

新型分瓣式柔性穿墙防水套管的研制与应用

李保华¹, 王宏伟¹, 冯琳²

(1. 辽宁省水资源管理集团有限责任公司, 辽宁 沈阳 110166; 2. 辽宁省水文局, 辽宁 沈阳 110003)

摘要: 原建设部批准的穿墙防水套管图集02S404中套管直径适用范围为DN50~DN1000, 对防水套管外径超过图集范围时仅指出“应注意对防水套管的结构形式、尺寸及缝隙内的填料等进行必要的调整和修正”。辽宁省某重点输水工程采用大口径高压管道进行输水, 根据工程实际需求, 对DN3200~DN3800口径防水套管的结构形式进行了研究改进, 提出了分瓣式柔性穿墙防水套管的设计思路, 并在工程中应用, 取得了良好的效果。

关键词: 分瓣; 柔性; 止水橡胶圈; 防水套管

中图分类号: TU74

文献标识码: B

文章编号: 1672-2469(2018)06-0078-04

1 概况及工程需求

1.1 防水套管设计与应用现状

地下给排水管道穿越配水阀井(室)、检修阀井(室)、流量计井(室)时, 为满足防水需要、适应不均匀沉降和检修方便, 一般在穿越构筑物外墙墙体处采用防水套管。防水套管常规按原建设部建质[2002]236号文批准施行的防水套管标准图集(图集号02S404)并根据实际需要, 选用刚性防水套管或柔性防水套管。该图集适用于民用及一般工业建筑、市政给水排水工程构(建)筑物。主要内容包括柔性防水套管、刚性防水套管、刚性防水翼环的做法。图集对防水套管的特点、选用方法、加工、防腐、安装等作了详细介绍。按图集所给规格, 柔性防水套管直径为DN50~DN1000, 刚性防水套管直径为DN50~DN450。当防水套管的外径超出图集范围, 该图集要求“应注意对防水套管的结构形式、尺寸及缝隙内的填料等进行必要的调整和修正。”图1为柔性防水套管基本结构。

1.2 工程实际需求

辽宁省某重点输水工程的防水套管主要用于配水站干线配水阀室、检修阀井、流量计井、道路穿越检查井等构筑物, 主要直径规格为DN3200、DN3400、DN3600、DN3800等, 超出02S404防水套管标准图集所给最大规格的3~4倍, 工程使用数量500余个, 防水套管对应的DN3800及以上直径的内穿钢管按SL432-2008《水利工程压力钢管制造安装及验收规范》标准制造; 对应的DN3600及

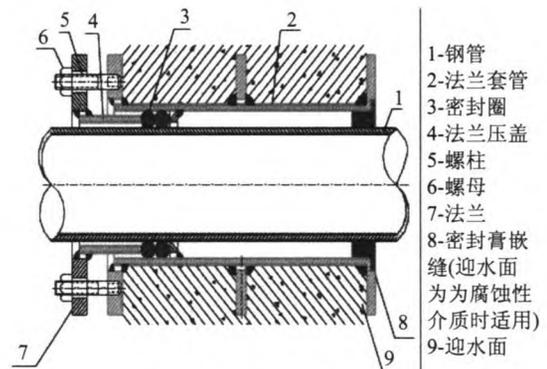


图1 柔性防水套管结构及安装图

以下直径的内穿钢管按SY/T5037-2000《低压流体输送管道用螺旋缝埋弧焊钢管》标准制造。按工程使用防水需要, 应选柔性防水套管, 如果参照02S404防水套管标准图集进行选用, 为达到防水效果, 制造时应应对法兰套管和法兰压盖进行机械加工, 防水套管与内穿管道制造公差需良好配合。安装时, 将防水套管套在内穿管道上, 与内穿管道整体安装, 再浇筑井室墙体; 或先安装防水套管, 浇筑井室墙体后再安装内穿管道。由于加工精度要求高, 单体用钢量大, 单位重量造价偏高(按2013年询价, 8000~9000元/t), 安装配合难度大, 安装过程易损伤内穿管道防腐表面。因此, 有必要结合本工程需要开发一种结构简单、安装方便、用钢量小、机械加工量少、造价低廉、防水效果良好的防水套管来适合本工程规格大、用量多的需要。

