

分类号: TS941

密 级: 公开

单位代码: 10363

学 号: 2220410123

## 安徽工程大学

题 目 宋代褙子的形制研究与数字化建构

英文并列

题 目 STUDY OF THE FORMS AND DIGITAL  
CONSTRUCTION OF SONG PASTED TAPES

学生姓名: 杨祥斌

校内导师: 袁惠芬 (教授)

校外导师: 贺宪亭

专业学位类别: 材料与化工

研究方向(领域): 服装科学与工程技术

论文答辩日期: 2025 年 5 月 16 日

## 安徽工程大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：我恪守学术道德，崇尚严谨学风。所提交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已明确注明和引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品及成果的内容。论文为本人亲自撰写，我对所写的内容负责，并完全意识到本声明的法律后果由本人承担。

学位论文作者签名：杨祥斌  
日期：2025 年 5 月 23 日

## 安徽工程大学学位论文版权使用说明书

学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅或借阅。本人授权安徽工程大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密 ☐，在 \_\_\_\_ 年解密后适用本版权书。

本学位论文属于

不保密 ☒。

学位论文作者签名：杨祥斌

日期：2025 年 5 月 23 日

指导教师签名：袁璐

日期：2025 年 5 月 23 日

# 宋代褙子的形制研究与数字化建构

## 摘 要

褙子亦被称为“背子”，作为南宋最具有代表性的服饰样式之一，具有较高的研究价值。现如今，数字化和虚拟试衣技术是目前进行古代服饰研究的主要技术和方法。但是目前针对褙子的很多研究都是从设计学角度做定性分析，对古代服饰形制分析采用定量分析的相对较少，因此本课题选用定量分析的方法，针对宋代褙子这一研究对象，对其形制进行数据统计与分析，进而完成宋代褙子的数字化建构。本研究主要由四个方面构成：

### （1）相关理论与研究综述

通过对文献的搜集，阐述了褙子的由来，并界定本课题研究范围仅限于宋代出土实物褙子，对所收集的相关实物资料进行了数据分类统计。列举课题研究的相关理论和技术主要涉及服装样板参数化设计和服装三维建模技术两大部分，因此简要说明了服装参数化设计方法和服装三维建模技术的主要原理、方法和发展。最后对不同三维建模软件的列举与比较，选择了适合本研究所使用的服装三维建模软件。

### （2）宋代褙子的形制分析

针对宋代褙子的袖部形态以及衣身造型等相关数据进行主成分分析（PCA），以及 K-means 聚类分析，并将得到的袖部形态和衣身造型结果应用于宋代褙子的形制分析。

### （3）宋代褙子的参数化分析及二维样板模型构建

将宋代褙子参数划分为结构参数、部件参数以及人体参数。并选取了最具代表的褙子衣长公式、通袖长公式进行参数化公式的分析，在此基础上，对四款宋代褙子典型款式进行参数化二维样板的生成。

### （4）宋代褙子的三维模型构建与评价

运用 CLO3D 完成了四个典型款式褙子的三维白坯服装建构；接着对 2 款复原用面料进行物理属性测量和面料表现检测，获得可用于三维建模的数字虚拟面料；再对褙子实物图片进行色彩提取和纹样复

原，确定了 RGB 值和修复的数字化纹样；结合以上结果完成了四个典型褙子的三维数字化构建；最后利用评价体系对构建效果进行评价。

综上所述，通过对文物考古报告数据的整理，采用主成分和 K-means 聚类的方法将宋代褙子袖型分为 A 型、B 型、C 型、D 型，衣身分为 a 型、b 型、c 型；并借助参数化设计的方法，完成宋代褙子二维样板的生成；再利用 CLO3D 软件和相关数字模拟方法探索了一套完整的数字化宋代褙子建构流程，实现了对传统服饰文化的弘扬。

**关键词：**宋代褙子，形制分析，主成分分析，K-means 聚类，三维模拟

# STUDY OF THE FORMS AND DIGITAL CONSTRUCTION OF SONG PASTED TAPES

## ABSTRACT

As one of the most representative clothing styles in the Southern Song Dynasty, the gown is also known as the "back", which has high research value. Nowadays, digital and virtual fitting technologies are the main technologies and methods for the study of ancient clothing. However, at present, many studies on the gown are qualitative analysis from the perspective of design, and relatively few quantitative analysis is used for the analysis of the shape of ancient clothing, so this project uses the method of quantitative analysis to carry out data statistics and analysis of the shape of the Song Dynasty gown, and then complete the digital construction of the Song Dynasty gown. This study is mainly composed of four aspects:

(1) A review of theories and research related to Song Dynasty shouzi

Through the collection of literature, the origin of the gown is expounded, and the research scope of this project is limited to the physical gowns unearthed in the Song Dynasty, and the data classification and statistics of the relevant physical materials collected are carried out. The relevant theories and technologies of the research mainly involve two parts: parametric design of clothing model and 3D modeling technology of clothing, so the main principles, methods and development of parametric design methods and 3D modeling technology of clothing are briefly explained. Finally, the different 3D modeling software was enumerated and compared, and the 3D modeling software suitable for clothing used in this study was selected.

(2) Analysis of the shape of the Song Dynasty gown

Principal component analysis (PCA) and K-means cluster analysis were carried out on the sleeve shape and body shape of Song Dynasty

gowns, and the results of sleeve shape and body shape were applied to the shape analysis of Song Dynasty gowns.

### (3) Parametric analysis and two-dimensional model construction of Song Dynasty jackets

The parameters of the Song Dynasty are divided into structural parameters, component parameters and human body parameters. The most representative length formula and sleeve length formula were selected for the analysis of the parametric formula, and on this basis, the parametric two-dimensional model of four typical styles of Song Dynasty jacket was generated.

### (4) Construction and evaluation of 3D models of Song Dynasty jackets

CLO3D was used to complete the construction of four typical styles of blank clothing. Then, the physical properties of the three restored fabrics were measured and the fabric performance was detected to obtain the digital virtual fabrics that could be used for 3D modeling. Then, the color extraction and pattern restoration of the actual picture of the jacket were carried out, and the RGB value and the restored digital pattern were determined. Combined with the above results, the three-dimensional digital construction of four typical gowns was completed. Finally, the evaluation system was used to evaluate the construction effect.

In summary, through the collation of the archaeological report data, the principal component and K-means clustering methods were used to divide the sleeve types of Song Dynasty jackets into type A, type B, type C and D, and the body was divided into type A, type B and type C. With the help of parametric design, the generation of two-dimensional models of Song Dynasty jackets was completed. CLO3D software and related digital simulation methods were used to explore a complete set of digital Song Dynasty jacket construction process, which realized the promotion of traditional clothing culture.

YANG Xiangbin(Material and Chemical)  
Supervised by YUAN Huifen

**KEY WORDS:** Song Dynasty Pasted Together, Shape analysis, Principal Component Analysis, K-means Clustering, 3D Simulation

## 目录

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 摘 要 .....                        | I   |
| ABSTRACT .....                   | III |
| 第 1 章 绪 论 .....                  | 1   |
| 1.1 选题背景与意义 .....                | 1   |
| 1.1.1 选题背景 .....                 | 1   |
| 1.1.2 研究意义 .....                 | 1   |
| 1.2 国内外研究现状 .....                | 1   |
| 1.2.1 宋代褙子研究现状 .....             | 1   |
| 1.2.2 服装数字化研究现状 .....            | 3   |
| 1.3 研究内容与研究方法 .....              | 4   |
| 1.3.1 研究内容 .....                 | 4   |
| 1.3.2 研究方法 .....                 | 5   |
| 1.4 技术路线与创新点 .....               | 6   |
| 1.4.1 技术路线 .....                 | 6   |
| 1.4.2 研究创新点 .....                | 6   |
| 第 2 章 相关理论与研究综述 .....            | 7   |
| 2.1 宋代褙子相关理论及研究 .....            | 7   |
| 2.1.1 宋代褙子的界定 .....              | 7   |
| 2.1.2 宋代褙子的数据获取 .....            | 9   |
| 2.2 服装样板的参数化设计 .....             | 14  |
| 2.2.1 参数化设计 .....                | 14  |
| 2.2.3 服装参数化设计 .....              | 14  |
| 2.2.3 服装参数的基本构成 .....            | 15  |
| 2.3 服装三维建模技术与软件 .....            | 16  |
| 2.3.1 服装三维建模技术 .....             | 16  |
| 2.3.2 服装三维建模软件的种类 .....          | 16  |
| 2.4 本章小结 .....                   | 18  |
| 第 3 章 宋代褙子的形制分析 .....            | 19  |
| 3.1 基于 K-means 的宋代褙子形制研究分析 ..... | 19  |
| 3.1.1 测量对象与方法 .....              | 19  |
| 3.1.2 测量项目 .....                 | 19  |
| 3.2 宋代褙子袖型分类 .....               | 21  |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 3.2.1 数据预处理 .....               | 21 |
| 3.2.2 主成分分析 .....               | 22 |
| 3.3.3 K-means 聚类分析 .....        | 25 |
| 3.3 宋代褙子衣身造型分类 .....            | 27 |
| 3.3.1 数据预处理 .....               | 27 |
| 3.3.2 主成分分析 .....               | 28 |
| 3.3.3 K-means 聚类分析 .....        | 31 |
| 3.4 本章小结 .....                  | 34 |
| 第 4 章 宋代褙子的二维样板模型构建 .....       | 36 |
| 4.1 宋代褙子的参数分析 .....             | 36 |
| 4.1.1 结构参数 .....                | 36 |
| 4.1.2 部件参数 .....                | 37 |
| 4.1.3 人体参数 .....                | 38 |
| 4.2 褙子制版参数化公式的构建 .....          | 38 |
| 4.2.1 褙子衣长公式 .....              | 39 |
| 4.2.2 褙子通袖长公式 .....             | 40 |
| 4.2.3 褙子其他部位公式 .....            | 40 |
| 4.3 宋代褙子的典型款式样板生成 .....         | 41 |
| 4.3.1 B-c 型 .....               | 41 |
| 4.3.2 D-a 型 .....               | 43 |
| 4.3.3 C-c 型 .....               | 46 |
| 4.3.4 A-b 型 .....               | 49 |
| 4.4 本章小结 .....                  | 51 |
| 第 5 章 宋代褙子的三维模型构建与评价 .....      | 53 |
| 5.1 宋代褙子的结构复原 .....             | 53 |
| 5.1.1 建立人体模型 .....              | 53 |
| 5.1.2 板片生成及安排 .....             | 54 |
| 5.2 面料测量与纹样复原 .....             | 56 |
| 5.2.1 面料物理属性测量 .....            | 56 |
| 5.2.2 面料表现的检测 .....             | 60 |
| 5.2.3 色彩纹样复原 .....              | 62 |
| 5.2.4 数字化建构结果 .....             | 64 |
| 5.3 宋代褙子三维虚拟构建效果评价 .....        | 65 |
| 5.3.1 宋代褙子三维虚拟构建效果评价系统的建立 ..... | 65 |
| 5.3.2 宋代褙子三维虚拟仿真评价结果 .....      | 66 |
| 5.3.3 应用价值与局限性 .....            | 70 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 5.4 本章小结 .....        | 71 |
| 第 6 章 结论与展望 .....     | 72 |
| 6.1 主要结论 .....        | 72 |
| 6.2 展望 .....          | 73 |
| 参考文献 .....            | 74 |
| 攻读学位期间发表论文和获奖情况 ..... | 78 |
| 致谢 .....              | 79 |

## 第1章 绪 论

### 1.1 选题背景与意义

#### 1.1.1 选题背景

在中国漫长的服饰文化里，宋代褙子是其中一种别具一格的服装样式，承载着丰富的社会文化内涵以及历史价值。随着汉服热的兴起与发展，学术界对于古代服饰的研究，包括对于宋代服饰的研究也呈现逐年增长的趋势。汉服当中的宋代服饰也被作为重要的款式资源，用于进行新汉服的设计和开发。同时由于文化自信，人们对传统服饰的关注不断增加，学术界对于传统服饰的学术研究也不断深入。

选择宋代褙子做三维虚拟构建，一是本身褙子作为传统服饰，具有一定的价值，二是汉服产业的发展，使人们开始对古代服饰，尤其是宋代服饰的研究逐年增加。而且随着数字化技术的发展，虚拟服装展示与复原成为传统服饰复原的一个主要的研究途径。因此本课题将宋代褙子选为研究对象，借助现代数字化技术手段，实现宋代褙子三维服装虚拟复原与展示，以此再现这一中国传统服饰风貌。

#### 1.1.2 研究意义

理论意义：

从时政研究的角度出发，对宋代褙子的研究完全以实物进行数据追溯，其次系统且全面地梳理褙子的文献来源，借助二维以及三维设计软件，达成褙子二维结构的参数化设计以及三维虚拟效果的展示，同时开展效果评价，以此完成一整套完备的古代服装数字化建构流程。

实际意义：

通过本课题展开研究，可达成宋代褙子的数字化再现，这对于弘扬中国传统服饰美学，推动文化自信的树立有积极意义。

通过本课题，丰富了宋代褙子二维样板库，增加了宋代褙子复原的数字面料，能给汉服企业带来一定启发，它可转变为契合当下时尚潮流的宋制汉服，为宋制汉服的设计以及生产给予参考。

### 1.2 国内外研究现状

#### 1.2.1 宋代褙子研究现状

##### 1.宋代褙子形制与源流研究

宋代褙子的形制以及源流成为国内学者研究的重点范畴，大多运用文献、实物以及图像相互印证的办法，朱家雨等人借助三维印证法对褙子的源流展开系统分析，说明其形制受到中单以及半臂的影响，并且由于程朱理学而朝着窄小化发展，男女款式存在明显差异<sup>[1]</sup>，胡晓等人以《瑶台步月图》作为例子，将褙子形

制细分为常服式与便服式，着重阐述衣长变化与理学思想的联系<sup>[2]</sup>。王超凭借二重证据法剖析褙子的胡汉交融特性，觉得其缺胯开衩等设计呈现了少数民族文化的影响<sup>[3]</sup>，卿源提出褙子形制“定中有变”的规律，结合墓葬实物剖析了其十字型平面结构<sup>[4]</sup>，张玲聚焦南宋女装“峭窄化”转向，指出其形制有古典雅韵又有现代气质<sup>[5]</sup>，这些研究一同指出褙子形制的多元性以及其背后的社会文化动因。

## 2.宋代褙子的艺术特征与文化内涵

学者们针对褙子的艺术特征以及文化象征展开了剖析，所涉及的角度包括色彩、纹饰以及材质等方面，谢红在 2021 年提出，褙子的纹样题材丰富多样，其中缠枝花纹较为流行，并且其材质主要是纱罗，从中可体现出宋代“简约精致”的那种审美<sup>[6]</sup>，卿源于 2021 年补充说明道，褙子的色彩主要是以低彩度褐色系为主，衣身跟缘饰搭配得十分和谐，工艺技法也很精湛<sup>[4]</sup>。程雅娟在 2013 年从乐舞服饰这一角度着手，分析了褙子在仪式表演里的符号性，像道教元素在其中的应用<sup>[7]</sup>，洪招治在 2014 年借助出土实物进行复原，强调了褙子结构简洁且实用，用色也比较独特<sup>[8]</sup>，徐吉军在 2015 年从制度与风尚发生冲突的角度，揭示出褙子存在突破等级限制的社会现象<sup>[9]</sup>。这些研究呈现出了褙子作为文化载体所有的多重意义，其中有儒家伦理带来的约束，又包含市民审美得到的解放。

## 3.宋代褙子的现代设计与创新应用

近年来，褙子元素的当代转化成为研究热点，不少学者从设计学方面探寻其创新途径，吴凡于 2024 年提出了直接借鉴、局部融合以及现代重构这三种方法，还借助问卷调查证实了消费者对褙子元素的喜好倾向<sup>[10]</sup>，李布一在 2024 年以“十字型”结构作为核心，将零浪费理念融入女装设计实践之中<sup>[11]</sup>。黄朝晖于 2020 年从造型、色彩以及纹样等多个维度提取元素，着重突出褙子文化在现代女装里的知性且优雅的呈现<sup>[12]</sup>，张然在 2019 年凭借还原南宋背子的形制并改良其结构，剖析传统与现代相融合的可能性<sup>[13]</sup>，何雪霜在 2023 年以赵伯澣墓服饰复原作为实例，为现代设计提供了历史方面的依据<sup>[14]</sup>。这些研究都重视理论和实践的结合，帮传统服饰文化实现活态传承。

## 4.宋代褙子的跨学科研究与技术应用

部分学者尝试运用数字化等技术手段来拓展研究的维度，罗富诚在 2021 年时首次针对宋代冠服展开三维虚拟建构工作，并开发出网络展示平台，为没有实物的服饰研究开辟了新的思路<sup>[15]</sup>，王成礼于 2013 年依靠制作结构样衣来验证南宋女子服装的实用性设计<sup>[16]</sup>，周思施在 2019 年运用数据化分析的方式建立起“人衣关系”，系统性地还原直领对襟服饰的造型特征<sup>[17]</sup>。段先惠于 2016 年从日常服装的整体角度出发，归纳出宋代女装“标新立异”以及“形制尚窄”的风尚特点<sup>[18]</sup>，洪招治在 2013 年以周瑀墓夹衫作为例子，分析南宋男子衫类服装的结构<sup>[19]</sup>，这些研究呈现出多学科交叉的学术趋势，为褙子研究给予了方法论方面的创新。

综合来看,国内针对宋代褙子的研究已经形成了形制考据、文化阐释、现代应用以及技术探索这四个主要方向,然而在数字化构建这一领域,仍然存在着较为广阔的发展空间,需要联合考古学、计算机科学等相关学科来深入开展研究工作。

### 1.2.2 服装数字化研究现状

#### 一、国外研究现状

服装数字化技术的起始于 20 世纪 90 年代,在这一领域国外学者有重要的奠基贡献,对文献进行检索并按照时间先后顺序进行梳理。最初瑞士日内瓦大学 Miralab 实验室所开发的“FlashBack”系统是该领域早期有代表性的成果,其中 B.Lafleur 研究团队以创新的方式采用圆锥曲面建模技术来达成裙装数字化呈现,还借助虚拟人台开展穿着测试,并建立了依据力学原理的碰撞检测机制<sup>[20]</sup>。步入 21 世纪,韩国学者 최창석、김효숙 于 2003 年提出了基于个体体型特征的虚拟人台构建方法,达成了服装与人体形态的智能适配<sup>[21]</sup>,2005 年,Volino 描述了一种服装设计与原型的框架<sup>[22]</sup>。同年,Volino 与 Magnenat-Thalmann 团队研发出三维服装编辑系统,依靠对织物属性以及版型结构进行精确建模,提高了服装数字化的仿真精度<sup>[23]</sup>。E.Turquin 则在 2007 年实现了由三维到二维的逆推过程<sup>[24]</sup>。2012 年,Sayem 与之后 2017 年发表论文的 Heekyung Jang 他们将软件优缺点作为指标,进行了 3D 技术对比<sup>[25,26]</sup>。2015 年之后,韩国学者 Kang Zi-young 在布料物理仿真算法方面有了突破,其开发的褶皱模拟技术凭借优化织物力学特性参数,提高了虚拟服装的视觉真实感<sup>[27]</sup>,在 2016 至 2021 年间,俄罗斯学者 Victor Kuzmichev 在历史服饰数字化复原领域取得关键成果,他创新性地把传统裁剪工艺与熨烫技术纳入三维建模体系,提高了历史服装数字重构的准确性<sup>[28-30]</sup>。Moskvin 在 2019 年通过对裙子元素进行分析,利用数字化技术完成了笼形裙的复原<sup>[31]</sup>。2020 年,Sohn 发现了三维技术在批量定制上的应用前景<sup>[32]</sup>。S.Tavakko 在 2020 年提出了对仿真软件和三维展示平台进行了说明<sup>[33]</sup>。

#### 二、国内研究现状

我国服装数字化研究发展较为缓慢,按照时间先后顺序,对该方面进行了相关文献的检索于梳理,1998 年 Jing Gu 利用摄影机拍摄图像进行三维建模<sup>[34]</sup>,2006 年,孙守迁团队将 VRML 与服装 CAD 技术相融合,创新性地研发出了适用于网络平台的三维服装可视化系统<sup>[35]</sup>。2007 年 Z.G.Pan<sup>[36]</sup>则详尽地介绍了三维虚拟内容,给出细节具体流程,刘鹄燕运用 Virtools 平台构建了有交互功能的虚拟服装展示环境,达成了场景与服装效果的动态演示<sup>[37]</sup>,Tong 团队用三个指标进行虚拟模特的自动构建<sup>[38]</sup>,2013 年,高旭采用虚拟现实技术对彝族服饰展开三维动态模拟,为民族服饰保护提供了新的思路<sup>[39]</sup>。2015 年马仁源利用 Unity3D 平台达成了汉代服饰的三维可视化与交互展示<sup>[40]</sup>,蔡柳萍在 2015 年对比了几种三位服装软件,通过悬垂性模拟、虚拟模拟、三维展示实现纸样从三维到二维平面的

转换<sup>[41]</sup>，2017年马芬芬借助 CLO3D 软件，从微观结构、版型参数等多个维度构建藏族服饰数字化模型，并且建立了仿真效果评估体系<sup>[42]</sup>，2018年 Pengpeng Hu 利用扫描仪，结合位姿对称与性状对称两种方法进行了人体三维对称网络构建<sup>[43]</sup>。刘凯旋则在 2018 年提出了一种无需门槛的自动制版方法<sup>[44]</sup>，2019 年刘思彤凭借实地调研博物馆馆藏，采用影像采集与实物测绘相结合的办法获取锡伯族服饰数据，运用 CLO3D 完成数字化复原，还构建了主观评价模型<sup>[45]</sup>。Jiang 在 2019 年对古代服饰修复则利用织物参数与数学算法结合<sup>[46]</sup>。2020 年朱庆艳通过透视图、压力图、变形率与接触点四个角度，对虚拟效果进行评价<sup>[47]</sup>。Wu 在 2020 年通过三维人体扫描仪对人体尺寸数据进行分析，优化了潜水服样板<sup>[48]</sup>。2021 年，江南大学的蒋高明与刘海桑在总结服装虚拟展示存在的问题后指出，除了要考虑服装模拟的真实性和精确性以外，还需考量所使用计算机设备的性能是否可支撑服装展示时系统运行的速度以及展示画面的质量<sup>[49]</sup>，提出了“应提高服装模型在移动平台的应用性”这一问题。

本课题主要围绕数字化技术在传统服饰复原领域的应用展开，特别关注古代汉族服饰中实物遗存较少的部分进行虚拟重建，刘凯旋对马王堆汉墓出土服饰的复原工作有一定参考价值<sup>[50]</sup>，他还开展了针对壁画的复原修复研究<sup>[51]</sup>，目前已有研究大多以现存少数民族服饰实物为基础，利用现代测量技术获取色彩、形制等参数并进行数字化呈现。但是对于众多已消失的汉族传统服饰而言，因实体样本稀缺，很难直接采集到结构尺寸、面料色彩等关键数据，在此种情形下，借助文献考据、图像分析以及类比推演等方法达成精准的数字化复原，成为当前急需解决的研究难题。

### 1.3 研究内容与研究方法

#### 1.3.1 研究内容

本课题研究内容可分为以下四个部分：

##### （1）相关理论与研究综述

通过对文献的搜集，阐述了褙子的由来，并界定本课题研究范围仅限于宋代出土实物褙子，对所收集的相关实物资料进行了数据分类统计。列举课题研究的相关理论和技术主要涉及服装样板参数化设计和服装三维建模技术两大部分，因此简要说明了服装参数化设计方法和服装三维建模技术的主要原理、方法和发展。最后对不同三维建模软件的列举与比较，选择了适合本研究所使用的服装三维建模软件。

##### （2）宋代褙子的形制分析

针对宋代褙子的袖部形态以及衣身造型等相关数据进行主成分分析 (PCA)，以及 K-means 聚类分析，并将得到的结果应用于宋代褙子的形制分析。

##### （3）宋代褙子的参数化分析及二维样板模型构建

将宋代褙子参数划分为结构参数、部件参数以及人体参数。并选取了最具代表的褙子衣长公式、通袖长公式进行参数化公式的分析，在此基础上，对四款宋代褙子典型款式进行参数化二维样板的生成。

#### （4）宋代褙子的三维模型构建与评价

运用 CLO3D 完成了四个典型款式褙子的三维白坯服装建构；接着对 2 款复原面料进行物理属性测量和面料表现检测，获得可用于三维建模的数字虚拟面料；再对褙子实物图片进行色彩提取和纹样复原，确定了 RGB 值和修复的数字化纹样；结合以上结果完成了四个典型褙子的三维数字化构建；最后利用评价体系对构建效果进行评价。

### 1.3.2 研究方法

文献研究法：对具有参考价值的文献资料进行整合。

实验法：使用富怡 CAD 软件绘制宋代褙子的二维板片，并利用 CLO3D 软件对其典型款式进行三维虚拟建模。通过相关设备测量 2 种修复面料的物理属性和纹理图，以生成虚拟面料。同时，对褙子的色彩和纹样进行复原，以提升最终三维虚拟建模的效果。

实物研究法：对现存宋代褙子出土的实物和相关资料进行梳理，并将他们进行对比分析。

## 1.4 技术路线与创新点

### 1.4.1 技术路线

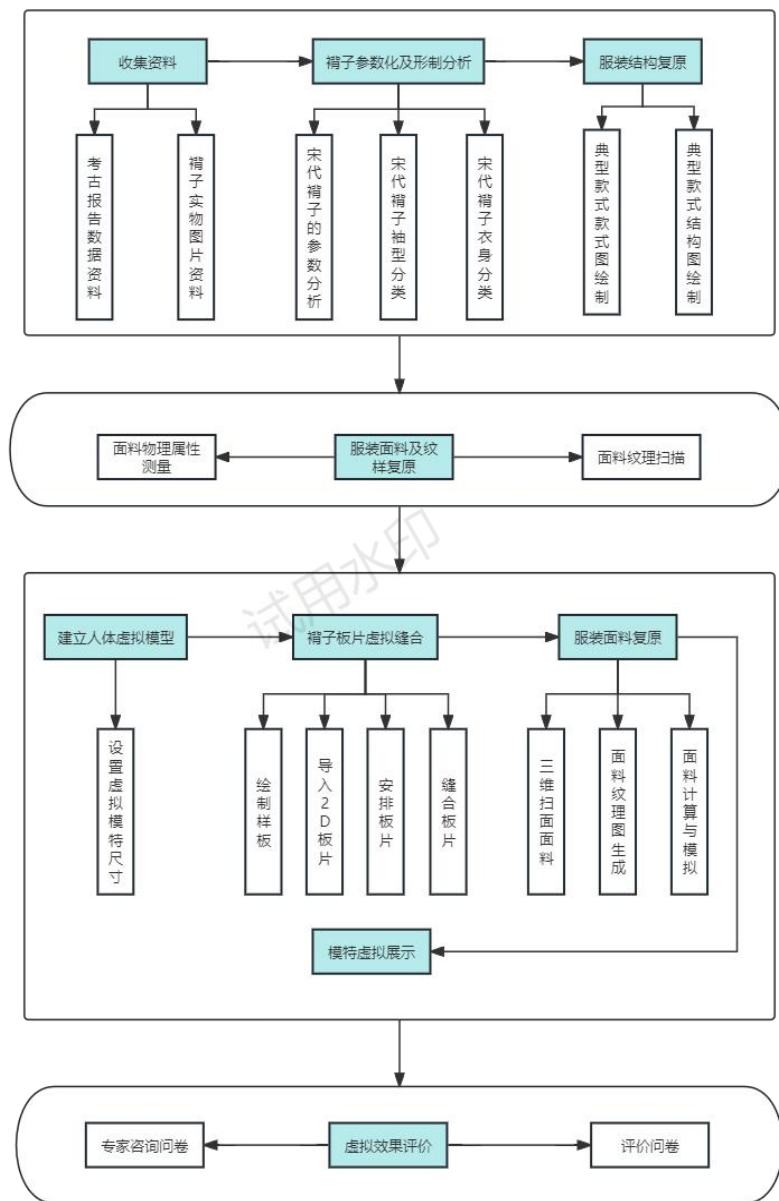


图 1-1 技术路线流程图  
Figure 1-1 Technical roadmap

### 1.4.2 研究创新点

通过对文物考古报告数据的整理,采用主成分和 K-means 聚类的方法对宋代裙子袖部形态、衣身造型进行分析,并将袖型分为 A 型、B 型、C 型、D 型,衣身分为 a 型、b 型、c 型。

