

# 基于肩部粘连肩臂活动角度变化的版型优化设计

王 链

上海工程技术大学纺织服装学院, 上海

收稿日期: 2023年5月24日; 录用日期: 2023年6月23日; 发布日期: 2023年6月30日

## 摘 要

为了揭示肩部粘连人群进行功能锻炼时肩臂运动与皮肤形变之间的关系, 本文从冠状面、矢状面、横断面三个方位, 六个不同的动作, 采用体表画线法分析肩臂运动规律, 并在此基础上进行版型优化设计。研究表明: 不同的肩臂活动角度对皮肤形成不同程度的拉伸与收缩; 对呈拉伸状态的部分进行, 纵向拉伸大于横向拉伸, 躯干部分最大拉伸区域主要集中在腋下, 手臂部分最大拉伸区域主要集中在臂根围; 在皮肤形变的基础上, 将静态尺寸通过放量得到动态版型, 为肩部粘连服装版型优化设计提供科学依据。

## 关键词

皮肤形变, 肩部粘连, 动态版型, 版型设计

## Optimization Design of Shoulder Shape Based on Changes in Shoulder Arm Movement Angle Due to Shoulder Adhesion

Lian Wang

School of Textile and Fashion, Shanghai University of Engineering Science and Technology, Shanghai

Received: May 24<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2023; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In order to reveal the relationship between shoulder and arm movement and skin deformation

文章引用: 王链. 基于肩部粘连肩臂活动角度变化的版型优化设计[J]. 设计, 2023, 8(2): 809-821.

DOI: 10.12677/design.2023.82099

during functional exercise for people with shoulder adhesion, from three directions of coronal plane, sagittal plane and cross section, six different movements, the body surface drawing method was used to analyze the movement law of the shoulder and arm, and on this basis, the shape optimization design was carried out. Research has shown that different angles of shoulder and arm movement cause varying degrees of stretching and contraction of the skin; for the stretched part, longitudinal stretching is greater than transverse stretching. The maximum stretching area of the trunk is mainly concentrated in the armpit, while the maximum stretching area of the arm is mainly concentrated in the arm root circumference; on the basis of skin deformation, static dimensions are measured to obtain dynamic patterns, providing a scientific basis for optimizing the design of shoulder adhesive clothing patterns.

## Keywords

Skin Deformation, Shoulder Adhesion, Dynamic Version, Pattern Design

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

肩关节是全身活动范围最大、最灵活的关节，需要周围的肌肉、肌腱及韧带维持其稳定。但是肩关节也是极易损伤的关节，如周围肌腱、腱鞘、滑囊和关节囊等软组织慢性炎症粘连而导致的肩周炎[1]，也称为粘连性关节囊炎。肩周炎患者早期多表现为肩部疼痛，随着病情进展，患者肩部组织出现粘连，肩部活动受限，极大地影响了患者的日常生活。相关研究表明，肩颈痛患者在我国人群中的发病率高达5%，占比较大，该病的主要易发人群为50岁及以上女性体力劳动者[2]。然而随着现在生活中人们的不良习惯，出现了以学生和上班族为主体的“低头族”、需要负重携带系统和工具的行军士兵、消防员等特殊职业以及登山、攀岩等户外锻炼爱好者越来越多，使得肩颈疼痛、肩部粘连的患者呈年轻化趋势[3]。

人体的骨骼、关节、肌腱和皮肤随着人体活动发生变化，服饰也会出现一定的改变，主要表现为滑移、延伸、褶皱，如果服装的结构和松量设计不合理，就会限制人体的活动幅度[4]。如人体在着装过程中，由于手臂的运动牵引服装并使其造型发生变化。同时，身体的某些部位受到服装的压迫，进而影响手臂的运动[5]。为了探寻人体动作姿态于服装款式设计、结构线设计以及松量设计的关系，学者们对人体的动作姿态设计皮肤形变实验。刘林鹏[6]等挑选了6个代表性登山姿态，分析了这些姿态下女子上半身与手臂部位体表皮肤的变化规律，更科学、合理地设计女子户外登山服的衣袖结构；赵欲晓[7]等通过模拟排球运动，选取7个动作姿态，对其进行体表测量，作为服装款式设计、结构线设计和松量设计的参考依据；施琦[8]基于腰脊关节前屈、后仰、侧屈、水平扭转四个方向的动作，通过体表画线法测量动静态人体各部位的纵向皮肤变化率，并对各区域的皮肤形变与腰脊关节运动进行相关性分析，研究腰脊关节运动与人体各关节纵向尺寸变化间的关系。综上，目前的研究肩臂活动对服装的影响多数针对运动服装的结构与皮肤形变的关系，对于肩颈部位康复保健服装的结构与皮肤形变的研究相对较少，而随着现代生活方式的转变，肩部粘连保健服装的需求越来越大。

本文针对肩部粘连导致肩关节活动受限的活动特点进行分析，选取该类人群肩臂活动的6个动作，对肩部粘连人群上身皮肤形变进行了研究。选取冠状面、矢状面、横断面三个方位，采用体表划线法，探求肩部粘连人群肩臂活动角度与体表尺寸的关系，为肩部粘连患者服装的结构设计提供参考依据，满

