

• 建筑给排水 •

排水立管排水流量的确定和启示

姜文源¹ 袁玉梅² 李云峰³ 周欣泳⁴ 刘彦菁¹

(1 中建国际设计顾问有限公司, 上海 200238; 2 湖南大学土木工程学院, 长沙 410082;

3 北京国家游泳中心有限责任公司, 北京 100101; 4 上海吉博力房屋卫生设备工程技术有限公司, 上海 200001)

摘要 排水立管管径和排水能力的确定在我国先后经历了三个阶段, 即经验法、终限理论法和实测法。简要介绍了这三个阶段的情况, 并就实测法确定排水立管的排水流量提出看法。

关键词 排水立管 排水流量 经验法 终限理论法 实测法

1 我国历史发展概况

排水立管管径和排水能力的确定, 在我国曾先后经历了三个阶段:

(1) 经验法。按照卫生器具的数量或当量来确定排水立管管径。主要适用于低层建筑以及卫生器具类别和数量较少的建筑。

(2) 终限理论法。按照终限理论的终限流速乘以水流横断面积($1/3 \sim 1/4$ 立管管径), 再考虑安全系数, 通过计算确定排水立管的排水能力, 主要适用于多层建筑, 采用普通排水管材和管件的排水系统。

(3) 实测法。对排水系统进行流量测试工作, 以确定排水立管的排水能力。主要适用于高层建筑, 采用特殊管件和管材的排水系统。

2 经验法

经验法是确定排水立管管径的第一阶段, 在《室内给水排水和热水供应设计规范》(BJG 15—64, 简称“64 规范”)和《室内给水排水和热水供应设计规范》(TJ 15—74, 简称“74 规范”)中规定的即为经验法, 见表 1、表 2。

3 终限理论法

终限理论法是确定排水立管管径的第二阶段, 最早见于《建筑给水排水设计规范》(GBJ 15—88)。

终限理论的要点是: 水流在排水立管中流动, 达到一定长度后, 流速维持一个定值, 不再递增, 这个长度称为终限长度, 流速称为终限流速。

采用终限理论同时还要考虑水塞理论。立管水流为立管横断面积的 $1/3 \sim 1/4$ 时, 会出现水塞, 水塞的下方为正压, 水塞的上方为负压, 这就会对水封造成不良影响。因此要控制水塞的出现, 使立管水

表 1 “64 规范”规定的立管允许负荷的当量总数

管径 /mm	住宅	集体宿舍、旅馆、医院、办公楼、学校	工业企业生活间、公共浴室、洗衣房、公共食堂、实验室、影剧院、体育场等
50	16	10	5
75	36	22	12
100	250	120	22

表 2 “74 规范”规定的排水立管允许负荷的当量总数

管径 /mm	住宅	集体宿舍、旅馆、医院、办公楼、学校	工业企业生活间、公共浴室、洗衣房、公共食堂、实验室、影剧院、体育场等
50	16	10	5
75	36	22	12
100	250	120	22

流为立管横断面积的 $1/3 \sim 1/4$ 以下。

计算排水立管流量 = 终限流速 \times 水流断面 (F)

当 $DN100, F=3.1416 \times 0.1^2 / 4 = 0.007854 (\text{m}^2)$;

$F/3 \sim F/4 = 0.002618 \sim 0.001963 \text{ m}^2$, 取

0.002291 m^2 ;

$0.002291 \times 1000 \times 4 = 9 (\text{L/s})$ (双立管排水系统流量);

$9/2 = 4.5 (\text{L/s})$ (单立管排水系统流量)。

4 实测法

实测法可分为三个阶段。

4.1 第一阶段

我国对排水立管的排水流量测试开始于北京前三门的苏维托单立管排水系统。当时认为特殊单立管排水系统由于采用了特殊管件, 改善了排水管系的水力工况, 其排水能力肯定会大于普通单立管排水系统, 但究竟大多少, 规范没有规定, 因此就采用

实测流量的方法来确定。

工程现场实测,测试结果是比普通单立管排水系统排水流量大 1/3,即 $4.5+1.5=6(L/s)$,比双立管排水系统的排水流量小,这个结果当时就列入《特殊单立管排水系统设计规程》(CECS 79:96)。