收稿日期: 2018-01-31

作者简介: 李保华(1966年—), 男, 教授级高级工程师。

2 新型穿墙防水套管研制

2.1 研制思路

基于工程实际考虑，穿越地下构筑物防水套管须适应以下条件：

(1) 直径 ≤ DN3800 内穿直缝钢管制造周长、圆度允许公差范围分别为 ±12mm、30mm，直径 ≤ DN3600 内穿螺旋钢管制造直径允许公差范围为 ±1.0%，防水套管应有满足内穿管道制造直径(周长)和椭圆度允许偏差变化的能力。

(2) 柔性变形量应满足随内水压力变化管道周长变化的能力。

(3) 大形输水管道在穿越各种阀门井室时，为保证阀门安装精度，一般采用先安管道后浇筑井室墙体的方式，防水套管应能满足管道安装后再安装，以利其与墙体和管道均能良好配合，满足防水要求。

(4) 还应满足重量轻、结构简单、制造和安装方便等条件。基于以上要求，设想按两个半圆制作，采用了如图 2、图 3 所示结构形式。

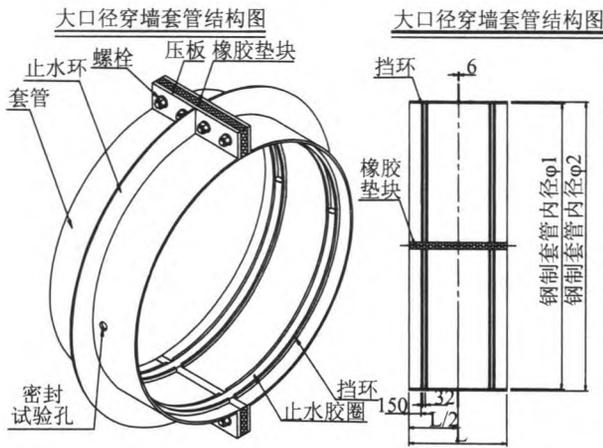


图 2 新型防水套管结构图

2.2 结构设计

(1) 防水套管主体采用钢板焊接结构，其中套管采用 δ=8 钢板，宽度同所穿墙厚；止水环焊于套管上，采用 δ=6 钢板，环高 100mm；套管内设置止水胶圈两道，每道止水胶圈用焊于套管内壁的两个挡环定位。

(2) 两个挡环间距 32mm，挡环截面尺寸 8mm × 13mm(宽 × 高)；止水胶圈直径 φ25mm。

(3) 套管分瓣压板通过 M8 螺栓连接，压板采用 δ=16 钢板，高 100mm；压板间设置 45mm 厚橡胶垫片。

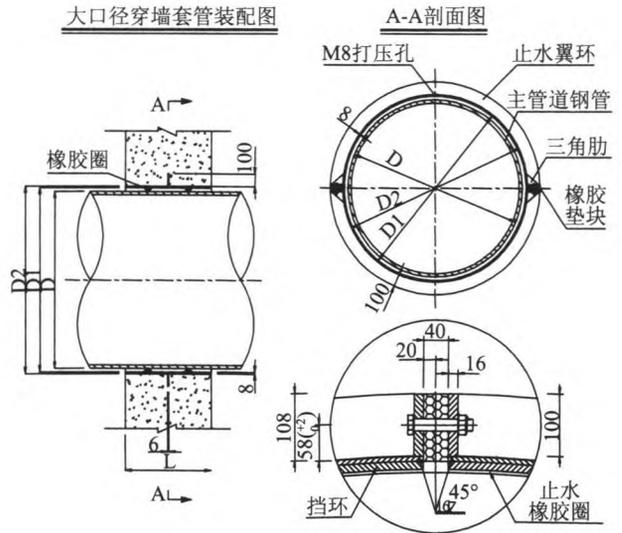


图 3 新型防水套管安装图

(4) 压板与防水套管管体设置三角肋，采用 δ=8 钢板。

(5) 穿墙套管内径与外径应结合主管道钢管外径的实际值进行调整，其误差等于主管道钢管外径误差

(6) 橡胶垫块邵氏硬度：A 型硬度为 35 ~ 45；止水橡胶圈邵氏硬度：A 型硬度为 50 ~ 65。

(7) 套管安装完毕后进行 0.1MPa 打压试验，采用气压方式，打压结束后用 M8 螺栓封堵打压孔。

(8) 防水套管防腐采用环氧煤沥青防腐涂料。

3 试生产与结构调整(以 DN3800 防水套管为例)

