

DOI: 10.13475/j.fzxb.201504006506

# 基于人体足部特征的鞋面样板设计及横编成形方法

卢致文, 蒋高明, 丛洪莲, 杨 茜

(江南大学 教育部针织技术工程研究中心, 江苏 无锡 214122)

**摘 要** 为实现横编(电脑横机编织)鞋面设计的高效化和规范化,在深入研究横编工艺原理的基础上,结合人体足部特征及运动机能对运动鞋面功能性与装饰性的要求,通过平面与立体相配合的设计方法,建立了用于横编鞋面生产的平面样板。样板不仅符合人体足部的功能需求,同时也满足了样板本身结构的合理性。通过对横编鞋面平面样板在半成形和全成形横编鞋面中的运用举例,证明横编鞋面平面样板可适用于横编鞋面的设计,并在编织过程中通过不同编织方法实现组织结构及花型色彩变化,为横编鞋面产品的设计开发提供了参考。

**关键词** 运动鞋; 足部特征; 平面样板; 横编鞋面; 成形方法

**中图分类号**: TS 183.4 **文献标志码**: A

## Design and flat knitting shaping method of shoe-upper pattern based on human foot features

LU Zhiwen, JIANG Gaoming, CONG Honglian, YANG Qian

(Engineering Research Center for Knitting Technology, Ministry of Education,  
Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

**Abstract** To achieve the efficiency and specification of the flat knitting shoe-upper design, based on an in-depth study of flat knitting principles, combined with the human foot features and requirements of the motion function the functionality and decoration of the shoes, the model of a plane for the shoe-upper was established by means of two-dimensional and three-dimensional design methods in combination and applied to the manufacture. It not only meets the functional requirements of the human foot complex, but also guarantees the rationality of the structure itself. Through the application example of the pattern used in half-shaped and whole-shaped shoe-upper, it is proved that the pattern is suitable for the design of flat knitting shoe-upper, change of structure and pattern and color is realized in the knitting process by different knitting method, and it provides the reference for design and development of flat knitting shoe-upper products.

**Keywords** sports shoe; foot feature; flat pattern; flat knitting shoe-upper; shaping method

针织面料以其轻质透气的特性应用于针织鞋材的开发<sup>[1]</sup>,已受到业内人士的广泛关注。目前鞋类产品的加工存在诸多问题,如加工步骤繁复,人力成本较高,加工过程中部分化工原料对环境污染严重等<sup>[2]</sup>,因此迫切需要成形程度较高的产品代替传统产品。横机编织的鞋面材料(以下简称横编鞋面),是运用横编技术进行加工生产的鞋面产品,不仅具有轻质透气的特性,且产品成形程度高,采用色纱编

织,无需染色定型,就可呈现丰富的色彩及组织花型的变化,整身无拼缝,是减少加工流程,降低环境污染,提高产品整体性的有效手段。

为规范横编鞋面产品的设计,本文依据人体足部结构特征,从足部生理机能角度出发,结合运动慢跑鞋鞋楦特点,提出了横编成形鞋面基础样板这一概念。同时在基本样板应用过程中,运用明收针、局部编织等成形方法对横编鞋面产品进行编织,探讨

收稿日期: 2013-12-23 修回日期: 2014-11-01

基金项目: 国家科技支撑项目(2012BAF13B03); 江南大学自主科研计划项目(JUSRP51404A)

作者简介: 卢致文(1983—),女,博士生。研究方向为横编成形产品的设计与开发。蒋高明,通信作者,E-mail: jiang@526.cn。

了半成形及完全成形 2 种鞋面的成形编织工艺,为横编鞋面结构设计合理性提供保证,使其能够更好地符合人体足部的穿着需求,为产品的设计与开发提供了参考依据。

## 1 人体足部生理构造及机能

由于足部是人体重要的负重、运动器官,具有一定的形态构造、生理机能及运动规律,因此,在进行鞋面样板设计前,首先要对人体足部的基本结构、机能以及运动规律进行研究。

### 1.1 人体足部生理构造

人体每侧足有 26 块骨骼,关节多达数十个,依据不同功能及位置,可将人体足部骨骼分为:趾骨、跖骨、跗骨 3 大类<sup>[1]</sup>。其中跖骨和趾骨的第 1 节构成了趾跖关节,是足部活动较为频繁的部位,可做小幅度屈伸运动,在跑跳过程中受力强度较大,因此在帮面设计的时候不宜作断帮处理。

