



中国科学院地质与地球物理研究所

引 xxxx 调水总干渠引水隧洞出口  
K16+775 掌子面 TST 地质超前预报报告

中国科学院地质与地球物理研究所

2010.10.20

# 目 录

一、概况.....	1
二、目的与方法.....	2
2.1、目的.....	2
2.2、方法.....	3
三、超前预报观测系统 .....	4
四、成果资料.....	6
五、结论及建议.....	9
5.1、结论.....	9
5.2 、建议.....	9
附件：现场工作照片 .....	10

## 一、概况

### 1、工程概况

引xxxx是青海省内一项跨流域大型调水工程，由石头峡水利枢纽、调水总干渠、黑泉水库、湟水北干渠、湟水南岸提灌工程组成，引大通河水穿越达坂山进入湟水流域。调水总干渠作为“引xxxx”的骨干工程，由引水枢纽和引水隧洞组成。引水隧洞进口位于青海省门源县大通河右岸，坐标  $X=4149019.800$ ， $Y=443327.267$ ，（独立坐标系），穿越达坂山，出口在青海省大通县境内的宝库河左岸，坐标  $X=4125262.355$ ， $Y=447751.187$ （独立坐标系）。隧洞长 24.166km，进口高程 2955.6m，出口高程 2941.7m，为圆形无压洞室，直径 5.5m，隧洞轴线地面高程 2943~4020m，隧洞最大埋深 1028m，平均埋深 480m，为深埋长隧洞。

据《青海省引xxxx调水总干渠工程地质勘察报告》及《青海省引xxxx调水总干渠工程初步设计报告》介绍，工程区位于青藏高原北缘的祁连地槽褶皱系内，地貌上中间为达坂山，两侧为门源盆地和宝库河盆地。地质构造单元系祁连山地槽褶皱系的北祁连优地槽褶皱带和中祁连中间褶皱带。工程区地层岩性复杂，沿引水隧洞轴线出露地层由新到老为第三系(R)、侏罗系(J)、三叠系上统第二段( $T_3^2$ )、三叠系上统第一段( $T_3^1$ )、二叠系(P)、志留系系统( $S_1$ )、奥陶系上统( $Q_3$ )、下元古界( $P_4$ )。不同时代的地层间均为断层接触或不整合接触。加里东期侵入岩主要浸入奥陶系与下元古界地层中，以中酸性岩为主。

工程区内水文地质条件复杂，沿线将遇煤系地层、区域性断裂带、涌水、高地应力、塌方等问题。

## 2、掌子面处工程地质概况

目前掌子面里程为 K16+775.3，属第二十二工程地质段。该段隧洞埋深 690~830m，处于达坂山南缘断裂带中，母岩为加里东期侵入的石英闪长岩。受构造影响石英闪长岩总体较破碎，局部为碎裂岩并伴有轻微蚀变。志留系地层分布于表层，隧洞围岩无志留系地层，地表志留系与侵入岩界面附近压性构造构造面，小断层发育，一般断层宽度 0.2~3m，断面陡倾，发育密度约 1 条/5~10。岩体较破碎，但岩石强度较高。地表露头中达坂山南缘断裂带主要由黄色碎裂岩、劈理化岩石与一系列小型断面组成。地表断层性状较好，为压扭性断裂，且沿断层带尤其是南盘有泉群出露。

据实际开挖情况揭露，该段（K16+786~K16+775）断层岩主要为糜棱岩，夹有断层泥。母岩为砾岩夹泥质粉砂岩。砾岩在热动力作用下高岭土化严重，强度极低，为极软岩，估计岩石强度低于 2Mpa，岩石用手可以掰断。岩体破碎，岩体强度极低。岩石极易软化、泥化。此段处于高地应力区，在地应力作用下易产生塑形变形，隧洞滴水，局部有线状流水。

## 二、目的与方法

### 2.1、目的

在设计图纸提供的地质资料基础上开展地质超前预报工作，预报 K16+775 段掌子面前方 100m 范围内的地质情况，探明隧道掌子面前方断层及影响带、软弱岩层的分布、节理裂隙发育带、涌突水、突泥情况、空洞等情况，判定等不良地质的位置、形式、规模及其对施工的影响程度，提出处理措施建议。

