

# 隧道施工超前地质 预报理论基础与方法

王锦山 王力 张延新 刘志刚 著



SUIDAO SHIGONG CHAOQIAN DIZHI  
YUBAO LILUN JICHU YU FANGFA



中国地质大学出版社有限责任公司  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIANSHE ZEREN GONGSI

国家重点基础研究发展规划(973)项目(2010CB731500) 资助项目  
河北科技师范学院博士科研启动基金(2009YB002)

# 隧道施工超前地质预报理论基础与方法

王锦山 王力 张延新 刘志刚 著



中国地质大学 出版社有限责任公司  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

## 内 容 提 要

本书以重庆歌乐山隧道为背景,采用理论研究、现场调查、现场监测和物理探测等相结合的研究方法,对隧道施工地质灾害的超前预报相关理论和方法开展了深入、系统的研究,并针对歌乐山隧道施工中地质灾害的预报和临近警报方法进行了应用研究。初步构建了隧道施工超前地质预报理论基础,提出了广义隧道超前地质预报、狭义隧道超前地质预报和综合超前地质预报的概念,并在此基础上提出了广义隧道超前地质预报的技术方案;研究了以隧道所在地区地面地质调查为基础、以隧道地质条件分析为手段开展隧道洞体不良地质宏观预报的方法;在狭义超前地质预报中,建立了断层参数预测法、地面地质体投射法、TSP探测解译法、隧道掌子面编录预测法和不良地质体前兆预测法几种预报方法;提出了隧道施工地质灾害临近警报的概念,研究了地质灾害临近警报的方法。本书对指导工程实践和安全生产具有十分重要的理论意义和实用价值,可供地质、土建、交通、采矿、国防、水利水电等相关专业的工程技术人员、科研人员和高校师生参考使用。

# 前 言

---

21 世纪是人类将地下空间作为资源开发的世纪,也是我国西部大开发的世纪。我国是多山的国家,2/3 的国土面积由不同类型的山脉、高原组成。铁路和公路交通工程、水电工程、南水北调工程、各种矿山工程以及军工防护工程等的大发展,都离不开大量山岭隧道的修建,特别是长大隧道的修建。可以看到,21 世纪将是我国隧道修建史上一个大发展时期<sup>[1]</sup>。

隧道通常是指用作地下通道的工程建筑物。按其围岩特征一般可分为两大类:一类是修建在岩层中的隧道,称为岩石隧道。由于岩石隧道修建在山体中的较多,故又称为山岭隧道。另一类是修建在土层或类土层中的隧道,称为软土隧道。由于软土隧道常常修建在水底或城市立交处,故又称为水底隧道或城市道路隧道。铁路、公路隧道由于沿纵向地质条件的复杂性和多变性,使得隧道既含有岩石隧道的特征又含有软土隧道的特征。由于隧道多处于地下各种复杂的水文地质、工程地质岩体中,所以,“安全、优质、快速、不留后患”地修建隧道的前提是要摸清和预知周围的水文地质和工程地质条件。伴随大量山岭隧道的修建,隧道施工地质工作作为隧道施工必不可少的工序,必将得到广泛的普及。作为隧道和其他地下工程的工作者,必须掌握地质学这门科学<sup>[2]</sup>。

隧道施工地质工作是在设计提交之后、在隧道施工阶段、伴随建设的全过程而进行的地质工作。

然而,目前就隧道施工地质工作而言,在国外,一般性的工作已普遍开展,学术研究也有了一定深度,但是,至今尚未达到全面、系统地开展施工地质工

作与学术研究的水平。在国内,一般性的工作只在少数隧道中进行,基本还处于起步阶段,学术研究也只见零散报道,尚不够深入。只有做好隧道施工地质工作,才能克服隧道开挖与施工过程中的盲目性<sup>[3]</sup>。

