华东某镇供水管网排气措施调查与分析

袁文麒[1,2]　刘遂庆[1,2]

(1 同济大学环境科学与工程学院,上海　200092; 2 同济大学污染控制与资源化国家重点实验室,上海　200092)

摘要　对华东某市郊区NQ镇供水管网排气措施、管网中气体的产生量以及管网存气造成的危害进行调查与分析,调查结果表明管网中气体产生量变化规律不明显,排气装置选型和安装位置等方面存在不足,管网存气会造成动力消耗增加和爆管等危害。针对乡镇供水管网排气措施存在的问题提出了相关建议。

关键词　乡镇供水管网　供水桥管　气体量测试　排气阀　选型　安装

供水管网首次通水或因故停水管道放空后再次使用,管道流量调节过快,水泵吸水管和叶轮内因运行产生的负压,以及水在流动过程中气体的释放,都能使管道中产生气体[1]。水中的气体随水流运动,在重力和水流冲力共同作用下,聚集在较平缓下坡(对水流而言)段管道顶部,或存在于起伏管道的隆起处[2]。根据对管道爆管原因分析,管道存气诱发水锤是爆管发生的主要因素[3]。此外,管网存气还增加了供水动力消耗。因此,管网中气体的有效排除,对供水管网安全、节能运行具有重要意义。本文以华东某市郊区NQ镇为对象,对供水管网的排气状况、管网中气体的产生量以及管网排气不畅造成的危害进行调查与分析,指出目前乡镇供水管网排气措施存在的不足,并提出相关建议。

1　供水管网排气措施现状调查与分析

NQ镇位于华东东南沿海某市郊区,该镇面积约为72 km^2,供水量为12万m^3/d,服务人口24万。

1.1　供水桥管现状

由于管道中的气体易在管道的隆起处积聚,因此对供水管网中的桥管现状进行调查。该镇现有各管径桥管162座,各管径桥管数量、平均长度和高度如表1所示。可以看出,桥管直径为*DN*150~ 1 600不等。各管径桥管中,*DN*600桥管数量最多,为48座,占该区域所有桥管数的29.6%;其次为*DN*300桥管,为25座,约为15.3%。

供水桥管的形式主要有拱形桥管和45°桥管两种。桥管形式不同,管道中存气位置以及气体存在状态可能不同。根据对桥管形式的调查,该镇供水桥管全部为45°桥管,没有拱形桥管存在。

表1　各管径桥管个数、平均长度和高度

管径	桥管数量/座	桥管平均长度/m	桥管平均高度/m
*DN*150	2	16.0	1.5
*DN*200	9	17.6	2.2
*DN*300	25	26.7	2.4
*DN*500	21	31.2	4.7
*DN*600	48	29.3	3.4
*DN*800	17	27.7	5.4
*DN*1 000	11	35.8	6.8
*DN*1 400	17	26.1	3.6
*DN*1 600	12	29.7	5.8

1.2　排气措施现状

一般认为,供水管网常用的几种排气方式主要有:深井通气、手动排气阀排气、利用配水支管排气和自动排气阀排气[1]。NQ镇供水管网排气措施包括采用安装手动排气阀和自动排气阀。排气阀的安装个数为151个,安装率为93.2%。供水管网中,未在所有隆起管道顶端安装排气装置,管网其他部位未设置排气措施。排气阀口径及其个数如表2所示。

表2　排气阀安装口径及个数

口径	个数	口径	个数
*DN*50	28	*DN*100	84
*DN*80	7	*DN*200	32

现有已安装的排气阀中,手动排气阀占40.4%,其余为浮球式自动排气阀。手动排气阀是通过在桥管中连接一个装有手动闸阀的短管,当预计管道中

“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAJ08B03)。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

有气体时将其开启, 平时处于关闭状态。浮球式自动排气阀处于正常运行状态。

两种排气阀在桥管上的安装位置不同。手动排气阀安装在桥管顶端水平管段的任意一侧, 以便操作方便; 安装时不考虑桥管中的水流方向。浮球式自动排气阀安装在桥管顶端水平管段的中间, 以免遭受人为破坏。

2 管网中气体产生量测试

2.1 测试装置及方法

管网中气体产生量测试通过在正常运行的供水桥管上安装测试装置, 测定供水管道在正常运行过程中产生的气体量。测定桥管位于产水能力为 5 000 m^3/d 的镇级水厂主输水管线上。管道直径 *DN* 300, 距离水厂管道约 500 m, 桥管长度为 72 m, 桥管高度 4.7 m。

