

略論施工机械的最优备用量

成都科技大学 王民寿

在以往的施工组织设计中,设计者往往根据自己的经验来确定施工机械的备用量。尽管参照工程施工实践的统计资料,但确定时难免有主观随意性,缺乏确切的数学解答。同时,机修厂规模与选用的施工机械数量是否相适应,也往往未作过细地研究,从而可能导致施工机械和维修设备闲置,造成浪费。本文根据生产系统的实际情况,从多变量的非线性规划及排队论的基本原理出发,用严格的数学理论,使施工机械的最优备用率得到准确的数字解答;同时还对机械备用的选优提出了简化的计算方法。

一、备用量选优的理论根据

损坏了的施工机械等待修理,类同顾客等待服务,是一个排队问题,也是一个随机聚散现象。因为施工机械何时损坏?损坏程度如何?修理时间多长等都是随机的。损坏和修理难以同步,必然就有等待修理的问题。为了不致因此影响生产,备用机械可顶替待修和修理中的机械设备,以弥补因缺机而造成生产上的损失;但备用机械又额外增加了费用,且“等待顶替”也是一种损失。所以究竟应备用多少才算经济,是值得研究的问题。若将备用和维修的经济效果结合在一起考虑,并借助排队论的基本原理,按非线性规划的优化理论求解,则可使待工、误工的总费用损失为最小。

机修厂的规模(设备及人员配备量)是一个变量,施工机械备用量是另一个变量,这两个变量的最优组合,即总损失费用最小,应是求解的目标值。鉴于这个目标值的变化曲线是单峰型,目标函数为凸函数,所以,欲确定总损失费的最小值,也就是求目标函数的极值。由于有两个变量,故属于多变量的非线性规划问题。

二、备用量选优的数学模型

在着手解决这一问题时,应分析掌握以下资料:生产系统对施工机械的需求;统计以往机械设备的损坏率及修复率;掌握机械损坏后因缺机造成生产系统的误工损失;机修厂因无机可修(或转干它活)的停滞损失;备用机械等待顶替的停滞损失等各种经济指标。

设施工实际使用的机械台数为 J ;单位时间机械设备损坏的台数,简称损坏率为 λ (台/天);单位时间修复机械的数量,简称修复率为 μ (台/天)。单位时间每台机械可能出现的经济损失费用指标计有:因损坏一台机械造成工地每天损失的费用为 C_1 (简称缺机误工损失指标);一个修理单位(可以是维修班、组或是修理工)因无机可修而停工转干它活造成每天损失的费用为 C_2 (简称修理停滞损失指标);每台备用机械停滞一天造成的损失费用为 C_3 (简称备用停滞损失指标)。

事实上,增加修理单位设备、人员数量的配备 I ,可减少缺机误工损失,但同时必然增

加修理停滞损失；增加机械备用数量 K ，即增加机械的总需要量 m ，同样可以减少缺机误工损失，但又必然增加备用机械的停滞损失。这个关系属于“排队论”中有限来源的多站服务的排队问题，可用如下数学模型表达：

当 P_n 为 n 台机械处于损坏状态的概率，则生产缺机误工损失费为：

$$u_{1(m,l)} = C_1 \sum_{n=m-J+1}^m RP_n \quad (1)$$

(1) 式中

$$R = J - (N - m)$$

修理单位停滞损失费为：

$$u_{2(m,l)} = C_2 \sum_{n=0}^I SP_n \quad (2)$$

(2) 式中

$$S = I - n$$

备用机械停滞损失费为：

$$u_{3(m,l)} = C_3 \sum_{n=0}^{m-J} TP_n \quad (3)$$

(3) 式中

$$T = m - J - n$$

故总损失费用为：

$$U(m,l) = u_{1(m,l)} + u_{2(m,l)} + u_{3(m,l)} \quad (4)$$

使欲解决的问题从机械设备的维修和备用的优化，转变为选择最佳的 m 、 l ，对目标值（总损失费用）取极小值 $\min [U(m,l)]$ 即可求解。

在 (1)，(2)，(3) 式中：

$$\text{当 } 0 \leq n < I \text{ 时} \quad P_n = C_n^m \phi^n P_0 \quad (5)$$

$$I \leq n \leq m \text{ 时} \quad P_n = \frac{n!}{I! I^{n-I}} C_n^m \phi^n P_0 \quad (6)$$

$$(5) \text{ 式中 } \phi = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$C_n^m = \frac{m!}{n! - (m-n)!}$$

