MJ螺纹螺钉与自锁型钢丝螺套配合情况分析

张理博，罗成，郭晓敏
中国航发贵州红林航空动力控制科技有限公司　贵州贵阳　550009

摘要：通过故障排查、尺寸复测、装配试验验证以及螺纹牙型差异对比分析等方法，解决了MJ螺纹螺钉与HB6200自锁型钢丝螺套在装配过程中出现的抱死问题，得到了采用Q/8S1480.2A-081004米制螺纹锁紧型钢丝螺套替换现行的HB6200 8×1×14锁紧钢丝螺套的解决方案，有效提高了产品的可靠性和装配效率。

关键词：MJ螺纹；自锁型钢丝螺套；配合

1　序言

MJ螺纹是一种具有较高疲劳强度的螺纹，被国际标准化组织称为航空航天螺纹。我厂某型齿轮泵壳体组件在装配人字形螺钉时，常发生螺钉与锁紧钢丝螺套抱死而无法装配到底的问题，制约了该齿轮泵壳体组件的正常交付，对产品小批量生产影响较大。该问题是产品由M螺纹螺钉更换为MJ螺纹螺钉后出现的问题。对于即将进入小批量生产的产品来说，出现该问题，不仅加大了操作人员的手工劳动强度，也会对后续产品交付产生巨大影响，项目组经过尺寸复查、原因分析及定位、改进方案实施及试验验证等工作后，已彻底解决该问题。

2　故障现象、排查及分析

2021年6月，某型齿轮泵壳体组件在装配MJ螺纹螺钉时，操作人员反映存在螺钉与锁紧钢丝螺套抱死而无法装配到底的问题，采用设备辅助装配，又因力矩过大而导致工装被拧碎。

为查清MJ螺纹螺钉与锁紧钢丝螺套抱死的原因，项目组开展了如下工作。

2.1　工具、夹具和量具复检

将装配过程中用到的工具、夹具和量具送至检测部门进行复检，检查结果均为合格，由此排除因工具、夹具和量具不合格而造成故障的可能。

2.2　螺纹尺寸复测

用螺纹环规检查MJ螺纹螺钉的螺纹，通端可以通过，止端不通过。检查结果：MJ螺纹螺钉的螺纹尺寸满足规定要求。复查锁紧钢丝螺套入厂验收记录，尺寸检查合格。同时用螺纹塞规检查非锁紧口尺寸，尺寸满足要求。检查齿轮泵壳体的螺纹孔尺寸，螺纹塞规通端通过，止端不通过，螺纹孔尺寸合格。

2.3　装配试验验证

项目组按齿轮泵壳体对应螺钉孔（ST8mm×1mm GJB119.3）尺寸规定在工装壳体上加工螺钉孔，并按钢丝螺套相同装配方式装配HB6200 8×1×14锁紧钢丝螺套。分别验证普通螺纹螺钉与MJ螺纹螺钉的差异情况，详情如下：用普通的M8×1-5h6h螺纹螺钉装配，多次拧紧、拆卸，未发生抱死现象；用MJ螺纹螺钉装配，部分螺钉抱死，无法拧至规定尺寸。与在齿轮泵壳体组件中装配MJ螺纹螺钉发生的抱死现象一致。

2.4　MJ螺纹螺钉抱死前后螺纹对比

将抱死的MJ螺纹螺钉剖开，在显微镜下对比观察抱死螺钉和正常螺钉的螺纹牙底痕迹，如图1和图2所示，通过锁紧圈后抱死的螺纹牙底有破坏沟槽。

2.5　M螺纹与MJ螺纹差异对比分析

（1）螺钉M螺纹和MJ螺纹尺寸差异对比　根据GB/T 196—2003《普通螺纹 基本尺寸》、GB/T 2516—2003《普通螺纹 极限偏差》[1, 2]及GJB 3.1A—2003《MJ螺纹 第1部分：通用要求》，查得M8×1-5h6h螺纹和MJ8×1-4h6h螺纹的实际尺寸，见表1。

