

# 盖挖法在山区公路隧道浅埋段进洞施工中的应用——以苍泰高速大坪山隧道出口为例

杜元林

中交一公局第二工程有限公司 江苏 苏州 215000

**摘要：**山区公路隧道浅埋段进洞常面临埋深浅、围岩差、空间狭小、环境敏感等难题，传统工艺难以兼顾安全、环保与民生要求。本文以苍泰高速大坪山隧道出口超浅埋段为实例，针对洞口埋深仅1~2m、紧邻乡村道路、洞顶为耕地、注浆易污染耕地等难点，对比传统护拱注浆、全明挖、盖挖法三种进洞方案，重点阐述盖挖法施工原理、流程与控制要点。实践表明，盖挖法可有效消除坍塌风险、减小开挖扰动、保护耕地、保障道路通行，在安全、质量、工期、经济及环保方面优势显著，可为同类山区隧道进洞施工提供参考。

**关键词：**山区公路隧道；浅埋段；进洞施工；盖挖法；耕地保护

**引言：**在当今时代背景下，我国交通基础设施建设持续推进的进程中，山区高速公路建设成为完善区域交通路网、推动山区经济社会发展的关键举措。隧道工程作为山区公路建设的核心组成部分，能够有效克服地形高差、优化线路线形、提升行车安全性与舒适性，实现山区交通的高效联通。然而，山区地形地质条件复杂多变，公路隧道进出口段时常遭遇浅埋、软弱围岩等不良地质状况，尤其是超浅埋隧道段，普遍存在埋深浅、围岩自稳能力极差、施工空间狭小、周边生态环境与民生设施敏感等诸多技术难题，给隧

道安全进洞施工带来极大挑战。隧道工程是交通基础设施建设中需要相关人员重视的重大问题，需要广大工作者采取合理、科学的措施，提高公路隧道施工水平和质量。

## 1 工程概况

大坪山隧道是苍南至泰顺高速公路的控制性工程，隧道起点位于苍南县岱岭乡，终点位于苍南县矾山镇，为左右线分离式特长隧道，全长约7.3km，是目前浙江省在建最长的公路隧道之一。隧道进出口均采用削竹式洞门，整体与山区地形相协调<sup>[1]</sup>。如图1土模修筑



图1 土模修筑

隧道出口段地质条件复杂，地层自上而下依次为残坡积含碎石粉质黏土、全风化凝灰质砂岩、强风化凝灰质砂岩及中风化凝灰质砂岩，土体松散、岩体破碎，围岩自稳能力差。场区基岩裂隙水发育，施工中易出现淋

雨状出水，对围岩稳定性影响显著。

出口明暗交界段为超浅理工况，洞顶最小埋深仅1.6~1.9m，进洞前10~15m范围内覆土厚度普遍只有1.0~2.0m，几乎无天然承载拱，常规进洞极易发生冒顶、坍塌。受地形与征地限制，原设计开挖边线超出用地红线，且现场地表受扰动后覆土比设计更薄，进洞难度进一步加大。洞口上方及周边为村民基本农田，耕地保护与环保要求极高，传统注浆加固方式会造成土壤固结、无

