

# DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DBXX/T XXX—XXXX

## 电站锅炉承压部件失效分析管理规范

Management Specification for Failure Analysis of Pressure Components in  
Power Plant Boiler

(送审稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

深圳市市场监督管理局 发布



目 录

目 录..... I

前 言..... II

1 范围..... 3

2 规范性引用文件..... 3

3 术语和定义..... 4

4 失效分析管理流程..... 4

    4.1 失效事件内部响应..... 4

    4.3 失效现场保护..... 4

    4.3 分析机构选择..... 4

    4.4 分析计划制定..... 5

    4.5 重点管控失效分析类型..... 5

    4.6 失效分析实施..... 5

    4.7 分析报告出具..... 5

    4.8 报告审查与应用..... 6

5 分级管理..... 6

    5.1 分级标准..... 6

    5.2 分级管控要求..... 6

    5.3 分级档案管理..... 6

6 技术要求..... 6

    6.1 无损检测..... 6

    6.2 材料性能测试..... 7

    6.3 金相分析..... 7

    6.4 化学成分分析..... 7

    6.5 应力分析..... 7

7 人员资质..... 8

    7.1 失效分析负责人..... 8

    7.2 检测人员..... 8

    7.3 使用单位参与人员..... 8

8 失效分析报告编制..... 8

    8.1 报告格式..... 8

    8.2 报告内容..... 8

附录 A（资料性）不同失效模式的技术要求..... 9

附件 B 技术分析报告模板..... 11

## 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。

本文件由深圳市市场监督管理局提出并归口。

本文件起草单位：深圳市特种设备安全检验研究院、深圳大唐宝昌燃气发电有限公司、中海油深圳电力有限公司、深圳大学

本文件主要起草人：张杰、李东晖、陈庆勋、赵卓君、吴继权、沈非、周伟军、李毅、黎晓华、孙琦、张居光

# 电站锅炉承压部件失效分析管理规范

## 1 范围

本文件规定电站锅炉承压部件失效分析的管理规程、分级管理、技术要求、人员资质、报告编制等内容。

## 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，标注日期的引用文件，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 12145 火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量  
GB/T 13928 金属显微组织检验方法  
GB/T 16507.4 水管锅炉 第4部分：受压元件强度计算  
GB/T 20125 低合金钢 多元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法  
GB/T 2039 金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法  
GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法  
GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法  
GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法  
GB/T 2900.48 电工名称术语 锅炉  
GB/T 30579 承压设备损伤模式识别  
GB/T 30580 电站锅炉直压承压部件寿命评估技术导则  
GB/T 30581 电站锅炉承压系统风险管理方法  
GB/T 3075 金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法  
GB/T 34348 电站锅炉技术条件  
GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）  
GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法  
DL/T 2761 火电厂锅炉受热面防爆检查导则  
DL/T 438 火力发电厂金属技术监督规程  
DL/T 647 电站锅炉压力容器检验规程  
DL/T 939 火力发电厂锅炉受热面监督检验技术导则  
NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测  
NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测  
NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测  
NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测  
TSG 11 锅炉安全技术规程

### 3 术语和定义

#### 3.1

**电站锅炉 Power Plant Boiler**

生产的蒸气（水蒸气）主要用于发电的锅炉

[来源：GB/T 2900.48-2008，3.15]

#### 3.2

**承压部件 Pressure Components**

电站锅炉上承受内、外压力的部件，包括但不限于锅筒、集箱、主蒸汽管道、再热蒸汽管道、水冷壁管、过热器管、再热器管、省煤器管等。

#### 3.3

**失效 Failure**

承压部件失去原有承载流体（水或蒸汽）的能力而发生的泄漏，或因结构损坏、性能劣化导致无法满足安全运行要求的现象。

#### 3.4

**失效分析 Failure Analysis**

按照既定工作程序，采用必要的检测、试验及分析方法，对失效的电站锅炉承压部件开展综合研判，明确失效模式、剖析失效原因，并提出预防改进措施的技术活动与管理活动。

### 4 失效分析管理流程

#### 4.1 失效事件内部响应

4.1.1 当电站锅炉承压部件发生失效事件时，使用单位应立即启动内部应急响应机制，第一时间切断失效部件相关系统或停止锅炉运行（必要时），防止失效扩大引发次生事故。

