



中华人民共和国国家标准

GB/TXXXXX—XXXX

重型燃气轮机叶片无损检测 第2部分： 视觉检测

Non-destructive Testing of Heavy Duty Gas Turbine Blades and Vanes—Part 2:
Visual Testing

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	1
5 视觉检测方法	3
6 检测技术要求	4
7 评定和记录	5
8 验收标准	5
9 检测报告	7
附录 A（资料性） 重型燃气轮机叶片各区域划分及命名	8
附录 B（资料性） 重型燃气轮机叶片典型异常/缺陷	10
附录 C（资料性） 重型燃气轮机叶片各区域分级	12

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。

本文件由全国无损检测标准化技术委员会（SAC/TC 56）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

重型燃气轮机叶片无损检测 第2部分：视觉检测

1 范围

本文件规定了重型燃气轮机叶片视觉检测的方法、一般要求、检测要求、结果评价和推荐性的验收标准等。

本文件适用于制造阶段重型燃气轮机叶片的视觉检测。

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 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证
- GB/T 11533 标准对数视力表
- GB/T 12604.X 无损检测 术语 视觉检测
- GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义
- GB/T 20968 无损检测 目视检测辅助工具 低倍放大镜的选用
- GB/T 41856.1 无损检测 工业内窥镜目视检测 第1部分：方法

3 术语和定义

GB/T 12604.X及GB/T 20737界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热障涂层 thermal barrier coating

沉积在透平叶片表面的陶瓷涂层，对于叶片金属材料起到隔热作用，降低金属温度，使其能在高温环境下运行。

3.2

热处理批 heat treatment batch

同一炉批、同一热处理炉次的铸件。

3.3

链状气孔 chain stomata

5个或5个以上的呈链状分布的气孔。

3.4

褶皱 wrinkle

铸件上带有较深网状沟槽的不规则的粗粒状或皱褶状的表皮形态。

4 一般要求

4.1 人员要求

按照本文件实施视觉检测的人员，应按照GB/T 9445或合同各方商定后进行资格鉴定与认证，取得视觉检测相关工业门类的资格等级证书，并由雇主或其代理对其进行岗位专业培训和授权。

视觉检测人员未经矫正或经矫正的近（距）视力和远（距）视力不应低于5.0（小数记录值为1.0），测试方法应符合GB/T 11533的规定。检测人员应每12个月检查1次视力，以保证正常的或正确的近距离分辨能力。

如果检测可能对辨色力有特别要求，经合同各方同意，检测人员宜补充辨色力测试，以保证必要的辨色力。

4.2 设备和器材

4.2.1 常用检测设备和器材

视觉检测设备包括光源、观察助视设备和测量器具。常用的视觉检测设备和器材一般包括以下内容：

- 白炽灯、强光灯等照明光源；
- 放大镜；
- 反光镜；
- 内窥镜；
- 摄像机；
- 视频系统；
- 直尺、卷尺、游标卡尺等测量器材；
- 18%中性灰卡；
- 照度计。

4.2.2 检测设备和器材的一般要求

视觉检测设备和器材应满足检测要求的需要，如观察、放大、识别、测量和记录等。用于直接视觉检测的光源的光谱宜与日光光谱接近。

4.2.3 检定和核查要求

视觉检测设备、器材的检定和核查要求如下：

- 直尺、卷尺应每年检定1次，在没有明显损坏和变形的前提下不必进行检定，但其使用年限最长不应超过2年；
- 游标卡尺应每年检定1次；
- 附带测量功能的内窥镜应每年核查1次；
- 中性灰卡应每年检定1次；
- 白光照度计应每年检定1次。

除上述要求之外，以上检测设备、器材应在损坏修复后检定(或核查)1次。若设备停用1年以上，应在重新启用前进行检定(或核查)。

4.3 检测场所及环境条件

视觉检测场所应有足够的照明条件，环境照度不小于160lx，被检区域表面照度不小于500lx。检测区域噪声不大于80dB。

4.4 检测时机

重型燃气轮机叶片应在制造过程中和叶片发货前进行视觉检测，在进行视觉检测前，叶片宜经过喷砂等表面清洁处理。

4.5 检测文件

视觉检测的检测文件包括检测规程、工艺卡、检测清单和其他检测细则文件。视觉检测应按有效的检测规程实施。

检测规程应包括以下内容：

- 适用范围；
- 引用法规、标准；
- 检测人员资格；
- 检测器材；
- 观察方法；
- 工件、位置、可接近性和几何形状；
- 检测覆盖范围；
- 被检表面结构情况；
- 被检表面照明要求；
- 检测时机；
- 检测技术；
- 检测结果的评定；
- 检测记录、报告和资料存档；
- 编制、审核和批准人员；
- 编制、审核和批准日期。

