

常见机械设计失误实例集

(二)

魏汝彦 译

蒋喆行 校

山东省煤炭科学研究所

一九八九年八月

目 录

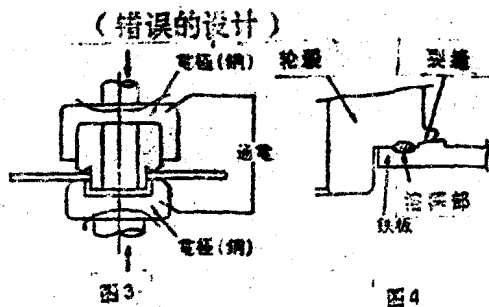
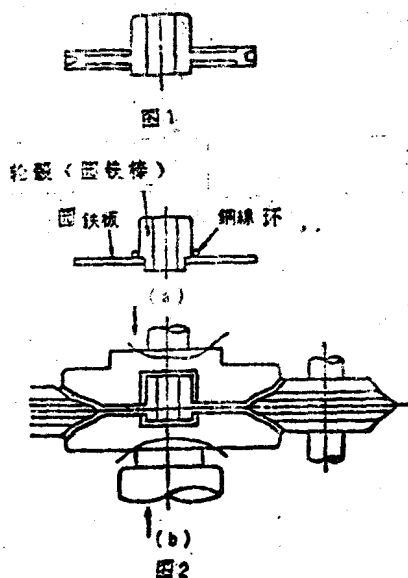
1. 压接件断裂	1
2. 园柱弹簧端部扭曲断裂	2
3. 方形轴在阶梯加工部折损	3
4. 防止长度不同工件拨出的机构动作不良	4
5. 提升机连接装置不合适	5
6. 镗削主轴的中心偏差	6
7. 锥形面造成的固定不紧	7
8. 变速式移动台车低速运转时产生脉动	8
9. 油压进给机构中微速进给的故障	9
10. 强力切削中发生高频振动	10
11. 汽车的手闸钢丝结合不良	11
12. 高压锅盖的凸缘部变形	13
13. 飞轮的连接螺栓损坏	14
14. 反复正反转动旋转体的螺钉卡住了	15
15. 电动机的安装螺栓头老化破损	16
16. 提升装置的重物突然落下	17
17. 制冷剂用的通断阀的固定螺钉头崩溃	18
18. 磁性开关固定不牢	19
19. 包装嵌板脱落	20
20. 连接部分不合适	21
21. 直线运动用的梯形螺纹发生异常磨损	22
22. 在螺纹进给操作中, 所需扭矩过大	23
23. 锥形销抽出困难	24
24. 安全销装配部作用不良	25
25. 主轴齿轮安装部的微动摩擦磨损	26
26. 锥形配合部发生摩擦点蚀	27
27. 铜锡合金衬套的压入	28
28. 滑动轴承的磨损	29
29. 园柱滚子轴承的蠕变事故	30
30. 轴承的紧固螺母松弛	31
31. 由于带紧定套向心轴承的紧固错误而造成的泵与电动机损坏	32
32. 制动轮兼用作连接器的维修不善	33
33. 挠性弹簧联轴节的破坏	34
34. 联轴节工作不良	35
35. 电磁离合器损坏	36
36. 内装齿轮的驱动滚筒漏油	37
37. 闭门器漏油	38
38. 在稍高速度中齿轮传动不良	39

39. 分割制作的大齿轮产生异常噪音	40
40. 小型齿轮传动机构的噪音	41
41. 大载荷齿轮的齿被损伤	42
42. 锥齿轮强度不足	43
43. 履带驱动用的滚子链断裂	44
44. 工作台传送线动作不平稳	45
45. 多轴驱动的滚子链长度	46
46. 运输皮带脱落	48
47. 高速运转时皮带打滑	49
48. 钢丝绳提升机构的缓冲故障	50
49. 门开闭器的传递机构不佳	51
50. 夹紧机构不能复位	52
51. 装置占用场地过大	53
52. 油缸驱动的夹紧力不足	54
53. 弹簧张力调整装置操作困难	56
54. 孔的加工位置不佳	57
55. 上下移动台的进给机构不适应	58
56. 拉伸强度及延伸率小的原材料卷绕不好	59
57. 在极谱法中使用残留氯浓度计的失败例	60
58. 上下运动的滑块下落	61
59. 液压缸同步紊乱	62
60. 液压定位器的反常动作	63
61. 液压缸的机内连杆产生冲击压力	64
62. 连接长距离管的管接头漏油	65
63. 用于限位开关动作的档块设计方法	66
64. 给定LS(限位开关)的动作位置耗费工时太多	68
65. 限位开关回路的误动作	69
66. 开关触点发生火花	70
67. 薄小袋开口的动作不准确	71
68. 微小固体物在高温风道内堆积	72
69. 箱形塔板式平行流干燥机的改进	73
70. 工件供给装置功能不足	74
71. 调整零散物加料器的卸料高度	75
72. 热风加温机燃料料斗发生冻结和逆流	76
73. 电源遮断或停电时材料泄漏	77
74. 装卸车辆轮胎耗费工时多	78
75. 透水管透水率低	79
76. 气动搅拌器控制不良	80

