

中国工程建设协会标准

室内真空排水系统工程技术规程

Technical specifications for indoor vacuum sewage system
engineering

(征求意见稿)

2016 上 海

中国工程建设协会标准

室内真空排水系统工程技术规程

Technical specifications for indoor vacuum sewage system
engineering

CECS XXX:201X

主编单位：华东建筑设计研究总院

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：201X年XX月XX日

2016 上 海

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2011年第二批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2011]111号）的要求，制定本规程。

真空排水系统是有别于重力排水系统和压力排水系统的一种排水系统。适用于生活污水、废水排水点分散，排水距离长的场所。真空排水系统管路走向不受空间局限，可提升、下沉、转向、绕过障碍物，可实现污废水的同层收集、同层排放。真空排水系统与重力排水系统相比，具有环保、节水、排水管道敷设方式灵活、施工方便快捷和周期短等特点；真空排水系统与压力排水系统相比，具有输送距离更远等特点。真空排水系统在国外有较多的工程应用实例，在国内也已经有应用，是值得推荐的一种排水系统。

编制组深入研究并借鉴国外相关标准与工程实际情况，并结合我国室内真空排水系统的工程实践，在认真总结经验和广泛征求意见的基础上，编制本规程。规程共分7章和1个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、系统组成、系统设计和选型、安装、调试和验收、维修保养等。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑给水排水专业委员会归口管理，由华东建筑设计研究总院（地址：上海市汉口路151号，邮政编码：200002）负责解释。在使用过程中如发现需要修改或补充之处，请将意见和资料径寄解释单位。

主编单位：华东建筑设计研究总院

参编单位：依凡克真空系统（上海）有限公司

上海建筑设计研究院有限公司

主要起草人：（暂略）

主要审查人：

中国工程建设标准化协会

2016 年 月 日

目 次

1	总则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号和缩略语	(4)
3	系统设计	(5)
3.1	一般规定	(5)
3.2	真空泵站	(5)
3.3	真空界面单元	(6)
3.4	室内真空排水系统管道	(6)
3.5	系统设计要求	(7)
4	系统计算和选型	(8)
5	安装	(15)
5.1	施工准备	(15)
5.2	真空泵站的安装	(15)
5.3	真空管道安装	(15)
5.4	真空界面单元安装	(17)
6	调试和验收	(17)
6.1	气密性测试	(17)
6.2	系统性能测试	(17)
6.3	系统验收	(17)
7	维护保养	(18)
7.1	概述	(18)
7.2	运行维护手册	(18)
7.3	备品备件	(18)
	附录 A 真空系统计算实例	(19)
	本规程用词说明	(23)
	引用标准名录	(24)

1 总则

1.0.1 为保证室内真空排水系统工程的质量，指导合理设计、安装施工、调试验收、维护保养，确保系统稳定运行，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、扩建和改建的民用及工业建筑室内生活污水、废水真空排水工程。本规程不适用于雨水排水及室外污、废水排水工程。

1.0.3 室内真空排水系统的设计和施工，应根据建筑物结构、场所使用功能、区域面积、真空泵站位置、管道的标高及距离，以及外界环境大气压力等情况综合考虑。

1.0.4 室内真空排水系统工程的设计、施工及验收除应符合本规程外，尚应符合现行国家和地方相关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 真空排出管 Vacuum outlet pipe

从真空界面单元到真空支管或真空主管之间的真空排水管道。

2.1.2 真空支管 Vacuum branch pipe

汇集真空排出管并与真空主管相连的管道。

2.1.3 真空主管 Vacuum main pipe

汇集真空支管的管道。

2.1.4 真空管道 Vacuum pipeline

管内压力为负压的管道，包括真空排出管，真空支管和真空主管。

2.1.5 室内真空排水系统管道 Indoor vacuum drainage system pipe

由真空主管、真空支管、输送集水弯，排污管、通气管（仅用于带真空罐的真空泵站）等组成。

2.1.6 提升管 lift pipe

真空管道系统中用于提高管道标高的管道。

2.1.7 输送集水弯 transport pocket

用于生活污水、废水在长距离真空管道中的分段输送的组件，通常呈 U 型。

2.1.8 气水比 Air water ratio

每一次系统运作通过界面单元的空气体积和污水体积的比。

2.1.9 阀控制器 valve controller

通过气压感知感应管内的压力，控制真空阀门的启闭的装置，设有记忆存储功能。

2.1.10 传感器 Sensor

与生活污水、废水缓存器连接，允许一部分缓存器内的生活污水、废水进入，通过压缩传感器感应管内的空气，继而触发阀控制器动作的装置。

2.1.11 补气单元 Air-supply Component

自动给设备或管道提供必要空气补给的装置。

2.1.12 真空界面阀 Vacuum interface Valve

用于切断和连通真空管道和其他管道的阀门。

2.1.13 真空界面单元 Vacuum interface unit

真空系统末端，用于收集及排放生活污水、废水的真空收集单元的总称。真空界面单元的组成一般为污水缓存器、阀控制器、真空界面阀及其控制管道等，其表现形式为：真空坐（蹲）便器、真空小便器、真空界面阀单元、真空地漏、真空汲水器、真空冷凝水收集装置等。

2.1.14 真空泵站 vacuum station

产生真空，收集生活污水、废水并排放的装置。真空泵站可按真空罐的配备情况，分为配备真空罐的真空泵站和无真空罐的真空泵站两类。

2.1.15 真空罐 vacuum tank

一般安装在真空主管道的末端，收集和储存生活污水、废水的容器。同时保证系统-0.05MPa ~-0.07MPa 真空度。

2.1.16 真空泵 vacuum pump

为真空系统提供所足够真空值的机械装置。

2.1.17 真空隔油器 Vacuum Grease Separator

在真空排水系统中，用于收集餐饮厨房含油废水，分离油脂和废水并分别排放的一体化设备，由真空罐、排水泵、排油泵和控制系统组成。

2.2 符号和缩略语

q_a	在实际压力下单个真空界面单元动作产生的瞬时气流量（异于峰值流）(L/s)
q_w	末端排水设备水流量 (L/s)
C	无量纲常量，取决于自然流和单项流的组合情况。
D	管道直径(m)
f_a	气体摩擦系数
f_w	水流摩擦系数
G_a	由管道内气体摩擦力导致的单位管道长度的压力损失(Pa/m)
G_w	由管道内水流摩擦力导致的单位管道长度的压力损失(Pa/m)
H_f	排水泵后管道内的摩擦损失(m)
H_l	排水泵后离地提升水头(m)
H_p	排水泵扬程(m)
H_v	由真空产生的压差(kPa)
K	适用于某种建筑类型的修正系数 ($\sqrt{L/s}$)
N_{dp}	设备制造商给出的排水泵每小时启动次数 (次/小时)
P_v	从收集罐里测量的管道系统内的真空值 (Pa)
Q_{dp}	排水泵的流量 (m^3/h)
Q_{ph}	高峰时段污、废水流量计算值 (m^3/h)
Q_{vp}	实际压力下的真空泵额定抽气量 (m^3/h)
Q_{v0}	实际压力下的单台真空泵额定抽气量(m^3/h)
Q_w	实际压力下的总流量 (L/s)
Q_{wa}	实际压力下的气体流量 (L/s)
Q_{ap}	实际压力下的相应管道的气体流量 (m^3/h)
Q_{ww}	污、废水流量(L/s)
Q_{wp}	相应管道内的污、废水流量(m^3/h)
R_e	雷诺系数
T_d	收集罐的排水时间 (s)
V_t	真空收集罐的有效容积 (m^3)
α	泄漏及安全系数
β	安全系数
ΔP	单位压力损失 (Pa / m)
ε	粗糙度值 (mm)
r	由管配件制造商定义的配件损失系数
μ	动态粘滞度 (Pa · s)
ρ_a	气体密度 (kg/m^3)
ρ_w	水密度(kg/m^3)
Φ_a^2	气相压力下降的乘数
Φ_w^2	液相压力下降的乘数
χ	Lockhart-Martinelli 系数, 某个单相流方式的压力下降比值
t_{vd}	两次真空/排水要求之间最可能的时间(s)
s	时间系数 (秒 · 次/小时)
N_{dh}	每个真空界面阀每小时排放次数 (次/小时/只)
N_{va}	真空界面阀的数量 (只)
Q_p	真空泵需求负荷量 (m^3/s)
V_p	真空管道体积 (m^3)
P_b	启动时的真空度 (Pa)
P_e	结束时的真空度 (Pa)
N_p	真空泵的数量 (台)

