

隧道及地下工程建设丛书

吴从师 阳军生 主编



隧道施工监控量测 与超前地质预报

Construction Monitoring and Advance Geological
Forecast in Tunnel



人民交通出版社
China Communications Press

隧道及地下工程建设丛书

Construction Monitoring and Advance Geological Forecast in Tunnel

隧道施工监控量测与超前地质预报

吴从师 阳军生 主编



人民交通出版社

内 容 提 要

本书较全面地介绍了隧道施工监控量测与超前地质预报技术。全书共分为七章,即:绪论、隧道施工监控的测试系统、隧道施工变形量测方法、隧道围岩及支护结构的压力或应力量测、爆破振动测试与声波测试、量测设计与管理、隧道超前预报技术。同时,还编入了部分工程实例,以利于类比应用。

本书可供交通、铁道、地铁、市政、水利等领域从事隧道工程施工监控量测与超前地质预报的现场技术人员使用,也可供隧道工程设计、科研、管理和教学的相关人员参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

隧道施工监控量测与超前地质预报 / 吴从师, 阳军生主编. —北京: 人民交通出版社, 2012. 9
(隧道及地下工程建设丛书)
ISBN 978-7-114-09932-8

I. ①隧… II. ①吴… ②阳… III. ①隧道施工—安全监控②隧道施工—隧道测量③隧道施工—工程地质—预报 IV. ①U455

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 159101 号

隧道及地下工程建设丛书

书 名: 隧道施工监控量测与超前地质预报

著 作 者: 吴从师 阳军生

责任编辑: 王文华(wwh@ccpress.com.cn)

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 11.25

字 数: 260 千

版 次: 2012 年 9 月 第 1 版

印 次: 2012 年 9 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09932-8

定 价: 28.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

隧道及地下工程是基础设施建设的一个重要方面,对国民经济和社会发展、对提高人民生活质量和水平都具有重要的作用。据统计,中国目前平均每年在铁路、公路、水利水电、城市地铁等领域建成的隧道总长达2 000km以上。21世纪是地下空间作为资源加以大力开发利用的世纪,也是隧道和地下工程大发展的世纪,我国的隧道及地下工程建设速度还会大大加快,但是随着地质与环境条件的复杂化,建设隧道及地下工程难度加大,施工风险增加。

隧道施工监控量测与超前地质预报作为隧道施工的重要环节,对于保障隧道施工的安全具有十分重要的意义,目前在各行业隧道施工中获得了广泛应用,也有相关的规范、规程,以及技术指南。撰写本书的目的是针对从事隧道施工监控量测与超前地质预报工作的一线技术人员,使之有一本较为系统的参考书籍。

本书内容共分七章,第一章为绪论,第二章介绍了隧道施工监控的测试系统,第三章为隧道施工变形量测方法,第四章介绍了隧道围岩及支护结构的压力或应力量测,第五章为爆破振动测试与声波测试,第六章为量测设计与管理,第七章为隧道超前预报技术。

本书由长沙理工大学吴从师教授和中南大学阳军生教授主编,参加编写的人员还有长沙理工大学龚柳、沈维达、张庆彬以及中南大学刘志、胡鑫、褚东升等。全书由吴从师教授和阳军生教授负责统稿。

本书吸收了许多单位同行的研究成果和监测实例,也引用了国际隧道协会最新的施工监控量测建议,本书的出版得到了人民交通出版社的大力支持,在此一并深表感谢!