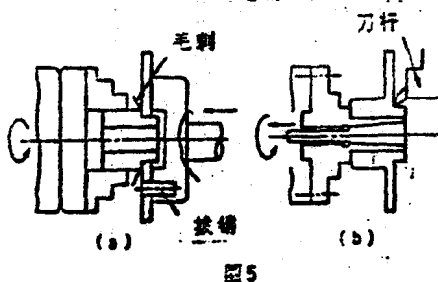
77. 在活性污泥处理法中使用空气泵的失败例	81
78. 活性污泥处理不当	82
79. 连续沉淀浓缩池的设计失败例	83
80. 从振动的压力管道引出细分支管之例	84
81. 冷媒配管的钎焊部漏气	85
82. 冷却用的压力容器全周焊接后产生气孔	86
83. 因焊接而引起的加固部折损	87

1. 压接件断裂

(说明图)



(正确的设计)



(1) 设计目的和目标

发动机的皮带轮(产量1-2万件/月)如图1所示为铸铁件,为使其轻量化及降低成本,而像图2(a)那样把经过压力加工的圆铁板与经过机加工的圆铁棒进行低氧铜钎焊,并如图2(b)所示那样旋转,拉深挤压制出V形皮带槽。但由于低氧铜钎焊(外协)占费用比率很大,因此拟改用其它接合方法(厂内自制)。

(2) 设计方法

考虑到皮带轮的生产效率,决定进行压接。如图3所示,在轮毂坯料端面设置环状的凸起,并将其置于圆铁板坯料上,然后一边从上部挤压,一边按照预先定好的程序,以百分之几秒的时间接通1-2万A的电流进行压接。为此进行了机械(包括特殊控制装置)的购入,大的电流用变压器实现,并进行了压接条件的试验及保证工作精度和压接部强度(包括常温及低温)的试验等等,以完成样机试制任务。

(3) 使用效果

样机交给用户安装在发动机上运转至第二天,皮带轮压接部就断裂了。

(4) 事故分析

用金属显微镜检查压接部,发现了图4所示的裂缝,疲劳极限太低了。

(5) 改进措施及效果

即使把压接条件作各种改变,裂缝也不会消失,因此决定进行图5(a)所示的摩擦焊。对其所产生的毛刺,采用图5(b)所示的去毛刺工艺。但由此而出现下列二个问题:其一是生产效率较压接要降低二位数;其二是原先用于压接的设备费都浪费了。

2. 圆柱弹簧端部扭曲断裂

(错误的设计)

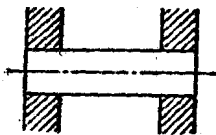


图1 圆柱弹簧

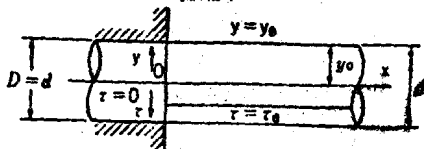


图2 把平行部的直径 d 原封不动地作为夹紧部直径 D 时, 表面纯扭曲应力分布

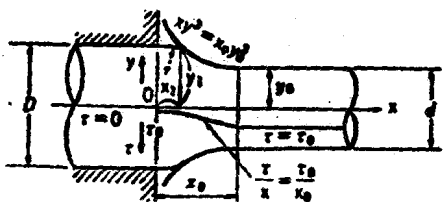


图3 使表面纯扭曲应力直线性地降低的外径变化

(正确的设计)

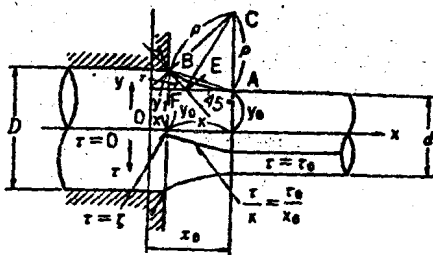


图4 决定端部倒角半径 ρ 、倒角部长 x 及直径比 D/d 的要领图

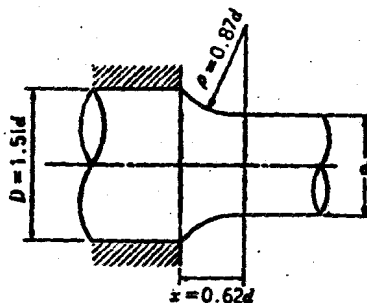


图5 端部形状

(1) 设计目的和目标

在车辆的悬架装置上使用圆柱弹簧时, 弹簧端部形状应处于何种状态?

