

自來水事業的物料管理——一個庫存模式

Material Management of Water Enterprise—— An Inventory Model

王勝民*

摘 要

本文主要研究方法是應用一個庫存模式於物料管理上，以期適時滿足物料需求量及減低庫存成本（Inventory Cost）。內容首先說明倉庫的作用及物料的選取，其次探討倉庫實際庫存運作，運用一個預估模式（Forecasting Model）預估物料未來需求量，分析庫存模式中的成本參數（Cost Parameters）及探索庫存問題的答覆，最後研討庫存結果並予一結論。

壹、前言

自來水事業是一項民生的服務事業，它的發展和大眾百姓生活息息相關，尤其是近年來國人漸漸注意到生活的品質與環境，同時亦注意到大眾的保健與衛生，自來水就是在這些要求下，特別受到重視和關注，然而自來水事業在此情勢下，所面臨的重要問題有：新水源的獲得日益困難，水源遭受不同來源的污染情形日益嚴重，用水普及率增加的困難性及管理方面的研究與發展（R & D）之不足，這些既有的問題都是導致自來水生產成本增高的因素。

自來水事業是一投資大，營收少的長期性事業，但是任何一個事業無不用盡各種方法去追求它自身合理的營運利潤，也就是採用一切可行的方法降低成本，就自來水事業而言，降低成本的可行做法是相當的多，惟本文僅從管理方面來探索，特別是針對物料的庫存控制（Inventory Control）來研究，以期達成降低生產成本之目的，俾提供自來水用戶更好的服務。

供水系統是自來水事業的命脈，猶如人身之血管，在這系統上投下很多的物力與人力，僅是物力就相當可觀，它包括配水管線及給水管線工程施工所需的各種物料，真是多的不可一一列舉，這些龐大複雜的物料，非用完整的科學管理方法及制度，則不能發揮它們最大的效用，同時若不能適時與適量的供應工程上所需的物料，則不能減低在物料上所投下的成本，物料管理（Material Management）正是為了達到這個目標而被採用的理論與方法。就庫存控制而言，可資應用的模式有許多種，究竟那一種模式最為適用則需從事這方面的工作人員依據物料需求量的特性及庫存的限制加以判斷並做明智的選擇。

大體而言，倉庫是與物料發生最密切關係的場所，因此對於倉庫應做深一層的了解，才有助於庫存模式的正確認識與選取。

貳、物料倉庫的作用

物料倉庫是各種物料流入或流出之地點，本身具有調節物料數量多少的功能。當物料有短缺之處時，馬上訂購，且在不致造成待料情況前，訂購的物料需運進倉庫，俾適時供應所需。當物料充裕之時，不能盲目的訂料和進料，這樣有效的管理，才不致造成資金遲滯及成本增高。

