

按语 连杆的强度对发动机性能有非常大的影响,在连杆设计过程中必须对连杆的强度进行考核。通过有限元技术对连杆的强度进行校核可以快速方便的得到结构的具体应力分布变形等,从而为设计提供理论指导。

发动机连杆的三维有限元分析研究

胡冬青 (淮北职业技术学院,安徽淮北 235000)

摘要 以某型号连杆为例,在 hypemesh中对连杆模型进行了网格划分,对划分好的有限元模型导入到 abaqus中进行计算,在既定工况得到连杆的应力及变形等,通过分析表明该连杆满足设计需求。

关键词 连杆 强度 有限元技术

中图分类号 S220 文献标识码 A 文章编号 0517 - 6611(2009)14 - 06458 - 03

Three Dimensional Finite Element Analysis of Engine Connecting Rod
HU Dong-qing (Huabei Vocational Technical College, Huaibei, Anhui 235000)

Abstract Taking some type connecting rod as example, mesh generation of connecting rod model was carried out in Hypemesh, and the finite element model was calculated in ABAQUS. The results were obtained on the vested working condition, and the result showed that the design of the connecting rod can meet the requirement

Key words Connecting rod; Strength; Finite element technology

内燃机的运动机构基本形式是曲柄连杆机构,由活塞、连杆和曲轴三大构件组成。因此对连杆进行分析对发动机的正常工作及发动机的性能非常必要。在实际工作过程中连杆的受力比较复杂,因此文中分 3 个工况对其进行分析即预紧工况、最大爆压工况及最大转速工况下的应力及变形情况^[1]。首先需要考虑到惯性工况下连杆的运动情况和爆压工况下的受力情况。

1 连杆机构受力分析

1.1 曲柄连杆机构的加速度^[2-3] 图 1 为曲柄连杆机构示意图,从图 1 中可以看出活塞位移的公式为:

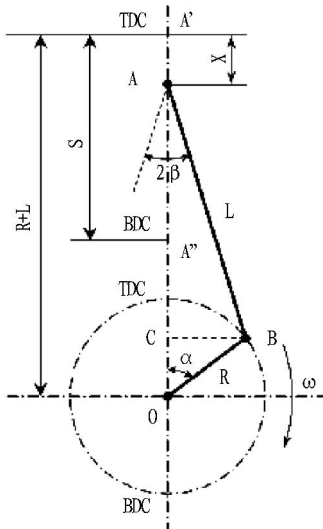


图 1 曲柄连杆机构示意

Fig 1 Schematic diagram of crank connecting rod mechanism

$$x = R + L - L \cos \beta - R \cos \alpha$$
 (1)

其中,α为曲柄转角;β为连杆轴线在其摆动平面内偏离气缸中心线的角度。同时令曲柄半径与连杆的长度比为 λ,即 λ

$$= R / L。$$

从而 (1) 式可变为:

$$x = R (1 - \cos \alpha) + L (1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha})$$

从位移公式可以得到活塞的加速度为:

$$a = \frac{d^2 x}{dt^2} = R \omega^2 \left[\frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta} + \lambda \frac{\cos^3 \alpha}{\cos^3 \beta} \right]$$

根据二项式定理,取前两阶对原方程进行简化得到:

$$a = R \omega^2 \cos \alpha + R \omega^2 \lambda \cos^3 \alpha$$
 (2)

其中,ω为转速。

1.2 连杆组加速度 对于连杆组,可令其为二质量系统,即质量集中于大小头两端,根据质量等效原则,两者到质心处的关系为:

$$m_{cp} (L - b) = m_{cr} b \quad \text{同时: } m = m_{cp} + m_{cr}$$

因此作用在连杆组质心上的加速度可以写成:

$$a_m = \frac{1}{m} (m_{cp} a_{cp} + m_{cr} a_{cr}) = R \omega^2 (1 + \lambda \frac{b}{L})$$
 (3)