(2) 设计方法

把圆柱弹簧主体平行部的直径 d , 原封不动地作为夹紧部的直径 D 时, 表面纯扭曲应力分布就如图2所示, 在其根部突然阶梯变化。

(3) 使用效果

试验中根部发生了早期断裂。

(4) 事故分析

在与夹紧部的界面上, 应力变化为: 扭转剪应力比摩擦剪应力的变化更激烈, 而接近表面处比内部的应力变化更激烈。正是由于这种急剧的应力变化, 才导致了圆柱弹簧的断裂。

(5) 改进措施及效果

因此, 应注意选择圆柱弹簧端部的形状, 以使其表面的扭转剪应力缓慢地变化。使应力呈直线性地降低的外径变化曲线如图3所示。若把这种曲线进一步近似圆滑, 求出端部形状之比, 就可得到夹紧部直径 $D=1.51d$, 端部倒角半径 $\rho=0.87d$, 倒角部长度 $x=0.62d$ 。采用本设计方法后, 在圆柱弹簧的试制试验中均未发生端部断裂现象。

3. 方形轴在阶梯加工部折损

(错误的设计)

(正确的设计)

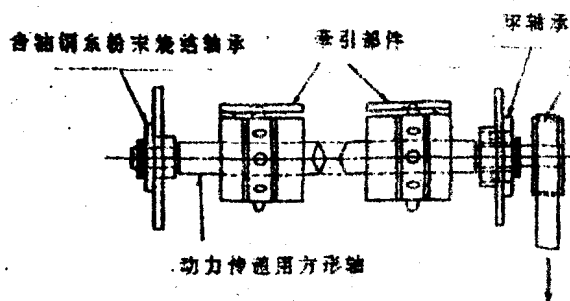


图1 动力传动方形轴

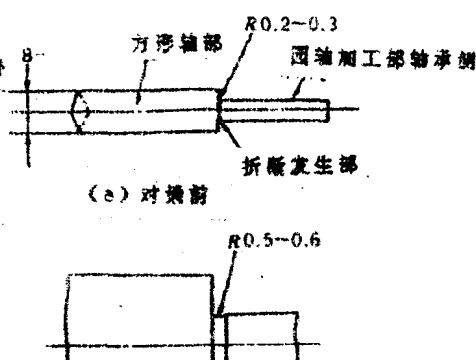


图2

(1) 设计目的和目标

想要提高OA（办公自动化）机器功能，却由于空间受限而不能使用输出功率较大的驱动源。现要求将正在使用的驱动源有效地充分使用之，其目标为：改变轴承部，以便能较前更高速度送格式纸。

(2) 设计方法

以前，方形轴的圆轴部分的轴承，由于考虑了价格，而一直采用树脂或烧结轴承。现在为了提高传动系统的功能，把球轴承用作传递脉冲电动机动力，安装在牙轮皮带侧。

(3) 使用效果

驱动方形轴时，在方形轴与圆轴加工的结合部，仅几小时就产生了折断故障。

(4) 事故分析

方形轴轴承部的加工，采用了与以前在左右两侧使用滑动轴承时相同的加工方式，然而，由于较以前施于牙轮皮带上张力超过1.5倍，所以加在轴阶梯部的应力增加了。因此由于加工时产生的小圆角造成应力集中而导至折断故障。

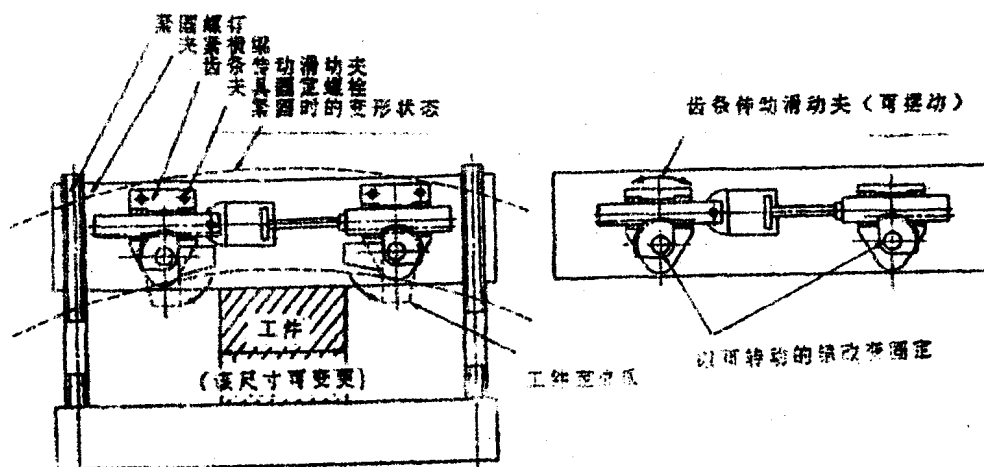
(5) 改进措施及效果

由于驱动牵引部件的方形轴尺寸已定，所以不能使用超过规定的尺寸。为了避免小圆角引起的应力集中，就在加工阶梯时把加工圆角取了3倍以上的尺寸。结果未再发生折断故障。

4. 防止长度不同工件拨出的机构动作不良

(错误的设计)

