

# 浅谈云南二叠系火成岩沉积岩岩性接触带对公路工程施工的影响

湛蛟<sup>1</sup> 骆怀建<sup>2</sup> 王东红<sup>3</sup>

1. 云南云路工程检测有限公司; 2. 云南交投公路建设第六工程有限公司; 3. 永平县农村公路建设管理站

**摘要:** 二叠系地层距今约285百万年, 云南幅员广泛分布着石灰岩和玄武岩两种不同成岩类型的岩石。本文从分析梳理关于云南地区二叠系上统P<sub>2</sub>β玄武岩和二叠系下统P<sub>1m</sub>石灰岩的成岩年代、分布范围、岩性特征以及两种岩类接触的关系等, 结合公路工程带状构造物的特点、桥梁隧道单位工程与地质载体的接触关系, 根据施工现场发现的岩溶、节理发育区、软弱破碎带等不良地质体, 进一步阐述了二叠系石灰岩和玄武岩岩性接触带这一类在云南广泛分布并对公路工程产生不利影响的现象。结合具体的工程案例以及相关的理论研究, 提出了岩性接触带发育: 1、接触带位置靠近石灰岩侧一般伴生岩溶发育; 2、接触带位置节理发育、节理间可见泥质充填软弱夹层; 3、接触带位置附近伴生岩性变质; 4、接触带的形态一般与石灰岩产状不一, 在空间上呈不规则壳状体, 四条规律。相关的结论, 可供云南公路工程、铁路工程等参考。

**关键词:** 石灰岩; 玄武岩; 岩性接触带; 公路工程; 岩溶; 不良地质

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.19.042

## 引言

云南地形以山地、高原为主, 属青藏高原南延部分, 山地、高原占全省总面积的94%, 而其中山地又占80%以上, 地形起伏, 高差悬殊<sup>[1]</sup>。因位于我国云贵高原第二级台地和欧亚板块和印度洋板块接触位置, 云南范围内的地质条件极其复杂。

目前在地质灾害预防、采矿、勘察方面关于二叠系下统峨眉山组玄武岩的研究比较多。

何发荣<sup>[2]</sup>提出: 地壳隆起拗陷交替出现, 沉积物不断堆积, 来自东部及北部挤压, 使物质向一个方向集中, 加之受重力均衡作用影响, 使云南地壳逐渐加厚, 新生代以来地面迅速抬升, 高原由此形成。在晚古生代时期基性火山岩喷发, 在二迭世早期达到高潮, 分布极广。云南广泛分布P<sub>2</sub>β峨眉山组玄武岩, 在: 石林、寻甸、威信、会泽、富宁、祥云、鹤庆等均有发现。刘雪斌<sup>[3]</sup>提出, 岩浆喷溢活动, 形成了覆盖云、贵、川广大地区的峨眉山组玄武岩, 推测该组玄武岩喷发的时间为中二叠世后期。

在公路、铁路工程方面关于石灰岩的研究主要针对岩溶的发育规律、岩溶突涌水机理、对工程的影响、相关的处治措施等方面。

赵虎<sup>[5]</sup>针对岩溶隧道中溶蚀发育的隐伏性、多样性、无规律性等特点, 提出仅靠单一的勘察手段难以有效查明岩溶发育及对隧道的情况, 通过地调、物探、钻探、三维扫描等综合勘察手段能有效查明岩溶发育情况。岩溶现象伴生岩溶突涌水地质问题, 历年来因为岩溶突涌水造成的公路、铁路施工人员伤亡、经济损失案例不胜枚举。史萧笛<sup>[6]</sup>在对岩溶问题研究的基础上

提出地形地貌、地层岩性、地质构造、岩溶水动力分带4类岩溶突涌水灾害主控因素, 提出根据不同的因素对隧道穿越二叠系下统P<sub>1m</sub>灰岩洞身段涌突水危险性分级评价的理论。路为<sup>[7]</sup>在研究中提出岩溶分布多沿可溶岩层与非可溶岩层接触带、构造破碎带、地下水强烈交替带发育, 解释了云南地区岩性接触带, 尤其是二叠世上统玄武岩和二叠世下统灰岩不同岩类接触带岩溶普遍发育的成因。赵虹<sup>[4]</sup>总结了古生界二叠系全省范围内主要发现的几种岩性: 砂岩、页岩、(燧石)灰岩、白云岩、板岩、大理岩、细碧岩、硅质岩、安山岩、玄武岩, 云南地质条件复杂, 在造陆运动和各类地质作用下, 各类岩性受地应力、地温各种环境发生变质, 从而在现场识别和研究上造成很大困扰。

