

Discussion on the Method of Preparing the Schedule of a Time-Limited Unit Project

Jiaojiao Chen

Department of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing Jiangsu
Email: 528954919@qq.com

Received: Sep. 2nd, 2016; accepted: Sep. 20th, 2016; published: Sep. 23rd, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Construction projects have the features of long duration and multiple links. Three objections, quality, cost and schedule, are mutually restrictive. How to shorten the construction period and reduce construction cost under the premise of guaranteeing quality is key to construction organization design. The flow construction integrated these three objectives by proper planning, and it has become an important means of preparing the schedule of a project time limited. This paper taking the first training building in Huaiyin Medical School, analyzed the key points of shortening the construction period. In the end, we discussed how to apply the theory of flow construction to prepare the schedule of a time-limited unit project.

Keywords

Flow Construction, Severe Pressure, Application Key Points, Case Study

工期紧迫型单位工程进度计划编制方法讨论

陈娇娇

东南大学土木工程学院, 江苏 南京
Email: 528954919@qq.com

收稿日期: 2016年9月2日; 录用日期: 2016年9月20日; 发布日期: 2016年9月23日

摘要

工程建设项目周期长、环节多，质量、成本、工期三大目标相互制约，如何在保证质量的前提下缩短工期、降低建设成本成为编制施工组织设计的关键。流水施工通过合理的规划，统筹工程建设的三大目标，成为了工期紧迫型单位工程编制进度计划的重要手段。本文结合淮阴卫校1号实训楼特点，分析了流水施工缩短工期要点，探讨如何运用流水施工理论来编制工期紧迫型单位工程进度计划。

关键词

流水施工，工期紧迫，编制要点，案例分析

1. 引言

流水施工作为一种高效、科学、合理的施工组织方式，近年来在工程进度计划编制过程中得到广泛应用，它施工连续性强、专业化程度高，对于工期紧迫型单位工程缩短工期、合理配置资源有很大帮助。

2. 文献综述

已有文献大多针对常规工期计划，而对工期紧迫型单位工程研究仍不多。李建成(2007) [1]指出进度目标是三大目标的中心，在编制进度计划时只有统筹考虑人员、机械、材料等因素才能确保进度计划的正常实施；卢乃荪(2011) [2]认为单位工程的施工进度计划应该包括工艺参数、空间参数、时间参数等，其中位居首要的是工艺参数中施工过程的合理安排；黄汉澄(2009) [3]认为流水施工在建筑工程管理中取得很大的技术经济效果，合理组织流水施工能在节约成本的同时起到缩短建设工期的效果。陈清树，周霞(2012) [4]分析了流水施工和平行施工、依次施工的优缺点，并给出了建筑工程进度计划编制中流水施工形式的确定方法。

目前，国内关于应用流水施工来编制施工进度计划的理论相对成熟，但是大多局限于流水施工经济效果分析和一些关键参数的研究，缺少对于缩短工期方法综合分析。本文将结合淮阴卫校1号实训楼进度计划编制，讨论工期紧迫型单位工程如何运用流水施工的理论实现工期的合理安排。

3. 单位工程流水施工组织方法

3.1. 概念

流水施工是指工程项目按照施工原理划分为一定的施工过程，根据工程特点划分施工区段，并成立相应的作业班组，各施工班组按照一定的时间间隔依次进行施工，使得所有施工过程可以连续、均衡地进行，不同的施工过程尽可能实现平行搭接的一种施工组织方式。

组织单位工程流水施工时，应该包括该工程对象可以划分为那些分部工程，每个分部工程怎样划分流水段，有哪些施工过程，各分部工程先后施工工艺顺序，如何组织平行搭接流水施工等[5]。

3.2. 流水施工进度计划编制

3.2.1. 熟悉并审查施工图纸，调查施工条件

合理的施工进度计划是建立在对施工现场勘察、调研的基础上，施工单位项目部技术负责人应及时组织相关人员熟悉、审查图纸，积极参加图纸会审和技术交底，同时做好施工现场调查工作，为编制进度计划做好资料上的准备。

