

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.20.009

消防给水用 PSP 化学管材公称压力等级的选用

马向伟, 肖丽君, 都的箭, 吴 晴
(空军研究院工程设计研究所, 北京 100068)

摘 要: 针对 PSP 化学管材在消防给水系统中管材压力等级选用方面存在标准不一致的问题,通过研究规范、管道标准、规程之间试验压力标准名称、试验时长等方面的差异,提出 PSP 化学管材在临时高压消防给水系统中压力等级确定的一般方法。结果表明:按照《埋地塑料给水管道工程技术规程》(CJJ 101—2016)确定的 PSP 化学管道公称压力等级,大于按照《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2014)常规理解确定的管道公称压力等级,因此,为满足工程需要,应按照《埋地塑料给水管道工程技术规程》(CJJ 101—2016)确定 PSP 化学管材的压力等级。

关键词: PSP 化学管材; 临时高压消防给水系统; 管道压力等级

中图分类号: TU998.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)20-0052-05

Selection of PSP Chemical Pipe Nominal Pressure Grade in Fire-fighting Water Supply

MA Xiang-wei, XIAO Li-jun, DU De-jian, WU Qing
(Engineering Design Institute of Air Force Academy, Beijing 100068, China)

Abstract: Selection standards of PSP chemical pipe nominal pressure grade are inconsistent in fire-fighting water supply systems. Therefore, a general method for determining the PSP chemical pipe pressure grade in a temporary high-pressure fire-fighting water supply system was proposed through investigating the differences in test pressure standard name and test duration among specifications, pipeline standards and regulations. The PSP chemical pipe nominal pressure grade determined in *Technical Specification for Buried Plastic Pipeline of Water Supply Engineering* (CJJ 101 - 2016) was greater than that in *Technical Code for Fire Protection Water Supply and Hydrant Systems* (GB 50974 - 2014). Therefore, the PSP chemical pipe pressure grade determined in *Technical Specification for Buried Plastic Pipeline of Water Supply Engineering* (CJJ 101 - 2016) should be selected in order to meet the engineering needs.

Key words: PSP chemical pipe; temporary high-pressure fire-fighting water supply system; pipe pressure grade

将钢(丝网)骨架聚乙烯塑料复合给水管应用于消防给水系统,具有耐腐蚀性好、自重轻、强度高、运输安装方便、摩擦阻力小、输送能力强等特性,有利于提高整个消防给水管道系统的使用寿命,降低系统全寿命周期综合成本。由于不同标准、规范、规程之间,试验压力标准和试验时长不一致,使设计人

员在 PSP 管材[包括钢骨架聚乙烯塑料复合管、钢丝网骨架塑料(聚乙烯)复合管]的公称压力等级的确定方面存在一定的困难。笔者以钢(丝网)骨架聚乙烯塑料复合给水管为研究对象,通过研究消防规范、管道产品标准、塑料管道工程技术规程之间的差异,提出钢(丝网)骨架聚乙烯塑料复合给水管在

临时高压消防给水系统中公称压力等级的确定方法,以期为工程提供参考,简化设计人员计算工作。

1 选用钢(丝网)骨架管材的基本原则

《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2014,以下简称《消水规》)^[1]规定:埋地管道应综合考虑系统工作压力、覆土深度、土壤的性质、管道的耐腐蚀能力、荷载等因素,选用具有耐腐蚀和承受相应地面荷载能力的管材,可采用球墨铸铁管、钢丝网骨架塑料复合管和经可靠防腐处理的钢管等。因此,将钢(丝网)骨架等化学管材应用于消防给水系统具有合法性和合理性。

《消水规》同时要求消防给水系统中采用的管材管件的工作压力等级,应大于消防给水系统的系统工作压力,且应保证系统在可能最大运行压力时安全可靠,以防止火灾时出现渗漏或损坏,影响消防供水的可靠性。

《消水规》对不同系统工作压力范围管材的选择也给出了指导:其中,埋地管道钢丝网骨架塑料复合管可用于系统工作压力小于 1.60 MPa 的消防给水系统。本研究的临时高压消防给水系统工作压力小于 1.60 MPa,符合《消水规》对埋地管道钢(丝网)骨架塑料复合管的压力规定。