在人体足部关节中,由胫骨、腓骨及距骨构成的踝关节,可在多个方向同时翻转摆动,但活动范围超出承受上限则会引起关节损伤<sup>[2]</sup>,因此,在运动鞋设计中,良好的保护及支撑对脚踝部位十分重要。图 1 为人体足部示意图。

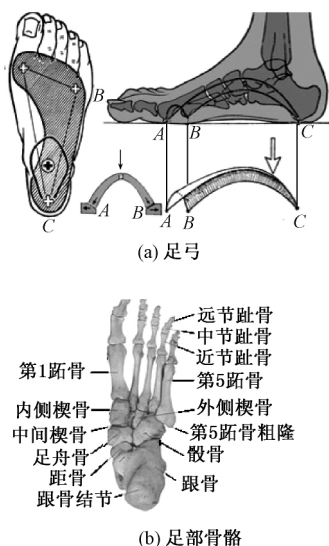


图 1 人体足部示意图

Fig. 1 Diagram of human foot. (a) Arches of foot;  
(b) Foot-skeleton

足弓作为人体足部重要的组成部分,由跖骨、跗骨构成,结合足底肌腱、韧带共同构成一个近似拱形向上突起<sup>[3]</sup>,其主要功能在于保证直立时足底支撑

的稳定性,同时在人体跳跃或下落过程中起到缓冲减震的作用,保护足底血管和神经免受压迫,由于内外侧纵弓长度不同,因此在鞋面样板轮廓两侧采用不对称设计。

### 1.2 人体足部机能

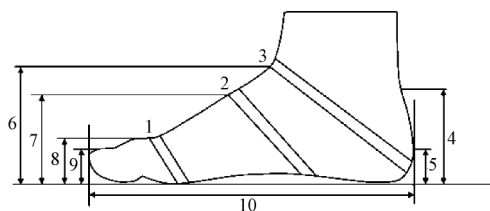
生理机能是指在正常状态下各系统器官的工作能力。足部的生理机能主要包括:调节温度、分泌汗液、蒸发水分等<sup>[4]</sup>。由于运动状态不同、季节变换、人体差异都会导致足部排汗状态的变换,主要表现为前脚掌及脚心等汗腺分布多的区域排汗较多,而后脚跟、外踝及脚面等部位则排汗较少,因此在鞋面设计过程中,需注重鞋材的保暖性设计,同时也要针对排汗部位设计透气孔洞,满足鞋腔温湿度要求。

## 2 鞋楦造型及鞋面样板

鞋楦是以脚型为依据的,鞋楦可看成是脚的模型,但又不只是脚的复制品<sup>[5]</sup>,决定着鞋的造型式样以及穿着的合脚性及舒适性,因此,对于鞋楦设计而言,准确地采集人体足部数据极为关键。

### 2.1 人体足部数据采集

足部数据是通过对着穿着影响较大的主要特征部位进行测量<sup>[6]</sup>,从而获取的数据参数,如图 2 所示。



注:1—跖趾围长;2—前跗骨围长;3—兜跟围;4—舟上弯点高度;5—后跟突点高度;6—外踝骨高度;7—前跗骨高度;8—第 1 跖趾关节高度;9—拇指厚度;10—脚长。

