

# 一种可动手的实现方法探索

## ——以 12~8 分 BJD 为例

季节木子

(南京传媒学院, 江苏南京 210013)

**摘要:** 手的形态对于 BJD 人偶体态的优美展现, 有着重要的加分作用, 多样的手势也可以反映出 BJD 人偶的个性特点。传统 BJD 人偶手型想要变换, 需要提前制作几组不同的手势, 用于调换。12~8 分 BJD 人偶属于小体型人偶, 身高在 14cm~17cm 左右, 它们有着呆萌的大头和迷你的手脚, 是人们心目中公认的“萌娃”, 而正是由于体型小, 其手型调换不如大体型 BJD 方便, 且多次调换, 手型极易损坏。本研究希望融汇多个领域的相关知识, 探索小体型 BJD 可动手的实现方法, 尝试创新, 突破传统 bjd 的换手模式, 使小体型 BJD 也能拥有一双灵巧自由的手, 并为可动手的后续研发提供思路。

**关键词:** 小体型 BJD; 手型; 可动手

### 一、本研究所涉及的相关概念及术语

#### (一) BJD 及其手型

1.bjd 的定义。BJD 是 Ball jointed Doll 的缩写, 即球型关节人偶, 也被称为“人形”。由于关节部位装有球型的关节, 使人形能够做出许多接近于真人的姿态。BJD 起源于欧洲, 曾风靡于俄罗斯, 后传入日本、韩国及中国, 自 2005 年以来, BJD 主要由东亚国家(如韩国、日本、中国)生产。

BJD 通常由树脂(聚氨基甲酸酯树脂等)制成, 经过打磨呈哑光状态, 质感高级。也有艺术品级的陶瓷 BJD, 如 Enchanted Doll(图 1-1)。



图 1-1 Enchanted Doll 陶瓷 BJD 娃娃

这种人偶通常有着较高的精致度, 且塑造空间非常广阔, 其毛发、眼珠、手型、脚型以及服装等其他配饰也可随意替换, 具有很强的 DIY 装饰性, 深受玩家喜爱。

手型是 BJD 人物性格、造型的延伸, 一只 BJD 通常会加配 1~3 组手型, 用于调换, 丰富手部动作, 赋予人偶生命力。市面上 BJD 的手型根据可动性的不同, 可分为固定手势手型(图 1-2)和关节手(图 1-3)。大多数种类的手型需要运用 S 钩才能连接到小臂上。



图 1-2 BJD 固定手势手型



图 1-3 BJD 关节手

2.bjd 的身高尺寸与手的关系, BJD 的身高是以“分”来计算的, 以 180cm 除以 X 分(X 为 2、3、4、5、6、8、12 等)得出的数即为该尺寸人偶的大概身高。例如: 3 分 BJD 的尺寸即 180cm 除以 3, 身高在 60cm 左右。8 分娃娃身高在 22cm 左右, 12 分娃娃身高则

在 15cm 左右。本文的研究基于 12~8 分小体型 BJD 娃娃开展, 不同身高的 bjd, 其手的大小比例、形态也各不相同, 手过大或过小都会影响 BJD 整体比例的协调性。

#### (二) 定格动画人偶及其手型

定格动画人偶是指由黏土偶、木偶、毛毡、陶瓷、硅胶或混合材料的角色, 这些角色被用于演绎、拍摄动画, 这种动画通常是用定格动画方式拍摄出来的。例如动画《僵尸新娘》《圣诞夜惊魂》(图 1-4)中人偶的身体和手是由不锈钢骨架覆盖了硅胶树脂材料制作而成。



图 1-4 《圣诞夜惊魂》人偶骨架

定格动画人偶的优势体现在: 首先, 人偶可动性强, 四肢乃至每根手指可以自如活动(图 1-5), 在演绎过程中灵活地摆出各式造型, 除了方便拍摄, 还能使角色造型更加生动; 其次, 人偶手部骨架的制作相对比较容易, 且骨架的搭建不太受人偶体型大小的限制。



