



雷达助手

(地质雷达检测报告编制神器)

使用说明



©2009~2019 Ramtil Technology Co., Ltd.

E-Mail:121038688@qq.com

目 录

1. 前言	- 1 -
1. 1. 简介	- 1 -
1. 2. 地质雷达检测数据处理	- 1 -
2. 运行环境要求	- 4 -
2. 1. 硬件环境	- 4 -
2. 2. 软件环境	- 4 -
3. 界面介绍	- 5 -
3. 1. 主界面	- 5 -
3. 1. 1. 主菜单	- 5 -
3. 1. 2. 工程导航栏	- 5 -
3. 1. 3. 数据属性栏	- 6 -
3. 2. 图像显示界面	- 7 -
3. 2. 1. 操作菜单	- 8 -
3. 2. 2. 图像窗	- 10 -
3. 2. 3. 状态栏及示波窗	- 10 -
4. 使用向导	- 10 -
4. 1. 工程编辑	- 10 -
4. 1. 1. 建立工程	- 10 -
4. 1. 2. 建立分项工程	- 11 -
4. 1. 3. 建立测线及添加数据文件	- 12 -
4. 2. 标记处理	- 12 -
4. 2. 1. 标记核对	- 13 -
4. 2. 2. 标记调整	- 15 -
4. 3. 交互解释	- 18 -
4. 3. 1. 绘制异常	- 19 -
4. 3. 2. 定厚度	- 20 -
4. 3. 3. 截图	- 22 -
4. 4. 成果输出	- 23 -
4. 4. 1. 解释结果输出	- 24 -
4. 4. 2. 厚度结果输出	- 24 -

GPRExporer (雷达助手)

使用说明

软件下载	http://ramtil.cn/ramtilsoft/GPREexplorer.7z
样例数据	http://ramtil.cn/ramtilsoft/GPRSsample.7z

1. 前言

1.1. 简介

GPRExplorer 是一个用于对地质雷达检测数据进行处理并辅助报告生成的软件。地质雷达目前已经广泛应用于工程检测。尤其在隧道二衬以及路面两类工程的背后缺陷或病害的探测中应用最为广泛。目前地质雷达设备生产厂商一般都自带数据处理软件。自带软件的功能虽然较为全面，但是偏于通用，对于交互解释并辅助快速的生成检测报告的功能偏弱，使得数据处理人员常常需要在数个软件间切换（如 RADAN、Snagit、画图板、Word、Excel、AutoCAD），且往往需要多人合作来完成报告编制任务。

GPRExporler 由专业检测人员开发，对检测数据处理和报告编写过程中的对标、病害统计和报告截图等费时费力的工作进行了针对性的设计和开发。使得原来检测报告需要两人以上配合完成的工作，变得可以由一个人完成；原来需要在多个软件不停的切换中完成的工作，变得由一个软件就能完成。大大降低数据处理人员的劳动强度，减少出错的几率，并降低事后复核的难度。使得数据处理人员边听音乐舒缓情绪，边处理数据变成可能。

1.2. 地质雷达检测数据处理

一般的地质雷达检测数据处理大致来说可以分为四大任务：走图、读图（图像解释）、核图、成果汇编。具体的数据处理流程如图 1 所示。

● 走图

将采集回的数据文件逐一放到设备厂商自带的数据处理程序中进行初步查

看，做好解释前的准备工作。

该过程首先截去无用的扫描片段，调整图像的增益，对其进行滤波处理，使图像显示更加清晰。对于基于时间模式采集的数据，还需要进行对标。标记为数据处理的位置参照，现场采集时一般每隔 5m 打单标，每隔 20m 打双标（或每隔 10m 单标，每隔 50m 打双标），整公里处打三标。对标过程即查看雷达图像上的标记是否有多余或者缺漏，复标位置是否正确。对于一次采集的里程长、现场采集条件复杂的数据，对标工作往往十分费力。

● 读图

将经过走图处理后的雷达数据文件逐一放到数据处理软件中进行细致查看。该过程需要编制详细的记录表格，表头如表 1。然后在数据处理软件中打开雷达扫描数据，计算标识位置的里程并且记录扫描数和文件名（便于核对），定出标识位置的衬砌厚度。如果发现异常，则在相应打标位置的表格中记录异常情况，同时截取该段的雷达图像。

整个过程往往需要同时使用雷达数据处理软件（如 Radan）、截图软件（如 Snagit）、图像编辑软件（如 PhotoShop）、Excel 以及 Word。同时为了减少出错，常常是一人负责查看雷达图像，一人负责记录。成为了提高处理数据的效率和准确率的瓶颈。

表 1 雷达扫描数据处理表

序号	里程	二衬厚度	异常	打标处扫描数	文件名

● 核图

根据第二步得到数据处理表格，将雷达图像再次调出，对照检查异常的位置及描述是否正确，并修正错误。同时查询设计文档或竣工文档，统计相应位置的设计厚度值。

● 成果汇编

根据前三步得到的解释结果数据编制成解释结果统计表，表头如表 2。根据检测成果表绘制厚度对比图。并将第二步抓取的病害（缺陷）图像以及绘制好的厚度对比图进行汇总编号，编制成报告的附件文档。

表 2 雷达检测成果表

序号	桩号(起)	桩号(止)	深度范围(cm)	病害或缺陷描述	测线名称	对应图示

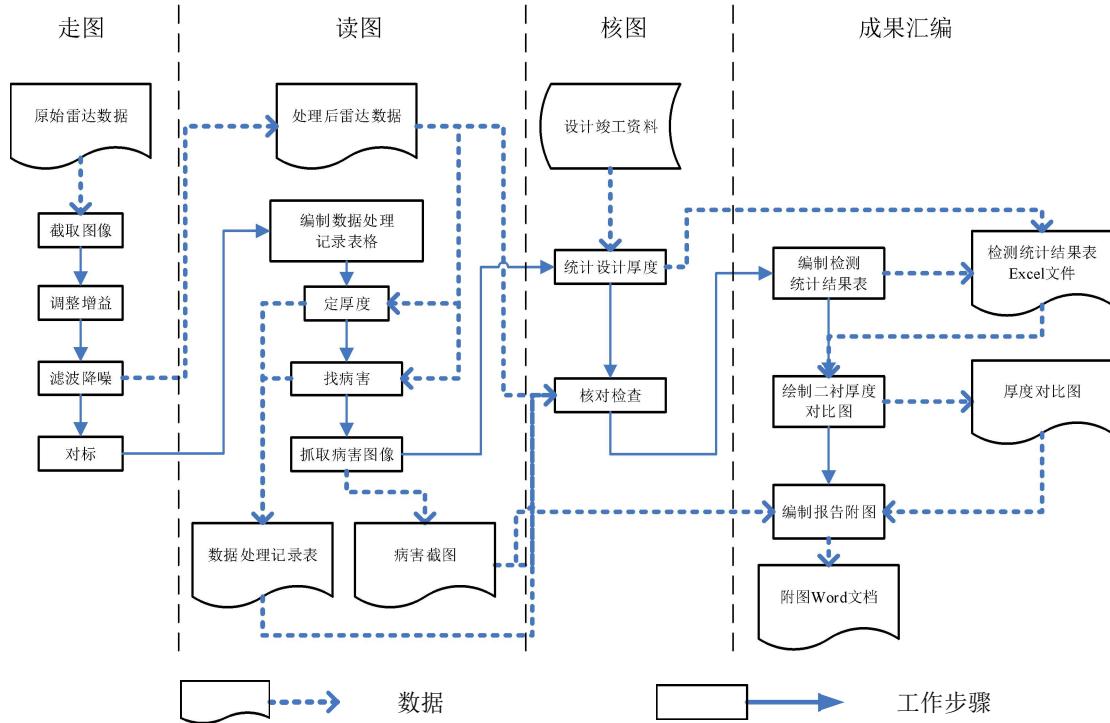


图 1 地质雷达检测数据处理总体流程

如图 1 所示，雷达检测数据处理的整个过程十分繁琐，中间结果众多。导致检测人员对于数据处理十分头疼。**GPREexplorer** 软件正是根据检测人员在工作中摸索出的经验，简化了上述繁琐的过程，减少了中间结果，尽量让数据处理人员将精力放在读图解释上。

使用 **GPREexplorer** 处理雷达检测数据时，只需要先根据现场记录编制好雷达数据处理工程文件，编辑好相应的雷达数据文件属性，并核对标记信息、调整不正确的标记信息，就可以专注于病害的交互解释。交互解释完成后，保存好结果，**GPREexplorer** 软件会根据解释结果生成病害或缺陷统计列表以及相应位置的截图，生成厚度统计表以及厚度对比图，并自动完成成果汇编工作生成报告所需要的 Excel 以及 Word 文档。其核心功能见图 2。

