报告编号：2013-002 号

某大桥

波纹管检测报告

北京同度工程物探技术有限公司

2013 年 3 月 12 日

1 检测对象：

检测对象为在建某大桥现浇箱梁顶板、底板波纹管。波纹管孔道为塑料材质，直径 10cm，内置 19 束钢索。

2 检测目的与检测方法

检测目的：本次检测的目的是了解波纹管注浆密实性，为判断波纹管注浆质量提供依据；

检测方法：本次检测使用两种方法，地质雷达法(GPR)和声波散射法（TD-BWG），两种技术综合使用，提高检测的科学性和可靠性。

地质雷达仪器，配用 1.6GHZ 天线。混凝土中雷达波速 12cm/ns，1.6GHz 频率时波长 7.5cm，根据散射理论可分辨最小 2.5cm 厚空区。采用测距轮控制的连续扫描采集方式，沿波纹管侧方混凝土表面布置，探测深度 25cm。

声波散射法为北京同度工程物探公司所开发研制，采集站为 Summit II TDEG，配备 32 通道频率 20kHz 的高频检波器拖缆。混凝土中弹性波波长 20cm，根据散射理论可分辨空区厚度 4cm。采用散射追踪方法检测注浆缺陷位置和大小，不受孔道材质限制。

3 检测方法基本原理

3.1 地质雷达的检测原理

地质雷达的工作原理是向地质与工程介质内定向发射高频电磁波，接收介质内部界面的反射/散射波。通过反射/散射波走时、强度确定结构内部界面形态与性质。其分辨率高，图像直观，操作方便快捷，特别适合工程应用。由于高频电磁波衰减大，探测距离短，对金属波纹管无效。

地质雷达特别适合塑料波纹管注浆密实性的检测。波纹管密实段反射为单峰值，并且幅值比较弱。当波纹管有脱空时，雷达波的反射增强，并表现为双峰值，易于识别。技术原理如下图。上图为注浆脱空区的雷达反射/散射波特征，下图是注浆密实段雷达波的反射/散射波特征。

