

# 钢轨探伤史话

GANGGUI TANSANG SHIHUA

(续篇)

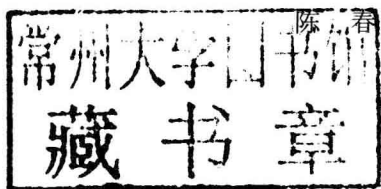
陈春生 编著



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

# 钢轨探伤史话(续篇)

生 编著



中国铁道出版社

2015年·北京

## 内 容 简 介

钢轨探伤是铁路工务的基础行业,对行车安全的作用至关重要,自建国以来上海铁路局在全路此行业中一直居于领先地位。本书的前篇——《钢轨探伤史话》以该局的钢轨探伤工作为主线,从设备、技术、管理三个方面回顾了六十余年钢轨探伤的发展历程;本版续篇是对前篇的进一步补充完善:主要分检测方法、检查范围、探伤工艺和探伤管理几方面,力求从寻找梳理探伤工作发展轨迹的角度,精心选取以往档案素材并进行深入分析,以求解这一行业的发展规律,使钢轨探伤乃至铁路工务行业的中青年工作者从中得到教益。

## 图书在版编目(CIP)数据

钢轨探伤史话:续篇/陈春生编著.——北京:中国铁道出版社,2015.2  
ISBN 978-7-113-19862-6

I. ①钢… II. ①陈… III. ①钢轨—探伤—技术史—中国 IV. ①U213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 009397 号

书 名:钢轨探伤史话(续篇)  
作 者:陈春生

责任编辑:张 悦  
封面设计:郑春鹏  
责任校对:马 丽  
责任印制:陆 宁 高春晓

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)  
网 址:<http://www.tdpress.com>  
印 刷:中国铁道出版社印刷厂  
版 次:2015年2月第1版 2015年2月第1次印刷  
开 本:787 mm×1 092 mm 1/32 印张:5.125 字数:117 千  
书 号:ISBN 978-7-113-19862-6  
定 价:15.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。  
发行部电话(010)51873174;打击盗版举报电话:市电(010)51873659

## 前 言

我常常反复研读李庆鸿先生的新著《线路养修工作探索与实践》。每每读罢掩卷,总有一种敬佩之情在心中涌动。

李庆鸿先生系资深的铁路工务专家,在上海铁路局副局长任上退休后笔耕不辍。该部新著是他从事铁路工务工作四十余年亲身经历和刻苦探究的精心总结,全书通篇体现出老铁路人对铁路事业矢志不渝的忠诚、对卓越境界的忘我追求;反映出作者一丝不苟的严谨作风以及对新一代铁路人高度负责的精神。

受此感召与教益,我回忆起 1993 年在上海铁路局实现“无断轨重大、大事故四十周年”之际,拟编辑《上海铁路局钢轨探伤经验汇综》的往事。基于这一夙愿和对青年钢轨探伤工作者的责任感,遂对 2013 年出炉的本人拙作《钢轨探伤史话》重新检阅再三。深感在该书中,尽管忠实反映了钢轨超声波探伤的方法技术和管理规范从无到有、从低级到较为高级、从粗放到较为精细这一不断探究、完善、创新、提高的过程,但仍存有某些粗糙或遗漏之处,因而有必要遴选一些本人自从事钢轨探伤工作直至退休以来所积累的相关经验总结、文稿资料,同时参考了本行业前辈、

同仁们齐心协力奋斗攻关的集体智慧和成果，整合修编成《钢轨探伤史话（续篇）》，以求使《钢轨探伤史话》更臻完善。

令我欣慰的是，此举得到李庆鸿、黎连修、龚佩毅、郁振炜、顾家焜等领导、专家、学者的赞同和帮助；还得到马跃平、吴付儿、杨祖表、陈志远、严月清等当今辛勤耕耘在钢轨探伤一线的专家、同仁们相关研究成果的支持。从这一意义上说，《钢轨探伤史话（续篇）》的完成，是广大钢轨探伤工作者集体智慧和经验的阶段性总结，我谨怀着敬畏之心作了文字记述，在此向各位探伤同仁和对编写本书给予支持帮助的人士致以诚挚敬谢！