3.1 试生产装配

3.1.1 试生产

(1) 数控切割出防水套管两片瓦片钢板并在卷板机上卷成半圆形，压板、三角肋、止水翼环及挡环也通过数控切割以保证精度。压板平均每 200mm 冲眼，共 4 个。

(2) 按图 4 所示，将压板与瓦片对接后采用熔透焊接，之后加装三角肋固定。下一步将套管两瓣通过压板用 M8 螺栓连接后进行矫圆，矫圆后再进行止水橡胶圈挡环及止水翼环的组对焊接。挡环及止水环分成 1/4 圆周生产，测量划线后焊接到指定位置并打磨掉表面的毛刺。

3.1.2 装配安装

与传统防水套管相比，分瓣式防水套管需要将防水套管套在内穿管道上，再进行整体安装，否

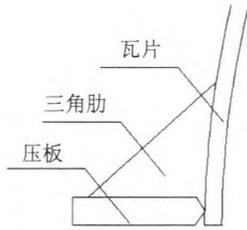


图4 压板与瓦片连接图

则，内穿管道将很难穿过止水橡胶圈并且防腐层也极易损伤。

安装过程利用简易钢支墩，将防水套管一瓣放置于支墩上，在内穿管道外壁测量划线标出止水橡胶圈放置位置，然后将止水橡胶圈套到划线标示部位，之后将管道缓缓放置在防水套管上，确保橡胶圈进入挡环槽内。调整完毕后将另一瓣防水套管放置于管道上。上下瓣防水套管对接完毕后，安装压板处高强螺栓，紧固完毕后进行打压试验，如图5所示。

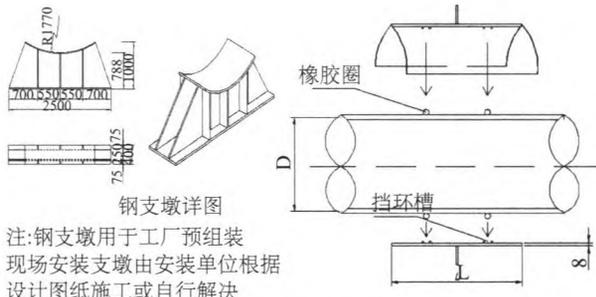


图5 防水套管安装支墩及装配示意图

3.2 问题及解决方法

至此，上述试生产安装过程中已暴露了一些问题：

(1) $\phi 25\text{mm}$ 止水橡胶圈与挡环槽之间吻合度欠佳。压板处螺栓紧固量小，无法将防水套管两瓣紧密连接。

此问题是由于止水橡胶圈尺寸选择与挡环槽的尺寸不匹配造成。止水橡胶圈具有良好的弹性和压缩比率，应对其尺寸进行优化调整。

首先，计算套管挡环空间。见表1，根据计算结果，要使止水橡胶圈顺利安装进入挡环槽内并填满钢管与套管内空间，止水橡胶圈外径应小于32mm，体积应大于 640mm^3 ，据此得出橡胶圈外径区间29~31mm，并根据安装时聚异戊二烯止水橡胶圈的压缩表现拟采用 $\phi 30\text{mm}$ 止水橡胶圈。此时，止水橡胶圈与挡环槽形象见图6所示。

表1 防水套管止水挡环槽内空间计算

管型	内穿钢管外径 /mm	套管内径 /mm	钢管与套管单侧间距 /mm	钢管与套管挡环内空间 /mm ³	挡环槽间距 /mm	挡环体积 /mm ³
DN3200	3220	3260	20	640	32	416
DN3400	3420	3460	20	640	32	416
DN3800	3820	3860	20	640	32	416