4.6 检测规程验证

若出现以下情况，应进行检测规程验证：

- 采用特殊检测工艺首次对特定工件进行视觉检测时；
- 检测条件或/和技术要求的改变可能影响检测结果时；
- 相关产品设计文件或采购技术文件有规定时。

验证实施应由检测人员在规程规定的检测条件下，采用规程规定的检测技术，将18%中性灰卡或1人工缺陷（如宽度小于或等于0.8mm的细线）放在被检表面或光照条件、表面结构和可接近性等方面与被检工件相似的表面，在被检表面区域上可识别灰卡上的黑线或人工缺陷，则证明规程是有效的。

检测规程验证应进行记录并形成书面文件。

5 视觉检测方法

5.1 直接视觉检测

直接视觉检测时，应使眼睛能够与被检表面达到最佳的距离和角度。眼睛与被检件表面的距离不大于600mm，且眼睛与被检件表面所成的夹角不小于30°。

直接视觉检测可采用反光镜改善观察的角度，可借助低倍放大镜来分辨细小缺陷，低倍放大镜的选用按照GB/T 20968执行，放大倍数不应大于6倍。

直接视觉检测的区域应有足够的照明条件，表面照度不小于500lx，满足以下要求：

- 使照明光线方向相对于观察点达到最佳角度；

- 避免表面眩光；
- 优化光源的色温度；
- 使用与表面反射光相适应的照度级。

5.2 间接视觉检测

无法使用直接视觉检测时，可使用间接视觉检测。间接视觉检测使用视觉辅助设备，如内窥镜和光导纤维，连接到照相机等控制与显示系统。

间接视觉检测系统是否适合完成重型燃气轮机叶片视觉检测应经过检测分辨率验证。

6 检测技术要求

6.1 检验区域

重型燃气轮机叶片包括动叶与静叶，所有叶片应做100%视觉检测，包括标识检测、外观颜色检测、涂层检测、外表面及内腔质量检测、冷却通道完整性检测等。如确有不可达区域，应在检测报告中注明。

重型燃气轮机叶片动叶静叶各区域划分及命名见附录A。

6.2 检测方法选择

重型燃气轮机叶片视觉检测方法包括直接视觉检测和间接视觉检测，一般叶片外表面采用直接视觉检测，内腔采用间接视觉检测。

6.3 检测分辨率要求

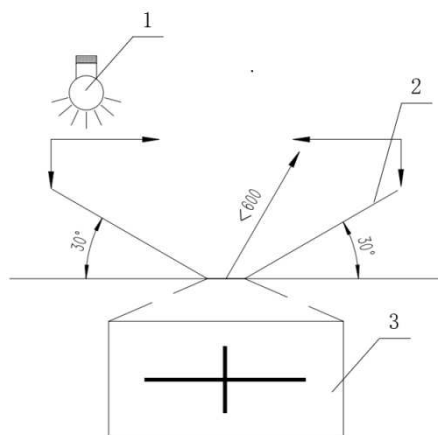
在实施检测之前和检测之后，应进行系统分辨率的校验，可选用以下任一种方法：

——使用 18%中性灰卡，在满足最低照度要求的前提下，应分辨出灰卡上一条 0.8 mm宽的黑线，见图 1；

——将 1 人工缺陷(如宽度小于或等于 0.8 mm的细线)，放在被检表面或相类似的表面。在满足最低照度要求的前提下，被检表面区域上应识别该人工缺陷。

若使用电池光源，当光照度有明显降低时，应再进行1次分辨率校验。如果不能满足分辨率要求，应设法修正光源。

单位为毫米



标引序号说明：

1——光源；

- 2——视线；
3——18%中性灰卡。

图1 18%中性灰卡检测系统分辨率校验示意

6.4 视觉保护

视觉检测应选择均匀柔和的光线，避免采用过于强烈的光线或忽明忽暗的光线。
当进入环境光照度变化较大的工作现场时，在开始检测前，视觉适应时间不应小于5min。
当长时间进行视觉检测，每连续用眼30min以上时，宜至少使眼睛休息5min。