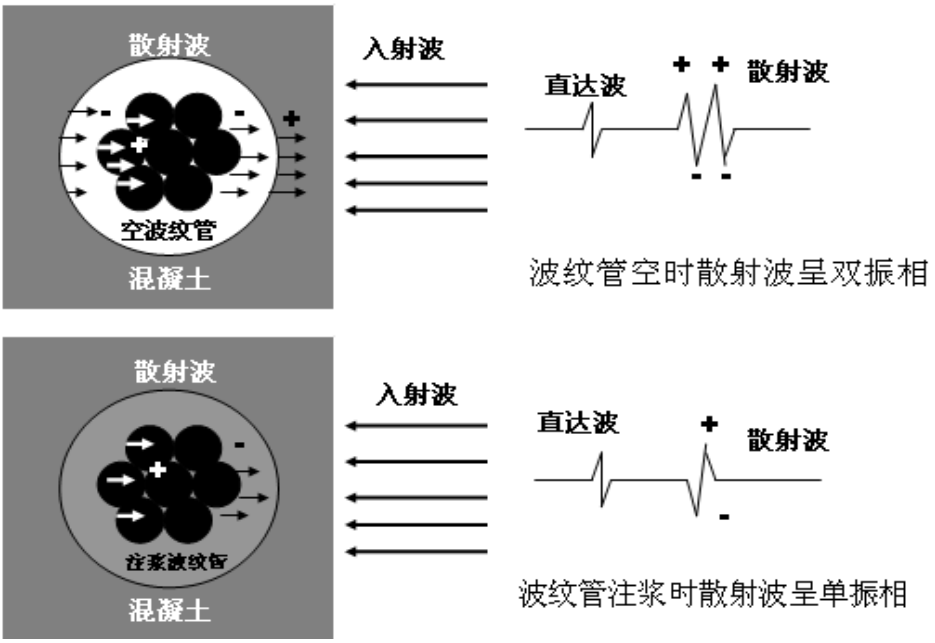


图 2　地质雷达注浆质量检测原理

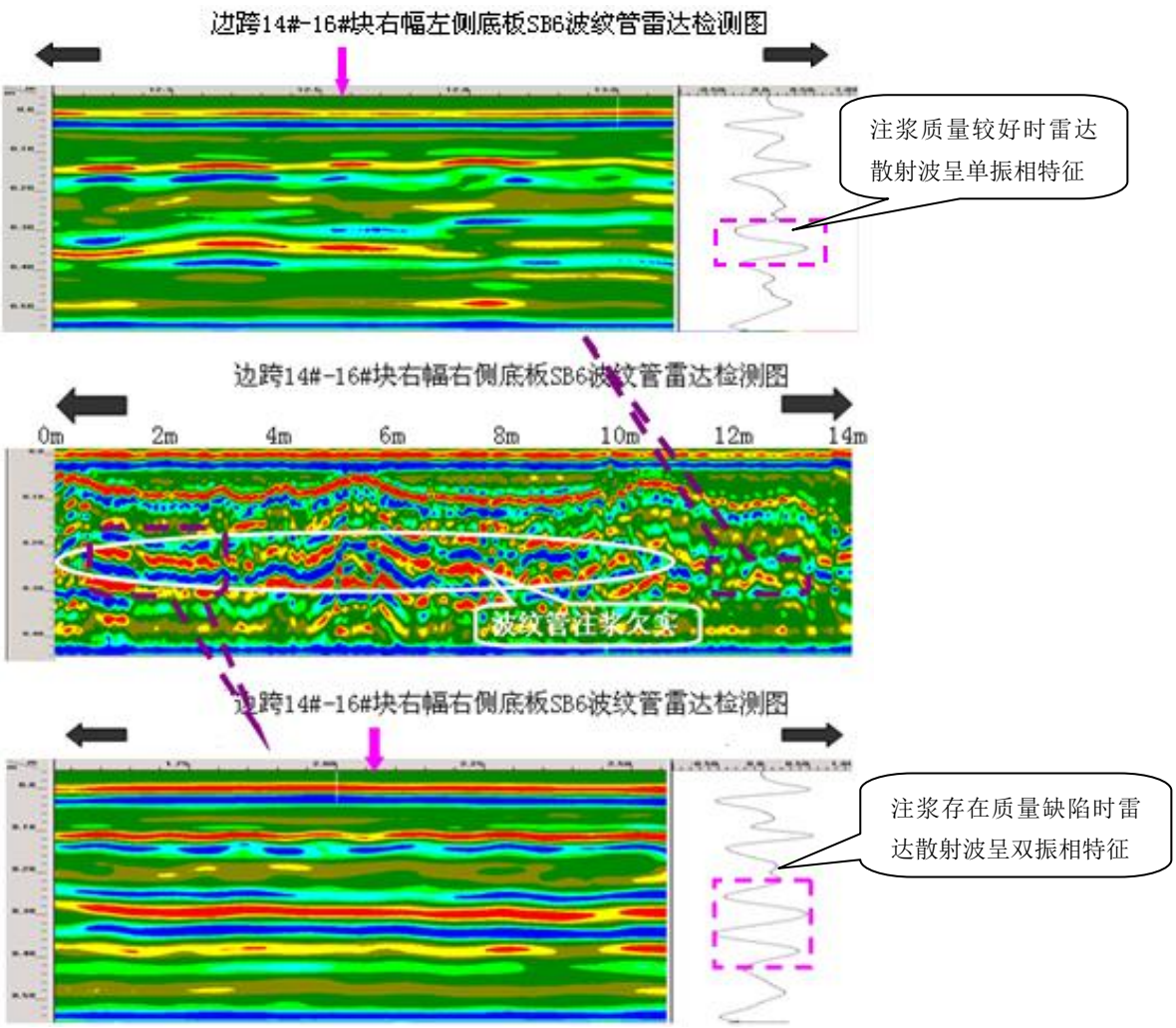


图 3　　波纹管注浆质量检测典型雷达记录

3.2　声波散射法缺陷检测原理

按照散射原理，波纹管的注浆脱空区等缺陷表现为被动震源，当遇到外界震动激励时，缺陷向周围发射散射波，通过接收散射波，可确定缺陷的位置与大小。

声波散射法缺陷检测资料处理的有三个主要步骤，首先是确定直达纵波和 Lamb 波走时曲线和波速，然后进行方向滤波，滤除直达纵波和 Lamb 波，提取散射波，最后通过对散射波的 Radon 变换实现缺陷偏移成像。

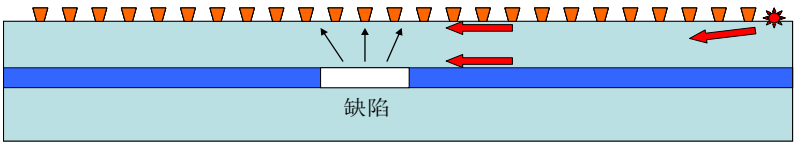


图 4 散射追踪检测原理

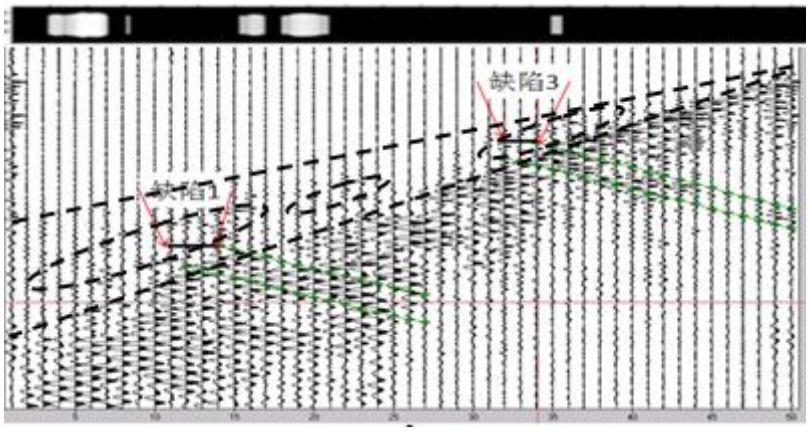


图 5 波纹管缺陷声波散射追踪偏移图像

声波散射法解释原理如下：

1 缺陷为介质中的密度与强度的异常分布，表现为波速变异；

2 在外场波动激励下缺陷表现为被动震源，向周围发射散射声波。散射波最早出现在缺陷顶面；

3 根据散射波走时、幅值和极性确定得出散射能量曲线，并据此判断缺陷位置、形态和力学性质；

4 测线布置

此次工作共检测波纹管 20 段，其中 12 段位于顶板，8 段位于底板。

测线沿波纹管走向布置，长度约 4 米。雷达扫描测线与声波散射法测线重合。声波散射法检测时，在第一通道外侧 10cm 位置激发，每个点激发三次，以对照确定记录的一致性。而后整个排列平移 1m，完成后一组激发。此次工作中，顶板 12 段波纹管均使用雷达法和声波散射法两种方法同时检测，底板 8 段波纹管使用声波散射法一种方法检测。测线位置见附图 1。

5 检测结果

声波散射法和雷达法两种检测方法的原理不同，检测的物理参量含义不同。雷达主要反映介质电磁参数的变化，对金属、水敏感。对大空区较敏感，小空区不敏感。因衰减大，稍许偏离测线的空区可能测不到。声波对力学性质差异敏感，对空区特别是浅部空区特别灵敏。对于尺度较大，脱空严重的缺陷两者结果一致，对于体积较小的缺陷有一定的差异。两者相结合对于识别主要缺陷有利。此次检测工作成果详见表 2、表 3 及图 6~17。

通过对某大桥 20 段的波纹管检测，发现一级缺陷（缺陷长度大于 1 米）1 处共 1 米，二级缺陷（缺陷长度大于 0.5 米小于 1 米）3 处共 1.7 米，三级缺陷（小于 0.5 米）三处共 1.2 米，缺陷总长度 3.9 米，检测总长度为 80 米，缺陷长度占检测长度的比例为 4.87%。

由于混凝土厚度和钢筋网的影响，使得部分小的缺陷检测准确率低，属于正常情况。但是较大的缺陷在雷达法和声波散射法的检测结果上均有反应，二者较为一致，也说明了两种检测方法的科学可靠。