2 临时高压消防给水系统工作压力的确定

《消水规》规定:临时高压消防给水系统的系统工作压力,应根据系统在供水时可能最大运行压力确定。采用稳压泵稳压的临时高压消防给水系统的系统工作压力,应取消防水泵零流量时的压力、消防水泵吸水口最大静压二者之和与稳压泵维持系统压力时两者中的较大值。

《消防泵》(GB 6245—2006)规定:消防水泵零流量时的压力,不小于额定扬程的 1.2 倍,不大于额定扬程的 1.4 倍。本研究按照最不利情况考虑,均按额定扬程的 1.4 倍计算系统工作压力。

3 选用钢(丝网)骨架管材的基本标准

管材选用需遵循相关规范、规程及标准的要求,分别研究《消水规》《埋地塑料给水管道工程技术规程》(CJJ 101—2016,以下简称《给水管道规程》)^[2]对管材的要求。

3.1 《消水规》对管材的要求

《消水规》规定:埋地管道钢丝网骨架塑料复合管聚乙烯(PE)原材料不应低于 PE80;内环向应力不应低于 8.0 MPa;管材耐静压强度应符合行业标

准《埋地聚乙烯给水管道工程技术规程》(CJJ 101—2004)的有关规定和设计要求,并在条文说明中提出,静液压强度按照表 1 的要求执行。

表 1 管材耐静液压强度

Tab. 1 Hydrostatic strength of pipes

项 目	环向应力/MPa		要求
	PE80	PE100	
20 ℃ 静压强度(100 h)	9.0	12.4	不破裂、不渗漏
80 ℃ 静压强度(165 h)	4.6	5.5	不破裂、不渗漏
80 ℃ 静压强度(1 000 h)	4.0	5.0	不破裂、不渗漏

因消防给水系统的使用温度接近 20 ℃,因此,重点关注 20 ℃ 静压强度(100 h)的试验要求。表 1 需要注意两个与产品标准的一致性問題:①试验的压力术语;②20 ℃ 静压强度(100 h)项目试验时长。

3.2 《给水管道规程》对管材的要求

《给水管道规程》的现行版本为 2016 年版,其管材耐静液压强度试验主要体现在对管材产品标准的引用和参考上:钢丝网骨架复合管道应符合《钢丝网骨架塑料(聚乙烯)复合管材及管件》(CJ/T 189—2007)^[3]的有关规定,钢骨架复合管道应符合《给水用钢骨架聚乙烯塑料复合管》(CJ/T 123—2004)^[4]的有关规定。《给水管道规程》列出了上述两种管材出厂检验标准的主要要求,其中包括管材短期静液压试验、强度试验。其中,管材短期静液压试验的关键参数有:①试验压力为 1.5 倍或 2 倍 PN(管道公称压力);②试验温度 20 ℃;③试验时长 100 h 或 1 h;④试验方法按照《流体输送用塑料管材液压瞬时爆破和耐压试验方法》(GB/T 15560—1995)中的爆破强度试验、《流体输送用热塑性塑料管道系统 耐内压性能的测定》(GB/T 6111—2018)中的 20 ℃ 短期静液压强度试验的规定执行。

值得注意的是,《给水管道规程》条文说明参考《给水用钢骨架聚乙烯塑料复合管》(CJ/T 123—2004),该版本试验温度 20 ℃ 时的短期静液压试验压力为 1.5 倍 PN,试验时长 100 h;现行《给水用钢骨架聚乙烯塑料复合管》(CJ/T 123—2016)^[5]试验温度 20 ℃ 时的短期静液压试验压力为 2 倍 PN,试验时长 1 h,与《钢丝网骨架塑料(聚乙烯)复合管材及管件》(CJ/T 189—2007)中的参数保持一致。

4 《消水规》与《给水管道规程》要求对比

两种常用的管材标准与《消水规》20 ℃ 时的短期静液压试验对管材的要求不一致,见表 2。

表 2 不同标准 20 ℃ 耐静液压强度试验要求对比

Tab. 2 Comparison of requirements for hydrostatic strength test of different standards at 20 ℃

标 准	试验压力标准		试验时 长/h	备注
	名称	数值/MPa		
《钢丝网骨架塑料(聚乙烯)复合管材及管件》(CJ/T 189—2007)	试水压力	2PN	1	无破裂、无渗漏
《给水用钢骨架聚乙烯塑料复合管》(CJ/T 123—2016)	试水压力	2PN	1	无破裂、无渗漏
《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2014)	环向应力	9.0/12.4	100	不破裂、不渗漏

可见,三个标准的试验压力标准和试验时长并不一致,使按照标准生产的化学管材在消防给水系统上的适用性打了折扣,不禁让设计人员产生疑问,市购管材能否直接使用,如何选用?