鉴于水平有限，文中如有不妥或谬误，恳请读者指正。

陈春生

# 目 录

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 第一章 钢轨核伤检测方法的探索 .....               | 1   |
| 第一节 关于 50°探头探测性能的探讨 .....           | 1   |
| 第二节 焊补钢轨探伤 .....                    | 13  |
| 第三节 钢轨头部鱼鳞伤的超声波探伤 .....             | 16  |
| 第四节 钢轨核伤的检查与校对 .....                | 24  |
| 第五节 P60 AT 型道岔特种轨型探伤的探索 .....       | 35  |
| 第二章 钢轨裂纹检查范围的拓展 .....               | 45  |
| 第一节 运用多种形式,把 30°探头使用搞上去 .....       | 45  |
| 第二节 关于 30°探头探测轨底横向裂纹的探索 .....       | 54  |
| 第三节 钢轨螺孔小角度裂纹的探测 .....              | 66  |
| 第四节 钢轨的手工检查 .....                   | 73  |
| 第三章 钢轨焊缝探伤工艺的完善 .....               | 86  |
| 第一节 铝焊接头轨底热影响区超声波探伤 .....           | 86  |
| 第二节 钢轨铝焊接头全断面探伤 .....               | 93  |
| 第三节 P60 钢轨移动式气压焊焊缝超声波探伤<br>工艺 ..... | 110 |

|     |                         |     |
|-----|-------------------------|-----|
| 第四章 | 钢轨探伤管理的深化 .....         | 119 |
| 第一节 | 钢轨探伤作业标准的探索 .....       | 119 |
| 第二节 | 加强钢轨探伤,确保钢轨防断 .....     | 131 |
| 第三节 | 发挥职业技能作用,深化钢轨探伤管理 ..... | 138 |
| 第四节 | 班组管理要诀 .....            | 143 |

# 第一章 钢轨核伤检测方法的探索

轨头核伤是钢轨的主要病害。自首台超声波钢轨探伤仪使用以来,对钢轨核伤检测的认识在不断完善提高,检测方法也在不断改进完善。 $50^{\circ}(\beta=70^{\circ})$ 探头探测性能的探讨、钢轨核伤的检查 and 校对、轨头鱼鳞伤和特种轨型探伤的探索,从一个侧面折射出这种发展的轨迹。

## 第一节 关于 $50^{\circ}$ 探头探测性能的探讨

上海铁路局自 1973 年建立钢轨探伤技术管理组以来,首次开展探伤技术攻关是在 1978 年。从寻找轨头外侧核伤漏检原因中,进行了大量的探索试验,认清了  $50^{\circ}$  探头发射的声束在轨头内的走向及其一、二次波的探测范围,在全路率先提出了增设向外发射的  $50^{\circ}$  探头整改方案,不仅解决了探头外侧核伤的有效探测,更为钢轨探伤仪的设计制造提供了积极的信息。

自 1968 年以来,上海铁路局(以下简称为路局)各工务段先后使用上海无线电子 22 厂和上海超声波仪器厂生产的 JGT-1 型和 JGT-2 型钢轨探伤仪。对于探测钢轨中存在轨头核伤、螺孔裂纹、水平裂纹、纵向裂纹、焊接接头伤损取得了良好成果。但因诸多原因,近年来也曾多次发生核伤漏检导致的断轨事件,其多数核源存在于轨头的外侧,路局领导十分重视,提议工务探伤部门作为一个新课题进行调查研究,探索攻关,为钢轨核伤的检测开拓新局面。

## 一、认真分析漏检原因

经调查分析,发现钢轨核伤漏检原因有主客观两个方面。主观因素是我们在使用中存在的问题,归纳起来有以下三条:

(1)人为疏忽:这是造成漏检的十分重要因素。在日常工作中往往因为探伤要领执行不严;助听作用发挥不够;检查速度过快;外界干扰听觉、视觉,以及下道避车再上道衔接不准等都会导致失控漏检。

(2)接触不良:如轨面有污垢或油迹、钢轨调边或是新轨初期轨面锈蚀、探头供水不足、探头位置不当、保护膜不平整等导致探头与轨面接触不良造成漏检。

(3)仪器故障:包括仪器内部故障、20 线插座的连线断裂、探头线扭损、接线柱松动、晶片老化、耦合剂干枯、探头架歪斜,以及固定螺丝松脱等引起的探头失灵,都是导致漏检的重要因素。

以上三条可以通过主观努力,在加强探伤责任性、加强作业管理的同时重视仪器的保养和检修,是完全可以克服和避免的。

客观原因主要指探头的检测性能存在不足,需要引起足够重视。

在调查研究中,我们发现有的探伤组工作一向认真、技术熟练并有一套较完整的管理制度,却仍发生轨头外侧核伤的漏检,引起我们深思。是否存在  $50^{\circ}$  探头本身的局限性,其性能是否如 JGT-2 型使用说明书所述: $50^{\circ}$  探头置于轨面中心与钢轨纵向呈  $20^{\circ}$  偏角,所发射的一次波经轨头内侧下颚反射的二次波指向轨头外侧上方,超声波在轨头内呈“之”字形传播。为解决这一迷惑,真正弄清  $50^{\circ}$  探头的声束走向及其探测范围,找出外侧核伤漏检的真实原因,我们作了大量试验。

## 二、积极进行探索试验

整个试验分为以下 4 项, 分别用 JGT-2 型仪器配置的  $50^\circ$  探头呈  $20^\circ$  偏角, 由外向内或由内向外对 P50 钢轨轨头所设的各类人工伤损进行实测, 现将探测结果分别叙述如下:

1. 在轨头内侧上方与水平方向成  $45^\circ$  夹角, 分别锯成 5 mm、15 mm、20 mm、25 mm、30 mm 深度的伤痕, 探测结果见图 1-1-1。

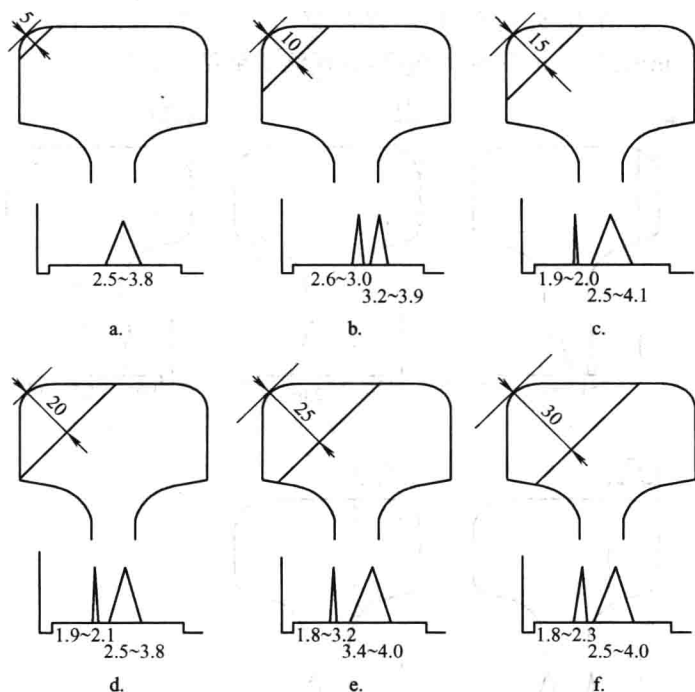


图 1-1-1 轨头内侧锯成  $45^\circ$  夹角的伤痕及探测结果(mm)

