

基于重力平衡的袖子结构设计“2A”原理

高光, 高畅, 高丽

(涿州高红服饰设计工作室, 河北 涿州 072750)

摘要:基于人体静态和动态特征进行袖子结构设计,通过人体工学与结构力学的方法,分析袖子的运动功能、重力平衡形态和结构重力平衡机理,找到决定袖子结构重力平衡的人体关键点和关键角,从而提出袖子结构设计“2A”原理。采用此原理量取人体角度参数,顺应不同体型的手臂特征,从根本上解决了依靠经验数据制板和装袖难以预判袖子穿着效果的问题。

关键词: 袖子设计;制板;结构力学;重力平衡;高级定制

中图分类号: TS 941.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2020)06-0493-05

"2A" Principle of Sleeve Structure Design Based on Gravity Balance

GAO Guang, GAO Chang, GAO Li

(Zhuzhou GaoHong Fashion Design Studio, Zhuzhou 072750, China)

Abstract: The sleeve structure was designed based on the static and dynamic characteristics of human body. Through the methods of ergonomics and structural mechanics, the motion function, gravity balance form and structure gravity balance mechanism of the sleeve were analyzed. The key points and key angles of human body that determine the gravity balance of sleeve structure were found. Then, the "2A" principle of sleeve structure design was put forward. This principle measured the angle parameters of human body and adapted to the arm characteristics of different body types, which fundamentally solved the problem that it was difficult to predict the wearing effect of sleeves by relying on empirical data for plate making and sleeve fitting.

Key words: sleeve design, pattern making, structural mechanics, gravity balance, advanced customization

袖子结构与人体体型、动作及制作材料和审美等多种因素有关,对其结构的研究方法也有很多,其中几何学和人体解剖学为常用的方法。如国外研究者在解剖手臂皮肤后绘制出袖子的基本轮廓^[1-2],国内基本据此成果进行袖子制板^[3]。但皮肤是有弹性的有机组织,是服装材料无法比拟的,同时服装与人体的关系也无法达到皮肤与皮下组织紧密贴合的状态,因此,用现行方法给不同体型的人制作袖子,穿着效果并不理想。

有研究者试图通过制作不同参数的袖子,对比在人模上的效果,确定最优结构参数,得到回归公式^[4]。由于与袖子相关的人体部位有肩部、手臂和胸部,每个部位有6种形态,如肩部前后方向有厚、薄、中,上下方向有溜、平、中,由此得出相关静态体

型729种。如果用实验的方法进行研究,不仅工作量大、周期长,而且偶然因素多,很难找到造成袖子差异化效果的理论依据。因此,文中通过观察现实生活中不同体型人的袖子缺陷,从人体工学角度分析袖子的运动功能,以重力平衡的视角探究袖子几何形态的结构力学原理,并用该原理进行袖子结构设计,使袖子更加贴合人体。

1 袖子的结构重力平衡

1.1 袖子的结构

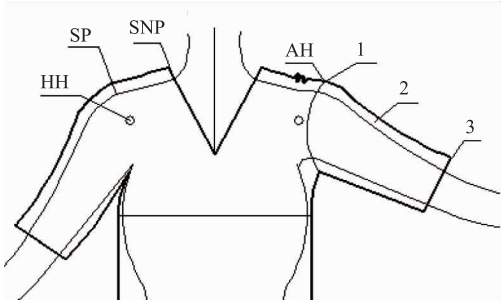
以结构特征分类的袖子有中式袖、装袖、插肩袖^[4];以几何形态分类的袖子有长袖、花瓣袖、紧身袖,不论何类袖子都是围绕手臂构建,并通过袖根

收稿日期:2020-04-28; 修订日期:2020-10-12。

作者简介:高光(1968—),男,高级工程师。主要研究方向为服装制板和服装设计管理。Email:gaoguang999@126.com

与衣身相连。

袖子的结构如图 1 所示。由图 1 可知,袖根位置与臂根对应,位于肩头到腋窝的截面,中式袖只有袖根位置,没有实质的袖根结构;装袖的袖根与衣身袖窿有缝合线,其轮廓线包括袖山弧线和袖底弧线,袖根结构完整,故文中以装袖为例进行分析。

