

浅析油田变电站小电流接地系统的优化

刘聪

(胜利石油管理局有限公司电力分公司 山东 东营 257000)

摘要: 电力系统作为油田生产的重要保障,迫切需要优化变电站接地选线系统,实现智能化,以保证电网可靠运行。本文通过分析油田所辖变电站现有小电流接地选线装置存在的问题,提出了相应的解决方案,确定了变电站小电流接地选线系统的最优方案。通过本文的优化方案,提高了接地选线正确率,缩短了故障查找时间,避免了人为拉路造成非故障线路的停电,从而提高了配电网的供电可靠性。

关键词: 变电站; 小电流; 接地选线; 优化

0 引言

油田6~35kV配电网大多采用中性点不接地方式运行,发生单相接地时,按规定允许继续运行1~2h。2h后接地不消失,沿用拉路法进行单相接地选线,用人工巡线目测法,确定接地点的确切位置。拉路法需进行大量的倒闸操作,会造成大量电力用户供电的中断^[1],从而造成油井停井,原油生产中断,用户停产,居民停电。随着电缆在油田配电网中的大量使用,当发生单相接地时,易产生间隙性弧光接地过电压,对系统绝缘有威胁,而利用接地选线装置快速准确选出接地线路是确保配电网可靠运行的基础。

同时随着电网的不断发展,按照油田“四化”建设的总体要求,近几年,油田加大了电网集控站建设力度,油田辖80%以上变电站实现了无人值守集控管理,但是变电站小电流接地选线装置信号无法上传至集控站,这样将严重影响集控站的运行管理水平。

因此,亟需对变电站小电流接地选线系统进行优化研究,实现集控站的安全、平稳、经济运行。本文对油田变电站小电流接地系统的优化进行研究。

1 变电站小电流接地系统优化的背景

1.1 现有选线装置选线正确率低,无法满足电网运行要求

电力分公司所辖变电站主要采用山东山大电力技术有限公司的TY-01、TY-03、TY-06、TY-07型小电流接地选线装置,经对所辖变电站接地选线情况进行统计发现,接地选线装置选线正确率较低,无法满足电

网运行要求。

1.2 选线装置不能自动选线,增加了电网维护难度

电力分公司所辖变电站的接地选线装置大多为手动选线,不能实现自动选线。配电系统发生单相接地时,运行人员只能借助利用手持选线定位仪到高压柜依次找出接地支路,增加了运行人员的工作量。

1.3 接地信息无法实现后台监测,降低了供电可靠性

油田所辖变电站的小电流接地选线装置信号均没有接入集控站后台,发生接地时,集控管理的变电站无法接收到现场接地信息,只能通过后台电压指示判断发生接地。发生接地时,调度一般会进行拉路选线而不使用小电流选线装置选线,接地选线装置失去了作用,影响了电网可靠运行。

2 变电站接地选线系统优化的主要内容

TY系列小电流接地选线装置选线采用“S注入法”。当系统发生单相接地时,向系统注入一个特殊信号源的方法解决选线测距定位问题,即“S注入法”。通过系统电压互感器PT注入信号的方法,当系统发生单相接地时,注入信号电流仅在接地线路接地相中流动并经接地点入地,信号电流探测器只反映注入信号而不反映工频及各次谐波,用信号电流探测器对注入信号电流寻踪,实现单相接地点选线与定位^[2]。

2.1 分析研究影响接地选线装置正确选线的因素

2.1.1 TY-06型接地选线装置功能现场应用不完善

油田应用的TY-06型接地选线装置有集中式和分布式(A型和D型)两种模式。集中式适合馈线零序

TA 二次电缆连接到主机的电流采集端子, 装置对信号进行同步采集、运算, 实现自动选线。TY-06 (A) 型接地选线装置要实现自动选线, 馈线开关柜内应装零序 TA, 而 110kV 坨十变、高盖变采用的接地选线装置是 TY-06 (A) 型, 开关柜内安装了零序 TA, 但主机后面的电流采集板没有接线, 无法实现自动选线。即使电流采集板与零序 TA 接线, 但电流互感器二次电缆没有用通信线连接到主机端子, 主机后面的 TA 板没有接线, 数据无法传至主机, 无法实现自动选线。分布式装置只引入两段 PT 的电压, 按仅提供发信装置配置, 未采集各馈线零序电流, 需配合手持选线定位仪来进行人工选线。而 110kV 坨四变、坨六变等变电站接地选线装置为 TY-06 (D) 型, 接地选线装置无法实现自动选线。TY-06 (D) 型使用手持选线定位仪完成选线和定位功能。

