

ICS

备案号:

YS

中华人民共和国有色金属行业标准

YS/T xxxx—20xx

航空飞行器用铜包铝线材

Copper-clad aluminum composited wire for aviation

(征求意见稿)

202x-xx-xx发布

202x-xx-xx实施

目 次

前 言	II
1. 范围	3
2. 规范性引用文件	3
3. 术语和定义	3
4. 产品分类	3
5. 要求	4
6. 试验方法	6
7. 产品合格鉴定	6
8. 过程控制	7
9. 检验规则	7
10. 包装、标志、贮存	7

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国有色金属标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：XXX。

本文件主要起草人：XXX。

航空飞行器用铜包铝线材

1. 范围

本文件规定了航空飞行器用铜包铝线材的分类、要求、试验方法、检验规则、产品合格鉴定、过程控制、包装等。

本标准适用于航空飞行器用裸圆铜包铝线，允许的最高工作温度为 150℃，超过此温度由供需双方评估使用。周围环境温度范围-50℃~+95℃，相对湿度最高不超过 90%。周围空气可能受到尘埃、烟、腐蚀性气体、蒸汽或盐雾的污染，污秽等级不得超过 IEC60815 规定的II级（中等污秽），超过此污秽等级应适当防护。该铜包铝线的典型用途为航空飞行器电线电缆内导体，射频同轴电缆和音频电缆内导体亦可适用，其他应用在符合此标准条件下也可选用。

2. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件。不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3048.2 电线电缆性能试验方法 第 2 部分：金属导体材料电阻率试验

GB/T 4909.2 裸电线试验方法 第 2 部分：尺寸测量

GB/T 4909.5 裸电线试验方法 第 2 部分：弯曲试验——反复弯曲

GB/T 33142 连铸铜包铝棒坯

3. 术语和定义

GB/T 4909、GB/T 33142 界定的术语和定义适用于本文件。

4. 产品分类

4.1 铜包覆体积比、状态

铜包铝线由充芯层和紧密包覆其外的铜层构成，外层铜包覆层应紧密、连续，不得有焊缝。铜包铝线按铜层体积比和产品状态分类如下表：

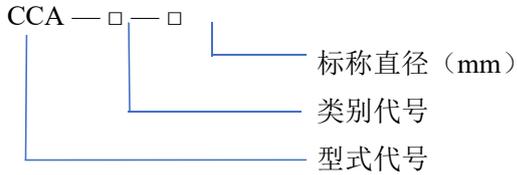
表 1 铜包铝线分类比及状态

含铜体积比%	状态 ^a
15、20、25	O、F
a.状态 O 表示软态，F 表示硬态	

4.2 型号与标记

铜包铝线的型号由形式代号（CCA）、类别代号（15O、15F、20O、20F、25O、25F）和标称直径（mm）组成。

表示方法如下：



5. 要求

5.1 外观

铜包铝线材表面应光滑、平整，不得有凹陷、裂纹、锈斑等缺陷。

5.2 标称直径与偏差

铜包铝线材的直径及偏差应符合表 2 的规定。

表 2 铜包铝线材的直径及偏差

标称直径 d ^a	偏差
0.080~0.299	±0.003
0.300~8.25	±2%d

a 铜包铝线的标称直径应从所列范围中选取，小于 1.00mm 时,取三位小数;大于或等于 1.00mm 时,取两位小数。

5.3 铜包铝线抗拉强度和断后伸长率应符合表 3 的规定

表 3 铜包铝线材的抗拉强度和断后伸长率

标称直径 mm	抗拉强度 MPa (≥)		伸长率 % (≥)	
	F 类别	O 类别	F 类别	O 类别
8.25	290	170	4.2	12
7.35	290	170	4.2	12
6.54	290	170	3.5	12
5.83	290	170	3.5	12
5.19	290	170	3.5	12
4.62	300	180	2.5	11
4.12	300	180	2.5	11
3.66	300	180	2.5	11
3.26	300	180	2.5	11
2.91	300	180	2.5	11
2.59	300	180	2.5	11
2.30	300	180	2.5	11
2.05	310	185	2.5	10
1.83	310	185	2.5	10
1.63	310	185	2.5	10
1.45	310	185	2.5	10
1.29	310	185	2.5	10
1.15	310	185	2.5	10