其后,长沙芙蓉宾馆旋流器单立管排水系统也在工程建成后进行排水流量的实测工作。

再其后,清华大学对湖南省建材研究设计院送检用于该院理化楼的环流器和环旋器进行测试,也得出 DN100 的排水立管排水流量值为 6 L/s 的结果。

第一阶段的实测法有以下不足:

(1) 基本都在工程现场测试,受现场具体条件限制。

(2) 无现成的测试方法可供参考,测试方法需按不同情况分别作出规定。

(3) 测试手段较为初级,如采用毕托管测压力值,用目测法观察数据。

(4) 判定标准偏低,按 $\pm 50 \text{ mmH}_2\text{O}$ 压力值来界定流量值。

4.2 第二阶段

内螺旋管在我国的应用,引起新一轮的排水流量测试。该项测试工作在日本进行,测试方法采用日本测试方法标准,测试结果列入《建筑排水用硬聚氯乙烯螺旋管管道工程设计、施工及验收规程》(CECS 94:97),后改名为《建筑排水用硬聚氯乙烯内螺旋管管道工程技术规程》(CECS 94:2002)。该规程中规定 DN100 排水立管的通水能力为 6 L/s。

其后,先后编制和出台了以下协会标准:《AD 型特殊单立管排水系统技术规程》(CECS 232:2007)、《苏维托单立管排水系统技术规程》(CECS 275:2010)、《旋流加强(CHT)型单立管排水系统技术规程》(CECS 271:2010)。

AD 系统为日本技术,旋流加强型即 CHT 系统也为日本技术,这两个系统都在日本进行过排水流量的测试。

与此同时,苏维托系统的排水流量测试是在欧洲进行的。几项测试的共同特点是:

(1) 在排水测试塔进行测试,可按照设定条件

测试。

(2) 均在国外测试,测试管材、管件,测试方法都按国外的。

(3) 测试手段先进,测试结果自动记录,精度较高。

第二阶段的实测法有以下不足:

(1) 测试塔高度各不相同。日本测试塔有 50 m、52 m 和 108 m 不同高度;欧洲测试塔高 23.5 m。

(2) 测试方法各不相同。日本按“日本国集合住宅排水系统的排水能力测试方法”进行测试;欧洲按相应的欧洲测试方法进行测试。

(3) 管道连接方式、管材材质、管件规格尺寸均与我国国情有一定区别。

(4) 判定标准各不相同。内螺旋管按管内压力波动 $\pm 45 \text{ mmH}_2\text{O}$,AD 系统按管内压力波动 $\pm 40 \text{ mmH}_2\text{O}$,苏维托系统按水封水损耗 25 mm 来界定。

由于存在以上不同点,因此很难评价不同系统排水能力的优劣。

第二阶段的实测法主要依据日本和欧洲测试方法,两者的不同点见表 3。

表 3 日本与欧洲测试方法不同点

项目	日本测试方法	欧洲测试方法
放水楼层	上部放水	每层放水
每层流量值	相等	逐层递减
流量特征	长流水、定流量	瞬间水、变流量
存水弯水封深度/mm	50	160
判定标准	管内压力波动 $\pm 40 \text{ mmH}_2\text{O}$	水封损耗 25 mm
测试依据	日本测试标准	欧洲测试标准
主要不同点	强化排水条件	贴近实际情况

4.3 第三阶段

协会标准《特殊单立管排水系统设计规程》面临修订,修订工作最大困惑是不同类型特殊单立管排水系统排水能力的确定。对此进行了一些必要的工作,并有以下认识:

(1) 排水立管的排水流量与排水系统有关,与测试方法有关,在取得实测数值后还应考虑流量折减系数。

(2) 排水系统因素包括:立管数量(单立管、双

立管)、管材(塑料管、铸铁管)、管件类型的特征、通气系统(通气系统组成、通气管管径、连接方式和连接管数量)、排水立管管径和高度。

(3) 测试方法因素包括:测试流量(定流量、变流量),每层流量上限值(2.5 L/s、2 L/s)、进水位置(顶部进水、每层进水)、判定标准(正负压力值、残余水封值)、接口密封性要求、测试仪表和相应精度、测试记录时间间隔、排水横支管数量、排出管长度、测试点距立管距离、出流方式(自由出流、淹没出流)、测试条件、地点和人员等。