(正确的设计)



(1) 设计目的和目标

用层状结构式夹来夹紧不同长度的多种工件，作为防止工件拨出的一项措施，拟设计一种用气缸驱动的机构，安装在工件上方的夹紧横梁内。

(2) 设计方法

把上面左图所示的齿条传动滑动夹用螺栓固定在夹紧横梁上，并通过设在该滑动夹内的齿条、齿轮使一组爪动作。

(3) 使用效果

不能平滑地动作。

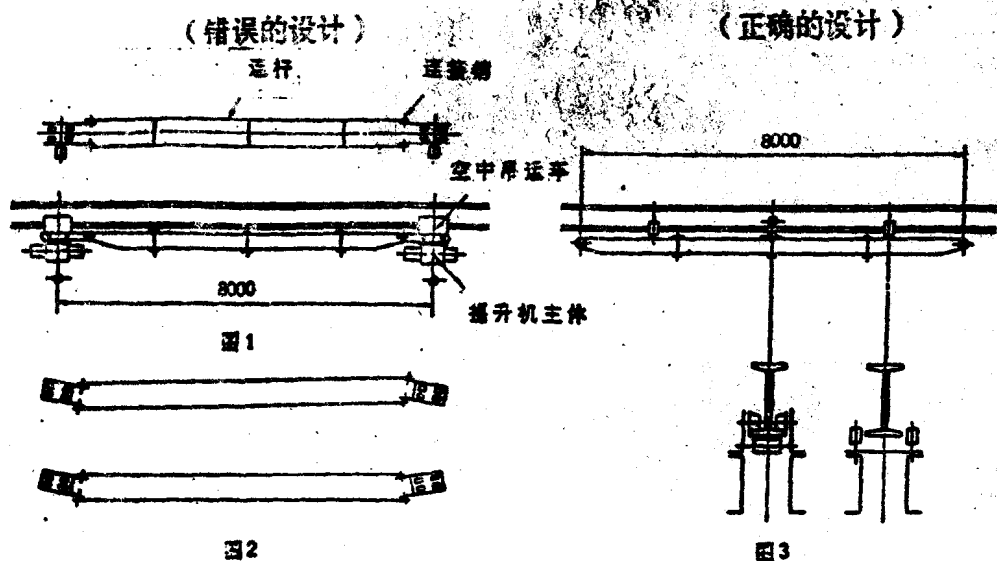
(4) 事故分析

由于夹紧时夹紧横梁会变形，因此随之齿条传动夹也变形。因为设计时没有考虑这种变形，而把齿条传动滑动夹固定在横梁上，故而出现导向不良，进而呈不能直线行进状态。

(5) 改进措施及效果

采取不产生变形的措施虽然是重要的，但在层状结构方式中，要想完全没有变形几乎是不可能的。那么，由把齿条传动滑动夹这种固定方式，改为以齿轮轴心转动，则旋

5. 提升机连接装置不合适



(1) 设计目的和目标

把二台提升机搭载组成起重机，其吊钩间经常专门装卸固定的货物时，提升机本身的间隔固定，将会提高工作效率。因此，决定用连杆连接空中吊运车，使其横向动作呈机械性的联动状态。

(2) 设计方法

为了在现有的起重机上也能使用，并考虑到：① 工程简单且以后可拆卸的结构；② 在空中吊运车上不需再进行复杂的加工；③ 即使偏载荷时，也能使用等条件，连杆为双列排列的型钢，其间以适当的间隔相连，并在两端加工有销孔。然后在空中吊运车上，利用与提升机主体连接的两根螺栓安装托架。这样就构成把它与连杆销结合的结构（图1）。

(3) 使用效果

提升机间隔短时效果还好，但间隔达8米左右时，每次驱动时，连杆中央部就发生上下左右的摆动，碰撞横行导轨（工字钢）。提升机单侧冲撞到止动器上时最严重，呈现如图2所示的扭歪状态。无论怎样纠正操作，均无效。

(4) 事故分析

空中吊运车为仅只驱动钢轨凸缘单侧车轮的结构。另外，从起动时的加速也不相同这点来看，扭歪和压缩力作用在连杆上也是不可避免的。特别是连接部配合为不紧的销接，就更容易产生压曲。

(5) 改进措施及效果

如果把连接部销接改为刚接合，就不能吸收由载荷产生的钢梁挠曲，总感到这样做有点过份。因而决定仍采用销接合，如图3所示那样，把滚动轮安装在连杆上，并将杆本身的上下左右摆动限制在2—3mm内。这样连杆将被导轨约束，其仅只水平移动是自由的，所以横向动作良好。

6. 镗削主轴的中心偏差

(说明图)

(正确的设计)

(错误的设计)

