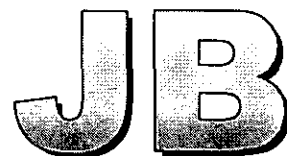


ICS 19.100

J 04

备案号: 19332—2007



中华人民共和国机械行业标准

JB/T 10660—2006

无损检测 锻钢材料超声检测 连杆螺栓的检测

Non destructive testing — Ultrasonic testing of forged steel materials —
Testing of connecting rod bolts

2006-11-27 发布

2007-05-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 连杆螺栓概况	1
5 人员要求	1
6 检测系统	2
6.1 超声检测系统的性能	2
6.2 探头	2
6.3 耦合剂	2
7 检测原则	2
7.1 检测技术	2
7.2 原材料的检测	2
7.3 连杆螺栓的检测	2
8 检测准备	2
8.1 表面清理	2
8.2 检测环境	2
8.3 表面粗糙度	3
9 超声检测灵敏度	3
9.1 连杆螺栓原材料超声检测灵敏度	3
9.2 连杆螺栓超声检测灵敏度	3
9.3 成品连杆螺栓螺纹部位检测灵敏度	3
10 检测	3
10.1 检测时机	3
10.2 连杆螺栓原材料(棒材)的超声检测	3
10.3 连杆螺栓的超声检测	4
10.4 成品连杆螺栓的超声检测	4
11 质量分级	4
11.1 缺陷的评定	4
11.2 连杆螺栓原材料质量分级	4
11.3 连杆螺栓原材料综合质量分级	4
11.4 连杆螺栓质量分级	4
11.5 连杆螺栓综合质量分级	4
12 检测报告	5
附录 A (规范性附录) 连杆螺栓原材料灵敏度试块	6
A.1 形状和尺寸	6
A.2 要求	6

A.3 应用	6
附录 B (资料性附录) 连杆螺栓原材料超声检测报告格式	7
附录 C (资料性附录) 连杆螺栓超声检测报告格式	8
图 1 连杆螺栓示意图	1
图 2 连杆螺栓的超声检测方法示意图	4
图 A.1 LG—II 型连杆螺栓原材料灵敏度试块示意图	6
表 1 连杆螺栓原材料质量分级表	5
表 2 连杆螺栓质量分级表	5

前 言

请注意本标准的某些内容有可能涉及专利。本标准的发布机构不应承担识别这些专利的责任。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B 和附录 C 为资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国无损检测标准化技术委员会（SAC/TC 56）归口。

本标准起草单位：无锡市苏台工业检测技术研究所。

本标准主要起草人：孙岳宗。

本标准为首次发布。

引 言

连杆螺栓是用来连接连杆体和连杆盖的紧固件，在发动机运转过程中，曲轴每转动一周，连杆螺栓受到一次拉伸应力作用。当曲轴高速运转时，连杆螺栓受到高频率的拉应力作用，此时，由于连杆螺栓本身存在各种缺陷，会造成连杆螺栓的断裂。连杆螺栓断裂时，曲轴仍在高速运转，而断裂后的连杆螺栓，使连杆盖离开连杆体，从而打坏机体飞出汽车发动机机盖，会造成人员伤亡事故，所以连杆螺栓质量的检验历来十分重视。

连杆螺栓断裂多半是连杆螺栓内部缺陷造成的，而连杆螺栓内部缺陷，大部分是制造连杆螺栓的原材料中的缺陷带来的。因此解决好连杆螺栓原材料内部缺陷的检测问题，是从源头上解决连杆螺栓断裂的最佳方案，所以本标准提出：解决连杆螺栓检测方法分两个步骤，第一步：用超声波液浸探伤方法检测出连杆螺栓原材料（棒材）中的缺陷，若原材料不符合本标准表 1 的要求，则这批钢（棒）材就没有必要再锻造成连杆螺栓了，这是一个基本原则。第二步：对合格钢（棒）材锻成的连杆螺栓，逐件进行超声检测，符合本标准表 2 要求的连杆螺栓，才能装配到连杆上。经过这两个步骤检测的连杆螺栓，装置在汽车上、行驶 20 万 km 是安全可靠的。

