

利用重影理论的三视图构形多样性分析

吴碧金, 胡志超, 许志龙, 杨小璠

(集美大学机械与能源工程学院, 福建 厦门 361021)

[摘要] 为了确保二维工程图样在实际工程应用中表达的唯一性, 避免出现构形多样性, 基于正投影法和重影点理论, 提出了重影线和重影面的概念; 从理论上分析了直线和平面投影的空间位置和形状的不确定性, 进而研究三视图构形多样性的形成原因和视图特征, 提出了工程设计中三视图构形多样性的解决方案。

[关键词] 三视图; 重影理论; 构形设计; 构形多样性

[中图分类号] TP 391

Research on the Configuration Variety of Three Orthographic Views Based on Projection Overlapping

WU Bijin, HU Zhichao, XU Zhilong, YANG Xiaofan

(School of Mechanical and Energy Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Based on the orthographic projection and overlapping theory, the concept of overlapping line and overlapping plane were put forward, the uncertainty of 3D spatial position and shape of linear and plane projections were theoretically analyzed, the causes of configuration variety and the characteristics of three orthographic views were studied. In order to ensure the uniqueness of the expression of engineering drawings in practical engineering applications, the solutions to variety of three orthographic views in engineering design were put forward.

Keywords: three orthographic views; theory of projection overlapping; configuration design; configuration variety

0 引言

由于应用正投影法在投影面上能较准确地表达空间物体的形状结构和大小, 而且作图比较方便, 因此工程图样大多采用正投影图表示。应用正投影法时, 点的一个投影无法确定空间点的位置, 因此一个视图无法唯一确定空间物体的形状结构, 通常用多面视图表达物体的形状结构^[1-2]。在工程实践和制图教学中, 三视图被广泛应用于表达工程图样和空间思维能力的训练^[3-4]。近年来, 基于建模软件和计算机视觉的三视图三维重建的研究较多^[5-9], 但是并不是所有的三视图都可以唯一确定空间物体的结构形状, 而是具有多样性。也就是说根据一组三视图可以构思出两个或多个形状结构不同的物体, 那么基于具有构形多样性的三视图重构的三维模型就不是唯一的。而工程图样所表达的物体的形状结构必须是唯一确定的, 即使是微小的局部形状结构也必须唯一确定。可是在现有资料文献中, 极

[收稿日期] 2019-04-09

[基金项目] 福建省高等学校科技创新项目(B18214)

[作者简介] 吴碧金(1969—), 女, 副教授, 主要从事机械设计、工程制图、CAD教学与研究。

少有关于三视图构形多样性的理论研究。本文从正投影的基本原理出发, 通过分析直线和平面投影的积聚性和重影性, 探讨三视图构形多样性的形成原因和视图特征, 以期避免工程设计制造以及三维重构中出现物体形状结构的多样性。

1 投影的积聚性与重影性

投影的积聚性指的是: 与投影面垂直的直线在该投影面上的投影成为一个点, 与投影面垂直的面(包括平面与曲面)在该投影面上的投影成为一条线^[2]。

投影的重影性指的是: 空间两个元素在某一个投影面上的投影重合为一个, 具体可分为重影点、重影线和重影面。

1) 重影点: 空间两个点的某两个坐标相同时, 这两个点在某一投影面上的投影重合, 那么这两个点就称为对该投影面的重影点^[2]。如图 1a 所示, 点 A 与点 B 水平投影重合, 点 A 与点 B 为重影点。

2) 重影线: 空间两条直线上对某个投影面有两个重影点时, 这两条直线在该投影面上的投影重合, 那么这两条直线就称为对该投影面的重影线。例如图 1a 所示, 直线 DC 与直线 EF 水平投影重合, 直线 DC 与直线 EF 为重影线。

3) 重影面: 空间两个面(包括平面与曲面)对某个投影面有不在一条直线上的三个重影点时, 这两个面在该投影面上的投影重合, 那么这两个面就称为对该投影面的重影面。例如图 1b 所示, 平面 P、曲面 Q 和平面 R 的正面投影重合, 平面 P、平面 Q 和平面 R 为重影面。

