

用排队论解织布车间机修工看台问题

王元昌 董青

(纺织工程系)

摘要 用排队论作劳动定员比起目前工厂采用的定员制,能使工厂获得最大的经济效益。

关键词 排队论;劳动定员

0 引言

我国目前纺织厂织布车间机修工的劳动定员是 50 年代按经验而不是按经济效益制定的。时至 90 年代,因工人劳务费,织物的价格和利润,机器的折旧费等方面都有了巨大的变化,工厂也转为以经济效益为中心,所以,用排队论理论,以工厂获得最大经济效益为目标来确定织布车间机修工看台数,是一种科学的计算方法。同时它也是工厂提高企业管理水平的重要方面。

1 排队论有关概率计算

一个机修工看管 M 台织机,出现一台坏车,须化一定时间方能修复,修理时又出现坏车,而后面的坏车须排队等候修复。机器发生坏车的时刻、次数、排队等候的停台数,机修工的忙闲程度等都是随机的。解这类问题,概率论是基础。对这类问题的研究称排队论。关于机器维修问题有 Palm 数字模型。它有如下假设:

- (1) 所有机器工作时产生坏车的平均数是相仿的。
- (2) 所有机修工的技术水平也相仿,修坏车的难易程度,平均说来也相仿。
- (3) 所有机器相互独立地工作,产生或修复坏车也是相互独立的。
- (4) 根据排队论理论,如机器独立工作,在充分小的间隔时间内发生或修复二台以上坏车的概率很小,则单位时间内的坏车数服从波淞(Poisson)分布,而发生坏车的间隔时间(即织机持续工作时间)服从负指数分布。
- (5) 一台坏车修复时间也为一负指数分布的随机变量。理由同 4。

收稿日期:1992-05-18

(6) 机器运转与维修处于统计平衡状态。工厂开始生产一段时间后,即可以认为处于平衡状态。

对于使用同一机型(或相近机型)的织机,生产该型织机能胜任的产品,机修工都是熟练工的织布车间来说,织机维修问题大体上能满足上述六项假设。排队论有如下结论。

只有一个机修工,看 M 台织机,在任一时刻车间内坏车数为零的概率 P_0 。

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{K=0}^M \frac{M!}{(M-K)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K} \quad (1)$$

式中

M ——一个机修工看管的织机台数

$K = 0, 1, 2, \dots, M$

λ ——坏车率(一台织机在单位时间内出现的坏车次数)

$\frac{1}{\lambda}$ ——一台织机发生坏车的间隔时间(即织机持续运转时间)

μ ——修复率(单位时间内修复坏车的次数)

$\frac{1}{\mu}$ ——修复一次坏车所需的时间

P_0 ——表示机修工忙闲程度的“空闲率”

任一时刻待修坏车平均数 L_Q (即平均排队长度)。

$$L_Q = M - \frac{\lambda + \mu}{\mu}(1 - P_0) \quad (2)$$

L_Q 也是与机修工看台数有关的停台损失。

可以看出,只要知道坏车率 λ ,修复率 μ ,及看台数 M ,就可算出 P_0 及 L_Q 。

2 劳动定员

厂方“损失”包括两个方面,一为支付给机修工的劳务费(包括工资,补贴,奖金等)。二为织机待修停台而少创的利润。若厂方损失为 V_1 ,

则

$$V_1 = A + BL_Q \quad (3)$$

式中 A 为厂方支付的每小时劳务费, B 为织机台时创利。

如车间有 R 个机修工,每人看 M 台,厂方损失为 V_R 。

$$V_R = RV_1 = R(A + BL_Q) \quad (4)$$

在某厂实测 $\frac{1}{\lambda} = 3.8 \text{ min}$, $A = 1.5$ 元/人时, $B = 1.7$ 元/台时(1511M 织机生产防羽布,涤卡),以这些数据用微机算出一个机修工看不同台数 M 时的 P_0, L_Q, V_1 值,如表 1。由表 1 可画出 V_1-M' 曲线, M' 为车间织机台数,只用一个机修工时 $M=M'$ 。