3.2.2. 划分施工过程并计算工程量

工期紧迫型单位工程对工程量计算的精度要求更高，为方便进度计划的编制，在计算工程量时应该注意以下几个问题：

- 1) 注意工程量的计算单位，单位一致时在计算劳动量、材料量、机械台班数时可直接套用定额。
- 2) 工程量的计算应结合所选定的施工方法和相应措施，使计算的工程量与实际工程量更接近，工程进度计划的制定更准确。
- 3) 工程量的计算应按照分区、分段、分层的方式计算，为进度计划安排流水施工时，分层的劳动量、材料量安排提供更直接的数据。

3.2.3. 套用施工定额，确定各施工过程的劳动量和机械台班量

根据所划分的施工项目和选择的施工方法，套用施工定额，从而确定劳动量及机械台班量。水、暖、电、设备等工程项目，在编制施工进度计划时，不计算劳动量和施工机械台班数，水暖电一班在土建施工过程中穿插进行，仅需要表示出与土建的搭接配合关系。

3.2.4. 确定工作班制和施工过程持续时间

在编制单位工程进度计划时，要根据施工规范、施工进度安排和施工班组人数选择合适的工作班制。通常情况下采用一班制，工期紧迫型单位工程为加快进度，采用两班制施工。但是如混凝土浇筑这种需要连续作业的施工过程，安排三班制连续施工。根据施工条件和施工工期不同，计算每个施工过程持续的时间。

3.2.5. 编制进度计划的初始方案

在编制进度计划初始方案时，重点应按流水施工组织形式，合理安排各分部分项工程施工顺序，在主要分部工程按照流水施工的情况下，尽可能使其他分部工程组织流水施工或者与主要分部工程搭接施工。

3.2.6. 检查并调整施工进度计划初始方案

工期紧缩型单位工程，工期要求远远高于工期定额，初始的进度计划可能达不到合同工期的要求，所以往往需要通过改变施工过程的顺序或者降低持续时间来缩短工期。同时，在调整时要注意劳动量消耗的均衡性，根据班组人数绘制劳动量消耗图，防止窝工情况出现。

4. 工期紧迫型单位工程流水施工组织要点

4.1. 划分施工过程和施工段

1) 确定主导施工过程

施工过程数是指参与流水施工的施工过程数目，用 n 表示。需要注意的是施工过程分为建造类施工过程、运输类施工过程和制备类施工过程，运输和制备类施工过程一般不占用施工对象工作面、不影响工期，所以不列入施工进度计划中。

组织楼层施工时，要注意施工对象的层间关系，因为上一层楼的施工必须待下一层结构完成后才能开始，所以当有楼层关系施工段划分最小数目应满足： $m \geq n$ ，否则施工班组不能连续作业，将轮流出现窝工现象。解决这一问题的关键在于确定主导施工过程，即工程量最大的施工过程，在确定流水节拍时将其他施工过程合并为一个施工过程。

2) 增加施工段数目。

施工段是指工程在同一平面上按照劳动量大致相等的原则被划分成的若干个施工区域，用符号 m 表

示。划分施工段是为了同一时间不同施工班组能够在不同施工段作业，减少由于施工面不能共用原因而导致的窝工、等待现象。

工期紧迫的单位工程进度计划在划分施工过程和施工段的时可以从以下两点着手：

施工段数目少会导致人、材、机供应集中，因此在满足工作面作业要求的前提下，适当增加施工段的数目可以起到缩短工期的效果。以全等节奏流水施工为例，工期 $T = (m + n - 1)K$ ，当划分的施工段数目由 m 变为 xm 时，假定其他情况不变，此时工期 $T = (xm + n - 1)\frac{K}{x} = mK + \frac{nK}{x} - \frac{K}{x}$ ， $\Delta T = \frac{K}{x} - \frac{nK}{x}$ ， $n \geq 1$ ，所以 $\Delta T \leq 0$ ，工期缩短。但是，施工段过多也会导致施工程序变得复杂，最终使工程工期延长，所以在编制进度计划时，确定合理的施工段是必要的。