1.02	310	185	2.5	10
0.912	320	190	2.5	10
0.813	320	190	2.5	10
0.724	320	190	2.5	10
0.643	320	190	2.5	10
0.574	320	190	2.5	10
0.511	320	190	2.5	10
0.455	320	190	2.5	10
0.404	320	190	2.5	10
0.361	320	190	2.5	10
0.320	320	190	2.5	10
0.287	320	190	2.5	10
0.254	320	190	2.5	10
0.226	320	190	2.5	10
0.203	320	190	2.5	10
0.180	320	190	2.5	10
0.160	320	190	2.5	10
0.142	320	190	2.5	10
0.127	320	190	2.5	10
0.100	320	190	2.5	10
0.080	320	190	2.5	10

5.5 铜层厚度

铜包铝线材的铜层厚度最薄点应满足以下规定：

- a) 15O 和 15F 铜包铝线，其厚度最薄点不小于线标称半径的 5.0%。
- b) 20O 和 20F 铜包铝线，其厚度最薄点不小于线标称半径的 6.5%。
- c) 25O 和 25F 铜包铝线，其厚度最薄点不小于线标称半径的 8.0%。

5.6 铜层体积比

- a) 对 15O 和 15F 线，其铜层体积比应不小于 13%且不大于 17%。
- b) 对 20O 和 20F 线，其铜层体积比应不小于 18%且不大于 22%。
- c) 对 25O 和 25F 线，其铜层体积比应不小于 23%且不大于 27%。

5.7 直流电阻率

铜包铝线在 20℃时的直流电阻率应符合表 4 的规定值。

表 4 铜包铝线的直流电阻率

线材类别	最大电阻率 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
15O、15F	0.02676
20O、20F	0.02550
25O、25F	0.02498

