

平行流水作業法的 基本原理

周祥源 著

建 筑 工 程 出 版 社

內容提要 本書對“分段平行流水作業法”進行了理論上的分析,敘述了流水作業的步距問題和分段問題,對“分段平行流水作業法”的理論和公式提出了一些新的看法,並提出了鋼筋混凝土結構及磚木結構流水作業組織方法的建議。

本書可供施工人員、施工組織與計劃教學人員參考和研究。

平行流水作業法的基本原理

周 祥 源 著

*

建築工程出版社出版 (北京市阜成門外南武士路)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第052號)

建築工程出版社印刷廠印刷 · 新華書店發行

書號188 字數16千字 787×1092 1/32 印張 3/4

1956年10月第1版 1956年10月第1次印刷

印數: 1—5,500冊 定價(10) 0.14元

*

統一書號:15040·388

目 录

前 言	2
第一节 分段平行流水作业法的理論基础	4
第二节 流水步距的意义和作用	6
第三节 段数計算公式	10
一、混合結構	10
二、鋼筋混凝土結構	16
三、磚木結構	21

前 言

随着大规模经济建设的开展，要求基本建设工程在保证工程质量的前提下，缩短工期，降低造价，为完成和超额完成建设任务而努力。

1952年6月前东北工业部电工局新建一幢三层混合结构宿舍楼房，本届全国人民代表大会代表王孙慈同志首次组织了平行流水作业法，使工期由原定的120天缩短为60天，在另一幢建筑工程中，再度缩短为40天。

平行流水作业法的巨大优越性，引起了党和政府的高度重视，1952年冬建筑工程部和中华全国总工会建筑工作委员会在天津举办了全国建筑业先进经验训练班，“分段平行流水作业法”是当时主要课程之一，并由王孙慈同志亲自讲授。“分段平行流水作业法”一书，是由中央人民政府建筑工程部干部教育司和中华全国总工会建筑工作委员会根据当时讲授材料整理编辑而成，成为当时我国自己总结的唯一的具有现实指导意义的参考材料。

此后，平行流水作业施工法在全国范围内普遍地迅速地推广起来了，成为编制施工组织设计的基本原则。

平行流水作业施工法在全国各地区实行结果证明，较之旧的施工组织方法缩短工期约 $\frac{1}{3}$ 左右，降低造价约14%，对加快我国社会主义建设速度具有重要意义。

无数事实说明了，平行流水作业法是现代的先进施工组织方法。随着建筑业工业化和机械化水平的不断提高，平行流水作业法将愈能显出它的优越性。

然而，我們亦可以看到平行流水作业法在許多工地組織得不够好，窩工、趕工現象严重存在，机械設備利用效率不高，工程进度緩慢，按平行流水作业法編制的施工指示图表沒有起到应有的指導作用。这种現象所以产生，除了某些客觀原因之外，另一重要原因就是数年来平行流水作业法的理論发展不快，落在实际施工的后面，“分段平行流水作业法”总结了初期施工实践的經驗，沒有亦不可能包括近几年来实际施工中的許多好的經驗，現在已然显得不能滿足各方的要求了。

本文企图对王孙慈同志所創造的分段平行流水作业法的成功經驗提到理論上来分析，对較为原始的理論和方法向前推进一步。

由于自己的施工經驗不足，掌握的材料不够全面和細緻，缺点与錯誤在所难免，提供大家討論，并請提出批評和指正。

第一节 分段平行流水作業法的

理論基礎

分段平行流水作業法就是苏联現行的快速流水作業法。

分段平行流水作業法較之过去的施工組織方法具有巨大的优越性，在于它是以建筑工程实际施工的特点作为自己的基础。

众所周知，正在建造的房屋是不能搬动的，不像工厂里那样，原材料、在制品和成品是經常移动的。在建筑施工中，要求許多工种工人和机具在同一現場上协作，前一工种工人不工作，后一工种工人上不去，后一工种工人要求前一工种工人为其開闢作業基地。

因此，按旧的施工組織方法来組織施工，不可避免地使各工种之間互相等待，人力、物力忙閒不均，劳动效率低，工期長是旧的施工組織方法的主要缺点。

为了改正这个缺点，就必须使不同工种工人在不同的工作面上同时工作，就必须把建筑物按平面布置，把每一层划分为若干段（亦叫工作区），为各工种工人在前一段完成施工任务后，隨即流向下一段做同样工作創造了必要的空間条件，使各工种工人都有可能自始至終地連續施工，这样就能固定人力、物力，并提高劳动生产率。