* 台北自來水事業處工程員，亞洲理工學院工程碩士

自來水事業物料倉庫的特性有：

一、倉庫訂購的物料多屬成品，只要倉庫有物料，隨時可供工程施工之用，由此倉庫可視為物料的集散場或轉運站。

二、倉庫之最大任務為配合工程之需要，適時、適量、適價、適格的採購物料，使庫存成本降低，以達物料供應之最大效果，就庫存控制而言，適時與適量的要求格外顯得重要。

三、倉庫對於物料需負保管及檢驗之責，以確保物料之品質，不致造成庫存之損失與損壞。

四、倉庫對於庫存物料的取用，大略是依照物料最先流入最先流出 (First in- first out) 的原則，以確保庫存物料的更新，不致造成呆料的情形發生。

倉庫在整個物料管理過程中是居於樞紐的地位，見圖 1。

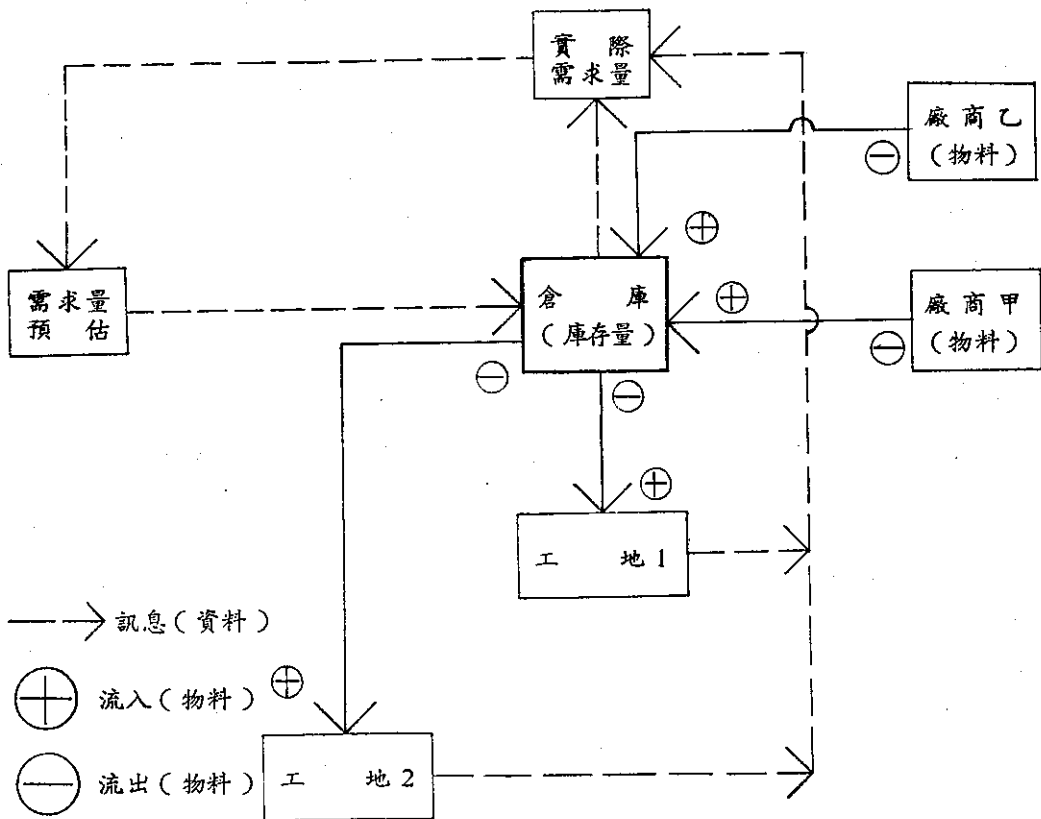


圖 1. 簡化的預估—需求—庫存系統

叁、物料的選取

預估及庫存模式執行的成果完全依賴可靠的數據，事實上，最合適的模式需要最合適的數據去驅動。有二種數據在有效的庫存控制方面是特別重要的，一是物料需求量的數據，見本節，二是物料成本的數據，見第5節。

自來水工程上所使用的物料，其種類是相當的多，為了管理上的需要，將物料分為二大類，一是經常性用料，二是非經常性用料*。經常性用料又分成：

- 一、鑄鐵管件類
- 二、水表類
- 三、給水零件類
- 四、塑膠管件類
- 五、五金材料類
- 六、藥品庫料類

本文著重在配水與給水工程方面之經常性用料的選取，不含五金材料類及藥品原料類，惟其種類及尺寸仍是相當繁多，故僅選擇其中較有代表性的數項物料，如表1，以達到簡化的目的但不失其真實性。表2**收集這些物料過去三年（從72年到74年）的需求量資料，供作預估及庫存模式運作之用。

表1 物料的類別與名稱

物料編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
物料類別	給水零件類	給水零件類	水表類	水表類	塑膠管件類	塑膠管件類	塑膠管件類	鑄鐵管件類	鑄鐵管件類
物料名稱 (尺寸)	伸縮表由令 (13-40mm)	接合管 (13-40mm)	新表 (13-20mm)	新表 (25-40mm)	PVC 50mm以下	PB 50mm以下	PVC 75-100mm	DIP 100-250mm	雙承口套筒 小於250mm

* 依台北自來水事業處材料管理要點

表2 三年(72~74)實際物料需求量**

物料 編號	月 年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		1	72	5,300	3,795	3,981	3,820	3,327	5,282	5,484	5,312	6,357	4,336
	73	6,434	2,097	4,695	5,282	3,955	3,220	4,918	5,205	3,663	5,280	5,170	6,488
	74	8,417	6,941	5,105	4,007	4,763	3,731	4,089	4,029	3,804	3,554	2,508	4,710
2	72	1,134	816	1,212	1,723	1,669	926	1,777	1,259	1,239	831	1,395	1,946
	73	1,277	1,103	1,375	1,939	2,016	1,777	1,777	1,214	1,677	796	2,414	2,799
	74	1,723	1,015	1,803	1,546	2,080	1,713	1,642	1,188	1,830	548	1,795	1,578
3	72	3,927	5,495	7,958	6,857	7,696	6,490	7,043	7,327	7,574	5,825	7,214	4,679
	73	6,360	2,636	2,188	8,539	8,827	4,189	13,605	7,018	6,904	6,310	6,856	5,469
	74	7,883	4,564	1,557	1,750	8,465	3,857	2,808	7,045	3,086	5,179	4,461	4,082
4	72	3,648	2,900	2,925	3,969	3,694	4,271	5,535	3,015	5,578	3,263	4,971	5,386
	73	6,749	3,817	11,207	10,262	5,627	4,082	3,669	4,766	2,719	3,782	5,042	6,117
	74	7,349	4,554	4,087	4,044	2,781	3,521	4,086	2,915	3,528	2,174	2,900	4,183
5	72	9,125	5,929	6,634	8,425	9,766	7,304	13,944	8,629	8,877	3,784	9,468	8,513
	73	7,989	4,232	7,451	7,112	7,769	7,799	9,683	8,577	9,344	5,256	10,453	9,306
	74	9,276	4,980	8,780	9,088	10,590	15,605	9,239	7,658	7,599	5,702	10,530	10,248
6	72	6,162	1,573	3,069	4,588	6,977	4,032	6,227	5,672	5,151	1,601	5,387	4,763
	73	4,884	2,685	4,686	4,796	3,990	4,295	4,299	3,149	6,632	2,211	5,495	6,203
	74	5,895	4,208	4,990	2,831	4,766	4,365	3,209	2,936	3,744	1,897	2,916	4,288
7	72	2,048	2,480	1,711	3,551	2,382	2,265	2,600	2,059	2,656	999	2,884	3,119
	73	2,520	1,126	2,075	1,519	2,704	2,352	2,357	1,954	4,407	1,757	2,374	3,237
	74	3,130	1,464	2,012	1,517	2,358	2,841	2,559	886	1,612	1,410	2,330	2,035
8	72	5,154	2,043	4,344	4,705	5,343	4,279	4,339	3,675	2,690	1,475	4,708	4,203
	73	2,654	3,644	6,962	6,865	4,123	4,198	5,069	6,672	6,307	4,584	7,066	5,341
	74	4,753	2,335	12,137	5,255	5,568	10,704	7,872	6,369	6,034	2,200	5,051	9,602
9	72	223	161	253	265	353	364	224	80	166	571	268	299
	73	222	142	310	252	184	237	588	149	353	326	401	342
	74	455	241	372	239	222	589	199	285	472	121	336	468

