

建筑科学研究报告

REPORT OF BUILDING RESEARCH

1982

No. 15

网络计划电算应用研究

The Electronic Computer Program for
Network Planning

中国建筑科学研究院

CHINESE ACADEMY OF BUILDING RESEARCH

建筑科学研究报告

编 辑：中国建筑科学研究院科技管理处

印 刷：北京市和平街一中印刷厂

出版发行：中国建筑科学研究院建筑情报研究所

(北京市西直门外车公庄大街19号)

资料编号 8262

工本费：0.15元

目 录

一、网络计划电算应用研究的目的及过程	(3)
二、〔TCF ₃ 〕程序简述.....	(4)
三、〔TCF ₃ 〕程序试用情况.....	(6)
四、附件:	(7)
(1) 〔TCF ₃ 〕程序基本框图.....	(7)
(2) 〔TCF ₃ 〕程序编制的计划图表举例.....	(8)

The Electronic Computer Program For Network Planning

Institute of Building Economics

Gao Zheng

Abstract

The computation and optimization (adjustment) of a network plan is very arduous. To compute a network plan of a large or medium scale project by hand would be not only too time-consuming, but almost impossible. The use of the electronic computer in place of manual computation is one of the most important problems in the promotion of network planning.

Although the electronic computer programs for network planning studied and designed recently in our country are quite advance in technology, most of them are very difficult to use due to their stringent requirements. The aim of this study is to develop a suitable electronic computer program for network planning by investigating the working conditions of construction planning and the actual needs of construction enterprises.

The [TCF] electronic computer program for network planning designed in this paper is very simple and convenient to use and therefore is accepted with favor by constructors. After more than one year of application on trial, this electronic computer program for network planning has achieved good results, and construction plans for nearly fifty projects of various types (totaling about one hundred and sixty thousand square metres in building area) have been worked out by using it.

提 要

网络计划的编算和优化(调整)是十分繁重的工作,大型或中等规模的工程施工网络计划,依靠手工计算不但效率太低,而且难以完成。因此,应用电子计算机代替手工进行这项工作,是推动网络计划方法推广应用的重要问题之一。

近年来国内研究和设计的网络计划电算程序,虽然技术比较先进,但大部分程序的使用要求较高,很难在实际工作中推广应用。本专题研究的目的是,通过对国内施工计划工作条件和水平的调查,了解施工单位的实际需要,从现实条件出发,研究并设计适应当前实际应用水平的网络计划电算程序。

[TCF]网络电算程序力求简化使用要求,以实用为目标,因此受到施工人员的欢迎,经过一年多的试用,已编制了近五十多个工程(约十六万平方米面积)的各类工程计划,取得较好效果。

网络计划电算应用研究

建筑经济研究所 高拯

一、网络计划电算应用研究的目的及过程

网络计划方法在国外建筑业中应用已相当广泛。一九六五年华罗庚教授在国内推广统筹法(网络计划方法)时,曾在编制建筑安装计划方面取得较好的效果,随后,一九七二年前后,部分省市建筑施工单位再次开展了统筹法试点活动。两次推广活动都有一定的成绩,但多数单位并没有将这项工作持续下去,推广工作也没有广泛展开。两起两落的原因比较复杂,就技术方面的原因而言,据施工单位计划人员的反映,主要的有两条:(1)规模小的计划,应用网络计划方法作用不太大,而规模较大、情况复杂的计划,绘制网络图和计算时间指标等工作十分困难,特别是计划的优化过程,工作量非常大,用手工计算一般难以完成;(2)网络计划图表示的施工计划(尤其是流水施工作业计划)比较复杂,而且与国内计划工作的习惯相距较远,施工管理人员感到比较难接受。

近几年,科学管理的思想逐步深入人心,应用新型计划方法的条件开始具备,因此,解决网络计划方法推广应用技术,便成为迫切需要研究的课题。针对上述技术上存在的两个主要问题,确定本阶段研究重点为:进行网络计划电算方法的基础研究,结合施工计划的编制和使用要求,完成网络计划电算指标计算自动化、网络图转换和单一资源调整等基本技术的试验;通过试点,了解实际使用需求,为进一步深入研究打好基础。