足肩部粘连人群对服装的功能需求。

## 2. 肩部粘连人群肩臂角度变化分析

### 2.1. 肩部粘连人群肩臂角度分析

肩部粘连人群由于肩部组织出现粘连导致活动受限，活动角度与正常人有所差别。肩关节功能活动受限程度可分为轻、中、重度。肩关节活动轻度受限为轻度，包括：前举、外展角度大于  $120^\circ$ ，内旋、外旋角度大于  $80^\circ$ ，后伸角度大于  $40^\circ$ ；肩关节活动明显受限为中度，包括：前举、外展角度  $60^\circ\sim 120^\circ$ ，内旋、外旋角度  $30^\circ\sim 80^\circ$ ，后伸角度  $20^\circ\sim 40^\circ$ ；肩关节功能活动严重受限为重度，包括：前举、外展角度小于  $60^\circ$ ，内旋、外旋角度小于  $30^\circ$ ，后伸角度小于  $20^\circ$ 。通过肩部粘连患者的肩臂活动角度可以判定肩部粘连患者的康复程度，如表 1 所示。

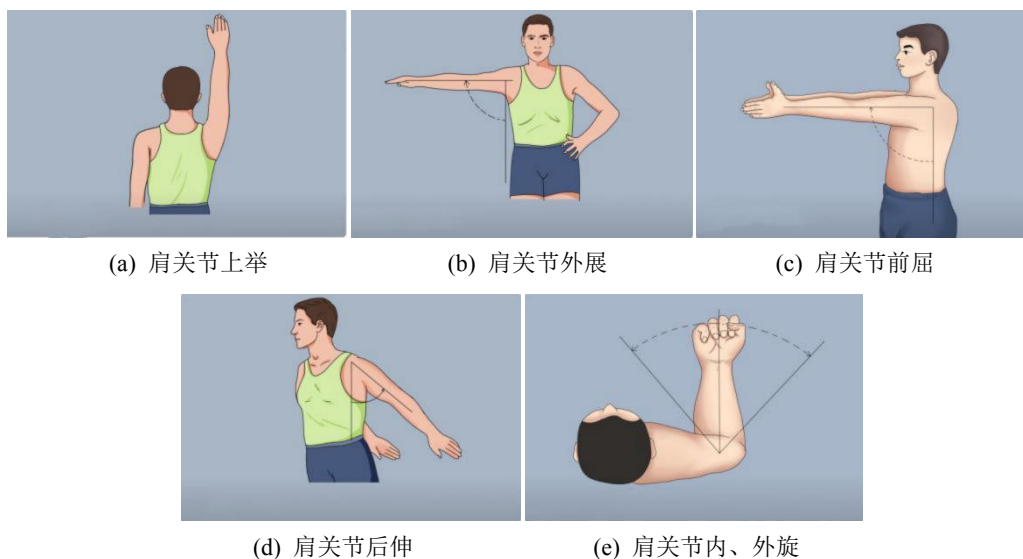
**Table 1.** Evaluation criteria for the efficacy of shoulder adhesion

**表 1.** 肩部粘连疗效判定标准

疗效	前屈	外展	后伸
治愈	$180^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$
显效	$[150^\circ, 180^\circ)$	$[70^\circ, 90^\circ)$	$[30^\circ, 45^\circ)$
有效	$[120^\circ, 150^\circ)$	$[50^\circ, 70^\circ)$	$[15^\circ, 30^\circ)$
无效	治疗前后症状无改善或恶化		

### 2.2. 皮肤形变实验动作姿态设定

结合上一节及预实验，本文从冠状面、矢状面、横断面三个方位确定六个测试动作如图 1 所示，其中冠状面为为上举  $120^\circ$ 、外展  $120^\circ$ ；矢状面为前屈  $160^\circ$ 、后伸  $40^\circ$ ；横断面为内旋  $80^\circ$ 、外旋  $70^\circ$ ，实验动作姿态设定如表 2 所示，这六个动作对肩部粘连患者来说关节运动幅度较大，对身体的拉伸感较强，对服装的结构影响较大。



**Figure 1.** Activity chart of shoulder joint

**图 1.** 肩关节活动图

**Table 2.** Posture Settings**表 2.** 动作姿态设定

动作编号	身体姿态说明
动作一	上举 120°
动作二	外展 120°
动作三	前屈 160°
动作四	内旋 80°
动作五	外旋 70°
动作六	后伸 40°

### 3. 实验方案设计

#### 3.1. 实验器材

实验所需要的测量工具包括：皮尺、关节角度尺、眼线笔、缝纫线、墨水、记录笔、记录板。

#### 3.2. 实验对象

参照 GB/T1335.2-2008《服装号型 女子》中 160/68A 的尺寸标准，选取 5 名身体健康、身材匀称的大学生作为测试对象，受试者的基本信息见表 3。受试者对照部位大小的标准差均小于 3，离散度较小，受试者的选择符合实验要求，测量得到的数据在误差允许范围内波动，其均值可作为分析的基础数据。