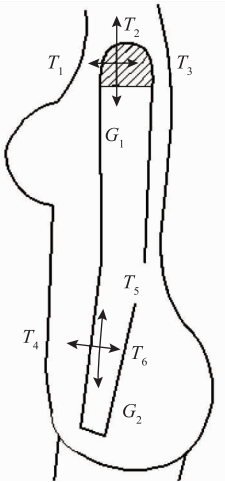


注:HH 为肱骨头;SP 为肩凸点;SNP 为肩颈点;AH 为袖窿;1 为袖根;2 为袖身;3 为袖口。

图 1 袖子的结构
Fig.1 Sleeve construction

1.2 袖子的重力平衡

袖子在手臂上的受力分析如图 2 所示。由图 2 可知,当人体自然站立时,手臂重力平衡状态是大臂稍向后偏转,肘部在肱骨头后侧,小臂向前偏转(前偏角因人而异),重心线在肱骨头和腕骨连线上,其重力平衡原理是手部力矩等于肘部力矩。



注: G_1 为承重处重力; T_1 为水平张力; T_2 为向上的拉力; T_3 为水平张力; T_4 为水平张力; T_5 为向上的拉力; T_6 为水平张力; G_2 为悬垂处重力;阴影区为人体承重区;阴影区外轮廓线是袖子承重段。

图 2 袖子在手臂上的受力分析
Fig.2 Stress analysis of sleeve on arm

袖子是围绕手臂的柔性体,无法获得手臂一样的平衡力矩,自然悬垂是其重力平衡状态,袖根连在袖窿上(人体的承重区),是袖子承重段;袖身位于手臂下垂部分,是悬垂段。袖子的重力通过材料

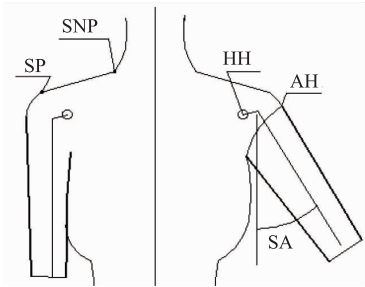
传导到承重段,当人体承载力和袖子材料强度能够抵抗袖子重力,即 $G_1 = T_2, G_2 = T_5$,袖子处于重力平衡状态时,袖子平顺、饱满^[5],反之,袖子易打绉、堆褶。

1.3 袖子结构重力平衡机制

袖子结构重力平衡就是建立在重力平衡基础上的结构平衡,表现为承重段均衡包覆在袖窿部位,悬垂段自然下垂。袖子要实现结构重力平衡,代表拉力作用方向的袖子中心线应该铅垂向下,分别从正面和侧面对其进行分析:

1)袖子正面的结构重力平衡与翘袖角有关。袖子正面形态如图 3 所示。图 3 中左侧手臂下垂,袖子内侧受到身体约束(挤压),袖子正面变瘪;外侧自然下垂,处于重力平衡状态。

右侧手臂举到翘袖角(袖子中心线与铅垂线的夹角)位置,袖身正面变宽,侧面较瘪,因为袖子内部有手臂支撑,且处于运动中,可以不考虑其重力平衡问题。



注:SP 为肩凸点;SNP 为肩颈点;HH 为肱骨头;AH 为袖窿;SA 为翘袖角。

图 3 袖子正面的形态
Fig.3 Front view of sleeve

2)袖子侧面的结构重力平衡取决于袖子的重心与袖窿的关系,如果袖子重心线和袖窿承载中心线重合,袖子会自然下垂;如果袖子重心线和袖窿承载中心线有夹角,袖子会扯绉。

小臂对应的袖段(俗称小袖)前端超出袖窿水平投影范围小,其局部重力可以忽略,不会引起袖子结构失衡,因此,小袖前偏角对袖子的结构重力平衡影响很小。

袖窿是袖子对应人体的承重区,袖子受到袖窿向上拉力,袖窿的承载中心线是大臂的重心线,大臂重心线与肩线(肩脊线)的夹角是臂肩角,因此袖子的结构重力平衡与臂肩角有关。

可见,袖子侧面的结构重力平衡机制就是通过袖身重心线和袖窿承载中心线重合,实现承重段(袖山段)均衡承载和悬垂段自然平衡下垂,外在表现为袖子的中心线与铅垂线的夹角等于臂肩角。

2 袖子结构设计的“2A”原理

袖子结构设计的“2A”原理就是以人体肱骨头为转动轴 (Axes), 以臂肩角和绀袖角为偏转角 (Angle) 构造衣袖, 实现袖子结构重力平衡的设计原理, 也称“转角”原理。

