

應用 Chi 的本體論探討九年級學生轉動與力矩 之迷思概念

李曉雯¹ 徐順益² 林建隆² 張英琦¹

¹ 南投縣立延和國民中學

² 國立彰化師範大學 物理系

(投稿日期：民國 97 年 05 月 07 日，修訂日期：97 年 08 月 07 日，接受日期：97 年 08 月 15 日)

摘要：Chi, Slotta, & deLeeuw (1994) 認為物理科學概念的科學意義和學生質樸概念的初始意義分屬在不同的本體類別，將造成學生概念改變的困難。例如，有些基礎物理科學概念在學生質樸概念中被分類為物質類別，然而就科學社群則被分類為過程本體類別。因此，學生所理解物理概念是屬於物質類別，應用物質的行為和屬性去解釋概念及其與其他概念之交互作用，於是迷思概念因此產生。Chi 等人建議學生在學習物理概念的過程，必須能辨別他們的初始本體類別，並比較於科學社群之本體類別。本研究選取中部地區某國中九年級的一個班作為樣本，透過學生迷思概念診斷測驗，輔以半結構式晤談，探討九年級學生迷思概念類型及其本體類別，並與科學社群之科學概念作一比較，結果發現，學生的迷思概念可區分為同概念類別內、同概念類別間以及跨概念類別間等三種類型。

關鍵詞：本體論、迷思概念

壹、緒論

本研究的目的是應用 Chi 的本體論，以「轉動與力矩」單元為例，透過迷思概念診斷測驗，輔以半結構式晤談，探討九年級學生迷思概念類型及其本體類別，並與科學社群之科學概念及本體類別作一比較，以作為日後教學或教材發展依據。

本文對 Chi (1992) 及 Chi 等人 (1994) 本體論作一探討。Chi (1992) 主張所有概念都有其歸屬的類別，概念被指定的類別決定概念的意義，當概念從一類別被重新指派到另一類別，概念改變發生（此前提是所有概念都有其歸屬的類別）。舉個例，重新指派鯨魚的概念從魚的類別到哺乳類的類別，改變了鯨魚概念的基本本質或本體論。

Chi 原 1992 年提出的理論中，認為世界上本體知識的本質存在物質 (matter 或 material substances)、事件 (events)、抽象 (abstractions) 三個類別；在 1994 年，Chi 等人將本體知識本質的主要類別修正為：物質 (Matter)、過程 (Processes) 和心智狀態 (Mental States)，並將每一類別譬喻為本體樹，說明如圖 1。一個給定樹的類別是本體上不同於另一棵樹的類別，因為它們沒有分享任何本體屬性 (ontological attributes)，亦即不同的物理定律或限制支配著每一本體類別的行為和屬性。

當一概念被重新指派到另一不同本體類別時 (跨越樹)，概念改變發生。Chi (1992) 認為概念改變可區分為兩類：類別內的概念

改變 (conceptual change or conceptual change within an ontological category)、類別間的概念改變 (radical conceptual change or conceptual change across an ontological category)。

類別內、類別間概念改變的過程不同，可以用以造成類別內概念改變的學習過程不適用於類別間的概念改變，且將類別間的概念改變視為只是改變也不恰當，應該將其視為新概念的發展或習得，而原概念或多或少依然不變。圖 2 描述兩種類型的概念改變，第一類型，樹內的概念改變，概念本身沒有改變它的基本意義 (圖中 $o \rightarrow a \rightarrow b$)，節點 (意指圖中的概念，即被圈起來的地方) 的形狀維持與原本體樹一致，改變的只有樹內節點的位置，代表概念已經遷移，這樣的遷移來