一九七八年开始,陆续对一些施工计划情况进行了初步调查,一九七九年上半年进行第一个网络计划电算程序〔TCF₁〕的构思,该程序于当年八月调试完毕并开始在后59241部队个别试点单位试用。〔TCF₁〕程序着重研究和解决网络计划时间指标和将网络图转换成横条图进度计划表这两个问题。在简化计划初始数据填表和进度计划表格输出处理方面,取得初步经验。

一九七九年十月,在总结了〔TCF₁〕试用效果的基础上,进行第二个程序〔TCF₂〕的设计,重点试验并解决资源消耗计划的分析和资源累计曲线处理技术。

一九八〇年一月综合〔TCF₁〕和〔TCF₂〕的功能,并根据这两个程序的试用情况及试点单位的意见,着重解决“单一资源平衡”优化问题,设计了〔TCF₃〕程序。

配合上述电算程序的试验,在总后营房部系统曾先后举办了四期共约三百人参加的短训班,一面培养掌握网络计划方法的计划人员,同时也扩大了与基层计划人员的接触面,有机会更多地听取他们对这项试验的意见,这对于〔TCF〕程序的改进起了非常重要的作用。

〔TCF〕各试验程序除在后59241部队试点使用之外,先后承接了南京第一建筑工程公司“金陵饭店”工程控制计划及垫楼、主楼基础进度计划等三个网络计划的委托计算。为更广泛征求意见,还利用天津市贵阳路统建工程(住宅群)和北京市78住乙工程等三个施工网络计划进行计算,其中,对南京和北京有关工程试算的五个计划均交付施工应用。

*本专题的协作单位为中国人民解放军总后59241部队

二、〔TCF₃〕程序简述

(一) 〔TCF₃〕程序的设计要求

在〔TCF₁〕、〔TCF₂〕程序试验的基础上，广泛调查了试点单位计划人员的意见，确定以下述几点为〔TCF₃〕程序的研究和设计目标：

(1) 作为初步试验，以进一步扩大试点范围、探寻研究方向、了解生产实际所提出的需求为目的；

(2) 立足于技术的适用性，尽可能地简化应用方法，在现有技术条件下最大限度地减少手工工作量；

(3) 完善电子计算机输出计划图表的格式处理，以满足使用要求；

(4) 适应试点单位施工计划管理的现有水平和劳动组织特点，首先解决“单一资源平衡”的方案调整自动化问题，为解决多种资源平衡问题作好技术试验。

(二) 〔TCF₃〕程序的基本情况

本程序采用 441B—III 型机代码程序编写 (441B—III 型机提供的 FORTRAN 语言在处理原始数据输入及计划图表输出格式方面存在一些困难，难以满足设计要求)。根据内存容量 (441B—III 型机内存为 32K × 24bit)，目前可编算箭杆数达一千二百的网络计划。

〔TCF₃〕程序计算网络计划时间指标部分主要采用 CPM 的表算法方式，同时结合 PERT 处理非肯定型问题的办法，兼容肯定型、非肯定型或混合型网络时间指标的计算。

本程序设计的“网络计划原始数据表”的格式及填表使用说明见表 1。

网络计划电算〔TCF₃〕程序工程计划原始数据表

表 1

计划代号: _____ 资源日耗限额: _____

施工过程代 号 (No)	施工过程 名称	穿 孔 上 机 数 据					资 源 总 需 要 量
		箭尾号 (i)	箭头号 (j)	延 续 时 间 t			
				a	m	b	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
:							
:							
:							
1199							
1200							

填表说明：(1) 施工过程代号作为箭杆活动名称的代表 (因宽行打印不能打出汉字)，必须按填表顺序编排，从“1”开始，不能跳号，也不能重号。编号“NO”全部数码只供对照编算成果用，不必穿孔 (即不作上机数据)；