**作者简介：**杜元林、男、汉族、出生于：1987年1月、籍贯：四川泸州、学历：本科、职称：中级工程师、毕业院校：东南大学、研究方向：施工技术、施工管理

法复耕，与地方民生诉求矛盾突出<sup>[2]</sup>。如图2暗洞初支初喷面。



图2 暗洞初支初喷面

## 2 大坪山隧道出口进洞条件分析

### 2.1 作业空间极度狭小，施工受限

洞口紧邻乡村主干道，为村民唯一通行通道，无拓宽与改移条件，作业面宽度、高度受限，大型机械无法展开，不具备大规模开挖条件。

### 2.2 洞顶超浅埋，坍塌风险极高

进洞段洞顶覆土仅1~2m，围岩松散破碎，无自稳能力，按传统工艺施工极易发生洞顶塌穿、地表塌陷，安全风险不可控。

### 2.3 洞顶为耕地，环保约束严格

洞顶分布基本农田，传统超前注浆会使耕地土壤板结、丧失耕作能力，引发村民反对，必须采用无污染、可复垦的施工方式。

### 2.4 地下水发育，加剧施工风险

裂隙水发育，水对软弱土体软化作用明显，降低土体强度，加大溜塌、坍塌概率，同时影响支护施作质量。

### 2.5 原设计超红线，无法实施

原边仰坡开挖超出用地红线，征地不可行，且大面积开挖会破坏山体、诱发滑坡，必须采用小扰动、小占地的进洞方式<sup>[3]</sup>。

## 3 隧道进洞方案比选

### 3.1 传统护拱+超前注浆进洞法

采用常规先护拱、再注浆加固、后暗挖的工艺。

缺点：注浆污染耕地、无法复耕；浅埋段加固效果差，坍塌风险仍高；地下水导致浆液扩散不均；开挖超红线，不具备实施条件。

### 3.2 全明挖法进洞

将浅埋段全断面开挖，明做衬砌结构后再回填。

缺点：需中断乡村道路；场地狭小无作业空间；山体扰动大；工程量大、工期长、造价高，无法实施。

### 3.3 盖挖法进洞

仅开挖拱顶部分土体，明做初期支护与钢筋混凝土拱盖，形成刚性防护结构后，在盖体保护下暗挖进洞。

优势：安全可靠、占地小、不污染耕地、不中断交通、作业条件好、工期快、综合造价优。

经业主、设计、监理、施工及专家联合论证，最终确定采用盖挖法进洞<sup>[4]</sup>。

## 4 盖挖法施工方案

### 4.1 施工原理

盖挖法遵循“先盖后挖、上明下暗”的核心思路：仅开挖拱顶作业空间，先施作隧道初期支护，再浇筑钢筋混凝土拱盖作为刚性防护顶盖，结合超前管棚形成整体承载结构，最后在盖体保护下安全暗挖进洞。本工程盖挖段长度12m，覆盖最危险的超浅埋区域。

### 4.2 施工工艺流程

施工准备及地表排水→测量放线→边仰坡分级开挖与防护→拱部土模修筑→暗洞初期支护明做→钢筋混凝土拱盖施工→超前大管棚施工→拱盖达到设计强度→洞内暗挖进洞→监控量测→回填复垦

### 4.3 主要工序与控制要点

#### 4.3.1 地表排水与监测

进洞前优先施作坡顶截水沟与临时边沟，将地表水统一引排，防止雨水冲刷软化边坡。在坡顶、明暗交界处布设地表沉降观测点，实时监测地表下沉与边坡位移，实行信息化施工预警。

#### 4.3.2 边仰坡开挖与防护

遵循“分层开挖、随挖随护、严禁大挖大刷”原则，每层开挖深度控制在1.5m以内，及时施作锚杆、钢筋网、喷射混凝土进行封闭防护。同时打设仰斜排水孔，将裂隙水引出，降低土体含水率，提升边坡稳定性。如图3拱盖工字钢安装。



图3 拱盖工字钢安装

#### 4.3.3 拱部土模修筑

开挖时预留核心土，先采用机械粗修至接近设计轮廓，再由人工精修到位，确保拱部曲线圆顺、尺寸准确，

不侵入二次衬砌界限。土模表面压实平整,为初期支护提供稳定支撑。

#### 4.3.4 暗洞初期支护(明做)

在土模上铺设木模,喷射混凝土垫层,架设工字钢拱架并设置纵向连接筋,铺设钢筋网,分层喷射混凝土至设计厚度,形成完整、密实的初期支护结构。

#### 4.3.5 钢筋混凝土拱盖施工

在初期支护上方绑扎钢筋、架设工字钢拱架,与管棚孔口管焊接成整体,支模后浇筑C35混凝土,形成刚性拱盖。拱盖基础需坐落于稳固地基上,地基承载力不小于300kPa,养护至设计强度后方可进行下一步施工。

