

# 红星隧道水文地质特征及突涌水危险性评价

祝爱明 付俭根

江西省核工业地质调查院 江西 南昌 330008

**[摘要]**基于红星隧道工程地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质等条件的研究,进行了隧址区水文地质特征研究。在此基础上对隧道进行了涌水量预测以及突涌水危险性评价。评价结果表明,总体上隧道处于中危险等级,且隧道的突涌水风险主要有地质构造控制。研究成果可为类似地质条件的隧道突涌水防治提供参考。

**[关键词]**隧道;水文地质特征;突涌水危险性评价

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6288.2020.02.1451

## 前言

随着经济的发展,一大批地况复杂的交通隧道及水利水电等工程建设迅猛发展,高风险深长隧道的建设数量越来越多,这些区域地质构造作用强烈,水文地质条件复杂。据前人研究统计,在国内外隧道特重大事故中,隧道突涌水发生次数、死亡人数均居于前列,为隧道勘察设计和施工中最具危害性的地质灾害之一。因此,对隧道进行水文地质特征及突涌水危险性评价研究,对隧道勘察选线设计、施工以及后期的安全运营都有非常重要的工程实际意义。

红星隧道位于江西省崇义县东北侧,隧道长达4500 m,属公路特长隧道。隧道路线与两个断层斜交,且发育有此生断裂,致使隧道出洞口附近岩体破碎。断层使得岩层发生错动、挤压、张扭等运动,隧道也揭露出多个破碎带,赋存有丰富的地下水,可能会造成严重的突涌水灾害。本文以红星隧道为工程案例,探讨分析隧道地形地貌、底层岩性、地质构造、水文地质特征以及地下水的补、径、排条件。在此基础上,开展隧道的突涌水危险性评价,为类似地质条件的深长隧道突涌水防治提供借鉴。

## 1 工程地质概况

### 1.1 地形地貌

研究隧道所属区域地形地貌以低山丘陵地貌为主,区内山脉总体呈多呈西向东走向伸展,隧道斜穿的丘陵山体,隧道穿越段沿洞轴线地面标高约为330~790m之间,相对高差约350m,地形起伏较大,山势陡峭,隧道进洞口自然坡度为25~50°不等,出洞口自然坡度为15~45°不等。

### 1.2 地层岩性

根据现场地质调查,结合区域资料,隧址区主要地层为泥盆系中统(D<sub>2</sub>)砂岩、加里东期侵入岩浆岩( $\eta\gamma_3^{3-2a}$ )。结合钻孔资料分析,在钻孔揭露范围内隧道区址地层主要为第四系(Q)松散岩层及泥盆系(D<sub>2</sub>)碎屑岩、加里东期侵入岩浆岩( $\eta\gamma_3^{3-2a}$ )及风化层。

### 1.3 地质构造

根据区域地质资料分析,本路线段所处区域位于南岭东西向构造带东段北侧与诸广山南北向构造带南段的复合部位,地处万洋山—诸广山拗褶断带内次级北北东向复式向斜的东翼,为单斜构造;区域内曾经历多旋回构造运动,褶皱断裂发育,岩浆活动频繁。形成了大量的断层、破碎带,隧道工程穿越多条断层、破碎带,区域地质构造作用强烈,

隧洞周围岩体较破碎,节理裂隙发育,不利于隧道围岩的稳定。但区内未见活动性断裂,地质构造作用相对稳定。

## 2 水文地质条件

隧址区无大的地表水系,主要为山谷冲沟内雨季暂时性汇聚水流。隧址区局部基岩裸露地表,各类型地下水的埋藏、分布、富水性受地质构造、地形地貌、岩性及裂隙发育程度控制。

### 2.1 含水层的划分及富水性

区内主要有碎屑岩夹碳酸盐岩溶隙溶洞水、基岩裂隙水、松散岩类孔隙水三种主要地下水类型,下面分别对其进行阐述:

#### (1) 松散岩类孔隙含水岩组

主要赋存于调查区内冲沟及山谷地带的碎石层之中,地下水与地表水联系密切。隧址区内的溪沟规模较小,河床纵坡度大,旱季多干涸,因此该含水岩组在隧址区内富水性弱,与隧道联系不大。

