

# Study on Monitoring Method of Multi Arch Tunnel

Hui Yang

Civil Engineering College, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400070, China

**Abstract:** In this paper, the source of Mei Yuan tunnel and Ya Yu tunnel as the engineering background, introducing the construction monitoring of buried section selection, monitoring measurement equipment and in the tunnel construction process, real-time monitoring of the tunnel surrounding rock deformation on the stress of the supporting structure of reasonable monitoring. The monitoring data obtained, according to the statistical comparison of the construction of the surrounding rock deformation and lining stress are analyzed in detail, so we can draw a series of suggestions to guide the construction and get out a guiding role in the construction of similar projects later.

**Keywords:** surrounding rock deformation; force analysis; tunnel monitoring

## 连拱隧道监测方法研究

杨辉

重庆交通大学, 土木工程学院, 重庆, 中国, 400070

**摘要:** 本文以梅源隧道和雅屿隧道为工程背景, 介绍了在施工监控中监测断面的选取、量测设备的埋设以及在隧道施工过程中如何实时监控隧道围岩的变形、对支护结构受力进行合理的监控。对于监控得到的数据, 根据统计对比对施工中的围岩变形和衬砌受力进行详细的分析, 得出了一系列关于指导施工的意见, 对以后同类型的工程施工具有一定的指导作用。

**关键词:** 围岩变形; 受力分析; 连拱隧道监控

### 1 引言

随着桥梁在我国的飞速发展, 我国山岭隧道也得到了快速发展。而大部分山岭隧道的线型、展线等都会对隧道造成一定的影响, 所以线路之中也多见连拱隧道。连拱隧道具有线型良好等特点, 但是施工的工序复杂, 围岩扰动大、受力复杂, 支护难等特点。目前我国正在进行此类型隧道的研究工作, 已经有了一定的经验, 再加上我国工程师利用数值分析、理论分析等手段已经解决了实际施工中的部分问题, 在围岩压力、支护结构受力等方面有重大突破。外加之 BIM 技术在我国兴起, 隧道的施工将会变得更加具有可控性。但是, 对于不同地区、不同地质的隧道, 由于条件的不同, 目前个别研究成果不具有普遍代表性, 尤其是在修建连拱隧道时, 围岩坍塌和衬砌容易出现受力不均匀、容易压力集中等现象。

本文以梅源隧道和雅屿隧道为例, 着重介绍了连拱隧道测点的布置情况以及各种测量方法对衬砌和围岩的影响大小等, 为以后类似工程提出了一些参考意见。

### 2 工程概况

#### 2.1 梅源隧道工程概况

梅源隧道位于敖江镇梅源乡和水头镇中元村境内, 隧道进、出口坡面较缓, 自然坡度 20-30°, 地形起伏较大, 地表植被较发育。隧道起迄里程为 L2K5+615~L2K7+459, 全长 1844 米, 进、出口采用端墙式洞门。隧道采用曲墙带仰拱复合式衬砌, 初期支护采用喷锚支护, 隧道设计建筑界限为: 净宽 11 米, 净高 7.31 米。隧道为两车道上下行单洞隧道, 行车速度按 80km/h 设计。

梅源隧道出口段(L2K7+300~L2K7+465)缓坡地形, 植被发育, 表层局部分布残坡积含碎石粉质各含黏性土碎石, 呈散体结构, 稳定性差; 全-强风化凝灰岩, 呈碎石状, 节理裂隙发育, 厚约 4.2m~10m, 呈碎裂结构, 稳定性差; 围岩自稳能力较差, 岩体呈散体~碎裂状镶嵌状结构, [BQ]<250, 综合判定为 V 级围岩。

#### 2.2 雅屿隧道工程概况

104 国道瑞安仙降至平阳萧江段改建工程 6 合同段雅屿隧道为一座四车道上下行公路连拱隧道，隧道净宽（12+3.3+12）m，内轮廓采用三心圆，半径  $R_1=6.35\text{m}$ 、 $R_2=1\text{m}$ 、 $R_3=1\text{m}$ ，建筑限界高度 5.0m。进口端洞口位于浙江省温州市平阳县水头镇溪尾村附近，出口端洞口位于该镇的雅屿村附近，隧道起讫桩号为 L2K11+463~L2K11+864，全长 401m，其中洞身 IV 级围岩 150m，V 级围岩 251m。