#### 4.3.6 超前大管棚施工

以拱盖内预埋孔口管为导向进行钻孔,安装 $\Phi 108\text{mm}$ 钢管,采用小范围、低压力分段注浆,仅加固管棚周边土体,严格控制浆液扩散范围,避免污染耕地。

#### 4.3.7 洞内暗挖与复垦

拱盖与管棚体系形成后,采用台阶法暗挖进洞,严格控制循环进尺,开挖后立即支护封闭成环。进洞完成后,对拱盖外侧区域分层回填夯实,顶部铺设种植土,恢复原有耕地形态。

### 5 盖挖法优势分析

#### 5.1 安全优势

拱盖与管棚形成双重防护体系,从根本上消除浅埋段冒顶、坍塌风险;初期支护与拱盖均为露天明做,作业环境开阔安全,不受地下水与密闭空间威胁。

#### 5.2 质量优势

所有结构均在露天条件下施工,尺寸精准、连接牢固、混凝土振捣密实,便于过程检查与验收,有效避免洞内施工常见的质量缺陷,结构可靠性更高。

#### 5.3 工期优势

开挖工程量小,工序衔接紧凑,不受洞内空间与天气条件制约,进洞效率显著提升,较传统进洞工艺大幅缩短工期,保障项目总体进度。

#### 5.4 经济优势

土方开挖与回填量大幅减少,注浆用量显著降低,虽增加拱盖结构,但综合造价更优,在控制成本的同时实现安全、环保目标。

#### 5.5 环保与民生优势

不向耕地注浆,无土壤污染,施工后可完全复垦;施

工占地小,不中断乡村道路,对村民生产生活干扰极小,社会效益突出。

### 6 盖挖法推广适用条件

盖挖法适用于山区复杂条件隧道进洞施工,尤其适合以下场景:

第一、洞口超浅埋,覆土厚度不大于3m,围岩松散破碎、坍塌风险高;

第二、作业空间狭小,紧邻道路、民居、建筑物,无法实施大规模明挖;

第三、洞顶为耕地、林地等环保敏感区,禁止注浆污染或大面积开挖破坏;

第四、地下水发育,软弱围岩易被水软化失稳,常规进洞安全难以保障;

第五、用地红线紧张、征地困难,需采用小扰动、小占地的施工方式。

### 结束语

隧道进洞是整个隧道施工中地质条件最差、安全风险最高的关键环节,山区浅埋段尤为突出。大坪山隧道出口面对超浅埋、软弱围岩、空间狭小、耕地保护、用地红线受限等多重难题,通过采用盖挖法,成功实现安全、环保、高效进洞,有效解决了传统工艺无法兼顾的安全、质量、耕地、交通、造价等多重矛盾。

盖挖法以“先盖后挖、明做暗挖结合”为核心,施工组织简便、技术可靠、综合效益突出,不仅为大坪山隧道顺利推进提供了坚实保障,也为国内同类山区公路隧道浅埋段、超浅埋段进洞施工提供了可复制、可推广的技术模式,对提升隧道进洞施工安全水平与绿色建造能力具有重要的工程实践价值。

### 参考文献

- [1]沙永生.公路工程隧道施工塌方治理技术应用研究[J].工程管理,2023,4(4):44-46.
- [2]朱成.公路工程隧道施工塌方治理技术探究[J].数字化用户,2023,29(3):88-90.
- [3]贺晓铭.在役公路隧道结构健康监测系统设计与应用[J].黄河水利职业技术学院学报,2024,36(2):40-45.
- [4]熊雅文,何华,张志超,等.岩溶地区高速公路运营隧道结构健康监测系统设计及应用[J].西部交通科技,2022(2):126-131.