并有

$$\sum_{n=0}^m P_n = 1 \quad (7)$$

这个问题的特点，是可行解的域不大，且变量 m 、 l 只能取正整数（由于目标变化是单峰型，极值点就是目标值最小点），可采用多变量的对分消去法搜索最优点。

通常可假定搜索范围 $m = J \sim 2J$ ，第一次搜索线可取通过 $J \sim 2J$ 的中点，即 $m = \frac{3J}{2}$ ，在该线上 I 的搜索范围是 $0 \sim \frac{3J}{2}$ 。用 0.618 法选优可使搜索点迅速逼近极值。

三、备用量的选优实例

以某水利工程，施工组织设计土料开采为例。按该工程土料开采强度，计算出需使用 W_2-200 型挖掘机 6 台 ($J = 6$)。根据施工机械管理部门的调查统计：平均 150 天损坏一台，即损坏率 $\lambda = 1/150$ 台/天；修理部门一个修理小组 15 天可修复一台，即修复率 $\mu = 1/15$ 台/天。料场开采因每天缺一台挖掘机，生产系统误工损失费用 $C_1 = 1800$ 元/台·天；修理部门一个修

理小组因无机可修而停工或转干它活，每天损失 $C_2 = 10$ 元/天；备用挖掘机等待顶替，每台机停滞一天损失 $C_3 = 300$ 元/台·天。要求确定总损失费用为最小的挖掘机台数 $m = J + K$ (K 为备用量) 和相应修理部门应配备的修理小组数 I 。

求解数学模型和计算步骤如下，初定搜索范围 $m = J \sim 2J = 6 \sim 12$ (即备用量的范围 $K = 0 \sim J = 0 \sim 6$)；

第一次搜索取 $6 \sim 12$ 的中点 $m = 9$ (即

$K = 3$)，在该搜索线上 I 的搜索范围是 $0 \sim 9$ ，用 0.618 法选优，应有 $9 \times 0.618 = 5.562$

由 (6) 式，其中 $\phi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1/150}{1/15} = 0.1$ ，则有

$$P_1 = C_1^0 \phi P_0 = \frac{9!}{1!(9-1)!} \times 0.1 \times P_0 = 0.9P_0$$

$$P_2 = C_2^0 \phi^2 P_0 = \frac{9!}{2!(9-2)!} \times 0.1^2 \times P_0 = 0.36P_0$$

$$P_3 = C_3^0 \phi^3 P_0 = \frac{9!}{3!(9-3)!} \times 0.1^3 \times P_0 = 0.084P_0$$

$$P_4 = C_4^0 \phi^4 P_0 = \frac{9!}{4!(9-4)!} \times 0.1^4 \times P_0 = 0.0126P_0$$

$$P_5 = C_5^0 \phi^5 P_0 = \frac{9!}{5!(9-5)!} \times 0.1^5 \times P_0 = 0.00126P_0$$

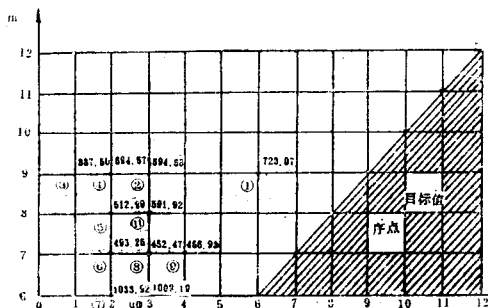


图 1 最优目标值搜索过程图

$$P_6 = C_6^2 \phi^6 P_0 = \frac{9!}{6!(9-6)!} \times 0.1^6 \times P_0 = 0.000084 P_0$$

$$P_7 = \frac{7!}{6!6^{7-6}} \frac{9!}{7!(9-7)!} \times 0.1^7 \times P_0 = 0.0000042 P_0$$

$$P_8 = \frac{8!}{6!6^{8-6}} \frac{9!}{8!(9-8)!} \times 0.1^8 \times P_0 = 0.00000014 P_0$$