建议对 0.5 米以上的缺陷所在处进行工程处置。

表 1 波纹管检测缺陷等级定义

缺陷等级	缺陷长度（米）	注浆情况
I	X＞1	脱空
II	0.5＜X＜1	不饱和
III	X 小于 0.5	比较密实

某大桥波纹管检测缺陷统计

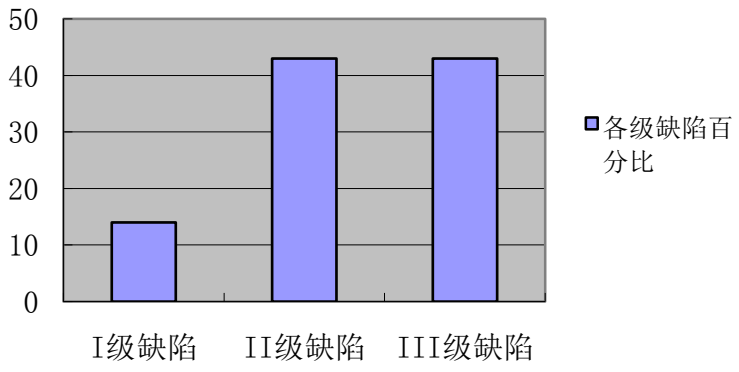


表 2 某大桥波纹管检测成果表

某大桥波纹管检测成果表						
序号	波纹管编号	检测长度(m)	检测结果		缺陷编号	缺陷长度
			声波散射法	雷达法		
1	1-T21-1	4	图 6-a	图 6-b	--	--
2	1-T20-1	4	图 7-a	图 7-b	--	--
3	1-T18-1	4	图 8-a	图 8-b	编号 1	约 0.4m
4	1-T21	4.5	图 9-a	图 9-b	编号 2	**约 1m**
5	1-T20	5	图 10-a	图 10-b	编号 3	约 0.4m
6	1-T18	5.5	图 11-a	图 11-b	编号 4	约 0.5m
7	2-T18-1	5	图 12-a	图 12-b	编号 5	**约 0.6m**
8	2-T20-1	5	图 13-a	图 13-b	编号 6	**约 0.6m**
9	2-T21-1	5	图 14-a	图 14-b	--	--
10	2-T21	4.5	图 15-a	图 15-b	编号 7	约 0.4m
11	2-T20	5	图 16-a	图 16-b	--	--
12	2-T18	4.5	图 17-a	图 17-b	--	--

13	ybz06	3	表 3	无	--	--
14	ybz07	3	表 3	无	--	--
15	ybz08	3	表 3	无	--	--
16	ybz09	3	表 3	无	--	--
17	zbz06	3	表 3	无	--	--
18	zbz07	3	表 3	无	--	--
19	zbz08	3	表 3	无	--	--
20	zbz09	3	表 3	无	--	--

