

荷兰基于预测模型的燃气管网改造方案对比

李玉春

(深圳市燃气集团股份有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要: 介绍荷兰基于“战略远景”预测模型的燃气管网改造方案,对比了三种方案的实施效果。

关键词: 燃气管网改造; 预测模型; 方案比较

中图分类号: TU996 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4416(2013)06-0B42-05



作者简介: 李玉春(1973-),男,湖南衡东人,工程师,大学,从事城镇燃气输配系统的安全技术管理工作。

1 概述

我国大中城市建有燃气管网系统的老城区,燃气管网的运行时间超过20年,存在燃气管网系统超期服役的问题:随着运行时间的增长,由于管道、设备等单元本身的老化、腐蚀以及各种人为因素的破坏,燃气事故显著增加,严重威胁城市燃气管网系统的安全运行。为加强城市燃气管网系统运行的安全可靠,需要对超期服役的燃气管网系统进行改造^[1-3]。

燃气工业发展历史悠久的欧洲在超期服役燃气管网改造方面已进行了许多探索和实践。本文主要介绍荷兰基于“战略远景”预测模型的燃气管网改造方案。

2 基于“战略远景”理论的预测模型^[4]

荷兰于1959年发现了著名的格罗宁根气田,从此开始了其天然气大国的历程,并于20世纪60年代迅速建成了遍及全国的燃气输配管网。目前,当时建成的燃气输配管网大部分仍处于服役状态。鉴于荷兰燃气输配管网系统的超期服役现状,为提高管网系统的安全可靠性,迫切需要进行相关的燃气管网系统的改造工程。荷兰所有燃气运营公司基于“战略远景”理论,共同开发了燃气管网失效预测模型。目前荷兰“战略远景”预测模型的模拟时间范围为未来50年,并根据模拟的燃气管网运行状态制定相应的燃气管网改造方案。

2.1 原则

荷兰“战略远景”预测模型的建立原则包括安全性、经济性和环保性原则。

2.1.1 安全性原则

荷兰“战略远景”预测模型安全性原则的基本指导思想是荷兰所有的燃气运营者于2005年共同提出的安全指标气(Safety Indicator Gas, SIG)法。

SIG法根据燃气管网系统的相关信息,基于海因里希的工业安全公理,综合考虑管道失效总数和每条管道的失效风险两方面因素,通过对管段类型和失效原因的分析,将燃气事故的严重性分为6个等级,见表1。

SIG法的故事严重性分级指标具有等效性和换算性,如中度危险等级的安全性指标、经济损失指标是彼此等效的;中度危险的安全性指标(人员轻伤)比轻度危险的安全性指标(人员需急救)严重10

倍。因此,在 SIG 法中定义中度危险等级的安全性指标(人员轻伤)为参考事件(Reference Event),所有的燃气事故后果均以参考事件的形式进行量化。

表 1 SIG 法的燃气事故严重性分级

燃气事故 严重性分级	安全性 (事故中的人员伤亡)	经济损失 /欧元
可忽略	存在管段失效风险	$< 10^3$
轻度危险	人员需急救	$10^3 \sim 10^4$
中度危险	人员轻伤	$10^4 \sim 10^5$
危险	人员重伤	$10^5 \sim 10^6$
严重	1 人死亡	$10^6 \sim 10^7$
灾难性	多人死亡	$> 10^7$

2.1.2 经济性原则

由于荷兰的各燃气运营公司均由地方政府控股,管网改造需要动用纳税人的税款,因此各燃气运营公司均致力于合理制定超期服役的管网改造计划,力求以最省的投资,获得改造后最安全可靠的管网运行状态。

2.1.3 环保性原则

环保性原则主要考虑天然气泄漏后 CH_4 的温室效应问题。研究表明,单位体积 CH_4 的温室效应是 CO_2 的 25 倍,因此从环保的角度应尽可能避免天然气的泄漏。采用新管道替换失效管道或具有失效风险的管道,是减少天然气泄漏的有效途径。灰铸铁燃气管道最可能发生燃气泄漏事故,建议采用其他管材替代灰铸铁燃气管道。