小电流接地选线装置的“注入信号模式”有“正常”和“连续”两种模式。“正常”模式时, 确定了故障线路后, 装置会自动停止注入信号, 此时若利用接地选线定位仪进行选线时, 装置不再注入信号, 影响了接地选线的准确率;“连续”模式时, 只有接地故障消失后, 装置才停止注入信号, 有利于手动选线。部分变电站“注入信号模式”设置为“正常”模式, 而大部分变电站不能实现自动选线, 主要借助信号定位探测器进行手动选线, 这种情况下, 严重影响了装置的接地选线正确率。

2.1.2 接地选线装置抗干扰性差

接地时, 用手持选线定位仪在 PT 柜后进行接地选线时, 接地选线装置的回采信号受工频信号、PT 影响大, 回采的注入信号受工频影响, 信号提取较为困难, PT 柜周围的线路开关柜受 PT 影响大, 抗干扰性较差, 选线不准确。

2.1.3 接地选线定位仪器与装置没有配套使用

油田所选择的变电站大多采用山东山大电力技术有限公司的 TY-01、TY-03、TY-06、TY-07 型小电流接地选线装置, 针对不同接地选线装置应采用相对应的接地选线定位仪。发生接地时, 运行人员对采用不同接地选线装置的变电站、线路采用一种接地选线定位仪 (模式) 进行选线、定位, 降低了接地选线正确率。

2.1.4 手持选线定位仪存在问题

手持选线定位仪为特殊信号电流的接收装置, 只反映信号电流, 与信号电流探测器相比, 其灵敏度和精度有所提高。发生接地时, 用手持选线定位仪在开关

柜后或窥视孔进行测量, 对信号电流进行寻踪, 可找到接地线路及接地点的确切位置。与 TY-06 型接地选线装置配套使用的 SDL-04 型手持选线定位仪为通用型手持仪, 采用大容量锂电池作装置电源, 运行人员在选线过程中曾发现手持仪有虚电、亏电现象, 延误了接地选线。

2.2 接地选线系统的优化研究

2.2.1 完善 TY-06 型接地选线装置功能的现场应用

已安装零序 TA, 且装置为 TY-06 (A) 型的变电站, 将所有馈线开关柜内的零序 TA 二次侧接至主机的 TA 采集板, 装置对信号进行同步采集、运算, 实现自动选线。未安装零序电流互感器的变电站, 接地选线装置为 TY-06 (A) 型, 其主机有 TA 采集板, 在所有馈线开关柜内安装零序 TA, 将零序 TA 二次侧接至主机的 TA 采集板, 实现自动选线。重新设置接地选线装置的主机参数。“注入设置”设定时, 将“注入信号模式”设置为“连续”模式, 从而满足手动选线时装置注入信号的要求, 提高装置的接地选线正确率。

2.2.2 选线装置抗干扰措施

PT 柜两侧线路开关柜感应到的信号强弱程度会影响选线效果。因此, 为了增加小电流选线装置的准确性, 对变电站所有的出线 1# 杆进行排查, 制作方位图, 在接地时采取线路的 -3 刀闸或第 1# 杆进行选线, 变电站 -3 刀闸位置图如图 1 所示。针对回采信号衰减, 采取在变电站高压室每个开关柜加装采集单元进行信号采集, 通过专用通信电缆把采集数据上传至装置主机, 减少信号的衰减。

2.2.3 手持选线定位仪与不同型号的装置配套使用

发生接地时, 运行人员应针对不同接地选线装置的变电站、线路采用相应的选线定位仪不同模式进行选线、定位, 例如, TY-01 型用 SC-03 型手持选线定位仪, TY-03/06/07 型用 SDL-04 型手持选线定位仪。其中, SDL-04 型手持选线定位仪为通用型手持仪, 可采集 TY-03/06/07 型主机发出的电流, 有 03 和 06 两种模式, 03、06 模式代表注入信号的频率, 03 模式代表 TY-03/07 型接地选线装置主机的注入信号频率为 220Hz, 06 模式代表 TY-06 型接地选线装置主机的注入信号频率为 196Hz。因此, 手持选线定位仪应与不同型号的接地选线装置配套使用, 以提高选线正确率。