2.1 “2A”原理中肱骨头的作用

肱骨头是人体手臂向各个方向活动的旋转轴, 也是“2A”原理设计袖子的核心结构点。人体大臂向各个方向的动作始终以肱骨头为轴, 袖子随大臂运动, 一侧表现为向运动方向挤压, 另一侧向反方向拉伸, 因此肱骨头也是袖子结构的转动轴, 由此可知:

1) 紧身袖袖子中心线通过肱骨头, 转动时与手臂同轴, 腋下的袖底转动半径最小, 偏转的距离 (弦长) 最小, 需要的袖根余量 (拉伸量) 最少, 最便于活动。

2) 任何结构体的转动都需要自由度, 手臂转动的约束点在肱骨头。因此装袖的袖根 (袖窿) 在达到肱骨头的截面位置极限时, 袖根越向肩外侧偏移越方便手臂活动。同理, 便于手臂向各个方向转动的袖窿应在垂直于肩线的铅垂面上^[6], 但为了减少袖子内侧堆褶, 使其造型更加美观, 袖窿截面则应由上至下向内偏斜。

3) 当手臂以肱骨头为轴, 向前后方向转动到自然下垂状态时, 大臂轴线与肩线之间会产生夹角, 称之为臂肩角。当手臂以肱骨头为轴, 向左右方向转动到袖子平顺状态时, 袖子中心线与铅垂线之间会产生夹角, 称之为绀袖角。

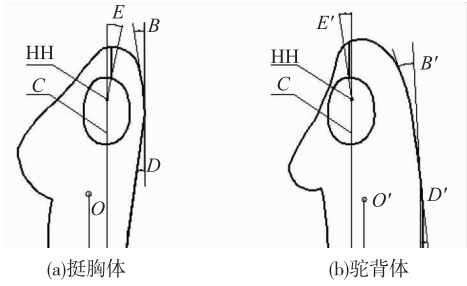
2.2 “2A”原理中臂肩角的作用

臂肩角是袖子侧面结构重力平衡的关键角。以肱骨头为轴, 臂肩角为偏转角构造袖子, 能够适应人体前后方向的体型差异, 使袖山 (承重区) 均衡承载, 避免应力集中, 袖身自然平衡下垂, 达到结构重力平衡状态。

在人体重力平衡调节机制的控制下, 手臂的重力平衡状态取决于腰背部形态, 即臂肩角等于腰背倾角。实践中, 一般把人体腰背特征简化为中正 (腰背倾角 $0 \sim 5^\circ$)、内倾 (挺胸体, 腰背倾角 $> 5^\circ$) 和外倾 (驼背体, 腰向外拱, 腰背倾角 $< 0^\circ$) 3 种类型。

臂肩角与手臂重力平衡如图 4 所示。腰背倾角相反的挺胸体和驼背体两类人手臂重力平衡状态亦相反, 挺胸体的身体重心在手臂重心线前部, 肩线在手臂重心线后部, 肩线相当于以肱骨头为轴

向后偏转角度 E (即后转臂肩角为 E)。同理, 驼背体肩线在前, 前转臂肩角为 E' 。



注: B, B' 为项背倾角; D, D' 为腰背倾角; E, E' 为臂肩角; O, O' 为上半身重心; HH 为肱骨头; C 为袖窿 (手臂) 重心线。

图 4 臂肩角与手臂重力平衡

Fig. 4 Arm shoulder angle and arm balance

2.3 “2A”原理中绀袖角的作用

绀袖角是袖子中心线与铅垂线的夹角, 在空间上相当于袖子绕肱骨头向高处转动的某个角度, 用以适应手臂侧举形态。在袖子结构设计中, 绀袖角用来确定袖山高, 以确保袖子正面结构平衡。

当人的手臂从下垂到上举转动 180° 时可收放自如, 且腋下不会堆褶。而袖子如果不使用高弹性面料, 其绀袖角超过 30° , 袖子放下后内侧就会堆褶。高弹力面料虽然接近皮肤的弹性, 但只适合制作运动类服装或内衣, 因此, 为保证袖子的功能性和美观性 (内侧少堆褶), 设计时需要应用人体工学原理, 根据服装类型和穿着者需要的袖子活动范围, 确定绀袖角。

3 运用“2A”原理设计袖子结构

在运用“2A”原理设计袖子时, 首先要确定袖子造型风格, 然后用系统性思维构建立体模型, 解决袖子结构重力平衡, 最后有目的、有重点地做装饰设计。

3.1 体型识别

体型识别是通过测量人体数据识别穿着者形体特征, 并利用人体体型关键点和关键角数据, 进行袖子结构重力平衡设计。如判断腰背倾角属于内倾还是外倾, 以此调整臂肩角的角度以达到袖子结构的重力平衡。

