



中华人民共和国国家标准

GB/T 18182—2012
代替 GB/T 18182—2000

金属压力容器声发射检测及 结果评价方法

Acoustic emission examination and evaluation of metallic pressure vessels

2012-12-31 发布

2013-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 18182—2000《金属压力容器声发射检测及结果评价方法》，与 GB/T 18182—2000 相比，主要变化如下：

- 增加了声发射源、声发射定位源和活性缺陷的定义(见 3.1、3.2 和 3.5)；
- 修改了第 6 章的名称(见第 6 章“设备与器材”，2000 年版的检测系统)；
- 增加了安全要求(见 7.3)；
- 修改了加压程序的具体要求(见 7.5.5，2000 年版的 7.4.3)；
- 增加了检测数据分析(见 7.6)；
- 修改了检测结果分级及评价(见第 8 章、第 9 章，2000 年版的第 8 章)；
- 删除了附录 B(见 2000 版的附录 B)。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)提出并归口。

本标准起草单位：中国特种设备检测研究院、大庆石油学院、南京市锅炉压力容器检验研究院、合肥通用机械研究院、北京声华兴业科技有限公司、北京科海恒生科技有限公司、天津石化装备研究院、航天材料工艺性能检测和失效分析中心、武汉市锅炉压力容器检验研究所。

本标准起草人：李光海、沈功田、李邦宪、戴光、梁华、关卫和、刘时风、段庆儒、蒋仕良、刘哲军、霍臻、蒋俊、王笑梅。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 18182—2000。



金属压力容器声发射检测及 结果评价方法

1 范围

本标准规定了金属压力容器受载荷作用时的声发射检测及结果评价方法。

本标准适用于金属压力容器的声发射检测。锅炉、压力管道及其他金属构件的声发射检测也可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 12604.4 无损检测 术语 声发射检测
GB/T 19624 在用含缺陷压力容器安全评定
GB/T 19800 无损检测 声发射检测 换能器的一级校准
GB/T 19801 无损检测 声发射检测 声发射传感器的二级校准
GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义
JB/T 4730.2 承压设备无损检测 第2部分:射线检测
JB/T 4730.3 承压设备无损检测 第3部分:超声检测
JB/T 4730.4 承压设备无损检测 第4部分:磁粉检测
JB/T 4730.5 承压设备无损检测 第5部分:渗透检测

3 术语和定义



GB/T 12604.4 和 GB/T 20737 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

声发射源 acoustic emission source

材料中能量快速释放而产生瞬态弹性波的物理源点或部位。

3.2

声发射定位源 acoustic emission location source

通过分析声发射数据确定的被检件上声发射源的位置。

注:常用的几种源定位方法包括区域定位、计算定位和连续信号定位。

3.3

活性 activity

声发射源的事件数随加载过程或时间变化的程度。

3.4

强度 intensity

声发射源的事件所释放的平均弹性能。

3.5

活性缺陷 active defect

因载荷作用而产生瞬态弹性波释放的缺陷。

4 方法提要



4.1 声发射检测的主要目的是检测由金属压力容器壳体母材、焊缝、连接的零部件等表面和内部因不连续产生的声发射源,并确定声发射源的部位及划分综合等级。

4.2 金属压力容器的声发射检测通常采用加压的方式在加载过程中进行检测。加压过程一般包括升压、保压过程。在被检件表面布置声发射传感器,接收来自活性缺陷的声波并转换成电信号,经过检测系统鉴别、处理、显示、记录和分析声源的位置及声发射特性参数。

4.3 检测出的声发射定位源应根据源的综合等级划分结果决定是否采用其他无损检测方法进行复验。

5 人员资格

5.1 采用本标准进行检测的人员应按照 GB/T 9445 的要求或压力容器安全主管部门的规定,取得由相应无损检测人员资格鉴定机构颁发或认可的声发射检测等级资格证书,方可从事相应资格等级规定的检测工作。