业内普遍认为,超前地质预报作为隧道施工地质工作的主要环节,其重要性不言而喻。随着修建隧道的数量越来越多,规模越来越大,如何实施“高质量、高精度”的超前地质预报工作是当前摆在我们面前亟待解决的重要问题。王梦恕院士指出:快速施工将是我国 21 世纪隧道修建的主攻方向。消除施工中的地质灾害是快速施工的主要措施,而要消除施工中的地质灾害,做好超前地质预报工作是最有效的手段。对超前地质预报理论、方法和技术的研究,国外起步较早,但仍未实现系统性、理论性的突破,为了赶超世界先进水平,我们有责任在此领域开展深入的探索研究,以期为我国交通建设事业的发展作出一些贡献。

为此,本书以重庆歌乐山隧道工程为研究背景,以系统开展隧道施工超前地质预报相关理论与方法的研究为目的,探索构建超前地质预报理论框架的模式,并在此基础上开展超前预报方法的研究,争取为我国隧道施工技术的发展积累经验、提供借鉴依据。

本书在撰写过程中,得到了中国科学院力学研究所李世海研究员、北京科技大学蔡美峰教授及同事们的大力支持与帮助,在此表示深深的谢意!

本书的撰写参考了大量的相关文献,在此向作者表示感谢!

由于作者水平有限,书中难免有不当之处,请读者不吝赐教!

作者  
2011 年 10 月

# 目 录

---

<b>1 绪 论</b> .....	(1)
1.1 引 言 .....	(1)
1.2 国内外超前地质预报研究进展 .....	(3)
1.2.1 隧道超前地质预报技术在国外的研究发展 .....	(3)
1.2.2 隧道超前地质预报技术在国内的研究发展 .....	(3)
1.3 地质力学理论与隧道超前地质预报的关系 .....	(4)
1.4 本书的研究内容和技术路线 .....	(5)
1.4.1 本书的主要研究内容 .....	(5)
1.4.2 本书采用的研究技术路线 .....	(7)
<b>2 工程地质背景研究</b> .....	(8)
2.1 工程概况 .....	(8)
2.2 施工设计概况 .....	(8)
2.3 地貌地质概况 .....	(9)
2.3.1 地形地貌特征 .....	(9)
2.3.2 工程地质特征 .....	(9)
2.3.3 水文地质特征 .....	(11)
2.3.4 主要不良地质及特殊地质 .....	(12)
2.3.5 环境工程地质条件评价 .....	(12)
2.3.6 工程地质条件 .....	(13)
2.4 小 结 .....	(13)

<b>3</b>	<b>隧道超前地质预报技术方案与宏观超前地质预报</b>	(14)
3.1	隧道超前地质预报技术方案的提出	(14)
3.2	隧道施工宏观超前地质预报	(15)
3.2.1	隧道地面地质复查与调查	(15)
3.2.2	地质条件分析	(20)
3.2.3	隧道不良地质宏观预报及其应用	(32)
3.3	小结	(36)
<b>4</b>	<b>隧道施工长距离超前地质预报</b>	(38)
4.1	隧道长距离超前地质预报概念的提出	(38)
4.2	长距离超前地质预报方法	(39)
4.2.1	断层参数预测法	(39)
4.2.2	地面地质体投射预报法	(66)
4.2.3	TSP 探测解译法	(68)
4.3	综合长距离超前地质预报	(88)
4.4	小结	(89)
<b>5</b>	<b>隧道施工短距离超前地质预报</b>	(90)
5.1	隧道短距离超前地质预报概念的提出	(90)
5.2	短距离超前地质预报方法	(91)
5.2.1	地质雷达探测法	(91)
5.2.2	掌子面编录预测法	(93)
5.2.3	不良地质体前兆预测法	(96)
5.2.4	超前钻探	(99)
5.3	综合短距离超前地质预报	(99)
5.4	小结	(100)
<b>6</b>	<b>隧道施工地质灾害临近警报</b>	(101)
6.1	断层破碎带塌方监测与判断	(101)
6.1.1	断层破碎带的准确性	(101)

