

铀矿普查勘探仪器检修

《铀矿普查勘探仪器检修》编写组

原子能出版社

内 容 简 介

这是一本介绍铀矿普查勘探仪器检修基本知识的读物，是由有关地质队和地质学院的工人、教师和干部组成的编写组编写的。

书中介绍了仪器检修的基本知识，元件的检查与测量方法，单元电路的故障分析，六种常用仪器的整机故障分析和调整，常用测试仪表的使用和维护常识。书后还附有必要的资料和十三种常用仪器、仪表的整机电路图。

本书内容通俗易懂，叙述上由浅入深，可供基层单位从事仪器检修工作的人员阅读，也可供有关方面的技术人员参考。

铀矿普查勘探仪器检修

《铀矿普查勘探仪器检修》编写组

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 16·字数 425 千字·附图 15 张

1979 年 8 月北京第一版·1979 年 8 月北京第一次印刷

印数 001—4000·定价：3.40 元

统一书号：15175·153

前 言

在华主席为首的党中央抓纲治国战略决策指引下，我国社会主义革命和社会主义建设的形势一派大好。肩负着为实现四个现代化开路这一光荣任务的地质战线，“工业学大庆”的群众运动也正在蓬勃展开。

铀矿普查勘探仪器是放射性地球物理探矿的主要工具。物探工作的发展，对仪器的准确性、稳定性和一致性提出了更高的要求。搞好仪器维修工作则是保证物探工作质量的一个重要环节。为了提高仪器维修的水平，就必须总结好晶体管仪器的维修经验，这不仅有助于发挥现有晶体管仪器的效能，并且也可为搞好集成电路仪器的维修打下基础。铀矿地质战线广大的仪器检修人员迫切需要有一本这方面的参考书。本书就是为着上述目的而编写的。

仪器检修人员除必须掌握一定的实践技能外，还必须具备一定的电子学方面的理论知识。鉴于仪器单元电路的原理在《核仪器电子技术》（王宗仁编著，原子能出版社出版）一书中已有详细叙述，因而本书仅着重于介绍如何运用这些基本知识来分析故障并予以排除。

铀矿普查勘探仪器的种类较多，本书只介绍了六种具有代表性的仪器和一种勘探工作中普遍使用的井斜仪。

本书第一、二、五章介绍了仪器检修的基本知识。第三章介绍单元电路故障的分析。这一章的写法是从故障现象着手进行分析，与一般的仪器检修书不同，是一次新的尝试。第四章写整机故障分析，和第三章的内容互相配合。书后还附有检修工作常用的一些资料和十三种常用仪器、仪表的整机电路图。

本书主要供基层单位从事仪器检修工作的人员使用，也可供物探人员以及有关方面的工作人员参考。

在本书的编写过程中，有关局、厂、所、队、院校给予了大力支持，并提供了不少资料和宝贵意见，汪隆平、李汉秋、陆锡

春、陆孝金、李智仁等同志为本书编写了部分内容，李道贤、方季青、李罗照同志绘制了全部插图和附图，在此一併致谢。

本书力求通俗易懂，切合实际，由浅入深，循序渐进。

由于水平所限，经验总结得也不全面，错误和缺点在所难免，恳切希望广大读者提出改进意见。

《铀矿普查勘探仪器检修》编写组

1978

目 录

前言

第一章 检修基本知识	1
第一节 检修步骤	1
第二节 分析电路的基本方法	4
第三节 分析故障的方法	7
第四节 寻找故障的方法	8
第五节 检修操作技术	12
第二章 元件的检查和测量	18
第一节 电阻的检查和测量	18
第二节 电容的检查和测量	24
第三节 变压器的检查和测量	30
第四节 二极管的检查和测量	39
第五节 三极管的检查和测量	45
第六节 隧道二极管的检查和测量	62
第七节 集成电路的检查和测量	65
第八节 可控硅的检查	82
第九节 表头的检查、测量和修理	86
第十节 探测元件的检查	104
第十一节 测井电缆及绞车的检查	117
第十二节 转换开关的检查和修理	127
第三章 单元电路故障的分析	130
第一节 探测器电路故障的分析	130
第二节 电源电路故障的分析	139
第三节 高压变换电路故障的分析	153
第四节 射极跟随器故障的分析	162
第五节 脉冲放大电路故障的分析	173
第六节 双稳态触发电路故障的分析	183
第七节 射耦触发电路故障的分析	190
第八节 隧道二极管整形电路故障的分析	194
第九节 计数率电路故障的分析	201