1.3 爆压力 缸内气体压力作用在活塞顶部传递给连杆组,因此气体压力需要分解成沿连杆杆身方向和作用于缸壁的侧向力,因此连杆杆身作用的气体力可以写成:

$$P = P_g \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \cos \beta$$
 (4)

其中, P_g 为气体爆压力。

2 有限元模型的建立

建立有限元过程中,考虑到连杆组件是对称结构,建模过程中可以采用 1/2 或者 1/4 模型进行有限元建模。文中采用全模型进行建模,所有部件用二阶四面体单元进行建模,考虑到连杆组件各个部分的接触处理,因此采用 C3D10M 单元进行模拟。如图 2 所示对各接触面采用接触对进行模拟,同时对轴瓦跟曲轴的接触中,采用刚性面模拟曲轴,从而减小模型规模^[3-4]。划分网格过程中,对接触平面应尽量网格对应,如此可以加快计算收敛速度,节约计算资源,建立的模型见图 3。

作者简介 胡冬青 (1976 -),女,安徽砀山人,硕士,讲师,从事汽车系统动力学与控制研究。

收稿日期 2009-04-07

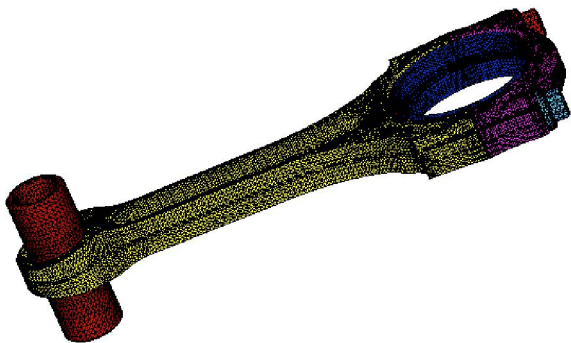


图 2 连杆有限元模型
Fig 2 Model of connecting rod finite element

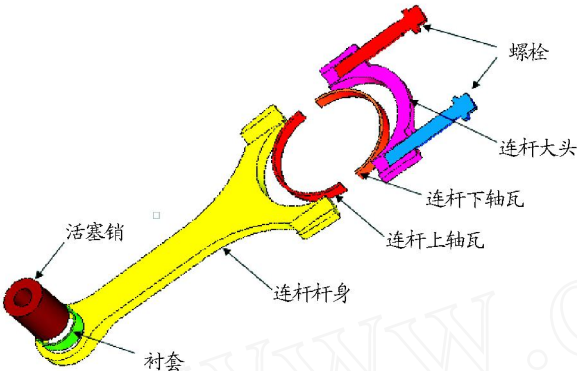


图 3 连杆组件构成示意
Fig 3 Schematic diagram of connecting rod composition construction

3 工况设计

3.1 装配工况 该工况包括螺栓预紧力装配工况、轴瓦过盈装配工况及衬套过盈装配工况。一般螺栓预紧力的模拟有施加静态力和采用弹性变形恢复力两种方法进行模拟,在