由于隧道施工监控量测与超前地质预报技术发展很快,本书尚难以全面囊括所有监测与预报手段,而且由于编者能力限制,难免存在疏漏甚至错误之处,恳请同行、读者批评指正。

编 者

2012年5月16日

目 录

第一章 绪论	1
第二章 隧道施工监控的测试系统	7
第一节 测试系统选择与传感器原理	7
第二节 变形测量仪器	10
第三节 应力应变测量元件与仪器	14
第四节 其他物理量测试仪器	21
第五节 远程监控方法简介	22
第三章 隧道施工变形量测方法	24
第一节 地表变形量测	24
第二节 隧道洞壁变形量测	28
第三节 围岩内部位移量测	32
第四节 变形非接触量测	36
第五节 掌子面变形测量	42
第四章 隧道围岩及支护结构的压力或应力量测	45
第一节 围岩压力及两层支护间压力量测	45
第二节 钢支撑外力及内力量测	47
第三节 衬砌应力量测	53
第四节 锚杆内力及抗拔力量测	66
第五章 爆破振动测试与声波测试	79
第一节 隧道施工的爆破振动测试	79
第二节 声波测试在隧道围岩及支护结构中的应用	87
第六章 量测设计与管理	93
第一节 量测项目、量测部位和观测频率的确定	93
第二节 数据分析处理与警戒值确定	99
第三节 量测的施工组织	110
第四节 报告的要求	111
第七章 隧道超前预报技术	112
第一节 地质和支护状况的肉眼观察	112

第二节 雷达的超前地质预报 115

第三节 地震方法的超前地质预报 144

第四节 红外探水技术 160

第五节 超前地质钻探 167

参考文献 172

第一章 绪 论

监控量测与超前地质预报是目前隧道施工中的一个重要环节,特别是在敏感的施工环境中,为保证隧道施工安全和经济,需要通过不断调整隧道开挖及支护参数以满足施工需要,实现信息化施工;此外,准确的超前地质预报可以事先掌握隧道前方地质状况,结合系统的监控量测,可以为坍塌预警提供有价值的信息,从而可以采取适当的措施以保证隧道稳定和施工安全,因此监控量测与超前地质预报已经成为隧道施工风险管理过程中不可分割的一个组成部分。

隧道信息化施工是在施工过程中布置监控量测系统,从开挖和支护过程中获得围岩稳定及支护结构状态信息,正确指导设计和施工,以期获得最优的效果。隧道施工监测和信息化设计流程如图 1-1 所示。在隧道信息化设计施工过程中,它将工程地质、施工监测、力学计算以及经验方法等有机地结合起来,建立起具有自身特点的设计施工程序:首先,根据施工前的地质勘察资料信息进行预设计;其次,在施工过程中进行施工跟踪调研与监测,并依据其反馈分析信息(如位移和应力等信息)及时调整、修改有关施工方法和预设计中的工程措施等技术参数,直至形成一个长期稳定、合理的隧道结构体系。其将设计和施工两个阶段有机地融合为一体,能较好地反映和适应隧道等地下工程的特征与动态变化规律,因此在隧道工程中得到了广泛的应用。

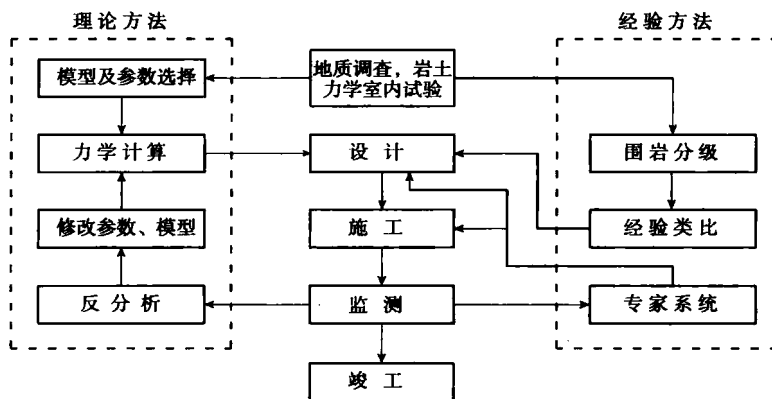


图 1-1 隧道施工监测和信息化设计流程

一、信息化施工的内容

1. 现场监测

现场监测是获得输入信息的基础和手段,内容包括:制订量测方案,确定测试内容,选择测试手段以及实施监测计划等。

2. 数据分析和处理

对第一手量测所得到的初始数据进行数据处理,如剔除一些量测误差,绘制量测曲线,对量测曲线进行数学拟合,提出拟合检验后对反分析结果的评价。

3. 及时的信息反馈

信息反馈是指对原设计或修改后的设计通过计算分析加以验证,以了解在设计参数下,由力学分析得到的位移和应力是否和实测数据符合,是否满足结构及岩土体安全稳定的判据标准,从而决定是否制定新的设计参数,或者是否要调整施工方案等,以指导下一阶段的施工。同时,经过分析,对下一阶段施工可能遇到的问题(特别是地质灾害问题)作出预测,以保证施工人员安全,保证施工进度和施工质量。