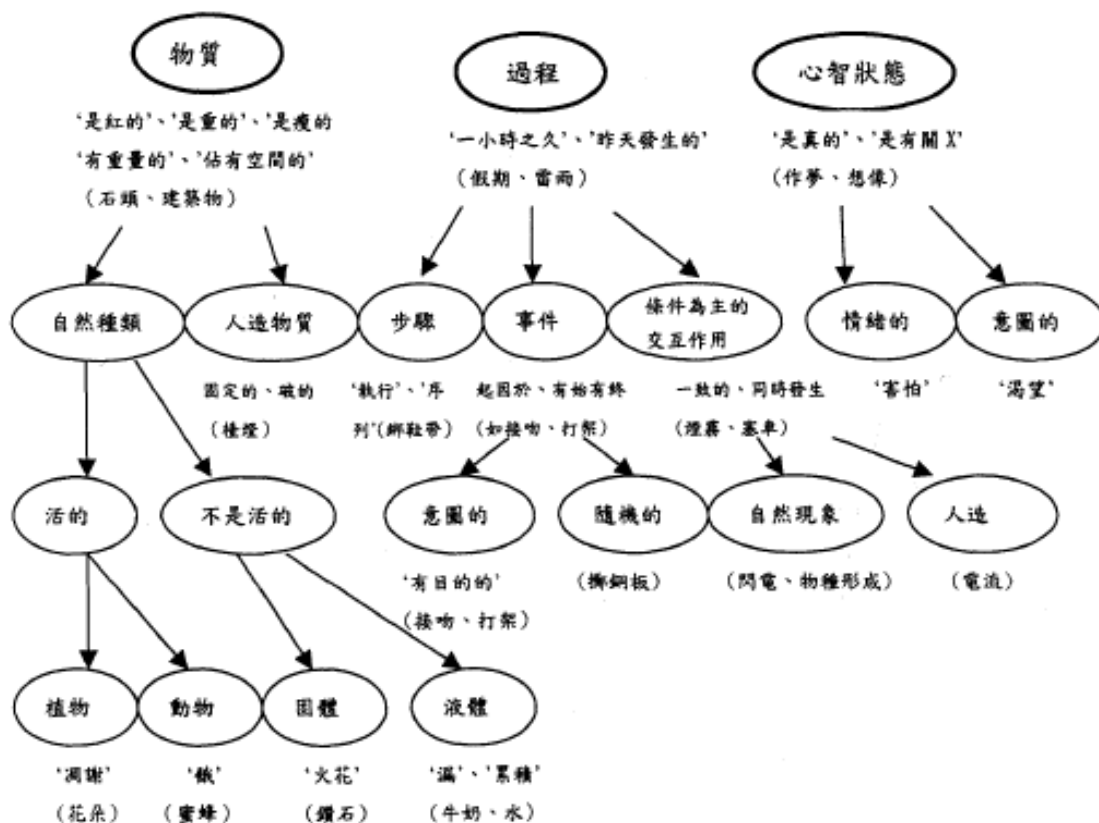


圖 1：概念本體樹 (Chi, 1994, 引自邱美虹, 1998)

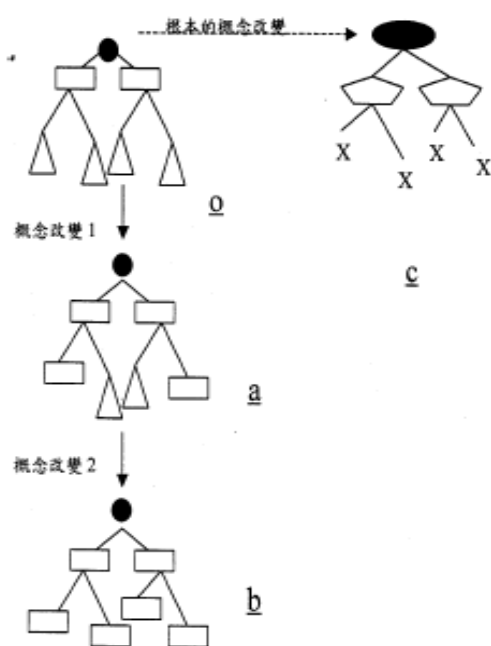


圖 2：根本的和非根本的概念改變示意圖
(引自 Chi, 1994)

自概念獲得更多屬性，或某一屬性變得更顯著或相反，用來形容非根本的概念改變最好的其他方式是樹的重組。第二類型，根本概念改變，節點本身改變了意義，如 $o \rightarrow c$ 圖，節點改變了形狀，兩棵樹的節點沒有等價性的構圖，原概念被指派的類別已經轉移到新的類別。什麼樣的機制可使一個概念從一樹轉移到另一棵完全不同的樹呢？回顧文獻，Chi 發現視概念改變為概念從一樹到另一樹逐漸地或突然地移動或發展是不準確的，這些在不同樹的概念可能是獨立發展的，所以根本沒有轉移 (shift)，雖然結果表現出轉移，所以圖中以虛線來示意。因此，新概念是逐漸發展在不同本體樹，但發展的結果顯得好像突然發生的。根本概念改變必須是複雜的，絕不只是簡單地指派一概念到另一類別其先決條件是：跨越這樣的一個藩籬，必須對目標本體類別有些瞭解和認識。

在物理領域，學生的「另有的」、「素樸

的」、「初始的」、「迷思的」概念，如熱、光、電流、力是被分類為物質類別，要不然就是被賦予物質的特性。舉例，學生通常視力為一種傳授給物體或物體所擁有的衝量，他們相信衝量可被耗盡。這些迷思概念典型地出現在學生企圖瞭解力的牛頓定律時，導致相似的假設出現，「沒有力，物體不移動」。所以學習科學概念，主要是跨本體樹的概念改變。這就是為什麼他們是如此困難，更審慎的宣稱是：學習者的概念本體樹愈早與科學家的概念本體樹分支，則學習者需要產生愈大幅度的概念改變，來使概念與科學家的概念聚合，產生正確概念學習。

本研究採用 Chi 本體論對概念改變的操作型定義，探討科學社群之科學命題與學生在轉動與力矩單元迷思概念所屬本體類別之差異，並依照概念改變類型將學生之迷思概念作分類。

貳、研究方法與步驟

一、研究樣本

本研究之研究對象為研究者任教學校兩個九年級班級，上完常見的力單元，未上過轉動與力矩單元之學生，共 80 人，同時接受「國中及高中學生在力學概念學習之研究-轉動與力矩測驗試題卷」迷思概念群測，施測後分析答題情形，並於每班選取試題表現高成就學生 1 位，中成就學生 1 位，低成就學生 1 位，兩班共六位同學成為晤談對象。

