

# 中压配电网建设改造举措

易强红, 霍凯龙, 胡晓阳

(重庆大学输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室, 重庆 400030)

**摘要:** 随着人们用电需求的上升,配电网建设改造力度呈现大幅增长趋势,如何进行合理的建设改造优化已逐渐成为供电企业亟待解决的问题。首先,总结分析了中压配电网普遍存在的主要问题,介绍了中压配电网建设改造优化的原则及思路,并在此基础上提出了中压配电网的优化措施。最后,以某省中压配电网为研究对象,对其现状配电网进行了全面的分析,找出配电网存在的主要问题,并提出合理的中压配电网建设改造优化策略,用于指导实际电网规划工作。

**关键词:** 中压配电网; 主要问题; 建设改造; 优化措施

**Abstract:** With the increasing electricity demands, the construction and reconstruction of distribution network shows a growing trend, and how to carry out the reasonable optimization of construction and reconstruction has gradually become an urgent problem of the power supply enterprises. Firstly, the major problems of medium-voltage distribution network are analyzed and summarized. Then, the principle and idea for the optimization of construction and reconstruction of medium-voltage distribution network are presented, and on this basis the optimization measures for medium-voltage distribution network are proposed. Finally, taking the medium-voltage distribution network in a province for example, the present situation of distribution network is comprehensively analyzed, the major problems of distribution network are found out, and the reasonable optimization strategy for the construction and reconstruction of medium-voltage distribution network are put forward, which are used to guide the actual power grid planning.

**Key words:** medium-voltage distribution network; major problem; construction and reconstruction; optimization measures

中图分类号: TM711 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2014)04-0070-06

## 0 引言

随着人民生活水平的提高,电力需求逐年上升,用户对电压质量、供电可靠性的要求越来越高,停电带来的损失越来越严重。配电网直接面向用户,其健康程度直接影响着用户的安全可靠用电。因此,有必要对中压配电网存在的普遍问题进行深入研究,提出合理的建设改造优化措施。

中压配电网建设改造主要是以配电网建设改造技术原则为指导,以优化网架结构、提高系统供电能力和供电质量、节能降损为目的<sup>[1-3]</sup>。文献[4]结合漕河泾开发区的实际情况,提出优化措施,但其没对问题存在的原因进行分析;文献[5]描述了上海中心地区配电网建设改造过程中遇到的困难及取得的成果,但其没提出具体的优化改造措施;文献[6]以德阳城区10 kV配电网规划为研究对象,采取总

体和分布两种负荷预测方法,提出新建改造方案,但其对配电网现状存在的问题分析较少。

研究以往配电网建设改造优化举措的基础上,分析总结了中压配电网普遍存在的主要问题及其原因,介绍了中压配电网建设改造优化的原则及思路,提出了中压配电网的优化措施,并结合某省中压配电网的实际情况,对其现状配电网进行了全面的分析,找出配电网存在的主要问题,以中压配电网建设改造优化的原则及思路为指导,分析现状配电网存在短板的原因,提出合理的中压配电网建设改造优化策略,指导实际电网规划工作。

## 1 中压配电网存在的主要问题

中压配电网由中压配电线路、线路分段分支设备、开闭所、配电站(包括柱上变压器)等构成。目前,中压配电网普遍存在的主要问题如下。

### (1) 线路不满足“N-1”原则

中压配电网普遍存在线路“N-1”通过率较低的现象,如图1,对线路不满足“N-1”原则的原因分析如下。

①规划设计的不合理、供电地区偏远负荷需求不大或地理条件限制导致线路为单辐射线路,导致不满足“N-1”原则。②联络线路导线不匹配,线路故障时负荷不能向小截面导线转移,导致不满足“N-1”原则。③联络线路的上级主变压器的容量限制导致线路故障时不能向低容量主变压器上转移负荷,导致不满足“N-1”原则。④断路器的内置电流互感器TA变比过小,而使导致线路不满足“N-1”原则<sup>[7]</sup>。

