目 录

[1、前言 1](#_Toc463395330)

[1.1任务来源 1](#_Toc463395331)

[1.2隧道工程概况 1](#_Toc463395332)

[1.3隧道施工情况及断面埋设 1](#_Toc463395333)

[2、隧道施工监控量测 3](#_Toc463395334)

[2.1监控量测参考依据 3](#_Toc463395335)

[2.2监控量测的目的 3](#_Toc463395336)

[2.3监控量测内容 4](#_Toc463395337)

[2.4监控量测频率 5](#_Toc463395338)

[3、测点布置及量测方法 6](#_Toc463395339)

[3.1必测项目测点布置及量测方法 6](#_Toc463395340)

[3.2选测项目测点布置及量测方法 8](#_Toc463395341)

[4、监测仪器 13](#_Toc463395342)

[5、监测数据管理措施 14](#_Toc463395343)

[6、监测结果 15](#_Toc463395344)

[6.1洞内观察 15](#_Toc463395345)

[6.2左幅进口拱顶下沉、周边位移监测数据分析 16](#_Toc463395346)

[6.3右幅进口拱顶下沉、周边位移监测数据分析 20](#_Toc463395347)

[6.4左幅进口地表下沉监测数据分析 26](#_Toc463395348)

[6.5右幅进口地表下沉监测数据分析 27](#_Toc463395349)

[7、结论 28](#_Toc463395350)

[8、建议 29](#_Toc463395351)

1工程概况

保山至泸水高速公路地处云南省西北部，路线走向总为由东向西北方向布设。路线起于保山市隆阳区老营，经过隆阳区瓦房乡、怒江州泸水县上江乡，止于怒江州泸水县六库镇。

老营特长隧道垂直横穿怒江山脉，位于构造侵蚀高中山山地地貌单元内，高差起伏大。该段内地层岩性主要为寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系粉砂岩、砂岩、页岩为主。其为一座分离式隧道，左幅隧道起讫里程为ZK1+550～ZK12+980，长11430m，最大埋深约为1247m；右幅隧道起讫里程为K1+435～K12+955，长11520m，最大埋深约为1252m。

监控量测工作起迄日期为（2016.03.28～2016.4.28），隧道左、右幅进口施工情况见表1，隧道左幅进口监测断面布设情况见表2；隧道右幅进口监测断面布设情况见表3。

# 2检测内容

1、喷射混凝土厚度；

2、喷射混凝土背后可能存在的空洞及回填密实度情况；

3、隧道钢支撑数量及间距。

# 3检测仪器

本次检测使用的仪器为美国劳雷地质雷达（见表1）。

表1 主要仪器设备一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 设备型号 | 设备编号 |
| 1 | 地质雷达 | SIR-3000 | JCSD-605-02-0327 |
| 2 | 天线 | 900MHz | JCSD-605-02-0328 |

# 4检测依据及解释依据

## 4.1检测依据

（1）《云南保山至泸水高速公路控制性工程勘察试验段隧道超前预报、监控量测及质量检测JC-1标段合同协议书》 ；

（2）《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1－2004）；

（3）《公路隧道施工技术规范》（JTG F60－2009）；

（4）《老营特长隧道设计、变更资料》 ；

（5）老营特长隧道右幅进口复合初期支护参数见表2。

表2 老营特长隧道右幅进口复合初期支护参数表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **里程** | **围岩级别** | **支护类型** | **喷射混凝土厚度(cm)** | **钢支撑间距(cm)** | **备注** |
| K1+448-K1+460 |  | SFma | 进口明洞 | |  |
| K1+460-K1+490 | Ⅴ级 | SF5c | 27 | 60 | 本段变更：支护类型SF5d；喷射混凝土厚度27cm；钢支撑间距50cm |
| K1+490-K1+550 | Ⅴ级 | SF5c | 27 | 60 |  |

注：深阴影段为已检测段，浅阴影部分含本次检测段。

## 4.2解释依据

检测区域地球物理特征是雷达检测成果解释的重要依据。

检测区域内各目标物的地球物理特征决定了电磁波在其中传播的形态，电磁波的反射、折射及透射随不同的传播媒介呈现出不同的形态，其中，目标物的介电常数是雷达数据解释的重要依据，介电常数差异形成的电磁波反射特征正是划分喷射混凝土结构与围岩层面及找出隧道喷射混凝土结构内部缺陷的主要依据。空洞、超挖后回填不实（喷射混凝土与围岩间）、填充欠实、围岩富水、层间积水、围岩扰动等缺陷与水、空气的存在密切相关。

一般隧道喷射混凝土及二次衬砌混凝土施工质量检测中各种常见目标物的介电常数见表3。

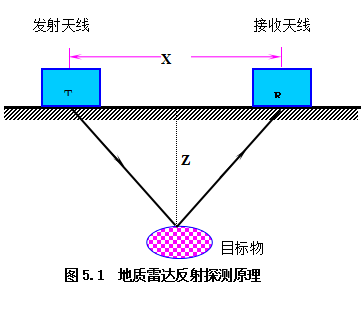
表3 常见目标物介电常数

|  |  |
| --- | --- |
| **目标物** | **介电常数** |
| 空 气 | 1 |
| 水 | 81 |
| 混凝土 | 6~11 |
| 围 岩 | 5~9 |