$$P_9 = \frac{9!}{6!6^{9-6}} \frac{9!}{9!(9-9)!} \times 0.1^9 \times P_0 = 0.0000000023 P_0$$

$$\sum_{n=0}^n P_n = (1 + 0.9 + 0.36 + 0.084 + 0.0126 + 0.00126 + 0.000084 + 0.0000042 + 0.00000014 + 0.0000000023) P_0 = 1$$

$$\therefore P_0 = \frac{1}{2.357948342} = 0.424097501$$

$$\begin{aligned} \text{则 } P_1 &= 0.381687751 & P_6 &= 0.00003562419 \\ P_2 &= 0.1526751 & P_7 &= 0.0000017812095 \\ P_3 &= 0.03562419 & P_8 &= 0.00000005937365 \\ P_4 &= 0.0053436285 & P_9 &= 0.000000000848195 \\ P_5 &= 0.00053436285 \end{aligned}$$

将 P_n 各值代入(1), (2), (3)式

$$\begin{aligned} u_{1(9,6)} &= C_1 \sum_{n=m-J+1}^m [J - (m-n)] P_n = 1800 \sum_{n=4}^9 (n-3) P_n \\ &= 1800 [(4-3) \times 0.0053436285 + (5-3) \times 0.00053436285 + (6-3) \\ &\quad \times 0.00003562419 + (7-3) \times 0.0000017812095 + (8-3) \\ &\quad \times 0.00000005937365 + (9-3) \times 0.000000000848195] \\ &= 11.7479664 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u_{2(9,6)} &= C_2 \sum_{n=0}^1 (I-n) P_n = 10 \sum_{n=0}^6 (6-n) P_n \\ &= 10 [(6-0) \times 0.424097501 + (6-1) \times 0.381687751 + (6-2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \times 0.1526751 + (6-3) \times 0.03562419 + (6-4) \times 0.0053436285 \\ & + (6-5) \times 0.00053436285] \\ & = 51.818349 \end{aligned}$$

$$u_3(9,6) = C_3 \sum_{n=0}^{m=J} (m-J-n)P_n = 300 \sum_{n=0}^3 (3-n)P_n$$

$$\begin{aligned} & = 300 [(3-0) \times 0.424097501 + (3-1) \times 0.381687751 + (3-2) \times 0.1526751] \\ & = 656.5029315 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U(9,6) & = u_1(9,6) + u_2(9,6) + u_3(9,6) \\ & = 11.7479664 + 51.818349 + 656.5029315 \\ & = 720.07 \end{aligned}$$

第二个计算点在搜索线上取对称点 $(m, I) = (9, 3)$ ，按加上计算步骤列表计算如表1。

按(1)，(2)，(3)，(4)式列表计算目标值如表2。

由以上可见 $U(9,3) < U(9,6)$ ，故应舍去 $U(9,6)$ ，再取第3个计算点 $(m, I) = (9, 1)$ 按相同方法列表计算，如表3为 $(m, I) = (9, 1)$ 的 P_n 值。

按同法计算 $(m, I) = (9, 1)$ 点的目标值 $U(9,1) = 887.65 > U(9,3)$ ，故应舍去 $I = [0, 1]$ ，再取第四个计算点 $(m, I) = (9, 2)$ ，求得目标值 $U(9,2) = 694.57 < U(9,3)$ 。由此表明第一条搜索线上 $(m, I) = (9, 2)$ 是最优点。

在第四点 $(m, I) = (9, 2)$ 取 $\Delta m = -1$ 的摄动，取第五个计算点 $(m, I) = (8, 2)$ ，求得目标值 $U(8,2) = 512.89 < U(9,2)$ ；再取 $\Delta m = -1$ 的摄动，取第6个计算点 $(m, I) = (6, 2)$ ，求得目标值 $U(6,2) = 1033.92 > U(7,2)$ 。比较第二次搜索线上的四个点，得到 $(m, I) = (7, 2)$ 为该线上的最优点。

在 $(m, I) = (7, 2)$ 点上取 $\Delta I = -1$ 的摄动，取第8个计算点 $(m, I) = (7, 3)$ ，求得目标量 $U(7,3) = 452.47 < U(7,2)$ ，再取 $(m, I) = (7, 4)$ ，求得目标值 456.93，故 $(m, I) = (7, 3)$ 为第三次搜索线上的最优点。

