

# 红外技术在开挖隧道岩溶探测和预报中的应用

雷中成

西华大学 四川 成都 610039

**【摘要】**在道路工程建设过程中,经常需要开挖隧道。当遇到破碎带、断层、暗河等特殊地质条件时,隧道开挖操作就有可能在极短的时间内导致山体的力学结构发生质变,从而引发严重的安全事故和经济损失。从2001年的圆梁山隧道工程起,我国隧道工程中开始大规模使用红外探测技术进行地质探测和预报,取得了稳定、优异的探测效果。本文主要介绍红外探测技术在隧道工程中的应用。

**【关键词】**红外技术;隧道;岩溶探测

## 引言

我国既是领土大国,也是全世界地形地貌最为复杂的国家。在道路工程建设过程中,经常需要开挖隧道。由于技术条件的限制和勘探数据的缺乏,施工人员对于隧道经过的山体内部地质状况往往知之甚少,只能随着隧道施工的逐步推进,临时采取随机应变的技术措施。

然而,当遇到破碎带、断层、暗河等特殊地质条件时,隧道开挖操作就有可能在极短的时间内造成山体的力学结构发生质变,从而引发严重的安全事故和经济损失。由此,临时的应对措施将很难奏效;而且事故一旦发生,后续的重建工作也将面临更大的安全隐患和施工困难,严重情况下甚至会导致整个工程项目都无法继续开展。

不过,随着技术的不断进步,在现代的隧道工程中,我们已经拥有了许多先进的岩溶探测手段,可以较好地探测出隧道周围的不良地质情况。常用的探测手段主要包括红外探测法、电探测法、地震波法等。本文主要介绍红外探测技术在隧道工程中的应用。

## 一、红外探测技术的原理

宇宙中的所有物质都在发生不断地运动,山体地质结构中的物质也不例外。由于分子结构和晶体结构的不同,每种不同物质中的分子运动和晶格运动频率也存在较大差异。不同频率的分子运动和晶格运动,会产生强度各异的红外辐射场,特别是固态物质与液态物质的红外辐射场差异更为显著。因此,在隧道工程建设过程中,只要采用红外探测仪对隧道周围地带的红外辐射场情况进行探测,并将探测结果与正常山体的红外辐射场进行对比分析,就可以判断出隧道周围山体内部是否存在暗河、破碎带等不良地质条件,并预测不良地质条件的分布范围,为接下来的隧道施工操作提供参考。

## 二、红外探测技术的应用情况

红外探测技术在西方国家发展起步较早,在上世纪六十年代已经用于军事领域,随后开始引入煤矿生产行业并逐步发展成熟。从2001年的圆梁山隧道工程起,我国隧道工程中开始大规模使用红外探测技术进行地质探测和预报,取得了稳定、优异的探测效果。红外探测技术的主要优势在于操作方法简单、适应性强,无需对操作人员进行专业培训。探测过程耗时短,无需经过漫长的调试过程,基本不影响正常施工进度。探测完成后的数据分析处理也比较方便,同时数据准确率高于其他探测方法。

我们综合分析了2001年至今的10处隧道工程红外探测情况,结果显示红外探测技术对隧道周围20m范围内是否存在水体的判断准确率达到79.4%,对隧道周围30m范围内是否存在水体的判断准确率达到87.1%;对隧道周围20m范围内是否无水的判断准确率达到97.2%,对隧道周围30m范围内是否无水的判断准确率达到89.8%。除此之外,红外探测技术还可以通过水体分布情况,间接地判断出隧道周围的破碎带、断层等其他不良地质情况,特别是在湖北利川市齐岳山隧道、湖北黄冈市长乐山隧道等工程项目中,发挥了极为重要的地质探测和预报作用。

## 三、红外探测技术的操作方法

红外探测技术是一种非接触探测技术,探测时的操作方法极为简单。在进行探测时,首先要在隧道边墙和前方断面上确定好探测点,然后再用激光器瞄准探测点,然后扣动红外探测仪上的扳机,就可以读取该探测点上的红外探测值。读取探测值后做好记录,就可以进入下一个探测点,最终完成对整个隧道周围和前方地带的探

测工作。

### （一）隧道周围的探测方法

一般而言，隧道周围靠后地带的地质情况已经比较稳定，不会再影响到前方的施工操作。因此，我们只需要对隧道周围靠近前方断面的位置进行探测，即可有效排除施工风险。<sup>[1]</sup>

以前方断面为起点，隧道周围应当布置至少 12 个探测位置，每个探测位置之间距离最多不超过 5 米。对每个探测位置要进行详细编号，以便后期查阅数据。在每个探测位置上，要分别向左边墙中心位置、左拱脚中心位置、右边墙中心位置、右拱脚中心位置、拱顶中心位置、隧道底部中心位置各探测两次，并对两次探测数据取平均值进行记录。每完成一个探测点的探测工作后，再进入下一个探测点进行探测，直至 12 个探测点全部完成。

在探测过程中，若发现某个位置上有水体存在，还应当根据具体情况增设更多探测点，确保覆盖该处水体的分布范围。对每一处水体的分布情况要做好详细记录。无论是自然形成的水体，还是施工过程中造成的积水，都要做好探测并进行记录。

### （二）隧道前方断面的探测方法

当山体地质结构较为软弱、破碎时，仅仅探测隧道周围的地质情况就无法充分排除施工安全风险。此时，就应当对隧道前方断面进行红外探测。对隧道前方断面进行探测时，一般在断面上布置约 20 个探测点，由于大多数隧道的高度大于宽度，因此探测点可以布置为 4 行 × 5 列的形式。若隧道断面的形态特殊，还可根据具体情况进行适当调整。在每个断面处，只需对断面上的探测点进行逐一探测，就能够较好地掌握隧道前方的地质情况。

