

基于两面投影为全等几何图形的组合体构型设计

孟祥宝, 王彦鹏, 董正荣

(吉林大学机械科学与工程学院, 吉林 长春 130025)

摘 要: 组合体投影分析与构型设计是工程图学课程的基本内容之一, 是工程师阅读工程图样和设计零件几何结构细节的基础。为此, 通过一系列示例, 提出一种基于等腰三角形、等腰直角三角形、正方形、圆形及方圆组合组成的全等几何图形作为两面投影, 以棱柱、棱锥、圆柱、圆锥、圆球和圆环等基本单元通过线面/形体分析法进行空间发散构思进而派生多种组合体及其第三面投影, 并用 CATIA 软件建立对应的三维几何模型。该方法为拓展空间思维能力和几何构型设计提供了基本素材, 增强了投影分析过程的逻辑性和趣味性。

关 键 词: 组合体; 投影分析; 构型设计; 空间思维能力; CATIA

中图分类号: TH 126

DOI: 10.11996/JGJ.2095-302X.2018030599

文献标识码: A

文章编号: 2095-302X(2018)03-0599-06

Configuration Design for Assembly of Congruent Geometric Figure Based on Two-Sided Projection

MENG Xiangbao, WANG Yankun, DONG Zhengrong

(School of Mechanical Science & Engineering, Jilin University, Changchun Jilin 130025, China)

Abstract: Projection analysis and configuration design of assembly constitute one of the essential contents in engineering graphics course. It lays foundation for engineers to read technical drawings, and design details of geometric structures of machine parts. For this purpose, a series of example are shown based on isosceles triangles, isosceles right triangles, squares, circles, and combinations of squares as two-sided projection. And spatial divergence conception is worked out by means of line-surface and shape-volume analysis of basic units as prism, pyramid, cylinder, cone, sphere and torus. In result, assembly of various geometric shapes and the third projection are derived. 3D geometric models are implemented using CATIA software. It strengthens the ability of spatial ideation, provides fundamental samples for geometric configuration design, and enhances logicity and interestingness in the process of projection analysis.

Keywords: combination solid; projection analysis; configuration design; spatial ideation; CATIA

组合体投影分析与构型设计一直受到图学教师的普遍重视。在教学过程中, 利用“两个视图往往不能确定空间物体的唯一形状”这一特性, 常常给出两个投影要求学生想象出尽可能多的不同的空间形状, 以此训练和加强学生的空间思维能力和构型设计能力。该教学方法近十多年来已被广

泛采用, 有许多读图方法技巧和精选读图范例文献。王润良^[1]探讨了不定形二视图的判断方法和投影构思。王狂飞和王玉琨^[2]提出了确定不定形两投影多解问题的规律。王兴菊和张辉^[3]分析了全等矩形两面投影的逻辑推理。孟祥宝等^[4]将投影多解问题作为构型设计的基本训练环节。文献

[5-7]论述了矩形外轮廓全等(对称)组合图形投影的逻辑性和趣味性。文献[8-10]对组合体构型设计多解问题进行了研究。金大鹰^[11]编著《趣味制图》——题目皆为根据形状完全相同的两视图求作第三视图,图形简单新颖,大都包含多解情况。文献[12-15]分别分享了组合体读图的区域对应、面形对应和区分相邻线框方位的策略。上述文献大都基于平面立体展开读图探讨,缺少基本回转体及其与平面立体相关组合的投影分析,逻辑上存在一定的局限性。本文通过基于全等基本几何图形作为两面投影进行组合体构型分析,以期产品结构提供平面立体与回转体及其组合的基本体素,达到使工程图学课程内容与工程设计相结合的目标。