**Table 3.** Statistics of experimental objects**表 3.** 实验对象信息统计

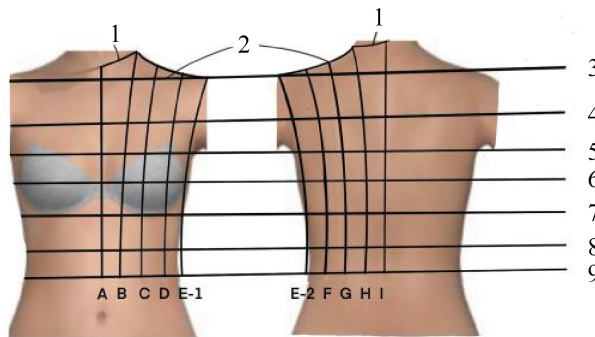
编号	身高/cm	体重/kg	年龄/岁	BMI	腰围/cm	胸围/cm
S1	162	54	25	20.6	70	81
S2	165	52	24	19.1	71	83
S3	162	51	24	19.4	67	82
S4	161	56	24	21.6	72	86
S5	163	55	25	20.7	69	80
平均值	162.2	53.6	24.4	20.3	69.8	82.4
标准差	1.4	1.9	0.5	0.9	1.7	2.1

#### 3.3. 实验方法

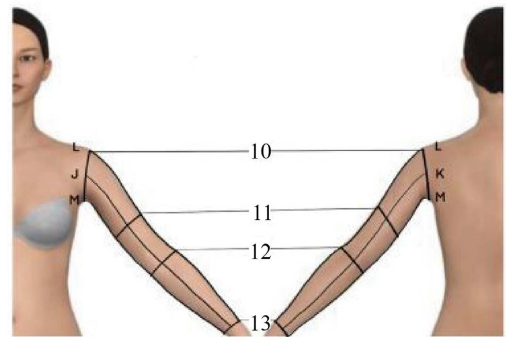
采用体表画线法进行实验。测试前，测试人员需要经过统一的培训，能够熟练、正确地使用测试工具，采用统一的测量标准，将误差控制在允许的范围内。参照 GB/T 16160-2017《服装用人体测量的尺寸定义与方法》，用笔在被测者的人体关键部位画出各基准线[9] [10] [11]，参照图 2，基准线的命名标准见表 4。画线时用笔沿着各基准线在被测试者身上点出等距离的点，然后将点连成线，保证线条粗细一致，清晰不歪斜；被测者要求贴浅色胸贴。使用量角器对受试者的摆臂动作进行调整，以确保动作的一致性。

**Table 4.** Naming of datum lines  
**表 4.** 基准线命名

横向基准线	名称	纵向基准线	名称
颈根围线	横线 1	前中线	纵线 A
肩长线	横线 2	颈根外侧点向下与腰围线相交的线 B (交点为腰围线上 AC 的中点)	纵线 B
肩围线	横线 3	胸峰线	纵线 C
背宽线及延伸到前身的线	横线 4	C 与 E 的等分线	纵线 D
经过两腋下的围线	横线 5	体测线	纵线 E
胸围线	横线 6	E 与 G 的等分线	纵线 F
下胸围线	横线 7	肩胛线	纵线 G
7 与 9 的等分线	横线 8	颈根外侧点向下与腰围线相交的线 H (交点为腰围线上 GI 的中点)	纵线 H
腰围线	横线 9	后中线	纵线 I
臂根围线	横线 10	手臂前纵线	纵线 J
上臂围	横线 11	手臂后纵线	纵线 K
肘围	横线 12	手臂峰纵线	纵线 L
腕围	横线 13	手臂下纵线	纵线 M



(a) 前、后身体表测量线



(b) 手臂体表测量线

注：为了区分前、后身体测线 E，前身体测线命名为 E-1，后身体测线命名为 E-2

**Figure 2.** Upper limb table measurement line  
**图 2.** 上肢体表测量线

两条线的交点，以纵向线+横向线的方式来命名，例如前中线 A 与颈根围线 1 的交点命名为 A1，胸峰线 C 与胸围线 6 的交点命名为 C6。较特殊的点为三条线的交点，前身与后身各有两个。前身中，一点为颈根围线 1、肩长线 2 与 B 的交点，命名为 B2，另一点为肩长线 2、肩围线 3 与体测线 E 的交点，命名为 E3；后身中，一点为颈围线 1、肩长线 2 与 H 的交点，命名为 H2，另一点为肩长线 2、肩围线 3 与体测线 E 的交点，与前身的 E3 重合，故直接命名为 E3。

在温度为(25 ± 2)℃，相对湿度为(65% ± 2%)的恒温恒湿实验室内进行实验，受试者适应环境后，采用体表画线先测静态站立时网格线的数据，然后依次测量 6 种动态姿势网格线的数据并记录。

### 3.4. 数据测量与处理

测量静态人体尺寸时, 受试者保持直立, 测量时, 软尺不可紧贴皮肤, 读取数据时视线垂直于刻度线。对受试者每个部位测量三次取平均值, 确保误差控制在允许的范围内。

采用连续读数的方法测量纵、横向各部位长度, 计算公式如公式(1)所示

$$L_n = X_{(n+1)} - X_n \quad (1)$$

式中:  $L_n$  纵向某部位的线段长度, cm;

$X_{(n+1)}$  第  $n+1$  个测量点到基准点的距离, cm;

$X_n$  第  $n$  个测量点到基准点的距离, cm。

皮肤形变率的计算用公式(2):

$$K = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $K > 0$  表示拉伸,  $K < 0$  表示收缩;

