

軌道車輛橡膠減震元件分析

Design and Analysis of Suspension Cone Spring for Rail Vehicles

陳國豐^{1*}、林育立²

¹ 金屬工業研究發展中心 車輛結構與系統組 工程師

² 中華大學光電與材料工程學系 教授

前言

軌道車輛的一次懸吊，在最簡單的形式中，許多採用錐形彈簧 (cone spring)。錐形彈簧是由多圈金屬管同心配置，管與管之間以橡膠撓性材料相互黏結接合，形成具有軸向彈性的元件，是目前機械元件中彈性 / 質量比最大的結構。但是在應用上，彈性係數為非線性，以及橡膠材料有應力龜裂與老化的問題，一般安全使用年限都在 10 年以下。

軌道車輛橡膠減震元件分析

軌道車輛錐形彈簧常見的結構為直錐形結構，中間管以成形管製作如圖 1(a) 藍色結構，最內軸與最外座形狀較複雜，可以用鍛造、加工或鑄造完成。成形管部分考量樣品製作的成本，直錐形管件可以鈹金件錐形捲圓再縫焊代替。目前希望國產化的原廠件中間管件結構是採用漸縮錐形如圖 1(c) 藍色結構，製造工法勢必採用成形管件，且在模具上需做滑塊脫模以適應與軸向形成夾角的金屬結構。

另外，由於橡膠材料並無固定的配方與牌號，且具有極度的非線性與差異性，相同配方材料的機械性質變異度可高達 20%，所以國產化的試作過程，面臨許多變數與成本考量，進行設計變更是必然途徑。本文將從直錐形與漸縮錐形，橡膠材料採用天然橡膠 (NR) 基底的碳黑比例變化，探討設計變更後能夠保持彈簧性能，主要目的是希望降低開發成本，縮短開發時間與簡化開發流程。

原廠最基本靜態應力應變規格為 20 kN 壓縮力，軸向變形量 37 mm。外部尺寸需具備相容性，高度外徑不得超出原有結構。原本的漸縮錐形管件底部在無負載時並沒有位於同平面，為考慮橡膠射出模具製作的簡單性，直錐形管件底部都位於同一水平。直錐形斜度約 10 度，是為配合外部殼件較佳的斜度，各直錐高度由外而內依序參考各錐度截面，盡量使各橡膠斷面剪力平均。橡膠材料以 NR 為基礎，共準備了 5 種碳黑比率，材料配方如表 1：

以原廠漸縮錐形結構進行分析，各橡膠材料在軸向負載 20,kN 時的軸向應變量如表 2：

由上表可知，碳黑比例 40 phr 時，漸縮錐形的結構靜態機械性能與原廠最為接近，最佳碳黑值應為 45 phr。

以直錐形結構進行分析，各橡膠材料在軸向負載 20 kN 時的軸向應變量如表 3：

表 1 橡膠配方表

碳黑 (phr)	10	20	30	40	50
NR (phr)	100	100	100	100	100
Zinc oxide (phr)	5	5	5	5	5
Stearic acid (phr)	2	2	2	2	2
Sulfur	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
M100 (MPa)	1.19	1.37	1.74	2.4	3.07

表 2 漸縮錐形結構應變量

碳黑 (phr)	10	20	30	40	50
軸向應變量 (mm)	83	72	56.8	41.2	32.2

表 3 直錐形結構應變量

碳黑 (phr)	10	20	30	40
軸向應變量 (mm)	49	42.5	33.5	24.3

更完整的內容

詳見 | 機械工業雜誌 | • 444 期 • 109 年 3 月號

機械工業雜誌·每期 **220** 元·一年 **12** 期 **2200** 元

線上訂購網址：<https://www.automan.tw/magazine/orderMag.aspx>

付款方式

1. 郵局劃撥—戶名：財團法人工業技術研究院機械所 帳號：07188562
請於劃撥單的通訊欄寫明：購買期數、金額等
2. 匯款資料—兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)
帳號：203-07-02288-0 戶名：財團法人工業技術研究院
3. 信用卡—請填寫信用卡 [訂購單](#)

麻煩您將 繳款收執 或 信用卡刷卡單 傳真至 (03)582-2011，我們會盡快處理您的訂單並開通權限，再次感謝您的支持與愛護。

訂書專線：03-591-9339

傳 真：03-582-2011

機械工業雜誌·官方網站：www.automan.tw 機械工業雜誌·信箱：jmi@itri.org.tw

機械工業雜誌 優惠訂購單

訂閱一年 **12** 期

\$ 2200 / 續訂戶 \$ 2000

好禮二選一

- A** 史欽泰墨寶帆布袋
- B** 工研院機械所無人車USB (8G)

訂閱紙本+電子雜誌

\$ 3000 原價 \$ 4400

一年12期

贈送

- A** 史欽泰墨寶帆布袋

訂閱二年 **24** 期

\$ 4000 / 續訂戶 \$ 3600

好禮四選二

- A** 史欽泰墨寶帆布袋
- B** 工研院機械所無人車USB (8G)
- C** 工具機叢書任一本
- D** 智慧機械人叢書任一本

限量專屬精品送給您



A



B



C



D