借助参数化设计的方法,完成宋代裙子二维样板的生产;再利用 CLO3D 软件从虚拟模特——白胚服装建模——数字面料——色彩纹样的复原——三维服装建模,探索了一套完整的数字化宋代裙子建构流程。

## 第2章 相关理论与研究综述

### 2.1 宋代褙子相关理论及研究

#### 2.1.1 宋代褙子的界定

##### 一、褙子的由来

褙子也被称作“背子”，还可以叫做“绰子”或者“搭护”，至于褙子名称的由来，《朱子语类》中有这样的记载：“背子乃婢妾之服，以其行直主母之背，故而得名背子。”这句话说明褙子最初是婢妾等身份地位较低的女性所穿着的服饰，由于她们大多时候需要随侍在主母身后，被称作“背子<sup>[52]</sup>”。《事物纪原》记载“唐高祖减袖，谓之半臂，今背子也，江淮之间，或曰绰子……今俗名搭护<sup>[53]</sup>。”唐代的“半臂”或许是褙子的前身，它的特点是袖子较短或者没有袖子，比较适合日常活动穿着，到了宋代，褙子成为广泛流行的一种服饰，江淮地区把它叫做“绰子”，而民间则通俗地称其为“搭护”。

对于褙子的起源，学术界存在着诸多不同的看法和争议，其中一部分人觉得它最早出现在隋唐时期，并且与“半臂”有着一定的关联；也有其他人主张其始于宋代；在褙子是否受到少数民族服饰影响这一问题上同样存在争议，有学者指出，它的形制或许吸收了北方游牧民族服饰的某些元素，另一些学者则着重强调其本土化的发展演变历程。

##### 1. 半臂说

当下学界较为流行的一种说法是半臂是褙子的前身，半臂也被称作半袖，《释名》中有记载：“半袖，其袂半，襦而施袖也<sup>[54]</sup>，”它是在襦这种短衣的基础之上增添了短袖而形成的，保留了襦的基本样式，穿着起来较为方便，在唐代颇为兴盛。

同样，《合璧事类》卷三十五《背子》中写到：“背子，本半臂，武士服。古礼，士人只系勒帛，盖有垂绅之意，后有勒帛不便于摺笏，故稍易背子，然须用上襟、腋下与背皆垂带，大观间未之有改。近背子又引为长袖，与半臂制已不同，士人而衣武士服，恬不为异，流俗使然乎<sup>[55]</sup>。”半臂原本是武士所穿着的服饰，士人一般情况下只需系勒帛，后来因为勒帛在携带笏板这件事上不太便利，才逐步改用了褙子，然而此时褙子的设计依旧要在上襟、腋下和背部垂带，这样的形制在宋徽宗大观年间都未曾有过改变。到后来褙子又演变成了长袖，和最初的半臂形制已经有了很大的差异，类似的，在《石林燕语》卷十中记载：“背子，本半臂，武士服，何取于礼乎<sup>[56]</sup>？”

褙子与半臂相比较而言，其袖长以及衣长都在一定程度上有所加长，在形制方面，二者均为对襟合领，而且半臂出现的时间要早于褙子，学界比较认可的观点是，褙子乃是在半臂的基础之上发展演变而来的。

## 2.中单说

中单是指祭服、朝服的里衣，在《文献通考君臣冠冕服章》里记载着“祭服、朝服的裹衣。古称中衣。自唐以后渐趋简易，变通其制，腰无缝，下不分幅，顾称中单<sup>[57]</sup>，”从中可看出，中单作为礼服或者朝服的内层衣物，是一种上下通幅的古代内衣，它的形制比较简单，是交领右衽的样式，而且下摆不开衩。交领的设计呈现出古代服饰的礼仪性，右衽符合汉族的传统习俗，腋下的系带能起到固定衣物的作用，还可以增加穿着时的舒适性与便利性。

《文献通考》记载“长背子，古无之....详今长背既与裘制大同小异，而与古中单又大相似，殆加减其制而为之耳。则中单腋下缝合，而背子则离异其裾；中单两腋各有带，穴其掖而互穿之，以约定裹衣，至背子则既悉去其带，惟此为异....今世好古而存旧者，缝两带缀背子，腋下垂而不用，盖放中单之交带也。虽不以束衣而遂舒垂之，欲存古也<sup>[57]</sup>。”这段话说明褙子与中单在形制方面存在诸多相似之处，二者的区别在于中单腋下部分为缝合状态，褙子则是两侧开衩，中单两腋各有带子，褙子却没有这些带子，有些喜好古风的人会在褙子腋下缝合两条带子，使其虚垂而不使用，这也是男式褙子有别于女式褙子的一个典型特征。

## 3.旋袄说

对于褙子的起源，在学术界还有另外一种看法，即认为它是从旋袄演变而来的，知名服饰史学家沈从文在其所著的《中国古代服饰研究》里，清晰地把褙子称作旋袄，比如在对《杂剧人物图》展开分析时，就将画里女性身上穿着的服饰形容为“戏装妇女所穿的那种对襟旋袄搭配腰袄”。这种观点在其他一些艺术作品当中也可找到相应的证据，像《瑶台步月图》、河南禹县白沙北宋元符三年赵大翁墓壁画，以及砖雕《厨娘》等作品里面描绘的服饰，沈从文都将其标注为“对襟旋袄”，这些实物资料给褙子源于旋袄的这种说法提供了关键的依据。

关于旋袄的形制，《因话录》中有这样的记载：“近岁衣制，有一种如旋袄，长不过腰，两袖仅掩肘，以最厚之帛为之，仍用夹裹，或其中用绵者，以紫皂缘之，名曰貉袖，闻之起于御马院围人。短前后襟者，坐鞍上不妨脱着；短袖者，以其便于控驭耳。古人所谓狐貉之厚，以居裘裘，长短右袂制，皆不如此。今以所谓貉袖者，袭于衣上，男女皆然。三代衣冠乱常，至于伏诛，今士大夫服此而不知怪。<sup>[58]</sup>”据此可以知道貉袖与旋袄应当属于同一类服装，它们的形制类似于半臂那种短袖，门襟也相对较短，这样的设计方便骑射。

## 4.道服说

前三种说法是依据形制而提出来的,道衣说却是结合当时社会上道教盛行的文化影响以及时代背景之后才提出来的,张蓓蓓在《女服褙子形制源流辨析——从唐宋之际“尚道”之风及女冠服饰谈起》里表示女褙子源自“女冠道服<sup>[59]</sup>。”

经由上述关于褙子的四种起源可明显看出,女款褙子同半臂之间存在紧密且不可分割的关联,男款褙子和中单之间也有着紧密相连的关系,故而本课题为了深入研究宋代褙子的结构特征,对其展开了系统的梳理工作。

## 二、本课题对褙子研究范围的界定

褙子是宋代常见的一种服装,相关的文字记载和表述主要有:

(1)南宋《演繁露》中对褙子的记载为“今人服公裳,必衷以褙子。褙子者状如单襦、袷袂,特其裾加长,直垂至足焉耳,其实古之中褙也。褙之字,或为单,皆音单也。古之法服朝服,其内必有中单,中单之制,正如今人褙子,而两腋有交带横束其上。今世之慕古者,两腋各垂双带,以准褙之带,即本此也<sup>[60]</sup>。”

(2)周锡保在《中国古代服饰史》中的描述为:“或作褙子(褙同背),又名綽子。在宋代,男子和妇女们都穿着它的,但其使用、形式及时间上都有不同的变化<sup>[61]</sup>。”

(3)黄能馥、陈娟娟在《中国服饰史》中称“褙子是隋唐时期流传下来的短袖式罩衣。宋代褙子变成长袖、腋下开衩的长衣服。宋代褙子的领型有直领对襟式、斜领交襟式、盘领交襟式三种,以直领式为多。斜领和盘领二式只是男子在公服里面所穿,妇女都穿直领对襟式<sup>[62]</sup>。”

(4)刘瑞璞在《古典华服结构研究——清末民初典型袍服结构考据》中称褙子为“直领对襟、下摆两侧开高衩<sup>[63]</sup>。”

(5)段先惠在硕士论文《宋代妇女日常服装研究》中认为宋代妇女褙子主要为直领对襟,前襟不施襟纽,与明代的披风形式相同,袖有宽窄二式,领和袖端一般用不同织物做出缘边,衣长不等<sup>[18]</sup>。

由此可见,宋代褙子的特征及其形制,男女各有不同,甚至各个时期不同阶级所穿着的款式也各有不同,褙子的概念也存有较多说法。从出土文物资料调研来看,宋代墓葬中已出土的一定数量的褙子实物。因此,从资料来源的可靠性和数据准确性方面考虑,本课题研究范围仅选择含有实物数据资料的宋代出土实物褙子,对绘画、典籍、塑像等方面的褙子不做涉及。

### 2.1.2 宋代褙子的数据获取

本课题采用数字化的方法进行宋代褙子研究,所以数据资料的获取尤为重要。据调查,宋代褙子实物主要集中在福州茶园山宋墓、福州南宋黄昇墓、金坛南宋周瑀墓以及德安南宋周氏墓。这些墓葬中出土的褙子保存状况相对良好,能较为清晰地呈现宋代褙子的剪裁方式、面料选用以及装饰细节,是研究宋代褙子极为珍贵的第一手资料,这四座宋代墓葬的简要情况如下:

#### (1) 福州茶园山宋墓

该墓葬是一座南宋时期夫妻合葬墓，其下葬时间为南宋端平二年即公元1235年，1986年在福建省福州市被发现并进行发掘，墓室中的女主人身高约为135厘米，该墓出土了大量保存状况较为良好的丝织品，总数多达400多件，其中包含3件褙子。

#### （2）福州南宋黄昇墓

黄昇墓的下葬年份是南宋淳祐三年，也就是公元1243年，其于1975年在福州浮仓山北坡这个地方被发掘出来，墓主人是一位女性，经测量她的身高为160厘米，在这座墓中出土了数量多达354件的丝织品，其中包含4件褙子。

#### （3）金坛南宋周瑀墓

该墓葬的下葬时间是南宋景定二年也就是1261年，在1975年于江苏省金坛县被发掘出来，墓主人是男性，身高为152厘米，这座墓出土了33件衣物以及饰品，其中包含7件褙子，这些褙子大多属于男性服饰，其设计呈现出简洁且大方的特点，呈现出宋代士人阶层的审美倾向，也揭示出宋代士人阶层的服饰文化以及他们在社会当中的地位。

#### （4）德安南宋周氏墓

其下葬时间是南宋咸淳十年即1274年，1988年在江西省德安市被发现并进行发掘，墓主为女性，身高152厘米，该墓葬出土了329件衣物以及丝织品，其中有6件褙子，这些褙子款式多样工艺精湛，体现出宋代服饰的多样特点以及高超的纺织技术水平。

通过对以上四个墓葬考古报告的收集与整理，共筛选出20件褙子，其文物资料统计表见表2-1。

表 2-1 褙子文物资料统计表<sup>[64-67]</sup>  
Table 2-1 Statistical table of cultural relics of Shuzi

| 序号 | 褙子名称       | 褙子图片                                                                                | 资料来源     | 褙子材质 | 馆藏     |
|----|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|------|--------|
| 1  | 紫褐色镶绣边窄袖褙子 |  | 《福州文物集萃》 | 罗    | 福州市博物馆 |
| 2  | 烟色镶边窄袖褙子   |  | 《福州文物集萃》 | 绉纱   | 福州市博物馆 |
| 3  | 烟色镶金边窄袖褙子  |  | 《福州文物集萃》 | 绉纱   | 福州市博物馆 |

|    |              |                                                                                     |           |    |        |
|----|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|--------|
| 4  | 黄褐色罗镶花边窄袖褙子  |    | 《福州南宋黄昇墓》 | 罗  | 福建省博物馆 |
| 5  | 褐黄色镶花边窄袖褙子   |    | 《福州南宋黄昇墓》 | 罗  | 福建省博物馆 |
| 6  | 褐色暗花镶花边窄袖褙子  |    | 《福州南宋黄昇墓》 | 罗  | 福建省博物馆 |
| 7  | 紫灰色绉纱镶花边窄袖褙子 |   | 《福州南宋黄昇墓》 | 绉纱 | 福建省博物馆 |
| 8  | 素色罗镶宽边窄袖褙子   |  | 《德安南宋周氏墓》 | 罗  | 德安县博物馆 |
| 9  | 印花襟边宝花纹窄袖褙子  |  | 《德安南宋周氏墓》 | 罗  | 德安县博物馆 |
| 10 | 烟色梅花罗镶花边窄袖褙子 |  | 《德安南宋周氏墓》 | 罗  | 德安县博物馆 |

|    |                  |                                                                                     |           |   |        |
|----|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---|--------|
| 11 | 印金折枝花纹窄袖夹褙子      |    | 《德安南宋周氏墓》 | 罗 | 德安县博物馆 |
| 12 | 印花罗褙子            |    | 《德安南宋周氏墓》 | 罗 | 德安县博物馆 |
| 13 | 泥金杂宝纹襟边长安竹纹窄袖单褙子 |    | 《德安南宋周氏墓》 | 罗 | 德安县博物馆 |
| 14 | 牡丹(素)罗合领褙子       |    | 《金坛南宋周瑀墓》 | 罗 | 金坛县博物馆 |
| 15 | 缠枝花合领褙子          |  | 《金坛南宋周瑀墓》 | 纱 | 金坛县博物馆 |
| 16 | 素纱合领褙子           |  | 《金坛南宋周瑀墓》 | 纱 | 金坛县博物馆 |
| 17 | 牡丹罗合领褙子          |  | 《金坛南宋周瑀墓》 | 罗 | 金坛县博物馆 |
| 18 | 素纱合领褙子           |  | 《金坛南宋周瑀墓》 | 纱 | 金坛县博物馆 |
| 19 | 绢合领褙子            | ——                                                                                  | 《金坛南宋周瑀墓》 | 绢 | 金坛县博物馆 |

20

小花绮合领  
褙子《金坛南宋周  
瑀墓》

绮

金坛县博  
物馆

在福州茶园山宋墓、福州南宋黄昇墓、金坛南宋周瑀墓、德安南宋周氏墓这四个墓葬的考古发掘简报中,均有褙子实物的相关尺寸数据以及墓主人的身高信息。鉴于男款与女款褙子存在较大差异,故而按照性别对它们进行了分类处理。女式褙子尺寸数据见表 2-2, 男式褙子尺寸数据见表 2-3。

表 2-2 女式褙子尺寸数据表<sup>[64-66]</sup>  
Table 2-2 Size data table of women's gowns

(单位: cm)

| 名称               | 衣<br>长 | 通袖<br>长 | 腰<br>宽 | 下摆<br>宽 | 袖<br>宽 | 袖口<br>宽 | 开衩<br>高 | 墓主身<br>高 |
|------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|----------|
| 紫褐色镶绣边窄袖褙子       | 85     | 160     | 43     | —       | 18     | 9       | —       | 135      |
| 烟色镶边窄袖褙子         | 84     | 150     | 44     | —       | 18     | 8       | —       |          |
| 烟色镶金边窄袖褙子        | 73     | 140     | 47     | —       | 24     | 24      | —       |          |
| 褐色暗花镶花边窄袖褙子      | 112    | 130     | 48     | 58      | 21     | 23      | —       | 160      |
| 褐黄色镶花边窄袖褙子       | 123    | 145     | 54     | 61      | 23     | 26      | —       |          |
| 黄褐色罗镶花边窄袖褙子      | 131    | 134     | 54     | 59      | 22     | 25      | —       |          |
| 紫灰色绉纱镶花边窄袖褙子     | 124    | 147     | 53     | 59      | 25     | 28      | —       |          |
| 印花罗褙子            | 99     | 174     | 52     | 65      | 22.5   | 15.5    | 49      | 152      |
| 泥金杂宝纹襟边长安竹纹窄袖单褙子 | 92.5   | 160     | 49     | 60      | 20     | 15.5    | 41      |          |
| 印金折枝花纹窄袖夹褙子      | 93     | 152     | 52     | 66      | 24.5   | 16      | 45      |          |
| 烟色梅花罗镶花边窄袖褙子     | 106    | 159     | 49     | 69.5    | 23     | 15      | 52.5    |          |
| 印花襟边宝花纹窄袖褙子      | 106    | 160     | 55     | 66      | 23     | 16      | 55      |          |
| 素色罗镶宽边窄袖褙子       | 109    | 159     | —      | 74      | 24     | 14      | —       |          |

表 2-3 男式褙子尺寸数据表<sup>[67]</sup>  
Table 2-3 Size data table of men's gowns

(单位: cm)

| 名称      | 衣<br>长 | 通袖<br>长 | 腰<br>宽 | 袖<br>宽 | 袖口<br>宽 | 前襟下摆<br>宽 | 后襟下摆<br>宽 | 系带<br>长 | 墓主身<br>高 |
|---------|--------|---------|--------|--------|---------|-----------|-----------|---------|----------|
| 素罗合领褙子  | 127    | 272     | 71     | 51     | 62      | 101       | 90        | 28      | 152      |
| 绢合领褙子   | 120    | 268     | 71     | 46     | 61      | 101       | 85        | 28      |          |
| 缠枝花合领褙子 | 121    | 268     | 74     | 52     | 59      | 101       | 89        | 28      |          |
| 素纱合领褙子  | 121    | 264     | 69     | 51     | 61      | 101       | 82        | 24      |          |

子

素纱合领襖

122

276

68

51

61

101

82

25

子

牡丹罗合领

122

268

71

54

64

92

79

25

襖子

小花绮合领

120

260

—

—

61

——

78

——

襖子

## 2.2 服装样板的参数化设计

### 2.2.1 参数化设计

参数化设计是一种基于参数约束的数字化设计方法。其核心思想是通过定义几何图形的关键参数及其相互关系，构建可动态调整的设计模型。在该模式下，设计者能够通过修改参数值直接驱动几何形状的变化，从而实现快速造型与优化处理。

参数化设计的本质在于约束驱动建模，即以尺寸关联为基本特征，将几何对象视为参数化表达的可变模型。相较于传统设计方法，参数化模型不仅记录最终设计结果，更重要的是存储了完整的设计逻辑与参数关系。因此，用户仅需调整输入参数，即可实现对几何形态的精确控制，而无需重新构建模型。这种设计模式极大地提升了设计的灵活性和可复用性，适用于需要频繁修改和迭代优化的应用场景。此种方法在建筑领域被广泛运用，用以处理建筑设计里的复杂性与精细化要求，随着技术持续进步，参数化设计渐渐渗透至其他领域，在服装设计里有了越来越广泛的运用。

### 2.2.3 服装参数化设计

服装参数化设计就是以人体尺寸数据为基础，通过点线结合构成平面几何图形，来形成服装结构样板，样板再通过缝制加工形成最终的服装。参数化设计于服装制版领域的应用，是通过定义一组结构参数来实现对几何数据的约束，并构建参数间的关联关系。通过调整参数取值，可以驱动基础版型的几何信息变化，从而生成新的服装版型。研究表明，版型设计的参数化水平直接影响设计效率，当参数体系及其逻辑关系构建得越合理，所生成的服装版型就具有越好的适体性。

参数化是把复杂问题给予简单化的一种方式，其核心观念是把设计里的各个要素转变为可量化的基本参数，借由这样的途径，更精准地预测以及优化最终的设计成果，最初的时候，此种方法在建筑领域被广泛运用，用以处理建筑设计里的复杂性与精细化要求，随着技术持续进步，参数化设计渐渐渗透至其他领域，在服装设计里有了越来越广泛的运用。参数化设计于服装领域的应用，主要是把纸样的尺度序列和技术参数之间的约束关系相结合，在服装设计进程中，依据不断变动的技术参数，精准地调整服装的设计参数，这种方法可提升产品设计的精度，也可提高速率。

随着计算机技术的发展,参数化设计与服装 CAD 技术相结合,成为服装数字化技术的重要方法和手段之一。何援军研究团队<sup>[68]</sup>开发出了参数化零部件数据库系统,此系统为服装个性化定制给予了技术方面的支持,该系统可支持依据特定需求来对设计参数进行动态优化,使得设计精准度得到了提升,王舒学者<sup>[69]</sup>在这个基础之上深入研究,把参数化方法扩展到了生产工艺领域,达成了零部件参数与加工参数的智能匹配。其创新之处在于构建了人体-服装关联模型,借助对人体尺寸变化规律展开分析,研发出了可自动调节样板参数的智能算法,这些研究为服装数字化设计奠定了关键的理论基础,达成了服装设计过程的自动化,这一方法优化了设计效率,还为个性化定制提供了可行的技术途径。

从另一个角度来看,机器学习神经网络在服装设计方面的运用正逐渐显露出巨大的潜力,神经网络作为一种拥有出色非线性建模能力的机器学习方式,在应对复杂设计任务时呈现出明显优势,就服装工程领域而言,吴俊<sup>[70]</sup>在研究西裤样板设计期间,创新性地运用 BP 神经网络算法,构建了专门的裤装样板预测模型,还对该模型的性能展开了系统性评估,来得到更为精准的样板设计成果。此方法为传统样板设计提供了全新思路,借助智能化算法优化设计,在服装智能设计领域,谢红研究团队<sup>[71]</sup>提出了创新性办法,他们研发了基于神经网络的衬衫参数化设计系统,该系统把人体关键部位尺寸当作输入变量,将服装版型核心参数作为输出目标,依靠机器学习算法达成了设计参数的智能优化。这一方式切实提高了成衣设计的准确性和效率,该研究显示,神经网络可有效处理复杂的尺寸与版型之间的关联,优化成衣设计流程,提高了定制化设计的效率与精度。

刘芳<sup>[72]</sup>在该基础之上深入运用神经网络,并对其优化方法展开实验验证,实验结果显示,优化后的神经网络模型收敛速度快,而且误差小,设计结果更为精确,这些研究成果证实了神经网络于服装设计中有极大的应用潜力,为智能化服装设计以及个性化定制提供了有力技术支撑。

综合来看,参数化设计同机器学习神经网络相互结合,给服装设计领域给予了不曾有过的创新契机,这种技术融合让设计过程变得更为智能、自动化,且大幅提升了设计的精准度和效率,随着技术持续发展,未来服装设计会变得日益朝着数字化、个性化以及自动化的方向迈进。

### 2.2.3 服装参数的基本构成

服装参数化构成是近年来服装计算机辅助设计(CAD)技术领域的重要研究方向,其技术核心在于运用参数化建模方法实现服装设计要素的数字化重构。该技术通过建立人体形态学参数、服装结构参数、面料力学特性参数等多维变量之间的数学关联,构建具有高度智能化的参数驱动模型,能够自动生成符合设计要求的服装三维虚拟样衣及二维裁片展开图。相较于传统依赖人工测量、经验判断和手工制图的设计模式,这种基于参数化技术的新型设计方式在多个维度展现出显著优势:首先,在设计效率方面,通过参数关联和算法驱动实现了设计流程

的自动化；其次，在经济性方面，减少了样衣制作次数和材料浪费，有效降低了研发成本；更重要的是，在个性化服务方面，为大规模服装定制提供了可靠的技术实现路径。

## 2.3 服装三维建模技术与软件

### 2.3.1 服装三维建模技术

三维服装建模技术可在交互式虚拟环境里模拟服装的合体度、舒适度以及美观性等特征，提前预测即将生产的服装在实际穿着时的表现，以此加速服装设计过程中的打板、放码以及试衣等环节，该技术的应用可较大提升设计效率，还可以在 design 阶段就实现对服装成品的精准预估，提高服装设计质量，有效契合客户的个性化需求。随着技术持续发展，三维服装建模技术已成为现代服装设计领域中不可缺少的关键研究方向。

三维服装建模技术开展研究，在三维服装 CAD 也就是计算机辅助设计系统里的应用，慢慢变成这个领域的研究热门，国内和国外学者所做研究大多聚焦于服装局部部件建模，像是衣领、衣袖这类服饰细节的三维模拟，不过针对整体服装款式的建模技术研究还是比较少，当下虽说局部建模技术有了一定进步，可是怎样在这之上构建有高度可操作性、准确性的三维服装款式模型依旧是迫切需要解决的课题。怎样在三维建模里综合考量人体特征与服装款式的相互关联，打造精准的服装款式模型，并且达成其参数化建模，是未来研究的关键方向。

近年来，三维人体扫描技术以及空间点测量技术持续成熟，人体建模方法也取得了一定进展，三维空间测量技术，能对人体精准测量，可为服装设计提供精确数据支持，提升服装设计的个性化与精准程度，基于这些成熟技术手段，怎样挑选最合适的建模方法，构建契合人体工程学及时尚需求的三维服装款式模型，成了三维服装建模技术研究的关键议题。

随着计算机技术以及数字化手段持续创新，三维服装建模技术的研究呈现出快速发展的态势，优化建模方法、提高服装款式模型精度、加强人体与服装交互模拟，可提升服装设计效率和质量，推动服装产业朝着智能化、个性化方向发展。

### 2.3.2 服装三维建模软件的种类

当下三维建模技术于服装产业里的运用已构建起多元化技术格局，依据系统功能特点可把它划分成两大技术体系，其中一个 is 通用型三维建模解决方案，像 Autodesk 公司所开发的 3D Studio MAX 以及 Alias Systems Corporation 研发的 Maya 系列就是典型代表。这类软件拥有强大的多领域建模能力，它的参数化建模架构和 NURBS 曲面编辑系统可支持复杂几何体的搭建，在影视特效、工业设计等领域有着广泛应用，不过缺少对服装专业特性的针对性支持。

以及一类是服装产业专门的数字化解决方案，其典型代表有 CLO Virtual Fashion 推出的 CLO3D、Optitex 公司的三维服装设计系统、3D Runway 专业平

台以及 Physan Digital Creation Suite 等,这类系统整合了纺织材料物理仿真引擎,运用先进粒子系统算法达成织物悬垂性模拟,还配备参数化版型调整模块,能精准再现织物与人体模型的交互动力学特性。Optitex 系统创新的多层缝合检测技术值得一提,凭借实时碰撞检测算法有效解决了虚拟缝制过程中的穿透问题,行业数据显示,采用专业化服装建模系统能让样衣开发周期缩短 40 - 60%,减少了传统打样过程中的物料损耗。

### 一、常规建模软件

3D Max 大多时候被应用于游戏、建筑、工业设计、多媒体制作以及工程可视化等诸多领域,它的建模功能可实现各类几何体以及复杂模型的构建,在材质与纹理编辑方面也较为完备,虽说 3ds Max 拥有一定的服装建模功能,然而其核心优势并不在于服装设计领域,在进行服装建模时,3D Max 一般需要借助插件或者特定工具方可达成,比如说 GarmentMaker 插件,它可把服装轮廓转化成三角网格模型,并且开展一些布料模拟工作。不过其布料模拟功能主要依靠物理引擎,在复杂布料的模拟以及穿着效果呈现上,或许比不上专门的服装建模软件。