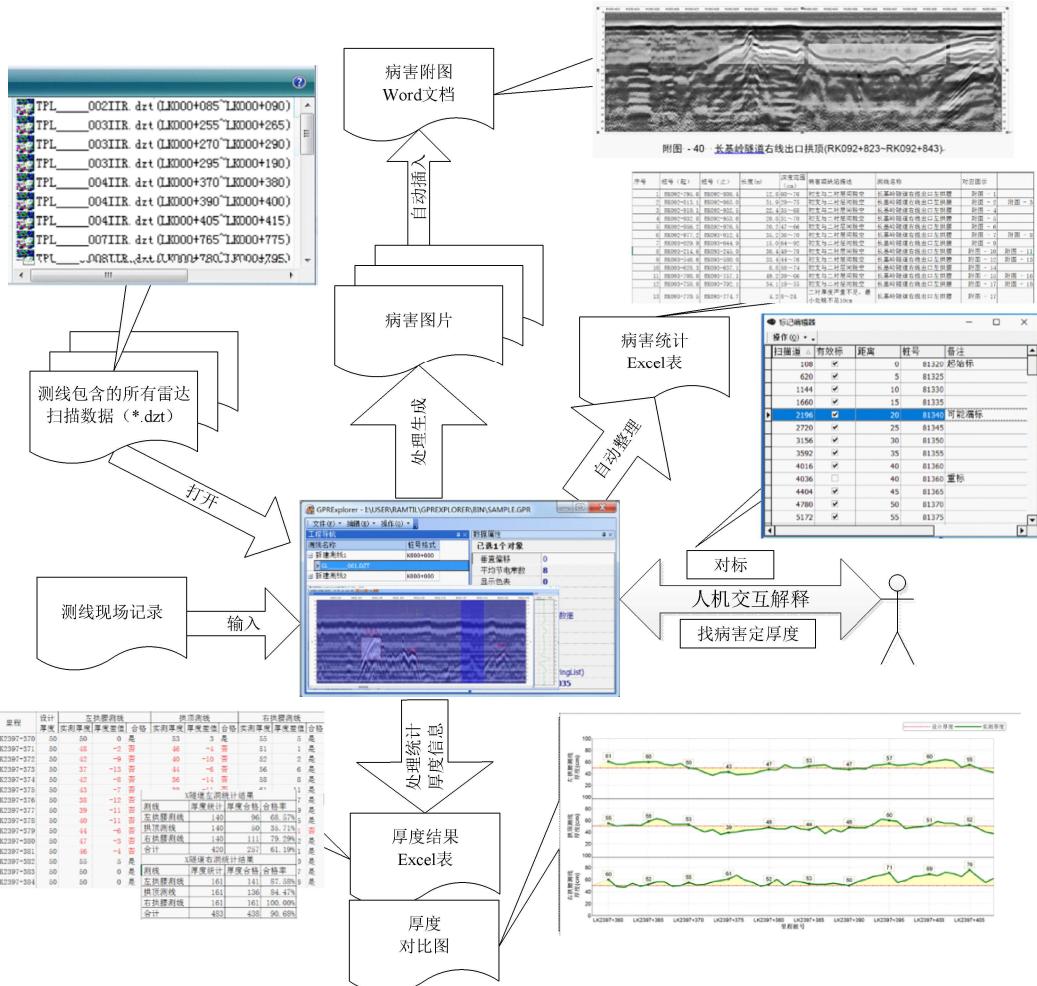


图 2 GPRExplorer 核心功能示意图

2. 运行环境要求

2.1. 硬件环境

CPU: X86 架构, 建议 Intel Core 2 以及 AMD Athlon 2 以上架构 CPU

内存: 512MB

显卡: 无特殊要求

硬盘: 建议使用 SSD 硬盘

2.2. 软件环境

操作系统: 微软 Windows 系统, 建议使用 Windows XP 以上版本。

应用软件: 微软 Word、Excel, 建议使用 Office 2000 及以上版本。部分 WPS 也可支持。

3. 界面介绍

3.1. 主界面

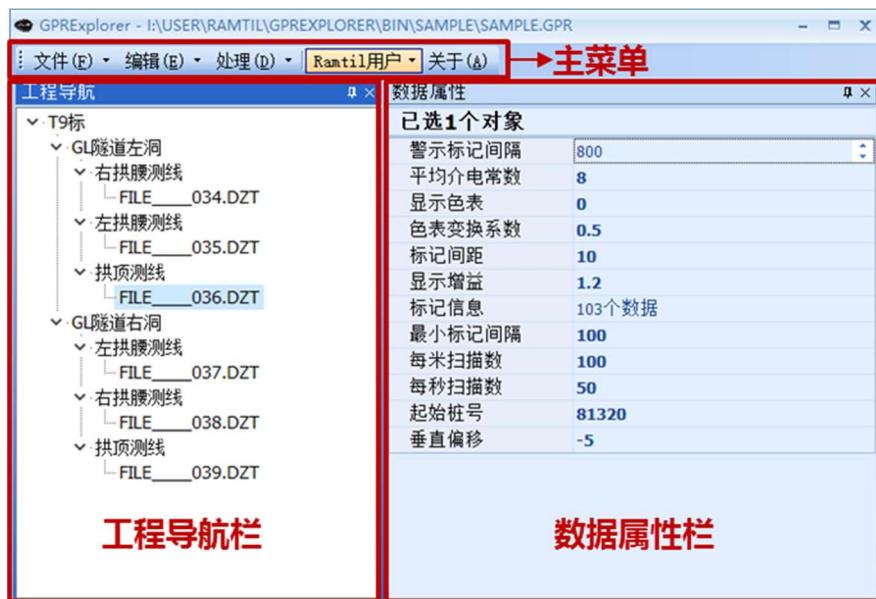


图 3 GPRExplorer 主界面

主界面由主菜单、工程导航栏和数据属性栏三部分构成（图 3）。

3.1.1. 主菜单

包括文件、编辑、处理和 Ramtil 用户四大功能菜单。其中文件菜单用于管理工程文件，包括新建、打开、保存、另存为和退出。编辑菜单用于管理和组织工程（工程导航栏中显示的内容），包括新增测线、删除测线、新增测线、添加测线文件、删除测线文件。处理菜单用于显示雷达图像进行交互解释以及输出解释结果。Ramtill 用菜单户为 GPRExporler 集成的 Ramtil 客户端的相应功能。

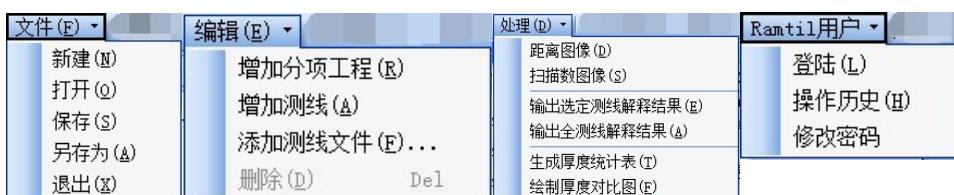


图 4 GPRExplorer 主菜单功能

3.1.2. 工程导航栏

工程导航栏以树状的方式显示当前工程的组织关系，一共分为四层：工程项目、分项工程、测线以及构成测线的文件。

添加: 选中相应的父节点，通过“编辑”菜单中的相应功能，可以对节点进行添加

修改: 点击导航树的各个节点，右侧的属性栏会显示相应的属性供用户编辑。点击相应节点悬停鼠标，可以更改节点的名称。（注意：一般情况下不建议修改文件节点的名称）。按下 Ctrl 时，可以对同一测线上的多个文件节点进行多选，以批量修改相应节点的属性。

调整: 节点的层次关系，可以通过拖动节点进行调整。

删除: 节点选中后，选择编辑菜单中的“删除(D)”项，或者点击 Delete 键可以进行删除。

3.1.3. 数据属性栏

数据属性栏用于编辑导航栏中各节点的属性，分为项目节点属性、分项工程节点属性、测线属性以及文件属性（图 5）。各类节点属性的说明请参见表 3。



图 5 导航树各层级节点属性

表 3 节点属性说明

序号	属性	说明
(一)项目节点		
1	检测单位	
2	工程名称	即节点的名称
3	工作目录	雷达测试文件存放的目录。后期添加的文件必须位于此目录中，一个工程文件只能使用一个目录。
4	题注标签	用于生成结果 Word 文档时给图命名。
(二)分项工程节点		
1	设计厚度	
2	桩号格式	用于设置输出的图像以及表格时桩号的显示格式。用法与 Excel 单元格格式设置模式一致。其中“#”表示任意字符，“0”表示数字，其它字符将照常输出。如 LK#+000, RK000+000, YK#+#等等。
3	分项工程	即节点名称，会影响输出表格以及图形标题的命名。在厚度统计表中，

