心 理 学 报
第4期 ACTA PSYCHOLOGICA SINICA 1981年

提高毛纺产品质量的工效学研究*1)

徐联仓 凌文辁
中国科学院心理研究所

摘 要

质量管理是个复杂课题，并与多种学科有关，而工效学便是其中之一。本工作主要探讨在质量管理中的人的因素问题。我们从找出影响产品质量的关键问题入手，对毛纺织品的主要疵点进行了分析，改善了检验工人的照明条件，提出了新的奖励制度，等等。这一系列工作对提高产品质量是有成效的，使毛纺织品的"结辫率"下降了28%—30%。

前 言

在全国企业界开展"全面质量管理"(简称TQC)的形势下，应北京清河毛纺厂的邀请，我们于1979年11月至1980年5月，对该厂染整车间毛纺织品产品质量问题进行了工效学研究。

生产过程是由人、机器、材料、方法四个因素组成(因这四个因素的第一个英文字母都是M，故简称4M)[1]，产品质量是四因素的综合反映。一般工厂的管理人员和工程技术人员在分析影响产品质量的原因时，多注意机器、设备、材料、技术等因素，而忽视人的因素。但在实际生产条件下，人的因素往往是影响产品质量的一个突出问题。工效学正是从人—机器—环境三者的相互作用的观点去看待质量问题的。我们在清河毛纺厂的这项研究也正是从这方面进行了一些试探。

一、找出关键问题

在质量管理中广泛采用PDCA循环作为一种方法学的指导思想[1]。在P阶段，首要的任务是对情况进行分析，找出存在的问题，并分析其产生的原因。我们正是从这里入手的。

该厂实行TQC以来，产品质量普遍有所改进。但最后一个环节，即后整理工作，质量问题较多，因素复杂，TQC工作开展有不少困难，所以我们决定以这个环节作为研究的重点。

* 本工作承清河毛纺厂刘德本、范培棣、孙小毅等同志大力协助，谨致谢意！
1) 本文于1981年2月2日收到。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

后整理工作是在染整车间进行的。这是毛纺厂的最后一个车间。该车间工序多达十几种，手工操作多，影响产品质量的因素近20种。因此，产品质量难以控制。为了找出问题，我们首先熟悉各生产工序，并在此基础上进行了数据资料的分析工作。

1. 抓住主要产品进行质量分析

我们来到染整车间后，发现产品种类繁多，不可能全部都进行分析。经与有关领导和技术人员座谈，并分析了车间的各种报表，最后决定选出五种主要产品作为分析对象。这五种产品是纯毛华达呢、粘锦华达呢、晴涤纶、纯毛哔叽和毛涤纶。这几种产品生产批量大，是该厂的主要产品，存在的问题也有代表性。

确定了分析对象后，第一步是确定分析指标。这个指标应该是公认的，同时也是有详细记录可查的。我们选中了"结辫率"这个指标。在毛纺厂，习惯上把产品上的各种缺陷称为"疵点"，检验员每发现一个疵点，就在毛料幅边用白线结一个辫作为记号。在统计时，把每百米毛料上所结的辫数多少称为"结辫率"。我们用"结辫率"这个指标对所有确定的五种主要产品的质量进行了一些总的分析。

由于该厂在10月份开展了TQC，我们在分析产品质量时，把1—6月份的统计与10月份的统计分别进行处理，并加以比较。结果详见表1。

表1　开展TQC前后五种主要产品各类疵点的总结辫率之比较

品种	1—6月平均值		10月		开展TQC前后结辫率比较	
	结辫率	%	结辫率	%	结辫率的增减	%
纯毛华达呢	0.994	35.6	0.132	8.6	−0.862	−86.7
粘锦华达呢	0.586	21.0	0.599	39.1	+0.013	+2.2
晴涤纶	0.480	17.2	0.351	22.9	−0.129	−26.9
纯毛哔叽	0.406	14.6	0.197	12.8	−0.209	−51.5
毛涤纶	0.325	11.6	0.255	16.6	−0.097	−29.8
合计	2.791	100	1.534	100		

从表1可见，开展TQC以后，各种主要产品的结辫率除粘锦华达呢稍有增加外，其余四种产品均有大幅度下降，质量有较大提高。在此基础上，若要再将质量提高一步，就有待于工效学的进一步研究。