(4) 折减系数因素包括:试验条件与实际排放情况存在差异应考虑的情况差异折减系数;建筑物建筑高度对排水立管排水流量影响的立管高度折减系数;排水管材不同对排水流量影响的管材折减系数。

第三阶段实测法对测试工作有如下处置方式:

- (1) 要求测试塔高度不小于 30 m。
- (2) 顶部 4 层放水,自上而下放水。
- (3) 每层最大放水流量为 2.5 L/s。
- (4) 放水量按 0.25 L/s 递减。
- (5) 放水为长流水,恒定流。
- (6) 存水弯水封深度为 50 mm。
- (7) 管系内正负压按 $\pm 40 \text{ mmH}_2\text{O}$,水封破坏值按 25 mm 控制,即压力、水位双控制。
- (8) 自动记录,记录时间间隔按 0.5 s 和 0.05 s。

5 湖南大学排水流量测试结果

湖南大学排水流量测试结果见表 4。

本次测试和以往测试有以下不同点:

- (1) 测试塔测试,有别于工程现场测试。
- (2) 国内测试,有别于国外测试。
- (3) 按国内测试方法测试,有别于按国外测试方法测试。
- (4) 系统种类多,有别于单一系统测试。
- (5) 正负压($\pm 40 \text{ mmH}_2\text{O}$)和水封破坏双控制,要求从严掌握。

(6) 第三方测试,较符合公平、公正、公开原则。

6 排水流量测试的启示

6.1 认知一

(1) 双立管排水系统排水立管通水能力 > 普通单立管排水系统排水立管通水能力。

表 4 湖南大学排水流量测试结果(单位:L/s)

系统和单位名称	系统简况	采集时间间隔	
		500 ms	50 ms
铸铁双立管	H 管隔层连,排出管 100 mm	6	6
	H 管每层连,排出管 150 mm	9	9
	H 管隔层连,排出管 150 mm	6.5	6.5
PVC-U 单立管	排出管 100 mm	2.5	
PVC-U 双立管	每层连,排出管 150 mm	6	6
	隔层连,排出管 150 mm	6	5.5
浙江公司	漩流接头,普通管,排出管 150 mm	6	6
	漩流接头,螺旋管,排出管 150 mm	8.5	8.5
青岛公司	CHTN1 接头,PVC-U 管,排出管 150 mm	6	6
	CHTS1 接头,PVC-U 管,排出管 150 mm	7.5	7.5
	CHTN1 接头,铸铁管,排出管 150 mm	6.5	6.5
	CHTN2 接头,铸铁管,排出管 150 mm	6	5.5
	CHTN1 接头,螺旋管,排出管 150 mm	5	5
	CHTN2 接头,螺旋管,排出管 150 mm	5	4.5
	CHTS2 接头,铸铁管,排出管 150 mm	9.5	9
	CHTS1 接头,螺旋管,排出管 150 mm	7.5	7
河北公司	苏维托,铸铁管,排出管 100 mm	6.5	6.5
河南公司	苏维托,PVC-U 管,排出管 125 mm	6	6
山西公司	苏维托,铸铁管,排出管 150 mm	6.5	6
南京公司	HDPE 苏维托,HDPE 管,排出管 125 mm	3.5	3.5
重庆公司	苏维托,铸铁管,排出管 150 mm	<3.5	
	2 叶旋流器,铸铁管,排出管 150 mm	4	
	3 叶旋流器,铸铁管,排出管 150 mm	<4	
香港公司	正压衰减器(1 层和 7 层)排出管 150 mm	8.5	8

(2) 双立管系统 H 管每层连接的通水能力 > 双立管系统 H 管隔层连接的通水能力,见表 5、表 6。

6.2 认知二

(1) 特殊单立管排水系统排水立管通水能力 > 普通单立管排水系统排水立管通水能力。

表 5 单立管与双立管通水能力对比(单位:L/s)

系统名称	系统简况	采集时间间隔	
		500 ms	50 ms
PVC-U 单立管	排出管 100 mm	2.5	
PVC-U 双立管	H 管每层连, 排出管 150 mm	6	6
	H 管隔层连, 排出管 150 mm	6	5.5

