

臺灣地區地形圖點狀圖例之簡化研究

Point Symbols Generalization for Digital Topographic Mapping in Taiwan

林譽方 Yuh-Fong Lin* 王明志 Ming-Chih Wang**

張郁敏 Yu-Min Chang***

摘要

由於地圖符號相當於地圖內容的縮影，因此研究地圖內容中之地圖符號質與量的變化，對編圖者或用圖者均具相當程度的影響。本研究旨在探討地圖縮編的過程中，因地圖符號的簡化，造成用圖者在選擇合適地圖比例尺時產生的影響。地圖符號的簡化現象，包括編輯簡化與技術簡化兩大工作項目，前者係探討地圖符號數量選取的變化，後者則是探討地圖符號外形的變化。

本研究擬以內政部出版的系列地形圖（1/25,000；1/50,000；1/100,000；1/250,000；1/500,000等五種比例尺）為研究對象，研究範圍以桃園縣為例。按地圖點狀符號進行量化資料的計測。利用編輯簡化處理選取多少地圖符號，方法上將採T pfer的方根模型法分析；在地圖符號外形變化方面將利用技術簡化處理，觀察地圖符號演變的設計，並歸納分析轉換過程之意義。基此，分析地圖比例尺與地圖符號間之相關性，研究結果除提供地圖編製之重要依據外，更可做為用圖者選則合適比例尺地圖的重要參考。

關鍵詞：地圖簡化、地圖符號、點狀圖例、地圖比例尺

* 清雲科技大學資訊管理學系副教授

Associate Professor, Department of Information Management, Ching Yun University

** 台北市立教育大學歷史與地理學系助理教授

Assistant Professor, Department of History and Geography, Taipei Municipal University of Education

*** 台北市立教育大學歷史與地理學系碩士班研究生

Master Student, Department of History and Geography, Taipei Municipal University of Education.

Abstract

Because map symbols are equivalent to miniatures of map contents it is obvious that researches on the quality and quantity of map symbols in map contents are fairly influential to map makers and map users. This research aims to discuss the caused effects that in the processes of map down-scaling due to map symbols generalization affect map users' proper decision for confirmation of map scale. There are two main issues for the generalization of map symbols including editorial and technical ones. Editorial generalization is discussing variation of map symbols quantity chosen and technical one variation of map symbols' shapes.

In this research it is planned to use series of topographic maps published by the Ministry of Interior (i.e. 1/25,000; 1/50,000; 1/100,000; 1/250,000; 1/500,000 of five kinds of scales) as the objects of study and study area is in Taoyuan County. According to point symbols calculation of quantitative data was carried out. In the processes of editing and generalization symbols were picked up and Topfer model applied for data analysis. In the shape variation of map symbols technical generalization was used to observe their design changes to conclude the meaning of analytical transformation process. Based on the results the correlation between map scale and map symbol was analyzed for the reference of map compilers and map users to choose appropriate scale.

Keywords: Map Generalization, Map Symbols, Point Symbols, Map Scales

前言

地圖符號是地圖的語言，用以表達地圖的內容，它的基本功能係反應地物的種類及其數量特徵與質量特徵。對用圖者而言，可以藉由圖例瞭解地物及其分布特徵。由於地圖比例尺是決定地圖內容重要因素，而地圖符號相當於地圖內容的縮影，因此地圖符號與比例尺間必然存在某種程度關係，如能經由地圖比例尺瞭解地圖符號的簡化現象，間接地也決定了地圖內容。因此研究地圖內容中之地圖符號質與量的變化，對編圖者或用圖者均具相當

程度的影響。

按地圖符號的分類，地圖符號可區分為以下三種類型：點狀符號、線狀符號及面狀符號。(1) 點狀符號：地圖符號所帶指的概念可認為是位於空間的點。這時，地圖符號的大小與地圖比例尺無關且具定位特徵。例如：控制點、廟宇、礦產地等符號。(2) 線狀符號：地圖符號所帶指的概念可認為是位於空間的線。這時符號沿著某個方向延伸且長度與地圖比例尺發生關係。例如：河流、道路、境界線等符號。(3) 面狀符號：地圖符號所帶指的