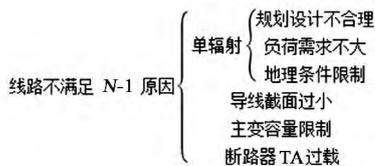


图1 线路不满足“N-1”原则的原因

### (2) 线路分段数不合理

将线路分为若干区段,可以减少停电的范围,从而减少用户每年的平均停电时间及停电次数,提高中压配电网的供电可靠性<sup>[8-9]</sup>。

当中压线路的分段数较少时,增加分段数可以较明显地提高供电可靠性,但分段达到一定数量后停电范围趋于恒定。开关设备的增多不但加大了资金的投入,且发生设备故障的概率也增大。

### (3) 线路供电距离过长

根据 DL/T 5131 - 2001<sup>[10]</sup> 和 DL/T 599 - 2005<sup>[11]</sup> 中压配电线路在不同供电分区下的供电距离应满足不同的要求。在保证电压质量的前提下,负荷或用电量较小的地区,供电半径可适当延长,但部分地区(特别是农村地区)线路负荷较少,长距离输电线路较多,线路供电半径远远超过导则要求的最大供电距离 15 km,导致供电质量不高。供电距离太小、负荷过轻,则易造成主变压器间隔浪费,资源利用率不高。

### (4) 低压配电变压器容量不合理

配电变压器容量选择以现有负荷为基础,应适当考虑负荷的发展留有裕度。为提高变压器的利用率和经济运行水平,新装变压器的最大负荷率不宜低于 60%。

### (5) 线路负载率不合理

中压配电网线路普遍存在平均负载率偏低,线路负荷分布不均衡等现象。线路负载率偏低,导致设备利用率低;负载较重,则导致线路不具备转供负荷的能力,造成线路故障或检修时其所供用户断电,供电可靠性降低<sup>[12]</sup>。

线路负载过重的原因:①地区发展差异大,负荷分布不均导致线路负载过重;②导线截面过小而使线路载容量不足;③负荷发展过快,规划新建线路还未建成。

### (6) 变电站间隔利用不合理

小容量用户占用变电站间隔较多,导致部份地区无法新建线路满足负荷要求。间隔紧缺,资源利用率不高。

### (7) 配电设备老旧

设备老化对供电安全及供电可靠性有重要的影响。老旧设备经济性不高,易发生故障且查找故障困难。

### (8) 管理不到位

由于配电网基建、技改大修、业扩等工程较多,预安排停电频繁;供电人员技术业务不够熟练导致停电影响范围大且停电时间长。

## 2 中压配电网建设改造优化原则及思路

### 2.1 优化原则

- (1) 坚持安全第一的原则,必须及时解决安全隐患,提高供电安全保障能力。
- (2) 满足社会经济发展,满足新增负荷供电。
- (3) 提升电压质量,提高供电可靠性,提高负荷转供能力。
- (4) 节能降损,提高配电网运行的经济性。
- (5) 完善中压网架,提高配电网技术装备水平。

### 2.2 优化思路

充分利用有限资源,紧扣“城市客户年平均停电时间、综合线损率、第三方客户满意度和安全生产风险管理体系评级”四项创先关键指标的提升,围绕其他各项“企业决策一级指标”的改善,抓住城市这个重点,带动农村全面发展。建设改造方向主要包括“满足负荷需求”和“提升战略指标”两大类<sup>[13]</sup>。

电网投资追求电网供电能力的提升及高收益。

当配电网投资充足时,配电网建设应能够满足城乡社会发展的用电需求并为创先做好硬件支撑。当配电网投资减少时,将优先保证解决新增负荷项目和解决重过载项目,同时提升联络率和可转供电率,其他项目将适当减少。

配电网优化应以市场为导向,紧密围绕“提升供电能力”和“提升关键指标”两个方面,分析配电网现状,查找原因并提出行之有效的关键措施,指导配电网建设改造。

### 3 中压配电网的优化措施

(1) 负荷需求不大的单辐射线路供电地区待负荷增长时新建联络线路;改造导线截面不匹配的线路,更换联络线路中的小截面导线,提高线路载容量;对小容量主变压器进行增容项目,增加主变压器容量;改变断路器内置互感器TA的变比等,以使线路满足“ $N-1$ ”原则。安排增加电网传输容量、提高电网供电安全和供电质量的项目,优化电网结构,实现“手拉手”供电方式,提高线路之间的转带能力,提高“ $N-1$ ”通过率<sup>[14]</sup>。