(2) 箭杆数据的填表次序一般不作限制。但程序在计算之前将对它们进行整理 (按“j”的小大排列)；

(3) 每行的“延续时间 t ”栏可灵活填写, 当该箭杆的延续时间已定(肯定型), 即填上时间值; 如果属非肯定型, 则分别填上“ a ”——最乐观估计; “ m ”——最有把握估计; “ b ”——最保守估计; 三个时间顺序填入, 其中“ a ”项必须加填“负”号;

(4) “资源总需要量”一栏只有资源分析时填写。一旦使用本栏, 则各行均需填写, 而且必须是同一种资源的数据。数据的量是指该施工过程对资源需要的总量(不是填“日平均”量)。凡不计算资源指标的计划, 本栏可以不填写, 但表头“资源日耗限额”一栏必须填“0”;

(5) 如果资源指标栏填写了, 但不要求作资源平衡调整, 此时“资源日耗限额”一项不能随意填写, 可以填一个数值较大的数, 表示限额很高, 等于“不作限定”的意思。

[TCF₃]程序计算网络计划时间指标采用的计算式如下:

$$\text{“最早可能开始”} \quad K_{E_i} = \{K_{E_i} + t_i\} \max$$

$$\text{“最迟必须开始”} \quad K_{L_i} = \{K_{L_i} - t_i\} \min$$

$$\text{“最早可能完成”} \quad W_{E_i} = K_{E_i} + t_i$$

$$\text{“最迟必须完成”} \quad W_{L_i} = K_{L_i} + t_i$$

$$\text{“时差”} \quad SC = K_L - K_E$$

式中: K_{E_i} ——紧前箭杆的“最早可能开始”时间;

t_i ——紧前箭杆的延续时间;

K_{L_i} ——紧后箭杆的“最迟必须开始”时间;

本程序计算网络计划时间中, 起点的“最早可能开始时间”取值为“1”(不是“0”), 因此总工期指标按下式取值:

$$\text{总工期} \quad T = \max \{W_{E_i}\} - 1$$

[TCF₃]程序的操作过程是:

——对原始数据进行规格检查并加工就位。主要检查网络节点编号是否正确, 从中可以发现原始数据填表(包括网络图编号及其规格上)的错误和数据纸带穿制上的疏漏和错误。发现问题时, 由窄行打印机输出“错误信息”(错误标志、错误数据现场);

凡采用非肯定型时间数据的箭杆, 此时进行数据加工处理, 采用公式为:

$$t_{ij} = \frac{1}{6}(a + 4m + b)$$

检查及加工的原始数据逐个重新就位, 并同时自动授予“活动序号”(№:)

——按节点编号由小到大的顺序对原始数据作第一次整理(排序)。

——进行各项时间指标计算。

——累计资源日耗量(按“最早可能开始”时间进行计算), 得初始方案的资源消耗指标, 包括“单位时间消耗量”、“平均消耗量”和“最高消耗量”(即“高峰值”)。

——检查资源“最高消耗量”指标是否超过限额水平, 没有超过者, 视为“方案满足要求”, 计算完毕; 若超过, 则进行计划调整, 每调整一次(完成一个方案), 即重新进行资源消耗指标计算和分析, 如是反复进行, 直至满足“限额”为止。当调整的可能性已不存在, 而指标尚未满足要求时, 则调整停止, 打出“调整无法继续”信号, 并以此为最后方案输出。

计划调整的方法是采用变更非关键活动的作业时间。本程序采取的计划优化是“工期固定、资源曲线高峰满足限额要求”的方式。因此, 为降低资源曲线高峰值, 采用了延长非关键活动的延续时间、变更非关键活动的作业时间等办法。

——由160行宽行排印机输出全套套算成果(初始方案一套, 最末方案一套)。当要求打

印一式多份时，由电传拍入一个数(打印份数)，即可打印最末方案的编算成果一式多份。其中，初始方案的图表按节点编号由小到大排序；最末方案则按原始数据输入时的顺序排列。

每套计划编算成果包括如下三个部分：

“网络计划时间指标计算结果”；

“变更成横条图形式，带时间座标的进度计划表”；

“资源消耗曲线图”。

(图表形式见“附录”)