Maya 在动画、影视后期以及三维动画等领域有着更为突出的表现,它所拥有的强大动画功能以及角色建模工具,促使其在游戏制作与影视创作过程中得到了广泛应用,Maya 同样有一定的材质与纹理编辑能力,不过 Maya 在服装面料模拟以及虚拟试衣这两方面,功能存在一定局限性,而且它的布料模拟效果或许比不上专门用于服装建模的软件。

3dMax 和 Maya 作为三维建模软件,功能较为强大,不过二者侧重点与应用场景存在差异,虽说二者均可用于服装建模,然而在服装面料及穿着模拟方面,效果欠佳,故而本研究未选用它们。

### 二、专业服装建模软件

在服装数字化技术这个领域里,不同地区的软件系统呈现出十分突出的技术差异特性,在北美研发体系当中,PGM 公司所推出的 Optitex 系统运用双工作流程架构,把二维制版和三维建模功能整合在一起,它的核心优势在产业链协同这方面得以体现,该系统借助 DXF 格式智能转换模块达成样版数据的快速导入以及参数化调整,其专利技术 Triangulated Surface Mapping 可支持二维裁片到三维曲面的实时映射,再结合自动排料算法可将面料利用率提高到 92%以上。与之配套的 PGM-Cut 裁剪方案运用机器视觉定位技术,把裁剪误差控制在  $\pm 0.5\text{mm}$  范围之内,优化了生产环节的物料损耗。

同样属于 PGM 产品线的 3D Runway 系统着重关注人体工程学仿真,它的 Biometric Scanning 模块借助结构化光扫描技术来构建高精度人体点云模型,可支持胸围指数、肩斜角度等 34 项体型参数进行动态调整,其 Fabric Mechanics 引擎运用有限元分析法,可模拟不同克重面料在重力场下悬垂系数的变化情况。

然而该系统的人体数据库主要依据 WHO 公布的欧美人体测量标准建立,对于亚洲体型特征的覆盖比例不到 60%。

与之形成对比的是,韩国所研发的 Physan DCSuite 和 CLO3D 这两款专业软件,在对亚洲人体型特征进行模拟时呈现出优势,Physan DCSuite 有着使用起来较为友好的操作界面,以及成体系的功能模块,从样板设计开始一直到成衣生产的整个流程它可囊括,其中有版型可快速调整的功能,也有三维服装可实时裁剪的功能。该软件可以精准地模拟出多种面料的特性,像丝绸、棉布、毛呢以及缎料等,还可以支持设置多项物理参数,比如密度、厚度以及抗弯刚度等,并且添加各类辅料配件也很方便。

CLO3D 作为升级版本,它继承了 Physan DCSuite 的核心功能,并且创新性地采用双窗口显示模式,让二维版型与三维模拟可同步呈现出来,使得版型调整的精确度有所提升,它的特色功能以及动态走秀模拟以及服装动画录制等高级展示能力。

鉴于上述所提及的技术方面的优势,经过全面的考量与分析,本研究最终确定选用 CLO3D 作为三维建模的工具。

## 2.4 本章小结

本章阐述了褙子的由来,并界定本课题研究范围仅限于宋代出土实物褙子,对所收集的相关实物资料进行了数据分类统计。课题研究的相关理论和技术主要涉及服装样板参数化设计和服装三维建模技术两大部分,因此简要说明了服装参数化设计方法和服装三维建模技术的主要原理、方法和发展。通过对不同三维建模软件的列举与比较,选择了适合本研究所使用的服装三维建模软件。

## 第3章 宋代褙子的形制分析

考古报告及博物馆的实物展示资料虽然为本课题提供了准确的原始数据,但这些资料中的数据往往是不全面的,缺乏局部和细节的相关数据,而普通研究者往往难以获得对博物馆中的实物进行测量的机会,所以无法得到完备的数据。为了进一步探究褙子形制的结构规律,本课题借鉴前人的思路,通过计算机图像法,按实物比例调整图像,利用软件测量工具获得所需数据,此外利用主成分分析、K-means 聚类分析等方法<sup>[73]</sup>对袖型、衣身这两个主要形制要素进行定量分析。

### 3.1 基于 K-means 的宋代褙子形制研究分析

#### 3.1.1 测量对象与方法

本课题以 20 件出土的宋代褙子文物为测量研究对象,进行核心数据采集。主要涉及两大方面,一方面是针对褙子的关键部位展开尺寸数据采集工作,其中包括衣长、袖长、领宽以及腰宽等关键部位的尺寸信息,另一方面则是收集褙子在不同角度下呈现出的平面影像资料,以此来帮对褙子形制与结构有更深入的认识,借助对这些数据的系统采集操作,最终建立起了一个多维度的数据集,而这个数据集成为了本研究得以开展的基础。

为保证文物图像资料准确无误,本研究构建了两阶段校正流程,首阶段针对非正视图像展开数字化修正,借助 Adobe Photoshop 2022 软件实施几何校正,让图像里的透视变形问题得以有效处置,促使影像更契合实际物理结构,次阶段进行测量数据提取,运用测量工具对校正后的图像给予精确测量,并同考古报告里的尺寸数据作对比,保证测量结果精准。此双重校正步骤保障了图像资料在定量分析中的可靠性,为后续数据分析奠定基础。

#### 3.1.2 测量项目

##### 一、袖部造型

在纺织服装领域,技术不断进步,三维扫描技术取得了发展,有越来越多的研究开始借助三维实物模型来开展样本集的分析工作,这些三维实物模型可更为精准地呈现人体的实际形态与尺寸,为服装设计、人体体型分类以及定制化生产等方面提供了关键依据。在人体体型分类的研究方面,数理统计方法得到了广泛运用,主成分分析、因子分析以及聚类分析等方法,成为极具代表性且有应用价值的技术手段。有些学者把通袖长、袖根宽、袖宽、袖长、袖肥等当作袖型判断标准,本文则选取通袖长、袖长、袖宽、袖中宽四个指标来研究宋代褙子袖型。

为达成对服装袖部形态精确量化以及表征的目的,此项研究借鉴人体测量学以及体型分类领域的相关研究成果,构建起一套综合性的袖部形态指标体系,此

项研究参考了人体体型分类研究里常用的测量项目,还汲取了相关文献中关于维度、角度等指标的应用经验。

就维度指标而言,本研究在指标选取之时参考了相关领域的研究成果,刘婷婷团队<sup>[74]</sup>于腰臀部位体型特征分析里采用了多参数综合评价体系,此方法给本文研究给予了关键的启发。陈希雅等学者<sup>[75]</sup>在腿部形态特征研究中运用的维度与角度相结合的分析方式,同样为本文的指标体系构建提供了参考。这些研究成果为构建科学合理的评价体系奠定了理论根基,基于此,为能更全面地捕捉袖部形态特征,本研究增添了四个维度指标以及两个角度指标,来更细致地描绘袖部的形态差异。

关于曲线形态的量化工作,本研究参考了相关学者在体型特征分析领域所运用的研究办法,倪世明团队<sup>[76]</sup>于年轻女性体型分类研究里,运用曲率及其半径参数来对曲线特征给予量化,张青等研究者<sup>[77]</sup>借助曲率分析,针对不同年龄段女性腰腹部位的脂肪分布特征展开了对比研究。这些方法为本文的研究给予了关键的技术参照,受此启发,本研究引入了一个角度指标,以此更精确地描述袖部轮廓的弯曲程度,对袖部形态的细节特征进行更细致的分析。

综合考虑各方面因素后,本研究最终确定了六个核心袖部形态指标,袖部测量示意图为图 3-1,涉及通袖长、袖长、袖宽、袖口宽、腋下角以及袖中宽,并且为深入挖掘这些基础指标之间的内在关系,剖析其对袖部整体形态的影响,本研究还衍生出三个派生变量,分别是袖中宽半袖长比、袖中宽袖宽比以及袖中宽袖口宽比。这些派生变量可从不同角度呈现袖部形态特征,为后续的袖型分类与分析提供更充足的依据。

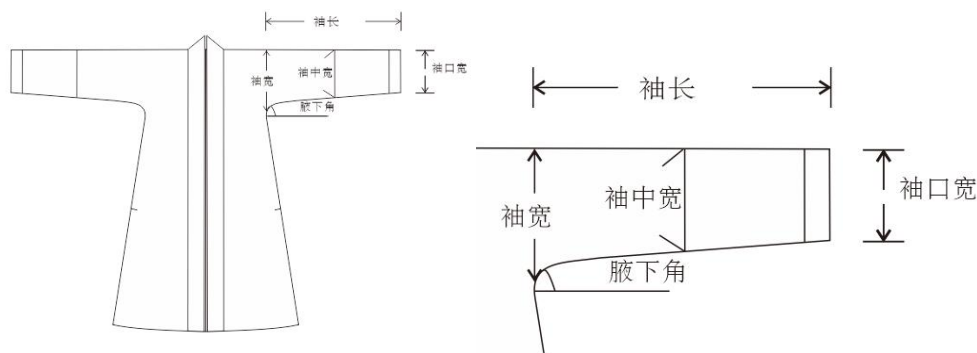


图 3-1 袖部测量示意图

Figure 3-1 Schematic diagram of sleeve measurement

## 二、衣身造型

关于褙子衣身造型,本研究最终确定了 7 个核心衣身形态指标对于褙子衣身造型,此项研究最终明确了 7 个核心衣身形态指标,具体如衣身测量示意图 3-2 所展示的那样,涉及前身长、后身长、腰宽、下摆宽、袖宽、开衩高以及下摆角,为深入剖析这些基础指标之间的内在关联,同时探寻其对衣身整体形态产生的影响,该研究另外衍生出三个派生变量,分别是袖宽前身长比、腰宽下摆宽比以及

开衩高后身长比。这些派生变量可从多个不同角度揭示袖部形态特征，还可为后续的袖型分类以及分析给予更为丰富的参考依据。

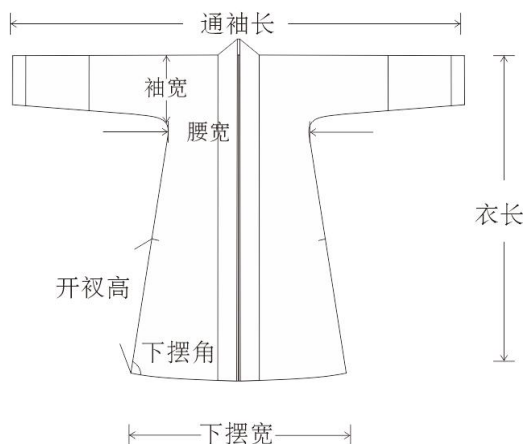


图 3-2 衣身测量示意图

Figure 3-2 Schematic diagram of body measurement

## 3.2 宋代褙子袖型分类

### 3.2.1 数据预处理

为了保证研究数据有可靠性以及准确性，减少极端值或者错误数据给后续统计分析带来的潜在风险，本研究在数据预处理阶段实施了严格的质量控制举措，展开来说，本研究运用 SPSS 统计软件针对原始数据开展了全面的数理统计工作，并且借助箱形图以及茎叶图等可视化工具，对数据分布当中的潜在异常值进行了细致的筛查与识别操作。对于那些较大偏离数据主体分布的极端值，或者经过核实确定为测量误差的数据点，都给予剔除，对于部分存在疑问的数据，则依据实际情形进行修正或者保留，并且在后续分析里加以特别留意。经过这一系列的数据清洗与处理操作，最终得到了 20 个有效样本数据，为后续的统计分析打下了坚实基础。

为了验证样本数据的分布特征是不是契合后续统计分析所需要的前提假设，本研究选取有代表性的下摆宽指标作为例子，开展了正态分布假设检验，它的检验结果直接关联到后续分析方法的选用以及结论的可靠性，本研究针对下摆宽测量值实施了正态性检验。检验结果说明，下摆宽数据的 P 值都大于较大性水平，这意味着无法拒绝原假设，也就是认为下摆宽测量值整体呈现正态分布，下摆宽的 qq 概率图如图 3-3 所示，按照同样的方式验证其余变量都服从或者近似服从正态分布。

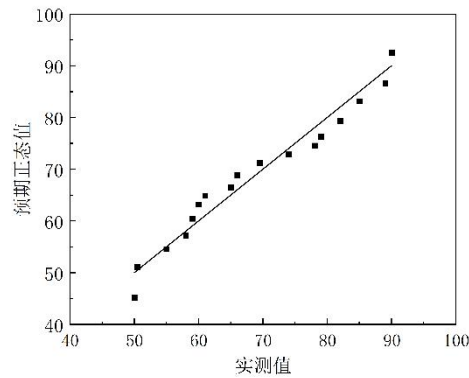


图 3-3 下摆宽正态分布 Q-Q 图

Figure 3-3 Q-Q diagram of normal distribution of hem width

### 3.2.2 主成分分析

为了深入剖析裙子袖部形态的具体特征，此次研究特意挑选了 9 项有关键意义的指标来展开量化分析，PCA 是一种多元统计方式，它的核心观念是借助正交变换，把原本多个相互关联的变量转变为少数几个彼此不相关的综合变量，也就是主成分，以此在保留主要信息的情况下简化数据结构。

分析结果说明，前 2 个主成分有较大的特征值，其累计方差贡献率达到了 94.120%，依据 Kaiser 准则以及碎石图检验，这 2 个主成分可被当作有效成分，极高的累计方差贡献率意味着，最初的 9 项指标可被两个主成分较好地替代，也就是可有效地呈现裙子袖部的形态特征。后续研究可依据这两个主成分开展，以此实现对裙子袖部形态的分析与解读，规避信息冗余和过度拟合的风险，两个主成分的方差贡献率如图 3-1 所示，依次为主因子 1、2。

表 3-1 袖型主成分累积贡献率

Table 3-1 Cumulative contribution rate of sleeve principal components

| 成分 | 初始特征值 |        |         | 提取载荷平方和 |        |        |
|----|-------|--------|---------|---------|--------|--------|
|    | 总计    | 方差百分比  | 累积%     | 总计      | 方差百分比  | 累积%    |
| 1  | 7.197 | 79.961 | 79.961  | 7.197   | 79.961 | 79.961 |
| 2  | 1.274 | 14.159 | 94.120  | 1.274   | 14.159 | 94.120 |
| 3  | 0.386 | 4.291  | 98.411  |         |        |        |
| 4  | 0.080 | 0.893  | 99.304  |         |        |        |
| 5  | 0.049 | 0.539  | 99.843  |         |        |        |
| 6  | 0.011 | 0.121  | 99.964  |         |        |        |
| 7  | 0.002 | 0.020  | 99.984  |         |        |        |
| 8  | 0.001 | 0.012  | 99.996  |         |        |        |
| 9  | 0.000 | 0.004  | 100.000 |         |        |        |

为了去确定最为合适的主成分数目，此次研究运用了碎石检验也就是 Scree Test 来加以辅助判断，碎石图在图 3-4 中呈现，它把各主成分所对应的特征值当作纵坐标，主成分的序号作为横坐标，可直观地呈现出特征值跟随主成分变化的具体趋势。

从图中可清晰地看到，前面两个主成分的特征值要比后续成分高很多，并且它们的连线呈现出十分突出的陡峭下降态势，从第三个主成分开始，特征值的变化趋向于平缓，曲线差不多接近水平状态，这样的形态意味着，前面两个主成分涉及了数据变异的主要部分，而后续主成分所解释的方差贡献相对较小。综合考虑信息保留以及模型简化这些方面，提取前面两个主成分作为后续分析的基础是比较合理的。

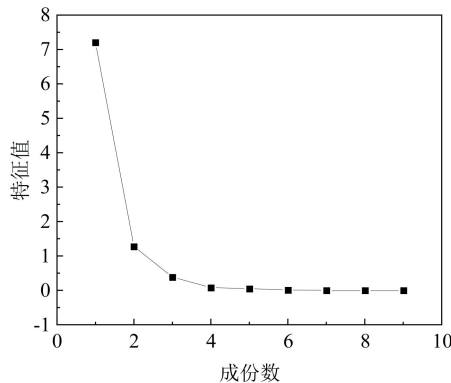


图 3-4 袖型主成分分析碎石图

Figure 3-4 Sleeve principal component analysis lithotripsy diagram

为了更透彻地剖析各主成分的实际内涵，本研究针对未旋转的因子载荷矩阵展开了细致入微的分析，因子载荷矩阵可清晰地呈现出各原始变量与主成分之间的相关程度，这是阐释主成分代表性意义的关键关键依据。袖型成分矩阵见表 3-2。

主成分 1 即 PC1，在通袖长、袖长、袖宽、袖口宽、腋下角以及袖中宽等指标方面，都呈现出比较高的正载荷，这些指标主要是用来反映袖子整体的宽度以及宽松程度的，PC1 可被命名为“袖宽相关因子”，它的数值越大，就说明褙子袖部越趋向于宽大、宽松的形态，腋下角在这个因子上也有较大载荷，这表明袖宽跟袖根部剪裁角度之间存在一定关联。

主成分 2 即 PC2，在通袖长、袖长、腋下角、袖中宽与半袖长的比值、袖中宽与袖宽的比值等指标方面有着较为十分突出的载荷，其中通袖长和袖长可直接体现袖子的长度特性，而袖中宽与半袖长的比值、袖中宽与袖宽的比值则呈现出袖长方向上的比例关联，腋下角再次出现，或许暗示了袖长与袖根形态之间存在的潜在联系。综合考虑这些指标，PC2 可被定义为“袖长相关因子”，其数值越高，说明褙子的袖部越倾向于长袖，袖长比例关系更大。

依靠对因子载荷矩阵的解读，本研究识别出影响宋代褙子袖型特征的 2 个主要维度，即袖宽因子和袖长因子，这两个因子从不同角度刻画了褙子袖部的形态特征，为后续分析宋代褙子袖型结构奠定了基础，未来研究可基于这两个因子构建更精细的分类体系或开展更深入的比较分析。

表 3-2 袖型成分矩阵  
Table 3-2 Sleeve composition matrix

| 变量名称    | 主成分 1  | 主成分 2  |
|---------|--------|--------|
| 通袖长     | 0.880  | 0.466  |
| 袖长      | 0.875  | 0.473  |
| 袖宽      | 0.943  | 0.311  |
| 袖口宽     | 0.989  | 0.138  |
| 腋下角     | -0.860 | 0.449  |
| 袖中宽     | 0.983  | 0.144  |
| 袖中宽半袖长比 | 0.890  | -0.406 |
| 袖中宽袖宽比  | 0.829  | -0.468 |
| 袖中宽袖口宽比 | -0.778 | 0.334  |

根据主成分分析得出的结果,本研究顺利地把原本的 9 个袖型指标进行了降维处理,最终得到 2 个相互独立的主成分,并且相互之间没有关联,有效防止了信息冗余,为后续针对宋代褙子袖型展开分析提供了更简洁高效的数据基础。

借助这两个主成分,可达成对宋代褙子袖部形制的定量化刻画,展开来说,依据袖型主成分累积贡献率(详见表 3-1)和袖型成分矩阵(详见表 3-2)之间的关联,可计算出每个主成分所对应的特征向量,特征向量体现了原始变量对各个主成分的贡献状况,其数值大小说明了相应变量在该主成分上的权重。

根据公式:特征向量=因子载荷/ $\sqrt{(\text{特征值})}$ ,可分别计算得出两个主成分的特征向量,这些特征向量为构建宋代褙子袖型综合评价模型给予了关键参数,把具体褙子样本的原始指标值与相应的特征向量进行线性组合,就可得到该样本在两个主成分上的得分,达成对宋代褙子袖型的量化评估以及比较分析。这种方法规避了直接使用原始指标或许会产生的多重共线性问题,让分析结果更为可靠且稳定:

$$Y_1=0.33x_1+0.33x_2+0.35x_3+0.37x_4-0.32x_5+0.37x_6+0.33x_7+0.31x_8-0.29x_9$$

$$Y_2=0.41x_1+0.42x_2+0.28x_3+0.12x_4+0.40x_5+0.13x_6-0.36x_7-0.41x_8+0.30x_9$$

另外  $x_i$  是各样本数据经过 z-score 标准化处理之后得到的无量纲数值。

两个主成分从不同角度对褙子袖部的形态特征给予了量化描述,不过单独运用任何一个主成分都不太容易全面呈现袖型的整体特征。在袖型的综合评价里,可借助主成分分析法来确定各特征指标的权重系数,即各主成分的权重是由其对应特征值占累计特征值总和的比例所决定的。如表 3-1 的数据显示,前两个主成分的特征值分别是(7.197、1.274),依据这种权重分配方式,可构建出更为科学合理的袖型综合评价体系,这些特征值在总和中的比例分别为 0.85、0.15,体现了各主成分对整体袖型描述的贡献程度,基于这些权重,各样本的综合描述模型可表示为:

$$Y=0.85Y_1+0.15Y_2 \quad (3-1)$$

此模型可以全面顾及两个主成分所产生的影响,为宋代褙子袖型的整体特征打造出一个量化的评估手段,借助这一模型,可更为精确地呈现袖型的形态特点。

### 3.3.3 K-means 聚类分析

聚类分析是数据挖掘领域里一项关键工具,在模式识别与分类研究中有广泛应用,按照算法原理和适用场景的差异,聚类方法包含系统聚类法、快速聚类法以及二阶聚类法等多种类别,其中 K-means 聚类算法有计算效率较高的特性,还可以有效处理样本量大且变量维度多的数据集,在实际研究里被广泛运用。在服饰形态量化分析领域, K-means 聚类因对高维数据的适应性呈现出优势,鉴于此,本研究挑选 K-means 聚类算法当作主要分析工具,对宋代褙子袖型的形态特征展开科学分类与量化研究,揭示其设计规律与风格差异。

宋代褙子身为那个时期女性日常穿着服饰的典型代表,它的袖型设计呈现出了实用功能,袖型的多样特性为聚类分析给予了丰富的样本依据,怎样运用数学方式精确地描绘出袖形的差异,成了本研究的关键所在,基于此,本文设计了三种存在差异的 K-means 聚类实验方案,借助系统地比较不同聚类数目情形下各样本类簇之间的分离程度,对聚类效果展开全面评估。也就是实验运用控制变量法,分别剖析当聚类中心数量发生改变时,各类样本之间的类间距变化规律,对比剖析三种方案的聚类性能差异,探寻最优的袖型分类策略。

为了保证聚类结果有科学性以及可靠性,此次研究分别运用了下面这三种方法来针对宋代褙子袖型数据展开 K-means 聚类分析,并且还各类方法的适用性做了探讨:

第一种是基于主成分分析的聚类办法,从宋代褙子袖部形态特征里选取 9 个关键因子当作分类变量,先利用因子分析进行降维,得到最具代表性的 2 个主成分,接着以这些主成分的得分作为依据开展聚类分析,以此达成对宋代褙子袖型的科学分类,这 2 个主成分因子是借助主成分分析(PCA)从原始袖形数据中提取出来的,分别体现袖宽、袖长以及袖口曲率等关键形态特征。这种办法凭借降维处理来简化数据结构,同时保留袖型的主要变化信息,为后续聚类奠定基础,第二种方法是在第一种方案之上,对 2 个主成分因子做加权处理,加权系数依据统计分析的方式来确定,来突出不同因子在袖型整体形态表达中的贡献差异,把经过加权调整的数据输入 K-means 算法,期望提高聚类结果对袖形特征的敏感度。第三种方法引入综合描述模型,对袖型各维度的特征参数进行加权融合,算出每个样本的综合得分,再将此得分作为聚类依据,该模型全面考量了袖部的几何参数、曲线特征以及历史文献记载的风格描述,努力从整体角度量化袖形的多样性差异。

经过分析可以发现,方法 1 可较好地捕捉袖型的主要形态特征,不过由于没有考虑各因子之间的相对关键性,使得部分袖形差异被弱化了,方法 2 依靠加权

处理在一定程度上弥补了这方面的不足，然而加权系数的选择依然存在主观性，影响了分类的稳定性，方法 3 借助综合描述模型整合多维度信息，降低了人为干预产生的偏差，并且在量化袖形差异方面呈现出更高的精度与一致性。

凭借综合描述模型计算样本综合得分并进行 K-means 聚类的第三种方法，在区分宋代褙子袖型差异上有优势，此方法把数学建模和历史数据结合，能全面刻画袖形特征并科学分类，可为后续服饰形态的三维建模与数字化再现提供可靠数据支持，这一结果验证了 K-means 聚类在服饰研究中的适用性。

表 3-3 袖型聚类分析的方差分析  
Table 3-3 ANOVA for sleeve cluster analysis

| 聚类数 | 聚类     |     | 误差    |     | F       | 显著性   |
|-----|--------|-----|-------|-----|---------|-------|
|     | 均方     | 自由度 | 均方    | 自由度 |         |       |
| 3   | 71.951 | 2   | 1.592 | 17  | 160.987 | 0.000 |
| 4   | 52.962 | 3   | 0.757 | 16  | 359.195 | 0.000 |
| 5   | 40.278 | 4   | 0.659 | 15  | 257.078 | 0.000 |
| 6   | 32.889 | 5   | 0.468 | 14  | 299.808 | 0.000 |

为明确宋代褙子袖型结构的最佳分类方案，本研究借助层次聚类算法展开数据分析，具体实施流程如下：先是基于 SPSS 统计平台，运用系统聚类办法对样本数据给予处理，接着，借助分析生成的树状图来辅助判定聚类的最优数量，凭借观察树状图的分支状况，初步确定样本的聚类数处于 3 至 6 类的范围。随后依据这一初步判断，把聚类数分别设定为 3 类、4 类、5 类和 6 类，运用 K-means 聚类算法进行深入分析，最终借助聚类方差分析结果来评估不同聚类数的成效，相关的聚类方差分析结果呈现于表 3-3。

经过对方差分析做较大性检验，统计检验得出的结果说明，所有比较组的较大性水平都明显低于 0.001，这证实了不同类别之间的差异有统计学意义，在四分类方案里，方差分析的 F 值达到了峰值，此结果说明这种分类方式可同时达成最优的组内同质性以及组间异质性特征，展开来说，当采用四分类时，同类样本之间的相似性是最高的，而不同类别之间的差异性是最为较大的。这一结果验证了四类聚类在不同袖型之间区分度高、差异大的有效性，最终确定把聚类数设定为 4 类，可更清晰地呈现各类袖型的不同特征。

完成 4 类聚类之后，本文又针对各类袖型的主要特征参数展开了统计分析，结果说明各类袖型在特征参数方面的均值存在明显差异，相关数据可见表 3-4，依据这些结果可发现，采用 4 类聚类时，各类袖型的特征更为突显，并且样本在各类内部的同质性较高，这证实了 4 类聚类在分类效果上有合理性。

表 3-4 各类袖型参数均值  
Table 3-4 Mean values of various sleeve parameters

(单位: cm)

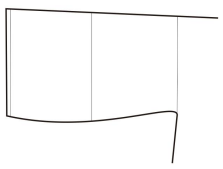
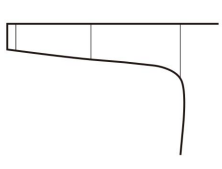
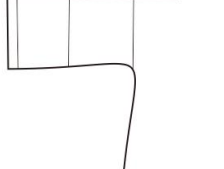
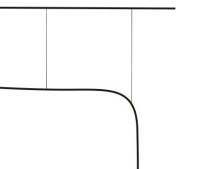
| 样本类别 | 样本数 | 袖宽 | 袖口宽 | 袖中宽 | 袖长 |
|------|-----|----|-----|-----|----|
|------|-----|----|-----|-----|----|

|     |   |       |       |       |       |
|-----|---|-------|-------|-------|-------|
| A 型 | 7 | 51.43 | 61.29 | 59.54 | 98.60 |
| B 型 | 3 | 18.00 | 8.50  | 10.50 | 54.75 |
| C 型 | 6 | 22.83 | 15.33 | 17.27 | 54.47 |
| D 型 | 4 | 23.00 | 25.20 | 25.78 | 47.40 |

