

31314

0657-803

光譜圖綫表

加里寧 雅夫涅利

阿列克謝耶娃 奈馬爾克

合 著

地質出版社

465

光 譜 圖 綫 表

加 里 寧 雅 夫 涅 利

阿 列 克 謝 耶 娃 奈 馬 爾 克

地 質 出 版 社

1955 • 北 京

本書名光譜圖綫表(Атлас спектральных линий)，蘇聯國立技術理論書籍出版社(государственное издательство технико-теоретической литературы) 1952 年出版，著者係蘇聯加里寧(С.К. Калинин)、雅夫涅利(А.А. Явнель)、阿列克謝耶娃(А.И. Алексеева)和奈馬爾克(Л.Э. Наймарк)。

本書由重工業部鋼鐵工業局章雅文、周鴻吉譯出，並由周鴻吉負責校對；地質部化驗室殷寧萬在技術上作了校對，編譯出版室張培善校訂。

原 書 簡 介

本表有光譜圖片 23 張，包括 2050—6900 Å 範圍的電弧鐵光譜，並於光譜圖片上註有 60 種元素譜綫的位置。書中包括表的敘述部分、譜綫波長表以及用表分析的參考資料；指示出光譜定性分析的實際方法。

本表適合於礦石、礦物及合金光譜定性分析工作者使用。

書號 0124

光 譜 圖 綫 表

65 千字

著	者	加 里 寧 雅 夫 涅 利
		阿 列 克 謝 耶 娃 奈 馬 爾 克
譯	者	章 雅 文 周 鴻 吉
出 版	者	地 質 出 版 社

北京安定門外六鋪炕

北京市書刊出版業營業許可證出字第 005 號

發 行 者	新 華 書 店
印 刷 者	北 京 市 印 刷 一 廠

北京西便門南大街乙一號

印數(京) 1—4000 冊

一九五五年三月北京第一版

定價 1.1 元

一九五五年三月第一次印刷

開本 31" × 45" 1/4

3 書印張

目 錄

作者言.....	5
原序.....	7
緒言.....	9
光譜圖錢表的說明.....	12

元 素 譜 綫 波 長 表

鋁.....	17	鐳.....	34
鉍.....	18	銻.....	35
鈹.....	18	錒.....	36
硼.....	19	釷.....	37
鈉.....	20	銅.....	39
鈦.....	21	鉍.....	43
鎢.....	22	砷.....	44
釷.....	23	鈉.....	45
鉛.....	24	鎳.....	45
鎢.....	24	鈳(鈮).....	48
鐵.....	25	錫.....	49
金.....	26	鐵.....	50
銻.....	27	鈾.....	51
鈹.....	27	鉑.....	51
鎢.....	28	鎳.....	51
鈳.....	28	銻.....	52
鎢.....	28	銻.....	52
鉀.....	29	汞.....	52
鈣.....	30	銻.....	53
鈷.....	32	鈳.....	53
鈾.....	33	鈳.....	54

鎢.....	56	鈦.....	62
銀.....	56	釷.....	63
鈺.....	56	鈾.....	63
鐳.....	57	磷.....	63
銻.....	58	鉻.....	64
鉈.....	59	銻.....	65
鉍.....	60	鉕.....	66
碲.....	60	鋅.....	66
鈹.....	60	銦.....	67
光譜定性分析時使用圖片的說明	69		
參考文獻	72		