5.8 铜层密实性

铜包铝线按 6.6 进行试验时，其铜层不应出现任何破坏性连续性的裂纹。

5.9 铜包铝结合性

铜包铝坯料按 6.7 进行试验，结合强度应大于 30MPa。

5.10 标称密度

铜包铝线在 20°C 时的标称密度及其偏差应符合表 5 的规定值

表 5 铜包铝线的标称密度及偏差

线材类别	标称密度 g/cm ³	偏差值 g/cm ³
15O、15F	3.63	±0.12
20O、20F	3.94	
25O、25F	4.25	

6. 试验方法

6.1 外观检查

对于直径等于或大于 1.83 的铜包铝线，其外观质量用正常目测检查；对于直径小于 1.82mm 的铜包铝线采用放大倍数不超过 10 倍的放大镜检查。

6.2 直径与偏差

铜包铝线的直径应按 GB/T4909.2 的规定进行测量。

6.3 铜层厚度和铜层体积比

铜包铝线的铜层厚度最薄点或铜层体积比的测定按 GB/T 29197-2012 铜包铝线标准进行，应采用“断面抛光测量法”。

6.4 直流电阻率

铜包铝线的直流电阻测量按照 GB/T3048.2 的规定进行。

6.5 抗拉强度和伸长率

铜包铝线的抗拉强度和伸长率试验 GB/T4909.3 的规定进行。

6.6 铜层密实性

铜包铝线的铜层密实性试验按照 GB/T4909.4 的规定进行。

6.7 铜铝剪切强度

铜包铝的铜层剪切强度，按 GB/T33142 的相应规定执行。

6.8 密度

铜包铝线的密度采用长度为 100mm 左右的平直试样，按 GB/T4909.2 的规定测量其直径和长度。

7. 产品合格鉴定

若需进行产品合格鉴定，应符合附录A的规定。

8. 过程控制

供方应对产品过程进行控制，过程控制要求应符合附录B的规定。

9. 检验规则

成品铜包铝线应经生产厂质量检验部门检验合格后方出厂。检验方法参照 SJ/T11223 进行。

10. 包装、标志、贮存

10.1 铜包铝线应成盘或成卷供应，并卷绕整齐，妥善包装。每盘或每卷铜包铝线应为一整根，不得带有接头。成盘时，最后一层应与盘外保持适当距离；成卷时，应捆扎三处。

10.2 铜包铝线运输中应防潮、防蚀，防止在一般的装卸、吊运、堆放和运输中受到损伤。

附录 A
(规范性)
产品合格鉴定

A.1 产品合格鉴定流程

产品合格鉴定分为 3 个阶段：工艺研究阶段、工艺稳定性正式验证阶段、批产供货阶段，产品合格鉴定流程图见图 A.1。

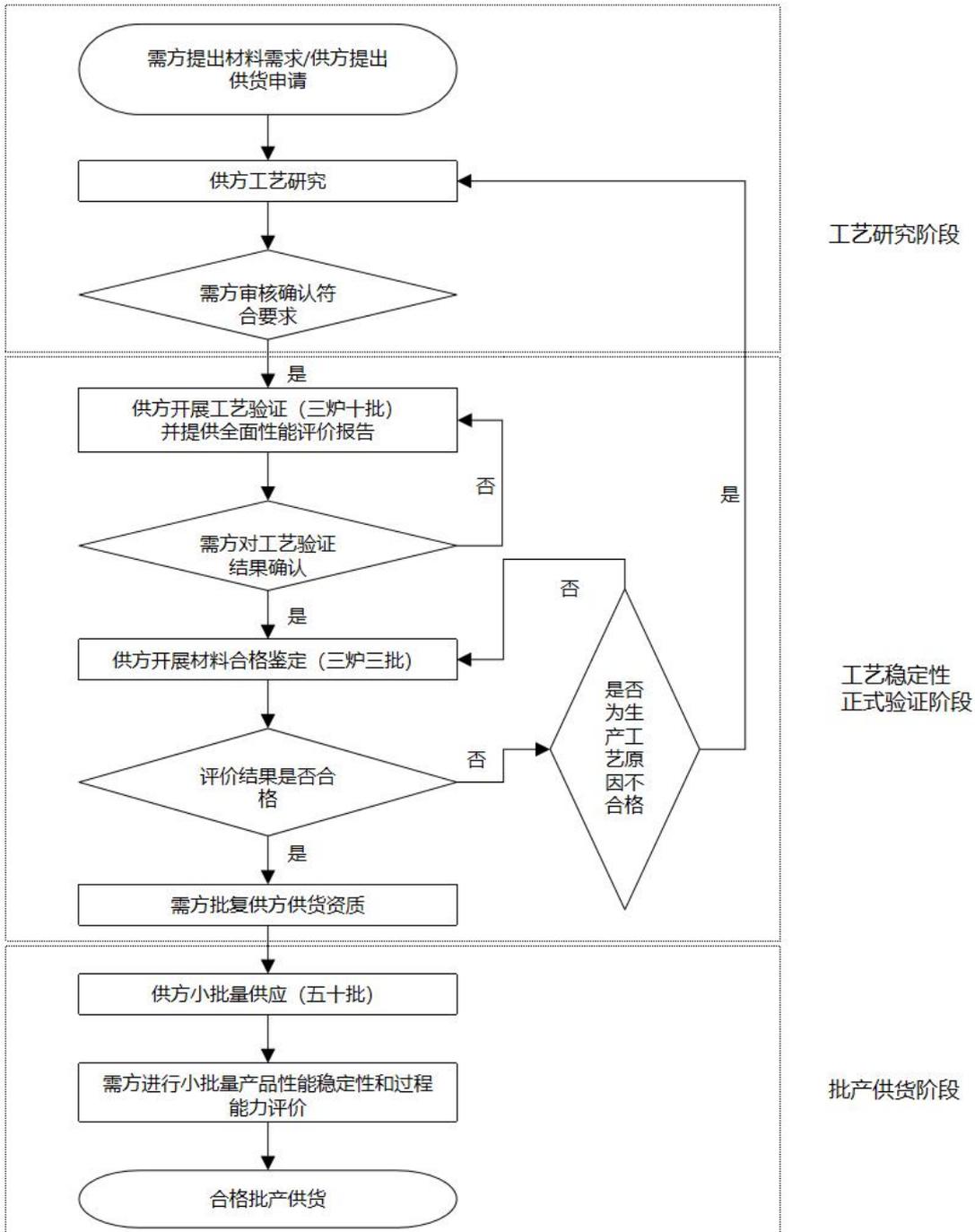


图 A.1 产品合格鉴定流程图

A.2 产品合格鉴定要求

A.2.1 工艺研究阶段

正式开展产品的全规格范围、全项目的供货能力验证前，选取部分规格产品，进行工艺研制，并按照标准或客户要求验证工艺的合理性。从而验证供应商是否有能力开展产品的全规格范围生产；当供应商有航空产品的生产及供货经验时，可由供需双方协商，直接进入下一阶段。

A.2.2 工艺稳定性正式验证阶段

A.2.2.1 工艺稳定性评价