4.1 环向应力与管内静水压力的关系

环向应力与管内静水压力的关系,可参照《给水管道规程》第 4.4.5 条规定,管道内设计内水压力产生的管壁环向拉应力可按下式计算:

$$\sigma_p = \frac{\gamma_Q \eta F_{wd,k} D_0}{2t} \tag{1}$$

式中: σ_p 为管壁环向拉应力; γ_Q 为可变荷载分项系数,取值 1.4; η 为管道压力计算调整系数,PSP 管道不考虑,取值 1; $F_{wd,k}$ 为管道设计内水压力标准值,MPa; D_0 为管道计算直径,mm; t 为管壁计算厚度,mm。

由式(1)可知,管壁环向拉应力与管道计算直径、管壁计算厚度分别呈正、反比例关系。按照式(1),1.6 MPa 的管材在符合产品通用标准的管径、壁厚的情况下,钢骨架和钢丝网骨架管材的公称压力与管壁环向拉应力的关系分别如表 3、4 所示。

表 3 钢骨架管材管壁环向拉应力与内水压力计算

Tab. 3 Calculation of circumferential tensile stress and internal water pressure of steel reinforced polyethylene plastic pipe wall

壁厚/ mm	公称内径/ mm	可变荷载 分项系数	管压计算 调整系数	PE80/MPa		PE100/MPa	
				管壁环向 拉应力	设计内水 压力标准值	管壁环向 拉应力	设计内水 压力标准值
9	100	1.4	1	9.0	1.16	12.4	1.59
10	125	1.4	1	9.0	1.03	12.4	1.42
12	150	1.4	1	9.0	1.03	12.4	1.42
12	200	1.4	1	9.0	0.77	12.4	1.06
12.5	250	1.4	1	9.0	0.64	12.4	0.89
12.5	300	1.4	1	9.0	0.54	12.4	0.74
15	350	1.4	1	9.0	0.55	12.4	0.76
15	400	1.4	1	9.0	0.48	12.4	0.66

表 4 钢丝网骨架管材管壁环向拉应力与内水压力计算

Tab. 4 Calculation of circumferential tensile stress and internal water pressure of steel wire reinforced thermoplastics (PE) composite pipe wall

壁厚/ mm	公称外 径/mm	可变荷载 分项系数	管压计算 调整系数	PE80/MPa		PE100/MPa	
				管壁环向 拉应力	设计内水 压力标准值	管壁环向 拉应力	设计内水 压力标准值
7	110	1.4	1	9.0	0.94	12.4	1.29
8	140	1.4	1	9.0	0.83	12.4	1.14
9	160	1.4	1	9.0	0.81	12.4	1.12
9.5	200	1.4	1	9.0	0.67	12.4	0.93
10	225	1.4	1	9.0	0.63	12.4	0.86
12	250	1.4	1	9.0	0.68	12.4	0.94
13	315	1.4	1	9.0	0.58	12.4	0.80
14	355	1.4	1	9.0	0.55	12.4	0.76

可见,钢(丝网)骨架复合管材,常用管径在 DN100 ~ DN400 范围内的埋地消防给水管道,其所

对应的管道设计内水压力最大为 1.59 MPa,均未超过管道的公称压力(1.60 MPa),且管道直径越大对应的设计内水压力越低。可以得出:管材产品标准 20℃耐静液压强度试验的试验压力满足《消水规》的要求。

4.2 试验时长对比

管材产品标准试验时长为 1 h,《消水规》试验时长为 100 h,相差较大,无法探讨各自的合理性和适用性。期待利用《消水规》或《给水管道规程》修编之机协调此类问题。

5 管材设计相关问题

5.1 《消水规》

《消水规》规定,消防给水管材管件工作压力等级应大于消防给水的系统工作压力,且应保证系统在可能最大运行压力时安全可靠。

水泵扬程、系统工作压力、严密性试验压力、强度试验压力、管道公称压力,其相互关系如何?公称压力等级为 1.6 MPa 的管材,可适用的系统工作压力、水泵扬程应如何限定呢?以常用的临时高压消防给水系统为例进行研究,为降低计算复杂程度,采用埋地管道与水池水面为统一水平面简化模型进行计算。

以消防水泵扬程 1.0 MPa 为例,依据《消水规》,系统工作压力取 1.4 MPa,则严密性试验压力为 1.4 MPa,强度试验压力为 $1.4 \times 1.5 = 2.10$ MPa。此时,选用 1.6 MPa 压力等级的管材是否合理?