二、隧道监控量测的目的和要求

隧道监控量测是隧道施工中对围岩、地表、支护结构的变形和稳定状态、以及周边环境动态进行经常性的观察和量测工作。现场监控量测的试验计划应根据隧道的地质地形条件、支护类型和参数、施工方法以及有关条件制订。该计划内容应包括:量测项目及方法、量测人员组织、量测仪器的选定、测点布置及数据处理等。

1. 监测目的

在隧道施工过程中,使用各种仪器设备和量测元件,对地表沉降、围岩与支护结构的变形、应力、应变进行量测,据此来判断隧道开挖对地表环境的影响范围和程度、围岩的稳定性和支护的工作状态,这是新奥法现场监控量测的主要内容。施工量测被认为是新奥法的三大支柱之一,其目的可归纳为下述四点。

1) 为设计和修正支护结构参数提供依据

进行隧道工程设计时必须依靠工程地质调查和试验提供必要的依据和信息,但由于岩体地质情况千差万别,使得工程地质调查和试验取得的数据很难正确反映岩体的真实性。所以在施工过程中通过围岩与支护的变形与应力测试数据,可对原设计予以修正,或者为重新计算和设计提供依据。

2) 正确选择开挖方法和支护施作时间

通过分析量测数据,可以确定符合具体工程要求和地质条件的施工方法和支护结构的施作措施,以充分利用围岩自承能力,然后通过量测分析,再确定适宜的二次支护时间;在侧压力较大的地层中,利用量测数据,可以确定最佳的仰拱施作时间。

3) 为隧道施工和长期使用提供安全信息

通过对围岩稳定性与支护可靠性的监控量测和分析评定,可以发现施工中隐藏的不安全因素和隧道有可能失稳的区段或局部薄弱的部位,从而及时采取相应的加固或其他措施。

4) 是研究新奥法力学机理和设计理论的重要途径

通过施工现场量测,人们才能深入地研究围岩和支护结构共同作用的力学机制,才可能认识不同条件、不同类型岩体的变形破坏机理。近些年来,伴随新奥法产生的喷锚支护的技术研究正是随着量测技术的发展而取得了明显的进展。

2. 基本要求

现场量测是监控设计的基础,量测数据质量的好坏直接影响着监控的成败,为此,量测

手段必须适应监控设计的需要。实践表明,监控的现场量测手段必须满足下列要求。

(1)尽快埋设测点。一般情况下,应力、位移的变化在测点前后两倍洞径范围内最大。第一次测设宜在埋设测点后立即进行,以便取得初始数据,通常要求在爆破后 24h 内和下一次爆破之前测读初始读数。

(2)进行一次量测的时间宜尽量短。

(3)传感元件要有较好的防振、防冲击波的能力,且长期有效。

(4)测设的数据要求直观、准确、可靠。隧道开挖、支护作业是连续循环进行的,信息反馈必须及时、全面,否则会影响到施工或因漏掉重要信息而造成严重后果。为了便于信息反馈,测设数据以直观为好,即测得数据不需经过复杂的计算就可直接应用。

(5)测试仪器要有足够的精度。监测手段和测试仪器的确定主要取决于围岩工程地质条件、力学性质以及测量的环境条件。通常,对于软弱围岩中的隧道工程,由于围岩变形量值较大,因而可以采用精度稍低的仪器和装置;而在硬岩中则必须采用高精度监测元件和仪器:在干燥无水的隧道工程中,电测仪表往往能较好地工作;在地下水发育的地层中进行电测就较为困难。

3. 监控量测细则的编制与实施

监控量测实施细则应根据设计要求及工程特点编制,内容应包括以下几个方面。

(1)监控量测项目。

(2)人员组织、元器件及设备。

(3)监控量测断面、测点布置、监控量测频率及监控量测基准。

(4)数据处理及预测方法。

(5)信息反馈及对策等。

现场监控量测应根据已批准的监控量测实施细则实施,方法应简单、可靠、经济、实用。在实施的过程中,需及时反馈信息,并根据地质条件的变化和施工异常情况,及时调整监控量测计划。