概念可認為是位於空間的面。這時符號所處的範圍同地圖比例尺發生關係。例如：水部範圍、林地範圍、土地利用分類範圍等。由於點狀符號為不依比例尺符號，是以符號個體表示對象的整體，且點狀的定量符號可以表示絕對數值，因此本研究擬以點狀符號為對象，探討圖例簡化對用圖者之影響。

點狀符號依其形狀特徵可區分為：幾何符號、象形符號與文字符號。幾何符號係由基本幾何圖形構成的記號性符號，具有構圖規律性強、圖形規則、簡明、佔面積較小、定位準確、便於繪製與記憶等優點。象形符號係以描摹實物形狀為主的符號，具直觀、易於理解等優點。文字符號係採用文字或字母符號，具提示製圖對象性質的概念，其中以幾何符號與象形符號應用較普遍。地圖簡化的過程中，本研究關注重點，點狀符號的外觀(形狀或結構)是否產生變化，對讀圖是否造成影響。

由於地圖簡化的過程包括編輯過程和編繪過程。在編輯過程中地圖簡化是由地圖編輯完成，主要的任務包括選擇地圖內容、制定地圖符號、分析製圖資料、研究製圖區域地理特點、擬定地圖簡化指標、編寫地圖簡化作業細則等。至於編繪過程是由編繪人員完成，它的基本依據是編輯簡化階段完成的地圖簡化細則。而地圖符號簡化主要處理地圖符號在數量與質量上的差別，包括數量特徵的簡化與質量特徵的簡化，它是經由地圖符號的分類分級來實現。地圖符號數量特徵簡化，即減少地圖符號在數量特徵方面的差別，這就是按數量分級的問題。隨地圖比例尺的縮小，地圖符號按數量分級的數目愈來愈小，即級差愈來愈大，地圖符號的數量特徵表示

得愈來愈簡化。質量特徵的簡化，係以概括的分類代替詳細分類，以綜合的質量概念代替各個符號的具體質量概念。基此，在數量簡化方面主要探討點狀符號的選取數量，而方法上係採用德國製圖學家托普費爾1966年所提的方根定律(Radical law)為基礎(Töpfer & Pillwizer, 1966)，以現行地圖計測呈現之結果，計算各點狀圖例之選取級，藉此規範製圖物體的選取定額，即利用資料圖與新編地圖之比例尺分母比，以其不同冪指數(選取級)決定新編圖時製圖物體的選取數量指標。在質量簡化方面則是探討點狀符號外形的演變，並利用分類、分級方式進行簡化。

地圖縮編的過程中，因地圖符號的簡化，對用圖者讀圖造成相當的影響，為使用圖者在選擇用圖比例尺時，即能掌握地圖資訊，本研究擬經由達成下列三項目的，提供用圖時比例尺選取之重要參考。

- (1) 點狀圖例保留率分析。
- (2) 點狀圖例選取級數分析。
- (3) 點狀圖例形態之轉變分析。

研究方法

(一) 本研究採用之理論與方法

1. 地圖符號量化選取：

由於點狀符號與地圖比例尺無關，擬以編輯簡化方式建立地圖符號量化選取模式。根據托普費爾之方根定律擴展公式之論述，在一般選取規律中，為顧及地物重要性和圖例符號，將公式簡化為簡單易算的選取級系統(王家耀，1993)：