图 1-5 定格动画人偶硅胶手展示

本研究所涉及的人偶可动手由混合材料制成, 制作过程融合了多种手工艺类型的方式方法, 包括: 定格动画人偶手部骨架搭建方式、软陶烤制方法和树脂黏土塑造技巧。

### 二、制作可动手的意义

#### (一) 提高把玩性

玩家对可动性的要求不断提高, 在满足玩家审美的前提下,

一双灵巧的 bjd 可动手更能够满足玩家自由摆拍的需求。

### (二) 降低零件损耗

传统 BJD 全身各部位及关节均需要拉筋,在更换手型时需要使用拉筋夹等金属工具,工具比较坚硬,操作不当容易划伤 bjd 其他身体部件,或挤压 bjd 小臂与手腕接口处,留下缺口,影响人偶美观度。此外,频繁替换手型,也容易缩短腕关节处挂钩卡槽的使用寿命。使用可动手便无需频繁替换手型,节约了玩家的时间和精力,大大降低关节和挂钩卡槽的损耗。

### (三) 不受尺寸限制

8~12 分 BJD 尺寸较小,手的尺寸也较小,难以制作关节手,采用定格动画人偶骨架搭建思路制作手的骨架,再覆盖外皮,可以突破小尺寸的限制。

### (四) 制作方式简单

人偶的工艺决定了制作工序的复杂程度。传统定格动画人偶手所使用的硅胶,耐久性更强(硅胶化学性质稳定,且柔韧性好),质感也更接近人体皮肤,但想要制作出成品,除了搭建骨架外,

还需要制作者熟悉翻模工艺,合理设计模具,还必须掌握注胶、消泡的相关技术,制作所使用的工具也相对复杂。相比之下,以捏黏土的方式进行人偶制作,能大大简化制作过程,并得到不错的制作效果。

## 三、制作材料分析

### (一) 皮肤材料的选择

1. 五种常用材料的对比。本研究方向没有涉及到硅胶手的工作流,故此只对笔者手工制作时常用的树脂黏土、超轻黏土、软陶材料的相关性能进行比较。对比试验中,皮肤颜色标准参考 UFdoll12 分素体美白色号(图 2-1),数据见表 2-1。



图 2-1 试验肤色参考

表 2-1 常用材料性能比较

材料类型	成品质感	可否混色	成品重量	成品柔韧性	成品防水性	定型方式
普通树脂黏土	轻微光泽,通透	可混	很重	差	较弱	自然风干
韧性树脂黏土	轻微光泽,通透	可混	较轻	很强	较强	自然风干
魔法软陶泥	哑光,不透明,成色实	可混	较重	较强	极强	烘烤或水煮
爱乐陶软陶泥	哑光,不透明	可混	较重	一般	极强	烘烤或水煮
超轻黏土	哑光,不透明	可混	很轻	一般	不防水	自然风干

说明:该表数据来源于五种材料在同一模具中制作的五件成品效果

根据上表对不适合制作可动手皮肤的材料进行分析和排除,选出总体性能最合适的材料:

①成品质感。从成品质感上看,魔法软陶泥的成色效果相对不够理想,但其成品韧性尚佳,也可通过混色调制出肤色,故暂不排除。

②成品重量。成品重量并不是硬性指标,但使用重量轻的材料制作可动手皮肤,不容易影响 BJD 素体的自立性,因此材料重量越小越具优势。按照材料的适合程度排序为:超轻黏土>韧性树脂黏土>爱乐陶软陶泥、魔法软陶泥>普通树脂黏土。

③成品柔韧性。柔韧性是可动手皮肤必须具备的性能之一,柔韧性并不单指抗挤压变形的能力,同时还包括抗弯折以及恢复原状的能力,普通树脂黏土、爱乐陶软陶泥、超轻黏土的柔韧性明显不如韧性树脂黏土和魔法软陶泥,列入排除名单。韧性树脂黏土中添加了乳胶粉(改性可再分散乳胶粉),这一成分大幅提升了树脂黏土的耐压性、抗折性、柔软性和防变形性;而魔法软陶泥经过合理烤制后也具备较强的柔韧性,但比起韧性树脂黏土稍显逊色。

