供排水企业运行及管理成果专栏

丁炜, 张松松, 顾宁, 等. 寒潮影响下城市供水管道设施防冻保温探讨[J]. 净水技术, 2023, 42(4): 181-190.
DING W, ZHANG S S, GU N, et al. Discussion on antifreeze and heat preservation of urban water supply pipeline facilities under the influence of cold wave[J]. Water Purification Technology, 2023, 42(4): 181-190.

寒潮影响下城市供水管道设施防冻保温探讨

丁 炜[1],张松松[1],顾 宁[2],曹林春[1,*]
(1.南通水务集团有限公司,江苏南通 226000;2.南通市水务工程有限公司,江苏南通 226000)

摘 要 近年,长江中下游地区多次遭受极端低温影响,作为城市生命线的供水设施短时间内遭受寒潮袭击,造成居民家中断水,影响消防安全和企业生产。文中以某市为例,详析2020年末寒潮影响下供水设施受损原因,并且基于理论计算探讨供水设施防冻保温系列措施,提出制定应急预案、提高设计标准、强化施工验收、加强运维保障等建议,同时注重管道井和表箱保温、试点老旧小区间隔供水及空关户排空等综合施策。经综合施策后,该市在2021年末由拉尼娜现象导致的小寒潮中,用户来电明显减少,各类供水设施故障和维修情况同比下降95.02%。该工作对长江中下游地区供水设施防冻保温具有较大的参考价值。

关键词 寒潮 供水设施 防冻保温 综合施策 长江中下游地区
中图分类号:TU991 **文献标识码**:A **文章编号**:1009-0177(2023)04-0181-10
DOI:10.15890/j.cnki.jsjs.2023.04.023

Discussion on Antifreeze and Heat Preservation of Urban Water Supply Pipeline Facilities under the Influence of Cold Wave

DING Wei[1], ZHANG Songsong[1], GU Ning[2], CAO Linchun[1,*]
(*1. Nantong Water Group Co., Ltd., Nantong 226000, China;*
2. Nantong Water Engineering Co., Ltd., Nantong 226000, China)

Abstract In recent years, the middle and lower reaches of the Yangtze River have been affected by extreme low temperature many times. The water supply facilities, which are the lifeline of the city, have been hit by cold waves in a short period of time, causing water interruptions in residents' homes, affecting fire safety and enterprise production. Taking a city as an example, this paper analyzed in detail the causes of damage to water supply facilities under the influence of the cold wave at the end of 2020, and based on theoretical calculations, discussed a series of measures to prevent freezing and heat preservation of water supply facilities, and proposed formulating emergency plans, improving design standards, strengthening construction acceptance, and strengthening operation and maintenance guarantee. At the same time, it also paid attention to the insulation of pipeline wells and meter boxes, and pilots comprehensive measures such as interval water supply in old communities and emptying of closed households. After comprehensive measures, the city's small cold wave caused by the La Niña phenomenon at the end of 2021 saw a significant decrease in calls from users, and the breakdown and maintenance of various water supply facilities dropped by 95.02% year-on-year. This work has great reference value for the antifreeze and heat preservation of water supply facilities in the middle and lower reaches of the Yangtze River.

Keywords cold wave water supply facilities anti-freeze and heat preservation comprehensive measures middle and lower reaches of the Yangtze River

[收稿日期] 2021-12-29
[作者简介] 丁炜(1993—),男,博士,研究方向为供排水技术及水处理,E-mail:dingyz1993@163.com。
[通信作者] 曹林春(1966—),男,硕士,正高级工程师,研究方向为工程设计(给水排水设计),E-mail:752378669@qq.com。

人类在生产生活中对物品保温已有千年的历史,国外在 19 世纪初便开展对工业管道保温的研究。近年来,针对复杂的保温对象,新材料和新技术也逐渐发展起来,取得了不少的研究成果,如蒸汽或热水伴热保温、电伴热保温、充填防冻液等管道保温措施。这些管道保温措施各有不同的适合设置条件,在实际应用中各有利弊。Eisler 等[1]经过多年研究和试验,基于泡沫隔热层改善管道保温性能,通过限制热量传递成功解决极地油气管道的防冻保温。Guan 等[2]基于对苯乙烯热塑保温材料的研究,研发了适用于深海及极地环境的新型供水管道保温系统。Kouretzis 等[3]通过传热学模型,深入研究管道保温层传热机理,基于系列计算分析得到经济实用的保温层厚度。我国管道保温技术起步较晚但发展势头迅猛[4-7]。王赛[8]从严寒地区农村给水保温管道浅埋设计、施工等方面分析,论证了在严寒地区实施农村给水保温管道浅埋技术的可行性。李东梅等[9]对青岛地铁高架站给排水、消防管道不同程度冻裂进行现场调查,分析管道防冻保温现状及冻害原因,提出解决方案,以期为类似管道防冻提供参考。余林[10]结合新疆偏远山区实例分析高寒山区农村饮水安全工程冻管原因,通过工程技术防冻与运行管理措施从不同角度与方式解决高寒山区冻管问题。

总的来说,随着众多新型保温材料和保温技术不断涌现,为城市供水管道设施防冻保温提供了一定基础。但对于极寒天气,长江中下游地区城市供水设施在寒潮期间仍可能发生冻结爆裂情况,不能有效保证冬季正常稳定供水[11-13]。对于位于居民楼北立面的立管、位于居民楼北侧开放式连廊的管道井和内管、位于车库北入口的地下室供水管道、置于风口的户外立式表箱等典型重灾区尤其明显。本文以 2020 年末长江中下游某城市寒潮影响为例,详析受损原因,并基于理论计算从制定应急预案、提高防冻设计标准、强化施工验收、加强运维常态保障等方面,探讨寒潮影响下城市供水设施防冻保温综合措施。

