

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2018.05.021

地铁设备智能维修管理 研究及展望

郑大威, 马琳, 燕飞

(北京交通大学电子信息工程学院, 100044 北京)

摘要: 由于不同城市地铁建设的时序不同, 根据自身的情况选择合适的设备维修管理模式尤为重要。在维修作业的具体实施过程中, 将6S管理理念有效地导入日常检修管理工作中, 不断促进整个团队管理水平和检修生产效率提高。同时学习国内外地铁设备维修管理的成熟理论和实践, 尝试建立一套智能信息化系统, 从而提升设备维修作业效率。最后以北京地铁的设备维修管理为例, 对其设备维修管理模式及智能信息化系统进行分析, 并对未来智能维修的发展进行展望。

关键词: 地铁设备; 维修管理模式; 信息化管理系统; 6S管理

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2018)05-0111-06

Research and Prospects of Intelligent Maintenance Management of Metro Equipment

ZHENG Dawei, MA Lin, YAN Fei

(School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044)

Abstract: City rail transit in China has entered a rapid, concentrated, and large-scale development phase. Once the construction is completed, the rail transit enterprise will face a significant task of equipment maintenance. Because of the difference between different city rail transit construction patterns, the choice of a suitable maintenance protocol for metro equipment has practical significance. 6S management is effectively applied in daily maintenance to improve the overall level of maintenance management and production efficiency in the management team. Combined with advanced domestic and overseas metro equipment maintenance practices, the establishment of an information management system is proposed, to improve maintenance quality. Finally, taking Beijing as an example, the author analyzes management and information systems employed in metro equipment maintenance. Future development of intelligent maintenance is expected.

Keywords: metro equipment; maintenance management mode; 6S management; information management system

目前, 我国城市发展速度不断加快, 由城市人口的高度流动性带来的城市交通量迅速增加, 以及交通压力而引发的各种矛盾逐渐显现。飞速发展的社会需要稳定、安全和高效的交通工具, 大力发展城市轨道交通应是最具可行性的解决方案之一。

任何一条新的地铁线路建成后, 其相应的设备移

交给运营单位, 对这些设备建立设备台账, 针对不同的设备制定相应维修策略, 并根据维修策略安排相应的维修计划。

地铁的高效稳定运营除了需要可靠的设备外, 还需与之相匹配的管理机构和高质量的管理人员对轨道交通设备实施科学的维修管理。建设安全高效的地铁系统, 需要从线路基础及轨道、供电、通信信号、机电设备以及运营维护管理等各方面出发, 采取合适完备的管理模式^[1]。

此外, 地铁设备大多是机电高度集成化的产品, 维修过程中, 管理信息化系统发挥着重要的作用, 通

收稿日期: 2017-09-04 修回日期: 2017-10-31

第一作者: 郑大威, 男, 硕士研究生, 研究方向为地铁设备智能维修管理, 16125133@bjtu.edu.cn

基金项目: 城市轨道交通北京实验室资助(京教函(2012)380号)

过计算机技术、现代测试技术以及质量控制技术等，使维修质量及效率得到显著提升^[2]。有别于传统的维修流程，维修管理信息系统是在对维修作业完成数据采集和分析之后，对正在进行的现场作业远程指导与监督，后期还可以为保证维修质量提供可靠的依据。

1 地铁设备维修管理模式综述

1.1 设备维修相关理论

1.1.1 设备维修的概念

地铁各种类型的设备在使用过程中，随着使用会造成部分元器件的磨损、故障乃至失效，从而直接影响设备运行的稳定和效率，所以，有必要对设备进行有效的维修和保养，延长寿命。其内容主要包括：维护保养、检查和修理3个方面。

1.1.2 设备维修管理理论

设备维修管理主要是研究设备维修管理规律的学科，也叫做维修工程学^[3]。它从维修的基础出发，采用一些工程化的方法，以设备全生命周期为对象，在初步设计阶段就着手保障和监督设备的维修性能和后期维保设计；在使用阶段，对维修活动加以指导和管控，如图1所示。