2.2.4 手持选线定位仪定期返厂质检

针对 SDL-04 手持选线定位仪存在的问题, 运行人员除了定期进行充电维护外, 还需要按计划分批次对

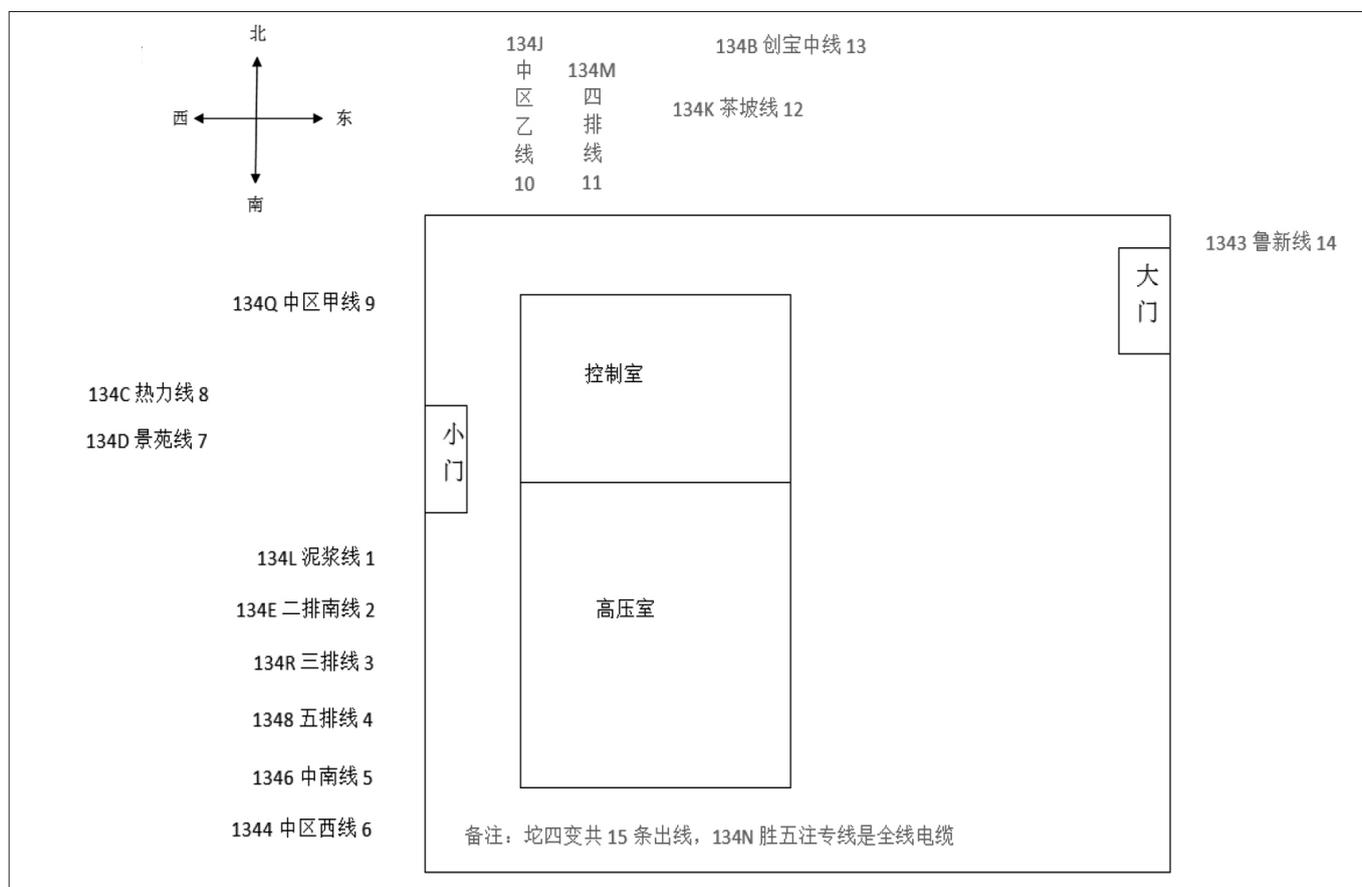


图1 变电站-3刀闸位置图

SDL-04型手持信号探测器进行返厂质检。在质检中发现，影响信号探测器选线正确率的主要原因是探棒松动和探测器的软件版本老。因此，需要对探测器软件进行升级，更换损坏的探测器探棒支撑座。

