Page 01

摘要：

本文提出了一种新的基于密度的拓扑优化方法，其中设计域（design space）限定在了B样条空间。将任意形态的设计域嵌入矩形域中，在矩形域中使用张量积B样条来表示密度场。本文证明，通过适当选择B样条阶次和节点跨度，B样条设计域可以摆脱棋盘问题（checkerboard），而不需要额外的滤波或惩罚方法（这里的滤波和惩罚法指的是在常规有限元下应对checkerboard问题而实施的方法）。

1、B样条表示方法为拓扑优化提供了一个内在滤波器，其中滤波器大小由B样条阶次和节点跨度控制。当B样条基函数跨越多个分析元素时，该B样条滤波器可以有效去除数值伪影和控制优化结构中的最小特征长度。

2、基于B样条的密度表示将密度分布的设计表示与有限元网格解耦，因此可以在不重新划分设计域的情况下获得多分辨率设计。

Page 02-03

1、基于密度分布的方法是迄今为止最流行的方法，其中分析元件或节点处的密度通常被用作表示密度的设计变量。拓扑优化中的一个挑战是如何处理棋盘和网格依赖等数值问题。

2、本文基于密度分布的拓扑优化提出了一种新的密度表示形式。我们将密度分布限制在B样条空间中，并将任意形状的设计域投影到矩形域中，其中张量积B样条用于表示密度分布。我们将拓扑优化视为寻求B样条表示的密度的最优分布，其中设计变量是B样条系数。

3、网格独立性。由于密度是由有限数量的B样条系数参数化的，这确保了拓扑优化是一个具有独立于分析网格分辨率的优化设计的有限维问题。

4、多分辨率设计。基于B样条的设计参数化为多分辨率设计提供了一种简单的方法，因为B样条细化的算法很容易获得，而且B样条域不需要与底层几何体共形。因此，只要用于分析的计算网格足够精细，就可以在不重新划分设计域的情况下获得多分辨率设计。多分辨率设计允许将粗略设计分辨率的设计用作精细分辨率优化的初始设计，从而产生独立于设计分辨率的拓扑简单设计。