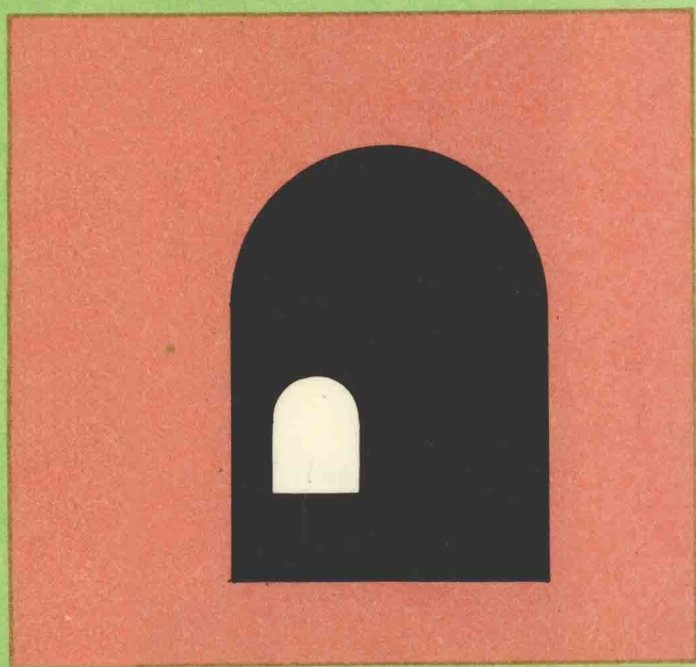


工程测量经验丛书

# 隧道工程测量

张项铎 张正禄 编著

SUI DAO GONG CHENG CE LIANG



测绘出版社

工程测量经验丛书

# 隧道工程测量

张项铎 张正禄 编著

测绘出版社

· 北 京 ·

## 内 容 简 介

本书以铁路隧道工程为主要对象,系统地叙述了隧道勘测设计阶段的选址测量,洞内、外施工测量,隧道施工和竣工测量,施工中和竣工后的变形观测等;同时,还较详细地介绍了新技术、新方法在我国隧道工程测量中的应用情况及发展前景,全书贯穿了一定的理论分析和应用实例,对隧道控制测量数据处理方法和 GPS 在隧道控制测量中的应用方面也进行了较深入的阐述。

本书可供从事隧道工程测量、地下工程测量等部门的科技工作者参考使用,也可作为高等院校相关专业师生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

隧道工程测量/张项铎,张正禄编著.-北京:测绘出版社,  
1998.1

(工程测量丛书)

ISBN 7-5030-0910-1

I. 隧… II. ①张…②张… III. 隧道测量:工程测量 IV.  
U452.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 27710 号

测绘出版社出版发行

(100054 北京市宣武区白纸坊西街 3 号 (010)63510007)

三河市艺苑印刷厂印刷·新华书店总店北京发行所经销

1998 年 9 月第一版·2003 年 8 月第 2 次印刷

开本:850×1168 1/32·印张:8.5

字数:213 千字·印数:1501—3500 册

定价:25.00 元

# 前 言

我国的隧道工程测量具有较悠久的历史和丰富的经验。据统计,新中国成立 40 多年来,共修建的铁路隧道已达 4800 多座,总长 2500 多公里。在本世纪 80 年代,我国已成为世界上铁路隧道最多的国家之一。特别是在长大隧道测量新技术、新方法的应用方面,取得了许多重要的成果,积累了宝贵的经验,曾获全国科技进步特等奖的殊荣。

本书以铁路隧道工程为主要对象,系统地叙述了隧道勘测设计阶段的选址测量,洞外、洞内施工控制测量,隧道施工和竣工测量,施工中和竣工后的变形观测;较全面地总结了我国隧道工程测量中的作业方法和宝贵经验;同时还较详细地介绍了新技术、新方法的应用情况及发展前景。全书紧密联系实际,以基本理论、方法和经验为主,贯穿了一定的理论分析和应用实例,对隧道控制测量数据处理方法和全球定位系统(GPS)在隧道控制测量中的应用方面也进行了较深入的阐述。全书旨在总结经验的基础上,满足广大从事隧道工程测量的不同读者的需求,同时也可作为各种地下工程测量的参考书。

