

【应用研究】

# 京珠高速公路粤境北段隧道工程施工工艺及不良地质段整治措施

许逢寿, 陈宁青

(广东省交通科研所, 广东 广州 510420)

**摘要:** 文章论述京珠高速公路粤境北段隧道工程设计、施工状况及施工中遇到的软弱围岩、断层破碎带、滑坡段、溶洞等不良地质所采用的合理措施。

**关键词:** 隧道工程; 设计状况; 施工方法; 不良地质

**中图分类号:** TU761

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1008 - 5688 (2004) 01 - 0070 - 04

## 1 工程概况及特点

京珠高速公路小塘至甘塘段地处粤北中低山及重丘区, 沿线地形陡峻, 地质构造强烈。受地形地质条件及技术标准控制, 全线共有7座隧道, 单洞合计长13 889 m。京珠北隧道工程主要具有以下特点:

(1) 工程地质条件复杂多样, 地下水丰富, 断层构造十分发育, 部分隧道区域在断层带与断层带交错区, 灰岩地段溶洞发育;

(2) 粤北地区属亚热带季风气候, 雨水充沛、集中, 暴雨强度大, 全线隧道大多从山体垭口穿过, 长年都有地表水补充, 给施工带来更大难度;

(3) 隧道开挖后, 地质条件复杂, 造成变更繁多, 部分隧道地段施工方案须召开专家会议讨论才得以解决, 如何进行科学管理、合理化调整施工计划, 保证合同工期的顺利完成, 是管理部门、施工单位面临的严峻挑战。

## 2 隧道支护形式和支护参数

新奥法的概念是最大限度地利用围岩的自承能力, 充分发挥围岩自身的支护作用。对不同类型的岩体, 不同断面的隧道, 必须采用不同的支护参数。在Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ类围岩中, 可以较容易地确定合理的支护参数并获得成功。即能经济合理又能高效。而在Ⅴ、Ⅵ类围岩中, 支护参数较难确定, 支护时间也不好操作。尤其是Ⅴ类围岩, 自稳时间特短, 单纯使用锚喷支护是不够的, 根据岩石的具体情况, 需要增加超前锚杆, 超前小导管, 超前管棚, 或是超前预注浆。在支护上需要进一步强化, 如加型钢钢架或格栅钢架等手段, 用以充分调动或提高围岩的自承能力。通过超前支护、型钢(格栅)钢架、喷混凝土、锚杆(管)和岩体合成一体, 是一种主动支护结构。这样能使围岩的自承能得到充分发挥。

京珠高速公路隧道工程衬砌结构均按照新奥法原理设计, 采用复合式衬砌, 以锚杆、喷射混凝土、钢拱架作为初期支护, 模注混凝土或钢筋混凝土作为二次衬砌。在两次衬砌之间设PVC复合防水层。超前支护采用管棚和超前小导管联合支护、双排超前小导管支护、单排超前小导管支护、超前小钢管支护或超前锚杆支护。复合式衬砌支护参数及超前支护类型根据围岩类别、工程地质、水文地质、地形及埋置深度、结构跨度及施工方法等以工程类比为主而选用合理组合形式, 然后用“TL96隧道结构综合计算程序”对初期支护及二次衬砌内力进行计算分析。

## 3 隧道施工方法

隧道工程施工方法的选择, 应以地质条件为主要依据, 结合工期、隧道长度、断面尺寸、施工技术力量等通盘研究确定。全线隧道为左、右分线双车道行车隧道。

收稿日期: 2004-03-01

作者简介: 许逢寿(1970-), 男, 广东吴川市人, 工程师, 主要从事工程建筑方面研究。

3.1 全断面开挖

适用于 ~ 类围岩, 该法可采用深孔爆破, 其深可取 3~3.5 m, 开挖断面大, 岩质好, 宜采用光面爆破, 在开挖过程之前要做好爆破设计, 施工中不断调整周边炮眼间距, 严格控制周边眼装药量, 使药量沿炮眼全长合理分布, 周边眼宜采用小直径药卷和低爆速炸药, 采用毫秒雷管微差顺序起爆, 应使周边眼同段的雷管起爆时差应尽可能小, 爆破后周边炮眼痕迹应在开挖轮廓面上均匀分布, 开挖周边面平整圆顺.