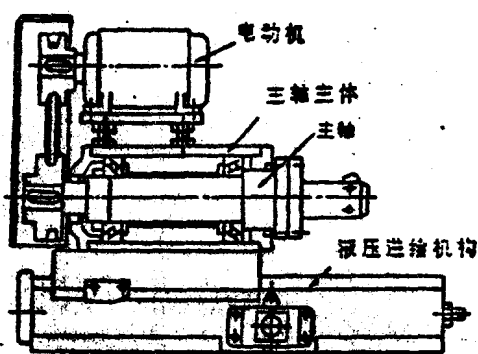


图1

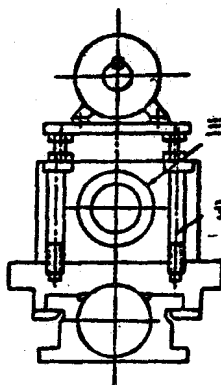


图2

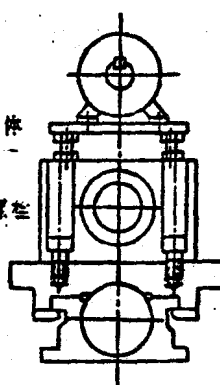


图3

(1) 设计目的和目标

欲制造专用机床用的镗削主轴机构。

(2) 设计方法

镗削主轴机构如图1所示。

(3) 使用效果

安装镗削主轴机构时的精度虽然很高，但将其安装在液压进给机构上，检验与夹具工件的同轴度时，却发现存在偏差（接近0.1mm），并且该偏差不易修正。

(4) 事故分析

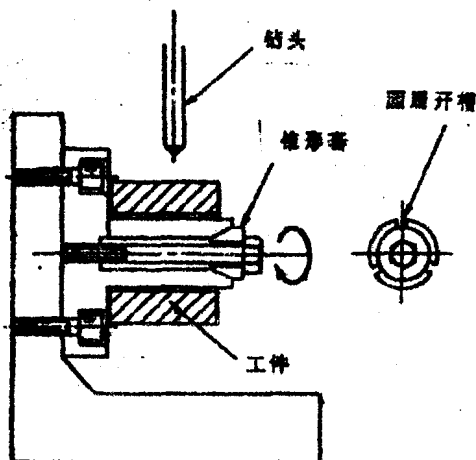
主轴机构与进给机构的联接如图2所示，拧紧安装螺栓时，主轴主体将会受弹性压缩，所以主轴中心下沉，呈偏差状态。

(5) 改进措施及效果

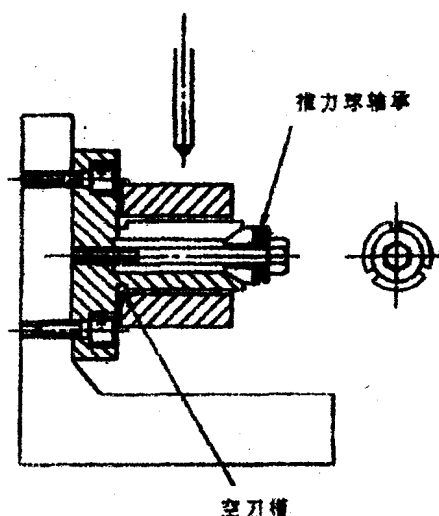
如图3所示，加大主轴主体的螺栓镗孔深度，使安装螺栓减少被压缩部分的厚度，即可解决上述问题。

7. 锥形套造成的固定不紧

(错误的设计)



(正确的设计)



(1) 设计目的和目标

工件(圆筒)内径部分用胀套卡紧后,再从外径方向进行钻孔加工。

(2) 设计方法

利用锥形套,加之螺栓的紧固力,以完成夹紧工件。

(3) 使用效果

由于用手紧螺栓,当然紧固力小,因此加工时工件就夹不紧而晃动,不能完成钻孔任务。

(4) 事故分析

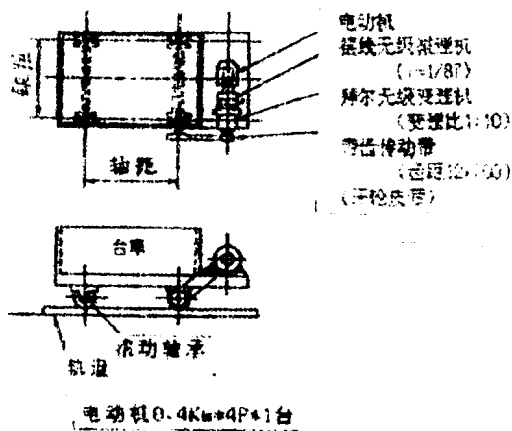
虽然在工件内插入的胀套圆周开了槽,但由于胀套壁厚厚度大,再加上锥形套两面的摩擦也参与在内,那么在有限的紧固力中,就不能像当初预测的那样增大,因此造成工件夹紧不牢固的故障。