二、研究設計

本研究將比較學生與科學社群在轉動與力矩的各個命題陳述上，其所屬本體類別上

的差異性。學童的迷思概念分屬那個本體類別是依據「國中及高中學生在力學概念學習之研究-轉動與力矩測驗試題卷」迷思概念診斷群測及半結構式晤談的發現為主，而科學命題分屬那個本體類別則由研究者與研究伙伴及指導教授根據 Chi 本體論來加以分類。

三、研究工具

(一)「國中及高中學生在力學概念學習之研究-轉動與力矩測驗試題卷」：

本測驗是徐順益（2002）發展之雙層式封閉問卷，即第一層為學生的對該項目試題的反應答案，第二層為學生思考的理由，這份封閉問卷為測試學生轉動與力矩迷思的群測工具。包括十三個項目：(1) 定滑輪，(2) 動滑輪，(3) 輪軸，(4) 玩蹺蹺板（一）想辦法把媽媽舉起來，(5) 玩蹺蹺板（二）把爸爸舉起來了，(6) 開瓶器，(7) 筷子，(8) 把門關上，(9) 扳手，(10) 玩蹺蹺板（三）約翰有幾牛頓，(11) 繩子與槓桿，(12) 拉與壓的槓桿，(13) 抗力在中間的槓桿。在本研究中作為診斷學生學習轉動與力矩前之迷思概念。

(二) 半結構式晤談：

依據「國中及高中學生在力學概念學習之研究-轉動與力矩測驗試題卷」測驗，列出學生迷思概念類型形成半結構式晤談大綱。晤談目的：第一、確認學生在迷思概念診斷測驗中出現的迷思概念確實存在；第二、瞭解學生迷思概念類型之本體類別。

參、結果與討論

本研究資料分析依照以下順序進行：

1. 應用 Chi 本體論觀點將科學命題依本體類別分類
2. 藉由晤談後資料逐字稿，分析在每一個科學命題下學生迷思概念類型，並依本體論觀點作本體類別分類。晤談資料編碼方式如下表 1
3. 將迷思概念類型與科學命題作一比較
4. 依照 Chi 概念轉移分類概念改變類型

科學命題一、物題繞著一個軸運動稱之為轉動，物體繞「軸」轉動的軸稱為轉軸。科學社群認為物體繞一轉軸隨時間有角度變化稱為轉動，轉動概念具有隨時間變化的屬性，所以此科學命題屬於過程本體類別；而轉軸是在轉動過程中相對於物體維持不動的位置，位置屬於物質本體類別。

此科學命題下，學生具有的迷思類型如下：

A. 上下擺動不算轉動，必須轉動一圈才是轉動

如：

T：（測驗題目，妹妹利用蹺蹺板把媽媽抬起來了）你寫不可能轉動？為什麼？

S0803：因為他支點訂在下面，沒有移動，所以只會上下而已

.....

表 1：晤談資料編碼表

資料種類	代碼	日期	學生代碼	示例
半結構式晤談逐字稿	INP	961210	S30802	INP961210S30802 代表 96 年 12 月 10 日 學生 S30802 的晤談資料

T：對你而言，什麼算轉動？

S0803：就是…像…。算就是……例如

轉門把轉一圈

(INP961213S30803)

學生認為上下擺動不算轉動，要轉動一圈才是轉動，亦即轉動是物體旋轉一圈以上的過程，屬於過程本體類別。由於科學命題中轉動屬於過程本體類別，學生的迷思概念也屬於過程本體類別，所以此迷思類型在概念的轉移上隸屬於同概念類別內（過程）的概念改變

D.轉軸判斷錯誤

如：

T：筷子（測驗題目筷子夾丸子）妳是怎麼想的？

S0801：這裡（比丸子處）是支點

T：丸子這裡？

S0801：對，因為夾著，這裡（指丸子處）到手是施力臂……………

(INP961213S30801)

T：（測驗題目利用開瓶器打開瓶蓋）如果看簡圖這樣呢？哪一段是施力臂呢？

S0802：手到瓶蓋

T：哪一段是抗力臂？

S0802：手後面的這裡

T：這一點點

S0802：對

(INP961213S30802)

學生把抗力位置判斷為轉軸，或者認為支點一定在中間，錯誤判斷轉軸的位置，而位置是物質的屬性，所以此迷思類型屬於物質本體類別。由於科學命題中轉軸屬於物質本體類別，學生迷思概念也屬於物質本體類

別，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於同概念類別內（物質）的概念改變

科學命題二、力矩是力臂與力交互作用後形成的向量物理量（具有大小、方向）；力矩的大小等於力臂乘以作用力。科學社群認為力矩是力臂與力的交互作用，力矩具有交互作用的屬性，所以此科學命題屬於過程本體類別。