6.1.2	断层破碎带发生塌方可能性的判断 .....	(101)
6.2	岩溶陷落柱塌方监测与判断 .....	(106)
6.2.1	岩溶陷落柱的定性 .....	(106)
6.2.2	岩溶陷落柱塌方可能性的判断 .....	(106)
6.3	突泥突水监测与判断 .....	(107)
6.3.1	突泥突水的主要地质类型 .....	(107)
6.3.2	突泥突水的监测与判断 .....	(108)
6.4	煤与瓦斯突出监测与判断 .....	(111)
6.4.1	决定煤与瓦斯突出的主要因素 .....	(111)
6.4.2	煤与瓦斯突出的临近前兆 .....	(111)
6.5	岩爆监测与判断 .....	(112)
6.5.1	岩爆形成的因素 .....	(112)
6.5.2	岩爆的监测方法与步骤 .....	(112)
6.6	小 结 .....	(112)
<b>7</b>	<b>歌乐山隧道超前地质预报实践 .....</b>	<b>(113)</b>
7.1	采用的预报方法 .....	(113)
7.2	长、短距离超前地质预报方案 .....	(113)
7.3	歌乐山隧道出口工区不良地质超前预报实践 .....	(114)
7.3.1	具体超前预报 .....	(114)
7.3.2	施工揭露的围岩情况 .....	(115)
7.3.3	歌乐山隧道出口平导洞体预报效果验证 .....	(120)
7.3.4	歌乐山隧道出口正洞洞体预报效果验证 .....	(120)
7.4	歌乐山隧道进口工区不良地质超前预报实践 .....	(126)
7.4.1	具体超前预报 .....	(126)
7.4.2	施工揭露的围岩情况 .....	(126)
7.4.3	歌乐山隧道进口正洞洞体预报效果验证 .....	(128)
7.5	小 结 .....	(131)

<b>8</b>	<b>歌乐山隧道施工地质灾害临近警报实践</b>	(132)
8.1	具体临近警报	(132)
8.2	预报效果验证	(140)
8.3	小 结	(140)
<b>9</b>	<b>结 论</b>	(142)
9.1	主要结论	(142)
9.2	隧道施工超前地质预报方法分析及研究展望	(143)
9.2.1	几种方法的适用性分析	(143)
9.2.2	几种方法的比较分析	(144)
9.2.3	研究展望	(145)
	<b>参考文献</b>	(146)
	<b>附录一 歌乐山隧道出口工区不良地质超前预报通知书</b>	(152)
	歌乐山隧道出口正洞围岩评价及短距离预报通知书	(152)
	歌乐山隧道出口平导围岩评价及短距离预报通知书	(154)
	歌乐山隧道出口正洞围岩评价及短距离预报通知书	(155)
	歌乐山隧道出口围岩评价及短距离超前地质预报通知书	(156)
	歌乐山隧道出口围岩评价及长距离预报通知书	(158)
	歌乐山隧道出口平导围岩评价及长距离超前地质预报通知书	(162)
	歌乐山隧道出口平导围岩评价及短距离超前地质预报通知书	(164)
	歌乐山隧道平导围岩评价及短距离地质预报通知书	(166)
	歌乐山隧道出口平导围岩评价及长距离超前地质预报通知书	(167)
	歌乐山隧道出口(平导)涌水评价及预报通知书	(169)
	歌乐山隧道出口主洞围岩评价及长距离超前地质预报通知书	(170)
	歌乐山隧道出口平导围岩评价及长距离超前地质预报通知书	(172)
	歌乐山隧道出口平导围岩评价及长距离超前地质预报通知书	(174)
	歌乐山隧道出口主洞围岩评价及长距离超前地质预报通知书	(176)
	歌乐山隧道出口(平导)围岩评价及短距离预报通知书	(180)