由于连杆螺栓品种繁多，所选用的原材料各不相同。对超声波衰减系数也不同，从大型载重汽车发动机到摩托车发动机，所用的连杆螺栓的几何尺寸相差很大。连杆螺栓本身是细长形工件，不满足超声检测所用的平底孔的边界条件。因此，本标准在调节连杆螺栓超声检测起始灵敏度时，不采用平底孔当量法，而是选择每批中无缺陷的连杆螺栓的本体来调节仪器灵敏度。这种方法既消除了边界条件不同对超声检测灵敏度的影响，也有消除了由于人工标准试块材料永远也达不到与不断变化的、不同型号的连杆螺栓原材料相同的要求，从而引起对缺陷定量的偏差。实践证明本标准选择灵敏度的方法是符合各生产连杆螺栓厂家的实际情况，同时，也大大提高对连杆螺栓缺陷定量的准确性。

从事连杆螺栓的超声检测人员，应了解连杆螺栓的锻造工艺，热处理工艺，要通过连杆螺栓超声检测的专业培训，再经过连杆螺栓超声检测实践，考试合格，具备熟练的超声检测技能，才能到现场独立对连杆螺栓进行超声检测，从而保证检测结果的可靠性。

无损检测 锻钢材料超声检测 连杆螺栓的检测

1 范围

本标准规定了锻钢材料制成的连杆螺栓的超声检测方法及其质量分级。

本标准适用于发动机缸径在 200mm 以下的连杆螺栓的超声检测，也适用于摩托车发动机连杆螺栓的超声检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 4162 锻轧钢棒超声检验方法

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证（GB/T 9445—2005，ISO 9712:1999，IDT）

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测（GB/T 12604.1—2005，ISO 5577:2000 Non-destructive testing — Ultrasonic inspection — Vocabulary, IDT）

GB/T 18694 无损检测 超声检验 探头及其声场的表征（GB/T 18694—2002，eqv ISO 10375:1997）

GB/T 18852 无损检测 超声检验 测量接触探头声束特性的参考试块和方法（GB/T 18852—2002，ISO 12715:1999，IDT）

JB/T 4008 液浸式超声纵波直射探伤方法

JB/T 4009 接触式超声纵波直射探伤方法

JB/T 9214 A 型脉冲反射式超声探伤系统工作性能 测试方法

3 术语和定义

GB/T 12604.1 中确立的术语和定义适用于本标准。

4 连杆螺栓概况

连杆螺栓分为螺栓大头端部，杆身和螺纹部位三个部分，如图 1 所示。

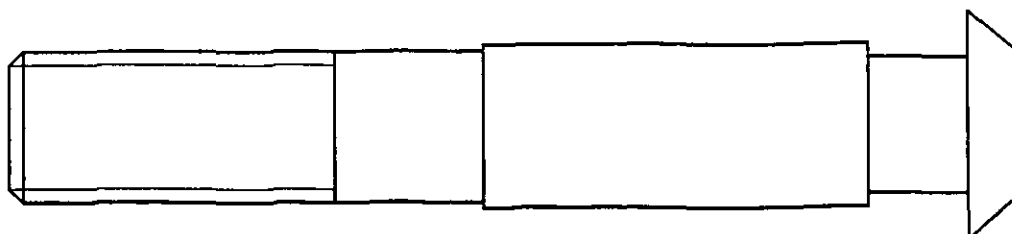


图 1 连杆螺栓示意图

5 人员要求

从事连杆螺栓超声检测的人员，应：

- a) 按 GB/T 9445 要求进行资格鉴定与认证，并取得相应等级的证书；

- b) 得到雇主或责任单位的工作授权, 建议从事连杆螺栓超声检测人员, 在正式上岗之前, 需要了解连杆螺栓锻造工艺、热处理工艺及加工工艺, 并通过连杆螺栓超声检测专业技术培训、再经过连杆螺栓超声检测实践、考试合格后, 具备熟练的超声检测连杆螺栓的操作技能, 才能独立进行连杆螺栓的超声检测工作。

6 检测系统

6.1 超声检测系统的性能

应按 JB/T 9214 进行系统性能测试, 并符合下列要求:

- 水平线性偏差不大于 1%;
- 垂直线性偏差不大于 5%;
- 动态范围不小于 30dB;
- 灵敏度余量不小于 45dB (在 CS—1 型 $\phi 2/200$ 平底孔试块上测得)。

6.2 探头

6.2.1 连杆螺栓超声检测探头为单晶片直探头, 晶片直径 $\phi 6\text{mm} \sim \phi 14\text{mm}$, 视检测连杆螺栓直径大小而定; 单晶片聚焦探头, 晶片直径 $\phi 14\text{mm}$; 斜探头晶片尺寸为 $8\text{mm} \times 10\text{mm}$; 双晶片聚焦探头, 晶片尺寸为 $6\text{mm} \times 6\text{mm} \sim 8\text{mm} \times 8\text{mm}$ 。

6.2.2 单晶片直探头, 斜探头频率为 2.5MHz; 单晶片聚焦探头, 双晶片聚焦探头频率为 5MHz。

6.2.3 单晶和双晶聚焦探头其会聚区范围, 应能满足检测连杆螺栓原材料及连杆螺栓缺陷深度的要求, 且与被检测面有良好配合。

6.2.4 应按 GB/T 18694 和 (或) GB/T 18852 进行性能测试, 其主声束偏移声轴方向不应大于 1° 。

6.2.5 探头声场主声束不应出现双峰。

6.3 耦合剂

接触式超声检测连杆螺栓用机油或牛油作耦合剂。

7 检测原则

7.1 检测技术

可选用下列超声检测技术之一:

- a) 接触式 (见 JB/T 4009);
- b) 液浸式 (见 JB/T 4008)。

7.2 原材料的检测

为了确保连杆螺栓质量, 必须对连杆螺栓原材料进行超声检测, 其检测方法可参照 GB/T 4162 进行, 若原材料内存在超过表 1 规定的缺陷, 则此原材料就不适合用来锻造连杆螺栓。

7.3 连杆螺栓的检测

由于连杆螺栓为细长形, 用直探头从连杆螺栓一端入射超声束进行检测, 根据缺陷走向, 必要时可用双晶聚焦探头或斜探头在连杆螺栓外表面入射进行检测。

8 检测准备

8.1 表面清理

8.1.1 原材料的表面清理, 连杆螺栓原材料为整根棒材, 应将棒材表面的锈斑、毛刺、油污等全部清除、打磨干净后, 才能进行超声检测。

8.1.2 连杆螺栓的表面清理, 应将连杆螺栓表面氧化皮锈斑、毛刺、油污等全部清理、打磨干净后, 才能进行超声检测。

8.2 检测环境

检测现场应有水源、电源装置，无强磁场、震动、高温、灰尘和腐蚀气味，超声检测应在光线适中的环境中进行。

检测连杆螺栓原材料现场应有吊装起动设备，对检测后不同等级的原材料，应有足够场地进行分开堆放。场地大小应能满足原材料吊装、运输方便为宜。

连杆螺栓检测场地大小应能满足检测后，按不同等级的连杆螺栓分别堆放，且运输方便，以保证检测人员进行正常检测操作为宜。

8.3 表面粗糙度

8.3.1 被检测的连杆螺栓原材料表面粗糙度 $R_a \leq 25\mu\text{m}$ 。

8.3.2 被检测的连杆螺栓表面粗糙度 $R_a \leq 6.3\mu\text{m}$ 。

9 超声检测灵敏度

9.1 连杆螺栓原材料超声检测灵敏度

用单晶片聚焦探头，在 LG—II 型试块上测出 $\phi 2\text{mm} \times 35\text{mm}$ 长横孔，使其反射波高为 80% 幅度，再提高 9dB，（水浸法检测时应保持与被检原材料相同的水层深度）以（ $\phi 2-9\text{dB}$ ）作为连杆螺栓原材料超声检测的起始灵敏度，对连杆螺栓原材料进行超声检测。如图 A.1 所示。