3.2 正台阶法施工

适用于 ~ 类较软或节理发育的围岩, 该法可采用光面爆破或预裂爆破, 预裂爆破参数可先做初步参数设计, 经现场爆破试验调整, 在施工过程中根据围岩岩性变化可作适当调整. 可分上、下台阶开挖, 两台阶之间间距应能满足机具正常作业, 并减少翻碴工作量. 下台阶边墙马口跳槽开挖或左右错开拉槽施工, 再施作与上台阶同参数初期支护. 待初期支护监控量测达到基本稳定时可施作二次衬砌, 部分软弱围岩段可适时施作二次衬砌.

3.3 侧壁导坑法或 CD 工法

适用于 ~ 软弱围岩或土质围岩, 隧道通过围岩地段为亚粘土或碎石土, 地下水较为丰富, 亚粘土受水浸泡后呈流——软塑状, 这种情况下, 选用地表挖井抽水或洞内掌子面拱脚打大钢花管孔引排水, 降低地下水位, 提高围岩自身承载能力, 再综合研究选用侧壁导坑法 (如图 1) 或 CD 工法 (如图 2, 见 72 页) 施工方法, CD 工法施工根据上台阶环形开挖中揭示的地质情况决定是否设置临时仰拱, 如掌子面稳定性较好, 可恢复原台阶法施工, 加快施工进度.

隧道可根据该段围岩所处地质情况选作单侧壁导坑或双侧壁导坑, 双侧壁导坑开挖时, 采用人工同时开挖 1、2 部分, 分别及时施作 1、2 分部初期支护, 初喷混凝土 5 cm 厚, 内侧壁打 1.5 m 长锚杆, 立 20 b 工字钢加纵向连接筋挂网复喷混凝土至 27 cm 厚, 外侧打自进式注浆锚杆并注浆. 导坑上台阶开挖 5 m 左右, 继续开挖 3、4 分部并及时施作其初期支护, 再开挖 5 分部并及时做好初期支护, 最后开挖 6 分部和隧道底部开挖, 施作仰拱初期支护, 使初期支护尽快成环封闭. 双侧壁导坑在砒霜坳隧道右线珠海端浅埋偏压段和乌坑坝隧道右线珠海端洞口滑坡段施工中应用.