作 者 言

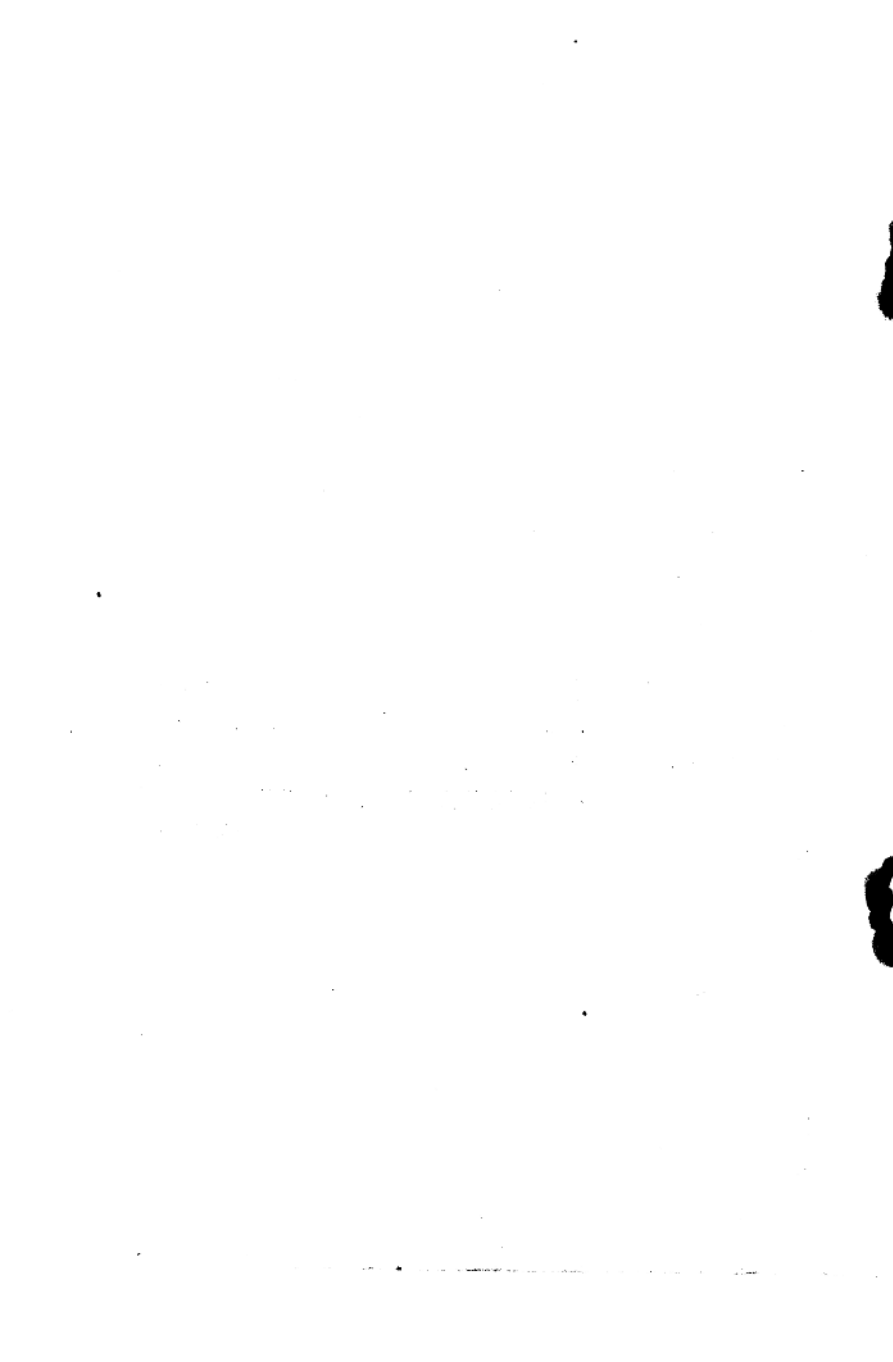
這本光譜圖綫表的內容是綜合了蘇聯光譜分析界科學研究者的多年經驗，其中包括有哈薩克蘇維埃社會主義共和國科學院光譜研究室。

編著一部實際應用的技術參考資料往往是困難的；內容是否豐富，是否過多的敘述了次要的問題。因而，本參考資料在其內容上和敘述的方式上或多或少也存在着一定的缺點。此外，本書所附有的光譜圖片是印刷的，也避免不了存在一些缺點，尚希讀者提供寶貴的意見和批判，以資改進。

本書的出版承科學院士蘭德斯別爾格（Г. С. Ландсберг）的大力協助和盧薩諾夫（А. К. Русанов）、拉依斯基（С. М. Райский）在清稿時的指導，特此致謝。

哈薩克蘇維埃社會主義共和國科學院物理技術研究所

阿拉木圖 一九五一年六月



原 序

近代的科學和技術對分析物質成分的要求是非常高的；要靈敏、準確和迅速。一個迅速的直接分析方法，在過程中不致遺漏一些元素或引進一些雜質元素的這種分析方法是具有重大意義的。在蘇聯不僅於科學研究工作中，同樣在成品和製造過程的檢驗工作中，獲得廣泛應用的放射光譜分析方法是完全適合於上述的要求。

