

便携式割灌机U型手柄的人机工程学优化研究

董金宝 李文彬

(北京林业大学工学院)

摘要:该文通过模拟实验,研究了便携式割灌机U型手柄人机几何界面参数对操作者主观施力的影响。人机几何界面参数包括:U型手柄宽度,操作者至左右握持点连线的垂直距离,握持点距操作者站台的高度3个参数。结果表明,手柄宽度、握持点距身体的前后距离以及握持点距站台的高度对水平横向操作力的影响都很显著。手柄宽度与身高具有很好的线性关系,相关系数为0.975。研究结果为U型手柄割灌机以及相关类型的机械设计提供了人机工程学设计依据。

关键词:割灌机;U型手柄;操作力;人机工程;几何参数;优化

中图分类号:S776.31;TB18 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1522(2008)03-0144-03

DONG Jin-bao; LI Wen-bin. **Optimization of U-handle of portable brush cutter based on ergonomics.** *Journal of Beijing Forestry University* (2008) 30(3) 144-146 [Ch, 10 ref.] College of Technology, Beijing Forestry University, 100083, P.R.China.

In the paper, a simulation-based experimental study was carried out on the effects of man-machine interface geometrical parameters of U-handle brush cutter on operator's exertion. The man-machine interface geometrical parameters of U-handle brush cutter include the width of the U-handle, the height of the handle from standing platform and the distance of the handle from the operator. The results indicate that the effects of the width, height and distance of U-handle are significant. There is a high correlativity between the width of U-handle and the height of operator and coefficient of correlation is 0.975. The results of this study provide an ergonomical support for the design of U-handle brush cutter and other relative machines.

Key words brush cutter, U-handle, operating force, ergonomics, geometrical parameters, optimization

割灌机是农林业常用的便携式机械,用于林地清理、割灌抚育以及农业除草。由于割灌机是由操作者携带进行作业,操作者受到重量、噪声、振动以及发动机的热负荷影响,特别是在有坡度的林地作业,其立地环境差,容易发生事故。因此,割灌机及其作业的人机工程学研究具有重要的意义。关于割灌机的人机工程学研究,国内外都有较多的研究报道,特别是日本和瑞典在割灌机的人机工程优化研究方面做了大量的工作。主要集中在振动噪声的研究领域^[1-4],在人机操作界面方面也开展了系列研究,基于此类成果,国际标准化组织也提出了一些割灌机设计标准^[5]。笔者在前期对割灌机的振动、噪声以及人机工程学做了较系统的研究^[6-8],本文就

便携式割灌机U型手柄的几何参数进行了人机工程学研究,为便携式割灌机U型手柄的设计提供依据。

1 便携式割灌机现状

虽然国际标准化组织以及各国对便携式割灌机都有一些参考标准,但均不够详细,因为民族不同,人机操作关系就有所不同。从表1可以看出,便携式割灌机U型手柄的宽度变化较大,不同型号的尺寸也各不相同。

本文研究了不同U型手柄的宽度、握持点的空间位置对最大水平操作力的影响。因为在林地作业时,当锯片切割灌木时,需要较大的水平操作力,水

收稿日期:2007-07-14

<http://www.bjfujournal.cn>, <http://journal.bjfu.edu.cn>

基金项目:教育部博士点基金项目(20060022004)。

第一作者:董金宝,博士,副研究员。主要研究方向:人机环境工程。电话:010-62336208 Email: dongjb@bjfu.edu.cn 地址:100083 北京林业大学工学院。

责任作者:李文彬,博士,教授。主要研究方向:人类工效学、林业机械自动化与智能化。电话:010-62338139 Email: leewn@bjfu.edu.cn 地址:同上。

表 1 便携式割灌机 U 型手柄的宽度 mm

型 号	产 地	U 型手柄宽度
G3K	中国	485
H1450	中国	500
T8A	中国	590
HOMATSU	中国	660
Husqvarna	瑞典	485
FC-52D	日本	480
PMC-K12D	日本	490
PMC-K17	日本	490
MB-160A	日本	560
NB03D(B)	日本	510
NB04D(B)	日本	580
NB04E(B1)	日本	590
SRM-202FA	日本	570
FBC-05DA	日本	595
FBC-33A	日本	700