$$N_F = N_A(M_A/M_F)^{X/2}$$

式中： N_A 、 N_F 分別為資料圖

與新編圖上的地物數量， M_A 、 M_F 分別為資料圖與新編圖的比例尺分母。

上述公式與方根定律僅區別於指數 X ，該指數又稱之為選取級數，按上式反解可求得選取級數 X ：

$$X = 2\log(N_F/N_A) / \log(M_A/M_F)$$

例：教堂的選取

設資料圖的比例尺為1/25,000，計測教堂數為7間；新編圖比例尺為1/50,000，計測教堂數為5間。按上述選取級數 x 計算式求解：

$$X = 2\log(5/7) / \log(25,000/50,000) = 0.97 = 1$$

一般選取規律的應用，係根據地圖用途和比例尺，以及所表示地物的重要特徵等，這些因素決定地圖簡化的程度。選取級系統即具體反映簡化的程度，提供用圖者按地圖比例尺選取地物數量的參考指標。此係數包括：

(A)第0至1選取級：高度表示

(重要地物)

(B)第2至3選取級：較密表示

(一般地物)

(C)第4至5選取級：較稀表示

(次要地物)

2. 地圖符號質化選取：

點狀符號依其形狀特徵可區分

為：幾何符號、象形符號與文字符號。其中幾何符號與象形符號應用較普遍。在地圖符號外形變化方面，經由觀察地圖符號演變的設計，並利用地物分類分級的方法，歸納分析轉換過程之意義。

(二) 研究區範圍

本研究選擇桃園縣為研究區，進行系列地形圖 (表1) 之地圖符號計測，按圖中之點狀圖例分別就地圖符號的數量及型態演變進行計測歸納整理。

計測分析結果

(一) 點狀圖例保留率分析

本研究依各比例尺圖中之圖例，進行整理列表 (表2)，從計測結果顯示，地圖比例尺小於1/100000以下，點狀圖例出現明顯的簡化，而表2的現象正可反應地物的重要性程度。若將此現象轉換為圖例保留率 (圖1) 的概念，對用圖者而言，相當於資料量的流失，圖1結果顯示，經由圖例所傳達的資訊，若以1/25000為資料圖，當編繪1/50000地圖時，還可呈現相當的點狀圖例資訊；但如編繪1/100000地圖時，則點狀圖例資訊流失約38.46%；而1/250000與1/500000地圖點狀圖例資訊的流失量分別高達76.92%與87.18%，這對選擇合適地圖比例尺獲取資訊亦具有參考意義。

由於點狀圖例大都屬於獨立地物，因此採用獨立符號表示。選取這些地物

表1 研究區地圖比例尺及其對應之圖幅數統計表

比例尺	1/25,000	1/50,000	1/100,000	1/250,000	1/500,000
圖幅數	14	6	3	1	1

表2 點狀圖例在各比例尺圖之簡化統計表

圖例說明	比例尺				
	1/25000	1/50000	1/100000	1/250000	1/500000
省轄市、縣政府	○	○	○	○	○
縣轄市、鄉、鎮、區公所	○	○	○	○	○
燈塔	○	○	○	○	○
機場	○	○	○	○	○
港口	○	○	○	○	○
廟宇	○	○	○	○	×
三角點	○	○	○	○	×
獨立標高點	○	○	○	○	×
礦場	○	○	○	○	×
水塔點	○	○	○	×	×
教堂	○	○	○	×	×
學校	○	○	○	×	×
國中	○	○	○	×	×
國小	○	○	○	×	×
醫院	○	○	○	×	×
電臺	○	○	○	×	×
氣象臺	○	○	○	×	×
工廠	○	○	○	×	×
發電廠	○	○	○	×	×
變電所	○	○	○	×	×
水廠	○	○	○	×	×
墓地	○	○	○	×	×
塔	○	○	○	×	×
水井	○	○	○	×	×
警察站	○	○	×	×	×
派出所	○	○	×	×	×
郵局	○	○	×	×	×
電信局	○	○	×	×	×
診療所(衛生所)	○	○	×	×	×
衛生站	○	○	×	×	×
加油站	○	○	×	×	×
土地廟	○	○	×	×	×
祠堂	○	○	×	×	×
亭	○	○	×	×	×
廟像	○	○	×	×	×
紀念碑	○	○	×	×	×
水塔	○	○	×	×	×
瞭望臺	○	○	×	×	×
地標指示	○	○	×	×	×