尤其是在地質勘探事業、冶金工業及金屬加工工業中，光譜分析方法是具有極其重大的意義，因為在礦石、金屬以及合金分析中，各元素的測定一年可到數百萬次。

在定性和半定量分析時，最大的時間花費部分是消耗在光譜的解釋工作上。因此一種不需要測量元素譜綫波長的簡單而迅速的解釋方法在實際工作中是具有很大的裨益的。使用按照精密研究過的鐵譜綫的位置，而註有被分析元素譜綫位置的特殊的光譜圖片，即可非常容易地解決這一問題。然而編著這種光譜圖片是一種非常困難的工作，至目前為止，在已出版的圖表中大多數還不能十全十美地滿足實際分析工作的要求，其主要原因是光譜範圍狹窄而所列出的元素數目及在圖表中所列的元素譜綫的數目都是較少的。

我們確信，於工廠光譜分析室中、科學研究機構和其他單位的光譜研究室中會廣泛地應用由加里寧、雅夫涅利、阿列克謝耶娃、奈馬爾克所編著的新的電弧光譜圖綫表，在這本光譜圖綫表中上述的一些要求都是考慮在內的。

23 張圖片上攝有 2050—6900 Å 的電弧鐵光譜，於其近旁註有一千多條元素譜綫，在用碳極電弧分析時用這些綫來測定 60 種元素是保證可靠的。

本光譜圖綫表中包括有敘述部分和在解釋光譜時幫助我們使用圖表的元素譜綫波長表。

最有意義的是本光譜圖綫表完全適合於我國大多數的光譜試驗室所具有的標準國產 ИСП-22 型石英攝譜儀和 ПС-18 型光譜映射儀的應用。

技術科學博士

盧薩諾夫(А. К. Русанов)

緒 言

最近幾年來光譜分析在科學和技術的各主要部門中獲得了廣泛的應用。尤其在已經為研究物質成分的重要方法建立了鞏固的理論和實際基礎的蘇聯，光譜分析的發展獲得了極大的成就。

利用光譜分析可以在冶金工業、機械製造工業及其他各種工業部門的製造過程中作技術手續的檢驗工作。在地質勘探事業中這種方法是具有極其重大的意義；由於分析大量礦石時，它有着高度的靈敏性及分析的迅速性是其他方法所比不上的。

在工業上實際應用中不僅是定量分析方法起着一定的作用，即便是半定量和定性分析方法也起着同樣的作用。利用定性及半定量的分析方法在生產中和科學研究工作中所解決的問題的範圍是廣泛的，如勘探及普查礦產地、各種合金的分類、研究極細微的包裹體及沉澱物等等。此種光譜定性分析方法與化學分析來比較，無論在經費上和時間上都是非常經濟的。

雖然定性分析方法是比較簡單，但是在進行定性分析時一方面需要在這方面有一定的工作經驗，而另一方面還需要應用各種輔助的參考資料，其中最主要的即是光譜圖綫表。在實際的分析工作中它會給予極大的幫助，尤其是可以減輕和加速解釋光譜的工作。

隨着光譜分析任務的擴大和儀器的改善，用作分析目的的譜綫波長範圍也擴大了。目前由紫外短波部分發展至紅外部分。

然而至目前為止，在任何的光譜資料中還沒有包括廣大的波長範圍(2000—9000 Å)的令人滿意的的光譜圖表。同時過去一些光譜圖綫表都存在着某些重大的缺點。其中加特萊爾(Гаттерер)和約克斯(Юнкес)[22](2242—8388 Å)、沙依別(Шайбе)[14](2300—9260 Å)、

赫爾格爾(Хильгер)[28](2084—10216 Å)所編著的光譜圖綫表中僅僅攝了鐵的光譜,並未註有波長標尺,同時也未註明其他元素譜綫的位置,因而在解釋光譜時造成很大的困難。

另外在有些光譜圖綫表中除鐵光譜和波長標尺外,並有與鐵光譜相銜接的各種元素譜綫的位置。如高斯列爾(Геслер)[25]、馬西(Мазин)[29]、加特萊爾和約克斯[23]、克路克(Крук)[21]及其他等人所編著的光譜圖綫表是。