$L$  表示实验动作下, 标记点之间的长度,  $L_0$  为静态动作下标记点之间的长度。

## 4. 实验结果分析

可靠性分析是反映项目稳定性和可靠性的有效方法。5名受试者的测量数据采用 spss 软件的 Kronbach A Method 系数进行信度分析, 系数为 0.972, 表明测量数据信度高, 信度强。

### 4.1. 不同姿态下的人体体表分析

#### 4.1.1. 前身体表分析

前身对应 6 种活动姿态下各部位的尺寸平均变化率如图 3 所示。

如图所示, 横向整体呈收缩或者拉伸不明显, 局部呈明显的拉伸状态, 尤其是横线 4, 横向皮肤形变率为(-12.81%, 12.42%); 纵向整体呈伸长趋势, 皮肤形变率为(-2.03%, 22.21%)。整体纵、横向趋势上, 动作一、二、三的变化规律一致, 动作五、六的变化规律一致。

动作一、二、三姿态下: 横向上, 横线 2、3、5、6、7 皮肤形变率为负值, 呈收缩状态, 在动作一姿态下收缩区间为(-7.37%, -1.35%), 动作二为(-9.43%, -0.98%), 动作三为(-5.88%, -12.81%); 横线 1、4 在动作一、二、三下皮肤形变率为正值, 呈伸长状态, 但是横线 1 的皮肤形变率极小, 伸长率为 3% 左右; 横线 8、9 在动作二、三下呈收缩趋势, 但是收缩率不大, 收缩区间为(-2.82%, -0.69%), 在动作一下呈伸长趋势, 伸长率分别为 0.42%、1.59%, 变化率均不大, 对服装结构设计的影响小。纵向上, 均呈伸长状态, 最大伸长率可达到 22.21%。

动作四姿态下: 横向上, 横线 1、3、4、5、6 均收缩, 其中横线 4 即胸宽线的收缩状态最明显, 平均收缩率为-6.78%; 横线 2、7、8、9 呈皮肤形变率为正值, 但是变化率不大, 最大拉伸率为 2.38%。纵向上, 除体测线 E 以外, 皮肤形变率均为正值, 纵线 E 的收缩率为-1.82%。

动作五、六姿态下: 横向上, 皮肤形变率均大于 0, 皮肤形变呈拉伸状态, 其中, 在进行两种活动姿态时, 横线 4 的皮肤变化率显著, 拉伸率分别为 6.12%、9.89%。纵向上, 动作五下, 纵线 D、E 呈收缩状态, 收缩率分别为-2.03%、-1.4%, 收缩不显著; 动作六下, 仅纵线 E 为收缩状态, 收缩率为-1.31%, 收缩均不显著。

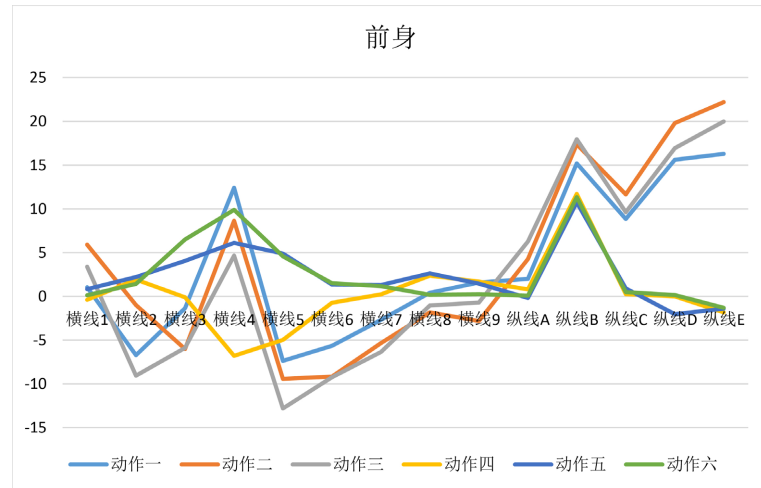


Figure 3. Average rate of change of the corresponding size of the predecessor under different postures

图 3. 前身对应尺寸在不同姿态下的平均变化率

#### 4.1.2. 后身体表分析

后身对应 6 种活动姿态下各部位的尺寸平均变化率如图 4 所示。

如图所示，横向整体在不同活动姿态下呈现不同的伸长、收缩状态，皮肤形变区间为(-20.23%, 9.57%)；纵向整体呈现伸长状态，皮肤形变区间为(-2.16%, 21.92%)。整体纵、横向趋势上，动作一、二、三的变化规律相近，动作五、六的变化规律相近。