3 系统设计

3.1 一般规定

3.1.1 室内真空排水系统应符合通过真空设备使排水管道内产生一定程度的真空负压，利用空气压差，将真空界面单元内的污、废水快速推入排水管道的排水系统要求。

3.1.2 室内真空排水系统宜由真空泵站、真空界面单元和相应的系统管道等组成。

3.1.3 室内真空排水系统的设计应保证系统的有效性、可靠性、可维护性、能耗经济性、消防安全性、噪音和气味的控制等，同时应避免对周边环境和人员的健康及安全产生不良影响。

3.1.4 以下场所可优先采用室内真空排水系统：

- 1 采用重力排水较为困难的场所；
- 2 医疗、科研等机构需要设置独立密闭系统集中处理低辐射污水的场所；
- 3 管道布置频繁变更，或对管道布置走向有严格要求的场所；
- 4 需要对生活污水、废水进行分流排放和分离处理的场所；
- 5 水资源缺乏区域及污水排放量受限制场所。

3.2 真空泵站

3.2.1 真空泵站宜布置于真空排水系统中心位置或建筑物楼宇地势较低的位置（如地下室），应与人流密集区域保持一定的距离。并不应设置在生活饮用水池（箱）、给水设备机房的毗邻和上层房间内。

3.2.2 真空泵站内应有隔热、通风措施，并应避免异味扩散到相邻区域。真空泵站排气应符合现行国家标准《恶臭污染物排放标准》GB 14554 的规定，进行高空排放。

3.2.3 真空泵站内应有控制噪音的措施，所产生的噪音应符合现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》GB/T50087 及《城市区域环境噪声标准》GB3096 或地方的有关规定。

3.2.4 配备真空罐的真空泵站，单个真空主管的长度不宜大于 3000m；无真空罐的真空泵站，单个真空主管的长度不宜大于 300m。

3.2.5 无真空罐的真空泵站宜用于同层排水，不应用于提升高度大于 3m 的场所。

3.2.6 真空罐宜设置在真空泵站内，真空罐内的真空度应维持在-0.05MPa~-0.07MPa 范

围之内，罐体应能承受 0.09Mpa 的负压，其设计应确保真空排水系统正常运行。

3.2.7 真空泵组宜设置在真空泵站内，应选用低噪音、高效的真空泵，如旋叶式真空泵等。单台真空泵不宜大于 15Kw，且排气量不宜大于 630 m³/h，其设计和选型应确保真空排水系统正常运行。

3.2.8 污水排水泵宜设于真空泵站内，应在真空罐外部安装。当污水排水泵设置在真空机房内时，应采用干式安装。其设计和选型应确保真空排水系统正常运行。

3.2.9 无真空罐的真空泵站所选用的真空泵和排水泵可采用一体化设备，也可分别独立设置。

3.3 真空界面单元

3.3.1 真空界面单元设计应符合下列规定：

- 1 启闭时间应具备可调节性；
- 2 启闭方式有气动和电动两种控制方式，宜采用气动启闭方式；
- 3 必须具备记忆功能；
- 4 当采用提升管排放污、废水时，理论设计高度不应大于 7m。

3.3.2 真空界面单元应设置前置过滤装置，避免固体垃圾进入排水系统。

3.3.3 真空坐（蹲）便器每次冲洗使用水量宜为 1.2-2.0L，且不应超过 2.5L。

3.3.4 真空隔油器的设置应符合下列规定：

- 1 真空隔油器只能在带有真空罐的真空泵站使用；
- 2 真空隔油器应与真空泵站设于同一机房内；
- 3 配置真空隔油器的真空罐设计应符合本规程 3.2.6 条规定；
- 4 真空隔油器的控制系统可以独立设置，也可以集成到真空泵站的控制系统中，并应符合本规程 3.5.6 条规定。

3.4 室内真空排水系统管道

3.4.1 室内真空排水系统真空主管道管径、分支管管径以及真空末端设备排出管的管径应根据使用场所实际排水量通过计算确定。真空排水管道内气液混合物流速不应小于 1m/s，且不应大于 7m/s。

3.4.2 室内真空排水系统管道敷设形式有锯齿型和袋型两种。宜采用袋型方式进行敷设。真空管道水平安装的相邻输送集水弯间距不宜超过 25m，两个输送集水弯之间的坡度不应小于 0.2%。

3.4.3 真空排水主管爬坡累积高度不宜大于 5m。

3.4.4 真空排水管道应每隔一段距离设置真空检测表和检修、清扫口。并应符合下列规定：

-
- 1 真空检测表与清扫口宜一起设置;
 - 2 清扫口应设置于水平主横管的最低点;
 - 3 真空表可就近设置。

3.4.5 配备真空罐的真空系统应设置通气管，通气管应有不小于 0.5%的坡度，坡向真空泵站。通气管径宜不小于 100mm，管口应设置防虫防雨措施。

3.4.6 室内真空排水系统管道中，所有的管材和管件应符合现行的国家或国际标准，管材应为承压管，公称压力不应小于 1.0MPa，并应有耐负压的能力。材质应耐蚀、耐磨，可选用 HDPE 管、镀锌钢管、不锈钢管等。

3.4.7 室内真空排水系统管道设计中除应满足真空排水系统的特有的要求外，其不同材质管道的连接方式、设计和安装要求还应符合各种材质管道相应现行的技术规程要求，并应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015 的相关要求。

3.5 系统设计要求

3.5.1 室内真空排水系统可直接和室外重力、压力和真空排水系统相连接。

3.5.2 真空排水系统设计应满足系统的可靠性要求，真空泵和排水泵应设置备用泵。

3.5.3 室内真空排水系统真空泵站的供电设计应符合现行国家标准《供配电系统设计规范》GB50052 的规定，宜采用双重电源或两回线路供电。

3.5.4 室内真空排水系统宜配备真空泵站的备用电力供应及远程监视系统的接入端口。

3.5.5 室内真空排水系统应配备设备监测系统。

3.5.6 控制系统宜设置于真空泵站内，应具备自动控制真空泵站正常运行及监视真空系统内各电气设备运行状态的功能，确保真空系统正常运行。

3.5.7 真空排水系统设计优化宜采取下列措施：

- 1 调整储罐、真空泵和排水泵的规格，使真空泵和排水泵不在同一时间开启，可减少能耗，并降低储罐中存在的真空对排水过程产生的压力影响；

- 2 采用总流量最大的一段主管道管径作为所有主管道管径，以最大限度的减少主管道管径规格，简化安装。

4 系统计算和选型

4.0.1 设计计算应按系统的实际状况确定。当实际数据无法确定时，在管径设计时宜按最不利情况设定。并应符合下列要求：

- 1 整条管道充满了气液的混合流体；
- 2 气液流数值保持在峰值阶段；
- 3 没有输送集水弯或是下降管道。

4.0.2 液体（污、废水）流量应按下式计算：

$$Q_{ww} = \text{Max}[K\sqrt{\sum q_{wi}}, \text{Max}(q_{wi})] \quad (i=1,2,3,\dots) \quad (4.0.2)$$

式中： Q_{ww} —污、废水流量 (L/s)；

K —适用于某种建筑类型的修正系数 ($\sqrt{L/s}$)，可按表 4.0.2-1 采用；

q_w —末端排水设备水流量 (L/s)，可按表 4.0.2-2 采用。

注： Q_{ww} 的计算是假设在没有安装任何真空界面单元时，污废水是直接通过末端排水设备接入真空管网时的最大水流量。

表 4.0.2-1 K 系数参照表

使用频率	建筑类型	K ($\sqrt{L/s}$)
间歇性	居民住宅，寄宿学校宿舍，办公室……	0.5
频繁	学校，宾馆，监狱	0.7
高负载	公共淋浴间	1.0
特殊	活动(展会、演唱会……)，餐厅，医院，运动场/体育馆，公共厕所(机场，火车站……)	1.2-1.5

表 4.0.2-2 q_w 系数参照表

序号	卫生器具名称	按 GB50015 排水流量 (L/s)	室内真空排水 排水流量 (L/s)
1	洗涤盆、污水盆(池)	0.33	0.30
2	餐厅、厨房洗菜盆(池)		
	单格洗涤盆(池)	0.67	0.30
	双格洗涤盆(池)	1.00	0.60
3	盥洗槽(每个水嘴)	0.33	0.30
4	洗手盆	0.10	0.30
5	洗脸盆	0.25	0.30
6	浴盆	1.00	0.50
7	淋浴器	0.15	0.30
8	大便器		
	冲洗水箱	1.50	不适用
	自闭式冲洗阀	1.20	不适用
	无水箱		0.60
9	医用倒便器	1.50	

	无水箱医用倒便器		0.30
10	小便器		
	自闭式冲洗阀	0.10	0.30
	感应式冲洗阀	0.10	0.30
11	大便槽		
	≤4个蹲位	2.50	不适用
	>4个蹲位	3.00	不适用
12	小便槽（每米长）		
	自动冲洗水箱	0.17	0.50
13	化验盆（无塞）	0.20	0.30
14	净身器	0.10	0.30
15	饮水器	0.05	0.30
16	家用洗衣机	0.50	0.50
17	洗碟机		0.50
18	洗碗机		0.50
19	地漏		0.50