图 2 人体足部测量示意图

Fig. 2 Diagram of human foot measurement

### 2.2 慢跑鞋鞋楦特点

鞋楦是在遵循脚型规律和科学的基础上,对脚的一种美化和艺术的处理。鞋楦由楦底面、楦统口面、楦侧面 3 个面构成,具有明确的分区及功能要求。不同款式的鞋样都有自身的鞋楦参数及造型,慢跑鞋作为专用于慢跑的运动鞋,要求质量轻,质地柔软,透气性好,非常适合用针织面料。表 1 示出慢跑鞋鞋楦设计参数。慢跑鞋楦整体较瘦长,前跷较高,楦体肉头安排肥瘦适度,从整体造型风格上给人一种轻快、动感的视觉感受<sup>[7]</sup>,如图 3 所示。

表 1 慢跑鞋鞋楦设计参数( 脚长为 255 mm)

| Tab.1 Parameters design of running shoe- lasts( foot length 255 mm) |          |          |         |         |         |         |         |       |         |         |          |       | mm    |
|---------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|---------|----------|-------|-------|
| 项目                                                                  | 楦底<br>样长 | 背中<br>线长 | 前跷<br>高 | 后跷<br>高 | 统口<br>长 | 统口<br>宽 | 后容<br>差 | 头厚    | 放余<br>量 | 后身<br>高 | 基本<br>宽度 | 跖围    | 跱围    |
| 取值                                                                  | 267      | 198      | 18      | 12      | 92      | 26      | 5       | 30    | 16      | 92      | 89       | 243   | 246   |
| 半号型差                                                                | ±5       | ±3       | ±0. 3   | ±0. 2   | ±2      | ±0. 5   | ±0. 1   | ±0. 4 | ±0. 3   | ±1. 4   | ±1. 3    | ±3. 5 | ±3. 6 |

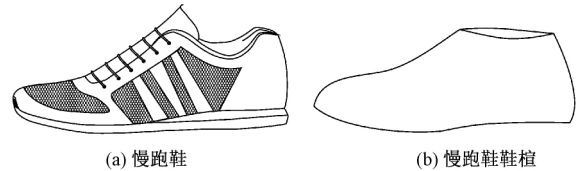


图 3 慢跑鞋及鞋楦造型  
Fig.3 Running shoes ( a ) and shoe- lasts ( b )

2.3 慢跑鞋鞋面平面样板

依据足部采集的尺寸数据,进行鞋楦参数整理与修正。由于楦体的表面是一个三维空间里向多个方向自由延伸的曲面,曲面的面积以及起伏的状况是样板设计的依据,因此要尽量将楦面的面积和起伏状况拷贝下来<sup>[8]</sup>。获取鞋楦样板需经过贴楦、标画设计点和线、展平、制备基础样板、样板分解及技术处理、样品试制及样板检验几项步骤。其中展平过程如图 4 所示。首先在鞋头处打剪口,然后沿箭头方向将褶皱均匀分散,最终得到平面鞋楦形状。

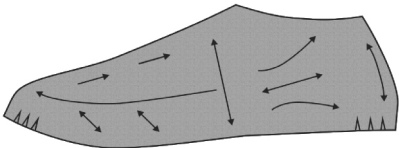


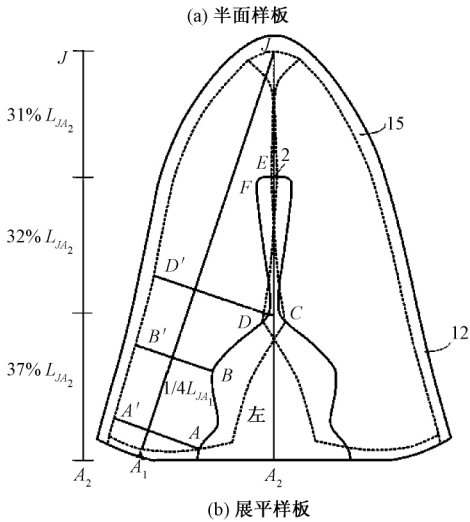
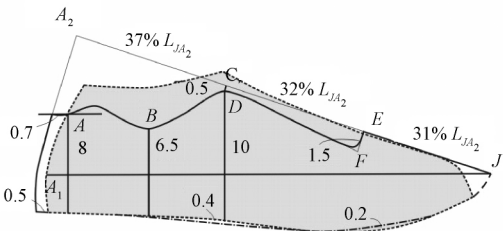
图 4 鞋楦平面展开样板  
Fig.4 Flat template of shoe- lasts