1　概况

1.1　背景介绍

长江中下游某城市供水能力为 200 万 m^3/d,供水管网约为 3 000 km,其市区共安装水表约 73.5 万只。其中,远传水表约为 45.5 万只,主要安装于管道井中;机械水表约为 28 万只,约 25 万只安装于埋地水表箱,约 3 万只机械表安装于立式表箱。早年,该市供水设施防寒措施较为简单,缺乏系统标准,水表多为外设,无法有效抵御极寒天气。2016 年寒潮后,随着设计要求的加强和户改保温升级工程的有序推进,该市供水设施防寒标准逐渐成型。目前,该市供水管道设施保温工作依据《关于加强全省建筑供水设施防冻保温工作的通知》(苏建城〔2016〕669 号)等文件规范,保温绝热材料采用柔性泡沫橡塑,外用铝箔聚氯乙烯(PVC)包裹并加铝布胶带封装。在设计上要求室外水表箱内立管及水表需要做保温,对于埋地水表需要加盖保温橡塑材料。埋地给水管道管顶覆土均不小于 0.7 m。

2020 年岁末年初,受北方强冷空气南下影响,长江中下游等地连续两次出现降雪、降温和大风寒潮天气,该市最低气温降幅为 17.3 ℃,第一次寒潮最低气温为-9.1 ℃,第二次寒潮最低气温为-7 ℃。市水司提前启动冬季供水防寒防冻应急预案,明确部门职责,落实防冻措施、物资储备、抢修队伍、志愿人员、媒体宣传、后勤保障等各项工作,发动全员迎战寒潮,实行 24 h 客户服务。寒潮来袭后,作为城市生命线的供水设施(管道、水表、阀门、消防栓等)短时间内遭受集中式冰冻打击,出现不同程度的冻结爆裂。尽管较 2016 年寒潮,冻损情况有所改善,但仍造成居民断水,影响企业正常生产和消防用水安全。此外,市政、水司、物业、居民等在寒潮期间还需投入大量人力物力救援抢修,造成不必要的资源浪费和经济损失。

1.2　管道和水表受损情况

本次寒潮管道损坏维修合计 3 897 处,涉及户改管道 3 079 处,占比为 79.01%;小区非户改管道为 584 处,占比为 14.98%;市政道路管道为 79 处,占比为 2.03%;加压管道为 100 处,占比为 2.57%;农村管道为 55 处,占比为 1.41%[图 1(a)]。值得注意的是,全市户改用户(16 万)仅占用户总数(73.5 万)的 21.8%,但其维修量却高达 79.01%。

本次寒潮水表累计故障 4 455 个,涉及管道井远传水表 2 193 个,占比为 49.23%;立式表箱内水表为 1 476 个,占比为 33.13%;埋地水表为 740 个,占比为 16.61%;其他位置为 46 个,占比为 1.03%[图 1(b)]。进一步分析安装位置的影响,安装于管道井的远传水表冻坏率为 0.48%(2 193/

455 000),立式表箱机械表冻坏率为 4.92%(1 476/30 000),埋地机械表冻坏率为 0.30%(740/250 000)。综上,立式表箱与管道井对水表冻坏受影响较大。

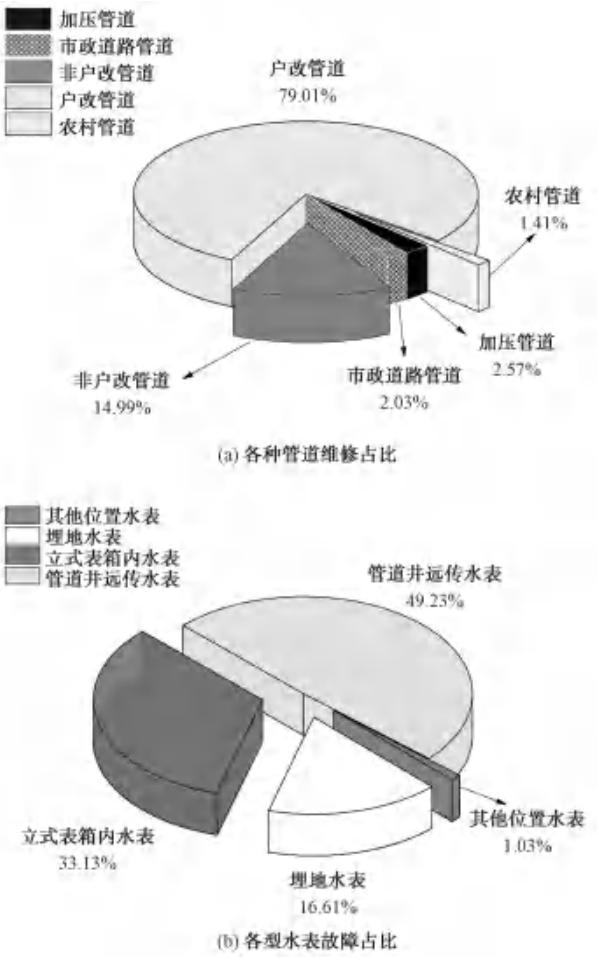

图 1 寒潮供水设施受损分析

Fig. 1 Analysis of Water Supply Facilities Damage in Cold Wave

1.3 附属设施受损情况

由表 1 可知,本次寒潮共维修阀门 798 处,其中户表前(后)阀门共 765 处,道路等其他位置阀门共 33 处。全市共有消火栓 12 533 只,本次寒潮共维修消火栓 515 处,其中更换消火栓 58 只。压力表主要安装于分区计量流量计控制箱与测压点控制箱内,本次寒潮分区计量流量计控制箱内维修 8 处,测压点控制箱维修 16 处。

1.4 应对发生情况

寒潮期间用户被冻无水或室内漏水求助情况共计 5 796 次,其中 72%在主城区。总计产生费用约为 346 万元,累计损失水量约为 128 万 m^3。施工及维修材料如表 2 所示。