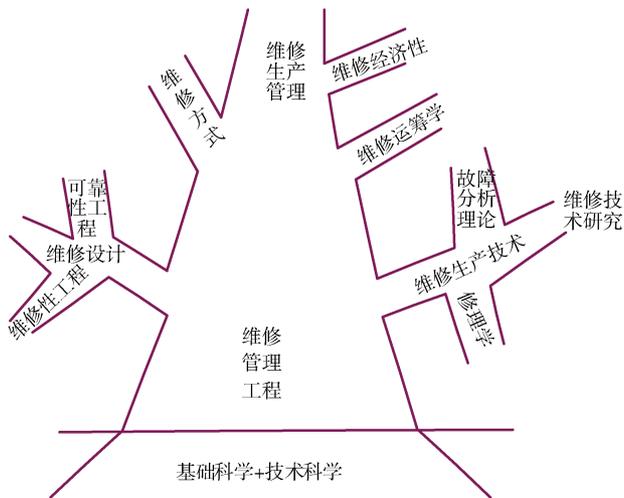


图1 维修科学理论体系

Fig. 1 The theory system of maintenance science

1.1.3 维修模式

设备的维修模式，就是在合适的时机对合适的设备实施相应维修措施的模式^[4]，并在该维修模式的管理下，设计出相应的维修制度与计划。

1.1.4 维修制度

科学的维修制度有助于合理地安排各项资源，并

提前完成相应的准备工作，从而顺利完成维修作业，增加设备稳定性和可靠性，减少由于维修而造成停运的时间以及维修支出。从我国各运营性行业所实施的情况来看，具体有：

1) 计划预防维修制。计划预防维修制是在了解设备老化和故障规律的前提下，综合考虑各部件的磨损速度和使用寿命，相应地组织维修和维护，防止或减少故障，延长使用期限，提高维修效率，以保证系统的运行有效性和经济性。

2) 以状态监测为基础的维修制。基于状态监测的维修制度是以可靠性理论、状态监测技术、故障诊断技术为基础，以设备的实际设备状态为依据从而安排相应的维修。

3) 针对性维修制。针对性的维修制度是以综合管理原则和可靠性理论为基础的维修制度，有针对性地采用不同的维修方式，使维修作业具体化，达到设备全生命周期维修成本最低、输出效益最高的目标。

1.1.5 维修方式

维修方式的选择体现为对维修时机的把控。较为常见的维修方式主要有以下3种：

1) 故障修。设备发生故障之后再处理称为事后维修。如果实施这种维修方式，在很大程度上可以避免过分维修，节省费用。但因设备突发故障会影响日常的运营，所以仅适用于故障后果不严重的设备。

2) 计划修。计划修是完成事先设计的维修计划实施维修作业，适用于有固定故障周期的设备。由于提前有一个制订好的维修计划，因此，有利于部署维修前的各项准备工作。

3) 状态修。状态修是在对设备使用过程中的状态实施监控和分析的前提下，以其运行状态为依据安排预防性维修。其优势在于可以提升维修工作的针对性，从而提高维修的效率。

同时针对每一种维修方式可分为一、二、三级维修程度：一级维修，只需修复、更换部分磨损较快和使用期限小于等于修理间隔期的零件，调整设备的局部结构，以保证设备的正常运行；二级维修，对设备进行部分解体、修理或更换部分主要零部件，以保证设备能够恢复和达到应有的标准和技术要求；三级维修，则是指通过更换、恢复其主要零部件，恢复设备原有精度、性能和生产效率而进行的全面修理。

1.2 地铁设备维修管理模式选择

1.2.1 基本原则

1) 资源使用集约化、维修组织专业化。由于线路结构复杂、运营里程长、客流量大、设施种类多,所以有必要建立一支专门的队伍对设备维修进行管理,从而提升企业内部各部门的合作和协调能力。

2) 维修模式的多样化、适宜化。地铁如今采用维修模式大都比较单一,主要以计划维修为主,仅针对很少部件采取预知维修。由于计划维修有过度维修等缺陷,因此,有必要探索适宜的维修方法和策略。

1.2.2 维修组织架构选择

维修组织,尤其是运营性组织,是随着团体不断发展结构调整的产物,是在共同任务下形成的人员有序集合^[5]。要使组织中的元素产生“化学反应”,形成“合力效应”,应遵循以下原则:

1) 统一领导、分级管理原则。组建合适的设备维修管理组织,应根据如今社会化大生产的需求,既要有利于加强设备维修管理系统的统一领导,又要遵循分级管理以提高管理的执行度。

2) 目标协同、精干高效原则。要同时兼顾企业经营的经济目标与设备维修管理的技术目标,实现维修作业的精干高效。

3) 分工协作,权责统一原则。设备维修管理队伍应从作业的具体流程入手,在组织中划清各部门职责范围,加强彼此之间的分工协作,同时注意横向协调。

4) 设备维修综合管理原则。综合管理要贯穿整个生命周期,综合维护与计划检修,综合修理、改造与更新等。

1.2.3 维修管理组织的形式

设备维修管理的组织形式具体可分为集中式、分散式、集中式与分散式相结合以及矩阵式。

1) 集中式维修(职能式)。组织内设置有固定的维修队伍负责企业的维修工作。各部门不设自己的维修队伍,如图2所示。

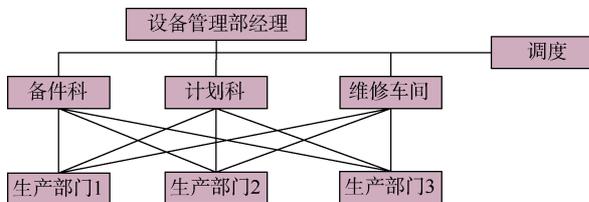


图2 职能式的设备维修组织架构

Fig. 2 The functional organization structure of equipment maintenance

2) 分散式维修(直线式)。组织内无专门的队伍负责维修,各部门都有一支自己的维修队伍,完成本部门的设备维修工作,在必要的情况下联系其他维修公司辅助完成维修工作,如图3所示。

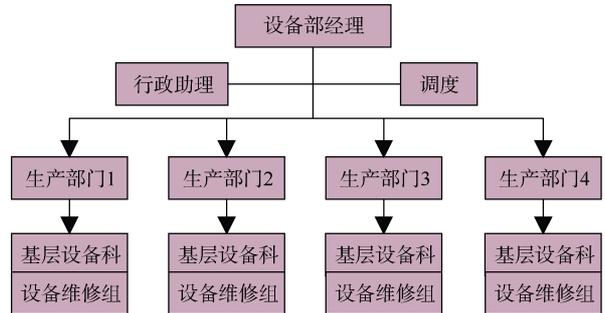


图3 直线式的设备维修组织架构

Fig. 3 The linear organization structure of equipment maintenance

3) 集中分散结合形式。组织内设置固定的维修队伍和管理团队,各部门也配置自己的维修力量,负责日常的维修,大型设备的改造以及与外部维修队伍的合作,由组织的维修管理团队安排。

4) 矩阵式。负责不同领域的维修队伍通过合约等方式与各部门形成合作,这种形式无需管理团队,并且维修的人员也不限于组织的内部,如图4所示。

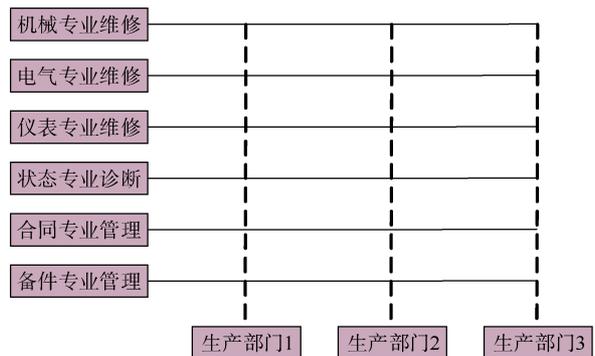


图4 矩阵式的设备维修组织架构

Fig. 4 The matrix organization structure of equipment maintenance

1.3 现场维修管理的6S理论概述

6S理论最早是从日本的5S理论扩展而来,是生产运营中非常高效的管理理念。5S管理最开始在著名的丰田汽车公司实施,包括整理(seiri)、整顿(seiton)、清扫(seiso)、清洁(seiketsu)和素养(seitusk)^[6]。5S由这5个单词的日语拼音其中的罗马字母的首位S组成。20世纪80年代中期,我国结合国内维修管理