2. 疵点种类的统计分析

上面我们列举了疵点结辫率的总数。染整车间影响产品质量的疵点达17种之多，究竟哪种疵点是主要的，哪种是次要的？它们各占什么样的比重？只有了解了这些情况，才能着手消灭主要疵点。为此，我们对79年1—6月份及10月份的五种产品各种疵点的结辫率进行了进一步的统计分析，结果列于表2。同时，绘成巴氏图[1]，以作比较。

从表2和图1可以得知1—6月及10月份的各种疵点的排列顺序。两者相比较，结辫率下降了0.246，下降百分比为44.5%。结辫率总的趋势是下降了，但仍有3种疵点（斑疵、补错、色花）结辫率的绝对值增加了。斑疵结辫率的绝对值增加虽然不大，但百分比增加很大，竟占37.8%。如果设法将斑疵降下去，总的结辫率就会大大下降，产品质量就会有大幅度提高。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 1—6月和10月份五种产品各类疵点结辨率

斑疵项目 \ 月份 数据	1—6 月				10 月			
	结辨率	%	累积数	累积%	结辨率	%	累积数	累积%
斑 疵	0.100	18.1	0.100	18.1	0.116	37.8	0.116	37.8
破 洞	0.082	14.7	0.182	32.8	0.041	13.3	0.157	51.1
磨 损	0.069	12.4	0.251	45.3	0.012	3.9	0.169	55.1
磨 块	0.053	9.6	0.304	55.0	0.038	12.4	0.207	67.5
色 斑	0.051	9.2	0.355	64.2	0.011	3.6	0.218	71.1
染 紧	0.044	7.9	0.399	72.1	0.001	0.3	0.219	71.4
折 痕	0.032	5.8	0.431	77.9	0.012	3.9	0.231	75.3
色 挡	0.028	5.1	0.459	83.0	0.000	0	0.231	75.3
死 折	0.023	4.8	0.482	87.2	0.015	4.9	0.246	80.2
补 错	0.019	3.4	0.501	90.6	0.024	7.8	0.270	88.0
漏 修	0.017	3.1	0.518	93.7	0.009	2.9	0.279	90.9
色 花	0.015	2.7	0.533	96.4	0.018	5.9	0.297	96.8
其 它	0.020	3.8	0.553	100.0	0.010	3.3	0.307	100.0
合 计	0.553	100.0	0.553	100.0	0.307	100.0	0.307	100.0