2 原因分析

2.1 设计因素

(1)地下车库汽车坡道通风口或窜风处吊装加压管道处于风口处,未设计保温易受冻。未设计具备保温功能的密封门,对管道井楼层未有封堵要求,部分背阴靠窗管道井立管未保温,管道井总体达不到保温要求。管道井和表后管道位于高层小区北侧开放式连廊,在连廊的表后管道一般位于风口处,即使设计保温,在极寒天气也易受冻。

(2)老小区改造中,部分地埋表箱改为不锈钢立式表箱后,此立式表箱防冻等级不高,密封性较差;若置于风口,单靠管道保温棉和水表保温套,难以抵挡严寒(放保温棉仍有冻裂),西北朝向更易受冻。部分埋地表箱使用水泥井盖,易被压坏,失去保温效果。

(3)较早实施的市政硬聚氯乙烯(UPVC)管及原户改 PE 管热胀冷缩系数高,三通、接口处易老化损坏。

2.2 施工验收因素

(1)少数管道在井楼层间穿管套管,施工过程中未用防火泥封堵,以及部分楼栋管道井位置附近有上下通透的天井,导致管道井窜风,冻坏水表、阀门、立管等供水设施。

(2)安装在老小区居民楼外墙北立面的户改管道虽然设计保温,但弯头、三通及与内管接头等处保温薄弱。风吹日晒,保温设施开裂损坏现象时有发生。此外,由于风急、自重拉伸,高楼层管道冻坏情况比低楼层严重。

(3)部分老小区改造及户改中小区支管、表后管埋深不够,未达冻土层以下。

(4)小区建设过程中,部分未验收交付的新建小区供水管道未排空,满管不流动易受冻。

(5)消火栓泄水阀位置未用卵石回填,泄水阀堵塞,消火栓腔室内水无法排空,导致消火栓冻坏。

2.3 运行维护因素

(1)户改管道防护设施彩钢板、UPVC 套管、木扣板破损未及时修复,保温棉缺失未及时补充。立式表箱门损坏未及时修复或门开后未关闭导致管道、配件或水表冻坏。部分商业广场或别墅区自建

表 1　供水设施受损统计
Tab. 1　Statistics of Water Supply Facilities Damage

类别	具体内容	受损数	在总故障数中占比	在该类别中故障发生率
管道	户改	3 079 处	79. 01%	1. 90%
	非户改	584 处	14. 98%	0. 09%
	市政道路管线	79 处	2. 03%	0. 01%
	加压管道	100 处	2. 57%	0. 02%
	农村管道	55 处	1. 41%	0. 06%
水表	远传水表(高层管道井)	2 193 只	49. 23%	0. 48%
	埋地水表	740 只	16. 61%	0. 30%
	立式表箱水表	1 476 只	33. 13%	4. 92%
	其他位置水表	46 只	1. 03%	0. 45%
附属设施	表前后用户端阀门	765 个	57. 22%	0. 11%
	道路阀门(包括透气阀等)	33 个	2. 47%	0. 11%
	消防栓	515 个	38. 52%	4. 10%
	流量计	8 只	0. 60%	0. 80%
	压力表	16 只	1. 20%	20. 00%

表 2　施工及维修材料
Tab. 2　Construction and Maintenance Material

类别	具体内容	合计
维修数量	外协力量维修/次	1 019
	公司人员维修/次	6 729
	外部支援维修/次	262
维修及保温材料使用	消防栓/个	58
	水表/个	4 399
	阀门/个	607
	抢修节/个	224
	户改聚乙烯(PE)管材/m	8 760
	草包/个	7 520
	大保温板(500 mm×600 mm)/个	84 000
	小保温板(500 mm×300 mm)/个	17 500
	排气阀保温棉/m^2	2 100

表箱,工艺粗糙且不满足保温要求,未及时整改。

(2)维修备件分类、数量待细化。部分老旧型号阀门及接头、非常规抢修节、水表、配件等材料库存不足。保温物资短期集中采购激增,价格影响大,供应不及时。立式表箱门锁、管道井门锁、可锁阀钥匙不统一。

3　管道防冻保温的理论计算

3.1　防冻公式及相关参数

防冻层厚度 δ 与冻结时间 Z(当水在管道中静止不动,周围环境温度 t_0 又低于 0 ℃时,一段时间后管道中的水开始冻结的时间)的关系式引自《给水排水设计手册》[14],如式(1)。

$$\ln\frac{d+2\delta}{d}=5.37\lambda\cdot\left[\frac{KZ}{(G_1\cdot C_1+G_2\cdot C_2)\ln\dfrac{t_1-t_0}{t_2-t_0}}-R_1\right] \tag{1}$$

其中:d——管道公称直径,m;

δ——保温层厚度,m;

λ——泡沫橡塑导热系数,按 0.038 48 计;

K——支、吊架影响修正系数,室内取 1.2,室外取 1.25;

Z——冻结时间,h;

G_1——单位长度内水的重量,kg/m;

C_1——水的比热,按 4.186 计,kJ/(kg·℃);

G_2——单位长度管道的重量,kg/m;

C_2——管道材料的比热,kJ/(kg·℃);

t_1——管内水温,℃;

t_0——周围环境温度,℃;

t_2——水的终温,按 0 ℃计,℃;

R_1——保温层外表面到周围空气的放热阻力,(m·℃)/W。

由公式可知,冻结时间 Z 与管内水温 t_1、管径 d、管材性质(C_2、G_2)、保温层厚度 δ、周围环境温度 t_0 等参数有关,管材相关参数如表 3 所示。一般来说,白天用水频繁,供水管水流频繁且流速较大,周围环境相对较高;但在冬季夜晚 21:00—次日 7:00 的 10 h 内,建筑内用水量相对较少。在管内流速变缓且环境温度降低的情况下存在冻结可能。因此,一般要求冻结时间 Z 大于 10 h(600 min)。

