

文章编号:1005-3085(2007)08-0145-06

## 体能测试时间安排

崔国富, 刘 贺, 郝鹏志

指导教师: 郑智刚

(石家庄铁路职业技术学院, 石家庄 050041)

**编者按:** 本文的优点是思路清晰, 能抓住问题的关键是使台阶测试不间断的进行, 算出全部做完台阶测试所需要的时间, 从而推出最少需要4个时间段。在尽量做到台阶测试不间断的前提下, 使学生等待的时间最短, 再把学生分成学号相连的20个人为一组进行测试。本文的另一优点是语言简洁, 说理清楚, 对学生的等待时间有确切的定义, 不足之处是没有计算过程和方法。

**摘 要:** 本文对某学校的学生体能测试时间安排问题进行分析, 应用解决多因素问题要抓住主要矛盾的思想方法, 找出安排体能测试方案的关键是台阶实验, 得到了在满足完成整个测试所需时间段数最少(四个时间段)的条件下, 使学生平均等待时间最小的计算方法, 并计算出最小平均等待的时间为: 6.22分钟, 并且设计出实现此目标的测试方案(第3页流程图)和时间安排表(第4页表三)。按照本文给出的测试方案, 当台阶测试仪器的数量增加一倍时, 每轮可安排40人进行测试, 这时跳远测试仪器和肺活量测试仪也应增加一倍, 但身高体重测量仪器却可以减少一台, 握力测量仪器数量不变。

**关键词:** 时间段; 平均等待时间; 测试流程

**分类号:** AMS(2000) 15A18

**中图分类号:** O241.6

**文献标识码:** A

## 1 问题重述 (略)

## 2 符号说明

$T_{l1}$ : 第  $l$  时间段的开始时间(其中  $l = 1, 2, 3, 4$ )

$T_{l2}$ : 第  $l$  时间段的结束时间(其中  $l = 1, 2, 3, 4$ )

$t_k$ : 第  $k$  个班级的开始时间

$Y$ : 最终的平均等待时间

$y_i(X, A)$ : 第  $i$  次测试班级的平均等待时间 ( $i = 1, 2, \dots, 56$ )

$n_k$ : 第  $k$  个班级的人数 ( $k = 1, 2, \dots, 56$ )

$b_i$ : 第  $i$  次测试剩余的人数 ( $i = 1, 2, \dots, 56$ )

$N_i$ : 第  $i$  次测试时班级的人数

$N$ : 各班的人数总和

## 3 问题分析

我们先假设参加体能测试的学生学号相连, 且全体2036名学生只做台阶试验一项, 全部做完台阶实验所用的时间可由下式计算得到

$$[(2036/10) \times 210 + 5]/3600 = 11.88 \text{ 小时} = 11 \text{ 小时} 53 \text{ 分}.$$



而每天做测试的时间是7小时25分(2个时间段), 3个时间段为11小时35分(4小时10分+3小时15分+4小时10分=11小时35分)小于11小时53分, 因此完成测试至少需要4个时间段。根据问题提供的数据可知, 五项测试中花费时间最多的一项是台阶测试, 做台阶测试, 每次最多只能做10人, 我们应使台阶测试不间断地进行, 尽量不要使其留有空余位置, 以便节省测试时间和减少学生的等待时间, 其他测试应在台阶测试的同时进行, 这样我们要对测试过程进行优化编排。选取学号相连的20名学生(不妨假设取1-20号)做测试, 其中10人(1-5号)过程进行优化编排。选取学号相连的20名学生(不妨假设取1-20号)做测试, 其中10人(1-5号)和11-15号)做台阶测试, 另外10人(6-10号和16-20号)进行前四项测试。根据题中所给的数据得到1-5号和11-15号学生做完台阶测试需要210秒, 则其余10人前四项的测试必须在210秒内完成, 所以还需要对这10个人(6-10号和16-20号)的前四项测试安排进一步优化, 使其在210秒内完成。又因为立定跳远和肺活量各只有一台, 且测试时间都为20秒/人; 握力测试器有两台, 每台测试时间为15秒/人; 身高体重测试仪器三台, 每台测试时间需要10秒/人。可以看出, 立定跳远和肺活量的测试时间远大于其他两项, 所以将这10名学生按学号分成2组: 6到10号做肺活量测试, 其中等待6号做肺活量测试的学生在此时间内可以去做握力测试, 当6号做完肺活量测试后转做握力测试, 7号紧接着做肺活量测试, 其余三名学生按学号顺序依次进行; 16到20号做立定跳远测试, 其中等待16号做立定跳远测试的学生在此时间内可以去做身高体重测试, 当16号做完立定跳远测试后转做身高体重测试, 17号紧接着做立定跳远测试, 其他三名学生按学号顺序依次进行, 详情安排见表1(表中数字为学生学号):