根据上述定义可知: 积聚性是描述空间一条线或一个面的投影特性的; 而重影性是描述空间两个及两个以上的点、线或面的投影现象的。

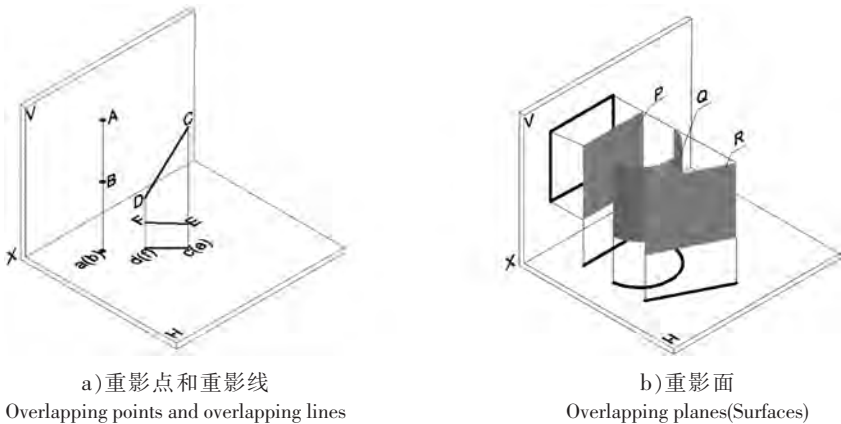


图 1 投影的重影性
Fig.1 The overlapping of projection

2 线面投影的空间位置和形状多样性

在两投影面体系中, 一个点的两面投影唯一确定其空间位置, 一条直线或一个平面的两面投影也可以唯一确定其空间位置。但是在三视图中, 有诸多的直线和平面, 由于投影的重影性和积聚性, 使得直线和平面在两投影面体系中的投影并不能唯一确定空间直线和平面的位置, 从而导致直线和平面的投影具有空间位置多样性。

2.1 直线投影的空间位置多样性

由于垂直于投影面的直线在该投影面上的投影具有积聚性, 所以投影面上的投影点可以是直线的端点, 也可以是垂直线的投影, 如图 2 所示。图 2a 是直线的两面投影, 可以看成是侧垂线 CD 和侧平线 AB 的投影, 如图 2b 所示。考虑到垂直线的投影具有积聚性, 图 2a 也可以看成是侧垂线 CD 和

正垂线 BE 、铅垂线 AE 的投影，如图 2c 所示；又由于可能存在重影线，所以投影面上的投影线可以是一条线的投影，也可以是两条线或多条线投影的重影。而处于同一个投影面垂直面上的所有直线的投影具有重影性，图 2a 也可以看成是侧垂线 CD 和通过 AB 的侧平面上任意一条或多条直线的投影，如图 2d 所示。