第十节	微分放大器故障的分析	210
第十一节	过零甄别器故障的分析	215
第十二节	脉冲幅度分析器故障的分析	221
第十三节	门电路故障的分析	229
第十四节	RC 定时电路故障的分析	235
第十五节	计数电路故障的分析	239
第十六节	显示电路故障的分析	245
第十七节	电表指示电路故障的分析	252
第四章	常用普查勘探仪器的整机故障分析和调整	261
第一节	71型闪烁辐射仪的故障分析和调整	262
第二节	61 K型轻便测井仪的故障分析和调整	281
第三节	118 G ₂ 型闪烁射气仪的故障分析和调整	297
第四节	42 型定向辐射仪的故障分析和调整	307
第五节	31 型野外 γ 能谱仪的故障分析和调整	332
第六节	408 型自动定标器的故障分析和调整	350
第七节	JJX-2 型井斜仪的工作原理和常见故障	366
第八节	常用普查勘探仪器能量阈的调整	379
第五章	常用测试仪表的使用和维护	386
第一节	MF-10 型万用表、静电伏特计、兆欧表的原理、使用和维护	386
第二节	SBT-5 型同步示波器的使用和维护	400
第三节	MFS-70 A 型双脉冲发生器的使用方法	407
第四节	JS-7 A 型晶体管测试仪的使用方法	413
第五节	JT-1 型晶体管特性图示仪的使用方法	418
第六节	WYJ-1 型直流稳压电源的使用方法	432
第七节	自制的简易检修仪器	434
附录		441
I.	无线电技术常用文字符号	441
II.	常用电路符号	442
III.	无线电常用单位	443
IV.	常用电阻、电容、电池性能表	446
V.	国产半导体器件和集成电路型号命名法	452
VI.	国产半导体器件术语定义	457

Ⅶ. 常用晶体管、冷阴极充气稳压管性能表	460
Ⅷ. 国产漆包铜线的主要数据表	498
Ⅸ. 分贝表	501
X. 常用仪器电路图	501

第一章 检修基本知识

铀矿普查勘探仪器是放射性地球物理探矿的主要工具。搞好仪器维修工作，对于提高仪器的准确性、稳定性和一致性，保证物探工作的质量，具有十分重要的意义。

本章将为初次从事检修工作的同志介绍一些有关的基本知识。

故障的检修过程就是分析矛盾和解决矛盾的过程。因此，必须努力学习和运用《矛盾论》、《实践论》中的观点，同时还需要树立大庆人“三老四严”的作风，并且在工作中切实贯彻“自力更生”和“勤俭办一切事业”的精神，只有这样才能使检修工作做到多、快、好、省。

第一节 检修步骤

对于初次从事检修工作的同志来讲，拿到一台有故障的仪器，应当从何入手进行修理呢？在一般的情况下，可分为寻找故障、排除故障、仪器调整和整理仪器等四个步骤进行。本节将介绍这方面的一些基本知识。

一、寻找故障

（一）调查故障的现状与历史

对一台有故障仪器的修理应当先从调查入手。伟大领袖毛主席教导我们：“调查就象‘十月怀胎’，解决问题就象‘一朝分娩’。调查就是解决问题”。对仪器的使用情况和故障现象进行细致的调查分析能帮助我们更快地判明故障的部位。

仪器的许多故障往往不是偶然发生的，而是经历了从量变到质变的过程，如仪器设备经过长期使用，某些元件的性能发生了

变化，仪器保管或使用不妥等等都会逐步形成故障。所以，首先必须问清使用情况，故障发生的经过及表现形式，若能知道损坏的大致部位就更好；此外，还必须了解过去的使用维修情况。

（二）分析故障原因

根据故障现象和以前使用维修的情况，结合仪器的工作原理（包括电原理、机械原理），应用反推、圈定等方法，可从理论上分析出产生故障的可能部位，以缩小查找的范围。对仪器的工作原理了解得愈透彻，对故障部位的分析就愈迅速、愈准确。