本文拟从云南广阔幅员分布的二叠系玄武岩和碳酸盐岩(灰岩、白云岩)在不同地质年代形成并产生不同的接触形态, 在公路工程建设过程穿越特殊的接触带出现的工程地质问题, 针对性的研究和总结此类地质问题产生的原因、解决的方法, 为今后同类公路、铁路带状构造物修建遇到同类问题时提供一些参考。

## 一、玄武岩与碳酸盐岩

地质年代是分析工程地质及不良地质问题的重要因素, 本文讨论的碳酸盐岩处于二叠系下统, 主要为海相沉积岩, 可溶岩, 主要有栖霞组灰色、深灰色厚层块状微晶白云岩、白云质灰岩; 茅口组浅灰色、灰白色厚层状微晶灰岩、白云岩和生物灰岩。

峨眉山组玄武岩处于二叠系上统, 地质年代较碳酸盐岩晚, 为基性岩, 非可溶岩, 是火山喷发岩浆流动后形成, 主要分为致密状玄武岩和火山碎屑岩。

因玄武岩的成岩过程为高温状态的流体, 加之上古生界地质活动频繁, 导致层状碳酸盐岩和玄武岩接触带的形态异常复杂, 且不具备规律可循。在玄武岩和碳酸盐岩接触带附近, 石灰石、白云石、玄武石中各种矿物在高温和地应力的作用下, 变质作用明显, 有一部分的石灰岩转变为大理岩, 一部分接触带的岩石具有了火成岩和沉积岩的特征。变质作用导致了碳酸盐岩和玄武岩接触带位置原生可溶岩转变为了非可溶岩, 对岩溶发育的形态有很大的影响。

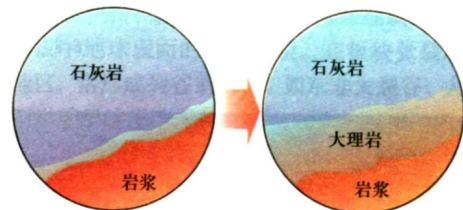


图1 碳酸盐岩变质作用

## 二、公路工程的特点

公路工程主要涉及桥梁、隧道、路基边坡等单位工

程,然而不同的单位工程所处的位置、地形、地质条件千差万别,在公路工程的勘察设计、施工等过程中经常受地质条件的影响,出现很多地质问题。

桥梁工程分为上部结构、下部结构和桥面系,其中下部结构是承担上部荷载的载体,主要以桩基础的形式将上部结构的自重和车辆荷载等传递至岩土层中,是直接受与周边地质环境接触的构造物。

公路隧道一般呈马蹄状,类似管状体的构造物,开挖山体并采取一定的支护措施,最后形成通道,隧道工程直接与周边地质环境接触。

路基可分为挖方和填方,因云南的特殊地形、地质,出现了大量的高边坡,高边坡的稳定性也直接与周边地质水文环境相关。

公路工程作为带状构造物,在穿越不同的地形地貌、地区时,不可避免的会利用周边的地质条件和环境,改变该位置原有的地质状态,当穿越玄武岩和碳酸盐岩接触带时,难免出现不同的地质问题,甚至地质灾害。

### 三、工程地质问题及处治

#### (一) 白兆隧道

白兆隧道位于曲靖市师宗县他官营与白兆交界地带,属侵蚀~溶蚀低中山地貌,峰顶浑圆,山坡局部较陡,隧道进出口植被发育,多为松、衫等乔木。主要穿越的地层岩性有:第四纪残破积土(含红黏土)、石灰岩、玄武岩、泥岩、泥质粉砂岩、煤,整个隧址区地层岩性复杂。右幅原K9+486附近段落设计为P1m灰岩、P2β玄武岩岩性接触带。