序号	属性	说明
		一个分项工程会建立一个独立 Sheet。例如：“XX 隧道进口左洞二衬”，“XX 隧道右洞出口初支”
4	题注标签	用于生成结果 Word 文档时给图命名。如：“附图”，“图”，“附图 1-”，“图 1.”
(三) 测线节点		
1	测线名称	即节点名称，会影响输出的表格以及图形标题的命名。在厚度统计表中，一条测线，将会占据一个数据栏（三个数据列：实测厚度、厚度差值、合格）
(四) 文件节点		
1	警示标记间隔	用于对标提示，若两个距离标之间的间距大于该值，标记信息窗中会提示“检查是否漏标”
2	平均介电常数	用于计算雷达波速，确定雷达图像位置的深度。对于混凝土，一般取 6~8。
3	显示色表	0~26，0 为灰度图，其余色表参考劳累 RADAN 软件。 注意：实际效果与 RADAN 软件有所差别。
4	色表变换系数	用于拉伸（小于 1）或压缩（大于 1）色表变换值，使得微小信号能够显现或者消失。
5	标记间距	用于计算标记距离，对雷达数据进行距离均一化。如果是顺桩号采集输入正值，逆桩号采集则输入负值。其绝对值需要与现场实际打标距离一致，否则雷达图像将会被拉伸或者是压缩。
6	显示增益	用于调节雷达图像的对比度，绝对值越大对比度越大，为负数时，图像色表反向。
7	标记信息	点击编辑后弹出每个标记信息，可用于对标和编辑。
8	最小标记间隔	表示标记不被识别为“重标”的最小扫描道数间隔。
9	每米扫描数	生成距离图像时，每米使用的道数。 注意：此参数会影响输出 Word 截图的高宽比。
10	设计厚度	用于定厚度时显示设计厚度辅助线以及在生成厚度统计值时生成设计厚度值。
11	起始桩号	首标记对应的桩号。使用整数表示，例如 K66+030，则输入 66030。
12	垂直偏移	用于调整纵向的 0 刻度位置。视初至波情况调整。

3. 2. 图像显示界面

图像显示界面有距离模式和时间模式两种。时间模式按照扫描道数显示，主要用于对标和查看原始采集图像。距离模式按照标记及对应桩号对图像进行了距离均一化显示，主要用于图像解释。整个图像显示界面分为四大部分：操作菜单、图像窗、示波窗以及状态栏。

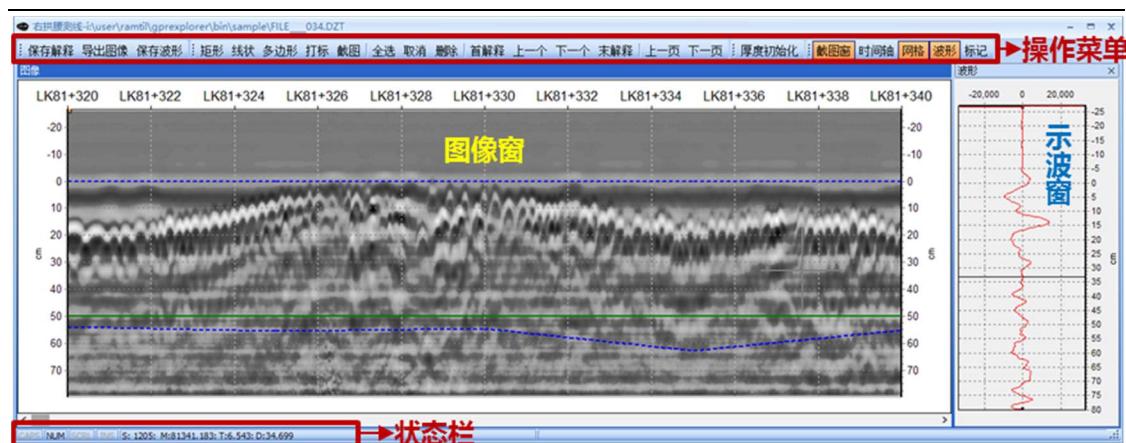


图 6 GPRExplorer 图像显示界面

3. 2. 1. 操作菜单

操作菜单默认布置在图像显示界面的顶部，由文件、编辑、分层、视图四组操作按钮构成（图 7）。



图 7 GPRExplorer 图像显示界面菜单按钮

● 文件菜单

保存解释: 点击后将当前的解释保存至工作目录。工作目录位于雷达文件所在目录下的 GPRInfo 目录。不存在时该目录会自动创建。解释文件的后缀名为 rtp。解释过程不会自动保存，必须手动保存。保存后的解释会在下次显示图像时自动载入。每个雷达文件只能对应一个解释，如需要备份可以直接将解释文件从工作目录拷贝至其它目录。

导出图像: 点击后将当前的雷达图像保存至工作目录。导出的图像自动保存到工作目录。图像的命名方式为“部位名称+测线名称+起止位置”。距离模式时，起止位置为桩号，时间模式时起止位置为扫描道数。导出图像的宽高比为 10:3，分辨率：时间模式下的图宽=道数*2，距离模式下的图宽=每米扫描数*桩号范围。最大宽度为 10000，最小宽度为 500。

保存波形: 点击该按钮可以将光标当前扫描道的波形(即示波窗显示的波形)数据保存成文本文件。保存时会弹出文件保存对话框。文本文件的内容有两列整数，第一列为采样点的编号（从 0 开始），第二列为相应点的振幅数据。振幅数

据类型为 ShortInt，取值范围-65536~65535。

● 编辑菜单

编辑菜单用于进行交互解释。分为四个部分绘制、编辑、定位和翻页。

绘制：“矩形”、“线状”、“多边形”三个按钮用于绘制解释图形。“打标”用于添加标记，用于校正距离。“截图”用于对**当前视图范围**设置截图框。

编辑：编辑菜单有三个按钮。“全选”用于选中出分层对象以外的所有解释绘图对象和截图框。“取消”用于取消正在编辑的图形，或者取消当前的选择。“删除”用于删除所有选定的对象。

定位：定位操作主要便于用户快速定位以及绘制的解释图形，包括“首解释”、“上一个”、“下一个”、“末解释”四个按钮。

翻页：翻页操作注意便于用户分页查看雷达图像或者进行连续的截图操作，包括“上一页”、“下一页”两个按钮。

● 视图菜单

视图菜单的按钮主要都是开关按钮，用于控制图像显示界面的显示模式。

“截图窗”：用于控制是否显示截图窗口，因为截图窗对象会覆盖在雷达图像和解释图形之上因此会遮挡用户，可以使用按按钮进行控制。默认为开。

“时间轴”：按钮按下时，雷达图像的纵轴单位为时间，单位为“ns”。按钮弹起时，雷达图像的纵轴单位为按照介电常数换算后的深度，单位为“cm”。默认显示为深度。两者换算关系为：

$$\text{深度} = 30 \times \frac{\text{走时}}{2} \times \sqrt{\text{相对介电常数}}$$

“网格”：用于控制雷达图像窗是否显示坐标轴主刻度对应的网格线。默认为开。

“波形”：用于控制是否显示右侧的示波窗口。默认为开。

“标记”：用于控制显示距离均一化的标记。仅在对标和编辑标记时有用。如果使用“打标”功能新增标记时，会自动打开。默认为开。

● 分层菜单

目前该菜单只有一个功能，厚度初始化。用于对解释文件初始化厚度对象。

初始化时，软件会根据文件所属分项工程节点的设计厚度自动确定。如果没有设置相应分项工程节点的厚度，则默认为 35cm。

3.2.2. 图像窗

图像窗是图像显示界面的核心，用于显示雷达检测数据的图像。图像窗上部的横坐标在距离模式下显示为桩号，在时间模式下显示的是相应的扫描道数。纵坐标可以显示为探测深度或者是波形的走时，可以通过“视图=>时间轴”按钮进行切换。桩号的格式由相应文件隶属分项工程的“桩号格式”属性决定。图像窗中显示的雷达图像颜色由文件节点的“显示色表”属性决定。图像下方有滚动条，可以通过拖动滚动条改变当前窗口显示的范围，也可以按下鼠标的中键拖动图像。距离模式下，每页显示 20m；时间模式下，每页显示 1000 道。

图像窗还提供了类似 AutoCAD 的病害解释编辑功能。通过“编辑”菜单可以建立相应的图形，通过鼠标点选在雷达背景影像上进行相应的标注说明。解释完成后可以设置截图框对影像解释进行截图。同时还能通过拖动分层线对象的控制点对被测实体的厚度进行确定。

3.2.3. 状态栏及示波窗

状态栏的最左侧显示的是当前键盘的状态。中间部分显示的是光标所在位置的信息。**S** 表示扫描道数，**M** 表示桩号位置，**T** 代表波形走时，**D** 代表深度。

示波窗显示的是当前光标所在位置的一道信号波形，便于解释时确定精确位置。示波窗中以一道横线表示当前光标位于的波形深度。

4. 使用向导

4.1. 编辑工程

建立工程的操作在软件的主界面完成，主要工作就是按照检测项目的信息将雷达数据文件按照分项工程、测线组织起来。

4.1.1. 建立工程

首先在主界面点击“文件=>新建”可以建立一个空的工程，也可以通过“文件=>打开”载入一个已经建好的工程继续编辑。工程建立后，可以点击“文件=>

“保存”按钮对工程进行存盘，对于已经保存过后者打开的历史工程，保存按钮会继续保存在工程文件原来的位置。如果需要改变存盘位置或文件名用以备份，可以点击“文件=>另存为”按钮。