三、监控量测的分类

监控量测项目可分为必测项目和选测项目两大类。

1. 必测项目

必测项目是隧道工程应进行的日常监控量测项目,是确保围岩稳定、判断支护结构工作状态、指导设计施工的经常性量测内容。这类量测通常测试方法简单、费用少、可靠性强,对监视围岩稳定和指导设计施工有巨大的作用。

必测项目是隧道监控量测的重点,具体监控量测项目见表 1-1。

监控量测必测项目

表 1-1

序号	监控量测项目	常用量测仪器	备 注
1	洞内、外观察	现场观察、数码相机、罗盘仪	
2	拱顶下沉	水准仪、钢挂尺或全站仪	
3	周边位移	收敛计、全站仪	
4	地表沉降	水准仪、钢钢尺或全站仪	隧道浅埋段

另外,隧道开挖后应及时进行地质素描及数码成像,必要时应进行物理力学试验。初期支护完成后应进行喷层表面裂缝及其发展、渗水、变形观察和记录。

2. 选测项目

选测项目是为满足隧道设计与施工特殊要求进行的监控量测项目。选测项目不是每座隧道都必须开展的工作,它是对一些有特殊意义和具有代表性意义的区段进行的补充测试,以求更深入地掌握围岩的稳定状态、锚喷支护的效果,以及工程对周围环境影响状况,指导未开挖区段的设计与施工。这类量测项目测试较为复杂,量测项目较多,费用较高。因此,除了有特殊量测任务的地段外,一般根据需要选择其中一些必要的项目进行量测。具体监控量测项目按表 1-2 选择。

监控量测选测项目 表 1-2

序号	监控量测项目	常用量测仪器
1	围岩压力	压力盒
2	钢架内力	钢筋计、应变计
3	喷混凝土内力	混凝土应变计
4	二次衬砌内力	混凝土应变计、钢筋计
5	初期支护与二次衬砌间接触压力	压力盒
6	锚杆轴力	钢筋计
7	围岩内部位移	多点位移计
8	隧底隆起	水准仪、钢钢尺或全站仪
9	爆破振动	振动传感器、记录仪
10	孔隙水压力	水压计
11	水量	三角堰、流量计
12	纵向位移	多点位移计、全站仪

四、隧道监控量测方法

1. 洞内、外观察

施工过程中应进行洞内、外观察。洞内观察可分开挖工作面观察和已施工地段观察两部分。开挖工作面观察应在每次开挖后进行,及时绘制开挖工作面地质素描图、数码成像,填写开挖工作面地质状况记录表,并与勘察资料进行对比。

洞外观察重点在洞口段和洞身浅埋段,记录地表开裂、地表变形、边坡及仰坡稳定状态、地表水渗漏情况等,同时还应对附近地面建(构)筑物进行观察。

2. 变形监控量测

变形监控量测可采用接触量测或非接触量测方法。传统的接触量测方法具有成本低、简便可靠、能适应恶劣环境等优点,但对施工干扰大,量测速度慢,越来越难以满足要求。非

接触量测具有对施工干扰小、量测速度快,特别是对于大跨度隧道更能显示出其方便、快速、灵活、适应性强的优点,克服了传统接触量测方法的缺点,并可以进行隧道变化位移量测和隧道内测点三维位移量测。对于大跨度隧道,应优先考虑非接触量测。

变形监控量测的内容有以下几方面。

1) 隧道周边收敛

它反映隧道净空变化,可采用收敛计或全站仪进行。

2) 拱顶下沉

拱顶下沉量测同周边收敛量测一样,都是隧道监控量测的必测项目,最能直接反映围岩和初期支护的工作状态。

3) 地表沉降

在隧道洞口或浅埋地段,由于覆盖层厚度较小,隧道开挖后地层变形直接反映到地表,导致地表沉降,特别是大跨度浅埋隧道尤其敏感。所以通过对不同施工过程中的地表沉降的叠加影响效应量测,测出扰动范围、最大沉降量和地表倾斜程度,据此可判断围岩的稳定性,以采取相应的施工决策。

地表沉降监控量测可采用精密水准仪、钢钢尺进行,基准点应设置在地表沉降影响范围之外。测点采用地表钻孔埋设,测点四周用水泥砂浆固定。当采用常规水准测量手段出现困难时,可采用全站仪量测。