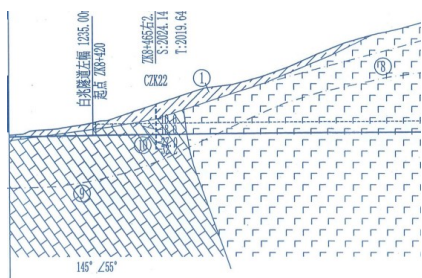


图2 白兆隧道右幅岩性接触带纵断面图

隧址区夏季凉爽潮湿、冬季温和干燥,海拔介于2003.68~2120.35之间,进口端基岩埋深差异较大,红黏土发育,局部位置发育土洞。周边未见玄武岩露头。

施工时,根据现场掌子面开挖揭露地质编录发现,白兆隧道右幅石灰岩与玄武岩岩性接触带在隧道轴线范围K8+486~K8+607附近,长达121米,该段落主要揭露泥质填充型小溶洞、溶腔,因埋深较浅,介于33~78米之间,风化层厚,掌子面见大量溶蚀裂隙,均为泥质填充,潮湿状,开挖至K8+607附近岩性逐渐过渡为玄武岩。



图3 白兆隧道右幅K8+533掌子面小型溶洞

从轴线揭露的地层来看,石灰岩的埋深较玄武岩浅,浅部岩溶发育,加之玄武岩造岩过程岩浆流动形态,导致玄武岩和石灰岩接触带的岩体风化程度高,且在空间上极不规律,直到埋深达80米,才揭露强~中等风化的玄武岩。其影响施工安全的是岩溶发育、岩性过渡带节理发育引起的掉块、塌方地质灾害,无突涌水安全风险。

在施工中采取加强超前地质预报措施,提前预判掌子面前方存在的不良地质体,并结合地质法综合研判其空间范围和对隧道工程施工的影响;采取加强初期支护系统的方式,顺利的通过了该段。

#### (二) 小田坝特长隧道

小田坝隧道位于会泽县娜姑镇,隧道区海拔高程介于1240~1762m之间,相对高差522m,属中山构造剥蚀、侵蚀地貌区。隧道进出口段地形较为陡峻,洞身为山脊斜坡地形,地址表植被不发育。设计图纸显示,在进口K50+120附近为玄武岩和灰岩岩性接触带。P2β玄武岩位于K50+120小里程侧;P1m灰岩位于K50+120大里程侧。

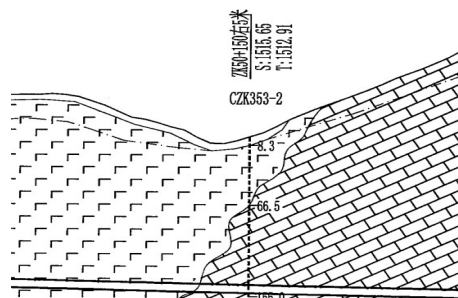


图4 小田坝隧道左幅K50+120附近地质纵断面图

结合地表地质调查和平面图的复核,隧道左幅在K50+150附近地表发育一冲沟,旱季存在股状流水。冲沟小里程位置揭露玄武岩、大里程位置揭露厚层状石灰岩(石芽),产状 $310^{\circ} \angle 67^{\circ}$ 。

根据地表量测的石灰岩产状及隧道走向空间相关关系,采用作图法推测左幅岩性过渡带位置在K50+231附近,可能发育产状与灰岩产状相似的岩溶,结合周边地形、地质条件,推测不存在发育突涌水大型溶腔或地下暗河的可能,弱富水。但实际在施工中,掌子面掘进至K50+269时揭露一形态与灰岩产状接近的竖斜向溶洞、呈淋雨状出水。岩溶发育的位置与推测的位置偏差了38米。



图5 小田坝隧道左幅K50+269揭露竖斜向溶洞

岩溶发育形态和岩溶水的预测基本准确,但在发育位置上存在偏差。地表调查发现靠冲沟大里程侧石灰岩

出现了玄武岩杏仁状结构，玄武岩和石灰岩颜色接近，但石灰岩发生变质，转变为非可溶岩。变质作用是导致岩溶向大里程侧石灰岩滞后揭露的主要原因。



图6 小田坝隧道左幅K50+150地表变质石灰岩

因K50+269位置揭露的溶洞规模较小，在施工中采取加密钢支撑、加强超前支护、预埋环向排水盲管的措施，安全的度过了该段岩性接触带。

### (三) 某大桥

某大桥位于大理州弥渡县观音山大营东北约500m。原设计地质纵断面在第10#墩与第11#墩之间为玄武岩和石灰岩岩性接触带。10#墩位置地层为强~中等风化P2β玄武岩；11#墩位置地层为中等风化P1m灰岩，原设计左、右幅均为2棵直径1.9米，长15米单排端承桩基础。