(5) 改进措施及效果

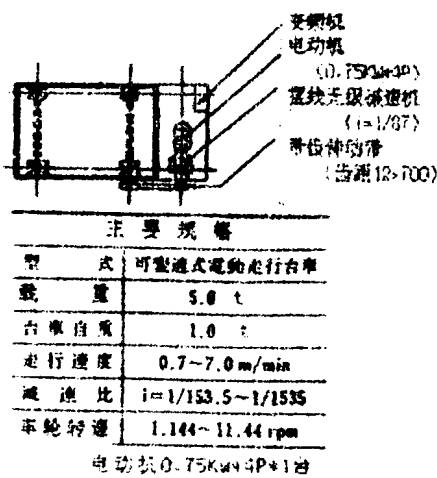
为减薄根部壁厚,设空刀槽,以易于适应胀套外胀,且在锥形套部插入推力球轴承,这样旋转就变得平滑,夹紧也就可靠了。再者,工件的更换在短时间内就能完成,所以达到了预期目标。

8. 变速式移动台车低速运转时产生脉动

(错误的设计)



(正确的设计)



(1) 设计目的和目标

该台车用于炼钢厂测量粉状体的颗粒分布情况, 要求台车在大范围的移动速度(0.7~7.0m/min)中, 粉状体不溃散, 且移动平稳。

(2) 设计方法

①电动机输出功率的计算, 应在最大装载时以其最高速度进行计算(净输出功率 $L=0.26kw$)。

②变速机构采用机械机构(拜尔摆线无级变速器)。

③缩小变速、减速部件的空间(与各单位技术协商后, 决定采用拜尔摆线无级变速器和带齿传动带)。

④轴承采用滚动轴承。

(3) 使用效果

①台车低速运行时, 发生了脉动(前进了100~300mm后, 台车不定期地发生瞬时性停车)。

②台车空载速度不超过4.0m/min时及最大装载速度不超过3.0m/min时, 都发生了脉动。

(4) 事故分析

①电动机为恒功率型电动机(一般认为, 计算上所需的电动机输出功率, 低速时为0.032KW, 高速时为0.26KW, 但由于电动机输出功率与台车移动负载不平衡, 因此就发生了低速时由台车的移动惯性力而造成的脉动)。

②变速机构的拜尔特性, 由于接近于恒转矩, 所以电动机输出功率不会降低, 若在25%以下的变速就不适合了(与制造厂技术研究的结果)。

(5) 改进措施及效果

在变速机构上采用接近于恒转矩特性的变频器, 而电动机输出功率的计算在低速时(0.7m/min)进行, 为0.75KW。

这样改进后, 台车在由低速向高速移动的范围, 人体感觉不到脉动, 因而充分地满足了设计要求。不过, 在0.7~1.0m/min(6~9Hz)的速度范围内使用该台车时, 用仪器测量出了脉动。

9. 油压进给机构中微速进给的故障

(错误的设计)

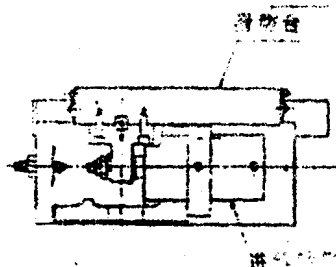


图1

(正确的设计)

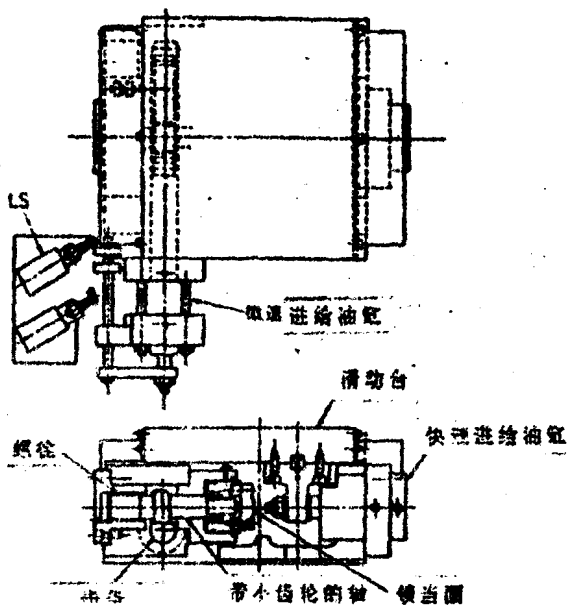


图2

(1) 设计目的及目标

在需要每分钟3mm的进给速度的机构中，根据设备而选择了油压为驱动源。被加工件为特殊铝合金，用一把R成形车刀（倒圆成形车刀）进行R加工。加工表面粗糙度为 $1.5 \mu\text{m R}_{\text{max}}$ ，油压为 50 kg/cm^2 。

