

天然气净化生产管理丛书



天然气净化检维修管理手册

THE INSPECTION AND MAINTENANCE MANAGEMENT MANUAL OF NATURAL GAS PURIFICATION

傅敬强 ◎ 主编

石油工业出版社

天然气净化生产管理丛书



天然气净化检维修管理手册

THE INSPECTION AND MAINTENANCE MANAGEMENT MANUAL OF NATURAL GAS PURIFICATION



傅敬强◎主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了天然气净化厂装置检维修的管理内容,包括日常检维修、系统性检维修和临时停产检维修。本书作为天然气净化生产管理丛书之一,为天然气净化厂的检维修工作提供了借鉴和指导。

本书适合天然气净化厂工程技术人员和管理人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

天然气净化检维修管理手册 / 傅敬强主编.
北京:石油工业出版社,2013.3
(天然气净化生产管理丛书)
ISBN 978-7-5021-9275-4

I.天…
II.傅…
III.天然气净化-天然气加工厂-设备-维修-手册
IV.TE682-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第211963号

出版发行:石油工业出版社
(北京安定门外安华里2区1号 100011)
网 址:<http://pip.cnpc.com.cn>
编辑部:(010) 64523613 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店
印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013年3月第1版 2013年3月第1次印刷
787×1092毫米 开本:1/16 印张:11
字数:200千字

定价:22.00元
(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)
版权所有,翻印必究

《天然气净化生产管理丛书》

编 委 会

主 任：傅敬强

副主任：杨培昌 唐荣武 岑 嶺

委 员：王晓东 陈邦海 江利民 张廷洲 熊川铤

郑 民 肖中成 苟兴中 万义秀 苏荣跃

熊 勇 宋文中 梁尚海

《天然气净化检维修管理手册》

编 写 组

主 编：傅敬强

副 主 编：江利民 宋文中

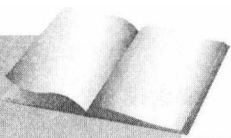
审 稿：傅敬强 唐荣武 王晓东 江利民 陈邦海

叶华伦 熊川铤 黄广强 任昭康 贾志伟

编写人员：熊川铤 陈邦海 张廷洲 梁尚海 郑 民

陈世剑 肖中成 王 毅 涂婷娟 赖 兵

杨东升 贾志伟 黄 帆 帅文斌 叶华伦



丛书序

中国是世界上最早发现和利用天然气的国家之一，早在东汉末年，在川西地区钻获了世界上的第一口天然气井——临邛火井。四川自流井气田，是中国最早开发利用的大气田，其开发历程和工艺技术，远远走在当时世界的前列。

新中国成立后，我国天然气勘探开发步入了快车道，2010年全国开发天然气近千亿立方米，比建国前天然气产量增长了8400余倍。有关专家认为，到2020年，我国的天然气产量有望与石油产量相当，将达2000亿立方米，我国天然气勘探开发步入黄金期。作为全国大型天然气产销基地之一的川渝油气田，经过几代川渝石油人的不懈努力，于2006年油气当量突破1000万吨，成为我国首个以天然气生产为主的千万吨级大油气田。

天然气的气质多种多样，大部分含有硫化氢、有机硫、二氧化碳及水等成分，特别是四川气田，含硫天然气占65%以上，需要脱除其中有害组分，使之达到商品天然气标准。我国为适应四川气田开发的要求，于20世纪60年代起开始天然气净化工艺的研究开发工作，1965年，四川石油管理局川东气矿东溪化工车间（现中国石油西南油气田公司重庆天然气净化总厂綦江分厂）建成国内第一套胺法脱硫装置，开创了我国天然气净化的先河。

重庆天然气净化总厂作为我国天然气净化工业的“摇篮”，经过40多年的发展壮大，现拥有天然气净化装置12套，年处理天然气能力超过100亿立方米，是综合配套齐全、技术先进的大型天然气净化基地；同时形成了一整套先进的天然气净化生产及管理理论，先后编制了《职业资格等级标准 天然气加工》中天然气净化分析工、天然气净化操作工的内容和中国石油高技能人才培训丛书的《天然气净化操作技师培训教程》、《天然气净化分析技师培训教程》及石油石化职业技能鉴定试题集的《天然气净化分析工》、《天然气净化操作工》，建成了具有仿真软件、仿真装置、实际培训装置的天然气净化培训基地，为天然气净化行业发展作出了突出贡献。