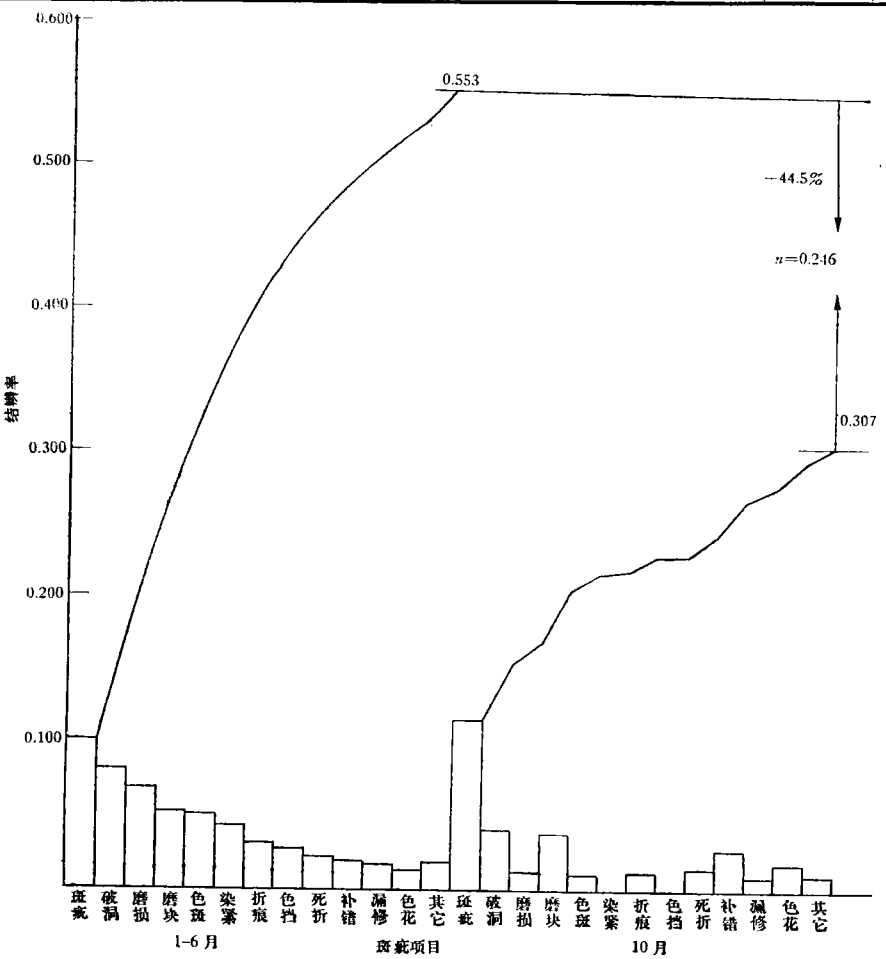

图 1 五种产品各种疵点结辨率主次排列比较图

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

二、分析主要疵点——斑疵

根据以上分析，我们发现斑疵是影响质量的主要因素，并着重对它进行了分析。

1. 关于斑疵产生部位的分析

我们仔细观察并统计了每匹毛料上斑疵出现的位置，拟从中找出规律。10月份斑疵出现的部位统计(见表3，图2)可提供明显的线索。

表 3　10月份斑疵出现部位统计表　　单位：米

部　　位	斑疵数目	各部位斑疵的%	平均每5米斑疵的%
前 1—5	175	36	36
前 5—10	54	11	11
中间部位	186	38	4.2
后 10—5	25	5	5
后 5—1	50	10	10

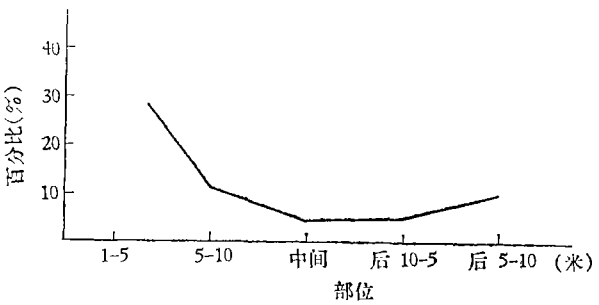

图 2　斑疵出现的部位

从表3和图2可以看到，斑疵产生的部位有一定规律——主要在机头10米内和机尾5米内，尤其以机头5米为甚，其斑疵占总数的36%。如果在操作时，特别注意机头和机尾，则能降低斑疵。

对不同品种的分析发现，晴涤纶斑疵最多，而且大多数出现在前5米。晴涤纶的斑疵为106个，占总斑疵数490个的21.6%，占1—5米斑疵数的61%。因此，在生产晴涤纶时应特别注意斑疵，尤其要注意消灭前5米的斑疵。为了降低这些部位的结辫率，一方面要在生产过程中注意防止产生，一方面则加强打油检验工序。

2. 打油检验工序斑疵漏检率测试

所有的中、浅色毛料产品都需经过打油检验工序。在此工序，检出斑疵，就用化学药品除掉，然后再送成品检验。因此打油检验工序是整个车间质量把关工序。

我们在打油检验工序跟班测试，记录每匹料子检出的斑疵数及出现的部位，同时由打油工判断斑疵是由哪道工序造成的。共记录65匹。然后，将这些产品送成品检验，再记录成品检验所检出的斑疵数及出现部位。据此计算出打油工序漏检率：

$$漏检率=\frac{成检工序检出数}{打油工序检出数+成检工序检出数}$$

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 4 打油工序漏检率

工序	打油	成检	总数	漏检率
斑疵数	168	173	341	51%

从表 4 可知，打油工序的漏检率为51%。漏检率如此之高，所以加强打油检验工序便成为十分重要的步骤。

3. 打油工序不同部位的漏检率

该车间打油检验机由两名工人操作，左右各一名，因此就很可能出现人差问题，为此，我们在记录检出斑疵部位时，将工作面分成左、中、右三个部位，按部位记录漏检率(表 5)。