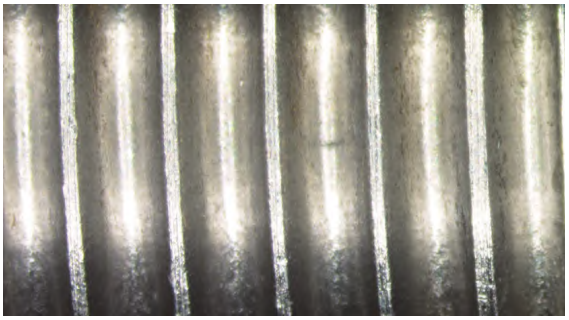

图1　正常螺钉的螺纹牙底

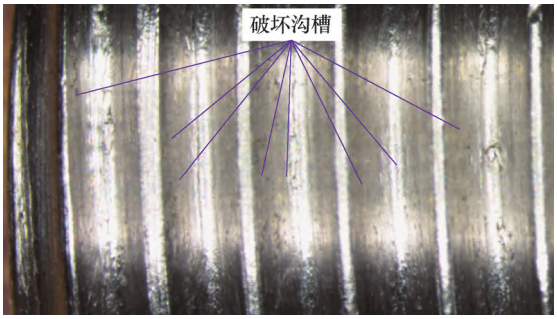

图2　通过锁紧圈后抱死的螺纹牙底

表1　螺纹尺寸　（单位：mm）

螺纹规格	大径（最大值）	大径（最小值）	中径（最大值）	中径（最小值）	小径（最大值）	小径（最小值）
M8×1-5h6h	8.000	7.820	7.350	7.260	6.917	工具保证
MJ8×1-4h6h	8.000	7.820	7.350	7.279	6.845	6.713

（2）螺钉M螺纹和MJ螺纹牙型差异对比　从基本牙型和实际牙型两方面进行对比。

1）基本牙型对比。M螺纹基本牙型：查GB/T 192—2003《普通螺纹 基本牙型》规定[3]，M螺纹的基本牙型如图3所示。

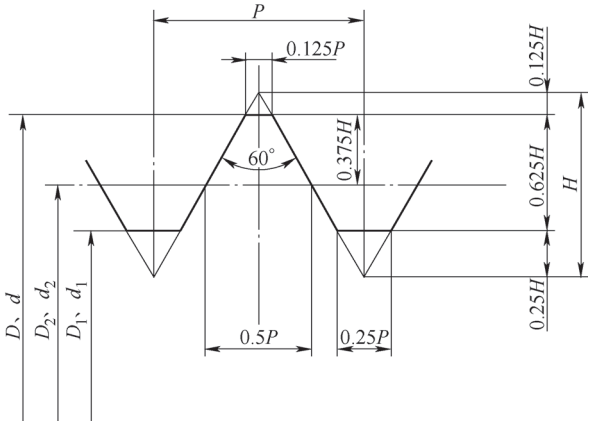

图3　M螺纹基本牙型

MJ螺纹基本牙型：根据GJB 3.1A—2003《MJ螺纹 第1部分：通用要求》，MJ螺纹的牙底为一条连续且光滑的曲线，曲线上任何一处连接圆弧的半径值不应＜0.15011P（P为螺距，P=1mm）。螺纹基本牙型如图4所示。

两种螺纹的基本牙型对比如图5所示。

2）实际牙型对比。M螺纹实际牙型：根据GB/T 196—2003《普通螺纹 基本尺寸》和GB/T 2516—2003《普通螺纹 极限偏差》所规定的尺寸及公差带，M螺纹实际牙型如图6所示。