4.2. 缩小流水节拍

流水节拍是指施工班组完成某一施工过程所需的时间，用符号 t_i 表示。流水节拍的大小决定了施工过程的持续时间、施工的速度，因此合理的流水节拍对于工期紧迫型单位工程具有重要意义。工期紧迫型单位工程可以通过减小流水节拍的方法来缩短工期，适当增加施工段上的施工班组，缩短每个施工过程持续时间。但是要注意施工班组人数不能过多，每个人的工作面应符合最小工作面的要求。

4.2.1. 工期倒排进度法

编制工期紧迫的单位工程进度计划时，如果合同工期是已知的，确定流水节拍可以采用工期算法，通过工期来倒排进度安排，先确定主要的、大工程的流水节拍，在确定其他施工过程的流水节拍。

4.2.2. 最短作业持续时间法

在工期紧迫的情况下，目标工期未知时，确定最短的工期可以采用最短作业持续时间法。在没有其他限制条件的情况下，根据国家施工规范和技术标准规定的要求组织施工，确定每道施工工序由于施工规律很自身要求所必须的时间即最小的流水节拍，从而进一步确定最短工期。如主体结构施工时，在质量标准合格的条件下，混凝土强度达到规定强度需要一定的养护时间，养护时间随温度升高而降低，平均而言，完成一层结构的标准施工时间为 6 天，结构施工的最短工期为 $6n$ 。

4.3. 选择合适的流水施工组织形式

按照流失施工节奏的不同，流水施工分为有节奏流水施工(全等节拍流水施工、成倍节拍流水施工和异节拍流水施工)和无节奏流水施工。

4.3.1. 各种流水施工形式的组织条件

- 1) 全等节拍流水施工适用于每一个施工过程在各个施工段上流水节拍都相等的情况。
- 2) 成倍节拍流水施工适用于同一施工过程在各个施工段的流水节拍相等，不同施工过程的流水节拍不完全相等，但是存在公约数关系的情况。
- 3) 异节拍流水施工适用于同一施工过程在各个施工段上的流水节拍相等，不同施工过程之间流水节拍不等的情况。
- 4) 无节奏流水施工也叫分别流水施工，同一施工过程在各个施工段上流水节拍不完相等。

4.3.2. 优化异节拍流水施工

在绘制流水施工进度计划图的时候我们会发现，如果前后两个施工过程的流水节拍相差过大，流水步距便会增大，同样工期也会增长。因此在其他条件都允许的情况下，可以通过优化异节拍流水施工、增加施工班组的人数和班次来缩短工期。

4.4. 调整施工段顺序减小流水步距

在上述各种流水施工的基本方式中，由于受到工程量大小和施工工艺要求，等节拍和异节拍流水往往只能在一个分部或者分项工程中组织，但是对于单位工程，各个施工过程施工段采用相同的流水节拍难度很大，无节奏流水施工在施工进度上安排灵活，应用更广泛。然而无节奏流水施工通常存在流水步距差异大的问题，一个减小流水步距的有效办法就是满足施工工艺要求的前提下，调整施工过程中各个施工段上的施工顺序。

例如某单位工程划分为4个施工段a、b、c、d，装饰工程施工划分为I、II、III三个施工过程，流水节拍见表1。

正常施工顺序为a-b-c-d。此时，计算出流水步距 $K_{I,II} = 4, K_{II,III} = 4$ ，施工工期为18天，优化其施工工序后，按照b-d-a-c的顺序来施工，此时计算出流水步距 $K_{I,II} = 2, K_{II,III} = 2$ ，流水步距缩短，总工期为14天，工期大大缩短。

5. 案例应用

5.1. 工程概况

淮阴卫校1号实训楼，为五层框架结构，总建筑面积28,448 m²，基础为钢筋混凝土独立基础，主体工程为现浇框架结构，砌体工程采用加气混凝土砌块。屋面防水主要为屋面刚性层和卷材防水，装饰装修工程主要为包括水磨石、花岗石楼地面、石材踢脚线、内墙抹灰、外墙贴面砖装饰等过程。

由于学校开学，实训楼必须投入使用，开工时间为2014年12月1号，施工合同工期仅为200天，远远低于定额工期330天，本工程为工期紧迫型单位工程，进度计划安排难度大，现采用流水施工原理组织施工(表2)。