雅屿隧道左、右线进口端洞口位于平曲线上，平曲线为左偏，半径为 800m，进口端平曲线范围内设置了超高，超高坡度为 3%，出口端洞口位于直线上。隧道左、右线进口端的纵坡为 1.1%，出口端处在凸型竖曲线上，纵坡分别为 1.1%和-2.1%。隧道穿越的山体不存在采空区及有害气体。

### 3 监控量测目的

本次新奥法监控隧道监测的主要目的：

1) 通过监控测量，了解施工期地层、支护结构与周边环境的动态变化，明确施工对地层、支护结构和周边环境的影响程度以及可能产生安全事故的薄弱环节，预测临近建筑物的变形发展趋势，及时对其安全性做出评估，同时综合各种信息进行预警和报警，使有关各方有时间及时做出反应，防止事故发生。

2) 监控量测，能客观、真实、全面地掌握隧道围岩、支护结构以及周边环境安全的关键性指标，确保工程安全，也为可能的纠纷提供处理依据和独立、客观、公正的监测数据。

3) 监测工作真正发挥优化设计和反馈指导施工的作用（而不是仅仅满足于收集资料和提交报表），对可能出现的各种突发情况提出建议措施，提高本项目信息化施工水平，具有较大的社会效益和经济效益。

4) 修改工程设计。通过研究监测成果，判断结构的安全稳定性。有助于对工程设计进行修改，并通过监测数据与理论上的工程特性指标进行比较，以便了解设计的合理程度。

5) 提供判断围岩和支护体系基本稳定的依据，确定二衬的施作时间。

6) 验证支护结构设计，为支护结构设计和施工方案修订提供反馈信息。

7) 积累资料，为今后类似工程或工法本身的发展提供借鉴，并为隧道运营后的养护与维修提供可靠

的原始数据。

## 4 现场测点布置及工作流程

### 4.1 现场测点布置

根据现场实际情况，梅源隧道具体的量测项目有地质和支护状况观察、周边收敛位移、拱顶下沉、地质雷达超前预报和爆破监测。其中，地质和支护状况观察、周边收敛位移、拱顶下沉在围岩级别为 V 级时间间隔 5m 设置一道，在围岩级别为 IV 级时间间隔 10m 设置一道。地质雷达超前预报和爆破监测在围岩级别为 V 级时分别间隔 20m 和 50m 设置一道，而在围岩级别为 IV 级时分别间隔 20m 和 100m 设置一道。当围岩等级为 III 级时，爆破监测为间隔 200m 设置一道，其它测量项目为间隔 10m 设置一道。相比之下，雅屿隧道的围岩等级状况相对较好，同时也按照梅源隧道测点布置方式进行布置。隧道监测不动点设置在隧道入口正对的山上，利用高强混凝土稳固，并且使用莱卡系列测量仪器对隧道进行测量和数据采集。拱顶下沉和周边收敛均是布置在同一个测量断面。在不同围岩交界处，均设置一个综合监测面，用以监测数据和实时修改。测点位置和测点布置图如图 1 和 2。

