

文章编号:1004-7220(2019)02-0207-06

# 跑步时足偏角对胫骨冲击影响的探索性研究

曹方园<sup>1</sup>, 徐俊凯<sup>1</sup>, 胡海<sup>2</sup>, Peter B.SHULL<sup>1</sup>

(1.上海交通大学 机械与动力工程学院,机器人研究所,上海 200240;

2.上海交通大学附属第六人民医院 骨科,骨科生物力学实验室,上海 200233)

**摘要:**目的 探究跑步时足偏角对胫骨冲击的影响。方法 15名健康成年受试者分别以惯用、内八、外八的步态跑步,比较跑步者在不同足偏角跑步时的胫骨冲击(通过冲击峰值、平均加载率、最大加载率和最大胫骨加速度表征),探究跑步时足偏角对胫骨冲击是否有影响。并且比较跑步者不同步态下的躯干前倾角、着地方式、步频和步宽的变化,探究影响可能的原因。结果 与惯用步态相比,内八和外八步态的最大胫骨加速度分别显著增加19.3%和24.5%,冲击峰值均显著增加7.6%,平均加载率分别显著增加7.9%和9.5%,最大加载率分别显著增加3.9%和10.9%。没有观测到躯干前倾角、着地方式、步频和步宽的显著性变化。结论 足偏角有可能是除躯干前倾角、着地方式、步频和步宽外的另一种影响胫骨冲击的步态运动学参数,对其进行进一步研究将对预防胫骨应力性骨折提供重要参考。

**关键词:**跑步;胫骨冲击;足偏角;内八步态;外八步态

**中图分类号:** R 318.01 **文献标志码:** A

**DOI:** 10.16156/j.1004-7220.2019.02.015

## Exploration Study about Influence of Foot Progression Angle on Tibial Shock During Running

CAO Fangyuan<sup>1</sup>, XU Junkai<sup>1</sup>, HU Hai<sup>2</sup>, Peter B. SHULL<sup>1</sup>

(1. Institution of Robotics, School of Mechanical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China; 2. Biomechanics Laboratory of Orthopedics, Department of Orthopedics, Sixth People's Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200233, China)

**Abstract: Objective** To study the influence of foot progression angle on tibial shock during running. **Methods** The normal, toe-in and toe-out gait of fifteen healthy adults was tested during running trials on a treadmill. The differences in tibial shock (impact peak, average loading rate, instantaneous loading rate and maximum tibia acceleration) for runners at different foot progression angles were analyzed to explore the influence of foot progression angle on tibial shock. The changes in sagittal plane trunk angle, strike pattern, stride frequency and step width of runners under three gaits were also compared to explore its possible causes. **Results** Compared with normal gait, the maximum tibial acceleration of toe-in and toe-out gait was increased by 19.3% and 24.5%, impact peak was increased by 7.6%, average loading rate was increased by 7.9% and 9.5%, instantaneous loading rate was increased by 3.9% and 10.9%, with significant statistic differences. No significant changes were found in sagittal plane trunk angle, strike pattern, stride frequency and step width. **Conclusions** Foot progression angle might be an another gait parameter which affected tibial shock during running in addition to other related known gait pa-

收稿日期:2018-06-15;修回日期:2018-07-03

基金项目:国家自然科学基金项目(51875347,31270996)

通信作者:Peter B. Shull, 特别研究员, E-mail: pshull@sjtu.edu.cn; 胡海, 副主任医师, E-mail: xmhuhai@hotmail.com

rameters such as sagittal plane trunk angle, strike pattern, stride frequency and step width, which would provide an important reference for prevention of tibial stress fracture.

**Key words:** running; tibial shock; foot progression angle; toe-in; toe-out

跑步对人体心血管系统和肌肉骨骼系统的健康都大有裨益<sup>[1]</sup>,已成为全球最流行的运动之一<sup>[2]</sup>。然而,跑步过程中有16%的人曾有不同程度的应力骨折<sup>[3]</sup>,其中胫骨应力骨折比例高达50%<sup>[4]</sup>。在跑步过程中,当脚接触地面的瞬间会产生很强的冲击力,这些强冲击力将会快速地从脚踝传递到胫骨,很有可能引起胫骨应力性骨折<sup>[5]</sup>,从而导致患肢疼痛和功能障碍<sup>[6]</sup>。近年来学者们对跑步过程中胫骨冲击的影响因素进行了广泛的研究,主要包括跑步运动表面<sup>[7]</sup>、跑鞋<sup>[1]</sup>、跑步步态<sup>[4]</sup>等,其中跑步步态尤为重要。研究跑步步态对胫骨冲击的影响将有助于理解胫骨应力骨折的成因,对胫骨应力性骨折的预防起到重要的指导作用。