全书共分七章,含 95 个插图,28 个表格。其中第二、三、五、六章和 § 4.5 由张项铎编写,第四、七章由张正禄编写,第一章为合写。作者对初稿进行了相互校阅、修改;全书由张正禄统校。

铁道部隧道工程局勘测设计院张文廷高级工程师对全书初稿进行了全面审阅,提出了宝贵的修改意见,在此特表示衷心的感谢。

我们恳切希望广大读者对本书提出宝贵意见,对书中可能存在的缺陷或错误进行批评指正。

编著者

1997 年 10 月

# 目 录

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| 第一章 隧道测量技术的发展概况.....     | ( 1 )  |
| 第二章 设计阶段的隧道工程勘测.....     | ( 7 )  |
| § 2.1 调查与测绘 .....        | ( 7 )  |
| 2.1.1 基本要求 .....         | ( 7 )  |
| 2.1.2 调查的内容 .....        | ( 8 )  |
| 2.1.3 测绘的有关规定 .....      | ( 9 )  |
| § 2.2 隧道勘测设计中的测量工作 ..... | ( 10 ) |
| 2.2.1 地形测量 .....         | ( 10 ) |
| 2.2.2 中线测量 .....         | ( 11 ) |
| 2.2.3 高程测量 .....         | ( 13 ) |
| 2.2.4 横断面测量 .....        | ( 14 ) |
| 2.2.5 隧道控制测量 .....       | ( 16 ) |
| 2.2.6 既有隧道改建测量 .....     | ( 16 ) |
| § 2.3 测绘成果整理 .....       | ( 16 ) |
| 2.3.1 隧道线路方案平面图 .....    | ( 16 ) |
| 2.3.2 隧址平面图 .....        | ( 18 ) |
| 2.3.3 隧道纵断面图 .....       | ( 19 ) |
| 2.3.4 局部地段特需用图 .....     | ( 21 ) |
| 第三章 隧道位置选择.....          | ( 24 ) |
| § 3.1 越岭隧道位置选择 .....     | ( 24 ) |
| 3.1.1 选择原则 .....         | ( 24 ) |
| 3.1.2 选择方法 .....         | ( 25 ) |
| 3.1.3 工程实例 .....         | ( 28 ) |
| § 3.2 河谷线隧道位置选择 .....    | ( 33 ) |

|            |                        |               |
|------------|------------------------|---------------|
| 3.2.1      | 选择原则 .....             | ( 33 )        |
| 3.2.2      | 工程实例 .....             | ( 34 )        |
| § 3.3      | 相关工程问题处理 .....         | ( 35 )        |
| 3.3.1      | 桥隧工程毗邻的问题处理 .....      | ( 35 )        |
| 3.3.2      | 隧道与路基工程的统筹处理 .....     | ( 36 )        |
| 3.3.3      | 隧道与地方利益的处理 .....       | ( 36 )        |
| 3.3.4      | 隧道与不良地质地段的问题处理 .....   | ( 37 )        |
| § 3.4      | 洞口位置选择 .....           | ( 37 )        |
| § 3.5      | 辅助坑道位置选择 .....         | ( 40 )        |
| 3.5.1      | 选择原则及一般规定 .....        | ( 40 )        |
| 3.5.2      | 不同辅助坑道的适用条件 .....      | ( 41 )        |
| 3.5.3      | 不同辅助坑道位置选择应考虑的因素 ..... | ( 42 )        |
| <b>第四章</b> | <b>隧道控制测量 .....</b>    | <b>( 44 )</b> |
| § 4.1      | 隧道控制测量概述 .....         | ( 44 )        |
| 4.1.1      | 隧道控制测量的特点 .....        | ( 44 )        |
| 4.1.2      | 平面控制测量 .....           | ( 46 )        |
| 4.1.3      | 高程控制测量 .....           | ( 51 )        |
| § 4.2      | 控制测量设计 .....           | ( 52 )        |
| 4.2.1      | 平面控制测量设计 .....         | ( 52 )        |
| 4.2.2      | 算例与分析 .....            | ( 58 )        |
| 4.2.3      | 高程控制测量设计 .....         | ( 66 )        |
| § 4.3      | 控制测量的外业工作 .....        | ( 66 )        |
| 4.3.1      | 选点布网与埋石 .....          | ( 66 )        |
| 4.3.2      | 水平角观测 .....            | ( 67 )        |
| 4.3.3      | 距离测量 .....             | ( 69 )        |
| 4.3.4      | 高程测量 .....             | ( 74 )        |
| 4.3.5      | 三维导线测量 .....           | ( 77 )        |
| § 4.4      | 控制测量数据处理 .....         | ( 79 )        |
| 4.4.1      | 观测数据处理 .....           | ( 79 )        |