# 5工作原理与检测方法

## 5.1工作原理

地质雷达是一种电磁探测技术，利用主频为数十兆赫至千兆赫波段的电磁波，以宽频带短脉冲的形式，由地面通过天线发射器（T）发送至地下，经地下目的体或地层的界面反射后返回地面，为雷达天线接收器（R）接收，其工作原理如图5.1。

脉冲波的行程为： 



式中：

t ——脉冲波走时（1ns=10-9s）

z ——反射体深度（m）

x ——T与R的距离（m）

v ——雷达脉冲波速（m/s）

地质雷达的天线发射及接收器有单置式和双置式之分，单置式为发射与接收器同置一体，双置式为反射与接收分体。

## 5.2检测方法

**a、定位方法**

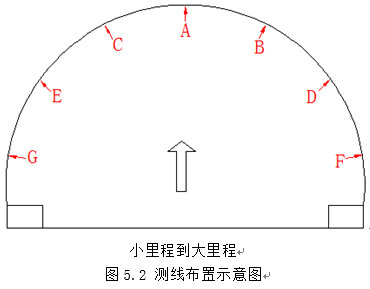
根据现场情况，采用人工打标定位方式，现场检测时，每隔5m进行标记，当天线中心通过标记点时进行标记定位。

**b、相对介电常数选定**

根据现场对喷射混凝土的厚度标定计算结果，相对介电常数采用5.8。

## 5.3测线布置

根据老营特长隧道右幅喷射混凝土检测的要求，以隧道拱顶为中心，布置测线间距均为2m，共布置7条测线（A、B、C、D、E、F、G），测线沿隧道走向方向布置，如图5.2所示。



# 6隧道喷射混凝土检测结果

依据《公路隧道施工技术规范》（JTG F60－2009），隧道喷射混凝土厚度评估参数参照表8.9.1喷射混凝土支护施工质量标准中检查项目第2、3项要求（见表4）：

表4 喷射混凝土支护施工质量标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **项次** | **检 查 项 目** | **规定值或允许偏差** | **检查方法和频率** |
| 1 | 喷射混凝土强度 | 在合格标准内 | 按附录C检查 |
| 2 | 喷射厚度 | 平均厚度≥设计厚度；检查点的90%≥设计厚度；最小厚度≥0.5设计厚度，且≥50mm | 凿孔法或雷达检测仪：每10m检查一个断面，每个断面从拱顶中线起每3m检查1点 |
| 3 | 空洞检测 | 无空洞、无杂物 | 同上 |

## 6.1喷射混凝土厚度检测结果

本次通过雷达法对老营特长隧道右幅进口K1+484～K1+535段喷射混凝土厚度检测，检测结果见表5。

表5 喷射混凝土厚度检测结果统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **断面里程** | **喷射混凝土设计厚度(cm）** | **实测厚度（cm）** | | | | | | | **最大厚度(cm)** | **最小厚度(cm)** | **平均 厚度(cm)** | **测点大于等于设计厚度的百分比** |
| **G** | **E** | **C** | **A** | **B** | **D** | **F** |
| 1 | K1+485 | 27 | 29 | 28 | 29 | 27 | 27 | 29 | 28 | 38 | 26 | 30 | 98.6% |
| 2 | K1+490 | 28 | 27 | 28 | 32 | 29 | 33 | 30 |
| 3 | K1+495 | 27 | 29 | 28 | 27 | 34 | 35 | 28 |
| 4 | K1+500 | 28 | 29 | 27 | 28 | 29 | 36 | 29 |
| 5 | K1+505 | 28 | 28 | 29 | 30 | 28 | 35 | 33 |
| 6 | K1+510 | 27 | 26 | 28 | 28 | 29 | 32 | 29 |
| 7 | K1+515 | 29 | 28 | 27 | 28 | 28 | 29 | 27 |
| 8 | K1+520 | 28 | 27 | 28 | 28 | 27 | 28 | 28 |
| 9 | K1+525 | 32 | 28 | 38 | 29 | 31 | 33 | 29 |
| 10 | K1+530 | 31 | 28 | 29 | 36 | 34 | 31 | 35 |
| 11 | K1+535 | 32 | 27 | 34 | 31 | 31 | 31 | 28 |
| 每条测线平均厚度 | | | 29 | 29 | 30 | 29 | 30 | 30 | 29 |

## 6.2喷射混凝土缺陷检测结果

本次通过雷达法对老营特长隧道右幅进口K1+484～K1+535段的喷射混凝土施工质量检测，检测结果显示K1+484～K1+535段测线范围内未发现明显缺陷（见表6）。

表6 喷射混凝土支护施工质量缺陷分布统计表

| **序号** | **测线位置** | **起止里程** | **缺陷长度（m）** | **缺陷类型** | **位置深度(cm)** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| / | / | / | / |  | / | / |