5.2 从事声发射检测的检验人员要求掌握一定的声发射检测知识,具有现场检验经验,并掌握一定的压力容器知识。

6 设备与器材

6.1 声发射检测系统

声发射检测系统应包括传感器、前置放大器、系统主机、显示和存储等单元。检测系统的性能应符合附录 A 的要求。

声发射传感器、前置放大器和系统主机每年至少进行一次校准。声发射传感器的校准按 GB/T 19800 和 GB/T 19801 的要求进行,其他部件的校准按仪器制造商规定的方法进行,其结果不得低于附录 A 的要求。校准结果应有相应记录和报告。

6.2 压力指示装置

检测时被检件上应有压力指示装置,并在有效校准期内,其最大量程应当为最高试验压力的 1.5 倍~3 倍。

7 检测程序

7.1 资料审查

资料审查应包括下列内容:

- a) 设计文件、产品合格证、质量证明书、竣工图等;
- b) 运行记录、开停车记录、有关运行参数、介质成分、载荷变化情况以及运行中出现的异常情况资料;
- c) 检验资料、历次检验报告;

- d) 有关修理和改造的文件。

7.2 技术准备

检测开始前,应做好以下准备工作:

- a) 现场勘察,找出所有可能出现的噪声源,如电磁干扰、振动、摩擦和流体流动等。对这些噪声源应设法予以排除;
- b) 确定加压程序;
- c) 建立声发射检测人员和加载人员的联络方式;
- d) 确定传感器阵列,如无特殊要求,相邻传感器之间的间距应尽量接近;
- e) 传感器应直接耦合在容器或管道的表面或与容器或管道构成整体的波导杆上,并保证声耦合良好;
- f) 设定检测条件,制定检测方案。

7.3 安全要求

本标准没有完全列出进行检测时所有的安全要求,使用本标准的用户有义务在检测前建立适当的安全和健康准则。检测过程中的安全要求如下:

- a) 检测时被检件的壁温应当比其材料的无延性转变温度高 30 °C,或按照其设计标准的规定执行;
- b) 检测人员应根据检测地点的要求穿戴防护工作服和佩戴有关防护设备;
- c) 如有要求,使用的电子仪器应具有防爆功能;
- d) 在进行加载试验时,应满足有关安全规范和标准的要求,若进行气压试验,应制定特别的安全措施;
- e) 在线检测时,应避免安全阀过早或突然开启引起的危险后果,尤其是被检件内储存有毒或易爆等危害性介质时。

7.4 检测校准

7.4.1 仪器调试

将已安装的传感器与前置放大器和系统主机用电缆线连接,开机预热至系统稳定工作状态,根据被检件对声发射检测系统进行初步工作参数设置,保证声发射系统有足够的检测灵敏度。

7.4.2 模拟源

用模拟源进行灵敏度测试和校准定位。模拟源应能重复发出弹性波,可以采用声发射信号发生器作为模拟源,也可以采用直径为 0.3 mm,硬度为 2H 的铅笔芯折断信号作为模拟源。铅芯伸出长度约为 2.5 mm,与被检件表面的夹角为 30°左右,距传感器中心 100 mm±5 mm 处折断。其响应幅度值应取 3 次以上响应的平均值。

7.4.3 通道灵敏度测试



在检测开始之前和结束之后应进行通道灵敏度的测试。要求对每一个通道进行模拟源声发射幅度值响应测试,每个通道响应的幅度值与所有通道的平均幅度值之差应不大于±4 dB。如系统主机有自动传感器测试功能,检测结束后可采用该功能进行通道灵敏度测试。

7.4.4 衰减测量

应进行与声发射检测条件相同的衰减特性测量。衰减测量应选择远离人孔和接管等结构不连续的

部位,使用模拟源进行测量。如果已有检测条件相同的衰减特性数据,可不再进行衰减特性测量,但应把该衰减特性数据在本次检验记录和报告中注明。

7.4.5 定位校准

采用计算定位时,在被检件上传感器阵列的任何部位,声发射模拟源产生的弹性波至少能被该定位阵列中的传感器收到,并得到唯一定位结果,定位误差不超过该传感器阵列中最大传感器间距 $\pm 5\%$ 。