④防水性。韧性树脂黏土成品表面为膜状结构,具有较强的防水性能,但长时间接触水分会引起表面糊化,甚至溶解;魔法软陶泥成品有极强的防水性能,浸泡在水中也不会溶解变形。

⑤定型方式。魔法软陶泥需要在烤箱中烘烤定型,且必须严格设置烤箱温度和时间,才能烤制出具有柔韧性的成品,不同的烤箱品牌和容量大小,会影响烤制效果,需要制作者反复观察和测试,操作有一定难度。而韧性树脂黏土的定形方式为自然风干,手型塑造完成后只需放置在阴凉通风处等待干燥即可,操作难度较低。

经过比较,韧性树脂黏土和魔法软陶泥都可以用来制作可动手皮肤,就综合性能来看,韧性树脂黏土成品质感通透,带有轻

微光泽,自然风干后可形成极具韧性的软膜,总体状态更加接近人体皮肤,且有很强的抗拉伸性。同时能够很好地衔接到 BJD 树脂素体上;魔法软陶泥成品成色太实,呈完全哑光的状态,与 BJD 的树脂素体质感截然不同,并且柔韧性略弱于韧性树脂黏土。故初步选择韧性树脂黏土作为本次可动手皮肤的制作材料。

韧性树脂黏土的主要成分是乳胶粉、山梨糖醇、甘油、石蜡和苯甲酸钠(防腐剂),环保无公害,外观呈白色面糊状泥团样,土质柔滑,延展性好,容易堆砌、切削,适合塑形和雕刻。此外,韧性树脂黏土能很好地与丙烯、油画、墨彩等颜料相融合,混合后色泽均匀,不易结块。之后笔者将对该材料的可行性做进一步分析。

2. 韧性树脂黏土性能分析。前文提到,韧性树脂黏土中添加了增强柔韧性的主要成分——可再分散性乳胶粉,属于一种树脂胶粉,因此韧性树脂黏土各项强度指标需要参考该成分的性能参数(表 2-2):

表 2-2 乳胶粉理化性能

外观	白色,半固态
固含量	≥ 98.0%
灰份(1000℃)	10 ± 2%
堆积密度 g/l	400~500
平均粒径(um)	~80
50% 水溶液粘度(pas)	≥ 10.0
PH 值	6~8
最低成膜温度	0℃
玻璃化温度(Tg)	0℃
粘结强度	7dMPa

根据上表参数,可以总结出韧性树脂黏土的一些结论:

①粘附性、可塑性非常优秀,制作过程中,已经硬结的表面涂水后可以轻松堆砌新土,也可配合水分进行修型、抹平操作;

②具有高抗拉强度、高抗折强度、高耐磨性能、高柔韧性和高弹性，有很好的支撑和回弹作用，即使长时间使用也不会出现结构变形、坍塌等问题；

③重量轻，几乎不增加构建自重，不改变构建截面尺寸，故韧性树脂黏土重量和总体积几乎与添加乳胶粉前一样；

④室温在0℃以上时，韧性树脂黏土可以自然风干硬化形成胶膜，室温低于0℃时则不容易成膜；

⑤室温在0℃时，韧性树脂黏土出现玻璃化现象，质地僵硬，抗拉伸强度急剧下降，弯折时容易断裂，因此该材料的操作对室温有一定要求。

总而言之，使用可再分散性乳胶粉可以改善树脂黏土的多种性能，如提高粘结力、内聚力、降低弹性模量、提高抗折强度、增加可弯曲度、提高抗冲击性和耐磨性、降低吸水性、提高保水性和耐水性、提高可操作性（延长操作时间，降低操作难度），天气寒冷时需要避免频繁、快速地弯曲可动手手指，以防其表皮断裂，待室温升高方可正常把玩。

