

# 隧道浅埋大断面坍塌区域 CRD 法施工工艺研究

杜耀斌

(中国水利水电第五工程局有限公司,四川成都 610016)

摘要:结合川藏铁路成雅段金鸡关2号隧道施工实例,介绍了该隧道出口浅埋段、大断面位置坍塌区域采用的CRD法、施工工艺以及质量控制措施等。

关键词:铁路隧道;浅埋;大断面;坍塌区域;CRD法;施工工艺

中图分类号:TV554;TV52;TV51

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)增1-0083-04

## 1 概述

CRD法全称为交叉中隔墙法,是一种适用于软弱地层的隧道施工方法,对于控制地表沉降具有很好的效果。采用CRD法预留核心土的方法,将大断面隧道分成4个相对独立的小洞室分部施工。CRD工法遵循“小分部、短台阶、短循环、快封闭、勤量测、强支护”的施工原则,自上而下,分块成环,随挖随撑,及时做好初期支护并待初期支护结构的拱顶沉降和收敛基本稳定后,自上而下拆除初期支护结构中的临时中隔壁墙及临时仰拱后再进行施工。CRD法适用于开挖跨度较大、对围岩沉降变形控制严格的隧道开挖。采用CRD法开挖,其开挖的每一步都各自封闭成环,兼有台阶法和双侧壁导坑法的优点,有利于围岩稳定,能够保证施工安全。

笔者所述工法依托的川藏铁路成雅段II标范围包含4条隧道,长度共计3726m,其中采用CRD法施工的部分共计85m,分别为青山岗隧道DK128+845-DK128+865,长度20m;DK128+865-DK128+900,长度35m;金鸡关2号隧道D3K136+100-D3K136+130,长度30m。隧道处于高烈度地震区,围岩为泥岩夹泥质砂岩,岩质软,稳定性较差,泥岩具有弱膨胀性,岩层平缓,地下水呈弱发育,隧道总体埋深较浅,易发生塌方事故。风险等级评定为“高度”。其中金鸡关2号隧道主要地质情况:上覆第四系全新统崩坡积、坡残积黏土、块石土,厚0~4m;下伏基岩为下第三系(E)砂质泥岩夹泥质砂岩,白垩系灌口组(K2g)泥岩夹泥质砂岩;基岩呈薄至中厚层状,岩

质软硬不均,岩层风化带较薄,覆盖层及全、强风化层总厚度一般为2~13m。地震动峰值加速度为0.1g;隧道未发现重大的地质构造迹象,隧道总体埋深较浅,易坍塌冒顶,出口存在仰坡顺层,工程地质条件差,为2010年雅安地震坍塌区域,围岩破碎,施工时易发生塌方事故,故隧道正洞开挖掘进必须采取安全、有效的防护及施工措施,最终决定采用CRD法开挖施工。

## 2 CRD法施工工艺流程

CRD法施工工艺流程见图1。

## 3 大断面坍塌区域CRD法施工

(1)施工程序。

①超前支护施工。

大管棚施工:测量放线→套拱施做→钻机就位→钻孔→管棚制作、安设管棚→安设止浆塞→注浆→管尾垫板及纵连构件安装→结束。

小导管施工:注浆孔位置布置→钻孔机就位→钻孔→小导管制作、插入小导管→安装止浆塞→注浆→管尾垫板及纵连构件安装→结束。

②CRD法开挖。

选择适宜的开挖断面,例如横向分2部,竖向分3层,开挖顺序为左上→左中→右上→右中→右下→右中。同一层左右两部分工作面相距不宜大于15m,上下层开挖工作面相距宜保持在3~4m。