|            |                          |              |
|------------|--------------------------|--------------|
| 4.4.2      | 光电测距导线的平差 .....          | ( 81 )       |
| 4.4.3      | 任意网形的严密平差 .....          | ( 88 )       |
| 4.4.4      | 隧道控制网通用平差软件 .....        | ( 91 )       |
| 4.4.5      | 高程测量数据处理 .....           | ( 99 )       |
| § 4.5      | 竖井联系测量 .....             | (100)        |
| 4.5.1      | 任务与要求 .....              | (100)        |
| 4.5.2      | 联系三角形法 .....             | (101)        |
| 4.5.3      | 光学垂准配合陀螺经纬仪法 .....       | (105)        |
| 4.5.4      | 两井定向 .....               | (118)        |
| 4.5.5      | 高程传递 .....               | (123)        |
| § 4.6      | 控制测量成果整理 .....           | (126)        |
| <b>第五章</b> | <b>隧道施工测量和竣工测量 .....</b> | <b>(128)</b> |
| § 5.1      | 洞口投点及线路进洞关系计算 .....      | (128)        |
| 5.1.1      | 洞口投点的布设形式与平差计算 .....     | (128)        |
| 5.1.2      | 坐标转换和线路平面计算 .....        | (133)        |
| 5.1.3      | 线路进洞关系计算 .....           | (137)        |
| § 5.2      | 隧道施工测量 .....             | (144)        |
| 5.2.1      | 洞门仰坡放样 .....             | (144)        |
| 5.2.2      | 线路中线测设 .....             | (149)        |
| 5.2.3      | 侧移中线的计算和测设 .....         | (153)        |
| 5.2.4      | 施工放样资料准备 .....           | (157)        |
| 5.2.5      | 导坑延伸的中线测量 .....          | (161)        |
| 5.2.6      | 断面测量及结构放样 .....          | (170)        |
| 5.2.7      | 贯通误差测定及调整 .....          | (173)        |
| § 5.3      | 隧道竣工测量 .....             | (178)        |
| 5.3.1      | 净空断面测量 .....             | (178)        |
| 5.3.2      | 中线基桩及永久性水准点测定 .....      | (178)        |
| § 5.4      | 施工和竣工测量新技术 .....         | (179)        |
| 5.4.1      | 激光指向仪的应用 .....           | (179)        |