在高斯列爾和馬西的圖片上各註有56種和49種元素譜綫的位置,但是所列出的每一個元素的譜綫僅是幾根。在加特萊爾和約克斯的光譜圖綫表上,僅註明有30種元素譜綫的位置,並且每一元素的光譜是單獨地拍攝製成的,因而,使用它作定性全分析是不方便的。而在克路克所製的圖綫表中所攝的光譜是取自帶有衍射光柵的攝譜儀的,同時也僅包括2785—3500 Å和5000—5800 Å的光譜範圍。

在蘇聯最廣泛應用的是盧薩諾夫[10]和巴爾基(Ж. Барде)[19]所編製的圖綫表。利用他們的光譜圖綫表作定性分析比上述幾種圖綫表要方便得多。但是在這些圖綫表中所包括的波長範圍是比較窄(2500—3500 Å)。雖然這個光譜部分是非常重要的,但是往往需要用到一些位於光譜的短波及長波部分中的譜綫。

在小於2500 Å的光譜範圍中有許多適合於分析用的譜綫。例如:處於這個部分中的有鋅、鎢、砷、鉍、碲、鉍、碲以及碳的“最後”綫。利用這些譜綫可大大地提高測定這些元素的靈敏度。此外,大家都知道,在這個光譜部分中攝譜儀的稜鏡色散率也顯著地增大。因此,大部分的譜綫是避免了互相重合及干擾的現象,這點在進行光譜分析時是非常重要的。

光譜長波部分(大於3500 Å)是適合於測定鹼族及鹼土金屬。在這個光譜部分中有鈉、鉀、鋰、銣、銣、銣、鈣、鋁、鉍及其他元素的最靈敏綫。於第一表中按照波長的順序介紹了在2000—9000 Å範圍中元素最靈敏綫的位置。

從該表可以看出，利用光譜的整個範圍要比用某一段狹窄範圍的優點要大，因為這樣才可能來利用元素的最靈敏綫進行測定。爲了達到此目的，在所有的幾種稜鏡攝譜儀之中，最好採用水晶光學系統的攝譜儀。當然，水晶攝譜儀的光譜可見部分的色散率較小，但是我們却可同時將可見光譜部分與紫外光譜部分拍攝下來。

元素靈敏綫按照波長長短的分佈表

表 1

紫 外 部 分			可 見 部 分	紅 外 部 分
2000—2500 Å	2500—3500 Å	3500—4000 Å	4000—7200 Å	7200—9000 Å
As, Au, B, Be, C, Cd, Se, Te, Zn	Ag, Au, Bi, Co, Cu, (Ga), Ge, Hf, Hg, (In), Ir, Mg, Mn, Mo, Ni, Os, P, (Pb), Pd, Pt, Re, Rh, Ru, Sb, (Sc), Si, Sn, Ta, Th, Ti, V, W, (Zr)	Al, Ca, Fe, La, Mo, Sc, (Tl), (Y), Yb, Zr	Ba, Ce, Cr, (Cs), Ga, In, (K), Li, Mn, Na, Nb, Pb, Pr, (Rb), Sr, Ti, Tl, U, V, W, Y	Cs, K, Rb

因而在很久以來就迫切需要出版一本適合於水晶攝譜儀實際需要而又便於使用的光譜圖綫表。

我們所提出的圖綫表應該是稍稍地填補了這個空白點，我們在編著這部圖表時，儘可能地顧及到過去一些圖片的缺點，但是也吸取了其優點方面。本圖綫表與過去所出版的主要的區別，是用蘇聯國產的標準儀器 ИСП-22 型水晶攝譜儀和 ПС-18 型光譜映射儀所攝製成的。因而於我國大多數的光譜試驗室中用這種儀器所拍攝的光譜在尺寸的大小上和形式上完全能精確的符合於本光譜圖片上的光譜。利用本光譜圖綫表可以把這種水晶攝譜儀調節到 2050—6900 Å 的所有的光譜範圍內來對各種物質中（礦石、合金等）的 60 種元素光譜進行解釋工作。

光譜圖綫表的說明

光譜圖綫表包括有 23 張圖片，在它上面分別載有鐵譜的各個部分，並註有與其相應的各種元素譜綫的位置。

用 ИСП-22 型攝譜儀：狹縫寬 0.005 毫米及 ПС-39 型電弧發生器在化學純的鐵電極間產生一個交流激活電弧我們攝取了鐵光譜。

爲了準確地註明其他元素譜綫的位置，用同樣的攝譜儀將元素的標準混合劑和純鹽照相，並且使它的光譜與純鐵光譜相銜接；以交流激活電弧作爲光源，電流 8—10 安培，用光譜純碳極作爲上下固定電極，但是在個別情況下亦用銅極。於下電極上鑽一小孔，將被拍攝的物質放入小孔內蒸發。