(2) 设计方法

充分考虑油压进给机构滑动面的润滑，采用最小 0.02 L/min 的流量调节阀。在理论上可认为仅只是进行油缸进给流量调节。切削进给的长度为3mm。

(3) 使用效果

每分钟的进给量虽能保证，但在切削面上却发生了微细的高频振动，因此不能获得平滑的加工面。刀具的寿命也较设计要求短。

(4) 事故分析

虽然用肉眼难以辨认，但仍可知是发生了像爬行似的蠕动现象，这种现象不是从滑动面发生的，而是由于流量的微细变化。流量调节阀的规格极限存在问题。应充分考虑被加工件的材质和加工表面精度而进行选择之。

(5) 改进措施及效果

快速进给仍使用以前的进给方式，微速进给则另外设置油缸，并在活塞杆的延长部分上带有齿条，小齿轮轴一端设有螺检部，另一端构成快速进给用活塞杆的锁挡，其内安有推力轴承的滑动套（图2）。快速进给活塞杆端碰撞到锁挡面后，使微速进给用的油缸动作，这样，就可进行微细而平稳地进给了。

原书缺页

11. 汽车的手闸钢丝结合不良

(错误的设计)

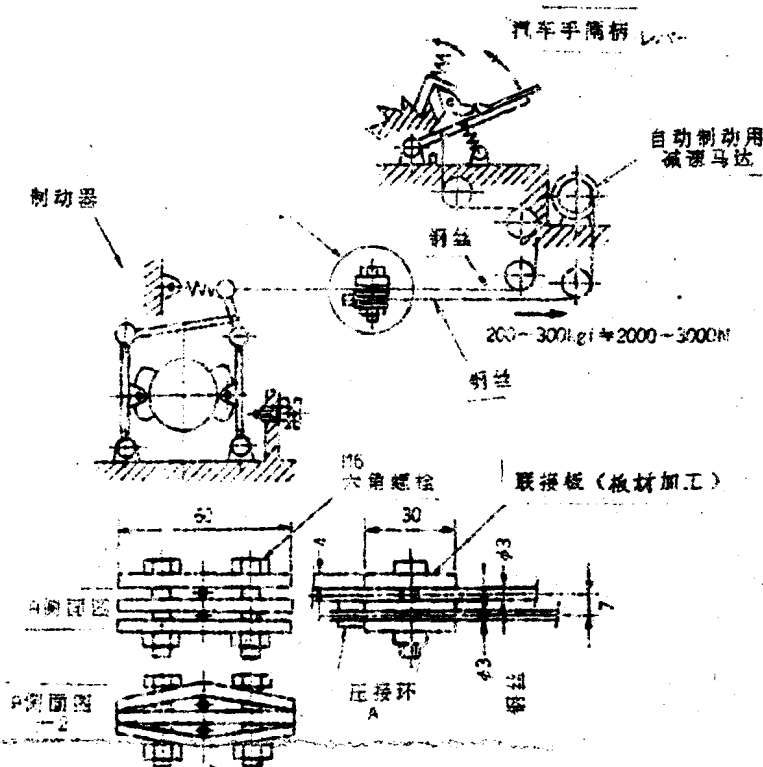


图1

(1) 设计目的和目标

在汽车制动器已有的钢丝上，再结合另外一根钢丝，并用减速马达拉曳之，以便在行车时能自动制动。本项设计的目的就是在这种装置中设计出这种结合部的结构。在该结合部，要求钢丝不滑动，能可靠地传递制动所需的张力。

(2) 设计方法

本装置用于辅助驾驶技术不熟练的司机，当行车时，可自动地制动而将汽车固定在地面上。它是在原已有的手闸钢丝上结合另一根钢丝的一端，另一端则由自动制动用的减速马达拉曳。该装置设计的要点为图1中A所示的钢丝结合部分的结构，三块联接板各使用二个螺栓、螺母。

(3) 使用效果

虽然拧紧了钢丝结合部的螺栓与螺母，但由于联接板刚性不足，还是发生了如图2所示的变形，至使不能将钢丝牢固结合。因钢丝滑动而不能自动制动。

(正确的设计)