歌乐山隧道出口(平导)TSP 探测与长距离超前地质预报通知书·····	(182)
歌乐山隧道出口平导 PDK3 +657— +357 段主要不良地质位置汇总报告 ·····	(184)
歌乐山隧道出口(平导)围岩评价及短距离预报通知书 ·····	(186)
歌乐山隧道出口(正洞)围岩评价及长距离预报通知书 ·····	(187)
歌乐山隧道出口(正洞)围岩评价及短距离预报通知书 ·····	(190)
歌乐山隧道出口平导围岩评价与短距离超前预报通知书·····	(191)
歌乐山隧道出口(正洞)TSP 探测与长距离超前地质预报通知书 ·····	(193)
歌乐山隧道出口(正洞)TSP 探测与长距离超前地质预报通知书 ·····	(197)
歌乐山隧道出口(正洞)围岩评价与短距离超前地质预报通知书 ·····	(199)
歌乐山隧道出口(正洞)长距离超前地质预报通知书 ·····	(200)
<b>附录二 歌乐山隧道进口工区不良地质超前预报通知书 ·····</b>	<b>(201)</b>
歌乐山隧道进口主洞围岩评价及长距离超前地质预报通知书 ·····	(201)
歌乐山隧道进口围岩评价与长距离超前地质预报通知书 ·····	(204)
歌乐山隧道进口围岩评价与长距离超前地质预报通知书·····	(206)
歌乐山隧道进口 TSP 探测与长距离超前地质预报通知书·····	(208)
歌乐山隧道进口围岩评价及短距离超前地质预报通知书·····	(210)
歌乐山隧道进口围岩评价及短距离超前地质预报通知书·····	(212)
歌乐山隧道进口围岩评价及短距离超前地质预报通知书·····	(214)
歌乐山隧道进口 TSP 探测与长距离超前地质预报通知书·····	(216)
歌乐山隧道进口 DK2 +621 大出水(泥)评价及超前地质预报通知书 ···	(219)
歌乐山隧道进口 TSP 探测与长距离超前地质预报通知书·····	(221)
歌乐山隧道进口长距离超前地质预报通知书 ·····	(224)

# 1 绪 论

## 1.1 引 言

21 世纪初,我国公路建设的重点将以高等级公路和中西部公路为主,特别是高速公路建设近年来发展很快,从而形成我国贯穿南北、东西的公路干线网,这将需要修建大量的公路隧道,特别是长大公路隧道。铁路建设重点将西移,向云、贵、川、藏、陕等省区发展。这些省区都属多山地区,大量的长大、高难度山岭隧道摆在人们面前。今后一个时期将修建的沿江、沿海铁路和高速公路,还将出现大量的隧道工程。随着我国大规模基础建设的进行,各类山岭隧道修建的任务将十分繁重。要完成这些艰巨的任务,其中消除施工中的塌方问题是快速施工的主要措施之一,也是赶超世界先进隧道隧洞施工水平的主要奋斗目标之一。要消除隧道隧洞施工中的塌方,关键的关键是加强隧道隧洞施工地质工作,必须做好地质现象预报、监测工作,做到判断准确,提出的支护方案匹配,科学、严格地按要求进行支护,避免塌方发生<sup>[4,5]</sup>。

在我国,长期以来施工单位不重视地质工作特别是超前地质预报工作,他们把所有的施工塌方等工程事故都推脱到地质不明问题上,以便向甲方争取追加更多的投资。而国外很多国家在隧道工程发包中多采取一次性投资的办法,即投资中已包括了风险投资在内,若在以后施工中出现各种风险,均由施工单位或承包商承担,业主或发包商不再追加投资。由于隧道超前地质预报技术和隧道施工地质技术能减少塌方事故,能减少突水突泥、瓦斯爆炸、煤与瓦斯突出和岩爆等地质灾害发生,既能保证施工顺利进行,又能大大地降低成本,这就使国外施工单位或承包商尤其重视隧道施工地质工作。

随着我国与世界经济的全面接轨,引进西方发达国家的先进管理技术与合理做法是必然趋势。在渝怀铁路的发包过程中,即采用了近似一次性投资的做法,这种做法强迫施工单位必须重视超前地质预报工作,否则,非但赚不到钱,而且还有可能亏本。目前,我国相关主管部门要求,在所有隧道施工过程中,必须开展超前地质预报工作。