是根據其重要性而定，取決於其質量特徵、功能、方位意義及密度等。按圖1計測結果顯示，由大比例尺地圖 (1/25,000；1/50,000) 經由中比例尺地圖 (1/100,000) 過渡到小比例尺地圖 (1/250,000；1/500,000) 的過程中，圖例資訊產生明顯的變化。保留之圖例之優先序，大致具有以下特徵：1.行政區劃；2.重要地標；3.學校；4.信仰中心；5.政府機構；6.數量多的地物 (表

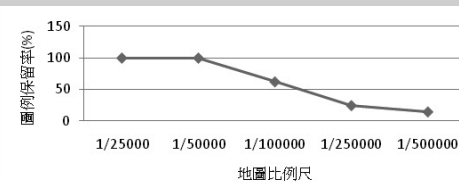


圖1 不同比例尺地圖之圖例保留率折線圖

表3 地圖簡化過程中圖例資訊之演變統計表

地圖簡化圖例資訊保留率	大比例尺	中比例尺	小比例尺	
	1/25,000 1/50,000	1/100,000	1/250,000	1/500,000
100%		61.54%	23.08%	12.82%
主要之圖例資訊	完整表示	1.行政區劃： 省轄市、縣政府、 縣轄市、鄉、鎮、區公所。 2.重要地標： 燈塔、機場、港口、三角點、水塔點、塔、獨立標高點等。 3.學校：國中、國小。 4.信仰中心： 廟宇、教堂。 5.政府機構： 電臺、氣象臺、水廠、醫院、發電廠、變電所等。 6.其它： 礦場、墓地。	1.行政區劃： 省轄市、縣政府、 縣轄市、鄉、鎮、區公所。 2.重要地標： 燈塔、機場、港口、三角點、獨立標高點等。 3.信仰中心： 廟宇。 4.其它： 礦場。	1.行政區劃： 省轄市、縣政府、 縣轄市、鄉、鎮、區公所。 2.重要地標： 機場、港口、燈塔等。

3)。

(二) 點狀圖例選取級數分析

本研究按內政部出版的系列地形圖(1/25,000；1/50,000；1/100,000；1/250,000；1/500,000等五種比例尺)為研究對象，以1/25,000地形圖作為資料圖，研

表4 點狀圖例在各比例尺圖之選取級數統計表

圖例說明	選取級數				備註
	1/50000	1/100000	1/250000	1/500000	
省轄市、縣政府	0	0	0	0	註1：本研究以1/25000地形圖為資料圖。
縣轄市、鄉、鎮、區公所	0	0	0	0	
燈塔	0	2	1	1	註2：「-」表示研究區範圍內該比例尺圖無此地物。
機場	0	0	0	0	
港口	0	0	0	0	註3：「x」表示該比例尺圖已無此圖例。
廟宇	1	3	x	x	
三角點	0	2	2	x	註4：【選取級數】
獨立標高點	3	2	3	x	
礦場	0	x	x	x	(1) 0-1 選取級：高度表示
水準點	0	2	x	x	(2) 2-3 選取級：較密表示
教堂	1	x	x	x	(3) 4-5 選取級：較稀表示
學校	0	1	x	x	
國中	0	2	x	x	
國小	0	5	x	x	
醫院	0	4	x	x	
電臺	0	4	x	x	
氣象臺	-	-	x	x	
工廠	4	4	x	x	
發電廠	2	1	x	x	
變電所	0	3	x	x	
水廠	x	x	x	x	
墓地	5	x	x	x	
塔	0	x	x	x	
水井	-	-	x	x	
警察局	0	x	x	x	
派出所	1	x	x	x	
郵局	0	x	x	x	
電信局	2	x	x	x	
診療所(衛生所)	1	x	x	x	
衛生站	0	x	x	x	
加油站	0	x	x	x	
土地廟	2	x	x	x	
祠堂	-	x	x	x	
亭	5	x	x	x	
銅像	0	x	x	x	
紀念碑	0	x	x	x	
水塔	-	x	x	x	
瞭望臺	x	x	x	x	
地標指示	1	x	x	x	