（三）找出故障点

在大致圈定了故障的部位以后，可进一步运用观察、测试、讯号注入、替代和短路、开路等方法来找出故障点。

需要注意的是，对于有些故障，在查清前不要贸然通电，否则有可能使故障扩大。例如，仪器的滤波电容已击穿，但原来的整流元件以及电源变压器还未损坏，若这时通电，就可能使整流元件或变压器烧坏。此外在查明故障点以前，切勿忙于调动机内可调元件（如微调电容，补偿线圈磁芯，电位器等）。这些元件应在仪器修好以后，必要时再进行调整。调动时，应先标记好原来的位置，以便复原。

在检修未使用过的新仪器时，首先应该了解仪器的技术性能、结构、使用方法和工作原理，并分析在装运过程中可能产生的问题，然后着手检修。

上述第（二）、（三）两步骤往往同时或交叉进行。

寻找故障是检修工作最关键的一步。一旦找出了故障点，可以说已完成了一大半检修任务。

二、排除故障

找到了故障点，下一步的任务就是排除故障了。排除故障主要包括仪器的拆装，元件的配换、焊接等工作。大多数故障是元件损坏，这时应该注意贯彻以修为主的勤俭节约的原则，能修理的不要轻易掉换。实在不能修理的元件，一般应当换用与原规

格相同的元件。采用代用元件时要作周密的考虑，其原则是代用后不可影响仪器的性能。修理过的元件要经过试验后方可再用。

三、仪器的调整

故障排除使仪器工作基本正常以后，还要根据故障的具体情况来决定是否应该对仪器重新进行一次调整。调整工作包括电性能的调整 and 能量阈的调整等。例如 71 型仪器在掉换或修理了高压变压器以后，稳压管 WY_1 的电流很可能变化，若电流 $< 25 \mu A$ ，仪器的稳定性将变坏，这时就需要对其高压变换器进行调整。又如 42 型仪器在掉换了光电倍增管以后，其能量阈就需要重新调整。

必须指出，铀矿普查勘探仪器的检修质量是否符合要求应以重新标定的结果来作检验的标准。当然，在修理或掉换一些对整机性能无影响或影响甚微的元件（如 71 型仪器的耳机放大电路，更换 T_{10} 管）后，显然无需对仪器重新调整和标定。

四、仪器的整理和检修记录

经检查，仪器的检修质量符合要求，再进行仪器的整理工作，这包括除尘，擦拭面板、机箱，清除焊剂碎锡，紧固旋钮、螺钉，装好外壳等项工作。最后，还需要再进行一次定性试验，如对于 71 型仪器，应看看其底数是否正常。这一点也很重要，因为有时外壳与机内元件相碰，或者装外壳时振动过剧，使仪器工作又不正常了，所以不能认为装上机壳就完事大吉了。

在检修工作中必须坚持做好检修记录或填写好仪表检修卡片，将仪器故障产生情况和排除经过加以详细记载，这是积累检修经验，不断提高检修质量和效率的有效措施。表 1.1.1 是一种常用的仪器检修卡片，仅供参考。

表 1.1.1 仪器检修卡片

仪 器 名 称		仪 器 型 号		仪 器 号 码	
送 修 单 位		送 修 人 员		修 理 人 员	
送 修 日 期		修 复 日 期		工 作 时 间	
仪 器 主 要 电 气 性 能	工 作 电 压		稳 压 管 电 压		倍 增 管 电 压
	整 机 耗 电		稳 压 管 电 流		铯 峰 电 压
仪器主要故障现象、原因和排除：					
仪器更换的元件名称、型号和数量：					
仪器校正记录：					
触 发 阈		底 数		灵 敏 阈	
读 数 误 差		稳 定 性 误 差		一 致 性 误 差	
测 程 误 差		顶 角 误 差		方 位 角 误 差	