在各类隧道设计中,由于勘察设计精度的限制或其他原因,设计院提交的隧道

设计图常常遗漏很多只有在隧道隧洞掘进过程中才能发现的不良地质体,围岩级别也只能概略地圈定。然而,由于以往没有施工超前地质预报这道工序,大多数施工单位只得处于盲目施工状态。在个别长大隧道隧洞施工过程中,设计院可能会派驻少量人员,但也大多不从事具体的施工地质工作。由此也就导致了隧道施工的盲目进行,工作面前方地质状况究竟如何,是好还是坏,设计的支护强度够不够,会不会出现塌方,施工人员心中无底。因此,为了使施工者做到心中有数,减少施工事故,加快施工进度,施工单位必须在施工过程中进行超前地质预报工作<sup>[3]</sup>。

当前,超前地质预报研究具有极其重要的实际意义。超前地质预报工作不仅可以减少施工对环境的影响,产生巨大的社会效益,而且可为施工单位节省大量的成本,显著提高经济效益,加快施工进度,更重要的是可以对整个施工过程的地质状况做到成竹在胸,提高隧道工程的施工质量<sup>[6]</sup>。

隧道施工地质及超前地质预报是减免隧道地质灾害和隧道快速、安全施工的关键技术。然而,对这项技术的研究,无论是国内还是国外,仍处于探索阶段,媒体中只见少量报道,还很少见到有关进行深入系统研究的内容。以往,国内隧道施工大多忽视这项技术,致使地质灾害频频发生,给国家造成了很大的经济损失。

在施工中开展超前地质预报工作,可为设计单位提供可靠的、更为详尽的、设计阶段未曾查明的第一手原始不良地质资料,以便及时进行动态设计,指导施工,避免重大施工地质灾害的发生,保证施工安全,减少人员伤亡和不必要的财产损失。

(1)施工地质及超前地质预报工作可进一步查清隧道设计阶段由于地质勘察工作的局限性而难以探查的、隐伏的重大地质问题,特别是重要的不良地质,进而指导工程施工的顺利进行。

(2)施工地质及超前地质预报工作可以极大地降低施工地质灾害发生的几率<sup>[7]</sup>。

(3)通过开展施工地质及超前地质预报工作,为变更设计和进行更加符合实际的动态设计提供地质依据。

(4)为编制竣工文件提供充足的地质资料。

隧道施工地质及超前地质预报工作的内容包括超前地质预报,施工期间围岩稳定性评价与围岩级别预报,施工地质灾害临近警报,施工方法、施工技术建议等4项工作。

## 1.2 国内外超前地质预报研究进展

### 1.2.1 隧道超前地质预报技术在国内外的研究发展

国外隧道施工技术比较发达的国家,如瑞士、日本等,在进行隧道(特别是铁路、公路隧道)修建过程中,隧道施工地质工作(其中主要是超前地质预报工作)被看做是一项十分重要的、不可缺少的工序,重视隧道施工地质工作已成为工程技术人员的一致共识。隧道施工地质技术人员要么由施工单位配备,要么由业主提供,并由业主拨出专款开展工作。在施工过程中,他们在设计部门提交的设计图纸的基础上,做好超前地质预报和围岩量测工作。

自1972年在美国芝加哥首次召开快速掘进与隧道工程会议至今,隧道施工超前地质预报工作一直都受到重视。准确预报施工前方地质条件是隧道建设的迫切要求。随后,世界各国都将这类问题列为重点研究课题:日本列题研究开挖前方地质预报;澳大利亚研究隧道施工前方地层状况预报;德国研究掌子面附近地层动态的详细调查;法国则把不降低掘进速度的勘探方法作为重点研究课题<sup>[8-10]</sup>。