按常规理解,施工现场强度试验时长为 0.5 h,管材出厂检验压力为 2 倍公称压力即 3.2 MPa,远大于强度试验压力,故而可得出公称压力等级 1.6 MPa 的化学管材即可满足使用要求。然而,工程实践不支持此观点:某工程消防水泵扬程 1.0 MPa,选用公称压力等级 1.6 MPa 的钢丝网骨架复合管,设计要求强度试验压力 2.1 MPa,管道厂家明确反对,并要求施工现场管道 0.5 h 强度试验压力不得大于管道公称压力。这说明生产和使用方面还是存在认知矛盾。

5.2 《给水管道规程》

虽然《消水规》只是在管道材料方面引用了《给水管道规程》的规定,但在管道使用过程中也需同时满足管道技术规程的要求。《给水管道规程》最新为 2016 年版,集合了埋地聚乙烯、聚氯乙烯、PSP 管道的工程技术规定,其中规定:①管道公称压力

(PN)与使用温度折减系数决定了管道最大设计水压力($F_{wd,k}$),最大的设计水压力为 MOP(第 4.1.6 条);②管道设计内水压力($F_{wd,k}$)等于管道工作压力(F_{wk})+0.5 MPa(第 4.1.7 条);③管径 ≤ 630 mm 的 PSP 管道的公称压力(PN, MOP 的最大值,原文为压力等级)按照不小于 1.2 倍管道设计内水压力($F_{wd,k}$)确定(第 4.1.8 条)。

经咨询《给水管道规程》编制单位: F_{wk} 为管道工作压力标准值,取值为系统工作压力(是消防水泵额定扬程还是零流量时的扬程,见 5.3 节分析); $F_{wd,k}$ 为管道的设计内水压力标准值,考虑了运行过程中水锤残余应力及其他因素影响;最大工作压力(MOP)和公称压力(PN)均为管材性能标称值,最大工作压力(MOP)为其公称压力(PN)经温度折减以后数值;管道的最大工作压力(MOP)应大于或等于设计内水压力标准值($F_{wd,k}$)。

5.3 PSP 消防给水管公称压力确定

需要注意,《给水管道规程》2016 年版第 6.1.5 条规定:PSP 化学管道验收的试验压力应大于工作压力 0.5 MPa,且不应小于 0.9 MPa,与《消水规》的要求不一致。产生原因是生活、消防给水系统运行要求的差异:生活给水泵可依据出口压力自动停泵,消防给水泵不得自动停泵。生活水泵可保证系统最高静水压力不超过一定范围,甚至不超过水泵额定扬程。消防水泵要求工频运行,当水泵启动初期出水末端开放少时,据水泵流量扬程曲线,此状态点消防水泵出口压力大于水泵额定扬程;当灭火行动完毕时,出水末端关闭,水泵接近零流量运行,消防水泵出口压力接近额定扬程的 1.2~1.4 倍。考虑各单位管理水平差异,水泵零流量运行时长是不可控的,超高静压的运行时长也就不可控。

故《消水规》中的系统工作压力规定,是适用于《给水管道规程》中的管道工作压力(F_{wk})的。最大工作压力为 1.4 MPa 的埋地 PSP 化学管道,20℃运行,温度修正为 1.0,压力等级计算方法如下:

$$F_{wd,k} = F_{wk} + 0.5 \text{ MPa} = 1.4 \text{ MPa} + 0.5 \text{ MPa} = 1.9 \text{ MPa}$$

$$\text{MOP} \geq 1.2 \times F_{wd,k} = 2.28 \text{ MPa}$$

$$\text{PN} \geq \text{MOP}$$

可知,按照《给水管道规程》确定的 PSP 化学管道公称压力等级,大于按照《消水规》常规理解确定的消防给水系统化学管材的压力值,工程中应按照

《给水管道规程》确定 PSP 化学管材的压力等级。

6 小结

使用 PSP 化学给水管的临时高压消防给水系统,管道压力等级的确定应按照《给水管道规程》的相关要求执行。对于临时高压消防给水系统,系统工作压力不大于 1.6 MPa 时,不同水泵扬程对应的管道公称压力等级建议按照表 5 执行。