2.2 预测模块

荷兰“战略远景”预测模型包括安全性预测模块和经济性预测模块。

2.2.1 安全性预测模块

安全性预测模块是根据收集的燃气管网信息、历史事故信息和管网改造比例进行计算模拟,进而得到预定改造比例方案实施后未来 50 年间每年可能发生的参考事件数。

燃气管网信息包括系统单元类型(输气干线、配气干线、不同管材及不同运行压力条件下的用户管道、各种类型厂站等)、系统服役期限、敷设位置、防腐措施等信息。历史事故信息来源于历史事故记录,并不包括具有突发性特点的第三方施工破坏事故信息^[5]。相关的管网系统信息和历史事故信息来源于荷兰安全委员会(the Dutch Safety Board)报告和欧洲燃气管道事故数据库的 EGIG 报告^[6]。荷

兰安全委员会报告包含了 2005 年开始在荷兰全境范围内搜集的燃气管网系统基本信息及燃气泄漏、爆炸、火灾等事故的相关数据(这些数据一直处于不断收集和更新的状态)。EGIG 报告以其历史悠久和定期更新出版而著称,EGIG 于 2008 年 12 月发布了《EGIG 第七次报告 1970—2007》,该报告覆盖了欧洲大陆上超过 13×10^4 km 的运行压力高于 1.5 MPa 的钢质燃气长输管道从 1970 年至 2007 年间的燃气事故信息。

安全性预测模块需输入初始的管网改造比例,并根据预定的参考事件数或参考事件确定方法(预先制定的安全性设定条件)来修正管网改造比例,并重新模拟计算未来 50 年的燃气管网系统可能发生的参考事件数,如此循环往复,直至模拟结果符合预定的偏差要求,则得到某一安全性设定条件下最终的管网改造方案和此管网改造方案在未来 50 年实施过程中燃气管网系统可能发生的参考事件数。

2.2.2 经济性预测模块

经济性预测模块主要用于模拟计算燃气输配系统的运行、维护费用,包括风险费用和预防性更换费用。根据安全性预测模块的模拟计算结果,可以预测燃气输配管网未来的运行状态,根据模拟结果可对管网系统的失效状态进行判定:非致命性失效和致命性失效。对于存在可接受失效风险水平的系统单元,其失效状态判定为非致命性失效,无需立即更换。但根据表 1 可知,此种状态的系统单元一旦发生燃气泄漏,将会导致相应的经济损失。风险费用即为根据表 1 计算得到的经济损失和 CH_4 外逸的折算费用。 CH_4 外逸的折算费用体现了环保性要求对模拟计算结果的修正。对于失效风险水平高于预期标准的系统单元,其失效状态判定为致命性失效。为预防其发生燃气泄漏事故,需要预先对其进行更换,称为预防性更换(Preventive Replacement)。预防性更换费用包括系统单元的材料设备费用、施工费用、对周围环境造成的影响费用(如土方开挖导致的交通受阻造成的经济损失等)及其他附加费用。

经济性预测模块的模拟计算结果是以净现值(Net Present Value, NPV)的方法计算风险费用和预防性更换费用的总和,并根据荷兰能源监管机构(the Dutch Energy Regulator)的规定来计算加权平均资金成本。

2.3 成果

荷兰所有的燃气运营者在英国资产管理标准 BS PAS-55:2008 “Asset Management”的基础上,结合各自的经营理念 and 规程,建立了共同认可的管理体系——基于风险的资产管理(Risk Based Asset Management, RBAM)体系^[7]。该管理体系根据燃气管网失效预测模型的预测结果制定合理的燃气管网改造方案,并通过预测模型的进一步模拟来不断地对管网改造方案进行持续的修正和优化,进而确保荷兰燃气输配系统的安全可靠性。

3 三种方案对比^[4]

荷兰目前提出了三种不同的燃气管网改造方案。

3.1 方案的制定

目前荷兰提出的三种燃气管网改造方案分别是五年计划方案(方案1)、理论最优方案(方案2)和基于安全性的理论最优方案(方案3)。其中方案2和方案3是基于荷兰“战略远景”预测模型在不同设置条件(安全性预测模块和经济性预测模块的不同组合模式)下的模拟预测结果制定的燃气管网改造方案。