的实际情况加上了第6个S,即安全(safety),这便形成了“6S理论”。

1)整理:整理是将作业现场所需要与不需要的物品予以区分。把不需要的物品搬离作业场所,将所需物资加以分类和标记,只留下需要的物品。

2)整顿:作业场所整理好后,再将保留的物资备件等进行定点、定量标识,并定置摆放。

3)清扫:在完成对工区的整理和整顿之后,就要对工区开始清扫,使作业场所清洁、整齐,使作业人员的工作环境适宜。

4)清洁:所有工区和值班室都设置负责员工,维护负责区域的清洁;同时保养重点设备,使其随时处于可用状态。

5)素养:素养即规范员工都加入到整理、整顿、清扫、清洁的环节中来,保证工区的清洁、整齐,并在组织内的员工绩效考核中增加6S管理的考核内容,形成长效机制,维持6S工作成果。

6)安全:安全是地铁的重要目标之一,在新职工入职时就对其开始系统化的安全教育。在各部门都安排安质部的技术人员,各个工班设安全员,并完善作业规范,从而保证维修作业的安全。

2 地铁设备智能维修管理信息系统

2.1 国内外地铁设备维修管理信息化现状

目前,国外以巴黎和东京为代表的地铁运营公司在设备维修的信息化管理上都有着较为成熟的经验;而我国地铁建设开始较晚,维修管理的信息化系统也处在初步研究时期^[7]。

如今,地铁设备维修的信息化管理情况如下:

1)以信息化管理的理念为基础,从数据采集和分析入手,结合设备维修管理的实际情况,实现初期维修计划的制订。

2)依靠一些信息化的感知和传输手段以及信息终

端,通过有线或者无线网络,将相互关联的人员和部门联系到一起。

3)综合运营和维修一体化的管理需求,从而达到对各部门全面管控的目标。

4)列车控制和地面信号系统的部分设备具有状态检测和故障诊断功能,警告等故障信息就能够传输到管理部门,进而安排维修作业。

5)维修工区与调度中心、设备供应商、备品备件提供高等互通数据。

2.2 地铁设备维修管理信息系统功能及组成

2.2.1 系统的功能需求

通过对维修计划的实施,维修过程的管理,和对数据的记录与统计来实现维修信息管理^[8]。地铁设备维修管理信息系统主要有以下4个功能需求:

1)数据编码的实现。数据的编码是为了给地铁设备维修管理提供基本的数据支持,规范编码的规则,使各系统之间能进行数据流通、信息共享,同时信息的应用也能顺利进行。

2)维修计划及作业单信息的制订。制订包含具体设备和资源信息的维修计划,将维修计划和作业单等导入数据库,形成信息的录入与存储。

3)维修计划的查询及处理。特定维修人员需对维修作业单进行领单与结单,通过作业单信息查询及处理功能,让操作界面更加直观,使系统更便捷地执行功能。

4)维修辅助信息的导出与存储。作业时,操作人员通过导出对应设备的作业指导寻求作业指导帮助;作业后,查询相应的维修工单,作为对维修作业的凭证,也方便管理部门后期的信息追溯与统计。

2.2.2 系统的模块化设计

结合具体的地铁设备维修作业流程和维修管理信息系统的功能需求,将其分为若干个模块,每一个模块均能完成独立的功能,模块划分如图5所示。

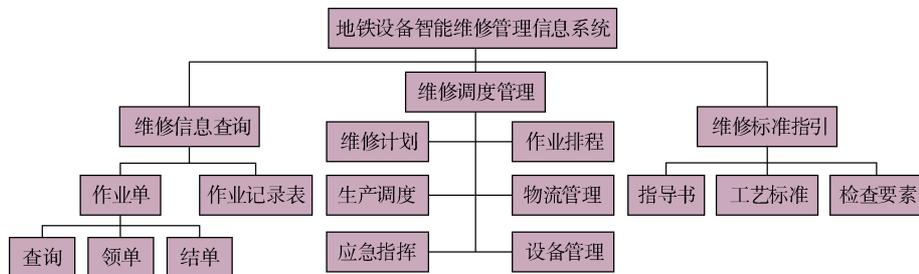


图5 系统的功能模块划分

Fig. 5 The functional module division of the information management system

3 北京地铁案例

3.1 北京地铁设备维修管理模式

北京地铁有 4 家运营分公司和 4 家维修服务商，其承担设备维修管理的主要责任。北京地铁的维修服务商依据维修设备种类划分为线路公司、机电公司、供电公司和通号公司 4 家公司。4 家运营分公司与 4 家维修服务商通过合约，达成维修业务的合作。4 家维修服务商以独立维修为主，多种维修模式相结合的形式进行设备的维修管理任务^[9]。