表 3 管材相关参数

Tab. 3 Related Parameters of Pipe Materials

类型	参数	d=15 mm	d=20 mm	d=25 mm	d=50 mm	d=80 mm	d=100 mm	d=150 mm
钢管	G_1/(kg·m^{-1})	0.196	0.356	0.573	2.21	5.03	7.54	16.97
	G_2/(kg·m^{-1})	1.26	1.63	2.42	4.88	8.38	11.71	21.31
	R_1/[(m·℃)·W^{-1}]	0.34	0.32	0.30	0.20	0.16	0.15	0.10
薄壁不锈钢管	G_1/(kg·m^{-1})	0.172	0.278	0.445	1.870	4.197	7.636	18.626
	G_2/(kg·m^{-1})	0.230	0.290	0.490	1.241	2.788	3.741	9.747
	R_1/[(m·℃)·W^{-1}]	0.34	0.32	0.30	0.20	0.16	0.15	0.10
PE 管	G_1/(kg·m^{-1})	–	0.186	0.314	–	–	–	–
	G_2/(kg·m^{-1})	–	0.134	0.172	–	–	–	–
	R_1/[(m·℃)·W^{-1}]	–	0.32	0.30	–	–	–	–

注:本表数据引自《国家建筑标准设计图集》《给水排水设计手册》《全国民用建筑工程技术措施》以及计算得到。

3.2 管内水温计算考虑

管内水温由出厂水温决定。为得到准确水温,对 CH 水厂、HG 水厂和 LS 水厂的 4 年冬季(12 月及来年 1 月—2 月)出厂水温统计分析。冬季出厂水温变化不大,稳定在 6~12 ℃,均值约为 8 ℃[图 2(a)]。如图 2(b)所示,水温 7~9 ℃天数占绝对多数,8 ℃占比为 49.7%。为准确了解寒潮期间水温情况,统计了市区供水主力 LS 水厂的出厂水温,2020 年 12 月 29 日—31 日第一次严寒,出厂水水温骤降 5 ℃,从 11 ℃降到 6 ℃;2021 年 1 月 5 日—8 日第二次严寒,出厂水水温从 8 ℃降到 6 ℃后快速恢复,可见寒潮期间出厂水温基本稳定在 8 ℃[图 2(c)]。因此,t_1 按 8 ℃做后续计算。

进一步探讨 t_1 对 Z 的影响。以保温厚度为 4 cm 的 De25 PE 管为例,分析不同 t_1 对应的 Z。如图 2(d)所示,t_1 越低 Z 越小,管内水冻结风险越大。由表 4 可知,限定 Z 为 600 min,当 t_1 为 9 ℃时,De25 PE 管可抵御-5 ℃严寒;当 t_1 为 8 ℃时能抵御-4 ℃严寒;而 t_1 为 6 ℃时仅抵御-3 ℃严寒。

一般来说,对输水管、配水管埋深进行保温作用,可在一定程度上维持进户管内水温。因此,寒潮来袭时要重点关注自来水水温,当水温低于 8 ℃时,管道冻结风险会加大。

3.3 管道保温厚度的计算

3.3.1 小口径管道保温厚度计算

对于用户工程中常用的小口径供水管,无保温时仅数十分钟就会冻结;但随着保温层变厚,Z 逐渐上升,冻结风险明显降低(表 5)。因而,对于用户工程中常用小口径供水管,保温厚度应不小于 4 cm;但面临-4~-3 ℃严寒时,也仅抵御约 600 min。

3.3.2 管井及表箱保温要求

若完全依赖保温棉使小口径供水管的冻结时间达到 10 h,则所需保温层过厚。如图 3(a)所示,当 PE 管面临-5 ℃严寒,为满足冻结时间 10 h,保温所需厚度已达 4.46 cm;若面临-8 ℃以下严寒,所需厚度达数 10 cm。在实际工程中,保温厚度不可能无限加厚,既不经济也不实际。

以寒潮夜间采集到的 4 处立式表箱内温度(温度分别为-2.20、-0.66、-2.17、-1.44 ℃,均值为-1.617 5 ℃)作为环境温度反推 De25 PE 管所需保温厚度。如图 3(b)所示,当管道所在环境温度为-1.617 5 ℃时,保温厚度仅需 1.5 cm,这对于已做好 4 cm 保温的供水设施,几乎无冻结风险。当管道所在环境温度 t_0 从-5 ℃提高到-1 ℃时,冻结时间可由 568 min 提高至 1 307 min,约为原先的 2.3 倍[图 3(c)]。可见,若切实做好管道井、表箱保温,