再取 $(m, I) = (6, 3)$ 作第10个计算点，求得目标值 $U(6,3) = 1009.19 > U(7,3)$ ；再取 $(m, I) = (8, 3)$ 为第11个计算点，求得 $U(8,3) = 591.92 > U(7,3)$ 。将全部计算点及其目标值点绘在图1和列入表5中。由图1表5可见， $(m, I) = (7, 3)$ 为最优点，其目标值为 $U(7,3) = 452.47$ 。即应配备7台 $W_2 - 200$ 型挖掘机，其中6台使用，1台备用；修理部门应配备3个维修小组，可使总的损失费用最小，每天损失费用为452.47元。

由图1可见，采用多变量对分消去法，在63个点的搜索区域内，只算了11个点就找到了最优点。尽管如此，随着机械设备数量的增加（譬如确定运输汽车的数量，往往是几十台至几百台），计算工作仍然是很繁复的。因此，在待定的备用设备及维修小组数量很多的情况下，宜编出程序在电子计算机上完成这一选优计算。

表1 $(m, l) = (9, 3)$ 点 P_n 值计算表

n	$\frac{n!}{l! l^{n-1}}$	$C_n^m = \frac{m!}{n!(m-n)!}$	ϕ^n	P_n		
				计算公式	简化算式	数值
0	/	C_0^0	1	$P_0 = C_0^0 \phi^0 P_0$	P_0	0.423009475
1	/	C_1^0	0.1	$P_1 = C_1^0 \phi P_0$	$0.9P_0$	0.380708528
2	/	C_2^0	$(0.1)^2$	$P_2 = C_2^0 \phi^2 P_0$	$0.36P_0$	0.152282411
3	/	C_3^0	$(0.1)^3$	$P_3 = C_3^0 \phi^3 P_0$	$0.084P_0$	0.035532795
4	4/3	C_4^1	$(0.1)^4$	$P_4 = \frac{4!}{3! - 3^{4-3}} C_4^1 \phi^4 P_0$	$0.0168P_0$	0.0071063591
5	20/9	C_5^0	$(0.1)^5$	$P_5 = \frac{5!}{3! - 3^{5-3}} C_5^0 \phi^5 P_0$	$0.0028P_0$	0.0011844265
6	120/27	C_6^0	$(0.1)^6$	$P_6 = \frac{6!}{3! - 3^{6-3}} C_6^0 \phi^6 P_0$	$0.00037333333P_0$	0.00015792339
7	840/81	C_7^0	$(0.1)^7$	$P_7 = \frac{7!}{3! - 3^{7-3}} C_7^0 \phi^7 P_0$	$0.000037333333P_0$	0.000015792339
8	6720/243	C_8^0	$(0.1)^8$	$P_8 = \frac{8!}{3! - 3^{8-3}} C_8^0 \phi^8 P_0$	$0.000002488888P_0$	0.000001052447
9	60480/729	C_9^0	$(0.1)^9$	$P_9 = \frac{9!}{3! - 3^{9-3}} C_9^0 \phi^9 P_0$	$0.0000008296P_0$	0.00000034686776
				$\sum_{n=0}^9 P_n$	$2.364013236P_0$	1

表 2 目标值 $U(9,3)$ 计算表

n	C_1	$R=J-(m-n)$ $=n-3$	P_n	RP_n	$u_1(9,3) = C_1 \sum_{n=4}^9 RP_n$
4	1800	1	0.0071065591	0.0071065591	18.0320688
5	1800	2	0.0011844265	0.002368852	
6	1800	3	0.00015792339	0.000473769	
7	1800	4	0.000015792339	0.000063168	
8	1800	5	0.000001052447	0.00000526	
9	1800	6	0.00000034686776	0.000000208	
n	C_2	$S=I-n$ $=3-n$	P_n	SP_n	$u_2(9,3) = C_2 \sum_{n=0}^3 SP_n$
0	10	3	0.423009475	1.269028425	21.82728892
1	10	2	0.380708528	0.761417056	
2	10	1	0.152283411	0.152283411	
3	10	0	0.035532755	0	
n	C_3	$T=m-J-n$ $=3-n$	P_n	TP_n	$u_3(9,3) = C_3 \sum_{n=0}^3 TP_n$
0	300	3	0.423009475	1.269028425	654.8188773
1	300	2	0.380708528	0.761417056	
2	300	1	0.152283411	0.152283411	
3	300	0	0.035532755	0	