所以分段是流水作業的基本前提，不分段就不能有流水作業。

各工种工人和机械設備施工的連續性，就是流水作業的优越性。

例如表1是鋼筋混凝土工程的分层分段流水作業施工指示图

表(每层分为五段)。

木工支完第一段柱、梁模板以后,随即轉向第二段做同样工作;这时第一段工作面讓位于另一組木工支平台模板。前一組木工支完第二段柱、梁模板以后,随即轉向第三段,这时后一組木工去第二段支平台模板,鋼筋工上第一段綁紮梁、平台鋼筋。这样各工种都能够逐段連續施工,并按同一方向有条不紊地前进。

表 1

进度 段別	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
一		1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'			
二			1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'		
三				1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	
四					1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
五						1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'

注: 1', 1''——第一、二層柱、梁模板; 2', 2''——第一、二層平台模板; 3', 3''——第一、二層鋼筋; 4', 4''——第一、二層澆灌混凝土; 5', 5''——第一、二層混凝土凝固。

在建筑工程中,施工工作面是固定的(可根据图紙計算出来)。無数事实証明:如果工作上的工人和设备过分集中,则会引起劳动效率的下降和其他不良后果;如果工作面上配备的工人和设备过分分散,工作面不能得到充分使用或者沒有得到及时利用,就会拉長工期。

因此,把許多工作放到予制場去做,或者更合理地組織施工現場,合理地排列施工程序就能够充分利用工作面,就会使工期縮短。

在施工中,某些工种并不需要前一工种全部完工以后才上去,而是当前一工种做好一部分,后一工种即在騰出的工作面上提前插入作业。其結果是相鄰工序在時間上搭接起来了,使后面各工

种得以提前施工,使許多工序减少甚至不佔用工期,这样就会大大地縮短工期。

平行搭接作业的过程,實質上是工作面更充分的利用过程。

搭接時間的产生,不仅使每一段(或每一层)的工期縮短了,特别是当流水步距已定,随着搭接時間增加就会使每层段数减少,从而更显著地縮短工期。这可从后面的段数公式得到証明。

这种同一現場的不同工序,在時間上的搭接就是我国通称的平行搭接作业。

随着机械化和建筑構件工厂化的发展,不同工作的搭接時間,亦愈有增加的可能。这种施工机械化、工厂化和快速流水作业組織方法的結合,就是快速施工法。

流水作业法的基本特征,就是人力、物力逐段施工,并且負荷均衡。因此,能最大限度地發揮人力、物力的潛在力量。

平行搭接作业的基本特征,就是人力、物力比較集中,充分使用工作面,爭取多种工种在同一工作面上同时施工,因此,能显著地縮短工期。

同一工种可以逐层逐段連續施工,不同工种可以在同一段上平行操作,二者相互的結合就能够取得二者的优点。这种相互結合的施工方法,就是快速流水作业法。

第二节 流水步距的定義和作用

流水作业有兩個基本問題:流水步距和分段。

实行分层分段只能使各工种工人有可能在不同的段上同时施工,并不能保証各工种都能在一段完成任务后連續地轉向下一段做同样工作。为使各工种工人都能自始至終地連續操作,就要求

各工种每段工作时间符合一定比例关系。当各工种工人每段工作时间成为一定的比例关系时，他们的工作就会显出节奏性。

所谓流水步距就是同工种在两相邻段上开工的时间间隔，是一个时间概念，是流水作业的节拍。

如果各工种每段工作时间等于流水步距或为流水步距的整倍数，那么各工种都能进行连续施工；那一工种每段工作时间是任意规定的，例如小于步距，该工种就可能遭受到经常性的施工中断。

现以“分段平行流水作业法”一书中的北工一九标准单身宿舍的关节时间表(第34页表8)为例，为使问题简化起见，只举出地上主体工程，并把原表格式改变如表2：

表2

进度 段别	工 作 日															
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28		
一	7 — 8 — 9 — 10					7 — 8 — 9 — 10				7 — 8 — 9 — 10						
二			7 — 8 — 9 — 10			7 — 8 — 9 — 10			7 — 8 — 9 — 10		7 — 8 — 9 — 10					
三				7 — 8 — 9 — 10			7 — 8 — 9 — 10			7 — 8 — 9 — 10		7 — 8 — 9 — 10				
施 工 连 续 情 况																
每层砌墙	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
立模板	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
架钢筋	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
浇灌混凝土	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

