

# 双跨连拱隧道的中隔墙施工

杨宏波 施 建 曾恕辉

(中铁第十一工程局)

【摘要】双跨连拱隧道采用中洞法施工。指出中洞法的技术难点在于:(1)保持中隔墙顶部内力平衡;(2)保证中隔墙顶部防水层与主隧道防水层的连续。文章扼要地介绍了有关的施工技术。

【关键词】双跨连拱隧道 中导洞 主隧道 中隔墙

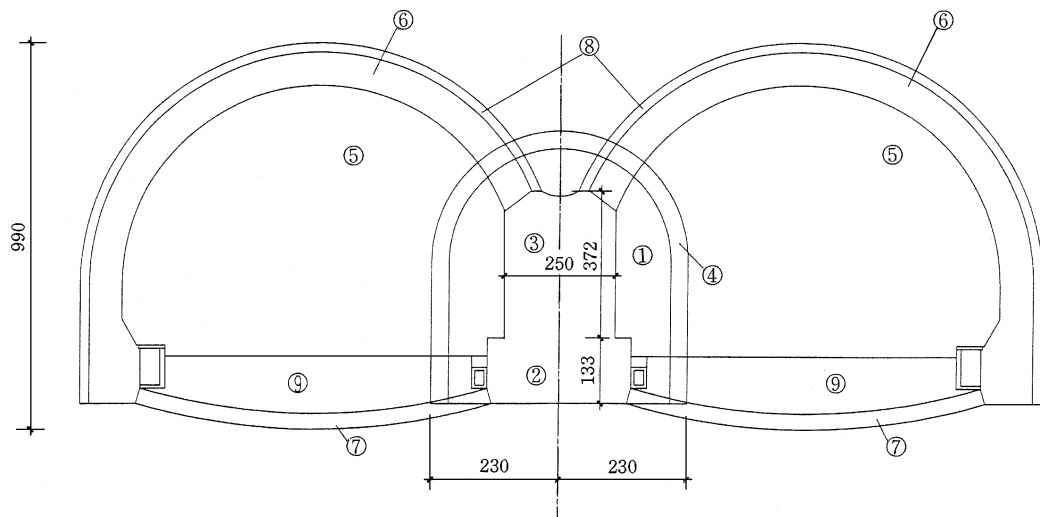
随着我国高速公路网的建设飞快发展,山区高速公路也逐渐增多。为了适应地形展线的需要,公路隧道的数量越来越多。在选线需要和条件容许时,越岭公路隧道一般设计为双跨连拱隧道。但是,双跨连拱隧道,与单跨隧道相比,施工难度要大得多。首先,双跨连拱隧道施工对围岩造成多次扰动,如何有效控制围岩变形,保持围岩稳定是一大难点;其次中隔墙顶部与双拱拱趾交会处受力十分复杂,如何处理好该节点弯矩、推力的平衡问题是又一难点;第三、中隔墙顶部构造复杂,如何做好墙顶防水是一个施工难题。本文就这些问题谈谈我们的做

法和体会。

## 1 工程概况

云南省元(江)至磨(黑)高速公路老苍坡3号隧道,结构采用双跨连拱形式,两洞共用同一中墙,全长220 m,位于直线上,纵坡3%。隧道净宽为22.98 m,净高7.2 m,最大开挖跨度为24.58 m,拱顶最大埋深59 m。中隔墙为直墙,墙身宽2.5 m,基础宽3.2 m(见图1)。

该隧道 类围岩段长120 m, 类围岩段长100 m。隧道围岩岩性为砂岩、粉砂岩、泥岩及碎石土,节理发育。地下水主要为裂隙水及



中导洞; 中隔墙基础; 中隔墙墙身; 中导洞临时支撑; 主隧道;  
主隧道衬砌; 仰拱; 主隧道初期支护; C10 混凝土。

图1 主隧道与中导洞断面图(单位:cm)

孔隙潜水,雨季涌水量较大。地表植被茂盛,山坡较陡。

## 2 施工方案

为了探明地质情况,为两主隧道开挖做好超前地质预报,本隧道采用先贯通中导洞然后进行两主隧道掘进的施工方法,主隧道二次衬砌采用先墙后拱法施工。施工工序如下:施工准备 中导洞钻爆开挖 临时支护 中导洞贯通 中隔墙灌注 主隧道掘进、初期支护 中导洞顶部防水处理、回填 中导洞临时支护拆除 主隧道二次衬砌。

