



# 新奥法在杨林隧道施工中的应用

力尚廷

中铁十四局集团第三工程有限公司，山东济南 250000

**[摘要]** 通过对在建国家高速公路网昆明绕城高速公路东南段控制性工程杨林隧道的介绍，具体阐述了新奥法施工的原理、要素、要点，说明了新奥法在隧道施工中的安全质量控制的重要性，以及在今后的隧道施工中一定要把新奥法施工的具体做法落实到位。

**[关键词]** 杨林隧道；新奥法；施工控制应用

## 1 概况

### 1.1 工程说明

昆明绕城高速公路东南段，杨林隧道为本项目工程重点控制性工程。杨林隧道设计速度为 80km/h，双线分离式双向六车道公路隧道，单洞平均开挖断面约 150m<sup>3</sup>。杨林隧道左线全长 9462 米，起点里程 ZK13+250，终点里程 ZK22+712；右线全长 9420 米，起点里程 K13+270，终点里程 K22+690。杨林隧道在左线 ZK17+700 处设施工斜井一座，斜井全长 1052m、坡度为 -11.615%；在 ZK18+171.25 处设通风竖井一座，井深 152 米、内径 9.4 米。

### 1.2 工程地质概况

杨林隧道围岩级别为 III、IV、V 级，位于昆明市嵩明县、宜良县，属云贵高原一部分，区域地形属于中山侵蚀切割地貌，高原面轮廓基本清晰，微地貌属于高原台地与侵蚀沟谷并存，碳酸盐分布区具有岩溶地貌特征，区域海拔高程 1767 ~ 2400m，相对高差 633m，隧道最大埋深约 452m。杨林隧道址区地层岩性较齐全，从远古界~新生界第四系均有出露。杨林隧道穿越断层两条，均属区域南北向断裂的次级断裂。属于火头村~大东山断层和草子坡~落水洞断层。

## 2 新奥法施工的原理和特点

### 2.1 新奥法中锚杆和喷射混凝土支护的特点

2.1.1 它及时加固围岩，提供足够的支护能力。

2.1.2 它与混凝土衬砌不一样，可以容许有一定的变形，混凝土衬砌变形大了就开裂，而锚喷支护在一定变形情况下，能保持支护的完整性与整体性。

2.1.3 锚喷支护同围岩能全面粘结，中间没有空隙。而木支撑、钢支撑混凝土衬砌很难做到紧密粘结。总的来说锚喷支护具有及时性、封闭性、粘结性、柔性的四大特点。

### 2.2 新奥法中提高围岩自承力的几个要点

在开挖过程中尽量减少对围岩有过大的扰动，尽量降低开挖爆破的冲击力，开挖后在围岩还未松动前，及时加固和支护。在围岩一定的变形过程中，围岩形成压密拱形成自承能力，要求支护要有一定的柔性，只有锚喷支护才能满足这一要求，并且通过监控量测对变形进行控制。隧道开挖之后，围岩最终稳定，是在支护形成闭合圆环以后，这时的支护力才能发挥，因此锚喷支护要及时封闭仰拱。

## 3 新奥法在杨林隧道施工中质量控制的要点和措施

### 3.1 杨林隧道施工测量工作

杨林隧道作为特长大断面隧道，为保证杨林隧道的工程质量，避免发生工程质量事故，其中重中之重“测量”是第一位，测量误差精度一定要满足规范要求，应安排专人负责隧道测量，必须坚持“测量两级复核制”，确保施工测量精度达到要求，是保证杨林隧道整个工程质量的首要条件。在开工之前聘请了专业测量公司进行了洞外控制网测量，并编制了《杨林隧道洞内控制测量专项方案》，施工过程中严格按专项方案实施。

### 3.2 杨林隧道施工开挖安全质量控制

杨林隧道开挖对整个隧道施工安全质量是同样重要的，对于这种大断面隧道开挖，“短进尺，快循环，弱爆破，少干扰，早喷锚，强支护，勤量测，紧封闭”是我们必须遵循的原则，考虑到多方面因素杨林隧道爆破采用水压光面爆破。