4) 围岩内部位移

通过对围岩内部的位移量测,可测出隧道周边围岩表面的测点与围岩内部各测点之间的相对位移值,以此来判断因隧道开挖而引起的围岩松动和松弛(塑性)范围,它可为锚杆设计提供参数。

本项量测常采用位移计,位移计又称引伸计或钻孔伸长仪。它的基本原理是将岩体内部某一点的位移状态通过与之固定在一起的某种传递介质(杆、弦)引至岩体外部,以测出隧道周壁与岩体内部某一点间的相对位移。

3. 应力、应变监控量测

应力、应变监控量测包括钢拱架内力量测、喷射混凝土应变量测和二次衬砌内力量测等。

钢架内力量测可采用振弦式传感器、光纤光栅传感器。混凝土、喷射混凝土应变量测可采用振弦式传感器、光纤光栅传感器,传感器应固定于混凝土结构内的相应测点位置。

4. 接触压力量测

接触压力量测包括围岩与初期支护之间接触压力、初期支护与二次衬砌之间接触压力的量测。接触压力量测可采用振弦式传感器,传感器与接触面要求紧密接触,传感器类型的选择应与围岩和支护相适应。

接触压力量测可以帮助了解围岩压力的量值及分布状态,判断围岩稳定性及二次衬砌的安全性。

5. 爆破振动量测

爆破振动量测主要测质点的振动速度或加速度,可分别采用振动速度和加速度传感器,以及相应的数据采集设备。采集记录爆破振动速度或加速度,以分析振动波形大小和振动

衰减规律。

6. 孔隙水压与水量监控量测

孔隙水压监控量测可采用孔隙水压计进行。水压计应埋入带刻槽的测点位置,采取措施确保水压计与水直接接触。通过数据采集设备获得各测点读数,并换算出相应孔隙水压力值;水量监控量测可采用三角堰、流量计进行。

第二章 隧道施工监控的测试系统

第一节 测试系统选择与传感器原理

一、测试系统的分类

在土木工程中,所需测量的物理量大多数为非电量,如位移、压力、应力、应变等。为使非电量能用电测方法来测定和记录,必须设法将它们转换为电量,这种将被测物理量直接转换为相应的容易检测、传输或处理的信号的元件称为传感器,也称换能器、变换器或变送器或探测器。

传感器一般可按被测量的物理量、变换原理和能量转换方式分类,按变换原理分电阻式、电容式、差动变压器式、光电式等,这种分类易从原理上识别传感器的变换特性,每一类传感器应配用的测量电路也基本相同。按被测量的物理量分位移传感器、压力传感器、速度传感器等。按测试方式,测试系统可分为人工测试系统、自动化测试系统。

1. 人工测试系统

人工测试系统由人工变换时间和地点的测试操作、记录数据、输入计算机的系统,它由传感器、采集箱、测读仪器和计算机等组成。人工测试系统的数据采集需要人工干预,是复杂工程环境条件下的有效测试方式,同时测试系统的造价一般较低。目前大多数工程中的施工信息都是通过人工实测和手工输入计算机的方法进行收集的,此方法比较灵活,采集信息的类型也比较多,监测总费用相对较低,人工测试系统在一般的工程中得到普遍应用。

2. 自动化测试系统

自动化测试系统可实现无人值守,实时获取监测数据。该系统包括传感器、遥测采集器、自动化测读仪表、计算机系统。遥测采集器通过计算机或自动检测仪表进行自动切换,实现一台测读仪表能速读数十甚至上百个传感器。自动化测读仪表的功能与人工测试系统中的测读仪表相似,自动化测读仪能自动切换测点,定时定点测读数据,具有数据切换、存储和显示功能,并可连接多种外围设备。计算机系统包括主机系统、外围设备和功能强大的软件系统,其在自动监测系统中不仅可以实现对整个测试系统的控制,而且能够对测试数据进行实时处理,使多种先进的技术手段能够在监测系统中得以实现。采用自动化测试系统可以保证监测数据正确、及时,一旦发现超出预警值范围的量测数据,系统立即报警,辅助工程技术人员做出正确的决策,及时采取相应的工程措施。自动化测试系统具有采集频率高、误差小、数据实时性好、对施工干扰小的优点。

