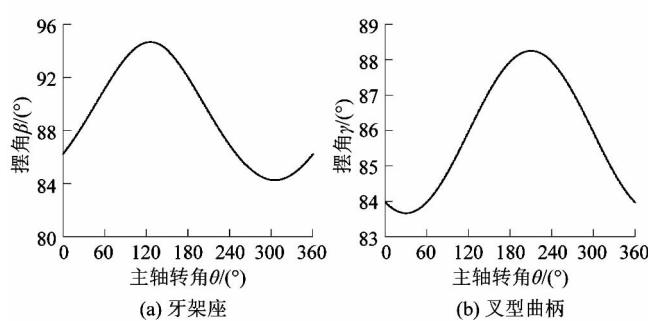


图 2 牙架座和叉型曲柄随主轴摆动角度

Figure 2 Tooth holder and fork cranks

swing angle with spindle angle

送料机构为双回转驱动 RRP RR 型滑块 5 杆机构,可拆分成单构件与 II 级杆组进行运动学分析求解^[3-7]。

2.1 单构件运动学分析模型

已知 $A(x_A, y_A), L_{AB}, \varphi_{AB}$,求解 $B(x_B, y_B)$ 。单构件运动学分析模型如图 3 所示。

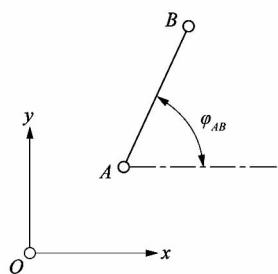


图 3 单构件运动学分析模型

Figure 3 Single-component kinematic analysis model

求解过程:

$$\left. \begin{array}{l} x_B = x_A + L_{AB} \cos \varphi_{AB}; \\ y_B = y_A + L_{AB} \sin \varphi_{AB} \end{array} \right\} \quad (1)$$

单构件运动求解过程如图 4 所示。



图 4 单构件运动求解过程

Figure 4 Single-component motion solving process

2.2 II 级杆组运动学分析模型

已知 $B(x_B, y_B)$, $D(x_D, y_D)$, L_{BC} 和 φ_{CD} , 求 $C(x_c, y_c)$ 和 φ_{BC} 。II 级杆组运动学分析模型如图 5 所示。

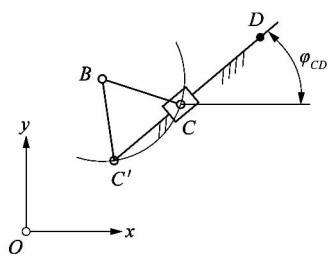


图 5 II 级杆组运动模型

Figure 5 Motion model of II level rod group

利用杆长参数进行求解,通过 φ_{CD} 可以求出直线 CD 斜率 k ;以 B 点为圆心,以 L_{BC} 为半径作圆,求解 C 点坐标,建立以下方程:

$$\left. \begin{aligned} (x_c - x_B)^2 + (y_c - y_B)^2 &= L_{BC}^2; \\ y_c &= kx_c + R. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

其中:

$$R = y_D - kx_D. \quad (3)$$

将 $D(x_D, y_D)$ 代入直线 CD 方程中,可得出一元二

次方程:

$$ax_c^2 + bx_c + c = 0. \quad (4)$$

式中:

$$a = 1 + k^2;$$

$$b = 2(ky_D - ky_B - k^2x_D - x_B);$$

$$c = (y_D - y_B - kx_D)^2 + x_B^2 - L_{BC}^2.$$

故可求出:

$$x_c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a};$$

$$y_c = kx_c + R;$$

$$\varphi_{BC} = \arctan \left(\frac{y_c - y_B}{x_c - x_B} \right).$$

其中 x_c 有 2 个解,可根据机构的初始安装情况和机构运动的连续性来确定式中“±”号的选取^[8]。

其求解过程可以编译为图 6 所示。

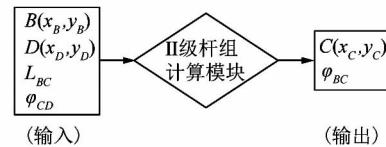


图 6 II 级杆组运动学分析模型

Figure 6 Kinematic analysis model of II level rod group

2.3 送料机构运动学计算

将已知参数代入单构件运动学分析模型及 II 级杆组运动模型中,可求解得出 F 点、 G 点坐标,其求解过程如图 7 所示。

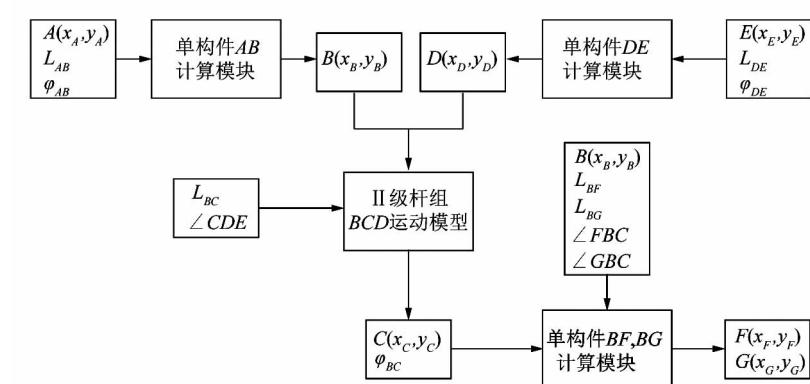


图 7 送料机构运动学分析模型

Figure 7 Kinematics analysis model of feeding mechanism

所得出送料牙 F 点在 x 方向及 y 方向运动与主轴转角 θ 关系如图 8 所示, 送料牙 G 点在 x 方向及 y 方向运动与主轴转角关系如图 9 所示, 送料牙 F 点、G 点运动轨迹如图 10 所示(记针板上表面高度为 0)。