4.1.2 使用单位需在失效事件发生后在一定时间内，完成内部初步报告，内容包括失效部件名称、安装位置、失效时间、失效现象（如泄漏量、部件变形程度）、应急处置措施及初步影响评估（如对发电负荷、生产计划的影响）。

#### 4.2 失效现场保护

4.2.1 使用单位在完成应急处置后，应立即采取现场保护措施，如设置警示标识、封闭失效区域、禁止无关人员进入，防止失效部件、现场痕迹及相关物证被破坏或移动。

4.2.2 如需进行应急清理，应先对失效现场及部件进行全方位拍照、录像记录，留存关键物证（如泄漏介质样本、部件表面附着物），再开展必要的清理作业，且清理过程需详细记录。

#### 4.3 分析机构选择

4.3.1 使用单位应建立分析机构准入清单，优先选择具备 CNAS/CMA 资质、近 3 年有不少于 10 例电站锅炉承压部件失效分析案例、配备专业检测设备（如无损检测设备、金相显微镜、力学性能试验机等仪器、设备）的机构。

4.3.2 选择分析机构时，需核查其技术团队资质（如失效分析负责人职称、检测人员资格证书），并签订正式委托合同，明确分析范围、技术要求、报告交付时限、保密义务及双方权责。

## 4.4 分析计划制定

4.4.1 分析机构接收委托后 3 个工作日内，结合使用单位提供的失效初步报告、部件设计图纸、运行记录（近 6 个月压力、温度、负荷数据）、维护台账等资料，制定《失效分析计划》。

4.4.2 分析计划应包含分析目的（如明确失效原因、评估风险）、分析方法（如现场勘查、无损检测、理化试验项目）、工作进度（分阶段明确现场检测、实验室试验、报告编制时限）、人员分工（明确现场检测、试验操作、报告审核责任人）及质量控制措施（如数据核验流程、样品保存要求）。

4.4.3 分析计划需经使用单位技术部门审核确认，若涉及高风险部件（如锅筒、主蒸汽管道）或频繁失效部件，使用单位应组织内部专家（如锅炉技术、金属材料领域）参与计划评审，确认后方可实施。

## 4.5 重点管控失效分析类型

4.5.1 高安全风险部件失效分析：锅筒、集箱、主蒸汽管道、再热蒸汽管道等部件失效可能引发重大安全事故，此类分析需由使用单位设备管理部门牵头，全程参与现场勘查、样品采集、试验过程，确保分析深度满足安全管控需求。

4.5.2 频繁同类失效部件分析：若同一型号过热器管、再热器管等部件，1 年内发生 3 次及以上同类失效（如爆管、泄漏），需纳入重点管控，分析时需增加同类部件抽样检测（抽样比例不低于 5%），排查是否存在系统性问题（如设计缺陷、材质不匹配）。

4.5.3 影响运行稳定性部件分析：水冷壁、省煤器等影响锅炉热效率或水循环的部件失效，分析时需结合锅炉运行工况（如负荷波动频率、水质指标），评估失效对锅炉整体运行的影响，提出针对性的运行优化建议。

## 4.6 失效分析实施

4.6.1 现场勘查：分析机构按计划开展现场勘查，详细记录失效部件位置、失效形态（如裂纹走向、腐蚀面积、变形量），测量关键尺寸（如壁厚、外径），并与设计尺寸对比，同时核查周边部件状态（如是否存在振动、冲刷痕迹）。

4.6.2 样品采集与检测：如需取样，应在使用单位见证下，选取失效部件典型部位（如裂纹起源处、腐蚀严重区域）及正常部位（用于对比）取样，取样数量及位置需满足检测需求（如理化试验需至少 3 个有效样品）；现场开展无损检测（如超声检测内部缺陷、磁粉检测表面裂纹），实验室开展化学成分分析（验证材质符合性）、力学性能试验（拉伸、冲击、硬度测试）、金相分析（观察微观组织劣化情况）。