对于新建好的工程，都会有一个不可删除的根节点，默认命名为“新建工程”，点击节点，可以在右侧的数据属性栏看到它相应的属性。可以填写检测单位，更改工程名称，设置工作目录以及设置题注标题。**注意：1.这里的工作目录是指需要解释的雷达数据文件的存放目录。为了便于管理，一个工程只能设置一个目录。建议检测完成后将数据导出到同一个文件夹。2.题注标签指结果输出的Word文档里图名的题注。**

4.1.2. 建立分项工程

点击菜单“编辑=>增加分项工程”按钮，可以增加一个分项工程。点击新建的分项工程节点，可以在数据属性栏设置其“设计厚度”、“桩号格式”及“分项工程”的名称。**注意：分项工程名称会被用于生成解释结果图以及相应的统计表，命名时需要具有区分度。例如：“X 隧道出口左洞初支”，“Y 隧道进口右洞二衬”。**

设计厚度用于生成厚度统计表以及绘制厚度对比图，输入时点击属性编辑器的“...”按钮，或者双击属性会弹出多行文本输入框。在输入框内按照“桩号 厚度值”的模式分行输入即可（图 8）。分隔符，可以为空格、逗号、分号、制表符（Tab 键）、竖向分隔符（|）。最简单的录入方式是直接从 Excel 表格或者是 Word 的表格中拷贝粘贴。设置了设计厚度后，显示该分项工程相应文件的雷达图像，则屏幕上会出现绿色的设计厚度参考线（图 9）。

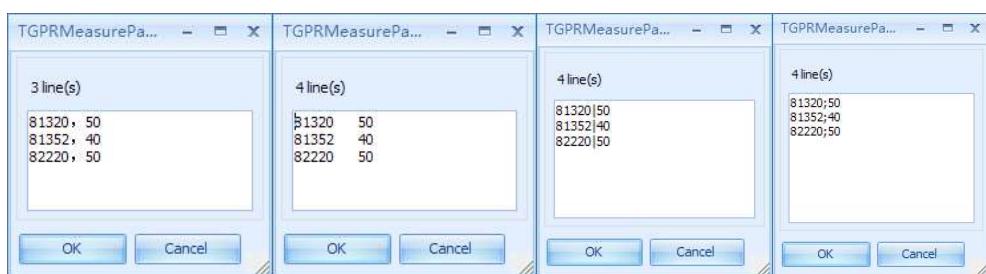


图 8 设计厚度输入框（支持多种分隔符）

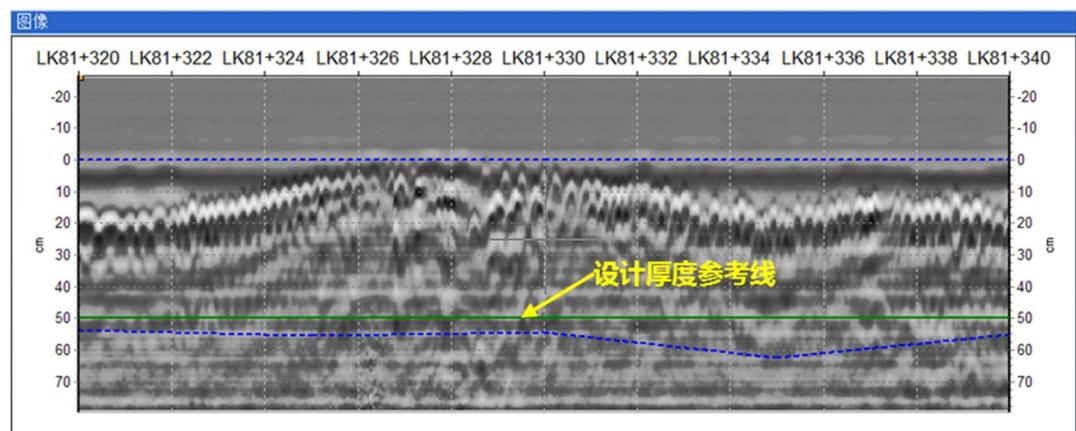


图 9 图像显示界面的设计厚度参考线

4.1.3. 建立测线及添加数据文件

选中需要添加测线的分项工程节点，然后点击“编辑=>增加测线”。增加完测线后，可以通过数据属性栏对测线进行改名。建立了测线节点后，选中相应的测线点击“编辑=>添加测线文件”，将会弹出文件选取框（图 10）。列表框中会列出工作目录下的所有雷达数据文件。**注意：目前仅支持劳雷公司的DZT文件。**选中测线包含的所有数据文件，点击“确定”按钮，一条测线就建立完成。



图 10 文件选取界面

添加了数据文件后，选中相应的节点，需要根据现场的记录编辑数据文件的属性信息。各类属性的说明请参考“3.1.3 数据属性栏”一节。**提示：文件节点的属性是保存在数据文件所在目录下的GPRInfo子目录中，每个文件自动对应一个gprinfo文件。而工程树中其它节的信息是保存在工程文件中的。即同一组文件可以组织成多个工程，而数据文件的属性不需要再重新编辑。**

4.2. 标记处理

建立并编辑好工程后，还需要处理标记，才能够为交互解释做好准备。一般情况下，使用地质雷进行现场达检测时，采集数据会使用时间模式或者是测距轮

模式。在时间模式下，不需要保持测距轮紧贴被测物体表面，采集更为灵活，因此现场更多采用时间模式进行采集。由于时间模式是连续触发的，为了能够使数据与现场位置想对应，就需要在采集时进行打标。例如在对施工期隧道二衬的质量检查中一般会每隔 5m 或 10m 进行一次标记，并记录现场采集的起止桩号，这样在内业处理时就可以根据标记对数据进行水平均一化处理，从而确定检测信息的位置。

使用测距轮采集时，理论上可以通过扫描道数直接计算出水平位置（距离），但是由于被测物体表面并非理想平整，采集走行路线也并非完全笔直，加之测距轮可能脱离表面没有及时触发，因此也需要通过现场打标的方式对距离信息进行校正。

因此无论用何种方式采集，标记处理都是处理雷达数据必不可少的准备环节。处理标记信息主要分为标记核对和标记调整两大任务。标记核对的目的是推算出现场标记与桩号的对应关系，并检查与现场的记录情况是否相符。如不相符，则需要对标记进行调整，如增加标记、删除标记、调整标记的扫描道数或者调整标记对应的桩号位置。**提示：GPRExplorer 软件显示的图像都是根据标记信息实时生成的，不像 GSSI 的 RADAN 软件，对于距离均一化或者逆桩号采集需要重新生成数据。**

4.2.1. 标记核对

在主界面选定雷达数据文件节点，在数据属性栏会出现数据文件的相关属性，标记核对前需要填写的属性有 4 个：起始桩号，标记间距，最小标记间隔，警示标记间隔（图 11）。

起始桩号处填写现场记录的测试起始桩号，**标记间距**填写相邻两道标记代表的距离。**注意：正值表示采集时从小桩号向大桩号方向采集，负值表示大桩号向小桩号方向采集。**

最小标记间隔表示被视为有效标记的最小间隔道数，默认值为 100 道。如果有标记间的间隔道数小于这个值，则软件仅会将这些标记中的第一道视为有效标记，其余标记被视为“重标”。打重标是现场作业时配合内业做标记核对的有效手段。在现场作业时，一般会在五十米或者百米桩处打一道重标，在整公里桩处打两道重标。

警示标记间隔表示两道有效标记之间允许出现的最大间隔道数，默认值为 800 道。如果有效标记之间的间隔超过这个值，则软件会提示用户是否出现漏标。



图 11 标记核对前需要填写的 4 个数据文件属性

填写好以上 4 个属性后，点击数据文件节点的“标记信息”属性栏，GPRExplorer 软件则会根据数据文件中记录的标记信息自动计算出所有标记的信息，并弹出标记编辑器，如图 12 所示。图中光标所示的标记与上一道有效标记间隔超过了警示标记间隔，备注提示为“可能漏标”。4036 道上的标记与前一道标记的间隔仅有 20 道，小于最小标记间隔，软件自动将其设置为“重标”。重标的桩号与前一道标保持一致。根据标记编辑器提供的标记信息，结合以下两条原则就可非常快速的核对标记是否都正确：①起止桩号是否正确；②重标的桩号是否正确。例如，图 12 中，4036 道的重标出现在了非百米桩号上，同时 2720 道标记处提示了可能漏标信息，因此可以判断 2720 标记之前出现了漏标情况。

扫描道 /	有效标	距离	桩号	备注
108	<input checked="" type="checkbox"/>	0	81320	起始标
620	<input checked="" type="checkbox"/>	10	81330	
1144	<input checked="" type="checkbox"/>	20	81340	
1660	<input checked="" type="checkbox"/>	30	81350	
2720	<input checked="" type="checkbox"/>	40	81360	可能漏标
3156	<input checked="" type="checkbox"/>	50	81370	
3592	<input checked="" type="checkbox"/>	60	81380	
4016	<input checked="" type="checkbox"/>	70	81390	
4036	<input type="checkbox"/>	70	81390	重标
4404	<input checked="" type="checkbox"/>	80	81400	
4780	<input checked="" type="checkbox"/>	90	81410	