以往关于跑步步态的研究发现,躯干前倾角、步宽、跑步时不同着地方式、步频等均对胫骨冲击产生影响。Teng等<sup>[8]</sup>研究躯干摇晃角对胫骨冲击的影响,结果发现,矢状面内躯干前倾角度越大,胫骨的冲击载荷就越低。Brindle等<sup>[9]</sup>研究发现,大步宽跑步时的胫骨上应力较小。也有研究表明,跑步时不同着地方式对胫骨冲击也有影响,后脚跟先着地通常胫骨收到的冲击会更大,故建议采用脚掌前部或者中部先着地的方式跑步<sup>[10]</sup>。此外,Hobara等<sup>[11]</sup>研究发现,跑步时加快步频,胫骨受到的冲击更小。这些研究充分证明跑步步态对胫骨冲击有重要影响。在行走步态的研究中发现,足偏角亦会对胫骨产生影响,表现为胫骨角度和下肢肌群收缩的变化<sup>[12]</sup>以及下肢关节内部受力重新分布<sup>[13]</sup>。足偏角是指在脚支撑身体时贯穿足底的中心线与前进方向的夹角<sup>[14]</sup>,其与压力中心密切相关<sup>[15]</sup>。但有关足偏角在跑步步态中对胫骨影响的研究目前鲜有报道。本文旨在研究跑步时足偏角对胫骨冲击的影响,通过比较跑步者在不同足偏角跑步时的躯干前倾角、着地方式、步频和步宽,探究如下两个问题:①跑步时足偏角对胫骨冲击是否有影响;②如有影响,是否源于躯干前倾角、着地方式、步频和步宽等其他与已知胫骨冲击相关的步态运动学参数的变化。本文采用胫骨加速度、冲击峰值和力

加载率等常用指标衡量胫骨冲击<sup>[7]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验对象

招募15名健康成年受试者,14男1女,年龄(26±2.7)岁,身高为(17.3±6.8)cm,体质量为(67±9.5)kg,BMI(21.22±1.5)kg/m<sup>2</sup>,受试者实验前3个月平均每周跑步3km。本研究排除标准:①无跑步机使用经验者;②在跑步中不能自主改变其足偏角5°以上者;③有肌肉骨骼系统损伤病史而影响跑步者;④穿戴可能会影响跑步步态的矫形器者。

本研究已经通过上海交通大学附属第六人民医院伦理委员会批准(批准号:YS-2018-012),并与每个受试者签订知情同意书。

### 1.2 实验设备

具有8个摄像头的运动捕捉系统(Vicon公司,英国)以0.1kHz频率采集固定在受试者身上的反光点的运动信息;双带测力跑台(FIT公司,美国)以1kHz频率采集受试者右脚受到的反作用力,用1个3轴加速度计(MTi-G-710,Xsens公司,荷兰)以1kHz的频率采集受试者跑步时胫骨加速度。

### 1.3 实验过程

**1.3.1 传感器和反光点的位置** 加速度计(蓝块)被固定在受试者右腿胫骨下端内侧<sup>[16]</sup>;反光点(红点、粉红点分别为前侧、后侧反光点)被固定在脚背第2跖骨头末端、足跟骨、踝关节内外两侧、两侧髌后上棘和颈椎第7个关节(见图1)。

**1.3.2 步态测试** 首先指示受试者确定其最适跑步速度,并熟悉3种步态,时长3min。之后按其最适跑步速度随机进行3种步态的测试,每种步态分别进行1次,每次2min。3种步态分别为:①惯用步态,指示受试者在跑步机上按照平常跑步习惯采用的步态;②内八步态,指示受试者跑步时在惯用步态的基础上将自己的足适当内旋<sup>[17]</sup>;③外八步态,指示受试者跑步时在惯用步态的基础上将自己的足适当外旋<sup>[17]</sup>。实验数据均采自受试者右脚。