表 1 机修工看台数 M 、零停台概率 P_0 、待修停台数 L_Q 、厂方“损失” V_1 关系表

M	P_0	L_Q	V_1	M	P_0	L_Q	V_1
150	0.7008502	0.1259613	1.714134	252	0.4980003	0.4981537	2.346861

续表 1

M	P_0	L_Q	V_1	M	P_0	L_Q	V_1
152	0.6968665	0.1300964	1.721164	254	0.494032	0.5100556	2.367095
154	0.6928828	0.1343079	1.728323	256	0.4900643	0.5222168	2.387769
156	0.6888995	0.1386414	1.73569	258	0.4860971	0.534668	2.408936
158	0.6849161	0.1429901	1.743083	260	0.4821303	0.5473023	2.430414
160	0.6809331	0.1475067	1.750761	262	0.4781641	0.5602112	2.452359
162	0.6769503	0.1521301	1.758621	264	0.4741985	0.5734863	2.474927
164	0.6729677	0.1568146	1.766585	266	0.4702335	0.5869751	2.497858
166	0.6689853	0.1616211	1.774756	268	0.466269	0.6007996	2.52136
168	0.665003	0.1665192	1.783083	270	0.4623051	0.6148682	2.545276
170	0.661021	0.1715241	1.791591	272	0.4583418	0.629242	2.569711
172	0.6570393	0.1766663	1.800333	274	0.4543792	0.643982	2.59477
174	0.6530576	0.1818543	1.809152	276	0.450417	0.6589661	2.620242
176	0.6490763	0.1871948	1.818231	278	0.4464556	0.6742859	2.646286
178	0.6450951	0.192627	1.827466	280	0.442495	0.689972	2.672952
180	0.6411142	0.1982117	1.83696	282	0.4385349	0.7060242	2.700241
182	0.6371335	0.2038879	1.84661	284	0.4345756	0.7224121	2.728101
184	0.6331531	0.2097015	1.856493	286	0.430617	0.7391358	2.756531
186	0.6291729	0.215622	1.866557	288	0.4266591	0.7562256	2.785584
188	0.625193	0.2217102	1.876907	290	0.422702	0.7737122	2.815311
190	0.6212133	0.2278595	1.887361	292	0.4187457	0.791626	2.845764
192	0.6172339	0.2341766	1.8981	294	0.4147902	0.8098755	2.876789
194	0.6132548	0.2406311	1.909073	296	0.4108355	0.8286133	2.908643
196	0.6092758	0.2471619	1.920175	298	0.4068816	0.8476868	2.941068
198	0.6052972	0.2539063	1.931641	300	0.4029286	0.8672486	2.974323
200	0.6013187	0.2606964	1.943184	302	0.3989765	0.8872681	3.008356
202	0.5973407	0.2677002	1.95509	304	0.3950254	0.9077149	3.043115
204	0.593363	0.2748413	1.96723	306	0.3910752	0.9286804	3.078757
206	0.5893855	0.2821198	1.979604	308	0.3871258	0.9500732	3.115125
208	0.5854084	0.2896118	1.99234	310	0.3831777	0.9720154	3.152426
210	0.5814315	0.2971649	2.00518	312	0.3792304	0.9944458	3.190558
212	0.5774549	0.3049011	2.018332	314	0.3752843	1.017456	3.229675
214	0.5734786	0.3127747	2.031717	316	0.3713392	1.040924	3.269571
216	0.5695027	0.3208771	2.045491	318	0.3673952	1.065003	3.310504
218	0.5655271	0.3290863	2.059447	320	0.3634524	1.089691	3.352475
220	0.5615519	0.3374939	2.07374	322	0.3595108	1.114929	3.39538
222	0.557577	0.3460693	2.088318	324	0.3555704	1.140778	3.439322
224	0.5536024	0.3548126	2.103181	326	0.3516313	1.167297	3.484406
226	0.5496282	0.363739	2.118356	328	0.3476935	1.194489	3.530631
228	0.5456544	0.3728485	2.133843	330	0.343757	1.22229	3.577893
230	0.5416809	0.3821259	2.149614	332	0.339822	1.250855	3.626453
232	0.5377079	0.3916626	2.165826	334	0.3358884	1.28009	3.676154
234	0.5337352	0.4013519	2.182298	336	0.3319562	1.310089	3.727152
236	0.529763	0.4112396	2.199108	338	0.3280257	1.340881	3.779498
238	0.5257911	0.4213257	2.216254	340	0.3240966	1.372406	3.83309
240	0.5218196	0.4316254	2.233763	342	0.3201692	1.404785	3.888135
242	0.5178486	0.4421387	2.251636	344	0.3162434	1.437988	3.94458
244	0.513878	0.4528809	2.269898	346	0.3123195	1.4721074	4.002582
246	0.5099079	0.4638672	2.288574	348	0.3083973	1.50708	4.062037

续表 1

M	P ₀	L ₀	V ₁	M	P ₀	L ₀	V ₁
248	0.5059382	0.4750366	2.307562	350	0.304477	1.542999	4.123099
250	0.501969	0.4864807	2.327017				

如车间有 R 个机修工每人看台 $M = \frac{M'}{R}$, 用此 M 查表 1 得 V_1 , 再 $V_R = RV_1$. 对于某给定的 R , 从不同的 M' 可算出相应的 V_R , 从而画出 V_R-M' 曲线. 不同的 R 可同样计算, 结果见图 1. 用数值解法可分别算出曲线 V_1 与 V_2 的交点为 $M' = 330$ 台, V_2 与 V_3 的交点为 $M' = 590$ 台等等. 例如, 车间有 590 台织机, 用二个机修工, 每人看 295 台, 从表 1 得 $V_1 = 2.892664$, $V_2 = 2V_1 = 5.785$, 如用三个机修工, 每人看 196.7 台, 从表 1 得 $V_1 = 1.924$ (用插入法), $V_3 = 3V_1 \approx 5.772$, $V_3 \approx V_2$, 故近似得 V_2 与 V_3 的交点为 $M' = 590$ 台.

