



北京燃气系统 安全保障技术路线图

Technology Roadmap for
Gas System Security of Beijing

丁 辉 张士运 李海丽◎编著

北京科学技术出版社

北京燃气系统 安全保障技术路线图

Technology Roadmap for
Gas System Security of Beijing

丁 辉 张士运 李海丽◎编著

图书在版编目 (CIP) 数据

北京燃气系统安全保障技术路线图/丁辉主编. —北京:

北京科学技术出版社, 2013. 1

ISBN 978 - 7 - 5304 - 6420 - 5

I. ①北… II. ①丁… III. ①城市燃气 - 供应 - 系统 - 安全技术 - 研究 - 北京市 IV. ①TU996.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 316000 号

北京燃气系统安全保障技术路线图

作 者: 丁 辉

责任编辑: 李 菲

封面设计: 樊润琴

出 版 人: 张敬德

出版发行: 北京科学技术出版社

社 址: 北京西直门南大街 16 号

邮政编码: 100035

电话传真: 0086 - 10 - 66161951 (总编室)

0086 - 10 - 66113227 (发行部)

0086 - 10 - 66161952 (发行部传真)

电子邮箱: bjkjpress@163.com

网 址: www.bkjpress.com

经 销: 新华书店

印 刷: 北京捷迅佳彩印刷有限公司

开 本: 720mm × 1020mm 1/16

字 数: 250 千

印 张: 10.25

版 次: 2013 年 1 月第 1 版

印 次: 2013 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5304 - 6420 - 5/T · 724

定 价: 60.00 元



京科版图书, 版权所有, 侵权必究。

京科版图书, 印装差错, 负责退换。

编 委 会

编 著 丁 辉 张士运 李海丽

编写人员 李 玲 曹 静 刘宪明

刘克会 袁理想 夏熔蔓

邓 楠 陈 静

咨询专家组

组 长：武利亚

副组长：车立新

成 员：蒋志辉 张洪涛 迟国敬 李永威

周天洪 许 彤 詹淑慧 翁文国

路民旭 杨 帆 童云海 曹 备

司博章 萧 岩 许 红

前 言

天然气是一种清洁、高效、优质的绿色能源。随着经济的持续发展和石油、煤的日渐短缺，以及人们环保意识的不断增强，天然气越来越受到人们的青睐。

发达国家城镇燃气行业的发展都经历了由煤制气、油制气过渡到液化石油气和天然气的过程，形成以清洁能源——天然气为主的城镇燃气的源基本结构。欧洲各国的天然气需求量不断增加，并且随着天然气的大量开采，其价格也逐渐趋于合理。与此同时，欧洲各国城镇燃气中的煤制气基本被淘汰，为天然气所替代。

随着城镇燃气的发展，供气范围的不断扩大、用户数的增加，安全问题也日益突出，因使用燃气方法不当等诸因素引起的燃气爆炸事故亦屡有发生。

由于燃气属于易燃、易爆和压力输送的气体，在其生产、储存、输配、使用过程中的任何一个环节都可能存在安全隐患，频频发生的燃气泄漏、爆炸等事故，也给燃气行业的安全生产、运营敲响了警钟。世界各国虽然不断有燃气爆炸、中毒等伤亡事故的报道，但在程度上有很大的差异。差异与燃气安全体系是否完善以及燃气安全相关技术的发展程度有关。

2010年12月，“北京燃气系统安全保障技术路线图绘制”被列入北京市科学技术研究院财政项目。该项目由北京科学学研究中心牵头，联合北京燃气集团研究院、北京城市系统工程研究中心共同承担，北京市市政市容管理委员会、北京市燃气管理办公室、清华大学、北京建筑工程学院、北京科技大学、北京中腐防蚀工程技术有限公司、北京市城