(三) 进度表打印格式的处理：

进度计划图表的形式关系着计划电算成果的实用价值问题，是计划人员对程序设计方案所提意见中最突出的一个方面。因此，在〔TCF₃〕程序的研究设计中，将进度图表打印格式作为程序设计的重点问题处理。

① 为了适应建筑工程施工计划工作的习惯，将网络计划的计算结果变换成横条图形式的进度计划表，与原来的网络图配合使用；

② 441B—Ⅲ型机宽行打印幅宽为160个字符，扣除一些必要栏目，可供打印进度线的部分为120个字符。为了在这个幅度内能表达不同时间长度的进度计划，采取了变更每一字符代表不同时间比值(即比例尺)的方式，以每个字符位分别代表 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、1、2、等不同时间单位，则120个字符宽度可分别容纳工期为30、60、120、240、……等时间单位(小时、天、周、十天、月……)的进度计划；

③ 为了在横条图进度计划表上尽可能地保留网络图的特点，分别用两种不同符号打出进度线，用星号(“*”)表示关键活动，全等号(“=”)表示非关键活动。另外，非关键活动的机动时间(总时差)长度用点符(“°”)打在非关键活动进度线的后面。

进度计划表的时间座标采用“工作时间”(如“工作日”)标明，而不采用日历标注方式。计划人员认为日历标注留在计划落实执行期之后再由手工补填，这样可以有更大的灵活性，这样处理不但大大减少了程序设计工作量和节省了内存单元，还使进度图表的适应性增强了。

三、〔TCF₃〕程序试用情况

至1981年第二季度的累计，先后编算了五十多个工程计划(其中包括用〔TCF₁〕、〔TCF₂〕程序在1979年下半年编算的十几个工程计划)，合计建筑面积约十六万平方米，所编算的工程施工计划有以下几类：

- 大型复杂工程的控制性进度计划；
- 住宅建筑群施工总进度计划；
- 连队施工季度综合进度计划；
- 单位工程施工进度计划；
- 分部工程施工作业计划；等。

其中，计划总工期最长者(南京“金陵饭店”工程)为八百多天，计划网络规模(复杂程度)最大的有五百多个箭杆。

据初步统计，如不包括绘制网络图的时间，一般计划从填写“网络计划原始数据表”到数据穿纸带及校对纸带所需时间为一到五个工作小时。

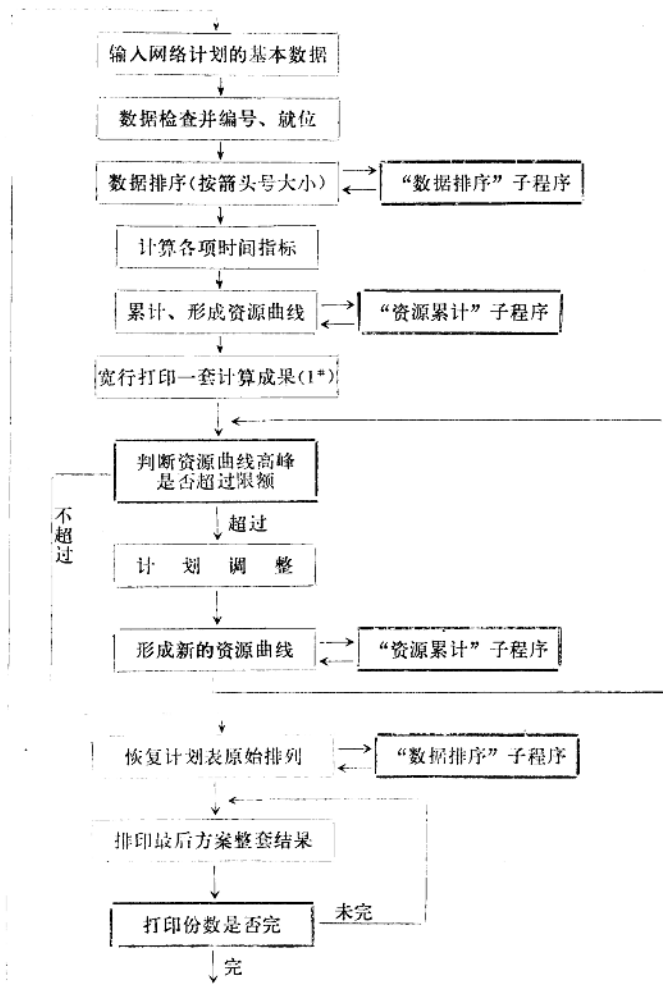
电子计算机计算和打印有关图表所费时间，视工程计划的规模和复杂程度不同以及计划调整次数、成果打印套数不同而异，一般二、三百个箭杆的计划，作三、五次调整(即做了