注：7——每层砌墙；8——立模板；9——架钢筋；10——浇灌混凝土。

由表2看出，流水步距为2.5天（等于瓦工每段砌墙时间），其他如模板工、钢筋工、混凝土工每段工作时间一般小于流水步距。因此，他们在施工过程中，遭到不同长短的周期性的施工中断，中

断時間的長度等于該工种每段工作時間与流水步距的差数；尤其是混凝土工，每段工作時間約为1天，这样每工作1天就要間断1.5天，造成人力、物力使用的不均衡。

在混合結構和磚木結構施工中，砌磚工作時間較長；在鋼筋混凝土結構中，支模板的時間較長。我們許多同志在組織流水作业时，是把每段砌磚時間或支模板時間当作流水步距，这样就会使其他各工种每段工作時間小于流水步距。因此，有人說，在混合結構和磚木結構施工中，除瓦工能分层分段連續施工外，其他各工种施工的連續性是不可能的；特別是澆灌混凝土，通常每工作1天就要中断2～3天。

由此可見，流水步距对流水作业有很重要的作用。

“分段平行流水作业法”一書中对流水步距定义是这样說的：

“所謂步距就是一个工序在一个作业範圍內工作的時間。拿砌磚牆來說，如每层分为三段，那么每砌一段磚牆的時間，就是砌磚牆这个工序的步距。一个工序的主时佔得多，它的步距就長；副时佔得多，它的步距就短”（見38頁）。

这种說法就是我国数年来，在混合結構或磚木結構中把每段砌磚時間归結为流水步距的理論指導。因而施工單位普遍地采用“主副时調剂法”以解决施工的中断問題。

这种說法在現在来看，已經原始了，已經不恰当了，必須予以发展。

按照这样說法，由于各工种每段工作時間不一样（事实上往往很难一样），就可以允許各工种都有自己的步距，允許所有这些步距具有不同長度，这样就会破坏流水作业的节奏，使許多工种失去了施工的連續性。

流水作业的基本原則，就在于要求各工种每段工作時間等于步距，或为步距的整倍数。这个步距为各工种所遵守，具有統

一性。

有的同志認為，只要分层分段以后，就成为流水作业了。这种說法亦是不恰当的，因为分段的结果，只能使工作面为不同工种工作队在不同的工作面上同时工作，并不能从时间上保证各工种工作队施工的連續性。只有施工連續性才是流水作业的基本特征。旧的施工組織方法的一般現象，就是施工中的經常中断和互相等待。有不有这种現象，是区别新的施工組織方法与旧的施工組織方法的关键。

关于流水步距的定义，我們看到几本苏联流水作业法的翻譯本，亦是这样提出的。例如施工組織設計參考資料（戈尔布辛等著，重工业出版社，第25頁）中有一段：“各种不同工作队（或小組）在每一个工作区中进行工作，其所經歷的一段时间長度，称为流水步距（或称为流水节拍）。”

1950年，烏力里赫在其著文“流水作业建筑房屋的基本原則”中說：“每个小队在每个工程对象上所工作的時間 t ，叫做“流水作业的步距”（шаг потока）”。

必須指出，上述兩文的流水步距定义是1950年以前提出的。尽管在提法上不很全面，但是上述兩文都強調一点，就是“每一个工作队（小組）在每一个工作区中的全部工作時間，一般說來，等于流水步距或为流水步距的整倍数”（施工組織設計參考資料第25頁）；“……此时，各小队在同一工程对象上工作的時間必須互相成为倍数。小队在某工程对象上最短的工作時間就是流水作业的步距 t_0 ，……”（流水作业建筑房屋的基本原則）。

显然，这个精神是正确的，“分段平行流水作业法”出版的时候，沒有能吸取这些好的成果。

比較科学的全面的定义是1953年斯柯西列夫在“建筑施工流水作业法”中提出的。

由于流水步距的理解已經原始了，段数公式亦是不恰当的。

第三节 段数計算公式

分段的任务是为各工种小組連續施工創造空間条件，段数要滿足各工种小組連續施工的要求。

一、混合結構

1. 不受伸縮縫或劳动力限制情况下的分段計算。

这时流水單元內的各段可以看作是同型的，即建筑結構和工程量是相同或大体相同的。

“分段平行流水作业法”一書中的段数公式如下：

每段主要工序工作時間 = 停歇時間 ÷ (段数 - 1) [見第 6 頁式(1)]，則段数 = $\frac{\text{停歇時間}}{\text{每段主要工序工作時間}} + 1$ ，此式与該書第 9 頁式(a)實質上是一致的。