市规划设计研究院、北京时代凌宇科技公司、北京埃德尔公司等单位的专家共同参与，针对北京市燃气系统安全技术路线图绘制开展研究。

绘制《北京燃气系统安全保障技术路线图》的目的，一是运用技术路线图这一技术创新管理工具，为相关政府部门制定燃气安全领域发展规划提供依据和建议，促进官产学研各方的交流和互动；二是通过技术路线图的绘制，描述北京市燃气系统安全领域发展的技术远景及发展路径，为未来发展提供技术支撑；三是为高校、研究院所和企业的研发战略规划指明方向，帮助企业找到合适的发展机会，识别关键技术，通过合理配置资源，提早做好技术储备。

本书中的城镇燃气范围界定为：天然气和液化石油气，其中天然气分为管道天然气、压缩天然气和液化天然气，本路线图的研究以城镇管道天然气为主。

希望本书的出版能为北京市燃气安全乃至全国燃气安全领域的发展提供参考。

目 录

第 1 章 技术路线图的起源与发展	1
1.1 技术路线图的起源与概念	1
1.2 技术路线图的作用	2
1.3 技术路线图在国内外的的发展	3
第 2 章 城镇燃气系统结构	5
2.1 气源	5
2.2 输配系统	5
2.3 应用设施	6
2.4 城镇燃气事故特点	7
2.5 北京燃气事故现状与趋势	7
第 3 章 国内外燃气系统安全保障技术现状	11
3.1 国外燃气系统安全保障技术现状	11
3.2 国内燃气系统安全保障技术现状	18
3.3 北京燃气系统安全保障技术现状与问题	23
第 4 章 北京燃气行业未来 10 年发展分析	29
4.1 北京城市未来 10 年发展分析	29
4.2 燃气行业未来 10 年发展分析	30
第 5 章 北京燃气系统安全保障技术路线图绘制的方法与流程	41
5.1 技术路线图绘制的目的和任务	41
5.2 绘制技术路线图的方法	41
5.3 绘制技术路线图的流程	43
5.4 技术路线图研究的范围和边界	46

第 6 章 北京燃气系统安全保障需求与目标分析	49
6.1 安全保障需求分析	49
6.2 安全保障目标分析	56
第 7 章 北京燃气系统安全保障技术壁垒和研发需求分析	69
7.1 问卷调查的基本情况	69
7.2 技术壁垒分析	71
7.3 研发需求分析	82
第 8 章 北京燃气系统安全保障技术路线图绘制及发展建议	98
8.1 技术路线图绘制	98
8.2 发展建议	104
附录 A 北京燃气系统安全保障需求和目标问卷	120
附录 B 北京燃气系统安全保障技术壁垒和研发需求问卷	128
附录 C 参与技术路线图绘制德尔菲调查的专家名单	149
附录 D 参与技术路线图绘制德尔菲调查的单位名单	150
参考文献	152

}

第1章 技术路线图的起源与发展

1.1 技术路线图的起源与概念

技术路线图最早起源于美国的汽车行业，当时正值全美制造业处于削低成本提高竞争力的关键时期，汽车企业为降低成本，提高竞争力，要求供应商为他们提供未来产品的路线图。20世纪70年代后期和80年代初期，摩托罗拉（Motorola）公司和康宁（Corning）公司先后采用了编制技术路线图的管理方法，摩托罗拉公司主要用于技术进化和技术定位，而康宁公司主要用于公司的商业战略。首先在学术性刊物上详细描述“技术路线图”一词的是威尔亚德（Willyard）和麦克莱利（McClees），他们于1987年在Research Management合作发表论文《摩托罗拉技术路线图过程》（*Motorola's technology roadmap process*），第一次使用了技术路线图这种说法，从而成为技术路线图领域研究和应用的奠基之作。在摩托罗拉、康宁两家公司使用技术路线图方法之后，微软等大公司广泛应用这项管理技术。随后，技术路线图开始应用到其他领域，范围不断扩展。

对于“技术路线图”的定义，众说纷纭，这很大程度上也是因为技术路线图是一项创新管理工具，因为应用的不同往往具有不同的特点。目前，国内所广泛采用的技术路线图定义是：应用简洁的图形、表格、文字等形式描述技术变化的步骤或技术相关环节之间的逻辑关系。它能够帮助使用者明确该领域的发展方向和实现目标所需的关键技术，理清产品和技术之间的关系，包括最终的结果和制定的过程。通过技术路线图，可以确定“做什么、为什么要做、怎样做”等方面的因素，