三~五个方案), 并按常规打印两套成果, 所需时间约五分钟左右, 最长的也未超过十二分钟(作了十五个调整方案)。

上述应用 [TCF₁]~[TCF₃] 程序编制的工程施工计划, 绝大多数已在施工中使用。

四、附 件

(1) [TCF₃]程序基本框图(主程序框图)



(2) (TCF₃)程序编制的计划图表举例

4.1B-III (TCF₃)

NO: 03

```

*****
**                                     **
**   ESE TONG CHOU FA JI HUA DIAN SUAN CHENG RUD TEF   **
**   ( PANG AN: 303 )                                     **
**                                     **
*****

```

```

JI HUA CAI HAO :          59324-8070
-----
ZONG GONG QI :          25.50 TIAN
-----
ZONG GONG RI :          2209.10 Q-Q
-----
SIANZHI DANHEI :
-----

```

1981 . 6 . 1 .

-02- -02-

统 寿 法 计 划 时 间 计 算 表 (方 案 : 5)

(序号)	(箭尾号)	(箭头号)	时间	工日	最早开始	最迟开始	最早完成	最迟完成	时差
(NO)	(J-W-H)	(J-T-H)	S-J	G-R	K(TE)	K(TL)	W(TE)	W(TL)	S-C
1	(1)	==>(3)	5.0	42 ***	1.0	1.0	6.0	6.0	*****
2	(1)	==>(2)	1.0	0 ***	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0
3	(2)	==>(3)	3.0	27 ***	2.0	3.0	5.0	6.0	1.0
4	(3)	==>(4)	1.0	51 ***	6.0	6.0	7.0	7.0	*****
5	(4)	==>(5)	0.5	18 ***	7.0	7.0	7.5	7.5	*****
6	(5)	==>(6)	1.0	9 ***	7.5	7.5	8.5	8.5	*****
7	(6)	==>(7)	0.0	0 ***	8.5	8.5	8.5	8.5	*****
8	(6)	==>(8)	0.5	7 ***	8.5	8.5	9.0	9.0	*****
9	(7)	==>(8)	0.5	8 ***	8.5	8.5	9.0	9.0	*****
10	(8)	==>(14)	0.5	0 ***	9.0	9.0	9.0	9.0	*****
11	(8)	==>(9)	0.5	16 ***	9.0	9.0	9.5	9.5	*****
12	(9)	==>(10)	1.0	23 ***	9.5	10.5	10.5	11.5	1.0
13	(10)	==>(11)	1.0	15 ***	10.5	11.5	11.5	12.5	1.0
14	(11)	==>(12)	0.0	0 ***	11.5	12.5	11.5	12.5	1.0
15	(12)	==>(38)	14.0	32 ***	11.5	12.5	25.5	26.5	1.0
16	(11)	==>(32)	0.0	0 ***	11.5	14.5	11.5	14.5	3.0
17	(32)	==>(33)	1.0	15 ***	14.5	14.5	15.5	15.5	*****
18	(20)	==>(32)	0.0	0 ***	14.5	14.5	14.5	14.5	*****
19	(33)	==>(34)	1.0	26 ***	15.5	15.5	16.5	18.5	*****
20	(34)	==>(35)	2.0	49 ***	16.5	16.5	18.5	18.5	*****
21	(35)	==>(36)	1.5	16 ***	18.5	18.5	20.0	20.0	*****
22	(36)	==>(37)	3.0	0 ***	20.0	20.0	23.0	23.0	*****
23	(37)	==>(38)	3.5	36 ***	23.0	23.0	26.5	26.5	*****
24	(44)	==>(45)	0.0	0 ***	4.0	4.0	4.0	4.0	*****
25	(45)	==>(46)	7.0	39 ***	4.0	4.0	11.0	11.0	*****
26	(46)	==>(47)	5.5	47 ***	11.0	11.0	16.5	16.5	*****
27	(13)	==>(11)	8.0	245 ***	1.0	1.0	9.0	9.0	*****
28	(14)	==>(15)	0.0	0 ***	9.0	9.5	9.0	9.5	0.5