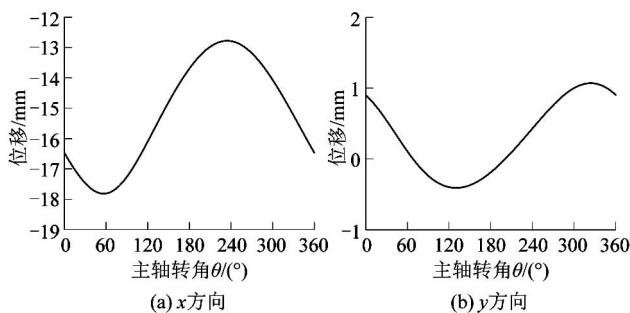


图 8 送料牙 F 点 x 和 y 方向运动坐标

Figure 8 Movement coordinates of feed tooth F point in x and y directions

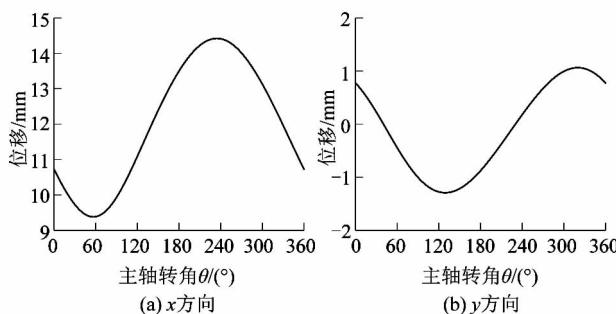


图 9 送料牙 G 点 x 和 y 方向运动坐标

Figure 9 Movement coordinates of feed tooth G point in x and y directions

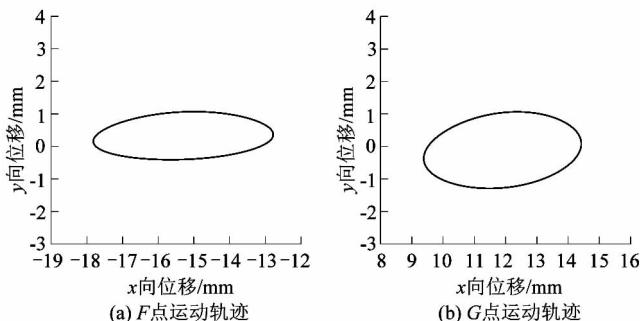


图 10 送料牙 F 点和 G 点运动轨迹

Figure 10 F point and G point movement trajectory of feed tooth

通过运动学分析求出送料过程中送料牙 F 和 G

点坐标, 进而可求出送料牙在各个时刻的倾角 α , $\alpha = \arctan\left(\frac{y_G - y_F}{x_G - x_F}\right)$, 对应的送料牙倾斜角度曲线如图 11 所示。

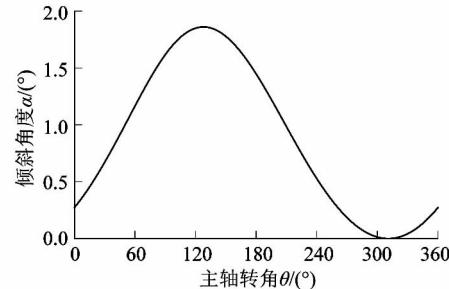


图 11 送料机构的送料牙倾斜角度曲线

Figure 11 Inclination angle curve of feed tooth of model feeding mechanism

由图 8 和图 11 可以看出, 送料牙开始送料时主轴转角 $\theta_1 = 200^\circ$, 此时送料牙的倾角 $\alpha_1 = 1.14^\circ$; 送料牙结束送料时, 主轴转角 $\theta_2 = 69^\circ$, 此时送料牙的倾角 $\alpha_2 = 1.30^\circ$ 。

3 送料机构优化设计

在缝纫机工作过程中, 为了取得良好的缝纫效果, 送料机构需要在开始送料及结束送料时, 送料牙与针板夹角需做到尽可能小; 同时需要保证送料牙在针板槽中运动有足够的安全距离。

选取送料牙 F 点到牙架座 B 点长度 L_{FB} 、送料牙 G 点到牙架座 B 点长度 L_{GB} 、 $\angle GBC$ 和 $\angle FBC$ 作为送料机构优化设计的变量。

3.1 约束条件

以送料机构零件参数为初始条件, 对机构进行优化设计^[9-13]。考虑到零件装配限制, 参考以往设计经验, 给定设计变量上、下限作为其边界约束条件:

$46.00 \text{ mm} \leq L_{BF} \leq 51.00 \text{ mm}$, $71.25 \text{ mm} \leq L_{BG} \leq 78.75 \text{ mm}$; $18.0^\circ \leq \angle FBC \leq 22.0^\circ$; $13.5^\circ \leq \angle GBC \leq 16.5^\circ$ 。

送料牙需要在针板槽内进行运动, 取送料牙 G 点在针板槽内允许运动的最近点记为 x_1 , 送料牙 F 点在针板槽内允许运动的最远点记为 x_2 , 则:

$$x_1 < x_G < x_F < x_2$$

送料牙送料过程需要满足缝纫工艺要求, 通常要

求送料牙高度为 $0.9 \sim 1.1$ mm。送料牙运动至最高位时,记F点高度为 $y_{F\max}$,G点高度为 $y_{G\max}$,则:

$$0.9 \text{ mm} < y_{F\max} < 1.1 \text{ mm}; 0.9 \text{ mm} < y_{G\max} < 1.1 \text{ mm}.$$

3.2 目标函数

送料牙开始送料及结束送料时,送料牙与针板倾角尽可能小,方可使送料牙在送料过程中与缝料全部贴合。开始送料时送料牙F点高度为 y_{F1} ,G点高度为 y_{G1} ,结束送料时F点高度为 y_{F2} ,G点高度为 y_{G2} 。设置目标函数M为出入针板时送料牙高度差之和,则目标函数M可表示为:

$$M = |y_{G1} - y_{F1}| + |y_{G2} - y_{F2}| \rightarrow \min.$$

3.3 优化计算

通过编程计算得到最优解如表2所示。

表2 最优解的尺寸参数

Table 2 Size parameters for optimal solution

| $\angle FBC/(^\circ)$ | $\angle GBC/(^\circ)$ | L_{BF}/mm | L_{BG}/mm |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| 18.83 | 13.78 | 47.4 | 73.6 |