不管是人工测试系统还是自动测试系统,在进入正常工作状态前都应进行系统的调试。为确保监测资料的可靠性,应定期检查监测系统的工作性能。

二、测试系统选择的原则

选择测试系统的根本原则是测试的目的和要求。下面针对系统的各个特性参数,就如何正确选用测试系统予以概述。

1. 灵敏度

原则上说,测试系统的灵敏度应尽可能的高,但与被测信号无关的外界噪声要尽可能低。为达到既能检测微小的被测量、又能使噪声被抑制到尽量低的目的,测试系统的信噪比越大越好。灵敏度愈高,测量范围愈窄,稳定性也愈差。

2. 准确度

准确度表示测试系统所获得的测量结果与真值的一致程度,并反映了测量中各类误差的综合。准确度越高,则测量结果中所包含的系统误差和随机误差就越小;测试仪器的准确度越高,价格就越昂贵。因此,从被测对象的实际情况和测试要求出发,选用准确度合适的仪器,才能获得最佳的技术经济效益。

由若干不同准确度的仪器组成的测试系统,其测试结果的最终准确度取决于准确度最低的那一台仪器,因此,从经济性来看,应当选择同等准确度的仪器来组成所需的测试系统。对于定性的试验研究,只需获得相对比较值,则只要求测试系统的精密度足够高就行,无需要求准确度;而对于定量分析,要获得精确的量值,就必须要求其具有相应的准确度。

3. 响应特性

测试系统的响应特性必须在所测频率范围内努力保持不失真条件。此外,响应总有一定的延迟,但要求延迟时间越短越好。换言之,若测试系统的输出信号能够紧跟急速变化的输入信号,则这一测试系统的响应特性就好。因此,在选用时,要充分考虑到被测量变化的特点。

4. 线性范围

任何测试系统都有一定的线性范围。在线性范围内,输出与输入成比例关系,线性范围越宽,表明测试系统的有效量程越大。测试系统在线性范围内工作是保证测量准确度的基本条件。然而,测试系统很难保证其绝对的线性,在一些情况下,只要能满足测量的准确度,也可以在近似线性的区间内工作,必要时,可以进行非线性补偿或修正。

5. 稳定性

稳定性表示在规定条件下测试系统的输出特性随时间的推移而保持不变的能力。影响稳定性的因素是时间、环境和测试仪器的器件状况。为了保持测试系统工作的稳定性,在选定测试仪器之前,应对工作环境进行调查,以选用较为合适的仪器。

在输入量不变的情况下,测试系统在一定时间后,其输出量发生变化,称为漂移现象。当输入量为零时,测试系统也会有一定的输出,这称为零飘现象。漂移和零飘多是由系统本身对温度变化的敏感以及元件不稳定等因素引起的,其对测试系统的准确度将产生影响。

6. 测量方式

测试系统在实际工作条件下测量方式的不同,也是选择测试系统时应考虑的因素之一。

诸如接触式测量和非接触性测量、机械量测和电测、在线测量和非在线测量等不同的测量方式,对测试系统的要求也不同。

7. 各特性参数之间的配合

由若干环节组成的一个测试系统中,应注意各特性参数之间的恰当配合,使测试系统处于良好的工作状态。例如,一个多环节组成的系统,其总灵敏度取决于各环节的灵敏度以及各环节之间的连接形式(串联、并联),该系统的灵敏度与量程范围也是密切相关的。当总灵敏度确定之后,过大或过小的量程范围,都会给正常的测试工作带来影响。对于连续刻度的显示仪表,要求输出量落在接近满量测的 $1/3$ 区间内,否则,即使仪器本身非常精确,量测结果的相对误差也会增大,从而影响测试的准确度。若量程小于输出量,很可能使仪器损坏。因此,在组成测试系统时,要注意总灵敏度与量程范围匹配。

总之,在组成测试系统时,应充分考虑各特性参数之间的关系。除上述必须考虑的因素外,还应尽量兼顾体积小、质量轻、结构简单、易于维修、价格便宜、便于携带、通用化和标准化等一系列因素。