采用区域定位时,声发射模拟源产生的弹性波应至少能被该区域内的一个传感器接收到。

7.5 检测

7.5.1 背景噪声

7.5.1.1 加压检测前,应进行背景噪声的测量。通过降低门槛电压来测量每个通道的背景噪声,设定每个通道的门槛电压至少大于背景噪声 6 dB,然后对整个检测系统进行背景噪声测量,在制压力容器和停产进行声发射检测的压力容器背景噪声测量应不少于 5 min,进行在线检测的压力容器背景噪声测量应不少于 15 min。如果背景噪声接近或大于所被检件材料活性缺陷产生的声发射信号强度,应设法消除背景噪声的干扰,否则不宜进行声发射检测。

7.5.1.2 加压过程中,应注意下列因素对检测结果的影响:

- a) 介质的注入;
- b) 加压速率过高;
- c) 外部机械振动;
- d) 内部构件、工装、脚手架等的移动或受压爆裂;
- e) 电磁干扰;
- f) 天气情况,如风、雨等的干扰;
- g) 泄漏。

7.5.2 检测时应观察声发射撞击数随压力或时间的变化趋势,声发射撞击数随压力或时间的增加呈快速增加时,应及时停止加压,在未查出声发射撞击数增加的原因时,禁止继续加压。

7.5.3 检测时对于声发射定位源集中出现的部位,应查看是否有外部干扰因素,如存在应停止加压并尽量排除干扰因素。

7.5.4 检测过程中如遇到强噪声干扰时,应暂停检测,排除强噪声干扰后再进行检测。

7.5.5 加压程序

7.5.5.1 概述

应根据被检件有关安全技术规范、标准和合同的要求来确定声发射检测最高试验压力和加压程序。升压速度一般应不大于 0.5 MPa/min。保压时间一般应不小于 10 min,如果在保压期间出现持续的声发射信号且数量较多时,可适当延长保压时间直到声发射信号收敛为止;如果保压开始的 5 min 内无声发射信号出现,也可提前终止保压。

7.5.5.2 在制压力容器的加压程序

对于在制压力容器的检测,最高试验压力为耐压试验压力。

在制压力容器的加压程序见图 1。声发射检测应在试验压力达到设计压力的 50% 前开始进行,并至少在压力分别达到设计压力 P_D 和最高试验压力 P_{T1} 时进行保压。如果声发射数据指示可能有活性缺陷存在或不确定,应从设计压力开始进行第二次加压检测,第二次加压检测的最高试验压力 P_{T2} 应不超过第一次加压的最高试验压力 P_{T1} ,建议 P_{T2} 为 97% P_{T1} 。

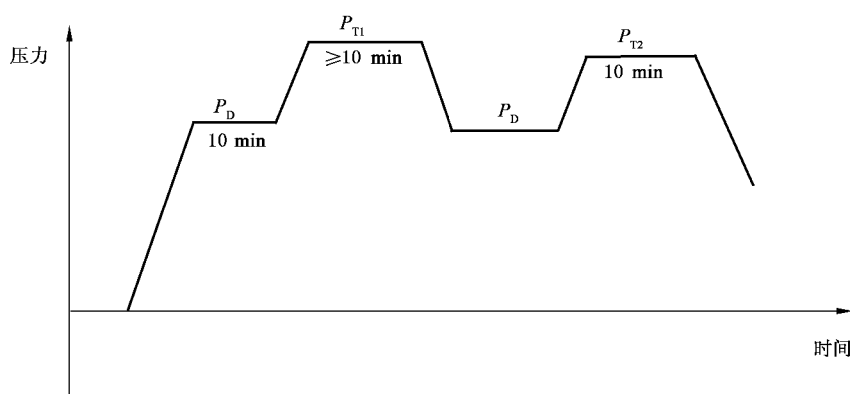


图 1 在用压力容器的加压程序

7.5.5.3 在用压力容器的加压程序

对于在用压力容器的检测,试验压力一般不小于最高工作压力的 1.1 倍。对于压力容器的在线检测和监测,当工艺条件限制声发射检测所要求的试验压力时,其试验压力不应低于最高工作压力,并在检测前一个月将操作压力至少降低 15%,以满足检测时的加压循环需要。

在用压力容器的加压程序见图 2。声发射检测在达到压力容器最高工作压力 P_w 的 50% 前开始进行,并至少在压力分别达到最高工作压力 P_w 和最高试验压力 P_{T1} 时进行保压。如果声发射数据指示可能有活性缺陷存在或不确定,应从最高工作压力 P_w 开始进行第二次加压检测,第二次加压检测的最高试验压力 P_{T2} 应不超过第一次加压的最高试验压力 P_{T1} ,建议 P_{T2} 为 97% P_{T1} 。