2.4 横编成形鞋面基础样板

横编成形鞋面基础样板是指在人体足部及鞋楦结构特点的基础上,结合横编编织原理,运用比例法<sup>[9]</sup>在展平的鞋楦样板上进行绘制及修订,制订出的可用于横机织造的基础样板。慢跑鞋常用设计尺寸见表 2。表中给出了对应部位取值的参考范围,在实际应用中应选择出 1 组具体数据。图 5 示出比例法绘制横编成形鞋面基础样板。

表 2 关键点取值范围脚长为( 脚长为 255 mm)

| Tab.2 Key value range( foot length 255 mm) |         |         |           |         | mm |
|--------------------------------------------|---------|---------|-----------|---------|----|
| 鞋类型                                        | 后踵高度    | 足踝高度    | 脚山高度      | 开口宽度    |    |
| 低腰运动鞋                                      | 75 ~ 86 | 58 ~ 70 | 90 ~ 100  | 12 ~ 18 |    |
| 中腰运动鞋                                      | 88 ~ 95 | 超过脚     | 115 ~ 125 |         |    |
| 高腰运动鞋                                      | 120     | 踝骨      | ≥120      |         |    |



注: 尺寸单位为 cm。

图 5 比例法绘制横编成形鞋面基础样板

Fig.5 Making basic pattern of flat knitting shaping shoe-upper by ratio method. ( a ) Hemihedral pattern; ( b ) Flatten pattern

图 5( a ) 为鞋面半面样板,沿鞋楦展开样板前端底边描画鞋底轮廓线,得到前 endpoint J,再找到后跟突点位置,得到后 endpoint A<sub>1</sub>,L<sub>JA1</sub> 即为楦面全长。取 31% L<sub>JA1</sub> 长度,确定出口门位置点 E,取 32% L<sub>JA1</sub> 长度,定出鞋帮高度位置点 D,其余 37% L<sub>JA1</sub> 为后帮长。考虑到人在跑步状态下,对鞋领口抱脚能力有一定要求,但又不妨碍脚腕活动,因此取口门宽度为 15 mm、足踝高度为 65 mm、后帮高度为 80 mm、鞋帮高度为 100 mm 等一组数据,分别标记为点 F、点 B、点 A 及点 D。进行样板缩放时,脚长每增加 5 mm,后踵高度增高 1 mm,踝骨高度增加为 0.5 mm,脚山高度增加 2 mm。在制订样板时还应考虑到上底工艺要求,从 A<sub>1</sub> 点与 A 点分别预留 5 mm 和 7 mm 的后跟泡棉厚度,以绷帮工艺为例,鞋底前段抬升 15 mm 鞋底后段抬升 12 mm,滑顺后得到楦面样板。

将绘制好的楦面样板通过旋转修正、标记尺寸,得到横编成形鞋面基础样板,如图 5(b) 所示为将半面样板展平后得到鞋面的整体基础样板。

### 3 横编鞋面基础样板的应用

横编鞋面基础样板的设计为成形鞋面的设计与生产提供了直接的依据。由于横编织物具有较强的弹性,为使横编成形鞋面达到作为鞋面材料的要求,对于原料及设备的选择都存在一定限制。应用实例是在 STOLL CMS530 7.2G 电脑横机上,选用 78 tex 浅绿及 78 tex 深绿涤纶纱线进行编织。