此科學命題下，學生具有的迷思類型如下：

B.只用力的觀點來判斷物體轉動現象，沒有力矩觀念（過程類別*）

如：

T：（測驗題目中，小明利用蹺蹺板把爸爸舉起來）為什麼小明可以把爸爸舉起來？

S0901：我是想說，爸爸坐在這裡沒有辦法施力

……………

T：那你選力矩是什麼意思呢？

S0901：我的解釋是力量的距離

(INP961214S30901)

學生以力的想法解釋應以力矩概念解釋之轉動現象，認為沒有力量，物體不會動，亦即力導致移動狀態改變，屬於過程本體類別，但力與力矩是不同功能性的概念，一個導致移動狀態改變，另一個導致轉動狀態改變，所以此學生的迷思概念與科學社群的概念比較，是屬於跨概念的迷思。由於科學命題是過程本體類別，迷思概念也屬於過程本體類別，但是是跨概念的迷思，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於跨概念類別間（過程）的概念改變。

科學命題二之 1、將代表力的箭頭前後延伸，形成的延伸直線，稱為力的作用線；轉軸到力作用線的距離（垂直距離），稱為

力臂（物質類別）。科學社群以轉軸到力作用線的垂直距離為力臂，距離、長度是物質的屬性，所以此科學命題屬於物質本體類別。

此科學命題下，學生具有的迷思類型如下：

E.將施力點與轉軸的連線距離視為力臂（物質類別）

如：

T：（測驗題目，轉軸在中間的等臂槓桿，掛重物的左右繩子不等長）這一題是什麼意思？

S0802：這邊……右邊繩子比左邊還要長，所以……恩……兩個沒有辦法平衡

T：所以你覺得繩子長短影響它的平衡？

S0802：會

T：為什麼？

S0802：離這個中間這個點比較遠
（INP961213S30802）

學生以轉軸到施力點的距離錯視為力臂，距離是物質的屬性，所以力臂判斷錯誤的迷思概念屬於物質本體類別。由於科學命題屬於物質本體屬性，迷思概念也屬於物質本體屬性，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於同概念類別內（物質）的概念改變

D.轉軸判斷錯誤導致力臂判斷錯誤（物質類別）

如：

T：筷子（測驗題目筷子夾丸子）妳是怎麼想的？

S0801：這裡（比丸子處）是支點

T：丸子這裡？

S0801：對，因為夾著，這裡（指丸

子處）到手是施力臂……
（INP961213S30801）

T：（測驗題目利用開瓶器打開瓶蓋）如果看簡圖這樣呢？哪一段是施力臂呢？

S0802：手到瓶蓋

T：哪一段是抗力臂？

S0802：手後面的這裡

T：這一點點

S0802：對

（INP961213S30802）

學生把抗力位置判斷為轉軸，或者認為支點一定在中間，因此造成力臂判斷錯誤，轉軸位置的確認與距離是物質的屬性，所以轉軸判斷錯誤造成力臂錯誤的迷思概念為物質本體類別。由於科學命題屬於物質本體類別，迷思概念也屬於物質本體類別，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於同概念類別內（物質）的概念改變。

科學命題三、力矩是造成轉動狀態改變的物理量（初始為靜止狀態的物體，經力矩作用，即可產生轉動，若物體初始為轉動狀態，經力矩作用，可改變其轉動狀態，轉得更快或轉得更慢，或改變轉動方向）（過程類別）。科學社群認為力矩導致轉動狀態改變，亦即力矩是轉動狀態的起因，兩者具有因果關係，所以此科學命題屬於過程本體類別。

此科學命題下，學生具有的迷思類型如下：

B.只用力的觀點來判斷物體轉動現象，沒有力矩觀念（過程類別*）

如：

T：（測驗題目中，小明利用蹺蹺板把爸爸舉起來）為什麼小明可以把爸

爸舉起來？

S0901：我是想說，爸爸坐在這裡沒有辦法施力

.....
T：那你選力矩是什麼意思呢？

S0901：我的解釋是力量的距離
(INP961214S30901)

學生以力的想法解釋應以力矩概念解釋之轉動現象，認為沒有力量，物體不會動，亦即力導致移動狀態改變，屬於過程本體類別，但力與力矩是不同功能性的概念，一個導致移動狀態改變，另一個導致轉動狀態改變，所以此學生的迷思概念與科學社群的概念比較，是屬於跨概念的迷思。由於科學命題是過程本體類別，迷思概念也屬於過程本體類別，但是是跨概念的迷思，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於跨概念類別間（過程）的概念改變

C.以施力距離判斷轉動現象（物質類別*）
如：

T：（測驗題目中，小明利用蹺蹺板把爸爸舉起來）.....你的原因是寫小明的力矩大於父親的力矩？

S0804：恩

T：這是什麼意思？

S0804：就是他的距離吧
(INP961211S30804)

學生以距離判斷蹺蹺板能否轉動，距離為物質之屬性，故施力的距離判斷轉動為物質本體類別之迷思，且學生以施力的距離解釋應以力矩概念解釋之轉動現象，但力與力矩是不同功能性的概念，一個導致移動狀態改變，另一個導致轉動狀態改變，所以此學生的迷思概念與科學社群的概念比較，是屬於跨概念的迷思。由於科學命題屬於過程本體類別，迷思概念屬於物質本體類別，但是