图中展示的回波信号均为  $50^\circ$  探头由外向内发射的显示 (因 JGT-2 型反射式通道设定的声程为 200 mm, 基线刻度

0~5,故一、二次波的交替在刻度 2.5 左右)。如将仪器调向改成 50°探头由内向外探测时均无回波显示。

从这些波形中我们可以清楚看到 50°探头由外向内发射时,在轨头内侧上方的每一个伤痕都有二次波显示(2.5~4.1),而图 c、d、e、f 不仅有二次波,还有一次波显示,因伤痕的范围已扩大到轨头内侧下方和下颚属一次波探测范围。由此表明,以轨头内侧下颚作反射面的二次波是射向内侧上方,而不是射向外侧上方。

2. 在轨头内侧垂直方向锯 6 mm、11 mm、14 mm、17 mm、23 mm 深度的伤痕,其探测结果见图 1-1-2。

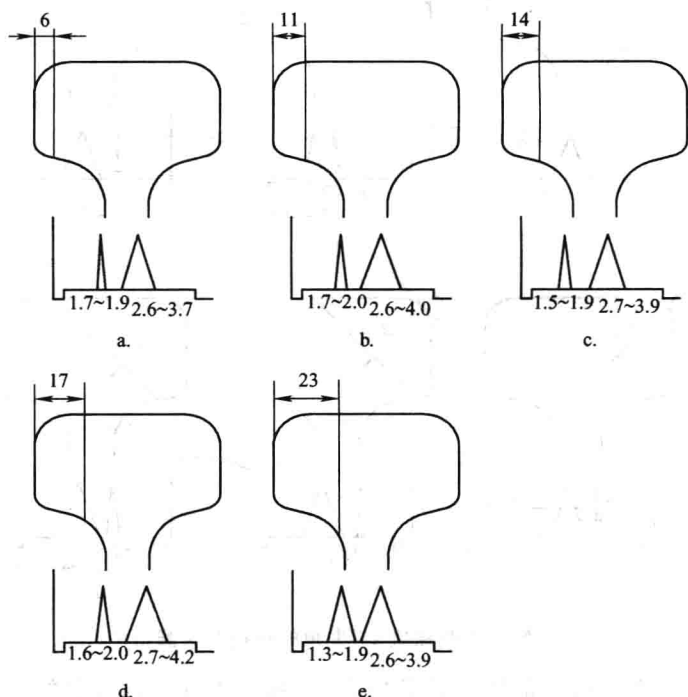
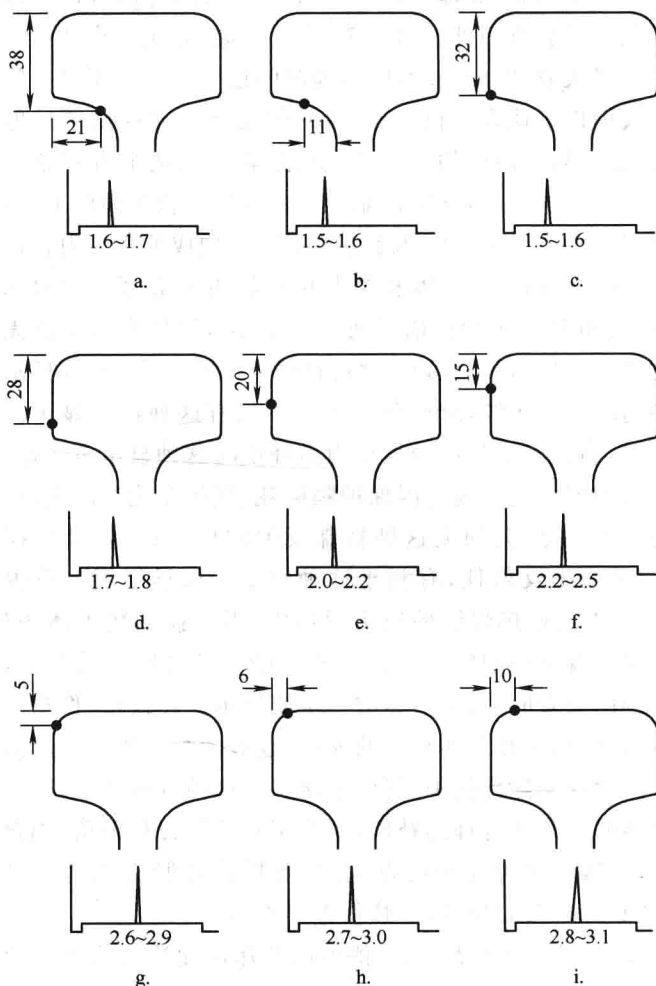