** 依台北自來水事業處72年至74年每月物料統計表

肆、實際庫存運作

庫存運作之項目主要包括訂料、進料及發料。訂料是指訂購所需的物料，工作有：

- 一、訪價
- 二、擬定底價，編訂投標須知及標單
- 三、排訂及公告投標日期
- 四、審查廠商資格
- 五、開標與簽訂合約

上述工作都需要時日去完成，故應及早計畫安排，倘有延宕將影響物料的正常供應，而發生待料的情形。

進料是指簽約之後，物料由廠商依約運進倉庫，進料的工作即是驗收的工作，有如下各項：

- 一、清點數量，核對材料規格
- 二、記錄
- 三、不合格材料之退貨

這些工作對於庫存物料品質關係重大，甚至影響庫存量的多寡。

發料係指將物料依規定發給各用料單位，如都能適時滿足需求量，則表示庫存運作操作的完善，否則即需加以改進。

庫存運作的一項重要工作是統計物料實際的流入量和流出量（亦即需求量），尤其是流出量的統計要格外正確，因為根據實際需求量資料，方可決定採用何種預估模式預估未來需求量，同時庫存模式的選用，也是依據需求量的特性而定。較正確的未來需求量對於庫存目的的完成將有很大的助益，否則庫存控制工作只是徒勞無功，對於減低成本沒有一點效果。

一般而言，庫存運作上可能遭到兩個限制，一是採購經費的問題，一是倉儲場地的問題，所幸的是自來水事業的實際庫存運作並不受這兩個限制，這對庫存模式的選用給予較佳的狀況及條件。

庫存問題的發生是由於需要儲備一些物料，以彈性供應一段時期內工程上的需求量，對於經常性用料且需求量平均者，其訂購原則是一次提出全年估計用量予以一次訂購，但分期交貨、驗收及付款，事實上，就是一種分期訂購的方式，只是在量和價上能得到正常的供應及合理的控制。在儲備適當庫存量（Inventory Level）方面有最低及最高庫存量基準，略述如下：

- 一、最低庫存量基準：以各該種物料最近一年每月平均需求量為準。
- 二、最高庫存量基準：以各該種物料最近一年每月平均需求量的三倍為準。

依據上述基準，以73年需求量為準，得74年各物料之預計庫存量，如表3。

表 3 物料最低及最高庫存量(74年)

物料編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
最低庫存量	4,700	1,680	6,575	5,653	7,914	4,444	2,365	5,290	292
最高庫存量	14,100	5,040	19,725	16,959	23,742	13,332	7,095	15,870	876

伍、預估模式

首先對未來需求量之預估做如下的說明：

- 一、預估值是單一層次庫存 (Single-echelon Inventory) 的需求量。
- 二、預估的時間長度是屬中期時間長度 (數月到一年之間)，這是適合單一層次的庫存計畫。
- 三、需求量是由於自來水管線工程之施工。
- 四、預估值是以單一數值表示。

需求量預估的方法有許多種，從庫存控制來看，應採用一種能夠利用過去需求量的數據及根據其做統計分析的方法。預估的方法即是一個模式，輸入資料就可產生預估值，輸入的資料是一段時間的物料需求量，觀察過去的需求量可得知下列特性：

- 一、需求量呈某種線性趨勢效應 (Linear Trend Effect)。
- 二、需求量具有週期性效應 (Cyclic Effect)。

一個預估模式需包括上述二項特性，才算是一個合適的預估模式，Winters 模式即是一可用的模式，公式列如下：

$$d_t = (a_1 + b_2 t) c_t + e_t \quad (1)$$

式中

- d_t : 第 t 單位時間的需求量
- t : 任一單位時間
- a_1 : 永久因數 (Permanent Component)
- b_2 : 線性趨勢因數
- c_t : 第 t 單位時間的倍數週期因數 (Multiplicative Cyclic Factor)
- e_t : 第 t 單位時間的隨機誤差因數 (Random Error Component)

每週循環的時間長度是 L 個單位時間， L 個單位時間的週期因數和被定義為 L ，亦即

$$\sum_{t=1}^L c_t = L \quad (2)$$

式 1 中有許多因數需要估測

$$a_{1e}(T) = \frac{\alpha d_T}{c_{Te}(T-L)} + (1-\alpha)[a_{1e}(T-1) + b_{2e}(T-1)] \quad (3)$$