《天然气净化生产管理丛书》适时总结了我国天然气净化管理、技术经验和理论成果，这对提高净化厂员工技术水平、提高净化厂管理水平，促进天然气工业的

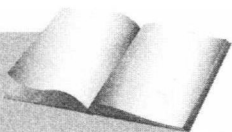
发展是非常必要的。本套书在近50名管理人员、科技工作者的辛勤努力下，历时一年半的时间，以大量的图、表形式比较全面、系统、科学地总结了天然气净化专业方面的知识、技术和管理经验，具有广泛的适用性，是一套很好的工具书。

这套书的出版，填补了我国此类书籍的空白，加强了天然气净化厂基础建设，很有意义，值得庆贺。

中国石油西南油气田分公司副总经理

2011年8月





丛书前言

随着天然气工业步入高速发展的黄金期，作为天然气开发利用重要环节的天然气净化也在飞速发展。天然气净化技术在改善经济性、实践新课题、适应环保要求等方面开发了越来越多的新工艺，天然气净化厂管理在历经几十年的沉淀后积累了丰富的经验。

为适应天然气净化厂发展需要，2010年初，中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司重庆天然气净化总厂（以下简称总厂）傅敬强，在广泛调研、认真分析的基础上提出了编纂《天然气净化生产管理丛书》（以下简称《丛书》）的建议，用以总结提炼天然气净化厂生产运行、装置检维修、HSE管理经验和汇编天然气净化工艺技术。此建议很快得到了西南油气田分公司领导和总厂全体员工的大力支持，2010年3月，总厂成立了包括高级工程师、技能专家、专业技术人员、管理人员近50人组成的《丛书》编委会，召开了第一次编委全体会议，标志着《丛书》编纂工作全面展开。

《丛书》编纂工作伊始，编委会就明确提出要努力把《丛书》编纂成一套高质量、适用性强的工具书。参加《丛书》编写和审稿的近50名长期坚守在生产一线的技能专家、管理人员、科技工作者，他们多数是第一次从事图书编写工作，大家克服了重重困难，反复推敲内容，大到篇章结构、小到释文条目，不断完善内容，努力提高质量。特别是在校审阶段，总厂组织人员集中攻关，严格按照“规范、科学、实用”的要求，审核人员逐条逐句，反复修改，精益求精，力求做到语言精练，数字准确。

经过编审人员的辛勤劳动，通力合作，历时一年半的时间，圆满地完成了《丛书》的编纂。《丛书》分为《天然气净化生产运行管理手册》、《天然气净化检维修管理手册》、《天然气净化HSE管理手册》、《天然气净化工艺技术手册》四本，涵盖了天然气净化工艺技术、生产管理多方面的知识，具有较强的系统性、适用性。《天然气净化生产运行管理手册》包括了生产计划、生产运行组织、工艺技术、设备、装置开停产、生产应急、生产运行保障、防洪防汛防震减灾等管理内容；《天然气净化工艺技术手册》包括原料气预处理、脱硫脱碳、脱水、脱烃、硫

黄回收、尾气处理、酸水汽提、凝析油稳定等主体单元，硫黄成型、消防、污水处理、火炬及放空等辅助装置，以及新鲜水处理、循环冷却水、锅炉及蒸汽、空气氮气、燃料气等公用系统的工艺技术；《天然气净化检维修管理手册》包括日常检维修、系统性检维修、临时停产检维修等管理内容；《天然气净化HSE管理手册》包括综合管理、日常管理、检维修HSE管理等内容。本套书可作为天然气净化厂工程技术人员、管理人员的参考书。

《丛书》编纂工作始终得到了西南油气田公司各有关部门的大力支持和热情帮助，在此表示诚挚的感谢。在编写《丛书》过程中参考了大量的资料文献，特别是从《天然气净化工艺技术手册》引用了大量的技术数据，借此机会，谨向原著作者表示衷心的感谢！《丛书》涉及内容较广，参编人员较多，由于编者学识及认知水平有限，书中不当及疏漏之处敬请业内专家及读者赐正。