注：表 4.0.2-1、表 4.0.2-2 参照《室内真空排水》EN 12109 及《建筑给水排水设计规范》GB50015。

4.0.3 气体（空气）流量应按下式计算：

$$Q_{wa} = \text{Max}[K\sqrt{\sum q_{a_i}}, AWR \times \text{Max}(q_{w_i})] \quad (i=1,2,3,\dots) \quad (4.0.3)$$

式中： Q_{wa} —实际压力下气体流量（L/s），实际压力通常为 50kPa；

K —适用于某种建筑类型的修正系数（ $\sqrt{L/s}$ ），可按表 4.0.2-1 采用；

AWR —气水比，根据经验值，真空管道系统可采用 8。

q_a —在实际压力下单个真空界面单元动作产生的瞬时气流单位量（异于峰值流）（L/s），应由真空界面单元制造商提供，当没有制造商相关数据时， q_a 标准数值可按表 4.0.3 采用。

表 4.0.3 q_a 参数表

序号	卫生器具名称	q_a (L/s)
1	真空地漏（6L）	38
2	水槽，水盆，小便器，淋浴，浴缸，洗衣机，冷柜	44
3	真空大便器	50

4.0.4 系统总流量应按下式计算：

$$Q_w = Q_{ww} + Q_{wa} \quad (4.0.4)$$

式中： Q_w —实际压力下的系统总流量(L/s)。

4.0.5 真空负荷应按下式计算：

$$Q_{VP} = Q_w \times \alpha \times 3.6 \quad (4.0.5)$$

式中： Q_{VP} —实际压力下的真空泵额定抽气量(m^3/h)；

α —泄漏和安全系数，取 1.0-1.5。

4.0.6 真空泵数量应按下式计算：

$$n \geq Q_{VP} / Q_{v0} + 1 \quad (4.0.6)$$

式中：n—真空泵数量；

Q_{v0} —实际压力下的单台真空泵额定抽气量(m^3/h)。

4.0.7 真空罐设计应按下式计算：

$$V_t = \frac{2 \times \alpha \times Q_{ph}}{N_{dp}} \quad (4.0.7)$$

式中： V_t —真空收集罐的有效容积 (m^3)；

N_{dp} —设备制造商给出的排水泵每小时启动次数(次/小时)；

Q_{ph} —高峰时段污、废水流量计算值 (m^3/h)，可按污、废水流量峰值的 80%作为计算依据；

α —泄漏和安全系数，取 1.0-1.5。

4.0.8 排水泵选型应符合下列规定：

1 计算水头损失时应考虑真空负压因素，增加真空引起的压头损失；

2 选择排水泵应采用负压抽吸型泵，并应适合污水的类型；

3 排水泵的流量应按下式计算：

$$Q_{dp} = \frac{Q_{ph}}{N_{dp}} \times \frac{1}{T_d} \quad (4.0.8-1)$$

式中： Q_{dp} —排水泵的流量(m^3/h)；

N_{dp} —制造商提供的排水泵每小时启动次数(次/小时)；

Q_{ph} —高峰时段污、废水流量计算值 (m^3/h)，可按污、废水流量峰值的 80%作为计算依据；

T_d —收集罐的排水时间，可根据泵的制造商的技术参数设置（每小时开启次数）。

4 真空排水泵的扬程应按下式计算：

$$H_p = H_f + H_l + H_v + H_e \quad (4.0.8-2)$$

其中：

$$H_l = h_d - h_{te} \quad (4.0.8-2-1)$$

$$H_v = (P_a - P_v) / (\rho \times g) \quad (4.0.8-2-2)$$

$$H_f = \sum (rv^2 / (2g)) + \sum (fLv^2 / (D2g)) \quad (4.0.8-2-3)$$

式中： H_p —排水泵扬程(m)；

H_f —排水泵后管道内的摩擦阻力损失(m)；

H_l —排水泵后离地提升水头(m)；

H_v —由真空产生的压差(kPa)，是排水时系统内设置的真空压力值，一般为 50 kPa；

H_e —排出口富余水头(m)，一般可为 2m；

f—达西函数中雷诺数和管道粗糙度的摩擦因子 $V=Q/A$ (随管段变化而相应变化)；

r—由管配件制造商定义的配件损失系数；

v—管道内水流速度(m/s)；

h_d —排出口离参照面的高度(m)；

h_{te} —真空罐内地面离参照面的高度(m)；

P_v —从收集罐里测量的管道系统内的真空值 (Pa)；

P_a —标准大气压力 (Pa)。

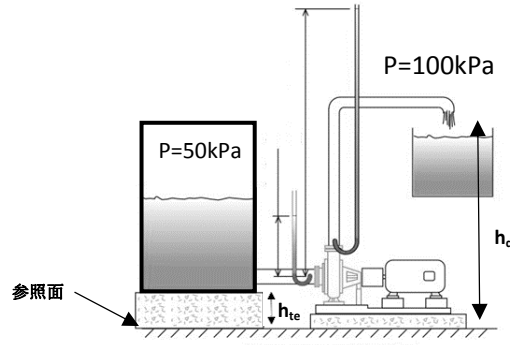


图 4.0.8 扬程计算示意图

4.0.9 主管道计算应符合下列规定：

1 主管道管径的计算应分段进行，对于每段主管，按照以下步骤计算确定：

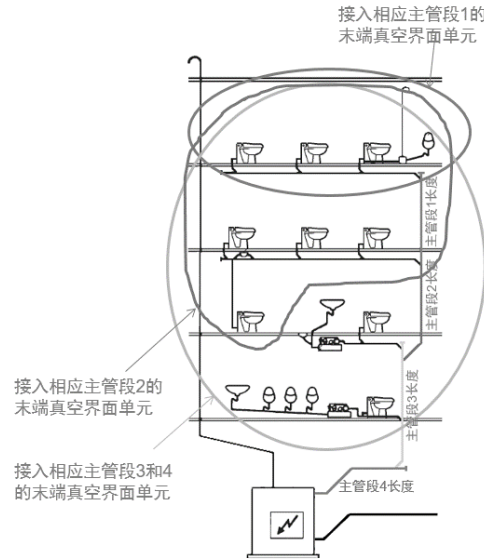


图 4.0.9 管道分段模型示意图

2 每段主管道的水流量和气流量应按下列式计算：

$$Q_{wp} = \text{Max}[K\sqrt{\sum q_{wi}}, \text{Max}(q_{wi})] \quad (i=1,2,3\dots) \quad (4.0.9-1)$$

$$Q_{ap} = \text{Max}[K\sqrt{\sum q_{ai}}, \text{Max}(q_{ai})] \quad (i=1,2,3\dots) \quad (4.0.9-2)$$

式中： Q_{wp} —相应管道内的污、废水流量 (m^3/h)；

Q_{ap} —实际压力下的相应管道的气体流量 (m^3/h)；

K —适用于某种建筑类型的修正系数 ($\sqrt{L/s}$)，可按表 4.0.2-1 采用；

q_w —末端排水设备水流量 (L/s)，可按表 4.0.2-2 采用；

q_a —在实际压力下单个真空界面单元动作产生的瞬时气流单位量（异于峰值流）(L/s)，应由真空界面单元制造商提供，当没有制造商相关数据时， q_a 标准数值可按表 4.0.3 采用。

3 摩擦系数应按下列 Haaland 公式计算：

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \times \log_{10} \left[\left(\frac{\epsilon}{3.7 \times D} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right] \quad (4.0.9-3)$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \quad (4.0.9-4)$$

式中: ε —粗糙度值 (mm);

Re—雷诺系数;

v—液体或气体的平均流速 (m/s);

D—管道直径(m), 按满管计算;

ρ —密度 (kg/m^3);

μ —动态粘滞度 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)。

4 每段主管道的气体和液体的压力损失梯度应按下式计算:

$$G_a = \frac{8 \times f_a \times (Q_{ap}/3600)^2 \times \rho_a}{\pi^2 \times D^5} \quad (4.0.9-5)$$

$$G_w = \frac{8 \times f_w \times (Q_{wp}/3600)^2 \times \rho_w}{\pi^2 \times D^5} \quad (4.0.9-6)$$

式中: G_a —由管道内气体摩擦力导致的单位管道长度的压力损失 (Pa/m);

G_w —由管道内水流摩擦力导致的单位管道长度的压力损失 (Pa/m);

f_a —公式 4.0.9-3 中得出的气体摩擦系数;

f_w —公式 4.0.9-3 中得出的水流摩擦系数;

Q_{ap} —实际压力下的相应管道的气体流量 (m^3/h);