③初期支护及钢架封闭。

每个断面洞身开挖完成后,及时初喷混凝土、施做锁脚锚杆和系统锚杆并封闭钢架。

④仰拱、防水及衬砌施工。

全断面开挖完成后,待混凝土强度达到设计要求后开始逐段拆除下部中隔壁及临时仰拱,施

收稿日期:2016-03-08

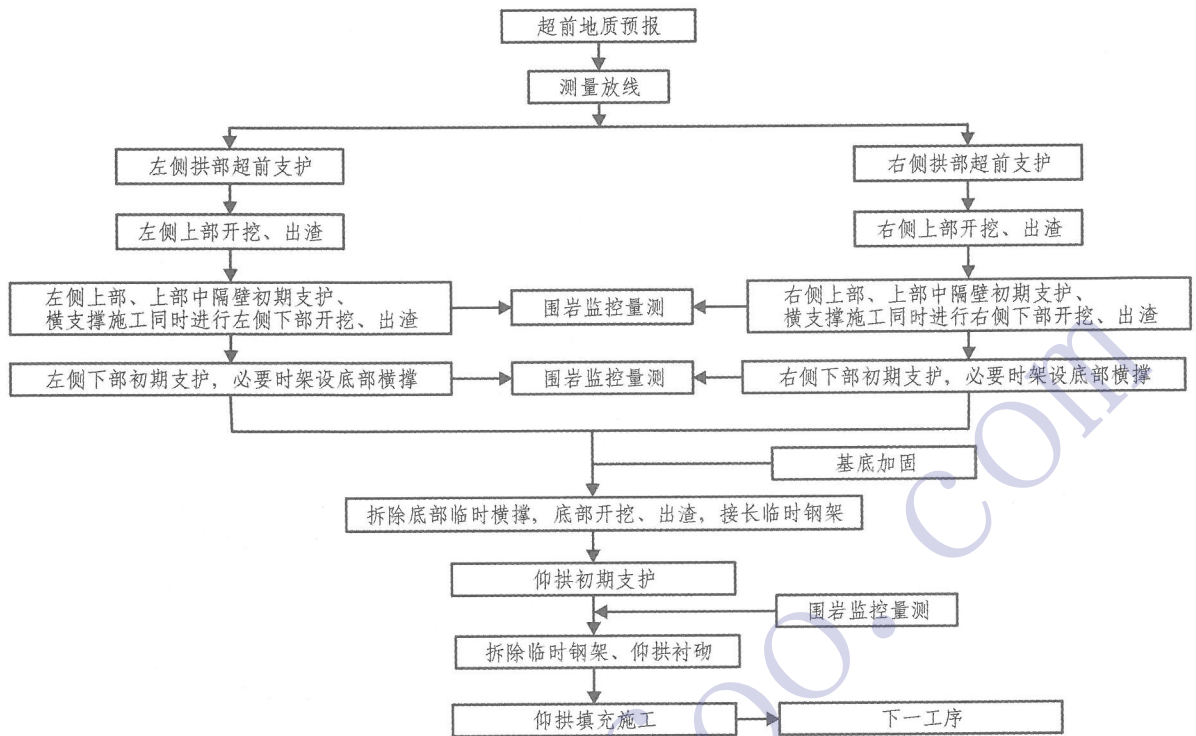


图 1 CRD 法施工工艺流程图

做仰拱、防水和下部二衬。待二衬混凝土强度达到设计要求后再拆除上部中隔壁,施做防水及二衬。具体仰拱、防水、二衬施工过程同一般隧道施工工艺。

(2) 测量放样。

每循环测放出开挖轮廓线、开挖断面中线与

高程,保证开挖高程、轮廓符合设计要求。

(3) 开挖顺序及方法。

①坍塌区域 CRD 法施工分部开挖、支护,分 6 部分闭合小环,最后全断面闭合成大环。每开挖一部均及时施作初期支护、中隔壁及临时仰拱,具体施工顺序及方法见图 2、3。