茲將我們用 ИСП-22 型攝譜儀於 2050—6800 Å 範圍內的色散率之數據介紹於第二表中：

在 2050—6800 Å 範圍內 ИСП-22 型攝譜儀的色散率 表 2

光譜部分 以 Å 表示	色 散 率 以 Å/mm 表示	光譜部分 以 Å 表示	色 散 率 以 Å/mm 表示	光譜部分 以 Å 表示	色 散 率 以 Å/mm 表示
2050.0	3.72	2800.0	11.4	4000.0	35
2100.0	4.12	2900.0	12.9	4500.0	51
2200.0	4.64	3000.0	14.3	5000.0	68
2300.0	5.76	3100.0	15.9	5500.0	89
2400.0	6.70	3200.0	17.6	6000.0	110
2500.0	7.80	3300.0	19.3	6500.0	134
2600.0	8.80	3400.0	21.0	6800.0	150
2700.0	10.1	3500.0	23		

用 ПС-18 型光譜映 射儀將光譜的像放大 20 倍進行光譜圖的研究。

攝譜時所用的照像乾板種類不同：拍攝 2050—2400 Å 範圍的是用 НИКФИ III 型，靈敏度為 25 X и Д；2400—4400 Å 用幻燈乾板，靈敏度為 4 X и Д；4400—5700 Å 用伊索托(изоорто)，靈敏度為 200 X и Д；5700—6900 Å 用 НИКФИ 全色乾板，靈敏度 900 X и Д。

由於照相乾板在短波以及長短方面的靈敏度很差，拍攝小於 2300 Å 和大於 4500 Å 光譜範圍時曝光時間適當地增長。

用 ПС-18 型光譜映射儀將攝好的純鐵光譜放大 20 倍，用感光紙印像，並將其他元素的譜線同樣映射於其上，用細線註明這些元素譜線的位置。於光譜圖表上僅註明了在光譜圖上能找得的一些元素的一部分譜線的位置。其中大多數的譜線都是由最強的譜線中選擇出來的，利用這些線我們經常可進行定性分析。對有些元素也註明了它們的作為定量而用的譜線的位置，其中一部分為火花線。在光譜短波部分註明了很多元素的強度很弱的譜線位置。於圖線表片上僅將多線元素的在分析上是重要的而且是帶有特徵的一些譜線位置才加以註明。同時，也將一些可能是分析材料的主要元素：如矽、鋁、鎂、鈣、銅、鋅及其他元素的光譜，於圖片上也較詳細地註明了其譜線位置。

根據挑選的結果，於圖片上註明了下列元素的 1175 條譜線的位置。茲列於表 3 中。

在每一個譜線的元素符號下註出元素譜線的波長數，其最後一個數字是精確到 0.1 Å，並於符號的右上方註有該線的強度。譜線的波長是與贊傑爾(А. Н. Зайдель)、普羅考費耶夫(В. К. Прокофьев)和拉依斯基(С. М. Райский)[15] 以及哈里遜(Г. Р. Гаррисон)[26] 的譜線波長表中的數字一致的。至於譜線的強度，在這些波長表中是用複雜的等級來表示的，而在某些情況下與光譜分析實際的數據是顯著不符合。

因此，在圖上用假定最大等級為十的單位來表示譜線的相對強度，這種假定的單位是我們用測定譜線靈敏度的方法而得到的。因此，我們曾配製了通常用作礦石分析的矽酸鹽為基體的每一個元素的

標準樣品。用光譜靈敏度不同的各種類型的照相乾板拍攝了這些標準樣品的光譜。在 2500—3500 Å 的光譜範圍內，我們所求得的結果在大部的情况下是與盧薩諾夫 [10] 的結果相符。