图 1-1-2 轨头内侧垂直方向的伤痕及探测结果(mm)

从这 5 个轨头的伤痕图中,可以看出伤痕的部位包含着轨头内侧的上方和下方。当  $50^{\circ}$  探头由外向内进行探测时,荧光屏都有一次波和二次波显示。如将仪器调转  $50^{\circ}$  探头由内向外探测图 a~d 都无回波,唯图 e 轨头的伤痕,在仪器荧光屏上靠近后方门处显示 3.7~5.2 回波,它比一次波(1.7~1.9)和二次波(2.6~3.9)的扫描时间还要长。对于这一特殊显示我们作了认真分析:一是轨头的几何尺寸提供了反射条件:因进入轨头内侧的一次波是通过轨头内侧下方和整个轨头下颚作二次反射,其反射能量的主流指向轨头内侧上方,但也会有一股支流通过内侧下方与下颚面构成的角反射指向轨头外侧的下方;二是仪器和探头的因素,也提供了这种显示的可能性:如 JGT-1 型扫描时间为 0.12ms,即使有回波也无法在时基线上显示;而 JGT-2 型扫描时间为 0.175 ms,显示的范围超越了二次波,故在荧光屏上不仅有这种特殊显示而且有报警,当开大增强或增强远距离补偿时这种显示更明显,如果探头的偏角过大或是因保护膜磨损、气候变化等因素,使折射角发生变化,会加大这种特殊反射的概率;三是外侧探伤大、或是伤小反射佳,有利于这种反射。如早期用一只内发  $50^{\circ}$  探头进行铝热焊缝的轨头探伤中,因伤损多数为体积型,曾数次发现类似回波。本着不放过任何可疑回波的要求,将仪器调向复查时,则有明显的一次波显示。经校核,伤损存在于轨头外侧,多数为体积型的缩孔,也有因缩孔扩展形成的核伤。因此在实际探伤中,我们不能忽视这种特殊显示,既要调准仪器的基线和合理的补偿,注意探头的位置和偏角、耦合和磨损,以减小这种显示的发生;更要抓住这股交流的歪打正着,认真分析及时处理,把核伤查早查小。

3. 在钢轨内侧下颚、内侧侧面和作用面凿出伤痕。初步搞清  $50^{\circ}$  探头声束在轨头内的走向后,我们进行第三个试验,

而在轨头内侧下颚及内侧侧面和作用面的不同距离、不同部位分别凿出深度约 3 mm 的伤痕共 12 处,用 50°探头由外向内探测,以寻求一、二次波的探测范围,探测结果见图 1-1-3。



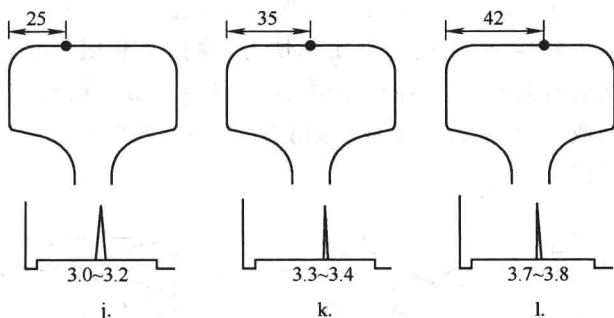


图 1-1-3 在轨头内侧下颚及内侧侧面和作用面所凿伤痕及探测结果(mm)