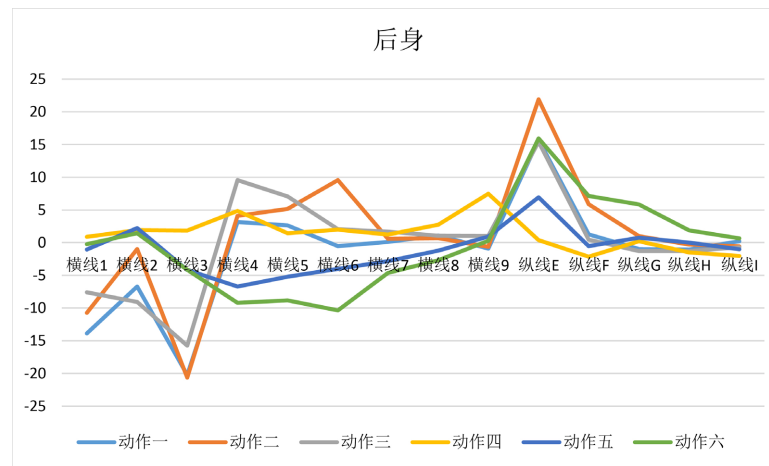


Figure 4. Average rate of change of corresponding dimensions of the rear body under different postures

图 4. 后身对应尺寸在不同姿态下的平均变化率

动作一、二、三姿态下，横向上，横线 1~3 呈收缩状态，其中横线 3 的收缩状态明显，皮肤形变率区间为(-20.63%, -15.77%)；横线 4~8 呈伸长状态，最大伸长率不超过 10%；横线 9 在动作一、二下呈收缩状态，收缩率分别为-0.92%、-0.64%、动作三下呈伸长状态，伸长率为 1.03%。纵向上，三个动作下，纵线 E、F 拉伸、纵线 H 收缩，纵线 G 在动作一、三下收缩，在动作二下拉伸，但是拉伸率很小，为 1.02%；纵线 I 在动作一下呈拉伸状态，拉伸率为 0.21%，在动作二、三下呈收缩状态。

动作四姿态下,横向上,呈伸长状态,伸长率为(0.9%, 7.49%);纵向上,纵线 E、G 的伸长率为 0.38%、0.22%, 伸长不显著,纵线 F、H、I 呈收缩状态,皮肤形变率为-2.16%、-1.51%、-2.03, 收缩不显著。

动作五、六姿态下,除横线 1、3~9 均呈收缩状态,皮肤形变率为(-0.24%, -10.38);动作五、六下横线 2 的皮肤形变率分别为 2.21%、1.42%, 形变效果不大。纵向上,动作五下,纵线 G 呈伸长状态,其余为收缩状态,伸长、收缩效果均不显著;动作六下,纵线线呈伸长状态,最大伸长率为 5.83%。

#### 4.1.3. 手臂体表分析

手臂对应 6 种活动姿态下各部位的尺寸平均变化率如图 5 所示。

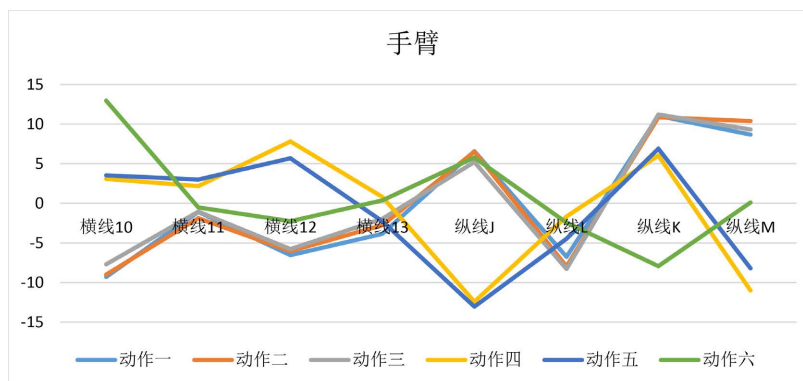


Figure 5. Average rate of change of arm size under different postures

图 5. 手臂对应尺寸在不同姿态下的平均变化率

如图所示,在不同活动姿态下,动作一、二、三的皮肤形变规律一致,动作四、五规律一致。

在动作一、二、三姿态下,横向上,皮肤形变率小于 0,呈收缩状态,皮肤形变区间为(-9.31%, -1.98%)。纵向上,纵线 L 皮肤形变率小于 0,呈收缩状态,纵线 J、K、M 呈伸长状态,皮肤形变区间为(6.53%, 11.23%)。

动作四、五姿态下,横线 10~12 呈拉伸状态,但是拉伸率不大,最大拉伸率为 7.82%;横线 13 在动作四下的皮肤形变率为 0.81%, 形变不明显,在动作五下皮肤形变率为 2.25%, 呈收缩状态。在纵向上,纵线 J、K、L 皮肤形变率小于 0, 其中,纵线 J 的收缩状态最明显,最大收缩率为-12.44%;纵线 K 的皮肤形变率在 5%左右。

动作六姿态下,横向上,横线 10 的皮肤形变率较大,为 12.96%;横线 11、12 的皮肤形变呈收缩状态,但收缩效果不明显,分别为-0.53%、-2.26%;横线 13 的皮肤形变率较小,为 0.37%。纵向上,皮肤形变拉伸和收缩效果均不明显,呈拉伸状态的纵向线为纵线 J、纵线 M, 拉伸率分别为 5.78%、0.09%, 呈收缩状态的纵向线为纵线 L、K, 收缩率分别为-2.24%、-7.94%。

