

芜湖长江大桥地质综合勘探模式研究

朱全宝¹, 刘加龙²

(1. 中铁大桥勘察设计院, 湖北武汉 430050; 2. 中国地质大学工程学院, 湖北武汉 430074)

摘要: 针对芜湖长江大桥选址过程中存在的主要工程地质问题(包括软弱地基、隐伏断层、区域稳定性), 综合运用 3S(GPS、GIS 和 RS)、地面测绘、物探和原位测试等勘探技术有效地解决了这些问题。研究表明, 综合勘探模式比传统的勘探方法更灵活、更精确, 提供的资料更符合实际, 在特大桥工程地质勘探中推广和应用这种综合勘探模式, 能促进勘探工作的规范化、数字化和自动化, 降低工程成本, 大大缩短建设投资的回报周期。

关键词: 综合勘探模式; 数字化; 芜湖长江大桥。

中图分类号: P642.2 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2001)04-0343-04

作者简介: 朱全宝(1942—), 男, 高级工程师, 1966年毕业于唐山铁道学院(现西南交通大学)水文地质与工程地质专业, 长期从事桥梁工程地质勘测工作。

遥感、地面测绘、物探和原位测试等方法具有不同的特点, 它们已经广泛应用于工程地质勘察领域。但是, 由于不能综合利用各种勘察手段所得到的数据, 往往导致重复劳动, 造成人力和物力的浪费, 给国家造成巨大的经济损失。在具体的工程实践中, 如何综合利用这些方法, 使勘探工作在保证工程安全的前提下更加合理、经济, 这是勘探工作中的一个核心问题。在芜湖长江大桥初勘工作中, 灵活运用多种测试手段相结合的综合勘探方法, 有效查明了桥位区的工程地质条件, 为优化设计和施工方案提供了充分可靠的地质资料。芜湖长江大桥选址过程中积累起来的勘探经验已经形成了一套完备的理论体系和工程程序, 其成果“地质综合勘探模式”被铁道部列为重点项目进行推广应用。

1 工程地质勘探技术发展现状

1.1 遥感技术

按照遥感平台高度的不同, 通常将遥感分为航天遥感、航空遥感和地面遥感三类^[1]。航天遥感适用于大范围调查研究和小比例尺制图; 航空遥感适用于中等范围和获得中等比例尺的遥感图像; 地面(或水面)遥感适用于小范围的工程地质调查, 可以获得

小区域大比例尺和高分辨率的遥感资料。依据各个勘测阶段的内容和要求不同, 与其相应的遥感手段也不相同。在规划阶段, 通常使用卫星遥感资料进行目视解译或用计算机提取信息方法完成, 主要解译地形地貌、区域岩土类型和构造格架, 找出活动性断裂及不良的物理地质现象, 从而对区域地质环境和区域稳定性做出定性评价。在可行性和初步设计阶段, 一般以航卫片结合进行。目前, 地面遥感技术在小范围的工程地质调查中也有了长足的发展。

遥感技术最大的特点是信息量丰富, 可以放大使用而不影响其精度, 通过一种比例尺的遥感图像, 可以做多种比例尺的地质图。遥感资料可以与物探资料结合, 提高数据的精度和准确性。现在, 遥感技术已经和 GIS、GPS 技术结合, 实现了对遥感资料的自动解译、综合成图、数据量测、建立数据库和评比分析等^[2,3], 极大地提高了工作效率。

1.2 物探技术

工程地质物探^[4]是在吸收和利用石油与金属物探的技术成就和先进经验, 针对自身的特点, 在近几十年中发展起来的勘探技术。在铁路与桥梁工程中常用的物探方法有: 电法勘探、地震勘探、声波探测、地球物理测井、微重力勘探、钻孔彩色电视录像处理系统、地球物理层析成像技术(CT)、地质雷达, 以及核磁共振^[5]等。利用物探技术可以确定覆盖层的厚度及基岩风化程度, 测定岩体的物理力学参数, 区分岩性,

划分钻孔柱状剖面图等。各种物探方法的综合运用,有力地促进了对工程地质条件的定量评价。

1.3 岩土体原位测试技术

岩土体原位测试^[6]和现场监控已经成为大型桥梁和水电工程不可缺少的重要手段,它是了解岩体变形、岩体应力、强度参数和其他地质参数的重要手段。岩体变形的测试方法包括承压板法、狭缝法、水压致裂法和径向千斤顶法等^[7];利用动力触探和孔压静力触探可以确定岩土体的强度参数,根据获得的锥尖贯入阻力和侧壁摩擦力资料,能划分不同的土层分界面,确定天然地基基本承载力,判断砂土的液化问题等;用声发射法(AE)和应力解除法可以测出岩体应力的分布状况。

1.4 钻探技术

钻探技术是工程地质勘探的主要手段。通过钻探不仅可以取出真实的地质资料(岩心和岩样),而且可通过钻孔进行抽压水试验、地下水观测、岩体力学原位测试等,为研究地质构造的性状提供准确可靠的依据。随着科学技术的发展,各种钻探技术也日新月异^[8]。