式中

$a_{1e}(T)$: 第 T 單位時間的永久因數之估測值

$0 < \alpha < 1$: 均勻常數

T : 任一單位時間

$$b_{2e}(T) = \beta[a_{1e}(T) - a_{1e}(T-1)] + (1-\beta)b_{2e}(T-1) \quad (4)$$

式中

$b_{2e}(T)$: 第 T 單位時間的趨勢因數之估測值

$0 < \beta < 1$: 均勻常數

$$c_{Te}(T) = \frac{\gamma d_T}{a_{1e}(T)} + (1-\gamma)c_{Te}(T-L) \quad (5)$$

式中

$c_{Te}(T)$: 第 T 單位時間的週期因數之估測值

$0 < \gamma < 1$: 均勻常數

α , β , γ 之值可由用者設定, 或是由計算求得最佳值。 n_1 是在預估模式中初始階段的單位時間數目, n 是全部單位時間數目, $n - n_1$ 是用來做預估模擬的單位時間數目。最佳的 α , β , γ 將出現, 當

$$\sum_{i=1}^{n_1} (d_i - d_{ie})^2 \text{ 是極小值}$$

d_i : 第 i 單位時間的實際需求量

d_{ie} : 第 i 單位時間的預估需求量

α , β , γ 從 0.1 到 0.9 之間, 級距值是 0.4

i 從 1 到 n_1

現在用 α , β , γ 最佳值預估未來 $T + \tau$ 單位時間之需求量, 使用

$$d_{(T+\tau)e}(T) = [a_{1e}(T) + b_{2e}(T)\tau] c_{(T+\tau)e}(T+\tau-L) \quad (6)$$

式中

τ : 購備時間 (Lead Time)

$c_{(T+\tau)e}(T+\tau-L)$: 第 $T + \tau$ 單位時間之週期因數的預估值是在第 $T + \tau - L$ 單位時間中計算, 也就是應用前一個週期的週期因數

一種自然擇優法則 (Heuristic Algorithm) 利用過去的资料預估因數的起始值 $a_{1e}(0)$, $b_{2e}(0)$ 和 $c_{Te}(0)$, $t = 1, 2, \dots, L$ 。

趨勢因數的預估起始值是

$$b_{2e}(0) = \frac{(d_{ma} - d_{1a})}{(m-1)L} \quad (7)$$

假設有 m 週期的資料可供利用

d_{ja} : $j = 1, 2, \dots, m$, 表示第 j 週期需求量的平均值
永久因數的預估起始值是

$$a_{1e}(0) = d_{1a} - \frac{L}{2} b_{2e}(0) \quad (8)$$

每一單位時間的週期因數是此單位時間的實際需求量和其所在週期之需求量平均值的比值，更進一步是用趨勢因數去調整，即

$$c_{te} = \frac{d_t}{d_{1a} - \left[\frac{(L+1)}{2} - J \right] b_{2e}(0)} \quad (9)$$

$t : 1, 2, \dots, L$

d_{1a} : 第 t 單位時間所在週期需求量之平均值

J : 第 t 單位時間在其週期中之位置

由式 9 可得出每一單位時間週期因數之估測值，每週期同一位置的週期因數預估值可用平均值表示

$$c_{ta} = \frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} c_{t+kL} \quad (10)$$

最後，週期因數相加等於 L ，週期因數之預估起始值是

$$c_{te}(0) = c_{ta} \frac{L}{\sum_{t=1}^L c_{ta}} \quad (11)$$

式中

$t = 1, 2, \dots, L$

本文取用三年的物料需求量，亦即有 36 個單位時間，其他的條件敘述如下：

- 一、最佳均勻常數是由計算求得， α ， β ， γ 的最低限度是 0.1，最高限度是 0.9。
- 二、預估模式中因數的起始值亦是由計算求得。
- 三、每週期分成 12 個單位時間，每單位時間為一個月。
- 四、預估時間差距即一單位時間。
- 五、 n 等於 36， n_1 等於 24。