“分段平行流水作业法”一書中舉了三个例子說明分段計算情况，並得出結論：“如果每段的工作時間为最短工作時間，則求得的段数是最經濟的段数”，“这个工期最經濟的段数就叫做段峰”。

为了获得最經濟的段数，首先就要求出每段最短工作時間。这样就得到下列公式：

每段最短工作時間 = $\frac{\text{每层总工作量} \times \text{最小工作面}}{\text{每层总工作面} \times \text{劳动效率}}$ [見第 9 頁式(b)]。

以每段最短工作時間代入段数公式，即得到作者所說的最經

济段数:

$$\text{最经济的段数} = \frac{\text{每层总工作面} \times \text{劳动效率} \times \text{停歇时间}}{\text{每层工作量} \times \text{最小工作面}} + 1 \quad (\text{見第9頁式(3)})$$

第9頁式(3))

以上就是“分段平行流水作业法”关于段数公式的基本意見。

为了比較簡明地表示我的看法,先举一个实际例子來說明:

某工地三层混合結構建筑工程,工地上按照工程的結構情况工作量、劳动效率等基本因素,核計的結果,認為各工种采取下列每段工作時間較為恰当:砌磚牆 4 天;支模板 2 天;紮鋼筋 2 天;澆灌混凝土 1 天;混凝土凝固時間 3 天。扣除搭接時間以后,每段鋼筋混凝土樓板作業時間共 6 天,即“停歇時間”为 6 天(包括混凝土的凝固時間)。

按照“分段平行流水作业法”的段数公式計算結果如下:

$$\text{段数} = \frac{6}{4} + 1 = 2.5。$$

若采用 2 段流水,則鋼筋混凝土各工种感到時間太紧(每段工作時間只有 4 天),只好把每段砌磚時間拉長为 6 天。这样,步距为 6 天,工期为 36 天,施工指示图表如表 3 所示:

表 3

进度	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
一				2	4	5			2	4	5							
二						2	4	5				2	4	5				
三序	施工过程的连续情况																	
砌磚牆 1																		
支模板 2																		
紮鋼筋 3																		
澆灌混凝土 4																		

由表 3 看出,由于把每段瓦工砌墙时间当作流水步距,使木工和钢筋工每工作 2 天就要中断 4 天;混凝土工每工作 1 天就要等待 5 天。

因此,完全有理由说,这样计算段数,并没有在工作面上满足各工种连续施工的需要,除了瓦工能够配称为流水施工以外,其他各工种都是不配称为流水施工。

如果采用 3 段流水,则钢筋混凝土各工种每段工期共 8 天,即停歇时间为 8 天,这样工期为 36 天,流水步距是 4 天,其施工指示图表如表 4:

表 4

工段	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
一			2	3	4	3		1	2	3	4	5						
二				1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1		
三						1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1
施工过程的连续情况																		
砌砖墙 1																		
支模板 2																		
系钢筋 3																		
混凝土 4																		

由表 4 看出,钢筋混凝土各工种的人力、物力使用上较两段流水为好,这是由于这些工种每段工作时间与流水步距的长度接近了一些。支模板工每工作 3 天,要中断 1 天;系钢筋工每工作 2 天,要中断 2 天;混凝土工每浇灌 1 天,要中断 3 天。因此,段数仍然没有满足各工种流水施工的需要。

如果我们采用下列公式:

$$\text{段数} = \frac{\text{循环周期}}{\text{流水步距}} \text{或段数} =$$

各工种一段工作時間总和—搭接時間总和
流水步距

循环周期即上下兩层同一段同工种开工時間的間隔，

循环周期 = $4 + 2 + 2 + 1 + 3 - \text{搭接時間总和} = 10$ 天，

設流水步距为 2 天，

則段数 = $\frac{10}{2} = 5$ 。

工期 $R = r + (N - 1)n = 4 + (5 \times 3 - 1) \times 2 = 32$ 天，

式中： r —工种每段工作時間； N —总层段数； n —流水步距。

施工指示图表如表 5：

表 5

流水段	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
一			2	4				2	4							
二				2	4				2	4						
三					2	4				2	4					
四						2	4				2	4				
五							2	4				2	4			
施工进度计划图																
砌墙																
支模板																
绑钢筋																
浇混凝土																