表 5 PSP 消防给水管水泵扬程与管道公称压力

Tab. 5 Pump head and PN of PSP fire water supply pipe

MPa

水泵扬程	管道工作压力标准值(系统工作压力)	设计内水压力标准值 $F_{wd,k}$	设计内水压力标准值 1.2 倍	管道公称压力
0.40	0.56	1.06	1.272	1.6
0.45	0.63	1.13	1.356	1.6
0.50	0.70	1.20	1.440	1.6
0.55	0.77	1.27	1.524	1.6
0.60	0.84	1.34	1.608	1.6
0.65	0.91	1.41	1.692	2.0
0.70	0.98	1.48	1.776	2.0
0.75	1.05	1.55	1.860	2.0
0.80	1.12	1.62	1.944	2.0
0.85	1.19	1.69	2.028	2.5
0.90	1.26	1.76	2.112	2.5
0.95	1.33	1.83	2.196	2.5
1.00	1.40	1.90	2.280	2.5
1.05	1.47	1.97	2.364	2.5
1.10	1.54	2.04	2.448	2.5
1.15	1.61	2.11	2.532	2.5

7 结论及建议

针对消防给水系统中 PSP 化学管材在管材压力等级选用方面存在标准不一致的问题,进行了对比研究,结果表明:按照《给水管道规程》确定的 PSP 化学管道公称压力等级,大于按照《消水规》常规理解确定的管道公称压力等级,因此,为满足工程需要,应按照《给水管道规程》确定 PSP 化学管材的压力等级。

建议:①鉴于《消水规》与《给水管道规程》在材料要求方面存在差异,为最大限度地满足标准要求,设计说明中应明确提出,材料应满足《消水规》正文和条文说明中材料的具体要求。②期待《消水规》与《给水管道规程》修编之时能互相参考,消除材料选用、水压试验方面的差异。

参考文献:

- [1] 住房和城乡建设部. 消防给水及消火栓系统技术规范:GB 50974—2014[S]. 北京:中国计划出版社,2014.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Technical Code for Fire Protection Water Supply and Hydrant Systems:GB 50974 - 2014[S]. Beijing:China Planning Press,2014(in Chinese).
- [2] 住房和城乡建设部. 埋地塑料给水管道工程技术规程:CJJ 101—2016[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2016.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Technical Specification for Buried Plastic Pipeline of Water Supply Engineering:CJJ 101 - 2016[S]. Beijing:China Architecture & Building Press,2016(in Chinese).
- [3] 建设部. 钢丝网骨架塑料(聚乙烯)复合管材及管件:CJ/T 189—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
The Ministry of Construction. Steel Wire Reinforced Thermoplastics (PE) Composite Pipe and Fitting:CJ/T 189 - 2007[S]. Beijing:Standards Press of China,2007(in Chinese).
- [4] 建设部给水排水产品标准化技术委员会. 给水用钢骨架聚乙烯塑料复合管:CJ/T 123—2004[S]. 北京:中国标准出版社,2004.
Technical Committee for Standardization of Water Supply and Drainage Products,the Ministry of Construction. Steel Reinforced Polyethylene Plastic Pipes for Water Supply:CJ/T 123 - 2004[S]. Beijing:Standards Press of China,2004(in Chinese).
- [5] 住房和城乡建设部建筑给水排水标准化技术委员会. 给水用钢骨架聚乙烯塑料复合管:CJ/T 123—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
Technical Committee of Building Water Supply and Drainage Standardization,Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Steel Reinforced Polyethylene Plastic Pipes for Water Supply:CJ/T 123 - 2016[S]. Beijing:Standards Press of China,2017(in Chinese).

作者简介:马向伟(1979—),男,山西朔州人,工学学士,工程师,主要从事建筑及市政给排水设计工作。

E-mail:13501067076@139.com

收稿日期:2020-08-14

修回日期:2020-09-09

(编辑:孔红春)