7 评定和记录

所有检测都应按照第8章或相关产品设计文件或采购技术文件的验收标准进行评定。

重型燃气轮机叶片不同类型、区域及制造阶段可能产生不同的缺欠，重型燃气轮机叶片部分典型缺欠图例见附录B。

检测数据和信息应形成检测记录，按照相关产品设计文件或采购技术文件要求保存所有检测记录。检测记录上应有检测时间和检测人员签字。

应使用测量工具测量缺欠大小，内窥镜测量方法见GB/T 41856.1。

应对缺欠的位置、类型、方向、大小和形貌等信息进行记录。缺欠可采用照相、录像和复制等方式记录。

8 验收标准

8.1 标识验收要求

叶片标识应具有永久性和唯一性，不应使用油漆笔、铅笔等临时标记，不应存在多个标识。
不应在规范或图纸不许可的位置进行振动笔的刻字或激光刻字或其他方法进行刻字标记。
不应存在妨碍溯源的序列号的缺失。

8.2 颜色验收要求

叶片表面一般宜为金属吹砂面，表面颜色应一致，不应有颜色显示（黑色、金色、深蓝、紫色等）。除合同各方另有约定，以下情况可接受：

- 由于热处理批次不同引起的颜色不同；
- 由于流量监测引起的叶身气膜孔附近的棕色或褐色显示；
- 由于水洗、水流量检测、热处理气氛不同引起的涂层轻微色差。

8.3 涂层验收要求

重型燃气轮机叶片表面涂层应平整而均匀，不应发生明显的鼓包及厚度过厚，不应在非喷涂区域有涂层残余。任何叶片的粘结层或抗氧化层应显示灰色/灰白色，不应产生绿色、蓝色的残余物。

除合同各方另有约定，以下情况可接受：

- 使用紫外遮蔽或其他方法进行孔遮蔽喷涂后清孔技术，孔边缘有不露出基体的少量陶瓷涂层脱落；
- 叶片自由边发生不露出基体的少量热障涂层脱落；

——带热障涂层进行真空热处理的叶片，热障涂层出现由于气氛引起的热处理后颜色变暗、变灰及少量黑点。

8.3.1 表面外观质量验收要求

重型燃气轮机叶片内、外表面应平整而均匀，不应存在热裂纹、冷裂纹以及带有裂纹特征的缺欠。但气膜孔边缘不互相连通且不扩展至金属的裂纹可接受。

叶片进气边、排气边和圆角位置分模线最大高度不大于0.1mm，铸造余量表面区域分模线最大高度不大于0.8mm，缘板及其他区域分模线最大高度不大于0.25mm。

除由芯撑导致的外来金属残留外，叶片不应有外来金属类污染，尤其是有颜色的金属显示。

叶片不应有超过设计图纸或采购技术文件中规定的多肉、缺肉、铸造褶皱、断芯、变形。一般叶片表面不可测深度划痕、抛光痕等轻微痕迹可接受。

根据缺陷尺寸、间距及数量，重型燃气轮机叶片表面质量等级可划分为1级、2级、3级、4级、5级、6级，各质量等级允许的最大缺陷要求见表1。一般小于0.4 mm的单个缺陷可不计，但不应存在链状气孔，无论是否大于0.4mm。重型燃气轮机叶片各区域分级见附录C。

表1 叶片表面允许最大缺陷要求

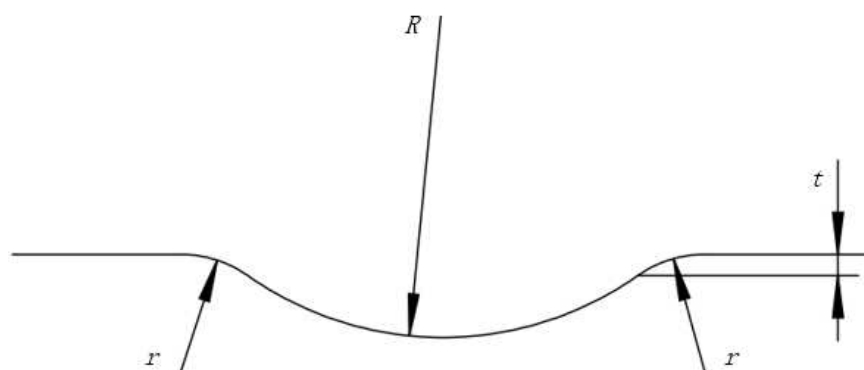
质量等级	1	2	3	4	5	6
缺陷最大尺寸 (mm)	0.4	0.6	1.0	1.5	2	3
缺陷最小间距 (mm)	2	3	4	5	6	9
最大数量/ (25mm×25 mm)	3	3	2	2	1	1