是跨概念的迷思，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於跨概念類別間（物質到過程）的概念改變。

科學命題四、物體所受合力矩為零時，物體轉動狀態不改變（物體呈現靜止或等角速度轉動），稱為物體達轉動平衡（過程類別）。科學社群認為力矩導致轉動狀態改變，亦即力矩是轉動狀態的起因，兩者具有因果關係，沒有力矩，轉動狀態不改變，所以此命題屬於過程本體類別。

此科學命題下，學生具有的迷思類型如下：

F.只用施力平衡判斷轉動平衡，沒有力矩觀念（過程類別*）

T：（測驗題目是定滑輪，重物 100 公斤，施力要多少才能平衡）為什麼你覺得他是等於 100？

S0804：因為他這邊是滑的，這邊吊了 100 公斤，所以這邊應該是施 100 公斤就可以讓他平衡.....

T：那你的理由選的是五（測驗答題情形），因為抗力臂等於施力臂，所以 F 等於 W，那什麼是力臂？

S0804：抗力臂就是抗這個的力量

T：力量？所以就是右邊的力量？

S0804：對
(INP961211S30804)

T：（測驗題目是抗力在中間的槓桿，重物五公斤）我的手要用多少力量拉住？

S0901：五公斤

.....

T：那跟吊的位置有沒有差那如果我挪一下五公斤重物的位置，會有差嗎？

S0901：沒有

(INP961214S30901)

學生以力平衡的想法解釋應以力矩概念解釋之轉動現象，學生知道力量是要大小相等，才會平衡，物體才能仍靜止，亦即力導致移動狀態改變，屬於過程本體類別，但力與力矩是不同功能性的概念，一個導致移動狀態改變，另一個導致轉動狀態改變，所以此學生的迷思概念與科學社群的概念比較，是屬於跨概念的迷思。由於科學命題是過程本體類別，迷思概念也屬於過程本體類別，但是是跨概念的迷思，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於跨概念類別間（過程）的概念改變。

科學命題五、槓桿所受合力矩為零時，槓桿保持轉動平衡。即施力 \times 施力臂 $=$ 抗力 \times 抗力臂，此稱為槓桿原理（過程類別）。科學社群認為槓桿原理是轉動平衡的應用，轉動平衡隸屬於過程類別，所以此科學命題也屬於過程本體類別。

此科學命題下，學生具有的迷思類型如下：

H.認為槓桿施力和距離成比例（過程類別）如：

S0901：（測驗題目蹺蹺板的平衡）我是用同樣方法，用距離

T：那你怎麼算的？

S0901：2:330=6:X

T：那你為什麼會這樣想？

S0901：以前學比例問題

(INP961214S30901)

T：（測驗題目蹺蹺板的平衡）這一題你怎麼算？

S0802：也是像算它的比例

.....

T：所以這一題你會？

S0802：2:6=330:X

T：所以解出 X

S0802：對

T：那你用比例來解問題是以前學過嗎？

S0802：沒有，自己想的！

(INP961213S30802)

學生認為槓桿施力與距離的關係成比例，透過這樣的關係，可以推知施力大小，此迷思類別屬於屬於過程本體類別。由於科學命題槓桿原理屬於過程本體類別，迷思概念比例也是過程本體類別，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於同概念類別內（過程）的概念改變

G.有機械省、費力概念，但無法定量計算（物質類別）

如：

T：（測驗題目是妹妹利用蹺蹺板把媽媽抬起來了）為什麼你選妹妹要媽媽的三倍重量？

S0902：距離吧.....也是憑想像的

T：如果妹妹真的要舉起媽媽，要多少力量？比較大還是比較小

S0902：比較小

T：比媽媽小嗎？

S0902：應該是

T：那你有辦法計算嗎？

S0902：沒辦法

(INP961213S30902)

學生靠想像判斷槓桿省費力情形，但是無法計算，無法知道影響施力大小之因素，此迷思類別屬於物質本體類別。由於科學命題屬於過程本體類別，迷思概念屬於物質本

體類別，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於同概念類別間（物質到過程）的概念改變

科學命題五之 1、槓桿有支點在中間、施力點在中間、抗力點在中間等三種類型（物質類別）。科學社群以轉軸、施力點、抗力點之相對位置來分類槓桿類型，位置是物質的屬性，所以分類槓桿類型屬於物質本體類別。

此科學命題下，學生具有的迷思類型如下：

D.轉軸判斷錯誤，導致類型判斷錯誤（物質類別）

如：

T：筷子（測驗題目筷子夾丸子）妳是怎麼想的？

S0801：這裡（比丸子處）是支點

T：丸子這裡？

S0801：對，因為夾著，這裡（指丸子處）到手是施力臂……………
（INP961213S30801）

T：（測驗題目利用開瓶器打開瓶蓋）如果看簡圖這樣呢？哪一段是施力臂呢？

S0802：手到瓶蓋

T：哪一段是抗力臂？

S0802：手後面的這裡

T：這一點點

S0802：對
（INP961213S30802）

學生把抗力位置判斷為轉軸，或者認為支點一定在中間，因此造成力臂判斷錯誤，槓桿類型判斷錯誤，轉軸位置的確認與距離是物質的屬性，所以轉軸判斷錯誤造成力臂錯誤的迷思概念為物質本體類別。由於科學