对厂方而言, V_R 越小获利越大. 如车间织机台数 $M' < 330$ 台, 从图 1 可见 V_1 最小, 即用一个机修工获利最大, 车间织机台数在 330~590 台时, 用二个机修工获利最大. 总汇见表 2. 车间织机台数恰好 330 台时, 用二个机修工与用三个厂方获利近似相等, 用三个虽多支劳务费, 但织机待修停台减少而多创利.

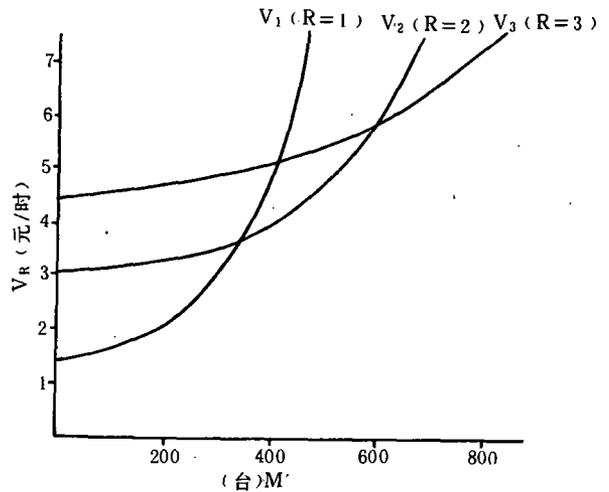


图 1 厂方“损失”与织机台数的关系

表 2 织机台数 M' 与机修工人数 R 关系表

车间织机台数 (M')	<330	330~590	590~840	840~1088	1088~1336	1336~1584	1584~1830
安排机修工人数 (R)	1	2	3	4	5	6	7
每组上限时, 每个机修工平均看台数	330	295	280	272	268	264	262

应强调指出, λ, μ 之值与机修工技术水平, 责任心, 工厂管理水平, 织机机型, 使用年限, 车速, 保全保养质量, 产品种类等因素有关. A, B 之值与地区与产品结构有关, 各厂情况不同, 应实测而定. 如车间生产几个品种, B 以加权平均数计. 以实测之 λ, μ, A, B, M 等代入 (1)~(4) 式计算, 画出 V_R-M' 曲线, 定出曲线交点, 就可确定定员. 如 λ, μ, A, B, M 等因素有变化, 定员应作相应调整. 从经济效益角度看, 劳动定员不应各厂统一和一成不变. 从表 2 还可看到, 车间织机台数越多, 平均每个机修工看台数有所减少. 当然, 对于具体劳动组织, 考虑到管理, 机修工负荷及报酬等实际情况, 作适当的修正是必要的.

机修工用工数偏高, 固然使车间待修停台减少, 增加了创利和产量, 但增加的创利抵不

上多支出的人工费。随着工人收入的提高,这个问题将更加突出。况且从表 1 可见,机修工看台扩大后,空闲率仍较高。

劳动组合方面有潜力可挖。假设一个车间由几个机修工,每人看若干台,改为几个机修工共同承包一个车间。例如车间的 560 台织机,用二个机修工每人看 280 台,改为二人共管 560 台,待修停台将从 1.38 台降为 0.5 台,可增加 0.86 台织机的产量及创利,但人工费仍不变。

3 结 语

纺织厂的多机台工序,机修工与档车工的定员,可用适当形式的排队论算出有关概率,再考虑工厂经济效益而解决此问题。在以经济效益为中心的今天,这一问题应提到议事日程上来。

参 考 文 献

- 1 陆大金. 随机过程及其应用. 清华大学出版社,1986
- 2 巴鲁查一赖特,杨纪珂,吴立德译. 马尔柯夫过程论初步及其应用. 上海科技出版社,1979
- 3 蔡溥. 运筹学. 纺织工业出版社,1986

To Solve the question of loom assignment of repairman in weavingshop with queuing theory

Wang Yuanchang Dong Qing
(dept. of Textile Eng.)

Abstract A method for estimation of fixed number of worker base on queuing theory was introduced, especially to solve the question of loom assignment of repairman in weavingshop for raising the economic efficiency of the factory.

Key-words queuing theory; fixed number of workers