

小流域水土保持综合治理定序模式 (PERT 网络分析)

胡志勇 程颐农

(青海省水土保持局·西宁市·810001)

摘 要 应用网络技术对小流域水土保持综合治理的各项工作进行合理科学安排,制定进度日程计划,求得小流域综合治理 33 道工序各自的最早开工时间、最迟开工时间,机动时间以及关键线路项目和总完成工期。通过计算得出关键工序 17 道(必须在某一时间开工或完工),非关键工序 16 道(有一定的机动时间,在一定的时间范围内可以提前或推后开工和完工),完成小流域综合治理共需 5 年零 50 天。

关键词 网络技术 网络图 工序 关键线路

Sequence Model of Comprehensive Control for Soil and Water Conservation in Small Watershed (PERT Network Analysis)

Hu Zhiyong Cheng Yinong

(Soil and Water Conservation Bureau in Qinghai Province, Xining 810001)

Abstract Using network technique (PERT), all practices of comprehensive control for soil and water conservation in small watershed are arranged scientifically, and daily schedule is worked out. The earliest and latest starting time, reserve time, and key course, and total completing time for 33 working procedures is gotten. Through calculation, key working procedures are 17 (they should be started or completed in certain time) and non-key ones have 16 (they have times kept in reserve, in the certain time, those project are completed before or after), completing comprehensive control for small watershed needs 5 years and 50 days.

Key words network technique network map working procedure key route

1 引 言

在小流域综合治理中,存在着合理优安排有关的治理措施和工作项目问题。对于由不多的项目组成的任务,根据经验或直观判断就能使各项工作得到较合理的安排。但是,对于小流域水土保持综合治理项目,所需完成的工作种类繁多,完成过程错综复杂,且参加单位涉及许多方面,关系十分复杂。要有效地完成这样的复杂项目,不但要解决一系列科学技术性工作,而且还必须对它所包括的项目和需要的人员、设备等进行合理组织,做好统筹安排和计划。

过去,在小流域综合治理中,制定治理计划时,多采用经验和表格等方法表达,这种方法虽中有直观易懂等优点,但是还存在着一系列缺点,不易明显地看出各工作项目之间相互依存与制约的关

系,不易看出某项工作推迟或提前对整个计划的影响,以及各项工作可以进行调整的潜力,因而,不便于对计划进行控制和调整。应用“网络计划技术(PERT 网络)方法”可以解决上述问题,得到工作进程的优化方案。

2 基本原理和方法概要

网络计划技术的基本原理是:用网络图来表示生产和工程的进展,计算各项活动(也称作业生产或工序)的有关时间参数,使管理者对全局有一个比较完整清晰的了解,并通过网络分析制订日程计划,以求得完成工期、劳力、土地等资源安排和投资的优化方案。

2.1 建立数学模型

网络分析主要是编制网络图或“工序明细表”。在绘制一个项目的 PERT 网络图时,首先要把整个项目分解成若干道工序,并确定工序的长度(时间),然后根据项目进程确定各项工序之间的顺序关系。

网络 $N=(V, E, W, S, t)$ 代表一个项目的顺序关系,源 S 表示项目的总开工事项,汇 t 表示项目的总完工事项, $W(E)$ 表示工序 E 的长度(或时间)。

2.2 时间参数的计算

网络计划时间参数有:①各项工序的最早可能开始和最早可能结束时间;②各项工序最迟必须开始和最迟必须结束的时间;③时差或自由时差(机动时间);④线路时间。

通过对时间参数的计算,可以确定项目的工期及进度,确定哪些是控制工期的关键工序和关键路线,确定非关键工作,允许延迟或提早的自由时间。

2.2.1 最早时间($t_E(K)$)计算 最早时间表示工序 K 最早可在第1工序开工 $t_E(K)$ 天后(即在第 $t_E(K)+1$ 天)执行。公式为

$$\begin{cases} t_E(1) = 0 \\ t_E(K) = \max[t_E(i) + W_{ik} | i < k, (i, k) \in E] \end{cases}$$

式中 $t_E(i)$ 为顶点1到顶点 i 的最长时间。 W_{ik} 为工序 (i, k) 的时间。

2.2.2 最迟时间($t_L(K)$)计算 最迟时间是表示在不误总工期的前提下,作为开工工序 K 最迟应在整个项目开工 $t_L(K)$ 天后($t_L(K)+1$)执行。公式为

$$\begin{cases} t_L(n) = T_E \\ t_L(k) = \min[t_L(i) - W_{ki} | i > k, (i, k) \in E] \end{cases}$$