Q_{wp} —相应管道内的污、废水流量(m^3/h);

D—管道直径 (m);

ρ_a —气体密度 (kg/m^3), 在实际压力下, $\rho_g = 0.6 \text{ kg}/\text{m}^3$, 50kPa;

ρ_w —水密度 (kg/m^3), 一般情况下为 1000-1050 kg/m^3 。

5 Lockhart-Martinelli 参数应按下式计算:

$$\chi = \sqrt{\frac{G_w}{G_a}} \quad (4.0.9-7)$$

式中: χ —Lockhart-Martinelli 参数, 某个单相流方式的压力下降比值。

6 总压力下降乘数应按下列 Chisholm (1967) 关系式计算:

$$\Phi_w^2 = 1 + C \times \chi^{-1} + \chi^{-2} \quad (4.0.9-8)$$

$$\Phi_a^2 = 1 + C \times \chi + \chi^2 \quad (4.0.9-9)$$

式中: Φ_w^2 —液相压力下降的乘数;

Φ_a^2 —气相压力下降的乘数;

χ —Lockhart-Martinelli 参数, 某个单相流方式的压力下降比值;

C—无量纲常数取决于自然流和单相流的结合, 一般为 C=18。

7 每段主管道内实际单位压降应按下式计算:

$$\Delta P = G_a \times \Phi_a^2 = G_w \times \Phi_w^2 \quad (4.0.9-10)$$

式中: ΔP —该段主管道内的实际单位压力损失 (Pa/m)。

8 计算总压力损失, 确定主管道直径应采用试演算方式, 以不断增加 D 的数值进行重复推算, 直到压降值满足真空系统的要求, 并应按下式计算:

$$(\Delta P \times L)_{\text{主管道 1}} + (\Delta P \times L)_{\text{主管道 2}} + \dots + (\Delta P \times L)_{\text{主管道 n}} \leq |P_v| \quad (4.0.9-11)$$

式中： ΔP —单位压力损失（Pa / m）；
 P_v —管道系统内的真空值（Pa）；
 L —每段主管道的长度（m）

4.0.10 与真空界面单元直接连接的支管管径，应由真空界面单元制造商提供，当没有制造商相关数据时，其支管的管径可按表 4.0.10 采用。

表 4.0.10 支管道管径选择表

序号	管道类型	管径（mm）
1	从真空界面单元连接出的提升管（仅限于缓冲装置）	DN25
2	从真空界面单元和大便器连接出的提升管	DN40
3	服务于最多 3 个流动单元的支管	DN40
4	服务于最多 25 个流动单元的支管	DN50
5	服务于最多 100 个流动单元的支管	DN65

注：1 个大便器等于 1 个流动单位，1 个其他真空界面单元等于 3 个流动单元。

4.0.11 真空系统排污管的管径计算可按照 GBT20801《压力管道规范-工业管道》。

4.0.12 真空系统通气管的管径应根据真空泵的通气量确定，并按表 4.0.12 选取：

表 4.0.12 通气管道的管径

序号	通气量(m ³ /h)	主管管径（mm）	支管管径（mm）
1	$Q < 450 \text{ m}^3/\text{h}$	DN125	DN80
2	$450 \text{ m}^3/\text{h} < Q < 700 \text{ m}^3/\text{h}$	DN150	DN100
3	$700 \text{ m}^3/\text{h} < Q < 1000 \text{ m}^3/\text{h}$	DN200	DN100
4	$1000 \text{ m}^3/\text{h} < Q < 2000 \text{ m}^3/\text{h}$	DN300	DN100~DN150

4.0.13 无真空罐的真空泵站计算应符合下列规定：

1 两次真空和排水要求之间最可能时间按下式计算：

$$t_{vd} = s \times \frac{3600}{\sum(N_{dh} \times N_{va})} \quad (4.0.13-1)$$

式中： t_{vd} —两次真空/排水要求之间最可能的时间(s)；

s —时间系数， ≤ 1 （秒·次/小时）；

N_{dh} —每个真空界面阀每小时排放次数（次/小时/只）；

N_{va} —真空界面阀的数量（只）。

2 泵的选型应按下式计算：

$$Q_p > \frac{V_p}{t_{vd}} \times \ln\left(\frac{P_b}{P_e}\right) \times \frac{1}{N_p} \times \beta \quad (4.0.13-2)$$

式中： Q_p —真空泵需求负荷量（m³/s）；

V_p —真空管道体积（m³）；

t_{vd} —两次真空/排水要求之间最可能的时间（s）；

P_b —启动时的真空度（Pa）；

P_e —结束时的真空度（Pa）；

N_p —真空泵的数量（台）；

β —安全系数，取 1-2。

3 管道系统的计算，以及排出管道的计算均与带真空罐的真空排水系统一致。

5 安装

5.1 施工准备

5.1.1 施工安装前，在施工图纸及有关技术文件齐全，并且完成图纸技术交底的前提下，施工单位应编制施工组织方案，以确保安装施工的顺利进行。

5.1.2 污水排水泵、真空泵、真空罐、真空界面阀、排出管、真空管道等设施及其附属管道在安装前，应清除其内部污垢和杂物。管道系统安装过程中的开口处应及时封闭，并做好现场保护工作，如有损坏，应及时更换。

5.1.3 污水排水泵、真空泵、真空罐、真空界面阀安装后应采取安全可靠的防护措施。

5.1.4 施工承包方应委托系统供应商在开始施工时对施工人员进行关于真空管道和排出管道铺设的安装指导和培训。

5.2 真空泵站的安装

5.2.1 配备真空罐的真空泵站安装，除需要对真空泵站的安装尺寸以及基础的荷载能力进行复核以外，还需对预置的通气管、排污管的距离和走向进行复核。

5.2.2 无真空罐的真空泵站一般体积较小，安装简便，可为一体化在线设备，安装时需注意校核搬运通道及安装空间。无真空罐的真空泵站运行振动较小，一般不需制作额外基础，可直接固定于地面。

5.3 真空管道安装

5.3.1 真空排水管道应选用 1.0Mpa 压力等级标准以上的承压管材和管件，宜选用压力等级为 1.0Mpa 或 1.6Mpa 的承压管材和管件，不得采用非承压排水管材和管件。

5.3.2 真空排水管道施工应符合设计要求和验收要求，未经设计方同意，不得任意修改设计和改变设计。

5.3.3 真空排水管道施工应保证密闭性。管道连接处应保证管道内部光滑，宜采用长半径 90° 弯头或者 45° 弯头，宜采用 45° 斜三通。

5.3.4 真空排水管道与真空罐应采用法兰和垫片连接，确保密闭，从真空罐接出的真空主管道应安装检修阀。

5.3.5 真空排水管道在铺设时，管道和建筑结构应通过支架紧固，以避免震动以及产生噪音。

5.3.6 真空排水管道坡度宜大于 0.2%，除提升管外，管道方向上不得出现倒坡。管道上输送集水弯最大设置距离≤25m，管道上每隔一段距离应设置检修口，应设置于输送集水弯处。管道走向、坡度及输送集水弯设置应在遵循基本原则的基础上因地制宜。管道安装时应严格避免采取错误的安装方式。

5.3.7 管道在穿墙、穿楼板、沉降缝等处应设置套管及相应的沉降膨胀节。

5.4 真空界面单元安装

5.4.1 真空界面单元不宜安装在通道及行人经过的地方，其上方不得阻挡，不得堆放重物。

5.4.2 用于含油、含渣污水排放的真空界面单元，应设置前置隔油除渣设备，以保证设备正常运行。

5.4.3 真空界面单元在安装前应对施工人员进行技术交底，并将相应的技术材料、安装说明文件给予安装人员，任何偏离安装说明的施工应咨询设计人员。

5.4.4 安装人员在连接真空界面阀、控制单元及污水缓存器前应清理真空界面单元内垃圾，在正式移交给客户前应做好成品保护措施，封闭真空界面单元并关闭检修阀，防止误用。

6 调试和验收

6.1 气密性测试

6.1.1 真空排水系统的气密性测试应包含罐体和管道气密性测试、以一个或多个距离较近的真空界面单元为一段局部系统的局部气密性测试、系统总体测试等多个阶段。

6.1.2 罐体和管道气密性测试。对于系统中管道的单一测试，应满足真空值的减少在 2 小时内应不大于测试开始时记录数值的 5%的要求。

6.1.3 进行局部气密性测试时，对于局部系统的单一测试，应满足真空值的减少在未来 4 小时内每小时的真空度下降数值不应大于测试开始时记录数值的 5%的要求。

6.1.4 进行系统总体气密性测试时，对于整个系统的气密性检测，应满足真空值的减少在未来 4 小时内每小时的真空度下降数值应不大于测试开始时记录数值的 5%的要求。