当前，北京地铁采用的是直线式的组织结构形式，其维修模式是按照设备专业划分公司，不同的维修服务商按线网布局设立项目部，项目部下再按照资源配置设置工区。

3.2 智能维修管理信息化系统介绍

以北京地铁通号公司为例，其采用北京飞鸿云际科技有限公司开发的智能现场作业管理系统，对设备维修进行管理。该系统为现场作业提供信息化手段，通过对现场作业过程的信息采集、展示、追溯，实现

对现场作业执行过程的规范性督察；在与维修作业人员进行信息沟通的条件下，完成对现场作业执行过程的实时性指导^[10]。

该系统的主要功能如下：

- 1) 为作业的审批和申请提供依据；
- 2) 为作业记录的展示提供手段；
- 3) 为实时语音视频通信提供工具；
- 4) 为远程指导提供手段；
- 5) 为事后查证提供基础。

该系统的作业单在按照维修计划生成后便派发到各维修班组执行维修作业，如图 6 所示。

3.3 系统应用情况及发展前景

地铁设备维修管理的信息化系统，要与线路实际设备相匹配，才可以精确实现工单的派发、工单执行过程中中心对现场的监管和指导，工单完成后的报告，形成闭环在中心端进行存储，以便各相关部门可在其授权权限范围内查询工单的任何一个环节执行状态，从而解决目前工单纸质化，执行过程无记录、故障追踪无信息化手段等问题。

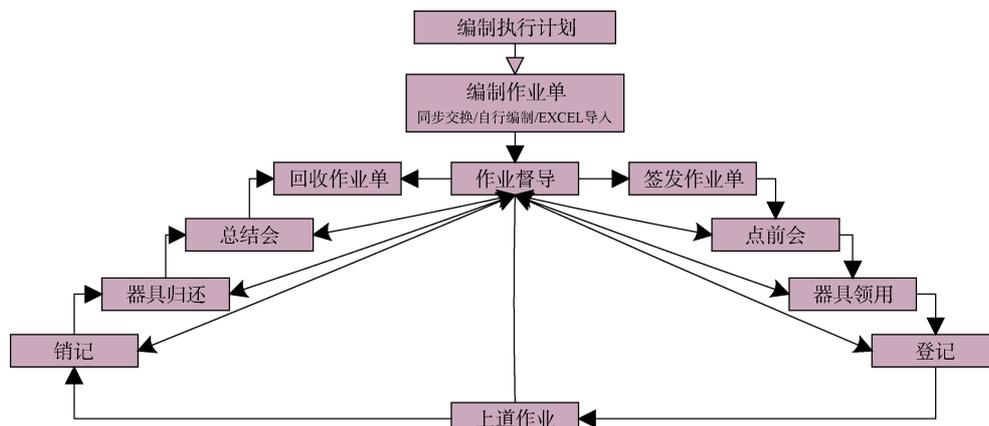


图 6 现场作业执行管理过程

Fig. 6 The process of field operation management

现场作业管理系统向智能化、数据化发展还需更多的数据信息的支撑，包括相关信息支持模块及设备管理模块。之后还可实现现场作业管理系统支持与既有信息化系统互连，实时进行信息交互和共享^[11]。

4 结语

笔者先介绍设备维修管理相关理论，具体涉及管理模式、维修制度以及维修方式；随后总结关于维修管理模式选择的原则与维修管理组织的常见形式。同时针

对作业现场的管理，介绍基于 6S 理论的地铁设备维修管理方式。然后分析地铁设备维修的信息化管理现状，具体介绍信息化管理系统的功能需求以及功能模块架构。最后以北京地铁通号公司的设备维修管理为例，分析其设备维修的管理模式及智能化系统的使用情况，并以此为例展望地铁设备智能维修管理的发展前景。

参考文献

- [1] 邹亚玲. 城市轨道交通固定设备维修管理模式选择研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2012.