2.3 接地选线装置自动选线功能的实现

虽然接地选线装置已日趋成熟，但从应用角度出发，仍有一些技术有待于进一步深入研究，以保证装置实现自动、准确选出接地线路。本文以坨四变为例，研究接地选线装置主机实现自动选线的解决方案。

2.3.1 分布模式下装置的自动选线

分析研究分布模式下接地选线装置自动选线功能的实现，并在35kV宁海变予以实施。首先，安装AF-LII型小电流接地选线装置，此装置类似于TY-06(D)型接地选线装置。其次，高压柜内安装零序电流互感器，采集单元安装到开关柜端子处，用通信线依次串接各个分布式采集单元连接到主机端子。当出现单相接地时，系统注入检测信号，接地选线装置主机通过对回采的数据作出接地选线判断，找出接地相及接地支路。巡线人员可根据主机对应接地相及接地线路的指示，用手持选线定位仪对相应线路分段寻踪找出故

障点。主机内置相关单元随时将电网相关参数调整情况和单相接地情况显示、记录及上传。接地选线装置注入、提取信号示意图如图2所示。

2.3.2 集中模式下装置的自动选线

分析研究集中模式下接地选线装置自动选线功能的实现，并在110kV坨四变予以实施。首先，安装TY-07型小电流接地选线装置，TY-07型是TY-06型的升级版，此装置类似于TY-06(A)型接地选线装置，部分功能更完善。其次，高压柜内安装零序电流互感器，高压柜内零序电流互感器二次侧通过二次电缆连接到控制室TY-07主机的电流采集板装置，对所有的信号进行同步采集、运算。当出现单相接地时，主机自动报出接地相及接地支路。

2.4 接地选线装置信号接入集控站后台技术研究

针对目前变电站接地选线装置不能实现在线监测、接地信号不能传入后台等缺陷，本文利用通信技术进行改进，实现小电流接地选线装置接入变电站综合自动化系统和调度自动化系统，提高电网运行的可靠性。本文以宁海变、坨四变为例，研究接地信号接入集控站后台的解决方案。