表1: 体能测试表

时间	体重与身高测试 (10秒/人)			立定跳远测试 (20秒/人)	肺活量测试 (20秒/人)	握力测试 (15秒/人)		台阶测试 (210秒/5人)	
	录入	录入	录入	录入	录入	录入	录入	录入(甲)	录入(乙)
0(秒)									
5(秒)	17	18	19	16	6	7	9	1-5	11-15
15(秒)			20						
20(秒)				17		8	10		
25(秒)					7				
30(秒)	16								
35(秒)						6			
45(秒)				18	8				
65(秒)				19	9				
85(秒)				20	10				
105(秒)				结束	结束				

由表中数据可知, 6-10号完成肺活量和握力两项测试与16-20号完成身高体重和立定跳远两项测试都各需要105秒, 然后6-10号与16-20号交换测试项目, 6-10号做立定跳远和身高体重测试, 16-20号做肺活量和握力测试。从而推出6-10号和16-20号完成前四项测试需210秒, 该时间小于完成一次台阶测试所需要的时间(215秒), 显然6-10号和16-20号在215秒内可以完成前四项测试, 然后6-10号到甲台阶试验测量仪器进行测试, 16-20号到乙台阶试验测量仪器进行测试, 然后1-5号和11-15号进行前四项测试。

由前边的计算可以得出这20人全部做完测试需要约等于7分5秒(425秒), 如果一个班40人, 那么经过适当编排则可在14分5秒(425秒+420秒=845秒)内完成, 对有出现一次



不连号的情况应加上5秒, 即14分10秒。若在某一个时间段中, 余下的时间不足以使得一大组完成测试, 即测试停止。

#### 4 模型假设

- 1) 假设每台测试仪器每次都正常工作;
- 2) 假设以班级为单位进场进行体能测试;
- 3) 假设不同班级的学生学号不相连;
- 4) 假设每位学生做完五项测试后才离开, 不允许中途离开;
- 5) 假设学生等待时间为离场时间与进场时间之差;
- 6) 忽略任意一位学生在测试各项目时中间的转换时间;
- 7) 假设在测试过程中秩序良好, 不会出现混乱而耽误测试时间。

#### 5 模型建立与求解

我们定义每个班的平均等待时间为

$$y_i = \frac{\text{班级中每个人的等待时间之和}}{n_k(\text{班级人数})}$$

根据学校的仪器设备情况, 我们决定以20人的测试为一轮, 由于班级人数不等, 不一定恰好出现20的整数倍, 在这种情况下为了减少等待时间, 可以17人、18人、19人为一大组进行测试。根据计算, 在四个时间段内可以全部完成体能测试, 问题是如何安排各个班级的进场顺序使最终平均等待时间最短, 即求

$$Y = \min_A \left[ \sum_{i=1}^{56} y_i(X, A) \times \frac{N_i}{N} \right],$$

满足:  $t_k + \delta(i) \in \bigcup_{l=1}^4 [T_{l1}, T_{l2}]$ , 即同一班中的所有学生应在同一时段内完成所有项的测试, 其中  $X$  为测试方案,  $A(a_1, a_2, \dots, a_{56})$  为56个班级的排序,  $\delta(i)$  为其完成测试所需要的时间。我们将17名为一大组到20名为一大组连号的学生分别做测试, 然后经过计算得出的平均每人的等待时间如下表2:

表2: 等待时间

组别	20名一组	19名一组	18名一组	17名一组
平均等待的时间(分)	2.13	2.11	1.92	1.74

对至多出现一次不连号的学生, 我们在上面平均等待时间的基础上再加上5秒钟。由于有的时候, 有的班级测试会有余下的人数(小于17), 那么这部分自动记入下一个班级的测试人数, 即:  $N_i = n_k + b_{i-1}$ , 我们的原则是尽量使  $N_i$  能够不再产生新的剩余人数为前提, 这样能最大限度的减少平均等待时间, 于是测试人数尽可能的在17到20之间, 或37到40之间, 或57到60之间, 且使完成测试人数的时间不跨越2个时间段。根据表2的数据, 通过计算, 我们将各班级测试时间安排如下表3:



表3: 各班测试时间安排

序号 $i$	班号 $k$	入场时间 (时:分:秒) $t_k$	班级人数 $n_k$	耗时 $\delta_i$	完成 人数	平均等待 时间(分钟) $\mu_i$
1	1	8:00:00	41	14分5秒	40	5.87
2	26	8:14:05	36	14分10秒	37	5.21
3	31	8:28:15	41	14分5秒	40	5.87
4	11	8:42:20	37	14分10秒	38	5.39
5	48	8:56:30	41	14分5秒	40	5.87
6	38	9:10:35	37	14分10秒	38	5.39
7	7	9:24:45	42	14分5秒	40	6.10
8	43	9:38:50	37	14分10秒	39	5.58
9	49	9:53:00	42	14分5秒	40	6.10
10	55	10:07:05	17	7分10秒	19	2.11
11	51	10:14:15	42	14分5秒	40	6.10
12	56	10:28:20	17	7分10秒	19	2.11
13	3	10:35:30	44	14分5秒	40	6.45
14	30	10:49:35	33	14分10秒	37	4.13
15	4	11:03:45	44	14分5秒	40	6.45
16	32	11:17:50	33	14分10秒	37	4.13
17	47	11:32:00	43	14分5秒	40	6.27
18	20	11:46:05	35	14分10秒	38	5.39
19	8	12:00:15	20	7分5秒	20	2.13
20	5	13:30:00	26	7分5秒	20	3.28
21	29	13:37:05	32	14分10秒	38	5.39
22	23	13:51:15	28	7分5秒	20	3.55
23	33	13:58:20	51	21分20秒	59	9.10
24	9	14:19:40	20	7分5秒	20	2.13
25	17	14:26:45	20	7分5秒	20	2.13
26	27	14:33:50	20	7分15秒	20	2.13
27	35	14:40:55	20	7分5秒	20	2.13
28	36	14:48:00	20	7分5秒	20	2.13
29	42	14:55:05	40	14分5秒	40	5.68
30	10	15:09:10	38	14分5秒	38	5.39
31	19	15:23:15	39	14分5秒	39	5.58
32	41	15:37:20	42	14分5秒	40	9.47
33	21	15:51:25	38	14分5秒	40	2.49
34	46	16:05:30	42	14分5秒	40	9.47