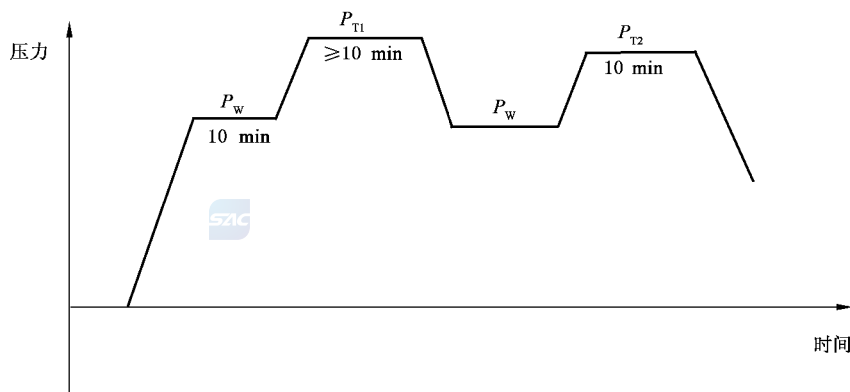


图 2 在用压力容器的加压程序

7.6 检测数据分析

7.6.1 从检测数据中标示检测过程出现的噪声数据,并在检测记录中注明。

7.6.2 利用软件滤波或数据图形显示分析的方法,从检测数据中分离出非相关声发射信号,并在检测记录中注明。

7.6.3 根据检测数据确定相关声发射定位源的位置。对结构不连续区域的声发射定位源还应通过定位校准的方法确定其位置。定位校准采用模拟源方法,若得到的定位显示与检测数据中的声发射定位源部位显示一致,则该模拟源的位置为检测到的声发射定位源部位。

7.6.4 声发射源的位置处于非结构不连续部位,如容器的母材,是否仍要按第 9 章要求进行检测结果评价由检测人员根据检测要求确定。

8 检测结果分级

8.1 概述

声发射定位源的等级根据声发射定位源的活性和强度来综合评价,评价方法是先确定声发射定位源的活性等级和强度等级,然后再确定声发射定位源的综合等级。

综合评价的声发射定位源包括区域定位和时差法计算定位分析得到的定位结果。

8.2 声发射定位源的活性分级

区域定位以通道覆盖区域划定出评定区域。时差法计算定位以传感器阵列中最大传感器间距的10%为边长或直径划定出正方形或圆形评定区域。落在同一评定区域内的声发射定位源事件,认为是同一源区产生的声发射定位源事件。

如果声发射定位源区的事件数随着升压或保压呈快速增加时,则认为该部位的声发射定位源具有超强活性。

如果声发射定位源区的事件数随着升压或保压呈连续增加时,则认为该部位的声发射定位源具有强活性。

如果声发射定位源区的事件数随着升压或保压呈间断出现时,则按表1、表2进行分级。如果进行两次加压循环,声发射定位源的活性等级划分方法见表1;对于进行一次加压循环,声发射定位源的活性等级划分方法见表2。

表1 两次加压循环声发射定位源的活性分级

活性等级	第一次加压循环		第二次加压循环	
	升压	保压	升压	保压
弱活性	×			
弱活性		×		
弱活性			×	
弱活性				×
中活性	×	×		
中活性			×	×
中活性	×		×	
中活性		×	×	
中活性	×			×
强活性		×		×
强活性	×	×	×	
强活性	×	×		×
强活性	×		×	×

表 1 (续)

活性等级	第一次加压循环		第二次加压循环	
	升压	保压	升压	保压
强活性		×	×	×
超强活性	×	×	×	×

注 1: ×表示加压或保压阶段有声发射定位源;空白表示加压或保压阶段无声发射定位源。
 注 2: 停止加压后 1 min 内的信号记入升压信号,1 min 后的信号为保压信号。
 注 3: 如果同一升压或保压阶段源区内声发射事件数较多时,可根据实际情况将该源的活性等级适当提高。