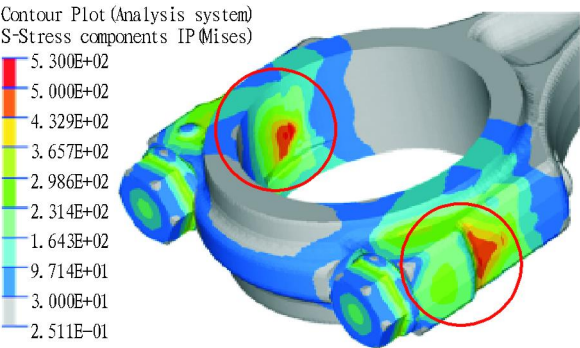


图 5 装配工况下的应力分布

Fig 5 Stress distribution under assembling condition

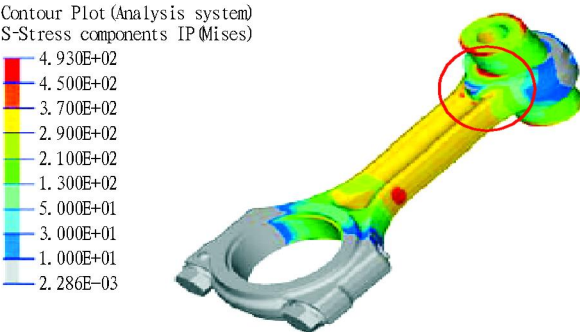


图 7 爆压工况下的应力

Fig 7 Stress under explosive pressure condition

文中根据国标查出相应螺栓类型的预紧力进行静态加载方式进行模拟;对于轴瓦和衬套的过盈装配采用 abaqus 里面的接触对过盈配合方式进行模拟^[4]。

3.2 爆压工况 在做功行程中,连杆受到由活塞、活塞销处传来的燃气压力,分析过程中取最大爆发压力,对连杆而言,爆压力应作用于活塞销上,如图 4 所示,将作用力表面的节点用 rbe2 连接,集中力施加于 rbe2 主点上,施加力的大小由式 (4)求得。此处最大爆压力为 16 MPa。

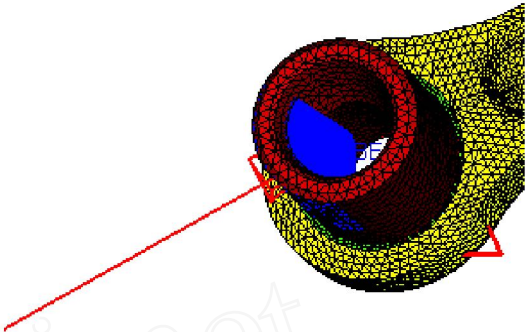


图 4 爆压力施加方式示意

Fig 4 Schematic diagram of explosive pressure applied method

3.3 惯性力工况 根据式 (2)可知当曲柄转角为 0 时活塞到达上止点,此时连杆受到最大惯性力作用,加载中以体积分力的方式施加在连杆组件单元上,根据式 (2)可知力的大小由发动机转速决定。

4 结果与分析

根据设计给连杆组件各部分赋材料属性,其中连杆的材料为 42 CMOA,其屈服极限为 780 MPa。以最高转速 6 000 r/min,最大爆压力 16 MPa 对连杆进行计算。得到各个工况下的应力及变形分布如图 5~10 所示 从图中可以看出装配