|            |                             |              |
|------------|-----------------------------|--------------|
| 5.4.2      | 便携式断面仪 .....                | (180)        |
| § 5.5      | 成果整理及技术总结 .....             | (187)        |
| 5.5.1      | 各测量阶段应提交的资料 .....           | (187)        |
| 5.5.2      | 技术总结的编写 .....               | (188)        |
| <b>第六章</b> | <b>隧道施工中与竣工后的位移观测 .....</b> | <b>(190)</b> |
| § 6.1      | 施工过程中的位移观测 .....            | (190)        |
| 6.1.1      | 概述 .....                    | (190)        |
| 6.1.2      | 浅埋隧道地表下沉量的测定 .....          | (190)        |
| 6.1.3      | 新奥法施工拱部下沉观测 .....           | (195)        |
| 6.1.4      | 测量成果的数据处理 .....             | (196)        |
| § 6.2      | 运营线路中隧道的位移观测 .....          | (198)        |
| 6.2.1      | 裂缝观测 .....                  | (198)        |
| 6.2.2      | 沉降观测 .....                  | (200)        |
| 6.2.3      | 水平位移观测 .....                | (202)        |
| <b>第七章</b> | <b>GPS 在隧道测量中的应用 .....</b>  | <b>(205)</b> |
| § 7.1      | 全球定位系统概述 .....              | (205)        |
| § 7.2      | GPS 观测量及静态定位基础 .....        | (209)        |
| 7.2.1      | 伪距和单点定位 .....               | (210)        |
| 7.2.2      | 载波相位测量 .....                | (212)        |
| 7.2.3      | GPS 定位误差 .....              | (221)        |
| § 7.3      | GPS 网的设计与外业观测 .....         | (223)        |
| 7.3.1      | GPS 网的设计 .....              | (223)        |
| 7.3.2      | GPS 网的外业施测 .....            | (226)        |
| 7.3.3      | 观测成果的检核和整理 .....            | (227)        |
| § 7.4      | GPS 网的数据处理 .....            | (228)        |
| 7.4.1      | 观测数据的粗加工和预处理 .....          | (228)        |
| 7.4.2      | 基线向量解算 .....                | (229)        |
| 7.4.3      | WGS-84 坐标系及坐标系换算 .....      | (231)        |
| 7.4.4      | GPS 基线向量网的三维和二维平差 .....     | (235)        |



|            |                        |       |
|------------|------------------------|-------|
| 7.4.5      | GPS 网的贯通误差影响值计算 .....  | (240) |
| 7.4.6      | 算例 .....               | (242) |
| § 7.5      | GPS 快速定位技术 .....       | (248) |
| 7.5.1      | 概述 .....               | (248) |
| 7.5.2      | 快速静态定位的理论基础 .....      | (248) |
| 7.5.3      | 快速静态定位的软件实现和结果分析 ..... | (250) |
| 7.5.4      | 快速静态定位中的有关问题 .....     | (252) |
| § 7.6      | 用 GPS 进行高程控制 .....     | (254) |
| 7.6.1      | 用 GPS 进行高程控制的原理 .....  | (254) |
| 7.6.2      | 确定大地水准面高的方法 .....      | (256) |
| 7.6.3      | 存在的问题 .....            | (259) |
| 参考文献 ..... |                        | (262) |

# 第一章 隧道测量技术的发展概况

铁路、公路隧道(简称隧道)是线路的重要组成部分,长隧道往往还是整个道路建设的控制工程。隧道工程勘测是隧道设计的基础和依据。隧道控制测量和施工测量属于隧道设计和施工的基本生产环节。测量成果的精度直接影响到工程的质量和效益。

新中国成立后的 40 多年来,隧道测量技术和装备有了很大发展,通过大量实践,在隧道测量中作出了巨大的成绩,积累了丰富的经验。建国初期,测量设备简陋,技术落后。50 年代在宝成线穿越秦岭修建隧道时尚需国外协助进行测量。随着科技的进步,测量设备不断增加和更新,测量技术不断改进,测量队伍不断壮大,素质不断提高。国家基本地形图的形成,给隧道规划设计及位置选定提供了有利条件;摄影测量技术提高了隧道 1:500 比例尺地形图的测绘精度;光电测距仪的普遍应用,使隧道平面控制测量的效率成倍增长,质量和效益得到极大提高;电子计算机的问世和飞速发展,简化了繁重的控制网优化设计及平差计算工作;陀螺经纬仪、激光技术在隧道洞内测量中的应用以及遥感技术应用于隧址选择和地质勘探等等,使隧道测量方法有了较大的革新和发展。特别是长大隧道,由于工程浩大,往往控制着道路修建的工期而成为重点工程项目。同时,因为其技术复杂,规模宏伟,富有特色,而成为道路建设发展的象征。长大隧道的测量代表了隧道测量技术的发展水平。