## 2.2、方法

### 2.2.1 、TST 方法原理

本次隧道内超前地质预报采用 TST 技术，TST 技术是隧道散射地震 CT 成像技术的简称，其观测系统采用空间布置，接收与激发系统布置在隧道两侧围岩中。地震波由小规模爆破产生，并由地震检波器接收。TST 可有效地判别和滤除侧面和上下地层的地震回波，仅保留掌子面前方回波，并能同时获得掌子面前方围岩的准确波速和地质体的位置图像。

当地震波传播中遇到岩石强度变化大(如物理特性和岩石类型的变化、断层带、破裂区的出现)的波阻抗界面时，部分地震波的能量被散射回来。散射信号的传播时间与散射界面的距离成正比，因此在准确获得围岩波速的情况下，能作为地质体位置的直接测量方法。

TST 资料处理过程主要包括：地震记录数据格式转换、地震记录选取、地震数据预处理、观测系统几何位置编辑、地震波场方向滤波、围岩波速分析、地质体偏移成像、综合地质解释等工作。

### 2.2.2、仪器设备

TST 系统硬件主要由地震信号采集器、地震信号记录器、检波器及联结系统、爆炸装置等几部分组成，详见 TST 系统硬件组成示意图 1。

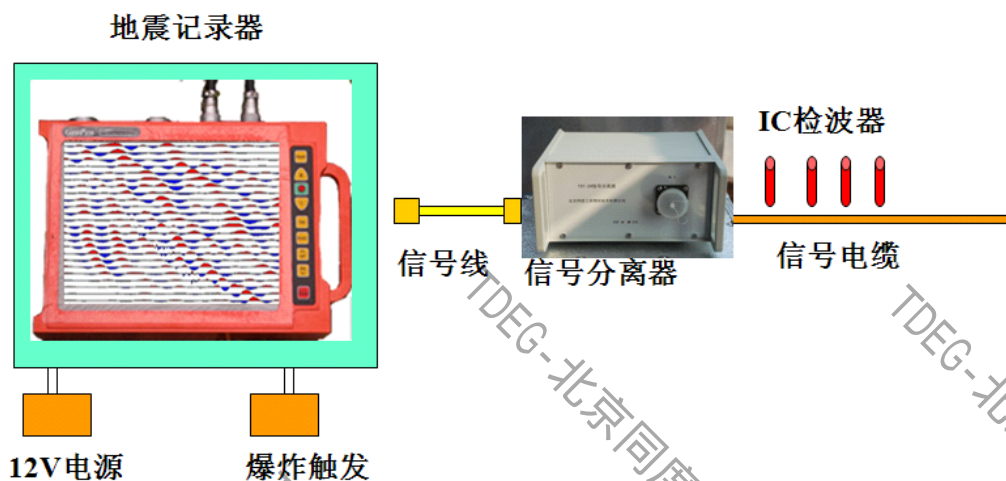


图 1 TST 系统硬件组成示意

其中地震信号采集器 12 通道，24 位 A/D 转换，最小采样间隔 25 微秒，最大采样长度 16K。检波器为内置 IC 放大器的压电晶体带阻尼检波器，频带 1Hz~1000Hz。

### 三、超前预报观测系统

本次 TBM 施工隧洞中观测条件有限。从掌子面向后，隧道洞室围岩依次被刀盘、前盾、伸缩盾、支撑盾、尾盾所遮挡，超前预报只能从尾盾后面第 1 个已安装管片处开始布置。观测所需的接收孔、激发孔可以利用管片上已有的灌浆孔。

观测方案详细内容如下：

- 1) 检波器孔位 12 个，布置在两侧壁内，每侧 6 个。从盾体后面第 1 个已安装管片开始，间隔 1 个管片（间距 3 米）；
- 2) 震源孔位 6 个，布置在两侧壁内，每侧 3 个。每侧第 1 个炮孔距最近检波器间隔 1 个管片（间距 3 米），其余 2 个间隔 11 个管片（间距 18 m）；
- 3) 为了既保证预报效果，又尽量不破坏管片，制孔方法为通过该环管片中部的灌浆孔，用  $\phi 45$  风钻打孔穿过豆砾石深入围