4.6.3 过程沟通：分析机构每 5 个工作日内向使用单位同步分析进展，若发现关键异常（如部件材质与设计不符），需立即暂停分析，与使用单位沟通后调整分析方案；使用单位需及时提供补充资料（如历史检修报告、同类部件运行数据），保障分析顺利推进。

## 4.7 分析报告出具

4.7.1 分析机构应在完成所有检测、试验后 15 个工作日内，出具《失效分析报告》，报告需经分析机构授权人员审核、批准，加盖公章或检验专用章后方可交付。

4.7.2 报告内容需完整覆盖失效事件概述（含部件基本信息、失效过程）、分析过程（附现场照片、检测数据图表、试验记录）、失效原因分析（明确直接原因如材质劣化、根本原因如维护不到位）、风险评估（对同类部件及锅炉运行的潜在风险）、结论与建议（具体整改、预防措施）；重点管控

失效分析报告，需额外增加同类部件排查方案及长效管控建议。

#### 4.8 报告审查与应用

4.8.1 使用单位收到报告后 5 个工作日内，组织设备管理、运行、检修部门开展联合审查，重点核查检测数据真实性（如对比原始检测记录与报告数据）、分析逻辑合理性（如原因与现象是否匹配）、建议可行性（如整改措施是否符合现场条件）；对重点管控失效分析报告，需邀请外部专家（如行业协会、科研院所）参与审查。

4.8.2 审查通过后，使用单位需在 10 个工作日内制定《整改落实计划》，明确整改责任部门（如检修部门负责部件更换、运行部门负责规程优化）、整改措施（如更换合格材质部件、调整水质控制指标）及完成时限；整改完成后，需开展效果验证（如对更换部件进行无损检测、跟踪运行 3 个月无异常），并记录验证结果。

### 5 分级管理

#### 5.1 分级标准

5.1.1 一级管理：涉及高安全风险部件（锅筒、主蒸汽管道、再热蒸汽管道、集箱）失效、可能导致锅炉长期停机（超过 72 小时）或引发安全事故的失效事件，以及频繁同类失效（1 年内 3 次及以上）且判定存在系统性问题（如设计缺陷、材质错误）的情况，纳入一级管理。

5.1.2 二级管理：影响运行稳定性部件（水冷壁、省煤器、过热器、再热器）首次失效、一般部件（如下降管、连接管道）失效，以及虽有同类失效但未达到一级管理标准的情况，实行二级管理。

#### 5.2 分级管控要求

5.2.1 一级管理：由使用单位分管设备的领导牵头，成立专项小组（含设备、运行、安全部门人员），全程监督失效分析及整改；分析报告需留存纸质版及电子版档案，保存期限不少于锅炉剩余使用寿命；整改完成后 6 个月内，每月开展同类部件运行状态检查，形成检查记录。

5.2.2 二级管理：由使用单位设备管理部门负责人牵头，跟踪失效分析及整改；分析报告及整改记录纳入锅炉技术档案，保存期限不少于 5 年；整改完成后 3 个月内，开展 1 次同类部件专项检查，确认无异常后恢复常规管理。

#### 5.3 分级档案管理

5.3.1 使用单位需建立分级管理档案，一级管理档案应包含失效初步报告、委托合同、分析计划及评审记录、检测原始数据、分析报告及审查意见、整改计划及落实记录、后续跟踪检查记录；二级管理档案可简化留存分析报告、整改记录及专项检查记录。

5.3.2 档案需专人管理，采用纸质与电子双存档模式，电子档案需加密存储，纸质档案需专柜存放，便于后续追溯查阅；档案借阅需履行审批手续，严禁擅自复制、外传敏感信息（如部件设计参数、检测数据）。

### 6 技术要求

#### 6.1 无损检测



6.1.1 检测方法选择：表面缺陷检测优先采用磁粉检测（适用于铁磁性材料，如碳钢、低合金钢部件）或渗透检测（适用于非铁磁性材料，如奥氏体不锈钢部件），执行标准为 NB/T 47013.4、NB/T 47013.5；内部缺陷检测优先采用超声检测（部件厚度 $\geq 6\text{mm}$ ）或射线检测（部件厚度 $< 6\text{mm}$ ），执行标准为 NB/T 47013.3、NB/T 47013.2。