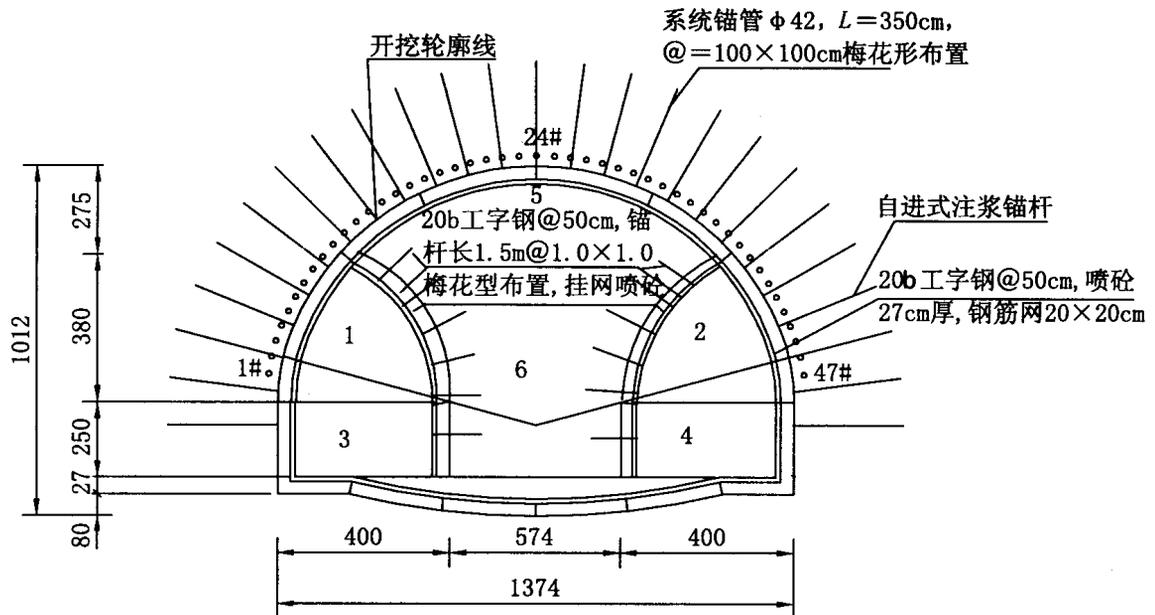


图1 双侧壁导坑开挖示意图

CD 工法施工: (1) 开挖 部, 初喷砼, 架立 部钢拱架, 挂网, 打设超前小导管注浆, 打锁脚锚管注浆, 焊接纵向连接筋; (2) 开挖 部, 架立 部临时支撑, 焊接纵向连接筋, 模注 部砼, 打 部系统锚管, 复喷 部至设计厚度; (3) 开挖 部, 初喷砼, 架立 部钢拱架, 打设侧壁超前小导管注浆, 其它内容与 (1) 相同; (4) 开挖 部, 架立 部临时支撑, 焊接纵向连接筋, 模注 部砼, 打 部系统锚管,

复喷部至设计厚度；(5) 开挖部，初喷砼，架立部钢拱架，打设侧壁系统小导管注浆，其它内容与(1)相同；(6) 先打底部系统小导管注浆，开挖部，架立部初期支撑，焊接纵向连接筋，模注部砼，复喷部至设计厚度。该开挖方法在洋磁隧道断层处理及类围岩施工中应用。