岩，孔深>1 米；

4) 检波器采用炮泥耦合，炮泥用黄土加止水条粘胶混合而成；

5) 震源采用乳化炸药，药量为 50g/孔，电雷管起爆，起爆器控制。为保证震源与接收同步性，触发方式采用断路触发方式；

观测布置图如下：

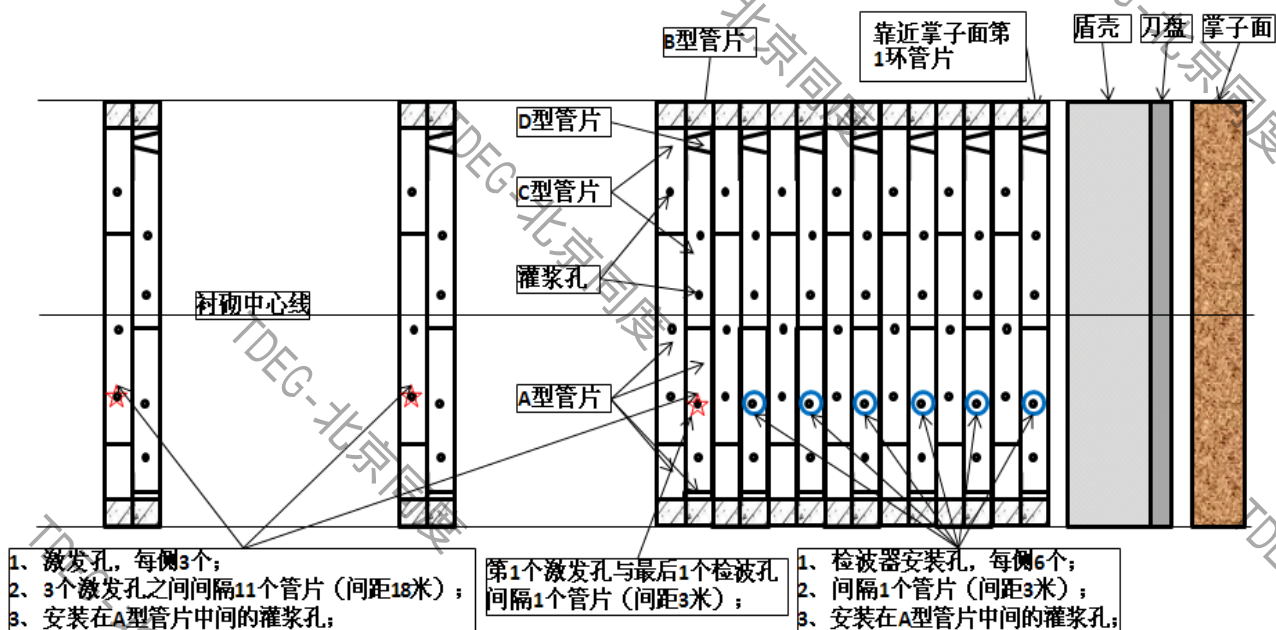


图 2、TST 在 TBM 隧洞中观测方案---纵剖面

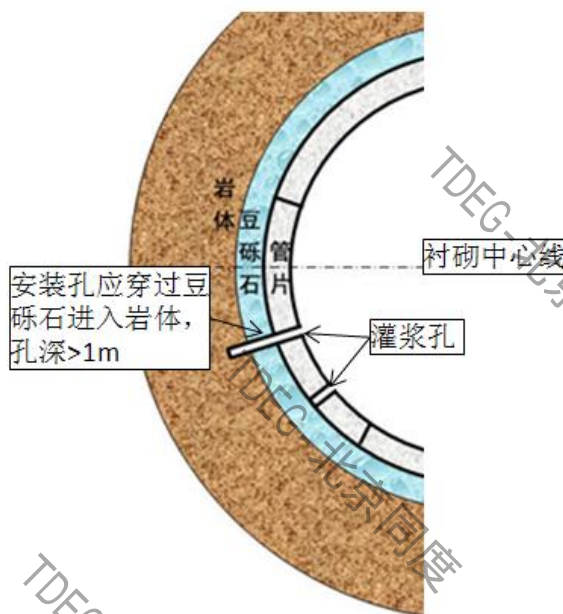


图 3、TST 在 TBM 隧洞中观测方案---横剖面

本次观测中各检波点和激发点的桩号坐标如下

桩号	X坐标	Y坐标	Z坐标
1	16847	-2.5	800
2	16829	-2.5	800
3	16811	-2.5	800
4	16808	-2.5	800
5	16805	-2.5	800
6	16802	-2.5	800
7	16799	-2.5	800
8	16793	-2.5	800
9	16793	2.5	800
10	16796	2.5	800
11	16799	2.5	800
12	16802	2.5	800