A.2.2.1.1 供方根据需方要求，按照确定的工艺生产不少于3个熔炼炉十个生产批次（以下简称3炉xx批）的产品，并由供方提交检测报告（需具备第三方特种工艺认证实验室或客户认证过的实验室），检测结果应全部满足要求。

A.2.2.1.2 若连续生产中出现任一批次不合格，则之前生产合格批次全部作废。同时供方应分析查找不合格原因，重新确定生产试制工艺，并重新组织3炉十批生产验证及性能评价。

A.2.2.1.3 产品检测完成后，统计并分析产品性能稳定性，根据性能要求，计算变异系数（ C_v ），过程能力指数（ C_{pk} ），其 C_v 值应不大于3%， C_{pk} 值应不小于1.33。按公式（A.1）计算变异系数（ C_v ）：

$$C_v = \frac{\delta}{\bar{x}} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

δ ——标准偏差；

\bar{x} ——平均值。

计算结果表示到小数点后1位，按照GB/T 8170的规定修约。

A.2.2.1.4 产品生产检测完成后，供方宜形成全套工艺文件（包括规程、过程控制文件、控制计划等）、生产原始记录、原始检测报告、稳定性分析报告、研制阶段总结报告、工艺合理性说明并进行存档，需方有要求时，由供方提供。

A.2.2.2 材料合格鉴定阶段

A.2.2.2.1 供方确定工艺后，按照确定的生产工艺进行3个批次（来自3个炉次）的生产，开展材料合格鉴定，并提交需方认可的实验室进行检测，检测结果应全部满足要求。

A.2.2.2.2 若连续生产中出现任一批次不合格，则本阶段不通过，供方应分析查找不合格原因，并向需方进行书面汇报，如因生产工艺问题，则供方应重新开展工艺研制工作，如因非工艺原因问题，则供方应重新组织合格鉴定。

A.2.2.2.3 检测完成后，统计并分析产品性能稳定性。性能的稳定性的要求由供需双方协商确定。

A.2.2.2.4 需方有要求时，生产的产品应进行零件的机加工及相关的验证工作，以证明供方的产品满足应用要求。

A.2.2.2.5 在相应保密条款的前提下，需方相关部门代表有权目击、调研供货能力验证的各个过程。

A.2.2.2.6 通过材料合格鉴定阶段的材料应形成材料合格鉴定报告，报告应包含以下信息：项目名称、生产商的名字和地址、相关的产品生产供货经验、标准编号、牌号、状态、产品尺寸、熔铸批次、热处理批次、检验项目及检验结果、检验原始报告、工艺路线描述、工装设备描述、质量证明书。

A.2.2.2.7 当要求过程控制文件时，需方应提交过程控制文件并由供方相关部门批准。

A.2.2.3 产品批量供货阶段

A.2.2.3.1 供方获得需方批复的供货资质后，应进行小批量供货，供货批次小于50批次。

A.2.2.3.2 小批量供货后，需方对小批量供货数据进行分析 and 评价。确定性能及性能稳定性全部满足需方要求后方可进行大批量生产。

A.2.2.3.3 供方在产品批产过程中应按照工艺控制文件要求对生产过程、设备等进行监控，并定期对设备进行相关测试，生产过程参数进行稳定性分析，以保证产品性能的稳定性的。