图1 反光点和传感器分布

Fig.1 Marker and acceleration configuration

**1.3.3 实验数据后处理** 加速度计、测力板和反光点原始数据通过4阶低通巴特沃斯滤波器进行去噪处理,滤波频率分别为75 Hz<sup>[14]</sup>、50 Hz<sup>[9]</sup>和8 Hz<sup>[9]</sup>。跑步时支撑期和摆动相通过垂直方向地面反作用力识别,阈值为20 N<sup>[12]</sup>。

计算与胫骨冲击相关的步态运动学参数:

① 足偏角。取每步20%~80%支撑相期间第2跖骨头末端反光点与足跟骨反光点连线与足前进方向夹角的均值<sup>[18]</sup>,规定内八为正,外八为负。② 步宽。取右脚着地时两脚踝关节中点的横向距离<sup>[19]</sup>。③ 躯干前倾角度。取20%~80%支撑相期间髂后上棘中点与颈椎第7节关节(C7)在矢状面内夹角的平均值<sup>[9]</sup>。④ 着地指数。指跑步者脚着地时脚底压力中心到足跟后方之间的距离与脚长的比值,用来体现着地方式<sup>[20]</sup>。⑤ 步频。取每种测试情况下跑步步数与跑步时间的比值<sup>[21]</sup>。

计算表征胫骨冲击的指标:① 地面反作用力的冲击峰值。取脚接触地面后与最大地面竖直反作用力之间的峰值<sup>[22]</sup>,如遇到地面竖直反作用力之前没有冲击峰值,则取支撑相13%时刻的力来代表冲击峰值<sup>[23]</sup>。② 平均加载率和最大加载率。分别取脚着地时刻与冲击峰值时刻之间20%~80%时间段地面竖直反作用力斜率的平均值和最大值<sup>[24]</sup>。③ 胫骨径向最大加速度。通过加速度计的数据计算,取加速度计在胫骨径向方向加速度的最大值<sup>[25]</sup>。地面竖直反作用力的冲击峰值和力加载率通过测力板数据计算,跑步时支撑相的地面竖直反作用力曲线如图2所示。

对实验结果进行统计分析:分别计算不同受试

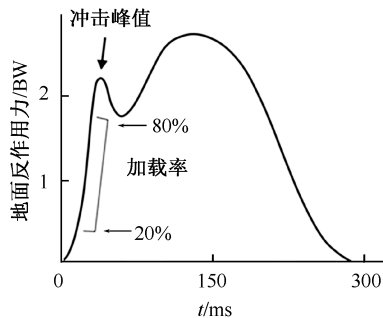


图2 地面反作用力指标

Fig.2 Vertical ground reaction force variables

者相同步态测试条件下与胫骨冲击相关的各个步态运动学参数和表征胫骨冲击的各个指标,求其均值和方差,并对每种结果在惯用步态、内八和外八步态条件下进行单因素重复测量方差分析,如有显著差异则采用Bonferroni检验进行两两比较,当 $P < 0.05$ 时认为组间差异具有统计学意义。跑步步态运动学参数和胫骨冲击指标计算使用MATLAB 2016b(MathWorks公司,美国)完成;统计分析均使用SPSS 17.0(IBM公司,美国)完成。

## 2 结果

与惯用步态相比,内八步态的足偏角显著增加了 $9.0^\circ$  ( $P < 0.05$ ),外八步态的足偏角显著减小了 $11.1^\circ$  ( $P < 0.05$ );在本实验中没有观测到躯干前倾角、步宽、步频和着地指数在不同步态下的显著性变化(见表1)。通过计算不同步态下胫骨冲击指标的变化发现,与惯用步态相比,内八步态的胫骨加速度、冲击峰值、平均加载率、最大加载率分别增加19.3%、7.6%、7.9%、3.9% ( $P < 0.05$ );外八步态的胫骨加速度、冲击峰值、平均加载率、最大加载率分别增加24.5%、7.6%、9.5%、10.9% ( $P < 0.05$ ),见表2。实验中的跑步速度为 $(2.5 \pm 0.5)$  m/s。

## 3 讨论

已知有多种因素对胫骨冲击产生影响。Laughton等<sup>[10]</sup>在探索着地方式对胫骨冲击影响的研究中发现,受试者脚跟着地与前脚掌着地相比,胫骨加速度、冲击峰值、平均加载率、最大加载率分别增加了27.1%、6.3%、9.6%、1.4%;Teng等<sup>[8]</sup>在研究不同躯干摇晃角对胫骨冲击的影响中发现,当躯干前倾

表1 3种步态下步态运动学参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=15$ , \*  $P<0.05$ )