图 1-1-3a~d 分别凿了 4 个位置相异的痕迹,探测结果在荧光屏 1.6~1.8 之间有回波显示,表明从轨腰与轨颚连接处至轨颚与轨头侧面下端连接处的整个下颚(包括内侧下端)与探头发射声束连线之间为一次波探测范围,参见图 1-1-4。

图 1-1-3e~l 分别凿了 8 个位置相异的痕迹,探测结果在荧光屏 2.0~3.8 之间有回波显示,初步认定以下颚作反射面的二次波基本覆盖了轨头的整个内侧(图 1-1-5)。且 f~i 的伤痕回波显示表明,轨头作用面区域是二次波扫查的最佳反射区,重视或加强二次波探伤十分必要。而 j~l 伤痕处于轨头中央,回波较弱,属于二次波扫查的薄弱层。如何加强,有待研究。

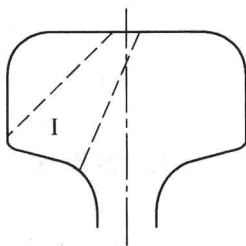


图 1-1-4

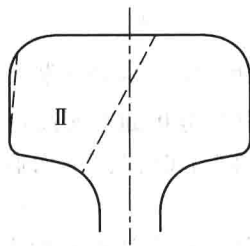


图 1-1-5

4. 在找出了一次波与二次波的探测范围后,为了进一步证实其正确性,使它更符合实际情况,我们又利用短轨,结合实际伤痕可能产生的各种不同部位,用  $\phi 8$  mm 钻头在轨端断面钻成 50 mm 深的平底孔,用  $50^\circ$  探头由外向里进行探测,结果见图 1-1-6。

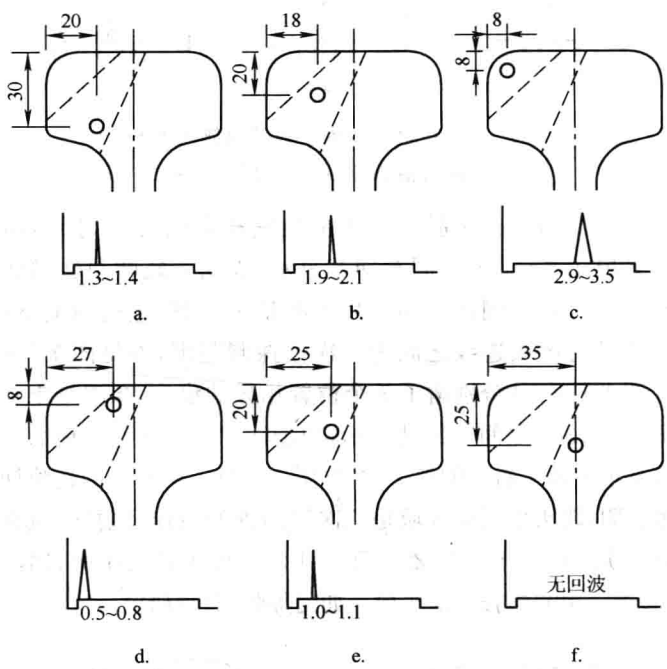


图 1-1-6 轨头端面钻深为 50 mm 的  $\phi 8$  mm 平底孔及探测结果(mm)

具体分析如下所述:

图 1-1-6a、d、e 的伤痕在荧光屏 0.5~1.4 范围有一次波显示。

图 1-1-6b、c 的伤痕在荧光屏 1.9~3.5 有二次波显示,且图 1-1-6c 显示的回波位移最长、波幅最强。如调整仪器改

为  $50^\circ$  探头由内向外探测图 1-1-6a~e 的伤痕, 则无回波显示, 再次证明一、二次波的探测范围以及试验中提出的二次波射向轨头内侧上方的结论是正确的。