Winters 方法的預估步驟已經全部用 Fortran 語言寫成程式*，74 年的物料預估需求量與

* 若需要請與筆者聯絡。

與實際需求量如表 4，觀察表 4 所列之誤差值，可做如下之探討。

一、誤差相當大的物料意指需求量是在不穩定的狀況下產生，如 73 年換裝逾齡表，使得新表需求量激增，造成 74 年需求量預估值過高的現象。

二、待料情形發生，造成短缺量，而往往將其轉記成次月的需求量，如此一來，影響需求量統計的正確性，則預估值自然受波及。

倘若在預估之前，能將影響需求量穩定及正確的政策及人為因素去除，預估值應能顯示其可信的一面。

表 4 74 年物料預估及實際需求量

物號	量\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	預估	7,712	4,012	5,323	6,347	4,416	4,039	4,325	5,001	4,974	5,992	5,300	6,821
	實際	8,417	6,941	5,105	4,007	4,763	3,731	4,089	4,029	3,804	3,554	2,508	4,710
	誤差	-705	-2,929	218	2,340	-347	308	236	972	1,170	2,438	2,792	2,111
2	預估	1,425	1,376	1,480	2,013	2,276	2,136	1,794	1,101	1,935	810	2,857	3,015
	實際	1,723	1,015	1,803	1,546	2,080	1,713	1,642	1,188	1,830	548	1,795	1,578
	誤差	-298	361	-323	467	+196	+423	+152	-87	105	262	1,062	1,437
3	預估	6,630	3,817	4,314	6,179	8,329	4,011	8,003	7,055	7,014	6,400	6,217	6,012
	實際	7,883	4,564	1,557	1,750	8,465	3,857	2,808	7,045	3,086	5,179	4,461	4,082
	誤差	-1,253	-747	+2,757	4,429	-136	154	5,195	10	3,928	1,221	1,756	1,930
4	預估	7,311	4,328	6,203	6,107	6,083	3,488	3,972	4,113	2,929	3,812	5,032	5,979
	實際	7,349	4,554	4,087	4,044	2,781	3,521	4,086	2,915	3,528	2,174	2,900	4,183
	誤差	-38	-226	2,116	2,063	3,302	-33	-114	1,198	-599	1,638	2,132	1,796
5	預估	7,022	3,225	8,279	7,836	8,678	8,789	7,923	8,341	9,617	6,133	10,938	9,924
	實際	9,276	4,980	8,780	9,088	10,590	15,605	9,238	7,658	7,599	5,702	10,530	10,248
	誤差	-2,254	-1,755	-501	-1,252	1,912	-6,816	-1,315	683	2,018	431	408	-324
6	預估	5,257	3,426	5,117	4,989	5,423	4,435	2,829	2,058	5,712	2,819	5,587	5,938
	實際	5,895	4,208	4,990	2,831	4,766	4,365	3,209	2,936	3,744	1,897	2,916	4,288
	誤差	-638	-782	127	2,158	657	70	-380	-878	1,968	922	2,671	1,650
7	預估	3,057	1,588	2,379	2,356	2,569	2,624	2,236	1,814	3,562	1,869	2,068	2,873
	實際	3,130	1,464	2,012	1,517	2,358	2,841	2,559	886	1,612	1,410	2,330	2,035
	誤差	-73	124	367	8839	211	-217	-323	928	1,950	459	-262	838
8	預估	3,934	4,136	8,725	7,321	4,478	4,036	6,183	7,681	7,314	6,287	9,781	6,537
	實際	4,753	2,335	12,137	5,255	5,568	10,704	7,872	6,369	6,034	2,200	5,051	9,602
	誤差	-819	1,801	-3,412	2,066	-1,090	-6,668	-1,689	1,312	1,280	4,087	4,730	-3,065
9	預估	216	139	340	243	143	250	316	212	383	346	381	432
	實際	455	241	372	239	222	589	199	285	472	121	336	468
	誤差	-239	-102	-32	4	-79	-339	117	-73	-89	225	45	-36

陸、成本參數分析

庫存模式(Inventory Model)包含幾個成本參數(Cost Parameters)如訂購成本(Ordering Cost 或 Setup Cost)、儲備成本(Holding Cost 或 Carrying Cost)、單價成本(Unit Cost 或 Purchasing Cost)及短缺成本(Shortage Cost 或 Penalty Cost)，庫存成本(Inventory Cost)就是這些成本參數之函數值，現分述各成本參數於下：

一、訂購成本

訂購成本經常是一個固定的成本，不因訂購量的不同而改變，包括：(一)訂購手續成本，(二)進料成本，(三)檢驗及驗收成本，這些成本的估算是一項困難工作，但在庫存模式中是一值得考慮的成本。本文從簡化的角度，僅考慮與庫存工作有關人員之薪水所引起的訂購成本，工作人員為10人，估計平均每人每月薪水 20,000 元，又平均每月訂購物料次數約是42次，每次訂購平均約含10項物料，則每項物料每次訂購成本約是 476 元。

二、單價成本

單價成本在單價依訂購量多少而定之條件下將成為庫存模式中一重要元素；也就是訂購量增加則單價降低，各物料單價經收集且加以分析後得表 5。

表 5 物料單價

物料編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
單位	個	個	個	個	公尺	公尺	公尺	公尺	個
單價	206	291	573	929	24	38	113	595	872

三、儲備成本

庫存物料於倉庫，乍看之下不需任何費用，但經仔細分析則有下列數項成本存在，(一)資金成本(Capital Cost)，(二)倉儲成本(Storage Cost)，(三)服務成本(Service Cost)，(四)風險成本(Risk Cost)。總儲備成本(Total Holding Cost)約是庫存價值的14%到43%，取平均值約為29%。由於物料之單位有二種，甲種為“個”，乙種為“公尺”，故儲備成本分二種計算。本文採用最低庫存量計算庫存物料價值且資本報酬率以每月1.5%計算。甲種之庫存物料價值經統計為 10,730,816 元，庫存價值(the Value of Inventory)為 160,962 元；乙種之庫存物料價值經統計為 3,773,603 元，庫存價值為 56,604 元。甲種之總儲備成本是 46,679 元，乙種之總儲備成本是 16,415 元。甲種物料以物料 1 之單價為基準，乙種物料以物料 5 之單價為基準，如此可得各物料之價值比及當量最低庫存量，見表 6。物料 1 之儲備成本等於甲種總儲備成本除甲種當量最低庫存量之和，得值為 0.9 元。物料 5 之儲備成本等於乙種總儲備成本除乙種當量最低庫存量之和，得值為 0.1 元，其餘各物料之儲備成本