Tab.1 Comparison of gait parameters under 3 gait conditions

步态	足偏角/(°)	躯干前倾角/(°)	步宽/mm	步频/s <sup>-1</sup>	着地指数
惯用	-7.2±4.1	10.9±4.3	405.6±24.7	1.4±0.1	0.3±0.2
内八	3.9±3.7*	11.2±5.4	409.0±28.9	1.4±0.1	0.3±0.1
外八	-16.2±4.9*	11.5±5.9	416.3±21.1	1.4±0.1	0.3±0.1

表2 3种步态下胫骨冲击指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=15$ , \*  $P<0.05$ )

Tab.2 Comparison of tibia shock indices under 3 gait conditions

步态	加速度, $g$	冲击峰值 BW	平均加载 率/s <sup>-1</sup>	最大加载 率/s <sup>-1</sup>
惯用	5.7±0.7	1.3±0.1	56.8±7.9	71.4±7.9
内八	6.8±1.1*	1.4±0.2*	61.3±7.5*	74.2±12.1*
外八	7.1±0.8*	1.4±0.1*	62.2±8.3*	79.2±9.5*

角向前增加5%时,胫骨冲击减小6%;Brindle等<sup>[9]</sup>在研究步宽与胫骨冲击的关系时发现,步宽减少8%,胫骨收到的冲击增大15%;Hobara等<sup>[11]</sup>在研究步频与胫骨冲击的影响时发现,当步频减小5%时,胫骨冲击峰值、平均加载率和瞬时加载率分别增大17.25%、17.55%和18.07%。本研究与改变步频和步宽的研究相比,引起的胫骨冲击的变化量相对较小,但与改变躯干前倾角和着地方式的研究相比引起的胫骨冲击的变化量相当。Milner<sup>[26]</sup>在胫骨冲击与胫骨应力性骨折关系的研究中发现,当胫骨冲击增大6.2%时,引起胫骨应力性骨折的概率便会增大。本研究结果显示,足偏角变化对胫骨冲击的影响已达到影响胫骨应力性骨折概率的程度,但如何在跑步时训练足偏角减少胫骨应力性骨折几率,需要进行更多的临床研究。受试者在内八和外八步态的测试中均能按照指示在跑步中改变其足偏角,外八步态时的平均改变量(11.1°)略大于内八步态时的平均改变量(9.0°),该现象和走路时的足偏角研究一致,推测原因是内八步态更难完成<sup>[14]</sup>。

实验结果表明,内八和外八步态的胫骨加速度、冲击峰值、最大加载率和平均加载率的变化具有一致性,与惯用步态相比均显著增大,说明改变足偏角确实会影响胫骨冲击。外八步态下的冲击增加量略大于内八步态的冲击增加量,这可能是由于外八步态足偏角改变量略大于内八步态。跑步运动表面、跑鞋和跑步速度在3种步态下均保持相同条件,在足偏角改变的情况下,已知影响胫骨冲击的步态运动学参数在本实验中均未观测到显著性变化,胫骨冲击却观测到显著性变化。因此,足

偏角可能是除躯干摇晃角、步宽、着地方式和步频之外的另一个能影响胫骨冲击的步态运动学参数。

胫骨冲击指标用来表征胫骨在脚刚接触地面时受到的冲击,主要体现为接触力的变化率,由冲击峰值和接触时间来决定。冲击峰值越大,接触时间越短,则胫骨受到的冲击越大。实验结果表明,与惯用步态相比,内八步态和外八步态的冲击峰值均增加了7.6%,接触时间分别减少了2.3%和3.3%,即改变足偏角影响了胫骨的冲击峰值,对接触时间的影响相对较小,其变化的根本原因需要进一步研究,可能是由于中枢神经不能有效的控制肌肉刚度来减小胫骨受到的冲击。在跑步过程中所产生的地面反作用力冲击峰值主要是由于触地时后腿的快速减速引起<sup>[27]</sup>,中枢神经会通过控制腿部肌肉的活动使其刚度增加从而减缓振动的效果<sup>[28]</sup>,当跑步在稳定速度下时,在冲击前的50ms内腿部肌肉活动便会作为一种预备状态,通过产生关节或腿部肌肉的僵硬使得预期冲击振动最小化。在受试者改变足偏角以内八和外八步态跑步时,中枢神经可能会因为不适应从而不能有效控制肌肉刚度来减小胫骨受到的冲击。