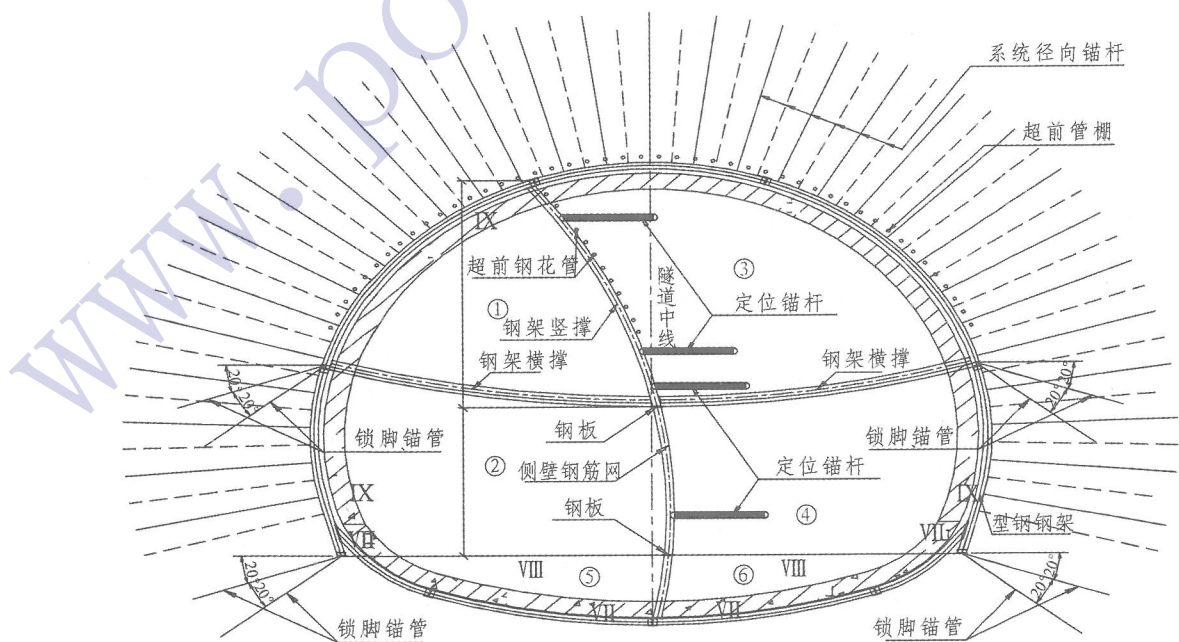


图 2 CRD 法开挖及结构断面图



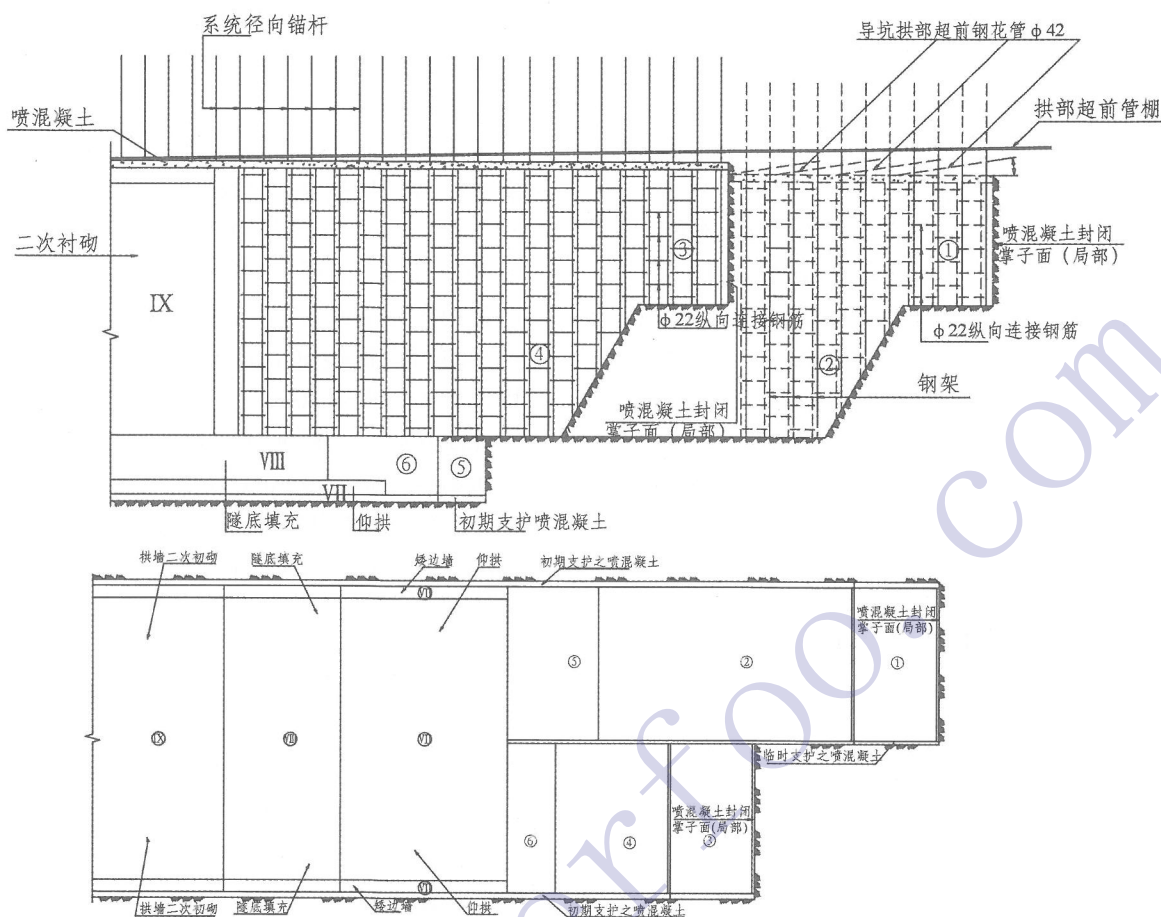


图3 CRD法开挖断面图

②利用上循环架立的钢架施作隧道侧壁及导坑侧壁φ42花钢管超前支护。开挖①部:采用机械沿测量放样点开挖,测量人员测设超欠挖控制线,严禁出现欠挖,对于出现欠挖的地方及时挖除,完成后及时喷4cm厚混凝土封闭掌子面。施作①部导坑周边的初期支护和临时支护,即初喷4cm厚混凝土,铺设钢筋网,架立I20b型钢架和I18临时钢架并设锁脚导管,安设I18横撑。钻设径向锚杆后复喷混凝土至设计厚度。必要时施作临时仰拱时,为防止临时仰拱下沉,宜在中隔壁侧设置锁脚锚管。