图 1-1-6f 的伤痕处于轨头断面中央的下方。 $50^\circ$  探头由外向内或由内向外探测均无回波显示, 应属真正的探测盲区。虽不属于核伤存在的主要区域, 但焊缝缺陷存在多样性, 仍须对这一区域的检测作进一步研究解决。

经过上述探测试验, 我们认为原说明书所述  $50^\circ$  探头的波束在轨头内呈“之”字形传播是不正确的。现有试验结果表明,  $50^\circ$  探头在轨面上与钢轨纵向成  $20^\circ$  夹角由外向内发射的超声波, 以  $69^\circ$  (实测  $66^\circ$ ) 折射波束射至轨头内侧下颚为一次波, 而以下颚反射的二次波其主流射向轨头的内侧上方, 不能实现轨头外侧核伤的检测。这个结论提高了我们对  $50^\circ$  探头探测性能的认识, 纠正了过去的偏见。同时找到了近年因轨头外侧核伤漏检的客观原因, 为改变探头组合, 加强对轨头核伤的全面检测提供了方向。

### 三、有效提出解决办法

鉴于试验结果, 结合路局存在轨头外侧核伤漏检造成断轨的情况, 必须在改进探测方法的同时加强对现有仪器的技改, 有以下几方面设想。

(一) JGT-2 型仪器在有缝线路探伤中, 一般使用前面的  $50^\circ$  探头和后面的  $0^\circ$  探头, 而中间探头经常空着不用。我们可以充分利用这个有利条件, 将中间的原前后  $35^\circ$  探头换成  $50^\circ$  探头, 与钢轨纵向成  $20^\circ$  偏角, 探测方向由内向外, 以弥补前  $50^\circ$  探头的探测不足, 呈现对轨头核伤的全面扫查。改装方法有三种:

1. 并联法:在前  $50^{\circ}$  探头接线柱上,联结两根高频电缆,接至中间新换的  $50^{\circ}$  探头接线柱上,使其并联(图 1-1-7a)。方法简便易行,既不要增加零件又不用改装仪器。

金华、杭州工务段探伤组自己动手改装的方法就属此类。两组都反映探测效果良好,轨头外侧 2~3 mm 的核伤都有所发现。杭州探伤组还在 9 月 9 日发现望江门三角线上一处直径为 20 mm 的外侧核伤。

采用此法要求仪器发射波较强和接收机灵敏度较高;新增的  $50^{\circ}$  探头性能要和原  $50^{\circ}$  探头相配对。如遇到所配用的两个  $50^{\circ}$  探头质量性能有差异,会出现一个探头灵敏高、而另一个探头灵敏度低的现象,造成不平衡。

2. 分路法:在探头交换盒上增加一个  $50^{\circ}$  灵敏度调节电位器,探头交换盒内接线稍加改接。经过这样改装,两个  $50^{\circ}$  探头分别由两个灵敏度调节电位器加以控制,可避免上面一个探头灵敏度高、另一个探头灵敏度较低的不平衡情况。此法也只适用在仪器超声发射强和接收机灵敏度高的仪器上(图 1-1-7b)。

3. 增装前置级:若使用上述两种方法效果欠佳,就得考虑此法。此法是在 JGT-2 型仪器原有五级参调放大器前增加一个前置放大级,由两只 3DG6 晶体管构成二级分别输入,从晶体管集电极获得的输出信号在高频电感中混合加到五级参调放大器进行放大,而由荧光屏显示出来。

采用这种装置,可以利用改变电位器的数值调节反馈电压,控制每一路晶体管的放大倍数,选用性能有差异的探头相配合,达到互不干扰(图 1-1-7c)。

由于增加了一级前置放大,接收机总的放大倍数有了增加。JGT-2 型仪器一个可控硅带动一路超声发射电路,改装后的仪器一个可控硅却要带动二路超声波发射电路,发射能