(2) 中压配电网架空线路供电方式宜采用多分段多联络方式(分段数不宜大于6,联络数不应超过3),应根据地区线路长度和负荷分布情况在合理的位置进行分段并装设分段开关,主干线、较大的支线及重要分支线路宜装设分支开关,以便优化线路分段,缩小线路故障时的停电范围。逐步推广“小分段”、“双接入”等关键措施的使用能有力提高供电可靠性<sup>[15]</sup>。

(3) 对负荷较重且供电距离过长的线路合理的进行改造,缩短供电距离;负荷较轻且供电距离偏长的线路待负荷增加后进行改造项目,缩短供电距离。在一定的电压和输送功率下要保证好供电质量就必须限制供电线路的长度,使线路的供电距离在合适的范围内。

(4) 配电变压器应按照“小容量、密布点、短半径”的原则来配置,并按小区居民户数布点。更换容量不合理的配电变压器,新装配电变压器应适当的留有裕度,使之既能保证配电变压器的经济利用性,又能满足近期负荷需求。

(5) 用轻载线路转供重载线路的部份负荷,或新建线路转移重载线路负荷,尽量使线路负荷均衡;

对线路进行改造,增大导线截面,提高线路载容量;负荷发展较快的地区加紧新线路建设,满足新增负荷需求。

(6) 将占间隔的小容量用户转移到负载率较轻的相邻线路,节省的间隔用于满足新增负荷或转供重载线路负荷,提高间隔的利用率。

(7) 使用年限长、产品型号老旧的设备故障率相应较高,应对使用年限超过15年或型号陈旧的设备进行更新和更换。

(8) 合理的规划建设项目,尽量使同一地区需要进行的项目一次进行,且增加建设力度,减少停电次数及停电时间;提高供电管理人员的业务水平,在预安排停电时将部分负荷转移到其它线路,尽量避免陪停现象的发生。

### 4 中压配电网建设改造优化实例

以某省为研究对象(下面简称A省),对其配电网现状进行全面分析,提出了合理的配电网建设改造优化策略,用于指导配电网规划建设。

#### 4.1 中压配电网现状

A省国土面积总计有394 000 km<sup>2</sup>,共分为15个区。该电网公司共有10 kV线路7 435回,其中电缆长度为4 400 km,架空长度为145 800 km,合计150 200 km;开关柜10 120面,柱上开关16 785个、电缆分支箱1 813个。配电变压器总数191 912台,容量30 408.38 MVA,其中公用配电变压器121 953台,容量12 540.75 MVA,专用配电变压器69 959台,容量17 867.63 MVA。

#### 4.2 中压配电网现状数据

(1) A省电网公司重过载线路比例分别为4.53%、2.12%。如图2知从数量上看重过载线路较多的有1区、2区、4区和6区,从占比上看,12区和15区较为严重。

(2) 线路联络率为31.24%。其中城市10 kV公用线路联络率为69.08%;农村10 kV公用线路联络率为15.09%。

(3) 可转供电率27.6%。其中D类以上地区中,可转供电率59.24%;农村10 kV线路可转供率为14.18%。

(4) 如图3,中压线路平均长度为23.7 km,主干平均长度为10.41 km,多个地区10 kV主干长度

超过 15 km。其中 5 区及 15 区最为严重。

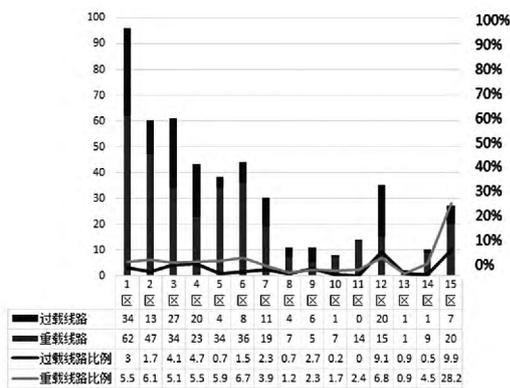


图2 10 kV 线路重过载

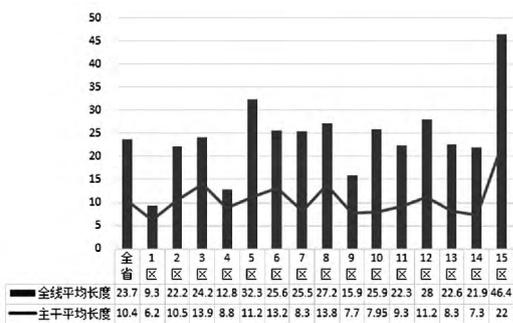


图3 中压线路平均长度

(5) 现状是公用线路最高电压高于额定电压 7% 的公用线路占总回数的 4.9%；最低电压低于额定电压 7% 的公用线路占总回数的 10.8%。10 kV 电压质量偏低线路主要集中在农村。