本研究的局限性如下:①受试者均在跑步机上进行步态测试,而在跑步机上的步态动力学和在场地上的步态动力学并不完全一致<sup>[29]</sup>,故该实验结果并不能完全反映在户外或其他场地上跑步时足偏角改变对胫骨冲击的影响。②受试者均未进行长期内八或外八步态训练,足偏角改变产生的影响是否随受试者对新步态的熟悉程度而变化也需要进一步研究。③未包含肌肉活动相关信息,无法更进一步了解足偏角改变引起胫骨冲击指标变化的原因,后续需要对此进行更进一步研究。

本文探究了足偏角对胫骨冲击的影响以及其原因。结果表明,除了已知影响胫骨冲击的步态运动学参数外,足偏角有可能是另一种影响胫骨冲击的步态运动学参数,其内在机制有待进一步研究。

## 参考文献:

- [ 1 ] 张力文, 马云茹, 朱晓兰, 等. 跑鞋与着地方式对跑步损伤的影响[J]. 医用生物力学, 2018, 33(1): 76-81.  
ZHANG LW, MA YR, ZHU XL, *et al.* The influence of running shoes and foot-strike patterns on running injuries [J]. *J Med Biomech*, 2018, 33(1): 76-81.
- [ 2 ] Warburton DER, Nicol CW, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: The evidence [J]. *Can Med Assoc J*, 2006, 174(6): 801-809.
- [ 3 ] MATHESON GO, CLEMENT DB, MCKENZIE DC, *et al.* Stress fractures in athletes. A study of 320 cases. [J]. *Am J Sports Med*, 1987, 15(1): 46-58.
- [ 4 ] WILLIAMS KR. The dynamics of running [M]// *Biomechanics in sport: Performance enhancement and injury prevention*. USA: Wiley, 2008: 161-183.
- [ 5 ] POHL MB, HAMILL J, DAVIS IS. Biomechanical and anatomic factors associated with a history of plantar fasciitis in female runners [J]. *Clin J Sport Med*, 2009, 19(5): 372-376.
- [ 6 ] 赵红军, 韩晓光, 许尧斌, 等. 军训中下肢应力骨折的机理与防治——附生物力学分析[J]. 医用生物力学, 1996, 11(4): 244-248.  
ZHAO HJ, HAN XG, XU JB, *et al.* The mechanism and management of stress fractures of lower extremity occurred in military training-clinical investigation and biomechanics analysis [J]. *J Med Biomech*, 1996, 11(4): 244-248.
- [ 7 ] 傅维杰, 刘宇, 李路, 等. 跑步中不同运动表面对下肢冲击和足底压力特征的影响[J]. 上海体育学院学报, 2013, 37(5): 89-94.
- [ 8 ] TENG HL, POWERS CM. Influence of trunk posture on lower extremity energetics during running [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2015, 47(3): 625-630.
- [ 9 ] BRINDLE RA, MILNER CE, ZHANG S, *et al.* Changing step width alters lower extremity biomechanics during running [J]. *Gait Posture*, 2014, 39(1): 124-128.
- [ 10 ] LAUGHTON CA, DAVIS MC, HAMILL J. Effect of strike pattern and orthotic intervention on tibia shock during running [J]. *J Appl Biomech*, 2003, 19(2): 153-168.
- [ 11 ] SCHUBERT AG, KEMPF J, HEIDERSCHEIT BC. Influence of stride frequency and length on running mechanics: A systematic review. [J]. *Sports Health*, 2014, 6(3): 210-217.
- [ 12 ] SHULL PB, HUANG Y, SCHLOTMAN T, *et al.* Muscle force modification strategies are not consistent for gait retraining to reduce the knee adduction moment in individuals with knee osteoarthritis [J]. *J Biomech*, 2015, 48(12): 3163-3169.
- [ 13 ] SIMIC M, WRIGLEY TV, HINMAN RS, *et al.* Altering foot progression angle in people with medial knee osteoarthritis: The effects of varying toe-in and toe-out angles are mediated by pain and malalignment [J]. *Osteoarthritis Cartil*, 2013, 21(9): 1272-1280.
- [ 14 ] GUO M, AXE MJ, MANAL K. The influence of foot progression angle on the knee adduction moment during walking and stair climbing in pain free individuals with knee osteoarthritis. [J]. *Gait Posture*, 2007, 26(3): 436-441.
- [ 15 ] KEIJRSERS NL, STOLWIJK NM, NIENHUIS B, *et al.* A new method to normalize plantar pressure measurements for foot size and foot progression angle [J]. *J Biomech*, 2009, 42(1): 87-90.
- [ 16 ] RAPER DP, WITCHALLS J, PHILIPS EJ, *et al.* Use of a tibial accelerometer to measure ground reaction force in running: A reliability and validity comparison with force plates [J]. *J Sci Med Sport*, 2017, 21(1): 84-88.
- [ 17 ] SHULL PB, SHULTZ R, SILDER A, *et al.* Toe-in gait reduces the first peak knee adduction moment in patients with medial compartment knee osteoarthritis [J]. *J Biomech*, 2013, 46(1): 122-128.
- [ 18 ] CHANG WN, TSIRIKOS AI, MILLER F, *et al.* Impact of changing foot progression angle on foot pressure measurement in children with neuromuscular diseases [J]. *Gait Posture*, 2004, 20(1): 14-19.
- [ 19 ] CHAN Z, ZHANG JH, AU I, *et al.* Gait retraining for the reduction of injury occurrence in novice distance runners: 1-year follow-up of a randomized controlled trial [J]. *Am J Sports Med*, 2017, 46(4): 388-395.
- [ 20 ] LIU T. A wearable gait analysis system for overstriding in runners [D]. Cambridge: Harvard College, 2015.
- [ 21 ] HOBARA H, SATO T, SAKAGUCHI M, *et al.* Step frequency and lower extremity loading during running. [J]. *Int J Sports Med*, 2012, 33(4): 310-313.
- [ 22 ] EDWARDS WB, TAYLOR D, RUDOLPHI J, *et al.* Effects of stride length and running mileage on a probabilistic stress fracture model [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2009, 41(41): 2177-2184.
- [ 23 ] ZHANG JH, MCPHAIL AJ, AN WW, *et al.* A new footwear technology to promote non-heel strike landing and enhance running performance: Fact or fad? [J]. *J Sports Sci*, 2016, 35(15): 1-5.
- [ 24 ] CROWELL HP, MILNER CE, HAMILL J, *et al.* Reducing impact loading during running with the use of real-time visual feedback [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2010, 40(4): 206-213.
- [ 25 ] WOOD CM, KRISTOF K. Use of audio biofeedback to reduce tibial impact accelerations during running [J]. *J Biomech*, 2014, 47(7): 1739-1741.
- [ 26 ] MILNER CE, FERBER R, POLLARD CD, *et al.* Biome-