在针对宋代褙子袖型展开的研究工作里,运用数理统计方式对袖形给予分类剖析,依据袖宽数据的统计得出的结果,把褙子的袖形细致划分成四个小类别,并且在宏观角度上归纳成两大类,其中第一大类是小型袖,囊括了 B 型、C 型以及 D 型袖,袖宽处于 18 厘米至 25 厘米的区间之内,而且其平均袖宽是 22.15 厘米。第二大类是宽松型袖,主要就是 A 型袖,其袖宽范围在 46 厘米至 55 厘米之间,均值为 51.43 厘米。

这种分类针对褙子的袖型特征展开量化分析,为服装设计提供了理论基础,运用数理统计方法,可以精准把握袖型的尺寸分布,揭示不同袖型设计的风格特点,借助这种数据化分析,可从多个方面理解褙子袖型的变化与演进,各类袖型简单示意图见表 3-5。

表 3-5 各类袖型简单示意图  
Table 3-5 A simple schematic diagram of each sleeve type

| 袖<br>型                | A 型                                                                                 | B 型                                                                                 | C 型                                                                                  | D 型                                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 袖<br>子<br>造<br>型<br>图 |  |  |  |  |

### 3.3 宋代褙子衣身造型分类

#### 3.3.1 数据预处理

本研究综合运用箱形图和茎叶图这两种方式,针对初步筛选出来的异常数据展开了慎重的评估和处理工作,对于那些较大偏离数据主体分布的极端值,或者经过核查确定是测量误差的数据点,都给予剔除,对于部分存在疑问的数据,会依据实际情形进行修正或者保留,并且在后续分析里给予特别关注。经过这一系列的数据清洗及处理操作,最终得到了 20 个有效样本数据。

为了验证样本数据的分布特征是不是符合后续统计分析所需要的前提假设,本研究选取有代表性的下摆宽指标作为例子,开展了正态分布假设检验工作,针对下摆宽测量值做了正态性检验。检验结果说明,下摆宽数据的 P 值都大于较大性水平(通常设定为 0.05),这意味着无法拒绝原假设,也就是可以认为下摆宽测量值整体呈现正态分布,下摆宽的 qq 概率图如下面的图 3-5 所示,按照同样的方式验证其余变量都服从或者近似服从正态分布。

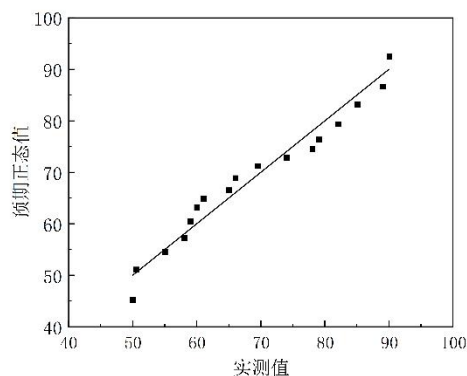


图 3-5 下摆宽正态分布 Q-Q 图

Figure 3-5 Q-Q diagram of normal distribution of hem width

### 3.3.2 主成分分析

为探索褙子衣身形态特征，此次研究挑选了 10 项关键指标展开量化分析，衣身主成分分析相关系数可见表 3-6，只是前身長与后身長数据极为相近，在对其进行分析时，相关性矩阵并非正定矩阵，于是去掉后身長这一指标，针对剩余 9 个指标继续开展主成分分析。

表 3-6 衣身主成分分析相关系数

Table 3-6 Correlation coefficients of principal component analysis of garments

|         | 前身長   | 后身長   | 腰宽    | 下摆宽   | 袖宽    | 开衩高   | 下摆角   | 袖宽前身長比 | 腰宽下摆宽比 | 开衩高后身長比 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|
| 前身長     | 1.000 | 1.000 | 0.702 | 0.631 | 0.592 | 0.553 | 0.370 | 0.340  | 0.180  | 0.021   |
| 后身長     | 1.000 | 1.000 | 0.702 | 0.631 | 0.592 | 0.553 | 0.370 | 0.340  | 0.180  | 0.021   |
| 腰宽      | 0.702 | 0.702 | 1.000 | 0.911 | 0.964 | 0.093 | 0.776 | 0.877  | 0.190  | 0.568   |
| 下摆宽     | 0.631 | 0.631 | 0.911 | 1.000 | 0.886 | 0.232 | 0.682 | 0.805  | 0.230  | 0.693   |
| 袖宽      | 0.592 | 0.592 | 0.964 | 0.886 | 1.000 | 0.209 | 0.813 | 0.956  | 0.159  | 0.621   |
| 开衩高     | 0.553 | 0.553 | 0.093 | 0.232 | 0.209 | 1.000 | 0.349 | 0.416  | 0.375  | 0.818   |
| 下摆角     | 0.370 | 0.370 | 0.776 | 0.682 | 0.813 | 0.349 | 1.000 | 0.811  | 0.177  | 0.641   |
| 袖宽前身長比  | 0.340 | 0.340 | 0.877 | 0.805 | 0.956 | 0.416 | 0.811 | 1.000  | 0.140  | 0.689   |
| 腰宽下摆宽比  | 0.180 | 0.180 | 0.190 | 0.230 | 0.159 | 0.375 | 0.177 | 0.140  | 1.000  | 0.344   |
| 开衩高后身長比 | 0.021 | 0.021 | 0.568 | 0.693 | 0.621 | 0.818 | 0.641 | 0.689  | 0.344  | 1.000   |

对相关内容展开分析后得到的结果说明,排在前面的 3 个主成分有较大的特征值,并且它们的累计方差贡献率达到了 95.047%之高,依据 Kaiser 准则,即特征值要大于 1 这三个主成分可被视作有效成分,而且前三个主成分的累计方差解释量达到了一个比较高的水准,这意味着它们可有效地体现出原始 9 个测量变量所蕴含的主要信息特征。这样的结果说明,运用这三个主成分去开展数据分析,在保证信息完整的同时还可实现数据的降维处理,即可以切实有效地呈现出褙子衣身造型的形态特征,后续的研究可以依据这三个主成分来进行。三个主成分的方差贡献率呈现在表 3-7 中,依次是主因子 1、2、3。

表 3-7 衣身主成分累积贡献率

Table 3-7 Cumulative contribution rate of main components of the body

| 成分 | 初始特征值 |        |         | 提取载荷平方和 |        |        |
|----|-------|--------|---------|---------|--------|--------|
|    | 总计    | 方差百分比  | 累积 %    | 总计      | 方差百分比  | 累积 %   |
| 1  | 5.323 | 59.149 | 59.149  | 5.323   | 59.149 | 59.149 |
| 2  | 2.198 | 24.423 | 83.573  | 2.198   | 24.423 | 83.573 |
| 3  | 1.033 | 11.474 | 95.047  | 1.033   | 11.474 | 95.047 |
| 4  | 0.245 | 2.724  | 97.771  |         |        |        |
| 5  | 0.160 | 1.777  | 99.548  |         |        |        |
| 6  | 0.038 | 0.418  | 99.966  |         |        |        |
| 7  | 0.002 | 0.022  | 99.988  |         |        |        |
| 8  | 0.001 | 0.008  | 99.996  |         |        |        |
| 9  | 0.000 | 0.004  | 100.000 |         |        |        |

为了明确最佳主成分的具体数目,本研究运用碎石检验也就是 Scree Test 来加以辅助判断,碎石图如图 3-6 所示,它把各主成分所对应的特征值当作纵坐标,将主成分序号作为横坐标,如此便直观地呈现出特征值跟随主成分变化的趋向。

从图中可看出,前三个主成分的特征值明显高于后面的成分,并且它们之间的连线呈现出较大的陡峭下降态势,从第四个主成分开始,特征值的变化逐渐趋于平缓,曲线近乎水平,这样的形态说明,前三个主成分囊括了数据变异的主要部分,而后续主成分所解释的方差贡献相对较小,综合考量信息保留以及模型简化等方面,提取前三个主成分作为后续分析的基础是较为合理的。

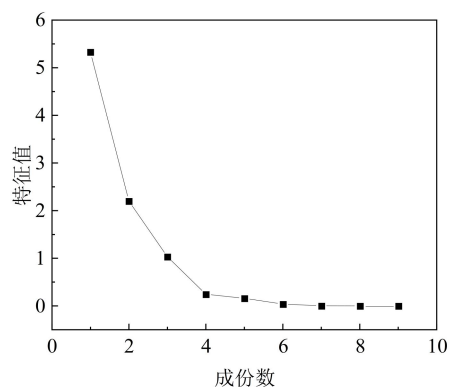


图 3-6 衣身主成分分析碎石图

Figure 3-6 Lithotripsy diagram of principal component analysis of body body

为了更透彻地剖析各主成分的实际内涵,此次研究针对未旋转的因子载荷矩阵展开了细致入微的分析,因子载荷矩阵可呈现出各原始变量和主成分之间的相关性程度,它是阐释主成分有代表性意义的关键参考内容,衣身成分矩阵可见表 3-8。

主成分 1 即 PC1,在腰宽、下摆宽、袖宽以及袖宽与前身长的比例等指标方面,都呈现出较高的正载荷情况,这些指标主要是用来反映袖子整体的宽度以及宽松程度的,PC1 可被命名为“衣身宽度相关因子”,其数值越大,表明褙子衣身轮廓朝着宽大、宽松的形态发展。

主成分 2 即 PC2,在前身长、开衩高以及开衩高后身長比等方面有着较为十分突出的载荷,其中前身长和开衩高可直接呈现出衣身的长度特性,而开衩高后身長比则反映出衣身在高度方向上的比例关联,PC2 可被定义为“衣身高度相关因子”,其数值越高,意味着褙子衣身朝着修长型发展。

主成分 3 即 PC3,在腰宽下摆宽比方面呈现出较为十分突出的载荷情况,这一主成分所反映的内容是衣身的造型特点,所以 PC3 可被定义为“造型因子”。

凭借对因子载荷矩阵展开解读,本研究识别出影响宋代褙子衣身造型特征三个主要维度,即衣身宽度相关因子、衣身高度相关因子以及造型因子,这三个因子从不同角度刻画了褙子衣身的形态特征,为后续分析宋代褙子衣身的演变规律奠定了基础。未来研究可基于这三个因子构建更精细的分类体系或开展更深入的比较分析。

表 3-8 衣身成分矩阵  
Table 3-8 Body composition matrix

| 变量名称    | 主成分 1  | 主成分 2  | 主成分 3  |
|---------|--------|--------|--------|
| 前身长     | 0.531  | 0.730  | 0.389  |
| 腰宽      | 0.952  | 0.269  | 0.020  |
| 下摆宽     | 0.928  | 0.022  | 0.353  |
| 袖宽      | 0.972  | 0.156  | -0.057 |
| 开衩高     | -0.351 | 0.908  | 0.214  |
| 下摆角     | -0.864 | 0.011  | 0.264  |
| 袖宽前身长比  | 0.940  | -0.052 | -0.214 |
| 腰宽下摆宽比  | 0.025  | 0.618  | -0.769 |
| 开衩高后身長比 | -0.758 | 0.599  | -0.035 |

依据主成分分析得出的结果,在本研究中,原始的 9 个衣身造型指标成功实现了降维,被转化为三个彼此独立的主成分,并且相互之间没有关联,可有效防止信息冗余,为后续针对宋代褙子衣身造型展开分析,提供了更简洁且高效的数据基础。

借助这三个主要成分,可达成对宋代褙子衣身的定量化刻画,展开来说,依据衣身主成分累积贡献率(详见表 3-7)和衣身成分矩阵(详见表 3-8)二者之

间的关联,可算出每个主成分所对应的特征向量,特征向量体现了原始变量对各个主成分的贡献状况,其数值大小说明了相应变量在该主成分上的权重。

按照公式:特征向量=因子载荷/ $\sqrt{\text{特征值}}$ ,可分别算出三个主成分的特征向量,这些特征向量为构建宋代褙子衣身造型综合评价模型给出了关键参数,把具体褙子样本的原始指标值和相应的特征向量进行线性组合,便可得到该样本在三个主成分上的得分,达成对宋代褙子衣身造型的量化评估以及比较分析。这种方法避免了直接使用原始指标或许会带来的多重共线性问题,让分析结果更为可靠和稳定:

$$Y_1=0.23x_1+0.41x_2+0.40x_3+0.42x_4-0.15x_5-0.37x_6+0.41x_7+0.01x_8+0.33x_9$$

$$Y_2=0.49x_1+0.18x_2+0.01x_3+0.11x_4+0.61x_5+0.01x_6-0.04x_7+0.42x_8+0.40x_9$$

$$Y_3=0.38x_1+0.02x_2+0.35x_3-0.06x_4+0.21x_5+0.26x_6-0.21x_7-0.76x_8-0.03x_9$$

另外  $x_i$  是各个样本数据经过 z-score 标准化处理之后得到的无量纲数值。

三个主成分从不同方面对宋代褙子衣身造型的形态特征做了量化描述,只是单独运用任何一个主成分都不太容易全面呈现衣身造型的整体特征,为了能更精准地评估衣身造型,本研究运用主成分分析法构建综合评价模型,其中各主成分的权重系数由其方差贡献率确定,也就是该成分特征值占有所有提取成分特征值总和的比例。如表 3-7 数据显示,前三个主成分的特征值依次是 (5.323、2.198、1.033),这种方法可客观体现各变量在综合评价体系里的相对关键性,建立更科学的多维度评价框架,这些特征值在总和中的比例分别为 0.62、0.26、0.12,反映出各主成分对整体衣身造型描述的贡献程度,依据这些权重,公式模型可写成:

$$Y=0.62Y_1+0.26Y_2+0.12Y_3 \quad (3-2)$$

此模型可综合考量三个主成分所产生的影响,为宋代褙子衣身的整体特征给予一个量化的评估工具,借助这一模型,可更为精准地呈现衣身造型的形态特征。

### 3.3.3 K-means 聚类分析

衣身造型所有的多样特性为聚类分析构建起了丰富的样本根基,而怎样借助数学方式精确地描绘出衣身造型之间的差异,便成为了本研究的核心要点,基于此,本文构思并运用了三种各不相同的 K-means 算法来开展聚类分析工作,借助对不同分类数量情形下组间离散度以及组内聚合度的变化特点展开系统对比,探寻最为适宜的衣身造型分类策略。

为保障聚类结果有科学性和可靠性,本研究运用了三种方法来对宋代褙子衣身造型数据开展 K-means 聚类分析,还深入剖析了各类方法的适用性:第一种方法把宋代褙子衣身形态的三个主要成分因子当作分类依据来聚类,这三个主成分因子是凭借主成分分析也就是 PCA 从原始衣身数据里提取出来的,它们分别代表着衣身宽度、衣身长度以及造型因子等关键形态特征。此方法借助降维处理简化数据结构,同时保留衣身造型的主要变化信息,为后续聚类奠定基础,第二种方法是在第一种方案之上,对三个主成分因子做加权处理,加权系数是依据专家

评估与统计分析相结合的方式确定的,目的在于突出不同因子在衣身造型整体形态表达里的贡献差异,经过加权调整后的数据输入 K-means 算法,期望能提升聚类结果对衣身造型的敏感度。第三种方法引入综合描述模型,凭借对衣身造型各维度的特征参数进行加权融合,计算每个样本的综合得分,然后把这个得分作为聚类依据,该模型综合考量了衣身的几何参数、曲线特征以及历史文献记载的风格描述,尽量从整体角度量化衣身的多样性差异。

经分析可以发现,方法 1 在捕捉衣身造型的主要形态特征方面有着一定的效果,不过由于没有考虑到各个因子之间的相对关键性,使得部分衣身造型的差异被弱化了,方法 2 借助加权处理在一定程度上弥补了方法 1 的不足,然而加权系数的选择依然存在主观性,这对分类的稳定性产生了影响。方法 3 则借助综合描述模型整合多维度信息,降低了人为干预所带来的偏差,又在量化衣身造型差异方面呈现出了更高的精度性和一致性。

借助综合描述模型计算样本综合得分再进行 K-means 聚类的第三种方法,在区分宋代褙子衣身造型差异上有突出优势,该方法把数学建模和历史数据结合起来,实现了衣身造型特征的全面刻画与科学分类,给后续服饰形态的三维建模与数字化再现提供了可靠数据支撑,这一结果验证了 K-means 聚类在服饰研究中的适用性。

表 3-9 衣身聚类分析的方差分析  
Table 3-9 ANOVA of body cluster analysis

| 聚类数 | 聚类     |     | 误差    |     | F       | 显著性   |
|-----|--------|-----|-------|-----|---------|-------|
|     | 均方     | 自由度 | 均方    | 自由度 |         |       |
| 3   | 67.186 | 2   | 2.155 | 17  | 755.271 | 0.000 |
| 4   | 48.866 | 3   | 1.525 | 16  | 540.550 | 0.000 |
| 5   | 38.382 | 4   | 1.166 | 15  | 574.983 | 0.000 |
| 6   | 31.706 | 5   | 0.890 | 14  | 468.113 | 0.000 |

为找出宋代褙子衣身造型最合适的分类数量,研究运用层次聚类算法,借助 SPSS 统计分析工具开展处理工作,并结合聚类树状图辅助判断聚类的最优数量,借助观察树状图分支状况,初步判定样本的聚类数处于 3 至 6 类之间,随后依据这一初步判断,把聚类数分别设定为 3 类、4 类、5 类和 6 类,运用 K-means 聚类算法做分析,最终借助聚类方差分析结果评估不同聚类数的效果。相关的聚类方差分析结果在表 3-9 中呈现。

经过对方差分析进行较大性检验,各类样本之间的统计分析结果说明,所有分类比较的较大性水平都达到了  $p < 0.001$ ,这证实了组间差异有高度统计学意义,在聚类分析里,当把类别数量设定为 3 时, F 值呈现出峰值状态,此现象意味着该分类方案可达成最优的组内同质性与组间异质性。在划分为 3 类的情况下,同一类里的衣身在形态方面呈现出较高的相似度,不同类之间的衣身造型存在较为

十分突出的差异，这样一来，3 类聚类结果在区分衣身造型特征上呈现出不错的效果，最终确定把聚类数设定为 3 类，可更清楚地呈现各类衣身造型的不同特征。

完成 3 类聚类之后，本文针对各类衣身造型的主要特征参数展开统计分析，所得结果说明各类衣身造型在特征参数方面的均值存在明显差异，具体相关数据可见表 4，依据这些结果可发现，运用 3 类聚类时，各类衣身造型的特征更为突显，而且样本在各类之中的同质性较高，这证实了 3 类聚类在分类效果上有合理性。

依靠对多种聚类分析方法给予对比验证，本文明确宋代褙子衣身造型的最佳聚类数是 3 类，这一结果可以较好呈现各类衣身造型差异，为后续分析研究奠定有力基础。

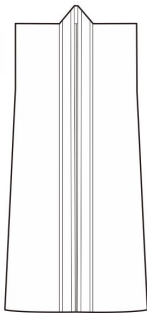
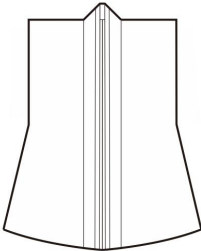
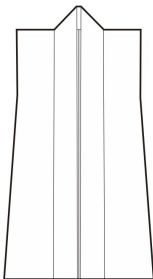
表 3-10 各类衣身参数均值  
Table 3-10 Mean values of various body parameters  
(单位: cm)

| 样本类别 | 样本数 | 前身长    | 腰宽    | 下摆宽   | 袖宽    | 开衩高   |
|------|-----|--------|-------|-------|-------|-------|
| a 型  | 4   | 122.25 | 52.25 | 59.25 | 22.75 | 88.88 |
| b 型  | 7   | 121.86 | 70.57 | 83.57 | 51.43 | 52.93 |
| c 型  | 9   | 94.17  | 48.89 | 61.78 | 21.89 | 52.62 |

对宋代褙子衣身造型的研究中，采用了数理统计方法对衣身造型进行分类分析。根据腰宽数据的统计结果，各类衣身参数均值见表 3-10，将褙子的衣身结构细分为三个类别，a 类腰宽均值为 52.25cm；b 类腰宽均值为 70.57cm；c 类腰宽均值为 48.89cm。

这种分类针对褙子的衣身造型展开量化分析，为服装设计提供了理论基础，运用数理统计方法，可以精准把握衣身的尺寸分布，揭示不同衣身造型设计的风格特点，借助这种数据化分析，可从多个方面理解褙子衣身造型的变化与演进，各类衣身简单示意图见表 3-11。

表 3-11 款式图与分类计算结果的关系  
Table 3-11 Relationship between style drawings and classification calculations

| 造型分类  | a 型                                                                                 | b 型                                                                                 | c 型                                                                                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 衣身造型图 |  |  |  |

根据以上分类的结果，对比筛选的 20 件出土文物来进行宋代褙子袖型和衣身造型的归类。根据实际袖型与衣身造型的分类计算结果，逐一与 20 件出土文物褙子进行对比，得到表 3-12，然后从表格数据可以发现袖型与衣身造型的组合总共可以分为四个类型，A-b 型、B-c 型、C-c 型、D-a 型，它们分别与金坛南宋周瑀墓、福州茶园山宋墓、德安南宋周氏墓、福州南宋黄昇墓所出土的褙子相对应。

表 3-12 袖型、衣身汇总表  
Table 3-12 Summary table of sleeve type and body

| 序号 | 褙子名称             | 袖部形态 | 衣身造型 | 组合  |
|----|------------------|------|------|-----|
| 1  | 紫褐色镶绣边窄袖褙子       | B    | c    | B-c |
| 2  | 烟色镶边窄袖褙子         | B    | c    | B-c |
| 3  | 烟色镶金边窄袖褙子        | B    | c    | B-c |
| 4  | 黄褐色罗镶花边窄袖褙子      | D    | a    | D-a |
| 5  | 褐黄色镶花边窄袖褙子       | D    | a    | D-a |
| 6  | 褐色暗花镶花边窄袖褙子      | D    | a    | D-a |
| 7  | 紫灰色绉纱镶花边窄袖褙子     | D    | a    | D-a |
| 8  | 素色罗镶宽边窄袖褙子       | C    | c    | C-c |
| 9  | 印花襟边宝花纹窄袖褙子      | C    | c    | C-c |
| 10 | 烟色梅花罗镶花边窄袖褙子     | C    | c    | C-c |
| 11 | 印金折枝花纹窄袖夹褙子      | C    | c    | C-c |
| 12 | 印花罗褙子            | C    | c    | C-c |
| 13 | 泥金杂宝纹襟边长安竹纹窄袖单褙子 | C    | c    | C-c |
| 14 | 牡丹（素）罗合领褙子       | A    | b    | A-b |
| 15 | 缠枝花合领褙子          | A    | b    | A-b |
| 16 | 素纱合领褙子           | A    | b    | A-b |
| 17 | 牡丹罗合领褙子          | A    | b    | A-b |
| 18 | 素纱合领褙子           | A    | b    | A-b |
| 19 | 绢合领褙子            | A    | b    | A-b |
| 20 | 小花绮合领褙子          | A    | b    | A-b |

### 3.4 本章小结

在本章中，针对宋代褙子的袖型以及衣身造型等相关数据进行主成分分析（PCA），以及 K-means 聚类分析，得到了如下结论：

（1）利用 9 个数据指标对袖部形态进行主成分分析，得到方差贡献率达到 94.120%的袖宽与袖长两个主成分因子；对这 9 个指标进行 K-means 聚类分析，将袖型分为四类，依次是 A 型、B 型、C 型、D 型，并做出了袖型示意图。

（2）对与衣身造型有关的 9 个数据指标进行主成分分析，得到方差贡献率达到 95.047%的衣身宽度、衣身高度及造型相关因子三个主成分因子；再将这 9 个数据进行 K-means 聚类分析，将衣身分为三类，依次是 a 型、b 型、c 型，并作出了衣身示意图。

(3) 将上述得到的四种袖部形态、三种衣身造型进行组合，参考考古报告数据，得到四种典型款式的宋代褙子：A-b 型、B-c 型、C-c 型、D-a 型。

## 第4章 宋代褙子的二维样板模型构建

### 4.1 宋代褙子的参数分析

服装结构参数体系主要是由结构参数、部件参数、工艺塑型参数以及面料工艺塑型参数这四个核心维度所组成。不过由于本研究是以宋代褙子作为研究对象，其面料材质主要是丝绸，并且在制作工艺方面没有涉及复杂的造型处理，再加上宋代褙子作为古代服饰所有的特殊性，在对其结构参数进行分析时，不考虑工艺塑型参数和面料工艺塑型参数。研究范围集中于结构参数、部件参数，同时加入人体参数，针对这三个层面展开研究。这样研究框架的设定符合宋代褙子的历史特征与工艺特点，也为古代服饰结构研究的科学化与系统化提供了理论方面的依据，借助构建这一参数体系，可更为准确地还原宋代褙子的结构特征，还为后续的数字化复原与创新设计奠定了基础。褙子参数说明表见表 4-1。

表 4-1 褙子参数说明表  
Table 4-1 Parameter description table

| 参数类别 | 定义                                                  | 具体内容                              |
|------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 结构参数 | 指的是宋代褙子多维立体形态结构的简单表征参数                              | 服装造型的尺寸参数：幅宽、衣长、通袖长、腰宽、下摆宽、袖宽、袖口宽 |
| 部件参数 | 指的是宋代褙子各部位尺寸和比例的具体数值指标。是指二维样版中的框架参数及样板上点之间距离以及角度参数。 | 袖缘宽、门襟宽、眉子宽、开衩                    |
| 人体参数 | 指的是穿着者等净体尺寸                                         | 墓主人身高等                            |

#### 4.1.1 结构参数

结构参数是构建宋代褙子外部轮廓的重要数据。宋代褙子结构参数的确定实际上是对宋代褙子造型与人体特征之间关系的科学量化，这个过程体现了人体工程学原理与艺术设计的有机结合。宋代褙子的款式造型主要由两个关键因素决定：一个是人体基本结构的静态特征，像围度、长度等；二是动态特征，例如活动幅度、运动习惯等。其中人体基本结构作为固有的自然属性为设计提供了客观依据。

二维尺寸的生成机制主要是依靠宋代褙子结构参数跟局部细节尺寸之间存在的内在关联性，它的关键之处在于把人体尺寸结构当作基准，借助量化人体和宋代褙子造型之间的空间位置关系，构建起基于比例关系以及参数映射的规则体系，建立人体特征参数和宋代褙子结构参数之间的内在关联性，这种关联性给宋代褙子参数化生成提供了科学方面的依据。