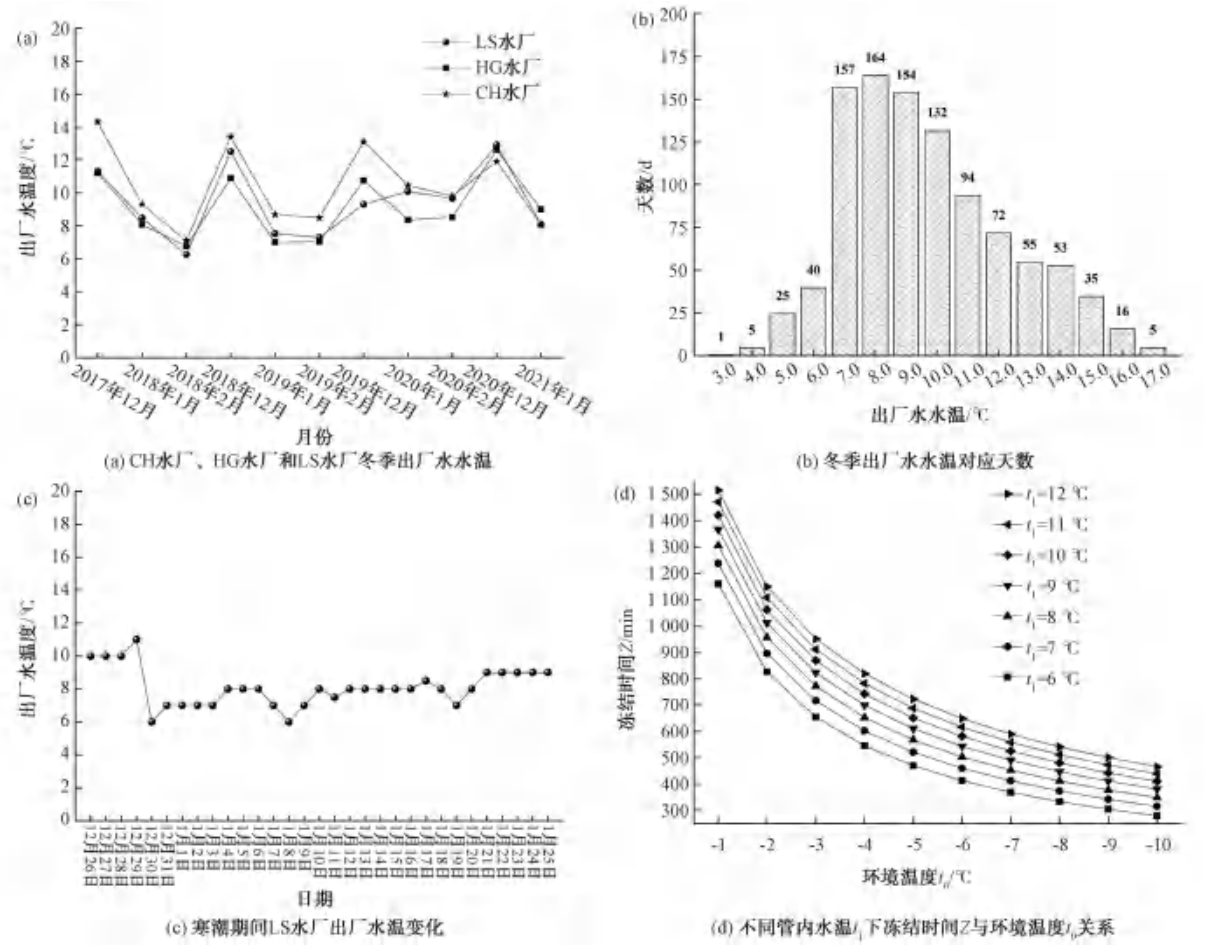

图 2　出厂水温统计分析

Fig. 2　Statistical Analysis of Finished Water Temperature

表 4　不同管内水温 t_1 下环境温度 t_0 与冻结时间 Z 的关系

Tab. 4　Relationship between t_0 and Z under Different t_1 in the Pipelines

t_0/℃	Z/min						
	t_1=6 ℃	t_1=7 ℃	t_1=8 ℃	t_1=9 ℃	t_1=10 ℃	t_1=11 ℃	t_1=12 ℃
−1	1 161	1 239	1 307	1 367	1 422	1 471	1 516
−2	827	896	957	1 012	1 062	1 108	1 150
−3	655	717	773	823	869	912	951
−4	547	603	653	700	743	783	820
−5	470	521	568	611	651	689	723
−6	413	461	504	544	582	617	649
−7	369	413	453	491	526	559	590
−8	334	374	412	448	481	512	542
−9	305	343	378	412	443	473	501
−10	280	316	350	381	411	439	466

表 5 在不同保温厚度 δ 下环境温度 t_0 与冻结时间 Z 的关系

Tab. 5 Relationship between t_0 and Z under Different δ

t_0/℃	Z/min(DN20 薄壁不锈钢管)					Z/min(De25 PE 管)				
	$\delta=0$	$\delta=10$ mm	$\delta=20$ mm	$\delta=30$ mm	$\delta=40$ mm	$\delta=0$	$\delta=10$ mm	$\delta=20$ mm	$\delta=30$ mm	$\delta=40$ mm
−1	44	505	775	966	1 114	54	567	888	1 122	1 307
−2	32	370	567	707	816	40	415	651	822	957
−3	26	299	458	571	659	32	335	525	664	773
−4	22	252	387	483	557	27	284	444	561	653
−5	19	220	337	420	485	24	247	386	488	568
−6	17	195	299	372	430	21	219	342	433	504
−7	15	175	269	335	386	19	197	308	389	453
−8	14	159	244	305	352	17	179	280	354	412
−9	13	146	224	280	323	16	164	257	325	378
−10	12	135	207	258	298	14	152	238	300	350