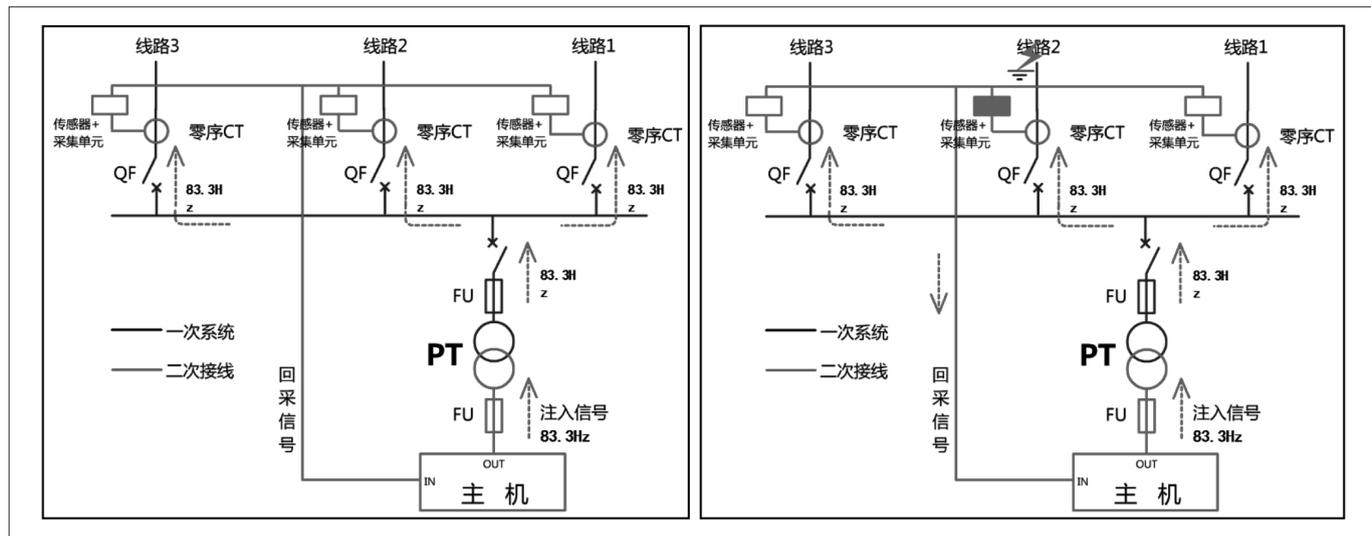


图2 接地选线装置注入、提取信号示意图

2.4.1 变电站接地选线装置的通讯及规约方式

为了将接地故障信息上传至调度后台系统，接地选线装置需配有与变电站自动化系统通讯的远传接口。TY-07型接地选线装置配有与变电站自动化系统通讯的远传接口，通讯方式可选择RS-232/RS-485以及网口(LAN1、LAN2)三种接口方式实现数据远动上传。AF-LII(TY-06(A))型小电流接地选线装置也具有与变电站自动化系统通讯的远传接口，通讯方式可选择CAN、RS485。宁海变的RCS-9794A通讯装置是针对变电站自动化系统而开发的一种通信及规约转换装置。RCS-9794A处于中间层，对上与当地监控系统等通信，支持IEC 61850和IEC 60870-5-103规约等多种规约；对下与继电保护装置等智能设备通信，支持多种通信接口和多种通信协议。TY-07型接地选线装置规约方式为标准101、标准103、标准104、IEC 61850、MODBUS可任意修改。

2.4.2 接地信号接入后台方案的实施

本文对宁海变、坨四变小电流接地选线装置具备的通信方式和方法进行研究，分析了宁海变、坨四变通讯管理单元与接地选线装置通讯连接的兼容情况，并针对宁海变、坨四变通信设备现状，提出了最优方案解决接地选线装置与变电站综合自动化系统的通信问题。

宁海变安装的AF-LII型接地选线装置具备通讯接口，物理介质层采用485串口的通讯方式，协议层采用MOUBUS规约，通过站内通讯管理装置(PCS-9794A)规约转换为网络103规约后接入变电站网络层及站控层。

坨四变安装的TY-07型接地选线装置具备通讯接口，物理介质层采用485串口的通讯方式，协议层采用

MOUBUS规约，通过站内通讯管理装置(CSM320EW)规约转换为网络103规约后接入变电站网络层及站控层。

此外，对宁海变小电流接地选线装置配置1路RS-232/RS-485接口和1路网口，并提供6组无源干接点接口。通过RCS-9698H型远动通信装置规约转换为104规约后接入调度中心，调度中心与集控站通过光缆实现通信连接。接地信息实现集控后台实时监测，满足无人值守集控管理要求。接地选信号接入集控站后台如图3所示。

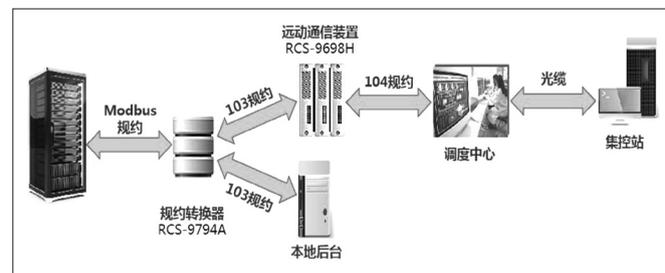


图3 接地选信号接入集控站后台

2.5 小电流接地选线系统的最优方案

通过对变电站小电流接地选线装置运行情况进行分析研究、对方案进行优化实施，进一步确定了最优方案。变电站小电流接地选线系统的最优方案如图4所示。

变电站小电流接地选线系统的最优方案：开关柜内安装零序电流互感器——主机带TA采集板(集中模式)的接地选线装置——主机与开关柜零序电流互感器二次用二次电缆连接——主机与后台实现通讯连接——变电站与集控站有通讯光缆——集控站实现对变电站接地信号的监控——系统接地时快速选出接地线路。