表 4-2 裙子的结构参数和人体的映射关系

Table 4-2 Mapping between the structural parameters of the gown and the human body

| 结构名称 | 代码  | 定义             | 与映射人体关系                    | 映射规则                   |
|------|-----|----------------|----------------------------|------------------------|
| 幅宽   | F   | 古代织布机所能织造布匹的宽度 | ——                         | $F=b-2\times\text{缝缝}$ |
| 衣长   | L   | 裙子肩点到下摆的距离     | 裙子的衣长, 在人体身高的基础上进行参数调整     | $L=L^*+R_L$            |
| 通袖长  | LSL | 裙子左右袖口之间的距离    | 裙子的通袖长, 在人体臂展的基础上进行参数调整    | $LSL=LSL^*+R_{LSL}$    |
| 腰宽   | WW  | 左右前腋点间的距离      | 裙子的腰宽, 在人体胸围的基础上进行参数调整     | $WW=WW^*+R_{WW}$       |
| 袖宽   | SW  | 前腋点到肩点的距离      | 裙子的袖宽, 在人体前腋点到肩点的基础上进行参数调整 | $SW=SW^*+R_{SW}$       |
| 袖口宽  | CW  | 裙子袖口的宽度        | 裙子的袖口宽, 在人体腕围的基础上进行参数调整    | $CW=CW^*+R_{CW}$       |
| 下摆宽  | HW  | 裙子下摆的宽度        | 裙子的下摆宽, 在人体臀围的基础上进行参数调整    | $HW=HW^*+R_{HW}$       |

(说明: b 如图 4-1 所示; \*表示净尺寸; R 表示参数松量)

#### 4.1.2 部件参数

部件参数属于构建裙子造型平面样版的关键要素, 其主要涉及细节部位参数这个维度, 这些参数主要是由长度、宽度等几何要素所构成, 其确定的依据是裙子的规格参数体系, 且这些参数一般为定值, 细节部位参数精确描述了各局部结构的形态特征。这些结构数字参数的获取跟确定, 是基于对裙子造型规律的研究, 借助数学建模与参数化分析的方法, 把传统经验数据转化为可量化、可复制的数字信息, 裙子的部件参数说明表见表 4-3。

表 4-3 裙子的部件参数说明表

Table 4-3 Parameters of the jacket

| 结构名称 | 代码  | 定义          |
|------|-----|-------------|
| 袖缘宽  | WCE | 褙子袖缘样式的宽度   |
| 门襟宽  | PW  | 褙子门襟样式的宽度   |
| 眉子宽  | MW  | 褙子门襟内测的窄条宽度 |
| 开衩   | S   | 褙子开衩点到下摆的距离 |

#### 4.1.3 人体参数

人体参数是用来描述身体、结构以及功能特征的一系列量化指标，在墓葬考古研究里，其被定义为用于描述墓主人体型的数值指标，主要以身高作为衡量标准。该参数的确定，一般依靠对墓葬中出土遗骸的测量，或者依据墓葬规模、随葬品等间接信息来进行推断，准确的身高参数对于重建墓主人所穿着衣物的真实造型等方面有着关键作用。本研究的对象是宋代褙子，为了更精准地还原修复结果，需要较为准确的身高数据，并且该身高还可与当时的社会平均身高作比较，推断墓主人的社会经济地位。

由于年代久远，考古报告中仅发现身高尺寸。且墓葬环境存在复杂性，遗骸保存状况也有差异，这使得身高参数的获取与解读常面临不少挑战，要结合多种方法以及技术手段做综合考量，同时充分考虑可能存在的误差，在研究报告里，详细说明身高参数的来源、测量方法以及误差范围等信息，对保证研究结果的可靠性与可信度很关键，还得结合文献资料和相关研究成果，对获取的身高数据展开分析与解读，保证研究结论有科学客观性。

## 4.2 褙子制版参数化公式的构建

在对宋代褙子结构进行参数化的同时，结构与结构之间也存在着一定的函数关系。褙子制版的款式结构，如图 4-1，在这个图当中，最具代表的是宽度公式和长度公式。同时将上述得到的 4 种袖部造型、3 种衣身结构，两者组合形成 B-c 型、D-a 型、C-c 型、A-b 型，这四种宋代褙子典型款式。因此本课题选择以褙子衣长、通袖长这两个数据为代表，进行这四种褙子衣长公式和通袖长公式的参数化研究。

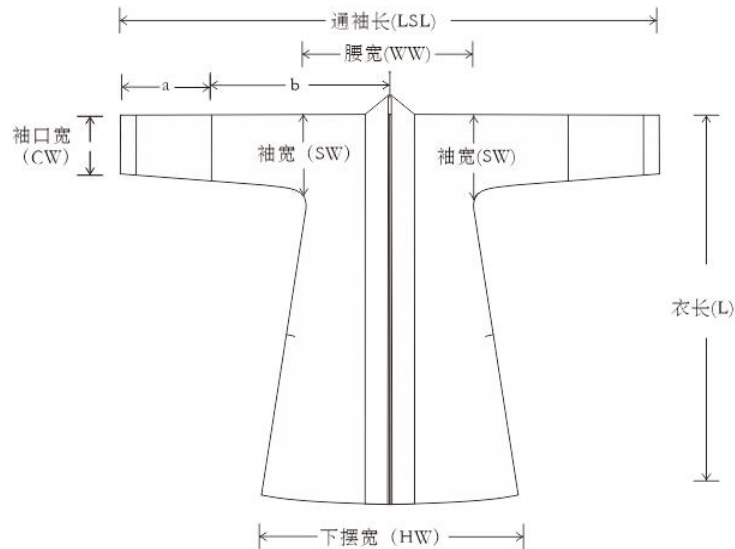


图 4-1 褙子款式结构

Figure 4-1 Structure of the jacket style

本研究选取了已经出土的 20 件宋代褙子实物作为研究对象，根据四个墓考古报告中所记载的数据，进行后续的分析研究。

该研究中的核心数据提取主要涉及两大方面，一方面是针对褙子的关键部位展开尺寸数据提取工作，其中包括衣长、通袖长等关键部位的尺寸信息；另一方面则是收集这四个墓葬墓主人的人体参数。

为保证文物图像资料准确无误，本研究运用计算机测量工具对搜集到的实物图像给予精确测量，并同考古报告里的尺寸数据作对比，保证测量结果精准。双重校正步骤保障了图像资料在后续分析中的可靠性。

#### 4.2.1 褙子衣长公式

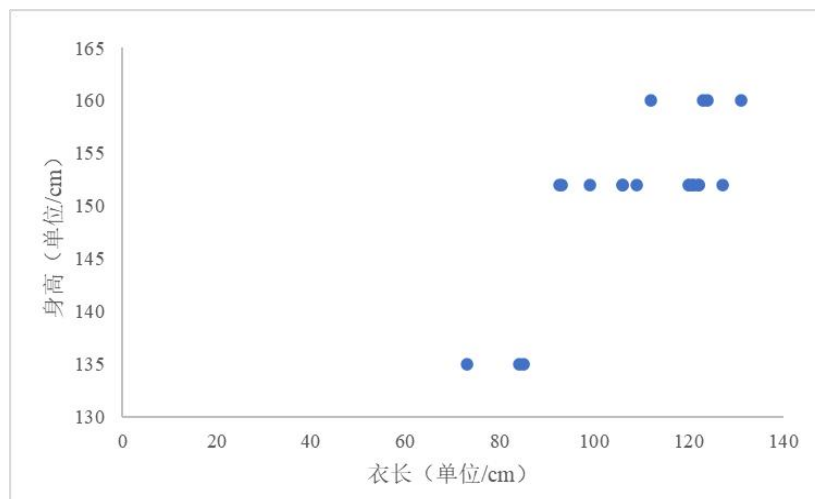


图 4-2 墓主人身高与衣长关系图

Figure 4-2 Relationship between the height of the tomb owner and the length of his clothes

依据图 4-2 所呈现的数据，墓主人的身高和衣长之间存在着一定的关联，从发展趋势来讲，衣长受到墓主人身高的影响，且二者之间依照某种比例规律，此项发现说明，在特定的历史阶段，服饰的制作是按照一定的测量标准或者经验准

则，以此保证衣物和个体身形的协调性。对这一相关性进一步分析，可帮助人们理解宋代服饰制作工艺以及其尺寸设定原则，还为古代服饰复原与研究提供了关键的实证参考。在宋代褙子修复过程中，若原始数据缺失或者尺寸信息不完整，借助分析墓主人身高与衣长之间的关系，或可为尺寸推测和复原提供合理的依据，褙子衣长与身高间的关系如下：

$$\text{B-c 型: } L_{B-c}=0.6H+R_{B-c} \quad (4-1)$$

$$\text{D-a 型: } L_{D-a}=0.76H+R_{D-a} \quad (4-2)$$

$$\text{C-c 型: } L_{C-c}=0.66H+R_{C-c} \quad (4-3)$$

$$\text{A-b 型: } L_{A-b}=0.8H+R_{A-b} \quad (4-4)$$

其中：H 表示的是墓主人的身高，L 表示的是四款宋代褙子典型款式的衣长，R 表示的是四款褙子衣长的造型松量。

#### 4.2.2 褙子通袖长公式

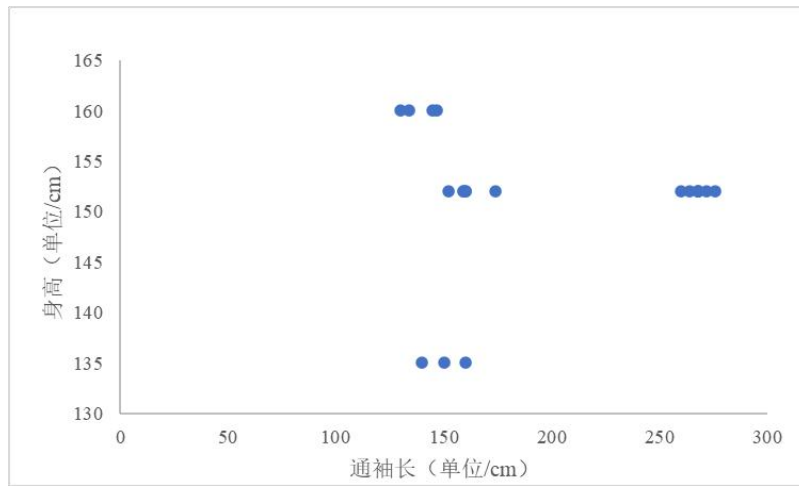


图 4-3 墓主人身高与通袖长关系图

Figure 4-3 Relationship between the height of the tomb owner and the length of the sleeve

墓主人的身高和通袖长之间的关系在图 4-3 中有所呈现，从中可看出通袖长和身高之间存在着一定程度的相关性，即通袖长与身高的关系呈现出某种规律，这意味着在古代的服饰设计里，通袖长的数值会受到身高参数的作用，鉴于女款褙子有修身的特点，而男款褙子则较为宽松，它们在数值方面会存在较大的差异，通袖长与身高之间的关系如下：

$$\text{B-c 型: } LSL_{B-c}=1.1H+R_{B-c} \quad (4-5)$$

$$\text{D-a 型: } LSL_{D-a}=0.9H+R_{D-a} \quad (4-6)$$

$$\text{C-c 型: } LSL_{C-c}=H+R_{C-c} \quad (4-7)$$

$$\text{A-b 型: } LSL_{A-b}=1.76H+R_{A-b} \quad (4-8)$$

在该式当中：H 所代表的是墓主人的身高，LSL 代表的是四种宋代褙子典型款式的衣长，R 代表的则是四款褙子通袖长的造型松量。

#### 4.2.3 褙子其他部位公式

$$\text{腰宽: } WW=B*/4+R_{WW} \quad (4-9)$$

下摆宽：HW=WW+R<sub>HW</sub> (4-10)

幅宽：F=b-2×缝缝 (4-11)

(说明：B\*表示净胸围；R 表示参数松量)

4.3 宋代褙子的典型款式样板生成

参数化设计 2D 板片流程的首要步骤是构建一个系统的尺码表，这个尺码表会作为核心数据库来存储各种规格以及关键部位的尺寸数据，把之前获取到的数据导入尺码表，并且对第三章得到的典型袖型、衣身对应结果进行梳理，之后把对应结果导入富怡 CAD 软件来绘制 2D 板片。

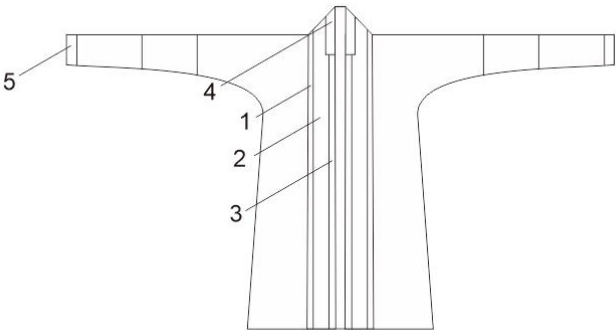
墓主人的身高参数来源于考古报告，但是腰围、胸围是依据墓主人的身高，从目前的号型标准当中，按照标准体对应查找的。像幅宽以及一些局部的尺寸是利用计算机图像处理以后进行测量的。

4.3.1 B-c 型

B-c 型结合上一章里提到的袖型分类以及衣身分类，其中 B 型袖、c 型衣身对应着福州茶园山墓所出土褙子（见表 2-1，序号 3），其款式图为图 4-4，规格尺寸表是表 4-4。

表 4-4 B-c 型福州茶园山墓褙子尺寸表  
Table 4-4 Dimensions of B-c Fuzhou Chayuan Mountain Tomb Skirts  
(单位：cm)

| 名称 | 衣长   | 通袖长  | 腰宽   | 袖宽   | 袖口宽  | 下摆宽  | 领缘宽  | 接袖1  | 接袖2  | 衩高   | 幅宽   |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 数据 | 85   | 160  | 43   | 18   | 9    | 51   | 7    | 16   | 22   | 48.5 | 32.5 |
| 来源 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 比例测量 | 比例测量 | 比例测量 | 比例测量 | 比例测量 |



(说明：1 折边宽、2 门襟、3 门襟贴边、4 包边、5 袖缘)

图 4-4 茶园茶园山墓褙子典型款式图  
Figure 4-4 Typical style of the tea garden and tea garden mountain tomb gown

## 一、褙子衣身片纸样设计

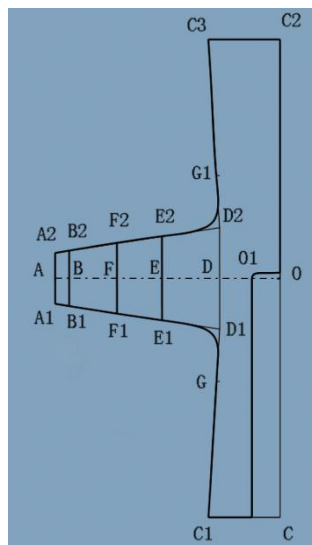


图 4-5 B-c 型福州茶园山墓褙子衣身片

Figure 4-5 B-c type Fuzhou Chayuan Mountain Tomb Jacket body piece

B-c 型福州茶园山墓褙子衣身片如图 4-5。

- (1) 作褙子前、后片基础线。确定 O 点，作  $OC=OC2=0.6H+R_{B-c}$ 。
- (2) 肩线 OA。作  $OA=1.1H+R_{B-c}/2$ 。
- (3) 袖缘 BB1、BB2，在 OA 上作  $AB=$ 袖缘宽，再沿着 B 点作 BB1 垂直 OA；BB2 垂直 OA，得到袖缘 BB1、BB2。
- (4) 袖口 AA1、AA2。过点 A 沿垂直方向向上、向下，分别作  $AA2=AA1=$ 袖口。
- (5) 袖宽 DD1、DD2。在 OA 上作  $OD=$ 腰宽/2，再沿着 D 点垂直方向向上、向下，分别作  $DD2=DD1=$ 袖宽。
- (6) 下摆 CC1、C2C3。过 C 点沿着水平方向，作  $CC1=C2C3=$ 下摆/2。
- (7) 基础轮廓线 A1D1、C1D1；A2D2、C3D2。将得到的 C1 点与 D1 点和 A1 点依次连接，得到 A1D1、C1D1；再将 A2、D2、C3 依次连接，得到 A2D2、C3D2。
- (8) FF1、FF2 为接袖 1。在 OA 上作  $AF=$ 接袖长，再沿着 F 点沿垂直方向向上、向下，分别与轮廓线 A2D2、A1D1 交于 F2、F1，得到的接袖 1 是 FF1、FF2。
- (9) EE1、EE2 为接袖 2。在 OA 上，沿着 F 点向右作  $FE=$ 拼袖，再沿着点 E 沿垂直方向向上、向下，分别与轮廓线 A2D2、A1D1 交于 E2、E1，得到的接袖 2 是 EE2、EE1。
- (10) 开衩 C1G、C3G1。分别在轮廓线 C1D1、C3D2 上作  $C1G=C3G2=$ 衩高，得到开衩 C1G、C3G2。
- (11) 袖弯弧线。分别将 A1D1、C1D1；A1D2、C3D2 以圆滑的曲线依次连接，得到袖弯弧线。

(12) 领口弧线。在  $OA$  上作  $OO_1$ =领宽，在沿垂直方向向下 2cm 得到领深点，将之与  $O_1$  点用平滑的曲线连接，得到领口弧线。

(13) 过  $O_1$  点作垂线与  $CC_1$  相交，得到门襟线。

(14) 袖弯弧线与领口弧线进一步修饰，得到完整衣身片。

## 二、褙子门襟及其他纸样设计

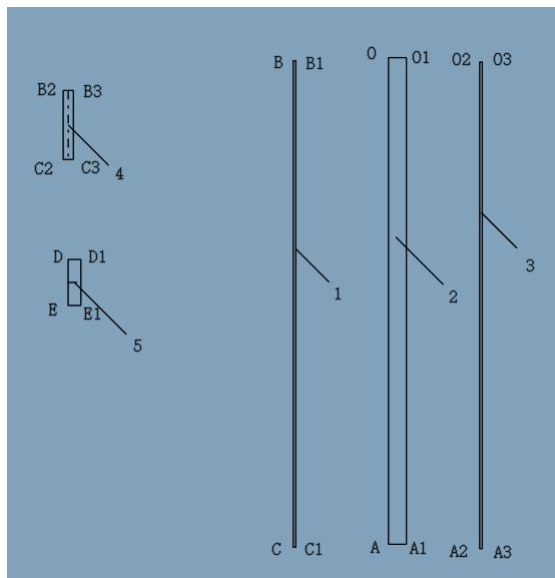


图 4-6 B-c 型福州茶园山墓褙子门襟片等

Figure 4-6 B-c placket of the Fuzhou Chayuan Mountain Tomb

B-c 型福州茶园山墓褙子门襟片如图 4-6。

(1) 作褙子门襟基础线。确定  $O$  点，沿着竖直方向，作  $OA=2 \times \text{衣长} + \text{领围宽}$ 。

(2) 门襟线  $OO_1$ 、 $AA_1$ 。过  $O$  点沿着水平方向作  $OO_1$ =领缘宽，同理做出  $AA_1$ ，将其依次连接形成封闭矩形，得到“结构 2”，即门襟  $OO_1AA_1$ 。

(3) 过  $O_2$  点沿着水平方向作  $O_2O_3=1\text{cm}$ ，同理做出  $A_2A_3=1\text{cm}$ ，并将其依次连接形成封闭矩形，得到“结构 3”，同理做出“结构 1”。

(4) 包边  $B_2B_3C_2C_3$ 。确定  $B_2$  点，沿着水平方向作  $B_2B_3=4$ ；垂直方向作  $B_2C_2=\text{领围宽} + 2 \times 3$ 。同理做出  $C_2C_3$ 、 $B_3C_3$ ，将其依次连接得到“结构 4”，即包边  $B_2B_3C_2C_3$ 。

(5) 袖缘  $DD_1EE_1$ 。确定  $D$  点，沿着水平方向作  $DD_1$ =袖缘宽；沿着垂直方向作  $DE=2 \times \text{袖口宽}$ ，同理做出  $EE_1$ 、 $D_1E_1$ ，将他们依次连接得到“结构 5”，即袖缘  $DD_1EE_1$ 。

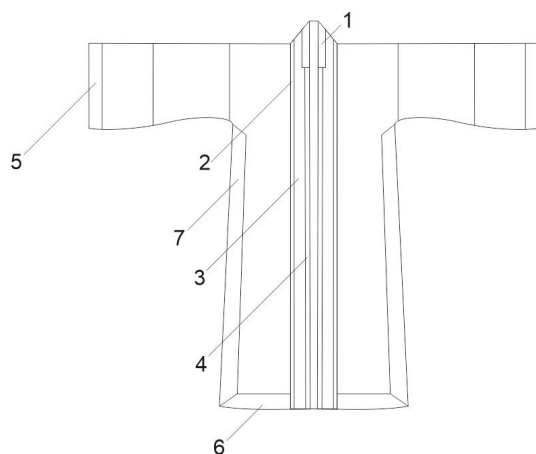
### 4.3.2 D-a 型

D-a 型结合上一章内容中的袖型分类、衣身分类所对应的是 D 型袖、a 型衣身，它们对应的是福州黄昇墓所出土的褙子（见表 2-1，序号 7），款式图如图 4-7，规格尺寸表见表 4-5。

表 4-5 D-a 型福州黄昇墓褙子尺寸表

Table 4-5 Size table of the D-a type Huangsheng tomb gown in Fuzhou  
(单位: cm)

| 名称 | 衣长   | 通袖长  | 腰宽   | 袖宽   | 袖口宽  | 下摆宽  | 领缘宽  | 袖缘宽  | 接袖1  | 接袖2  | 衩高   | 幅宽   |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 数据 | 124  | 147  | 53   | 25   | 28   | 59   | 7    | 5    | 17   | 23   | 95   | 43.8 |
| 来源 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 比例测量 | 比例测量 | 比例测量 | 比例测量 | 比例测量 | 比例测量 |



(说明: 1 折边宽、2 门襟、3 门襟贴边、4 包边、5 袖缘、6 底摆贴边、7 开衩贴边)

图 4-7 D-a 型福州黄昇墓褙子典型款式图

Figure 4-7 Typical style of D-a Huangsheng tomb gown in Fuzhou

#### 一、褙子衣身片纸样设计

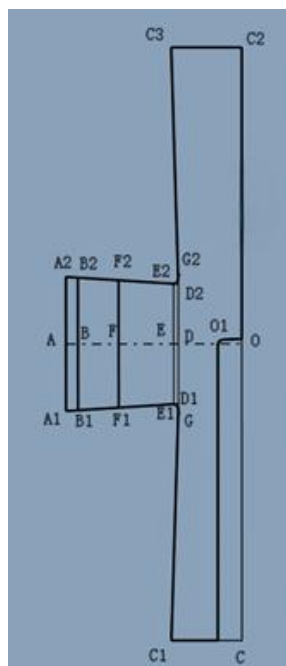


图 4-8 D-a 型福州黄昇墓褙子衣身片

Figure 4-8 D-a type of clothing of Huangsheng tomb in Fuzhou

D-a 型福州黄昇墓褙子衣身片如图 4-8。

- (1) 作褙子前、后片基础线。确定 O 点，作  $OC=OC2=0.76H+R_{D-a}$ 。
  - (2) 肩线 OA。作  $OA=0.9H+R_{D-a}/2$ 。
  - (3) 袖口 AA1、AA2。过点 A 沿垂直方向向上、向下，分别作  $AA2=AA1=$ 袖口。
  - (4) 袖宽 DD1、DD2。在 OA 上作  $OD=腰宽/2$ ，再沿着 D 点垂直方向向上、向下，分别作  $DD2=DD1=袖宽$ 。
  - (5) 下摆 CC1、C2C3。过 C 点沿着水平方向，作  $CC1=C2C3=下摆/2$ 。
  - (6) 基础轮廓线 A1D1、C1D1；A2D2、C3D2。将得到的 C1 点与 D1 点和 A1 点依次连接，得到 A1D1、C1D1；再将 A2、D2、C3 依次连接，得到 A2D2、C3D2。
  - (7) 袖缘 BB1、BB2，在 OA 上作  $AB=袖缘宽$ ，再沿着 B 点作 BB1 垂直 OA；BB2 垂直 OA，得到袖缘 BB1、BB2。
  - (8) FF1、FF2 为接袖 1。在 OA 上作  $BF=接袖 1$ ，再沿着 F 点沿垂直方向向上、向下，分别与轮廓线 A2D2、A1D1 交于 F2、F1，得到的接袖 1 是 FF1、FF2。
  - (9) EE1、EE2 为接袖 2。在 OA 上，沿着 F 点向右作  $FE=拼袖$ ，再沿着点 E 沿垂直方向向上、向下，分别与轮廓线 A2D2、A1D1 交于 E2、E1，得到的接袖 2 是 EE2、EE1。
  - (10) 开衩 C1G、C3G1。分别在轮廓线 C1D1、C3D2 上作  $C1G=C3G2=衩高$ ，得到开衩 C1G、C3G2。
  - (11) 袖弯弧线。分别将 A1D1、C1D1；A1D2、C3D2 以圆滑的曲线依次连接，得到袖弯弧线。
  - (12) 领口弧线。在 OA 上作  $OO1=领宽$ ，在沿垂直方向向下 2cm 得到领深点，将之与 O1 点用平滑的曲线连接，得到领口弧线。
  - (13) 过 O1 点作垂线与 CC1 相交，得到门襟线。
  - (14) 袖弯弧线与领口弧线进一步修饰，得到完整衣身片
- 二、褙子门襟及其他纸样设计

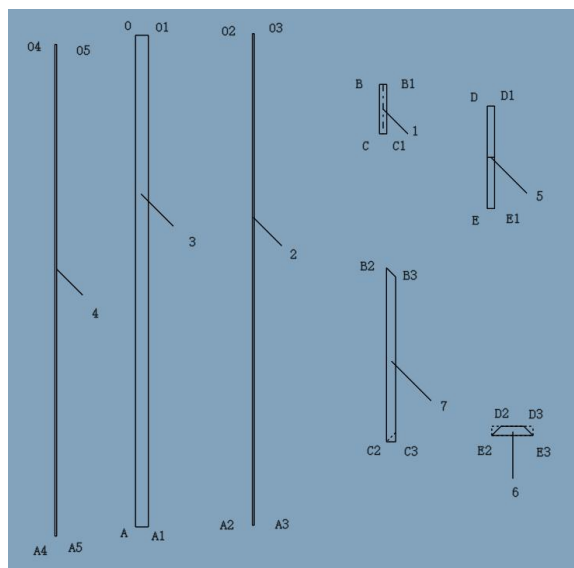


图 4-9 D-a 型福州黄昇墓褙子门襟片等

Figure 4-9 The placket of the D-a Huangsheng tomb in Fuzhou

D-a 型福州黄昇墓褙子门襟片如图 4-9。

(1) 作褙子门襟基础线。确定 O 点，沿着竖直方向，作  $OA=2 \times \text{衣长} + \text{领围宽}$ 。

(2) 门襟线 OO1、AA1。过 O 点沿着水平方向作  $OO1 = \text{领缘宽}$ ，同理做出 AA1，将其依次连接形成封闭矩形，得到“结构 3”，即门襟 OO1AA1。

(3) 确定 O2 点，沿着竖直方向，作  $O2A2 = 2 \times \text{衣长} + \text{领围宽}$ 。

(4) 过 O2 点沿着水平方向作  $O2O3 = 1\text{cm}$ ，同理做出  $A2A3 = 1\text{cm}$ ，并将其依次连接形成封闭矩形，得到“结构 2”，同理做出“结构 4”。

(5) 包边 BB1CC1。确定 B 点，沿着水平方向作  $BB1 = 4$ ；垂直方向作  $BC = \text{领围宽} + 2 \times 3$ 。同理做出  $CC1$ 、 $B1C1$ ，将其依次连接得到“结构 1”，即包边 BB1CC1。

(6) 袖缘 DD1EE1。确定 D 点，沿着水平方向作  $DD1 = \text{袖缘宽}$ ；沿着垂直方向作  $DE = 2 \times \text{袖口宽}$ ，同理做出  $EE1$ 、 $D1E1$ ，将他们依次连接得到“结构 5”，即袖缘 DD1EE1。