以上分析，可以证明使用韧性树脂黏土作为可动手皮肤材料是可行的。

#### （二）骨架材料的选择

1. 铝丝。铝丝的作用是制作手指骨架以及用于连接S钩。铝丝较柔软，使用铝丝制作的手指尖端在弯折摆动时不容易刺破外层包裹的皮肤，频繁弯曲不易断裂，且不易生锈，相较于铁丝的使用寿命更长。

8~12分BJD小臂拉筋孔径平均为2mm左右，选择粗细适合的铝丝，能够确保可动手与小臂的顺利组装，本文选取的是0.5mm铝丝作为可动手骨架，在第四章中会进行详细分析。

2. 软陶泥。软陶泥是一种人工低温聚合黏土，烤制后永久定型，其主要用于包裹和固定手掌部位的铝丝，使手部骨架无需活动的部位更加牢固、耐损，这就要求软陶泥要有一定的硬度，同时兼有韧性。本次制作选用的是爱乐淘品牌的肤色软陶泥和软陶素材土，素材土烘烤定型后有极强的韧性（B站：爱乐陶素材土车轮碾压试验），和其他软陶泥混合可以改善土质，提高软陶泥的抗弯折、抗拉性能。

### 四、可动手具体实现方式

#### （一）设计理念

在满足美观性的基础上，提高可动性，是可动手设计的基本理念。

美观性包含手与身体的比例协调性、五指与手掌比例关系和手部风格与BJD人物整体风格的一致度。例如，潘妮的盒子BJD手办系列（图3-1）中，听巴赫的牛款头身比为三头身，素体总高为13cm，手长约1.2cm，脚长1.5cm，手与身体的比例和风格很协调。若要为该款BJD制作可动手，手长需控制在1.2cm左右，才更符合素体比例；手型风格则可以适当自由发挥，结合制作者个人喜爱的风格，来调整可动手的手型，例如圆胖手、纤瘦手、猫爪等，但也要考虑手型与脚的风格匹配度，使人物整体风格趋势保持一致。



图 3-1 潘妮的盒子 BJD 手办系列“听巴赫的牛”

而可动性要求手部结构合理、坚固，且能自如活动。

#### （二）设计的实施

##### 1. 根据设计图搭建骨架。

①可动手内部骨架形态分析。本研究参照的是“人类的写实手型，即标准的五指手”，此类手型的制作方法，对其他风格化可动手（如四指手等）均适用。

人类标准手型的骨骼、肌肉、五指位置关系是固定的，手指、手掌的长度、宽度也会随年龄按比例增加，了解手部骨骼肌肉结构（图3-2），可以更加合理地根据BJD人偶年龄段、体型、风格等因素来搭建铝丝骨架。

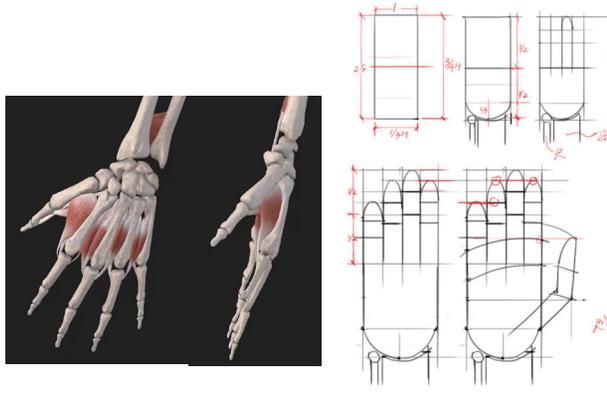


图 3-2 标准手型骨骼肌肉结构

图 3-3 手部结构概括

Q版人物的手也需要参考标准手型的结构，相比于写实的手，制作Q版手更需要形体概括能力。将手掌、五指用更加简约的形体进行概括（图3-3），能够清晰地观察到手掌、手指长度关系以及五指位置关系。根据风格需要，按比例加长或缩短手掌和手指即可绘制出想要的手型。