13	16805	2.5	800
14	16808	2.5	800
15	16811	2.5	800
16	16829	2.5	800
17	9	2.5	800

图 4、TST 桩坐标数据

#### 四、成果资料

外业工作结束后随即转入室内资料整理及解释工作，即时对当天采集数据进行分析、整理并检查和复核，在此基础上对所采集的数据进行综合分析、评价。TST 室内资料整理及解释主要经过地震记录选取、地震数据预处理、观测系统几何位置编辑、地震波场方向滤波和分离、围岩波速分析、地质体偏移成像、综合地质解释等过程。

本次观测共得到有效观测记录 6 炮 72 道，按上述流程处理后得到 K16+775~K16+675 段地质体偏移图像、围岩波速分布图、围岩波速曲线图如下：



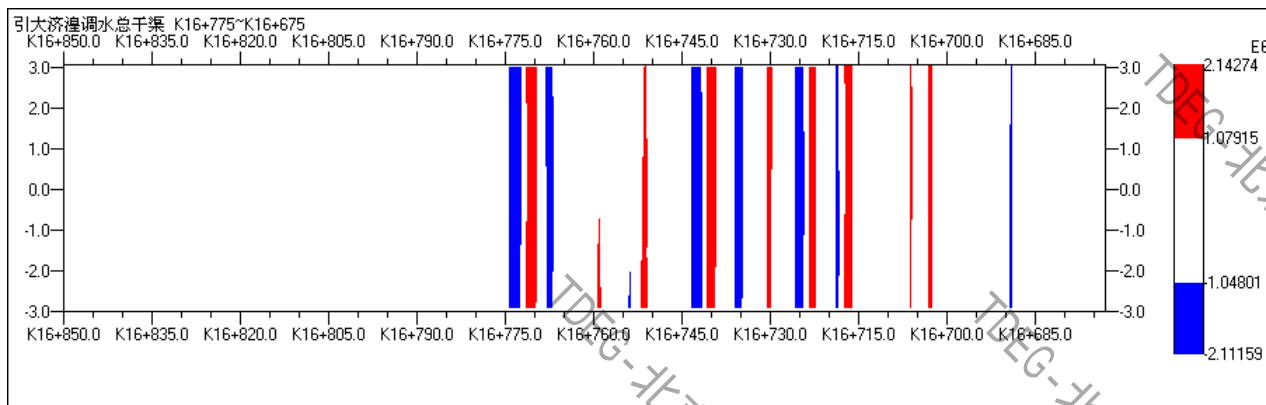


图 5 地质构造偏移成像

TST 地质构造偏移成像图解释：横坐标为隧道里程，纵坐标为隧道横向距离。蓝色条纹表示岩体由硬变软的界面，红色表示由软变硬的界面，先蓝后红的组合表明存在断裂构造带。