6.1.2 检测要求：检测人员应持证上岗；检测前的准备和检测过程应符合 NB/T47013 的规定。

需持有 II 级及以上对应检测方法资格证书，检测设备需经计量检定合格且在有效期内；检测前需清理部件表面（去除油污、锈蚀），确保检测灵敏度；检测过程中需标记缺陷位置、尺寸（长度、深度精确至  $0.1\text{mm}$ ），并出具《无损检测报告》，附缺陷分布图及影像资料。

## 6.2 材料性能测试

6.2.1 力学性能测试：拉伸试验按 GB/T 228.1 执行，获取屈服强度、抗拉强度、断后伸长率，试样数量不少于 2 个；冲击试验按 GB/T 229 执行，试验温度模拟部件实际运行温度（如高温部件按工作温度，常温部件按室温），获取冲击吸收能量；硬度试验按 GB/T 231.1 执行，选取部件不同区域不少于 5 个测点，取平均值，测试结果需与设计材质标准对比，判断性能劣化程度。

6.2.2 蠕变 / 疲劳性能测试（按需）：对长期在高温高压工况运行的部件（如主蒸汽管道、过热器管），若怀疑蠕变或疲劳失效，需开展蠕变试验（按 GB/T 2039）或疲劳试验（按 GB/T 3075），获取蠕变曲线或 S-N 曲线，评估部件剩余寿命。

## 6.3 金相分析

6.3.1 样品制备：从失效部件及正常部件（对比用）上取样，试样尺寸和制备过程应符合 GB/T13298 的规定。

6.3.2 分析要求：在金相显微镜下观察（放大倍数 200-1000 倍），记录晶粒大小（按 GB/T 6394 评级），组织中是否存在脱碳、蠕变孔洞，是否存在明显老化，拍摄典型区域显微照片；分析结果需对比设计材质原始金相组织，判断是否存在组织劣化。

## 6.4 化学成分分析

6.4.1 分析方法：优先采用直读光谱仪（按 GB/T 4336）对部件表面进行化学成分分析，或从部件上取样开展化学分析（按 GB/T 20125），分析元素需覆盖设计材质关键合金元素（如 Cr、Mo、Ni、C）及杂质元素（如 S、P）。

6.4.2 结果判定：将分析结果与设计材质标准（如 GB/T 3087、GB/T 5310）对比，判断是否存在成分超标（如杂质元素 P 含量超过  $0.025\%$ ）、材质错用（如实际材质与设计要求不符）等问题，出具《化学成分分析报告》。

## 6.5 应力分析

6.5.1 分析方法选择：对结构复杂部件（如集箱接管部位），采用数值模拟法（如 ANSYS、ABAQUS 软件）建立三维模型，输入实际运行压力、温度参数，计算部件应力分布；对简单结构部件（如直管段），可采用理论计算法（按 GB/T 16507.4）计算壁厚应力；如需验证，可采用实验测试法（如应力应变仪）

现场测量部件实际应力。

6.5.2 分析要求：应力分析需明确计算依据（如标准公式、软件参数设置），输出应力云图、最大应力值及位置，判断最大应力是否超过材料许用应力，为失效原因（如应力集中导致裂纹）提供依据。

## 7 人员资质

### 7.1 失效分析负责人

7.1.1 应具备高级工程师及以上职称，且从事电站锅炉相关技术工作不少于 3 年。

7.1.2 熟悉电站锅炉承压部件的设计、制造、安装、运行和维护等方面的知识，具有丰富的失效分析经验。

### 7.2 检测人员

7.2.1 无损检测人员应持有相应的无损检测资格证书，且证书在有效期内。

7.2.2 材料性能测试、金相分析、化学成分分析等检测人员应具备相关专业知识和技能，经过专业培训并考核合格。

### 7.3 使用单位参与人员

7.3.1 现场协调人员：需具备电站锅炉运行或维护工作经验不少于 3 年，熟悉锅炉系统结构，能协调内部资源（如检修人员、安全监护）配合分析机构开展现场工作，且具备基本的安全防护知识（如进入受限空间作业要求）。