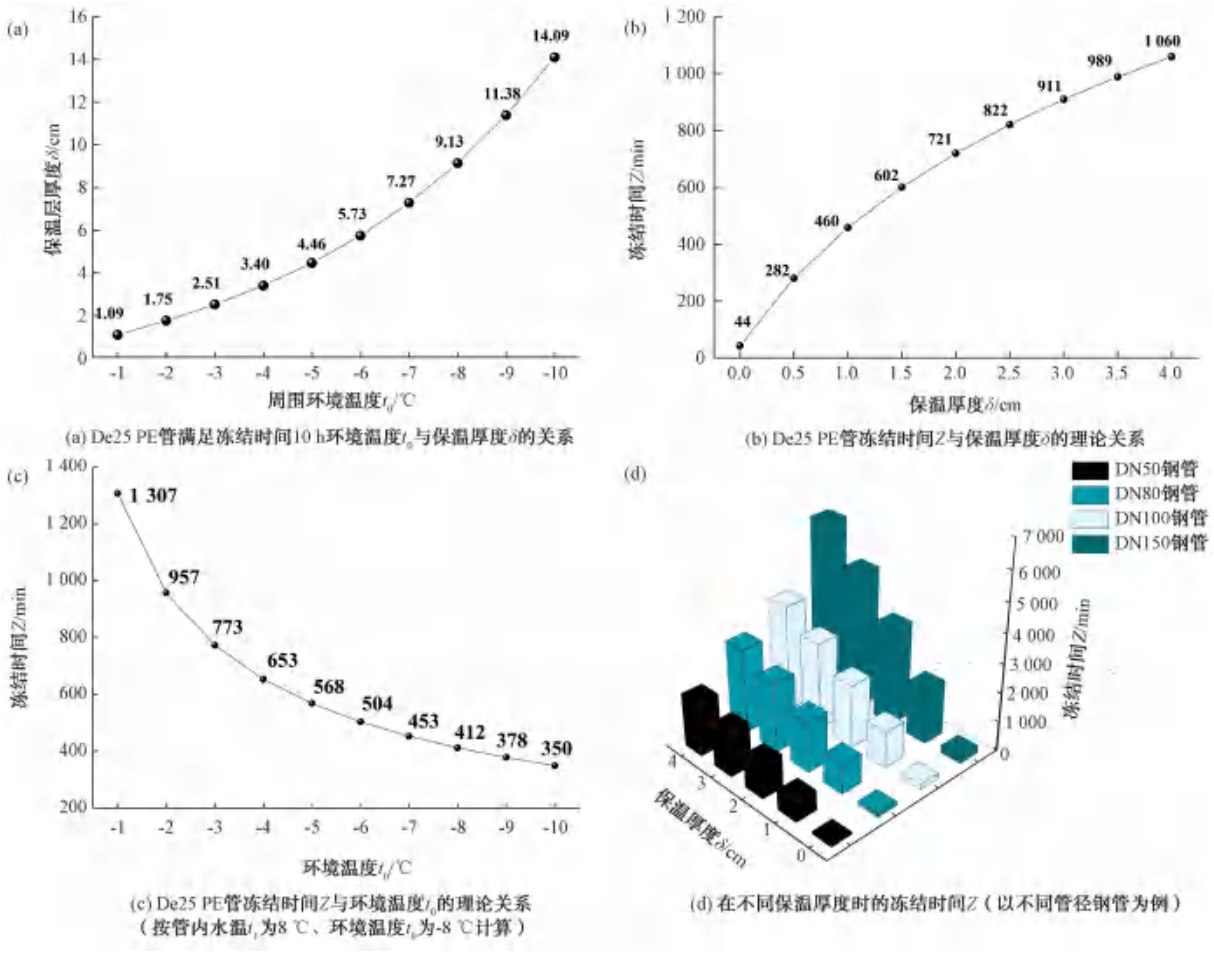

图 3 管井与表箱保温要求及大口径管道保温厚度计算

Fig. 3 Thermal Insulation Requirements of Pipe Well and Meter Box and Calculation of Thermal Insulation Thickness of Large Diameter Pipelines

可有效避免冻结现象。因此,供水管道在保温厚度为 4 cm 时,环境温度不得低于-3 ℃。在低于-3 ℃时,必须依托管道井及表箱综合保温措施,住宅主体设计单位应进行管道井保温计算,保障管道井内温度不低于-3 ℃。

3.3.3　大口径管道保温厚度计算

如图 3(d)所示,显然管径越大,冻结风险越小。相同条件下,DN150 钢管冻结时间约为 97.7 h(5 863 min),远大于 DN50 钢管的 30.0 h(1 861 min)。因此,工程中应尽量选择稍大管径。如表 6 所示,当管道井位于房屋核心筒时,管径较大的可适当降低厚度。DN50、DN80 钢管保温厚度可选 2 cm;对 DN100 及以上保温厚度可为 1 cm。

表 6　在不同管径钢管 d 下保温厚度 δ 与冻结时间 Z 的关系

Tab. 6　Relationship between δ and Z under Different d of Steel Pipelines

δ/mm	Z/min(钢管或厚壁不锈钢管)				
	d=50 mm	d=80 mm	d=100 mm	d=150 mm	d=200 mm
0	77	133	186	270	463
10	705	1 035	1 277	1 908	2 836
20	1 174	1 771	2 200	3 363	5 002
30	1 549	2 393	2 999	4 673	6 995
40	1 861	2 932	3 705	5 863	8 841

3.4　管材选择

目前,用户工程主要使用 PE 管、薄壁不锈钢钢管和钢管。为合理选择用户工程所用管材,对不同管材冻结时间分析对比。如图 4(a)所示,在同等保温厚度时的冻结时间是钢管>PE 管>薄壁不锈钢管。以保温厚度 4 cm 具体分析,DN20 钢管 Z 约为 10.22 h (613 min),DN20 薄壁不锈钢管 Z 约为 5.86 h (352 min),De25 PE 管 Z 约为 6.87 h (412 min)[图 4(b)]。因此,在管材选择上,建议使用保温性能更好的钢复合管。

4　防冻保温综合施策

4.1　制定冬季供水防寒保温应急预案

供水设施冻结爆管易致断水漏水,部分用户甚至数日无水,易引发群体事件。供水单位应当提前谋划,科学研判,针对制定寒潮应急预案,充分做好媒体宣传、信息调度、供水生产、运营保障、客户服务、物资供应等措施。对问题频发小区加强提醒,避免寒潮造成的各类损失,及时高效解决停水断水问题。打造“智能派单”,基于微信等新型平台,打造用户报修、维修接单、集团管理的一站式维修服务平台,涵盖报修、派单、接单、处理等功能。

4.2　提高防冻设计标准查找保温缺陷

设计上提升防冻保温标准,明确设计保温位置,新建供水设施按标准施工,确保管道井和表箱等处均有保温处理。老小区改造中水表箱优先选用地埋式;通过在箱内用黄沙或稻草回填保温、做好管道井