8.4 其他要求

叶片冷却孔不应发生超过设计图纸或采购技术文件中规定的错位（打孔位置正确但超出图纸要求的形位公差，打孔位置错误）、错形（形状错误，簸箕孔的轴线偏差超出设计许可值）。

除双方另有约定，不应有视觉可见的荧光渗透剂的残留。

重型燃气轮机叶片非机加工面不应抛修，机加工面可采用抛磨消缺，抛磨区域应圆滑过渡，轮廓见图2。



标引符号说明：

t ——抛磨深度；

r ——抛磨轮廓的弯曲半径；

R ——抛磨球型的半径。

图2 抛磨轮廓示意

抛磨轮廓应满足 $R \geq 20t$, $r \geq 2t$ 。抛磨深度不应超过机加工余量, 25mm×25mm范围内抛磨区域不应大于1处, 单面抛磨区域不应大于10处, 整个叶片的抛磨区域不应大于20处。

9 检测报告

视觉检测后, 应对检测结果及有关检测参数进行详细记录, 填写检测报告, 以便于任何情况下可对检测结果进行查询。

检测报告应包含以下信息:

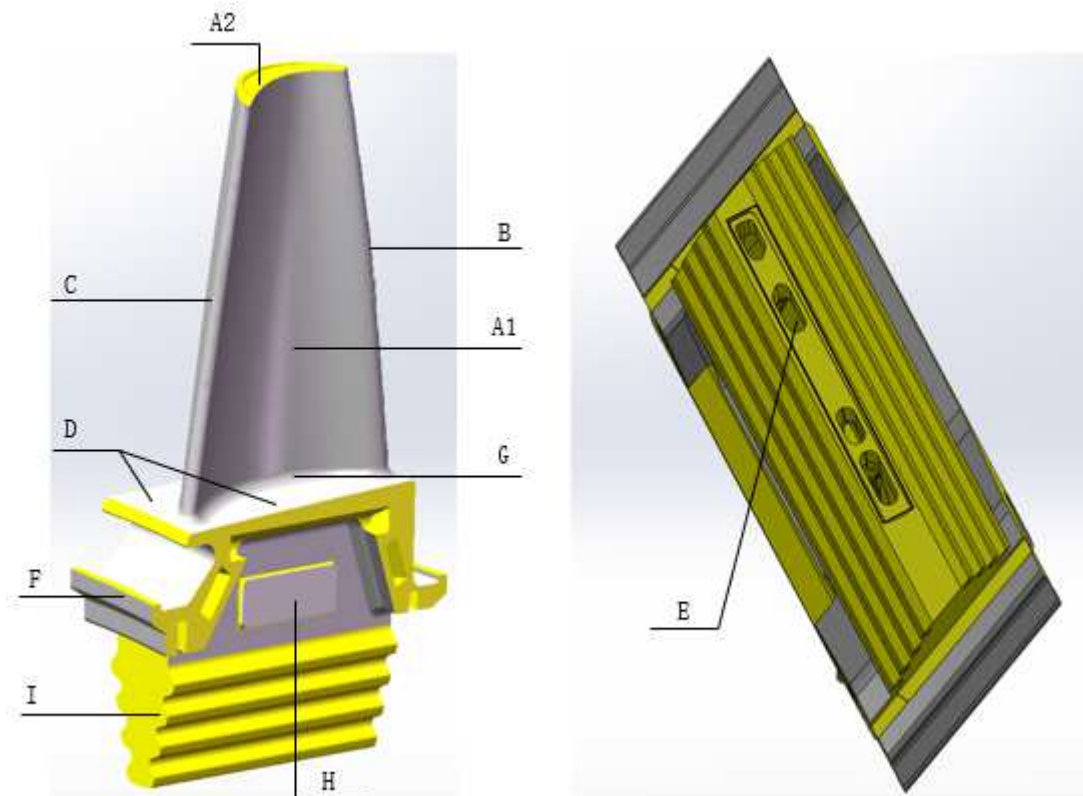
- a) 检测单位;
- b) 工件名称;
- c) 工件编号;
- d) 工件规格;
- e) 工件材质;
- f) 检测标准, 包括验收规范;
- g) 检测方法;
- h) 检测使用的设备和仪器;
- i) 检测结果;
- j) 检测结论(记录以文字或示意图给出, 必要时提供照片);
- k) 检测人员, 报告编写人员和审核人员签名及日期;
- l) 检测日期。