表 2 一次加压循环声发射定位源的活性分级

活性等级	升压	保压
中活性	×	
强活性		×
超强活性	×	×

注 1: ×表示加压或保压阶段有声发射定位源;空白表示加压或保压阶段无声发射定位源。
 注 2: 停止加压后 1 min 内的信号记入升压信号,1 min 后的信号为保压信号。
 注 3: 如果同一升压或保压阶段源区内声发射事件数较多时,可根据实际情况将该源的活性等级适当提高。

8.3 声发射定位源的强度分级

声发射定位源的强度 Q 可用能量、幅度或计数参数来表示。声发射定位源的强度计算取声发射定位源区中前 5 个最大的能量、幅度或计数参数的平均值。幅度参数应根据衰减测量结果加以修正,区域定位按该通道覆盖的最远距离修正,时差计算定位按定位源的计算距离修正。声发射定位源的强度分级参考表 3 进行。表 3 中的 a 、 b 值应由试验来确定,Q345R 钢采用幅度参数进行声发射定位源的强度分级推荐值见表 4。

表 3 声发射定位源的强度分级

声发射定位源的强度等级	声发射定位源的强度 Q
低强度	$Q < a$
中强度	$a \leq Q \leq b$
高强度	$Q > b$

表 4 Q345R 钢采用幅度参数进行声发射定位源的强度分级

声发射定位源的强度等级	幅度 Q /dB
低强度	$Q < 60$ dB
中强度	$60 \text{ dB} \leq Q \leq 80 \text{ dB}$
高强度	$Q > 80 \text{ dB}$

注: 表中的数据是经衰减修正后的数据。传感器输出 $1 \mu\text{V}$ 为 0 dB。

8.4 声发射定位源的综合分级

声发射定位源的综合分级按表 5 进行。

表 5 声发射定位源的综合分级

声发射定位源的 强度等级	活性等级			
	超强活性	强活性	中活性	弱活性
高强度	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ
中强度	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
低强度	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ

9 检测结果评价

9.1 I 级声发射定位源不需要采用其他无损检测方法复检, II 级声发射定位源由检测人员根据被检件的使用情况和定位源部位的实际结构来确定是否需要采用其他无损检测方法复检, 其他级别的声发射定位源应采用其他无损检测方法进行复检, 检测标准可按 JB/T 4730.2~4730.5 执行。

9.2 经过其他无损检测方法复检确定的缺陷可按压力容器检验的相关规则进行评价, 也可进行合于使用评价, 评价标准参照 GB/T 19624 的要求进行。

10 记录和报告

10.1 记录

10.1.1 应按检测方案的要求记录检测数据或信息, 并按相关法规、标准和(或)合同要求保存所有记录。

10.1.2 检测时如遇不可排除因素的噪声干扰, 如人为干扰、风、雨和泄漏等, 应如实记录, 并在检测结果中注明。

10.2 报告

声发射检测报告至少应包括以下内容:

- a) 设备名称、编号、制造单位、设计压力、温度、介质、最高工作压力、材料牌号、公称壁厚和几何尺寸;
- b) 加载史和缺陷情况;
- c) 执行与参考标准;
- d) 检测方式、仪器型号、耦合剂、传感器型号及固定方式;
- e) 各通道灵敏度测试结果;
- f) 各通道门槛和系统增益的设置值;
- g) 背景噪声的测定值;

- h) 衰减特性；
- i) 传感器布置示意图；
- j) 源部位校准记录；
- k) 检测软件名称及数据文件名称；
- l) 加压程序图；
- m) 声发射定位源定位图及必要的关联图；
- n) 检测结果分析、源的综合等级划分结果；
- o) 结论；
- p) 检测人员、报告编写人和审核人签字及资格证书编号；
- q) 检测日期。



附 录 A
(规范性附录)
声发射系统性能要求

A.1 传感器

传感器的响应频率推荐在 100 kHz~400 kHz 范围内,其灵敏度不小于 60 dB[表面波声场校准,相对于 $1 \text{ V}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$]或 -77 dB(纵波声场校准,相对于 $1 \text{ V}/\mu\text{bar}$)。当选用其他频带范围内的传感器时,应考虑灵敏度的变化,以确保所选频带范围内有足够的接收灵敏度。应能屏蔽无线电波或电磁噪声干扰。传感器在响应频率和工作温度范围内灵敏度变化应不大于 3 dB。传感器与被检件表面之间应保持电绝缘。