《天然气净化生产管理丛书》编委会

2011年8月

目 录

第一章 天然气净化厂概述	1
第二章 总则	5
第一节 检维修分类与检维修周期	5
第二节 检维修组织机构和职责	6
第三节 检维修基本要求	8
第四节 检维修受控管理	9
第三章 日常检维修	10
第一节 日常检维修计划与执行	10
第二节 日常检维修施工管理	12
第三节 日常检维修HSE管理	20
第四节 日常检维修质量验收	22
第四章 系统性检修（大修）	26
第一节 大修条件	26
第二节 大修内容	26
第三节 大修项目计划	27
第四节 检修作业指导书	39
第五节 技术变更管理	39
第六节 检修项目设计	39
第七节 检修过程管理	40
第八节 检修现场管理	46
第九节 检修HSE管理	51
第十节 检修质量验收评价	52
第十一节 启动前安全检查	53
第十二节 开车必要条件确认及投产	55
第十三节 检修总结	59

第五章 临停检修	61
第一节 临停检修条件及风险分析	61
第二节 临停检修内容及项目管理	62
第三节 临停检修作业文件	62
第四节 临停检修过程管理	63
第五节 临停检修HSE管理	64
第六节 临停检修验收总结	65
第六章 财务与物资管理	67
第一节 财务管理	67
第二节 物资管理	69
第七章 装置大修作业指导书编制	71
第一节 项目简介	71
第二节 组织机构	72
第三节 施工管理	75
第四节 停产方案	81
第五节 开产方案	98
第六节 风险分析及削减措施	106
第七节 安全预案	106
第八节 环境保护方案	113
附 录	117
附录1 天然气净化厂固定资产检维修管理制度	117
附录2 天然气净化厂常见危险作业管理规定主要内容及 相关要求	126

第一章

天然气净化厂概述

天然气工业由地下工程和地面工程两部分构成，涉及勘探、开发、采气、净化、管输等环节。天然气净化是指脱除原料天然气中有害组分，使之达到商品天然气标准的过程，通常含天然气预处理、脱硫脱碳、脱水、脱烃、硫黄回收及尾气处理等工艺过程。在为数众多的净化工艺中，脱硫是核心，其次是脱水。尽管对某些气田采出的天然气而言，必须先脱除部分氮气，但此类工艺为数较少，不在本手册讨论范围之内。为达到产品气质标准要求，有时二氧化碳也是应部分脱除的组分，但一般均与脱硫过程结合考虑。

一、天然气净化工艺的发展

从20世纪30年代发表第一个醇胺法脱硫专利以来，天然气净化工艺已经历了70多年的发展历程。在20世纪80年代前，天然气净化工艺发展的主要推动力是改善经济性以及解决实践新课题。此后，环保要求也成为技术发展的重要推动力。

我国为适应四川气田开发的要求，于20世纪60年代起开始天然气净化工艺的研究开发工作，1965年，四川石油管理局川东气矿东溪化工车间（现中国石油西南油气田分公司重庆天然气净化总厂綦江分厂）建成国内第一套胺法脱硫装置，开创了我国天然气净化的先河。20世纪70年代末，卧引装置（现重庆天然气净化总厂引进分厂）成套引进萨非诺（Sulfinol-D）脱硫、三甘醇（TEG）脱水、克劳斯（Claus）硫黄回收、斯科特（SCOT）尾气处理及酸水汽提装置，使我国天然气净化工艺基本赶上国外的先进水平。21世纪初，重庆天然气净化总厂陆续引进了具有国际先进水平的超级克劳斯（Super Claus）、等温亚露点（Clinsulf-SDP）、冷床吸附（CBA）硫黄回收技术，硫黄收率达99.2%。通过对引进技术不断消化吸收加上自主研发，2009年，具有自主知识产权的中国石油硫黄回收工艺（CPS）成功开发，并在重庆天然气净化总厂万州分厂首次工业应用，硫黄收率达到99.25%，实现了天然气净化脱硫、脱水、硫黄回收等技术全面国产化，我国天然气净化技术具备国际一流水平。