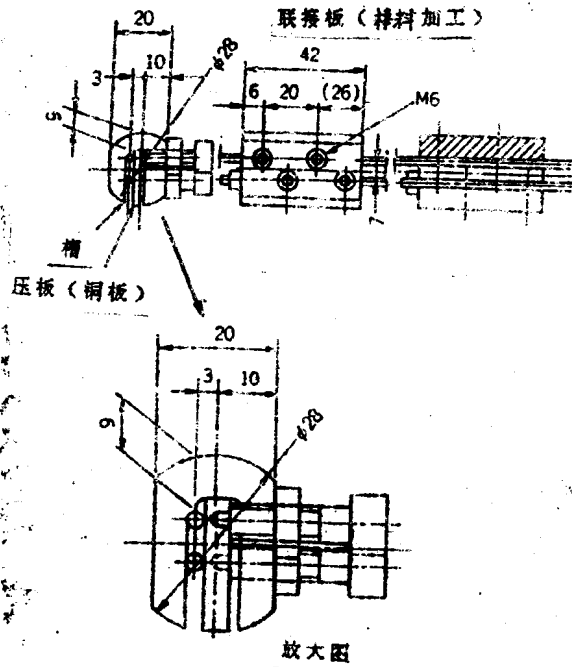


图2

(4) 事故分析

钢丝结合部联接板较薄，其用于压紧钢丝的刚性当然就不足。另外，螺杆的轴向力，即紧固钢丝的力也由于采用两个M6螺栓而显得不足。与钢丝的张力200Kgf相比，螺杆的轴向力应需500Kgf。其理由就在于：对于螺杆的轴向力 P kgf 来说，钢丝单侧的摩擦力应为 μp kgf，其中 μ 为紧固件与钢丝的摩擦系数（约为0.2）。

钢丝的张力 T kgf 为 $T=2\mu p$ ，则

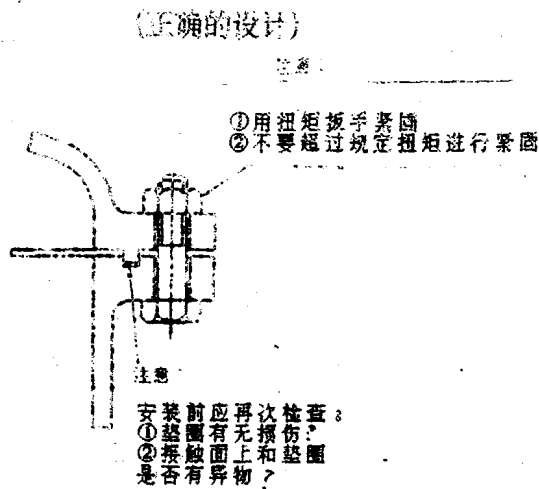
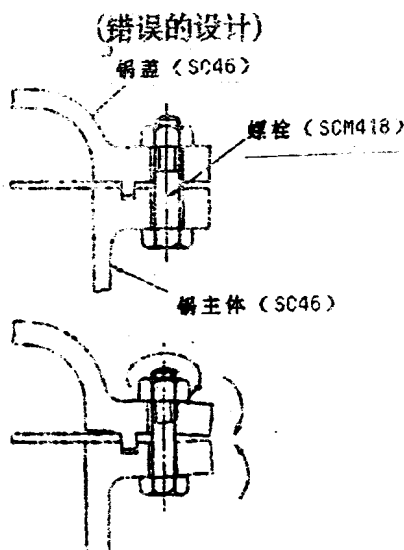
$$p = \frac{T}{2\mu} = \frac{200}{2 \times 0.2} = 500 \text{kgf}$$

(5) 改进措施及效果

如图2所示，将棒料加工切出槽。每根钢丝用两个 M6 螺栓紧固。为使钢丝在螺栓顶端不被破损，还加有铜压板。

这样改进后，自动制动就变得平稳了。

12. 高压锅盖的凸缘部变形



(在装配图上记录有“注意”事项)

(1) 设计目的和目标

把高压锅锅盖紧固在主体上的螺栓，当其数量多但直径不够粗时，不能满足强度计算方面的要求。因此，现决定在有限的圆周上配置所需的螺栓数量，螺栓采用刚性大的材料制成，以图减小螺栓直径。

(2) 设计方法

高压锅锅盖材料为碳素钢件 (SC46) 或不锈钢铸钢件 (SCS) 时，其紧固螺栓若为碳素钢锻件 (SF50A)，则必须加大其直径，但若采用刚性大的铬钼钢材料 (SCM418) 制的螺栓，那么螺栓直径即使细一些，其强度也无问题。因此，用铬钼钢作为螺栓材料，就可缩小螺栓直径了。

(3) 使用效果

经耐压试验，结果在高压锅与其盖间的垫圈处发生了漏泄，后将螺栓螺母再次紧固，再试验时仍发生漏泄。另外，在增加紧固力重复进行地试验中，高压锅锅盖凸缘部外周部分产生了弯曲变形。

(4) 事故分析

由于高压锅及其盖的刚性比螺栓的刚性低，所以每当加大螺栓螺母的紧固力时，虽然螺栓螺母的间隙减小了，但该部的高压锅及其盖的凸缘却弯曲了，最终变形达到连高眼也能辨认出的地步。这时如果发生漏泄，那么加大紧固力，也应在许用转矩内进行，并需检查垫圈或垫圈的接触面是否有问题。经检查，本例中的垫圈接触面上有小的异物。

(5) 改进措施及效果

装配图上虽注有工作压力、试验压力等项数据，但在送向装配现场的装配图上却经常不记载装配注意事项，因此，即使垫圈的接触面或垫圈上附着有异物，也就不经辨认而照样装配了。因而一定要在装配图上记载有注意事项，以促使作业人员注意。

这样改进后，再没有发生上述故障。