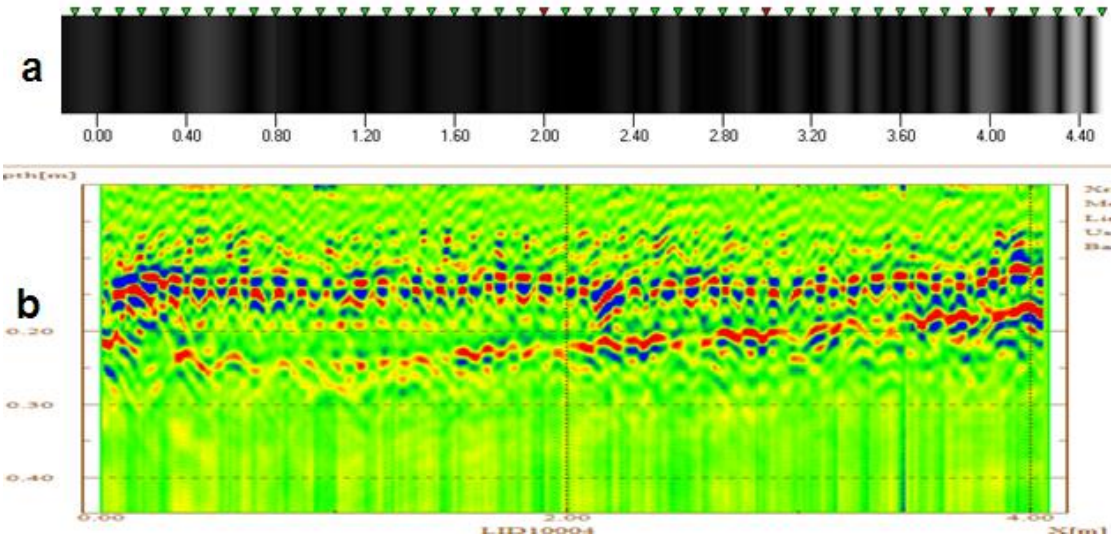


图 6.　1-T21-1 波纹管注浆密实度检测结果（a 为散射追踪法结果，明亮程度表示散射能量强弱，亮度越大，散射越强；b 为雷达检测结果）

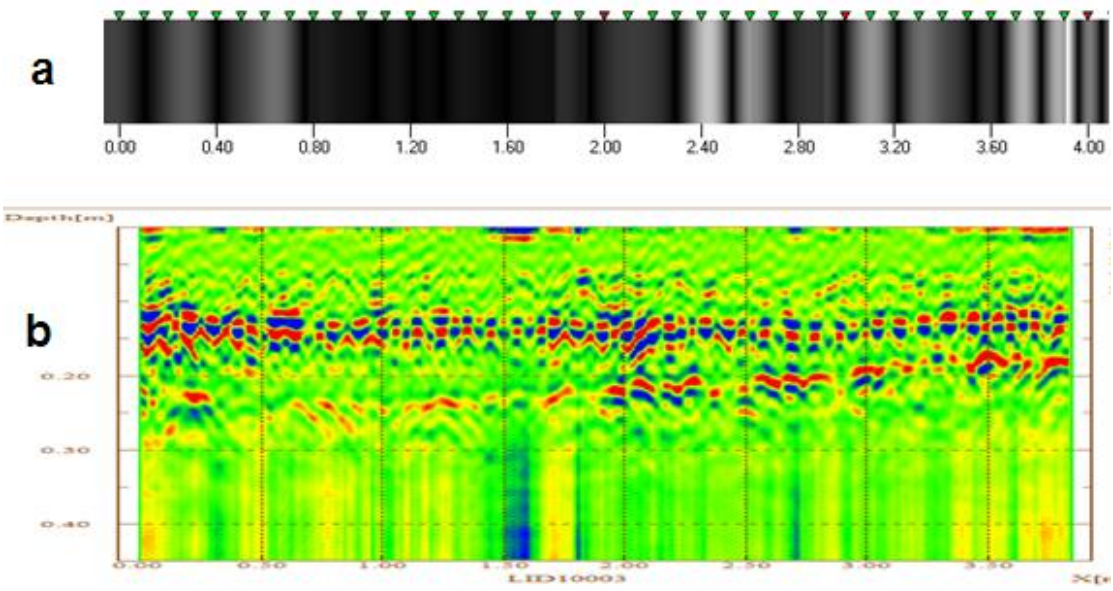


图 7.　1-T20-1 波纹管注浆密实度检测结果（a 为散射追踪法结果，明亮程度表示散射能量强弱，亮度越大，散射越强；b 为雷达检测结果）

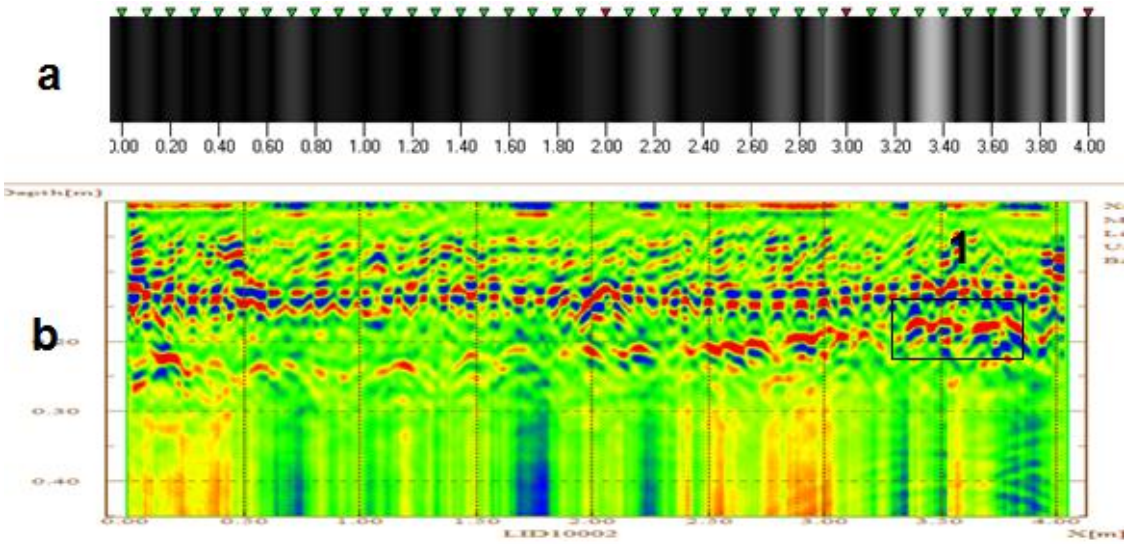


图 8.　1-T18-1 波纹管注浆密实度检测结果（a 为散射追踪法结果，明亮程度表示散射能量强弱，亮度越大，散射越强；b 为雷达检测结果）

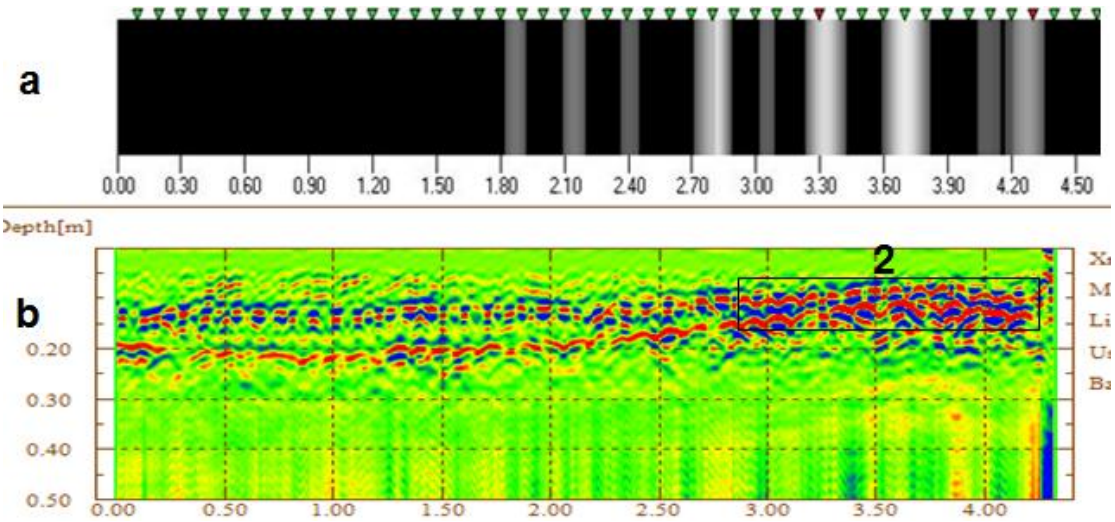