但在目前,在隧道超前地质预报方面的研究,国外还没有形成系统化的理论体系,仅有少量的成果见于各类期刊和学术杂志中。断层超前预报,特别是准确的定量、定位预报,是国内外隧道施工地质工作者尚未攻克的技术难题。在国外,大多偏向超前地质预报仪器、设备的研制,超前地质预报工作特别是长距离超前地质预报也主要依靠仪器设备来进行,例如TSP(Tunnel Seismic Prediction,隧道地震波勘探)预报系统、地质雷达、瑞利波探测仪等<sup>[11,12]</sup>。

### 1.2.2 隧道超前地质预报技术在国内的研究发展

目前,从总体上来说,我国隧道超前地质预报工作还十分薄弱,尚没有真正起步,与国外同行相比,显出明显的不足。突出表现在既缺乏专职施工地质队伍,又不重视具体施工地质工作,当然也就谈不上超前地质预报工作。

长期以来,在我国隧道施工队伍中存在着认识上的误区,即所谓“塌方不可抗御论”,这至今仍是我国隧道施工队伍和施工单位难以动摇的观念,也是某些媒体和舆论界在认识“施工地质灾害”之所以发生的观念上存在的一个死角。塌方与地质条件的关系,其错误观念就是“隧道施工,不会没有塌方;塌方越多,地质条件越复杂”。它的形成,是多年来我国隧道施工不重视超前地质预报工作的结果<sup>[13,14]</sup>。

近年来,随着与国外隧道工程技术交流与合作的广泛开展,我国的隧道工程技

术人员开始逐渐认识到地质工作特别是隧道超前地质预报工作在隧道施工中的重要性,并为此作了积极的、卓有成效的探索。

1996—1998年,铁道部第一勘测设计院西安分院首次在秦岭特长隧道开展了施工地质综合测试工作及超前预报工作,并将地质工作贯穿隧道建设的全过程,这在开展全面隧道施工地质工作的道路上迈出了极其重要的一步<sup>[15]</sup>。1999年1月—2000年6月,中铁十四局(全称为中国铁建中铁十四局集团有限公司)隧道处与其他科研单位合作,在株六复线新堡纳隧道正式开展了全面施工地质工作。该隧道全长2 080m,属于典型的“烂洞子”型隧道,溶洞、暗河、煤系、软岩俱全,断层十分发育,最大涌水量近 $2 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$ ,施工难度之大可想而知。然而,因为在施工过程中全面、正规地开展了隧道施工地质工作,在施工全过程系统地实施了超前地质预报工作,并在指挥部领导的大力支持下,紧密结合正确的不良地质区段辅助施工方法,使该隧道从开挖至贯通没有发生过一次塌方事故,也没有发生任何其他施工地质灾害。这是全面、正规的隧道施工地质工作首次应用于我国隧道施工建设之中。2000年6月后,一些科研单位和高校研究机构开始正式在若干铁路隧道与水电隧洞进行全面、正规的施工地质工作,并于2000年6月—2001年3月在公伯峡水电站右岸导流洞施工中应用TSP—202进行预报探测、围岩级别的准确鉴定以及施工地质灾害的监测、判断等跟踪地质技术手段,探明了两个宽达30~50m的压性断层和两条断层交会组成的断层破碎带,通过监测与判断的跟踪地质工作,及时发出了塌方紧急警报,避免了两次大塌方和特大塌方事故的发生<sup>[16-18]</sup>。

科研实践和大量的施工实践证明,只要做好施工地质中的超前预报工作,并与恰当的不良地质区段辅助工法紧密配合,地质条件再复杂的隧道隧洞也可以做到不塌方,至少可以保证不发生大塌方;反之,地质条件并不复杂的隧道,如果缺少施工地质这道工序,对不良地质区段不能鉴别或不能进行恰当的预支护,塌方甚至大塌方在所难免。