附录 B (规范性) 过程控制

B.1 过程控制通用要求

- B.1.1 过程中严格按专用工艺或过程控制文件（用户要求时制定）等文件规定进行操作。
- B.1.2 对首件/批产品进行全项目检验，并对首件作出标记。
- B.1.3 过程偏离的处理按照用户的过程控制文件及生产单位相关文件执行。
- B.1.4 对特殊工序进行过程确认。特殊工序包括产品质量不能通过后续的测量或监控加以验证的工序，产品质量需进行破坏性试验或采用复杂、昂贵的方法才能测量或只能进行间接监控的工序，仅在产品使用或服务交付之后，不合格的质量特性才能暴露出来的工序。对特殊工序的确认包括：
- 采用特殊工序之前应先评定和批准。进行过程鉴定，证实所使用的过程方法是否符合要求并有效实施；
 - 对所使用的设备、设施的认可和人员资格的鉴定；
 - 根据文件化的工艺规范和变更内容对过程中的重要工序及参数进行监视、测量和控制，并填写监控记录；
 - 特殊工序的再确认，包括按规定的時間间隔或当生产条件发生变化时（如材料、设施、人员的变化等），确保对影响过程能力的变化及时作出反应；根据需要对相应的生产工艺和操作规程进行更改；
 - 保持特殊工序确认和再确认的记录；
 - 生产单位对特殊工序进行严格的监督、检查。
- B.1.5 确定关键特性和关键过程：
- 对关键过程设置控制点，对关键参数进行有效监视和控制；
 - 适用时，运用统计技术，确保过程能力符合要求；
 - 采用控制计划对产品的关键特性和关键过程进行控制，确保过程能力满足要求和稳定，当过程能力不满足或不稳定时，应立即启动反应计划或进行 100%检验，并查找原因制定措施实施改进；
 - 作好质量记录，保持可追溯性。

B.2 过程控制范围及要求

B.2.1 过程控制范围

为保证材料过程控制有效性，过程控制文件应包括以下内容：

- a) 原材料要求；
- b) 设备要求；
- c) 工艺要求。

B.2.2 原材料要求

产品用原材应符合供需双方认定的标准，并在订货单（或合同）中注明。

B.2.3 设备要求

B.2.3.1 为了保线材的性能稳定性，各个工序的主要生产设备用途及精度应符合下表 B.1。并对设备进行定期校验，保证产品性能稳定性。

表 B.1 线材主要生产设备的精度和检验周期

主要设备	工艺用途	精度	检验周期	是否需要相关认证

B.2.3.2 主要生产设备的精度和检验周期宜不低于表 B.1 的规定。

B.2.4 工艺要求

B.2.4.1 产品生产工艺分为工艺研究阶段、工艺稳定性正式验证阶段、批产供货阶段的工艺，以上 3 个阶段的工艺需保证完全一致。

B.2.4.2 稳定供货后的工艺不准许修改，需要更改时，由供需双方研究重新确定。

B.2.4.3 产品生产应制定专项的工艺指导文件、过程控制文件以及作业指导文件。

B.2.4.4 产品主要工艺参数控制要求宜符合表 B.2 的规定。

表 B.2 线材主要受控工艺

主要工序	主要工艺	监控频次	监控记录
铸造	铜温度		电脑数据或记录纸
	铝温度		
	速度		
轧制	尺寸		
	铜层厚度		
拉伸	拉伸率		
热处理	温度		
	保温时间		

B.3 过程控制文件要求

B.3.1 批准页

批准页应至少包含下列信息：

- 工艺控制文件名称、文件号及版本号，材料牌号及引用的材料标准；
- 供方及需方名称；
- 供方和批准日期。至少应包括供应商负责质量、生产和技术的人员的签字；
- 需方和批准日期。应包括其来自材料部门材料工程师和质量人员。