7.3.2 技术对接人员：需为使用单位设备管理或技术部门人员，具备中级工程师及以上职称，熟悉部件设计、运行参数，能准确提供分析所需资料（如运行记录、维护台账），并参与分析计划评审、报告审查，做好技术沟通衔接。

## 8 失效分析报告编制

### 8.1 报告格式

8.1.1 失效分析报告应采用统一的格式，包括封面、目录、正文、附录等部分。

8.1.2 封面应注明报告名称、分析机构名称、报告日期等信息；目录应清晰列出报告的章节内容及页码。

### 8.2 报告内容

8.2.1 失效事件概述：包括电站锅炉基本信息、失效部件信息、失效发生时间、失效现象描述等。

8.2.2 分析过程与方法：详细介绍采用的分析方法、检测手段、测试项目及实施过程。

8.2.3 失效原因分析：通过对检测数据和现象的分析，判断失效的直接原因和间接原因，分析失效机理。

8.2.4 结论与建议：明确失效分析的结论，提出针对性的改进建议和预防措施。

8.2.5 附录：包括检测报告、测试数据、照片、图表等相关资料。

## 附录A（资料性）不同失效模式的技术要求

### A1 腐蚀失效模式技术要求

#### A.1.1 失效特征识别

腐蚀失效表现为部件表面出现点蚀、均匀减薄、晶间腐蚀裂纹，或伴随泄漏（如省煤器管内壁氧腐蚀导致泄漏），需先通过现场外观检查记录腐蚀区域位置、面积、腐蚀产物颜色（如红棕色氧化铁为氧腐蚀特征、灰黑色硫化物为硫化物腐蚀特征），并采集腐蚀产物样本。

#### A.1.2 无损检测

- 优先采用超声测厚（按 NB/T 47013.3）检测部件壁厚减薄情况，检测点需覆盖腐蚀区域及周边正常区域（对比减薄量），壁厚测量精度需达到 0.1mm，对减薄量超过设计壁厚 10% 的区域，需加密检测点（每 100mm<sup>2</sup> 不少于 1 个点）；
- 对怀疑存在晶间腐蚀裂纹的部件（如奥氏体不锈钢过热器管），采用渗透检测（按 NB/T 47013.5）或涡流检测（按 NB/T 47013.6）排查表面及近表面裂纹，检测前需彻底清除腐蚀产物（采用机械打磨，避免损伤部件基体）。

#### A.1.3 理化试验

- 腐蚀产物分析：采用 X 射线衍射仪（XRD）或扫描电镜（SEM）或 X 射线光电子能谱仪（XPS）等仪器设备分析腐蚀产物成分（如是否含 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CuO 等），结合锅炉水质报告（如 pH 值、溶解氧、Cl<sup>-</sup>浓度等），判断腐蚀类型（如氧腐蚀、酸性腐蚀、氯离子应力腐蚀等）；
- 化学成分分析：按 GB/T 4336 采用光谱仪检测部件基体化学成分，重点核查 Cr、Ni 等耐腐蚀元素含量是否符合设计要求（如 304 不锈钢 Cr 含量需≥18%），排除材质错用导致的腐蚀加速；
- 金相分析：从腐蚀区域取样，制备金相试样，观察显微组织（放大倍数 500-1000 倍），判断是否存在晶间腐蚀（晶界出现腐蚀沟槽）、选择性腐蚀（某一相被腐蚀），对比正常区域组织，明确腐蚀对基体的破坏程度。

#### A.1.4 介质分析

采集锅炉给水、蒸汽或炉水样本，按 GB/T 12145 检测水质指标（如溶解氧≤7μg/L、pH 值 8.8-9.3、Cl<sup>-</sup>≤2 μg/L），分析介质成分是否超标，判断是否因水质控制不当引发腐蚀。

### A.2 疲劳失效模式技术要求

#### A.2.1 失效特征识别

疲劳失效多表现为部件表面产生裂纹（如集箱接管角焊缝处、水冷壁管弯头部位），裂纹多为横向、单源或多源扩展，断口存在疲劳辉纹（宏观呈贝壳状），需通过现场拍照记录裂纹位置（是否位于应力集中区）、走向、长度，测量裂纹深度及开口宽度。