(6) 重载公用配电变压器占总台数的 5.26%，容量占公用变压器总容量的 0.17%；过载公用配电变压器占总台数的 1.84%，容量占公用变压器总容量的 0.07%。

(7) 配电变压器电压偏低数量占公用配电变压器比例为 5.72% 配电变压器电压偏高数量占公用配电变压器的比例为 0.21%。

(8) 高损耗配电变压器(S7 及以下型号) 占全部公用变压器台数的 5.04%，容量占全部公用变压器容量的 2.82%。

(9) 农村户表改造率 92.09%。

(10) 10 kV 线段平均用户数为 13.73 户/段，与平均水平辽宁(6.51) 相差 7.22 户/段；线路平均分段数为 2.31 段/条，与平均水平浙江(4.24) 相差 1.93 段/条。

#### 4.3 A 省中压配电网存在的问题

(1) 配电网架构薄弱，设备存在问题较多

受经济发展不平衡、体制多样化等因素影响，长

期以来，公司电网建设积累的欠账较多，加上电力需求增长过快、投资相对不足、电网建设外部环境不宽松等原因，电网结构薄弱。10 kV 配电网负荷分布不均、线路联络率低、转供电能力差、配电台区电压质量偏低(反映出 10 kV 电源点尤其是 35 kV 变电站布点不足)、局部“卡脖子”、设备老化残旧、供电半径长、自动化程度不高等问题更为突出。网络结构水平相对较低，联络率为 31.24%，可转供率达到了 27.6%；设备利用率偏低，线路平均负载率仅为 31.59%；负荷分布不均，存在重、过载设备。

#### (2) 配电网运行指标不高

受配电网网架结构和设备状况影响，公司系统供电可靠性指标不高，尤其是在农村地区，单次停电范围广、用户停电次数多、用户停电时间长的现象比较普遍，严重影响公司客户满意度的提高。

如表 1，A 省电网公司全口径预安排停电时户数占系统停电的 66.17%，故障停电时户数占系统停电的 33.83%。

预安排停电次数——主要受网架结构影响。计划检修和限电造成的停电时户数占预安排停电的 17.50%。由于大批量施工，线路缺陷消除等，导致线路停电次数多，持续时间长，其次是供电所、作业单位人员不足，施工力量单薄，停电作业持续时间长或重复停电次数过多。

故障停电次数——气候因素和设备老化造成的故障停电时户数占故障停电的 47.11%。由于线径小，供电半径长，线路长，设备老化、腐蚀严重，农村地区穿越树障多、导线对树林距离不够等，使得部份线路易受自然灾害的影响，影响供电可靠性。

#### (3) 管理水平不高

由于历史缺少配电网规划指导，项目管理存在较大随意性，致使配电网设备类型繁多，给后续运行维护带来极大不便。

部分供电人员技术业务不够熟练，对配电网存在的问题客观分析不够，线路设备施工过程中凭经验，造成部分线路设备带缺陷运行。

运行维护管理及缺陷管理不到位，线路设备缺陷未能及时发现或周期性巡视检查发现的缺陷未能按时消除，线路设备故障停电次数增多，严重影响供电可靠性的提高。

#### 4.4 优化措施

(1) 加强网架建设

表 1 停电影响分析

责任因素	停电次数及因素	影响停电户数原因	影响停电时间原因
预安排停电 66.17%	网架设备原因 占 17.50%	35 kV 计划检修 限电	1. 施工能力不足
	技术管理原因 占 72.50%	业扩工程施工 外部电网建设施工 10 kV 配电网设施临时检修 其他	
故障停电 33.83%	网架设备原因 占 47.11%	气候因素 设备老化	1. 山高、路远、线长、 交通能力差 2. 施工能力不足 3. 网架薄弱 4. 自动化水平低
	技术管理原因 占 32.89%	异物短路和责任原因不清 35 kV 设施故障 交通车辆破坏 其他	