29	(9)	==>(15)	0.0	0 ***	9.5	9.5	9.5	9.5	*****
30	(15)	==>(17)	3.0	16 ***	9.5	9.5	12.5	12.5	*****
31	(14)	==>(17)	3.5	48 ***	9.0	9.0	12.5	12.5	*****
32	(17)	==>(18)	1.0	45 ***	12.5	12.5	13.5	13.5	*****
33	(18)	==>(19)	1.0	13 ***	13.5	13.5	14.5	14.5	*****
34	(14)	==>(16)	0.0	0 ***	9.0	9.5	9.0	9.5	0.5
35	(16)	==>(20)	5.0	162 ***	9.0	9.5	14.0	14.5	0.5
36	(19)	==>(20)	0.0	0 ***	14.5	14.5	14.5	14.5	*****
37	(20)	==>(24)	0.5	0 ***	14.5	18.5	15.0	19.0	4.0
38	(21)	==>(25)	1.5	8 ***	15.0	19.0	16.5	20.5	4.0
39	(20)	==>(25)	2.0	21 ***	14.5	18.5	16.5	20.5	4.0
40	(25)	==>(26)	1.0	19 ***	16.5	20.5	17.5	21.5	4.0
41	(26)	==>(27)	1.0	6 ***	17.5	21.5	18.5	22.5	4.0
42	(27)	==>(28)	0.5	5 ***	18.5	22.5	19.0	23.0	4.0
43	(28)	==>(29)	1.0	12 ***	19.0	23.0	20.0	24.0	4.0
44	(29)	==>(31)	0.5	7 ***	20.0	24.0	20.5	24.5	4.0
45	(31)	==>(42)	1.0	0 ***	24.5	24.5	25.5	25.5	*****
46	(13)	==>(30)	0.0	0 ***	1.0	1.0	1.0	1.0	*****
47	(30)	==>(31)	-23.5	58 ***	1.0	1.0	24.5	24.5	*****
48	(19)	==>(21)	1.0	12 ***	14.5	14.5	15.5	15.5	*****
49	(21)	==>(22)	1.0	27 ***	15.5	15.5	16.5	16.5	*****
50	(22)	==>(23)	1.0	16 ***	16.5	16.5	17.5	17.5	*****
51	(23)	==>(39)	1.0	0 ***	17.5	17.5	18.5	18.5	*****
52	(35)	==>(39)	0.0	0 ***	18.5	18.5	18.5	19.5	*****
53	(39)	==>(40)	0.0	0 ***	18.5	18.5	18.5	18.5	*****
54	(40)	==>(41)	7.0	20 ***	18.5	18.5	25.5	25.5	*****
55	(39)	==>(41)	7.0	245 ***	18.5	18.5	25.5	25.5	*****
56	(41)	==>(42)	0.0	0 ***	25.5	25.5	25.5	25.5	*****
57	(42)	==>(61)	1.0	0 ***	25.5	25.5	26.5	26.5	*****
58	(43)	==>(44)	3.0	18 ***	1.0	1.0	4.0	4.0	*****
59	(47)	==>(57)	0.0	0 ***	16.5	16.5	16.5	16.5	*****
60	(57)	==>(60)	6.0	54 ***	16.5	16.5	22.5	22.5	*****
61	(60)	==>(61)	4.0	43 ***	22.5	22.5	26.5	26.5	*****
62	(48)	==>(49)	2.0	67 ***	1.0	1.0	3.0	3.0	*****
63	(49)	==>(50)	2.0	21 ***	3.0	3.0	5.0	5.0	*****
64	(50)	==>(51)	0.0	0 ***	5.0	5.0	5.0	5.0	*****
65	(51)	==>(52)	2.0	19 ***	5.0	5.0	7.0	7.0	*****
66	(50)	==>(52)	2.0	38 ***	5.0	5.0	7.0	7.0	*****
67	(52)	==>(53)	2.0	21 ***	7.0	7.0	9.0	9.0	*****
68	(53)	==>(54)	0.0	0 ***	9.0	9.0	9.0	9.0	*****
69	(54)	==>(55)	2.0	19 ***	9.0	9.0	11.0	11.0	*****
70	(53)	==>(55)	2.0	38 ***	9.0	9.0	11.0	11.0	*****