MJ螺纹实际牙型：根据GJB 3.1A—2003《MJ螺纹 第1部分：通用要求》所规定的尺寸及公差带，MJ螺纹实际牙型如图7所示。

M螺纹牙底与MJ螺纹牙底的对比如图8所示。

（3）锁紧钢丝螺套内螺纹尺寸及牙型　查HB 6202《锁紧型钢丝螺套技术条件》，锁紧钢丝螺

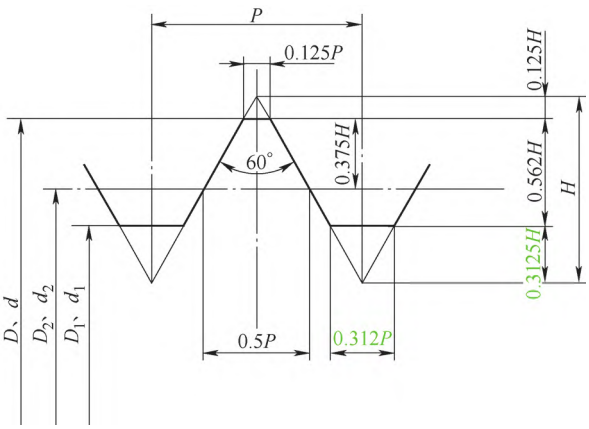

图4　MJ螺纹基本牙型

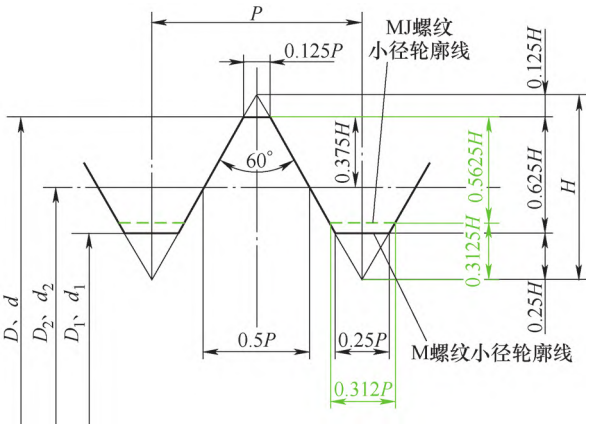

图5　基本牙型对比

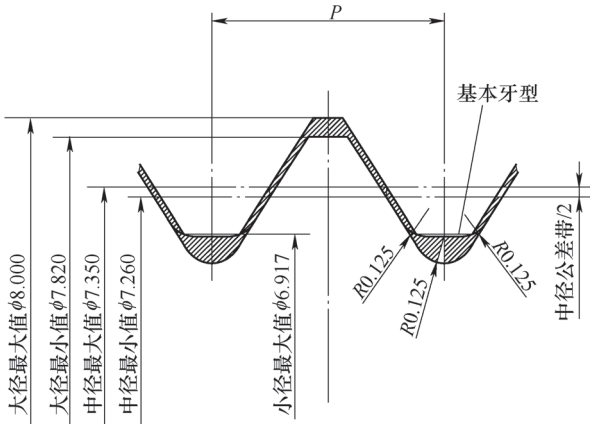

图6　M8×1-5h6h外螺纹实际牙型

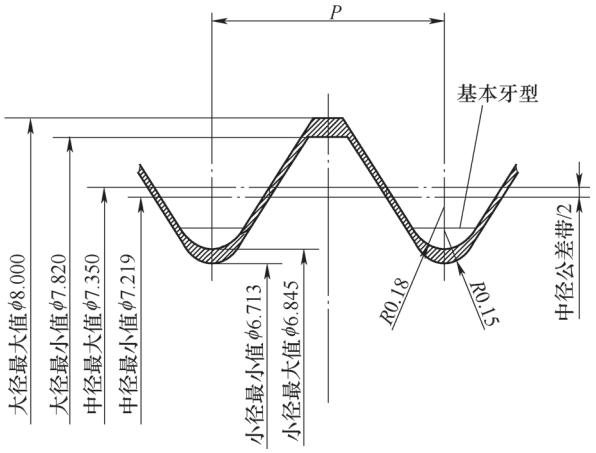

图7　MJ8×1-4h6h外螺纹实际牙型

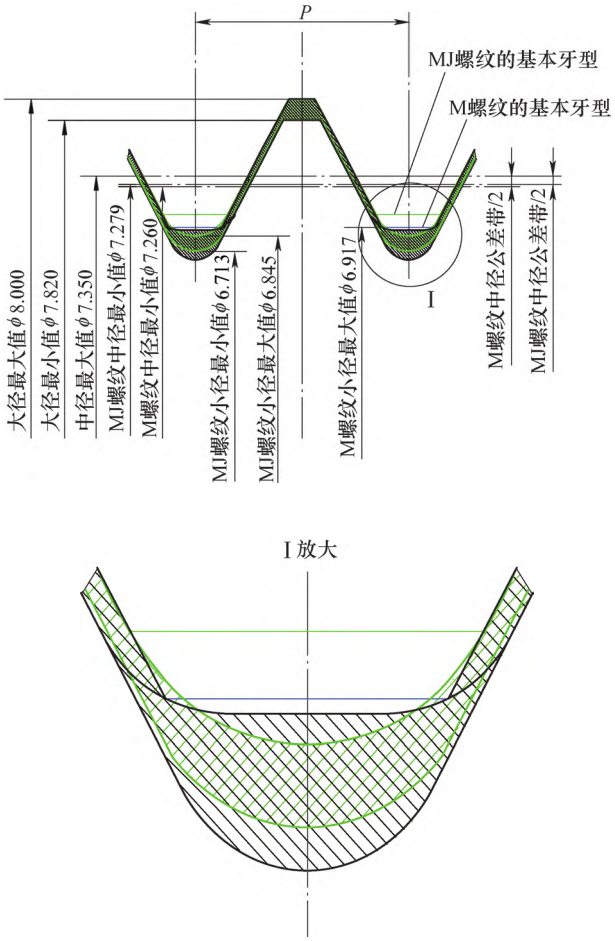

图8　两种螺纹牙底实际牙型对比

套装入GJB119.3规定的内螺纹中，则形成符合GB/T 192—2003《普通螺纹 基本牙型》等一系列螺纹标准的粗牙5H、细牙6H的内螺纹。该壳体安装MJ螺纹螺钉的螺纹孔尺寸为ST8mm×1mm（符合GJB119.3A—2001《普通型钢丝螺套》）。故该壳体组件装配HB6200 8×1×14锁紧钢丝螺套后，形成的内螺纹尺寸为M8×1-6H，具体尺寸见表2。

查GJB3.1A—2003《MJ螺纹 第1部分：通用要求》，仅查到内螺纹MJ8×1-4H5H的尺寸见表3。