从 1889 年台湾省台北至基隆的铁路上建成的第一座长 261.4m 的狮球岭隧道算起,至 1949 年,旧中国 60 年间共修建铁路隧道 331 座,总延长 100.1km。新中国成立以来,在高原山岳地区修建了大量的新线,增加了许多隧道工程。1949~1989 年,

40 年间共修建铁路隧道 4423 座，总延长 2247.7km，为建国前铁路隧道总长度的 22.4 倍。到 20 世纪 80 年代中期，我国已成为世界上铁路隧道最多的国家之一。

隧道测量成果是隧道设计、施工和运营管理的重要依据。初测中，要结合沿线地形、地质情况，初步确定隧道的位置，选好控制线路的隧道方案，并测绘隧道线路平面图；定测时，应根据现场情况落实重点隧道方案，确定全线隧道位置及选定洞口。长度在 500m 以上的隧道洞口要设置水准点。隧道洞口及辅助坑道井口要测绘平面地形图，纵、横断面图。在施工阶段，对长度超过 1000m 的直线隧道和 500m 的曲线隧道，要首先进行地面控制测量，提供隧道各开挖洞口控制桩的坐标、定向方向的方位角及水准点高程，以便引测进洞。为了控制洞内施工放样，保证隧道按设计正确贯通，并为隧道开挖指示方向和空间位置，必须进行施工测量。同时，为了控制隧道施工沉陷，并及时反馈新奥法施工信息，不断修改完善设计，需要进行施工变形监测，为了对既有隧道进行改建设计和对新建隧道开挖断面进行检查，以控制超欠挖，需要进行隧道净空断面测量。在运营期间，为了监测隧道结构稳定和保证安全运营，并为隧道维修提供可靠依据，需要定期地进行隧道变形观测。

50 年代初期，由于施工技术水平不高，设备落后，新建隧道单洞长度控制在 2000m 左右。随着施工机械化迅速发展和施工能力的增长，隧道开挖速度不断提高，到 50 年代末，新建隧道长度突破 4000m，建成了川黔线上长为 4270m 的凉风垭隧道。60 年代末建成了京原线上长为 7032m 的驿马岭隧道。1988 年在衡广复线上建成了长为 14,295m 的大瑶山双线隧道，突破了万米大关。随着隧道开挖长度的增长，为保证隧道边开挖边衬砌并高质量地贯通，控制测量成为决定性的环节。这就需要对控制测量，特别是地表平面控制测量的方法不断改革，设备不断更新，精度不断提高。五六十年代隧道地表平面控制测量，以三角锁(网)为主，三

角锁的基线丈量；使用 24m 因瓦尺直接丈量；对于导线测量，导线边一般都是采用 2m 因瓦尺用视差环节法或视差基线法测定。这些方法的测量程序复杂，劳动强度大，效率不高。到 70 年代后期，光电测距仪和电子计算机技术在隧道控制测量中得到普遍应用，繁重的基线丈量由光电测距代替，导线网成了平面控制网的主要布设形式，以往常用的三角锁形式基本被淘汰。劳动组织由精测队精简变为精测组，工效提高 5 倍以上。

隧道工程，由于受地形、地貌和地质情况复杂多变的影响，在长度和型式上呈多种多样。从纵断面坡度型式看，有水平、一面坡、人字坡和八字坡等；从隧道中心线的平面投影图形看，有直线型、曲线型和缓和曲线型隧道，还有由若干桥隧相连，构成不在同一水平面，形状近似“8”字形的隧道群。这些都给隧道控制测量带来不同程度的难度。如成昆线地形险峻、地质复杂、隧道工程浩大，举世瞩目。全线共有 427 座隧道，总延长 344.7km，占线路总长的 31.5%，其中从金口河至埃岱 58km 的线路，隧道就有 44km，占 75.8%。全线 3km 以上的长隧道共有 11 座，其中最长的沙木拉达隧道全长 6379m，海拔 2244m，是全线的最高点，也是当时我国最长的铁路隧道。勘测人员在大、小相岭寻找线路穿越的合理垭口位置时，测量了十余个越岭隧道方案，经过全面筛选，以沙木拉达隧道方案具有线路短、拔高小、两端引线条件好、越岭隧道较短等优点而被采用。1958 年对该隧道进行定测及控制测量时，横向贯通误差设计为 150mm。隧道于 1959 年 3 月施工，1967 年全部建成，其实测贯通误差仅 7.2mm。沙木拉达隧道测量于 1978 年荣获国家特等奖。