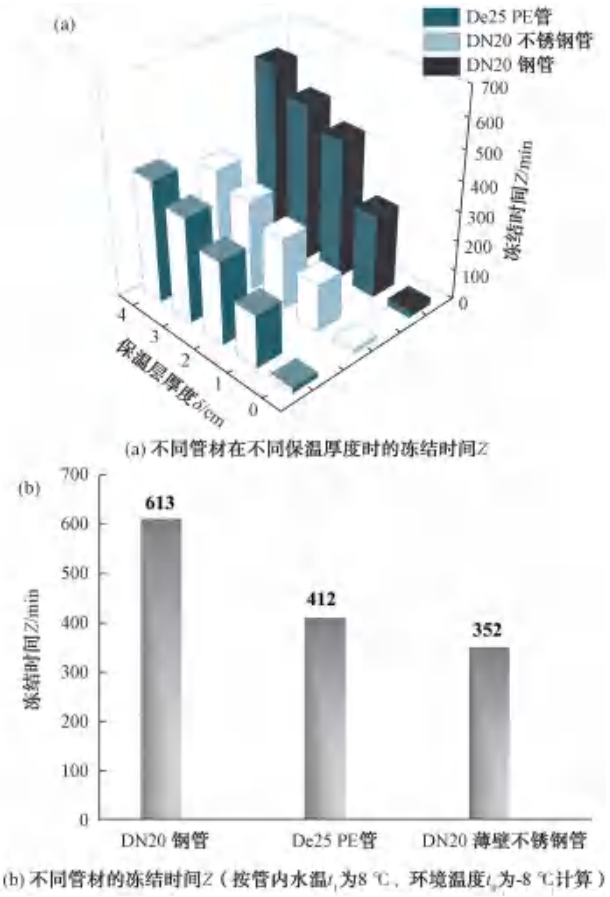

图 4　用户工程管材选择计算

Fig. 4　Calculation of Pipe Materials Selection for Consumers

封堵、在寒流来临前对立式表箱安装“保温罩”等措施,确保管道井、表箱内部温度始终不低于-5 ℃,可有效帮助供水设施抵御-10 ℃极寒天气。提供选用性能优越材料,升级内墙户改管材为热熔连接高密度聚乙烯(HDPE)管,使其耐寒变形性能更优,选用纯铜或铸钢丝口阀门。

4.3 严控施工验收强化管井表箱保温

严抓施工验收环节,加强隐蔽工程验收。加强排查力度,升级和整改现有损坏、变形的立式表箱。对管道井上下楼层间穿管套管未封堵的,验收不予通过。检查外墙管道接口、弯头、户改立式木门表箱、埋地水泥盖表箱等易冻易损坏处保温状况,修补整改损坏的保温设施。定期清除管道附属设备井、室、箱内的积水。对阀门、外丝缺失或损坏情况严重的小区,优先整改。周期换表时,对阀门损坏或缺失表前阀同步更换。

4.4 加强运维常态保障排空空关户

供水单位可利用抄表系统,统计两个月水量未发生的用户,与小区物业核对确定空关户(零用户)数量。在寒潮来临前组织专业队伍排空小区空关户管中存水。具体的,首先关闭小区总进水阀门,打开小区消火栓放水,充分排尽供水管中余水后再关闭空关户阀门。再次关闭消火栓,打开小区总进水阀恢复供水。等寒潮结束后,再次打开空关户的阀门。对于新建未接管小区,可直接排空。

4.5 试点老旧小区间隔供水减少冻结

当-8 ℃以下极寒天气来临时,对往年冻管户、空关户较多的老旧小区间隔供水,即早上 6:00—12:00、晚上 17:00—22:00 供水,可有效预防管道冻坏。除此以外,为维持进户管水温保证冻结时间大于 10 h,可鼓励用户滴水成线、夜间冲厕,利用小流量运行或冲厕将用户支管中接近冻结温度较低的水置换成来自配水管中较高水温的水,无形中延长冻结时间。

5 防冻保温措施的成效

2021 年 3 月,市水司从设计、施工、验收、材料、维保、应急 6 个方面总结工作存在不足,整合提升措施,形成具有综合指导性的防寒保供工作方案,全年累计投入整改费用约为 180 万元。在 2021 年拉尼娜现象来临前,提前组建志愿队伍,增设客服电话,加强媒体宣传,强化材料储备,组织人员培训,提醒指导物业。在工作中,老小区改造中水表箱设计均改为地埋表箱,并加盖厚 2 cm 柔性泡沫保温橡塑材料。对受冻的老小区外立面户改管道进行保温升级,保温板覆盖后用彩钢板封固并用发泡剂填堵缝隙保证密封。对易受冻户外立式表箱内衬加装 4 cm 厚保温棉,定制地下风口处供水管保温罩。同时选取入住率低、被冻严重、具备条件的小区等进行管道排空措施实战演练,最大限度降低寒潮影响。

如表 7 所示,经市水司全年努力与科学应对,在 2021 年末由拉尼娜现象导致的小寒潮中,用户来电明显减少,各类供水设施故障和维修情况同比下降 95.02%。相比于寒潮带来的巨量损失,尽管短期投资相对较高,但从全局考虑,市水司防冻保温综合施策具有较高的技术可行性、经济可行性和社会可行性,对整个长江中下游地区供水设施防冻工作具有较大的参考价值。

表 7 两次寒潮报修对比

Tab. 7 Comparison of Repair Reports between Two Cold Waves

类别	2020 年末寒潮合计/个	2021 年末寒潮合计/个	同比下降
管道维修	3 897	337	91.35%
水表故障	4 455	12	99.73%
附属设施	1 337	109	91.85%
外协维修力量	1 019	75	92.64%