表 5 不同照明条件下打油工序各部位漏检率之比较

照明 \ 部位 数据	左				中				右			
	打油	成检	总数	漏检率	打油	成检	总数	漏检率	打油	成检	总数	漏检率
荧光灯	45	101	146	69%	150	15	65	23%	73	57	130	44%
卤灯 (1)	225	67	292	23%	109	40	149	27%	145	39	184	21%
卤灯 (2)	113	42	155	27%	94	19	113	17%	136	24	160	15%

由表 5 可见，左右两名工人的漏检率是有差别的，在改革后的卤灯照明下，左边的漏检率仍大于右边(左右两边打油工的位置固定)可见左右两边漏检率的差别是由于个体差异造成的，这为分析人差因素和选拔打油检验工提供了事实根据。

4. 不同颜色产品的漏检率

我们同时对批量生产较大的四种颜色产品的漏检率进行了统计。统计结果表明，不同颜色产品漏检率是不一样的(见表 6)。

表 6 四种颜色产品漏检率

产品颜色	检出数	漏检数	合计	漏检率 %
果绿	64	63	127	49.6
浅灰	49	47	96	48.9
灰	14	9	23	39.1
中褐	77	34	101	30.6

由表 6 可知，果绿和浅灰产品的漏检率较高。这种漏检率的差别可能是由于打油工序与成检工序的照明条件不同造成的，也就是说成检工序由于采用日光，更容易发现浅色毛料上的斑疵。

5. 烤呢工序造成的斑疵比例

在测试统计中我们发现，烤呢工序所造成的斑疵约占斑疵总数的23%。为了进一步验证烤呢所造成的斑疵究竟占多少比例，我们又在中检工序作了测试。中检是为了及早发现产品质量上的问题而在生产过程中间所设立的检验工序。中检正好在烤呢的下一道工序，产品经烤呢后，立即送中检进行检验。因此，在中检测验烤呢所造成的斑疵的比例，

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

可靠性比最后由打油工分析的统计结果要高。测试方法同前。结果列于表 7 。

表 7　烤呢造成斑疵的比例

工　　序	烤呢斑疵	检出斑疵总数	烤呢斑疵比例%
中　　检	46	128	35.9
复　　检	56	129	43.4
合　　计	102	257	39.7

从表 7 可以看到，中检测试的结果，烤呢所造成的斑疵占整个斑疵总数的 35.9%。此外，我们又进行了复检，即检查中检的漏检率。两次检查，总的结果是烤呢造成的斑疵为总斑疵数的 39.7%。这表明烤呢是产生斑疵的主要工序之一。为此，车间组织了烤呢工座谈，分析烤呢造成斑疵的原因，研究了具体措施以减少斑疵。

对中检工人漏检率进行测试的结果表明，中检工的漏检率为 50.2%（见表 8），其结果与打油检验工的漏检率51%非常一致。这说明在普通荧光灯照明下，检验工的漏检率大致在50%左右，因此，在造成高漏检率的原因中，照明不佳是个突出问题。

表 8　中检工序的漏检率

中　检　数	复　检　数	总　　数	漏　检　率
128	129	257	50.2%

通过以上的工作，我们认为，检验工的个体差异、产品的不同颜色、烤呢工序等固然是造成斑疵或影响质量的重要因素，但照明因素却是造成漏检的关键因素。如果将检验工的照明进行改革，减低漏检率，同时对烤呢工序加强管理，以减少斑疵，则整个车间的产品质量就会提高。因此，我们第三步的工作就是对检验工序的照明进行改革。从 PDCA 循环来看，我们已进入A阶段。

三、照　明　改　革

工效学研究表明，自然光（日光）的照明效果最好，照度均匀，显色性好。这是人眼长期进化的结果[2]。日光的显色指数为100，而荧光灯的显色指数只有 60—80 左右[3]，显色性较差。有关研究表明，纺织检验工种的照度标准大约为 500—800Lx[5]。照度过低或过高都会使视觉功能下降。不仅使眼睛产生不适，而且降低工作效率，增加漏检率。此外，照明不均匀，工作面不同部位的照度相差太大，亦会造成眼睛胀疼，影响视觉功能。因此只有在显色性，照度和均匀度三个方面都符合要求的照明，才是纺织品检验工种的理想照明。