二、天然气净化厂的分布

我国目前天然气净化厂主要集中在长庆、塔里木、川渝地区。

长庆油气田天然气主要为低含硫天然气， H_2S 含量一般低于 $1\text{g}/\text{m}^3$ ，有的天然气甚至不含硫，但 CO_2 含量较高，一般在 5%（体积分数）左右。长庆油气田第一、二、三天然气净化厂主要是脱硫脱碳、脱水、硫黄回收。脱硫脱碳采用甲基二乙醇胺（MDEA）水溶液化学吸收工艺，脱水采用 TEG 工艺，硫黄回收采用直接氧化（Clinsulf-DO）工艺，设计年处理能力为 $80 \times 10^8 \text{m}^3$ 。榆林、长北、米脂及苏里格天然气处理厂设计年处理能力为 $145 \times 10^8 \text{m}^3$ ，原料气不含 H_2S ，主要是脱烃、脱水，多数采用丙烷制冷工艺。

塔里木盆地天然气资源十分丰富，天然气资源量达 $8.93 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，占全国天然气总资源量的 22%。塔中气田第一处理厂设计年处理能力 $10 \times 10^8 \text{m}^3$ ，原料气含 H_2S 约 $12\text{g}/\text{m}^3$ ，脱硫脱碳采用 MDEA 法，脱水脱烃采用丙烷制冷工艺，硫黄回收采用 CPS 工艺。桑南净化厂原料气中 H_2S 含量较少，低于 $1\text{g}/\text{m}^3$ ，脱硫脱碳仍采用 MDEA 法，脱水脱烃采用丙烷和节流阀（J-T 阀）联合工艺。克拉 2 处理厂设计年处理能力为 $100 \times 10^8 \text{m}^3$ ，原料气不含 H_2S ，主要是脱烃、脱水，采用 J-T 阀工艺。其他如迪那、牙哈、英买、塔中六等天然气处理场站原料气均不含硫，脱水脱烃多数采用 J-T 阀工艺。

川渝气田天然气主要为含硫天然气，必须经过净化处理后才能外输，所属天然气净化厂主要分布在重庆长寿、垫江、忠县、万州、江津、綦江及四川渠县、大竹、江油、遂宁、仪陇、隆昌、荣县等地，截至 2011 年 5 月底，有天然气净化厂 14 座共 22 套净化装置，设计年处理能力达 $150 \times 10^8 \text{m}^3$ ，主要采用 MDEA、Sulfinol-D、CT8-5 等化学吸收法脱硫，TEG 法脱水，Claus 及其延伸工艺回收硫黄，SCOT 法处理尾气。

三、天然气净化装置简介

一座完整的天然气净化装置通常包括原料气预处理、脱硫脱碳、脱水、脱烃、硫黄回收、尾气处理、酸水汽提、凝析油稳定等主体单元和辅助装置（硫黄成型、消防、污水处理、火炬及放空）及公用系统（新鲜水处理、循环冷却水、锅炉及蒸汽、空气氮气、燃料气）。为了使天然气净化装置正常运转，自动化控制、化验分析、供配电和维修等配套设施也必须设置。

(一) 主体单元

1. 原料气预处理单元

采用重力分离和过滤分离等方法去除原料天然气中夹带的化学药剂、游离水、固体杂质等物质。

2. 脱硫脱碳单元

通过气液吸收、气固吸附和直接转化等途径除去天然气中的含硫化合物和部分 CO_2 ，使其达到商品天然气标准。天然气脱硫脱碳工艺类别较多，但主要是化学吸收法。

3. 脱水单元

通过甘醇、分子筛和其他如压缩、冷却、氯化钙吸收及膜分离等方法，脱除天然气中水分，使其达到商品天然气标准中水露点要求。

4. 脱烃单元

通过吸附、油吸收、低温分离等方法脱除天然气中轻烃组分。

5. 硫黄回收单元

对脱硫、尾气处理和酸水汽提单元产生的酸气进行处理，回收硫黄。目前工业上普遍采用的是各种形式的克劳斯工艺。

6. 尾气处理单元

尾气处理是20世纪70年代后为保护环境而发展起来的净化工艺，其目的是对硫黄回收装置的尾气作进一步处理，使大气污染物 SO_2 达到规定的排放要求。其工艺通常有还原类和氧化类。

7. 酸水汽提单元

对各单元来的酸水主要采用蒸汽加热汽提的方法将酸水中的 H_2S 、 CO_2 、 NH_3 等少量易挥发组分汽提出来，汽提出的酸气返回硫黄回收单元，处理后的酸水进入污水处理装置。