另外, 可从行为学角度分析人体体型, 如通过腰背部形态判断人体状态, 当腰背内倾 $> 15^\circ$ 是紧张或表演姿态; 腰背内倾 $5 \sim 15^\circ$ 是有活力的人, 站姿挺拔; 腰背内倾 $0 \sim 5^\circ$ 是平常人, 站姿中正; 腰背倾角 $< 0^\circ$ (腰背向外弓) 是平常人的坐姿, 或体弱老年人无力的站姿。以上 4 种体态透出不同的气质,

不可避免会影响着装风格,因此,体型识别又是为了在服装设计时可以根据穿着者身材、气质选择适合的袖型结构风格。

但体型识别不是找人的缺陷,有人把溜肩归为体型缺陷并通过垫肩、耸肩造型向标准体型调整^[7],这种把服装结构设计变成按模板塑造,不顾及穿着者个性特征的做法有待商榷。

3.2 服装类型与袖子活动量

通过结构力学分析可知,袖窿结构设计会影响袖子重力平衡,当袖窿截面在肩凸点外^[8],就失去了人体直接支撑,只有使用厚硬材料,或加上垫肩挑起袖窿,才能承受住袖子重力;如果用轻薄面料,也没有垫肩,袖窿和悬吊的袖子会呈塌落状,通常这种袖子绀袖角接近 90°,多用于运动休闲类服装。

女性礼服和时装可把袖窿截面设在肩凸点内侧,接近袖窿极限位置,显得肩形柔美,并采用小于 30°的绀袖角,用鼓胀的袖子(羊腿袖、泡泡袖类)提供必要的活动余量。

教师和司机经常前伸手臂工作,从人体工学的角度设计袖子的绀袖角应该大于 60°,袖窿截面在肩凸点外,并向前偏转 15°左右。

长时间操作电脑(或者服装缝纫)人群,由于工作性质经常弯曲小臂工作,小袖前偏角要略大,以减少臂弯袖子堆积和肘部拉伸带来的不适感。

3.3 袖子结构平衡

袖子造型有合体、膨大等多种式样^[9],厚重的面料,一般用对称式设计,轻薄面料可采用不对称设计。对称的袖子结构平衡,对袖山拉力均衡,袖子能实现结构重力平衡;不对称的袖子结构不平衡,对袖山的拉力不均衡,袖山局部应力集中,容易扯络,有的会引起肩线移位。

同理,对于在袖子上的堆叠、悬垂、褶皱设计,或外缀装饰物设计,也要考虑袖子的重力平衡和结构稳定,以及袖山的承载状态,避免设计意图外的结构失衡,重力失控。

3.4 装袖设计

装袖设计的目标是把设计结构平衡的袖子按照手臂的重力平衡状态缝合在袖窿上。按照“2A”原理,袖子结构重力平衡设计的关键是识别承重段,确保承重结构平衡,评估面料强度和结构稳定性,保证袖山合体度使其受力均匀,并根据人体臂肩角和设计的绀袖角确定袖子中心线与人体的关系。

腰背倾角 5°的偏差与人体呼吸、坐、行中自然摇动幅度接近,不会造成袖子局部应力集中,因此,

“中正”体型的臂肩角可以简化为零,装袖时袖山顶点对正肩点(或肩线及其延长线上的点),这是常规肩袖结构形式。

腰背“内倾”和“外倾”体型,在装袖时可以按照臂肩角调整袖山对应点,也可以按人体臂肩角减 5°后调整,使袖子偏向中正体型,这两种方式都能避免袖山及上臂段堆褶或打绉,保证袖子美观度。

3.5 系统设计

袖子结构设计是系统工程,需要考虑和平衡很多因素,在用系统思维进行分项、分步设计之后,还要用系统性眼光对袖子制作过程进行审视,在确保袖子美观协调,结构重力平衡的情况下,做到与服装风格协调一致^[10-11]。

3.6 袖子缺陷识别

袖子结构设计、制板、裁剪和加工环节都可能存在缺陷,因此,需要正确识别袖子缺陷及其诱因,并采取针对性措施消除缺陷,完善设计成果。其中常见的因制板错误导致的缺陷,具体如下:

- 1) 臂肩角不正确,导致袖子歪斜,起绉;
- 2) 绀袖角不正确,导致举臂困难;
- 3) 袖山曲线错误,导致袖山局部起绉;
- 4) 袖山高度不够,导致袖山顶塌陷,外侧起吊或者打绉;
- 5) 用胸围推算袖窿,易导致给胸围大但大臂细的人做的袖子过于肥大;
- 6) 前袖窿曲率过大(向胸部挖的太深),导致袖子与胸部衔接不自然,起空;
- 7) 后袖窿曲率过大(向后背挖的太深),导致袖子前伸困难;
- 8) 高低肩的人,两侧袖窿对称,但低肩一侧用垫肩找平后,腋下易过紧;
- 9) 小袖前偏角不正确,导致小臂弯曲困难。

4 结 语

采用结构力学方法分析袖子在人体上的结构重力平衡状态,同时用人体工学方法分析袖子与手臂动作的关系,从而发现袖子结构重力平衡机理,找到与袖子结构对应的人体关键点和关键角,进而提出以人体关键点为转动轴(Axes),以关键角为偏转角(Angle)的袖子结构设计“2A”原理。

利用“2A”原理设计袖子结构时,需要获取穿着者臂肩角和绀袖角的参数,因此不管何种体型或何种款式的袖子,相比利用经验数据的设计方法,使用“2A”原理都更容易实现袖子设计效果,也更有

利于高级定制服装结构设计和制版。

参考文献:

- [1] 刘瑞璞. 服装纸样设计原理与应用(女装篇)[M]. 北京:中国纺织出版社,2008.
- [2] 海伦. 高级服装结构与纸样(基础篇)[M]. 王建萍,译. 上海:东华大学出版社,2013.
- [3] 吴正春,孙见梅. 袖原型的结构设计[J]. 纺织导报, 2018(3):89-90.
WU Zhengchun, SUN Jianmei. Prototype structural design of sleeve[J]. China Textile Leader, 2018(3): 89-90. (in Chinese)
- [4] 高秋香,颜丽婷. 浅析中西服装中女装袖型结构变化[J]. 山东纺织经济,2016(4):38-41.
GAO Qiuxiang, YAN Liting. Analysis on the structural change of women's sleeve in Chinese and western clothing [J]. Shandong Textile Economy, 2016(4): 38-41. (in Chinese)
- [5] 张莉,沈雷. 人体体型特征与服装结构平衡初探[J]. 武汉纺织大学学报,2018,31(4):13-17.
ZHANG Li, SHEN Lei. Study on human characteristics and the balance of clothing structure [J]. Journal of Wuhan Textile University 2018, 31(4): 13-17. (in Chinese)
- [6] 于晓坤,尹平玉,何海洋. 女装圆装袖袖窿三维形态虚拟模型的建立[J]. 东华大学学报(社会科学版), 2011,37(6):731-735.
YU Xiaokun, YIN Pingyu, HE Haiyang. Establishment of virtual three-dimensional armhole model for women's basic suit-dress sleeve [J]. Journal of Donghua University (Natural Science Edition), 2011,37(6): 731-735. (in Chinese)
- [7] 缪晓燕. 女性特殊体型袖子看图制版关键技术研究[J]. 江苏丝绸,2016(5):28-30,27.
MU Xiaoyan. Research on key technologies of plate making for women's special body type top[J]. Jiangsu Silk, 2016(5): 28-30,27. (in Chinese)
- [8] 于晓景. 肩袖造型设计——浅谈女装肩、袖部位结构配比关系[J]. 东华大学学报(社会科学版),2012,12(4):241-245,251.
YU Xiaojing. Shoulder sleeve modeling design—on the structural matching relationship between shoulder and sleeve parts of women's clothing[J]. Journal of Donghua University (Social Science Edition), 2012,12(4): 241-245,251. (in Chinese)
- [9] 高秋香,武家欢,王春. 袖山在现代女装中的创新设计与应用[J]. 山东纺织经济,2016(2):36-39.
GAO Qiuxiang, WU Jiahuan, WANG Chun. Innovative design and application of sleeve mountain in modern women's wear [J]. Shandong Textile Economy, 2016(2): 36-39. (in Chinese)
- [10] 张蒙. 女装袖型结构设计[J]. 轻纺工业与技术,2017(4):26-28,57.
ZHANG Meng. Sleeve structure design of women's wear [J]. Light Textile Industry and Technology, 2017(4): 26-28,57. (in Chinese)
- [11] 武利利. 女装袖结构变化设计[J]. 国际纺织导报,2018(1):52-55
WU Lili. Structural change design of women's sleeves [J]. Melliand China, 2018(1): 52-55. (in Chinese)

(责任编辑:张 雪)