形成的内螺纹实际牙型如图9所示。

（4）差异分析结论　根据上述外螺纹、内螺纹尺寸及牙型对比分析，现将差异汇总如下。

1）MJ外螺纹的小径小于M外螺纹的小径。

2）MJ内螺纹的小径（牙底圆弧最小值）大于M内螺纹的小径。

3）MJ外螺纹的牙底是圆滑的*R*圆弧线，而M外螺纹的牙底是平底或*R*圆弧，平底牙底时，牙底与牙侧螺旋面相交处为*R*圆弧。

2.6　钢丝螺套内螺纹与外螺纹配对分析

（1）钢丝螺套钢丝及锁紧圈简介　在分析内、

表2　内螺纹尺寸　（单位：mm）

螺纹规格	大径（最大值）	大径(最小值)	中径（最大值）	中径（最小值）	小径（最大值）	小径（最小值）
M8×1-6H	—	—	7.500	7.350	7.153	6.917

表3　MJ8×1-4H5H内螺纹尺寸（仅供参考）　（单位：mm）

螺纹规格	大径（最大值）	大径(最小值)	中径（最大值）	中径（最小值）	小径（最大值）	小径（最小值）
MJ8×1-4H5H	8.239	8	7.445	7.350	7.216	7.026

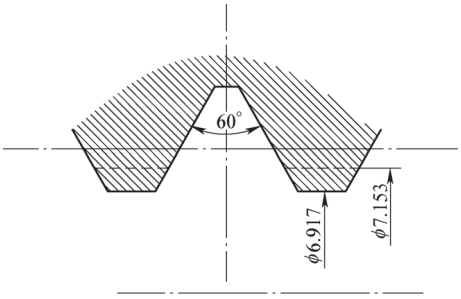

图9　钢丝螺套安装后形成的内螺纹实际牙型

外螺纹配对情况前，需对锁紧钢丝螺套的钢丝外形及锁紧圈做说明。钢丝断面形状及锁紧圈形状如图10所示（参考HB 6202—1989《锁紧型钢丝螺套技术条件》）。其中圆角$r\leqslant0.04$mm，由钢丝加工时工具保证；锁紧边数K=6，锁紧圈数最多两圈。

