论文的主要价值和意义：

在现有的matlab的等几何拓扑优化代码中，可视化部分仍使用的是与开源有限元拓扑优化代码Top3D中相同的方法，即利用matlab自带的patch函数，指定控制点为顶点，生成相应的多边形区域。在这样的实现方法下，每个等几何单元的顶点与控制点是重合的：这不符合NURBS曲面的定义，即单元中每个点的位置需要通过控制点与节点向量共同计算，最后插值而成，故等几何单元的顶点与大部分控制点是不重合的。

基于该问题，笔者利用NURBS基函数重建等几何单元，使得可视化结果能够忠实还原拓扑优化结果的几何信息，并通过计算着色器、区间合并算法等优化方法提高了等几何拓扑优化可视化的效率，实现可实时交互移动控制点改变图形几何形态，提升了在大规模拓扑优化时的可用性。

第一章 绪论

1.1 研究背景

1.2 等几何拓扑优化简介

1.3 三维可视化图形工具OpenGL概述

1.4 本文的主要研究内容

1.5 本章小结

第二章 基于变密度法的等几何拓扑优化方法

2.1 引言

2.2 B样条与NURBS理论

2.3 变密度法的等几何拓扑优化理论

2.4 本章小结

第二章主要说明拓扑优化的理论，这一部分为后续可视化做了一个数据上的支撑。重点特别在于第二小节中的B样条与NURBS理论部分，在后续第三章计算NURBS面片的时候需要这一方面的理论知识作为支撑。即，第二小节主要为后续计算几何轮廓提供理论支撑，第三小节主要是为后续显示单元密度值而给出计算密度值的方法。

第三章 三维情形下的等几何拓扑优化可视化研究

3.1 引言

3.2 等几何模型表达（模型的控制点与变形方法） 重点

3.2.1 模型的控制点与变形方法（理论）

首先把屏幕拾取这部分的内容介绍一下，即通过鼠标点击的2D屏幕坐标，确定投影到该点上的3D对象，然后稍微带一下变换的知识（因为确认投影对象需要图形变换的理论），最后把控制点的选取和移动与NURBS面片的变形结合起来，衔接下一节“将对等几何NURBS面片进行详细的介绍”。

3.2.2 等几何面片类设计

介绍等几何NURBS面片类的变量（控制点、节点向量、权重）和成员函数。

3.2.3 可视化算法实现

1、拓扑优化结果绘制算法

介绍如何利用上述的那些变量（在计算着色器（计算着色器可以算一个创新点，提升了计算的效率）中）计算出所有NURBS面的几何准确位置（因为控制点常常不在曲面上，需要通过计算得到NURBS面上的坐标点位置）。

然后写“利用密度法ITO，计算出所有单元密度值，实现大于0.5的显示”。这一部分结合ITO的理论。

2、内部冗余网格消隐算法

核心是区间合并算法，具体实现就不必要写在上面了，主要把优势和创新点体现出来，“实现了内部网格的消隐，只显示外部网格信息，极大减少了可视化资源的消耗”，“提升大规模NURBS网格的可视化效率，可以为后续进行大规模的等几何拓扑优化做准备”。

等几何单元重建的方法：

首先基于Cox-de Boor递推公式和NURBS对应的权重公式求出三个维度上各个节点向量对应的NURBS基函数值。随后根据各个等几何单元控制点的索引即可定位到各单元所对应的27个控制点（由于NURBS单元为2阶单元，所以三维单元一共3x3x3=27个控制点），并将这些控制点对应乘以相应的NURBS基函数值，即可得到等几何单元几何位置顶点。

例如，假设，那么最后生成的图形将由2x2x2=8个NURBS单元组成，若计算出节点向量处的基函数，并分别与单元的27个控制点相乘，即可得到八个单元交汇的那个点的位置。

3.5 本章小结

第四章 基于OpenGL等几何拓扑优化可视化系统搭建

4.1 引言

4.2 可视化系统架构设计

4.3 模块

4.4 展示

4.5 本章小结

这一部分先要把OpenGL可视化的“框架”的概念先弄明白，然后把整个框架写清楚，最后再是一些具体函数的内容。

4.3 基于OpenGL的可视化系统开发

4.3.1 界面设计

4.3.2 数据的产生与读取

4.3.3 可视化功能的实现（这一节就把可以动态地显示拓扑优化迭代过程的那个功能写一下，不然直接去掉这一节，没有多少内容可以写，如果写变换那些东西太基础，写可视化实现的话又会和前面重复。）

4.4 本章小结

第五章 结论与展望