#### 4.2. 肩臂皮肤形变网格图

由以上分析可得,随着肩臂活动角度的变化,上肢呈现不同程度的纵横向拉伸与收缩变化。为了科学地对服装进行放量,避免服装过于贴身,对肩臂粘连人群进行功能锻炼时造成心理和生理上的负担,因此,在分析数据时,对皮肤形变率为正值的情况进行分析总结,如图 6 所示。利用不同颜色表示各部位的最大形变率,颜色越深,形变越显著;蓝色为皮肤收缩状态。

总体上,躯干部分,纵向变化幅度大于横向变化幅度;前身变化幅度大于后身变化幅度;手臂部分,肘部以上纵向皮肤伸长率大于肘部以下,横向拉伸主要以横线 10,即臂根围线为主。前后身纵向拉伸率明显的部位主要为纵线 B、纵线 D、纵线 E-1、纵线 E-2,最大皮肤拉伸率超过 30%;手臂伸长率较明显



的主要为肘关节网上的纵线 M、纵线 K 即腋下部位。

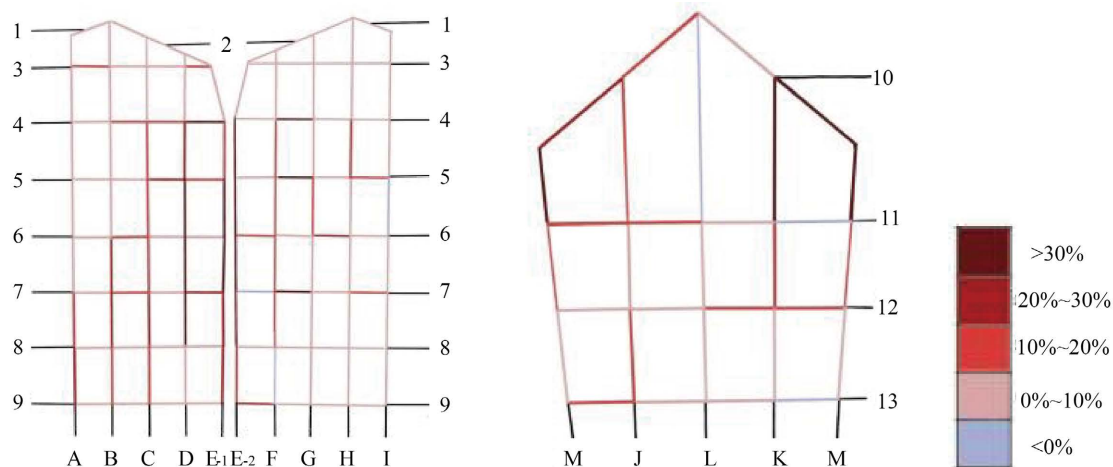


Figure 6. Mesh of shoulder and arm skin deformation

图 6. 肩臂皮肤形变网格图

### 4.3. 皮肤形变与肩部粘连服装的关系

净体尺寸与成衣尺寸是与服装结构相关的两种尺寸，净体尺寸为正常呼吸状态下合理松量的人体静态尺寸，成衣尺寸为根据运动量、损耗量、款式设计合理的松量。肩部粘连保健护具作为紧身服结构，需要测量静态下人体净体尺寸，再根据在不同动作姿态下的数据进行调整，形成最终的动态尺寸。

#### 4.3.1. 静态基础版型构建

根据人体皮肤形变实验时在人体身上及胳膊进行网格线绘制，对网格线进行整理获取净体尺寸，分别见表 5、表 6。

Table 5. Average body size/cm

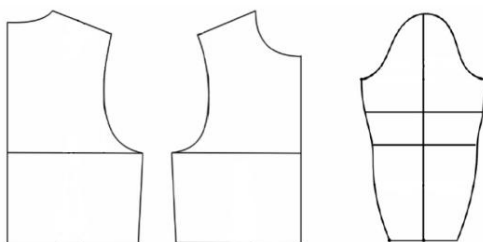
表 5. 衣身部分尺寸均值/cm

前身	均值	标准差	后身	均值	标准差
前领口	12.70	1.134	后领口	8.33	0.973
肩长	11.85	1.081	肩长	11.85	1.081
肩围延长线	17.83	0.760	肩围线	19.15	1.143
背宽延长线	14.68	0.319	背宽线	18.60	0.612
两腋点距离	20.28	1.316	两腋点距离	21.85	1.083
胸围线	22.63	1.632	后胸围线	21.05	1.674
下胸围线	18.93	0.729	下胸围线	19.75	2.109
前腰围线	19.55	1.650	后腰围线	18.28	1.250
A	30.23	2.330	I	37.10	2.331
B	40.05	2.315	H	40.40	2.325
C	39.38	2.128	G	38.53	1.929
D	36.13	2.085	F	37.15	1.665
E(前)	36.63	1.921	E(后)	36.33	1.638

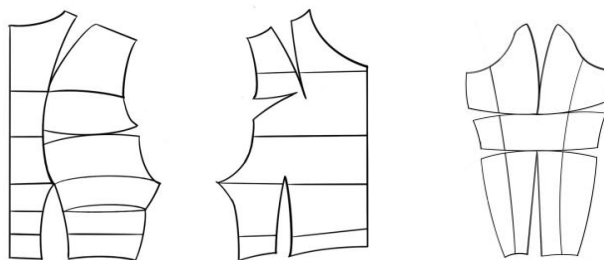
**Table 6.** Average size of arm parts/cm  
**表 6.** 手臂部分尺寸均值/cm