(7) 开衩包边 B2B3C2C3。确定 C2 点，沿垂直方向作  $B2C2 = \text{开衩}$ ；沿着水平方向作  $C2C3 = 5$ ；在过点 C3 沿着垂直方向作  $B3C3 = \text{开衩} - 5$ ，将所作点依次连接，得到“结构 7”，即开衩包边 B2B3C2C3。

(8) 底摆包边 D2D3E2E3。确定 E2 点，沿着水平方向作  $E2E3 = \text{下摆宽} - \text{门襟宽} - 2 \times 1$ ，再分别过 E2、E3 作夹角为  $45^\circ$  的延长线，交距离为 5 的平行线于 D2D3，将其依次连接得到“结构 6”，即底摆包边 D2D3E2E3。

#### 4.3.3 C-c 型

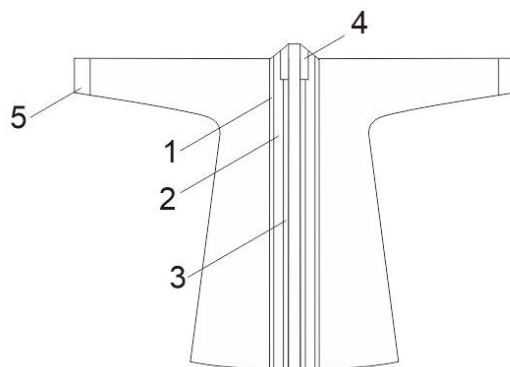
C-c 型结合上一章内容中的袖型分类、衣身分类所对应的是 C 型袖、c 型衣身，它们对应的是德安周氏墓所出土的褙子(见表 2-1, 序号 8)，款式图如图 4-10，规格尺寸表见表 4-6。

表 4-6 C-c 型德安周氏墓褙子尺寸表

Table 4-6 Dimensions of C-C type De'an Zhou's tomb gown

(单位: cm)

| 名称 | 衣长  | 通袖长 | 腰宽 | 袖宽 | 袖口宽 | 下摆宽 | 领缘宽 | 袖缘宽 | 衩高 | 幅宽   |
|----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|------|
| 数据 | 109 | 159 | 49 | 24 | 14  | 74  | 7   | 5   | 53 | 41.7 |
| 数据 | 考古  | 考古报 | 考古 | 考古 | 考古报 | 考古报 | 比例测 | 比例测 | 考古 | 比例   |
| 来源 | 报告  | 告   | 报告 | 报告 | 告   | 告   | 量   | 量   | 报告 | 测量   |



(说明: 1 折边宽、2 门襟、3 门襟贴边、4 包边、5 袖缘)

图 4-10 C-c 型德安周氏墓褙子款式图

Figure 4-10 C-C type De'an Zhou's tomb gown

## 一、褙子衣身片纸样设计

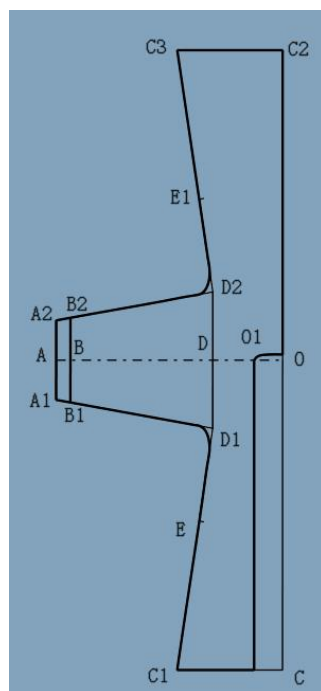


图 4-11 C-c 型德安周氏墓褙子衣身片

Figure 4-11 C-C type De'an Zhou's tomb gown

C-c 型德安周氏墓褙子衣身片如图 4-11 所示。

- (1) 作褙子前、后片基础线。确定 O 点, 作  $OC=OC2=0.66H+R_{C-c}$ 。
- (2) 肩线 OA。作  $OA=H+R_{C-c}/2$ 。

(3) 袖口 AA1、AA2。过点 A 沿垂直方向向上、向下，分别作  $AA_2=AA_1=$  袖口。

(4) 袖宽 DD1、DD2。在 OA 上作  $OD=腰宽/2$ ，再沿着 D 点垂直方向向上、向下，分别作  $DD_2=DD_1=袖宽$ 。

(5) 下摆 CC1、C2C3。过 C 点沿着水平方向，作  $CC_1=C_2C_3=下摆/2$ 。

(6) 基础轮廓线 A1D1、C1D1；A2D2、C3D2。将得到的 C1 点与 D1 点和 A1 点依次连接，得到 A1D1、C1D1；再将 A2、D2、C3 依次连接，得到 A2D2、C3D2。

(7) 袖缘 BB1、BB2，在 OA 上作  $AB=袖缘宽$ ，再沿着 B 点作 BB1 垂直 OA；BB2 垂直 OA，得到袖缘 BB1、BB2。

(8) 开衩 C1G、C3G1。分别在轮廓线 C1D1、C3D2 上作  $C_1G=C_3G_2=衩高$ ，得到开衩 C1G、C3G2。

(9) 袖弯弧线。分别将 A1D1、C1D1；A1D2、C3D2 以圆滑的曲线依次连接，得到袖弯弧线。

(10) 领口弧线。在 OA 上作  $OO_1=领宽$ ，在沿垂直方向向下 2cm 得到领深点，将之与 O1 点用平滑的曲线连接，得到领口弧线。

(11) 过 O1 点作垂线与 CC1 相交，得到门襟线。

(12) 袖弯弧线与领口弧线进一步修饰，得到完整衣身片

## 二、褙子门襟及其他纸样设计

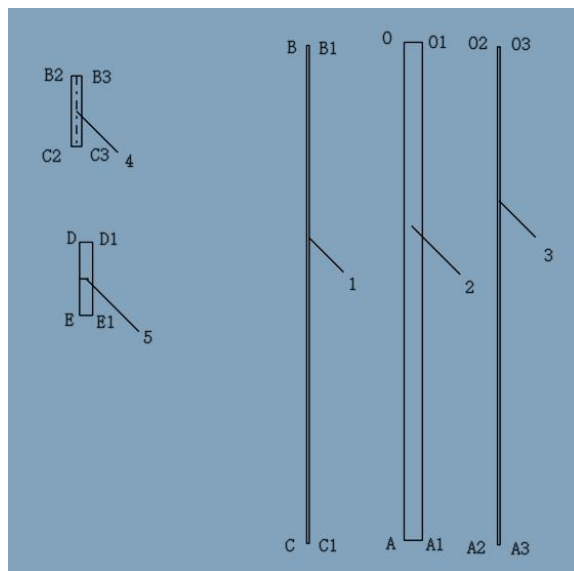


图 4-12 C-c 型德安周氏墓褙子门襟片等

Figure 4-12 The placket of the C-C type De'an Zhou's tomb

C-c 型德安周氏墓褙子门襟片见图 4-12。

((1) 作褙子门襟基础线。确定 O 点，沿着竖直方向，作  $OA=2*衣长+领围宽$ 。

(2) 门襟线 OO1、AA1。过 O 点沿着水平方向作 OO1=领缘宽，同理做出 AA1，将其依次连接形成封闭矩形，得到“结构 2”，即门襟 OO1AA1。

(3) 过 O2 点沿着水平方向作 O2O3=1cm，同理做出 A2A3=1cm，并将其依次连接形成封闭矩形，得到“结构 3”，同理做出“结构 1”。

(4) 包边 B2B3C2C3。确定 B2 点，沿着水平方向作 B2B3=4；垂直方向作 B2C2=领围宽+2\*3。同理做出 C2C3、B3C3，将其依次连接得到“结构 4”，即包边 B2B3C2C3。

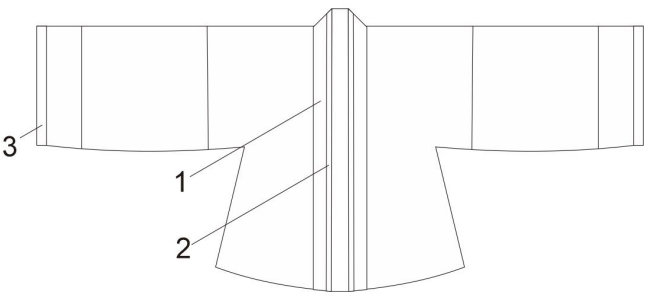
(5) 袖缘 DD1EE1。确定 D 点，沿着水平方向作 DD1=袖缘宽；沿着垂直方向作 DE=2\*袖口宽，同理做出 EE1、D1E1，将他们依次连接得到“结构 5”，即袖缘 DD1EE1。

4.3.4 A-b 型

A-b 型结合上一章内容中的袖型分类、衣身分类所对应的是 A 型袖、b 型衣身，它们对应的是金坛周瑀墓所出土的褙子（见表 2-1，序号 15），款式图如图 4-13，规格尺寸表见表 4-7。

表 4-7 A-b 型金坛周瑀墓褙子尺寸表  
Table 4-7 Dimensions of A-B Type Jintan Zhouyu Tomb Cloak  
(单位: cm)

| 名称 | 衣长   | 通袖长  | 腰宽   | 袖宽   | 袖口宽  | 前下摆  | 后下摆  | 袖缘宽  | 领缘宽  | 接袖 1 | 接袖 2 | 衩高   | 幅宽   |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 数据 | 121  | 268  | 74   | 52   | 59   | 101  | 89   | 3    | 3    | 17   | 56   | 50   | 45.7 |
| 来源 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 考古报告 | 比例测量 | 比例测量 | 比例测量 | 比例测量 | 比例测量 | 比例测量 |



(说明: 1 门襟、2 门襟贴边、3 袖缘)

图 4-13 A-b 型金坛周瑀墓款式图

Figure 4-13 A-b Jintan Zhou Yu Tomb Style

一、褙子衣身片纸样设计

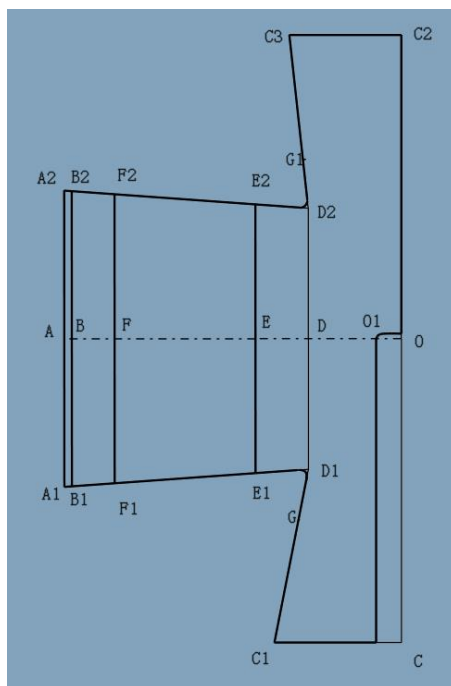


图 4-14 A-b 型金坛周瑀墓褙子衣身片

Figure 4-14 A-b type Jintan Zhou Yu's tomb gown

A-b 型金坛周瑀墓褙子衣身片见图 4-14。

- (1) 作褙子前、后片基础线。确定 O 点，作  $OC=OC2=0.8H+R_{A-b}$ 。
- (2) 肩线 OA。作  $OA=1.76H+R_{A-b}/2$ 。
- (3) 袖口 AA1、AA2。过点 A 沿垂直方向向上、向下，分别作  $AA2=AA1=$  袖口。
- (4) 袖宽 DD1、DD2。在 OA 上作  $OD=腰宽/2$ ，再沿着 D 点垂直方向向上、向下，分别作  $DD2=DD1=袖宽$ 。
- (5) 下摆 CC1、C2C3。过 C 点沿着水平方向，作  $CC1=C2C3=下摆/2$ 。
- (6) 基础轮廓线 A1D1、C1D1；A2D2、C3D2。将得到的 C1 点与 D1 点和 A1 点依次连接，得到 A1D1、C1D1；再将 A2、D2、C3 依次连接，得到 A2D2、C3D2。
- (7) 袖缘 BB1、BB2，在 OA 上作  $AB=袖缘宽$ ，再沿着 B 点作 BB1 垂直 OA；BB2 垂直 OA，得到袖缘 BB1、BB2。
- (8) FF1、FF2 为接袖 1。在 OA 上作  $BF=接袖 1$ ，再沿着 F 点沿垂直方向向上、向下，分别与轮廓线 A2D2、A1D1 交于 F2、F1，得到的接袖 1 是 FF1、FF2。
- (9) EE1、EE2 为接袖 2。在 OA 上，沿着 F 点向右作  $FE=拼袖$ ，再沿着点 E 沿垂直方向向上、向下，分别与轮廓线 A2D2、A1D1 交于 E2、E1，得到的接袖 2 是 EE2、EE1。
- (10) 开衩 C1G、C3G1。分别在轮廓线 C1D1、C3D2 上作  $C1G=C3G2=衩高$ ，得到开衩 C1G、C3G2。

(11) 袖弯弧线。分别将 A1D1、C1D1；A1D2、C3D2 以圆滑的曲线依次连接，得到袖弯弧线。

(12) 领口弧线。在 OA 上作 OO1=领宽，在沿垂直方向向下 2cm 得到领深点，将之与 O1 点用平滑的曲线连接，得到领口弧线。

(13) 过 O1 点作垂线与 CC1 相交，得到门襟线。

(14) 袖弯弧线与领口弧线进一步修饰，得到完整衣身片

## 二、褙子门襟及其他纸样设计

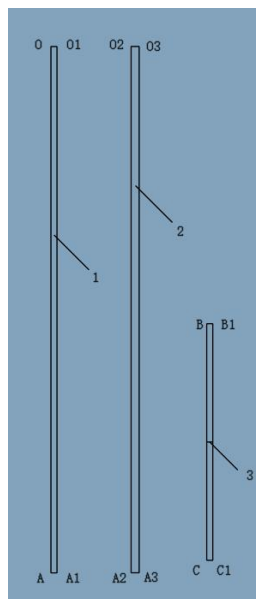


图 4-15 A-b 型金坛周瑀墓门襟片等

Figure 4-15 A-b type Jintan Zhou Yu tomb placket

A-b 型金坛周瑀墓门襟片见图 4-15。

(1) 作褙子门襟基础线。确定 O 点，沿着竖直方向，作  $OA=2 \times \text{衣长} + \text{领围宽}$ 。

(2) 门襟线 OO1、AA1。过 O 点沿着水平方向作  $OO1=\text{领缘宽}$ ，同理做出 AA1，将其依次连接形成封闭矩形，得到“结构 1”。

(3) 确定 O2 点，沿着竖直方向，作  $O2A2=2 \times \text{衣长} + \text{领围宽}$ 。

(4) 过 O2 点沿着水平方向作  $O2O3=4$ ，同理做出 A2A3，依次连接，得到“结构 2”。

(5) 袖缘 BB1CC1。确定点 B，沿着水平方向作  $BB1=\text{袖缘宽}$ ；沿着垂直方向作  $BC=2 \times \text{袖口宽}$ ，同理做出 CC1、B1C1，将它们依次连接得到“结构 3”，即袖缘 BB1CC1。

## 4.4 本章小结

在本章中先将宋代褙子参数划分为结构参数、部件参数以及人体参数。并选取了最具代表的褙子衣长公式、通袖长公式进行参数化公式的分析，在此基础上，对四款宋代褙子典型款式进行参数化二维样板的生成，具体结论如下：

(1) 将参数划分为结构参数、部件参数以及人体参数，并形成了具体的参数表达。

(2) 得到了四款典型款式的褙子衣长公式：

$$\text{B-c 型: } L_{B-c}=0.6H+R_{B-c}$$

$$\text{D-a 型: } L_{D-a}=0.76H+R_{D-a}$$

$$\text{C-c 型: } L_{C-c}=0.66H+R_{C-c}$$

$$\text{A-b 型: } L_{A-b}=0.8H+R_{A-b}$$

其中：H 表示的是墓主人的身高，L 表示的是四款宋代褙子典型款式的衣长，R 表示的是四款褙子的造型松量。

以及四款典型款式的褙子通袖长公式：

$$\text{B-c 型: } LSL_{B-c}=1.1H+R_{B-c}$$

$$\text{D-a 型: } LSL_{D-a}=0.9H+R_{D-a}$$

$$\text{C-c 型: } LSL_{C-c}=H+R_{C-c}$$

$$\text{A-b 型: } LSL_{A-b}=1.76H+R_{A-b}$$

在该式当中：H 所代表的是墓主人的身高，LSL 代表的是四种宋代褙子典型款式的衣长，R 代表的则是四款褙子通袖长的造型松量。

(3) 通过所得到的褙子衣长、通袖长公式，再借助考古报告得到的数据资料和计算机测量得到的补充数据，利用富怡 V8 软件，完成了 B-c 型、D-a 型、C-c 型、A-b 型这四款褙子的 2D 板片。

## 第 5 章 宋代褙子的三维模型构建与评价

本章利用 CLO3D 软件把上述得出的典型款式 2D 板片构建三维模型，经过这个过程可以实现褙子的数字化再现，还可以探讨其设计细节与文化内涵，完成三维虚拟建构后会对效果进行系统评估，检验其在视觉表现、结构合理性以及文化传承等有效性，这一评价过程可优化设计方案，为传统服饰文化的传承与发扬提供新视角和方法。

### 5.1 宋代褙子的结构复原

使用 CLO3D 进行三维虚拟的宋代褙子复原过程如图 5-1 所示。

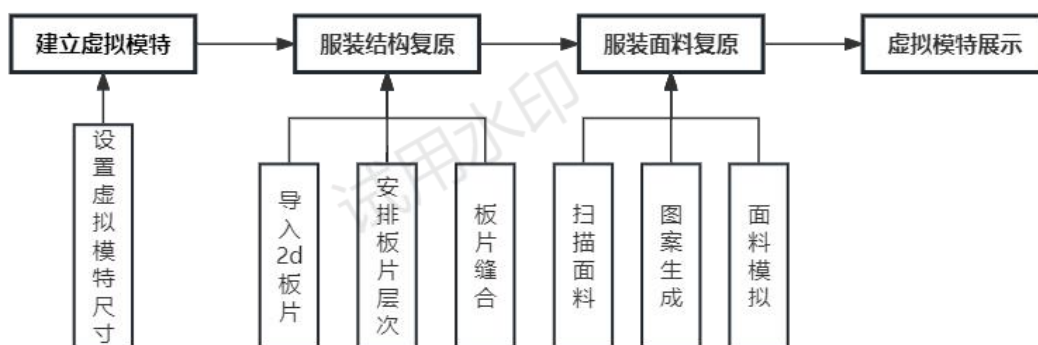


图 5-1 CLO 建模流程

Figure 5-1 CLO modeling process

#### 5.1.1 建立人体模型

在关于虚拟服装可视化的研究领域里，数字化人体模型可精准构建是达成服饰仿真的一项基础必要条件，首先要着手创建数字化人体虚拟模型，如图 5-2，具体包括身高为 152 厘米（A-b 型墓主身高 152cm）的男性模特以及身高分别是 135 厘米（B-c 型墓主人身高 135cm）、152 厘米（C-c 型墓主人身高 152cm）、160 厘米（D-a 型墓主人身高 160cm）的女性模特，由于其他尺寸的缺失，因此参考新国标成年人人体尺寸，确定建立虚拟模特所需其他部位尺寸数据。此步骤的重点在于精准地设定模特的尺寸参数，在建模进程当中，会严格依照服装形制结构以及尺寸数据来进行操作，以此来保证虚拟模特和实际人体比例相契合，保证后续服装虚拟展示有准确性与可靠性。同时需参考已有的 CLO3D 模特创建教程，以保障操作步骤的规范性与准确性。

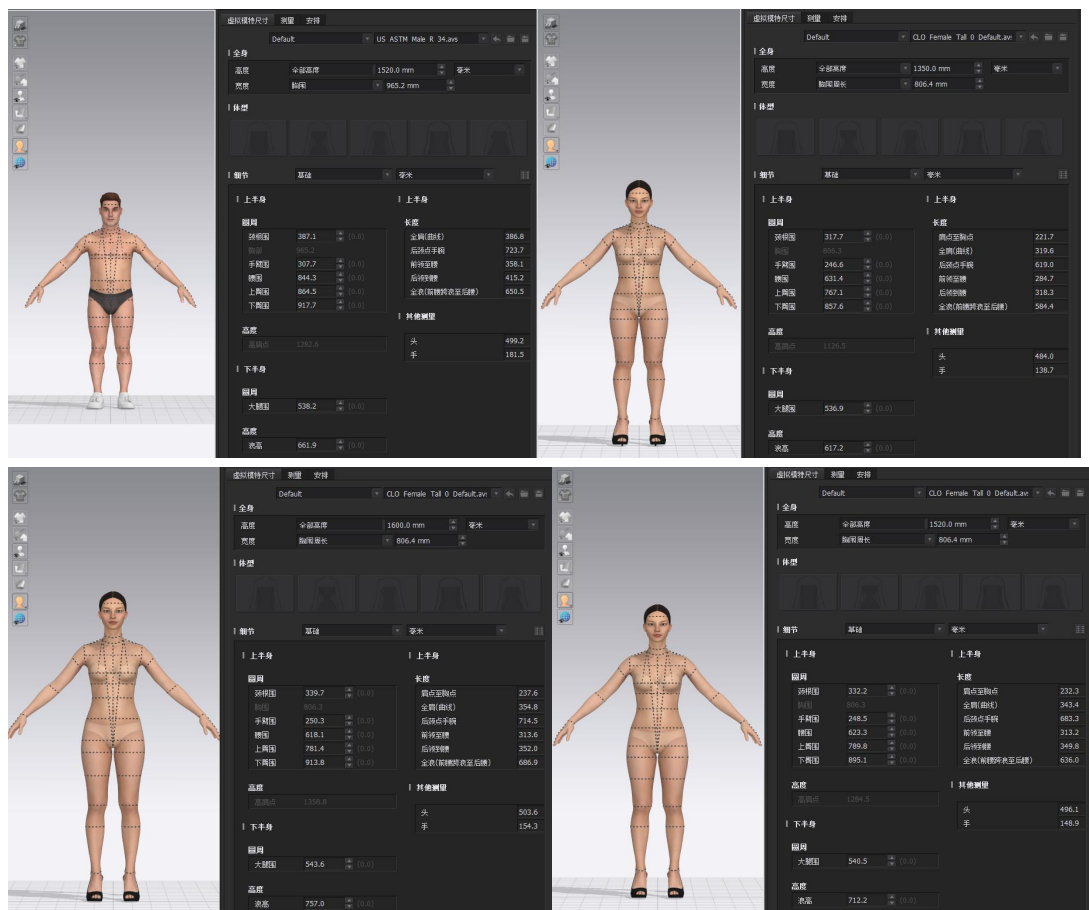


图 5-2 虚拟模特尺寸

Figure 5-2 Dimensions of the virtual model

### 5.1.2 板片生成及安排

服装版片的生成可借助两种途径达成：其一为在 CLO3D 的 2D 界面直接开展绘图工作，其二是先制作 dxf 文件，之后再将该文件导入 CLO3D 作的处理，为达成精准的虚拟服装设计，本研究运用数字化服装设计办法，首先把第四章所完成的服装结构设计成果，也就是 DXF 格式样版文件，加载至 CLO3D 虚拟服装设计系统之中，如图 5-3。在完成数据导入操作之后，把各个裁片部件精准地匹配到虚拟人台的相应位置上，并且依据实际的服装设计需求实施适度的调整。

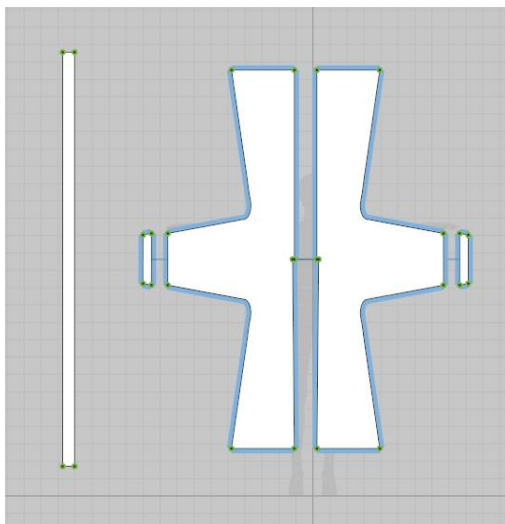


图 5-3 2D 窗口板片

Figure 5-3 2D window plate

把板片放置妥当之后,运用缝切工具来开展宋代褙子板片的虚拟缝合工作(如图 5-4),要保证各个部位的连接位置以及形状都契合设计所规定的要求,在完成了这些缝合操作以后,点击“模拟”按钮,软件便会自动生成服装的三维效果,呈现出服装的穿着效果。

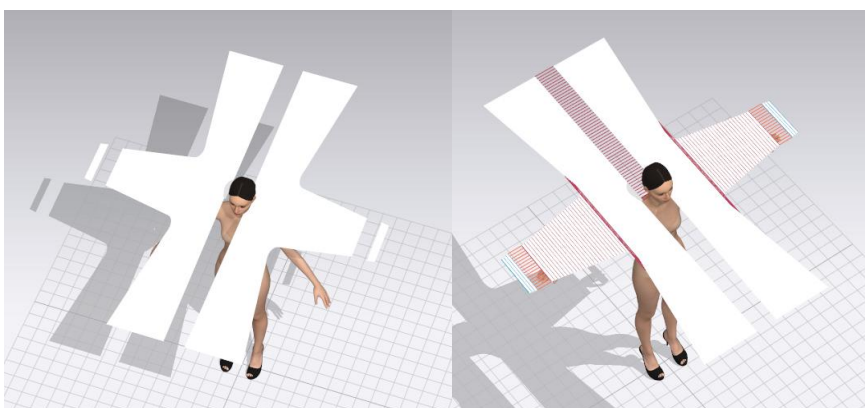


图 5-4 板片安排及虚拟缝合

Figure 5-4 Plate arrangement and virtual suture

最后依据模拟结果对整体服装状态做些微调,保证服装版型与外观契合预期,经过这可精准呈现服装设计细节,还可为后续效果优化及修改奠定基础,实现理想展示效果,四个典型款式褙子效果图见图 5-5~5-8。



图 5-5 B-c 型福州茶园山墓典型款式褙子效果图

Figure 5-5 Renderings of typical style gowns of B-c type Fuzhou Chayuan Mountain Tomb