图 9.　1-T21 波纹管注浆密实度检测结果（a 为散射追踪法结果，明亮程度表示散射能量强弱，亮度越大，散射越强；b 为雷达检测结果）

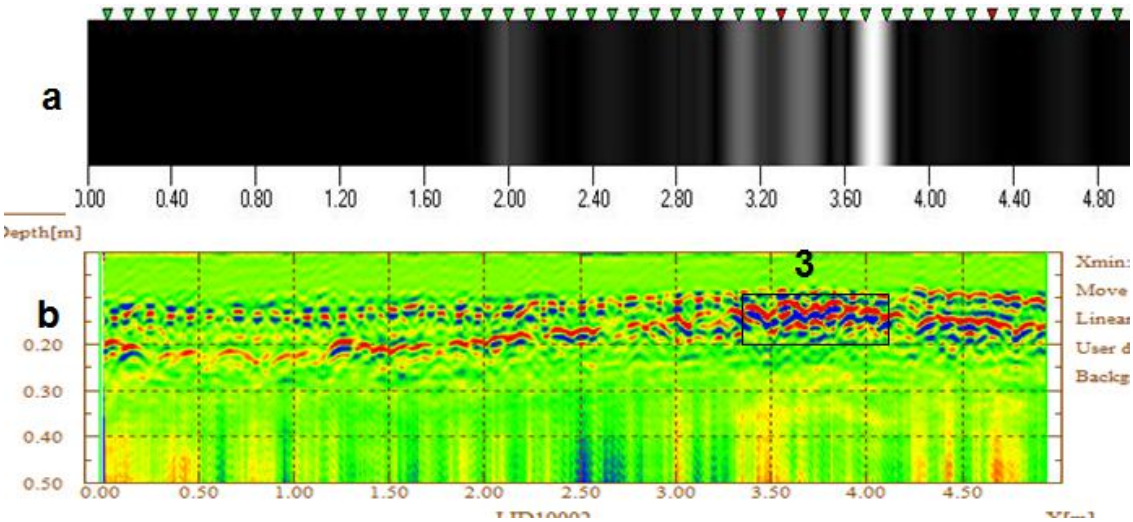


图 10.　1-T20 波纹管注浆密实度检测结果（a 为散射追踪法结果，明亮程度表示散射能量强弱，亮度越大，散射越强；b 为雷达检测结果

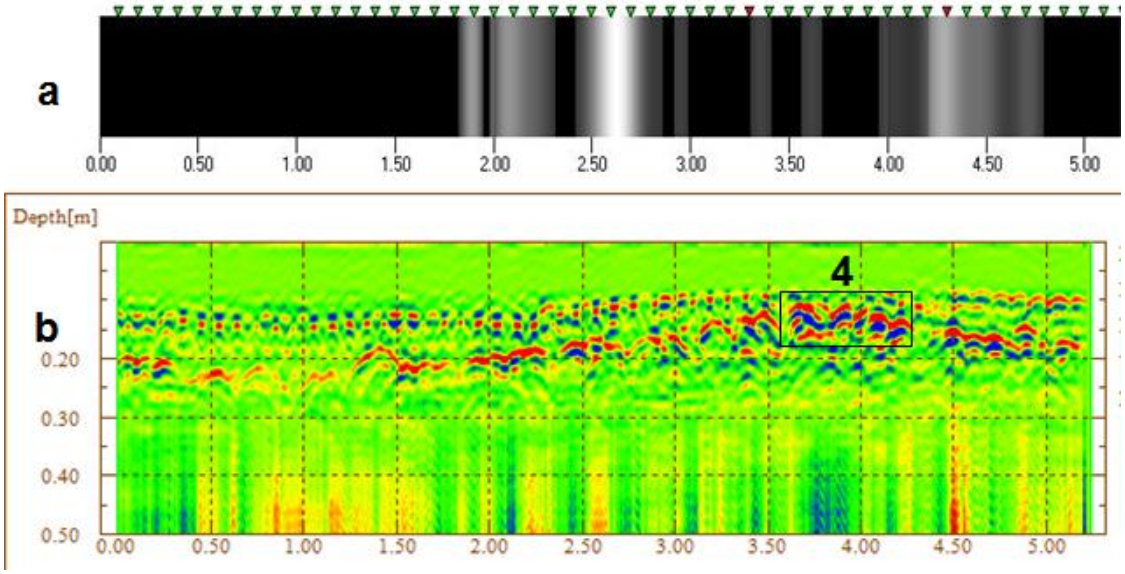


图 11.　1-T18 波纹管注浆密实度检测结果（a 为散射追踪法结果，明亮程度表示散射能量强弱，亮度越大，散射越强；b 为雷达检测结果

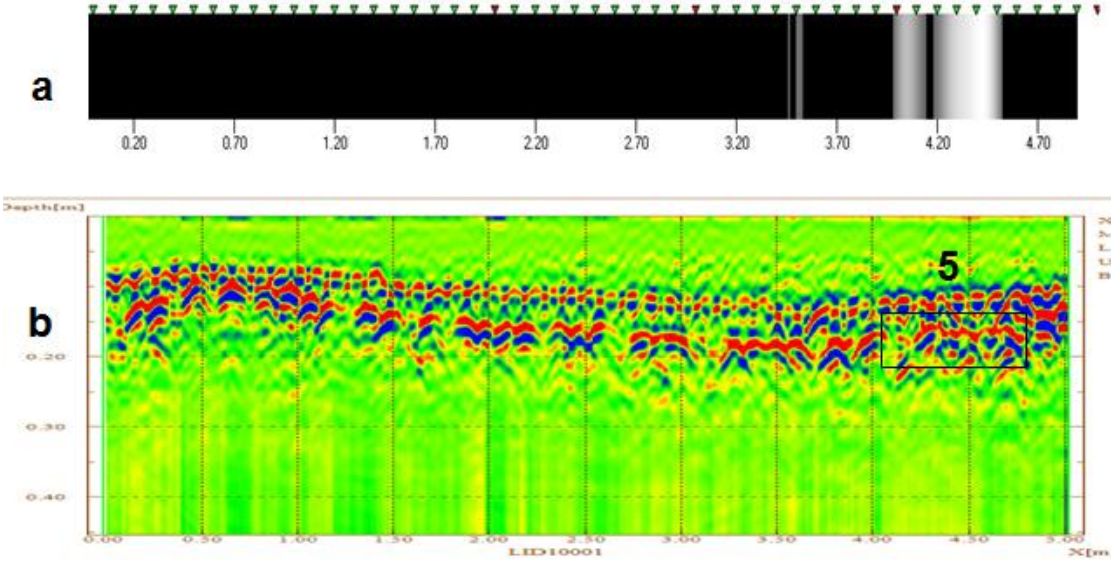


图 12.　2-T18-1 波纹管注浆密实度检测结果（a 为散射追踪法结果，明亮程度表示散射能量强弱，亮度越大，散射越强；b 为雷达检测结果