見表 6。

表 6 物料儲備成本 (元/每個/每月或元/每公尺/每月)

物料編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
價值比	1.0	1.4	2.8	4.5	1.0	1.6	4.7	24.8	4.2
最低庫存量	4,700	1,680	6,575	5,653	7,914	4,444	2,365	5,290	292
當量最低庫存量	4,700	2,352	18,410	25,439	7,914	7,110	11,116	131,192	1,226
儲備成本	0.9	1.2	2.5	4.0	0.1	0.2	0.5	2.6	3.7

四、短缺成本

就自來水事業而言，庫存模式中不含短缺成本，因百姓若有飲用自來水的念頭，則斷不會為了一時物料的短缺而打消，當然自來水事業可穩賺到的錢也就不會因物料短缺而失掉。本文特別提出此項成本旨在強調物料的短缺雖不造成自來水事業的損失，但却有害其聲譽，須知無形聲譽受詆貶較之有形金錢遭損失更可怕；為什麼自來水事業一直在尋覓開發新水源，擴增設備和加強營運管理，還不就是為了能提供給人民更佳的服務，獲得人民的稱讚。

五、庫存模式的應用

庫存模式的解答方法變化很大，由簡單的計算到複雜的數學程式之應用，其完全依賴物料需求量之特性而定。本文中的需求量是一未知的數且每一單位時間皆會改變，這適合所謂的決定性變動模式 (Deterministic Dynamic Model)。

定期性的檢查庫存量，因為訂購物料也是定期進行以滿足多變化的需求量。每次訂購之發生均在月末，且需求量之發生也在月末。

各物料之間的庫存量常受某種限制，如庫存場地的大小，若庫存場地小，則可庫存的量就有限，而造成各物料之庫存量互受影響；本文中庫存場地不受限制，故各物料均可視為獨立的單一物料。

本文中研究的庫存量僅指倉庫的庫存量，是單一層次的庫存問題。

根據上述的討論，本文所採的庫存模式可稱為單一物料單一層次定期檢查的變動模式 (Single-item Single-echelon Periodic Review Dynamic Model)。

庫存模式的主要目的是解答兩個問題，

- 一、何時訂購？
- 二、訂購多少？

這雖是兩個問題，但是目標只有一個，即減少總庫存成本。

本文採用的變動模式是由Wagner 和 Whitin 發展完成，它是一個計量的工具，專門分析在連續時間內需做成不同決策的問題，變動模式的程式特徵如下：

一、可分成幾個單位時間（階段）， i ，也就是在每一階段有一個訂購量（ Z_i ），以滿足各該階段的需求量（ D_i ）。

二、每一階段有一庫存量（ X_i ）。

三、決策的效用是傳送本階段的庫存量到次一階段的庫存量（ X_{i+1} ）， X_{i+1} 是（ X_i, Z_i, D_i ）的函數，數學式化則式 $X_{i+1} = F(X_i, Z_i, D_i)$ 。

四、解答的第一步驟是求出最後一階段各個不同庫存量下最小的庫存成本值。

五、使用循環前推法，由最後一階段往前進行。

一個簡單的示意圖能說明變動模式的發展，如圖 2。

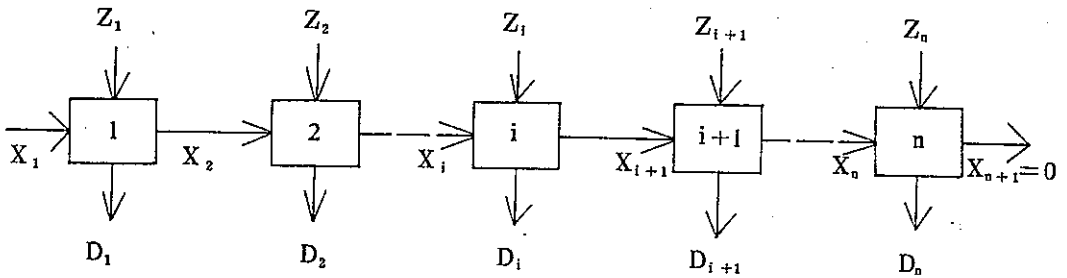


圖 2 變動模式示意圖

對階段 i 而言，二個元素流入和二個元素流出，以下式表示其關係。

$$X_{i+1} = X_i + Z_i - D_i \quad (12)$$

X_{i+1} 是第 i 單位時間末期的庫存量將傳送到第 $i+1$ 單位時間， X_i 是第 i 單位時間初期的庫存量。重要一點的是儲備成本與 X_{i+1} 成比例，且儲備成本是在每單位時間的末期計收，採購成本亦在每單位時間的末期計收，而訂購成本則在每單位時間之初期計收。