9.2 连杆螺栓超声检测灵敏度

9.2.1 根据每批被检测连杆螺栓直径的大小不同，选择晶片直径与被检测连杆螺栓直径相当的直探头，用下面方法来调节超声检测灵敏度。

9.2.2 在被检测每批连杆螺栓中，任选 10 根连杆螺栓。对选好的 10 根连杆螺栓从端部逐一进行超声检测。

9.2.3 调节衰减器，使连杆螺栓的背面回波高度为 80% 幅度。

9.2.4 再调节衰减器，使其读数减少 6dB（即灵敏度提高 6dB），重复检测上面 10 根连杆螺栓，若无缺陷波出现，则此时衰减器的读数的 dB 值，即为对这一批连杆螺栓超声检测的起始灵敏度。

9.2.5 在 9.2.4 中，当调节仪器衰减器读数减少 6dB 时，若发现 10 根连杆螺栓中多数有缺陷波出现，则另选 10 根连杆螺栓，用 10.3 的方法进行检测，直到满足在 9.2.4 的要求为止。

9.2.6 每批连杆螺栓检测之前，检测中间过程，每连续工作 2h，均需校准一次仪器灵敏度，一旦发现仪器灵敏度因故发生变化，应及时重新校准灵敏度。在发现灵敏度变化之前检测的连杆螺栓，应全部重新检测。

9.3 成品连杆螺栓螺纹部位检测灵敏度

将双晶聚焦探头在连杆螺栓的螺纹处，用牛油作耦合剂，进行检测时，调节衰减器，使无缺陷处，背面回波反射 80% 幅度后，再调节衰减器，使其读数减少 6dB（即灵敏度提高 6dB），作为成品连杆螺栓的螺纹部位检测灵敏度。

10 检测

10.1 检测时机

10.1.1 连杆螺栓原材料应在未下料之前对整根棒料进行检测。

10.1.2 连杆螺栓应在未加工螺纹之前进行检测，成品连杆螺栓可按 10.4 方法进行超声检测。

10.2 连杆螺栓原材料（棒材）的超声检测

连杆螺栓原材料的棒材可按 GB/T 4162 进行超声检测，检测灵敏度按 9.1 可用附录 A 中 LG—II 型试块进行调节，其检测方法可采用自动检测或半自动检测。

- a) 自动检测：将被检棒材置于水槽中自动旋转，使单晶片聚焦探头，在水槽中沿棒材长度方向水平移动，对整根棒材进行全部扫查，发现缺陷，仪器自动报警，同时在缺陷处自动打标记，对不同等级的原材料进行自动分选；

- b) 半自动检测：将被检棒材置于水槽中旋转，用人工操作控制单晶片聚焦探头，在水槽中沿棒材长度方向水平移动，对整根棒材进行全部扫查，发现缺陷仪器自动报警，并在缺陷处自动打标记，最后人工分选。

10.3 连杆螺栓的超声检测

10.3.1 选择晶片直径与被检连杆螺栓杆身直径相当的直探头，使超声束从连杆螺栓端部入射进行检测连杆螺栓内横向裂纹及各种缺陷。如图 2 中探头 A 所示。检测结果按表 2 进行评定。

10.3.2 为了确定缺陷位置，可以使超声束在连杆螺栓两头端部，分别入射进行检测，此时两缺陷波声程之和应为连杆螺栓整个杆身长度。

10.3.3 为了确定缺陷位置走向，必要时可用双晶聚焦探头和斜探头，在连杆螺栓杆身外表面进行检测。

10.4 成品连杆螺栓的超声检测

10.4.1 成品连杆螺栓进行超声检测，超声束应从连杆螺栓小头入射按 10.3.1 方法进行检测。

10.4.2 连杆螺栓螺纹内部的纵向缺陷，应用牛油作耦合剂，用双晶聚焦探头在螺纹部位进行检测，如图 2 中探头 B 所示。其灵敏度按 9.3 方法调节仪器，检测结果按表 2 进行评定。