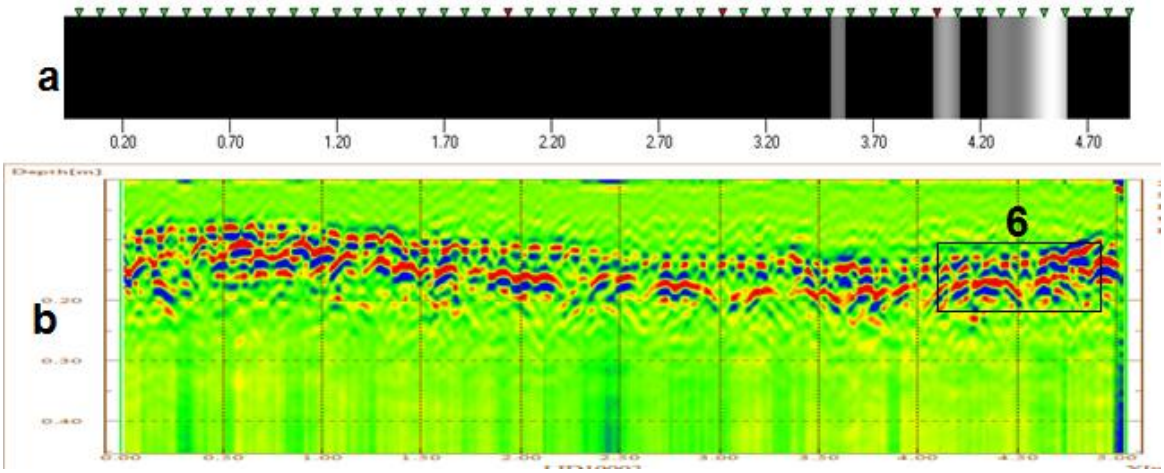


图 13.　2-T20-1 波纹管注浆密实度检测结果（a 为散射追踪法结果，明亮程度表示散射能量强弱，亮度越大，散射越强；b 为雷达检测结果

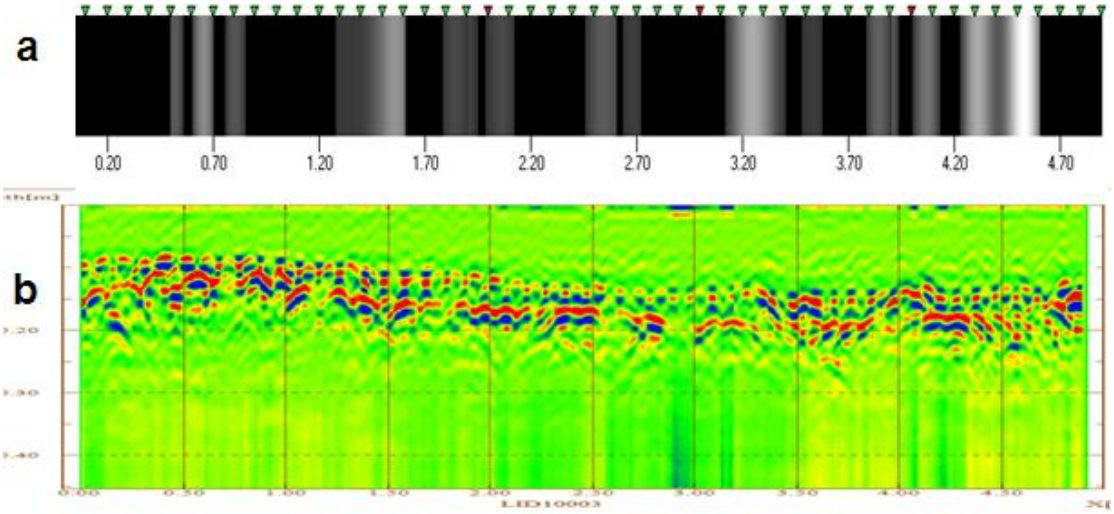


图 14.　2-T21-1 波纹管注浆密实度检测结果（a 为散射追踪法结果，明亮程度表示散射能量强弱，亮度越大，散射越强；b 为雷达检测结果

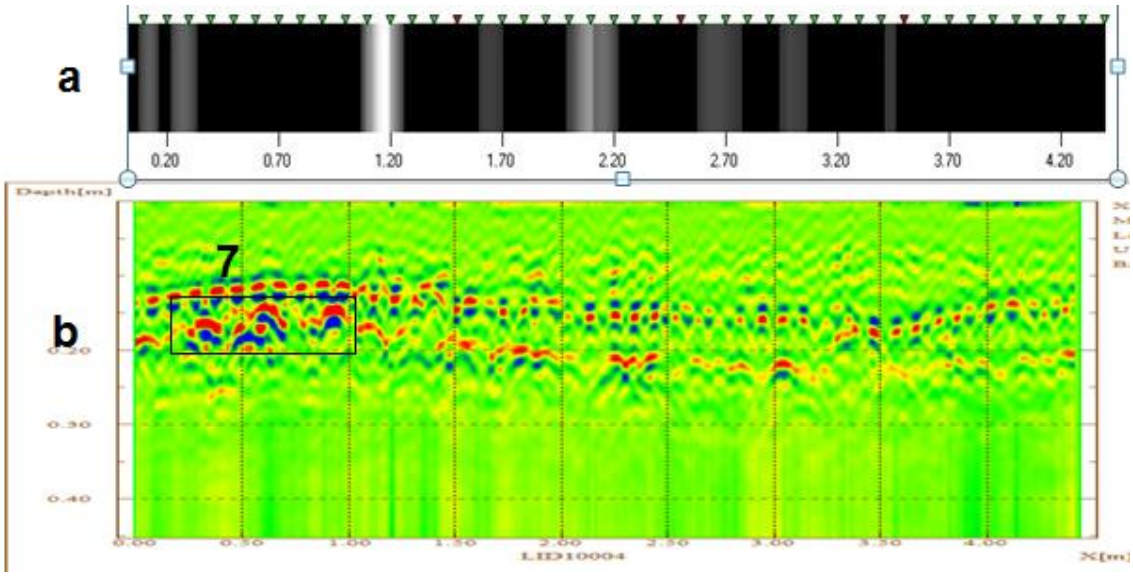


图 15.　2-T21 波纹管注浆密实度检测结果（a 为散射追踪法结果，明亮程度表示散射能量强弱，亮度越大，散射越强；b 为雷达检测结果

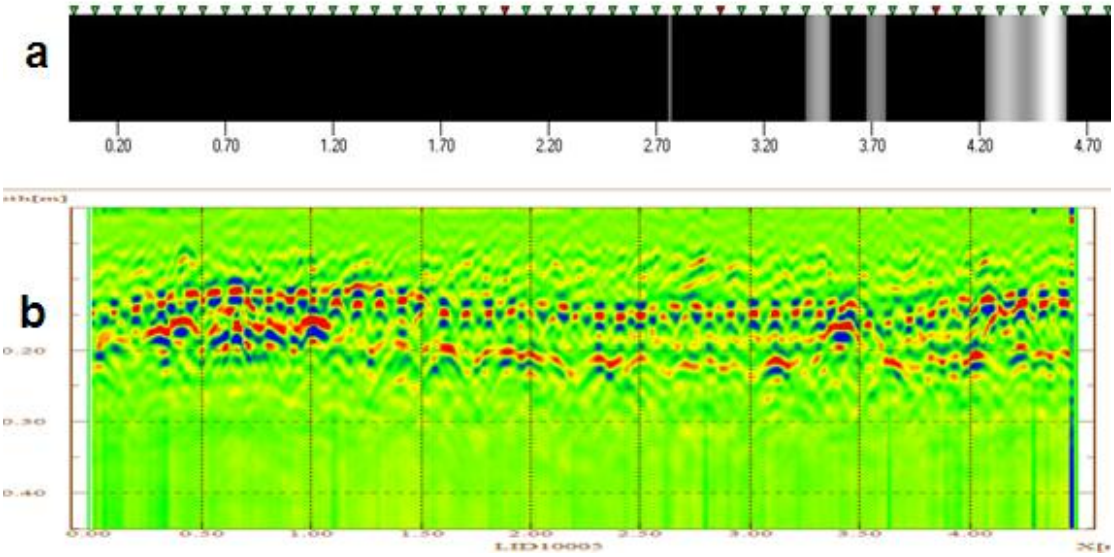