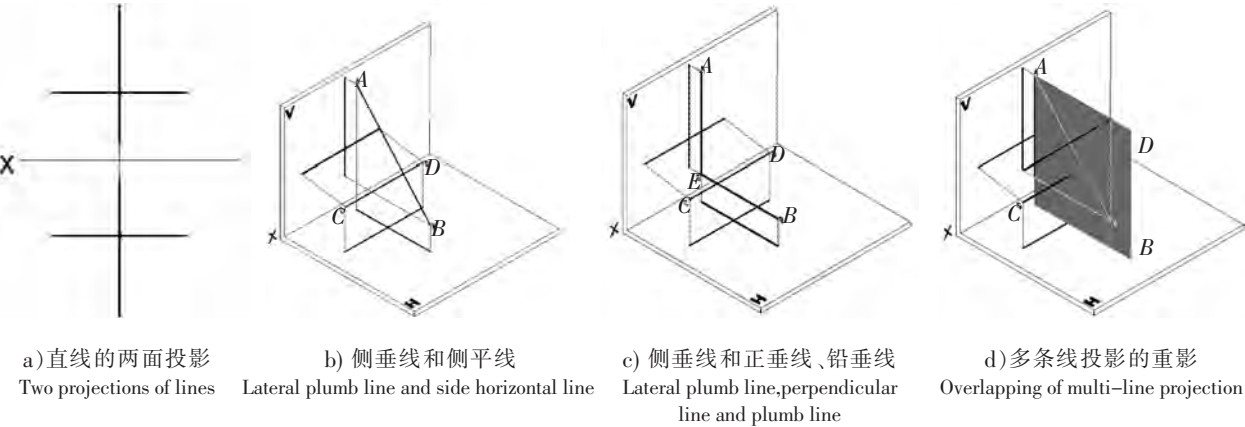


图 2 直线投影的多样性

Fig.2 Diversity of lines projection

2.2 平面投影的空间位置和形状多样性

由于垂直于投影面的平面在该投影面上的投影具有积聚性，所以投影面上的直线可以是平面的一个边，也可以是垂直面的投影；由于存在重影面，所以投影面上的一个封闭线框可以是一个平面的投影，也可以是两个平面（或曲面）或多个平面（或曲面）投影的重影，如图 1b 所示，不同位置或形状的面 P 、 Q 、 R 的正面投影均为方形线框。平面的两个投影不能唯一确定空间平面的位置，甚至平面在三个投影面上的投影亦不能唯一确定空间平面的位置，具有多样性。例如，图 3a 所示的三面投影图，可以看成是一个面、两个面、三个面或四个面的投影，如图 3b 所示。图 3a 可以是一个倾斜面（ ABC ）的投影；也可以是水平面（ BDC ）、正平面（ ABD ）和侧平面（ ADC ）三个面的投影；也可以是倾斜面（ ABC ）和三个平行面中任意一个或两个或三个面的投影。

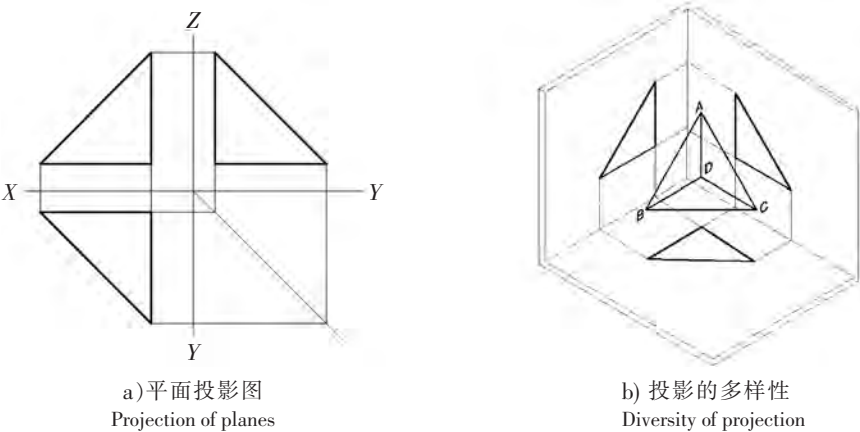


图 3 平面投影的不确定性

Fig.3 Uncertainty of planes projection

3 三视图的构形多样性

一般情况下，三视图能够唯一确定空间形体的结构形状，在工程中得到了广泛的应用。但是由于构成物体的面的投影具有重影性，可能导致物体上某个形状结构的多样性，使得有些三视图表达的空