B.3.2 过程控制文件内容

过程控制文件宜包含下列内容：

- 产品生产工序需要的设备及设备编号；
- 识别生产工序过程控制变量、监测频率，并列参考工艺文件；
- 识别关键工艺参数、关键特性及控制方法；
- 列出过程控制变量记录方式；
- 过程偏离采取措施及引用的过程偏离文件；
- 更改记录页。

B.3.3 过程控制文件保存及更改要求

B.3.3.1 过程控制文件各版本文件及更改单至少应保存 10 年。

B.3.3.2 过程控制文件累计超过 3 处更改时，应进行换版处理。

B.3.3.3 对于不涉及生产过程的更改，由供方评审委员会评审，报需方备案后执行。

B.3.3.4 对于对产品存在质量影响的更改，应由供需双方协商后更改。

B.3.4 过程偏离

生产过程不符合工艺文件要求时发生的偏离称为过程偏离。发生过程偏离后，宜按图B.1列出的流程进行处理。当需方有要求时，以及偏离需经需方批准，由技术部门组织编制偏离申请及相关资料，提交需方进行批准。

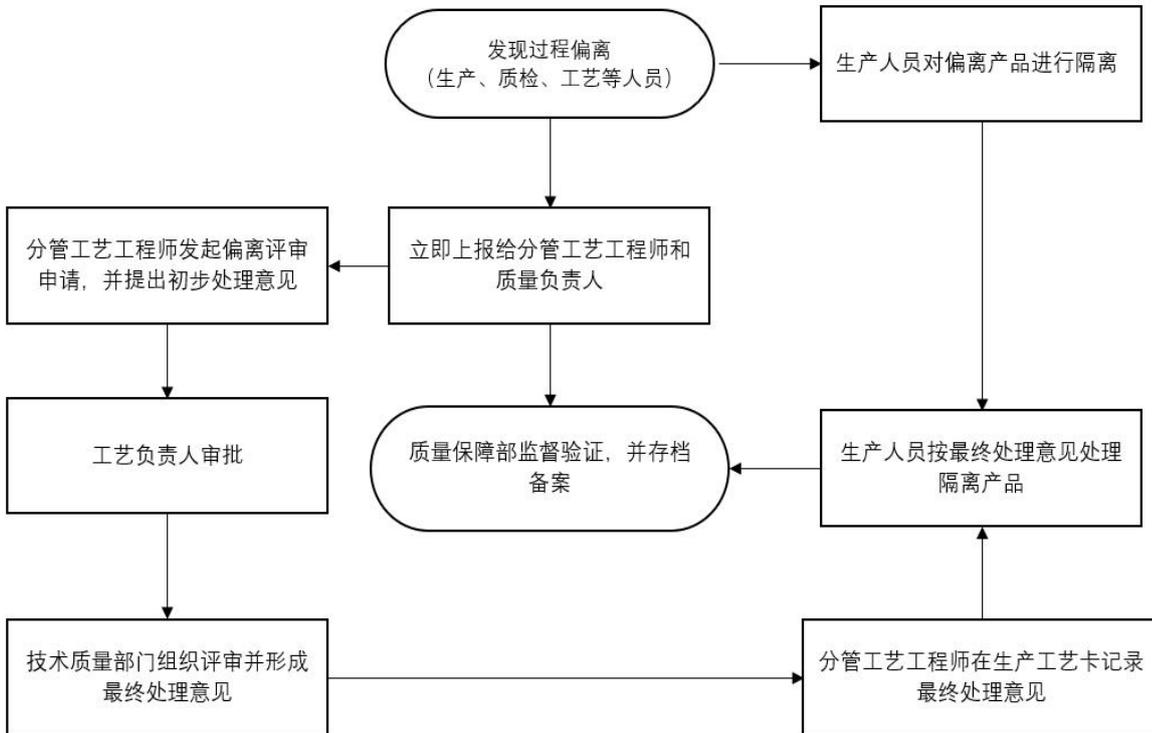


图 B.1 过程偏离处理流程