1 全等基本几何图形两面投影构型

按照视图表达清晰简便的基本原则,正四棱柱、正四棱锥、圆柱、圆锥、圆球及圆环等基本体的三面投影分别由等腰三角形、等腰直角三角形、矩形、圆形等基本几何图形组成,如图1所示。上述基本体的三面投影都存在两面投影为全等几何图形。其中,由两面投影为全等矩形、全等等腰三角形可分别得到基本体正四棱柱和圆柱(棱柱特例)、正四棱锥和圆锥(棱锥特例)两个解。以正四棱柱(两面投影为全等对称矩形)、正四棱锥(两面投影为全等对称等腰直角三角形)为基本体素基础进行发散构思可得到如图2所示的组合体实例。因此,有必要展开利用上述基本体素并基于此类两面投影为全等几何图形的组合体进行构型分析。

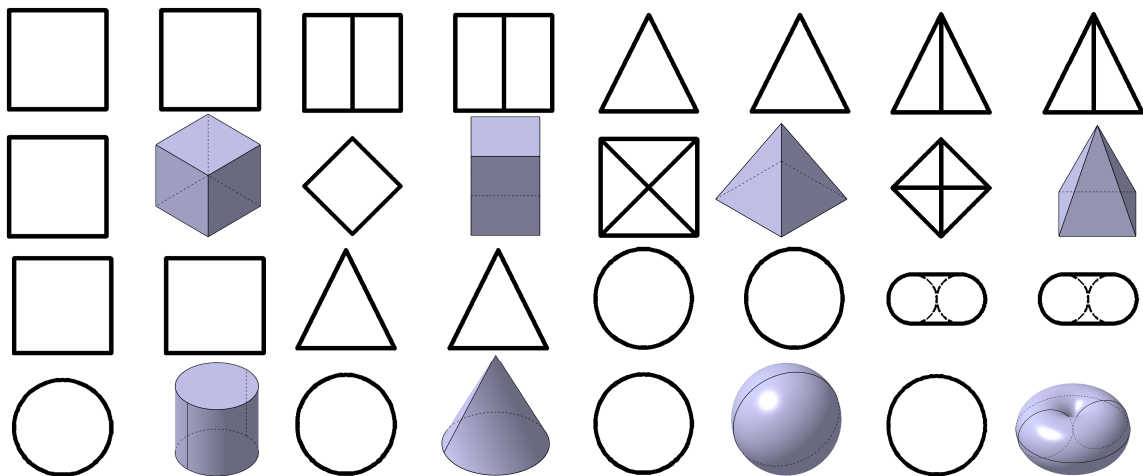


图1 正四棱柱、正四棱锥、圆柱、圆锥、圆球及圆环的三面投影及示例

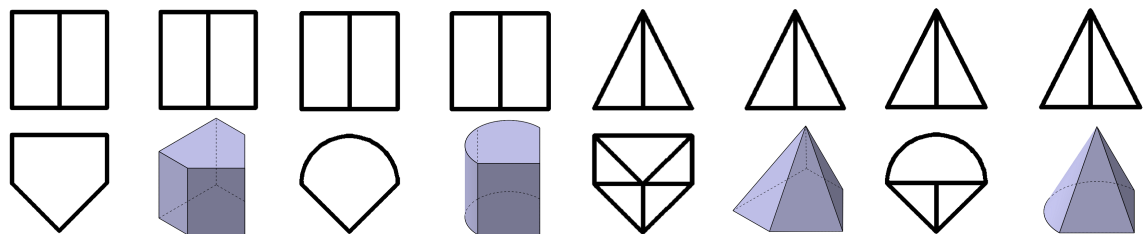


图2 分别基于正四棱柱、正四棱锥全等两面投影发散构型示例

1.1 等腰三角形两面投影构型分析

如图3所示,以等腰三角形为主、俯视图求其左视图并构型实体。依线面投影分析,可直接得到四棱锥、三棱锥和圆锥等基本体;考虑到已给两视