表 6 H 管每层连接与隔层连接通水能力对比(单位:L/s)

系统名称	系统简况	采集时间间隔	
		500 ms	50 ms
PVC-U 双立管	H 管每层连, 排出管 150 mm	6	6
	H 管隔层连, 排出管 150 mm	6	5.5
铸铁双立管	H 管每层连, 排出管 150 mm	9	9
	H 管隔层连, 排出管 150 mm	6.5	6.5

表 7 特殊单立管与普通单立管通水能力对比(单位:L/s)

系统名称	系统简况	采集时间间隔	
		500 ms	50 ms
PVC-U 单立管	排出管 100 mm	2.5	
浙江公司	漩流接头, 螺旋管, 排出管 150 mm	8.5	8.5
青岛公司	CHTS2 接头, 铸铁管, 排出管 150 mm	9.5	9
山西公司	苏维托, 铸铁管, 排出管 150 mm	6.5	6

表 8 特殊单立管与双立管通水能力对比(塑料管)(单位:L/s)

系统名称	系统简况	采集时间间隔	
		500 ms	50 ms
PVC-U 双立管	H 管每层连, 排出管 150 mm	6	6
	H 管隔层连, 排出管 150 mm	6	5.5
浙江公司	漩流接头, 螺旋管, 排出管 150 mm	8.5	8.5

表 9 特殊单立管与双立管通水能力对比(铸铁管)(单位:L/s)

系统名称	系统简况	采集时间间隔	
		500 ms	50 ms
铸铁双立管	H 管每层连, 排出管 150 mm	9	9
	H 管隔层连, 排出管 150 mm	6.5	6.5
青岛公司	CHTS2 接头, 铸铁管, 排出管 150 mm	9.5	9

(2) 特殊单立管排水系统排水立管通水能力 \approx 或 $>$ 双立管排水系统排水立管通水能力, 见表 7~表 9。

6.3 认知三

排出管管径 $DN150$ 排水立管通水能力 $>$ 排出

管管径 $DN100$ 排水立管通水能力(立管管材管径、管件相同, 但差值不大), 见表 10。

表 10 不同排出管管径通水能力对比(单位:L/s)

系统名称	系统简况	采集时间间隔	
		500 ms	50 ms
铸铁双立管	H 管隔层连, 排出管 100 mm	6	6
	H 管隔层连, 排出管 150 mm	6.5	6.5

6.4 认知四

- (1) 铸铁管和塑料管的排水能力并不相等。
- (2) 铸铁管排水能力大于塑料管排水能力。

(3) 两者的差值和比值与管径有关, 与排水立管高度有关, 见表 11。

表 11 铸铁管与塑料管通水能力对比(湖南大学测试数据)(单位:L/s)

系统名称	系统简况	采集时间间隔	
		500 ms	50 ms
铸铁双立管	H 管每层连, 排出管 150 mm	9	9
	H 管隔层连, 排出管 150 mm	6.5	6.5
PVC-U 双立管	H 管每层连, 排出管 150 mm	6	6
	H 管隔层连, 排出管 150 mm	6	5.5
青岛公司	CHTN1 接头, 铸铁管, 排出管 150 mm	6.5	6.5
	CHTN1 接头, 螺旋管, 排出管 150 mm	5	5
	CHTS2 接头, 铸铁管, 排出管 150 mm	9.5	9
	CHTS1 接头, 螺旋管, 排出管 150 mm	7.5	7

6.5 认知五

(1) 排水立管的流量, 对某一管径来讲不是定值而是变值。

- (2) 立管高度越高, 排水流量越小, 见表 12。

表 12 排水立管不同高度的不同流量(单位:L/s)

CHT 接头型号	立管管材	立管管径 /mm	建筑物层数					
			≤ 9 层	15 层	20 层	25 层	30 层	35 层
CA4N	铸铁	100	7.5	7.3	7.1	6.8	6.6	6.4
CB4N	塑料	110	6.5	6.3	6.1	5.9	5.8	5.6
CA4S	铸铁	100	9.5	9.2	8.9	8.7	8.4	8.2
CB4S	塑料	110	7.5	7.3	7.1	6.8	6.6	6.4
比值			1	0.97				0.85