5.2. 工期紧迫型单位工程进度计划

本单位工程各分部的劳动量差异大，因此先分别组织各分部工程的流水施工，然后再考虑各分部工程之间的搭接问题。在这里只具体介绍一些主要施工过程的计算和安排，施工准备和零星工程根据主要施工过程的工期和劳动力调整，在这里不做叙述。

本工程施工工期不能超过200天，在这种情况下，初步估算，基础工程工期约为25天，主体工程工期约为70天，屋面工程工期约为20天。并在此基础上，确定流水节拍和施工班组。为了加快进度，本工程进度安排多采用二班制施工。

5.2.1. 基础工程

考虑到施工现场运输和施工方便，根据施工缝将基础工程平面上划分为4个施工段($m = 4$)，每个施工段工程量基本相等。基础工程的主要施工过程为大开挖(支挡土板)→混凝土垫层→绑扎基础钢筋→支基础模板→浇筑混凝土→基础梁施工→回填土。其中大开挖(支挡土板)和回填土采用机械开挖和回填，考虑

Table 1. The frequency of continuous construction for a project

表1. 某工程流水节拍

施工过程	施工段			
	a	b	c	d
I	4	1	3	2
II	4	2	1	3
III	1	3	2	4

Table 2. Labor and quantities of the main construction process
表 2. 主要施工过程劳动量、工程量

项目名称	工程量	工日/台班	备注
挖土方	25,286 m ³	24	机械挖土
	27,960 m ²	116	支挡土板
回填土	11,769 m ³	62	机械
垫层	400.1 m ³	64	人工
独立基础	1388.15 m ²	290	模板
	110.73 t	292	钢筋
	2913.09 m ³	320	混凝土
基础梁	415.05 m ³	540	总工日
	61,468 m ²	10,685	模板
	1534.6 t	4247	钢筋
柱、梁、板、梯	8173 m ²	2234	混凝土
	4525 m ³	1935	总工日
	6551 m ²	240	总工日
屋面刚性层	6262 m ²	500	总工日
屋面保温隔热	6550.98 m ²	159	总工日
卷材防水	25,182 m ²	2518	总工日
天棚吊顶	34,876 m ²	2704	总工日
内墙装饰	23,105 m ²	8334	总工日
楼地面、梯面	12,415 m	840	总工日
踢脚线	8704 m ²	1648	总工日
外墙装饰			

到工作面及土方运输上的需要，不纳入流水施工过程，垫层劳动量小，为了不打乱流水节拍影响其他施工过程的流水施工，垫层施工不纳入流水。在以上施工过程中，参与流水施工的施工过程有 4 个，即 $n = 4$ ，组织全等节拍的流水施工。

基础绑扎钢筋劳动量为 292 个工日，施工班组人数为 20 人，采用二班制施工，其流水节拍为：

$$t_{\text{钢筋}} = \frac{292}{4 \times 20 \times 2} = 2 \text{天}，其他施工过程的流水节拍均取 2 \text{天}。每个技工工作面约 30 \text{m}^3 > 8 \text{m}^3。$$

基础支模板 290 个工日，采用二班制施工施工班组人数为：

$$R_{\text{模板}} = \frac{290}{4 \times 2 \times 2} = 18 \text{人}$$

混凝土劳动量为 320 个工日，采用二班制施工施工班组人数为：

$$R_{\text{混凝土}} = \frac{320}{4 \times 2 \times 2} = 20 \text{人}$$

同理计算基础梁施工，共需要劳动量为 540 个工日，两班制施工，施工班组人数为

$$R = \frac{540}{4 \times 2 \times 2} = 34 \text{ 人流水工期计算: } T = (m + n - 1) \times K = (4 + 4 - 1) \times 2 = 14 \text{ 天}$$