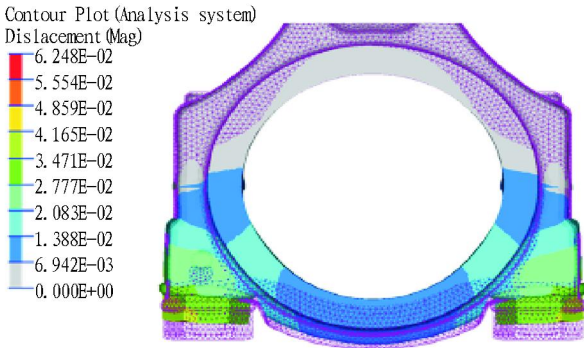


图 6 装配工况下的变形分布

Fig 6 Deformation distribution under assembling condition

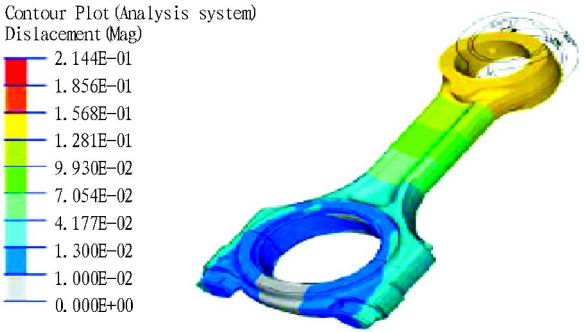


图 8 爆压工况下的变形

Fig 8 Deformation under explosive pressure condition

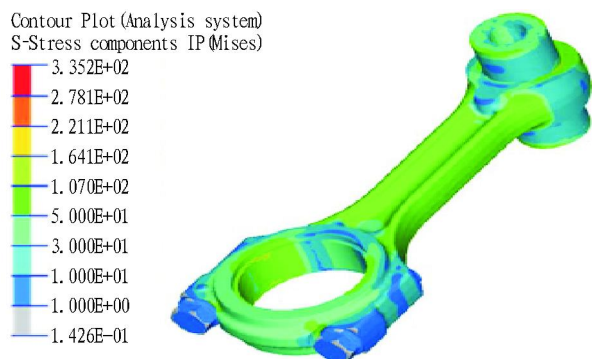


图9 惯性力工况下的应力

Fig 9 Stress under inertia force condition

工况下的应力最大,其最大值为 530 MPa,该值小于连杆材料的屈服极限,满足强度要求。各工况下的应力集中区域如图中圆圈所示,这些区域可能会形成疲劳源从而对结构造成破坏,设计中对这些区域应加以关注。从图中可看出最大变形发生在爆压工况下,此时的最大位移量为 0.214 mm,此时连杆的应力最大为 493 MPa,小于材料屈服极限,因此此时的变形为弹性变形,当外力卸载后连杆变形能自动恢复,因此变形不妨碍油膜的形成,各个工况连杆均满足静强度设计要求。

5 结论

有限元分析过程中采用小滑移弹性接触模型进行分析,提高了模型的收敛性。有限元分析结果表明连杆在各个工

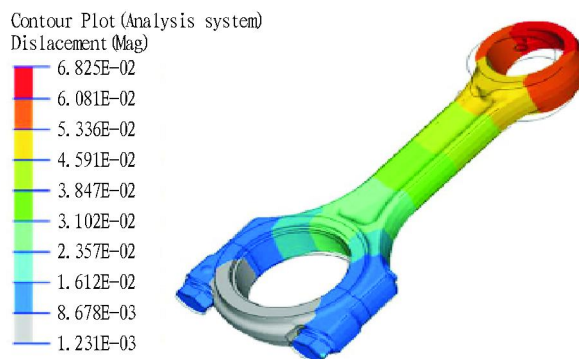


图10 惯性力工况下的变形

Fig 10 Deformation under inertia force condition

况下满足静强度要求。同时通过有限元进行仿真分析,便于发现设计中存在的缺陷,可以有效的缩短开发周期,因此对工程设计具有指导意义。

参考文献

- [1] 吕彩燕,苏铁熊. 柴油机连杆的有限元疲劳度分析[J]. 华北工学院学报, 2002, 23(1): 15 - 19.
- [2] 郑启福. 内燃机动力学[M]. 北京:国防工业出版社, 1991.
- [3] 余成波,何怀波,石晓辉. 内燃机振动控制及应用[M]. 北京:国防工业出版社, 1997.
- [4] 庄茁,张帆,岑松. ABAQUS非线性有限元分析与实例[M]. 北京:科学出版社, 2004.
- [5] 石亦平,周玉蓉. ABAQUS有限元分析实例详解[M]. 北京:机械工业出版社, 2006.

(上接第 6435 页)

即淋浇定根水。有缺苗要及时补栽,补苗后,要进行一次中耕除草,使表土疏松,保持下部土壤湿润,促进幼苗根系深扎。随后,根据条件追施,以提高开花和结果量^[19]。

5.2 病虫害防治 诸葛菜的病虫害少,偶有蚜虫、红蜘蛛及锈病危害。防治方法:合理密植;平时要加强肥水管理,增强植株抗病能力,减少发病率;在发病初期喷 1:1:100 的波尔多液进行防治。蚜虫防治方法是在虫害发生期喷 40%乐果乳油 1 500~2 000 倍液。防治红蜘蛛可用杀螨灵^[19]。