图的对称性和线面投影积聚性,再利用圆锥作为棱锥特例并通过截切与相切等方式,派生出5种四棱锥与圆锥的实体组合,将棱锥和圆锥建立了有机联系。

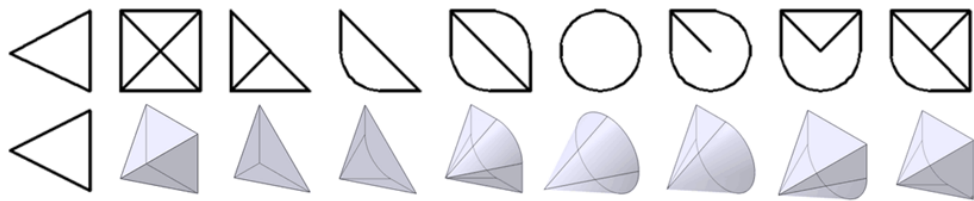


图3 等腰三角形两面投影分析构型示例

1.2 等腰直角三角形两面投影构型分析

如图4所示,以等腰直角三角形为主、俯视图求其左视图并构型实体。经线面分析并考虑线面投影积聚性,同样可得到三棱锥、四棱锥和截切圆锥等7种基本体;再根据等腰直角三角形自身几何特性可分析得到轴线分别过球心的三圆锥与该圆球相切的实体组合特例。

1.3 正方形两面投影构型分析

如图5所示,以正方形为主、俯视图求其左视图并构型实体。经常规线面投影分析可得

正方体和圆柱^[3]等多种答案;此外,基于“管”拉伸成型方式得到由正方体与圆柱相切与倒角而成的8种实体组合,建立了圆柱与棱柱之间的联系。

1.4 圆形两面投影构型分析

如图6所示,以圆形为主、俯视图求其左视图并构型实体。经投影分析可得圆球、两等径圆柱正交组合基本体;再对该圆球与该基本体通过截切、倒角与相切等方式重新组合,派生出6种结构不同的组合体,使圆球与圆柱有机关联。