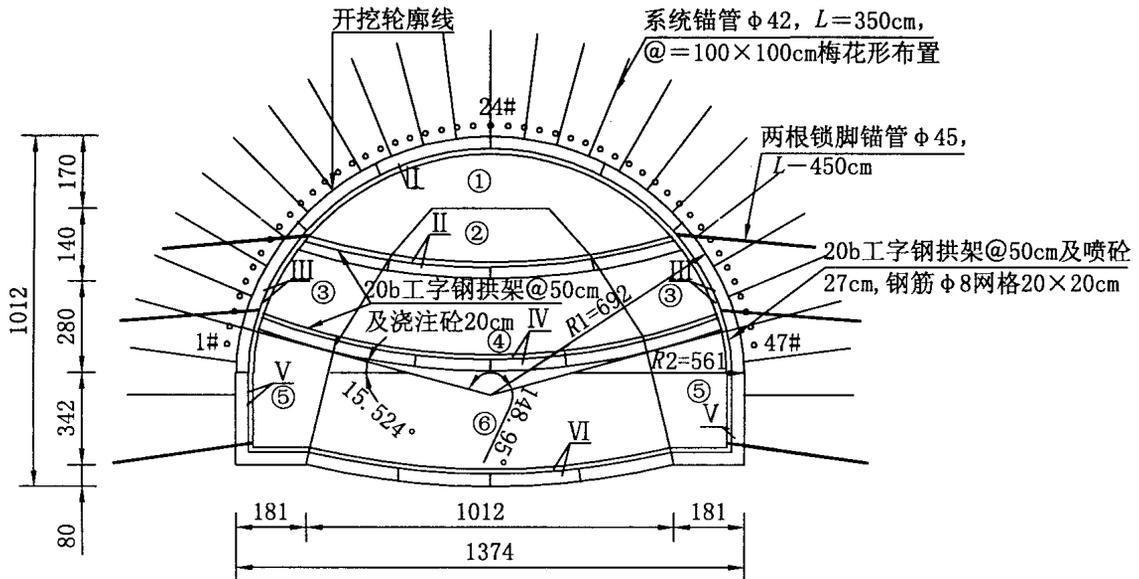


图2 CD工法开挖示意图

## 4 隧道不良地质段处理方法

### 4.1 断层处理

隧道穿过断层地段，施工难度取决于断层的性质、断层破碎带的宽度、填充物、含水性 and 断层本身的活性以及隧道轴线和断层构造线方向的组合关系（正交、斜交或平行）。洋磁隧道区域断裂构造十分发育，有大小断层近 20 条，有些断层带工程地质条件非常差。施工前切实掌握所遇断层带的所有情况，当断层破碎带的宽度较大时，破坏程度严重，破坏带的填充物情况复杂，且地下水较为丰富时，在隧道断层开挖之前，要求进行超前地质物探，可采在隧道一侧或两侧开挖调查导坑，或采用超前地质钻探，探清前方地状况，选用 CD 工法和 CRD 工法施工，这两种工法互相转换使用。洋磁隧道左线珠海端 F12、F13 断层，辅助施工采用双排超前小导管或超前长管棚作为超前支护，系统小导管注浆加固，已施作完初期支护经量测变形严重，在初期支护上打小锚索注浆加固围岩，充分利用围岩自身承载力，断层地段出现大量涌水，采取排堵结合的治理措施，施工时二次衬砌紧跟，以确保安全。在洋磁隧道左、右线北京端 F7、F8 断层，LK76+744~LK76+790 段辅助施工采用超前小导管，采用正台阶开挖，结果已施工完初期支护出现严重下沉，采用全断面系统小导管注浆加固，再挑顶开挖逐榀钢架替换，重新施作初期支护，并提高二次衬砌混凝土标号，由 C20 混凝土提高至 C30 钢筋混凝土；洋磁隧道 LK76+790~LK76+812 段辅助施工采用超前多排长孔注浆（10 m），选用 CRD 工法开挖支护，采用系统小导管注浆加固，提高二次衬砌混凝土标号，经过半年时间努力，顺利通过该断层。

### 4.2 溶洞区的处理措施

砒霜坳隧道右线北京端 RK62+856~RK+892 出现溶洞，隧道底部 4 m 多全为溶洞填充物，地下水较丰富，溶洞与隧道轴线斜交，溶洞形状不规则。在 RK62+886 处出现通天溶洞，地表溶洞塌穴面积 7 m × 8 m，直通隧道，塌穴高为 29 m。处理措施：塌穴地表搭雨棚并做环向排水沟，对洞内溶洞坍塌体进行喷混凝土封闭，通过吊蓝从塌穴顶往隧道顶部清除危石并初喷混凝土、打锚杆、挂网复喷混凝土 15 cm。对隧道底部溶洞填充物进行清除一部分（约 2 m），抛石挤淤，往复清淤，最后隧道底部采用 C15 片石混凝土回填，隧道拱脚处施作钢筋混凝土托梁，隧底设置 30 cm + 60 cm 厚 C25 现浇混凝土仰拱，其中 30 cm 为工字钢仰拱，60 cm 为钢筋混仰拱，托梁上施作钢筋混凝土套拱，待隧道内二次衬砌施工完毕后再对通

天溶洞进行回填, 隧道顶部 2 m 采用亚粘土人工夯实, 其上采用洞碴回填并逐层夯实, 离地表处 1.5 m 采用粘土回填并恢复地方旱田耕种。

隧道施工遇有岩溶危害时, 可按岩溶对隧道不同的影响情况及施工条件, 采取跨越、加固洞穴, 引排、截流岩溶水, 清除充填物或注浆对软弱土地基加固, 回填夯实, 封闭地表塌陷, 疏排地表水等工程综合治理措施。