## 6.3钢支撑检测结果

依据《公路隧道施工技术规范》(JTG F60－2009)，隧道钢支撑支护评估参数参照《钢架支护施工质量标准》表8.9.4中检查项目第1项要求（见表7）：

表7 钢架支护施工质量标准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **项次** | **检 查 项 目** | | **规定值或允许偏差** | **检查方法和频率** |
| 1 | 安装间距(mm) | | ±50 | 尺量：每榀检查 |
| 2 | 保护层厚度（mm） | | 满足设计要求 | 凿孔检查：每榀自拱顶每3m检查一点 |
| 3 | 倾斜度（°） | | ±2 | 测量仪器检查每榀倾斜度 |
| 4 | 安装偏差(mm) | 横向 | ±50 | 尺量：每榀检查 |
| 竖向 | 不低于设计高程 |
| 5 | 拼装偏差(mm) | | ±3 | 尺量：每榀检查 |

表8 钢支撑支护检测结果统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **里程** | **围岩级别** | **支护**  **类型** | **钢支撑设计榀数** | **钢支撑实测榀数** | **钢支撑设计间距（cm）** | **实测平均间距（cm）** |
| 1 | K1+484～+490 | Ⅴ级 | SF5d | 12 | 12 | 50 | 50 |
| 2 | K1+490～+535 | Ⅴ级 | SF5c | 75 | 75 | 60 | 60 |

# 7结论

1、依据《公路隧道施工技术规范》(JTG F60－2009)表8.9.1第2项要求，对老营特长隧道右幅进口K1+484～K1+535段喷射混凝土检测：平均厚度30cm≥设计厚度27cm；检查点数的98.6%≥设计厚度；最大厚度38cm，最小厚度26cm≥0.5倍设计厚度，且≥50mm。检测结果满足设计和规范要求，评定为合格。

2、依据《公路隧道施工技术规范》（JTG F60－2009）表8.9.1第3项要求，老营特长隧道右幅进口K1+484～K1+535段测线范围内未发现明显缺陷，检测结果满足设计和规范要求，评定为合格。

3、依据《公路隧道施工技术规范》(JTG F60－2009)表8.9.4第1项要求，对老营特长隧道右幅进口K1+484～K1+490段钢支撑安装数量及间距检测：设计间距50cm，实测平均间距50cm；设计榀数12榀，实测榀数12榀；K1+490～K1+535段钢支撑安装数量及间距检测：设计间距60cm，实测平均间距60cm；设计榀数75榀，实测榀数75榀，检测结果满足设计和规范要求，评定为合格。

8、监测结果

8.1必测项目监测结果

### 8.1.1洞内观察

结合现场施工情况，本月老营特长隧道左幅ZK1+890～ZK1+960、右幅K1+870～K1+930段均未发现喷射混凝土开裂、脱落、掉块、渗水及其它特殊情况。

8.2选测项目监测结果

为叙述方便，在以下报告中对围岩与初期支护间压力、锚杆轴力、围岩内部位移、钢支撑轴力、二次衬砌混凝土应力数值的符号作了统一的规定：“+”表示围岩与初期支护受压，锚杆轴力受拉，围岩内部位移计受拉围岩向外位移，钢拱架钢筋受拉，二次衬砌混凝土应力受拉；“-”则反之。

### 8.2.1隧道左幅监测成果及数据分析

（1）钢支撑轴力

对监控量测所获得的轴力数据，归纳分析，ZK1+700初期支护中钢支撑目前最大受力数据见表29，时间曲线图见图39。

9、结论

根据监控量测数据结果分析判断：

1)老营特长隧道左幅进口，ZK1+558～ZK1+594段各监测断面变形速度及累计变形值较小，累计变形值U0＜Un／3，各断面已基本稳定，可进行下道工序施工；ZK1+610、ZK1+623两个监测断面变形速度及累计变形值较小，累计变形值U0＜Un／3，由于时态曲线呈缓慢上升趋势，需继续监测。

2)老营特长隧道右幅进口, K1+466～K1+540段各监测断面变形速度及累计变形值较小，累计变形值U0＜Un／3，各断面已基本稳定，可下道工序施工； K1+556监测断面变形速度及累计变形值较小，累计变形值U0＜Un／3，由于时态曲线呈缓慢上升趋势，需继续监测。

3)老营特长隧道左幅进口地表下沉ZK1+550各监测点变形速度及累计变形值变化较小，各测点已趋于稳定。

4) 老营特长隧道右幅进口地表下沉K1+470各监测点变形速度及累计变形值变化较小，各测点已趋于稳定。

10、建议

1)建议施工时采用“短进尺、弱爆破、及时支护、勤量测、快循环”的施工原则，严格按照设计要求及施工规范施工，以确保隧道施工安全；

2)严格控制超前导管注浆质量，做到各施工工序衔接及时，严格控制系统锚杆及锁脚锚杆施工质量；

3) 施工过程中注意对监控测点的保护，确保监控量测数据的延续性，保证测量结果的有效性。