- ZOU Yaling. Study on the management mode of fixed equipment maintenance of urban rail transit[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2012.
- [2] 刘应宗, 李哲. 地铁项目车辆采购的投资管理研究综述: 中国机械工程学会第十次工业工程年会论文集汇编[C]. 天津: 中国机械工程学会, 2007: 286-288.
- [3] 张建平. 南京地铁设备维护管理创新实践[J]. 城市轨道交通研究, 2011(7): 6-9.
- ZHANG Jianping. Creative practice of equipment maintenance in Nanjing metro[J]. Urban mass transit. 2011(7): 6-9.
- [4] 吴胡俊实. 地铁车辆检修管理信息系统的设计与开发[D]. 成都: 西南交通大学, 2012.
- WU Hujunshi. Design and development of subway vehicle maintenance management information system[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2012.
- [5] 俞太亮. 无锡地铁车辆维修现场管理研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2014.
- YU Tailiang. Research on Wuxi metro vehicle maintenance site management[D]. Guilin: Guangxi Normal University, 2014.
- [6] 何江海. 广州地铁设备维修模式的研究及其应用[D]. 广州: 中山大学, 2009.
- HE Jianghai. The research and application on the equipment maintenance management mode for Guangzhou Metro[D]. Guangzhou: Sun Yat-sen University, 2009.
- [7] 林肯. 国内某地铁公司资产管理系统应用设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2014.
- LIN Ken. Application design of asset management system for a subway corporation in China[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2014.
- [8] 钱彬, 林燕. 地铁设备维修管理系统及其运营管理功能[J]. 城市轨道交通, 2011(3): 38-40.
- QIAN Bin, LIN Yan. Metro equipment maintenance management system and its operation management function[J]. Urban public transport, 2011(3): 38-40.
- [9] 龚晓. 北京地铁设备管理战略探讨[J]. 经营管理者, 2016(29).
- GONG Xiao. Beijing subway equipment management strategy[J]. Manager journal, 2016(29).
- [10] 李建加, 贾子治. 地铁车辆设备信息系统的应用和探究[J]. 企业文化(下旬刊), 2015(1): 218.
- LI Jianjia, JIA Zizhi. Application and research of metro vehicle equipment information system[J]. Culture corporate, 2015(1): 218.
- [11] 芮道静. 地铁综合信息管理系统设计与实现[D]. 成都: 西南交通大学, 2014.
- GUO Daojing. Design and implementation of subway comprehensive information management system[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2014.

(编辑: 曹雪明)

(上接第91页)

- [11] 许树柏. 实用决策方法: 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.
- XU Shubai. Principles of analytic hierarchy process[M]. Tianjin: Tianjin University Press, 1988.
- [12] 原小帅, 张庆松, 徐振浩, 等. 基于层次分析法的隧道综合地质预报优化[J]. 工程地质学报, 2011, 19(3): 346-351.
- YUAN Xiaoshuai, ZHANG Qingsong, XU Zhenhao, et al. Comprehensive geological forecasting optimization of tunnels based on analytic hierarchy process[J]. Journal of engineering geology, 2011, 19(3): 346-351.
- [13] 杨峰, 彭苏萍. 地质雷达探测原理与方法研究[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 26-27.
- YANG Feng, PENG Suping. Study on the principle and method of geological radar detection[M]. Beijing: Science Press, 2010: 26-27.
- [14] 付代光, 周黎明, 肖国强, 等. TSP 预报隧道不良地质体应用研究[J]. 地球物理学进展, 2016, 31(1): 417-426.
- FU Daiguang, ZHOU Liming, XIAO Guoqiang, et al. Research on the application of TSP in predicting the quality of the tunnel[J]. Advances in geophysics, 2016, 31(1): 417-426.
- [15] 戴前伟, 何刚, 冯德山. TSP-203 在隧道超前预报中的应用[J]. 地球物理学进展, 2005, 20(2): 460-464.
- DAI Qianwei, HE Gang, FENG Deshan. Application of TSP-203 in tunnel advance forecast[J]. Advances in geophysics, 2005, 20(2): 460-464.

(编辑: 郝京红)