根据简化结构来搭建可动手的铝丝骨架（图3-4），使手型看起来协调。图中以黑、红两色来表示功能不同的骨架，黑色为主骨架，囊括了手掌与腕部，红色为手指骨架，按照大拇指到小拇指的顺序命名为a、b、c、d、e。将五根手指骨架末端拧紧缠绕在主骨架上，调整好五指长度，完成骨架的初步搭建。

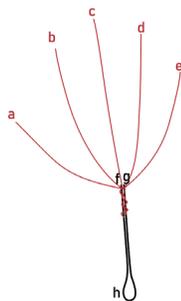


图 3-4 可动手骨架基本构造



图 3-5 h 端挂钩槽设计构想

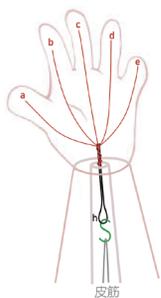


图 3-6 主骨架 f、g 端弯曲示意图

②拉筋端挂钩槽（下文简称“h 端挂钩槽”）设计。h 端挂钩槽的设计构想如图 3-5 所示，以 S 钩将小臂皮筋与可动手串联起来。

第三章第 2 节中提到过，8~12 分 BJD 小臂的拉筋孔孔径平均为 2mm，因此最好选择 0.5mm 的铝丝来制作骨架，主骨架需要对折成 U 形构造，使 h 端能够挂住 S 钩，对折后主骨架总宽大于 1mm，当 h 端受到皮筋拉力进入小臂拉筋孔内时，仍然留有不到 1mm 的活动空间，使可动手能够自如地水平旋转。

由于 S 钩一端连接铝丝 h 端，另一端连接小臂皮筋，故主骨架铝丝必须有力量承受住来自小臂皮筋的拉力，否则主骨架有可能从手掌皮肤中脱出。将主骨架的 f、g 端（图 3-6）向两侧折回成船锚状，能够分散皮筋带来的拉力，同时也能增强主骨架与手指骨架之间的牢固度，使可动手内部骨架结构在受到拉力时保持稳定。

## 2. 使用软陶泥加固手掌。

①软陶泥包裹手掌骨架。软陶泥的作用是通过包裹的方式对手掌部位的铝丝骨架做进一步的加固，防止手指骨架与主骨架散架，同时增加手掌骨架的摩擦力，额外增强骨架承受拉力的能力。将软陶泥与素材土按照 1:1 比例混合，反复揉匀，根据手掌大小选择对应分量的混合泥团，包裹在骨架的手掌上（图 3-7），泥团包裹的位置、厚度可参考图中蓝色部分。需要注意的是，泥必须完全覆盖住手掌骨架，从侧面看，手心、手背都要有“肉”，覆盖完成后，一指按住手背、另一指按住手心，轻柔、频繁地挤压软陶泥，使泥与铝丝紧密贴合，不留空隙。

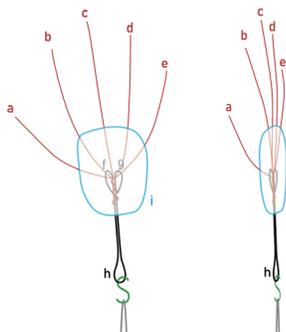


图 3-7 软陶泥包裹手掌骨架示意图

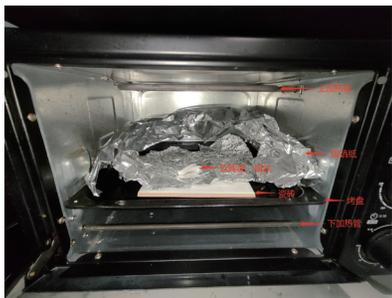


图 3-8 烘烤环境的构造示意图

②烤箱烤制软陶。软陶泥包裹均匀后需要在烤箱中烘烤才能永久定型，烘烤环境和烘烤温度、时间等因素都会影响软陶泥在铝丝骨架上的附着力和坚韧性，均匀受热能够防止软陶泥开裂。