土方开挖施工过程, 夜间进行土方开挖和余土外运, 白天支挡土板施工。土方开挖 24 个工日, 用 4 台挖土机二班制施工, 支挡土板 116 个工日, 一班制作业, 则流水节拍为:

$$R_{\text{挖土}} = \frac{24}{4 \times 2} = 3 \text{ 天,}$$

$$R_{\text{支挡土板}} = \frac{116}{3 \times 1} = 40 \text{ 人}$$

混凝土垫层 64 个工日, 32 人二班制施工, 其流水节拍为:

$$R_{\text{垫层}} = \frac{64}{32 \times 2} = 2 \text{ 天}$$

回填土 62 个台班, 采用 3 台推土机和 5 台蛙式打夯机 (配合人工) 二班制施工 3 天。

考虑混凝土浇筑和基础回填土的间隔时间为 7 天, 则基础工程的工期为:

$$T_1 = 3 + 2 + 3 + 7 + 14 = 29 \text{ 天}$$

5.2.2. 主体工程

主体工程施工包括柱、梁、板、梯的钢筋、模板、混凝土, 砌加气混凝土砌块等施工过程, 其中搭脚手架、拆模板、砌加气混凝土砌块属于平行穿插施工过程, 只根据施工工艺要求尽量搭接施工即可, 不纳入流水施工。

在编制进度计划时, 根据施工工期和具体气候条件, 考虑在无其他条件限制情况下的最短施工工期。混凝土强度达到标准的养护时间受温度影响大, 本工程主体结构混凝土浇筑多在秋冬季, 受到气温影响很大, 根据相关资料计算, 完成以上施工过程的最短施工时间为 10 天, 因此框架结构主体施工时间 $T = 50$ 天。

在无资源条件限制时, 考虑二次结构施工, 根据混凝土养护时间要求, 完成单位面积下的二次结构施工工期为 5 天[6]。由于加气混凝土砌块的施工可以在各个施工段同时展开, 所以不需要单独考虑加气混凝土砌块施工时间。

二次结构施工时间很大程度上受到主体结构顶层拆模时间的影响, 因此考虑顶层混凝土的养护和拆模时间, 淮安地区秋冬季节气温较低, 综合考虑秋冬季节混凝土要在 12 天达到可以拆模强度。所以二次结构施工时间为 $T = 12 + 5 = 17$ 天。

主体工程的工期为 $T_2 = 50 + 17 = 67$ 天。

5.2.3. 屋面工程

屋面工程包括屋面保温隔热, 屋面刚性层和卷材防水层三个施工过程。考虑防水要求高, 屋面施工过程不划分施工段, 采用依次施工的组织方式。

屋面保温隔热层劳动量为 500 个工日, 施工班组人数为 30, 二班制施工, 其施工持续时间为:

$$t_{\text{保温}} = \frac{500}{30 \times 2} = 8 \text{ 天}$$

屋面刚性层劳动量为 240 个工日, 30 个人二班制, 其施工持续时间为:

$$t_{\text{刚性层}} = \frac{240}{30 \times 2} = 4 \text{ 天}$$

屋面刚性层完成后，安排 7 天的养护和干燥时间，再进行屋面防水层的施工，防水层所需 159 个工日，安排 30 个人二班制，其施工持续时间为：

$$t_{\text{防水}} = \frac{159}{30 \times 2} = 3 \text{天}$$

$$T = 8 + 4 + 7 + 3 = 22 \text{天}$$

5.2.4. 装饰工程

装饰工程主要包括天棚吊顶、内墙涂料、外墙贴面砖、楼地面、楼梯面层等施工过程。考虑到装饰工程本身特点，同时减少清理和重复工作，本施工计划总体采用自上而下、由内到外的施工流向，天棚抹灰→内墙面装饰→楼地面、梯面→踢脚线→外墙贴面。

考虑施工工期紧迫，吊顶施工工程量大，安排龙骨吊顶施工穿插进行，不占用总工期。把每层房屋看做一个施工段，共有 5 个施工段，根据劳动量大小，将墙面涂料作为主导施工过程，组织异节拍流水施工。