#### 4.3 隧道洞口段滑坡的综合整治措施

乌坑坝隧道左线珠海端洞口段位于坡脚处, 其右上方为坪乳公路, 坪乳公路从半山腰绕山而过, 在修筑坪乳公路时有大量弃碴, 该隧道洞口位于坪乳公路弃碴中, 给施工带来巨大困难。该段采用“适当减载, 桩板墙支挡, 固结碴体”等综合治理措施。若大量清刷碴体方案可减少工程投资, 但危及坪乳公路运营安全。整治措施: (1) 在坪乳公路路旁(隧道左线珠海端洞口段右上方)施工一排抗滑桩, 抗滑桩内侧采用板墙支挡; (2) 清刷部分弃碴堆积体; (3) 隧道左线珠海端洞口段右侧施工一排挡土墙; (4) 对洞口段坡面表层施作一层混凝土, 再进行地表竖向注浆, 固结弃碴堆积体; (5) 在洞口段施作长管棚; (6) 隧道洞内采用双侧壁导坑法开挖。

### 5 隧道监控量测

隧道围岩现场监控量测是新奥法施工的重要组成部分, 是隧道施工过程中对隧道围岩和支护衬砌受力状态所进行的观测, 是监视围岩稳定, 判断支护衬砌设计和施工方法是否正确的一种手段, 是确保施工安全、提高经济效率的重要条件, 它贯穿于隧道施工的整个过程。全线隧道施工监控量测分为必测项目和选测项目, 必测项目有地质及支护状况观察、周边位移收敛、拱顶下沉、地表下沉, 必测项目由承包单位自己完成。选测项目有围岩体内位移(洞内设点), 围岩体内位移(地表设点), 围岩压力及两层支护间压力, 钢支撑内力及外力, 支护、衬砌内应力、表面应力及裂缝量测, 锚杆内力及抗拔力, 围岩弹性波测试。选测项目由有关科研单位完成, 将量测结果及时反馈于施工单位, 指导施工并修正施工设计和施工方法, 确定二次衬砌施作的时间。

### 6 结束语

京珠高速公路全线共 7 座隧道, 地质条件极为复杂, 施工方法变换频繁, 施工难度大, 经过两年多各方共同努力, 全线隧道已全部顺利贯通, 在断层、溶洞处理方案论证及施工方法的选用上花了很大的精力, 但大断层深埋隧道防排水方案实施有待进一步的探讨和论证。  
(责任编辑 胡坤, 王巍)

(上接 64 页)

第四步: 实习。教育实习是师范院校体育专业教学计划的一个重要组成部分, 是培养和检验学生教学能力关键一环。实习中, 加强指导教学环节, 由实习双方单位派出专门指导教师, 实习生备课、编写教案、试讲均由指导教师具体指导, 教案要有指导教师的签字才能上课。实习生相互听课, 取长补短, 最后在指导教师的反复指导下为实习双方领导上实习汇报课, 做实习总结, 写实习论文, 评选优秀实习生等。

通过以上三个阶段的系统教学和教育实习, 学生的教学能力逐步得到提高, 保证了毕业生的质量。

### 2 结束语

通过“三段四步”教学法指导, 教师把学生作为认识活动的主体, 从学生的实际出发, 切实抓好组织、启发和激励三个方面, 选择科学而艺术的教学方法和途径, 引导学生开动脑筋。通过学生主动自觉地学习、思考、实践来掌握教学的技法, 形成能力。因此在教学中, 掌握学生既有胆怯心理, 又有好奇和学习欲望的实际, 让学生由简单易做的基本功练习到实际地写教案、上试讲课, 使学生在逐步适应和不断积累的基础上, 不知不觉地投入到“真刀真枪”的实际教学中, 从而调动其学习和思考的积极性, 使他们主动自觉地在教学活动中学到怎样备课、写教案、怎样运用讲解与示范、运用组织调队的方法和练习手段, 还使他们在解决实践中出现和存在的问题时获得重新学习和提高自己能力的动力。同时由于每个学生的教法形式不同, 各有其特点, 也大大活跃了课堂气氛, 从而在师生教与学的关系上基本实现了“教是为了学而教”, “学是为了化教而学”, 实现了从教会到会教的转变过程。  
(责任编辑 刘国忠, 朱成杰)