横编成形鞋面工艺模型与基础样板鞋对应关系可根据下式进行计算:

$$N = W \times \frac{P_A}{10}$$

$$K = H \times \frac{P_B}{10}$$

式中:  $N$  为输入模型中的起针数;  $W$  为基础样板中的鞋口宽度;  $K$  为模型总高度;  $H$  为样板总长度;  $P_A$  与  $P_B$  分别为通过打样确定织物的横纵密度,即横向与纵向 100 mm 内的线圈个数,通过修正得到横编成形鞋面模型。在进行工艺设计时,分别通过半成形和完全成形 2 种方式实现横编鞋面的成形编织<sup>[14]</sup>。在 M1Plus 花型准备系统中,将换算成针数及转数的基础样板输入模型编辑器,设定属性后套入坯布中,再根据款式、组织结构及花型效果要求进行工艺设计及参数修改达到鞋面成形要求,最后从软件中导出转换成 .sin、.set、.jac 格式的文件,直接用于上机文件后在电脑横机中编织。

#### 3.1 横编半成形鞋面的应用

横编半成形鞋面是在鞋面模型上,对鞋后跟及鞋头部位在其形状及位置上进行调整,其优势在于加工工艺简单,组织结构及花型变化多样且便于实现,能在普通电脑横机上实现高效生产。

在横编半成形鞋面的设计中,主要是根据组织及花型要求,适当调整局部尺寸,如图 6 所示。以鞋面模型为原型,运用明收针的方法实现半成形鞋面的外部轮廓,为满足人体足部后跟突点及鞋头前跷的要求,通过局部编织的手段抬高后跟 12 mm,鞋头部位下降 7 mm,同时选择翻针模块对需裁剪部分轮廓进行标记,并运用提花工艺在需裁剪部位进行款式码数的标注,最终通过裁剪阴影区域实现鞋面的成形。

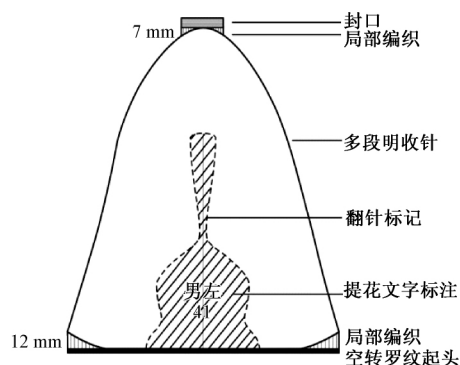


图 6 横编半成形鞋面的编织工艺

Fig. 6 Knitting technology of flat knitting half shaping shoe-upper

由于横编半成形鞋面只在外轮廓上采用成形设计,且成形方法较简单,因此可进行多组织结构变化、多色彩变化的鞋面设计,通过不同组织结构的设计搭配,满足了鞋面材料需具备的透气透湿功能,实现了鞋面产品的高效生产,同时色彩的多样化满足了人们对于服装配件装饰性的要求。

#### 3.2 横编完全成形鞋面的应用

横编完全成形鞋面是通过鞋面基础样本进行剪切变形后,最终获得的可在横机上织造的无需裁剪的成形鞋面。图 7 示出完全成形鞋面的样板变形。

以左半边鞋面模型为例,首先在模型上标记前开口端点  $a$  点、鞋口最高点  $c$  点以及后跟端点  $f$  点,分别经  $a$  和  $c$  作垂直于鞋口的直线  $ab$ 、 $cd$ ,交鞋面模型外轮廓线于  $b$  点、 $d$  点,经  $f$  点作鞋领口切线,交于  $e$  点。经  $a$  点一条竖直线  $L$ ,将  $ab$ 、 $cd$ 、 $ef$  剪开,以  $b$  点为定点将  $ab$  进行旋转,得到  $a_1b$  且垂直于  $L$ 。将  $cd$  沿  $d$  点旋转,使  $c$  点落在由竖直线  $L$ 、水平线  $ff_1$  的交点  $f_1$  点与  $c_1$  点构成的  $c_1f_1$  的中点延长线上;再将  $ef$  沿  $f$  点进行旋转,使  $e$  点所在延长线交竖直线  $L$  上的  $e_1$  点和  $f_1$  点构成的  $e_1f_1$  与  $e_1$  点和  $g$  点所在延长线与竖直线  $L$  的交点  $g_1$  点构成的  $e_1g_1$  形成 3:2 的比例关系,调整鞋面模型样板(右侧样板的调整与左侧相同)。最后按照调整后的样板作为完全成形鞋面的编织样板并进行工艺设计。