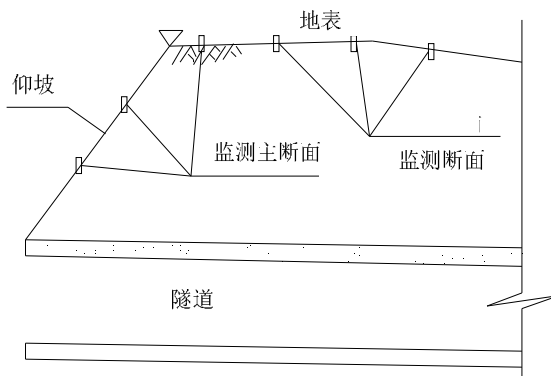


图 1. 地表沉降监测断面位置示意图

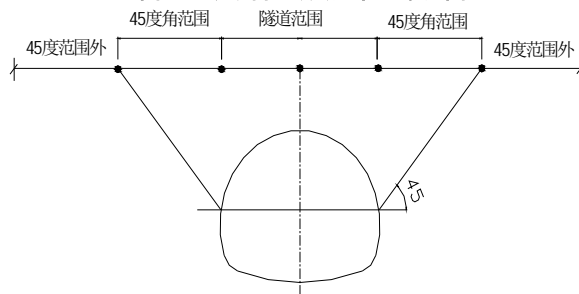


图 2. 监测主断面测点布置示意图

### 4.2 量测工作流程

隧道监控量测工作流程图，如图 3 所示。

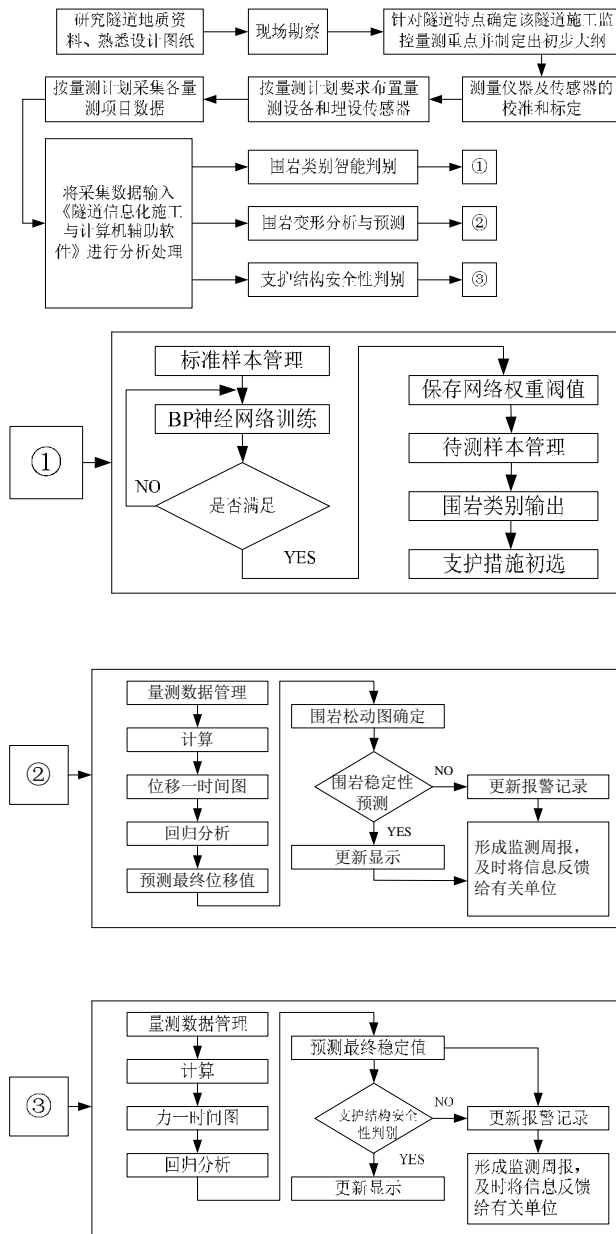


图 3. 隧道监控量测工作流程图

### 4.3 测量仪器

本项目隧道的特点在于隧道距离长、断裂破碎带发育、节理裂隙带发育、地下水较丰富；关键性技术问题在于对断层破碎带、节理裂隙带和富含地下水地

质体的分布特征及其发育程度进行准确的预报，以避免地质灾害的发生，为隧道设计与施工方案提供准确的地质信息和围岩级别，保证隧道围岩支护系统的安全稳定、经济合理。另根据勘察报告及相关资料梅源隧道地质条件较好，不需要物探设备，如果施工过程中发现存在不良地质情况，采用地质雷达对掌子面前方进行探测；雅屿隧道相对地质条件复杂，在围岩变化较大时，及时采用地质雷达探测掌子面情况，如果需要时采用物探设备进行检测。

拟采用的对策与措施：（1）结合地质掌子面编录推测法方法，采用地质雷达进行探测与分析；（2）对设计围岩级别IV级和V级地段重点探测；

掌子面编录推测法指的是参考勘察设计资料，通过掌子面已揭露地质体(岩层、不良地质体等)进行地质观测与编录。对掌子面前方一定范围内可能出现的不良地质体及位置进行有依据的推断可以随时掌握隧道掌子面的地层产状、岩性、构造等的变化情况。

### 5 数据整理以及分析

从隧道出口端开始开挖，断面水平收敛取 L2K5+625 和 L2K5+860 断面进行分析，拱顶下沉位移选测项目取 L2K5+860 和 L2K5+635 综合断面进行对比分析。