#### (2) 碎屑岩夹碳酸盐岩溶隙溶洞含水岩组

隧址区仅在坑尾店、茂墩周边的罗段组分布区夹5~6层深灰色中厚层状砂质白云岩,这些地层可溶岩所占比例较低,该砂质白云岩岩溶发育较差,偶见溶孔、溶隙,溶洞极为罕见,溶孔、溶隙、溶洞连通性差。该含水层组调查期流量一般0.007~0.43L/s。该含水岩组富水性贫乏区。

#### (3) 基岩裂隙含水岩组

隧址区基岩裂隙水主要为构造裂隙水,赋存于泥盆系中统(D<sub>2</sub>)砂岩、加里东期侵入岩浆岩( $\eta\gamma_3^{3-2a}$ )的构造裂隙之中。地层中裂隙比较发育的地方,为富水及透水介质,其地表出露范围大,补给区宽,地下水类型主要为裂隙潜水。地下水富水性总的较弱。

### 2.2 断层导水性

调查区内的主要发育断层F4、F5及其次级构造,为压扭性正断裂带,同时断裂带两侧发育了张扭性裂隙带,同时造成不同含水层之间贯通且经过多期多次构造运动加上后期改造后,断层带附近岩体破碎,使断层破碎带具有极强的富水性和较大的渗透性,是隧道水文地质单元分界的重要标志。

### 2.3 地下水的补径排特征

松散岩类孔隙水主要是接受大气降水的补给,补给方式主要是大气降水及地表水的垂直向下渗透。花岗岩类含水岩组的裂隙较发育,主要接受地表水的垂直向下补给。基岩裂

隙含水岩组的裂隙发育,接受大气降水的方式有直接和间接两种。地下水赋存和运移在岩石风化裂隙或构造裂隙中,其分布与出露是很不均匀的。主要受裂隙发育程度和发育方向所制约。地下水与降水量同期变动,关系密切。

松散岩类孔隙水在残积层中紊流运动,受地形地貌影响较大。主要排泄于溪沟之中,少部分以泉水的形式排泄。基岩裂隙水及碳酸盐岩类岩溶水径流条件相对较好,在空间上受裂隙的产状制约。隧址区无大的地表水系,主要为山谷冲沟内雨季暂时性汇聚水流,暴雨时段降水时,地下水水位反应迅速。

### 3 隧道突涌水危险性分析

#### 3.1 隧道涌水量预测

对于本研究隧道,大气降水为隧址区地下水补给主要来源,通过裂隙向深部运移涌入隧道中,径流通道为岩层孔隙、裂隙。针对隧址区的水文地质条件,采取古德曼经验公式计算隧道单洞最大涌水量,采取佐藤邦明经验式预测隧道正常涌水量。

隧道左洞单洞最大涌水量约12458.4m<sup>3</sup>/d,正常涌水量6515.0m<sup>3</sup>/d;右洞单洞最大涌水量约13624.0m<sup>3</sup>/d,正常涌水量6978.6m<sup>3</sup>/d,且涌水量数值离散程度偏大,小者17 m<sup>3</sup>/d,大者1900 m<sup>3</sup>/d,表明隧址区地下水分布不均匀,破碎带、裂隙带相对赋水较好,富水丰富,当施工开挖至裂隙带时,可能产生涌水突泥,应注意防范。

#### 3.2 隧道突涌水危险性评价

根据区内的水文地质条件探讨,考虑将隧道涌突水危险性划分为5个等级,其危险程度从高到低分别为极危险(V)、高危险(IV)、中危险(III)、较危险(II)、低危险(I)。分值满分设为100分,危险性越高分值越高,反之亦然。划分的5个等级对应的分值依次为:>75、75~60、60~35、35~20、<20。隧道涌突水危险性(THK)分值为所选取岩性(K1)、地质构造(K2)、地表汇流条件(K3)、地下水循环特征(K4)、隧道施工位置与埋深(K5)5个评价指标评分值相加。

$$THK = 5 \times (\gamma_1 K_1 + \gamma_2 K_2 + \gamma_3 K_3 + \gamma_4 K_4 + \gamma_5 K_5) \quad (1)$$

