

石英脈形成的先後關係

A Case Study on Age Relationship between Obliquely Intersected Quartz Veins in Metasandstone

楊 昭 男*

Chao-Nan Yang*

摘 要

就一張含有交叉成 X 形的石英脈與斷層照片，本文作者在仔細觀察石英脈內部石英晶體的形狀後，發現本照片中的石英脈大多為纖維狀石英脈，且纖維狀石英晶體的方向均與石英脈的脈壁垂直。依照 Crack-and-seal process 理論，這種纖維狀石英脈的形成，是變質砂岩在地底下因為液體壓力的升高，先形成稱為節理的伸張性破裂後，隨即有濃度甚高的二氧化矽溶液侵入而在節理面之間的空隙快速地順著最小主應力方向結晶出纖維狀石英晶體，因而形成這種纖維狀石英脈。由於本露頭內交叉成 X 形的兩條石英脈，其石英纖維的方向並不相同，而是各自與其脈壁垂直，顯示這兩條石英脈很可能不是同時在同一應力場形成，而是有先有後。後形成的石英脈的纖維會在整條石英脈中維持同一方向，而先形成的石英脈則會在兩條石英交叉部位中斷而不連續。

一般常將外觀交叉成 X 形的節理稱為共軛節理 (conjugate joints)，而進一步認為此種共軛節理是在同一應力場中所形成的混合型節理 (conjugate hybrid joints)，但就本案例而言，被石英所充填的節理很可能是在不同時期不同的應力場產生的伸張節理 (tensile joints)。

本研究由一張富含石英脈與斷層的照片中，分析各組石英脈的截切關係以及各種地質構造形成的先後關係。由石英脈長軸與層面互相垂直的關係顯示，這類石英脈可能是岩層深埋在地下且還保持水平狀態的時候形成的，當時最大主應力的方向是鉛直方向，也就是與石英脈的長軸平行。交叉成 X 形的石英脈並不一定是同時形成的，必須個別分析石英脈內纖維狀石英的生長方向才能判別。此外，在「斷層線上，距離斷層頂端越遠，斷層的斷距越大」的現象，似乎可以應用斷層擴展的理論加以解釋。

關鍵詞：石英脈、水力破裂作用、開裂隨即縫合作用。

Abstract

This paper presents the result of case study on some obliquely intersected quartz veins and faults developed within meta-sandstone in an outcrop in the Slate belt of the Hsuehshan Range in Taiwan. The purpose of the study is to determine whether they formed congenitally or not. Since at

first glance, someone may suggest that they were conjugate hybrid joint systems filled with quartz minerals. But after observation on the internal structure of the quartz veins and their spatial relationship with the wall rock, assume that the fibrous quartz veins are formed by the crack-and-seal process and shows that the stress field that produce the member of the conjugate system is different from that of other member. This may imply that each member of the conjugate system formed in different time.

Key words: Quartz vein, Hydraulic fracturing, Crack-and-seal process.

一、楔子

在地質學研究當中，有一個很重要的使命，那就是如何從現在地球的組成與結構當中推論地球自形成以來到現在的變化過程。因此，有人把地質學當作是一門歷史科學。歷史科學推論歷史的一個特色就是使用逆推式的推理（abductive reasoning）來推論過去所發生事情。所謂逆推式的推理簡單地說就是從現在觀察得到的結果（results）應用現在已經知道的定律（law）來推論出這種結果的形成過程（processes）。因此，在研究各地的地質時，如何正確地描述現在所觀察到的地質現象是地質工作非常關鍵的起步。這與醫生與偵探的做法是很類似。醫生與偵探就是使用這種推理的方式來判斷病因與案情。因此，病人症狀或案發現場的觀察與正確的描述是治病或破案的主要關鍵。

2009年10月28日台灣大學土木系林銘郎教授寄出一封電子郵件給作者包括在內的一些對地質構造有興趣的地質師，希望就附件中一張露頭的照片提供各人的解說，即使是猜測也可以。這張照片是中央地質調查所劉桓吉博士在蘭陽溪上游的支流米摩登溪的板岩帶所拍攝的。這張照片顯示這個露頭含有好幾組位態不同、有厚有薄的白色條紋。在附件的照片中，林教授扼要地標示這些白色條紋為節理，而且這些節理還是在四期不同的時期產生的（見圖1上的解說）。由於林教授並未另文細說，因此無從了解林教授為何會有這種看法的原因。當初，令作者好奇的是，這些白色條紋我看起來是石英充填裂縫所造成的石英脈，而林教授卻認為是節理。作者在此嘗試從現在呈現在這張照片中的地質現象著手，利用現在地質學、物理學與化學理論來探討這些石英脈的形成過程，藉此讓讀者了解以「節理」與「石英脈」這兩種不同的術語來解說這些白色條紋會有哪些差異產生。

二、開章明義：本露頭中的白色條紋是石英脈而非節理

由於相片所拍攝的露頭中有多期「節理作用（jointing）」，就字面的意義而言，似乎是指「本露頭有好幾期不同時間形成的節理」，而「節理」指的是「作用在岩石的應力超過岩石的抗張強度所造成的張開性破裂，而且這些張開的破裂面上沒有岩石沿著裂面剪動的跡象」。但相片中箭頭指示為「節理」的部分並不是裂面張開的裂縫而是白色的條紋。從地質學的觀點，這些條紋看起來應該是由石英礦物填充岩石的裂縫所造成的，因此就現在露頭岩石所呈現的現象而言，實際上應稱為「石英脈」，而不是「節理」。

在地質學上，所謂的「石英脈」指的是「岩體當中呈現裂縫被石英礦物所充填的地質現象」。作者之所以如此咬文嚼字的原因，是因為地質學的研究特色是從「眼前」所觀察到的地質現象（需