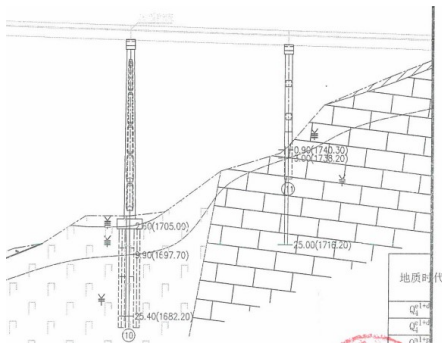


图7 某大桥10#、11#墩地质纵断面图

桥址区属构造剥蚀低山区，地形起伏较大，地表植被稀疏，地面标高介于1694.62~1795.63m。

在桥桩施工中，因未及时验证11#墩成孔后桩底地层岩性是否与设计相符便完成了单排双幅4棵桩基的施工，为验证11#墩桥桩桩底沉渣厚度及岩性，采用了钻芯法进行检测，结果显示，桩底6米范围揭露的岩体均为全~强风化玄武岩，与原设计桩底岩性为中等风化石灰岩不符。经补勘和相关验算，将原设计15米端承型桩基础调整为30米摩擦型桩基础，避免了成桥后11#墩桩基承载力不满足设计要求的问题。



图8 某大桥11-3#桩底揭露全~强风化玄武岩

## 四、岩性接触带的不良地质及发育规律

通过相关参考文献的整理和以上案例分析，二叠世玄武岩和石灰岩岩性过渡带是一类在云南幅员广阔分布的不良地质，对公路工程的施工，尤其是桥梁、隧道存在较大的不良影响。

该类不良地质主要的表现为岩溶、节理发育区、软弱破碎带等，岩性接触带本身就是岩体中的薄弱位置，地下水极易在接触带位置富集，造成地质灾害。

此类岩性接触带在云南分布极广，难以从地理位置进行梳理，但根据其发育的：气候、地理位置、海拔、地形地貌、地质年代、断层等因素总结，总体其发育的规律有：1、接触带位置靠近石灰岩侧一般伴生岩溶发育；2、接触带位置节理发育、节理间可见泥质充填软弱夹层；3、接触带位置附近伴生岩性变质；4、接触带的形态一般与石灰岩产状不一，在空间上呈不规则壳体。

## 五、总结

1、二叠系玄武岩和石灰岩是成岩年代较为接近，且在云南广泛分布的岩类，因玄武岩为火山喷出岩的特殊性，岩性接触带给公路工程施工中造成不利影响。

2、鉴于石灰岩和玄武岩的特殊接触形态，现有的勘察、探测手段难以精确定位岩溶、节理密集带、软弱破碎带与公路工程接触的位置及其形态。

3、根据具体单位工程的位置、气候、地形、海拔等条件，综合地质法、物探方法、详细勘察等手段可以提前预测预报施工中可能存在的不良地质问题，规避施工安全风险，减少经济损失。

4、本文就具体的案例和相关参考文献对二叠系火成岩和沉积岩不同岩类接触带的发育规律、对公路工程的不良影响及处治措施进行了探讨，但对地下水在岩性接触带的发育规律研究不足，有待进一步深入。

## 参考文献

- [1]梅鸿儒. 云南地区公路边滑坡地质灾害风险评价及防治措施研究[D]. 湖北工业大学硕士学位论文, 2020. 6.
  - [2]何发荣, 杨荆舟. 云南地质构造基本特征—兼论高原地壳演化形成机制[J]. 云南地质, 1982, 01(01): 5-16.
  - [3]刘雪斌. 云南石林世界地质公园石林发育特征及形成演化研究[D]. 云南大学硕士学位论文, 2020. 6.
  - [4]赵虹. 云南建设项目地质灾害危险性评估的理论与方法体系研究[D]. 昆明理工大学硕士学位论文, 2005. 3.
  - [5]赵虎, 王军, 公路岩溶隧道精细勘察模式及在沾会高速灰岩地区的应用[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(9): 03485-07.
  - [6]史萧笛. 滇东北高原斜坡地带岩溶水文地质特征及其对隧道工程影响[D]. 成都理工大学硕士学位论文, 2019. 5.
  - [7]路为. 隧道岩溶突涌水机理与治理方法及工程应用[D]. 山东大学博士学位论文, 2017. 11.
- 作者简介：谌蛟（1990-），男，工程师，主要从事隧道工程方面的工作。