#### 3.2.1 水压光面爆破基本技术原理

水压光面爆破是近年来隧道开挖爆破施工中广泛应用的技术，它通过往炮眼中一定位置放置水袋，用炮泥在孔口回填堵塞，由于炮孔中装填了水袋和炮泥，利用水的不可压缩的特性，无损失传递炸药能量，有利于围岩破碎，产生的“水楔”作用进一步破碎岩石，防止岩爆；炮孔最底部的水袋代替炸药卷，利用在水中的反射波作用不但延长爆破作用时间，而且水楔作用效果更好，更有利于岩石破碎；同时水和炮泥的复合堵塞作用，有效利用爆破生成的膨胀气

体对围岩产生最后的破碎效果。水压爆破有着显著的“三提高、两减少、一保护”的作用，主要表现在：提高循环进尺、提高光面爆破效果、提高炸药利用率；减少洞渣大块率、振动速度降低，减少对周边围岩扰动；粉尘含量降低，保护作业人员身心健康。

隧道开挖水压光面爆破与常规爆破的炮眼装药结构如下图对比。



图 1 一般爆破结构装药示意图

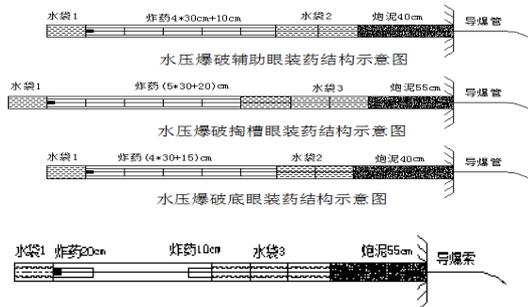


图 2 水压爆破装药结构示意图

### 3.2.2 水压光面爆破的技术要点

- 炮眼底注水长度约为 1 个水袋（20cm）。
- 注意注水工艺，即水袋制作工艺。
- 炮泥制作工艺要好。

### 3.3 正确确定杨林隧道断面开挖尺寸

正确地确定开挖轮廓线，这个轮廓线在设计开挖轮廓线的基础上，加上了允许施工误差，严格控制开挖断面，不允许欠挖、超挖超过允许值。杨林隧道施工配备了徕卡 TS15 内装隧道断面测量软件全站仪及卡西欧 9860 编程计算器，可以更方便、更快捷、更灵活地检测开挖断面，避免超挖、欠挖。

### 3.4 做好杨林隧道锚杆施工质量控制

锚杆加固岩石，一是局部加固，局部岩面通过锚杆的悬吊作用固定到稳定岩石上，阻止岩石的继续松动。二是整体作用，指按规定方向、规定距离，布置系统的锚杆，形成整体岩石拱支撑顶部岩石，提高围岩的自承能力。

锚杆加固岩石能真正起作用的条件：（1）要保证杆件要有足够的强度；（2）杆体锚固在岩石中，保证设计长度；（3）砂浆有足够强度和饱满度，保证锚杆杆体有足够的握裹力，对锚杆孔的岩面有足够的粘结力。

### 3.5 做好杨林隧道喷射混凝土的施工质量控制

喷射混凝土支护被越来越多的人接受，喷射混凝土与原材料、设计配合比都有关，它实际的水灰比是多少，控制在喷射手，喷射手的技术和责任心是至关重要的。技术不好或责任心不强的喷射手，喷出的混凝土颜色发暗（水灰比小），或喷射混凝土流淌（水灰比过大），厚度不均匀，而且普遍厚度不够，粉尘大，回弹大，喷射混凝土强度达不到设计要求。

高质量的喷射混凝土是表面平整、光洁，厚度均匀，并达到要求，回弹少，粉尘少，混凝土强度达到设计要求。为了减少回弹，提高喷混凝土质量，提倡低风压近距离喷射工艺，且垂直受喷面。为了保证杨林隧道喷射混凝土的质量，我们专门成立了专人试验小组，对喷射混凝土进行跟班作业。对于喷射混凝土厚度我们通常是利用锚杆头、埋设厚度标志、是否把拱架填平等来控制。喷射混凝土还有一个容易出现的问题，就是空鼓和钢筋网背后喷射不实，对于这样的问题解决的方法是喷射前必须用水冲洗受喷岩面；钢筋网背后要喷实必须从两侧喷实，双层钢筋网的时候，必须喷完第一层以后，再挂第二层网，再喷，禁止两层网一次挂后喷混凝土，或在钢筋网背后回填石头的作法。