采取合适的接给方式对单辐射线路进行联络改造,提高“N-1”通过率;对线路进行合理的分段,缩短停电范围,提高供电可靠性;对供电距离过长存在不可转供问题的线路进行改造,提升网络主干联络率,提高电压质量;对存在主干截面不合格且主干过长的线路进行改造,采取线路分流或将原线路改造成截面更大的线路;对重载线路进行负荷转移,解决线路重过载问题。

### (2) 科学选择配电装置

在计划期内对存在安全隐患的架空线路进行整改;现有的中低压配电设备中,大部分配电变压器和开关设备的运行年限在 10 年以内,线路的运行年限相对较长,部分可以达到 15 年,有极少数甚至可以达到 20 年以上,对部分年限过长的设备进行及时的更换和改造;新建线路选择合适的导线截面;增加设备设计裕度,根据负荷的需求选择合适的容量的配电变压器。雷害较为密集,需采取有效的防雷害措施,减少雷害影响,提高设备抵御自然灾害能力;提高配电网绝缘化率和电缆化率;对农村地区进行户表改造。

### (3) 加强组织领导,建立健全供电企业管理网络

要做配电网建设工作,不但要领导重视,且需要各相关部门、各基层供电所及班组成员相互配合,对照有关的技术规定要求,成立相应的供电管理网络,制订管理工作责任制度,明确管理工作的职责及范围,严格要求,认真考核。加强设备运行管理、提高设备巡视率、减少预安排停电次数。

深入了解分析配电网现状存在问题,总结配电网的短板,因地制宜地制定解决问题的方案,努力提高供电经济性、安全性及可靠性管理水平。

### 4.5 中压配电网建设改造优化效果分析

“十二五”期间,A 省中压配电网的投资共计

240.1 亿元,“满足供电要求”共投资 91.2 亿元,占总投资的 39%。其中:满足新增负荷投资 44.7 亿元,占总投资的 19%;解决重过载投资 37.6 亿元,占总投资的 16%。

重过载线路问题解决率达到 100%,D 类及以上供电区不满足“N-1”线路的问题解决率达到 98.35%。

“提高战略指标”共投资 149.4 亿元,占总投资的 61%。其中:完善中压网架投资 29.5 亿元,占总投资的 12%;解决电压不合格投资 28.5 亿元,占总投资的 12%;更换残旧设备投资 56.9 亿元,占总投资的 24%;解决安全隐患投资 34.2 亿元,占总投资的 14%。

线路和台区电压质量偏低问题解决率分别达到 78.55%、78.52%。

通过对中压配电网的分析,A 省存在的影响供电可靠性及经济性的问题得到初步解决,中压配电网得到进一步完善。

## 5 总 结

(1) 对中压配电网存在的主要问题类型进行了分析,介绍了中压配电网建设改造优化的原则及思路,并在此基础上提出了优化措施。

(2) 结合 A 省中压配电网的实际情况,对其配电网现状进行了全面的分析,找出了配电网存在的主要问题,提出适用于 A 省的中压配电网建设改造优化策略,并对优化结果进行了分析,使得 A 省中压配电网建设改造工作更加完善、可靠、准确,并确保投资上的最优化。

参考文献

[1] 郭建文. 10 kV 配电网存在的问题及线路安全运行的管理方法[J]. 中国电机(技术版) 2013(1):67-69.

[2] 王平洋. 配电系统规划中的若干重要问题[J]. 电网技术 2001 25(5):1-5.

[3] 袁先忠. 浅议 10 kV 配电网的规划设计及工程管理[J]. 广东科技 2012(23):49-50.

[4] 颜晓宇,贺静. 10 kV 配电网建设优化举措研究[J]. 华东电力 2008 36(4):79-82.

[5] 严健勇. 上海市中心城区配电网建设与改造[J]. 供用电 2005 22(3):4-8.

[6] 刘宇,赵咏梅. 德阳城区 10 kV 配电网规划研究[J]. 华中电力 2009 22(4):40-43.

[7] 黄晶. 提高配电线路“N-1”通过率方法[J]. 云南电力技术 2013 41(2):43-44.