命題屬於物質本體類別，迷思概念也屬於物質本體類別，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於同概念類別內（物質）的概念改變。

科學命題五之 2、利用槓桿，有的是為了省力（代價是施力的移動距離加長，即費時），有的是為了縮短施力的距離（省時）（代價是運用較大的力，即費力），有的是為了改變施力的方向，方便施力（過程類別）。科學社群認為槓桿達轉動平衡時，力臂大的一方，施力較小，可達到省力效果，如果力臂相等，則不省力也不費力，只改變施力方向，此為轉動平衡的應用，也屬於過程本體類別。

此科學命題下，學生具有的迷思類型如下：

J.用主觀感受判斷簡單機械應用時，省、費力情形（物質類別）

如：

T：（測驗題目是利用不同的力把門關上）圖中 XAYB（門上的四個不同施力點的力）哪一個比較好？

S0901：X

T：為什麼？

S0901：因為推的力量會比較小

T：為什麼？

S0901：就是我是想說，平常的時候，用那種力量去推推看
（INP961214S30901）

S0901：（測驗題目是筷子夾丸子）因為要夾要撐很住，要撐久一點的話手會酸

T：所以你覺得那是費力的

S0901：對

（INP961214S30901）

T：（測驗題目是利用扳手轉動螺絲，上面有三個不同力 F1、F2、F3）

為什麼選 F2

S0901：因為我有看過爸爸轉螺絲，

我有去看，我覺得它沿著一個弧度

T：沿著一個弧度

S0901：就是切線方向

(INP961214S30901)

學生以平常生活的感受去判斷槓桿工具使用時省費力情形，背後沒有支持的原理，此迷思種類屬於物質本體類別。由於科學命題屬於過程本體類別，迷思概念屬於物質本體類別，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於同概念類別間(物質到過程)的概念改變。

科學命題六、能繞中心轉軸自由轉動的輪，稱為「滑輪」，可分為定滑輪與動滑輪兩種；滑輪轉動平衡時，滑輪所受合力矩為零，亦即 $\text{施力} \times \text{施力臂} = \text{抗力} \times \text{抗力臂}$ (過程類別)。科學社群認為滑輪為轉動平衡的應用，轉動平衡隸屬於過程類別，所以此科學命題也屬於過程本體類別。

此科學命題下，學生具有的迷思類型如下：

F.只用施力平衡判斷轉動平衡，沒有力矩觀念(過程類別*)

如：

T：(測驗題目是動滑輪，物重為 100 公斤)你選施力等於物重？

S0901：因為這邊重力往下，我是想說要等於要靜止要平衡，所以要等於 100 公斤重的拉力，才會平衡

(INP961214S30901)

學生以力平衡的想法解釋應以力矩概念解釋之轉動現象，學生知道力量是要大小相等，才會平衡，滑輪才能仍靜止，亦即力導致移動狀態改變，屬於過程本體類別，但力與力矩是不同功能性的概念，一個導致移動狀態改變，另一個導致轉動狀態改變，所以

此學生的迷思概念與科學社群的概念比較，是屬於跨概念的迷思。由於科學命題是過程本體類別，迷思概念也屬於過程本體類別，但是是跨概念的迷思，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於跨概念類別間(過程)的概念改變。

科學命題六之 1、定滑輪可視為支點在中間且左右兩力臂等長的槓桿應用，所以定滑輪不省力也不費力，只能改變施力方向，方便施力(過程類別)。科學社群認為定滑輪達轉動平衡時，因力臂等長，所以施力等於抗力，此為轉動平衡的應用，也屬於過程本體類別。

此科學命題下，學生具有的迷思類型如下：

I.以錯誤的記憶判斷簡單機械應用時，省、費力情形(物質類別)

如：

T：(測驗題目是定滑輪，物重 100 公斤重)這一題定滑輪妳的想法是？

S0801：應該是省時的，加上地球引力，所以他是 100 公斤重，所以施力也要 100 公斤重，就可以平衡

T：所以妳覺得因為他是省時的？

S0801：是

T：所以施力和重物一樣就可以？

S0801：是

T：為什麼這樣想？

S0801：應該是國小的記憶是這樣子 (INP961213S30801)

學生以國小錯誤記憶矛盾地解釋解釋轉動現象，表示其所記憶之概念沒有判別之功能性，此迷思類型屬於物質本體類別。由於科學命題屬於過程本體類別，迷思概念屬於物質本體類別，所以此迷思類型在概念轉移

上隸屬於同概念類別間（物質到過程）的概念改變

科學命題七、輪軸是兩個或多個半徑不等的圓輪，固定在同一轉軸所構成的機械；輪軸系統平衡時，輪軸所受合力矩為零，亦即 $\text{施力} \times \text{施力臂} = \text{抗力} \times \text{抗力臂}$ （過程類別）。科學社群認為輪軸達轉動平衡時，力臂大的一方，施力較小，此為轉動平衡的應用，也屬於過程本體類別。

此科學命題下，學生具有的迷思類型如下：

F. 只用施力平衡判斷轉動平衡，沒有力矩觀念（過程類別*）

如：

T：（測驗題目是定滑輪，物重 100 公斤重）第一題你怎麼想？

S0803：因為這裡幾公斤，這裡就要幾公斤

.....