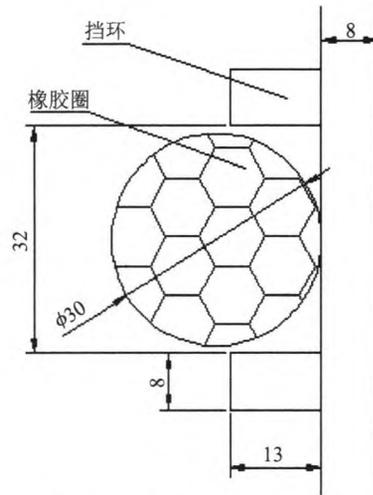


图6 止水橡胶圈与挡环槽示意图

(2) 压板处螺栓紧固量小，无法将防水套管两瓣紧密连接。

此问题可通过2方面解决，一是提高螺栓强度，由原先的M8螺栓改为M25 $\phi 20\text{mm}$ 的高强螺栓；另一方面，将原设计的108mm \times 4mm \times 800mm橡胶垫块改为5片108mm \times 10mm \times 800mm橡胶垫板，橡胶垫板上螺栓孔为 $\phi 20\text{mm}$ ，分片后可通过增减垫片个数以适应不同管径需求。

3.3 试验

上述问题解决后，进行水压试验。通过防水套管上预留的密封试验孔进行注水，试验压力为0.1MPa，随着压力提升，套管分瓣连接挡环处橡胶垫板与止水橡胶圈出现轻微渗水，其他部位正常。

研究发现，此处渗水是由于分瓣连接处橡胶垫板对应橡胶圈无挡环造成，此处依靠橡胶垫板与止水橡胶圈的挤压防水，一旦挤压力不足便容易渗水，如图7所示。

解决方法：一是通过继续紧固高强螺栓，增加挤压力，降低渗水；二是通过在橡胶垫板与止水橡胶圈之间及每层橡胶垫板中间涂双组份聚硫密封胶，隔断渗水路径；三是将挡环的长度增加1cm，

