

引擎機構的運動動態模擬分析



2009 Nanya ME Student Project Competition

指導老師：陳德楨 專題學生：邱士宇 張格赫 江國慶 潘科全 羅至偉 徐常勛 黃啓豪

專題內容摘要

在二十一世紀，石油的消耗量大增，石化能源不足的危機逐漸浮上檯面，成為現今世界即將面對的問題。加以內燃機與石化燃料的大量使用，也造成嚴重的環境污染。雖然，不同的替代能源技術近年來逐漸受到重視，但如何去提升現有能源的效能，仍是十分重要的課題。往複式引擎是當今被使用最廣泛的能源轉換機器，舉凡交通工具、機械加工、娛樂設施等領域都脫不了其角色，特別是在小型的發電系統的需求上。可是此機構也存在了噪音、污染及效率的問題。本專題即針對其運動的模擬與結構強度的分析進行深入的探討，進而做為效率提升上的設計參考，同時應用於其他複雜的機構分析上。

一、設計條件

引擎型式：往複式

尺寸：活塞直徑 40 mm、

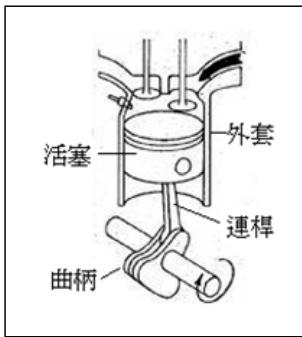
連桿長度：100 mm、

曲柄半徑：40 mm。

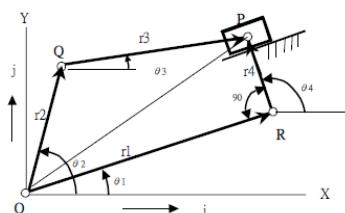
材質：SS 400 碳鋼

降伏應力：240 N/mm²

安全係數：1/0.6 = 1.67

容許正向應力：240×0.6 = 144 N/mm²容許剪應力：240×0.4 = 96 N/mm²

理論解（位置、速度、加速度）



點 P、Q、R 等之位置向量：

$$RQ = r2 e^{j\theta_2} = r2 (\cos \theta_2 + j \sin \theta_2)$$

$$RP = r2 e^{j\theta_2} + r3 e^{j\theta_3} = \\ r2 (\cos \theta_2 + j \sin \theta_2) + r3 (\cos \theta_3 + j \sin \theta_3)$$

點 Q 與 P 之速度則可由下式獲得：

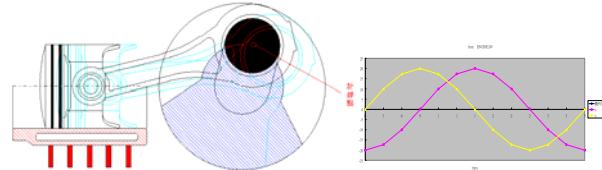
$$V_P = [r1 + j r1 \omega_1] e^{j\theta_1} + [r4 + j r4 \omega_4] e^{j\theta_4} = \\ r1 (\cos \theta_4 + j \sin \theta_4)$$

點 P、Q、R 等之加速度向量，即：

$$A_Q = [j r_1 \alpha_1 - r_1 \omega_1^2] e^{j\theta_1} = [j r_1 \alpha_1 - r_1 \omega_1^2] (\cos \theta_1 + j \sin \theta_1) \\ A_P = [j r_1 \alpha_1 - r_1 \omega_1^2] e^{j\theta_1} + [j r_1 \alpha_1 - r_1 \omega_1^2] e^{j\theta_3} \\ = [j r_1 \alpha_1 - r_1 \omega_1^2] (\cos \theta_1 + j \sin \theta_1) + \\ [j r_1 \alpha_1 - r_1 \omega_1^2] (\cos \theta_3 + j \sin \theta_3)$$

三、電腦輔助分析

本專題依據設計資料進行 2D 實體模型的構建，本項研究將採用 Design View 軟體進行運動之位置、速度、加速度分析，如下圖所示。



$c = v^*[\sin(a) + r^* \sin(2^*a/[2^*L])] * \sqrt{1 - [r^2/L^2]^2} * [\sin(a)]^2$
 $c_{approx} = v^*[\sin(a) + r^* \sin(2^*a/[2^*L])]$
 $p_{approx} = v^*2^*[\cos(a) + r^* \cos(2^*a/[2^*L])]/r$
 $p_{off_approx} = [v^*2/r]^*[\cos(a) + (r/L)^2 \cos(2^*a) + (h/L)^2 \sin(a)]$

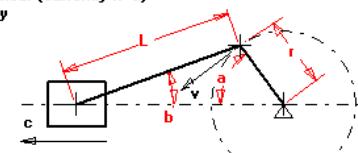
h : distance offset if not collinear (currently $h=0$)

v : crank pin angular velocity

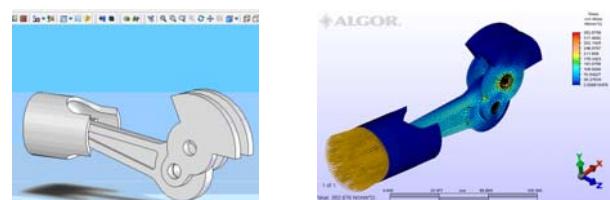
$|p|$: crank acceleration

c : piston velocity

$|a|$: crank angle



本專題另依據設計資料進行 3D 實體模型的構建，本項研究將以 Solid Works 建立實體模型，再以有限元素法進行受力分析，針對活塞承受靜壓負載的作用而產生的應力值與變形量，故其反應的變形量與應力值是實際值。下圖所示為活塞承壓 5 N/mm² 等效應力分布。



四、結果與討論

本專題利用理論（複數法）、2-D、3-D 電腦輔助工程分析均能有效解決四連桿引擎機構之運動模擬分析，此法可以被應用於其他相關複雜的機構包含強度分析應用上。