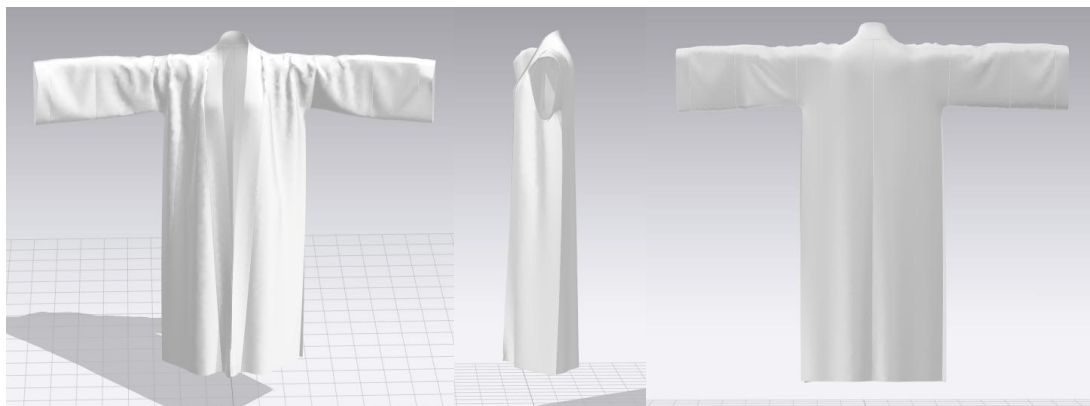


图 5-6 D-a 型福州黄昇墓典型款式褙子效果图

Figure 5-6 Renderings of typical styles of Huangsheng Tomb in Fuzhou D-A



图 5-7 C-c 型德安周氏墓典型款式褙子效果图

Figure 5-7 Rendering of a typical style of the C-C type De'an Zhou's tomb



图 5-8 A-b 型金坛周瑀墓典型款式褙子效果图

Figure 5-8 Renderings of the typical style of the A-B Jintan Zhou Yu Tomb

## 5.2 面料测量与纹样复原

### 5.2.1 面料物理属性测量

在服装仿真模拟的研究领域里，面料所有的物理属性，对于达成最终呈现效果的真实性的而言，有着十分关键且不容小觑的作用，若要精准地再现面料的真实质感，同时提高模拟结果的准确性，那么对其核心物理特性展开系统化的测量以及量化分析就显得很有必要，此次研究借助对面料的成分结构、厚度参数、弹性特征、织物强度以及悬垂性能等多个维度的物理指标展开全面测试，获取高精度的参数数据，以此为服装的数字化模拟奠定科学的理论依据以及数据方面的支撑。

为了使得到的实验数据可以导入 CLO3D 软件，此次研究需要通过织物厚度、重量、抗弯曲强度、抗拉伸强度等数据作为三维建构虚拟面料的参数。

一、面料选定

根据第三章墓葬考古报告，选取四个典型款式所对应的面料，材料选取表见表 5-1。

表 5-1 典型款式的材料选取  
Table 5-1 Material selection for typical styles

| 序号   | 名称    | 样本图片                                                                              | 来源厂家       | 对应款式              |
|------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------|
| 样品 1 | 西丽纱   |  | 杭州钱塘丝绸有限公司 | B-c 型、D-a 型、A-b 型 |
| 样品 2 | 仿四经绞罗 |  | 苏州中兴纺织有限公司 | C-c 型             |

二、面料实验

1、工具准备

CLO 专用面料测试仪的具体样式呈现于图 5-9 之中，而相关的实验指标、所使用的实验仪器以及对应的实验说明则详细罗列在表 5-2。

表 5-2 面料实验指标、实验仪器、实验说明表  
Table 5-2 Fabric test indicators, experimental instruments, and experiment descriptions

| 实验指标    | 实验仪器    | 实验说明                        |
|---------|---------|-----------------------------|
| 织物厚度    | 织物厚度测量仪 | 对织物的厚度进行测量                  |
| 织物重量    | 织物电子天平仪 | 对织物的重量进行测量                  |
| 织物抗弯曲强度 | 弯曲强度测试仪 | 对织物的径向、纬向、对角线的抗弯曲强度进行测量     |
| 织物抗拉伸强度 | 拉伸强度测试仪 | 对织物的经、纬、斜向拉伸强度及织物的抗拉伸强度进行测量 |



图 5-9 面料测试相关仪器  
Figure 5-9 Fabric testing instruments

2、样品准备

对面料进行测试样本的剪取与标识操作时要保证精确规范,裁剪示意图见图 5-10,首先在面料两端分别标注 1cm 基准线,当作后续剪取测试样本的参照,接着依据测试要求,在面料经向、纬向以及对角线方向合理裁剪测试样本,剪取测试样本时应尽量避开面料上的瑕疵区域和可能影响测试结果的局部不平整部位,以此保证测试数据准确可靠。

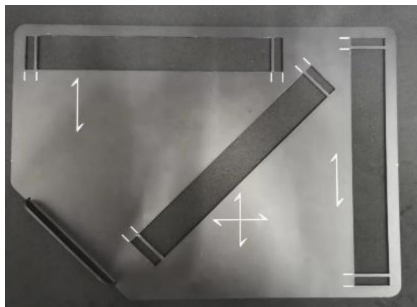


图 5-10 样品裁剪示意图

Figure 5-10 Schematic diagram of sample cropping

### 3、实验过程

#### (1)织物重量测量:

在开展实验期间,会从样品当中裁剪出三个用于测试的样本,然后依次把它们放置在织物电子天平仪上面去进行重量的测量,每一个测试样本都要剪取三次,而且每次都要开展独立的实验,以此来保证实验结果有代表性以及可靠性,称重的具体过程如图 5-11 所示,经过对三组测量数据的平均值加以计算,得出该织物确切的重量。为了保证测量可准确且精确,织物电子天平仪的测量精度要达到 0.01 克,在实际进行测量以前,一定要对天平仪做可用性验证,还要保证其读数归零,为了消除环境因素给测试结果带来的影响,所有测试样本都需要在标准大气压的状况下处于松弛状态,并且要进行至少 16 小时的调湿处理,之后才可以开展后续的称量工作。



图 5-11 织物称重过程

Figure 5-11 Fabric weighing process

#### (2)织物厚度测量:

在织物厚度测试工作当中，针对三组总共九个测试样本而言，每个样本都要在自身表面挑选两个测量点来展开精确的测试工作，就如同图 5-12 所展示的那样是整个测试过程，借助对这 18 个独立测量结果实施数据处理操作，计算得出其平均值，最终可获取到面料准确的厚度数据。



图 5-12 织物厚度测试

Figure 5-12 Fabric thickness test

### (3) 织物抗弯曲强度测量:

进行弯曲强度测试时，先把弯曲强度测量仪上层标尺缓缓滑向一侧，再小心抬起夹钳，让试样能顺利放置，随后读取并记录夹钳和试样初始接触点间的距离，称作接触距离 A，它是后续分析的关键参数，之后慢慢抬起试样末端，同时平稳把上层标尺放回初始位置，保证操作时不产生额外形变或应力。将试样末端平整放在上层标尺表面，精确测量此时试样平铺长度，记为 B 值，此过程要严格依标准化步骤操作，保证测量数据准确且可重复，为弯曲强度评估提供可靠实验依据，三组共 9 个样本均需进行弯曲强度测试，如图 5-13 所示为测试过程。



图 5-13 织物弯曲强度测试

Figure 5-13 Fabric flexural strength test

### (4) 织物抗拉伸强度测量:

a、针对拉伸强度测试仪开展归零校准工作，目的在于消除仪器自身存在的系统误差，为后续测量构筑精准的基础条件，b、把准备妥当的测试样本逐个放置在测量仪夹具的两端位置，接着借助旋紧螺丝的方式给予牢固固定，以此保证样本在拉伸进程中不会出现滑移或者松动的情况，保障受力状态的稳定。c、开启仪器电源，启动测试系统，使其进入等待测量的状态，依靠缓缓转动把手来施加拉力，密切留意并记录拉力器上所显示的数值。

在开展拉伸强度测试工作时，所有的样本都一定要保证是以面料的正面朝向来进行测试操作的，如此做的目的在于保证测试结果可有统一性以及准确性，在

测试的整个过程当中，应当对面料的弹性特性作出判断，以此来明确该面料究竟是属于高弹性面料还是低弹性面料，每一次进行测试之际，都需要记录五组有效的数据，要保证第一组数据的记录值不小于 0.01 kgf。组与组之间的拉力数据差值一定得是不小于 0.02kgf 才行，只有符合这一要求的数据才会被视作有效数据，就如同图 5-14 所展示的拉伸测试那样。



图 5-14 织物拉伸强度测试  
Figure 5-14 Tensile strength test of fabric

#### 4、生成虚拟面料文件

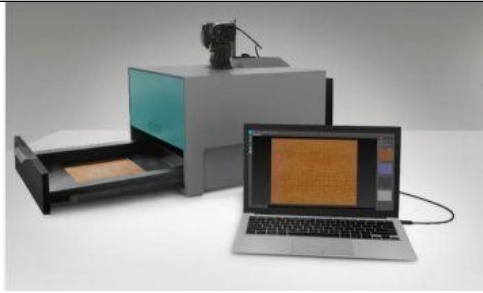
开启 CLO3D 的面料计算模式后，依照顺序逐一输入相关数据，计算得出各项物理属性参数，具体情况见表 5-3 所示，于面料的属性编辑器当中，按照先后次序逐个添加已制作完成的材质贴图，以此完成虚拟面料的制作，如图 5-15 展示的乃是 2 款面料的测试结果。

表 5-3 两种面料实验数据  
Table 5-3 Experimental data of three fabrics

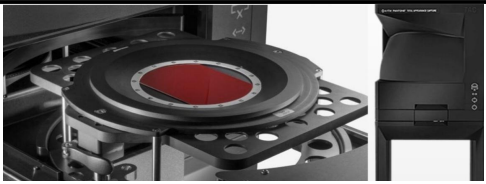
|             | 仿四经绞罗  | 西丽纱    |
|-------------|--------|--------|
| 纬纱-强度       | 8      | 6      |
| 经纱-强度       | 8      | 10     |
| 对角线张力（右）    | 2      | 2      |
| 对角线张力（左）    | 0      | 0      |
| 弯曲强度-纬纱     | 8      | 11     |
| 弯曲强度-经纱     | 4      | 14     |
| 弯曲强度-对角线（右） | 13     | 6      |
| 弯曲强度-对角线（左） | 13     | 6      |
| 厚度          | 0.31mm | 0.16mm |

#### 5.2.2 面料表现的检测

表 5-4 面料扫描仪及图片  
Table 5-4 Fabric scanners and images

| 序号 | 仪器名称      | 仪器图片                                                                                 |
|----|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | VIZOO 扫描仪 |  |

2 X-Rite 爱色丽 TAC 系统



运用专业扫描仪对面料进行扫描可以得到一系列的纹理图。本文运用 VIZOO 专业扫描仪、X-Rite 爱色丽 TAC 系统（见表 5-4）依次对仿四经绞罗、西丽纱 2 种面料进行扫描，得到的贴图结果见下表 5-5。

表 5-5 扫描仪生成贴图  
Table 5-5 Map generated by the scanner

|      | 面料 1  | 面料 2 |
|------|-------|------|
| 名称   | 仿四经绞罗 | 西丽纱  |
| 透明图  |       |      |
| 法线图  |       |      |
| 漫反射图 |       |      |
| 置换图  |       |      |
| 粗糙图  |       |      |

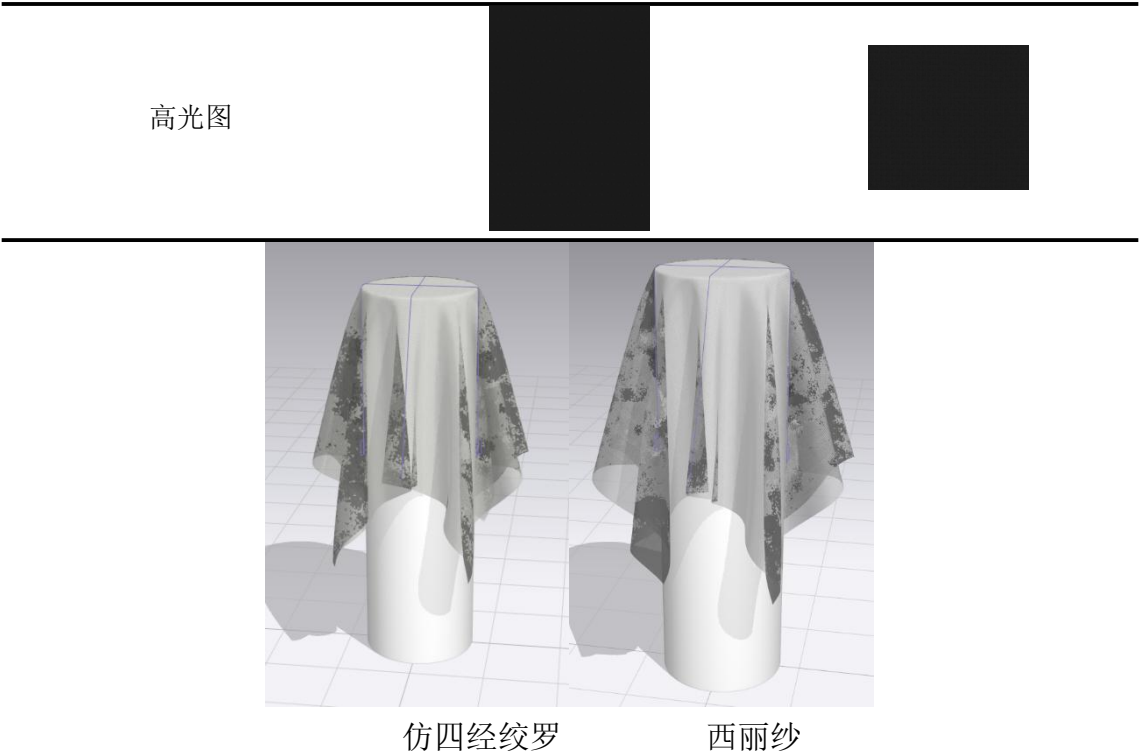


图 5-15 仿四经绞罗、西丽纱虚拟面料展示

Figure 5-15 Virtual fabric display of imitation four-warp twisted lu, Xili yarn

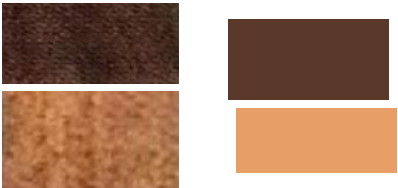
5.2.3 色彩纹样复原

一、色彩复原

在褙子实物图片当中，在其中保存比较好的地方截取某一块。将所取这块颜色进行均值化处理，再获取均值化处理之后的 RGB 值，结果见表 5-6。

表 5-6 褙子色彩提取图  
Table 5-6 Color extraction diagram of the jacket

| 款式类型                    | 实物图片 | 实物图片 | 颜色均值 | RGB 值                   |
|-------------------------|------|------|------|-------------------------|
| B-c 型福州<br>茶园山墓典<br>型款式 |      |      |      | R=98<br>G=57<br>B=54    |
|                         |      |      |      | R=176<br>G=159<br>B=149 |
|                         |      |      |      | R=185<br>G=163<br>B=114 |
|                         |      |      |      | R=68<br>G=66<br>B=51    |
| D-a 型福州<br>黄昇墓典型<br>款式  |      |      |      | R=185<br>G=163<br>B=114 |
|                         |      |      |      | R=68<br>G=66<br>B=51    |

|                |                                                                                   |                                                                                    |                         |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| C-c 型德安周氏墓典型款式 |  |  | R=90<br>G=57<br>B=43    |
|                |                                                                                   |                                                                                    | R=229<br>G=159<br>B=103 |
| A-b 型金坛周瑀墓典型款式 |  |  | R=164<br>G=125<br>B=100 |

二、纹样复原

宋代时期的褙子在纹样设计方面，大多是以自然元素以及几何图案作为主要内容，像是花卉图案、云纹图案以及缠枝纹图案等。这一情况充分反映出宋人对于自然和谐以及秩序感所怀有的追求，在本研究当中，选取了典型款式里出现的相关元素来开展纹样复原工作，褙子款式细节纹样及修复图见表 5-7。

表 5-7 褙子款式细节纹样及修复图  
Table 5-7 Details and Restoration Drawings of Jacket Styles

| 款式类型            | 实物图片                                                                                | 门襟细节图片                                                                               | 修复的数字化纹样                                                                              |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| B-c 型福州茶园山墓典型款式 |  |  |  |
|                 |                                                                                     |                                                                                      |  |
| D-a 型福州黄昇墓典型款式  |  |  |  |
|                 |                                                                                     |                                                                                      |  |

在 CLO3D 软件里，纹样贴图被映射到褙子门襟的表面之上，为了契合宋代的审美习惯，对贴图的比例以及分布作出调整，让花卉纹样在袖口跟下摆的位置密集排列，衣身中部则进行适当留白，形成疏密相间的布局样式，复原后的纹样保留了宋代织造工艺的精华，而且借助数字化技术达成了细节的精确再现，像花纹边缘的渐变层次以及立体感等。另外，为了提高视觉效果，本研究试着在贴图中加入微弱的阴影处理，使得纹样在虚拟环境里更有立体感跟真实性。

5.2.4 数字化建构结果

针对四款有代表性的典型款式褙子展开色彩的挑选工作，之后把这些褙子最终呈现出来的颜色结果，以及与之相对应的门襟纹样图，一起导入到上述空白的褙子三维虚拟建模效果里，随后对其进行相应的调整操作，得到了典型款式静态数字化构建表（表 5-8）。

表 5-8 典型款式数字化构建表  
Table 5-8 Digital Construction Table of Typical Styles

|                    | 数字化建构结果正视图                                                                          | 数字化建构结果侧视图                                                                          | 数字化建构结果背视图                                                                           |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| B-c<br>型 福州茶山墓典型款式 |    |    |    |
| D-a<br>型 福州黄昇墓典型款式 |   |   |   |
| C-c<br>型 德安周氏墓典型款式 |  |  |  |
| A-b<br>型 金坛周瑀墓典型款式 |  |  |  |

### 5.3 宋代褙子三维虚拟构建效果评价

#### 5.3.1 宋代褙子三维虚拟构建效果评价系统的建立

服装的造型、色彩以及材质，这些被公认为是服装设计的关键构成要素，同时也是衡量服装呈现效果的关键依据所在，当下学术界针对服装虚拟复原效果的评价，依旧欠缺统一的标准规范，即便如此，还是有不少研究者已然开始围绕服装三大要素展开研究，对虚拟复原效果评价模型的构建进行了初步的尝试探索。

##### 一、评价指标

基于现有的评价指标，本文结合宋代褙子的特征，把评价标准细分成四个方面，分别是服装的整体形制、细节处理、面料呈现出的效果以及图案色彩，我们定义集合  $U=(u1, u2, u3, u4)$ ，其中  $u1$  表示“整体形制”， $u2$  表示“细节处理”， $u3$  表示“面料效果”， $u4$  表示“图案色彩”，具体内容可见表 5-9。

表 5-9 四款典型款式褙子表现形式及评价指标

Table 5-9 Expressions and evaluation indicators of four typical styles of gowns

| 褙子类别          | 评价指标 |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|
|               | 整体形制 | 细节处理 | 面料效果 | 图案色彩 |
| B-c 型（福州茶园山墓） | √    | √    | √    | √    |
| D-a 型（福州黄昇墓）  | √    | √    | √    | √    |
| C-c 型（德安周氏墓）  | √    | √    | √    | √    |
| A-b 型（金坛周瑀墓）  | √    | √    | √    | √    |

##### 二、指标权重的确定

首先是开展赋权后的各项指标计算工作，以此来求出各模块的得分情况，接下来要对集合  $U=(u1, u2, u3, u4)$  里的四个主要指标赋予权重，得出最终的评价分数，为了确定评价集合中各指标的权重，运用的是秩和运算法，评审团队是由六位在服装数字化技术领域有着丰富经验的专家所构成，他们针对四项指标的关键性做了排序。相关的咨询问卷结果呈现在表 5-10 当中。

表 5-10 复原效果评价指标排序

Table 5-10 Ranking of recovery effect evaluation indicators

| 秩      | 细节处理 | 图案色彩 | 面料效果 | 整体形制 |
|--------|------|------|------|------|
| Z1     | 1    | 2    | 4    | 3    |
| Z2     | 1    | 3    | 2    | 4    |
| Z3     | 2    | 1    | 3    | 4    |
| Z4     | 2    | 1    | 4    | 3    |
| Z5     | 1    | 4    | 3    | 2    |
| Z6     | 1    | 2    | 3    | 4    |
| Rj（秩和） | 8    | 13   | 19   | 20   |

##### 三、一致性检验及权重计算

在开展计算权重这项工作之前,有必要针对六位专家评委给出的排序结果展开一致性检验,以此来评估这六位专家评委对于四项评价指标关键程度所做出的排序是否有一致性,要是经过检验发现评委们之间的排序呈现出 inconsistent 的情况,那么就需要去计算与之相对应的统计量。

$$X^2 = m(n-1)w \quad (5-1)$$

$$w = S/[(12)^{-1}m^2(n^3-n)] \quad (5-2)$$

$$S = \sum R_j^2 - (\sum R_j)^2/n \quad (5-3)$$

式中: $X^2$ 为统计量,  $R_j$ 表示第  $j$  个评价指标的秩和( $j=1, 2, 3, 4$ ),  $m$ 为评委的个数,  $n$ 为指标的个数。

把(5-2)式以及(5-3)式代入至(5-1)式当中进行计算,得出  $X^2=9.4$ , 取显著性水平为  $\alpha=0.025$ , 自由度  $df=3$ , 查表得  $X_{0.025}^2(3)=9.35$ 。因为  $X^2=9.4>9.35$ , 判定专家评委排序结果有一致性。

计算权重的公式为:

$$a_j = 2[m(1+n) - R_j]/[mn(1+n)] \quad (5-4)$$

借助(5-4)式的计算可以得出各项指标的权重,  $a_1=0.367$ ,  $a_2=0.283$ ,  $a_3=0.183$ ,  $a_4=0.167$ , 得到各项评价指标权重  $A=[0.367, 0.283, 0.183, 0.167]$ 。

#### 四、确定评价标尺

在本研究当中所采用的评价尺度为五级李克特量表, 将其定义为  $V=(V1, V2, V3, V4, V5)$ , 在这个量表里每个尺度分别对应着“差”、“一般”、“较好”、“好”以及“很好”这几种不同的评价等级。

#### 5.3.2 宋代褙子三维虚拟仿真评价结果

在明确了评价指标、指标权重以及评价尺度之后, 该项研究借助线上问卷调查的途径来收集数据, 为了切实保证数据的有效性, 将调查对象设定为那些对三维虚拟仿真有一定相关了解且有一定专业基础的人员, 以此来尽量提升评价结果的准确性, 本研究总共收集到了 55 份问卷, 其中有效的问卷有 50 份, 最终针对这些问卷的结果展开了统计分析。

##### 一、B-c 型 (福州茶园山墓)

##### 1、构建评价矩阵

B-c 型 (福州茶园山墓) 褙子三维虚拟构建效果评价结果如图 5-16 所示。

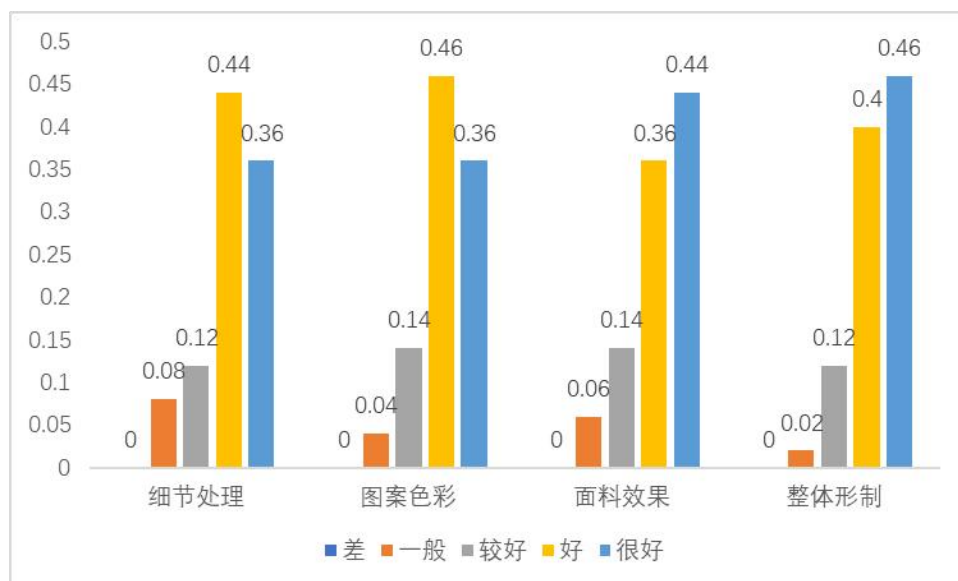


图 5-16 B-c 型褙子三维虚拟构建效果评价结果

Figure 5-16 Evaluation results of 3D virtual construction of B-c type jackets

表 5-11 B-c 型褙子三维虚拟构建效果评价结果

Table 5-11 Evaluation results of 3D virtual construction of B-c type jackets

| 评价指标 | V1 | V2   | V3   | V4   | V5   |
|------|----|------|------|------|------|
| 细节处理 | 0  | 0.08 | 0.12 | 0.44 | 0.36 |
| 图案色彩 | 0  | 0.04 | 0.14 | 0.46 | 0.36 |
| 面料效果 | 0  | 0.06 | 0.14 | 0.36 | 0.44 |
| 整体形制 | 0  | 0.02 | 0.12 | 0.4  | 0.46 |

可得评价矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0.08 & 0.12 & 0.44 & 0.36 \\ 0 & 0.04 & 0.14 & 0.46 & 0.36 \\ 0 & 0.06 & 0.14 & 0.36 & 0.44 \\ 0 & 0.02 & 0.12 & 0.4 & 0.46 \end{bmatrix}$$

## 2、计算综合评价效果

运用公式  $B=A \cdot R$  计算评价效果:

$$B = [0.367 \quad 0.283 \quad 0.183 \quad 0.167] \begin{bmatrix} 0 & 0.08 & 0.12 & 0.44 & 0.36 \\ 0 & 0.04 & 0.14 & 0.46 & 0.36 \\ 0 & 0.06 & 0.14 & 0.36 & 0.44 \\ 0 & 0.02 & 0.12 & 0.4 & 0.46 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \quad 0.046 \quad 0.130 \quad 0.420 \quad 0.405]$$

综合上述计算内容来看, 给予修复结果“好”以及“很好”评分的比例达到了 82.5%, 由此可以判断 B-c 型(福州茶园山墓)褙子复原效果是“好”。

## 二、D-a 型(福州黄昇墓)

D-a 型(福州黄昇墓)褙子三维虚拟构建效果评价结果如图 5-17 所示

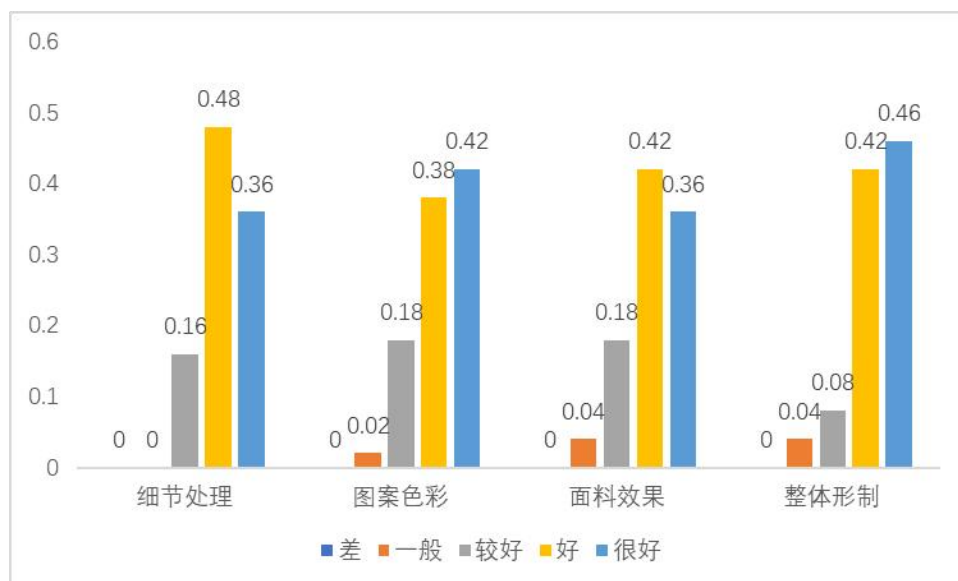


图 5-17 D-a 型褙子三维虚拟构建效果评价结果

Figure 5-17 Evaluation results of 3D virtual construction of D-A type jackets  
可得评价矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.16 & 0.48 & 0.36 \\ 0 & 0.02 & 0.18 & 0.38 & 0.42 \\ 0 & 0.04 & 0.18 & 0.42 & 0.36 \\ 0 & 0.04 & 0.08 & 0.42 & 0.46 \end{bmatrix}$$