京原线驿马岭隧道是 60 年代我国最长的隧道，全长 7032m，最大埋深 500m。为了保证隧道横向贯通精度，地表平面控制采用Ⅱ等三角网和三个基线网，为了提高精度，在隧道中部还布设一条 384m 山顶基线，从而加强了图形强度，提高了最弱边的精度。驿马岭隧道于 1967 年 4 月开工，1969 年 10 月建成。

我国海拔最高的关角隧道，全长 4010m，是青藏铁路穿越祁连山脉宗务隆山的越岭隧道，洞内线路变坡点的海拔高程达 3690m。隧道所处地段，高寒缺氧、空气稀薄、气候多变。测量人员顶风雪、冒严寒，克服高山缺氧痛苦，一步三喘，坚持作业，于 1974 年 9 月至 1975 年元月，进行了洞外控制测量。为了克服环境条件对测量精度的影响，特将控制测量观测等级提高了一级。关角隧道于 1958 年开工，1961 年因故停工封闭。1974 年 9 月继续施工，于 1977 年 8 月建成通车。

在京广铁路衡广复线坪石至乐昌段，建成了我国现今最长的铁路隧道——大瑶山双线电气化隧道。隧道全长 14295m，名列世界同类隧道第十位。它将该段运营里程缩短了 14.938km，使线路技术条件得到很大改善。勘测单位于 1979~1987 年先后多次对大瑶山隧道进行洞内外平面及高程控制测量，体现了隧道测量技术在这一时期的最新水平。该隧道在国内测量新技术的应用及创新有如下几个方面：(1)首次采用光电测距精密导线网取代传统的三角网建立长大隧道的洞外平面控制；(2)首次成功地将光电测距仪应用于长大隧道洞内，建立洞内光电测距精密导线控制网；(3)首次实验应用光电测距三角高程测量方法建立长大隧道高程控制达到三等水准测量精度；(4)在大瑶山班古坳竖井联系测量中，采用了光学投点、陀螺经纬仪定向和光电测距导高全套新技术；(5)采用现代相关平差原理处理观测数据，按方差协方差比例分配坐标闭合差，由此获得近似严密平差的测量成果；(6)应用遥感技术，对多种遥感图像进行计算机处理，配合施工对各种隐患地质构造和人文地质条件进行预测推断。大瑶山隧道于 1980 年 11 月施工，采用长隧短打办法，有“三斜一竖”及进出口部分采用平行导坑，增加开挖工作面，加快了速度，于 1987 年 5 月 6 日全面贯通。该隧道以测量成果优异分别获“1987 年全国优秀工程勘察银质奖”和“1992 年全国科技进步特等奖”。

大秦线军都山隧道位于北京市延庆县境内，全长 8460m，它

的长度仅次于大瑶山隧道。1984 年 5 月至 1988 年 12 月完成了洞内外控制测量任务。位于深圳特区的罗沙公路梧桐山隧道，全长 3200m，是国内当时最长的一座现代化高速公路隧道。1984 年勘测，1987 年建成通车，1988 年荣获全国优质工程银质奖及建筑行业鲁班奖。北京地铁复兴门折返线工程是国内首先采用浅埋暗挖法勘测和施工的地铁工程，1986 年开始控制测量，1988 年竣工使用，1989 年获国家优质工程金质奖。南昆铁路米花岭隧道，长 9400m，是我国当今最长的单线铁路隧道，1991 年 11 月完成定测及洞外控制测量，1992 年 10 月动工修建。这些隧道的测量，均推广了大瑶山隧道的测量新技术，并加以发展提高，满足了隧道的设计、施工和贯通的需要。1989 年 5 月，在候月线云台山隧道(全长 8100m)洞外控制测量中，首次应用了全球定位系统(GPS)技术进行洞外控制测量实验，对隧道进出口及中间斜井处原地面控制网的 6 个点上进行了 GPS 精密相对定位测量，初步试验结果表明，全球定位系统具有精度高、速度快、费用省，不需要点之间通视，可全天候作业等显著优点，特别适合隧道洞外控制测量，是对传统测量技术的重大变革。正在修建的西康线秦岭隧道(长 18.5km)是我国第一个采用 TBM 施工的隧道，也是国内首次采取 GPS 技术进行洞外平面控制的隧道。