平操作力的大小直接影响作业时的身体平衡。如果操作力过大会导致人体失衡而引起跌倒，特别是在噪声、振动、热负荷以及重量负荷的综合作用下，人体的平衡功能会受到影响^[9-10]。如果有较大的横向水平力作用于身体，其跌倒潜在危险性会增加。因此，以减少水平操作力为目的的 U 型手柄与操作者的人机几何关系研究具有重要的意义。

2 研究方法

2.1 实验装置

实验设计了空间位置可调的 U 型手柄，如图 1 所示。以宽度可调的 U 型手柄左右手握持点(中指位置)之间的距离为 W ，操作者站立在高度可调的站台上，身体中心轴线到左右握持点连线的垂直距离为 S ，左右握持点连线到站台的高度为 H 。操作者站在 U 型手柄正前方，双手握持左右手柄(手柄外径为 32 mm)，模仿割灌作业以最大操作力向左施加，测力传感器将操作力通过 NEC-RA1100 数据记录仪记录，并通过计算机进行数据处理。力传感器为北京多力光电研究所生产的 BK-2 传感器，量程为 1 000 N，精度为 0.05%。数据记录仪为日本 NEC 生产的 RA1100 型多通道动态数据记录仪。

2.2 被测者

选拔了年龄在 18~22 岁的 15 名在校男性学生参与了实验，被测者身高统计值如表 2 所示。

表 2 被测者身高统计值 mm

平均身高	身高标准差	身高变化范围值
1 698	49.6	1 650~1 760

2.3 实验因素和水平

本实验选择了 U 型手柄的宽度 W ，握持点到站

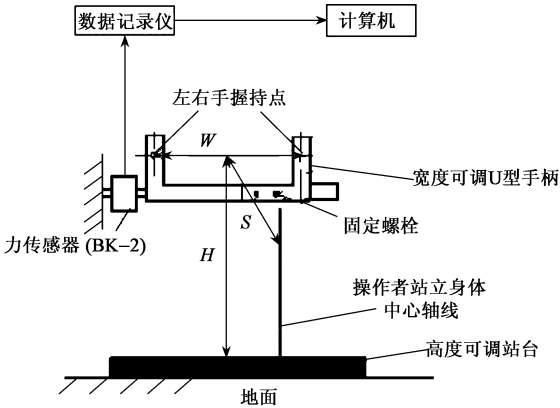


图 1 实验系统

FIGURE 1 The testing system

立面的高度 H ，操作者至左右握持点连线的垂直距离 S 3 个因素，实验因素和水平设计如表 3 所示。

表 3 实验因素和水平 mm

因素	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5
W	610	560	510	460	410
S	300	250	200	150	100
H	1 230	1 180	1 130	1 080	

2.4 实验过程

实验人员先按照实验因素调整好实验平台高度、手柄宽度以及前后距离。然后让被测对象站在实验平台上，双手分别握持左右手柄，在保持身体姿势稳定的情况下，从右向左施加最大操作力，并保持 5 s，重复实验 5 次，取 5 次最大操作力的平均值作为在该实验条件下的实验数据。

3 结果与分析

对实验获得的数据进行处理，以 15 人的平均值作为方差分析数据，结果如表 4 所示。

表 4 最大操作力的方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方差	F	P
W	1 291.583 4	4	322.895 9	10.775 1	<0.005
S	1 246.501 4	4	311.625 4	10.399 0	<0.005
H	334.781 9	3	111.594 0	3.723 9	<0.025
$W \times S$	776.900 1	16	48.556 3	1.620 3	>0.1
$S \times H$	1 015.916 6	12	84.859 7	2.831 8	<0.05
$W \times H$	1 023.856 6	12	85.321 4	2.847 2	<0.05
误差	1 438.409 9	48	29.966 9		
总和	7 127.949 9	99			

从表 4 可知，手柄宽度、前后距离以及握持高度对操作力都有显著的影响，并且手柄宽度、前后距离与握持高度具有显著的交互作用。因此，U 型手柄割灌机的人机界面参数的合理化直接影响操作力，对操作者的疲劳、稳定性、安全性以及作业效率产生影响。

通过对 15 人的实验数据进行分析,得到可获得最大操作力的 U 型手柄割灌机人机界面几何参数,如表 5 所示。从表 5 可知,随着身高的增大,手柄宽度和握持高度也增大,但前后距离在 200 mm 不变。其中变化比较明显的是 U 型手柄的宽度。

表 5 U 型手柄割灌机的最优人机界面几何参数值 mm

TABLE 5 Optimum geometrical parameters of man-machine interface of U-handle brush cutter

