



中华人民共和国国家标准

GB/T 37402—2019/ISO 18459:2015

仿生学 仿生结构优化

Biomimetics—Biomimetic structural optimization

(ISO 18459:2015, IDT)

2019-05-10 发布

2019-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和术语缩写	2
5 自然界中自我优化原理及因此而被移植的优化方法	3
6 方法的运用	5
6.1 应用范围和局限	5
6.2 计算机辅助优化(CAO)	5
6.2.1 应力控制生长	5
6.2.2 收缩	6
6.2.3 有限元分析(FEA)在实际中的应用	7
6.3 软区域清除(SKO)	8
6.3.1 软区域清除法原理	8
6.3.2 在有限元分析中实施软区域清除原理	8
6.3.3 软区域清除法应用实例	9
6.4 计算机辅助内部优化(CAIO)	11
6.4.1 计算机辅助内部优化法实例:弯曲的圆柱体	12
6.5 拉伸三角形法	13
6.5.1 概述	13
6.5.2 拉伸三角形节省材料	14
6.5.3 拉伸三角形优化纤维取向	15
6.5.4 拉伸三角形法实例:轴肩	16
参考文献	18

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用 ISO 18459:2015《仿生学 仿生结构优化》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

——GB/T 14124—2009 机械振动与冲击 建筑物的振动 振动测量及其对建筑物影响的评价指南(ISO 4866:1990/Amd.2:1996, IDT)

本标准由中国机械工业联合会提出并归口。

本标准起草单位：北京机械工业自动化研究所有限公司、浙江大学、清华大学。

本标准主要起草人：高雪芹、黎晓东、苏宏业、黄双喜。

引 言

仿生优化方法的基础来源于对自然生物结构及过程的研究所获取的知识。

作为优化的一个特殊分支,结构优化涉及了部件的理想化设计,并同时考虑到目前的边界条件。通常被优化的属性包括重量、载荷能力、刚度或寿命。其目的在于通过使属性的值最大化或最小化而优化其中一种或多种属性。

总的来说,最理想的是尽可能完美地使用物料,同时避免出现过载和欠载区域。鉴于几乎每一个技术性部件都会因为功能原因而在截面,即,缺口,呈现出一些变化而因此导致缺口的变化,所以,在结构优化中最大程度地减小缺口的承重力就显得尤为重要。在传统的结构优化中,减少缺口形状因子,即缺口上面的应力集中因子,是通过下面的做法实现的:要么选择缺口的最大曲度半径,要么利用缺口的相互作用并增加卸荷槽。但是,缺口的形状并不会由于这个步骤而改变。早在 20 世纪 30 年代就有人提出使用其他的缺口形状(波特曲线、椭圆、对数螺旋等)的建议,但并未在技术中广泛应用,只是被偶尔使用。

基于计算机的仿生优化工具,例如计算机辅助优化(CAO)及软区域清除(SKO),分别改进了部件的形态和拓扑结构,从而通过使用有限元分析(FEA)使受力得以均衡。这些工具自 1990 年出现后已用于工业当中。然而,使用有限元分析进行优化的这种需求实际上限制了可能用户的数量,因为进行这样的操作需要功能强大的计算机、专用软件和专家。于是,需要有一种更简单、更快捷的优化方法,不仅专家能够操作而且设计工程师也能操作,正是这一需求最终导致了“拉伸三角形法”的出现。尽管该方法在 2006 年才开始开发,但已在实际中进行应用,其原因在于它易于理解、易于应用。仿生优化方法的广泛应用加之其相对容易操作、用户便于理解且易于应用,使得用户在设计过程初期即可进行部件优化操作。就拉伸三角形法的使用来说,使用计算机辅助设计(CAD)系统便有可能很容易地实施这种方法。

由于每一项优化都意味着对所选载荷状况进行专业化处理,因此服务加载能够被众所周知。其他未被考虑进来的载荷条件也许会导致部件承受更大的作用力。

仿生学 仿生结构优化

1 范围

本标准指出了仿生结构优化方法的功能和范围。这些方法涉及的是静载荷及疲劳载荷条件下的线性结构问题。本标准中描述的方法均有示例进行说明。

依据自然生长的生物模型和通过利用技术性部件有限元法(FEM)优化方法,基于计算机的仿生优化工具包括计算机辅助优化(CAO)、软区域清除(SKO)和计算机辅助内部优化(CAIO)。这些方法的目的在于能够减轻部件重量或增强部件能力及延长部件使用期,以实现优化材料应用。

此外,本标准还描述了一个更简单快捷的“拉伸三角形法”。仿生优化法应用范围广泛,加之更易于理解和使用,使得用户在设计过程的早期即可实施部件优化。

本标准的目的是让用户熟知仿生优化方法可作为有效工具来延长部件的使用期、减少部件重量,并促进这些方法的广泛使用以支持可持续发展。

本标准不仅为设计者、开发人员、工程师及技术人员,也为那些被赋予设计和评估载荷结构任务的人员所拟定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 2394 结构可靠性通则(General principles on reliability for structures)

ISO 4866 机械振动与冲击 建筑物的振动 振动测量及其对建筑物影响的评价指南(Mechanical vibration and shock—Vibration of fixed structures—Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on structures)

ISO 13823 建筑物耐用性设计通则(General principles on the design of structures for durability)

ISO 18458 仿生学 术语、概念和方法论(Biomimetics—Terminology, concepts and methodology)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机械性自适应生长 **mechanical adaptive growth**

树木和骨骼等生物结构通过局部性地向受力大的范围添加材料或从受力小的范围移除材料对条件变化所做出的适当反应(如机械载荷)。

示例:树木年轮中更为厚实的局部。

3.2

算法 **algorithm**

精确地描述完成一项任务的有限步骤。

3.3

设计空间 **design space**

一个部件的设计许可量。

注1:进行设计时,部件的边缘不应超出设计空间的范围。