$$U(9,3) = u_1(9,3) + u_2(9,3) + u_3(9,3) = 694.68$$

四、备用量选优的简化计算

设计中无论是采用手算还是电算，总是力求简化计算工作。上例虽是个较简单的实例，但也仍进行了11个点的计算，才得到最优备用量和维修组数。倘若机械备用数量成倍增加，又希望用手算解决问题时，探索简捷的计算方法则是必要的。除了可采用非线性规划的其它方法改善计算工作外，就本文介绍的方法而言，还可从如下两方面减少计算工作量。

表3 $(m, I) = (9, 1)$ 点的 P_n 值计算表

n	$\frac{n!}{1! I^{n-1}}$	$C_n^m =$	$\frac{m!}{n!(m-n)!}$	ϕ^n	P_n		
					计算公式	简化算式	
0	/	C_0^0	1	1	$P_0 = C_0^0 \phi^0 P_0$	$I \cdot$ 0.273207943	
1	/	C_1^1	9	0.1	$P_1 = C_1^1 \phi P_0$	0.9 P_0 0.245887149	
2	2	C_2^2	36	$(0.1)^2$	$P_2 = 2! C_2^2 \phi^2 P_0$	0.27 P_0 0.196709719	
3	6	C_3^3	84	$(0.1)^3$	$P_3 = 3! C_3^3 \phi^3 P_0$	0.504 P_0 0.137696803	
4	24	C_4^4	126	$(0.1)^4$	$P_4 = 4! C_4^4 \phi^4 P_0$	0.3024 P_0 0.082618082	
5	120	C_5^5	120	$(0.1)^5$	$P_5 = 5! C_5^5 \phi^5 P_0$	0.1512 P_0 0.041309041	
6	720	C_6^6	84	$(0.1)^6$	$P_6 = 6! C_6^6 \phi^6 P_0$	0.06048 P_0 0.016523616	
7	5040	C_7^7	36	$(0.1)^7$	$P_7 = 7! C_7^7 \phi^7 P_0$	0.018144 P_0 0.0049570849	
8	40320	C_8^8	9	$(0.1)^8$	$P_8 = 8! C_8^8 \phi^8 P_0$	0.0036288 P_0 0.00099141698	
9	362880	C_9^9	1	$(0.1)^9$	$P_9 = 9! C_9^9 \phi^9 P_0$	0.00036288 P_0 0.000099141698	
					$\sum_{n=0}^9 P_n$	3.66021568 P_0	1

表 4 目标值 $U_{(9,1)}$ 计算表

n	C_1	$R=J-(m-n)$ $=n-3$	P_n	RP_n	$u_{1(9,1)} = C_1 \sum_{n=4}^9 RP_n$
4	1800	1	0.082618082	0.082618082	432.3370986
5	1800	2	0.041309041	0.082618082	
6	1800	3	0.016523616	0.049570848	
7	1800	4	0.0049570849	0.019828336	
8	1800	5	0.00099141698	0.004957080	
9	1800	6	0.000099141698	0.000594849	
n	C_2	$S=I-n$ $=1-n$	P_n	SP_n	$u_{2(6,1)} = C_2 \sum_{n=0}^9 TP_n$
0	10	1	0.273207943	0.273207943	2.73207943
1	10	0	0.245887149	0	
n	C_3	$T=m-J-n$ $=3-n$	P_n	TP_n	$u_{3(9,1)} = C_3 \sum_{n=0}^3 TP_n$
0	300	3	0.273207943	0.819623829	452.4323538
1	300	2	0.245887149	0.491774298	
2	300	1	0.196709719	0.196709719	
3	300	0	0.137696803	0	
$U_{(9,1)} = u_{1(9,1)} + u_{2(9,1)} + u_{3(9,1)} = 887.5$					