3.1.1 五年计划方案

荷兰的五年计划方案是所有燃气运营商于2009年共同提交至荷兰能源监管机构(the Dutch Energy Regulator),并获准执行的燃气输配系统在未来5年(2010—2014年)的改造计划。具体的改造方案见表2。

表2 五年计划方案的燃气管网改造计划

时间	改造比例/%					
	输气干线	配气干线	用户管道	门站	储配站	调压站
2010年	0.49	0.61	2.13	2.06	1.80	1.15
2011年	0.41	0.66	2.33	1.92	1.81	1.13
2012年	0.39	0.71	2.35	1.92	1.65	1.11
2013年	0.31	0.74	2.34	1.92	1.64	1.11
2014年	0.31	0.77	2.43	2.06	1.64	1.11

门站、储配站和调压站等厂站作为广义燃气管网的组成部分,表2中的改造计划指的是厂站的全面改造,包括厂站内相关设备、管道、附件和仪表的维修和更换。

3.1.2 理论最优方案

理论最优方案是综合考虑了管网改造的安全

性、经济性和环保性三方面要求,利用现有的管网信息和历史事故资料,通过荷兰“战略远景”预测模型模拟而确定的燃气管网改造方案。此方案的原则是在燃气管网改造的过程中,寻求安全性、经济性和环保性的平衡,进而在理论上达到最优化规划。理论最优方案在未来50年的燃气管网改造计划见表3。

表3 理论最优方案的燃气管网改造计划

时间		系统类型		
		厂站	干线	用户管道
未来10年	数量	657座	59 km	107 594条
	比例/%	1.13	0.05	1.75
未来20年	数量	1 218座	205 km	93 785条
	比例/%	2.09	0.17	1.53
未来50年	数量	1 020座	2 184 km	120 305条
	比例/%	1.75	1.77	1.96

3.1.3 基于安全性的理论最优方案

基于安全性的理论最优方案是在严格控制燃气管网运行安全水平(参考事件为90起/a)的前提下,综合考虑经济性和环保性原则,通过荷兰“战略远景”预测模型进行模拟所制定的燃气管网系统的改造方案。基于安全性的理论最优方案在未来50年的燃气管网改造计划见表4。

表4 基于安全性的理论最优方案的燃气管网改造计划

时间		系统类型		
		厂站	干线	用户管道
未来10年	数量	998座	1 227 km	132 539条
	比例/%	1.71	1.00	2.16
未来20年	数量	1 469座	2 733 km	132 085条
	比例/%	2.52	2.22	2.15
未来50年	数量	1 458座	2 326 km	149 418条
	比例/%	2.51	1.89	2.43

表3和表4中的厂站包括门站、储配站和调压站;干线包括输气干线和配气干线。表3和表4所示的数据为平均每年改造的数量,其中未来20年的燃气管网改造数量和比例包含未来10年的改造内容,未来50年的燃气管网改造数量和比例包含未来20年的改造内容。

3.2 方案的实施效果对比

三种方案每年计划改造的燃气管网比例不同,实施后的效果各不相同。其中,为方便对三种方案的实施效果进行对比,五年计划从2015年起至

2060 年的改造比例按照 2014 年的计划实施,并将五年计划每年的管网改造计划输入荷兰“战略远景”预测模型,通过模拟得到五年计划未来 50 年的各项指标值。

三种方案主要从安全性和经济性两方面对方案的实施效果进行对比。

3.2.1 安全性对比

三种方案每年的改造比例有所不同,燃气输配系统的运行状态所能够达到的安全可靠程度则相应有所差别。根据荷兰“战略远景”预测模型的模拟预测,在未来的 50 年间,三种方案在实施过程中能够实现的燃气输配系统的运行状态见图 1。