并找出它们之间的相互联系和相对重要性。技术路线图的分类，同样在国内外有多种不同的分类，如美国 Sandia 国家实验室以产品技术路线图、新兴技术路线图、问题定位技术路线图进行划分；英国剑桥大学的学者把技术路线图分为八大类：产品技术路线图、服务（能力）技术路线图、战略规划技术路线图、长远规划技术路线图、知识资产规划路线图、项目规划技术路线图、过程规划技术路线图、综合规划技术路线图。我国一般按其应用层次不同，分为国家技术路线图、产业技术路线图和产品技术路线图。或者可以分为国家层面技术路线图、区域层面技术路线图和企业层面技术路线图。

1.2 技术路线图的作用

技术路线图是管理技术未来发展的一项工具，但随着时间变化，其应用领域越来越广泛，不论是对于企业发展，还是产业发展，抑或是政府决策都有积极作用。

在企业层面上，技术路线图能促使企业有效识别技术鸿沟并找到发展机会；关注更长远的顾客需求；有效配置稀缺资源，实现公司价值最大化；分清项目优先级，把有限资源分配到关键研发项目上；加深对技术需求的理解，减少技术投资的风险，提高投资决策水平；将技术战略和商业计划、技术商业化战略联系起来，协调整体规划。

在产业层面上，技术路线图能够促使产业追求更加有利的合作，并致力于共性技术问题；能使行业有效认清自身所处的经济及社会环境，识别由此产生的市场驱动因素及达到市场需求所必需的软硬技术；有效提高产业研究和应用新技术的能力，促进合作研发；促进产业战略的共享，强化具有共同远景的利益相关者之间的沟通。

在国家层面上，技术路线图能够在政府部门间传达科技政策信息；识别国家现有的能力及瓶颈，识别发展关键技术；引导投资，着重于国家的专长领域；影响主要研究及创新的赞助者对产业技术优先顺序的识别；加强部门间的技术转移。

1.3 技术路线图在国内外的的发展

国外在 20 世纪 90 年代后,企业对于技术路线图的兴趣空前高涨,技术路线图被迅速应用到各个领域。1992 年出版的美国半导体行业(SIA)技术路线图揭开了行业技术路线图的序幕,美国已制定了大约 250 个产业路线图。英国石油公司(BP)和飞利浦公司(Philips)分别于 1995 年和 1996 年采用了技术路线图管理方法。加拿大工业部从 1997 ~ 2003 年先后开展了《生物制药业技术路线图》《航空设计制造技术路线图》《铝业技术路线图》等十几个产业技术路线图的研究工作。日本和韩国等国家还开展了国家技术路线图研究,为科技发展规划和国家战略政策的制定提供支撑。

随着技术路线图方法的不断完善和创新,国外将技术路线图作为技术预见的一种方法广泛地应用于各种技术预见活动之中,如 2005 年 5 月国际民用航空组织空中导航委员会支持绘制了《全球航空安全路线图》(global aviation safety roadmap, GASR);德国弗劳恩霍夫协会系统与创新研究所为德国教研部绘制《医疗研究项目规划的路线图》,等等。技术路线图在近十几年中已经在很多新兴领域得以应用,成为一项非常重要的创新管理工具。

我国引入技术路线图的时间比国外落后了将近 30 年。在理论层面,我国学术界最早关注技术路线图的时间在 2001 年前后;在实践层面,我国国家技术路线图的实践始于 2005 年,中国因为成为氢能经济国际合作伙伴计划的成员之一,制定了《中国氢能技术路线图》。至 2007 年,国家科技部组织有关专家开展国家技术路线图研究,旨在国家“十二五”科技规划制定中应用相关成果。几乎同时中国科学院也开展了某些科学领域的国家技术路线图,并于 2009 年发布《创新 2050: 科技革命与中国的未来》战略研究系列报告,包括《科技革命与中国的现代化》《中国至 2050 年人口健康科技发展路线图》《中国至 2050 年能源科技发展路线图》等 18 册报告。此外,国内的相关部委及协会或行业研究