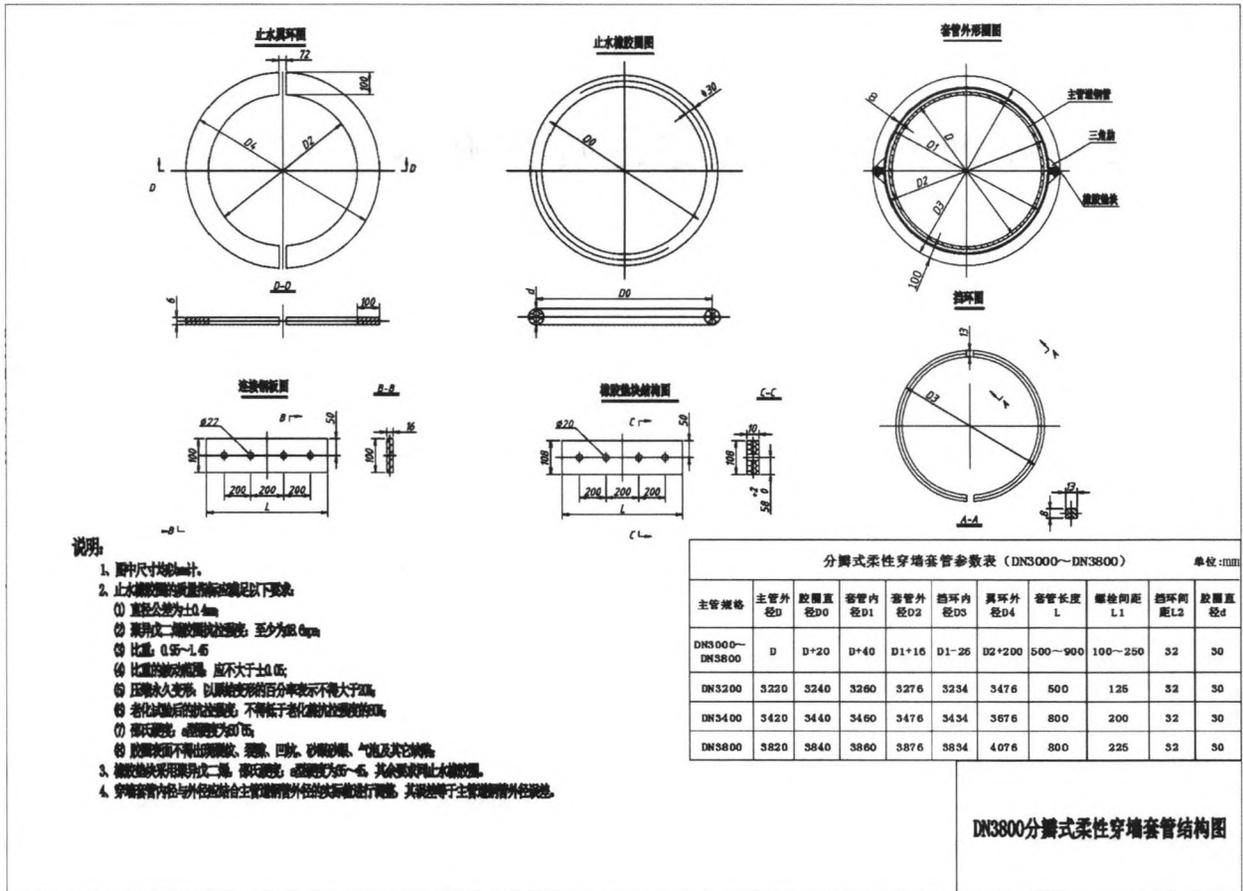


图8 分瓣式柔性防水套管结构参数选

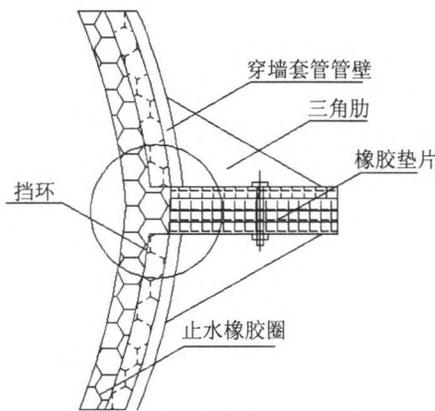


图7 止水橡胶圈与橡胶垫板示意图

减小无挡环段距离。

由于试验管挡环不宜再做调整，仅通过前2种方法进行调整，完毕后再次进行打压试验。试验压力下再无渗水。切记，工地正常安装打压时要采用气压，不得采用水压。

4 新型分瓣式柔性防水套管最终型式

综上，新型分瓣式柔性防水套管最终型式得以确定，如图8所示。该图中仅列入DN3200~DN3800三种管径的尺寸，如内穿管道直径调整，

仅需据此调整防水套管相关直径即可，其余如止水橡胶圈、挡环槽、压板及橡胶垫板等宽度、厚度不需要再调整。

4.1 结构特点

(1)生产工艺简单，安装方便快捷，适合各种管径管道。

(2)分瓣式装配结构，可以在管道安装后再行防水套管安装。

(3)防水套管外带止水环，内有双胶圈止水，有效防止内外渗漏水。

(4)胶圈直径填充挡圈内腔后，套管内侧与内穿管道间由于有胶圈作为柔性垫层，可以适应不均匀沉降和轴向变形。

(5)防水套管上套管和挡圈需与内穿管道配合尺寸按内穿管道周长(或直径)负偏差进行控制，并用防水套管压板间的分层橡胶垫板进行内穿管道制造正偏差调节，可进行密封性能检查，并利用压板螺栓紧固进行密封性能调整。

(6)不需要按图集02S404柔性防水套管的法兰套管和法兰压盖等双法兰结构，降低用钢量、机械加工量和装配量。

(下转第95页)

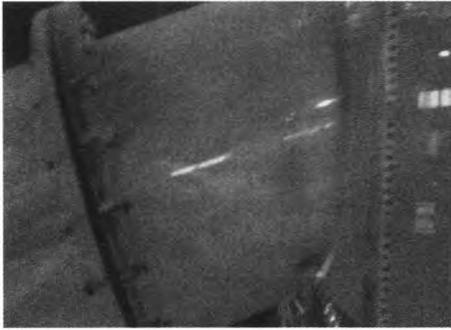


图 11 气穴现象试验照片

管连接处均未产生水跃现象。

在流量 $2.0 \sim 10.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 区间，溢流管内未有掺气现象产生。 $12.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 时，溢流管进口开始有少量掺气，随着流量的增大，掺气愈加严重见图 12。