式中:THK为隧道涌突水危险性指数,其值越大,隧道越易涌突水,满分为100; $\gamma_i$ 评价指标权重; $K_i$ 为第*i*个评价指标分数,满分为20。

根据上述对岩溶隧道涌突水危险性分级标准和地质勘察资料对红星隧道的5个指标进行赋值,结果如表1所示。

在充分考虑隧道工程区的地质构造、地层特征、岩

性、水文地质特征,并结合隧道涌水量评价,隧道总体上处于突涌水中风险等级上,但由于隧道区域构造作用强烈,含水层的富水性主要受构造破碎带(断层)的控制。在ZK259+665~ZK261+400段危险性等级达到IV级,占隧道全长的16%,这是由于该段发育有大量的断层破碎带,且大多导水性极强,富水性良好,因此突涌水风险极高。

#### 3.3 地下水环境影响评价

隧道区为剥蚀低山丘陵地貌,山间冲沟发育,为地表水和地下水的主要排泄通道。地下水的补给主要来源于大气降水,大气降水沿孔隙和基岩裂隙渗入,对地下水进行补给。区内基岩破碎带和裂隙带发育,为主要富水层且为承压水层,特别尤以混合花岗岩段的地下水较丰富,当隧道开挖到该含水层后,在水头压力的作用下,地下水沿基岩裂隙向隧道发生径流和排泄作用,对隧道进行充水。该区内地下水的排泄方式主要为淋雨状和小股涌流状,如果在雨季中施工,由于受大气降水的影响,隧道的涌水量会有所增大。而在裂隙不太发育的区域,地下水水量则相对较小,施工时的出水方式主要为点滴状或淋雨状等。

因此,在隧道掘进过程中,可能存在隧道涌水、突水突泥等现象,因此,施工过程中必须进行超前预报,特别是通过破碎带前,同时采取必要的应急预案和预防措施。

### 4 结论

遂川至大余高速公路红星特长隧道隧址区发育泥盆系中统(D<sub>2</sub>)砂岩、加里东期侵入岩浆岩( $\eta \gamma_3^{3-2a}$ ),工程地质、水文地质条件较为复杂。本文通过对隧址区地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质等条件的研究,分析了隧址区地下水的补径排规律;在此基础上进行了隧道涌水量预测和隧道涌突水危险性评价。红星隧道涌突水危险性总体上为中危险等级,其中高危险段占总长度的16%,主要位于加里东期( $\eta \gamma_3^{3-2a}$ )黑云母花岗岩地层中,这主要与地质构造有关。本文研究成果可为构造作用强烈的花岗岩地区深长隧道的勘察设计提供参考。

#### 参考文献

- [1]李术才,许振浩,黄鑫,林鹏,赵晓成,张庆松,杨磊,张霄,孙怀凤,潘东东.隧道突水突泥致灾构造分类、地质判识、孕灾模式与典型案例[J].岩石力学与工程学报,2018,37(05):1041-1069.
- [2]田祖涛,张俊.花梨隧道岩溶水文地质条件及危险性评估[J].中国岩溶,2019,38(04):552-558.

表1 隧道突涌水危险性评价结果表

里程段	地层	岩性	K1	K2	K3	K4	K5	THK	危险性等级
ZK259+665~ZK261+400	$\eta \gamma_3^{3-2a}$	黑云母花岗岩	0	18	10	15	16	71.25	IV
ZK261+400~ZK261+620	D <sub>2</sub> l	砾岩、砂岩、粉砂岩	0	8	9	10	15	46	III
ZK261+620~ZK262+615	$\eta \gamma_3^{3-2a}$	黑云母花岗岩、砂岩	0	12	8	5	10	41.25	III
ZK262+615~ZK263+930	D <sub>2</sub> l	砾岩、砂岩、粉砂岩	0	17	8	12	10	58.75	III
ZK263+930~ZK264+220	D <sub>2</sub> ld	砂岩、白云岩	9	10	8	11	17	56.75	III