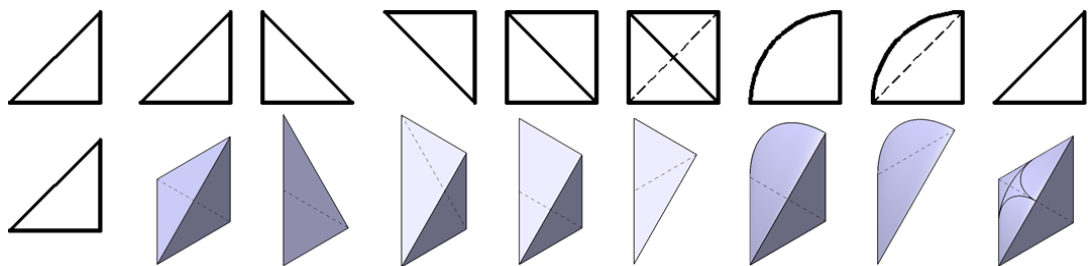


图4 等腰直角三角形两面投影分析构型示例

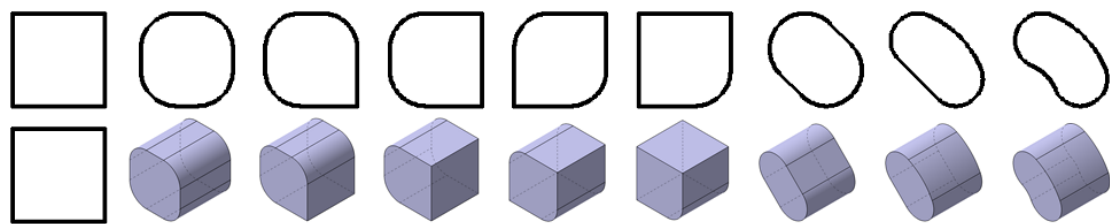


图5 正方形两面投影分析构型示例

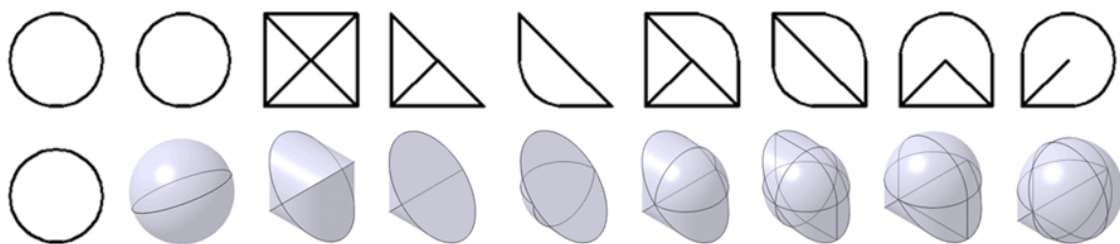


图6 圆形两面投影分析构型示例

2 全等方圆组合两面投影构型分析

2.1 方圆相切组合两面投影构型分析

以方圆相切组合为主、俯视图求其左视图并构型实体。依线面投影分析,存在 4 种情形:①正方形投影每条边对应另一投影的圆,便得到分别被 3 组平行于各投影面的对称平面截切而成的圆球(图 7),顾及实体下后方部分构型的灵活性,还可以用四棱柱和四分之一圆柱替换,派生两个类似答案;②正方形投影对应另一投影的圆,即两等径圆柱正交组合(图 8),亦派生两个类似答案;③圆与圆、正方形与正方形投影分别对应并考虑可见性,得到由等腰直角三角形截面

三棱柱与正交等径圆柱组合实体(图 9),同样派生两个类似答案;④内径为零的四分之一圆环分别进行前后上下对称组合,内部用相切方式叠加四棱柱而成的实体,如图 10 所示,亦派生两个类似答案。

由已给方圆相切两面投影的对称性,逻辑上推出所构型实体的三维对称性;也就是说,可以基于相切方式将上述实体逐一进行空间八分之一基本单元组合置换。因此,分别对图 7~10 所示截切圆球、等径正交相贯圆柱等四种情形进一步剖析并相互组合,派生出 36 种多解示例,如图 11 所示(限于篇幅只给出各组合示例的三维模型)。