在改革照明之前，进行漏检率测试的同时，我们对打油检验工序的照明和成品检验的照明（北窗自然光）进行了测定。

测试仪器　ST—3型照度计（国产）

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

测试时间 1979年12月21日10时左右

测试气候 晴朗

室内温度 23°—25°C

测试部位 将检验机工作面划分为 9 个区域，选测 9 个点。

测试结果见图 3，单位为Lx。

790	830	810
860	920	880
810	740	760

1. 成检Ⅰ号机检布面自然光之照度分布

250	1040	500
740	1550	900
230	400	230

2. 打油检验机检布面荧光灯照度分布

图 3 成品检验机和打油检验机照度分布

从图 3 可见，由自然光照明的成品检验机的整个工作面照明比较均匀，照度在 740—920L_x之间；而荧光灯照明的打油检验机工作面照明很不均匀，照度在 230—1550L_x 之间，两者照明条件相差甚远。

为了改进打油检验工的工作条件，我们选用了北京电影光源研究所试制的一种金属卤化物灯来代替荧光灯。该灯250瓦，显色指数为90—95，装在宽50厘米，高45厘米的长方形灯罩内，灯罩前装有磨砂玻璃，使光线均匀地漫射在工作面上。我们用这种灯进行了两种照度的试验（分别称为卤灯〈1〉和卤灯〈2〉），比较漏检率，最后选用卤灯〈2〉方案。两种方案和照明分布见图 4。图中数字为实测照度值(Lx)。

880	1310	990
900	1310	1080
450	450	580

1. 卤灯〈1〉方案

810	1080	900
810	1130	900
540	790	630

2. 卤灯〈2〉方案

图 4 两种卤灯方案的照度分布

检验工在检验时，并不是用眼睛巡视整个板面，而是有一定范围，称为实际工作面。实际工作面照度的测试结果见图 5。

990	1080
900	900
720	720

图 5 卤灯〈2〉的实际工作面照度

从图 4 和图 5 可以看到，卤灯〈2〉的照度分布比卤灯〈1〉分布均匀，比较接近自然光照明的成检照度分布。卤灯〈2〉的实际工作面照度分布值几乎与自然光的照度分布值一致，主照度值在 900Lx左右。加上卤灯的显色性在90—95，也比较接近自然光，所以

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

比较理想。在这两种卤灯的照度分布下，我们进行了两次漏检率的测试，并将它与荧光灯的漏检率进行比较，结果列于表 9 。

表 9 表明，卤灯照明的漏检率与荧光灯相比，有大幅度下降。特别是卤灯〈2〉的照度，使漏检率从51%降到20%，取得了明显的效果。

表 9　不同照明条件下漏检率的比较

照明＼班疵数	打油	成检	总数	漏检率
荧光灯	168	173	341	51%
卤灯〈1〉	479	147	626	24%
卤灯〈2〉	343	85	428	20%

打油检验工在卤灯照明下自我感觉较好，他们反映眼睛不累，感到舒服；看得清楚，有些很浅的印圈（工人叫"鹅粒"）在成检都难以发现的，在这种灯光下却能看到。车间领导也比较满意，决定将中检检验机也改用这种卤灯照明。北京绒毯厂参观了这种照明改革后，也请我们去帮助他们在染整车间的检验机上改装这种卤灯照明，取得了良好的效果。

四、奖励制度

在质量管理工作中，生产条件固然是重要的，例如照明改善可以大幅度降低漏检率，但有普遍影响的还是奖励制度。据我们了解在染整车间就存在这个问题。由于产生各种疵点的过程很复杂，难以把具体责任查清，所以检验出的各种疵点的多少不能影响到造成这些疵点的工人的工资与奖金。这样，奖金就失去了对生产质量不良者的监督与处罚作用。我们曾建议在检验工作中查清责任，把疵点落实到人头。但车间有关同志认为这样做在技术上有困难，而且容易引起各班组之间的争议，所以没有采纳这个建议。