天棚抹灰劳动量为 93 个工日，和整个施工劳动量相比太小，因此把天棚抹灰和内墙装饰合为一个施工过程。内墙面装饰劳动量为 2704 个工日，施工班组人数为 55 人，二班制施工，其流水节拍为：

$$t_{\text{抹灰}} = \frac{2704}{5 \times 55 \times 2} = 5 \text{天}$$

楼地面、梯面的劳动量为 8334 个工日，施工班组人数为 75，二班制施工，其流水节拍为：

$$t_{\text{地面}} = \frac{8334}{5 \times 75 \times 2} = 11 \text{天}$$

踢脚线的劳动量为 840 个工日，施工班组人数为 30 人，二班制施工，流水节拍为：

$$t_{\text{踢脚线}} = \frac{840}{5 \times 40 \times 2} = 2 \text{天}$$

外墙贴面装饰施工劳动量为 1648 个工日，施工班组人数为 40 人，二班制施工，其流水节拍为：

$$t_{\text{外墙}} = \frac{1648}{5 \times 40 \times 2} = 4 \text{天}$$

天棚吊顶属于穿插施工，不占用总工期。计算施工过程流水步距为：

$$K_{\text{抹灰、地面}} = 5 \text{天}$$

$$K_{\text{地面、踢脚}} = 47 \text{天}$$

$$K_{\text{踢脚、外墙}} = 2 \text{天}$$

考虑到施工工艺上的要求，抹灰砂浆需要养护时间，腻子涂料等施工有遍数要求，且每次施工后均需要大概一天的干燥时间，所以考虑施工技术组织间歇时间为 6 天。

此时计算工期：

$$T_4 = \sum K_{i,i+1} + mt_n + \sum Z_{i,i+1} = 5 + 47 + 2 + 5 \times 4 + 6 = 80 \text{天}$$

改进：装饰工程的施工顺序可以有所调整，考虑到地面和踢脚线之间流水步距较大，将踢脚线和外墙贴面的顺序调换。

$$K_{\text{抹灰、地面}} = 5 \text{天}$$

$$K_{\text{地面、外墙}} = 39 \text{天}$$

$$K_{\text{外墙、踢脚}} = 12\text{天}$$

$$T_4 = \sum K_{i,i+1} + mt_n + \sum Z_{i,i+1} = 5 + 39 + 12 + 2 \times 5 + 6 = 72\text{天}$$

工期缩短 8 天。

装饰过程一般要等主体工程施工结束、屋面工程做好防水后才开始，本工程为工期紧迫型单位过程，为了缩短工期，装饰工程安排在在主体工程五层施工完成时进行，这样装饰工程和主体工程有 25 天的搭接时间。

5.2.5. 总工期

本工程主要施工过程的施工工期为： $T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 - C = 158\text{天}$ 。距总工期还剩 42 天，其他测量放线场地平整时间、管线预埋时间、零星工程施工时间、竣工验收资料准备时间根据工程施工实际情况合理安排。

6. 总结

工期紧迫型单位工程的目标工期远远小于定额工期，其施工进度计划的编制对工程整体施工过程的安排也提出了更高的要求。在运用流水施工技术时，通过增加施工段、确定最小流水节拍、合理安排施工顺序等方法可以极大地缩短工期，这也为工期紧迫型单位工程编制进度计划提供了有效的办法。此外，在编制进度计划后，还应该编制编制资源、劳动力使用计划，进行资源供应平衡程度判别，并据此调整进度计划，使进度计划更符合施工实际需要，从而减少施工阶段因为工程延误带来的经济损失。

参考文献 (References)

- [1] 李建成. 施工项目中的进度计划与控制研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2007.
- [2] 卢乃菀. 单位工程施工进度计划中施工过程的合理安排[J]. 企业技术开发, 2011, 30(7): 178-179, 195.
- [3] 黄汉澄. 建筑工程施工现场的流水施工[J]. 中国科技财富, 2009(8): 34.
- [4] 陈清树, 周霞. 建筑工程施工组织设计中流水施工形式的确定[J]. 泸州职业技术学院学报, 2012(2): 63-67.
- [5] 张新华, 范建洲. 建筑施工组织设计[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008: 60-80.
- [6] 李冰利. 建筑工程项目施工工期与资源配置研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 清华大学, 2009.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ass@hanspub.org