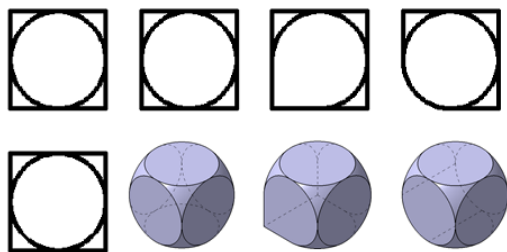


图 7 方圆相切两面投影分析构型示例之一

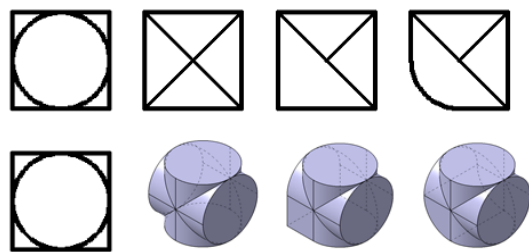


图 8 方圆相切两面投影分析构型示例之二

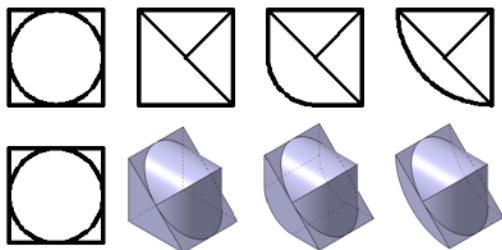


图 9 方圆相切两面投影分析构型示例之三

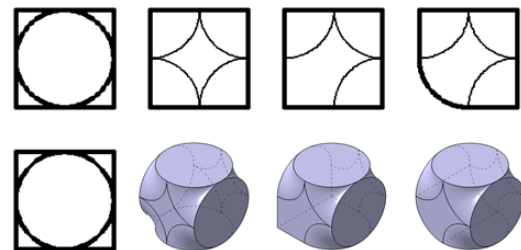


图 10 方圆相切两面投影分析构型示例之四

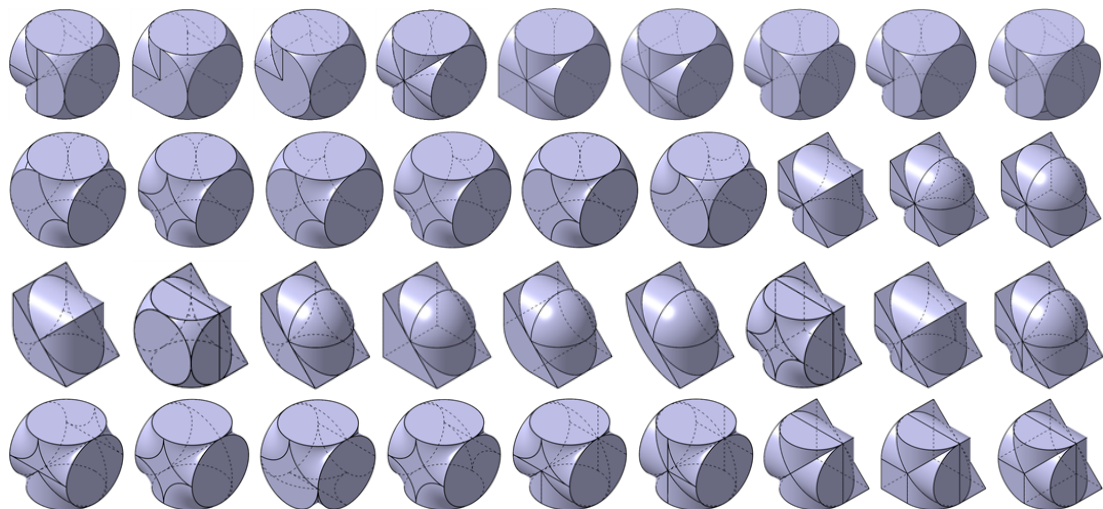


图 11 方圆相切两面投影分析构型示例之五

2.2 方圆内接组合两面投影构型分析

以方圆内接组合为主、俯视图求其左视图并构型实体。依线面投影分析,分别将主俯视图的圆形、正方形投影两两对应并考虑可见性,将圆

形表达为正交等径圆柱布尔运算“与”组合形成的实体,正方形则以“管”拉伸方式由棱柱、圆柱及其相切、倒角组合,得到如图12所示16种实体构型。

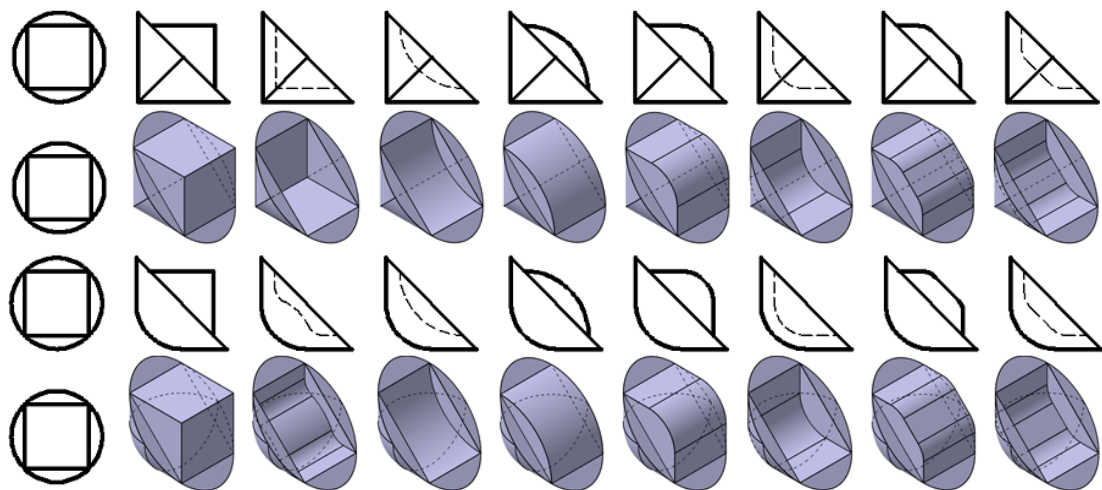