机构也有相关实践，如 2007 年国家发改委编制了《节能环保汽车的技术路线图》、中国机械工程学会制定了《中国机械工程技术路线图》、2010 年中国液压气动密封件工业协会编制了《液气密技术路线图》等。

2008 年，科技部在国家软科学研究计划中安排了“区域重点产业技术路线图研究”项目，组织上海、北京、天津、广东、湖南、湖北、内蒙古、广西等 8 个省、自治区、直辖市开展区域重点产业技术路线图绘制试点。2010 年，我国开始制定国家及地方“十二五”科技发展规划，国家科技部要求地方将技术路线图方法应用到“十二五”科技规划的制定中，各地如湖北、河北、河南、湖南、辽宁等省都相继开展了技术路线图绘制工作，主要是为制定“十二五”科技规划服务。同时极大地推动了技术路线图在国内产业发展和科技发展领域的应用。而实际上，我国有些省市于 2006 年已开始应用技术路线图为科技规划、产业发展服务，如广东省。目前该省已绘制出 30 多个产业技术路线图，并出版了多部著作。

北京市作为科技部选取的试点省市之一，北京市科委于 2008 年资助北京长城企业战略研究所绘制《北京 IC 设计产业技术路线图》，作为产业技术路线图研究工作的尝试。2010 年以“科技北京”建设研究专项首批正式启动了“北京物联网传感器及传感网络产业技术路线图研究”“北京动物疫苗产业技术路线图研究”等 8 个产业技术路线图研究课题。各课题又分别由北京市科委下属中心负责，于 2011 年 5 月完成。在此之前，北京市科学技术研究院下属北京科学学研究中心，于 2009 年开始技术路线图的理论方法研究及实践探索，《北京燃气系统安全保障技术路线图》的绘制项目就是其在安全领域的一项有益的探索研究。

在《北京燃气系统安全保障技术路线图》的绘制工作中，首先基于文献研究，分析国内外燃气系统安全保障技术的现状与发展，再对北京燃气行业未来 10 年的可能发展，以及政治、经济、社会环境进行分析。在此基础上，按照北京燃气系统安全目标、需求、技术壁垒、研发需求的分析过程，绘制未来 10 年北京燃气系统安全保障的技术路线图。

第2章 城镇燃气系统结构

燃气管道及其附属设施（包括阀门、调压器等）是一个复杂的系统，包含了复杂的管道自身结构情况和外界环境情况。概括地说，城镇燃气系统包括气源、输配系统和应用设施三部分，如图2-1所示。

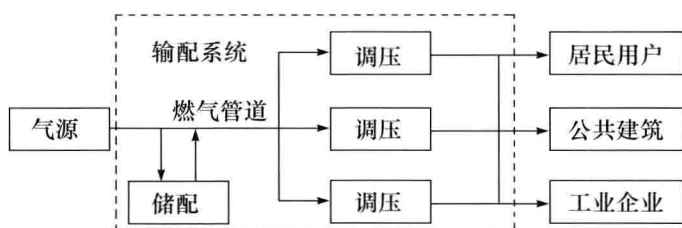


图 2-1 燃气系统示意图

2.1 气源

气源是指人工制气或天然气从干线进入城镇管网的门站（又称“配气站”），包括人工煤气、液化石油气和天然气。人工煤气、液化石油气、天然气三种气源并存仍然是中国城镇燃气的主要特点。中国三种气源的未来发展趋势是：液化石油气发展潜力巨大，天然气将持续快速发展，人工煤气由于成本高、污染环境等缺点将会逐渐减少使用。

2.2 输配系统

输配系统是气源到用户之间的一系列燃气输送、分配和储存设施，包括管网、储气库（站）、储配站和调压设施等。输配系统应能保证不间断地、可靠地向用户供应燃气，在运行管理方面应是安全的，在维修检测方面应是简便的。