图 16.　2-T20 波纹管注浆密实度检测结果（a 为散射追踪法结果，明亮程度表示散射能量强弱，亮度越大，散射越强；b 为雷达检测结果

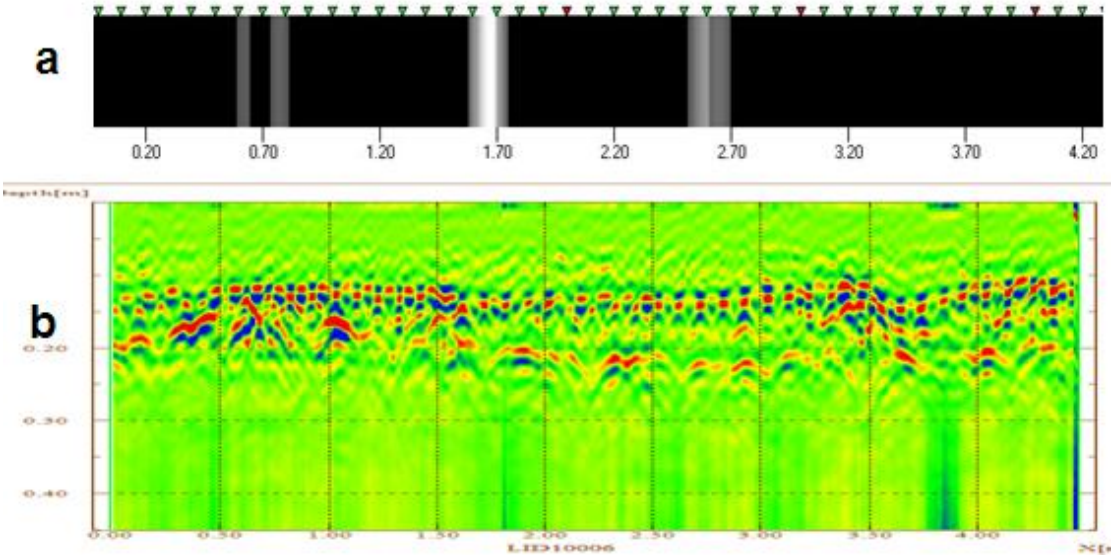
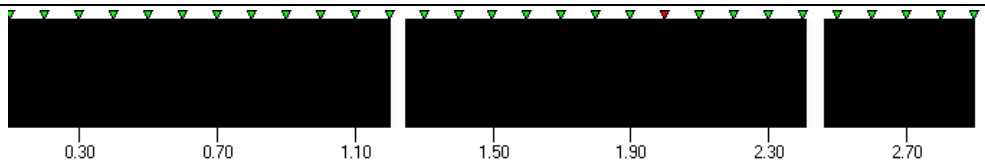
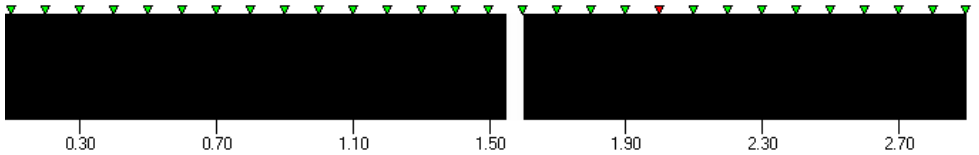
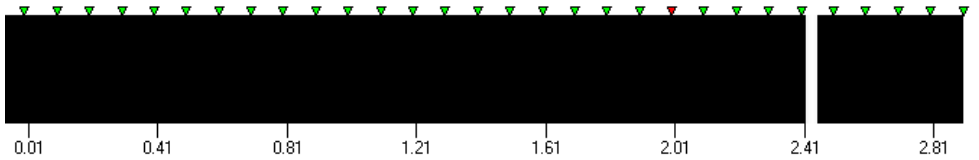
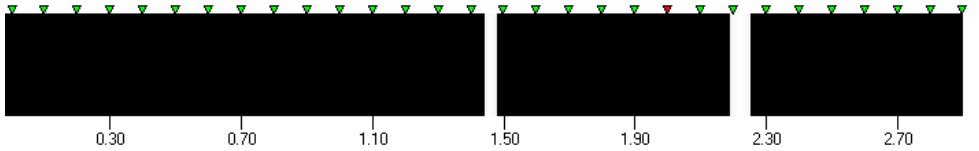
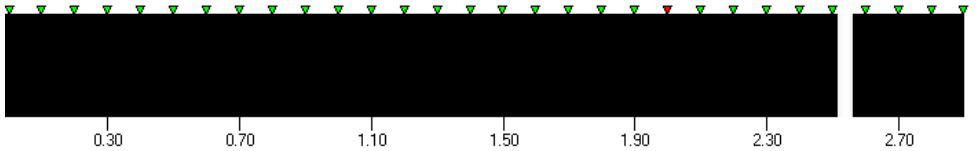
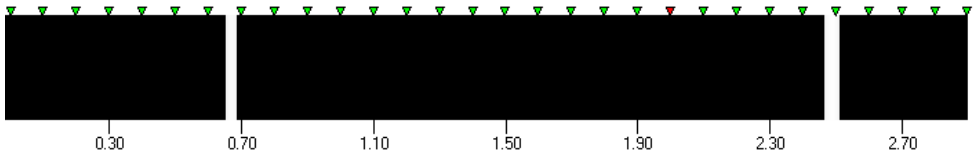
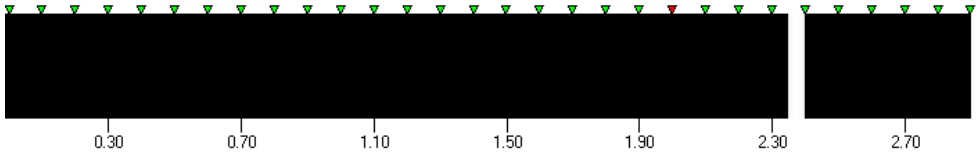
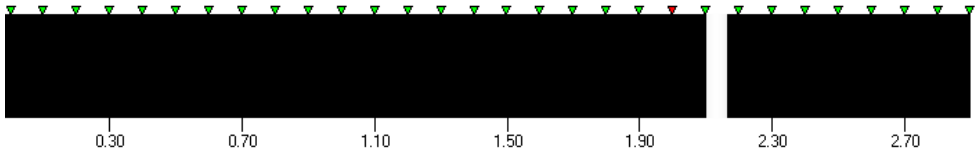