长度	均值	标准差	围度	均值	标准差
前纵线	42.33	1.516	臂根围	35.75	1.610
后纵线	45.58	2.186	上臂围	24.63	1.741
峰纵线	50.35	1.146	肘围	22.70	1.425
下纵线	39.98	1.150	腕围	15.05	0.838

根据静态平均尺寸绘制衣身及袖子零松量原型如图 7 所示, 由于人体是不规则的曲面结构, 现根据体表网格通过转化为省道的方式将实际长度绘制原型的差值, 将原型切展为合体原型, 如图 8 所示。



**Figure 7.** Zero Loose Body and Sleeves Prototype  
**图 7.** 衣身及衣袖零松量原型



**Figure 8.** Composite cutting and unfolding based on grid lines  
**图 8.** 根据网格线进行合体切展图

#### 4.3.2. 动态版型构建

##### 1) 动态版型构建方法

体表变化与松量加放方法大致分为以下四种:

(1) 空间增量法: 对于活动范围较大、活动频率较高的部位, 可以直接通过加大放松量的方法增加肢体的活动空间;

(2) 贴体增量法: 又称合体增量法, 该方法是在基础样板的基础上进行局部加量, 使局部样板更加贴合运动体表, 该方法更加适用于合体或者紧身运动服;

(3) 空间移位法: 利用空间关系的移动来满足运动的自由度的常见的方法; 如, 为了满足肩胛骨的活动自由度将要加入松量转移到后中位置;

(4) 纵横互相借法: 体表皮肤在纵向长度和横向围度上经常会出现纵横互相借现象, 因为二者相互联系相互影响, 存在紧密的补给关系。长度的拉伸会带来围度的收缩, 长度的收缩也会带来围度的增大。因此可以借鉴到服装松量的加放上。

## 2) 上身动态版型的构建

在对服装进行放量时，以静态基础版型为基础，参考所有姿态下体表皮肤伸长率最大的数据，对伸长率较大的局部部位或者对呈伸长状态的整体进行放量处理，对伸长率较小的部位不予变化。

由图 6 可知，肩部粘连人群进行功能锻炼时，上肢运动对上身的横向拉伸主要表现在肩围线、背宽线及延伸到前身得线、经过两腋点的围线、胸围线、下胸围与腰围的等平分线等五个区域，对上身的纵向拉伸主要表现在胸峰线、体测线、体测线与胸峰线的等平分线、体测线与肩胛骨的等平分线等四个区域，因此主要针对这五个横向区域和四个纵向区域对静态基础版型进行调整，构建上身动态版型。

针对横向拉伸对版型进行调整，肩围线的伸长率较小，因此不对该区域进行调整；背宽线及延伸到前身的线伸长率较大，前后身都有较大的伸长率，如果直接在臂根靠近腋下处增加横向运动松量，不仅不美观，而且还会使人产生不舒适的感觉，因此可以采用空间位移法来增加其横向运动松量，将一部分松量移至前中、一部分松量移至后中；胸围线的横向拉伸主要集中在后身，因此采用贴体增量法对后身添加横向运动量；下胸围与腰围的等平分线的伸长率较大，因此采用空间增量法直接加大放松量从而加大肢体的活动空间。

针对纵向拉伸对版型进行调整，前身胸峰线及后身体测线与肩胛骨的等平分线拉伸率较小，不予改变；体测线与胸峰线等分线与胸围线的交点区域，伸长率较大，可以在这附近做斜纵线分割，与体测线结合，在斜纵向上分别增加横向与纵向松量，使得锻炼状态下横纵向运动松量可以互相补给。调整后上身动态版型如图 9 所示。

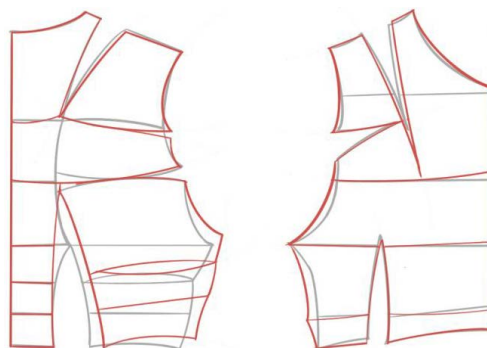


Figure 9. Dynamic body shape  
图 9. 衣身动态版型

## 3) 上身动态版型的构建

由图 6 可知，肩部粘连人群进行功能锻炼时，上肢运动对手臂的拉伸主要表现在肘围线以上部位，横向拉伸主要为臂根围、上臂围、肘围，纵向拉伸主要为下纵线、后纵线，上臂围以上的峰纵线呈收缩状态、以下呈拉伸状态，但是拉伸率小。

针对横向拉伸对版型进行调整，臂根围线呈拉伸状态，前后腋点为主要拉伸区域，因此，采用贴体增量法增加横向运动量，根据具体需求对静态下腋底多余的量进行取舍；上臂围在不同的运动姿态下呈收缩和拉伸两种状态，因此，对于上臂围不予改变；肘围整体呈拉伸状态，因此，采用贴体增量法对该区域进行局部放量；腕围的伸长、收缩状态与上臂围相似，因此不予改变。

