

多功能折叠床的机构创新与空间适配性优化研究

毛守仁 滕爱芬 李国长

浙江班艺实业有限公司 浙江 温州 325100

【摘要】：为应对城市居住空间紧凑化的挑战，多功能折叠床的动态适应能力至关重要。其性能核心在于机构创新与空间适配的精准性。本文剖析了现有铰链、滑轨及连杆机构在稳定性、操作性与功能多样性方面的局限，进而提出一种基于复合运动原理的新型机构构想。该机构通过引入冗余约束与动态重心补偿机制，旨在同步提升结构刚性、操作省力性与运动平稳性。同时，研究提出“空间行为预判”优化模型，将人机工程、储物需求与空间动线整合于一体化设计，以拓展中间态功能并增强场景融合度。通过构建涵盖结构、人机、空间及美学的综合评估体系，论证了该方案对提升产品效能与用户体验的价值，为可变型家具的智能化发展提供理论参考。

【关键词】：折叠床；机构创新；空间适配性；复合运动；人机交互；性能评估

DOI:10.12417/2705-0998.25.21.043

1 引言

当代都市生活形态的演变与高密度居住环境的普及，正持续推动着家居产品设计理念的革新，静态、单一功能的传统家具已难以满足人们对空间弹性与功能复合化的迫切需求。在这一背景下，多功能折叠床凭借其形态的可变性，成功在睡眠、起居、工作等不同场景模式间构建起动态联系，从而成为释放空间潜力的关键载体之一。

其发展水平直接反映了可变型家具领域的技术成熟度与设计前瞻性，折叠床的技术演进始终围绕两个核心维度：一是驱动其形态转换的机构系统，其运动逻辑与机械效能决定了产品的可靠性、耐久性与核心用户体验；二是其与所处空间的互动关系，这直接关乎产品的实用价值与市场生命力。尽管市面产品形态各异，但普遍存在展开状态结构松散、操作费力、形态转换单一以及与空间融合生硬等共性问题。这些问题的深层原因，在于机构设计未能将运动学、静力学与人体工程学原理进行系统性融合，且设计视角往往局限于产品本身，忽视了其作为“空间调节器”的动态角色。

因此，本研究旨在从理论层面系统性回应上述挑战，聚焦于“机构创新”与“空间适配性优化”这两个相互关联的层面。研究将不局限于提出具体产品设计，而是致力于构建一套面向未来的设计方法论，通过探索基于复合运动原理的新型机构范式，并深化其对空间行为的预判与响应能力，为提升下一代多功能折叠床乃至整个可变型家具系统的综合性能，提供坚实的设计思路与理论支撑。

2 折叠床机构系统的现状分析与创新方向

当前市面上的多功能折叠床，其机构系统虽各有不同，但大抵可以归纳为几种基本类型，最为传统的是铰链翻转式，依靠床板之间的转动副实现折叠，其结构简单、成本低廉，但在稳定性和整体性方面往往有所欠缺，折叠后的形态也通常较为臃肿。另一种常见的是滑轨平移式，通过线性导轨实现床体的

伸缩或推拉，能够较好地与柜体等固定家具结合，但其对导轨的精度和承载力要求较高，且运动轨迹单一。更为复杂的则是多连杆机构式，它通过若干连杆组成的运动链，实现床体更为复杂的运动轨迹，例如在折叠过程中同时包含平移和转动，从而可能实现更紧凑的收纳形态或更丰富的功能集成。

然而，现有设计普遍存在一些共性的局限，首先，在结构稳定性方面，许多折叠床在展开状态下，其承重结构并非一个完整的静定或超静定系统，存在过多活动间隙或依赖单一薄弱环节承力，导致使用时容易产生晃动或异响，影响用户体验与安全感。其次，在操作体验上，部分设计未能充分考虑人机交互的合理性，折叠过程可能需要较大的力量，或者操作步骤繁琐，对儿童、老人等用户群体不够友好。此外，多数产品的功能形态转换较为单一，通常仅在“床”与“非床”两种状态间切换，未能充分利用折叠过程开发出如临时座椅、阶梯、展示架等中间态或衍生功能。