T：（測驗題目是輪軸，物重 100 公斤重，掛在輪上）第三題是這樣，有兩圈的，物體掛在這裡，你覺得跟第一題一樣（這是測驗學生答題情形）？

S0803：對

（INP961213S30803）

學生以力平衡的想法解釋應以力矩概念解釋之轉動現象，學生知道力量是要大小相等，才會平衡，滑輪、輪軸才能仍靜止，亦即力導致移動狀態改變，屬於過程本體類別，但力與力矩是不同功能性的概念，一個導致移動狀態改變，另一個導致轉動狀態改變，所以此學生的迷思概念與科學社群的概念比較，是屬於跨概念的迷思。由於科學命題是過程本體類別，迷思概念也屬於過程本體類別，但是是跨概念的迷思，所以此迷思

類型在概念轉移上隸屬於跨概念類別間（過程）的概念改變。

J. 用主觀感受判斷簡單機械應用時，省、費力情形（物質類別）

如：

T：（測驗題目是輪軸，物重 100 公斤重，掛在輪上）輪軸為什麼是施力大於物重，費力機械（這是測驗答題情形）？

S0802：因為力在小圓裡面

T：那你為什麼會有這樣的想法

S0802：看它的半徑

T：為什麼？

S0802：因為要綁繩子嘛！

T：你是說繞的繩子長短會影響施力？

S0802：對阿繞的繩子比較多，用的繩子比較長的話，所以施的力量比較小

T：所以大圈的繞的繩子比較長，所以力量？

S0802：不用那麼大

T：為什麼妳會這樣想？

S0802：不知道

（INP961213S30802）

學生以平常生活的感受去判斷槓桿工具使用時省費力情形，背後沒有支持的原理，此迷思種類屬於物質本體類別。由於科學命題屬於過程本體類別，迷思概念屬於物質本體類別，所以此迷思類型在概念轉移上隸屬於同概念類別間（物質到過程）的概念改變。將以上科學命題與迷思概念之比對整理如下表：

表 2：迷思概念類型整理表

科學命題		迷思概念類型		迷思概念 轉移類型	
內容	本體 類別	內容	本體 類別		
一	物體繞著一個軸運動稱之為轉動，物體繞「軸」轉動的軸稱為轉軸	過程 物質	A. 上下擺動不算轉動，必須轉動一圈才是轉動 D. 轉軸判斷錯誤導致力臂判斷錯誤	過程 物質	同概念類別內 同概念類別內
二	力矩是力臂與力交互作用後形成的向量物理量（具有大小、方向）；力矩的大小等於力臂乘以作用力	過程	B. 只用力的觀點來判斷物體轉動現象，沒有力矩觀念	過程	跨概念類別間
二-1	將代表力的箭頭前後延伸，形成的延伸直線，稱為力的作用線；轉軸到力作用線的距離（垂直距離），稱為力臂	物質	E. 將施力點與轉軸的連線距離視為力臂 D. 轉軸判斷錯誤導致力臂判斷錯誤	物質 物質	同概念類別內 同概念類別內
三	力矩是造成轉動狀態改變的物理量（初始為靜止狀態的物體，經力矩作用，即可產生轉動，若物體初始為轉動狀態，經力矩作用，可改變其轉動狀態，轉得更快或更慢，或改變轉動方向）	過程	B. 只用力的觀點來判斷物體轉動現象，沒有力矩觀念 C. 以施力及施力點離轉軸遠來判斷轉動現象	過程 過程	跨概念類別間 跨概念類別間
四	物體所受合力矩為零時，物體轉動狀態不改變（物體呈現靜止或等角速度轉動），稱為物體達轉動平衡	過程	F. 只用施力平衡判斷轉動平衡，沒有力矩觀念	過程	跨概念類別間
五	槓桿所受合力矩為零時，槓桿保持轉動平衡。即 施力×施力臂=抗力×抗力臂，此稱為槓桿原理	過程	H. 認為力均分給力臂，力臂越長施力越大 G. 有機械省、費力概念，但無法定量計算	過程 物質	同概念類別內 同概念類別間
五-1	槓桿有支點在中間、施力點在中間、抗力點在中間等三種類型	物質	D. 轉軸判斷錯誤導致力臂判斷錯誤	物質	同概念類別內