圖片上各元素譜綫的數目

表 3

元 素	符 號	譜 綫 數 目	元 素	符 號	譜 綫 數 目	元 素	符 號	譜 綫 數 目
鋁	Al	25	鐳	La	18	鉛	Pb	43
鎔	Ba	16	銻	Li	7	硒	Se	4
鉍	Be	9	鎂	Mg	33	銀	Ag	13
硼	B	8	錳	Mn	44	銻	Sc	7
鈾	V	30	銅	Cu	103	銻	Sr	13
鈳	Bi	35	鋅	Mo	17	銻	Sb	48
鎢	W	22	砷	As	17	鉍	Tl	16
鐳	Ga	14	鈉	Na	13	銻	Ta	11
鈳	Hf	9	鎳	Ni	62	碲	Te	9
鎳	Ge	14	鈳(鈳)	Nb	22	鈦	Ti	48
金	Au	7	錫	Sn	50	鈳	Th	7
銻	In	19	銻	Os	4	碳	C	3
銻	Ir	4	銻	Pd	2	鈾	U	7
鐳	Yb	2	銻	Pt	14	磷	P	9
鈳	Y	10	銻	Pr	3	鉻	Cr	42
銻	Gd	32	銻	Re	10	銻	Cs	3
銻	K	13	銻	Rh	11	銻	Ce	5
銻	Ca	45	銻	Hg	17	銻	Zn	31
銻	Co	34	銻	Rb	6	銻	Zr	14
銻	Si	30	銻	Ru	13			

但是必須要說明一點：由於採用不同的光譜激發條件，電離原子和中性原子譜綫的相對強度改變是極顯著的。尤其，在研究一些具有大量電弧綫和火花綫的元素（例如 V，Ti 等）的光譜時，上述的現象是極為明顯。因此，由於試料的成分和其他影響光譜激發條件的改變的一些原因，這些元素譜綫的相對強度或多或少地會與我們的結果有些區別。

為了工作方便起見，將所有元素的最靈敏的譜綫劃分出來直接註

明於鐵光譜上面離鐵光譜最近的一行中。在鐵光譜的下面劃有波長標尺，用來確定光譜的方向，同時用它也可以估計出在譜綫表中沒有註明的譜綫波長。

因為在礦石和礦物的光譜分析的實際工作中，往往採用碳極，所以在元素譜綫的附近註有 CN 分子帶狀光譜的圖形。這些分子的帶狀光譜位於光譜的紫色部分(3500—4215 Å 範圍)，並且嚴重的影響了對某些元素靈敏綫的發現。在光譜更長的長波部分中也有一些氦帶，然而其強度較弱，因此，對光譜的解釋工作沒有影響。

於圖片上所註明的譜綫都介紹於下表中，在這裏元素是按俄文名稱的字母順序而排列的。註有 I 字是中性原子譜綫，註有 II 字是一次電離原子譜綫，註有 III 字是二次電離原子譜綫。於表中也按哈里遜的以 9000 為最大等級的標尺註明了在火花和電弧中的譜綫強度，而在激活電弧中的譜綫強度是按照我們的數據（分為 10 個等級）來註明的。

於表中並註有下列符號：

R——自反綫；

д——雙綫；

p——擴大（擴散）綫；

註有 * 符號的譜綫是說在贊傑爾、普羅考費耶夫和拉依斯基以及哈里遜的波長表中是未曾介紹的，而是從曼傑爾什塔莫(С. Л. Мандельштам)和拉依斯基[14]所編著的波長表中採取過來的。粗號字是說明當試料中元素含量極少時於光譜中而出現的“最後”綫。波長前的括弧是說明該組綫於 ИСП-22 型攝譜儀的通常條件下是不能分辨開的。

在表中也指出許多譜綫的特徵，這些特徵在進行分析時是很重要的，這些特徵就是：分析礦石的靈敏度、譜綫的干擾以及使用於定量分析的經驗，在可見光譜部分內同樣介紹了用看譜鏡分析時的一些特徵。

因為在過去一些資料中對於短於 $2500\text{\AA}$ 和長於 $3500\text{\AA}$ 的光譜範圍研究得不很多，而對 $2500-3500\text{\AA}$ 光譜的範圍研究較詳細。本表對上述兩端光譜範圍內的譜線的特徵也較詳細地加以介紹。

顯然地，目前所用的一些分析線今後很可能被其他的譜線所代替。分析工作者可利用本圖線表毫不費力地自加補充和由於所運用的方法不同改變某些現在引用的一些數據以及添加新的分析譜線。