针对这些局限，本研究的创新方向指向一种基于复合运动原理的机构系统构想，该系统的核心思想在于，不再将折叠过程视为简单的开合动作，而是将其设计为一个受控的、多阶段的姿态变换序列。在这一构想中，我们引入“冗余约束”的概念，即在关键受力节点设置多个协同工作的约束点，使得机构在展开锁定后能够形成一个高度静定的框架，显著提升刚性。同时，我们提出“动态重心补偿”机制，通过机构杆件的特殊构型与配重设计，使得床体在折叠与展开的过程中，其整体重心位置的变化尽可能平缓，甚至实现部分运动阶段的重力自平衡。这一机制能够有效降低驱动所需的外力，使操作更为省力流畅，并从原理上规避因重心突变导致的倾覆风险。这种复合运动机构，不仅追求折叠的紧凑性，更致力于在运动的每一个中间状态都寻求功能与形态的匹配可能性，从而为多功能集成开辟新的路径。这种设计思路要求对运动轨迹进行精确的规划与仿真，确保机构在运动过程中不与自身或环境发生干涉，从而实现平滑、可靠的形态转换。

3 基于复合运动原理的机构创新设计

复合运动原理的核心在于，通过精心设计的连杆组合与运动副配置，使折叠床的各个部件在运动过程中不再遵循单一的转动或平移路径，而是协调地执行包含旋转、滑动、提升等多种运动形式的合成动作。这种合成动作能够更精细地控制床体在空间中的包络线，从而实现近乎定制的收纳形态，并极大地丰富了功能表达的维度。它本质上是一种对空间与时间的精细化管理的物化体现。

具体而言，这种创新机构可以由若干组空间连杆构成，它们之间通过转动副和球面副进行连接，形成一个具有特定自由度的运动链。当用户施加一个简单的线性或旋转输入时，该运动链即可将这一输入分解并传递到床体的不同部分，引发一系列有序的联动。例如，床头部分可能首先进行一个小幅度的内旋，为床板的提升让出空间；紧接着，中间床板在提升的同时向后平移，而床尾部分则同步向下翻转。这一系列动作的协同作用，最终使得一张完整的床体能够严丝合缝地嵌入一个预先设定的壁龛或柜体之中，其过程犹如一个精密的机械舞姿。整个运动轨迹的规划，必须严格遵循人体工程学原则，确保操作手柄或施力点的位置与人的自然姿态相契合。

在此机构中，前述的“冗余约束”理念被具体化为多个可自动锁定的过中心点，当机构运动至完全展开或完全折叠的终端位置时，机构中的特定连杆会越过死点位置，在弹簧或重力辅助下自动进入自锁状态。这种设计相当于在关键承重节点增加了虚拟的“固定支座”，使得整个结构在承载时，力流能够通过多条并联的路径传递，有效分散了集中应力，避免了单一铰链承重导致的松动和变形，从而实现了与固定床具媲美的结构稳定性。这种自锁机制的成功实现，是保障产品长期使用可靠性的技术关键。

而“动态重心补偿”则通过机构学上的对称与非对称设计来实现，例如，可以在床体下方设置一对对称的、运动方向相反的配重连杆。当床体被抬起时，这对配重连杆向相反方向运动，其产生的力矩部分抵消了床体重力引起的力矩，使得用户在手感上会觉得床体“变轻”了。这种基于惯性平衡的设计，不仅降低了操作强度，也使得整个折叠过程更加平稳、可控，消除了因突然失重或加重而引发的安全隐患。通过这种深度的机构创新，折叠床得以从一个简单的“可动家具”进化成为一个高效、可靠且充满交互美感的“运动系统”，其价值不再局限于功能本身，更延伸至为用户带来愉悦和安心的使用体验。

4 面向动态场景的空间适配性优化策略

机构创新为折叠床提供了卓越的运动性能，而将其潜力转化为真正的用户价值，则依赖于其与居住空间深度融合的能力，即空间适配性。优化的空间适配性意味着折叠床不再是空间的侵占者，而是空间的优化师，能够主动适应并服务于动态

变化的生活场景。这要求设计思维从“产品导向”彻底转向“场景导向”。

实现这一目标，首先需要建立“空间行为预判”的设计思维，这意味着在设计初期，就需要对折叠床所处空间可能发生的行为模式进行系统性建模。例如，在白天，该空间可能主要承担起居、娱乐或家庭办公的功能；而在夜晚，则需无缝转换为睡眠模式。因此，折叠床的设计不能仅考虑其两种极端状态，而应通盘考虑其形态转换过程对周边空间动线的影响。基于此，我们可以对机构运动轨迹进行优化，确保其在展开与收纳过程中，不会对房间内的主要通行路径形成阻碍，或者与已有的家具（如书桌、沙发）发生空间干涉。这种对运动包络线的精确控制，是高水平空间适配性的基础，它要求设计师具备将动态三维空间关系可视化的能力。

