

台灣西南部前麓地區(白河、關仔嶺)重力資料解釋研究

游峻一 楊潔豪

清雲科技大學空間資訊與防災科技研究所

摘要

應用本研究團隊針對處理地下複雜構造地區而開發之重力逆推軟體，探討台灣西南部白河至關仔嶺等地區地下地質，其目的不僅能提供震測處理該地區所需之地下地質對比模型，且能輔助測區震測資料不良或不足，導致對地下構造解釋受限之缺點，此為解決當前台灣探油所需之科技必要之手段之一。

開發之重力軟體的特色為同時考量不同之地質參數限制條件，包括地層之密度、深度與傾角及斷層之位置與傾角、地層及地層密度之連續性、等斷層距、固定模型參數等亦考量在內。針對複雜地質構造地區，先以固定異常體大小，調整密度方式作線性逆推，其結果作為初始模型。再以開發之重力軟體作參數都調整方式逆推，可有效的作重力逆推計算，對台灣西南部白河至關仔嶺等複雜構造地區，可獲較佳的地質解釋。

前言

研目前台灣學術界及國外商用之重力逆推軟體（如Yeh and Yeh; Geotool, Geomodel, ModelVision Pro等），多將異常體之幾何形狀簡化成矩形方塊之組合，固定矩形方塊大小，並給予各矩形方塊一密度值(稱起始模型)，計算異常體模型之理論重力異常值(稱順推計算)。由計算出之觀測重力異常值與順推計算出之理論重力異常值的差值，利用逆推理論，計算出各矩形方塊密度修正量，再調整各矩形方塊密度，重新以順推計算新異常體模型之理論重力異常值，再計算觀測重力異常值與新理論重力異常值之差值，再逆推計算各矩形方塊密度修正量，以調整各矩形方塊密度，如此順推及逆推交互計算，不斷調整各矩形方塊密度，直至觀測重力異常值與異常體模型之理論重力異常值之密合最佳，此時異常體模型即為最佳之密度模型。起始模型設定、控制密度修正量的範圍及雜訊處理，將影響最後成果(地層密度分佈)。以矩形模型基元來順推作理論重力異常值計算，雖計算速度甚快，但較適於地下構造變化不太大之地區，在複雜地質地區重力順逆推時常難以獲得較佳之結果。

台灣麓山帶地區常因震測資料不良或不足，導致對地下構造解釋受限制。如以重力資料為輔助，對地下構造解釋可靠性將可提高。本研究團隊利用開發之「多參數重力逆推」軟體來處理台灣西南部前麓地區(白河、關仔嶺)複雜之地下地質構造，將可獲得較佳之地質解釋。開發之軟體特色為逆推時考量不同之地質參

數：包括地層之密度、深度、傾角及斷層之位置與傾角、地層及地層密度之連續性、等斷層距、固定模型參數等亦考量在內。由「多參數重力逆推」軟體處理複雜構造地區重力資料，成果顯示不僅能驗證震測資料建立之地質構造模型，且能輔助台灣地區麓山帶震測資料不足。

研究方法

本傳統二維重力順逆推之研究，係將地下異常體以多邊形模型基元來分割及計算，所用方法建立於體積分與面積分間關係式；如 *Taiwani et al. (1959)*、*Corbato(1965)*等。亦有將地下異常體多邊形模型簡化為長方形來計算(*Mogan and Grant, 1963*)，逆推計算是運用 Taylor series 與 gradient 技巧內插，保有所需之地層特性，同時以 Lagrange multipliers 法加入適當之限制，或再加入適當權數 (Weighting)，使重力觀測值與模型計算之理論值密合(*Marquardt, 1963; Backus and Gilbert, 1970; Moritz, 1977; Saron et al., 1977; Menichetti and Guillen, 1983; Last and Kubik, 1983*)。亦有運用統計逆推(Stochastic inverse)以雜訊方差(Noise covariance)控制實測值之雜訊(*Franklin, 1976; Yeh and Yeh, 1982*)。但不同的物理參數組合，就有不同的逆推解，有的可能很相近，有的可能有完全不同的面貌。近年來專家系統之開拓，在知識域建立許多法則，提供解釋者面對之問題有一比對之規則 (*Waterman, 1986*)。

目前台灣學術界及國外商用重力逆推軟體逆推計算時多以矩形模型基元來作順推計算，雖計算速度甚快，但較適於地下構造變化不太大之地區，*楊等(2003)*指出在複雜構造地區重力順、逆推時，此類重力逆推軟體常難以獲得較佳之結果。

本研究參考 *Tsai(1999)*，所開發之重力軟體，其特色為同時考量不同之地質參數限制條件，包括地層之密度、深度與傾角及斷層之位置與傾角、地層及地層密度之連續性、等斷層距、固定模型參數等均考量在內。為了研究複雜地質地區的地質構造，達到有效逆推計算，以固定異常體大小，調整密度方式之線性逆推結果為初始模型，再以參數都調整作逆推，對複雜地質地區之地下地質解釋可獲較佳結果，有助於了解白河至關仔嶺附近地區地下複雜地質構造。