间物体的形状结构不是唯一的。如图 4 所示, 根据一组三视图, 可以想象出多个不同形状结构的物体, 也就是说在某些特定情况下, 三视图的构形具有多样性。

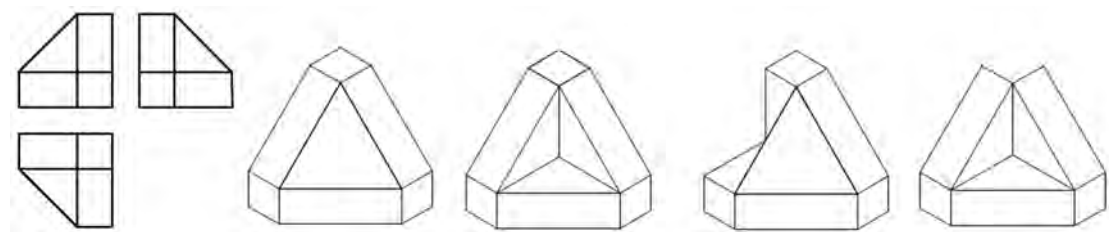


图 4 三视图的构形多样性

Fig.4 Configuration diversity of three views

三视图构形多样性的形成原因和视图特征, 可以归结为以下三个方面。

3.1 平面位置不确定导致三视图构形多样性

平面相对于投影面的位置无法确定, 即平面是投影面倾斜面、垂直面还是平行面无法唯一确定。视图特征通常体现为三个视图相同或类似。如图 3 所示的三角形平面, 可以是一个倾斜面, 也可以是三个平行面, 如果这种投影特征出现在三视图中, 就可想象出形状结构不同的物体。例如图 5 所示的三视图, 主视图中左上和右下的三角形可以是倾斜面的投影, 也可以是倾斜面和正平面的投影的重影。因此, 这组三视图可以看成是正方体前面左上角切去一个三棱锥, 也可以看成是正方体前面左上角和后面右下角各切去一个三棱锥。例如图 4 所示, 三角形平面可以是一个倾斜面, 也可以是三个平行面; 长方形平面可以是垂直面, 也可以是平行面; 小正方形平面是平行面, 但在立体上的位置可以不同。平面投影的诸多不确定性使得这组视图可以对应多个形状结构不同的物体。

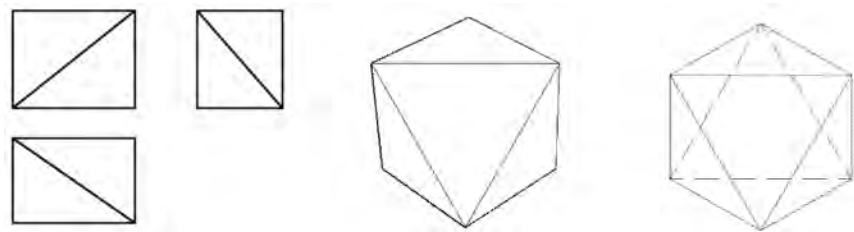


图 5 平面位置不确定导致三视图构形多样性

Fig.5 The configuration diversity of three views caused by the uncertainty of plane position

3.2 内部面 (结构) 与外部面 (结构) 重影导致三视图构形多样性

在三视图中, 如果内部面 (结构) 在前后 (主视图)、上下 (俯视图)、左右 (左视图) 三个方向的投影都被重影, 视图特征通常体现为两个视图相同或类似。例如图 6 所示, 内圆柱面 (孔) 在三个视图中的投影都与外部结构重影, 是否存在孔就不确定。

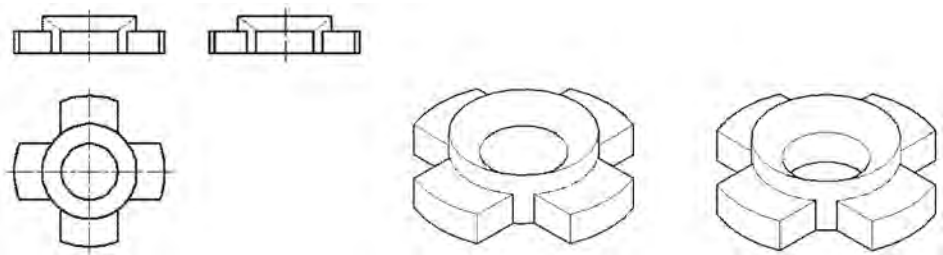


图 6 内部结构与外部结构重影导致三视图构形多样性

Fig.6 The configuration diversity of three views caused by the overlapping of internal structure and external structure