图 17.　2T18 波纹管注浆密实度检测结果（a 为散射追踪法结果，明亮程度表示散射能量强弱，亮度越大，散射越强；b 为雷达检测结果

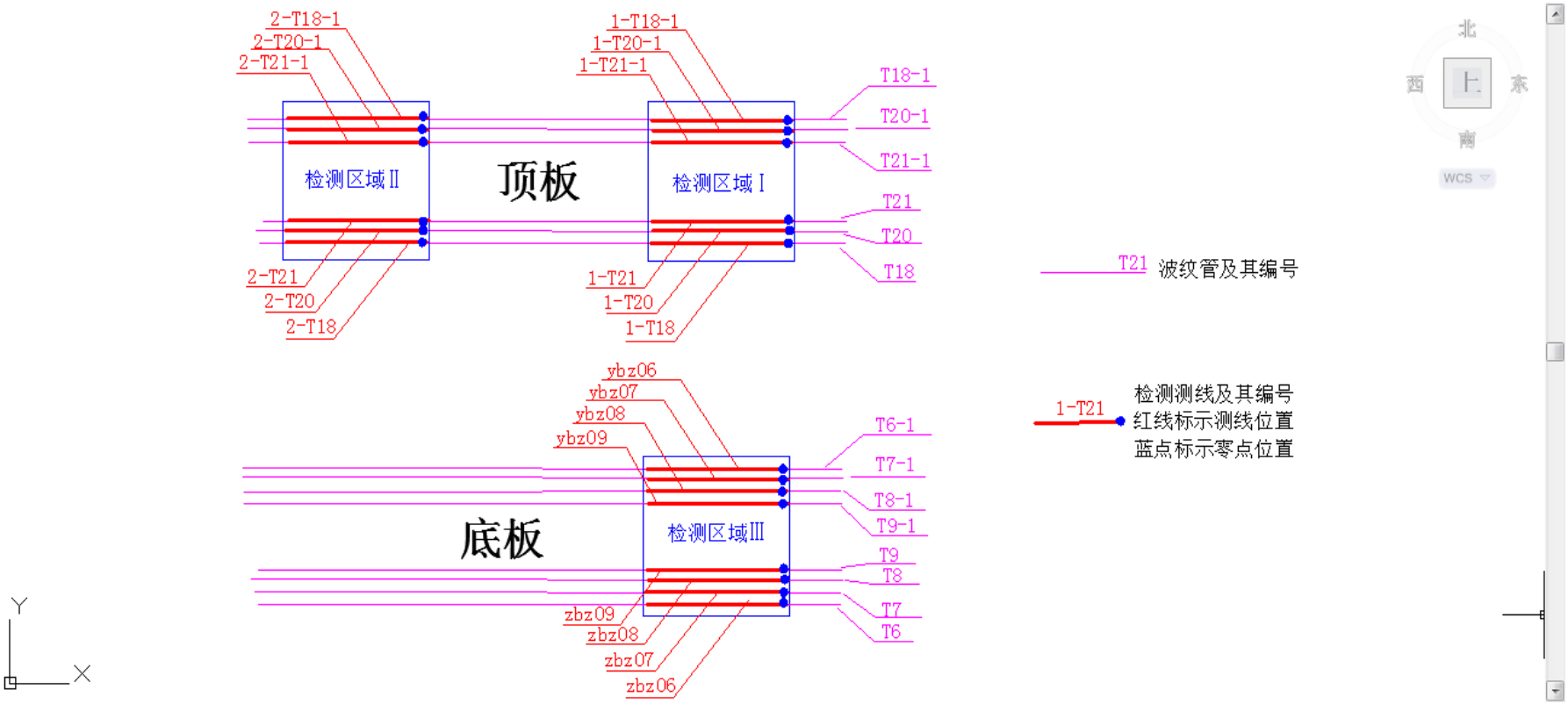
箱梁底板检测结果图：(仅使用声波散射法)

表 3. 箱梁底板波纹管检测成果

YBZ06		
YBZ07		
YBZ08		
YBZ09		
ZBZ06		
ZBZ07		

ZBZ08	 0.30 0.70 1.10 1.50 1.90 2.30 2.70	
ZBZ09	 0.30 0.70 1.10 1.50 1.90 2.30 2.70	

附图 1 测线位置示意图


2-T18-1
2-T20-1
2-T21-1
1-T18-1
1-T20-1
1-T21-1
T18-1
T20-1
T21-1
检测区域Ⅱ
顶板
检测区域Ⅰ
T21
T20
T18
2-T21
2-T20
2-T18
1-T21
1-T20
1-T18
T21 波纹管及其编号
ybz06
ybz07
ybz08
ybz09
T6-1
T7-1
T8-1
T9-1
1-T21
检测测线及其编号
红线标示测线位置
蓝点标示零点位置
底板
检测区域Ⅲ
T9
T8
T7
T6
zbz09
zbz08
zbz07
zbz06
Y
X
北
西
上
东
南
WCS

附图 2 现场工作照片