### 4 杨林隧道二次衬砌模注混凝土施工的质量控制

二次衬砌施作时间是初期支护完全稳定后，才能灌注二次衬砌，这样的施工顺序，应该说二次衬砌除承受防水层传过来的水压力以外，基本不受外力，是安全储备。当然，作到初期支护完全稳定，时间拖得长，而且当遇到一些软弱地层，流变特性突出的地层，需要支护要有足够的刚度，这样需要提前施作二次衬砌。这时，二次衬砌除作安全储备以外，还是要承受一部分地层荷载的。作为施工人员要知道，按新奥法规则，二次衬砌要有一个时间要求的原因何在。

## 5 杨林隧道监控量测

### 5.1 需要监控量测的围岩类别

根据《公路施工技术规范》要求，结合杨林隧道设计的具体情况，确定对 III、IV、V 类围岩进行监控量测。

### 5.2 监控量测组成

根据杨林隧道不同地质条件、支护参数、施工方法、确定量测项目、采用非接触式，对杨林隧道进行监控量测。

### 5.3 信息资料统计及数据分析

现场量测的数据应及时绘制位移与时间曲线，在位移与时间曲线趋于平缓时，应及时对数据进行处理并作出回归

分析。可用对数函数： $u=alg(1+t)$   $u=a+b/lg(1+t)$ ，指数函数： $u=ae^{-b/t}$

通过数据处理和回归分析，围岩失稳一般表现为不收敛或者变形趋势加大，初支喷层裂隙加大。对于围岩稳定的信息主要表现在收敛小于 0.2mm/天，顶下沉小于 0.1mm/天，位移曲线趋于平缓，相对位移值达到计算总位移值的 90%。通过对反馈的信息特征，对危险地段加强支护，使围岩初期支护体系有一定的安全系数，指导和及时施工二次衬砌。

## 6 结束语

通过对杨林隧道工程的施工过程，新奥法施工已不再是什么难事，但要真正做好不易，这要求技术人员要有一定的地质学和岩石力学知识，要充分理解新奥法的原理、要素，不可用片面的想法加以判断。作为施工人员更重要的是把新奥法施工的每一个环节落实到实处，只有这样才能搞好隧道的安全质量控制，才能获得最佳的安全性、经济性、实用性。

## [参考文献]

- [1] 云南省交通规划设计研究院. 国家高速公路网昆明绕城高速公路东南段杨林隧道三阶段第一册施工图设计 [Q]. 昆明: 云南省交通规划设计研究院, 2015:1-2.
- [2] 鲍教贺. 杨林隧道突泥涌水处置浅析. [A]. 铁道建筑技术, 2017(3): 112-115.
- [3] 公路工程. 隧道工程新奥法名词解释. 互联网. 2012-11-13.
- [4] 曹亮. 新奥法在地下工程中的应用. 黑龙江科技信息, 2015-05-05.
- [5] 刘青. 福祿岭隧道监控量测与分析研究. 武汉理工大学硕士论文, 2011-04-01.
- [6] 贺志荣, 潘万云. 监控量测在阿尔格勒特山公路隧道中的应用. 四川建筑, 2012-04-28.
- [7] 毛华为, 范佳. 巴基斯坦 N-J 水电站引水隧洞收敛观测应用与分析. 科技创业家, 2014-04-01.
- [8] 贾晓旭, 赵玉成. 临近桥墩地铁竖井爆破控制技术. 浙江交通职业技术学院学报, 2016-06-20.
- [9] 蒋绪鹏. 控制爆破技术在临近高速公路等复杂环境下的应用. [B]. 铁道建筑技术, 2015(8): 110-113.
- [10] 高文超. 水压光面爆破技术在松阳隧道大路下斜井施工中的应用. [B]. 铁道建筑技术, 2016(3): 34-37.
- [11] 陶世界. 地铁车站浅埋隧道爆破施工技术分析. 江西建材. 2015-05-15.
- [12] 隧道水压爆破施工技术公路工程. 豆丁网. 互联网. 2015-06-22.
- [13] 温玉辉. 公路隧道施工监控量测手段及测试元件埋设方法. 铁道建筑技术, 2006(2): 21-25.
- [14] 王淑芳. 软岩隧道变形动态监测与分析. 中国水运(下半月), 2011-06-15.