我们又从打油检验工的奖励办法方面提出建议。对现行的奖励办法进行合理调整。新的办法规定打油检验工的结辫率达到 0.16可得车间的平均奖，若在 0.16以下，每降 0.01则加奖金一元。原来的结辫率一般都在 0.16以上，从实行新办法后，当月就使结辫率下降到0.042。所以在质量管理工作中应认真考虑在进行充分的客观分析的基础上，利用工资奖金这些手段充分调动劳动者的积极性，使他们从个人物质利益的角度充分注意生产质量问题。这里一条重要的经验就是首先要有详细的分析、调查，找到关键问题，找到责任所在，然后对具体的负责者进行奖惩。否则，一般地发奖金仍是不能解决问题的。

五、讨论与小结

以上我们从找出关键问题，分析主要疵点、照明改革、奖励制度等几个方面报告了我们在毛纺厂进行的这项研究。总的效果如何呢？我们在80年11月又对该厂的染整车间的结辫率进行了一次复查。结辫率比我们79年11月开始工作时所调查的结果有所下降。由于照明改革完成于80年 3 月，并于 4 月份对奖金制度作了改变，因此我们把改革后的4—9月的情况与改革前的79年1—6月的情况及80年1—3月的情况进行了比较，结果见表10。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表10 改革前后结辨率的比较

年 月	平均结辨率	下降的结辨率	结辨率下降%
79 年 1—6 月	0.553		
80 年 4—9 月	0.396	0.157	28.4
80 年 1—3 月	0.579		
80 年 4—9 月	0.396	0.173	29.9

该厂80年的生产任务比79年增加了百分之五十以上，在生产异常紧张的情况下，平均结辨率仍能降低28%—30%，这说明经过前一段的工作，对提高生产质量是有效的。但影响生产质量的因素很多，我们研究和建议改进的只是一小部分。这种结果只能相对地说明我们工作的效果。这一点正是现场研究的特点。一方面，我们无法对所有因素进行控制，另一方面，我们所能改进的也只是一部分工作。所以，"效果"这个指标也只能是相对而言。

从这一次尝试性的工作中，我们也体会到工效学、工业心理学的研究对企业管理，特别是质量管理有很直接的关系。在采用 TQC 方法时，如果只分析物的原因，而忽视人的原因肯定是得不到完善解决的办法。而在人的原因中，又有许多层次。一般认为，可以从五个层次上加以考虑，即1)人类学的特点，如人的躯体的特点；2)人的感知觉和运动的特点，如根据人的视觉特点，改进照明便是一例；3)人的智力活动的特点；4)人的经验，职工技能的训练水平，和5)人的社会性方面的问题，如奖励办法之类[4]。针对不同层次的问题，采取适当的对策，将有助于解决产品质量中人的因素造成的问题，也有助于解决由于忽视人的因素而在生产条件上存在的问题(例如照明不足)。所以，我们认为在全国开展 TQC 运动时，应强调对技术人员和质量检查人员进行工效学与工业心理学的训练。提高工作水平，把 TQC工作开展得更好。

参 考 文 献

〔1〕 质量控制手册，上海科学技术文献出版社，18页，1979
〔2〕 赵金甲：工业眼科学，上海科技出版社，1960
〔3〕 荆其诚等：色度学，科学出版社，1979
〔4〕 徐联仓：系统工程和人的因素，《经济管理》10期，43—46页，1979
〔5〕 大岛正光：人间工学ハンドブック，1972

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

ERGONOMIC STUDY ON IMPROVING THE QUALITY OF TEXTILE INDUSTRIAL PRODUCTS

Xu Lian-cang　　Ling Wen-quan
(*Institute of Psychology, Academia Sinica*)

Abstract

Management of quality is a complex subject, and it is closely connected with many disciplines. Being one of the most important subjects, ergonomics has brought attention to itself. In China, the activity of T. Q. C. (Total Quality Control) started in many factories. Psychologists participated in this work in collaboration with engineers. In this paper the attention is focused on the human factors in the management of quality. Analysis of the waste produce showed that main defects were concerned with human operation, e. g., the work of inspectors. The researchers improved the visual environment of the inspector and put forward a new system of reward to motivate the workers and inspectors to pay more attention to the quality of the textile products. Their efforts resulted in good success, and the rate of defects had decreased about 28%.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net