3.3 面 (结构) 的形状不确定导致三视图构形多样性

内部结构或视线后面的结构只有一个方向的投影被重影, 但被重影的部分如果是反映该结构特征

的投影，该结构的形状将产生不确定性。例如图 7 所示，中间三个槽和后部凸块的形状特征反映在主视图中，但它们在主视图中的投影被重影，因此中间三个槽和后部凸块的形状存在不确定性，无法确定是方形的还是半圆柱形，从而导致三视图构形多样性。

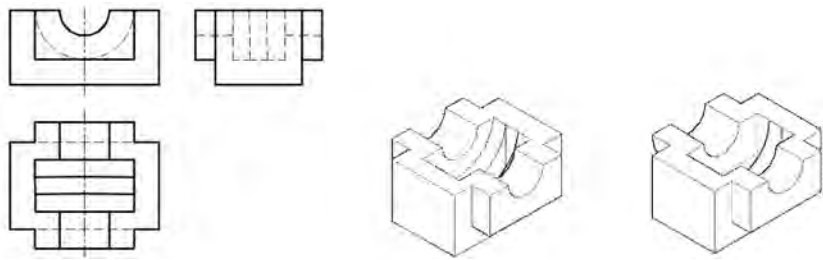


图 7 反映形状特征的投影被重影导致三视图构形多样性

Fig.7 The configuration diversity of three view caused by the overlapping of reflecting the shape features

4 三视图构形多样性的解决方法

三视图的构形多样性是投影的客观存在，但在工程设计中应避免出现构形多样性，工程图样中所表达的物体形状结构必须是唯一确定的。因此，当三视图所表达的物体形状结构存在构形多样时，应重新考虑表达方案。

根据上述分析可知：三视图的构形多样性是由于面或结构的重影产生的，因此在表达物体时应考虑将重影面或结构的形状唯一确定，本文提供以下两种方案。

1) 重影面或结构另行表达

对于被重影的面或结构，可以采用局部视图、局部剖视图、断面图等另行表达，以避免其形状结构引发歧义。当内部结构被外部结构重影，可以考虑用剖视图表达内部结构，例如图 8 所示。当反映形状特征的投影被重影，可以用断面图或局部视图表达被重影的面或结构的形状，例如图 9 所示。

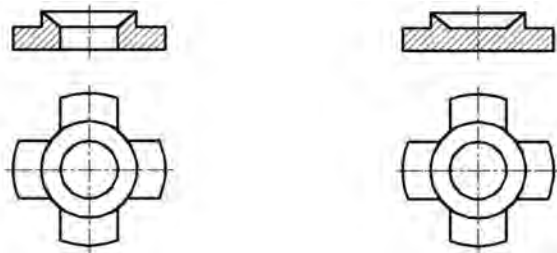


图 8 用剖视表达内部结构

Fig.8 Expressing internal structure with cutaway view

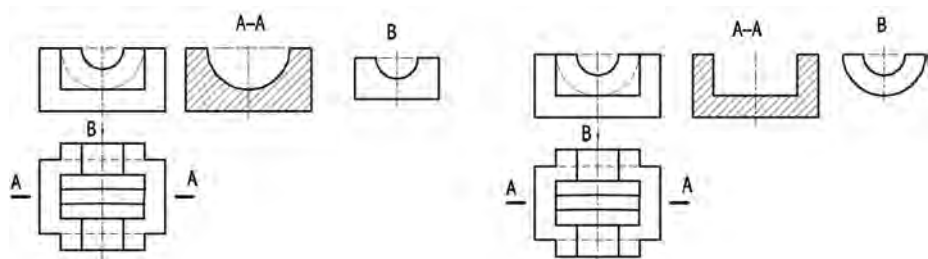


图 9 用断面图或局部视图表达特征结构

Fig.9 Expressing feature structure with sectional drawing or partial view

2) 变换投影（视图）以确定平面的位置。

当平面位置无法唯一确定时，由节 3.1 可知，其主要成因是由于存在倾斜面，视图特征体系为三个视图相同或类似，可以考虑将倾斜面旋转成垂直面（如图 10 所示），平面的位置和物体的形状结