综上所述,我国隧道施工地质超前预报工作虽然刚刚起步,但是应当说,已有了一个良好的开端。

### 1.3 地质力学理论与隧道超前地质预报的关系

地质力学(Geomechanics)是地球科学领域里的一个新的分支,它是我国卓越的地质学家李四光教授吸取了近代地质学中活动论的合理内核,通过大量的、符合客观实际的地质资料的研究,在总结前代地质学家孤立、零星、分散的研究成果的基础上,创立、倡导的一门边缘地质学科<sup>[19]</sup>。

地质力学运用力学原理研究地壳构造和地壳运动,“它一条腿站在地质学方

面,一条腿站在力学方面”(李四光),是地质学与力学相结合的产物。它以地质学为基础,同时涉及理论力学、材料力学、弹性力学、流变力学、断裂力学以及地球物理学、天文学、海洋学、宇宙地质学、陨石学等许多学科,所以,它属于多边联系的学科。现在,这门学科已形成了一套完整的理论体系和独特的工作方法<sup>[20]</sup>。

李四光教授将地质力学方法总结为7个方面<sup>[19]</sup>:鉴定构造形迹的力学性质;辨别构造形迹的序次和等级;确定构造形迹的存在和范围;划分构造体系的存在类型和鉴定构造形式;分析构造体系的联合和复合;探讨岩石力学的性质和各种类型构造体系的应力活动方式;进行必要的模拟实验。

隧道超前地质预报技术的核心理论是地质力学理论,超前地质预报的实质性内容与地质力学密不可分。例如,研究断层的不同力学性质或断层复合对隧道围岩稳定性的影响,研究不同力学性质的断层或断层复合对地下水的控制作用等,均需要以地质力学为基础。对于隧道超前地质预报技术来说,地质力学理论是指导其成功、准确预报的关键。

隧道超前地质预报就是对隧道的工程地质情况、围岩稳定性以及不良地质体进行准确探测,从而避免或者减少工程事故的发生。在隧道超前地质预报工作中,断层力学性质的鉴定、岩体结构面对隧道岩体稳定性的影响、构造体系对隧道岩体稳定性的影响以及构造应力对隧道岩体稳定性的影响等方面,是地质力学与隧道超前地质预报技术相结合的重点内容。只有充分掌握了地质力学理论各个方面的内容,运用地质力学方法对某一工程地质情况作出全面、综合的分析之后,才能够正确地开展隧道超前地质预报工作。

因此,为了能够准确分析和描述隧道前方的工程地质情况以及不良地质体情况,地质力学理论是前提。实践证明,应用地质力学理论解决工程地质问题,成功、科学、有效。地质力学作为一门经典学说,已经经过了反复的实践证明,它在工程地质界发挥了无法替代的作用。近几年,我国工程地质界的科研工作者,以地质力学理论为指导,探索出了一些理论成果,在隧道隧洞超前地质预报工作中,改变了国外主要依靠仪器设备来进行探测所带来的局限性,取得了初步成效,在国际领域创出了自己的特色,开辟了我国隧道隧洞超前地质预报工作的新局面,这些都是应用地质力学理论所取得的成果<sup>[20-23]</sup>。

## 1.4 本书的研究内容和技术路线

### 1.4.1 本书的主要研究内容

本书主要对隧道施工地质灾害超前预报理论及方法展开全面、综合的研究,并

以重庆歌乐山隧道为研究与工程背景,进行了应用研究,主要研究内容如下。

1) 现场工程地质背景研究

- (1) 区域地质资料收集、隧道设计说明书研究、地面地质调查。
- (2) 工程概况、施工设计概况、地貌地质概况研究。
- (3) 主要不良地质与特殊地质研究。
- (4) 工程地质环境研究。

2) 隧道施工超前地质预报理论及方法研究

- (1) 隧道超前地质预报概念及技术方案的提出。
- (2) 隧道地面地质复查与调查方法研究。
- (3) 工程地质条件分析研究。
- (4) 隧道宏观超前地质预报及应用研究。
- (5) 隧道长、短距离超前地质预报概念的提出。
- (6) 断层参数预测法研究。
- (7) 地面地质体投射预报法研究。
- (8) TSP 探测解译法研究。
- (9) 综合长距离超前地质预报方法。
- (10) 地质雷达探测法。
- (11) 掌子面编录预测法研究。
- (12) 不良地质体前兆预测法研究。
- (13) 超前钻探研究。