注:2021 年末寒潮合计统计数据为 2021 年 12 月 25 日—12 月 29 日的小寒潮期间各类报修情况。

6 结论

本文从制定应急预案、提高防冻设计标准、强化施工验收、加强运维常态保障等方面提炼总结,探讨寒潮影响下城市供水管道设施防冻保温措施,以期对长江中下游地区有所借鉴。得出以下简要结论。

(1)制定应急预案。供水单位提前谋划,成立协调高效运行的防寒应急领导小组,充分做好媒体宣传、信息调度、人员培训、供水生产、运营保障、客户服务、物资供应等措施,制定寒潮应急预案。

(2)提高设计标准。明确设计保温位置,确保管道井和表箱等处均有保温处理。老小区改造中水表箱优先选用地埋式;升级内墙户改管材为热熔连接 HDPE 管,使其耐寒变形性能更优。

(3)强化施工验收。重点检查管道井供水设施保温是否按图纸施工,加强隐蔽工程验收,提高验收标准,不达标不予验收接管。

(4)加强运维保障。对所有户改管道及附属设

施普查;对立式表箱设计定制“保温衣”;对结构设计为不封闭连廊的小区物业发放整改建议书;对供水设施抗寒能力较差的老旧小区予以重点巡查和关注。

有效解决寒潮期间供水管道防冻问题,对保障人民群众的正常生产生活具有十分重要的意义。除了设计、施工验收和常态运维上严格把控外,保证管道本体保温情况下,更要注重管道井、表箱保温工作,对保温薄弱的老旧小区试点间隔供水,对新建未移交小区及空关户采用排空方式来综合施策。

参考文献

[1] EISLER B, MCKEE M. Analysis and solutions for warm-up of insulated offshore arctic pipelines during winter construction[C]. Houston: OTC Arctic Technology Conference, 2011. DOI: 10.4043/22088-MS.

[2] GUAN S W, BACON T, BREDELI T F, et al. Novel thermal insulation systems for deepwater and arctic pipelines based on styrenic alloys[C]. Busan: The Twenty-Fourth International Ocean and Polar Engineering Conference, 2014.

[3] KOURETZIS G P, KRABBENHØFT K, SHENG D, et al. Soil-buried pipeline interaction for vertical downwards relative offset[J]. Canadian Geotechnical Journal, 2014, 51(10): 1087-1094. DOI: 10.1139/cgj-2014-0029.

[4] 黄丽. 管道保温材料的发展及其选择依据[J]. 辽宁化工, 2021, 50(5): 675-676.
HUANG L. Development and selection basis of pipeline insulation materials[J]. Liaoning Chemical Industry, 2021, 50(5): 675-676.

[5] 王杉. 多年冻土区长输管道防冻保温技术探讨[J]. 石化技术, 2020, 27(6): 348-349.
WANG S. Discussion on antifreezing and thermal insulation technology of long-distance pipeline in permafrost region[J]. Petrochemical Industry Technology, 2020, 27(6): 348-349.

[6] 马军卫. 低温环境供水管道防冻解决方案[J]. 设备管理与维修, 2021(3): 142-144.
MA J W. Antifreeze solution for water supply pipeline in low temperature environment[J]. Equipment Management and Maintenance, 2021(3): 142-144.

[7] 金亚飚. 北方寒冷地区工业给排水系统防冻设计探讨[J]. 给水排水, 2015, 41(7): 51-54.
JIN Y B. Discussion on antifreezing design of industrial water supply and drainage system in northern cold regions[J]. Water & Wastewater Engineering, 2015, 41(7): 51-54.

[8] 王赛. 严寒地区农村供水管道保温浅埋可行性研究[D]. 长春:吉林建筑大学, 2018.
WANG S. Feasibility study on thermal insulation and shallow burial of rural water supply pipeline in severe cold areas[D]. Changchun: Jilin Jianzhu University, 2018.

[9] 李东梅, 聂治盟, 王英志. 北方某城市地铁高架车站管道防冻保温技术分析[J]. 低温建筑技术, 2020, 42(9): 104-106.
LI D M, NIE Z M, WANG Y Z. Analysis on the anti-freezing and thermal insulation technology of the pipeline in a subway elevated station in a northern city[J]. Low Temperature Architecture Technology, 2020, 42(9): 104-106.

[10] 余林. 高寒山区农村饮水安全管道保温及运行管理防冻措施分析[J]. 水利技术监督, 2020(6): 138-141.
YU L. Analysis on thermal insulation and operation management of rural drinking water safety pipeline in alpine mountainous areas[J]. Technical Supervision in Water Resources, 2020(6): 138-141.

[11] 张立尖, 黄智峰, 黄鑫. 居民小区二次供水设施防冻保温能力评价[J]. 净水技术, 2020, 39(7): 182-186.
ZHANG L J, HUANG Z F, HUANG X. Evaluation of anti-freezing and thermal insulation capacity of secondary water supply facilities in residential communities[J]. Water Purification Technology, 2020, 39(7): 182-186.

[12] 卞云娟. 城市供水设施防冻设计标准过低——寒潮应对措施和经验教训[J]. 城市建筑, 2016(6): 424-424.
BIAN Y J. The anti-freezing design standard of urban water supply facilities is too low——Cold wave response measures and lessons learned[J]. Urbanism and Architecture, 2016(6): 424-424.

[13] 潘婷婷, 吉海娜, 肖健, 等. 给水立管的抗低温性能试验分析[J]. 净水技术, 2021, 40(5): 97-102.
PAN T T, JI H N, XIAO J, et al. Experimental analysis of low temperature resistance of water supply riser[J]. Water Purification Technology, 2021, 40(5): 97-102.

[14] 中国市政工程西南设计研究院. 给水排水设计手册(第1册): 常用资料[M]. 2版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
Southwest Municipal Engineering Design & Research Institute of China. Water supply and drainage design manual (Volume 1): Common data[M]. 2th ed. Beijing: China Construction Industry Press, 2000.