

题 目 基于VTK的三维可视化平台开发

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

计算机科学与工程院（系）计算机科学与技术专业

学 号 09015322

学生姓名 贺建安

指导教师 唐慧

起止日期 2019年2月 至 2019年5月

设计地点 东南大学九龙湖校区

摘 要

传递函数是直接体绘制的核心，它决定着最终的绘制效果。传统的以用户为中心的交互式传递函数设计是一个不断试验的过程，存在一定的盲目性，且难以设计出能可视化体数据集中的边界的传递函数。本文通过用户交互与三维体数据分析相结合的方式，来半自动地生成传递函数。体数据中的灰度值与梯度幅值指导着用户的交互设置；用户设置的阈值作为体数据分析的基准。两种方法相互融合，使得交互复杂度与数据分析计算量都大大降低，所有的交互设置结果与数据分析结果都可以实时地在切片图或体绘制图上得到反馈。

在可视化边界的传递函数生成过程中，本文使用非结构化数据存储阈值过滤后的体数据，采用K-Means算法，结合边界的梯度幅值的属性，生成基于灰度值与梯度幅值的二维不透明传递函数，用于绘制用户感兴趣区域的边界。

此外，通过可视化传递函数，用户可以对传递函数进行微调，调节结果实时反馈在体绘制图上。也支持多个感兴趣区域、多个感兴趣区域边界以及多个体数据集的叠加绘制。上述所有交互与可视化基于Qt与VTK实现。

关键词：直接体绘制，传递函数，边界可视化

Abstract

In this thesis, the rheological behavior of semi-solid ZA12 alloy was investigated using a specially designed high temperature Couette rheometer.

The evolution of shear stress with time and the hysteresis loops of semi-solid ZA12 alloy were measured and analyzed. The results show that semi-solid ZA12 alloy possesses the thixotropic property, which varies with solid fraction and shear rate. In addition, the semi-solid ZA12 alloy slurry exhibits different rheological behaviors under steady state and transient state conditions. In case of steady state, the apparent viscosity of semi-solid ZA12 alloy decreases with the increase of shear rate, showing the pseudo-plastic rheological behavior. However, under the transient state condition, it presents the dilatant rheological behavior, i.e. the apparent viscosity increases as shear rate increases.

Finally, based on the transient state experimental results and rheology theory, a dynamic rheological model of semi-solid ZA12 alloy was developed, which could be applicable to practical semi-solid processes.

KEY WORDS: semi-solid, ZA12 alloy, thixotropic behavior, rheological behavior, apparent viscosity, rheological model

目录

[摘 要 2](#_Toc7552039)

[Abstract 3](#_Toc7552040)

[第一章 绪论 1](#_Toc7552041)

[1.1 研究背景 1](#_Toc7552042)

# 第一章 绪论

## 1.1 研究背景与意义

科学计算可视化（Visualization in Scientific Computing）是一个于20世纪80年代被提出并迅速发展起来的一个研究领域。它指的是运用计算机图形学和图像处理技术，将科学计算过程中及计算结果的数据转化为图形或图像在屏幕上显示出来并能够进行交互处理的理论、方法和技术[1]。借助科学计算可视化，人们可以更加直观地理解计算过程中的数据变化，加以交互实现对计算过程的引导与控制，直观的图像或图形可视化也能帮助人们更好地理解数据中所蕴含的抽象信息。

科学计算可视化的核心是三维空间数据场的可视化，又称三维体数据可视化，是一种将三维体数据在二维平面上进行投影的技术，它被广泛应用于医疗、地质勘探、气象分析等领域。实现三维体数据可视化的算法可分为两类，一类是基于中间几何图元的面绘制方法，另一类是直接基于三维体数据的体绘制方法。

面绘制即是以等值面的形式来绘制三维模型，其中最为经典的是Matching Cubes算法，算法的主要思想是将每个体素的梯度值与预先设定的表面阈值比较，得到以三角面片表示的等值面[2]。面绘制的优点是计算量较小，且等值面提取是在绘制之前完成，因此可以实时地进行旋转放缩等交互。但是这种方法不能反映整个原始数据场的全貌及细节，且该方法始终存在等值面分类的歧义性问题，当数据场较为复杂时，往往会生成不存在的伪表面或在现实面上产生空洞[3]。