6 结语

(1)目前,诸葛菜的研究工作主要集中在其作为油料、食用、营养等方面^[20],而其植株内具有生物活性的物质成分至今还没有更为详细的报道,仅已知其含有黄酮类化合物。因此,探讨诸葛菜中药用有效成分,研究分析其中的黄酮类化合物成分,能为进一步综合开发利用这一野生植物资源提供科学依据。

(2)诸葛菜在城市绿化方面也具有很广的应用前景。其适应性强,生命力顽强,并且能快速繁殖,如果大面积种植,可以有效地减少扬尘的发生。

(3)由于诸葛菜的维生素、矿物质、蛋白质等含量丰富。可在前人研究的基础上更深入地开展诸葛菜的人工栽培工作,从而为农产品增加一个新的蔬菜品种。

参考文献

- [1] 周太炎. 诸葛菜属,中国植物志[M]. 北京:科学出版社, 1987.

- [2] 江苏植物所. 诸葛菜属,江苏植物志[M]. 南京:江苏科学出版社, 1982.
- [3] 赵培洁,肖建中. 诸葛菜,中国野菜资源学[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2006.
- [4] 韦武青,田丽敏. 观赏蔬菜——诸葛菜[J]. 蔬菜, 2007(6): 8.
- [5] 谢寅堂,王玛丽,赵桂仿. 诸葛菜属,西安植物志[M]. 西安:陕西科学技术出版社, 2007.
- [6] 任全进,于金平,张广伦. 诸葛菜资源的综合利用[J]. 中国野生植物资源, 1998, 17(2): 24 - 25.
- [7] 高明乾,卢龙门. 植物古今名图考[M]. 郑州:大象出版社, 2006.
- [8] 罗鹏,钟蓉,吴治友. 诸葛菜种质资源的评价和研究[J]. 作物品种资源, 1995(1): 16 - 18.
- [9] 曹熙德,李子先. 油菜品质改良的重要天然遗传资源——诸葛菜利用前景展望[J]. 天然产物研究与开发, 1989, 1(2): 71 - 74.
- [10] 吴建忠. 诸葛菜的特性和在绿化中的应用[J]. 切磋交流, 2000(2): 20 - 20.
- [11] WU Y Y, LI P P, ZHAO Y G. Study on photosynthetic characteristics of *Orychophragmus violaceus* related to shade tolerance[J]. Scientia Horticulturae, 2007, 113(2): 173 - 176.
- [12] 罗鹏,黄邦全,蓝泽莲. 菜用诸葛菜的研究[J]. 四川大学学报:自然科学版, 1998, 35(4): 638 - 640.
- [13] 马成亮. 诸葛菜[J]. 特种经济动植物, 2002(4): 26.
- [14] 翁德宝,汪海峰,翁佳颖. 诸葛菜茎叶中黄酮类化合物的研究[J]. 中国野生植物资源, 2000, 19(5): 13 - 15.
- [15] 王欣,李向,王庆红. 诸葛菜中黄酮类化合物提取方法和抗氧化性研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(27): 8667 - 8669.
- [16] 王欣,夏新奎,徐国华. 微波辅助萃取诸葛菜中的总黄酮研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(22): 6705 - 6706.
- [17] 余宏军,蒋卫杰,孙英明. 十九种稀特蔬菜的营养价值[J]. 北方园艺, 2008(8): 52 - 56.
- [18] 吴治友,蒋九余,帅世文. 诸葛菜的营养成分分析[J]. 中国油料, 1997, 19(4): 22 - 23.
- [19] 路洪顺,刘鑫军,刘建敏. 诸葛菜的利用与栽培[J]. 特种经济动植物, 2002(7): 38 - 38.
- [20] 王雁,彭镇华. 二月兰的多用途开发与城市绿化应用[J]. 中国城市林业, 2006, 4(3): 39 - 41.