③在滞后于①部一段距离后开挖②部。采用机械沿测量放样点开挖,测量人员测设超欠挖控制线,严禁出现欠挖,对于出现欠挖的地方及时挖除,完成以后及时喷混凝土封闭掌子面。导坑周边部分初喷4cm厚混凝土,铺设钢筋网。接长型钢架和I18临时钢架设锁脚锚管。钻设径向锚杆后复喷混凝土至设计要求的厚度。

④开挖③部并施作导坑周边的初期支护和临

时支护,步骤及工序同①。

⑤开挖④部并施作导坑周边的初期支护和临时支护,步骤及工序同②。

⑥在滞后于④部一段距离后开挖⑤部;隧底周边部分初喷4cm厚混凝土;接长I18临时钢架,复喷混凝土至设计厚度;安设型钢架之仰拱单元。

⑦开挖⑥部并施作导坑周边的初期支护,步骤及工序同⑤;并使型钢架封闭成环。

⑧根据对监控测量结果进行分析得知,待初期支护收敛后,拆除I18临时钢架及上部临时横撑(灌注仰拱衬砌及二衬)。

⑨灌注仰拱填充部分至设计标高。

⑩利用衬砌模板台车一次性灌注部分衬砌(二衬一次施作成环)。

(4)交叉中隔壁法施工应符合下列规定:

①根据地质条件,隧道断面的分部应以初期支护受力均匀、便于发挥人力与机械效率安全为原则,一般水平方向分两部、上下方向分三层开

挖。

②先行施工部位的临时支撑(中隔壁、临时支撑)均应有向外(下)鼓的弧度。

③各部开挖及支护应自上而下,开挖后及施作初期支护早封闭成环。

④同一层左右两部开挖工作面相距不宜大于 15 m,上下层开挖工作面相距宜保持在 4 m 且待喷混凝土强度达到设计强度的 70% 后开挖相邻部位。

⑤宜缩短各部开挖工作面的间距,使初期支护尽早封闭成环。

⑥根据监控测量结果,中隔壁及临时仰拱在仰拱浇筑前逐步拆除,每段拆除长度不宜大于 15 m。

(5) CRD 检测点布置情况见图 4。

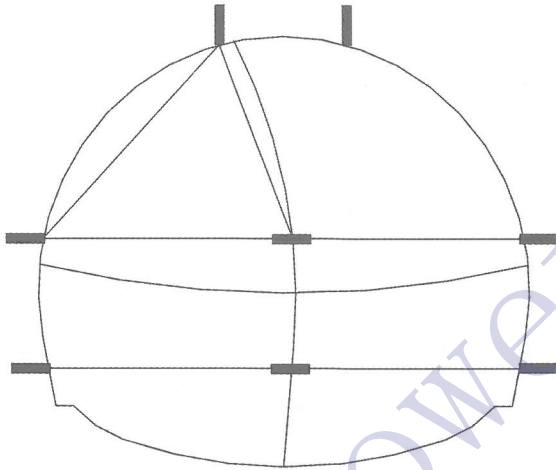


图 4 CRD 检测点布置图

## 5 质量控制措施

(1) 开挖:隧道开挖断面的中线和高程应符合设计要求并严格控制超欠挖。对于拱脚和墙脚以上 1 m 内断面严禁欠挖。洞身开挖中,在每一次开挖后及时观察、描述开挖面地层的层理、节理、裂隙结构状况、岩体的软硬程度、出水量大小等,核对设计地质情况,判断围岩的稳定性。隧底开挖的底部高程应符合设计要求且基底内无积水浮渣。

(2) 型钢拱架的安装。

①加强对钢架的锁脚固定措施。

由于采用分部开挖方法,拱部钢架安装后,钢架暂时不能全断面封闭成环,隧道拱部钢架无法座落在坚实的基岩上,因此,拱部钢架必须采取锁脚措施,将钢架两底脚牢固锁定,以防止钢架下沉

或两底脚回缩,钢架锁脚采用两根长度为 4 m 的  $\phi 22$  锁脚锚杆锁定,锚杆采用螺纹钢筋。

②加设钢架纵向连接。

为防止钢架下沉、增强钢架之间的整体强度、刚度、稳定性等,钢架之间需用  $\phi 22$  纵向拉杆焊接在一起,拉杆的环向间距为 1 m。

③及时喷射混凝土进行覆盖。

钢架安装完成后,及时喷射混凝土,喷射时分层、分段进行,钢架应全部被喷射混凝土覆盖,保护层厚度不得小于 30 mm。

④防止施工过程中对钢架的碰撞和损坏。

机械开挖时,为防止挖掘机等大型机械对已支护好的钢架碰撞和冲击而造成钢架损坏,开挖时,委派专人对开挖作业进行指挥,严格限制机械作业界限,以防止其碰撞钢架。

(3) 锚杆及钢筋网片。

系统锚杆施做角度为垂直于基岩表面,锚杆长度均为 3.5 m,靠近型钢拱架位置的砂浆锚杆尾端可回折 L 型弯钩,以便于固定型钢拱架的位置,钢筋网片挂在锚杆上,搭接长度不小于 20 cm。

(4) 喷射混凝土。

①喷射顺序自下而上并先将低洼处大致喷平,再自下而上顺序分层、往复喷射。

②先喷钢架与壁面间的混凝土,再喷两钢架之间的混凝土,喷射时注意喷射方向要正对钢架死角部位。

③在喷边墙下部及仰拱时,先将上半断面喷射时的回弹物清理干净,防止将回弹物卷入下部喷层中形成“蜂窝”而降低其支护能力。

④分层喷射时,一次喷射混凝土的厚度不小于 4 cm,后一层喷射在前一层混凝土终凝后进行。一次喷混凝土的厚度以喷混凝土不滑落、不坠落实为度。复喷混凝土的一次喷射厚度对于边墙控制在 7 ~ 15 cm,拱部控制在 5 ~ 10 cm 并保持喷层厚度均匀。顶部喷射混凝土时,为避免产生坠落现象,两次间隔时间为 2 ~ 4 h。

⑤喷射速度要适当,以利于混凝土的压实。风压过大,喷射速度增大,回弹增加;风压过小、喷射速度过小,将影响喷混凝土强度。在开机后注意观察风压,待起始风压达到 0.5 MPa 后方可开始操作并据喷嘴出料情况调整风压。一般工作风

(下转第 104 页)



新媒体及时发声已成为常态。手机是网站的补充,通过微信、QQ群发功能等载体,建立相应的手机联络群体,发挥手机覆盖面更广、即时性更强、使用更方便的特点,打造出符合企业实际、又接地气的微平台,实现微动漫、微视频、微互动、微典型等多种多样的新媒体传播方式。