图12 方圆内接两面投影分析构型示例

3 几个特例

分别以全等圆形、正方形、圆形与内接对称正交直线组合、正方形与内接对称正交直线组合和正方形与内接对称正交直线及虚线菱形组合为三视图构型实体。以上述发散构思分析为前提,得到基于圆球、圆锥和圆柱组合而成的5种特例,分别如图13~17所示。

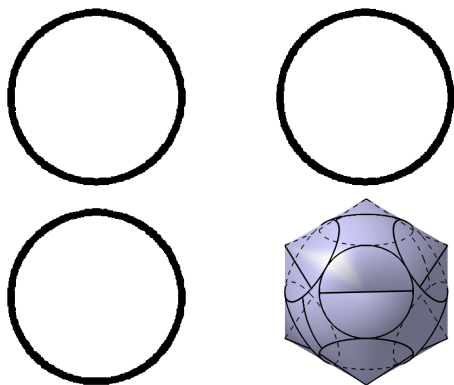


图13 圆形三面投影构型特例

需要说明,图13所示实体是分别以正方体八个顶点作锥顶、对角线为轴线、棱边之半为母线所形成的圆锥与以正方体形心为球心、正方形外

接圆半径为半径的圆球的相切组合,该示例在某种程度上打破了由三视图可以表达一个实体的唯一性;图14所示实体是由圆球与圆锥经过三维对称的相切组合,突破了在一般情况下实体三视图不包含曲线该实体为平面立体的习惯性思维;图15~16所示实体分别由全等圆形、正方形作三维管状对称组合拉伸而成,其中,图15所示实体的正等轴测图与正方体雷同,说明用轴测图表达实体的直观性和唯一性也存在某些不足;图17所示实体则是正方体分别被圆锥、圆球三维对称切割而成。