最优解对应的送料牙F点在x方向及y方向运动与主轴转角 θ 关系如图12所示,送料机构送料牙倾斜角度 α' 变化如图13示。由图12和图13可以看出,优化后送料机构开始送料时,主轴转角 $\theta_3=209^\circ$,此时送料牙倾斜角度 $\alpha'_1=0.15^\circ$;送料机构结束送料时,主轴转角 $\theta_4=57^\circ$,此时送料牙倾斜角度 $\alpha'_2=0.02^\circ$ 。

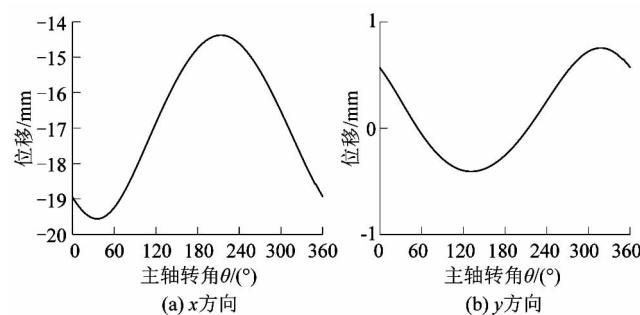


图12 送料牙F点x方向和y方向运动坐标

Figure 12 Movement coordinates of feed tooth F point in x and y directions

4 测试验证

对优化后的送料机构进行功能样机测试,送料开始及结束时送料牙倾斜状态如图14所示。使用百分表对优化前、后送料机构的送料牙在出、入针板时的高

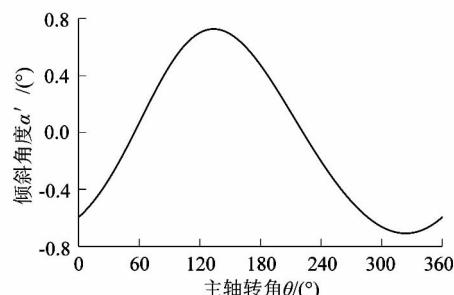


图13 优化后送料机构送料牙倾斜角度

Figure 13 Improved inclination angle of feed tooth in feeding mechanism

度进行测量,得出原样机送料牙出、入针板时牙齿高度差分别为0.52 mm和0.60 mm;结构优化后的送料牙出、入针板时牙齿高度差分别为0.07 mm和0.01 mm,送料牙出、入针板时倾斜程度与理论计算结果相符。

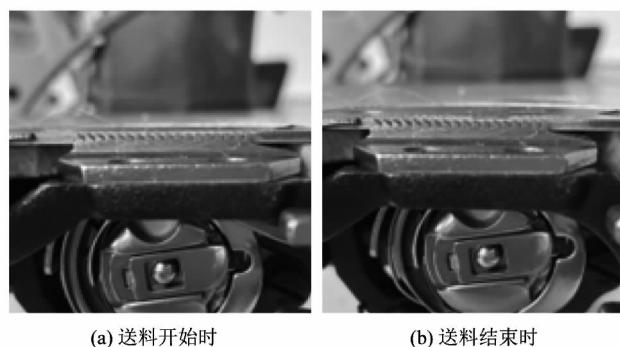


图14 送料开始及结束时送料牙倾斜状态

Figure 14 Feed tooth inclined state at start and end of feeding

通过对样机进行多组缝纫性能测试,优化后的送料机构在缝纫时送料牙与缝料贴合紧密,所缝线迹美观、针距大小稳定且不易刮伤缝料。

5 结语

针对某型号高速工业缝纫机所存在的送布效率低、易刮伤缝料等问题,课题组对其送料机构进行结构参数优化。通过对送料机构进行运动学分析计算,获得了送料牙倾斜角度的动态特性曲线;通过软件编程分析计算,基于送料牙出入针板时倾斜的角度,对零件参数进行优化求解,使送料牙出、入针板时倾斜角度由原来的 1.14° 和 1.30° 分别减少至 0.15° 和 0.02° 。