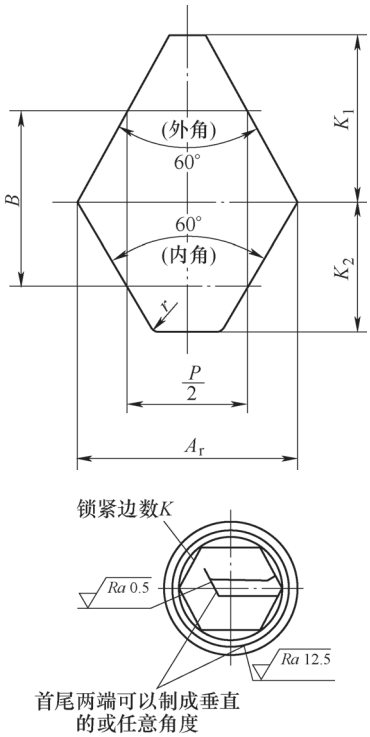

图10　钢丝结构面形状

（2）内螺纹与M外螺纹配对分析　内螺纹与M外螺纹配对关系如图11所示。非锁紧段内螺纹的牙尖与外螺纹的牙底不干涉；外螺纹过锁紧段时，内螺纹的尖角不会切割外螺纹牙底，锁紧圈锁紧边的内角面受外螺纹牙侧螺旋面向外挤的力，发生顺螺旋线的弯曲变形，与外螺纹牙侧面紧密贴合，螺钉拧入或拧出时形成良好的锁紧力。

（3）内螺纹与MJ外螺纹配对分析　内螺纹与MJ外螺纹配对关系如图12所示。

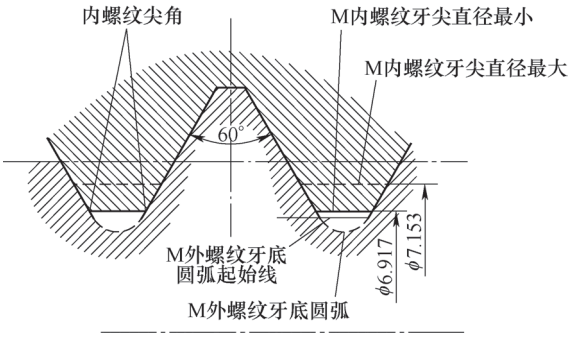

图11　M外螺纹与内螺纹配对情况

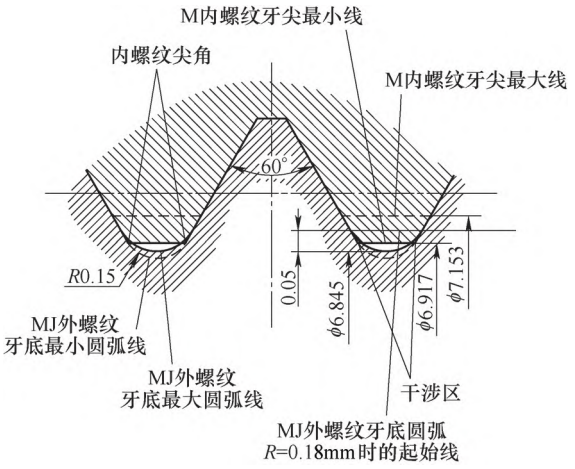

图12　MJ外螺纹与内螺纹配对情况

内螺纹牙尖与外螺纹的牙底在极限尺寸情况下，存在极小干涉区间（发生概率小）。在实际装配过程中，非锁紧段从未出现过装配异常问题，该现象不影响非锁紧段装配。尖角干涉区间的存在，对外螺纹经过锁紧段时影响较大。外螺纹过锁紧段时，内螺纹的尖角极易切割外螺纹圆弧形牙底，锁紧圈锁紧边的尖角边与外螺纹牙底圆弧面形成线接触。螺钉旋转过程中，由线接触的地方挤压钢丝变形，受钢丝变形产生的反作用力影响，线接触处的内螺纹尖角切入外螺纹牙底圆弧面，逐步发展成环面接触，产生破坏，如图13所示。