6.1.5 测试验收时，测试开始及结束均需施工方，甲方现场工程师，监理单位（如有）到场，并记录测试数据。如果任何部分在测试中失败，则要求重新进行，直到符合标准为止。如果系统还处于施工阶段，末端真空界面单元只能在完成罐体和管道测试后测试。

6.2 系统性能测试

6.2.1 污水排放测试应当在室温，标准大气压下，以设计流量进行。系统应处于正常运行模式。在测试开始之前，所有连接设备应能够独立、正常运行。在排放测试中，如果有安装备用设备，应使其处于关闭或隔离状态。

6.2.2 在测试污水排放性能的同时，应进行管道真空测试，记录管道内的真空值，管道内的真空值在污水排放过程中应符合设计要求。

6.2.3 在污水排放测试完成之后应进行断电自重启测试。系统应被设置在正常运行模式。真空主管道上的真空表或记录仪应处于正常工作状态。

6.2.4 在上述测试期间对真空泵站性能进行观察和测试。通过监控系统循环时间，运行时间，以及污水和系统真空的启停节点，验证设备能力是否满足设计要求。

6.2.5 通过模拟系统可能出现的故障，以观察和记录系统是否按照控制逻辑进行警报反馈和对设备的操作，来验证系统是否能够检测和显示所有可能出现的故障。

6.2.6 测试验收阶段的测试开始及结束均需施工方，甲方现场工程师，监理单位（如有）到场，并记录测试数据及结果。如果任何部分在测试中失败，则要求重新进行，直到符合标准为止。

6.3 系统验收

6.3.1 系统在完成以上气密性测试和性能测试无误后，归档相关资料，系统整体进行验收移交，移交系统必须经过施工单位、甲方现场工程师、监理单位（如有）、投资公司（如有）、管理单位（如有）参与，并签署确认移交结果。

7 维护保养

7.1 概述

7.1.1 真空排水系统应定期维护，使其保持良好的工作状态，按规定操作，并应做好运行记录。

7.1.2 每季度检查应包括以下内容：

- 1 气动管道装置：清洁地漏等收集装置；
- 2 阀与压力转换器：用喷水管检查并清洁压力转换器；
- 3 污水泵：检查密封油液位并加注机油，检查紧固螺栓；
- 4 真空泵：清洁外表面，检查空滤是否需要更换，检查机油液位及状况，按需更换。

7.1.3 每半年检查应包括气动管道装置：清洁坐便器、界面阀，检查控制及排放装置及空滤状况是否正常运行。

7.1.4 每年检查应包括以下内容：

- 1 启动管道装置：管道清洁；
- 2 阀与压力转换器：清洁分离器内部，清洗液位开关；
- 3 污水泵：清洁泵壳，检查泵叶是否有损坏；
- 4 真空泵：清洁或更换空滤，清洁风扇导流罩、叶轮、通风格栅及散热片。

7.2 运行维护手册

7.2.1 应为维保人员提供详细的系统设备运行及维护手册，所有手册应采用维护人员所在的国家语言书写；运行维护手册应规定必要的预防性维护，运行维护手册应包含已安装设备的安全指南。

7.3 备品备件

7.3.1 维保人员或设备使用场所应备有一定量的常用易损件、备件，以便在设备发生问题后能及时修复，避免更大损失的产生。

附录 A 真空系统计算实例

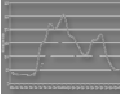
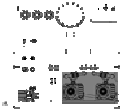
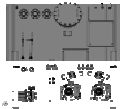
实例原型:

办公室/间歇性使用场所, 10 洗手盆, 20 坐便器, 设计计算系统的大小。

排水点距离机房排水设备排出口水平方向 30 米, 整条排出管道上仅有 90 度弯头 3 处, 垂直高度上排水点比机房排水设备排出口高 6 米。

排水时真空系统保持-50Kpa 的真空值。

步骤如下:

	流程步骤	主要参数	输出结果
	1. 水和气的流量计算	设备 (数量, 单个正常流量) 同时使用率和频率	总瞬时流量
	2. 真空泵流量要求计算	总的气液瞬时流量	真空泵总负荷
	3. 真空罐容积	高峰时段水流量 排水泵规格	真空收集罐的总容积
	4. 污水水排放	压力损失 排水泵规格	排水泵负荷
	5. 管网尺寸定义	最大瞬时水流量 真空界面参数	压力损失 标称直径

A.0.1 水和气的流量计算

水流量计算

$$Q_{ww} = \text{Max}[K\sqrt{\sum q_{wi}}, \text{Max}(q_{wi})] \quad (i=1,2,3,\dots)$$

从表 4.0.2-1 可知, 间歇性的 $K=0.5$,

由表 4.0.2-2 可知, 洗手盆 $q_{wi} = 0.3$, 真空坐便器 $q_{wi} = 0.6$, 因此有

$$Q_{ww} = \text{Max}[0.5 \times \sqrt{0.3 \times 10 + 0.6 \times 20}, 0.6] = 1.94 \text{ l/s}$$

气体流量计算

$$Q_{wa} = \text{Max}[K\sqrt{\sum q_{ai}}, AWR \times \text{Max}(q_{ai})] \quad (i=1,2,3,\dots)$$

从表 1 可知, 间歇性的 $K=0.5$,

由表 4.0.3 可知, 洗手盆 $q_{wa_i} = 44$, 真空坐便器 $q_{a_i} = 50$, 因此有

$$Q_{wa} = \text{Max}[0.5 \times \sqrt{44 \times 10 + 50 \times 20}, 8 \times 1.94] = 18.97 \text{ l/s}$$

A.0.2 真空泵选型

系统总流量计算如下：

$$Q_w = Q_{ww} + Q_{wa} = 1.94 + 18.97 = 20.91 \text{ l/s}$$

真空总负荷：

$$Q_{VP} = Q_w \times \alpha \times 3.6 = 20.91 \times 1.2 \times 3.6 = 90.33 \text{ m}^3/\text{h} \quad \text{本案例中 } \alpha \text{ 取值 } 1.2$$

假设每台真空泵选用 $105 \text{ m}^3/\text{h}$ ，则真空泵及数量：

$$n \geq Q_{VP} / Q_{v0} + 1$$

n 取满足条件的最小的整数，真空泵数量为 2 台，每台负荷 $105 \text{ m}^3/\text{h}$

A.0.3 真空罐设计选型

假设 $N_{dp} = 6$ ， $\alpha = 1.2$ ，

$Q_{ph} = 1.4 \text{ m}^3/\text{h}$ ，根据 80% 的给水量确定；

$$V_t = \frac{2 \times \alpha \times Q_{ph}}{N_{dp}} = \frac{2 \times 1.2 \times 1.4}{6} = 0.56 \text{ m}^3$$

A.0.4 排水泵设计选型

排水泵流量的确定

假设 $N_{dp} = 6$ ， $T_d = 60S$

$$Q_{dp} = \frac{Q_{ph}}{N_{dp}} \times \frac{1}{T_d} \times \frac{1.4}{6} \times \frac{1}{1/60} = 14 \text{ m}^3/\text{h}$$

排水泵扬程的计算

$$H_p = H_f + H_l + H_v + H_e$$

$$H_v = (P_a - |P_v|) / (\rho \times g)$$

$$= (100 - 50) / (1050 \times 9.81 / 1000) = 4.8 \text{ m}$$

一般 H_p 基本在 20m 以下，根据流量计算

结果和扬程计算结果到厂家选型里选择合适的水泵。

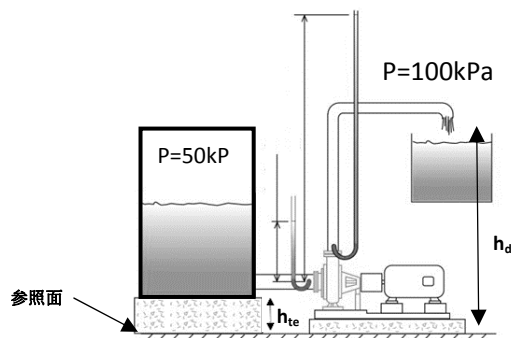


图 1: 扬程计算示意图

A.0.5 主管道计算

一般系统较简单，较小时，可以认为所有主管管径一致，按照最多末端设备和最大水流量的主管道计算确定，本例题中由于涉及的末端排水设备仅有 10 个洗手盆，20 个座便器，较为简单，因此可以认为

$$Q_{wp} = Q_{ww} = 1.94 \text{ l/s}, \quad Q_{ap} = Q_{wa} = 18.97 \text{ l/s}$$

$$G_a = \frac{8 \times f_a \times (Q_{ap}/3600)^2 \times \rho_a}{\pi^2 \times D^5}, G_w = \frac{8 \times f_w \times (Q_{wp}/3600)^2 \times \rho_w}{\pi^2 \times D^5}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \times \log_{10} \left[\left(\frac{\varepsilon}{3.7 \times D} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right], Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$\varepsilon = 0.0015 \text{ mm}$$

$$D = 40 \text{ mm}$$

$$\rho_w = 1050 \text{ kg/m}^3, \rho_a = 0.6 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_{wp} = 1.94 \text{ l/s} \rightarrow v_w = Q/\text{管道截面积 m/s}$$

$$Q_{ap} = 18.97 \text{ l/s} \rightarrow v_a = Q/\text{管道截面积 m/s}$$

$$\mu_w = 1.002 \times 10^{-3} \text{ s/m}^2, \mu_a = 1.84 \times 10^{-5} \text{ s/m}^2$$