针对纵向拉伸对版型进行调整，下纵线与前、后纵线呈拉伸状态，因此采用贴体增量法加长这三条纵向；上臂围以上的峰纵线呈拉伸状态、以下呈拉伸状态，但拉伸率不大，因此缩短上臂围以上部位纵向线。调整后手臂动态版型如图 10 所示。

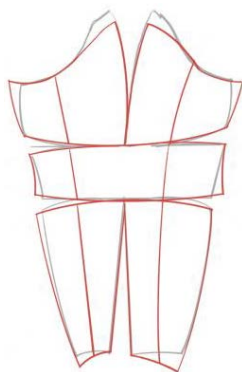


Figure 10. Dynamic sleeve pattern  
图 10. 衣袖动态版型

根据肩部粘连患者进行功能锻炼过程中活动角度极限的皮肤形变拉伸及收缩规律，并按照松量的放缩方法进行调整后的动态版型如图 11 所示。

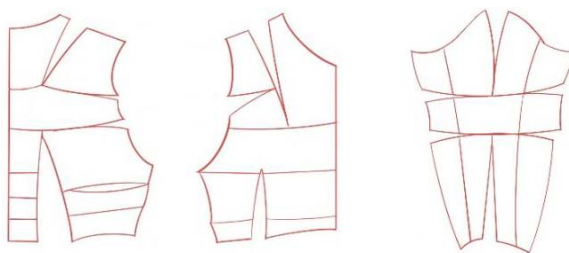


Figure 11. Dynamic version of shoulder adhesive health protector  
图 11. 肩部粘连保健护具动态版型

## 5. 结论

本文通过模拟肩部粘连人群进行功能锻炼时关节运动幅度较大、对身体的拉伸感较强的六个动作，测量采集运动过程中人体体表尺寸数据，经过描述性的数据分析，深入探讨不同运动姿态对体表尺寸变化的影响，得出以下结论：

1) 不同的肩臂活动角度对皮肤形成不同程度的拉伸与收缩，纵向皮肤拉伸大于横向皮肤拉伸。躯干部分，纵向上，越靠近腋下部分皮肤拉伸越大，即纵线 C、纵线 D、纵线 E-1、纵线 E-2、纵线 F 的皮肤拉伸较其他纵线大，最大皮肤形变率达到 22.21%；横向上，正面与背面的拉伸程度差异不大，胸宽线、下胸围线皮肤形变率较其他部分大。手臂部分，纵向上，大臂围以上部分的皮肤形变较大；横向上，臂根围的皮肤形变较大。

2) 通过在人体静态尺寸的基础上结合肩部粘连人群进行功能锻炼时肩关节活动角度极限的皮肤形变通过空间增量法、贴体增量法、空间位移法、纵横互相借法构建动态版型，改版型更符合肩部粘连人群运动规律，更适合用于紧身贴体服装。该研究方法可应用于其他功能服装的结构优化设计。

## 注 释

①图 1 来源：网页引用，[https://m.baidu.com/bh/m/detail/ar\\_8811856600595717503](https://m.baidu.com/bh/m/detail/ar_8811856600595717503)

②图 2~图 11 来源：作者绘制

## 参考文献

- [1] 赵欣宇, 贺亚辉. 运动针刺疗法配合普通针刺治疗肩关节周围炎的临床经验[J]. 中国民族民间医药, 2020, 29(15): 86-88.
- [2] 梁遂安, 常宗汝, 郭艾馨, 等. 颈肩痛流行病学抽样调查报告[J]. 中医正骨, 1992(4): 25-26.
- [3] 王保渊. 社区居民体育活动等级、功能性动作筛查与肩颈痛关系分析[D]: [硕士学位论文]. 成都: 四川师范大学, 2021.
- [4] 施吓霞, 王欣, 段芮, 等. 基于景观感知的社区儿童活动空间优化研究[J]. 安徽建筑大学学报, 2018, 26(5): 26-31.
- [5] 高冉, 石圆圆, 张惠, 等. 基于肩臂结构的高功能运动服结构优化设计[J]. 北京服装学院学报(自然科学版), 2018, 38(4): 59-67.
- [6] 刘鹏林, 朱庆艳. 登山运动中女子肩臂部位体表尺寸变化规律[J]. 纺织导报, 2020(5): 81-84.
- [7] 赵欲晓, 张立蔓. 手臂动作对女性上半身体表尺寸影响的研究[J]. 北京服装学院学报(自然科学版), 2016, 36(3): 1-8.
- [8] 施琦, 孙玉钗, 居琴燕. 基于腰脊关节运动的人体皮肤形变研究[J]. 现代丝绸科学与技术, 2020, 35(1): 23-27.
- [9] 李晓凡, 封云松, 余红军, 等. 粘连性肩关节囊炎与喙肱韧带的 MRI 研究[J]. 中国现代医学杂志, 2020, 30(21): 58-62.
- [10] 王伟荣, 丛洪莲, 董智佳. 基于瑜伽运动状态下的人体下肢皮肤形变分析[J]. 丝绸, 2020, 57(10): 54-58.
- [11] 吴妍, 胡紫婷, 胡志远, 等. 基于速度滑冰上肢动态皮肤形变的服装结构研究[J]. 毛纺科技, 2022, 50(2): 1-7+151.