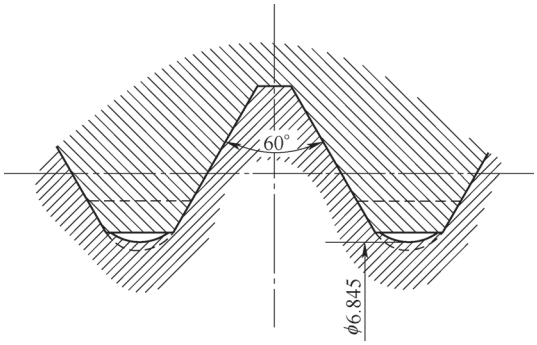

图13　牙底过锁紧段后被破坏的情况

3 原因分析

根据螺钉牙底加工时形成的圆角尺寸，导致MJ螺纹螺钉抱死的原因是MJ螺纹牙底实际直径较M螺纹牙底直径大，而HB6200型钢丝螺套牙尖无倒圆角，MJ螺纹螺钉在通过锁紧圈时，锁紧边钢丝的尖角切割螺钉牙底圆弧面。随着MJ螺纹螺钉拧进，通过的锁紧边增多，切割牙底圆弧面形成的接触面积增大，摩擦力逐渐增大，当摩擦力大于锁紧力矩和紧固力矩时，MJ螺纹螺钉与锁紧钢丝螺套抱死。

4 解决方案

根据上述定位的问题原因，制定了两种解决MJ螺纹螺钉装配过程抱死问题的方案。

4.1 方案一

对MJ螺纹螺钉进行改进，将螺钉的螺纹牙底直径由ϕ6.713～ϕ6.845mm调整为ϕ6.61～ϕ6.75mm。优缺点分析如下。

（1）优点　仅调整尺寸，实施简单有效。

（2）缺点　螺钉牙底直径减小后，其抗疲劳强度降低，是否满足使用要求，需通过振动考核试验验证。若振动验证周期长，则无法满足生产需求。

4.2 方案二

将HB6200 8×1×14锁紧钢丝螺套调整为Q/8S1480.2A-081004米制螺纹锁紧型钢丝螺套。

（1）优点　具体如下。

1）不需调整MJ螺纹螺钉的牙底直径，不降低螺钉抗疲劳强度。

2）Q/8S 1480.2《钢丝螺套》是中国航发湖南动力机械研究所标准，在成熟发动机中经过充分验证，可以直接选用。

3）Q/8S1480.2A-081004钢丝螺套性能与HB6200 8×1×14钢丝螺套性能相同，具备直接替换条件，替换后无需开展验证考核试验。

（2）缺点　承制单位无现货，钢丝螺套批量生产周期长。

对比上述方案的优缺点，决定采取方案二，即采用Q/8S1480.2A-081004米制螺纹锁紧型钢丝螺套替换现行的HB6200 8×1×14锁紧钢丝螺套。

5 可行性论证

依据HB 6202《锁紧型钢丝螺套技术条件》及Q/8S 1480.4《米制螺纹钢丝螺套通用规范》，Q/8S1480.2A-081004钢丝螺套MJ螺纹的菱形钢丝型面如图14所示，与HB6200型锁紧钢丝螺套M螺纹钢丝的主要区别是菱形钢丝内角为圆角。圆角半径的最小值为0.18mm，形成的圆弧面极限情况下与MJ外螺纹牙底贴合，其余尺寸下与MJ外螺纹牙底以间隙形式存在。

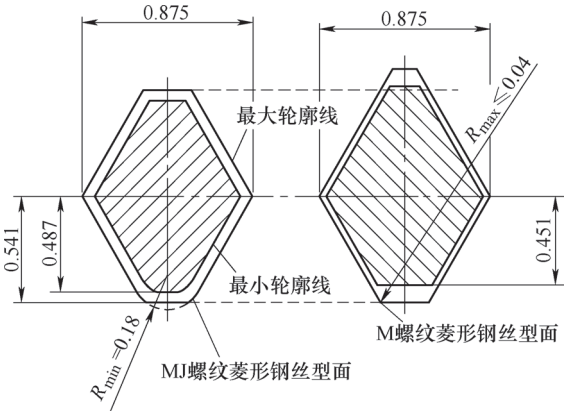

图14　两种钢丝螺套菱形钢丝型面

5.1 钢丝螺套锁紧力矩对比

依据HB 6202《锁紧型钢丝螺套技术条件》及Q/8S 1480.4《米制螺纹钢丝螺套通用规范》，两种钢丝螺套安装在基体螺纹孔内后，形成的锁紧力矩见表4。两种钢丝螺套的锁紧力矩基本相同。