图 12 标记编辑器

4. 2. 2. 标记调整

如果核对过程发现标记信息不正确，则需要进行调整。调整的方式可以主要有两种，一种是使用标记编辑器进行调整，其功能菜单如图 13 所示。标记编辑器以表格方式显示各个标记的属性，包括扫描道数、是否有效标、距离、标记桩号和备注信息（如图 12 所示）。这 5 个信息中，距离信息是通过桩号反算得出的，其余 4 个都可以在编辑器的表格界面进行修改。使用标记编辑器便于前后核对比较，能完成大部分的标记调整任务，但是不够直观，因此 GPRExplorer 也提供了在图像界面调整标记的功能。

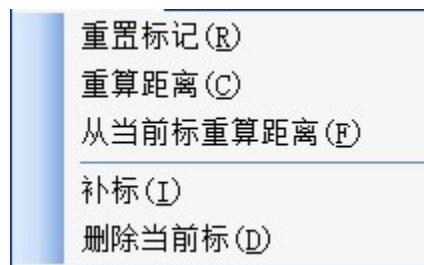


图 13 标记编辑器菜单功能

④ 增删标记

如果对标时发现了现场有漏打标记，可以通过点击标记编辑器的“补标”功能进行追加。例如图 12 中的 2720 位置，选中后点击“补标”功能，则软件会在该标记之前增加一个有效标，标记的道数和桩号自动设置为当前标与前一个标记的中间。同时添加标记的备注中会显示为“追加标”，便于用户清楚那个标记是后期增补的。如果对标时发现现场有多打的标记则可以选中多余的标记通过“删除当前标”功能进行删除。

扫描道 /	有效标	距离	桩号	备注
108	<input checked="" type="checkbox"/>	0	81320	
620	<input checked="" type="checkbox"/>	10	81330	
1144	<input checked="" type="checkbox"/>	20	81340	
1660	<input checked="" type="checkbox"/>	30	81350	
2190	<input checked="" type="checkbox"/>	40	81360	追加标
2720	<input checked="" type="checkbox"/>	40	81360	
3156	<input checked="" type="checkbox"/>	50	81370	
3592	<input checked="" type="checkbox"/>	60	81380	
4016	<input checked="" type="checkbox"/>	70	81390	
4036	<input type="checkbox"/>	70	81390	重标
4404	<input checked="" type="checkbox"/>	80	81400	

图 14 通过编辑器追加标记

直接使用标记编辑器增加标记，有时候不容易确定标记的准确位置，这个时候可以切换到图像显示界面，直接点击“标记”按钮，然后在相应的位置上点击鼠标增加标记。该功能在时间模式和距离模式向都可以使用。**注意：图像界面增加的标记不会改变前后标记的距离桩号信息，而是通过前后标记的信息线形内插计算插入标记的桩号信息。**例如，同样是对图 12 的情况利用图形界面在时间模式下在 2000 道处增加一个标记，增加完成后重新打开标记编辑器，会发现距离桩号并非整数，因为是软件插值得到的（如图 15 所示）。图像界面也能对标记进行删除，选定某个标记对象，直接点击“删除”按钮或者是按 Delete 键即可删除。**注意：在图像界面下增删标记时，其它标记的桩号信息也不会同步改变。如果需要更新标记的距离桩号信息，可以通过编辑器的“重算距离”和“或者从当前标重算距离”功能让软件重新计算距离桩号信息。**

扫描道 /	有效标	距离	桩号	备注
108	<input checked="" type="checkbox"/>	0	81320	
620	<input checked="" type="checkbox"/>	10	81330	
1144	<input checked="" type="checkbox"/>	20	81340	
1660	<input checked="" type="checkbox"/>	30	81350	
2000	<input checked="" type="checkbox"/>	33.2075471698045	81353.2075471698	追加标
2720	<input checked="" type="checkbox"/>	40	81360	
3156	<input checked="" type="checkbox"/>	50	81370	
3592	<input checked="" type="checkbox"/>	60	81380	
4016	<input checked="" type="checkbox"/>	70	81390	
4036	<input type="checkbox"/>	70	81390	重标
4404	<input checked="" type="checkbox"/>	80	81400	

图 15 通过图像界面追加的标记

④ 位置调整

受现场条件的影响，打标位置可能不够准确。这个时候就需要对标记进行调整。调整的时一般分为两种情况，第一是保持桩号不变，调整扫描的道数；第二是保持扫描道数不变，调整桩号。

第一种情况一般发生在现场标记的位置是准确的，但是打标的时候没有打准。例如，现场某个标记应该在衬砌混凝土接茬位置，但是文件中的标记有明显的偏差。此时，可以通过时间模式显示图像，然后选中偏离的标记，通过控制点拖动标记到正确的扫描道上（如图 16 所示）。

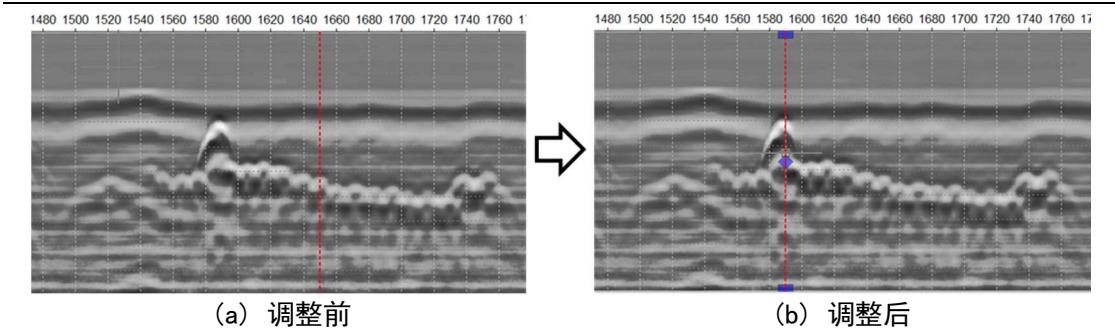
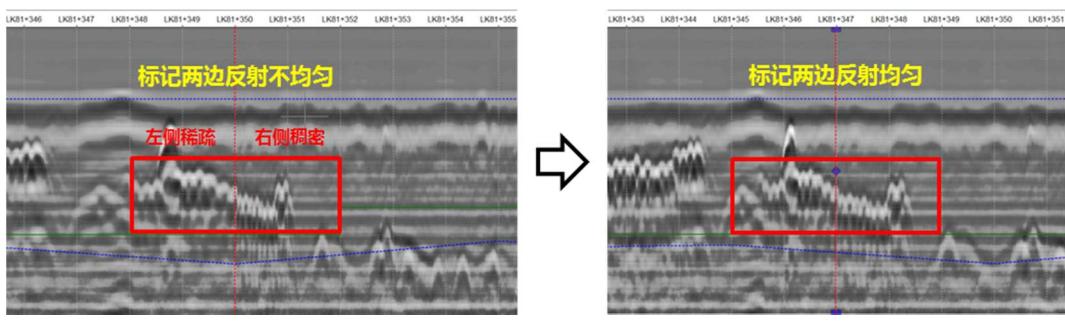


图 16 通过时间模式图像显示界面调整标记的扫描道数

第二种情况一般是打标没有问题，但是现场的标记位置不够准确。例如图 17(a)中显示的距离雷达图像，可以发现某个标记两边的钢筋反射一边稀疏一边稠密。可以判断现场标记的位置可能不够准确，或者打标时时间偏晚了。此时只需要在距离模式下选中该标记，然后向左侧拖动 3m。此时标记两边的钢筋反射就比较均匀了。



(a) 调整前 (b) 调整后

提示：当然有时候现场的标记以及打标的时间都是准确的，但是连续采集时出现了走行速度不均匀。此时我们可以参考第二种模式的处理方法。在距离模式的图像界面下，对走行不够均匀的地方增加一个标记，然后拖动标记的位置，对两侧的图像进行拉伸和压缩，使其看起来更为均匀。

另外，标记调整还有一大用途就是将不需要的图像移除，使其不显示出来。例如，图 18(a)中，LK81+336~LK81+339 位置出现了天线停滞的情况，这部分数据需要被裁剪，否则会影响解释位置的正确性。使用 GPRExplorer 处理这种情况只需要：①在需要移除的数据两端增加标记；②然后把这两个标记移动到一起；③将这两个重叠的标记到合适的位置，即使标记两侧的规则反射变得均匀。**提示：**
两个标记被移动到一起时，点击控制点拖动，则两个标记会被同时移动。如果需要将两个标记分开，则可以按住 Ctrl 键进行拖动。