由以上参数计算可得

$$Re_w = 1050/1000 \times (1.94/(\pi \times 0.04^2/4)) \times 0.04/(1.002 \times 10^{-3}) = 64710$$

$$Re_a = 0.6/1000 \times (18.97/(\pi \times 0.04^2/4)) \times 0.04/(1.84 \times 10^{-5}) = 19690$$

$$f_w = 0.020, f_a = 0.026$$

$$G_w = 593 \text{ pa/m}, G_a = 44.4 \text{ pa/m}$$

计算每段主管道内实际单位压降

$$\chi = \sqrt{\frac{G_w}{G_a}} = 3.65,$$

$$\Phi_w^2 = 1 + C \times \chi^{-1} + \chi^{-2} = 1 + 18/3.65 + 1/3.65/3.65 = 6.00$$

$$\Phi_a^2 = 1 + C \times \chi + \chi^2 = 1 + 18 \times 3.65 + 3.65 \times 3.65 = 80.14$$

$$\Delta P = G_a \times \Phi_a^2 = G_w \times \Phi_w^2 = 44.4 \times 80.14 = 3558.0 \text{ pa/m}$$

通过下式，采用试演算方式，不断增加 D 的数值进行重复推算，直到压降值满足真空系统的要求。 $|P_v|$ 根据各生产厂家不同的设定值确定，一般为 50-70kpa。

$$\Delta P \times L \leq |P_v|$$

如果 $L=15\text{m}$, 则主管为 DN40 可行; 如果 $L=21\text{m}$, 则需要继续演算, 直到主管径满足上式, 原则上主管道直径应大于任何一个支管道直径。

A.0.6 支管道尺寸和排气管道尺寸

支管道的尺寸可根据表 4 选择; 排气管道尺寸可根据表 5 选择。

A.0.7 排污管道尺寸

排污管的选型计算可按照《压力管道规范-工业管道》GB/T 20801 的管道选型计算部分进行选型。

A.0.8 无真空罐的真空泵站计算选型

由于无真空罐的真空泵站使用限制较多，因此假设以下情景演示该计算：

模型：系统包含 10 个洗手盆（使用 4 个真空界面阀单元），5 个真空马桶，每小时真空界面阀启动 10 次，主管道为 DN40，20 米长，排出点位于真空泵站同层 10 米远处，使用过程时间系数为 0.5。系统真空值在-50Kpa 时启动，在-60Kpa 时停止。

两次真空和排水要求之间最可能时间的计算

$$t_{vd} = s \times \frac{3600}{\sum(N_{dh} \times N_{va})} = 0.5 \times \frac{3600}{4 \times 10 + 5 \times 10} = 20S$$

泵的选型计算

$$V_p = \pi \times (0.04/2)^2 \times 20 = 0.025m^3$$

$$Q_p > \frac{V_p}{T_d} \times \ln\left(\frac{P_b}{P_e}\right) \times \frac{1}{N_p} \times \alpha = \frac{0.025}{20} \times \ln\left(\frac{(100-50) \times 10^3}{(100-60) \times 10^3}\right) \times \frac{1}{1} \times 1.1 = 3 \times 10^{-4} m^3/s = 1.08 m^3/h$$

因此该泵的要求只要是流量大于 1.08 m³/h 即可。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规程中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《建筑给水排水设计规范》 GB 50015

《城市区域环境噪声标准》 GB3096

《给水排水管道工程施工及验收规范和条文说明》 GB 5026

《供配电系统设计规范》 GB50052

《给水排水工程管道结构设计规范》 GB 50332

《恶臭污染物排放标准》 GB 14554

《管道支吊架技术规范》 GB/T 17116.1

《压力管道规范》 GB/T 20801

《工业企业噪声控制设计规范》 GB/T50087

《室外真空排水系统工程技术规程》 CECS 316

BS EN 12056-2-200, Gravity drainage systems inside buildings-Part 2: Waste water systems, layout and calculation;

《Vacuum drainage systems inside buildings》 EN12109

《safety of Machinery –Electrical equipment of machines》 EN 60204-1-2009

EVAC 真空污水排水系统安装手册。

Lockhart, R. W., and Martinelli, R. C., 1949, "Proposed Correlation of Data for Isothermal Two Phase Flow, Two Component Flow in Pipes," Chem. Eng. Prog., 45 ,pp.39–48.

Chisholm, D., 1967, "A Theoretical Basis for the Lockhart-Martinelli Correlation for Two Phase Flow," Int. J. Heat Mass Transfer,10, pp.1767–1778.

AWACAL(c) calculation spreadsheet

中国工程建设标准化协会标准

室内真空排水系统工程技术规程

CECS XXX:201X

条文说明

目 次

1	总则	(27)
2	术语和符号	(28)
2.1	术语	(28)
3	系统设计	(32)
3.1	一般规定	(32)
3.2	真空泵站	(34)
3.3	真空界面单元	(35)
3.4	室内真空排水系统管道.....	(36)
3.5	系统设计要求	(37)
4	系统设计和选型	(38)
5	安装	(39)
5.1	施工准备	(39)
5.2	真空泵站的安装	(39)
5.3	真空管道安装	(39)
6	调试和验收	(42)
6.1	气密性测试	(42)
6.2	系统性能测试	(42)

1 总则

1.0.1 本条阐述了制定本规范的目的和依据。真空排水系统在国外已有较多工程应用实例，在国内也已有应用，是值得推荐的一种排水系统。为保证室内真空排水系统工程的质量，确保合理设计，指导安装施工及验收，确保系统稳定运行，特制定本规程。

1.0.2 本条规定了本规范的适用范围。真空排水系统是有别于重力排水系统和压力排水系统的一种排水系统。真空排水系统是利用真空设备使排水管道内产生一定真空度，利用空气输送介质的排水方式。真空排水系统中的污水以气水混合物的形式，以不大于 7m/s 的流速在管道内输送。

室内真空排水系统特点决定了它的适用领域：

1. 真空排水系统适用于建筑物室内重力排水系统无法或者较难实现的空间（如无法下挖的地下空间，层高较低无法实现地面垫高的空间，设计特殊的建筑结构空间，建筑物内部结构复杂的空间，排水类型多样化及排水点分散，排水距离长，排水管道需要跨越不同障碍物等空间），
2. 特殊场所需要对污水和废水进行密闭隔离处理（如医疗场所，部分商业场所，实验室，研究所等），
3. 建筑内部功能布局需要经常调整的商业场所（超市，大型商场等）。
4. 水资源缺乏区域，污水（物）储存空间有限的场所。

由于雨水排水系统往往为满管流，所以真空排水系统不适用于雨水排水。

1.0.3 真空排水系统与重力排水系统相比，具有排水管道管径小、管道安装灵活、无需开挖集水井、施工方便快捷、施工周期短、环境干净卫生，节水环保等特点，同时真空管道系统属密闭系统，可有效防止细菌滋生，带辐射污水（物）二次污染及有效防止异味蔓延等特点；真空排水系统与压力排水系统相比，具有输送距离更远的特点。