表4　钢丝螺套锁紧力矩　（单位：N·m）

规格	第1次拧入时最大力矩	第15次拧出时最小力矩
HB6200 8×1×14	6.86	0.74
Q/8S1480.2A-081004	7	0.7

5.2 钢丝螺套材料、尺寸对比

查HB 6200《锁紧型有折断槽钢丝螺套》与Q/8S 1480.2《米制螺纹锁紧型钢丝螺套》中钢丝螺套的材料、公称直径、螺距及安装长度等，见表5。两种钢丝螺套材料、直径一致。

5.3 米制螺纹锁紧型钢丝螺套试装情况

为论证Q/8S1480.2A-081004钢丝螺套是否适用于现行壳体螺纹孔及MJ螺纹螺钉，做了如下工作。

1）在工装壳体上按设计图样规定的ST8mm×1mm丝套螺纹尺寸加工螺纹孔。

2）将Q/8S1480.2A-081004米制螺纹锁紧型钢丝螺套装入螺纹孔，检查形成的螺纹孔尺寸，螺纹塞

数控机床电气系统故障的分析与排除

林妙贞
广州市轻工技师学院　广东广州　510330

摘要：详细分析了数控机床电气系统中常见故障的类型和排除方法，结合实际维修案例，探讨了电源系统、变频器、线路连接及传感器等关键部件的故障表现、诊断过程和修复技术。通过对轧辊加工机床的Z轴伺服电动机、加工中心的主轴变频器、数控铣床的刀库系统以及机床回零传感器故障的实际案例分析，总结了有效的故障排查和维修策略。结果表明，准确的故障诊断与科学的维修方法能够显著提高数控机床的运行稳定性和工作效率，对提高数控机床的可靠性和延长设备使用寿命具有重要的指导意义。

关键词：数控机床；电气系统；故障诊断；故障排除；维修案例；变频器；传感器

1　序言

数控机床作为制造业的关键设备，其电气系统的重要性不言而喻。电气系统安全可靠的运行状况直接影响数控机床的工作效果、生产效率与产品质量。随着数控技术的不断发展，数控机床日益趋向于智能化、自动化，使得其电气系统日趋复杂，如何能够及时、准确地诊断机床电气故障并排除，确保机床装备的正常生产应用一直是装备制造业普遍关注和重视的问题。机床电气设备数量庞大，故障率高，电气系统故障量在总生产故障量中占较大比

表5　钢丝螺套材料、安装尺寸

项目	HB6200 8×1×14	Q/8S1480.2A-081004
材料	1Cr18Ni9Ti	1Cr18Ni9Ti
公称直径/mm	8	8
螺距/mm	1	1
锁紧圈圈数（最大值）/圈	2	2
锁紧圈边数/个	6	6
安装长度/mm	16.3	16

规通端通过，止端不通过。螺纹孔尺寸符合要求。

3）将10颗MJ螺纹螺钉拧入锁紧钢丝螺套，拧入时锁紧力矩满足标准规定，无抱死现象，且可拆卸。

通过实际试装表明，Q/8S1480.2A-081004米制螺纹锁紧型钢丝螺套满足使用要求。

6　结束语

综上所述，项目组在详细分析了MJ螺纹螺钉与HB6200型锁紧钢丝螺套抱死问题后，采取Q/8S1480.2A-081004米制螺纹锁紧型钢丝螺套替换HB6200 8×1×14锁紧钢丝螺套的解决措施，经论证分析及验证，措施可行，有效地解决了原锁紧钢丝螺套工艺性差的问题，可以满足该齿轮泵壳体组件后续小批量生产的需求。

参考文献：

[1] 全国螺纹标准化技术委员会. 普通螺纹 基本尺寸：GB/T 196—2003[S]. 北京：中国标准出版社，2004.
[2] 全国螺纹标准化技术委员会. 普通螺纹 极限偏差：GB/T 2516—2003[S]. 北京：中国标准出版社，2004.
[3] 全国螺纹标准化技术委员会. 普通螺纹 基本牙型：GB/T 192—2003[S]. 北京：中国标准出版社，2004.

MW 20240820