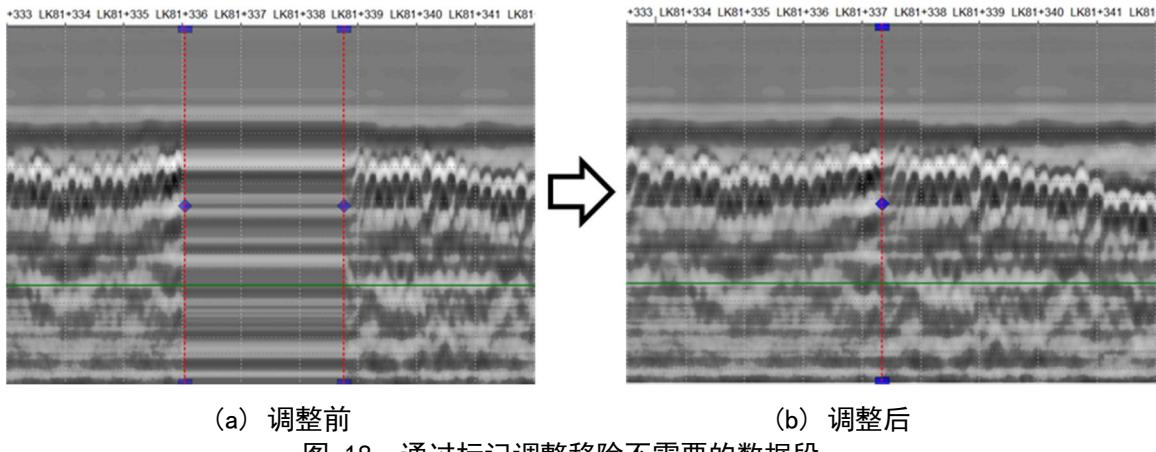


图 18 通过标记调整移除不需要的数据段

以上描述的是使用图像界面对标记进行调整，这种调整方式非常直观。当然如果有时候需要一些量化的方式调整，则可以打开标记编辑器对标记的道数或者桩号距离进行修改。通过标记调整后，能够使得接下来的解释成果有更加准确的定位。

④ 标记重置

如果现场标记信息比较凌乱，而且一次采集的数据里程范围较大，标记调整过程中可能需要反复对标和修改。这个过程难免需要回到最原始的标记状态。此时可以通过点击标记编辑器的“重置标记”功能，让软件从雷达数据文件中读取出原始的标记信息，并且按照起始桩号，标记间距，最小标记间隔，警示标记间隔重新计算原始标记的各个属性。

4. 3. 交互解释

交互解释是将雷达图像作为背景，然后在上面找出数据所反映出来的缺陷、病害以及厚度信息。**GPREexplorer** 中，交互解释需要在距离图像界面下完成，主要有三大任务，抓异常、定厚度和截图。提示：为了提高工作的效率和准确性，建议对数据进行解释时按照这三大任务分开进行，即每浏览一次雷达图像，只做一个任务，这样的好处是容易集中注意力，减少解释的错漏。例如，如果绘制异常时，如果想同步定厚度，则容易出现有部分点的厚度忘记抓取的情况。如果想边绘制异常边截图，也容易因为反复修改调整截图布局，而导致效率低下。多次浏览图像，除了能避免上述尴尬外，也有利于查漏补缺。

4.3.1. 绘制异常

为便于工程人员使用, GPRExplorer 绘制异常的操作模式完全模仿了 AutoCAD 的绘图操作。

● 绘制图形

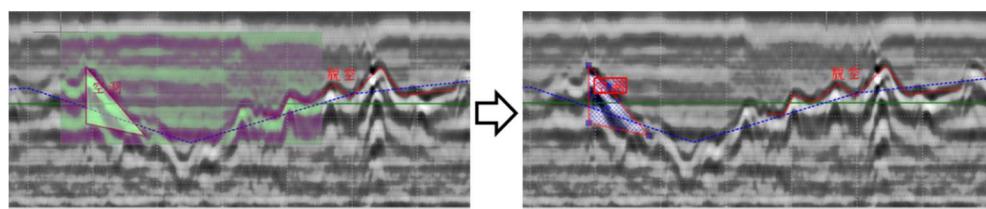
点击绘制栏的任意一个按钮, 可以在图像窗口绘制相应的图形。对于连续绘制的对象(如线状以及多边形解释), 使用双击结束绘制。连续绘制对象绘制时, 可以使用鼠标右键取消上一操作。目前可以绘制的解释图形有四种——“矩形”($\text{Ctrl}+\text{R}$)、“线状”($\text{Ctrl}+\text{E}$)、“带状”($\text{Ctrl}+\text{B}$) 和“多边形”($\text{Ctrl}+\text{W}$)。

提示: “矩形”一般用于标示长度和深度相对规则的异常, 一般为空洞或者不密实。“线状”和“带状”一般用于标示连续的脱空或者界面不密实。“多边形”一般用于标示不规则的异常, 如楔形空洞, 回填不密实。绘制异常时, 为了增加深度方向的准确性, 建议要参考右侧的示波栏。

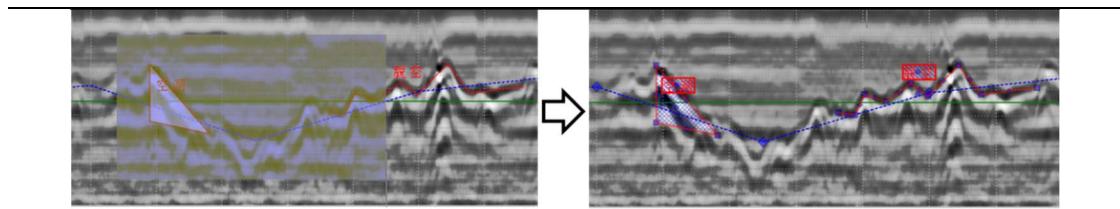
● 编辑图形

GPRExplorer 的编辑操作分为两步: 选择及修改。

选择操作-选择有三种方式, 第一是鼠标点选。即在光标的中心正方形内, 如果点击了图形对象该图形会被选中。第二是拉框选择, 拉框时点击空白处(即无图形位置)开始, 再次点击结束。拉框选择有两种操作模式, 拉框由左向右拉取为包围模式(图 19a), 拉框由右向左则是穿越模式(图 19b)。包围选择模式需要某个对象的所有部分都包围在框中才能选中, 穿越模式则只需要某个对象的任意部分在框内就会被选中。第三种选择方式是按菜单的“全选”功能。依次选取多个对象时, 对象将被加入到选择集。如果需要将对象从当前选择集剔除, 只需要按住 **Shift** 键进行选择即可反选。如果需要重新选择, 可以点击编辑菜单中的“取消”按钮, 或者按下 **Esc** 键。



(a) 右框选(绿色), 图形对象完全被拉框包围才会被选中



(b) 左框选（蓝色），图形对象部分被包含就会被选中

图 19 两种框选模式

修改操作-被选中的对象将会出现控制点信息，拖动相应的控制点即可改变图形的形状。双击图形对象，会出现缺陷描述框（图 20）。可以直接在描述框中选取预设的描述或者输入描述。修改后下次再绘制某种图形描述会默认为上次输入的内容。如果需要删除图形，选中后按 Delete 键或者点选菜单的“删除”功能即可完成。



图 20 缺陷描述框

4.3.2. 定厚度

除了确定异常之外，定厚度是雷达探测的另一个重要任务。仪器自带的雷达数据分析软件对于层分析有较好的支持。支持多层连续的层界面抓取功能。但是对于检测而言，一般需要获得的是表面一层对象的厚度。例如，要检测路面基层厚度或者是初支的厚度，一般是在施作路面以及二衬之前就进行检测，不会等到路面及二衬都做好后再去检测基层或者初支的厚度。此外检测一般需要的是固定间距的离散点的厚度。连续的层厚度抓取，反而会为报告的整理带来麻烦，因为后期需要删除很多的数据。同时检测结果分析时，也并不一定以定某一点的厚度来确定当前的厚度，有可能需要综合考虑前后的图像情况。因此 GPRExplorer 的厚度定取操作方式，考虑了检测的现状，采用了一个比较“笨”的模式，即根据需要定厚度的间距，生成厚度抓取点，然后需要解释人员手工在图形界面通过拖动控制点的模式来手工确定每个厚度的位置。而且 GPRExplorer 仅支持确定一层的厚度，但是确定厚度时仍然需要有上下两个界面的位置。

厚度初始化

厚度初始化之前需要做两个准备工作：第一是在数据文件隶属的分项工程节点设置好设计厚度（具体设置方法请参看“4.1.2 建立分项工程”）；第二是在数据文件节点设置垂直偏移属性。设置了设计厚度后，初始化时会根据设计厚度生成下界面的位置；而上界面的位置则会直接设置成0。因此需要设置好垂直偏移属性。如图 21(a)，垂直偏移设置的不正确，则上界面就不在正确的零位，这时候如果需要得到正确的厚度，则需要拖动上下两个界面；而图 21(b)，因为垂直偏移设置的正确，这时候定厚度时，一般情况就只需要拖动下界面的控制点。