### 2.1 中导洞施工

由于施工工期紧,洞口施工正处于雨季,为确保工期及施工安全,我们遵循“早进洞、少扰动、强支护”的原则,先进行洞口防排水处理,再在隧道两端进出口分别施作5 m长护拱进洞。对仰坡尽量不扰动,既保护环境又确保施工安全;进洞口拱部打设超前小导管注浆,先开挖中导洞上半断面进洞。

### 2.2 中导洞洞身开挖及支护

(1)开挖断面设计:依据中隔墙设计尺寸,考虑施工中隔墙时的作业空间,确定开挖尺寸为:宽5.0 m,高6.0 m,拱部为 $R=2.5$  m的半圆弧;支护后的断面尺寸:宽4.6 m,高5.8 m(见图2)。

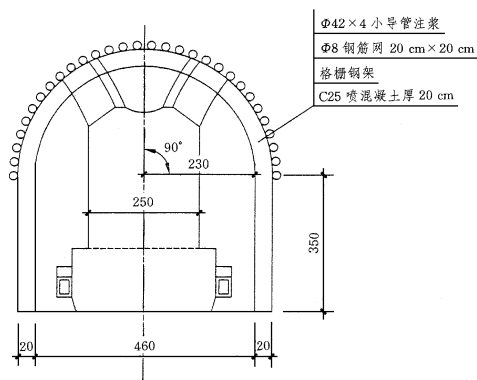


图2 中导洞开挖示意图(单位:cm)

(2)开挖:为防止中导洞积水以致软化中隔

墙基础,并考虑施工作业方便,分上、下两部开挖:先开挖上半断面,底部预留0.5~1 m高;中导洞贯通后,再跳槽开挖下半断面,初期支护紧跟。因隧道不长,出碴采用装载机装运,施工中利用自然通风。严格遵循“弱爆破、短进尺、少扰动、紧封闭”的原则施工,并采取必要的技术措施。

(3)支护:由于隧道在Ⅱ、Ⅲ类围岩内通过,地质条件较差,整个隧道又处于浅埋段,施工中必须做到支护紧跟,勤于量测;开挖前用 $\Phi 42$  mm、厚4 mm小导管注浆进行超前支护,小导管长3.5 m,拱部沿纵向每隔一榀格栅安设一环,纵向搭接长度不小于1 m,环向间距为50 cm,小导管外插角控制在 $4^\circ \sim 5^\circ$ ;断面开挖后支护紧跟,先喷2~4 cm厚混凝土封闭岩面,后挂 $\Phi 8$  mm钢筋网(20 cm × 20 cm),并安设格栅钢架,喷厚20 cm的C25混凝土将其封闭;钢格栅间距设计为:Ⅱ类围岩段60 cm,Ⅲ类围岩段85 cm,纵向焊接 $\Phi 20$  mm连接钢筋(环向间距1 m)。因初期支护为临时支护,以后需拆除,施工中以确保安全为原则,视监控量测分析结果,可适当调整其支护参数。

### 2.3 中隔墙衬砌混凝土施工

#### 2.3.1 施工步骤

中洞贯通后即开始中隔墙混凝土施工,施工步骤如下:测量放线 清理中导洞基底 用高标号砂浆找平基底 测量定位放线 绑扎钢筋、预埋排水管、止水带 立基础模板 中隔墙基础混凝土灌注 绑扎钢筋、立墙身模板、预埋止水带 中隔墙墙身混凝土灌注 下一循环。

#### 2.3.2 钢筋绑扎及立模板

中隔墙内部钢筋布置较密,施工作业空间较小,模板设计为30 cm × 100 cm钢模,设有企口,防止漏浆;在与主隧道仰拱、顶拱连接部位,应预留露出混凝土外的钢筋,并按设计要求弯成弧形,在同一断面上的焊接位置应按规范要求错开;墙身混凝土灌注时,受力较大,模板支撑必须牢固。应使泵送系统支撑与模板支撑系统分离,中隔墙两侧的模板应设横向对拉筋。