运用公式  $B=A \cdot R$  计算评价效果:

$$B = [0.367 \quad 0.283 \quad 0.183 \quad 0.167] \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.16 & 0.48 & 0.36 \\ 0 & 0.02 & 0.18 & 0.38 & 0.42 \\ 0 & 0.04 & 0.18 & 0.42 & 0.36 \\ 0 & 0.04 & 0.08 & 0.42 & 0.46 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \quad 0.019 \quad 0.150 \quad 0.413 \quad 0.393]$$

综合上述所提及的计算内容,对修复结果给出“好”以及“很好”评分的比例达到了 80.6%,由此可判断 D-a 型(福州黄昇墓)褙子复原效果是“好”。

### 三、C-c 型(德安周氏墓)

C-c 型(德安周氏墓)褙子三维虚拟构建效果评价结果如图 5-18 所示。

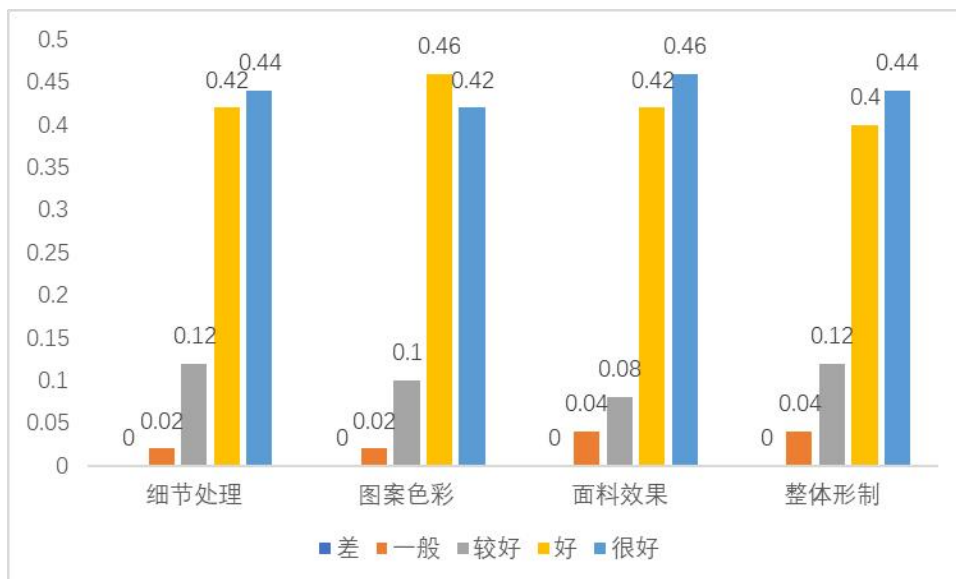


图 5-18 C-c 型褙子三维虚拟构建效果评价结果

Figure 5-18 Evaluation results of 3D virtual construction of C-c type jackets  
可得评价矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0.02 & 0.12 & 0.42 & 0.44 \\ 0 & 0.02 & 0.1 & 0.46 & 0.42 \\ 0 & 0.04 & 0.08 & 0.42 & 0.46 \\ 0 & 0.04 & 0.12 & 0.4 & 0.44 \end{bmatrix}$$

运用公式  $B=A \cdot R$  计算评价效果:

$$B = [0.367 \quad 0.283 \quad 0.183 \quad 0.167] \begin{bmatrix} 0 & 0.02 & 0.12 & 0.42 & 0.44 \\ 0 & 0.02 & 0.1 & 0.46 & 0.42 \\ 0 & 0.04 & 0.08 & 0.42 & 0.46 \\ 0 & 0.04 & 0.12 & 0.4 & 0.44 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \quad 0.027 \quad 0.107 \quad 0.425 \quad 0.441]$$

综合以上所提及的各项计算内容,为修复结果给出“好”以及“很好”评分的比例达到了 86.6%,据此判定 C-c 型(德安周氏墓)褙子复原效果是“好”。

#### 四、A-b 型(金坛周瑀墓)

A-b 型(金坛周瑀墓)褙子三维虚拟构建效果评价结果如图 5-19 所示。

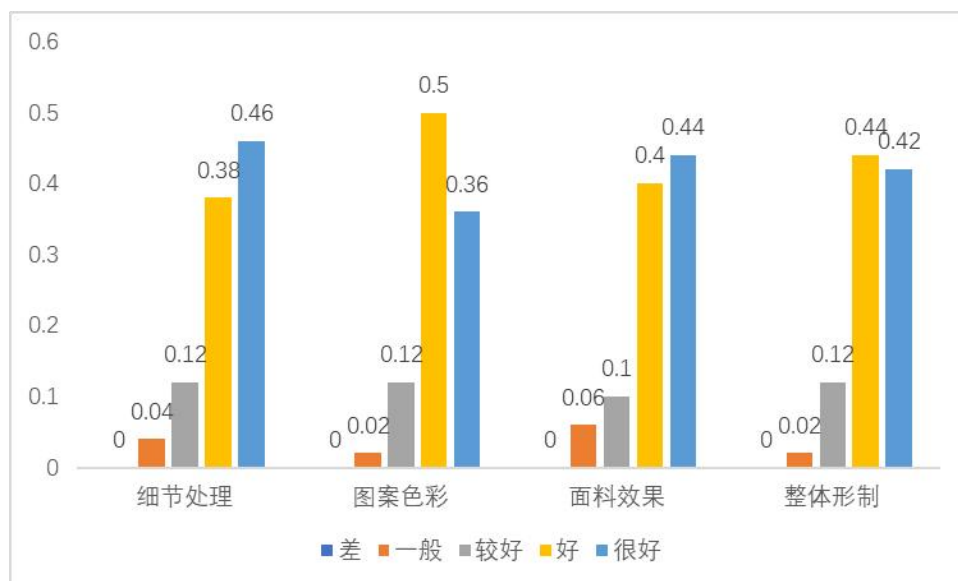


图 5-19 A-b 型褙子三维虚拟构建效果评价结果

Figure 5-19 Evaluation results of 3D virtual construction of A-B type jackets

可得评价矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0.04 & 0.12 & 0.38 & 0.46 \\ 0 & 0.02 & 0.12 & 0.5 & 0.36 \\ 0 & 0.06 & 0.1 & 0.4 & 0.44 \\ 0 & 0.02 & 0.12 & 0.44 & 0.42 \end{bmatrix}$$

运用公式  $B=A \cdot R$  计算评价效果:

$$B = [0.367 \quad 0.283 \quad 0.183 \quad 0.167] \begin{bmatrix} 0 & 0.04 & 0.12 & 0.38 & 0.46 \\ 0 & 0.02 & 0.12 & 0.5 & 0.36 \\ 0 & 0.06 & 0.1 & 0.4 & 0.44 \\ 0 & 0.02 & 0.12 & 0.44 & 0.42 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \quad 0.032 \quad 0.117 \quad 0.429 \quad 0.423]$$

综合上述计算内容来看, 给予修复结果“好”以及“很好”评分的比例达到了 85.2%, 由此可以判定 A-b 型 (金坛周瑀墓) 褙子复原效果是“好”。

### 5.3.3 应用价值与局限性

此次所构建的褙子三维模型可为宋代服饰的研究给予直观的视觉方面的参考, 其所取得的成果可广泛地应用于虚拟博物馆展示、历史题材影视服装设计以及服饰文化教育等诸多领域, 比如说, 借助虚拟现实技术, 用户可获得沉浸式体验褙子穿着效果的机会, 提高对于宋代服饰文化的理解。不过由于受到现有考古资料稀缺以及软件技术限制等因素的影响, 模型在某些细节方面, 依旧带有一定程度的推测性, 未来的研究需要结合更多的实物证据以及进行技术升级, 提升复原的精度。

## 5.4 本章小结

本章首先运用 CLO3D 完成了四个典型款式褙子的三维白坯服装建构；接着对三款复原面料进行物理属性测量和面料表现检测，获得可用于三维建模的数字虚拟面料；再对褙子实物图片进行色彩提取和纹样复原，确定了 RGB 值和修复的数字化纹样；结合以上结果完成了四个典型褙子的三维数字化构建；最后利用评价体系对构建效果进行评价，得到以下结论：

（1）选择 2 款复原面料进行测量，获得 CLO3D 所需的虚拟面料和法线图、透明图、漫反射图、置换图、粗糙图、高光图等 6 种纹理图。

（2）利用典型款式褙子实物图片颜色提取所截取的部分，对截取的褙子局部颜色进行均值化处理，得到面料色彩的 RGB 值；再通过选定的纹样截取部分，利用 CDR 软件到修复过后的数字化纹样。

（3）利用上一章完成的 2D 板片，结合以上结果，利用 CLO3D 软件，完成了四个宋代典型款式褙子的数字化效果构建。

（4）对四款褙子进行三维构建效果评价，发现：82.5%的人认为 B-c 型（福州茶园山墓）褙子复原效果是“好”及“很好”；80.6%的人认为 D-a 型（福州黄昇墓）褙子复原效果是“好”及“很好”；86.6%的人认为 C-c 型（德安周氏墓）褙子复原效果是“好”及“很好”；85.2%的人认为 A-b 型（金坛周瑀墓）褙子复原效果是“好”及“很好”。

## 第 6 章 结论与展望

### 6.1 主要结论

本课题以宋代褙子为研究对象，限定仅以出土的实物褙子考古资料作为数据来源，围绕宋代褙子的形制特征分析、参数化设计、三维建模与三维构建效果评价等方面展开研究。主要结果如下：

1、针对宋代褙子的袖型以及衣身造型等相关数据展开主成分分析（PCA），以及 K-means 聚类分析，得到了如下结论：

（1）使用 9 个数据指标对袖部形态进行主成分分析，得到方差贡献率达到 94.120% 的袖宽与袖长两个主成分因子；对这 9 个指标进行 K-means 聚类分析，将袖型分为 A 型、B 型、C 型、D 型，并做出了袖型示意图。

（2）对与衣身造型有关的 9 个数据指标进行主成分分析，得到方差贡献率达到 95.047% 的衣身宽度、衣身高度及造型相关因子三个主成分因子；再将这 9 个数据进行 K-means 聚类分析，将衣身分为 a 型、b 型、c 型，并作出了衣身示意图。

（3）将上述得到的四种袖部形态、三种衣身造型进行组合，参考宋代褙子考古报告数据，得到了四种典型款式的宋代褙子：A-b 型、B-c 型、C-c 型、D-a 型。

2、将宋代褙子参数具体划分成结构参数、部件参数以及人体参数，并选取褙子衣长、通袖长公式对四款宋代褙子典型款式进行具体说明，并将它们运用到典型款式样板生成中，得到了以下结论：

（1）将参数划分为结构参数、部件参数以及人体参数，并得到了具体的参数表达。

（2）得到了四款典型款式的褙子衣长公式：

$$\text{B-c 型: } L_{B-c} = 0.6H + R_{B-c}$$

$$\text{D-a 型: } L_{D-a} = 0.76H + R_{D-a}$$

$$\text{C-c 型: } L_{C-c} = 0.66H + R_{C-c}$$

$$\text{A-b 型: } L_{A-b} = 0.8H + R_{A-b}$$

其中：H 表示的是墓主人的身高，L 表示的是四款宋代褙子典型款式的衣长，R 表示的是四款褙子衣长的造型松量。

以及四款典型款式的褙子通袖长公式：

$$\text{B-c 型: } LSL_{B-c} = 1.1H + R_{B-c}$$

$$\text{D-a 型: } LSL_{D-a} = 0.9H + R_{D-a}$$

$$\text{C-c 型: } LSL_{C-c} = H + R_{C-c}$$

$$\text{A-b 型: } \text{LSL}_{\text{A-b}} = 1.76H + R_{\text{A-b}}$$

在该式当中： $H$ 所代表的是墓主人的身高， $\text{LSL}$ 代表的是四款宋代褙子典型款式的通袖长， $R$ 代表的则是四款褙子通袖长的造型松量。

(3) 通过所得到的褙子衣长、通袖长公式及之前考古报告得到的数据资料和计算机测量得到的补充数据完成了 B-c 型、D-a 型、C-c 型、A-b 型这四款褙子的 2D 板片。

3、运用 CLO3D 完成了四个典型款式褙子的三维白坯服装建构；接着对三款复原面料进行物理属性测量和面料表现检测，获得可用于三维建模的数字虚拟面料；再对褙子实物图片进行色彩提取和纹样复原，确定了 RGB 值和修复的数字化纹样；结合以上结果完成了四个典型褙子的三维数字化构建；最后利用评价体系对构建效果进行评价，得到以下结论：

(1) 得到了三款面料的虚拟面料和法线图、透明图、漫反射图、置换图、粗糙图、高光图等 6 种纹理图。

(2) 确定了典型款式褙子实物图片颜色提取所截取的部分，并对所得到的褙子局部颜色进行均值化处理，得到 RGB 值；通过选定的纹样截取部分，得到修复过后的数字化纹样并完成了四个宋代典型款式褙子的数字化效果构建图。

(3) 通过对四款褙子进行三维构建效果评价，发现：82.5%的人认为 B-c 型（福州茶园山墓）褙子复原效果是“好”及“很好”；80.6%的人认为 D-a 型（福州黄昇墓）褙子复原效果是“好”及“很好”；86.6%的人认为 C-c 型（德安周氏墓）褙子复原效果是“好”及“很好”；85.2%的人认为 A-b 型（金坛周瑀墓）褙子复原效果是“好”及“很好”。

## 6.2 展望

本研究借助数字化技术以及计算机软件手段，并且结合出土部分实物数据，顺利获取了构建四款典型款式褙子所需的相关数据，此研究领域属于多学科交叉范畴，涉及服饰史、服装结构学、图像学以及计算机技术等多个方向，不过鉴于时间和资源存在限制，本文主要聚焦于宋代褙子出土实物的构建，并未针对其他类型的褙子展开史学与数字化相结合的深入剖析。

展望将来的研究方向，可尝试扩展至其他途径的褙子，把史学研究和数字化技术相结合，更丰富地理解这一传统服饰，若能挖掘出更多与之相关的史料，会可对服饰的颜色、结构以及纹样等方面展开更深入剖析，在数字化技术的应用层面，未来研究还可考虑引入提高现实技术，实现更生动的虚拟模拟效果，提升对传统服饰的展示与体验。

综合来看，虽然此研究在部分方面存有一定局限性，不过却给未来相关研究奠定了基础并指明了方向，期望在后续工作里可攻克这些不足之处，促使传统服饰研究取得进一步发展。

## 参考文献

- [1] 朱家雨, 刘安定, 朱翠云. 宋代褙子的源流与流变考析 [J/OL]. 纺织高校基础科学学报: 1-9.
- [2] 胡晓, 岳满, 李超德. 《瑶台步月图》中褙子形制考释 [J]. 装饰, 2024, (08): 124-6.
- [3] 王超. 宋代汉族服装褙子研究 [D], 北京服装学院, 2019.
- [4] 卿源. 宋代褙子考析及其文化内涵 [D], 江南大学, 2021.
- [5] 张玲. 南宋女装形制风格研究 [D], 北京服装学院, 2018.
- [6] 谢红. 宋代褙子设计研究 [D], 北京服装学院, 2021.
- [7] 程雅娟. 宋辽金乐舞服饰艺术研究 [D], 苏州大学, 2013.
- [8] 洪招治. 中国宋代汉族女子服装褙子研究 [D], 福建师范大学, 2014.
- [9] 徐吉军. 南宋时期的服饰制度与服饰风尚 [J]. 浙江学刊, 2015, (06): 27-33.
- [10] 吴凡. 宋代褙子元素在现代服装设计中的创新应用研究 [D], 青岛大学, 2024.
- [11] 李布一. 宋代褙子结构在现代女装中的创新应用 [D], 武汉纺织大学, 2024.
- [12] 黄朝晖. 褙子在现代女装中的创新设计研究 [D], 大连工业大学, 2020.
- [13] 张然. 南宋女性背子形制特征研究与设计创新 [D], 北京服装学院, 2019.
- [14] 何雪霜. 南宋服饰的形制研究与复原 [D], 浙江理工大学, 2023.
- [15] 罗富诚. 宋代帝后冠服的数字化建构与展示 [D], 上海工程技术大学, 2021.
- [16] 王成礼. 中国南宋汉族女子服装结构研究 [D], 福建师范大学, 2013.
- [17] 周思施. 南宋汉族女子直领对襟服饰造型研究 [D], 北京服装学院, 2019.
- [18] 段先惠. 宋代妇女日常服装研究 [D], 华中科技大学, 2016.
- [19] 洪招治. 南宋男子合领夹衫的结构浅析 [J]. 群文天地, 2013, (02): 132-3.
- [20] LAFLEUR B, MAGNENAT-THALMANN N, THALMANN D. Cloth Animation with Self-Collision Detection [J]. Springer Japan, 1991.
- [21] 최창석, 김효숙. Construction of the Personal 3D Characters for Virtual Clothing Coordination [J]. Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 2003, 27: 1015-.
- [22] VOLINO P, CORDIER F, MAGNENAT-THALMANN N. From early virtual garment simulation to interactive fashion design [J]. Computer-Aided Design, 2005, 37(6): 593-608.
- [23] VOLINO P, MAGNENAT-THALMANN N. Accurate Garment Prototyping and Simulation [J]. Computer-Aided Design and Applications, 2005, 2(5): 45-54.

- [24] TURQUIN E, CANI M P, HUGHES J F. Sketching garments for virtual characters [J]. Eurographics Association, 2004.
- [25] SAYEM A S M, KENNON R, CLARKE N. 3D CAD systems for the clothing industry [J]. International Journal of Fashion Design Technology & Education, 2010, 3(2): 45-53.
- [26] JANG H, CHEN J. A Study on the Analysis and Comparison of DC Suite and CLO3D [J]. 한국패션비즈니스학회, 2017, (6).
- [27] KANG Z Y, CASSIDY T D, LI D, et al. Historic Costume Simulation and its Application [J]. 2015.
- [28] KUZMICHEV V, MOSKVIN A, SURZHENKO E, et al. Computer reconstruction of 19th century trousers [J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2017.
- [29] KUZMICHEV V, MOSKVIN A, MOSKVINA M, et al. Research on 3D reconstruction of late Victorian riding skirts [J]. International Journal of Clothing Science & Technology, 2018.
- [30] KUZMICHEV V, MOSKVIN A, MOSKVINA M. Virtual Reconstruction of Historical Men's Suit [J]. Autex Research Journal, 2018, 18.
- [31] MOSKVIN A, KUZMICHEV V, MOSKVINA M. Digital replicas of historical skirts [J]. Journal of the Textile Institute, 2019.
- [32] SOHN J M, LEE S, KIM D E. An exploratory study of fit and size issues with mass customized men's jackets using 3D body scan and virtual try-on technology [J]. Textile Research Journal, 2020, 90(17-18): 004051752090492-.
- [33] TAVAKKOL S, LYNETT P. Celeris Base: An interactive and immersive Boussinesq-type nearshore wave simulation software [J]. Computer Physics Communications, 2019, 248: 106966.
- [34] GU J, CHANG T K K, MAK I, et al. A 3D Reconstruction System for Human Body Modeling [J]. DBLP, 1998.
- [35] 张栋冰, 孙守迁, 黄宇. 基于 Web 的三维服装展示系统 [J]. 计算机与现代化, 2006, (03): 106-9.
- [36] MING-MIN, ZHANG, ZHI-GENG, et al. Image-based virtual exhibit and its extension to 3D [J]. International Journal of Automation & Computing, 2007.
- [37] 刘鹄燕, 淮永建, 帅立. 交互式虚拟服装展示系统设计与实现 [J]. 微计算机信息, 2010, 26(03): 195-7.
- [38] TONG J, ZHOU J, LIU L, et al. Scanning 3D Full Human Bodies Using Kinects [J]. IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics, 2012, 18(4): 643-50.
- [39] 高旭. 彝族服饰数字化展示设计 [D], 北京工业大学, 2013.
- [40] 马仁源. 基于 UNITY3D 平台的中国汉代服装展示设计与实现 [D], 北京工业大学, 2015.

- [41] 蔡柳萍. 3D 服装 CAD 软件的研究与对比 [J]. 针织工业, 2015, (08): 58-60.
- [42] 马芬芬. 藏族服饰数字化展示系统的设计与实现 [D], 北京服装学院, 2018.
- [43] HU, PENG PENG, LI, et al. Personalized 3D mannequin reconstruction based on 3D scanning [J]. International Journal of Clothing Science & Technology, 2018.
- [44] KAIXUAN L, XIANYI Z, PASCAL B, et al. 3D interactive garment pattern-making technology [J]. Computer-Aided Design, 2018, 104: 113-24.
- [45] 刘思彤. 锡伯族服装结构研究与数字化展示 [D], 浙江理工大学, 2020.
- [46] YAN J, RUILIANG G, FENFEN M, et al. Cloth simulation for Chinese traditional costumes [J]. Multimedia Tools and Applications, 2019.
- [47] 朱庆艳, 陈淑聪, 程淑婉, 等. 基于 CLO-3D 虚拟试衣系统的服装效果评价研究 [J]. 纺织导报, 2020, (07): 83-5.
- [48] WU X, KUZMICHEV V. A design of wetsuit based on 3D body scanning and virtual technologies [J]. International journal of clothing science and technology, 2021, (4): 33.
- [49] 蒋高明, 刘海桑. 服装三维虚拟展示的现状与发展趋势 [J]. 服装学报, 2021, 6(04): 349-56.
- [50] WU H, LIU K, JI Y, et al. Archaeological and digital restoration of straight-front robe of Mawangdui Han Dynasty Tomb based on 3D reverse engineering and man-machine interactive technologies [J]. Industria Textila, 2022, 73(06): 635-44.
- [51] LIU K, WU H, JI Y, et al. Archaeology and Restoration of Costumes in Tang Tomb Murals Based on Reverse Engineering and Human-Computer Interaction Technology [J]. Sustainability, 2022, 14(10).
- [52] 袁庆述. 《朱子语类》方言俗语词考 [J]. 语文研究, 1990, (4): 4.
- [53] 高承. 事物纪原 (1-4 册) [M]. 事物纪原 (1-4 册), 1985.
- [54] (汉)刘熙《释名》.卷五《释衣服》.北京:中华书局丛书集成成本, 1991 年:第 81 页.
- [55] (宋)谢维新.《古今合璧事类备要》.上海:上海古籍出版社, 1992 年 1 月:第 1652 页.
- [56] (宋)叶梦得撰, 宇文绍奕考异, 侯忠义点校.《石林燕语》卷十.中华书局, 1984 年:第 149 页.
- [57] (元)马端临.文献通考[M]. 上海:华东师范大学出版社, 1985: 296.
- [58] (明)陶宗仪编《说郛》卷一九, 一六.《笔记小说大观二十五编》.新兴书局, 1979: 353.
- [59] 张蓓蓓.《女服褙子形制源流辨析——从唐宋之际“尚道”之风及女冠服饰谈起》, 2014: 140.

- [60] (宋) 程大昌.演繁露[M].北京:中华书局, 1985: 83.
- [61] 周锡保. 中国古代服饰史[M]. 北京: 中国戏剧出版社, 2002: 309-311
- [62] 黄能馥, 陈娟娟. 中国服装史 [M]. 中国服装史, 1995.
- [63] 刘瑞璞等.古典华服结构研究——清末民初典型袍服结构考据.北京: 光明日报出版社, 2009.
- [64] 福州市文物管理局编. 福州文物集粹[M]. 福州: 福建人民出版社, 1999: 165.
- [65] 福建省博物馆编. 福州南宋黄昇墓[M]. 北京: 文物出版社, 1982: 9-133.
- [66] 周迪人, 周昉, 杨明. 德安南宋周氏墓[M]. 南昌: 江西人民出版社, 1999: 5-28
- [67] 镇江市博物馆等. 金坛南宋周瑀墓[J]. 考古学报, 1977(01): 105-31+97-208.
- [68] 何援军 曹, 李强,肖丽雯等. 基于参数化零部件的自动装配设计 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2001, (11): 1008-11.
- [69] 王舒. 服装智能制造背景下服装设计专业教学研究 [J]. 轻纺工业与技术, 2021, 50(02): 154-6.
- [70] 吴俊, 温盛军. BP 神经网络在西服样板设计中的应用 [J]. 纺织学报, 2008, (09): 113-6.
- [71] 谢红, 余言丽. 女衬衫大规模定制系统的成衣参数设计研究 [J]. 上海纺织科技, 2012, 40(03): 37-9.
- [72] 刘芳, 罗戎蕾, 樊萌丽. 合体女西装样板尺寸的自动生成 [J]. 毛纺科技, 2019, 47(02): 50-3.
- [73] 范丹镔, 马希明, 王利君. 基于聚类分析的浙江青年男性手形分类与号型优化 [J]. 丝绸, 2021, 58(02): 53-8.
- [74] 刘婷婷, 徐红, 梅馨元, 等. 基于 XGBoost 算法对新疆女性臀部体型判别及原型修正 [J]. 纺织学报, 2020, 41(07): 147-53.
- [75] 陈希雅, 赵颖, 蔡晓裕, 等. 基于局部特征的青年女性腿部形态分类 [J]. 纺织学报, 2020, 41(11): 136-42.
- [76] 倪世明, 金娟凤, 庞程方, 等. 基于纵向轮廓曲线的青年女性体型细分研究 [J]. 纺织学报, 2014, 35(08): 87-93.
- [77] 张青, 郭思, 刘成霞. 江浙地区青年与成熟女性的三围形态对比分析 [J]. 丝绸, 2019, 56(04): 50-5.

## 攻读学位期间发表论文和获奖情况

- [1]杨祥斌，袁惠芬，何一凡，等.基于聚类分析的宋代文物褙子造型研究 [J].安徽工程大学学报 (已接收)

## 致谢

行文将尽，思绪万千。站在研究生学业的终点回望，这段时光承载着无数的汗水与感动，每一步成长都离不开诸多师长、亲友的支持与陪伴。在此，谨以最诚挚的文字，向所有给予我帮助的人表达深深谢意。

首先，我要向导师袁惠芬老师致以最崇高的敬意。从课题的选题论证、研究方法的设计，到论文的反复修改，老师始终以严谨的治学态度和开阔的学术视野为我指引方向。每当我在研究中陷入迷茫，老师总能以深入浅出的分析驱散迷雾；面对学术观点的碰撞，老师也始终包容且耐心地引导我突破思维局限。其对待学术的执着与对待学生的关怀，不仅让我完成了学术能力的蜕变，更教会我如何成为一个求真务实的研究者。

感谢三位同窗室友，求学路上，我们共同探讨难题、分享喜怒哀乐，并肩作战的时光让这段旅程不在孤单。这里尤其要感谢我的师兄何一凡、师姐薄泽明，是他们在我许多个迷茫的时候为我指点方向，在我遇到问题时为我排忧解难，也教会我如何独立去解决所遇到的诸多难题。

特别感谢我的家人，二十余载求学路，是父母默默承担生活的重担，给予我无条件的信任与支持；是亲人的理解与包容，让我能心无旁骛地追逐理想。最后，感谢参与本研究的受访者，他们的真诚分享为论文提供了珍贵的一手资料。

学术之路漫漫，虽论文已成，但这不是终点而是新的起点。未来，我将带着这份感恩之心，继续在求知的道路上砥砺前行。