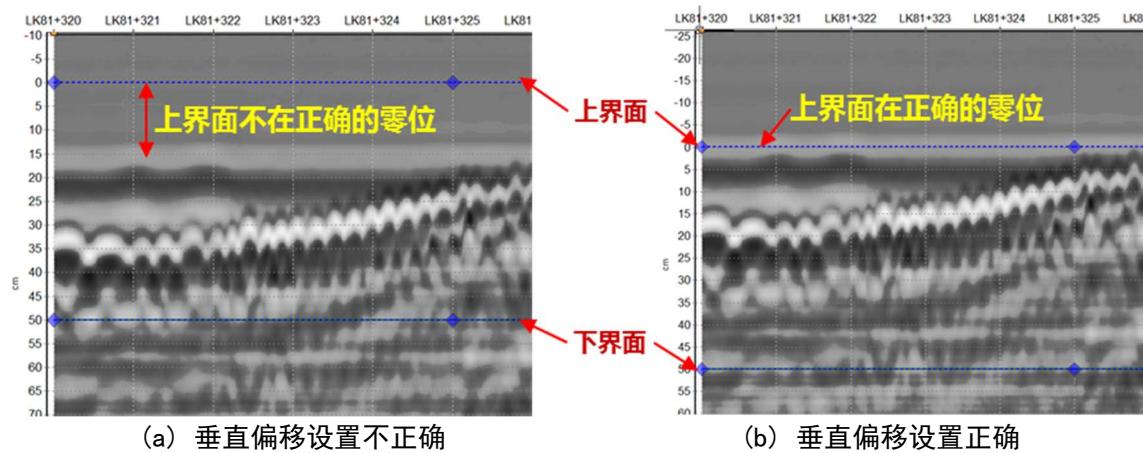


图 21 垂直偏移的设置决定上界面是否在正确的零位

做好两个准备工作后，以距离显示模式调出图像显示界面，点击菜单中的“厚度初始化”按钮。则会弹出如图 22 所示的参数设置框。设置框中可以设置两个参数，起始桩号及间距。起始桩号的默认值是该数据文件的起始桩号，“4.1.3 建立测线及添加数据文件”小节中设置的起始桩号，即如果是反向采集，则这个桩号代表的是大桩号（注意：如无特殊情况，建议不要修改起始桩号）。间距默认是 5m。注意：间距只能输入正直。如果起始桩号是大桩号，则厚度抓取点是由后往前计算的。设置好参数后点击“确定”按钮，则软件会根据参数生成一个包括上下界面的图形对象。图 21 中的蓝色线条即定厚度用的分层图形对象。



图 22 厚度初始化参数设置框

注意：厚度初始化仅在没有抓取过厚度的时候使用，全局只有一个分层对象，

如果对已经编辑过的数据使用，则数据会被重置。生成了分层对象的数据文件，保存解释时界面信息会一同保存，下次载入时分层信息被自动调出。

● 确定界面位置

确定界面位置的操作非常简单，即对分层对象的控制点进行修改。步骤是在距离图像界面通过点选或者左框选（注意：右框选无法选中分层对象）选中分层对象，然后逐个拖动控制点使其落到正确的分层位置上。分层对象的控制点位置只能够上下移动，不能左右移动。

某个桩号位置的厚度是由上下两个界面位置共同决定的，厚度的计算公式为：

$$\text{厚度} = 30 \times \frac{(\text{上界面走时}-\text{下界面走时})}{2} \times \sqrt{\text{相对介电常数}}$$

其中相对介电常数在主界面对数据文件节点进行设置。上下界面的走时则是在图像显示界面通过分层对象进行确定。提示：由于厚度没有负值，因此如果某一段图像的厚度无法确定，不能给出时，只需要将下界面的控制点拖动到上界面以上，则在绘制厚度对比图时该点将不会被输出，同时在厚度统计表中，该点也不计入统计结果。例如：图 23 中，RK81+640 之后的位置，图像显示雷达天线被抬起，这个部分无法得出厚度结果。因此可以通过颠倒上下界面的顺序使这部分的数据不被输出。

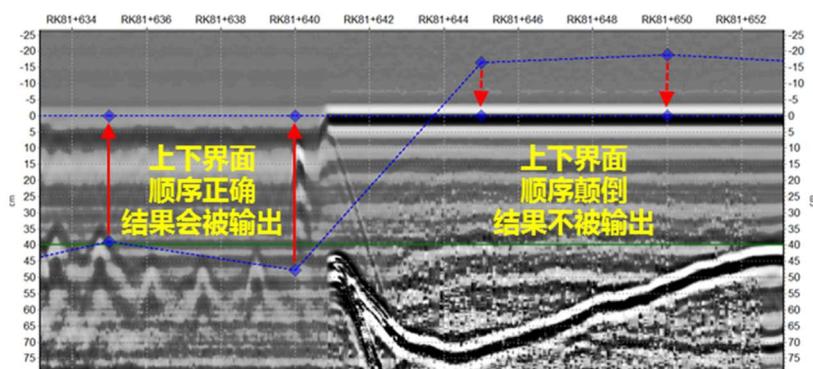


图 23 上下界面的顺序关系决定结果是否被输出

4.3.3. 截图

通过分析雷达图像得到了被测对象的缺陷和问题，一般还需要把这些缺陷和的图像写进报告。以往抓图写报告是件非常繁琐的事情，常常是用第三方抓图软件、图像编辑软件、Word 并用。但是在 GPRExplorer 中，截图的操作非常简单，

只需要将数据图像拖动到需要截图的位置，然后点击菜单中的“截图”按钮，屏幕范围内将会生成截图框，截图框是一个显示在最上层的蓝色透明方框，竖向覆盖整个雷达图像，横向为屏幕显示范围，其效果如图 24 所示。提示：被截图框包含或局部包含的异常解释图形将会在统计表中给出截图的图号。

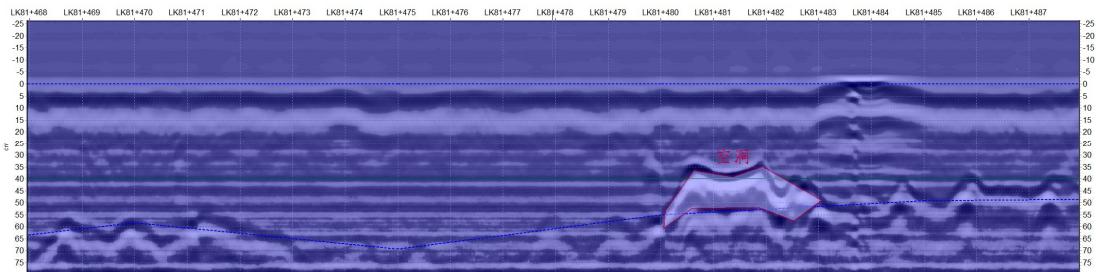


图 24 截图框效果

截图时，尽量将病害放在框内，保持美观的布局。有连续截图时，可以点击菜单页面的“下一页”按钮然后继续截图。如果用户已经完成的异常的绘制工作，则建议配合定位菜单进行截图。比较方便的做法是使用快捷键：F2（上一个），F3（截图），F4（下一个）。

截图的过程中会遇到需要调整截图范围的情况。因为截图框也是一种图像对象，因此调整时只需要选择截图框，然后调整其控制点即可（详见图 25）。

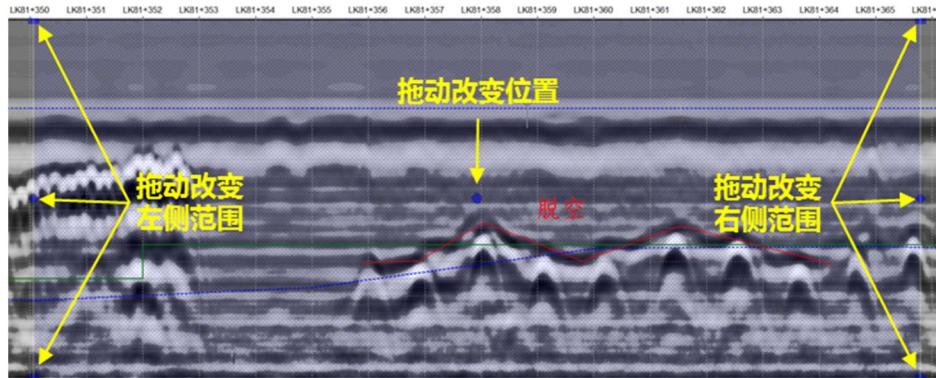


图 25 截图框的调整

4. 4. 成果输出

完成交互解释后，可以让 GPRExplorer 软件完成最“爽”的工作——成果输出。GPRExplorer 输出的成果主要有病害解释结果图表和厚度结果图表。成果输出在主界面进行操作。注意：结果输出需要用到 Word 以及 Excel 软件。因此输出前务必保证所使用的电脑已经安装了上述两个软件。

4.4.1. 解释结果输出

点开主界面的“处理”菜单，点击“输出选定测线解释结果”或者“全测线解释结果”即可。GPRExplorer 程序会调用 Word 生成一个附图文档(如图 26a)，以及调用 Excel 生成一个统计表(如图 26b)。注意：GPRExplorer 输出的 Word 文档默认为横向页面设置，如需改变请在主界面中点击“文件-页面设置”按钮。