隧道地表控制测量技术的发展，推动了洞内施工和竣工测量技术的更新。80 年代初期在采用传统的人工测量方法的同时，开始应用激光指向仪和便携式断面仪进行导坑延伸的中线测量，隧道净空断面测量及结构放样。从而减轻了作业强度，提高了工效和测量精度。变形监测是隧道工程修建技术的发展方向。早在 60 年代初，我国的铁路隧道就开始运用量测工具进行隧道变形监测来解决设计、施工和运营中的一些问题。以后在隧道施工中又进一步对山体压力等理论问题作了现场实测研究。60 年代中和 70 年代初，随着喷锚支护和新奥法在我国不断实践，隧道变形测量技术的重要性逐渐被人们所认识。80 年代初，该项技术在大瑶

山隧道施工中得到了全面的应用,使其更加完善配套,成为科学、安全、优质建成长大隧道工程的重要技术保证之一。近年来在包括软弱破碎围岩和黄土地层的单双线隧道以及浅埋隧道(如城市地铁)中广泛进行了以量测控制施工和其他力学特性研究为目的的应用,并大量采用了各类测试工具、元件和各种监测方法,使该项技术得到了进一步的发展和提高。

随着隧道测量技术的发展,隧道的贯通精度也日益提高,下面列出了国内部分长大隧道的实测贯通误差。

国内部分隧道实测贯通情况表

| 线别         | 隧道名称       | 长度<br>/m | 贯通误差/mm                                                                                                          |      |    |      |    |      | 备注                |
|------------|------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|------|----|------|-------------------|
|            |            |          | 横向                                                                                                               |      | 纵向 |      | 高程 |      |                   |
|            |            |          | 限差                                                                                                               | 实际   | 限差 | 实际   | 限差 | 实际   |                   |
| 成昆线        | 关村坝        | 6107     | 150                                                                                                              | 15.2 |    | 884  | 50 | 19   | 成昆铁路第二长隧          |
| 成昆线        | 沙木拉达       | 6379     | 150                                                                                                              | 7.2  |    | 21   | 50 | 15   | 成昆铁路第一长隧          |
| 衡广<br>复线   | 大瑶山        | 14300    | 400                                                                                                              | 17.3 |    | 230  | 50 | 4.6  | 国内最长的双线铁路隧道       |
| 大秦线        | 军都山        | 8460     | 200                                                                                                              | 36.9 |    | 25.1 | 50 | 21.6 | 国内最长的重载单元双线铁路隧道   |
| 北京<br>地铁   | 复兴门<br>~西单 | 1100     | 100                                                                                                              | 11   |    | 6.0  | 50 | 5.7  | 国内第一个采用浅埋法施工的地铁工程 |
| 深圳罗<br>沙公路 | 梧桐山        | 3200     | 100                                                                                                              | 9.0  |    | 8.5  | 50 | 11   | 已通车的国内第一公路长隧      |
| 侯月线        | 云台山        | 8145     | 200                                                                                                              | 5.1  |    | 20.8 | 50 | 20.7 | 已通车的国内第二单线隧道      |
| 南昆线        | 米花岭        | 9360     | 200                                                                                                              | 126  |    | 37.5 | 50 | 25.7 | 已建成的国内第一单线铁路隧道    |
| 京九线        | 五指山        | 4550     | 150                                                                                                              | 110  |    | 29.7 | 50 | 17   | 京九铁路第一长隧          |
| 西康线        | 秦岭         | 18450    | GPS网平均相对精度 1/80 万,一等水准每公里高程中误差 $\pm 0.36\text{mm}$ , 预计洞外高程贯通中误差 $\pm 4.02\text{mm}$ , 横向贯通中误差 $\pm 54\text{mm}$ |      |    |      |    |      | 正在修建的国内第一长隧       |