A.2 信号线

传感器到前置放大器之间的信号电缆长度不应超过 2 m,且能够屏蔽电磁干扰。

A.3 信号电缆

前置放大器到系统主机之间的信号电缆应能屏蔽电磁噪声干扰。信号电缆衰减损失应小于 1 dB/30 m。信号电缆长度不宜超过 150 m。

A.4 耦合剂

耦合剂应能在试验期间内保持良好的声耦合效果。应根据容器壁温选用无气泡、黏度适宜的耦合剂。可选用真空脂、凡士林及黄油。

检测奥氏体不锈钢、钛和镍合金时,耦合剂中氯化物、氟化物离子含量应满足相关规范的要求,采用粘接方法固定时,粘接剂中的氯、氟离子含量和硫含量应满足相关规范的要求。

A.5 前置放大器

前置放大器短路噪声有效值电压不大于 $7 \mu\text{V}$ 。在工作频率和工作温度范围内,前置放大器的频率响应变化不超过 3 dB。前置放大器的频率响应应与传感器的频率响应相匹配,其增益应与系统主机的增益设置相匹配,通常为 40 dB 或 34 dB。如果前置放大器采用差分电路,其共模噪声抑制不低于 40 dB。

A.6 滤波器

放置在前置放大器和系统主机处理器内的滤波器的频率响应应与传感器的频率响应相匹配。

A.7 系统主机

A.7.1 声发射系统主机应有覆盖检验区域的足够通道数,应至少能实时显示和存储声发射信号的参

数(包括到达时间、门槛、幅度、振铃计数、能量、上升时间、持续时间、撞击数,宜具有接收和记录压力、温度等外部电信号)的功能。

A.7.2 各个通道的独立采样频率应不低于传感器响应频率中心点频率的 10 倍。

A.7.3 门槛精度应控制在 ± 1 dB 的范围内。

A.7.4 声发射信号计数测量值的精度应在 $\pm 5\%$ 范围内。

A.7.5 从信号撞击开始算起 10 s 之内,声发射系统应对每个通道具有采集、处理、记录和显示不少于 20 个/s 声发射撞击信号的短时处理能力;当连续监测时,声发射系统对每个通道在采集、处理、记录和显示过程中应具有处理不少于 10 个/s 声发射撞击信号的能力。当出现大量数据以致发生堵塞情况,系统应能发出报警信号。

A.7.6 峰值幅度测量值的精度应在 ± 2 dB 范围内,同时要满足信号不失真的动态范围不低于 65 dB。

A.7.7 能量测量值的精度应在 $\pm 5\%$ 范围内,同时要满足信号能量的动态范围不低于 40 dB。

A.7.8 时差定位声发射检测系统,每个通道的上升时间、持续时间和到达时间的分辨率应优于 $0.25\ \mu\text{s}$,精度应在 $\pm 1\ \mu\text{s}$ 范围内,各通道之间的误差应不大于平均值的 $\pm 3\ \mu\text{s}$ 。

A.7.9 系统测量外接参数电压值的精度应不低于满量程的 2%。

A.7.10 声发射采集软件应能实时显示声发射信号参数、声发射信号参数之间和参数随压力或时间的关联图,以及声发射定位源的线定位和平面定位图,实时显示的滞后时间应不超过 2 s。

A.7.11 声发射分析软件应能回放原始声发射检测数据,并能根据重新设定的条件对声发射检测数据进行滤波、定位、关联和识别等分析处理。



中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
金属压力容器声发射检测及
结果评价方法

GB/T 18182—2012

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

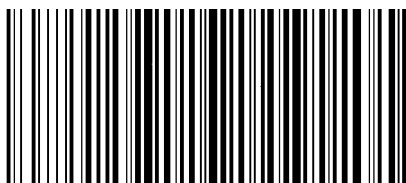
网址: www.gb168.cn

服务热线: 010-68522006

2013年5月第一版

*

书号: 155066 • 1-47028



GB/T 18182-2012

版权专有 侵权必究