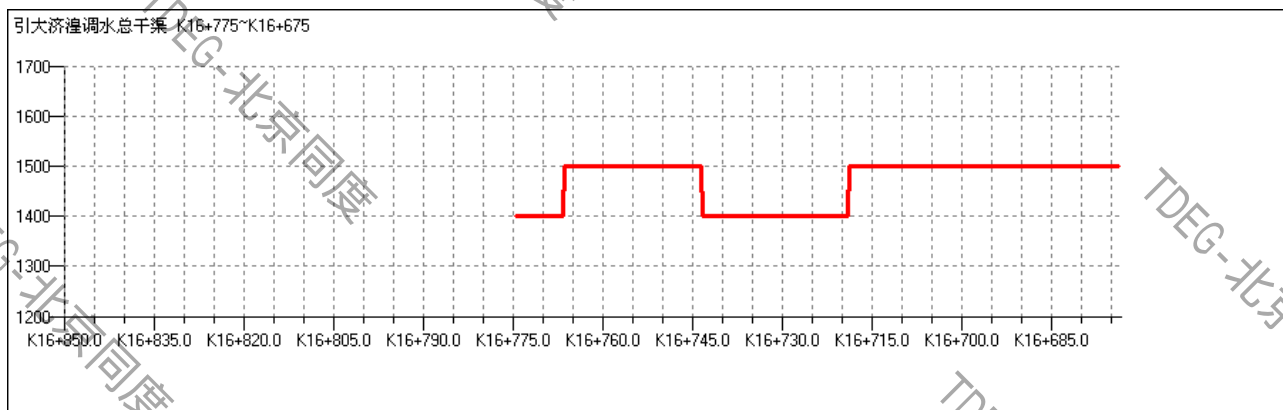


图 6 速度曲线

利用上述成果图并结合地质资料分析得出以下预报结果：引xxxx调水总干渠引水隧洞出口 K16+775~K16+675 段地质情况共分为四段：

● 第 1 段：K16+775~K16+765

该段围岩波速较低，在构造偏移图像上呈明显的蓝红蓝组合带，分析该段围岩属于断层影响破碎带，岩体极不完整，属破碎~极破碎。围岩稳定性极差，且地下水较多，表现为普遍滴水或线状流水，有发生塌方或突泥导致 TBM 卡钻的可能。

● 第 2 段：K16+765~K16+745

该段围岩波速稍高，岩体完整性和围岩稳定性稍好，地下水表现为渗水或滴水。

● 第 3 段：K16+745~K16+715

该段围岩波速较低，在构造偏移图像上呈现较复杂的兰红条纹组合。分析该段岩体极破碎，围岩稳定性极差，地下水较多，表现为普遍滴水或线状流水。有发生塌方或突泥导致 TBM 卡钻的可能。

● 第 4 段：K16+715~K16+675

该段围岩波速稍高，岩体完整性较好，围岩稳定性稍好，地下水表现为渗水或滴水。

详细情况见表 1。

表 1 TST 地质超前预报结果

桩号里程	K16+775 ~ K16+765	K16+765 ~ K16+745	K16+745 ~ K16+715	K16+715 ~ K16+675
长度 (m)	10	20	30	40
波速 ( $V_p$ ) km/s	1.4	1.5	1.4	1.5
围岩级别	V	V	V	V
地质预报结果	属断层破碎带，岩体破碎~极破碎，稳定性极差，地下水较多，呈滴水或线状流水有发生塌方或突泥导致 TBM 卡钻的可能	围岩完整性和稳定性稍好，地下水表现为渗水或滴水	岩体极破碎，围岩稳定性极差，地下水较多，呈滴水或线状流水，有发生塌方或突泥导致 TBM 卡钻的可能	围岩完整性和稳定性稍好，地下水表现为渗水或滴水

## 五、结论及建议

### 5.1、结论

本次预报引xxxx调水总干渠引水隧洞出口K16+775前方100m（K16+775~K16+675）的地质情况。该段围岩总体上处于断裂破碎带中，围岩破碎，完整性和稳定性较低，且地下水丰富，属于V级围岩。

其中在K16+775~K16+765约10m长的地段，以及K16+745~K16715约30m长的地段，由于岩体结构极破碎，且地下水丰富，发生塌方或突泥导致TBM卡钻的可能性较大。

### 5.2、建议

在掘进至K16+775、K16+745附近时应加强监控量测、地质观测和预报，根据实际情况随时调整掘进方案，必要时提前加强该段支护。

附件：现场工作照片



图7 工作照片1



图8 工作照片2