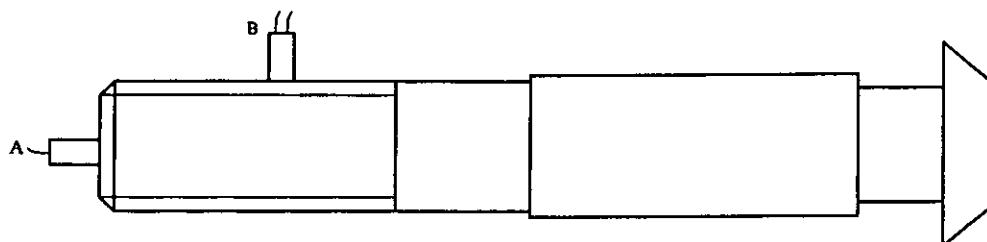


图 2 连杆螺栓的超声检测方法示意图

11 质量分级

11.1 缺陷的评定

11.1.1 单个缺陷：在有缺陷部位移动探头，当缺陷指示长度小于 5mm 时，评为单个缺陷。单个缺陷回波高度，连杆螺栓原材料，按表 1 进行评定，连杆螺栓按表 2 进行评定（下同）。

11.1.2 多个缺陷：移动探头，找出缺陷的最大回波，测出任意两个缺陷之间的距离；并报表 1 或表 2 进行评定。

11.1.3 长条形缺陷：用 6dB 法测其指示长度，并按表 1 或表 2 进行评定。

11.1.4 背面回波幅度：由于缺陷引起背面回波下降时，其降低幅度按表 1 或表 2 评定。

11.2 连杆螺栓原材料质量分级

按 9.1 校准仪器灵敏度，用 10.2 方法对连杆螺栓原材料进行超声检测，发现连杆螺栓原材料内有单个缺陷回波、多个缺陷（群）回波以及背面回波幅度下降时，按表 1 进行分级。

11.3 连杆螺栓原材料综合质量分级

按表 1 对连杆螺栓原材料中单个缺陷、多个缺陷（群）、长条形缺陷及背面回波幅度分别进行分级后，连杆螺栓原材料最终质量等级，应以其中质量最差的等级作为连杆螺栓原材料的综合质量等级。

11.4 连杆螺栓质量分级

用 9.2 确定检测连杆螺栓的灵敏度，用 10.3 对连杆螺栓进行超声检测，发现连杆螺栓内有单个缺陷、多个缺陷（群）及背面回波幅度下降时，按表 2 进行分级。

11.5 连杆螺栓综合质量分级

按表 2 对连杆螺栓中评定的单个缺陷、多个缺陷（群）及背面回波幅度分别进行分级后，连杆螺栓最终质量等级，应以其中最差的等级作为连杆螺栓的综合质量等级。

表 1 连杆螺栓原材料质量分级表

等级	缺陷分类			
	单个缺陷	多个缺陷(群)	长条形缺陷	背面回波幅度
优等品	无缺陷回波	无缺陷回波	无缺陷回波	不小于 100%
一等品	缺陷回波高度小于等于 40%	缺陷回波高度小于等于 30%, 缺陷间距大于 25mm	缺陷回波高度小于等于 30%, 缺陷指示长度小于等于 10mm	不小于 80%
二等品	缺陷回波高度大于 40%, 小于等于 80%	缺陷回波高度大于 30%, 小于等于 60%, 缺陷间距大于 25mm	缺陷回波高度大于 30%, 小于等于 60%, 缺陷指示长度大于 10mm, 小于等于 20mm	不小于 60%
合格品	缺陷回波高度大于 80%, 小于等于 95%	缺陷回波高度大于 60%, 小于等于 95%, 缺陷间距小于 25mm	缺陷回波高度大于 60%, 小于等于 95%, 缺陷指示长度大于 20mm, 小于等于 30mm	不小于 50%

表 2 连杆螺栓质量分级表

等级	缺陷分类			
	单个缺陷	多个缺陷(群)	长条形缺陷	背面回波幅度
优等品	无缺陷回波	无缺陷回波	无缺陷回波	不小于 100%
一等品	缺陷回波高度小于等于 30%	缺陷回波高度小于等于 30%, 间距大于 25mm	缺陷回波高度小于等于 30%, 缺陷指示长度小于等于 5mm, 允许存在两处	不小于 80%
合格品	缺陷回波高度大于 30%, 小于等于 60%	缺陷回波高度大于 30%, 小于等于 50%, 间距小于 25mm	缺陷回波高度大于 30%, 小于等于 50%, 缺陷指示长度大于 5mm 小于等于 10mm, 允许存在两处	不小于 60%