- chanical factors associated with tibial stress fracture in female runners [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2006, 38(2): 323-328.
- [27] BOYER KA, NIGG BM. Muscle activity in the leg is tuned in response to impact force characteristics [J]. *J Biomech*, 2004, 37(10): 1583-1588.
- [28] NIGG BM. The role of impact forces and foot pronation: A new paradigm [J]. *Clin J Sport Med*, 2001, 11(1): 2-9.
- [29] WATT JR, FRANZ JR, JACKSON K, *et al.* A three-dimensional kinematic and kinetic comparison of overground and treadmill walking in healthy elderly subjects [J]. *Clin Biomech*, 2010, 25(5): 444-449.

· 致读者 ·

## 关于论著文稿中中、英文摘要的书写要求

文摘是以提供文献内容梗概为目的,不加评价和解释,简明确切地记述文献重要内容的短文。摘要应具有自明性和独立性,并拥有与一次文献同等量的主要信息。即不阅读全文就能获得必要的信息。它的详简程度取决于文献的内容,通常中文文摘以不超过400字为宜。应以第3人称的语气书写。不要使用“本人”、“作者”、“我们”等作为陈述的主语。

摘要的内容应包括4个要素,即目的、方法、结果、结论。(1)目的:指研究的前提和缘起,即为什么要作此项研究,可以有简单的背景材料。(2)方法:指研究所用的原理、对象、观察和实验的具体方法等。(3)结果:指研究的结果、效果、数据等,着重反映创新性的、切实可行的成果,包括本组研究中的重要数据。(4)结论:指对结果进行综合分析,逻辑推理得出的判断。有的可指出实用价值和推广价值;如有特殊例外的发现或难以解决的问题,可以提出留待今后深入探讨。英文摘要的内容与中文摘要的内容要求大体一致。

英文摘要要求做到语法正确,用词准确,与中文摘要对应,方法、结果可略详于中文摘要。

本刊编辑部