#### 2.3.3 混凝土灌注

中隔墙混凝土施工,因受作业空间限制,中墙混凝土灌注由洞内向洞口方向倒退进行,采用泵送混凝土施工,10 m 一个循环。先施工中隔墙基础,达到强度后可作为施工作业平台,再施工墙身,中墙侧面距其中心线允许误差为  $\pm 10$  mm。施工缝是中墙受力的薄弱面,每次均必须凿毛处理,预埋的连接钢筋应严格按照要求焊接牢固。墙顶施工至设计标高时,中部留成凹形以利排水。混凝土灌注完毕后,由于中导洞已贯通,风力较大,必须按要求对混凝土进行养护。

#### 2.4 中隔墙顶部回填

在上、下行线主隧道拱部初期支护施作后,中隔墙顶部防水层先铺设好,再在钢架之间立模板,用同级混凝土回填密实。待混凝土达到强度后才能拆除中导洞内的边墙及部分拱部临时的初期支护。

#### 2.5 中隔墙防偏压处理

由于双跨连拱隧道施工对围岩造成多次扰动,围岩内部应力经多次重新分布,中隔墙是上、下行两主隧道拱圈拱脚的共同支承点,其节点内力的传递十分复杂,分析其受力状况(见图3),理论上只有  $M_1$ 、 $N_{1x}$  和  $M_2$ 、 $N_{2x}$  对墙顶加载时间相同,且大小相等,墙顶节点的受力才能平衡。只有控制好中隔墙受力平衡及基底承载力,才能避免出现偏压问题,才能防止中隔墙侧移、倾覆、下沉,因此施工中必须保证两个主隧道的初期支护和二次衬砌施工对称进行。但在实际施工中,由于上、下行线两个主隧道施工中并不能总保持同步,在此情况下为了保证中隔墙受力平衡,施工主隧道前在中隔墙的两侧采用 C10 片石混凝土回填至中隔墙顶,以抵抗施工中的不平衡的力矩和推力。待主隧道二次衬砌完成后再将回填物挖除。中导洞临时支护只有当上、下行线主隧道的初期支护对称作用于中隔墙顶面时方可拆除。

#### 2.6 中隔墙顶部防水处理

在上、下行线两个主隧道拱部初期支护施工时,在中隔墙顶部铺设由土工布—防水层—土工布组成的夹层防水层,其上安设 SH-100 透水软管与预埋在中隔墙内的  $\phi 114$  mm 的硬塑料

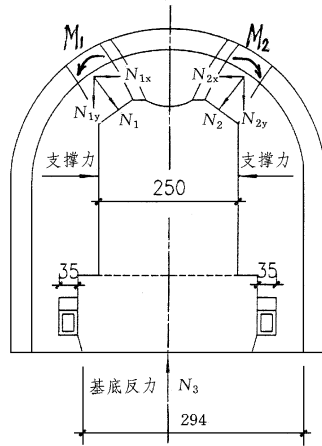
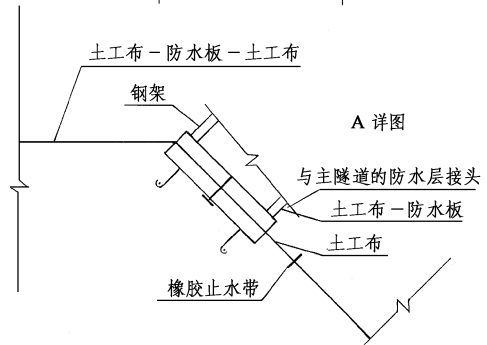
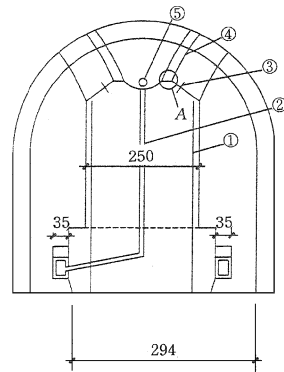


图3 中隔墙受力示意图(单位:cm)



中隔墙:  $\phi 114$  mm 硬塑料引水管; 橡胶止水带;  
防水层: SH-100 纵向透水软管。

图4 中隔墙防水处理示意(单位:cm)