第二节 分析电路的基本方法

分析电路通常是指根据仪器的电路图分析仪器的工作原理，也就是所谓“读图”。这是一项重要的基本功，因为只有看懂了仪器的电路图，才能进一步对仪器进行测试和维修。

分析电路的过程也是运用基本理论来解决实际检修工作中遇到的问题的过程。对仪器的工作原理分析得愈透彻，判断故障点就愈准确、愈迅速，检修效率也就愈高。同时，对于提高检修质量，灵活处理检修工作中遇到的一些问题也是很有好处的。

分析电路的步骤如下：

- ① 了解仪器的测量对象和任务。
- ② 弄清各单元电路所起的作用。首先应画出仪器的方框图，它可以给我们一个概貌，有助于进一步进行分析。然后再分析各

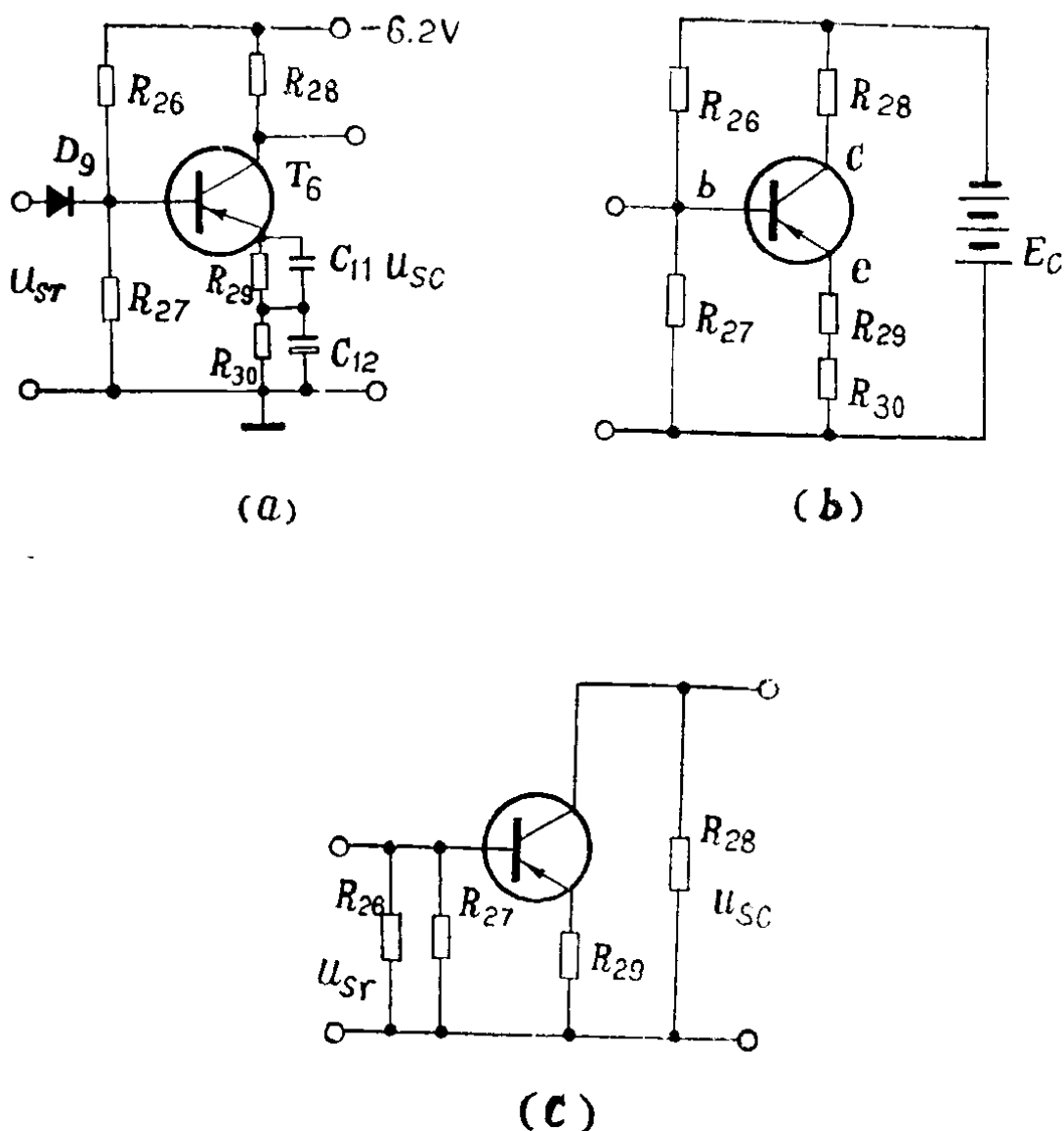
单元电路在整机中所起的作用，必要时可以设想没有该部分行不行。例如 42 型仪器中为什么要采用一个微分放大电路，这样做的目的是什么？不用它而直接将主、副道脉冲送往起点和过零甄别器行不行？