T_E 为总工期; n 为项目的最后一道工序; W_{ki} 为工序 (k, i) 的时间; $t_L(i)$ 为总工期与顶点 i 到顶点 n 的时间。

2.2.3 工序总时差和自由时差计算 工序 (i, j) 的总时差用 $R(i, j)$ 来表示,它表示在不误总工期的前提下,工序 (i, j) 的开工日期有多少机动时间。公式如下

$$R(i, j) = t_L(j) - t_E(i) - W_{ij}$$

工序自由时差用 $r(i, j)$ 表示,它表示在不误下道工序的最早开工日期的前提下,工序 (i, j) 的开工日期有多少机动时间,公式如下

$$r(i, j) = t_E(j) - W_{ij}$$

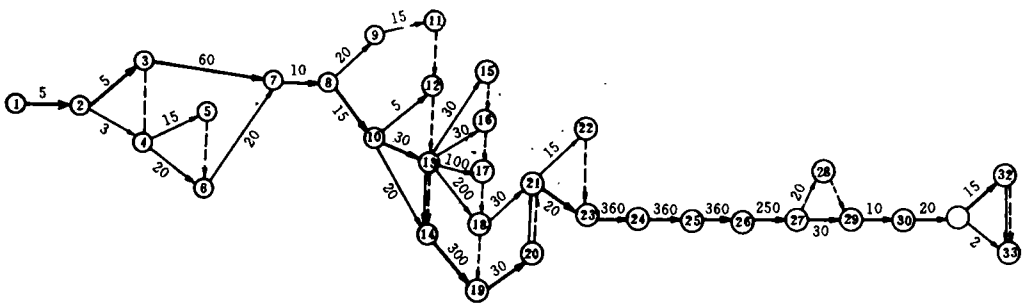
2.2.4 关键线路的确定 若 $R(i, j)=0$, 则工序 (i, j) 为关键工序,若 $T_L(k)=t_E(k)$, 则事项 k 为关键事项。把关键工序和关键事项组成的路线称为关键路线。关键路线确定了整个项目的总工期和各个关键工序的开工、完工时间。

3 小流域水土保持综合治理定序

把小流域综合治理做为一个总项目,可以分解为从选点、规化、治理、总结到验收等33道工序。根据小流域水土保持技术规范(SD238—87)和小流域综合治理实践经验,计算确定完成各道工序所需时间和各道工序之间的顺序关系,建立数学模型,即制定小流域水土保持综合治理工序明细表(表1)和绘制小流域水土保持综合治理 PERT 网络图(附图)。

表1 小流域水土保持综合治理工序明细表

序号	工 序	工序代号	相关事项	工序时间 (天)
1	选点(小流域点)	a	①→②	5
2	制定水土保持规划提纲	b	②→③	5
3	收集、准备资料材料仪器(规划用)	c ₁	②→④	3
4	调查、测绘	d	④→⑤	15
5	分析、计算	e	④→⑥	20
6	编写规划报告	f ₁	③→⑦	60
7	编写规划报告	f ₂	⑥→⑦	20
8	成立治理机构、培训人员	H	⑧→⑨	20
9	上报审批、列项	C ₁	⑦→⑧	10
10	制定年度治理实施计划	I ₁	⑧→⑩	15
11	准备治理的材料、仪器等	G ₂	⑨→⑪	15
12	计划的审查、批准、拨款	G ₂	⑩→⑫	5
13	各项措施的具体设计	J ₁	⑩→⑬	30
14	科研试验研究设计	J ₂	⑩→⑭	20
15	造林措施的布设与施工	K ₁	⑬→⑮	30
16	种草措施的布设与施工	K ₂	⑬→⑯	30
17	梯田的布设与施工	K ₃	⑬→⑰	100
18	工程措施的布设与施工	K ₄	⑬→⑱	200
19	科研试验布设、测试	K ₅	⑭→⑲	300
20	科研年度总结	L ₁	⑲→⑳	30
21	年度治理决算和总结	L ₂	⑳→㉑	30
22	制定下一年度治理计划	I ₂	㉑→㉒	15
23	准备下一年治理材料、人员培训等	C ₃	㉑→㉓	20
24	第二年度治理(同上12项至22项)	M ₁	㉓→㉔	360
25	第二年度治理(同上12项至22项)	M ₂	㉔→㉕	360
26	第四年度治理	M ₃	㉕→㉖	360
27	第五年度治理(12项至18)	M ₄	㉖→㉗	250
28	科研成果总结	L ₃	㉗→㉘	20
29	治理成果总结	L ₄	㉗→㉙	30
30	提交验收(鉴定)成果报告	O	㉙→㉚	10
31	自查、初验	P	㉚→㉛	20
32	抽查、复验、鉴定	Q	㉛→㉜	15
33	安排后续工作,提交当地政府管理	R	㉜→㉝	2
	虚工序	X	③→④	0
	虚工序	X	⑤→⑥	0
	虚工序	X	⑪→⑫	0
	虚工序	X	⑫→⑬	0
	虚工序	X	⑬→⑭	0
	虚工序	X	⑮→⑯	0
	虚工序	X	⑯→⑰	0
	虚工序	X	⑰→⑱	0
	虚工序	X	⑱→⑲	0
	虚工序	X	⑲→⑳	0
	虚工序	X	㉑→㉒	0
	虚工序	X	㉒→㉓	0
	虚工序	X	㉓→㉔	0