表 2：迷思概念類型整理表（續）

科學命題		迷思概念類型		迷思概念 轉移類型	
內容	本體 類別	內容	本體 類別		
五-2	利用槓桿，有的是為了省力(代價是施力的移動距離加長，即費時)，有的是為了縮短施力的距離(省時)(代價是運用較大的力，即費力)，有的是為了改變施力的方向，方便施力	過程	J. 用主觀感受判斷簡單機械應用時，省、費力情形	物質	同概念類別間
六	能繞中心轉軸自由轉動的輪，稱為「滑輪」，可分為定滑輪與動滑輪兩種；滑輪轉動平衡時，滑輪所受合力矩為零，亦即 施力×施力臂＝抗力×抗力臂	過程	F. 只用施力平衡判斷轉動平衡，沒有力矩觀念	過程	跨概念類別間
六-1	定滑輪可視為支點在中間且左右兩力臂等長的槓桿應用，所以定滑輪不省力也不費力，只能改變施力方向，方便施力	過程	I. 以錯誤的記憶判斷簡單機械應用時，省、費力情形	物質	同概念類別間
七	輪軸是兩個或多個半徑不等的圓輪，固定在同一轉軸所構成的機械；輪軸系統平衡時，輪軸所受合力矩為零，亦即 施力×施力臂＝抗力×抗力臂	過程	F. 只用施力平衡判斷轉動平衡，沒有力矩觀念 J. 用主觀感受判斷簡單機械應用時，省、費力情形	過程 物質	同概念類別內 同概念類別間

肆、結論與建議

透過科學命題與迷思概念比對後，發現學生之迷思概念，依照學習過程所需之概念改變類型，可以歸類為三種：

一、同概念類別內

- A. 上下擺動不算轉動，必須轉動一圈才是轉動（過程-過程）
- D. 轉軸判斷錯誤導致力臂判斷錯誤（過程-過程）
- E. 將施力點與轉軸的連線距離視為力臂（物質-物質）
- H. 認為槓桿施力和距離成比例（過程-過程）

二、同概念類別間

- G. 有機械省、費力概念，但無法定量計算（物質-過程）
- I. 以錯誤的記憶判斷簡單機械應用時，省、費力情形（物質-過程）
- J. 用主觀感受判斷簡單機械應用時，省、費力情形（物質-過程）

三、跨概念類別間

- B. 只用力的觀點來判斷物體轉動現象，沒有力矩觀念（跨概念過程-過程）
- C. 以施力距離判斷轉動現象（跨概念過程-過程）
- F. 只用施力平衡判斷轉動平衡，沒有力矩觀念（跨概念過程-過程）

研究者在研究前，本來設想學生在教學前所具有的迷思概念本體類別應該絕大部分屬於物質類別，但經過研究後，發現學生的

概念大部分屬於過程類別，但這過程類別的迷思概念中，跨概念類別間的迷思概念佔很重要的部分，所以在教授轉動與力矩單元，研究者的建議是：應該納入跨概念的過程類別概念改變機制，才能完整有效地克服學生轉動與力矩概念的迷思。對於概念改變的機制，同概念類別內的概念改變，著重於增加學生對概念屬性的認識；同概念類別間的概念改變，在教材中納入正確本體類別知識的學習，以提供學生將單元教材內之科學概念置放於正確本體類別；若屬於跨概念類別間的概念改變，在納入正確本體知識外，更應該強調不同概念不同本體屬性之間的比較，以利學生進行跨概念之概念改變，在力矩單元，是教授正確物質、過程本體類別的知識，然後課程設計應該加入力矩與力的不同屬性的比較，以利學生將力矩概念正確指派到過程本體類別。

參考文獻

1. 邱美虹 (2000)：概念改變研究的省思與啓示。科學教育學刊，8(1)，1- 34。
2. 徐順益、張惠博(2001)：國中及高中學生在力學概念學習之研究-運動與力矩。行政院國家科學委員會專題研究計畫報告（報告編號：NSC 95-2511-S-018-011-MY2）。
3. Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 129-160). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
4. Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & deLeeuw, N.

(1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts [special issue]. *Learning and Instruction*, 4, 27–43. ◦

A Study of Misconception of Ninth-grade Students in “The Torque and Rotational Motion” applies Ontology of Chi

Hsiao-Wen Li¹ Shun-Yi Hsu² Jang-Long Lin² Ying-Chi Chang¹

¹Yen-Ho Junior High School

²National Changhua University of Education

Abstract

Chi, Slotta, & deLeeuw(1994) considered that scientific meaning of physical science concepts belong to a different ontological category than naïve intuitive meaning, and this is what causes difficulty of conceptual change. For example, some basic physical science concepts are conceived by naïve students as belonging to the ontological category of material substance, whereas scientists conceive of them as entities belonging to the ontological category of processes category. Thus students perceive physics concepts to belong to the same ontological category as material substance, so that they use the behavior and properties of matter to interpret the behavior and properties of processes. Chi etc. made the assertion that students need to differentiate their intuitive ontology of these concepts from their physical ontology.

This study chose ninth-grade students in junior high school in central Taiwan as subject, investigate the kind of misconceptions and ontological category from diagnosis test in the misconception of the torque and rotational motion and from interview, and compared with science concepts of scientists. According to the result of this study, the misconception that the students qualify can be divided into three types : conceptual change within an ontological category in the same conception, conceptual change across an ontological category in the same conception, conceptual change across an ontological category in different conceptions.

Key words: Ontology, Misconception