表5 各比例尺圖之選取級數比例統計表

地物重要性	選取級數	地圖比例尺				
		1/25000	1/50000	1/100000	1/250000	1/500000
重要的	0	100%	53.85%	10.26%	10.26%	10.26%
	1	100%	12.82%	5.13%	2.56%	2.56%
一般的	2	100%	7.69%	12.82%	2.56%	×
	3	100%	2.56%	5.13%	2.56%	×
次要的	4	100%	2.56%	7.69%	×	×
	5	100%	5.13%	2.56%	×	×

究範圍以桃園縣為例進行圖例量化計測，並將實測結果轉換為選取級數(表4)。

地圖中點狀圖例存在與否，係依是否選取這類的地物，而該地物之選取是根據其重要性來決定。所謂重要性主要是由構成這類物體的質量特徵、功能、作用及其具有的方位意義來衡量，同時還考慮地物密度和地形情況。本研究因採1/25,000地形圖為資料圖，選取級數的計算均以資料圖為基準，即 $M_A=25,000$ 。基此，選取級數為零表示全部表示(保留)的概念，隨選取級數增加代表被保留的地物逐漸減少，反映在地表的現象則是密度較為稀疏，有些地物則完全簡化。

根據表4選取級數(地物重要性)計測結果，依地圖比例尺之大小列表(表5)，經交叉分析結果顯示，1/50000比例尺圖中重要性地物選取比例維持在66.67%，隨地圖比例尺縮小重要性地物亦明顯減少，當地圖比例尺為1/100000時，地物重要性

選取比例已明顯降至15.39%，但此現象在小比例地圖中仍維持相當比例，不再受比例尺縮小而明顯減少，保留的內容大致為：行政區劃(省轄市、縣政府、縣轄市、鄉、鎮、區公所)、機場、港口、燈塔等重要指標。此外，地物重要性屬一般及次要的點狀圖例，比例尺1/50000資料顯示，資料量所佔的比例分別為10.25%與7.69%，且隨比例尺縮小所佔比例明顯減少，大部份的地物在比例尺小於1/100000時已完全簡化，即該圖例已不存在(圖2)。本研究係應用於點狀圖例簡化，上述的結果正反應小比例尺地圖中點狀圖例資訊非常有限。

根據1/25,000地形圖為資料圖，按圖2結果顯示，1/50,000圖中視為重要地物(選取級數為0-1)的超過2/3以上(67%)，而次要地物(選取級數為4-5)所佔的比例低於8%，由此可見在大比例尺地圖中，選取級數以0與1為主。1/100,000圖中重要、一般與次要地物均低於20%，顯示中比例尺