附图文档中插图即截图框中的图像，有多少截图框就会生成多少幅插图。插图的标题命名方式为：“分项工程+测线名称+桩号”，题注的名称则是由项目节点的“题注标签”属性决定的。图号使用了 Word 的自动编号。即如果将图多个文档的图插入到一起时图号会自动更新（但是需要在 Word 中选中按 F9 键）。统计表中会给出交互解释时绘制的所有异常信息，包括其桩号位置、深度范围、描述所处的测线以及对应的图示编号。由于时机编写报告时可能会出现多组图合并的情况。附图 Word 文档使用了自动编号，合并后会自动更新，但是表格信息合并不会自动更新，因此在统计表的 H1 栏可以设置起始图号以应对相应的情况。

A	B	C	D	E	F	G	H
序号	桩号(起)	桩号(止)	深度范围(cm)	病害或缺陷描述	测线名称	起始图号	图 - 1
1							
2	LK81+382	LK81+387	43.7~53.3	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 1	
3	1 LK81+391	LK81+394	37.1~53.0	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 1	
4	2 LK81+400	LK81+402	44.3~50.0	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 2	
5	3 LK81+409	LK81+410	52.4~72.1	空洞	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 2	
6	4 LK81+453	LK81+454	32.0~43.1	空洞	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 3	
7	5 LK81+462	LK81+464	25.8~52.3	空洞	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 3	
8	6 LK81+467	LK81+473	25.8~44.6	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 4	
9	7 LK81+474	LK81+476	22.5~32.6	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 4	
10	8 LK81+480	LK81+484	44.6~50.3	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 4	
11	9 LK81+486	LK81+491	26.7~53.3	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 4	
12	10 LK81+525	LK81+529	19.8~52.7	不密实	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 5	
13	11 LK81+533	LK81+535	40.1~53.7	空洞	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 5	
14	12 LK81+551	LK81+553	42.7~56.4	空洞	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 6	
15	13 LK81+559	LK81+562	40.3~61.6	空洞	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 6	
16	14 LK81+567	LK81+569	42.5~59.9	空洞	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 6	
17	15 LK81+577	LK81+582	20.2~40.3	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 7	
18	16 LK81+588	LK81+590	31.1~46.4	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 7	
19	17 LK81+595	LK81+597	36.3~53.9	空洞	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 8	
20	18 LK81+604	LK81+606	38.8~54.7	空洞	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 8	
21	19 LK81+665	LK81+668	30.3~54.7	空洞	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 9	
22	20 LK81+676	LK81+677	34.9~37.4	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 9	
23	21 LK81+678	LK81+688	20.8~38.0	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 10	
24	22 LK81+683	LK81+688	40.9~53.7	不密实	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 11	
25	23 LK81+717	LK81+724	32.7~45.8	不密实	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 12	
26	24 LK81+747	LK81+758	32.7~45.8	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 12	
27	25 LK81+756	LK81+758	32.7~45.3	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 13	
28	26 LK81+791	LK81+794	26.7~37.2	空洞	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 13	
29	27 LK81+806	LK81+829	51.8~68.4	不密实	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 14	
30	28 LK81+836	LK81+837	42.3~67.1	空洞	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 14	
31	29 LK81+839	LK81+842	41.1~58.0	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 14	
32	30 LK81+843	LK81+853	37.8~57.8	脱空	GL隧道左洞右拱腰测线	图 - 15	

(a) 附图 Word 文档

(b) 异常统计 Excel 表

图 26 GPRExplorer 输出的解释结果示意图

4.4.2. 厚度结果输出

如果需要生成厚度统计表，则直接点击“处理-生成厚度统计表”按钮。GPRExplorer 软件会调用 Excel 软件将各个数据文件的厚度数据按照工程组织数输出成统计表。统计表中，会为每个分项工程建议一个表单(Sheet)，并且根据分项工程的每条测线建立 3 列数据(如图 27 所示)。填写上实测厚度，厚度差值以及是否合格。对于实测厚度小于设计厚度点，软件会自动将其标记为红色。注意：结果生成过程中请勿操作 Excel，否则会出现错误。对于“4.3.2 定厚度”小

节中描述的层顺序颠倒的位置，程序会跳过相应的单元格，留下空白。

		测线												
	里程	设计厚度			右拱腰测线			左拱腰测线			拱顶测线			
		实测厚度	厚度差值	合格	实测厚度	厚度差值	合格	实测厚度	厚度差值	合格	实测厚度	厚度差值	合格	
1	LK81+320	50	54	4	是	75	25	是	53	3	是			
2	LK81+325	50	55	5	是	59	9	是	59	9	是			
3	LK81+330	50	54	4	是	54	4	是	42	-8	否			
4	LK81+335	50	63	13	是	52	2	是	65	15	是			
5	LK81+340	50	55	5	是	44	-6	否	50	0	是			
6	LK81+345	50	54	4	是	51	1	是	64	14	是			
7	LK81+350	50	61	11	是	56	6	是	39	-11	否			
8	LK81+355	40	52	12	是	53	13	是	51	11	是			
9	LK81+360	40	57	17	是	41	1	是	51	11	是			
10	LK81+365	40	50	10	是	40	0	是	46	6	是			
11	LK81+370	40	45	5	是	43	3	是	-	-	-			
12	LK81+375	40	57	17	是	46	6	是	56	16	是			
13	LK81+380	40	58	18	是	40	0	是	46	6	是			
14	LK81+385	40	49	9	是	35	-5	否	39	-1	否			
15	LK81+390	40	45	5	是	48	8	是	40	0	是			
16	LK81+395	40	49	9	是	40	0	是	49	9	是			
17	LK81+400	40	44	4	是	51	11	是	51	11	是			
18	LK81+405	40	50	10	是	61	21	是	57	17	是			
19	LK81+410	40	71	31	是	72	32	是	78	18	是			
20	LK81+415	40	53	13	是	71	31	是	53	13	是			
21	LK81+420	40	63	23	是	63	23	是	54	14	是			
22	LK81+425	40	67	27	是	66	26	是	49	9	是			
23	LK81+430	40	60	20	是	69	29	是	59	19	是			
24	LK81+435	40	69	29	是	52	12	是	45	5	是			
25	分项													
	工程													
	GL隧道左洞													
	GL隧道右洞													
	统计结果													
	(+)													

图 27 GPRexplorer 输出的厚度统计表

除了厚度统计表，很多雷达检测报告还要求绘制厚度对比图。此时，只需要将上一步生成的厚度统计 Excel 表进行保存。然后点击“编辑-绘制厚度对比图”按钮，此时会弹出绘图参数对话框（图 28）。提示：默认参数能在 3 测线和 5 测线且数据量较大时取得较好效果。绘制的厚度图默认每页两张。

填写好各个参数后点击“确定”按钮，则 GPRexplorer 会根据 Excel 中的数据绘制厚度对比图，效果见图 29。绘图时，软件会根据表格中的各点数据生成统计结果表单（如图 27 右侧所示）。注意：GPRexplorer 输出的 Word 文档默认为横向页面设置，如需改变请在主界面中点击“文件-页面设置”按钮。



图 28 厚度对比图绘制参数

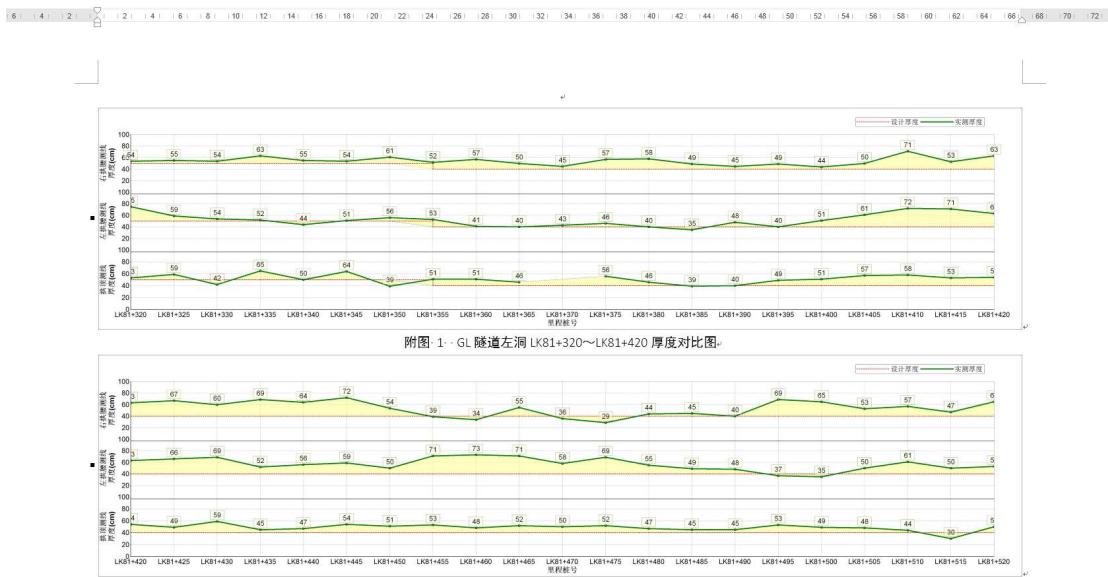


图 29 GPRExplorer 生成的厚度对比图 Word 文档