(一) 缩小选优搜索范围

选优搜索范围的大小，不应对所有机械设备都规定为 $m=J \sim 2J$ 。如对易损设备，其备用数量大，选优搜索范围应集中在大值的区间，而将一般不会取到的小值划开；对于大型的不易损设备，搜索范围应集中在小值的区间，而将通常不会取到的大值划开。如挖掘机、起重机、汽车、碾压机、推土机等设备，根据长期生产经验，备用率通常不大于40%，因此建议对大型不易损机械的备用量选优范围，可缩小到 $m=J \sim 1.4J$ ，即 $K=0 \sim 0.4J$ 。维修单位的数量 I ，不超过机械的实际使用数量 J 。即 $I=0 \sim J$ 。这样，可使选优工作量大为减

表5 目标值 $U_{(m,I)}$ 成果表

计算点 编号 (m, I)	$u_{1(m,I)}$	$u_{2(m,I)}$	$u_{3(m,I)}$	$U_{(m,I)}$
1 (9,6)	11.7479664	51.818349	656.5029315	720.07
2 (9,3)	18.0320688	21.82727824	654.8188773	694.68
3 (9,1)	432.3370986	2.73207943	452.4323538	887.50
4 (9,2)	47.0519802	11.90741491	635.6095959	694.57
5 (8,2)	116.4087738	12.78599236	383.697708	512.89
6 (7,2)	327.7876824	13.66183381	151.7981535	493.25
7 (6,2)	1019.353331	14.56531632	0	1033.92
8 (7,3)	274.3374546	24.32518841	153.8085621	452.47*
9 (7,4)	269.3545254	33.63650233	153.942786	456.93
10 (6,3)	984.6434754	24.54662413	0	1009.19
11 (8,3)	66.0864078	22.73626385	503.095248	591.92

少。如图2，由于搜索范围按如上规定缩小，就可将图1的1、2、3、4点全部省掉。

(二) 正确掌握选优的技巧

鉴于机械备用量和维修损失费用的变化呈单峰型曲线，目标值的变化有明确的方向性和规律性，所以应利用这个特点，来决定搜索和振动的方向。

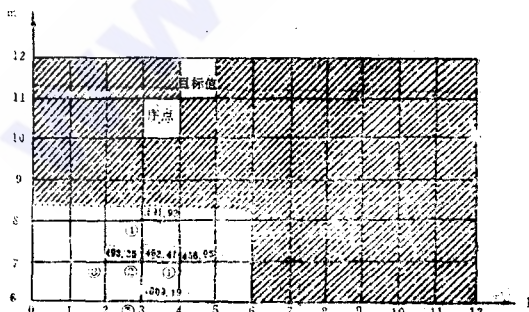


图2 缩小后的选优搜索范围

当断定大型机械设备备用率不会超过40%，也不会没有备用和维修的情况，则搜索时就不应将边界上的点作为计算选优的主要计算点来考虑。在选第一个计算点后就应脱离边界，直接逼近最优点。

就本文实例而言，不应确定 $(m, I) = (9, 6)$ 为第一个计算点。因为该点 $m = 9$, $K = 3$, 备用率已达50%，应属优选范围以外的点。在进行选点时，完全可以在 $m = J \sim 1.4J = 6 \sim 8$ 的范围内取它的中点

$m = 7$, I 值最大为6的基础上，用0.618法取 $I = 0.618 \times 6 = 3.708$ 。由于维修组数必须是整数， I 可取3~4。因此第一个计算点以取 $(m, I) = (7, 4)$ 或 $(7, 3)$ 为宜。这样，搜索

即可迅速逼近最优目标值(如图2)。

由于边界上的点不是最优点,所以无论搜索和摄动都不是首先应取的点,无论确定 Δm 或 ΔI 都应先朝界内摄动,边界上的点仅可作为最后判定最优点的控制点之用,以免取边界点进行计算。譬如在本文中取 $(m, I) = (7, 4)$ 为搜索的起点,应先向 $(m, I) = (7, 3)$ 方向搜索,只有当 $U(7, 4) < U(7, 3)$ 才反向搜索 $(m, I) = (7, 5)$;否则,应进一步搜索 $(m, I) = (7, 2)$,只有当 $U(7, 2) < U(7, 3)$ 时,才能确定 $(m, I) = (7, 3)$ 是这条线上的最优点;不然应继续搜索 $(m, I) = (7, 1)$ 。