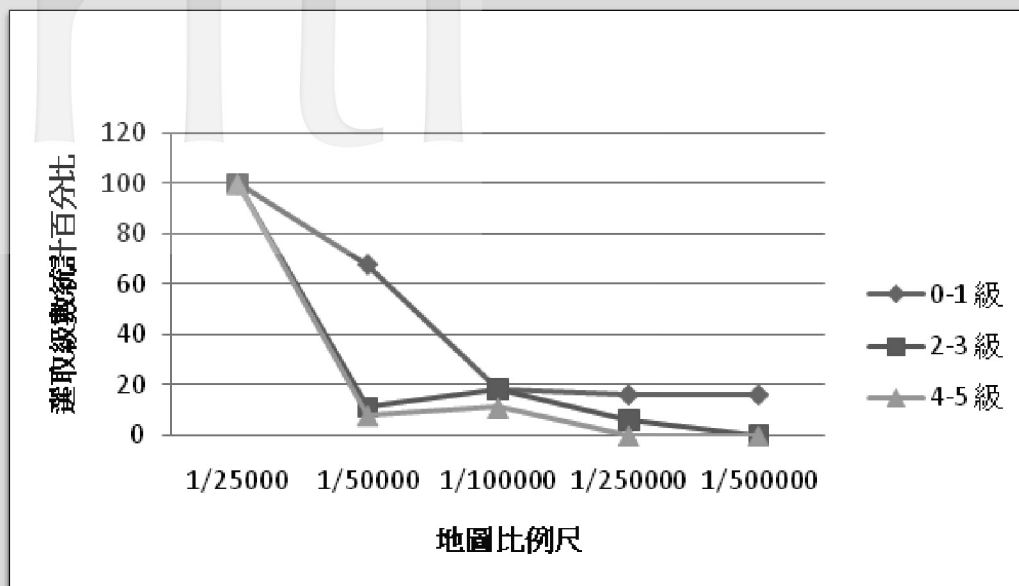


圖2 不同比例尺地圖之點狀圖例選取級數比例統計圖

地圖中，重要地物保留率已逐漸流失，也造成一般地物選取級數統計值有些微提高。至於小於1/250,000地圖大致僅留下重要地物 (10.26%) 及極少數的一般地物 (5.12%)，次要地物在縮編過程中已完全簡化。

(三) 點狀圖例形態之轉變分析

本研究針對所採用之系列地形圖 (1/25,000 ; 1/50,000 ; 1/100,000 ; 1/250,000 ; 1/500,000等五種比例尺)，在觀察地圖符號外形變化中 (表6)，歸納點狀圖例形態改變現象大致有下列三種類型：

1. 合併型：在大比例尺圖中地物分類較細各有其圖例表示，當地圖比例尺縮小時，地物分類合併考慮，由於類別變少該類圖例重新設計，造成圖例形態改變。例如：大比例尺圖中學校分國小、國中及學校三種圖例，而小比例尺圖學校符號統一

不再區分。

2. 混合型：此類地物在大比例尺圖中，因含蓋範圍大通常係以文字符號表示，當地圖比例尺縮小時，則採象形符號表示，並輔以文字符號說明。例如：機場、港口等。

表6 不同比例尺圖中形態改變之圖例統計表

圖例	地圖比例尺				
	1/25000	1/50000	1/100000	1/250000	1/500000
省轄市、縣政府	◎	◎	◎	桃園 台北	桃園 台北
學校	↑	↑	↓	×	×
國中	↓	↓		×	×
國小	↓	↓		×	×
教堂	+	+	↓	×	×
水準點	□	□	BM ₄₆	×	×
機場	中正國際機場	中正國際機場	中正國際機場	中正國際機場 ±	中正國際機場 ±
港口	竹圍漁港	竹圍漁港	竹圍漁港	竹圍漁港 ⚓	竹圍漁港 ⚓

【註：×表示該比例尺圖無此圖例】

至此, 地圖符號質化選取模式, 主要係以地物分類、分級為依據, 對大比例尺地圖而言, 由於地圖負載度高, 地物分類分級項目細, 反應在圖例項目相對也較多樣化。隨地圖比例尺縮小, 地圖負載量低的情況, 地物分類分級的項目必須合併考量, 改以較大的分類或分級來歸類, 相應的圖例即產生。

結論

本研究經由內政部出版的系列地形圖, 針對點狀圖例進行觀察計測, 藉各比例尺圖呈現之現況, 探討點狀圖例簡化的趨勢。本文在地圖符號量化選取方面: 係利用方根定律(Radical law)擴展公式「選取級系統」, 計算地圖符號的選取定額, 並觀察點符號隨地圖比例尺改變, 質所產生的變化。而在地圖符號質化選取方面: 係利用地物分類分級的方法, 計算地圖符號的分類與級別, 作為選取的指標, 並觀察圖例外觀的變化。經實測分析可獲致以下三點重要成果, 這對選擇合適地圖比例尺獲取資訊亦具有參考意義:

1. 受地圖簡化影響, 經由圖例所傳達的資訊, 若以1/25000為資料圖, 當編繪1/50000地圖時, 還可呈現相當的點狀圖例資訊; 但如編繪1/100000地圖時, 則點狀圖例資訊流失約38.46%; 而1/250000與1/500000地圖點狀圖例資訊的流失量分別高達76.92%與87.18%。且由大比例尺地圖 (1/25,000; 1/50,000) 經由中比例尺地圖 (1/100,000) 過渡到小比例尺地圖 (1/250,000; 1/500,000) 的過程中, 圖例資訊產

生明顯的變化。保留之圖例之優先序, 大致具有以下特徵: 1. 行政區劃; 2. 重要地標; 3. 學校; 4. 信仰中心; 5. 政府機構; 6. 數量多的地物。基此可提供用圖者選取合適用圖比例尺的參考機制。

2. 依選取級數與地圖比例尺之交叉分析結果顯示, 1/50000比例尺圖中重要性地物選取比例維持在66.67%, 隨地圖比例尺縮小重要性地物亦明顯減少, 當地圖比例尺為1/100000時, 地物重要性選取比例已明顯降至15.39%, 但此現象在小比例地圖中仍維持相當比例, 不再受比例尺縮小而明顯減少。此外, 地物重要性屬一般及次要的點狀圖例, 亦將隨比例尺縮小而完全簡化 (即該圖例已不存在)。
3. 在觀察地圖符號外形變化中, 歸納點狀圖例形態改變現象大致有下列三種類型: 合併型、混合 I 型及混合 II 型; 前者係因地圖比例尺縮小, 轉以概括的分類代替詳細分類, 而造成圖例的改變; 後兩型則是採文字符號與象形或幾何符號混合表示。

致謝

本研究承國科會專題計畫「地圖符號簡化對用圖者選擇合適地圖比例尺之影響」(NSC98 -2410 -H -231 -017) 之補助, 使本研究順利完成, 特此申謝。本文為計畫之部份成果。

參考文獻

王家耀 (1993) 普通地圖制圖綜合原理, 測

- 繪出版社，35-67。
- 托普費爾(1972)著；江安寧譯(1982)制圖綜合，測繪出版社，95-99。
- 呂成文、王曉鈴(2000)象形符號設計之我見，地圖，第59期，33-35。
- 徐聖謨(1986)地圖學，中國文化大學地學研究所，117-152。
- 陸漱芬(1987)地圖學基礎，高等教育出版社，97-109。
- 華一新(1994)點狀符號設計的推理模型，1994中國地圖學年鑑，中國地圖出版社，64-66。
- 游雄(1992)視覺感知對制圖綜合的作用，1992中國地圖學年鑑，中國地圖出版社，38-40。
- 廖克(2003)現代地圖學，科學出版社，147-157。
- 劉振東、陳志明、趙銳(1992)現代專題地圖圖例設計的一般原則與方法，1992中國地圖學年鑑，中國地圖出版社，37-38。
- 薩里謝夫著；李道義、王兆彬譯(1984)地圖製圖學概論，測繪出版社，47-51。
- Robinson,A.H.,Morrison,J.L.,Muehrcke,p.c.,Kimerling,A.J. & Gup till,S.C. (1995), Elements of Cartography,6th,John Wiley & Sons,Inc.,pp.447-566.
- Töpfer,F. & W.Pilliwizer (1966), The Principles of Selection , The Cartographic Journal , 3 , pp.10-16.

投稿日期：99.06.15

修改日期：99.08.15

接受日期：99.09.03