#### 5.1 断面拱顶下沉位移对比分析

断面拱顶下沉位移监测选取的是 L2K5+860 和 L2K5+635 综合断面进行对比分析，该地区的围岩级别是V级。具体量测数据见图 4 和 5。

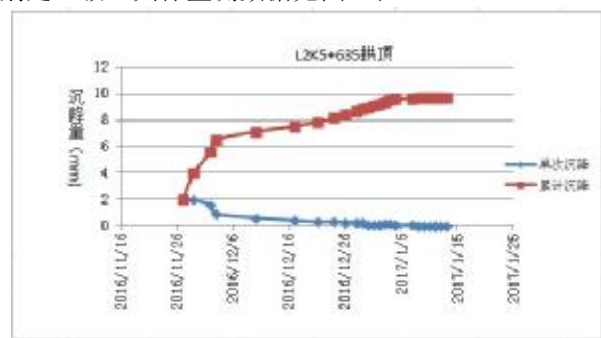


图 4. L2K5+635 断面拱顶下沉位移-时间图

从图中可以看出，隧道出口地表下沉，受施工步距影响较大，特别是左右幅隧道下台阶和仰拱开挖时，隧道地表沉降速率明显增加，所以在施工时应加快仰拱的浇注速度，尽早让隧道闭合成环。另外深埋侧隧道在各开挖步骤中地表累计下沉比较稳定，可以

看出围岩的变形趋于稳定, 开挖隧道围岩应力释放逐渐趋于平稳。此外, 该段属于隧道浅埋偏压段, 围岩强度较低, 开挖后围岩很难形成承载拱, 易形成滑动面, 产生大范围的塑性流动区, 所以造成各沉降点下沉量普遍增大。针对浅埋偏压段上覆岩层下沉剧烈的情况, 在开挖过程中, 应采用喷锚和管棚注浆预加固围岩。

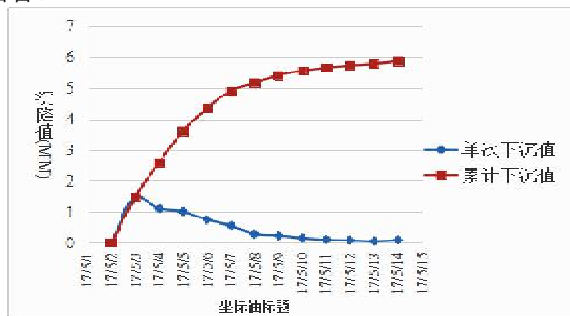


图 5. L2K5+860 断面拱顶下沉位移-时间图

### 5.2 断面水平收敛对比分析

断面水平收敛监测选取的是 L2K5+625 和 L2K5+860 断面进行分析, 该地区的围岩级别是IV级。具体测量数据见图 6 和图 7。

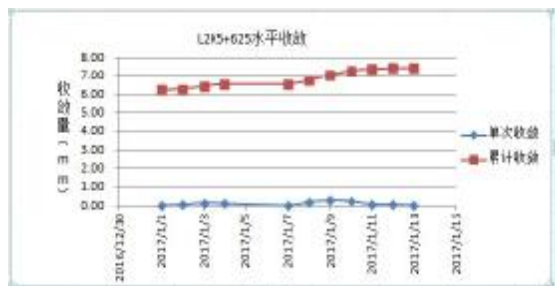


图 6. L2K5+625 断面水平收敛-时间图

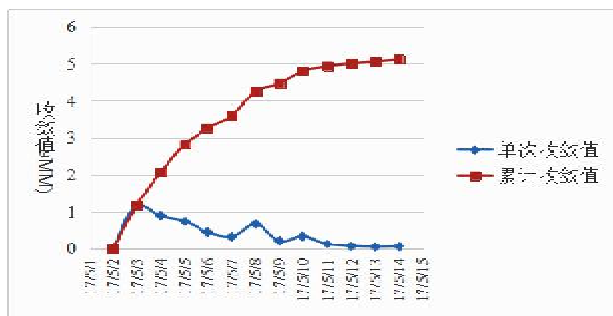


图 7. L2K5+860 断面水平收敛-时间图

从图中可以看出, 两个断面水平收敛累计曲线具

有相似的变化趋势。L2K5+625 断面最大沉降速率为 0.19mm/d, 累计拱顶沉降量为 9.68mm; 最大收敛速率为 0.29mm/d, 累计水平收敛量为 7.44mm, 拱顶沉降量和水平收敛量已稳定。L2K5+860 断面最大沉降速率为 1.48mm/d, 累计拱顶沉降量为 5.87mm; 最大收敛速率为 1.17mm/d, 累计水平收敛量为 5.12mm, 拱顶沉降量和水平收敛量已稳定。