③ 了解单元电路的工作情况。这一步应当是先根据方框图找出仪器各对应的单元，然后将仪器的单元电路和典型的单元电路进行对比，找出它们的异同，弄清存在差异的原因。例如 61 K 型仪器计数率电路和典型电路的差异仅在于多了个大小 RC 变换电路。为什么要它？大小 RC 又是如何变换的？为什么要那几个附加的管和元件？这些问题就是进一步研究的对象。搞清差异，对于排除大小 RC 变换时出现的故障就比较容易了。仪器的单元电路随仪器的发展将日益增多，分析时应有主、有次，要着重分析讯号传输回路的各单元，尤其是铀矿普查勘探仪器和一般电子仪器不同的单元，如探测器、计数率电路等。分析中如有不解之处可查阅有关电路原理方面的书籍，或用实验的办法探讨解决。

④ 了解关键元件的作用。要抓住对整个仪器性能有较大影响的元件如晶体、光电倍增管、剂量电容、积分电容等来进行分析。应当深入了解这些元件的作用是什么，其性能变化对整个仪器的影响等问题。

⑤ 弄清讯号的流通过程。整机电路的主要工作过程，一般来讲就是被测讯号在整机电路中的流通过程。对铀矿普查勘探仪器而言，就是射线产生的电讯号从探测器输出，经各种电路传输到记录、显示器件（电表、数码管、耳机）的过程。弄清了这个过程，就对整机电路有了一个比较完整的了解。

分析单元电路的一个常用的办法是区分直流与交流通道，了解静态与动态特性，从而使电路的工作情况更加一目了然。例如图 1.2.1 (a) 是 71 型仪器的放大电路，它的直流通道示于图 1.2.1 (b)，交流通道示于图 1.2.1 (c)。这样一来，对于它是一个具有电流负反馈的共发射极放大电路就看得更清楚了，同时对于计算静态工作点和电路的交流参数（输入电阻 r_{sr} 、电压增益

图 1.2.1 71 型仪器 T_6 管电路图

等) 也更容易了。

对于脉冲电路，一般是先分析无讯号输入时的电路状态（静态），再分析输入讯号以后的电路变化情况（动态），以此来了解该电路的作用。

分析整机电路时，初学者往往会被一些转换开关所迷惑。其实只要抓住转换开关的某一个状态分析下去，其他的状态就不难理解了。例如对于 71 型仪器，只要把开关处于 I 档位置的电路（参看附录 X 图 1）看懂，看其他各档就不难了。

仪器电路虽然多种多样，但大都由有限的几种基本电路所组成，如果我们能够深刻理解基本电路的原理和结构形式，利用上

述“化繁为简”的方法，是不难掌握整台仪器的工作原理的。

第三节 分析故障的方法

分析仪器电路的故障，判断其故障的部位，是以电路的工作原理为基础的。很难想象，当我们对一个仪器电路毫无了解时，却能够分析出电路内部的故障。当然，对某些仪器经长期摸索而有了实际经验后，也能熟练地判断故障的部位并很快地予以处理。但是仪器的发展日新月异，如果电路形式及元件换了“花样”，单靠经验就要遇到困难了。因此，只有把理论和实践紧密地结合起来，才能搞好仪器的检修工作。在了解电路原理以后，通常运用下述方法来分析故障的部位。