由于第一条搜索线已逼近或通过全域最优点,只需进一步上、下摄动,就可以迅速找到全域的最优点。倘取值范围较大时,则根据第一条搜索线上的最优点来确定第二条搜索线,再摄动选优。

根据笔者的经验,无论机械数量多少,采取如上措施,可减少30%~50%的计算工作量。

五、结 语

1. 不能脱离维修条件来研究备用量,机械最优备用量是和其维修条件相辅相成的。采用非线性规划的优选法,解决含有两个变量的机械备用量的优化问题,不仅理论严格,而且在实际运用中经济有效。这一点已为国外的生产实践所证实。推广这种方法,可克服国内过去在施工组织设计中存在的工程越大、设备备用率越高的缺点。这个方法对确定大量机械的备用量,其效果更为明显。笔者曾计算另一工程实例:按生产运输强度计算,需用120台10吨自卸汽车,最初按备用率确定备用30台。采用本文介绍的方法计算,在维修条件不变情况下,最优备用量只需要13台。本文所举的实例因机械数量少,计算结果与实际使用备用率确定的设备台数出入不大,但不应以此否定利用这种方法选优的必要性和科学性。

2. 也许有人认为,这种选优会脱离国内工程实际管理水平。笔者认为:是否脱离实际,不在于这个方法本身,而在于搜集基础资料时,确定各种经济损失指示(C_1, C_2, C_3)以及损坏率(λ)和修复率(μ)是否反映施工单位的实际情况。只要这些基础资料符合实际,选优的结果也必然符合实际。

3. 建议以平均水平来确定技术经济指标,在平均水平的基础上选优。对于先进的指标而言,宜留有余地,对于后进的工作也是个促进。倘以后进指标为准,必然会造成浪费,也失去以此对工程机械管理实行技术经济监督的积极意义。工程机械管理和维修部门,在企业管理中实行经济核算的任务,就在于使这些指标趋于先进,不断提高设备的完好率,充分发挥机械设备的潜力,降低管理和维修成本。

4. 在设计工作中,计算最优备用量时,应力求减少工作量,可结合实际经验,缩小优选范围,不断提高选优的技巧是必要的,也是行之有效的。

(下转第88页)

参 考 文 献

- [1] М.А. Садовский и др. Развивать высокоэффективный способ возведения плотин направленными взрывами. 苏联《水工建设》1977年5期
- [2] А.Г. Багдасаров и др. Проектирование направленного взрыва в Камбарлагинском сговоре на р. Нарын. 苏联《水工建设》1977年5期
- [3] Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве. М., «Энергик» 1972.
- [4] Технические правила ведения взрывных работ на дневной поверхности. М., «Недра» 1972.
- [5] Г.И. Покровский и др. Возведение гидротехнических земляных сооружений направленным взрывом. М., «Недра» 1971.
- [6] В.Л. Куперман и др. Возведение опытного гидроузла на р. Бурлыккия. 苏联《水工建设》1977年5期
- [7] А.В. Коренистов и др. Подготовка и осуществление опытного взрыва на р. Бурлыккия. 苏联《水工建设》1977年5期
- [8] В.Ф. Коржевский и др. Геотехнические исследования опытной взрывонабросной плотины на р. Бурлыккия. 苏联《水工建设》1977年5期
- [9] Г.И. Покровский и др. Возведение гидротехнических земляных сооружений направленным взрывом. М., «Стройиздат» 1971.
- [10] Н.П. Лушнов Подбор плотности крупнообломочного материала в наброске. М., «Стройиздат» 1975.
- [11] 刘宏梅、张静敏 论砂砾石土的管涌性和爆破堆石坝的渗透稳定问题
水利水电科学研究院 1982年
- [12] 金永堂 透水堆石坝的研讨 《四川水利》1981年1期

~ ◇ ~

~ ◇ ~

~ ◇ ~

~ ◇ ~

(上接第79页)

参 考 文 献

- [1] T.L. Staaty: “排论有用公式纲要” 复旦大学概率论教研组编译
- [2] S.I. Gass Linear Programming 1964.
- [3] R.M. Stark R. L. Nicholls Mathematical Foundations for Design Civil Engineering Systems.
- [4] M. Sasieni A. yaspan L. Friedman Operation Research—Methods and Problems.