在桥管上安装积气体积桶、流量计、压力表, 如图 1 所示。积气体积桶安装在桥管水平管段水流下游位置, 采用定制的圆形钢筒, 并配备带刻度的玻璃管以测定体积桶内液位高度, 体积桶外设置彩钢板防护箱, 以便对设备进行保护; 压力表采用 0.4 级高精度压力表; 流量计采用高精度机械流量计。

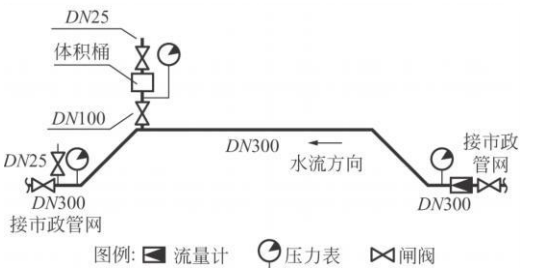

图 1 气体产生量测试装置

测试分三个阶段进行: 第一阶段为 2008 年10~11 月; 第二阶段为 2009 年 1~ 2 月; 第三阶段为 2009 年 4~ 6 月。

测试过程中, 始终使积气体积桶下端阀门处于开启状态, 以使供水管道在运行过程中所产生的气体在通过积气桶时进入桶内。读取玻璃管液位高度, 以确定钢筒内气体体积量变化, 从而测定正常运行供水管道内气体的体积量。由于气体是可压缩流体, 压力、温度的变化都会使气体体积发生改变, 因此在测定气体体积量的同时测定该处的压力和温度, 根据理想气体方程, 将气体量折算成标准状况下(即 20 ℃, 一个标准大气压时) 的气体体积量。积气体积桶外的彩钢板防护箱可有效避免太阳直射, 防止体积桶中温度分布不均。

2.2 测试结果及分析

经测定, 通过该桥管的平均流量为: 1 660.3 m^3/d; 管道中的平均流速为 0.27 m/s; 测试过程中, 流量变化情况。运行三阶段中, 各季节供水流量变化不大, 保持在平均值附近。通过桥管的水流流速较低, 这有助于气液分离, 使管道中存在的气体聚集到积气桶中。

对供水管道中气体产生量进行累积测定, 计算得标准状况下每日进入积气桶中的气体体积量; 平均每日进气量与该日平均流量的比值, 即为通过单位流量水所产生的气体量。根据测定, 管道中平均每日进入的气体量为 2 633 L; 平均单位流量水产生标准状况下的气体约 1.6 mL/m^3。供水管网运行中确实存在气体的产生与积聚, 日平均单位水量产生的气体量变化规律不明显。

3 管网存气危害调查与分析

根据调查, 供水管网排气不畅造成的危害主要有: 引发爆管事故、增加动力消耗。

3.1 爆管事故调查与分析

FC 片区位于 NQ 镇南部, 该片区通过一根 *DN* 300 管道连接中心区供水管网。该区域管材主要为铸铁管, 管径为 *DN* 100~ 300。该区域桥管处安装手动排气阀和浮球式自动排气阀。2005~ 2008 年抢修记录显示此四年的爆管抢修次数分别为 5 次、7 次、13 次和 15 次, 该片区爆管抢修次数呈增长趋势。

管道爆管频率增加的原因除管道材料、外界条件等因素外, 爆管抢修造成气体进入管网, 也是造成爆管原因之一。管道爆管抢修后, 排空管道充水过程虽进行排气, 但由于该过程中气水相互掺混, 现有的排气措施未能有效排除管道中的气体。气体随水流动时, 由于管道条件的改变而发生聚合形成气团。管道水流速度的改变造成气团两端压差的变化, 对气体体积产生影响, 气体体积的改变又作用于管道水流速度, 造成管道中压力的急剧升降, 从而引发水锤造成更高频率的爆管事故。