身高	1 650	1 660	1 710	1 730	1 760
W	460	460	510	510	560
S	200	200	200	200	200
H	1 080	1 130	1 130	1 130	1 180

手柄宽度与身高的关系如图 2 所示。对手柄宽度和身高(G)进行回归分析得到关系式(1),该式可作为割灌机 U 型手柄宽度设计的参考。

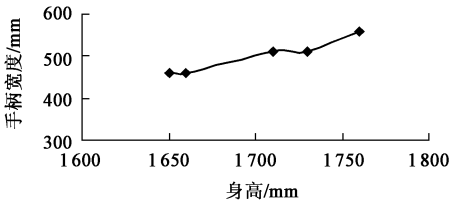


图 2 手柄宽度与身高的关系

FIGURE 2 Relationship between the U-handle width and height of operator

$$W = 0.875\ 576\ G - 990.23$$
$$R = 0.975$$

(1)

式中, R 为相关系数。

4 结 论

- 1)手柄宽度、握持点距身体的前后距离以及握持点距站台的高度对操作力的影响都很显著;
- 2)手柄宽度与身高的关系具有很好的线性关系, $W=0.875\ 576\ G-990.23$, 其 R 为 0.975。

参 考 文 献

[1] 梁桂清· 割灌机把手振动分析[J]· 林业机械与木工设备, 2000, 28(9): 16-17.

LIANG G Q· An analysis of handle vibration of clearing saws[J]· *Forestry Machinery and Woodworking Equipment*, 2000, 28(9): 16-17.

[2] 安静贤, 李文彬· DG3 型割灌机的噪声分析及其作业环境的评价[J]· 北京林业大学学报, 1994, 16(3): 73-79.

AN J X, LI W B· Noise analysis and assessment of working environment on DG3-brush cutter[J]· *Journal of Beijing Forestry University*, 1994, 16(3): 73-79.

[3] 李文彬, 伏见知道· 刈払機の振動に機する研究[J]· 日本爱媛大学农学部演習林報告, 1987, 25: 37-58.

LI W B, FUSHIMI T· Study on vibration of brush cutter[J]· *Bulletin of the Ehime University Forest*, 1987, 25: 37-58.

[4] 李文彬, 安静贤· DG3 型割灌机振动的实验研究[J]· 北京林业大学学报, 1996, 18(1): 66-70.

LI W B, AN J X· An experimental study on vibration of DG3-brush cutter[J]· *Journal of Beijing Forestry University*, 1996, 18(1): 66-70.

[5] 山機三平· 刈払機と ISO 国機規格[J]· 機械化林機, 1993, 477: 1-18.

YAMAWAKI M· Brush cutter and its ISO standards[J]· *Forestry mechanization*, 1993, 477: 1-18.

[6] 李文彬, 伏機知道· 刈払機的最機シャフト長に機する研究[J]· 日本林学会機, 1989, 71(4): 148-154.

LI W B, FUSHIMI T· A study on optimal shaft length of brush cutter[J]· *Journal of the Japanese Forestry Society*, 1989, 71(4): 148-154.

[7] 李文彬, 伏機知道· 急機斜地の下刈作機における作機者の心拍数機化と作機機機について[J]· 日本林学会機, 1990, 72(3): 216-222.

LI W B, FUSHIMI T· A study on optimal shaft length of U-handle type brush cutter[J]· *Japanese Forestry Society*, 1990, 72(3): 216-222.

[8] 李文彬, 伏機知道, 井上章二· U-ハンドル型刈払機的最機シャフト長について[C]//第 100 回日本林学会大会機文集· 东京: [出版者不祥], 1989: 807-810.

LI W B, FUSHIMI T, INOUE S· A study on optimal shaft length of U-handle type brush cutter[C]// *Proceedings of 100th symposium of the Japanese Forestry Society*· Tokyo: [s. n.], 1989: 807-810

[9] LI W B, WANG N K, SA C· Effects of physiological load on body balance [C]//TETSUHIKO Y· *Proceedings of the International Seminar on New Roles of Plantation Forestry Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations*· Tokyo: [s. n.], 2002: 549-554.

[10] 李文彬, 高双林, 胡传双· 噪声对人体平衡的影响[J]· 北京林业大学学报, 2005, 25(3): 100-104.

LI W B, GAO S L, HU C S· Effects of noise on body balance[J]· *Journal of Beijing Forestry University*, 2003, 25(3): 100-104.

(责任编辑 李文军)