8. 凝析油稳定单元

凝析油稳定是通过一定的工艺方法把轻组分（主要是 $\text{C}_1 \sim \text{C}_5$ 轻烃）从凝析油中分离出来，得到乙烷、丙烷、丁烷等烃类的过程。

(二) 辅助装置和公用系统

1. 硫黄成型装置

对来自硫黄回收单元的液硫进行脱气、储存、冷却、成型、计量与包装，主要采用转鼓和钢带冷却成型。

2. 消防装置

根据生产特点，在全厂范围内设置消防水池、消防水泵、消防水管网，配备各

种消防器材及设施，以备发生火灾时使用。

3. 污水处理装置

污水处理装置对生产过程中排出的污水集中进行综合处理，使之达到国家排放标准，并力争满足中水回用的要求。

4. 火炬及放空系统

火炬及放空系统处理工厂开车、停车及紧急事故情况下排出的原料气、湿净化气、不合格净化气、酸气等，通过火炬燃烧排放，有效减少对环境的污染。

5. 新鲜水处理系统

新鲜水处理系统对原水进行处理，使水质、水量、水压满足生产需要。

6. 循环冷却水系统

循环冷却水系统为整个净化装置提供合格的冷却用水。

7. 锅炉及蒸汽系统

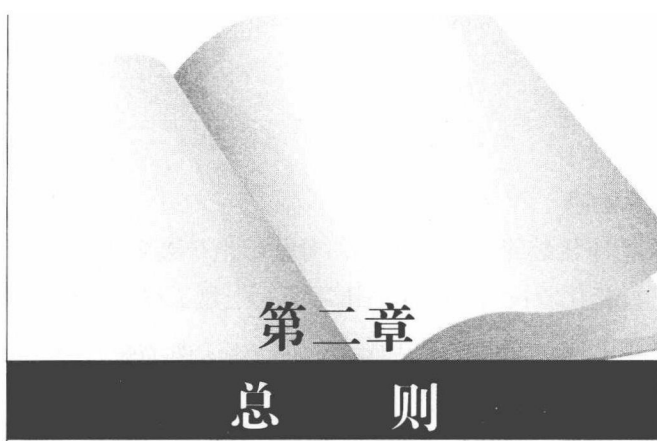
锅炉及蒸汽系统负责供给全装置生产所需的蒸汽，并回收蒸汽凝结水。

8. 空气氮气系统

空气氮气系统为全装置提供工厂风、仪表风和氮气。工厂风主要用于装置开停工吹扫及其他用风；仪表风主要用于驱动各气动调节阀；氮气主要用于装置设备及管线置换、溶液保护、火焰监测保护等。

9. 燃料气系统

燃料气系统为全装置提供燃料气，用于锅炉、燃烧炉、火炬等。



天然气净化厂在生产过程中，生产装置设备将逐渐发生腐蚀、磨损、污染、堵塞、控制失灵等状况，导致装置技术性能、处理能力、产品质量和安全环保系数下降。天然气净化厂装置检维修能够提高设备的使用寿命和可靠度，恢复生产装置技术性能，是保证净化厂装置“安、稳、长、满、优”生产的关键环节。

第一节 检维修分类与检维修周期

一、检维修分类

天然气净化厂装置检维修分为日常检维修、临停检修、系统性检修（或简称大修）三大类。

（一）日常检维修

日常检维修指生产装置某些工艺设备、管道、电气、仪表等在正常生产期间进行的检修，包括月度计划检修、日常临时维修。

1. 月度计划检修

月度计划检修指根据生产装置设备运行情况及相关规定编制的检修计划经审批实施的检修。

2. 日常临时维修

日常临时检修指月度计划检修外的装置生产期间各类设备设施出现的异常、临时维修任务。

（二）临停检修

临停检修指生产装置某些设备、管道、电气、自动控制系统等出现突发性故障或安全隐患，影响装置安全环保生产或出现产品质量问题，必须及时安排装置临时停产，以尽快消除故障、隐患的检修。