一、反 推 法

首先分析电路正常工作的情况，然后根据异常的故障现象，反推出故障的大致范围。例如对于 71 型仪器耳机不响而读数正常这样一种故障，由电路原理图（参见附录 X 图 1）可以看出，保证耳机脉冲声正常的条件是：耳机良好， C_{17} 不短路、不严重漏电， T_{10} 管良好，有脉冲输入等；反推之，如果耳机没有脉冲声，必然是这些条件受到了破坏（如耳机断线、接触不良， C_{17} 短路， T_{10} 管击穿或烧断等）。又如，仪器的线性不好必然是保证线性良好的条件被破坏：电表表头的性能变差使电表读数与电流的关系出现非线性； T_{13} 管性能不良；积分电容漏电；双稳态电路翻转不正常而漏记脉冲；闪烁晶体性能不良等都会使仪器的读数与射线强度之间的关系出现非线性。因此，造成非线性的故障原因就在这些元件上了。

二、圈 定 法

引起故障的原因往往很多，要确定是哪一个电路元件引起的，就要根据故障的现象，首先把和此故障无关的电路“甩掉”，把可能性缩小到局部电路中，再加以具体分析。例如 71 型仪器工作

电压指示正常,但测底数时,电表在 I、II、III 测程上超格。故障现象告诉我们仪器的稳压电路正常,因此对供电电路可不再考虑。用反推法分析电路可知,保证电表正常指示的条件是:探测器部分输出脉冲正常;高压变换器的干扰脉冲不进入讯号通路;放大整形电路不产生自激振荡;计数率电路 T_{13} 管良好等。各测程读数超格,必然是这些正常条件被破坏。为把故障的范围往小圈定,要注意耳机中脉冲声的密集程度,如与正常底数情况下相近,又可把对称射极跟随器 (T_{11} 、 T_{12}) 以前的电路“甩掉”,以后的电路就是三极管计数率电路了。计数率电路中唯一给电表提供电流的元件只有 T_{13} 管,并且可以断定 T_{13} 管中有 $>50\mu\text{A}$ 的电流通过。产生此电流的原因是: T_{13} 基极处在正偏;集电结击穿或穿透电流 I_{ce0} 过大。共基极电路的 T_{13} 管只有当剂量电容短路时才会正偏,而三个档的剂量电容都短路是不可能的,所以这个因素又可以不考虑。现在剩下的唯一的一个可能性就是 T_{13} 管集电结击穿或穿透电流 I_{ce0} 过大了。进一步取下 T_{13} 管加以测量就不难找到此故障的确实原因了。

如果耳机的脉冲声很密集,故障则发生在对称射极跟随器以前的电路。一般情况下放大整形电路自激的可能性较小,中间电路可暂不考虑。首先应该考虑的是探头部分,如光电倍增管是否曝光,噪声讯号是否太大,高压是否太高等。取下光电倍增管,以进一步圈定故障范围,这时若耳机无声而电表也无指示,则故障肯定就在探头部分;如毛病照旧,则故障就在中间电路了。再把中间电路划成放大、整形等部分,用下节介绍的几种方法,便可找出故障点。

第四节 寻找故障的方法

在了解仪器工作原理的基础上,根据故障的现象,可以初步判断出故障的大致部位。而要最后确定故障点,通常可采用下述的一些方法。

一、观 察 法

观察仪器外部的一些异常现象，有时可直接找出故障的所在部位。观察的方式分为以下几种：

① 看：看仪器外表有无机械损伤；旋钮是否牢固；旋钮位置是否正确；电池接触是否良好；保险丝是否烧断；表针摆动是否灵活；晶体是否洁白；光电倍增管是否漏气；电阻有无焦黄斑痕；元件有无断脚或脱焊；有无断线等现象。

② 听：听振荡器有无“蜂声”；耳机脉冲声是否正常；开关、继电器动作是否干脆等。

③ 动：轻轻拨动有关元件，检查有无接触不良或脱焊、断脚等现象。尤其在仪器出现时工作、时不工作这样的故障时，采用此法往往可找出故障点。此外，摸一摸电源变压器是否发烫，旋动转换开关看是否灵活等。