该断面掌子面开挖前后左右洞都迅速收敛, 先行洞水平收敛在开挖后开始趋于稳定, 当后行洞掌子面开挖到该断面后, 其水平收敛又缓慢的增加, 说明施工扰动引起的围岩变形比较明显。当后行洞掌子面开挖 13 天后, 深埋侧隧洞水平收敛向洞内累计位移达到最大, 随后开始扩张, 而浅埋侧水平收敛位移速率有所增加, 可以看出偏压形成的不平衡推力, 作用于隧道衬砌结构, 再通过初期支护传递到中隔墙, 同时隧道上部地表为斜坡, 上覆围岩的不均布荷载也直接作用于中墙顶部, 从而使中隔墙有向浅埋侧偏移的趋势。另外, 深埋侧隧道开挖后引起的围岩前后差异变形与浅埋侧围岩向洞内缓慢的收敛, 说明, 先开挖浅埋侧后开挖深埋侧可以有效减弱深埋侧隧道开挖后不平衡推力以及上覆围岩对中隔墙的作用, 减小中隔墙顶部的应力集中。对于保证隧道结构的稳定具有重要意义。

### 6 结语

针对此连拱隧道的数值计算和监控量测, 得到以下结论:

(1) 尽管连拱隧道的开挖断面大、施工工艺复杂、施工工序转化多、对周边围岩影响作用大, 但从围岩变形和结构应力监测结果看, IV 和 V 级围岩段选取的支护参数和施工工艺是可行的。围岩变形在可控范围, 基本稳定, 而支护结构受力较小, 安全储备充足, 确保了围岩稳定。

(2) 实践表明, 结合现场监控量测与数值计算的方法, 分析复杂条件下大断面隧道围岩的稳定性是有效而可行的。

(3) 雅屿隧道洞口段地表沉降已稳定。围岩变形较大和支护结构受力较大的部位是中隔墙的上方以及左、右洞外侧边墙上, 在类似工程设计施工过程中, 应加强此部位的支护参数和施工质量。

### References (参考文献)

- 
- [1] 毛惠刚,郭纹菲.特殊地质条件下特大跨度双连拱隧道施工[J].市政技术,2016,S2:44-47.
- [2] 王少宏,汪龙祥,王敏,郑健雄.佛山地铁 2 号线湾华~登州区间盾构隧道施工监测技术研究[J].公路,2017,03:273-279.
- [3] 冉红林.浅谈软弱围岩环境下隧道开挖施工技术[J].绿色环保建材,2017,03:37.
- [4] 马明.连拱隧道施工质量控制要点[J].交通世界,2017,11:104-105.
- [5] 万里.公路连拱隧道拱部纵向裂缝原因研究讨论[J].海峡科技与产业,2017,02:108-109.
- [6] 解师尚.高速公路小净距隧道施工方法研究[J].化学工程与装备,2016,12:193-194.
- [7] 王毅龙.地铁施工监测浅谈[J].四川建材,2016,08:133-135.
- [8] 徐向明.地铁连拱隧道变形及地面沉降控制研究[J].铁路技术创新,2016,06:12-16
- [9] 宋媛丽.围岩监控量测技术在隧道施工中的应用探析[J].山西建筑,2016,31:192-193.
- [10] 张同晓.隧道硫化氢气体施工监测方法和防治技术研究[J].铁道建筑技术,2016,08:55-58.
- [11] 张玥,曹伟.小净距隧道平行上穿既有隧道施工监测与数值模拟分析[J].北方交通,2016,10:56-59.
- [12] 范志新.连拱隧道中隔墙防渗漏施工方法浅析[J].黑龙江交通科技,2016,09:153+155.
- [13] 王北华. 软弱地层大跨双连拱公路隧道结构受力及施工方法研究[D].北京交通大学,2017.
- [14] 纪明. 盾构隧道平行穿越连拱隧道施工影响分析及安全控制研究[D].长安大学,2017.
- [15] 闫计瑞. 浅埋偏压连拱隧道数值模拟及其优化分析[D].西安建筑科技大学,2015.
-