#### A.2.2 无损检测

- 表面裂纹检测：采用磁粉检测（铁磁性材料，NB/T 47013.4）或渗透检测（非铁磁性材料，NB/T 47013.5），重点检测部件应力集中部位（如接管根部、焊缝热影响区、弯头外侧），清晰标记裂纹位置及尺寸，对裂纹长度超过 5mm 的，需记录裂纹扩展方向；
- 内部裂纹排查：对壁厚≥6mm 的部件（如主蒸汽管道），采用超声检测（NB/T 47013.3）排查内部疲劳裂纹。

#### A.2.3 理化试验

- 力学性能试验：按 GB/T 228.1 开展拉伸试验，获取部件屈服强度、抗拉强度，判断材料是否

因长期运行导致强度下降；按 GB/T 229 开展冲击试验（试验温度模拟运行温度），评估材料韧性是否满足抗疲劳要求；

- 金相分析：从裂纹起源处取样，观察显微组织是否存在晶粒粗大、脱碳层（如过热器管长期高温导致脱碳），判断组织劣化是否加剧疲劳裂纹萌生；
- 疲劳性能测试（按需）：对频繁启停的锅炉部件（如调峰机组过热器管），按 GB/T 3075 开展疲劳试验，获取材料 S-N 曲线，结合实际运行负荷波动数据（如启停次数、负荷变化率），计算疲劳寿命损耗，判断是否因疲劳累积导致失效。

#### A.2.4 应力分析

采用数值模拟法（如 ANSYS 软件）建立失效部件三维模型，输入实际运行压力、温度及负荷波动参数，计算裂纹位置的应力分布，明确最大应力值及应力集中系数，判断是否因应力集中（如接管部位结构设计不合理）或交变应力（如频繁启停导致温度循环）引发疲劳失效。

### A.3 蠕变失效模式技术要求

#### A.3.1 失效特征识别

蠕变失效常见于高温高压部件（如主蒸汽管道、过热器管），表现为部件产生塑性变形（如管道鼓包、伸长）、表面出现蠕变裂纹（多沿晶扩展），断口呈粗糙颗粒状（宏观无明显塑性变形），需测量部件变形量（如外径膨胀率、长度伸长率），记录裂纹位置（多位于晶界或应力集中区）。

#### A.3.2 无损检测

- 变形量检测：采用外径千分尺或激光测径仪测量部件关键部位外径（如鼓包处、直管段），与设计外径对比，计算膨胀率（膨胀率 = (实测外径 - 设计外径) / 设计外径 × 100%），对膨胀率超过 2% 的区域，需重点评估；
- 蠕变裂纹检测：采用超声检测（NB/T 47013.3）排查内部蠕变裂纹，选用低频聚焦探头，检测深度覆盖部件壁厚；对表面蠕变裂纹，采用磁粉检测（NB/T 47013.4），检测前需清理表面氧化皮（采用喷砂处理，避免损伤基体）。

#### A.3.3 理化试验

- 金相分析：从失效部件取样，观察显微组织（放大倍数 500 倍），重点识别蠕变孔洞（晶界处圆形或椭圆形孔洞）、晶界滑移（晶界出现弯曲或分离）、二次相析出（如碳化物沿晶界析出），按 DL/T 438 对蠕变损伤进行评级（1-5 级）；
- 硬度试验：按 GB/T 231.1 在部件不同区域（如工作层、基体）选取不少于 10 个测点，测试布氏硬度或维氏硬度，对比设计材质原始硬度值。

附件B技术分析报告模板

封面（技术分析报告）

报告名称： \_\_\_\_\_

分析机构： \_\_\_\_\_

报告日期： \_\_\_\_\_

目录

1 失效事件概述	X
2 分析过程与方法	X
3 失效分析原因	X
4 结论与建议	X
5 附录	X

# 正文

- 1、失效事件概述
- 2、分析过程与方法
- 3、失效原因分析
- 4、结论与建议

# 附录

包括检测报告、测试数据、照片、图表等相关资料。