对真空排水经济性的评价需要结合其他相关专业。例如，除了排水设备本身的价格之外，还需要综合考虑土建费用，安装费用，运行费用和维护费用等；

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.5 室内真空排水系统管道具体组成，参见图 1。

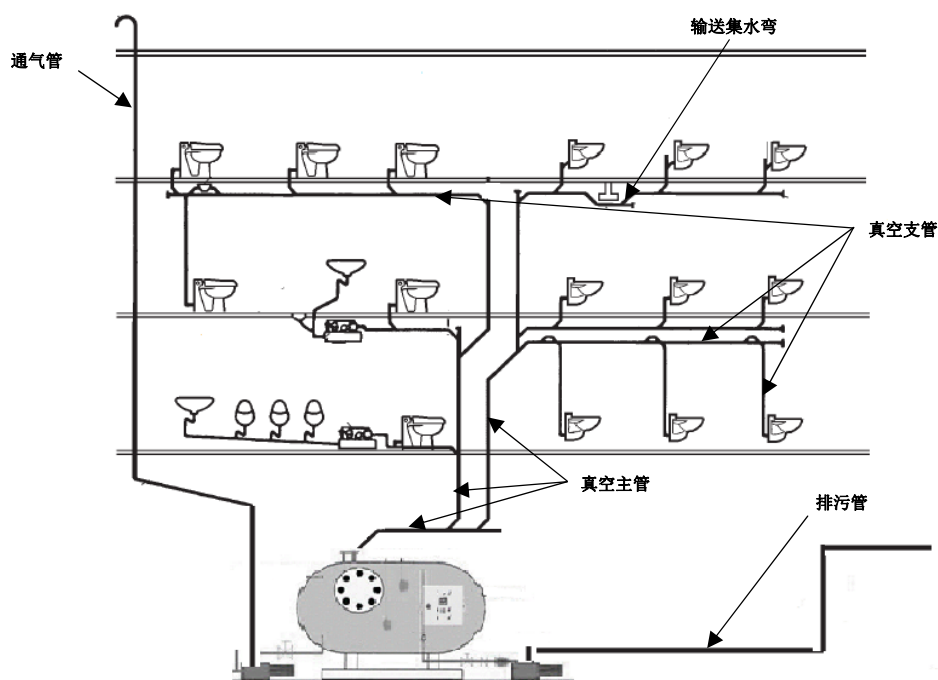


图 1：真空管道及附件原理示意图

2.1.13 真空界面单元位于真空系统的末端。真空界面单元的组成一般为污水缓存器、阀控制器、真空界面阀及其控制管道等，参见图 2。

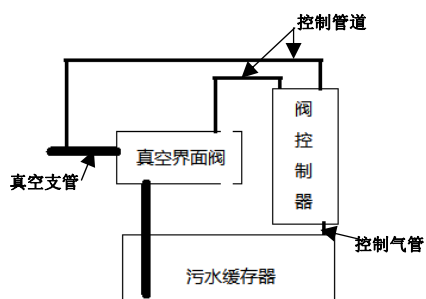


图 2：真空界面单元组成示意图

其表现形式为：真空坐（蹲）便器、真空小便器、真空界面阀单元、真空地漏、真空

汲水器、真空冷凝水收集装置等。

真空坐（蹲）便器及真空小便器应由真空组件（真空界面阀、阀控制器、按钮、水阀、真空破坏器）、冲水环和外壳体等组成。因排水动力来源不同，真空坐（蹲）便器及真空小便斗在内部结构上与传统重力坐（蹲）便器不同，其内部无需设存水弯，无需设置水箱，但必须设有真空组件（真空界面阀、阀控制器、按钮、水阀、真空破坏器）。参见图 3。

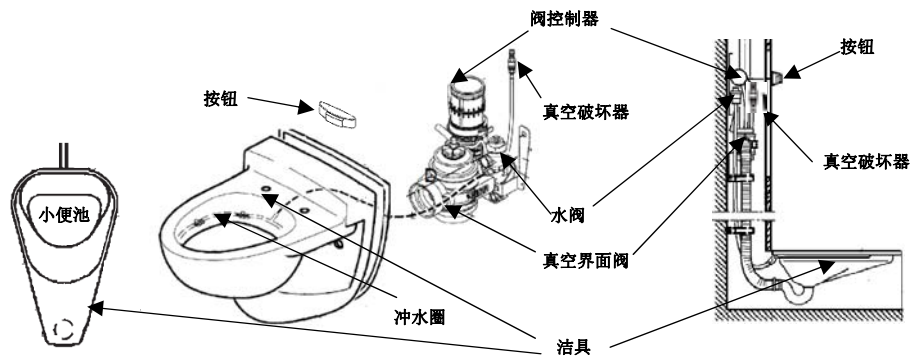


图 3：真空座（蹲）便器组成示意图

真空界面阀单元应由真空组件（真空界面阀、阀控制器、传感器）和污水缓存器及控制管道等组成。真空界面阀单元的用途主要用于收集固体污物含量较少的污水，由真空组件（真空界面阀、阀控制器、止回阀）、污水缓存器及控制管道等组成。原理参见图 4。

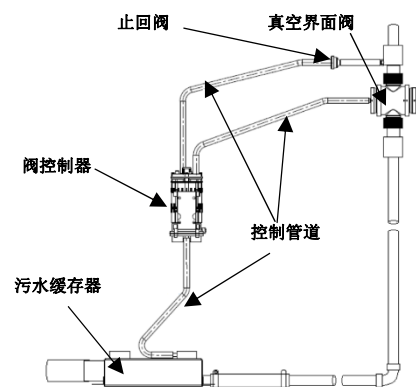


图 4：真空界面单元（地漏、界面阀单元、冷凝水收集装置）原理示意图

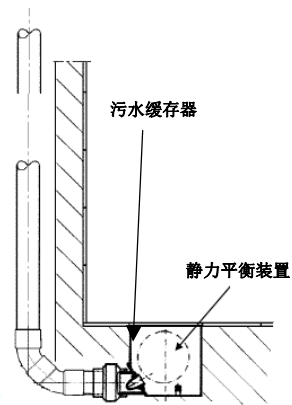


图 5：真空汲水器原理示意图

真空地漏应由真空组件（真空界面阀、阀控制器、传感器、止回阀），过滤装置，污水缓存器及控制管道组成。真空地漏的用途主要用于收集地面污水，其应由真空组件

（真空界面阀、阀控制器、止回阀），过滤装置，污水缓存器及控制管道组成。原理参见图 4。

真空汲水器应由污水缓存器、静力平衡系统等组成。真空汲水器的用途主要用于收集水质含极少量固体杂质或者不含固体杂质的污水，其应由污水缓存器，静力平衡系统等组成。一般情况下，建议使用不锈钢作为污水缓存器的首选材质，但仍应参考设备供应商的具体产品规范。参见图 5。

真空冷凝水收集装置应由真空组件（真空界面阀、阀控制器、传感器、止回阀）、和污水缓存器及控制管道等组成。真空冷凝水收集装置的用途主要用于收集换热设备形成的冷凝水，其应由真空组件（真空界面阀、阀控制器、止回阀）和污水缓存器及控制管道等组成，原理参见图 4。

2.1.14 配备真空罐的真空泵站由真空泵组、真空罐、排水泵组及控制系统等组成；无真空罐的真空泵站可按末端排水方式，分为由控制系统、真空泵组、排水泵组等组成或由控制系统、真空排水一体泵组等组成的两种形式。

配备真空罐的真空泵站的组成，参见图 6。

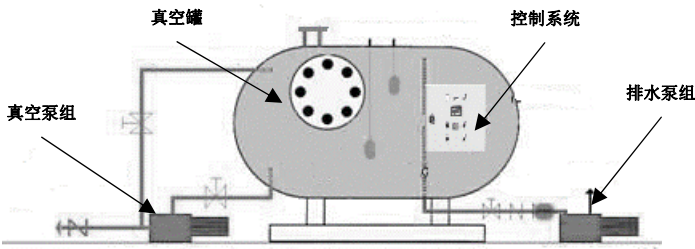


图 6：配备真空罐的真空泵站组成示意图

无真空罐的真空泵站组成，无真空罐的真空泵站主要有两类，一种使用真空排水

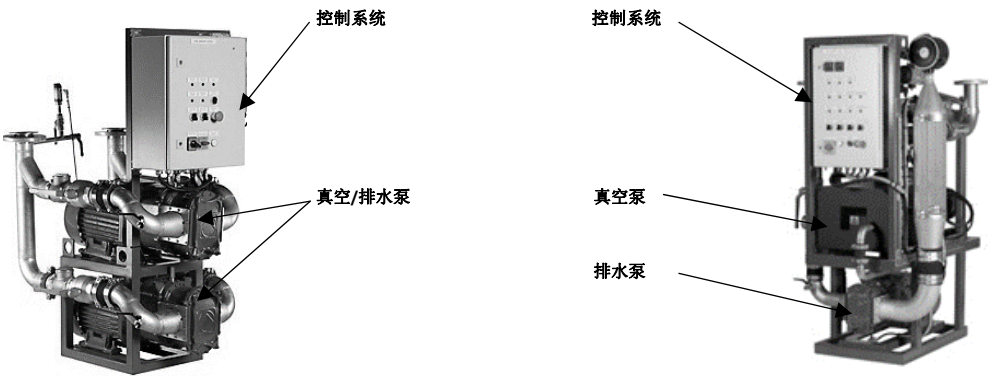


图 7：无真空罐的真空泵站组成示意图

一体泵(见图 7 左图)，另一种真空泵和排水泵独立运行（见图 7 右图）。

2.1.17 真空隔油器是真空系统的一个可选设备，必须配合带有真空罐的真空泵站使用。真空隔油器主要用于收集餐饮厨房含油废水，并分离油脂和废水分别排放的一体化设备，由真空罐、加热器（可选）、排水泵和控制系统组成。可在真空系统环境下，不必考虑重力因素，依托负压抽吸方式，实现同层厨房油废水的收集与处理排放。其中加热器作为可选项，在室温较低的环境中配置。