附图 小流域综合治理网络图

表2 各工序时间参数

序号	工序相关事项	最早开工时间 (天)	最迟开工时间 (天)	时差(天)	是否关键工序
1	①→②	0	0	0	是
2	②→③	5	5	0	是
3	③→⑦	10	10	0	是
4	②→④	5	7	2	
5	④→⑤	10	30	20	
6	④→⑥	10	25	15	
7	⑥→⑦	30	50	20	
8	⑦→⑧	70	70	0	是
9	⑧→⑨	80	90	10	
10	⑧→⑩	80	80	0	是
11	⑨→⑪	100	110	10	
12	⑩→⑫	95	120	25	
13	⑩→⑬	95	95	0	是
14	⑩→⑭	95	105	10	
15	⑬→⑮	125	395	270	
16	⑬→⑯	125	395	270	
17	⑬→⑰	125	325	200	
18	⑬→⑱	125	225	100	
19	⑭→⑲	125	125	0	是
20	⑱→⑳	325	425	100	
21	⑱→㉑	425	425	0	是
22	㉑→㉒	455	460	5	
23	㉑→㉓	455	455	0	是
24	㉓→㉔	475	475	0	是
25	㉔→㉕	835	835	0	是
26	㉕→㉖	1195	1195	0	是
27	㉖→㉗	1555	1555	0	是
28	㉗→㉘	1815	1815	10	
29	㉗→㉙	1805	1805	0	是
30	㉙→㉚	1835	1835	0	是
31	㉚→㉛	1845	1845	0	是
32	㉛→㉜	1865	1865	0	是
33	㉛→㉝	1865	1878	13	
	总工期	1880			

根据网络计划技术和表1与附图数学模型的有关信息数据,首先,计算每道工序的最早开工时间(天),然后计算每道工序的最迟开工时间和时差,通过计算得出各道工序的最早开工时间和最迟开工时间,以及各工序的自由时差(机动时间)(见表2)。其次,比较各工序的时差,从表2可以看出,序号为1、2、3、8、10、13、19、21、23、24、25、26、27、29、30、31、32,对应工序的时差为0,这些工序均没有机动时间可调整,必须在规定时间内开工或完工,否则必将影响下道工序以及总工期的完成。根据 PERT 网络计划技术,确定上述这些工序组成的线路为关键路线,对应的各道工序为关键工序(见附图粗矢线所示路线和连接的工序)。

4 结果分析

通过以上计算分别得出了小流域水土保持综合治理各道工序的最早开工时间、最迟开工时间、各工序时差、关键工序、关键路线及总工期。关键工序共有17道,它们的时间是固定的,一般不可以调整。若要调整,则会改变总工期和其它工序的时间参数。若要不改变总工期而进行调整,就必须重新建立数学模型,绘制网络图,重新计算各工序的时间参数和顺序关系以及关键路线。其它工序(非关键工序)16道,它们均是时差不为0的工序,在各工序的时差范围内,可以适当地提前开工或推迟完工(不影响总工期和其它工序的时间参数)。如序号为11,工序为准备治理的材料、仪器等,最早开工为115天(总工期开始以后的天数),最迟开工为125天,时差为10天,该道工序在总项目开工后第115天到125天之间的任意时间内开工,都不会影响总工期和其它工序,也就是说该道工序有10天的机动时间。

从表2可以看出,工序⑬→⑮、⑬→⑯、⑬→⑰、⑬→⑱时差比较大,机动时间多,主要是这些工序为造林、种草、修梯田、工程措施的布设和施工,它们的时间季节性比较强,不确定因素较多,如面积,树种,立地条件、土壤条件等,可以留出机动时间,因地制宜,因时开工,对总项目不影响的,留出较多的机动时间,有利于工序保质保量完成和小流域综合治理。对于工序造林、种草、梯田、工程措施的布设和施工,每道工序又可以作为一个项目,分为若干道工序,进行 PERT 网络计划计算,这里就不再详述。