三、传感器和仪器的选用

监测是一项长期和连续的工作,监测传感器和仪器的工作环境通常较差,并且传感器一旦埋置好便不能置换,传感器的选用一定要保证其能够正常地进行监测工作,否则,不仅造成人力物力的浪费,还会因监测数据失真,引起监测结论的错误。监测传感器和仪器的选择可从以下几个方面进行选用。

(1) 可靠性:指其能够在设计规定的工作条件和工作时间内,保持原有的技术性能的程度,主要包括耐久、坚固、易于检修三个方面。它是评价传感器、仪器性能的首要因素。

(2) 坚固性:指传感器应当满足在其运输、埋设过程中承受外荷载的能力。坚固性是选用传感器和仪表时考虑的重要因素之一。

(3) 通用性:指监测仪器的传感器必须配套使用。在同一工程中使用不同厂家的传感器,必须使用相应的配套监测仪表,这样就不可避免地增加费用,给日后使用和管理带来不便。在实际监测中,应尽量选择通用性较强的仪器。

(4) 经济性:选用可靠的、具有足够精度的监测传感器和仪器是实现预期监测目标的首要条件,在保证这一条件下,进行经济技术比较,选择性价比高的仪器设备。

(5) 测量原理和方法:一般认为,采用简单机械原理的仪器比采用电测仪器测试来的直观、可靠。同样,简单的直接测量法比复杂的间接测量法有更高的可信度。

(6) 精度和量程:选用监测传感器和仪器时,其精度必须满足监测精度的要求,这是进行测试的必要条件;否则,数据失真,会导致错误的结论,但选择过高精度的传感器和仪器,不仅会造成资金的浪费,带来不必要的工作量,而且提供的信息也不会有更高的实用价值。量程和精度是相互制约的两个指标,一般是量程越大,精度越低,精度高,则量程小,通常优先满足量程对测试的要求。

四、常用的传感器及其工作原理

传感器一般由敏感元件、转换元件和其他辅助部件组成,如图 2-1 所示。敏感元件是指

传感器中直接感受(或响应)与检出被测对象的待测信息(非电量)的部分;转换元件是指传感器中能将敏感元件所感受(或响应)出的信息转换成电信号部分。

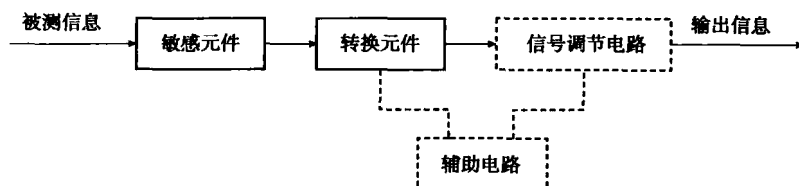


图 2-1 传感器组成框图

信号调节电路是能把转换元件输出的电信号转换为便于显示、记录、处理和控制的电信号的电路。辅助电路通常包括电源,即交、直流供电系统。

传感器在施工前或施工过程中直接埋设在地层及结构物中,用以监测其在施工阶段的受力和变形。在隧道施工监控量测过程中,常用的传感器主要包括电阻式传感器、振弦式传感器、电感式传感器、光电式传感器等。

(1)电阻式传感器:电阻式传感器是将被测物理量的变化转化成仪器内部张紧的钢丝的长度(电阻)变化,通过测量此电阻量达到测量被测量的目的。

(2)振弦式传感器:以拉紧的金属弦作为敏感元件的谐振式传感器。当弦的长度确定之后,其固有振动频率的变化量即可表征弦所受拉力的大小,通过相应的测量电路,就可得到与拉力成一定关系的电信号。

(3)电感式传感器:利用电磁感应原理将被测非电量转化成线圈自感量或互感量的变化,再由转换电路转化为电压或电流的变化量输出的一种装置。

(4)光电式传感器:将光信号转化为电信号的一种传输器,具有非接触、高精度、反应快、可靠性好、分辨率高等优点。

第二节 变形测量仪器

一、水准仪和铟钢尺

水准仪可以提供水平视线,以测量各测点之间高差。水准仪分为微倾式水准仪、自动安平式水准仪和数字水准仪。我国的水准仪系列标准分为 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 和 DS_{10} 四个等级。