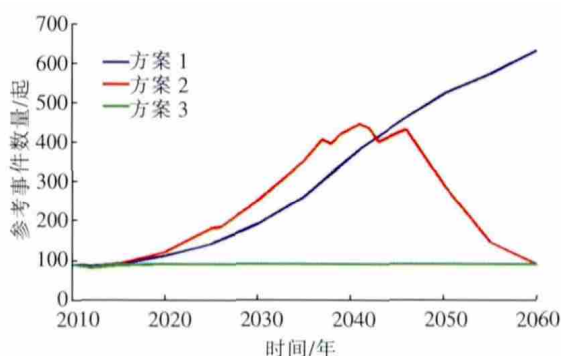


图 1 燃气输配系统安全性对比

根据图 1 可知,2010—2014 年间,三种方案实施过程中,燃气输配系统所能达到的安全可靠程度相差无几。从 2014 年起,方案 1 实施后燃气输配系统发生的参考事件数量每年持续上涨,2030 年发生的参考事件数是 2014 年的 2 倍,2060 年发生的参考事件高达 629 起。方案 2 实施后燃气输配系统发生的参考事件数从 2014 年持续上涨,并于 2038—2045 年出现波动,继而持续下降,于 2060 年降至 90 起,期间参考事件最高达到 445 起/a。方案 3 实施后燃气输配系统发生的参考事件数控制为 90 起/a。

由此可见,在未来的 50 年间,方案 3 的安全性实施效果最好,参考事件控制在 90 起/a;方案 2 每年发生的参考事件在 90~445 起/a 的范围内;方案 1 每年发生的参考事件数持续增加,但 2043 年之前的安全性实施效果优于方案 2。

3.2.2 经济性对比

三种方案每年的改造比例有所不同,燃气输配系统的改造费用则相应有所差别。根据荷兰“战略远景”预测模型的模拟预测,在未来的 50 年间,三种方案在实施过程中的管网改造费用见表 5。

表 5 燃气输配系统的改造费用 欧元

未来 50 年费用	方案 1	方案 2	方案 3
总费用(实际)	110.75×10^8	172.58×10^8	198.03×10^8
平均每年的费用	2.22×10^8	3.45×10^8	3.96×10^8
总费用(NPV)	36.51×10^8	31.59×10^8	60.66×10^8

根据表 5 可知,虽然方案 2 的实际总费用比方案 1 高 50% 以上,但是其总费用的净现值(NPV)却比方案 1 低 10% 以上,这是由于方案 2 的管网改造计划侧重于未来的远期改造,此改造原则从表 3 和表 2 的对比也可得以体现。方案 3 的净现值(NPV)几乎为方案 1 和方案 2 的 2 倍,燃气管网系统改造费用最高。根据图 1 和表 4 可知,方案 3 为了严格控制燃气管网系统可能发生的参考事件数量(90 起/a),在未来 50 年中每年更换管网的比例远高于方案 1 和方案 2。根据表 5 可知,方案 2 的经济性优于方案 1 和方案 3。

4 燃气管网改造方案应用现状及发展趋势

荷兰获准执行的方案 1 的执行期限是 2010—2014 年,故目前荷兰采用的燃气管网改造方案为方案 1。根据本文的安全性和经济性分析可知,三种方案在 2010—2014 年期间的实施效果差别不大。但是,若 2014 年后继续执行方案 1,其燃气管网运行的安全性和管网改造的经济性无法实现最优化。故荷兰全体燃气运营商共同开发了本文介绍的基于“战略远景”预测模型,并根据模拟预测结果初步制定了方案 2 和方案 3,目的在于方案 1 的执行期满后,为制定进一步优化的燃气管网改造方案指引方向。

荷兰在未来城镇燃气管网改造的实践过程中,将不断地完善预测模型,进而不断地调整燃气管网改造方案:将由所有的燃气经营者共同确定更加合理的安全性指标要求(每年允许发生的参考事件数量);考虑到不同原因(如未来劳动力的减少)所导致的附加投资,将进行未来每年增加投资的可行性分析;进一步全面收集燃气管网运行、维护、管理及燃气事故信息;每 2 年对预测模型进行一次改进和校准,并根据实时数据信息进行重新预测,并根据预测结果调整燃气管网的改造方案。

参考文献:

- [1] 金昌浩,翟瑞隆. 城市燃气灰铸铁管网改造技术[J]. 煤气与热力, 2009, 29(11): B01-B04.