12 检测报告

每批连杆螺栓原材料和(或)连杆螺栓经超声检测后,按 11.3 和表 2 进行质量分级,应由 2 级以上超声检测人员,编写连杆螺栓原材料和(或)连杆螺栓的检测报告,内容至少包括:

- 连杆螺栓原材料的钢种,尺寸(外径×长度)数量、吨位,验收标准;
- 连杆螺栓名称,型号、数量、件号、配连杆型号、验收标准;
- 连杆螺栓原材料的锻造工艺、工序号、热处理、生产件号;
- 超声波检测仪器型号、检测方法、探头规格代号;
- 检测结果、评定级别、结论、绘出缺陷草图;
- 检测人员、审核人员的资格证书级别、签名、盖检测报告专用章。

检测报告格式参见附录 B、附录 C。

附录 A
(规范性附录)
连杆螺栓原材料灵敏度试块

A.1 形状和尺寸

LG—II 型连杆螺栓原材料灵敏度试块的几何尺寸，如图 A.1 所示。

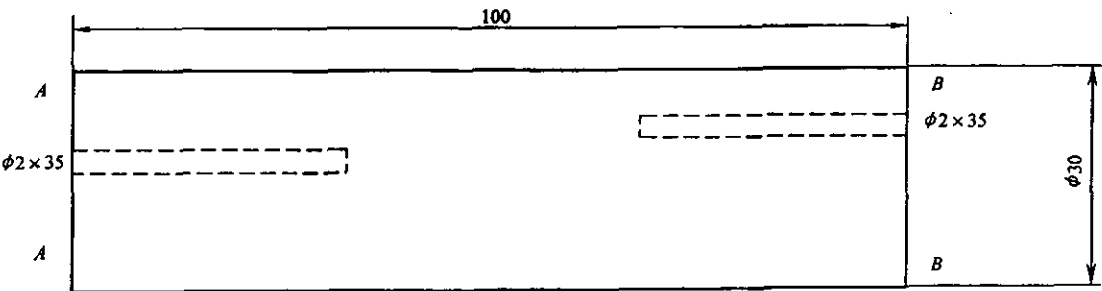


图 A.1 LG—II 型连杆螺栓原材料灵敏度试块示意图

A.2 要求

A.2.1 用来制作连杆螺栓超声检测灵敏度试块的材料应与连杆螺栓原材料相同，经超声检测不允许有大于 $\phi 0.5$ 平底孔当量的缺陷；

A.2.2 用 $\phi 30\text{mm} \times 100\text{mm}$ 棒料，在 AA 端面圆中心部位钻进 $\phi 2\text{mm} \times 35\text{mm}$ 长横孔，在 BB 端面的 1/2R 处钻 $\phi 2\text{mm} \times 35\text{mm}$ 长横孔。

A.3 应用

每次对连杆螺栓原材料进行超声检测之前用单晶片聚焦探头，在 LG—II 型试块上测出 $\phi 2\text{mm} \times 35\text{mm}$ 长横孔，并使其反向波高为 80% 幅，再提高 9dB 即 ($\phi 2-9\text{dB}$) 作为起始灵敏度，对连杆螺栓原材料进行超声检测，检测结果按表 1 进行评定。

附 录 B
(资料性附录)
连杆螺栓原材料超声检测报告格式

(单位名称)
 连杆螺栓原材料超声检测报告

电话:

共 页 第 页

委托单位				报告日期	年 月 日	
钢 号		基本尺寸		R_a		
原材料生产厂		数 量		批号		
仪器型号		检测方法		换能器型号		
灵 敏 度			验收标准			
检测结果:						
检测者	UT 级		审核者	UT 级		检测报告专用章

附 录 C
(资料性附录)
连杆螺栓超声检测报告格式

(单位名称)
连杆螺栓超声检测报告

电话:

共 页 第 页

委托单位				报告日期	年 月 日
连杆螺栓名称		型 号		件 号	
配主机型号		材 料		热 处 理	
数 量		基本尺寸		R_a	
仪器型号		检测方法		换能器型号	
灵 敏 度			验 收 标 准		
检测结果:					
检测者	UT 级		审核者	UT 级	
			检测报告专用章		