結果與解釋

研首先將白河至關仔嶺之間重力進行數化，並將數化後的結果套疊於地質圖。白河至關仔嶺之地質模型目前共有 *Suppe(1980)*、*Hung(1999)*、*Chang(1996)*、*楊(2001)*等人提出，其地質模型有顯著差異，本研究團隊依此四人地質模型為準，以矩形方塊與地質模型所建立厚度為地質模型基礎，進行重力逆推，結果如下：

矩形方塊四個逆推結果顯示，重力逆推結果與 *Suppe(1980)*建立之地質模型

差異很大，與其餘三位建立之地質模型相近，其中與楊（2001）所建立之地質模型最相近，惟關仔嶺背斜翼應較平緩。重力模型與地質模型(除 Suppe(1980)外)比較結果可知，白河至關仔嶺之重力高區應在目前關仔嶺背斜之下，且高區較地質模型之關仔嶺背斜頂部偏東，地質模型所建立厚度為地質模型基礎也有類似之結果。

為瞭解整個區域的地質狀況，分別對區域做向下延伸（downward continuation）與向上延伸（upward continuation），由向下延伸法可知，區域內部淺層構造不多；而向上延伸法可知，地層約在 1000 公尺在關仔嶺及虎子墓附近地區產生較明顯的變，代表底部構造可能產生變化。同時為更深入瞭解本區構造，分別做梯度微分及三維尤拉解，尤拉解結果顯示本區構造在地下 0 至 2000 公尺相當複雜，2000 公尺以下構造不多。

結 論

由重力逆推的資料，與目前現有的地質模型比對結果顯示，其結果與 Suppe(1980)之地質模型差異很大，與其餘三個重力模型與地質模型相當，其中重力結果與楊（2001）所建立之地質模型比較最相近，惟背斜翼應較平緩，白河至關仔嶺之重力高區應在目前關仔嶺背斜之下，重力高區應在關仔嶺 1、2 號井稍偏東。

參考書目

- Backus, G.R., and Gilbert, J.E., 1970. Numerical application of a formalism for geophysical inverse problems, *Geophys. J.*, 13: 247-270.
- Corbato, C.E., 1965. A least-squares procedure for gravity interpretation, *Geophysics*, 30: 228-233.
- Chang, Y. L., Lee, C. I., Lin, C. w., Hsu, C. H., Mao, E. W., 1996. Inversion tectonics in the fold-thrust belt of the foothills of the Chiayi-Tainan Area, Southwestern Taiwan, *Petroleum Geology of Taiwan*; no. 30, 163-176.
- Franklin, J.N., 1970. Well-posed stochastic extensions of ill-posed linear problem, *Jour. Anal. Appl.*, 31: 682-716.
- Hung, J. H.; Wiltschko, D. V.; Lin, H. C; Hickman, J. B.; Fang, P.; Bock, Y., 1999. Structure and motion of the southwestern Taiwan fold and thrust belt, *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*; vol. 10, no. 3, 543-568.
- Last, B.J., and Rubik, R., 1983. Compact gravity Inversion, *Geophysics*, 48: 713-721.
- Marquardt, D.W., 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters, *J.Soc. Indust. Appl. Math.*, v.2, 431-441.
- Menichetti, V., and Guillen, A., 1983. Simultaneous interactive magnetic and gravity inversion, *Geophys. Prospecting*, 31: 929-944.
- Moritz, H., 1977. Least-squares collocation and the gravitational inverse problem, *J. Geophys.*, 43: 153-162.
- Saron, C., Vassour, U., and Cuet, M., 1977. Some application of linear programming to the inverse gravity problem, *Geophysics*, 42, 1215-1229

- Suppe, J., 1980. A retrodeformable section of northern Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, 23, 46-55
- Tsai, C.S., 1992. Rule-based geological constraints for two-dimensional gravity inverse modeling, Ph.D. Dissertation, Department of Geophysics, Colorado School of Mines.
- Taiwani, M., Worzel, J.L., Landisman, M., 1959. Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone, *J. Geophys. Res.*, 30: 49-59.
- Waterman, D.A., 1986. A guide to expert systems, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, 419p.
- Yeh, Y.H., and Yeh, Y.T., 1982. Inversion of gravity data for subsurface structures by stochastic approach, *Bull. Inst. Earth Sciences, Academia Sinica. Res.*, 2: 23-30.
- _____, 2000, GravModeler:Geotools.
- _____, 2000, GravMaster:Geotools.
- 楊耿明; 洪日豪; 吳榮章; 黃旭燦, 2001. 台灣陸上斷層帶地質構造與地殼變形調查研究(1/5)西南地區(觸口斷層), 斷層活動性觀測與地震潛勢評估調查研究, 經濟部中央地質調查所報告, 93p。