如此， $B_i(X_i, Z_i)$ 代表在 i 單位時間內的庫存成本，已知進入庫存量 X_i 和採購量 Z_i ，然後

$$B_i(X_i, Z_i) = \begin{cases} K + CZ_i + H(X_i + Z_i - D_i) & Z_i > 0 \\ H(X_i - D_i) & Z_i = 0 \end{cases} \quad (13)$$

值得注意的是當訂購量為零時 K 等於零，如果 $A_i(X_i, Z_i)$ 表示從第 i 單位時間到最後單位時間的全部庫存成本，數學式是

$$A_{i,m}(X_i) = \text{minimum } B_i(X_i, Z_i) + A_{(i+1),m}(X_i + Z_i - D_i) \quad (14)$$

式中

$$Z_{i+1} \geq 0 \text{ 且 } Z_i \geq D_i - X_i \quad i = 1, 2, \dots, n, n=12$$

$A_{i,m}(X_i)$ 代表 $A_i(X_i, Z_i)$ 相對應之最小值，同時 $A_{(n+1),m}(\cdot)$ 定義為零，決定性變動模式的發展使用變動程式技術，以滿足大量資料的處理，現有一電腦程式可供應用，以得到庫存問題的答案。

變動模式的輸入值有下列各項：

- 一、固定數目的時間點，T，亦即13
- 二、訂購成本，K
- 三、單價成本，C
- 四、儲備成本，H
- 五、各單位時間之需求量，D

變動模式的輸出值有下列各項，見表7。

- 一、訂購量
- 二、庫存量及累積庫存量
- 三、庫存成本及累積庫存成本

表7 變動庫存模式之庫存結果

物料編號	月份	訂購量	需求量	庫存量	累積庫存量	庫存成本	累積庫存成本
1	1	8,460	8,417	43	43	1,743,275	1,743,275
	2	6,947	6,941	6	49	1,431,563	3,174,838
	3	5,056	5,105	0	0	1,042,012	4,216,850
	4	4,211	4,007	204	204	868,126	5,084,976
	5	4,789	4,763	26	230	987,217	6,072,193
	6	3,856	3,731	125	355	795,131	6,867,324
	7	3,734	4,089	0	0	769,680	7,637,004
	8	4,931	4,029	902	902	1,017,074	8,654,078
	9	4,326	3,804	522	1,424	892,914	9,546,992
	10	4,638	3,554	1,084	2,508	958,161	10,505,153
	11	0	2,508	0	0	0	10,505,153
	12	4,710	4,710	0	0	970,736	11,475,889
2	1	1,835	1,723	112	112	534,595	534,595
	2	903	1,015	0	0	263,249	797,844
	3	1,836	1,803	33	33	534,792	1,332,636
	4	1,589	1,546	43	76	462,966	1,795,602
	5	2,183	2,080	103	179	635,944	2,431,546
	6	1,765	1,713	52	231	514,368	2,945,914
	7	1,712	1,642	70	301	498,553	3,444,467
	8	1,257	1,188	69	370	366,707	3,811,174
	9	2,008	1,830	178	548	585,462	4,396,636
	10	0	548	0	0	0	4,396,636
	11	1,863	1,795	68	68	542,691	4,939,327
	12	1,510	1,578	0	0	439,886	5,379,213

3	1	8,175	7,883	292	292	4,685,481	4,685,481
	2	4,589	4,564	35	327	2,630,790	7,316,271
	3	1,230	1,557	0	0	705,266	8,021,537
	4	1,863	1,750	113	113	1,068,258	9,089,795
	5	8,573	8,465	108	221	4,913,358	14,003,153
	6	4,001	3,857	144	365	2,293,961	16,297,114
	7	2,443	2,808	0	0	1,400,315	17,697,429
	8	7,314	7,045	269	269	4,192,071	21,889,500
	9	2,817	3,086	0	0	1,614,617	23,504,117
	10	5,250	5,179	71	71	3,008,904	26,513,021
	11	4,687	4,461	226	297	2,686,869	29,199,890
	12	3,785	4,082	0	0	2,169,281	31,369,171
4	1	7,383	7,349	34	34	6,859,419	6,859,419
	2	4,520	4,554	0	0	4,199,556	11,058,975
	3	4,099	4,087	12	12	3,808,495	14,867,470
	4	4,065	4,044	21	33	3,776,993	18,644,463
	5	2,748	2,781	0	0	2,553,368	21,197,831
	6	3,547	3,521	26	26	3,295,743	24,493,574
	7	4,114	4,086	28	54	3,822,598	28,316,172
	8	2,861	2,915	0	0	2,658,345	30,974,517
	9	3,541	3,528	13	13	3,290,117	34,264,634
	10	2,161	2,174	0	0	2,007,569	36,272,203
	11	2,925	2,900	25	25	2,717,901	38,990,104
	12	4,158	4,183	0	0	3,863,258	42,853,362
5	1	10,523	9,276	1,247	1,247	253,153	253,153
	2	7,116	4,980	2,136	3,383	171,598	424,751
	3	10,013	8,780	1,233	4,616	241,250	666,001
	4	4,472	9,088	0	0	107,804	773,805
	5	11,760	10,590	1,170	1,170	282,833	1,056,638
	6	17,289	15,605	1,684	2,854	415,697	1,472,335
	7	6,384	9,238	0	0	153,692	1,626,027
	8	9,821	7,658	2,163	2,163	236,396	1,862,423
	9	11,138	7,599	3,539	5,702	268,358	2,130,781
	10	0	5,702	0	0	0	2,130,781
	11	13,512	10,530	2,982	2,982	325,062	2,455,843
	12	7,266	10,248	0	0	174,860	2,630,703