表3: 各班测试时间安排的续表

序号 $i$	班号 $k$	入场时间 (时:分:秒) $t_k$	班级人数 $n_k$	耗时 $\delta_i$	完成 人数	平均等待 时间(分钟) $y_i$
35	22	16:19:35	38	14分5秒	40	2.49
36	52	16:33:40	19	7分5秒	19	2.11
37	34	8:00:00	39	14分5秒	39	5.58
38	39	8:14:05	38	14分5秒	38	5.39
39	40	8:28:10	39	14分5秒	39	5.58
40	53	8:42:15	39	14分5秒	39	5.39
41	18	8:56:20	30	7分5秒	20	5.58
42	44	9:03:25	50	21分20秒	60	5.58
43	25	9:24:45	30	7分5秒	20	3.79
44	45	9:31:50	50	21分20秒	60	9.23
45	2	10:53:10	45	14分5秒	40	6.63
46	13	11:07:15	45	14分5秒	40	5.96
47	14	11:21:20	45	21分20秒	55	8.41
48	15	13:30:00	45	14分5秒	40	6.63
49	16	13:44:05	44	14分5秒	40	5.80
50	6	13:58:10	44	14分5秒	40	3.35
51	12	14:12:15	25	14分10秒	38	5.39
52	50	14:26:25	45	14分5秒	40	6.63
53	37	14:40:30	44	14分5秒	40	5.80
54	24	14:54:35	25	7分5秒	20	4.18
55	28	15:01:40	24	14分10秒	38	5.39
56	54	15:15:50	75	28分10秒	75	11.94

由

$$Y = \min_A \left[ \sum_{i=1}^{56} y_i(X, A) \times \frac{N_i}{N} \right],$$

计算得到最小平均等待时间为:  $Y = 6.22$  分钟。

## 6 模型评价与推广

该模型对学生体能测试中的时间安排问题进行了分析, 前提条件是在最少的时间段内, 而不是最短时间, 列出了学生做体能测试的时间安排表, 这样可以减少不必要的时间浪费, 使学生的等待时间最少。本问题主要是根据台阶测试仪器的数量来决定学生每一轮测试学生的人数的。经过对模型的分析, 我们可以发现如果台阶测试仪器的数量增加一倍, 跳远测试仪器和肺活量测试也应增加一倍, 但身高体重测量仪器却可以减少一台, 握力测量仪器数量不变, 理由如下: 根据我们的测试流程安排, 在四台台阶测试仪, 其它测试仪器各两台的情况下, 每轮可



安排40人进行测试,由前面表一计算结果可以看出在210秒内,20人可以完成跳远测试(因为在20秒可以测两个人,所以完成20人测试只需200秒,加上录入时间也不过205秒)。同理可得在210秒内可以完成肺活量测试。显然也能完成身高体重和握力测试。对测试场地的要求:只要测试场地的容量不小于人数最多的班级的人数即可。如果允许一个班的学生分几组进场测试,这样可以大大减少平均等待时间,但不会过多的减少总测试时间。该模型可以推广到如单位组织员工体检和一些文体活动的安排,以及若干项资料信息收录的时间安排。

#### 参考文献:

- [1] 王兵团. 数学建模基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004年
- [2] 姜启源. 数学模型(第三版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003年
- [3] 朱道元. 数学建模案例精选[M]. 北京: 科学出版社, 2003年

## Arrangement of the Physical Ability Test

CUI Guo-fu, LIU He, HAO Peng-zhi

Advisor: ZHENG Zhi-gang

(Shijiazhuang Institute of Railway Technology, Shijiazhuang 050041)

**Abstract:** This paper analyzes the time arrangement problem of a physical ability test carried out on some school students. By applying the principal that the main factor has to be held in solving a multi-factor problem, it points out the key problem in of arranging a physical ability test plan, we find out the method to make the average waiting time of each student the shortest under the condition of completing the entire test in the minimal time periods. We find that the minimal average waiting time is 6.22 minutes, and design out the testing project and time table. According to the plan mentioned above, when the number of the stair testing instrument increases one time, every 40 students can be tested in a turn. And the long jump testing instrument and the vital capacity testing instrument should also increase one time. Nevertheless, the height and weight measurement instrument can be cut down one, the number of power gripping measurement instrument is invariable.

**Keywords:** time section; average waiting time; testing process