(3) 依据:同一管件,同一系统在不同高度的测试塔测试结果不相同;在同一测试塔的不同高度测试结果也不相同。

6.6 认知六

(1) 排水管件扩容有明显效果,可以提高排水立管排水能力。

(2) 局部扩容排水流量 > 不扩容排水流量。

(3) 整体扩容排水流量 > 局部扩容排水流量,见表 13。

表 13 CHT 系统定流量排水试验(单位:L/s)

管件	排水流量/负荷楼层				合计
	2.5/16层	2.5/15层	0.5/14层		
CB4型(不扩容)	2.5/16层	2.5/15层	0.5/14层		5.5
CB4N型(局部扩容)	2.5/16层	2.5/15层	2.0/14层		7
CB4S型(整体扩容)	2.5/30层	2.5/29层	2.5/28层	1.5/27层	9

6.7 认知七

旋流器、苏维托等特殊管件通水能力基本上在同一层次,但有区别,区别不是很大(以 CHT 系统效果最佳),总体上可以说旋流器系统的排水能力大于苏维托系统,见表 14。

表 14 不同特殊管件的排水流量(单位:L/s)

单位名称	系统简况	采集时间间隔	
		500 ms	50 ms
浙江公司	漩流接头,螺旋管,排出管 150 mm	8.5	8.5
青岛公司	CHTS2 接头,铸铁管,排出管 150 mm	9.5	9
日本公司	AD 接头,螺旋管,排出管 150 mm	7.5	
上海公司	苏维托,HDPE 管,泄压管 mm	7.8	

6.8 认知八

(1) 旋流主要由特殊管件形成时,螺旋管作用不大(如:CHT 接头、WAB 接头)。

(2) 旋流主要不是由特殊管件形成时,螺旋管作用大(如:漩流降噪接头),见表 15。

6.9 认知九

(1) 同样的特殊管件,由于细节处理不同、加工

表 15 管件与管材的不同作用(单位:L/s)

单位名称	系统简况	采集时间间隔	
		500 ms	50 ms
浙江公司	漩流接头,普通管,排出管 150 mm	6	6
	漩流接头,螺旋管,排出管 150 mm	8.5	8.5
青岛公司	CHTN1 接头,铸铁管,排出管 150 mm	6.5	6.5
	CHTN1 接头,螺旋管,排出管 150 mm	5	5

精度有差别,效果也会有很大差异,因此要强调一家产品一个数据,不能盲目套用。

(2) 可以看出建立我国排水测试塔的必要性(上海吉博力塔、山西泫氏塔、东莞万科塔、云南群英塔等正在兴建或筹划中),见表 16。

表 16 同类型的特殊管件通水能力会有很大不同(单位:L/s)

单位名称	系统简况	采集时间间隔	
		500 ms	50 ms
河北公司	苏维托,铸铁管,排出管 100 mm	6.5	6.5
山西公司	苏维托,铸铁管,排出管 150 mm	6.5	6
南京公司	苏维托,铸铁管,排出管 150 mm	3.5	3.5

6.10 认知十

不同标准排水立管排水流量数值不同,其含义不全相同:设计排水能力(《建筑给水排水设计规范》提出的设计参数);最大排水能力(按实测可以通过的排水流量)。

6.11 认知十一

(1) 采集时间对流量值有一定影响,但多数情况 500 ms 和 50 ms 的数据是相近的。

(2) 泄压管就其实质是局部双立管排水系统,效果明显,但不能等同于变径弯头。

(3) 吸气阀、正压衰减器等对提高排水流量和改善水力工况有效果。

7 小结

排水系统排水立管的排水能力与生活排水管道设计秒流量计算是完全不同的两个概念,不存在两者相匹配的问题。

生活排水管道设计秒流量设计与卫生器具完善程度、设置标准、负荷人数、人口结构、气温气象、居民生活习惯、生活水平经济状况、水费收付方法、供水方式、水压、水质、节水措施等因素有关。

排水系统排水立管的排水能力则与排水系统(单立管、特殊单立管、双立管、三立管、含通气系统)、管材(管径、材质)、管件(类型)、连接方式(每层连、隔层连、多层连)、界定标准等因素有关,当这些因素确定以后,排水能力将是个定值。

※ 电话:(021)54978166-284

E-mail:hbjwy_001@163.com

收稿日期:2010-04-19