[8] DL/T 599-1996, 城市中低压配电网改造技术导则[S].

[9] Q/GDW 462-2010 农网建设与改造技术导则[S].

[10] DL/T 5131-2001 农村电网建设与改造技术导则[S].

[11] DL/T 599-2005 城市中低压配电网改造技术导则[S].

[12] 王成山,王赛一,葛少云,等. 中压配电网不同接线模式经济性和可靠性分析[J]. 电力系统自动化 2002, 26(24):34-39.

[13] 徐晶. 配电网改造与近期规划[D]. 天津: 天津大学, 2007.

[14] 段刚,余贻鑫. 中压配电网联络线优化的算法和实现[J]. 电力系统自动化,1999,23(15):10-14.

[15] 冯霜. 基于“小分段”的中压架空接线模式研究[C]. 温州: 全国电力系统配电技术协作网第四届年会论文集 2012.

作者简介:

易强红(1990), 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统规划与运行优化;

霍凯龙(1988), 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统规划与运行优化;

胡晓阳(1991), 硕士研究生, 主要从事电力系统规划, 无功优化研究。  
(收稿日期: 2014-04-23)

(上接第 17 页)

(4) 随着覆冰扁度的增加, 覆冰偏心率的最小值也随着增加, 即当覆冰导线越扁, 导线偏心冰层的中心位置也越严重;

(5) 在覆冰偏心率取最小值时所对应的最大融冰时间随覆冰扁度的增加而减小, 即覆冰形状越扁, 最大融冰时间越小。

参考文献

[1] 孙才新,司马文霞,苏立春. 大气环境与电气外绝缘[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

[2] 蒋兴良. 输电线路导线覆冰机理和三峡地区覆冰规律及影响因素研究[D]. 重庆: 重庆大学, 1997.

[3] 张宏志. 大面积导线覆冰舞动事故的调查与分析[J]. 东北电力技术, 2001(12): 15-19.

[4] 逸梅, 史惠萍. 绝缘子的覆冰及覆冰绝缘子的放电特性[J]. 广西电力技术, 1995(3): 20-24.

[5] 许树楷, 赵杰. 电网冰灾案例及抗冰融冰技术综述[J]. 南方电网技术, 2008(2): 1-6.

[6] Z. Péter: Modeling and Simulation of the Ice Melting Process on a Current-Carrying Conductor[D]. Quebec University 2006.

[7] J. Xingliang, F. Songhai, Z. Zhijin, S. Caixin, and S. Lichun: Simulation and Experimental Investigation of DC Ice-Melting Process on an Iced Conductor[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2010(25): 919-929.

[8] 李和云. 过热导体的积冰和除冰机制[D]. 武汉: 华中科技大学 2001.

[9] 蒋兴良,杨辉. 输电线路的覆冰及防护[M]. 北京: 中国电力出版社 2001.

[10] P. L. I. Skelton and G. Poots. Snow Accretion on Overhead Line Conductors of Finite Torsional Stiffness[J]. Cold Regions Science and Technology, 1991(19):301-316.

[11] G. Poots and P. L. I. Skelton. Simulation of Wet-snow Accretion by Axial Growth on a Transmission Line Conductor[J]. Applied Mathematical Modeling, 1995(19):514-518.

[12] 梁文政. 架空电力线路抗冰(雪)害的设计与对策[J]. 电力设备 2008(9):19-22.

[13] G. Poots and P. L. I. Skelton. Thermodynamic Models of wet-snow Accretion: Axial Growth and Liquid Water Content on a Fixed Conductor[J]. International Journal of Heat and Fluid Flow. 1995(16):43-49.

[14] 顾明, 马文勇, 全涌, 等. 两种典型覆冰导线气动力特性及稳定性分析[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2009(37):1328-1332.

[15] M. Farzaneh, Atmospheric Icing of Power Networks[M]. New York: Springer, 2008.

[16] G. Poots and P. L. I. Skelton. The Effect of Aerodynamic torque on the Rotation of an Overhead Line Conductor During Snow Accretion[J]. Atmospheric Research, 1995(36): 251-260.

[17] L. Makkonen. Estimation of Wet Snow Accretion on Structures[J]. Cold Regions Science and Technology, 1989(17):83-88.

(收稿日期: 2014-05-18)