优化后的送料机构可以实现送料时送料牙在送料时紧贴于缝料,解决了送料机构的送布效率低、容易刮伤缝料的缺点,满足缝纫时所需的缝纫工艺要求,使缝纫机缝纫效果提升,并为后续的结构优化设计提供参考。

参考文献:

- [1] 邹慧君,雷杰,杜如虚,等.现代缝纫机原理与设计[M].北京:机械工业出版社,2005:81.
- [2] 郑吉,柯祥林,何明金,等.高速工业平缝机步进挑线机构设计[J].轻工机械,2021,39(4):84-88.
- [3] 李佳,廖汉元.带有移动副的两自由度五杆机构的可动性条件[J].机械研究与应用,2002,15(3):5-7.
- [4] 王登科,尹明富,孙会来,等.双回转RRP型五杆机构运动分析[J].高技术通讯,2018,28(8):736-742.
- [5] 张青,邹慧君,郭为忠,等.闭合五杆缝纫机送料机构的运动仿真和轨迹优化[J].机械设计与研究,2004,20(6):25-28.
- [6] 冯立艳,梁会硕,李学刚,等.平面滑块RRP型五杆机构的轨迹综合[J].机械设计,2021,38(9):75-79.
- [7] 俞建军.基于DSP伺服驱动的工业缝纫机控制器设计[J].机电工程技术,2021,50(10):160-163.
- [8] 潘存云.机械原理[M].长沙:中南大学出版社,2019:56-57.
- [9] 李增刚.ADAMS入门详解与实例[M].2版.北京:国防工业出版社,2014:289-293.
- [10] 吴建民.基于ADAMS的机械CAD/CAM技术优化设计教学实践[J].装备制造,2022(7):183-185.
- [11] 周凯红,张学谦,郭玉田.基于ADAMS和ANSYS的空间四杆引纬机构优化研究[J].机电工程,2021,38(3):383-387.
- [12] 姜波,孙德志,张颖,等.ADAMS机械系统仿真教学实践:以四连杆机构设计为例[J].时代汽车,2022(6):28-30.
- [13] 郑江涛,田大鹏,高志良.基于ADAMS的6PSS并联机构多目标优化研究[J].机电工程,2021,38(6):712-718.

《新型建筑材料》2024年征稿启事

- 中国科技核心期刊
- RCCSE中国核心学术期刊
- 全国建材优秀期刊
- 全国建材系列期刊
- 浙江省及华东地区优秀期刊
- 中国期刊方阵“双效期刊”
- 美国EBSCO数据库全文收录
- “世界期刊影响力指数(WJCI)报告”入编期刊
- 中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊

主要栏目及内容:新型墙体材料、建筑石膏与胶凝材料、防水屋面材料、装饰装修材料、化学建材、保温材料与建筑节能、混凝土与制品、海绵城市、绿色建筑与绿色建材等理论研究与发展综述,以及国家产业政策等。

《新型建筑材料》于1974年创刊,由中国新型建材设计研究院主办,中国建筑材料科学研究院主管,国内外公开发行。大16开,进口纸胶印160页。刊号:CN 33-1078/TU,ISSN 1001-702X。邮发代号:32-57。各地邮局及编辑部均可办理订阅手续。另有历年合订本可以订阅。

定价:每期8.00元,全年12期共96.00元(含邮费)。

本刊承接广告,欢迎联系。

地址:杭州市拱墅区华中路208号 邮编:310022

电话:0571-85175100,85062600,85066556

网址:<http://www.china-nbm.cn> E-mail:nbm999@163.com



欢迎关注本刊微信公众号