如图 8 所示,运用放针满足人体足部兜跟围度要求,并通过左右不对称的明收针方式,实现鞋面里外怀底口的区别,符合了人体足部内外侧纵弓尺寸及弯曲弧度具有差异的要求。在编织过程中,以口门宽度针数为基准,删除门口以下部分,满足前开口式运动鞋鞋面的分别编织。同时运用局部编织的

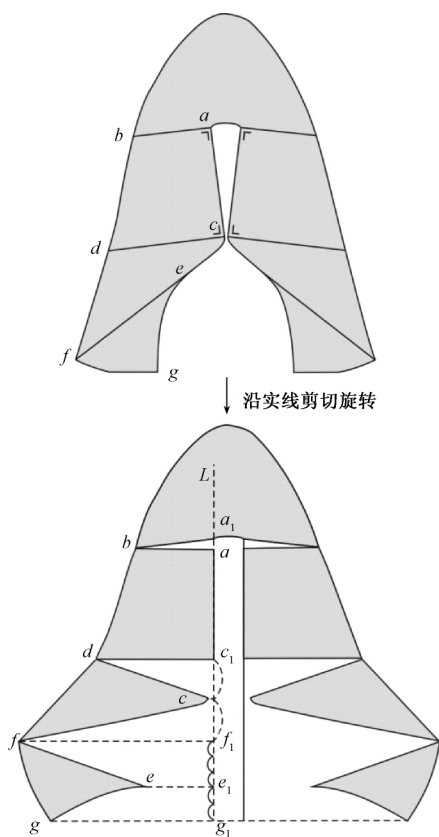


图7 完全成形鞋面的样板变形

Fig. 7 Pattern deformation of whole shaping shoe-upper

手段对样板调整后的空白部分进行填充,以实现人体足部前跗骨围长的要求,以及口门到脚山的曲线造型。在后帮部位,采用大面积局边编织,满足后跟处曲线弧度,但由于该区域局边范围过大,在织造的过程中会产生牵拉不均或断线等问题,因此在该部分局边中部加入1~1.5转的基本组织进行过渡,便于更好地编织生产。

经更改后的样板起口处保持水平,因此织物起头及鞋口罗纹部分都可正常编织不仅实现了织造的一次成形,同时罗纹部分通过添纱等编织方法形成一定的厚度要求,满足了运动鞋鞋面对统口处的硬挺要求,同时对脚踝部位起到了良好的支撑及保护作用。这类鞋面产品不仅实现了鞋面的一次成形,节约了生产原料,简化了鞋材加工步骤,降低了人工成本,还在一定程度上减少了对环境的污染。但是该种成形方式编织工艺复杂,织造时间较长,同时对机器牵拉等有更高的技术要求,存在生产效率较低的问题,因此,对于如何提高完全成形鞋面的生产效率,仍需进一步研究。