对于工序③→⑦和⑥→⑦,都是编定规划报告,但工序③→⑦是在工序调查、测绘之前就可以开始写规划报告,如基本情况、社经、气象条件等,而工序⑥→⑦是必须在分析计算之后才可以写的内容,如水土流失调查、土地利用规划、经济效益预测等。

5 小流域水土保持综合治理定序模式

小流域综合治理,一般可分为三个部分:规划、治理、验收。从表1可以看出,序号7以前的为规划部分,序号9—30为治理部分,序号31以后为验收部分。从表2可以看出,规划部分(包括选点)共需时间为70天,其中关键工序为选点、制定规划提纲、编写规划报告(③→⑦),机动时间的工序为收集资料,准备有关资料仪器、调查测绘、分析计算、编写报告(⑥→⑦)四道工序;治理部分22道工序,共需时间1 765天,其中关键工序11道,非关键工序11道;验收部分3道工序,共需时间35天,关键工序2道。

小流域水土保持综合治理总项目全部完成的总工期为1 880天(5年零50天)。根据表2,各工序的最早开工时间和最迟开工时间,以及时差、关键工序,设小流域综合治理总项目从1992年10月1日开始,制定出小流域水土保持综合治理定序模式各道工序的具体开工时间(包括开工时间范围)和机动时间,完成工期,总工期(表3),计划于1997年10月20日结束。在定序模式中,考虑到地域、气象、种植物生长发育物候期等,小流域综合治理总项目的开工时间可以根据具体情况选定,有些工序可

以在时差范围内调整开工时间(日期)。

表3 小流域水土保持综合治理定序模式表

序号	工序相关 事项	最早开工 日期	最迟开工 日期	机动时间 (天)	工序工期 (天)
1	①→②	1992. 10. 1	1992. 10. 1	0	5
2	②→③	10. 6	10. 10	0	60
3	③→⑦	10. 16	10. 16	0	60
4	②→④	10. 6	10. 8	2	3
5	④→⑤	10. 16	11. 5	20	15
6	④→⑥	10. 16	10. 31	15	20
7	⑥→⑦	11. 31	11. 19	20	20
8	⑦→⑧	12. 9	12. 9	0	10
9	⑧→⑨	12. 19	12. 29	10	20
10	⑧→⑩	12. 19	12. 19	0	15
11	⑨→⑪	1993. 1. 7	1993. 1. 17	10	15
12	⑩→⑫	1. 2	1. 27	25	5
13	⑩→⑬	1. 2	1. 2	0	30
14	⑩→⑭	1. 2	1. 12	10	20
15	⑬→⑮	1. 31	10. 31	270	30
16	⑬→⑯	1. 31	10. 31	270	30
17	⑬→⑰	1. 31	8. 22	200	100
18	⑬→⑱	1. 31	6. 13	100	200
19	⑭→⑲	1. 31	1. 31	0	300
20	⑱→⑳	8. 22	11. 10	100	30
21	⑱→㉑	11. 10	11. 10	0	30
22	㉑→㉒	12. 10	12. 15	5	15
23	㉒→㉓	12. 10	12. 10	0	20
24	㉒→㉔	12. 30	12. 30	0	1年
25	⑭→㉕	1994. 12. 30	1994. 12. 30	0	1年
26	㉕→㉖	1995. 12. 30	1995. 12. 30	0	1年
27	㉖→㉗	1996. 12. 30	1996. 12. 30	0	250
28	㉗→㉘	1997. 8. 6	1997. 8. 6	10	20
29	㉗→㉙	8. 6	8. 6	0	30
30	㉙→㉚	9. 5	9. 5	0	10
31	㉚→㉛	9. 15	9. 15	0	20
32	㉛→㉜	10. 5	10. 5	0	15
33	㉛→㉝	10. 5	10. 18	13	2
总项目结束		1997. 10. 20			

6 结束语

本次应用先进的科学方法—PERT 网络计划技术,对小流域水土保持综合治理进行治理步骤和时间参数的定量分析计算,克服了以往只靠经验定性的、对治理进行计划安排问题,得出的小流域治理定序模式和实际情况基本相符,提高了在流域治理定序方面的科学性,PERT 网络计划技术首次应用于小流域治理。还存在着许多问题,有待进一步深入研究。

6.1 总项目的工序分解较粗,许多工序还可以继续进行再分解,或自成网络体系,如:科研的设计、试验,各单项措施的设计、治理施工,自查、初验等。

6.2 在定序模式的应用中,也可把总项目分为规划,治理,验收三个部分,各部分单独应用,在应用中可以不考虑其它部分。

6.3 治理措施的布设和配置影响的因素较多,问题比较复杂,本文未作深入研究分析,有待进一步探讨。