（三）系统性检修

系统性检修指净化装置已停止生产，对全厂生产装置设备、管道、电气设备、仪表控制系统、分析化验设备、安防通讯系统、土建工程等进行较长时间的检修。

系统性检修前，原料气、产品气管线厂界与上下游隔断；脱硫单元、脱水单元已完成泄压、溶液回收、氮气置换、空气吹扫等过程；硫黄回收单元已完成除硫、冷吹降温等过程；硫黄成型装置停运；火炬已熄灭，氮气置换合格；蒸汽及凝结水系统已泄压降温；氮气系统已停运；燃料气系统已完成泄压、氮气置换、空气吹扫；装置设备电源已切断，装置处于安全状态。

二、检维修周期

月度计划检维修由天然气净化厂根据生产设备实际运行情况制定，在月度计划检维修中安排，报上级生产管理部门下达生产作业计划。

系统性检修周期一般为12~36个月，由净化厂生产技术部门根据生产装置实际运行情况编制计划，报上级生产管理部门批准。

第二节 检维修组织机构和职责

一、检维修组织机构

天然气净化厂应成立检维修领导小组，由分管领导任组长，相关部门负责人参加，下设检维修管理办公室。

二、职责

（一）检维修领导小组职责

（1）根据国家法律法规和上级有关固定资产检维修项目管理的政策、规章制度要求，组织制定检维修管理制度。

（2）负责检维修计划项目的立项论证，审查年度大修项目计划和调整计划等，组织审查重大项目施工组织设计。

（3）负责年度固定资产检维修费用预算的审核和控制管理。

（4）督促检维修实施项目的施工、安全、环保、质量、进度、宣传、竞赛、费用控制等全过程管理，组织协调解决大修项目计划执行过程中存在的问题。

（5）推广应用现代化检维修管理方法和先进的检维修技术。

(6) 组织大修项目验收、考核及大修总结。

天然气净化厂检维修领导小组机构职责见表 2-1。

表 2-1 天然气净化厂检维修领导小组机构职责

组织机构		管理职责	
天 然 气 净 化 厂 检 维 修 领 导 小 组	组长	净化厂分管领导	主持检维修领导小组工作会议，安排、协调各管理部门业务
	副组长	净化厂其他领导	协助检维修领导小组组长工作，安排、协调分管部门业务
	成员	财务资产部门领导	下达年度检维修项目的计划，调整检维修实施项目计划；负责资金预算、结算
	成员	生产运行部门领导	负责交通、通讯、自然灾害受损恢复等方面的项目；负责作业项目市场准入管理、作业锁定和大修理项目实施过程中的协调管理
	成员	设备管理部门领导	负责净化装置设备、仪表、电气、非安装设备等大修及安全隐患整改项目立项、技术方案审查和施工过程管理；上报设计方案、技术方案、概算、预算等资料；组织检维修施工质量检查评价，实施过程进度、质量监督
	成员	质量安全环保部门领导	负责污染治理、计量系统改造、分析化验、环境监测大修项目，以及因自然灾害、地方违章建筑和人为破坏造成安全隐患的整改等项目；负责安全隐患整改的监督检查工作、作业项目 HSE 准入管理和作业项目职业健康、安全、环保、消防方面的“三同时”审查和管理；负责项目实施过程中的安全、环保、质量检查监督
	成员	工艺技术部门领导	负责节能节水设施及技术改造项目、工艺变更、操作规程审批
	成员	规划计划部门领导	审定检维修项目概算、施工预算、结算工作
	成员	地面建设部门领导	负责地面建设检修项目审查和管理工作
	成员	人事（组织）部门领导	负责检维修各部门业务管理绩效考核工作
	成员	审计监察部门领导	负责检维修项目实施全过程的管理监督和效能监察工作
	成员	物资采购部门领导	负责检修项目各类物资的采购和管理
成员	企管法规部门领导	负责检修项目工程招投标管理、合同管理工作	

(二) 检维修管理办公室职责

(1) 执行国家法律法规和上级有关固定资产检维修项目管理的政策、规章制度。

(2) 负责组织检维修项目计划的编制、组织施工，负责安全、环保、质量、进度、宣传、竞赛等管理。

(3) 推广应用现代化检维修管理方法和先进的检维修技术。

(4) 参与审查重大项目施工组织设计。

(5) 组织协调检维修实施项目的检修力量、物资材料、交通运输、后勤保障等