其次，适配性优化体现在功能与空间的精准对应上，创新的复合运动机构为开发“中间态功能”提供了可能。例如，当床体从垂直收纳状态向水平睡眠状态转换的某个中间角度，它可以恰好形成一个舒适的倾斜靠背，作为临时阅读椅使用；或者在另一个角度，床板下方原本隐藏的储物空间得以暴露，便于存取物品。这种将转换过程本身功能化的设计，极大地提升了产品的实用频率和空间的使用效率。它使得折叠床不再是“备用”家具，而是日常生活中被高频使用的活性节点。此外，设计还需考虑收纳状态下的美学完整性，使其能够作为墙面装饰、书架或展示区的一部分，彻底消隐其作为床具的固有形象，实现与室内风格的完美统一。

最后，适配性还要求产品具备一定的环境感知与响应潜力，虽然本研究不涉及具体的电控系统，但从理论上讲，未来的优化方向应包含对空间上下文信息的感知。例如，机构可以设计有与墙体、柜体的标准接口，实现物理层面的“即插即用”。更进一步，设计应预留与智能家居生态系统互动的可能性，使其能够根据预设的场景模式（如“会客模式”、“影院模式”、“睡眠模式”），由用户一键触发或由系统自动执行形态转换。通过这种深度的空间整合与行为预判，多功能折叠床最终将演变为一个智能、柔性的空间伺服单元，真正实现“形式追随功能，功能适配场景”的现代设计哲学，从而在根本上提升居住的空间品质与生活效率。

5 综合性能评估与未来展望

为了衡量上述机构创新与空间适配性优化策略的实际效果，建立一个系统性的综合性能评估框架至关重要。这一框架应超越传统的单一指标，转而采用一个多维度的评价体系，该体系首要关注的是结构性能，包括机构在极限载荷下的静态强度、在循环往复运动中的疲劳寿命以及在日常使用中的动态稳定性。这些指标可以通过理论计算与模拟仿真进行初步验证，并最终通过物理样机的耐久性测试加以确认。其次是人机交互

性能,这涵盖了操作力的定量要求、转换过程的步骤复杂度以及操作界面的直观性与安全性,其评估需要引入用户群体的实际测试与反馈。

第三个维度是空间效能,可以通过“空间节约率”(收纳与展开状态所占体积之比)和“功能密度”(单位占地面积内所提供的功能数量)等指标进行量化。此外,还应评估产品在转换过程中对周边空间可用性的影响程度,即“空间干扰度”。最后是美学与心理感知性能,评估产品在形态、色彩、材质上与家居环境的和谐度,以及其设计语言所传递的简洁、可靠、高科技的心理感受。一个成功的设计应在所有这些维度上取得良好的平衡,而非片面追求某一项的极致。

基于此框架进行评估,本文所提出的基于复合运动与空间预判的设计方案,预期在结构刚性与操作便捷性上相比传统设计有质的提升。其丰富的功能中间态将显著提高产品的功能密度,而其对空间动线的精细考量则将带来更优的空间效能和用

户体验。这种整体性的优化,使得产品不仅解决了“有无”问题,更在“优劣”层面上确立了新的标杆。

展望未来,多功能折叠床的发展将更加深刻地融入材料科学、人因工程及信息物理系统的最新成果。在机构层面,新材料的应用如高性能复合材料与智能合金,将在减轻自重、提升强度的同时,或许还能赋予构件感知形变与自适应调整的能力;基于拓扑优化的轻量化结构设计将成为标准实践,以实现力流路径的最优化。在交互层面,手势控制、语音指令等更为自然的交互模式将与机械机构深度耦合,使形态转换成为一种轻松、愉悦的体验。最终,每一件可变形家具都将成为一个自主决策的智能体,能够学习用户习惯,感知环境变化,并与空间中的其他智能单元协同工作,共同构建一个真正自适应、可持续的智慧生活空间。本研究从机构与空间两个基础维度出发,为这一远景的实现提供了坚实的理论基石与可行的技术路径,后续研究可在此基础上,进一步开展关于标准化接口、个性化定制与情感化交互等更深层次的探索。

参考文献:

- [1] 王仁萍.小户型折叠式多功能睡床的设计研究[D].东北林业大学,2009.
- [2] 赵文龙,刘太光,赖佳敏.家具设计中人性化设计理念的表现[J].上海轻工业,2024,(02):48-50.
- [3] 刘旭.智能书柜折叠床支腿参数化设计及有限元分析[J].机械工程与自动化,2025,54(05):66-67+70.
- [4] Yvette,Award D R.多用途折叠床[J].设计,2015,(10):18.