2.2.1 燃气管道系统

燃气管道通常根据用途、敷设方式和输气压力来进行分类。根据用途分为长输管道、城镇燃气输配管道、工业用燃气管道、民用燃气管道等；根据敷设方式分为地下燃气管道和架空燃气管道；根据输气压力分为低压管道、中压管道、次高压管道和高压管道。

城镇燃气管道系统由输气干线、中压输配干线、低压输配干线、配气支管和用气管道组成。城镇燃气输配系统的主要部分是燃气管网。由于经济、技术以及用途的原因，管网一般采用不同的压力等级。正因如此，不同压力级制的管道可组合为：一级系统、二级系统、三级系统以及多级系统。

2.2.2 燃气储配站

燃气储配站的主要功能是储存燃气、调压或加压和向城镇燃气管网分配燃气。燃气储配站主要由调压或压送设备、储存装置、燃气管道和控制仪表以及消防设施等辅助设施组成。调压或压送设备是燃气输配系统的核心，用来降低或提高燃气压力，输送燃气。储存装置的作用是保证不间断地供应燃气，平衡、调度燃气供气量。

2.2.3 燃气调压设施

燃气调压站（室）的主要功能是按要求将上一级输气压力降至下一级输气压力；当系统负荷发生变化时，保持调压器后的输气压力稳定在要求的范围内。调压站设施通常由调压器、过滤器、安全装置、阀门、旁通管和测量仪表等组成。调压器按压力调节范围分为高一中压调压器、高一低压调压器和中一低压调压器等，按燃气供应对象分为区域调压器、专用调压器和用户调压器。

2.3 应用设施

应用设施由户内管道、燃气表和燃具等组成。燃气应用对象包括居民、商业和工业等。我国天然气工业用户占比高达 63%，相比各发达国家比例明显较高。由于商业和工业燃气应用装置安全控制程度较高，

因此，燃气应用事故较多集中在小型商业用户（如餐饮业）和居民用户方面。居民使用天然气、人工煤气造成的事故多因用户使用不当（溢熄、开关泄漏等）、设备自损（橡皮管老化脱落、直管开关泄漏、表具蚀损泄漏等）、热水器中毒、私自接装等导致，液化石油气应用事故则主要反映在使用不当（溢熄、开关泄漏、调压器装接不当等）、设备质量（调压器、瓶体、橡管、热水器等）、严重违章（用明火检漏、倒罐泄漏等）等方面。

2.4 城镇燃气事故特点

城镇燃气系统是一个综合性系统，燃气设施分布在人口、公共设施集中的区域，每一个环节都可能发生事故。事故一旦发生，不仅可能会造成严重的人员伤亡和财产损失，而且会引发公共安全、社会稳定及环境污染等一系列问题。城镇燃气事故主要具有以下特点：

群发性：事故发生后，造成的中毒或伤亡人多面广，在同一时间、同一区域会有许多人受到伤害。

社会性：事故发生后泄漏的有毒物质会污染空气、水源，甚至影响到事故以外的区域或造成事故灾难，尤其燃爆事故还可能引发社会公众的恐慌情绪。

突发性：燃气事故发生往往都很突然，没有先兆，使得企业及有关部门猝不及防。

复杂性：燃气事故发生会导致火灾、爆炸及中毒，往往还伴随着机械伤害、腐蚀伤害、高温烧灼伤害等，给救治伤员工作带来了很大的困难。

2.5 北京燃气事故现状与趋势

北京作为我国的首都，燃气安全是公共安全领域中极为重要的部分。近年来，随着北京市燃气事业的不断发展，燃气使用覆盖面遍及城市的各个角落，燃气的用量也逐渐增加，防范燃气安全事故是重中

之重。

2.5.1 北京燃气事故现状及原因

北京的燃气事故主要分为五类：燃气泄漏事故、供气中断和供气不稳事故、火灾爆炸事故、物理性爆炸事故、窒息事故等。

由于燃气固有的易燃、易爆等危险性，燃气储存和输配系统、用户燃气设施都是固定的风险源，燃气运输车辆为流动的风险源。因此燃气风险源主要包括：储罐、管线、CNG 瓶组以及液化石油气钢瓶等储气设施；城市天然气门站、调压站、调压箱等调压设施；压缩天然气母站、压缩天然气供气站、液化天然气供气站、液化石油气储灌站、瓶装液化石油气供应站等场所；用户燃气设施。