采用 5 段流水作业以后，各工种每段工作時間 都是比較相宜的，除混凝土每澆灌 1 天要中断 1 天以外，其他各工种都达到了真正的流水施工，使支模板、绑鋼筋做到了專門予制和專門安裝。結果該工地采用了 5 段流水施工方案。

如果把流水步距縮短为 1 天，則段数为 10，工期为 33 天，各工种每段工作時間都可以等于步距 或为步距的倍数，因而各工种都

① 此公式本人在“混合結構建築工程的平行流水作業法”一文中已證明，該書已在建築工程出版社出版，故此處不再重複。

能达到連續施工。

这种流水作业組織方法，最适用于多幢标准單元設計的民用建筑和具有統一柱網的廠房建筑。

“分段平行流水作业法”中的段数公式的局限性，在于：首先它只能使瓦工做到連續施工，其他各工种往往就不能連續施工。段数不足以滿足各工种流水施工的要求。

其次，按照最經濟段数公式所求出的段数，不見得就能得到最短工期，因为工期主要决定于段数和流水步距。瓦工每段砌磚時間的長短对工期有影响，但不是决定性的影响。

第三，每段最短工作時間公式可适用于鋼筋混凝土各工种，不适用于瓦工。这是瓦工的施工特点所决定的。这样最經濟段数公式失去了可靠的基础（这一点在“混合結構建筑工程的平行流水作业法”一文中已有說明）。

第四，由表3和表4可以看出，当前一段磚牆砌至平口，才开始砌第二段，相鄰兩段砌体高度相差，是一层房屋的高度。由表5看出，相鄰兩段砌体高度相差，是每层高度的 $\frac{1}{2}$ ，甚至只有一步架高或更少些。这样对保證質量和施工操作是比較方便的。

2. 受到限制的分段。

分段时受到限制的因素是很多的，例如受伸縮縫的限制、建築物結構的特殊、相同建築面積之內具有相差悬殊的工程量等。这些因素使流水施工的組織工作复杂化。

流水單元內，各段使用相同品种的材料和構件、相同的施工程序和方法。具有不相同的工作量建築物称为非同型建築物。我們經常会遇到这种情况。这时，分段的首要因素是保證工程質量，可以順着建築物的自然結構情况进行分段。

組織非同型建築物的流水作业时，基本矛盾是：如果某工种工人在各段上的工作時間都相等，这时流水步距是固定的，但会引起

劳动組織經常變更，当工人流到工作量較大的段时要增加人数，工人流到工作量較小的段时要减少人数；如果要求劳动組織保持不变，随着各段工作量的多寡而改变每段工作时间，这样在人力使用上是均衡的，但由于流水步距經常变化，会使工作面使用不均衡，同一段上的各工序之間可能产生一些脱节現象。这种工序之間的脱节現象并不会影响工人和设备使用的均衡性和連續性，只会使工期長一些。

一般地說，在組織非同型对象流水作业时，尽可能使劳动組織保持不变，按各段工作量的多少而改变各段的工作时间。

“分段平行流水作业法”早已肯定了这个原則：“每段工程不相等，在劳动量固定的情况下，每段工作时就不相等”。“所以每段工程数量不相等时，按等量分段計算方法得出的結果是不适用的”。

苏联亦有这条經驗，“最好是使工人人数保持不变，而变动流水步距的大小……”（施工組織設計參考資料36頁），“建筑工程的流水作业主要是保持小队中工人的固定性和劳动力需要上的严格均衡性。因此，为了保持这个条件，我們可以得出結論：各專業小队在不同劳动量的工程上工作的時間是不一样的。換一句話說，在此种情况下，流水作业的步距將是不固定的”（流水作业建筑房屋的基本原則）。

近几年来我国施工实践能够証明上述原則是正确的。

但亦有某些同志对固定人力和均衡施工意义認識不足，以同型建筑物的組織方法对待非同型建筑物，各段工作相差悬殊，仍規定同样的工作時間。他們的理由是附屬加工場可以起調剂作用，这种对附屬加工場的單純依賴思想，就使各附屬加工場機構龐杂和施工管理的混乱。

非同型建筑物是按結構条件分段的，段数不是利用公式計算的結果。