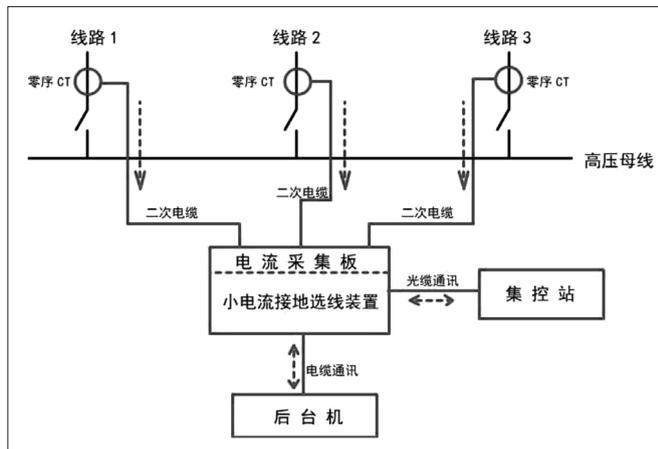


图4 变电站小电流接地选线系统的最优方案

停电、带电情况下查找线路接地点的最优方案如图5所示。

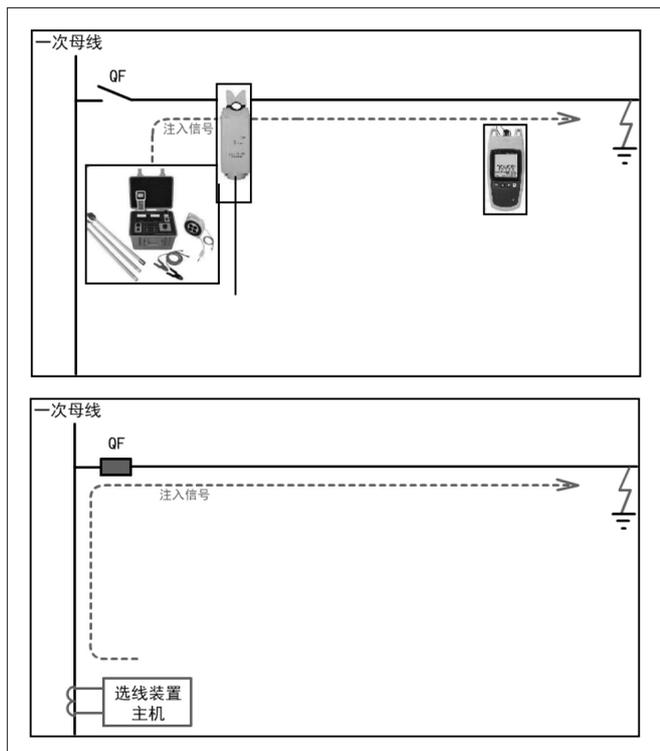


图5 停电、带电情况下查找线路接地点的最优方案

利用小电流接地选线系统查找线路接地点的最优方案：变电站选出接地线路——借助手持仪（与主机型号匹配）查找线路具体接地点（线路带电情况下）——利用线路故障定位仪查找线路接地点（线路停电情况下）——找出线路接地具体地点。

2.6 选用多原理组合新型小电流接地选线设备

TY系列小电流接地选线装置采用信号注入法，可

靠性受PT容量影响较大。小电流接地系统单相接地故障中故障信号微弱、容易受干扰的特点，而暂态信号具有幅值大、不受消弧补偿影响的优点，因此可以利用接地瞬时的暂态信号进行选线。以暂态信号法为主的KA2003-DH型小电流接地选线装置能够实时采集系统故障信号，并应用不少于4种选线方法进行综合选线，且采用标准CDT规约。其运用有效域技术及连续选线技术，先通过粗糙集理论确定各种选线方法的有效域，再根据故障信号特征自动对每一种选线方法得出的故障选线结果进行可信度量化评估，最后应用证据理论将多种选线方法融合到一起，最大限度地保证各种选线方法之间实现优势互补。装置采用了连续选线方法，每隔一定时间（1s）重新采集数据进行分析，只要故障没有消失，装置的选线计算就不停止，避免了故障信号受到干扰而导致误选。新型接地选线装置在110kV胜三变、坨六变、坨七变、坨九变等变电站进行了安装应用。应用1年内，共发生系统接地23次，除3次因线路跳闸后接地消失造成的瞬时接地外，其余均通过小电流接地选线装置自动选出接地线路，选线正确率达100%。

3 结语

本文在对油田所辖变电站现有小电流接地选线装置存在问题进行分析的基础上，对选线装置抗干扰性进行研究并提出了解决方案，不仅提高了接地选线的正确率，实现了小电流接地选线装置的接地信号成功传入后台，缩短了故障查找时间，还提高了集控站的管理水平，避免了人为拉路选线造成的油井停井、用户停产、居民停电，从而保证了原油生产持续供电，对提高油田配电网的供电可靠性具有重要意义。

参考文献：

- [1] 桑在中, 潘贞存, 丁磊, 等. “S注入法”选线定位原理及应用[J]. 中国电力, 1997(6): 44-45+62.
- [2] 桑在中, 潘贞存, 李磊. “S注入法”与选线测距定位[J]. 电力系统及其自动化学报, 1998(4): 37-41.

作者简介：刘聪（1988.12-），女，汉族，山东东营人，本科，工程师，研究方向：电气工程及其自动化。