图 12 掺气现象试验照片

5 结论及建议

(1) 在流量 $2.0 \sim 45.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 区间，竖井及连

接池水位~流量关系呈线性递增趋势，随着流量的增大，溢流的水位不断增高，同时盖板设计高程满足溢流井水位要求。

(2) 小流量 $2.0 \sim 6.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 时，D 测点出现负压，同时该区域存在局部气穴和掺气现象。实际设计优化后，在连接池与溢流管交接处增加了 $2 \times \text{DN}200$ 通气管后，不利水力现象消失。

(3) 通过水力模型试验后，实际优化后的稳压竖井结构设计合理、可行，满足本工程需求，也为后期运行提供了有力的水力学依据和保障，同时对其他类似工程提供有益的参考价值。

参考文献

- [1] 水力学计算手册(第二版)[M]. 中国水利水电出版社, 2006.
- [2] SL/T 155-2012. 水工(常规)模型试验规程[S].
- [3] 赵昕, 赵明登, 等. 水力学[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [4] 耿任红. 阶梯溢洪道与光滑泄槽的水力特性比较[J]. 水利技术监督, 2008, 16(01): 37-40.
- [5] 史浩男. WES型复合堰过流特性试验研究[J]. 水利规划与设计, 2016(06): 71-73.
- [6] 郭雷. 竖井溢洪道水力特性试验研究[J]. 人民长江, 2007, 38(06): 110-112.
- [7] SL 253-2000. 溢洪道设计规范[S].
- [8] 孙高升. 大石门水电站脱壁流竖井式溢洪道设计及应用[J]. 人民黄河, 2014, 36(10): 97-99.
- [9] 赖勇. L形溢流堰侧槽溢洪道水力设计与试验研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2010, 8(02): 80-82.
- [10] 黄继艳. 台阶式溢洪道泄流数值仿真研究[J]. 水利规划与设计, 2016(03): 39-40.

(上接第 81 页)

4.2 应用效果

本工程各配水站干线检修阀室、干线沿线检修阀井、流量计井、穿越道路检查井等各部位，均采用了由钢管采购标制造的分瓣式柔性防水套管，由于可以在内穿管道安装后装配，并进行密封性能检查调整，自 2014 年开始安装，至今已经基本安装完毕，井室外侧皆已回填完毕，安装后分瓣式柔性防水套管没有发生穿墙渗漏水，表明此种柔性防水套管结构合理、防水可靠，且按合同造价吨单价较带法兰结构的 02S404 柔性防水套管询价平均低 1500 ~ 2000 元，并节省钢材约 240t，结构简单，制造安装方便，达到了预期研制目标。经推算，采用新型分瓣式柔性防水套管，为本工程节省投资 357 万元，直接效益和间接效益显著。

参考文献

- [1] 孙艳秋. 水电站厚钢板压力钢管埋弧焊工艺浅析[J]. 水利技术监督, 2015(02): 82-84.
- [2] 张勇, 李文波, 刘成. 大型钢套管预埋常见问题及应对措施[J]. 四川建筑, 2013(04): 151-152.
- [3] GJB T-594. 02S404. 防水套管标准图集[S].
- [4] 金捷生, 刘谦, 吴滨, 等. SJTB 型压力钢管、蜗壳带波纹管的套管式伸缩节装置设计导则[J]. 水利技术监督, 1998(03): 37-42.
- [5] 何玉. 大管径钢管深管法穿越高速公路施工技术[J]. 水利规划与设计, 2016(05): 89-92.
- [6] SL432-2008. 水利工程压力钢管制造安装及验收规范[S].
- [7] SL36-2006. 水工金属结构焊接通用技术条件[S].
- [8] SL281-2003. 水电站压力钢管设计规范[S].
- [9] SL105-2007. 水工金属结构防腐蚀规范[S].