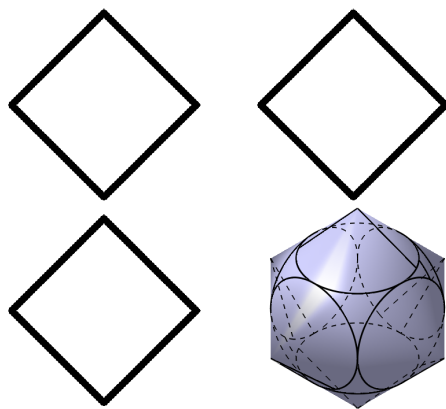


图14 正方形三面投影构型特例

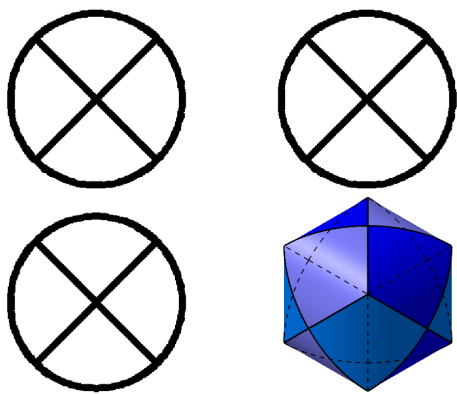


图 15 圆形与内接对称正交直线组合投影构型特例

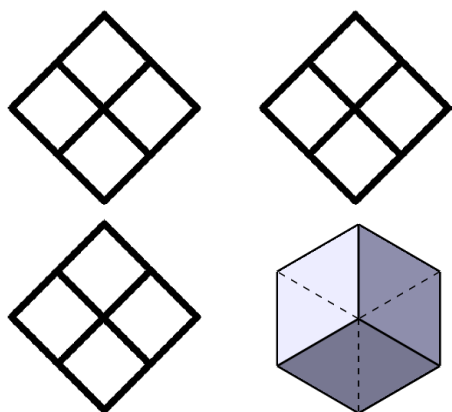


图 16 正方形与内接对称正交直线组合投影构型特例

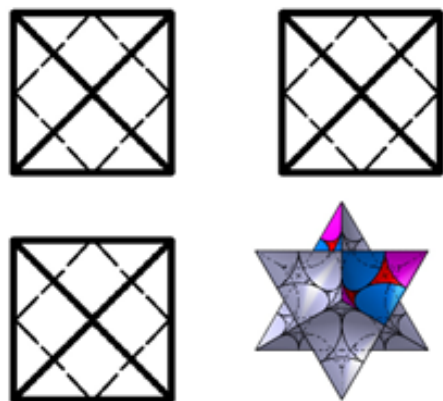


图 17 正方形与内接对称正交直线及虚线菱形组合投影构型特例

4 结束语

由等腰三角形、等腰直角三角形、正方形、圆形及方圆组合组成的全等几何图形作为两面投影

进行组合体构型设计是提高学生空间思维能力的有效途径之一。本文通过投影分析与实体构型示例利用截切、相切及对称等组合方式建立了圆柱、圆锥、圆球及圆环等基本回转体与棱柱、棱锥等平面立体相关投影之间的联系，所生成的实体模型可作为组合体投影分析基本训练环节和零件几何结构构型设计的基本素材。

参考文献

- [1] 王润良. 不定形二视图的分析与构思[J]. 陕西工学院学报, 1996, 12(1): 12-15.
- [2] 王狂飞, 王玉琨. 工程制图中两投影的多解问题[J]. 焦作工学院学报: 自然科学版, 2000, 19(4): 314-316.
- [3] 王兴菊, 张烨. 线面投影分析与计算机造型设计[J]. 长春大学学报, 2001, 11(5): 16-18.
- [4] 孟祥宝, 任长春, 李苏红, 等. 强化构形设计基本训练的一个教学环节[C]//第十二届全国图学教育研讨会暨第三届制图 CAI 课件演示交流会论文集. 北京: 机械工业出版社, 2000: 83-85.
- [5] 冯辉英, 段心正. 解读趣味组合体两视图[J]. 上海电机学院学报, 2005, 8(3): 68-71.
- [6] 姚亚利, 太良平, 韩新普. 利用多解题培养学生空间想象力[J]. 陕西广播电视大学学报, 2004, 6(3): 85-96.
- [7] 黄年娟. 关于“读组合体视图”教学的几点体会[J]. 无锡教育学院学报, 2003, 23(4): 82-83, 86.
- [8] 黄光裕. 构形设计的研究与实践[J]. 机械工程与自动化, 2005, (4): 121-122.
- [9] 赵耀虹, 王吉昌. 工程图学中组合体的构型设计探讨[J]. 机械工程与自动化, 2008(5): 190-192.
- [10] 马一民. 构形设计理论在组合体教学中的应用[J]. 武警工程大学学报, 2008(6): 80-82.
- [11] 金大鹰. 趣味制图[M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2013: 1-210.
- [12] 于习法, 于琰. 组合体视图中投影对应规律的研究[C]//Proceedings of 2013 International Conference on Education and Teaching (ICET 2013). Newark: Information Engineering Research Institute, 2008: 494-497.
- [13] 康英杰. 面形分析法在机械制图教学中的应用[J]. 唐山学院学报, 2004, 17(3): 80-81.
- [14] 赵红. 基于特征构建多种组合体的三维图[J]. 南京工业职业技术学院学报, 2006, 6(4): 14-15.
- [15] 安淑女. 正确判断切割型组合体视图投影关系的方法探析[J]. 江苏建筑职业技术学院学报, 2012, 12(2): 53-56.