- [2] 冯涛,李永威,福鹏,等.北京市天然气管道改造评价方法探讨[J].煤气与热力,2012,32(5):A22-A24.
- [3] 董蓟伟,孙明烨,曹国权,等.非开挖翻转内衬技术在燃气管道修复的应用[J].煤气与热力,2011,31(7):B40-B42.
- [4] GIDO B, MARCO P. Long-term optimization of asset replacement the collective regional gas grids of the Netherlands[C]// International Gas Union. 25th World Gas Conference. Kuala Lumpur (Malaysia): International Gas Union, 2012: 256-270.
- [5] ARCO V E, DENNY H. Reducing digging incidents using risk management[C]// International Gas Union. 23rd World Gas Conference. Amsterdam (Netherlands): International Gas Union, 2006: 91-108.
- [6] 刘华,张乃方.欧洲燃气安全信息的公开化发展趋势[J].煤气与热力,2012,32(9):B37-B40.
- [7] BEN L, ANTON J. Risk management cycle part of an as-

set management process[C]// International Gas Union. 24th World Gas Conference. Buenos Aires (Argentina): International Gas Union, 2009: 187-201.

Comparison of Transformation Schemes of Gas Pipe Network Based on Prediction Model in the Netherlands

LI Yuchun

Abstract: The transformation schemes of gas pipe network based on prediction model for strategic prospect in the Netherlands are introduced. The implementation effects of three transformation schemes are compared.

Key words: gas pipe network transformation; prediction model; scheme comparison

收稿日期:2013-01-18; 修回日期:2013-04-03

· 信息 ·

北京市煤气热力工程设计院有限公司召开2013年工作会暨2012年先进表彰会

2013年1月20日,北京市煤气热力工程设计院有限公司(以下简称煤热院)召开2013年工作会暨2012年先进表彰会,北京市燃气集团有限责任公司(以下简称集团)副总经理马宁、许彤出席了会议。首先,煤热院总经理刘江涛做2013年工作报告;随后,集团领导与煤热院领导班子共同为煤热院2012年度优秀工程类奖项、先进集体、优秀员工以及金牌员工、青年技术比武大赛冠军、市场拓展能手、设计配合标兵、现场服务标兵、质量优秀标兵、最佳潜力新人七项专项奖颁发荣誉证书;最后,集团领导做重要指示。

工作报告从十个方面总结了煤热院2012年的工作成果,指出了存在的问题和不足,深刻分析了2013年企业面临的严峻形势。报告指出,2013年工作的指导思想是:以十八大精神为指导,以科学发展观为主题,认真落实“十二五”发展规划,以推进设计企业转型为契机,以促进企业经济效益增长为中心,全面抓好企业的“四三三”工作,即40%的成功源于技术进步,30%的成功源于市场拓展,30%的成功源于基础管理,以创新驱动发展,以执行保障发展,保持煤热院行业领先地位,提高可持续发展能力。报告从六方面部署了2013年煤热院

的各项工作:一是扎实推进业务发展,增强企业市场竞争力;二是推进技术进步,稳固行业领先地位;三是重视人才培养,为企业发展提供动力;四是夯实基础管理,保障企业高效运行;五是以建院55周年为契机,推进企业文化建设迈上新台阶;六是以十八大精神为指引,全面加强党的建设。听取工作报告后,煤热院董事长王永山对服务集团、开拓市场、技术进步、人才培养等方面的工作加以强调,并提出公司面临严峻形势,仍要抓住机遇、迎接挑战,更好地开展2013年各项工作。

集团副总经理许彤指出,煤热院要继续做好新技术的储备,加强与集团的融合,强化质量意识,加强创新意识,提高服务意识。作为集团的设计先锋,煤热院要服务集团,服务市场,拓宽思路,提出更有利于开展工作的方案和建议。

集团副总经理马宁提出,燃气集团下一步发展的重点市场在郊区县,三联供、LNG、车用气市场、供热等新技术也逐步启动并发展起来。煤热院要与集团目标一致,步伐一致,要面向全国发展,在开展外地工程设计的同时,为集团进一步开拓市场做出贡献。

(本刊通讯员 供稿)