2009 年 9 月对该片区完成桥管排气措施改造后, 至今爆管事故明显减少, 仅发生 3 起, 且均为人

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

为施工原因。

3.2 增加动力消耗调查与分析

H 公路沿线一根新投入使用的 DN500 输水管道。距离水厂约 600 m 处有一座过河桥管, 其高为 2.8 m, 长为 27.5 m。桥管中间设置浮球式自动排气阀, 桥管下游设置压力监测系统。运行过程中, 该输水管道的平均流量为 8 220 m^3/ d, 水厂至桥管下游监测点平均水头差为 4.1 m。根据水力计算该管道水头损失过大。经过多次现场踏勘排除了管线阀门等因素对水头损失的影响, 认为管道排气不畅造成水头损失增大。通过工程措施对桥管管道进行有效排气后, 压力水头平均提高了 2.5 m。

运行过程中由于排气不充分, 管道中的气体随水流在管道隆起处积聚, 造成更大的水头损失。水头损失增加的原因为: 摩擦压降和重位压降的增加。管道中气体的存在使管道截面减小, 水流流速增大, 增加了摩擦损失。此外, 下降管段中气体的存在造成该管段静压的减少, 下降管段所回收的压能不能完全补偿上升管段升举流体所消耗的能量, 从而造成重位压降。

4 排气措施存在的问题及建议

根据以上的调查与分析, 有必要增强供水管网排气措施的建设。针对 NQ 镇管网排气措施存在的问题, 提出以下建议。

4.1 排气装置类型选择

目前, NQ 镇所使用的排气装置主要分为两类: 手动排气阀和浮球式自动排气阀。手动排气阀的特点是简单、建造成本低, 但是它的作用非常有限。当管道内气体呈多个气团存在时, 手动排气阀在排出第一个气团关闭后, 不再具备排气功能, 而此时管道中仍可能存在大量气体。因此, 这类排气阀建议不宜使用。

当水流流入浮球式自动排气阀后, 浮球浮起顶托排气孔, 阻止水流从排气孔流出, 排气孔关闭。供水管网运行过程中, 当水流携带气体再次进入排气阀时, 虽然排气阀中浮球不再受浮力作用, 但由于管道内外压差, 浮球将继续顶托排气孔, 排气阀功能可能失效。微孔排气口直径很小, 虽然可能在少量气体进入排气阀时浮球跌落进行排气, 但其排气效率有限, 对于大口径管道仍然十分危险。

针对浮球式自动排气阀存在的问题, 目前国内常见的另一类自动排气阀为气缸式排气阀。它是利用浮筒杠杆等装置控制气缸内启动膜片动作, 从而使排气阀的排气口启闭。该排气阀是全压高速排气阀, 在任何压力和水流状况下, 只要管道中气体进入排气阀, 就能有效排气, 可连续多次大量排气。该排气阀因口径大, 排气速度高, 并且在任何情况下均可高速排气, 大量实践证明, 这类排气阀可最大限度地满足设计要求, 对输水管道尤其是大型输水管道顺畅排气、防止爆管和运行稳定的作用非常明显。

4.2 排气装置安装位置

目前 NQ 镇桥管的排气阀安装率为 93.2%, 并未在所有桥管上安装。其中, 手动排气阀的安装位置具有随意性, 主要是考虑操作方便, 安装在桥管的任意一头; 自动排气阀安装在桥管隆起水平管道中间。

由于管道中的气团受到水流推力及浮力的共同作用, 易聚集在下游倾斜下降管段靠近隆起水平管段附近。此外, 压降主要发生在存气的倾斜下降管段, 因此对倾斜下降管段气体的排除需要特别注意。排气阀安装时, 应根据管道中的水流方向进行确定安装位置, 考虑到施工方便, 以安装在隆起水平管段与倾斜下降管段连接处为宜, 如图 2 所示。

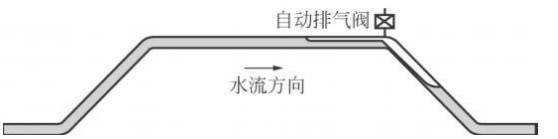

图2 自动排气阀安装位置

需要指出的是: 排气装置除了在桥管上需要安装, 在正常的供水管道上也需要安装。根据工程经验[4], 对于平坦管道, 坡度 ≤D/ 1 000 时, 应每隔 0.5~ 1 km 设置一处排气装置; 坡度 ≤D/ 100 时, 应每隔 1~ 1.5 km 设置一处排气装置; 坡度再大时, 可考虑 1.5~ 3 km 设置一处排气装置; 当坡度大于 D/ 10 时, 可仅在高点处设置排气装置; 多起伏管道, 应在各高点处设置排气阀。