附录 A

(资料性)

重型燃气轮机叶片各区域划分及命名

重型燃气轮机动叶结构示意图如图A.1所示，静叶结构示意图如图A.2所示。



标引符号说明：

A1——叶身流道面；

A2——叶顶；

B ——排气边；

C ——进气边；

D ——缘板；

E ——空腔；

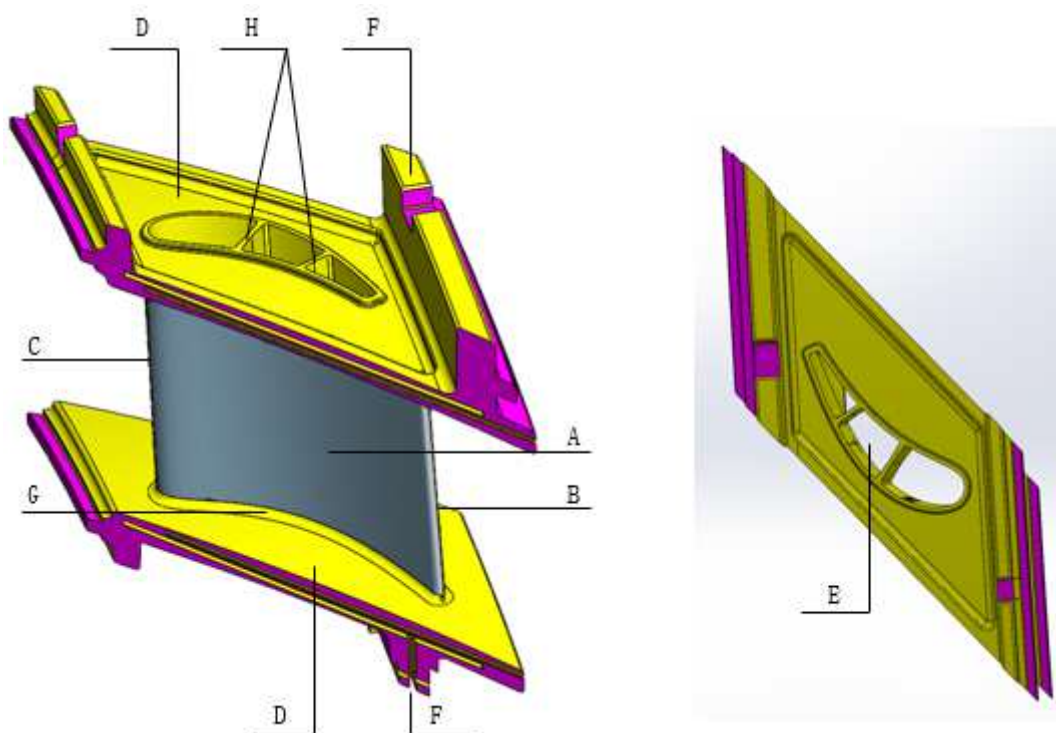
F ——天使翼；

G ——圆角；

H ——伸根区；

I ——榫头。

图A.1 重型燃气轮机动叶结构示意图



标引符号说明:

A ——叶身流道面;

B ——排气边;

C ——进气边;

D ——缘板;

E ——空腔;

F ——挂钩;

G ——圆角;

H ——隔板。

图A.2 重型燃气轮机静叶结构示意图

附录 B

(资料性)

重型燃气轮机叶片典型异常/缺陷

本附录给出了重型燃气轮机叶片部分典型的缺欠图例，作为重型燃气轮机叶片视觉检测对缺欠性质进行正确判定和描述的参考依据。

重型燃气轮机叶片典型缺欠图例见表B.1。

表 B.1 重型燃气轮机叶片典型缺欠图例

序号	缺欠名称	验收要求	图例
1	不许可的标识方式	不允许	
2	标识字符不完整但不影响溯源	允许	
3	少量涂层脱落	允许	
4	大面积涂层脱落	不允许	
5	铸造裂纹	不允许	
6	气膜孔边缘轻微裂纹	允许	

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/897152023103006124>