构就可以唯一确定了。也可以采用轴测图或三维模型辅助表达重影面位置,例如图 11 所示,物体上所有的面均为外表面,通过轴测图或三维模型可以更直观地表达面的位置。但由于轴测图或三维模型图度量性比较差,在工程设计中,通常只作为辅助图样。

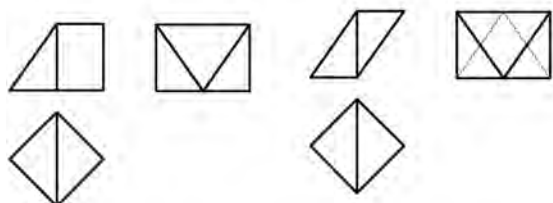


图 10 将倾斜面转成垂直面

Fig.10 Convert the inclined plane to vertical plane

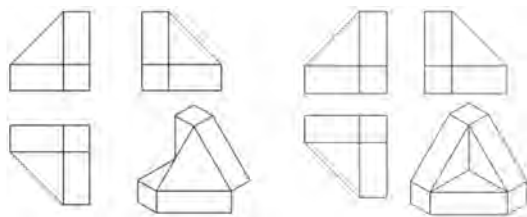


图 11 用轴测图或三维模型辅助表达重影面位

Fig.11 Expressing the overlapping surface with axonometric projections or 3D model

5 结语

在工程结构设计中,工程图样是重要的技术资料,所表达的物体的形状结构必须具有唯一性,不可产生多样性或不确定性。绝大多数三视图能唯一确定物体的形状结构,但由于投影具有重影性,造成有些三视图表达的物体形状结构存在多样性。本文从正投影规律出发,通过重影理论,提出了重影线和重影面的投影现象,分析了直线的投影和平面的投影的多样性,进而研究了三视图图形多样性的形成原因和视图特征。通过对构形多样性三视图的分析和构思,选择适当的图样表达方法,以避免在工程设计和制造中以及三维重构中出现物体形状结构的多样性。

随着科学技术的发展,在工程设计制造中将出现越来越多更复杂的结构,应用正投影法表达工程图样也必将迎来更大地挑战,如何更好更方便准确地表达出所设计的物体的真实形状结构是所有工程设计工作者面临的课题。

[参 考 文 献]

- [1] 唐克中,朱同钧. 画法几何及工程制图 [M]. 4 版. 北京:高等教育出版社,2015: 5.
- [2] 朱辉,曹桃. 画法几何及工程制图 [M]. 7 版. 上海:上海科学技术出版社,2013: 8.
- [3] 黄向裕. 构形设计的研究与实践 [J]. 机械工程与自动化,2005(8): 121-122.
- [4] 陈锦昌,陈炽坤,孙炜. 构型设计制图 [M]. 北京:高等教育出版社,2012: 147.
- [5] 翟晓庆. 二维工程图智能理解与三维重建研究 [D]. 大连:大连理工大学,2006.
- [6] 郑鹏飞,林大均,刘小年,等. 基于三视图的实体重建技术研究 [J]. 工程图学学报,2011(1): 49-54.
- [7] 何杨,博赵勇,杨建鸣. 基于 Solid edge 的三视图三维重建方法研究 [J]. 计算机技术与发展,2018(5): 147-150.
- [8] DING F, HUI Z, YAMEI W. Converting sectional views to three orthographic views to reconstruct 3D models [J]. Computer-Aided Design and Applications. 2011 (4): 571-582.
- [9] IBRAHIM CAYIROGLU. A new method for machining feature extracting of objects using 2D technical drawings [J]. Computer-Aided Design, 2009(12): 1008-1019.

(责任编辑 陈 敏 英文审校 郑青榕)