我国的水准仪系列中 DS_{05} 、 DS_1 均属于精密水准仪,精密水准仪分为水准管式和自动安平式两种。精密水准仪除了有较高的置平精度外,构造上的主要特点是都附有一个供读数的光学测微装置,如图 2-2 所示。它包括装在望远镜物镜前的一块平行玻璃板,玻璃板可绕一横轴作俯仰转动。另有一个测微尺通过连杆与平行玻璃板相连,旋转测微螺旋可以使平行玻璃板绕横轴转动,同时也带动测微尺,从而可以测出平行玻璃板转动的量。

铟钢尺是把一根铟钢带尺刻划,并按一定条件固定在尺框内,主要用于精密水准测量的水准尺。由于采用铟钢带作刻划读数的基质,热膨胀系数较小,刻划精度较高,受外界温度影响几乎可以忽略。因此,配合精密水准仪,可进行一、二等精密水准沉降观测。

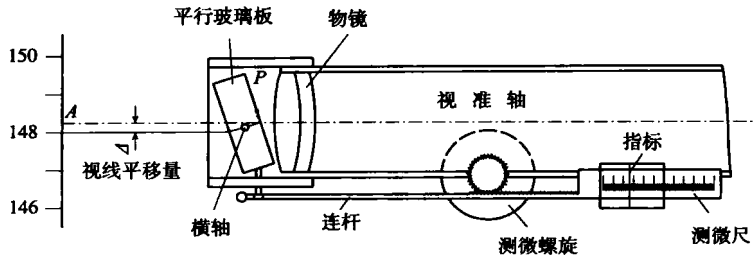


图 2-2 精密水准仪测微装置构造示意图

二、全站仪

全站仪全称为全站式电子速测仪,是一种集经纬仪、电子测距仪、外部计算机软件系统为一体的现代光学测量仪器。由电子测角、电子测距、电子计算和数据存储系统等组成,它本身就是一个带有特殊功能的计算机控制系统。全站仪由下列两大部分组成。

(1)为采集数据而设置的专用设备:主要有电子测角系统、电子测距系统、数据存储系统,还有自动补偿设备等。

(2)过程控制机:主要用于有序地实现上述每一专用设备的功能。过程控制机包括与测量数据相连接的外围设备及进行计算、产生指令的微处理机。只有这两大部分有机结合,才能真正地体现“全站”功能,既要自动完成数据采集,又要自动处理数据和控制整个测量过程。

全站仪可以在一个站位完成水平角、垂直角、距离、高差测量的全部测量工作。通过全站仪可以直接测得观测点至观测目标之间角度差值与距离,据此通过三角学的换算关系可以计算出观测目标的坐标或观测点相对于已知点的位置。这些经纬仪部分的观测数据采集至计算机软件程序后,可以自动生成目标地区测绘图。一些全站仪留有 GPS 系统的接口可供拓展,此两者结合之后可以互通所长。

三、收敛计

收敛计按传递位移介质的不同,可分为卷尺式收敛计、钢丝式收敛计和杆式收敛计。其组成基本相同,主要包括:传递位移部分(钢卷尺、钢丝等)、测力装置(保持钢卷尺或钢丝等在测量时恒力,如弹簧秤)、测读位移设备(如百分表)、测桩(胀壳式、倒楔式或黏结式)。以球铰式收敛计为例,其构造如图 2-3 所示。

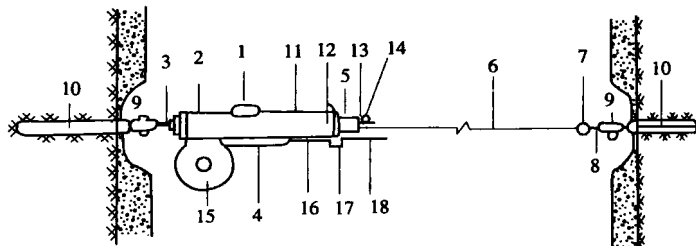


图 2-3 球铰式收敛计结构

1-百分表;2-百分表支架;3-球铰;4-弹簧秤;5-滑轮;6-钢尺;7-挂钩;8-连接环;9-连接箱;10-测桩;11-触头;12-水准气泡;13-定位销;14-压尺螺钉;15-钢尺架;16-丝杆;17-微调螺母;18-拉绳