(3)电子显示平台。随着科学技术的发展,通过电子显示屏(LED电子显示屏)进行宣传已成为最直接、最直观、最具影响力的手段之一。宣传工作也要利用流动宣传电子屏滚动播放企业理念和工作思路以及工作先进典型、先进经验、温馨提示等,也可依托电子显示屏、LED屏建设“文化走廊”,使宣传的内容更形象、更生动、更立体地展现在职工面前,从而实现动态传播、流动传播。

(4)数字媒介平台。积极运用图解、漫画、微电影等表现形式,网言网语、群众语言等表达方式,精心编制一批内容丰富、活泼明快、职工喜闻乐见的宣传片、多媒体课件、微电影等,向受众提供视频、音频、语言数据服务。要克服模式化、套路化、呆板化现象,通过将企业的真实案例以小品、快板、说唱等方式演绎,录制成宣传片,将企业

(上接第86页)  
压:边墙0.3~0.5 MPa,拱部0.4~0.65 MPa。

⑥喷射时使喷嘴与受喷面间保持适当距离,喷射角度尽可能接近90°,以获得最大的压实和最小的回弹。将喷嘴与受喷面的间距控制在1.5~2 m;喷嘴连续、缓慢作横向环行移动,一圈压半圈,操作人员按施工方案所画的环形圈横向40~60 cm、高15~20 cm施喷;若受喷面被钢架、钢筋网覆盖时,可将喷嘴稍加偏斜,但不宜小于70°。

### 6 结语

笔者详细介绍了金鸡关2号隧道在岩质软、

员工的书法作品、图片等编辑成电子书,以电子读物、视频等为内容建立“职工数字书屋”,不断拓展数字传播功能,增强宣传的覆盖面和渗透力。

### 5 结语

新媒体的快速发展是当今信息社会的一个重要特征,新技术的进步催生了宣传工作的新形态。企业要充分认识到新媒体的影响力,高度重视以互联网和手机为平台的宣传阵地的建设、运用、管理,积极探索数字宣传新模式、新方法,唱响主旋律、打好主动仗,增强宣传工作的质量和成效,从而为企业各项工作的正常运行保驾护航。

### 参考文献:

- [1] 刘伯高. 政府公共舆论管理[M]. 北京:中国传媒大学出版社,2008.
- [2] 石磊. 新媒体概论[M]. 北京:中国传媒大学出版社,2009.

### 作者简介:

叶鹏(1982-),男,湖北黄冈人,政工师,学士,从事企业党建思想政治工作;  
张琦(1982-),女,四川乐山人,政工师,从事企业新闻宣传工作。

(责任编辑:李燕辉)

稳定性较差、泥岩具有弱膨胀性、地下水弱发育、隧道总体埋深较浅、地质条件差的坍塌区域采用CRD法的施工工艺及质量控制措施,施工过程中通过对围岩沉降变形进行严格监控,遵循“小分部、短台阶、短循环、快封闭、勤量测、强支护”的施工原则,开挖的每一步都各自封闭成环,有利于围岩的稳定,有效地降低了施工风险等级,保证了施工质量安全,取得了较好的经济效益。

### 作者简介:

杜耀斌(1976-),男,甘肃榆中人,项目经理,高级工程师,从事铁路工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

## 万家山光伏工程荣获省级生产建设项目水保生态文明工程称号

经过前期近百家生产建设项目单位的激烈竞争,4月19日通过初步评选,万家山光伏工程等6个建设项目被推荐为2015年省级水土保持生态文明工程。日前经公示,四川省水利厅发文确认盐边万家山30 MWp大型并网光伏工程项目被评为“2015年度省级生产建设项目省级水土保持生态文明工程”。万家山光伏电站于2014年7月开工建设,成都院总承包项目部高度重视水保问题,专门组织项目部全体成员和承包人认真学习《盐边万家山30 MWp大型并网光伏电站项目水土保持方案报告书》《四川省水利厅关于盐边万家山30 MWp大型并网光伏电站项目水土保持方案报告书的批复》,深刻理解报告书中、批复文件中水土保持措施、方案和要求。万家山光伏工程施工周期短,总承包项目部要求在抓主体工程施工的同时不能放松对水土保持、环境保护措施的实施;以报告书为依据,结合现场的实际地形、地质情况进行局部优化和调整,确保措施的功能不降低,工程投资可控。在万家山光伏工程并网投运后一个半月,顺利完成了水土保持方案的实施。