体绘制是直接为三维体数据场中的体素分配颜色与不透明度等光学性质进行绘制，而不需要进行中间图元的转换，因此也被称为直接体绘制（Direct Volume Render, DVR）。目前较为成熟的直接体绘制算法有：光线投射算法（ay-casting）、抛雪球算法（Splatting）、错切-形变算法（Shear-warp）与3D纹理映射（3D Texture Mapping），其中绘制图品质最高的是光线投射算法[4][5]。光线投射算法是基于物理光线模型，把每个体素看作是可以发射、反射和吸收光线的粒子，依据体素的介质特征得到它们的颜色与透明度，并沿着视线观察方向积分，最后在绘制窗口形成具有半透明效果的图像[5]。直接体绘制不仅能够展现出表面轮廓，也能清晰地还原出立体细节，不会造成数据的丢失。虽然直接体绘制在交互时需要实时地对体数据进行计算，计算量较大，但近年来随着图形显示硬件的并行计算能力的提升，直接体绘制也能够实现实时地交互。因此，在例如医学图像三维重建等对可视化效果要求较高的应用领域，直接体绘制往往是首选的可视化技术。

传递函数是直接体绘制的基础，它的本质作用是将颜色与不透明度等光学性质分配给体素数据，从而使数据可视。良好的传递函数可以揭示数据中的重要结构，而不会用不重要的区域来模糊它们[6]。因此，传递函数的设计，决定着直接体绘制的最终绘制效果。然而，要找到一个能够满足用户预期绘制效果的传递函数往往是一个挑战，原因主要体现在以下四个方面。其一，传递函数的优劣无法通过量化的指标来评定，人们往往只能通过观察直接体绘制最终的绘制效果，来间接地判断传递函数的设计是否合适，存在一定的主观性；其二，传递函数的调节不受数据集的约束或指导，这迫使用户进入一个不断实验的交互模式，在这种模式下，只有通过观察由于增量调整而导致的绘制效果的变化，才能探索传递函数域[6]；其三，传递函数的调节自由度很大，从三维体数据场中的各种标量值到各种光学性质存在多个映射函数，映射关系与绘制效果之间也没有绝对的规律可寻，传递函数的细微变化可能会导致绘制效果的巨大差异，调节具有盲目性；其四，传递函数往往是作用于整个三维体数据场，它的定义域并不包含空间位置，因此当用户从空间位置上来确定感兴趣区域时，是很难通过设计传递函数来实现区域分割的。因此，如何设计一个好的传递函数，已经被列为三维体数据可视化研究中的十大难题之一[7]。传递函数设计有着重要的研究意义与急迫的研究需求，这也是本文的研究重点。

## 1.2 体绘制传递函数设计的研究现状与发展趋势

1987年2月，美国国家科学基金会在华盛顿召开了有关科学计算可视化的首次会议，会议指出：“科学家们不仅需要分析由计算机得出的计算数据，而且需要了解在计算过程中数据的变化，这些都需要借助于计算机图形学及图像处理技术”。

# 参考文献：

[1] 唐泽圣.三维数据场可视化.北京：清华大学出版社，1999，1

[2] Levoy M. Display of Surfaces from Volume Data[J]. IEEE Computer Graphics & Application, 1988, 8(3):29-37.

[3] 范翠萍. 体绘制多维传递函数的设计方法研究[D].江苏科技大学,2011.

[4] Huang, Jian, Mueller, Klaus, Crawfis, Roger, Bartz, Dirk, Meissner, Michael. A Practical Evaluation of Popular Volume Rendering Algorithms[P]. Volume Visualization, 2000. VV 2000. IEEE Symposium on,2000.

[5] 张尤赛,陈福民.三维医学图像的体绘制技术综述[J].计算机工程与应用,2002(08):18-19+122.

[6]. Kniss, J., Kindlmann, G., Hansen, C.. Interactive volume rendering using multi-dimensional transfer functions and direct manipulation widgets[P]. Visualization, 2001. VIS '01. Proceedings,2001.

[7] H. Pfister , B. Lorensen, C. Bajaj. The transfer function bake-off[J]. IEEE Computer Graphics and Applications,, 2001, 21(1):16-22