5 结论

本文对 NQ 镇供水管网排气措施进行调查与分析, 对管网中产生的气体量进行了测定, 根据调查结果指出管网排气中存在的不足, 并提出了相关建议。

(1) 该镇供水管网排气措施采用在供水桥管上安装排气阀, 桥管排气阀安装率为 93.2%; 桥管排气阀选用类型为手动排气阀和浮球式自动排气阀。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

PCCP 管用于长距离输水工程的探讨

张亚平　张洪光

(中国建筑科学研究院, 北京　100013)

摘要　目前国内长距离输水工程中已多次使用直径 3 000~ 4 000 mm PCCP 管, 在设计方面存在许多问题值得探讨。列举了 PCCP 管用于长距离输水工程时需要特别注意的设计内容, 探讨了管道试压方法、试验管段的划分和采用阀门替代管段两端堵头等问题。

关键词　长距离输水　PCCP 管　水压试验　试验管段　阀门　水锤

预应力钢筒混凝土管道(PCCP 管) 已在我国一些大型输水工程中得到广泛应用, 如南水北调中线北京段应急供水工程采用 2 根直径 4 000 mm 的 PCCP 管 80 km, 山西万家寨引黄连接段给水工程使用直径 3 000 mm 的 PCCP 管 43.2 km, 深圳东部引水工程使用直径 2 600 mm 的 PCCP 管 17.3 km, 哈尔滨磨盘山引水工程使用直径 2 200 mm 的 PCCP 管 134 km, 辽宁大伙房水库输水(二期) 工程使用直径 3 200 mm 的 PCCP 管道。

虽然 PCCP 管在国内已经得到一些应用, 但几乎每个设计单位都是在探索中前进。在一些特大型输水工程设计及施工过程中, 水压试验管段划分和用阀门作为打压堵头等一些实际做法不符合《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—2008) 要求。为了大家少走弯路, 满足工程实际需要, 现总结一些经验供设计同行参考。

1　管道工程的设计内容

管道工程设计除参考建设部"市政公用工程设计文件编制深度规定"外, 还应注意以下几点:

(1) 在长距离 PCCP 管输水工程中, 由于工程地质条件复杂, 管件均是工厂化机制产品, PCCP 管具有半柔性接口、管件大、管材重等自身特点, 因此, 对设计图纸的质量提出了更高的要求。设计工程师必须给出技术可行、经济合理的设计方案, 并对管件供应商、施工单位、运营单位提出明确、具体的要求才能满足工程的实际需要。

设计工程师不仅要根据工程的具体情况绘出输水管线总平面图、纵断面图、局部详图、附属构筑物详图、机械设备安装图等, 还要再给出详尽的材料明细表。也就是不但要在管道纵断面和平面图上给出

(2) 根据对管网中气体产生量的测试, 供水管网运行过程中确实存在气体的产生与积聚; 标准状况下, 产生的气体量约为 1.6 mL/m^3 水流; 日平均单位水量产生的气体量变化较大, 规律性不明显。

(3) 供水管网排气不畅造成的主要危害有引发爆管事故, 动力消耗增加。因此, 供水管网的有效排气, 对管网安全、经济运行具有重要意义。

(4) 手动排气阀建议不宜使用; 根据对浮球式自动排气阀结构分析, 该类型排气阀不具良好的排气作用, 建议更改其他类型的自动排气阀; 排气阀的安装位置应根据水流方向进行确定, 以使其更有效地排除气体; 平坦管道的排气措施也应引起重视。

参考文献

1　杨玉思, 张世昌, 付林. 有压供水管道中气囊运动的危害与防护. 中国给水排水, 2002, 18(9): 32~ 33

2　米海蓉. 长距离压力输水管道排起问题的研究. 黑龙江水利科技, 2006, 34(3): 67~ 71

3　张玉先, 陈欣, 张硕, 等. 常州市大口径输水钢管爆管原因与对策研究. 给水排水, 2006, 32(7): 89~ 93

4　张彦平, 气缸式排气阀在输水管线改造中的应用. 中国给水排水, 2007, 23(4): 23~ 25

¤　通讯处: 200092 上海市杨浦区密云路 528 弄博士生 4 号楼 1404-4 室

电话: 13818463285

E-mail: bluer_und@163.com

收稿日期: 2009-10-20

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net