由于人体足部具有特殊的生理结构及机能,因此在对横编成形鞋面进行工艺及编织方法设计时,

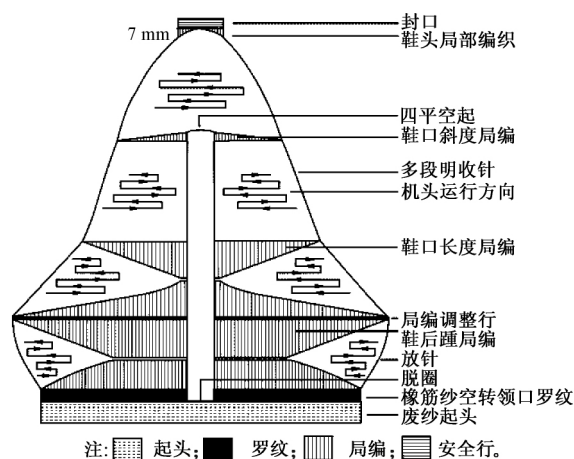


图8 横编完全成形鞋面编织工艺

Fig. 8 Knitting technology of flat knitting fully shaping shoe-upper

除依靠明收针及局部编织方法对横编成形鞋面进行适当变化以外,还需借助不同组织结构及密度参数进行适当的收紧,从而满足运动鞋鞋面的性能要求,使其更符合服装人体工学,达到轻质舒适、透湿透气且具有一定装饰效果的要求。

## 4 结 语

针对人体足部结构及生理机能的特性,运用横编成形原理,结合运动鞋鞋楦原型,设计了符合横编鞋面织造的基础样板。根据不同的需求,在对横编鞋面基础样板进行应用的过程中,得到了横编半成形及横编完全成形鞋面的织造样板并进行横编鞋面产品的设计生产,实现了工艺与设计的成形对接。将横编鞋面基础样板应用于成形鞋面中,在一定程度上规范了横编成形鞋面产品的结构设计,同时,为鞋面的设计提供了新的方法,减少成品鞋样的后道加工流程,并为横编产品的进一步开发提供了新的途径。

FZXB

## 参考文献:

- [1] 蒋高明. 针织学 [M]. 北京: 中国纺织出版社, 2012: 12-14.  
JIANG Gaoming. Knitting Technology [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2012: 12-14.
- [2] 魏伟, 吴新星. 运动鞋造型设计 [M]. 北京: 中国纺织出版社, 2012: 138-139.  
WEI Wei, WU Xinxing. The Style of Sports Shoes Design [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2012: 138-139.
- [3] 施凯. 足部运动受力分布与鞋楦优化分析研究 [J].

- 包装工程,2009( 2):148-150,184.
- SHI Kai. Research on pressure distition of foot in movement condition and shoe tree optimization [J]. Packaging Engineering,2009( 2):48-150,184.
- [4] 刘静民,刘卉,曲毅. 运动鞋温、湿度舒适性研究 [J]. 体育科学,2012,32( 6):50-54.
- LIU Jingmin, LIU Hui, QU Yi. Study on characteristic of temperature and humidity in sport shoes [J]. China Sport Science,2012,32( 6):50-54.
- [5] 孙毅,丘理. 鞋楦设计教程 [M]. 北京:中国轻工业出版社,2011:9-10.
- SUN Yi, QIU Li. The Course of Last Design [M]. Beijing: China Light Industry Press,2011:9-10.
- [6] 郑嫦娥. 鞋楦数字化测量及数据处理技术的研究 [D]. 北京:北京林业大学,2003:13-14.
- ZHENG Chang'e. Research on the Technology of Digitizing Shoe Last and Data Processing [D]. Beijing: Beijing Forestry University,2003:13-14.
- [7] 杜少勋. 运动鞋设计 [M]. 北京:中国轻工业出版社,2007:35-37.
- DU Shaoxun. Sports Shoes Design [M]. Beijing: China Light Industry Press,2007:35-37.
- [8] 毛昕,王坤,黄英,等. 鞋楦面与其展平图间的帮样交互设计 [J]. 工程图学学报,2008( 4):44-47.
- MAO Xin, WANG Kun, HUANG Ying, et al. Shoe last model reconstruction and surface development based on reverse engineering [J]. Journal of Engineering Graphics, 2008( 4):44-47.
- [9] 高士刚. 运动鞋结构设计 [M]. 北京:中国纺织出版社,2011:56-65.
- GAO Shigang. Construction Design for Sports Shoes [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2011:56-65.
- [10] 朱文俊,郑建林. 电脑横机编织技术 [M]. 北京:中国纺织出版社,2011:323-324.
- ZHU Wenjun, ZHENG Jianlin. Knitting Technology of Computerized Flat Knitting Machine [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press,2011:323-324.