随着工程进度的不断推进，隧道前方断面也在不断向前推进。山体中的红外分布情况存在一定的规律性，因此每个断面上的探测点位置应当保持平行状态，以便对不同断面上的数据进行对比分析和总结。在连续探测多个断面后，我们可以根据各断面上的探测数据总结出正常山体断面处红外辐射场分布的大致规律。这样，在后期探测时，只需要将探测数据与正常数据进行简单对比，就可以判断出不良地质情况。

## 四、红外探测技术的优势与不足

红外探测技术的主要优势在于探测速度快、操作简单，探测操作可以与正常施工操作同时进行，不影响正常施工进度。后期数据分析也同样简单快捷，数据准确度也高于其他探测方法，特别是对于水体分布的判断准确率极高。同时，红外探测技术的成本相对较为低廉，

探测仪器也较为轻便，与地震波探测、雷达探测等其他技术相比，具有更高的灵活性。

但与此同时，红外探测技术也存在一些不容忽视的缺陷。首先，红外探测仪的探测效果受隧道内外的温度、湿度差异影响较大。有时在施工前期得到的正常山体数据，原本可以较好地用于进行探测分析。但进入施工后期时，由于隧道内部环境发生变化，此时若继续使用施工前期的数据进行对比，就会造成判断失误。所以这时需要对山体进行再次测试。

其次，红外探测仪的探测范围较为狭窄，一般只能判断隧道周边 30m 范围内的地质构造情况，远小于地震波探测、雷达探测等其他技术所能达到的探测范围。同时，红外探测技术虽然能够判断出隧道周围是否存在隐藏水体，但却无法探测出水体的分布量、压力、水质等具体信息；对于这类信息，只能凭借数据对比和实践经验进行粗略推测。而对于破碎带、断层等其他不良地质情况，也无法利用红外探测技术直接进行探测，只能根据水体分布情况进行间接推测。

红外探测仪的探测效果有时还会受到施工现场中一些杂物的影响，例如探测点附近的灯泡、烟头、水、风筒等，都有可能造成探测数据出现误差，进而导致施工技术人员做出错误的判断。因此，在进行红外探测时，应当注意在探测现场移除这类杂物，并保证地面的干燥清洁。<sup>[2]</sup>

## 五、减少红外探测误差的方法

施工现场的许多操作都有可能对红外探测结果出现误差，即使排除不当操作后，依然存在一些无法避免的数据畸变情况。我们可以采用适当的技术手段，减少数据畸变对地质情况探测的影响。

### （一）混凝土放热造成的误差

在隧道施工过程中，对于隧道边墙、拱顶等结构一般采取的都是混凝土喷射施工法。在混凝土喷射完成后一段时间内，由于混凝土快速发生固结降温，会释放出较多的热量。若此时对隧道周边进行红外探测，就会导致红外数据受到混凝土放热的影响，出现异常偏大。

由于混凝土放热只会影响到施工刚刚完成的特定结构，其对探测数据的影响也仅限于该结构上的探测点；而水体对红外数据的影响则不会仅限于某个探测点。因此，我们可以将不同探测点上的数据进行对比分析，若某一个探测点上出现了异常偏大的数据，就极有可能是由于混凝土放热造成的数据畸变。此时还可以结合探测点上的潮湿、漏水等情况进行判断，若没有出现潮湿、漏水，则基本可以肯定是数据畸变、而非真实存在隐藏水体。

## （二）施工现场环境潮湿造成的误差

在使用矿山法进行隧道施工时，需要在隧道的掌子面上不断开凿炮孔，而后进行洗孔作业时，又会产生大量的水汽，造成隧道内部湿度偏高。随着施工进度的逐步推进，隧道越来越深，通风条件也逐渐恶化，此时隧道内部聚积大量的水汽，严重干扰红外探测数据。

对于这类情况，我们在进行探测时不能简单地将前期正常数据与后期探测数据进行对比，而应当对每个探测位置上6个不同方向的探测数据进行比较。由于隐藏水体一般不会均匀地分布在6个不同方向上，因此需要注意6个探测点上的探测数据曲线要大体保持一致，同时边墙、拱顶表面没有聚积大量水分，就说明隧道周边应当没有出现隐藏水体。

## （三）施工现场杂物造成的误差

施工现场布置的灯泡、风筒等杂物也有可能造成红外探测数据发生畸变。这类畸变一般只出现在个别探测点，会造成该探测点与其他探测点之间产生严重的数据分歧。对于这类情况，应当找到该探测点附近的杂物并

将其移除，然后再重新进行探测，以排除数据误差。<sup>[1]</sup>

## 结语

不同频率的分子运动和晶格运动，会产生强度各异的红外辐射场。因此，在隧道工程建设过程中，只要采用红外探测仪对隧道周围地带的红外辐射场情况进行探测，就可以判断出隧道周围山体内部是否存在暗河、破碎带等不良地质条件。红外探测技术是一种非接触探测技术，探测时的操作方法极为简单，主要的技术要点在于探测点的布置和减少数据误差的影响。

## 【参考文献】

- [1] 袁宗征,刘苗,王双超,邓新.红外探测技术在大坪山隧道岩溶预报中的应用[J].公路,2015,60(05):242-245.
- [2] 康海波,郭新明,陈先国,李欣旺.红外探测技术在岩溶富水公路隧道中的应用[J].公路交通科技(应用技术版),2014,10(05):182-184.
- [3] 安辉.红外探测技术在隧道超前地质预报中优、缺点探讨[J].铁道标准设计,2014,58(03):101-104.