引水管相连,由引水管将可能的渗水引至中墙两侧排水沟。防水层从预埋钢垫板和拱架垫板间穿过,预留出 20 cm 与主隧道拱部防水层粘结成一个整体(见图4)。在主隧道喷射混凝土时应注意保护好防水层。

### 3 地质描述及监控量测

在中洞开挖过程中每次断面开挖后,对岩性结构面及产状进行观察,并作地质描述记录,为主隧道开挖作好地质超前预报。监控量测包括初期支护周边位移、拱顶下沉、地表下沉、围岩压力等几个项目。在施工过程中作好详细记录,并对数据进行分析处理,及时反馈信息指导施工作业。

### 4 施工效果

该隧道开工正值雨季,工期又紧,经过精心组织,科学施工,制定合理的施工方案,确保了中导洞的安全进行,40 d 就顺利贯通。中隔墙节点受力后未受到任何损坏,墙面距中墙中心线允许偏差均在设计要求内,中墙顶部防水做

到了滴水不漏。通过监控量测不断完善中导洞支护参数,既确保了施工安全,又节约了施工成本,为主隧道开挖起到了地质超前预报的作用。

### 5 体会

(1)对地处软弱围岩的连拱隧道施工采用中洞法是适宜的,既起到了地质超前预报的作用,又能改善洞内的施工环境。

(2)施工中的监控量测是确保安全的必要手段。

(3)中隔墙顶部防水层的铺设宜安排在上、下行线主隧道拱部开挖支护完成后施作。

(4)隧道开挖应尽早进洞,尽量不扰动边坡、仰坡,这样有利于保护环境。

改回日期:2002-01-24

(责任审编 邵根大)

## 深埋高应力隧道的设计与施工

一系列铁路隧道穿过阿尔卑斯山,有相当长的隧道埋深超过 2 000 m。经常出现由高应力引发的岩爆、大变形和蠕变,这主要取决于岩石性质。值得注意的是,支护压力和隧道周壁位移之间的关系,岩体破坏后的特性对隧道条件的影响,隧道稳定性与岩石软化速率的关系,(软化速率随侧限压力而变化)。实验室试验和现场观测的结果,给出了特定岩石类型的临界变形值,超过此值支护压力急剧增加。系统监测隧道施工引起的岩石变形有助于选择最合适的支护措施,修正静力位移反分析的输入参数。深埋隧道要求支护型式既能有效控制隧道周壁位移,又能承受巨大的支护压力,以及从早期的变形到以后的大位移。

为了控制隧道周壁变形,对深埋隧道应选择合适的支护,一方面它能承受坑壁位移很小时产生的支护压力,另一方面它能产生大的变形而不致损坏。为了满足这些要求,通常选择可以产生大变形的支护结构。例如为了增加岩石锚杆的变形能力,可选择能产生大变形的钢材做锚杆,或采用带滑动锚头的锚杆,或在螺帽和垫板之间设可变形的部件。喷混凝土衬砌可做成

在纵向一定间隔设缝槽,在缝槽中安设可变形的部件。安设可变形(可压缩的)的部件这一想法,也可在掘进机开挖的隧道采用的预制混凝土衬砌中实现,即在砌块之间安设尼龙垫层,以增加衬砌的变形性。

在一些隧道中可以观察到,掌子面后很长距离的隧道断面仍继续变形,而掌子面开挖对其稳定的影响可以排除。这种与时间有关的变形主要发生在千枚岩、页岩和粘土岩中。这是随埋深的增加而增加,并与时间成对数衰减关系的一种粘性变形现象。变形的对数性质意味着施作最终衬砌的时间尚未到来,其容许变形速率值仍是一个值得讨论的问题。在现有隧道中已经量测到这种变形可达 2~30 mm。收敛量测一般是在施作最终衬砌后停止,此后仅发现少量的长时间延续的变形,在隧道竣工后的若干年内每年变形 1~2 mm。采用注浆和锚杆可以成功地阻止这种变形。

理论研究、经验与系统监测有助于施工方法的选择。安全、耐久、经济这些矛盾对立的要求,可以在最大程度上得到满足。

(路 石供稿)