## 第二章 设计阶段的隧道工程勘测

### § 2.1 调查与测绘

#### 2.1.1 基本要求

隧道勘测资料是勘测设计人员通过勘测手段,对隧道所处位置、地形等自然条件认识的反映,是隧道位置选择、工程布置、结构设计以及计划工程投资等整个设计工作的依据。它不仅影响设计的正确性,而且在施工中乃至竣工后,隧道的性能和安全仍然受到其所处地域各种条件的影响。因此,隧道勘测资料必须做到正确反映客观实际情况,才能满足预期的设计要求。过去由于隧道勘测资料不够充分,特别是地质条件弄得不甚清楚,因而在进行设计时和在施工过程中,不得不变更计划和设计,造成施工困难,甚至发生意想不到的危害,延误了工期,增大工程费用,或者必须以较高的费用,用于竣工后的危害整治和维修养护。这种例子是不少的。因此,勘测资料必须按照设计要求进行搜集。

按照基本建设程序,隧道勘测工作一般包括搜集已有资料,地形、地质的调查测绘,工程地质和水文地质勘探及试验等工作。勘测工作依设计阶段不同,其任务、目的和设计要求也不同,工作的范围、内容和深细度也不相同。这就要求调查测绘应根据不同设计阶段的任务、目的和要求,针对隧道工程的特点,确定应搜集资料的内容和范围。

根据规定,铁路勘测分初步设计、技术设计、施工图三个阶段,公路勘测一般分两个阶段。每个阶段的任务、目的和设计要求是不相同的。当线路大方向确定之后,初设阶段要对长隧道、工程地质复杂的隧道和多线隧道方案进行比选。在这个阶段中,应做好大面积选线、区域性工程地质调查和必要的地质勘探工作。掌握区域工



程地质和水文地质情况及其与隧道的关系,查明重点工程的地质条件。从政治、经济、国防、安全和技术等方面综合考虑,进行认真的方案比选,提出选择隧道位置的意见。在此阶段,必须搜集满足以上初步设计要求的勘测资料。技术设计阶段要求对隧道进行详细的调查、测绘,补充地质勘探和地质、试验等,落实初步设计方案,制定工程处理方案,确定隧道位置,选定洞口,确定整个工程的布置和工程处理方案措施等。所搜集的勘测资料应能满足技术设计的要求。施工图阶段,着重补充技术设计后有待补充的勘测资料和施工详图,并解决施工中发生的有关变更设计问题。隧道勘测时,应针对隧道长短,地质复杂程度等特点,确定进行调查、测绘、勘探和试验等项工作的内容和范围,要求搜集的资料齐全、准确,满足设计要求。

## 2.1.2 调查的内容

隧道工程调查的内容系根据有关规范、规则及细则进行。通过调查所取得的资料,应能充分地说明隧道通过地段的地形、地质条件、自然条件和施工条件等。根据过去的实践经验,证明这些资料是隧道设计和施工必须具备的基础资料,它包括初测阶段到定测阶段整个过程的调查资料,其内容和深细度根据隧道的规模和各阶段的勘测设计要求确定。最后应形成系统、完整的资料。隧道工程调查的内容可分以下几个方面:

1. 自然地理概况调查。以地形地貌特征为主,其中包括:山脉、水系、地形的陡缓、标高、地表植被情况、建筑物分布与地质结构有关的地形地貌特征等的概况;容易成为有重大影响的地貌单元及不良地质现象等。

2. 地质条件调查。分工程、水文地质两项。工程地质特征:地层、岩性及地质构造特征,着重查清地质构造变动的性质、类型和规模;断层、节理、软弱结构面特征及其与隧道的组合关系;围岩的基本物理力学性质等。水文地质特征:地下水类型、含水层