④ 嗅：闻一闻电源变压器、扼流圈、继电器线圈和其他易烧损元件有无焦臭味等。

观察法适用于对故障作初步检查。

二、测 试 法

用测试仪表测量仪器有关电路的电压、电流、波形，从而找出故障点，是最常用的故障检查方法。将测量结果和正常情况进行比较，可以准确地判断出故障点。例如，71 型仪器 WY_1 管的电流规定为 $25\mu A$ ，若测得的电流仅为 $5\mu A$ ，说明振荡过弱， WY_1 未工作在稳压区，这时仪器会表现出稳定性差的故障。又如图 1.4.1(a)给出的是 71 型仪器 T_1 管正常情况下的电压值，若测量结果如图 1.4.1(b)所示，则可判断出 T_1 管发射结已击穿短路。

对于波形失真、寄生振荡等故障，用观察波形的办法可以比较容易找出其故障点。

利用测量直流电阻的办法来查找故障也是很有有效的。例如测量双稳态电路两管各电极对地的正、反向电阻就是一种检查该电

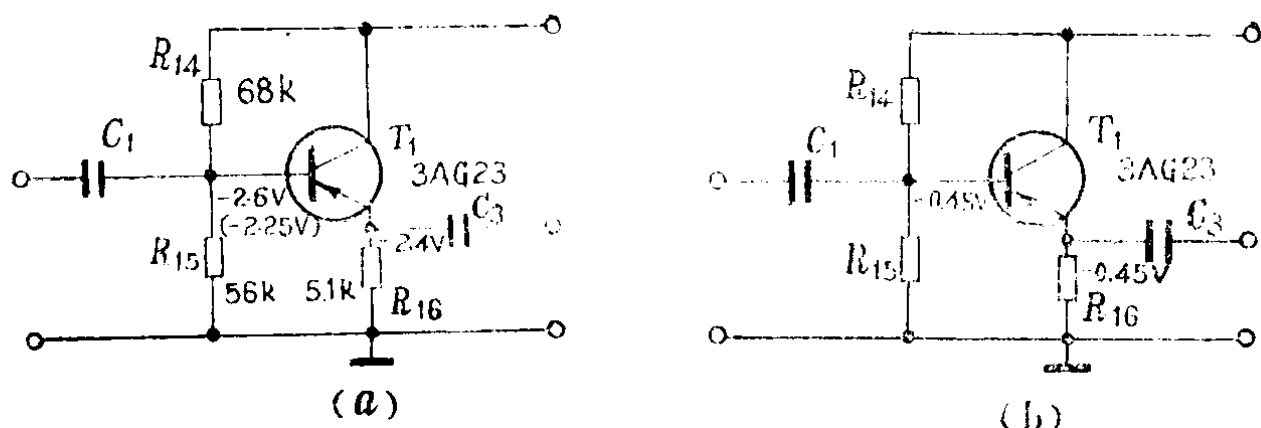


图 1.4.1 用电压测试法找故障点的原理图

路对称性的好办法。至于用测电阻来判断接触是否良好，电路是否接通等则更是经常使用的方法。

应用测试法时要注意选择合适的仪表，以减少仪表对电路的影响。如 71 型仪器 T_1 管基极电压应为 $-2.6V$ ，但用内阻较小的 500 型万用表测得的结果是 $-2.25V$ ，和实际情况有出入。这时应选择内阻大的 MF-10 型万用表或电子管直流毫伏表来进行测量。

如果没有标准数据，可用一台正常的仪器进行对比。在没有同样仪器可做对照，也没有标准数据的情况下，就只能对电路进行分析和简单计算，然后再和测试结果进行比较了。

三、讯 号 法

这是一种在仪器的输入端注入脉冲讯号，然后检查讯号在各级电路中的流通情况，据以查明仪器的故障点的方法。

(一) 讯号的注入

检修仪器时，讯号通常有二种注入方式：

① 用脉冲讯号发生器注入脉冲讯号。此脉冲讯号的极性、幅度、宽度、频率应与探头输出的正常讯号相近。例如检查 71 型仪器第 III 档工作情况时，在 T_1 管基极就可加入宽度为 $2-5\mu s$ ，频率为 $1-3kHz$ ，幅度为 $0.1-1V$ 的负矩形脉冲。尤其是检查线性不良的仪器，可用 MFS-70 A 型脉冲讯号发生器分别产生频率为 $0.1f$ 、 $0.2f \cdots 0.9f$ 、 $1.0f$ 的脉冲讯号，将讯号加入