6	1	7,111	5,895	1,216	1,216	270,937	270,937
	2	5,124	4,208	916	2,132	195,614	466,551
	3	5,689	4,990	699	2,831	217,224	683,775
	4	0	2,831	0	0	217,224	900,999
	5	5,689	4,766	923	923	216,843	1,117,842
	6	5,412	4,365	1,047	1,970	206,526	1,324,368
	7	4,175	3,209	966	2,936	159,713	1,484,081
	8	0	2,936	0	0	0	1,484,081
	9	5,641	3,744	1,897	1,897	215,213	1,699,294
	10	0	1,897	0	0	0	1,699,294
	11	4,126	2,916	1,210	1,210	157,506	1,856,800
	12	3,078	4,288	0	0	117,440	1,974,240
7	1	4,080	3,130	950	950	461,991	461,991
	2	2,064	1,464	600	1,550	234,483	696,474
	3	1,979	2,012	0	1,517	224,862	921,336
	4	0	1,517	0	0	0	921,336
	5	2,632	2,358	274	274	298,029	1,219,365
	6	3,089	2,841	248	522	349,794	1,569,159
	7	2,923	2,559	364	886	331,218	1,900,377
	8	0	886	0	0	0	1,900,377
	9	2,127	1,612	515	515	241,085	2,141,462
	10	2,069	1,410	659	1,174	234,860	2,376,322
	11	3,191	2,330	861	2,035	362,076	2,738,398
	12	0	2,035	0	0	362,076	3,100,474
8	1	4,789	4,753	36	36	2,850,025	2,850,025
	2	2,512	2,335	177	213	1,495,670	4,345,695
	3	11,927	12,137	0	0	7,097,041	11,442,736
	4	5,411	5,255	156	156	3,220,427	14,663,163
	5	5,783	5,568	215	371	3,444,111	18,107,274
	6	10,333	10,704	0	0	6,148,611	24,255,885
	7	7,908	7,872	36	36	4,705,830	28,961,715
	8	6,512	6,369	143	179	3,875,581	32,837,296
	9	6,212	6,034	178	357	3,697,544	36,534,840
	10	1,843	2,200	0	0	1,097,061	37,631,901
	11	5,149	5,051	98	98	3,064,386	40,696,287
	12	9,504	9,602	0	0	5,655,356	46,351,643

9	1	483	455	28	28	421,759	421,756
	2	256	241	15	43	223,867	645,623
	3	389	372	17	60	339,906	985,529
	4	259	239	20	80	226,620	1,212,149
	5	264	222	42	122	231,135	1,443,284
	6	666	589	77	199	581,964	2,025,248
	7	0	199	0	0	0	2,025,248
	8	364	285	79	79	318,176	2,343,424
	9	514	472	42	121	449,132	2,792,556
	10	0	121	0	0	0	2,792,556
	11	392	336	56	56	342,507	3,135,063
	12	412	468	0	0	359,740	3,494,803

捌、結論

從變動庫存模式之庫存結果可得到下列結論：

- 一、各物料之庫存量不超過最低庫存量，亦即最低庫存量是一安全庫存量。
- 二、單價高的物料宜每月訂購，儲備成本高的物料宜採訂購次數多的策略，使庫存量減少，減低庫存成本。
- 三、各物料之庫存量顯示不會有短缺的現象發生，這是本文所採用的庫存模式的特點之一。
- 四、單價高的物料其訂購量與需求量之差異不大，此不但能滿足需求量，且能產生較小的庫存量，相對地，單價低的物料其訂購量較需求量高出甚多，此因增加庫存量可減低訂購次數之故，同樣可達成減低庫存成本之目的。

庫存控制是物料管理的重要一環，不僅能滿足需求量，而且能降低物料庫存成本。本文之提出旨在提供自來水事業在物料管理上一條可行的管道，且闡明物料管理是自來水事業不可忽視的工作，直接的作用是降低生產成本利於事業本身，間接的作用是提高服務品質惠及百姓大眾。冀望本文之提出能收拋磚引玉之效，願見自來水從業人員在管理之領域裏有更多的研究。

參 考 資 料

- 一、STARR M. K. and MILLER D. W.,(1962). Dynamic Inventory Problems under Risk. Inventory Control: Theory and Practice, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., pp.112-146.
- 二、KALOR A.,(1969). Macro-Buffering. the Analysis and Design of Multi-Stage Inventory Problems, a Thesis of the University of Minnesota, U.S.A., pp.18-21.
- 三、STEPHEN F. L.,(1979). Cost Estimation. Inventory Control, McGraw-Hill, Inc., U.S.A., pp.221-239.
- 四、傅和彥(1979)，物料管理，pp.247-337.
- 五、台北自來水事業處編印(1975)，材料管理手冊。