(序号)	(箭尾号)	(箭头号)	时间	工日	最早开始	最迟开始	最早完成	最迟完成	时差
(NO)	• (J-W-H) - - - ->	(J-T-H) •	S-J	• C-R ***	K(TE) **	K(TL) **	• W(TE)	• W(TL)	** S-G
71	(55) ==>	(56)	2.5	43 ***	11.0	11.0	13.5	13.5	*****
72	(56) - - ->	(57)	0.0	0 ***	13.5	16.5	13.5	16.5	3.0
73	(56) ==>	(58)	2.0	57 ***	13.5	13.5	15.5	15.5	*****
74	(58) - - ->	(63)	6.5	63 ***	15.5	20.0	22.0	26.5	4.5
75	(58) ==>	(62)	6.5	76 ***	15.5	15.5	22.0	22.0	*****
76	(58) ==>	(59)	0.0	0 ***	15.5	15.5	15.5	15.5	*****
77	(59) ==>	(62)	6.5	76 ***	15.5	15.5	22.0	22.0	*****
78	(62) ==>	(64)	4.5	78 ***	22.0	22.0	26.5	26.5	*****
79	(63) - - ->	(64)	0.0	0 ***	22.0	26.5	22.0	26.5	4.5
80	(61) ==>	(64)	0.0	0 ***	26.5	26.5	26.5	26.5	*****
81	(38) ==>	(64)	0.0	0 ***	26.5	26.5	26.5	26.5	*****

(T) MAX, 25.5

75 * * 6-5 * 11 :
 77 * * 6-5 * 11 :
 78 * * 4-5 * 17 :

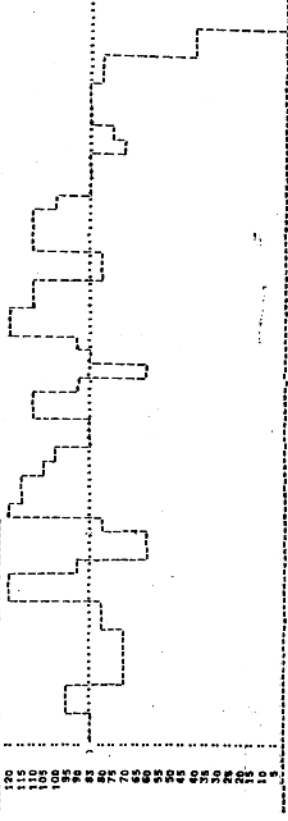
CHD) *Zhang MINC S-2 (d-R) : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 * 1 2 3 4 5 6 7 8 9 * 1 2 3 4 5 6 7 8 9 * 10

(TU LI) :
 (图 例)

***** GUAN JIAN XIAN
 关 键 线

***** SHI CHAI XIAN
 时 差 线

LAO DONG LI GU XIAN TU (PANG AN: 005)



G/1 : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 * 1 2 3 4 5 6 7 8 9 * 1 2 3 4 5 6 7 8 9 * 10

ZONG GONGRI : 2205 (G-B) MAI : 116 (G-B) JING JUN I 83'2