(14) 综合短距离超前地质预报方法研究。

3) 隧道施工地质灾害临近警报方法研究

- (1) 断层破碎带塌方监测与判断方法研究。
- (2) 岩溶陷落柱塌方监测与判断方法研究。
- (3) 突泥突水的监测与判断方法研究。
- (4) 煤与瓦斯突出的监测与判断方法研究。
- (5) 岩爆的监测与判断方法研究。

4) 重庆歌乐山隧道不良地质超前预报应用研究

- (1) 歌乐山隧道出口工区不良地质具体超前预报实践。
- (2) 隧道出口工区施工实践验证。
- (3) 歌乐山隧道出口正洞洞体预报效果分析。
- (4) 歌乐山隧道出口平导洞体预报效果分析。
- (5) 隧道进口工区不良地质具体超前预报实践。
- (6) 隧道进口工区施工实践验证。

- (7)隧道进口工区不良地质预报效果分析。
- 5)歌乐山隧道施工地质灾害临近警报应用研究
- (1)歌乐山隧道施工地质灾害临近警报具体应用研究。
- (2)施工验证与预报效果分析研究。

### 1.4.2 本书采用的研究技术路线

本书采用的研究技术路线如图 1-1 所示。

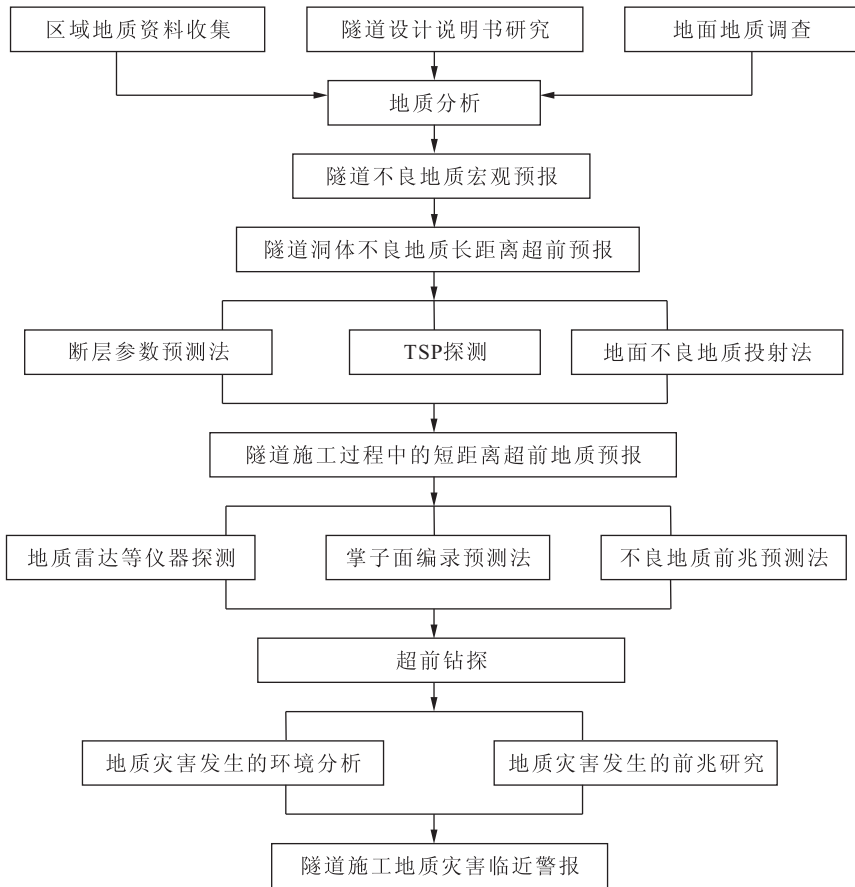


图 1-1 研究技术路线框图