以 2012 年为例，截至 6 月，北京市燃气系统内突发事件累计 453 起，其中：外线累计 188 起，同比增长 1%。其中外力破坏占总计 11%；自然损坏占总计 34%；腐蚀漏气占总计 36%；沉降塌陷占总计 2%；水堵、冻堵等其他原因占总计 3%；调压站、箱故障占总计 14%。户内累计 265 起，同比增长 30%。其中供应类事件 52 起，同比减少 33%；安全类事件 213 起，同比增长 66%，其中户内漏气 88 起，同比增加 59 起；着火爆燃 108 起，同比增加 19 起。

从大量事故分析报告的统计结果可知，导致管道泄漏的主要原因有：腐蚀漏气、自然损坏、外力破坏等。有时单一因素即可引起管道事故，但更多的管道事故是由多种因素联合作用引起的。

此外，目前北京市的燃气管网仍面临两大隐患：一是本市尚有 790 多处建筑设施违章占压地下管网，存在巨大隐患，地下燃气管网如果发生泄漏，一旦遭遇明火，轻则引起火灾，重则导致天然气爆炸。二是本市燃气管线井盖丢失严重，可能导致人身伤亡或交通事故。

2.5.2 北京燃气事故未来形势

北京燃气行业迅速发展，平均每年以 10% 左右的速度增长，燃气设施也在不断改建，燃气安全方面也经常处于应急状态。随着北京城市的快速发展和天然气用量的急剧上升，必然会带来很多的安全问题。

(1) 天然气用量增长使燃气输配系统面临考验

北京市在 1997 年年用气量不到 1 亿立方米, 2011 年供气量达到 72.95 亿立方米。2015 年将达到 160 亿 ~ 170 亿立方米/年, 规划到 2020 年预计要达到 220 亿 ~ 280 亿立方米/年的规模。从用户来说, 70% 用于采暖, 以后本地发电厂也会改为天然气, 1 个热电中心大约需要 20 亿立方米/年, 按照规划如果北京市在今后建设 4 个中心的话, 就需要 80 亿立方米/年。面对超常规大发展的条件下, 目前的技术、设备等能否满足要求, 给输配系统带来考验。

(2) 城市爆炸性的增长会带来很多燃气安全问题

北京城市规模在不断增长, 一些易燃易爆的设施被城市建筑包围, 这使得一些原来的普通因素变成了安全隐患。例如, 坐落在北京四环路将球罐站按标准建在了当时的郊区, 随着城市扩张, 现在四环路变成了城区, 周围人口密集, 城市建筑群包围了储气设施, 自然形成了安全隐患。沿五环路铺设的高压管线 (2.5 兆帕), 将来也会随着城市的扩张, 逐渐变成安全隐患。

另外, 地铁和轨道交通的快速发展, 同样威胁着地下燃气管网的安全。随着地铁和轨道交通建设规模的迅速增长, 有限的城市地下空间变得更为拥挤, 加之建设成本问题致使安全间距考虑有限, 必然面临很多现在无法预测的安全问题, 如地铁轨道产生的直流杂散电流对燃气管道的影响很大, 不但会对燃气管道的阴极保护产生干扰, 而且会直接造成管道腐蚀、穿孔, 引起燃气泄漏事故。

(3) 管理理念和水平不高也会导致燃气安全问题

北京有着全国最大的燃气管网, 设备和技术水平均居国内前列, 关键是理念和管理水平仍需提高。随着天然气的大量使用, 给燃气场站、输配系统及用户端等的管理带来了挑战。另外, 加强用户对燃气设备安全知识的宣传普及也很重要, 因此, 未来一段时间内, 需要提升燃气系统的管理水平, 以满足燃气行业不断发展的需要。