2 综合勘探模式研究及其应用

2.1 综合勘探模式

现有的各类勘探手段(遥感、地面测绘、物探和原位测试),都有其自身的局限性。对于重要的工程建设,仅靠单一手段很难达到勘探的要求和目的,也很难适应勘探工作高水平、高质量、高效率的要求。盲目地使用多种勘探手段,又很容易造成工程浪费。实际上,如果能结合具体的工程,将各种勘探手段合理地加以综合运用,将达到事半功倍的效果。所谓综合勘探,就是在工程地质勘察的不同阶段,根据勘探的目的和要求,合理运用多种不同的勘察手段和方法,以最佳的勘探组合模式查明工程所在区域的工程地质条件,为设计和施工提供可靠的地质依据,达到高质量、高效率 and 低成本的目的。

需要指出的是,综合勘探并不是说在一个工程中运用的方法越多越好、越新越好,而是强调从勘探的目的出发,充分利用和挖掘已有的资料,尽量避免重复投入。而且,网络技术和数字技术^[9]正飞速发展,这给地质勘探工作也带来了新的发展机遇。网络技术使同一勘测区内不同时间、不同类型的勘探数据能随时调用;数字技术作为网络信息技术的基础,

它客观上要求勘探数据的采集和处理必须规范化。所以,把勘探技术和 GIS 技术结合起来,建立勘探数据库,综合分析勘探数据就显得尤为重要。

2.2 综合勘探模式的应用

2.2.1 工程概况及工程地质问题 芜湖长江大桥是国家“九五”重点工程,它集我国现代桥梁新技术、新结构、新工艺、新勘测方法于一体,是本世纪举世瞩目的桥梁工程。它的建成对完善华东铁路网具有重大作用;对沟通皖南皖北的公路交通、推动安徽经济腾飞具有十分重大的意义。为了确保大桥的安全,中铁大桥局勘测设计院对大桥的桥位选址进行了详细的勘察论证。经过比较和优选,在狄港、广福矶、四褐山和梁山等 4 个比较桥位中选定了广福矶下游 600 m 处作为正选桥位。该桥位处,河道顺直、岸坡稳定、水流方向由南向北,主流偏芜湖岸,无为岸为宽阔的长江冲积平原,芜湖岸为长江一、二级阶地,两岸沟塘密布。在地质构造上处于扬子台坳沿江拱断褶带的安庆凹断褶束构造单元,出露地层有震旦纪至三叠纪的地层,岩浆岩广布,断裂构造发育。桥位处于轴向北东向背斜的西北翼,分布有侵入岩,桥址区断裂破碎带发育。无为岸覆盖层二元结构明显,上层为 15~40 m 厚的粘性土,以淤泥和淤泥质土为主;下层为砂类土,底部有厚薄不均匀的圆砾土。因此,断层在河槽中的展布及对桥梁工程的影响,两岸软土的分布范围、岸坡稳定情况及风化带的厚度,以及地震安全性就成为桥址区主要的工程地质问题。

2.2.2 综合勘探模式的应用 针对芜湖长江大桥存在的工程地质问题,采用“地质调查测绘—综合物探—静力触探—钻探—综合地质分析”的方法进行地质综合勘探,其综合勘探模式见图 1。

具体说来,就是采用遥感技术和区域调查的方法,判断在桥址附近是否存在活动性断裂构造,对关键部位用 GPS 全球定位系统定期监测,判断其活动程度。根据地质调查测绘工作,收集、分析桥址区既有的区域地质资料,初步了解桥址区的地质、构造情况,合理地布置各种勘探方法。鉴于桥位区地质条件较为复杂,褶皱断裂发育,全桥长达 10 余 km,根据不同地段的物性条件和物探方法的特点,有针对性地选择了不同的勘探方法。在水域以浅地震剖面勘探为主,电测深勘探为辅;两岸引桥开展电测深勘探,将物探资料和遥感资料进行对比分析,找出异常点,在这些异常点附近布设了控制性钻孔,对其工程地质条件进行进一步验证分析。为获得岩土体在天

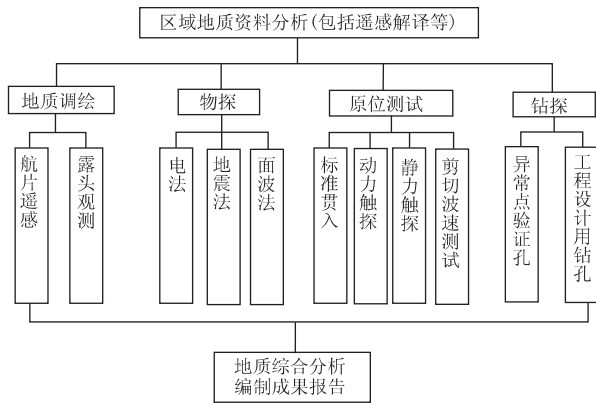


图 1 综合勘探模式

Fig. 1 Model of comprehensive exploration

然条件下的物理力学参数、划分场地土及场地类别,采用标准贯入、动力触探、静力触探和剪切波速等原位测试技术进行现场试验。

通过地质综合勘探,有效地查明了桥址区的岩性分布、岩面起伏、各类基岩风化带的厚度、推断了河槽两侧隐伏断层带的位置及展布;查明了软土层沿桥轴线的分布范围,对桥渡区场地类别及地震安全性作出了评价;对正桥各塔墩的工程地质条件及两岸公铁路引桥(包括裕溪河铁路桥)的工程地质条件有了明确的认识。