A. 烘烤环境的营造。如图 3-8，烤箱内部配有上下加热管，两管之间架设烤盘。为了使软陶泥受热均匀，可在烤盘中垫放瓷砖，并将锡箔纸环绕一圈放在瓷砖上，再在中央放入可动手骨架（包裹好软陶泥的铝丝骨架），准备烘烤。

B. 烘烤温度、时间设置。爱乐淘软陶泥的定型温度在 130℃，烤箱上下管温度均需保持在该温度，烘烤 30 分钟左右。烘烤结束后不要立即打开烤箱门，而是静待其冷却，开门将烤好的可动手骨架取出。

## 3. 韧性树脂黏土制作外皮。

①调色。韧性树脂黏土性状为白色，半固态，制作外皮前需要根据 BJD 人偶素体的肤色进行调色，本研究使用的颜料为丙烯颜料，丙烯颜料自然干燥后能够形成带有轻微韧性的膜，与韧性树脂黏土混合可以进一步增强成品耐水性。

调色过程中主要使用红、黄、白三色，对颜料用量没有严格标准，能混合出想要的肤色效果即可。肤色确定后，将颜料滴入韧性树脂黏土中，反复拉伸、揉搓至色泽均匀，即完成调色。

②手部形体塑造。手部形体塑造的手法与雕塑技巧有异曲同工之处，大致顺序是：堆骨架、堆脂肪、堆外皮。具体做法是：

A. 堆骨架：将湿润的韧性树脂黏土堆叠在骨架上，利用捏、搓的方式使土紧紧地包裹在骨架上，这一阶段可以大体捏制出手指的骨点。

B. 堆脂肪：继续堆叠新土，同样以捏、揉的方式，辅以雕塑刀等工具将土进行按压、抹平，进一步精确塑造手的形态。

C. 堆外皮：这是手部形体塑造的最后一步，需要制作者检查造型上不理想的部位，堆叠新土，加强塑形。完成后外皮可能留有指纹痕迹，或存在凸凹不平的问题，可以用手指蘸水，来回反复地轻抹外皮，使其变得光滑平整。

③自然风干。韧性树脂黏土的最低成膜温度为 0℃，因此风干需要保证室温在 0℃以上，将手置于阴凉干燥处自然晾干。干透后的成品活动能力与室温有密切的关系，室温越高可动手越灵活，反之，可动手越僵硬，断裂风险更高。

## 4. 组装测试

这一阶段，制作者需要检查可动手与 BJD 小臂组装的流畅性，如：检查是否有卡筋现象（即腕部衔接 S 钩的铝丝过粗，总宽超过了 BJD 小臂拉筋孔孔径）；检查组装后 BJD 素体的自立性；检查可动手与 BJD 素体肤色的一致性；审视可动手与 BJD 素体在风格、比例上的协调性。

进行组装测试，能够检验可动手设计图的合理性，反过来推动设计图的订正，使其更为合理、美观。

## 五、结语

传统 BJD 想要展示出双手的不同形态，就需要提前制作各种手型用于调换。而使用定格动画人偶的制作思路制作可动手，合理设计 h 端挂钩槽，就能够实现同一双手的灵活变形。本研究中使用的方法同样可以拓展到 bjd 脚型的制作上，使同一只脚能够独立摆出踮脚、芭蕾舞、平常脚等姿态。

手是人偶的第二张脸，本次对 BJD 可动手实现方法的研究旨在为广大手工艺爱好者展现制作的更多可能性。随着制作材料的不断迭代升级，未来的制作仍有更多可探寻的空间。

## 参考文献：

[1] 张艺赢. 图形在 BJD 人偶面部设计中的应用探析 [J]. 大观：论坛，2019（1）：2.