3 综合勘探模式评价

地质综合勘探的关键并不在于技术,而是如何对勘探成果资料进行综合分析。因为各种勘探方法所获得的资料受勘探方法本身的局限,反映的问题各不相同,为全面反映桥位区的地质构造情况,必须综合分析、研究各种方法成果。综合分析以地质调查测绘为基础,确定桥位区地层的年代、产状,构造的展布特征,岩性分层与地质分层有机地结合起来,提高物探成果的可靠程度。比如,软土层分布范围的确定,综合分析了电测深、静力触探、钻探 3 种方法的成果;两岸引桥岩面起伏的确定,综合分析了电测深、钻探两种方法的成果、每个钻孔都做了孔旁电测深,充分利用了钻探资料,校正了电测深定量解释深度,减小了电测深解释的多解性。又比如:断层问题,根据既有地质资料,长江河槽右侧存在两条隐伏断层破碎带,从初勘浅剖记录的反射波特征分析,并结合钻探资料综合分析,确定闪长岩与角岩的分界面,并推断两种岩性为断层接触,通过资料整理阶段的

综合分析,还修正了外业队初步解释时,提供的断层位置及走向。

综上所述,综合勘探模式与传统单一的勘探技术相比,具有以下 2 个鲜明的特点:(1)针对不同的技术要求,选择最佳的勘探方法组合模式,因而勘探质量更高;从勘探工作全局出发,统一部署,减少了不必要的重复劳动,使工程勘察费用大大降低;(2)多种勘探方法综合使用,对不同勘探手段所得到的资料建立相应的数据库,实现资源共享,及时反馈各种信息,明确、有效地指导每一步勘探工作,因而工作效率更高。这对于实现特大桥工程地质勘察的规范化、数字化和自动化具有十分重要的意义。

以芜湖长江大桥广福矶桥位初勘阶段为例,通过开展综合勘探方法,在保证勘探质量的前提下,节约钻孔 20 多个,缩短工期 40 d,降低成本 30 多万元。所有的勘探数据都用数据库管理,大部分数据实现了自动采集和自动处理,不但节省了大量的人力和物力,而且大大提高了工作效率,经济效益和社会效益都十分显著。

4 结论

针对国内重大工程的地质勘探技术应用现状,芜湖长江大桥综合地质勘探实践中形成的勘探模式,是一套行之有效的技术。该勘探模式的推广应用,促进了特大桥工程地质勘察的规范化、数字化和自动化,大大缩短了建设投资的回报周期。而且,随着 3S 技术、数字技术以及各种勘探技术的不断发展,地质综合勘探模式的内涵也在不断地发展和完善。

参考文献:

- [1] 王宇明. 遥感技术及其应用[M]. 北京:人民交通出版社,1991.
- [2] 中国科学院遥感应用研究所. 空间遥感图像的分析应用[M]. 北京:国防工业出版社,1985.
- [3] Stroock O J. 新一代计算机遥测系统[M]. 齐连普,译. 北京:航空工业出版社,1991.
- [4] 陈颢,刘振兴,邹光华,等. 地球物理与中国建设[M]. 北京:地质出版社,1997.
- [5] 肖立志. 核磁共振成像测井与岩石核磁共振及其应用[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [6] 孟高头. 土体原位测试机理方法及其工程应用[M]. 北京:地质出版社,1997.
- [7] 刘佑荣,唐辉明. 岩体力学[M]. 武汉:中国地质大学出

出版社,1999.

出版社,2000.

- [8] 刘广志. 21 世纪探矿工程发展题要[A]. 见:周国荣,戴智长. 刘广志探矿(钻掘)工程文选[C]. 北京:中国物价出版社,1999.
- [9] 崔伟宏. 数字地球[M]. 北京:中国环境科学出版社,1999.

STUDY ON COMPREHENSIVE GEOLOGICAL EXPLORATION MODEL IN WUHU YANGTZE BRIDGE

Zhu Quanbao¹, Liu Jialong²

(1. *Exploration Design Academy, Bureau of Railway Bridge, Wuhan 430050, China*; 2. *Engineering Faculty, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China*)

Abstract: By ways of 3S (GPS, GIS, RS), geodesy, geophysics exploration and field testing, main geological problems, such as soft base, concealed fault and area stability, are solved effectively. It has proved that the comprehensive exploration model is better than traditional prospecting, and that it will propell the exploration into standardization, digitization and automation. Moreover, the investment and return period could be reduced to a great extent.

Key words: comprehensive exploration model; digitization; Wuhu Yangtze bridge.