真空隔油器和传统的一体化油脂分离器不同，其主要表现在餐饮废水收集方式，真空隔油器是依托真空负压将含油废水收集至设备中并分离油脂和废水。在真空排水系统中，如需要处理含油废水，则必须采用专业的真空隔油器。

3 系统设计

3.1 一般规定

3.1.1 本条规定了室内真空排水系统的工作原理。室内真空排水系统，通过真空设备使排水管道产生一定程度的负压，依靠大气与真空系统内的压差，利用空气快速进入真空系统产生高速气水混合物，迅速将真空界面装置内的污水推入排水管道。

3.1.2 本条规定了室内真空排水系统具体组成。室内真空排水系统有别于传统重力排水系统，排水动力不依赖于重力，是由真空泵站（真空泵、排水泵、真空罐体和控制系统）、真空隔油器（可选），真空界面单元（真空坐（蹲）便器、真空小便池，真空地漏、真空界面阀单元，真空吸水器，真空冷凝水收集盒等收集装置）和系统管道组成，参见图 8。

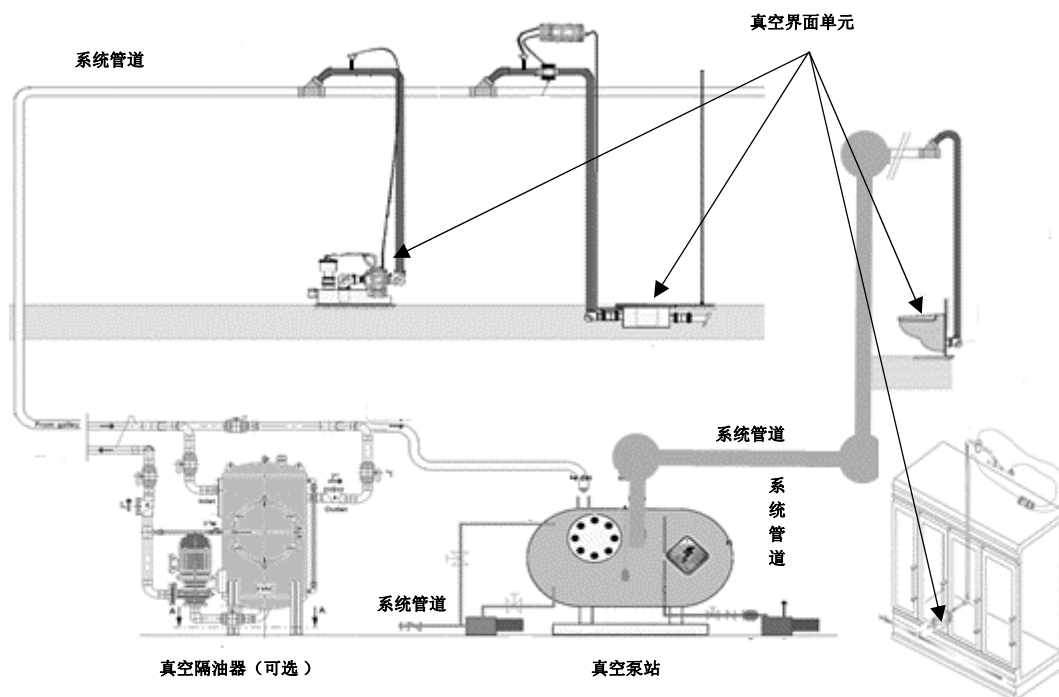


图 8：真空系统组成示意图

3.1.3 本条规定了室内真空排水系统在设计或采用过程中应当考虑的各方面因素：

1. **健康和安全：**室内真空排水系统组成中包含有电气设备，因此，在使用电气设备过程中必须考虑相关人员人身安全及健康因素，周围环境安全因素；专业设备及管道安装工作必须由专业厂商或专业人员指导进行。
2. **有效性：**有效性=运行小时数/（运行小时数+待命小时数），在系统设计过程中，应当考虑到子系统或者分支管道在出现故障时能够有效及时的被隔离或切断，确保当真空系统中局部发生故障或者关键元件发生故障应能够迅速查找故障并有效修复，确保系统正常运行。

3. 可靠性：室内真空系统的可靠性，宜以一年内真空界面单元的故障次数作为衡量标准，主要监测以真空界面单元的循环开启次数为依据。因此，室内真空排水系统的设计，需要纳入系统可靠性预测，应主要考虑以下几方面：系统允许接入的真空界面单元的总数量；预计的系统中各个真空界面单元每天循环开启次数；预计的系统中真空界面单元每天循环开启总次。

4. 可维护性：系统的可维护性不仅影响维护成本还影响系统的实用性。因此室内真空排水系统设计需要考虑真空界面单元，检修手阀，检修口等位置便于维护的操作；真空界面单元使用频率和生命周期相关的维护计划及维修和更换的预估时间；真空泵站的维护保养计划及泵站装置主要配件使用寿命预估时间。

5. 噪音和气味控制：室内真空排水系统属于全密闭性系统，噪音的产生，取决于系统要求的真空值大小，所以对真空设备的要求高，应当选择效率高、噪音低和无特殊气味产生的真空系统设备。因此，真空系统设备技术规范中应当注明具体允许的噪音值和测试方法，真空设备应当以此为参考进行设计、制造和组装，避免产生噪音和危害；室内真空排水系统中有机物的腐败物将产生难闻的气体，并会导致环境缺氧。当移动检修盖时，必须向周围区域供应已知的外部新鲜空气源。只有向储存罐通风设备供应了适当的空气后，工作人员才可以打开储存罐。在任何情况下，任何人维护储存罐时，必须有第二个人随时准备提供协助。如果储存罐的维护时间长于预期，工作人员应配备适当的呼吸设备。

6. 能耗经济性：室内真空排水系统除真空泵站运行时需要依靠电力，其真空界面单元宜采用气动控制方式，减少能耗。同在系统规划和设计阶段应尽量避免排水的高扬程；避免过高气水比率、采用可编程的控制系统用于监控系统密封状态和真空泵站的运行状态、选择高效率的组件以确保系统的能耗经济性。

7. 消防安全：室内真空排水系统和所有组件在设计时应该考虑消防安全，必须符合现行国家相关规定和规程。

3.1.4 本条规定了在一些特殊场所宜优先采用室内真空排水系统建议：

- 1 重力排水实现困难的场所，如建筑内部结构复杂或特殊，地下不宜下挖，重力管道排水坡度不足，建筑改造受重力管道限制等场所。
- 2 医疗、科研等机构类型：真空排水系统属密闭系统，在对污水（低辐射，低放射性，含传染病菌等）有隔离需求的场所，尤其适用。同时，真空系统界面装置在排水的同时，会带走多于污水数倍至数十倍的气体，可以有效减少空气中的有害物质（气味，辐射、放射物，细菌等）。

-
- 3 管道布置频繁变更或者对管道布置走向严格要求的场所，尤其在商业场所，如大型卖场，超市，综合商业中心等商业变更频繁的场所。
 - 4 需要对污水和废水进行分离处理场所，如实验室、研究院、医院等。
 - 5 真空坐（蹲）便器的单次冲洗出水量需在 1.5L~3L 之间，参见《室内真空排水》EN12109，相比传统重力坐（蹲）便器的 6L~12L，参见《建筑给水排水设计规范》GB50015，大量减少污水排放，尤其适用于水资源匮乏，污水排放量严格受限的区域。

3.2 真空泵站

3.2.1 本条规定了真空泵站布置总体要求和所需遵守的相关规定。真空泵站会产生噪音，故应与人流密集活动区域保持足够的距离，同时不应设置在生活饮用水池（箱）的毗邻，上层房间内。

3.2.2 本条规定了真空泵站内的隔热、通风措施要求以避免以为扩散，同时规定了真空泵站排气所遵循的现行国家标准。

3.2.3 本条规定了真空泵站内的噪音控制措施要求，同时规定了噪音控制所遵循的现行国家标准。

3.2.4 本条规定了真空主管的辐射半径，由于真空排水系统受到大气压力的限制，最大可以为-0.10Mpa,而真空排水系统的工作压力在-0.05Mpa 到-0.07Mpa 之间，也就意味着沿程损耗、提升损耗等损耗之和必须小于工作压力。配备真空罐的真空泵站由于配备了一定容积的真空罐，具备较强的真空储备能力，因此真空主管的铺设长度较长，但不宜大于 3000m，无真空罐的真空泵站由于无真空储罐，主管道要求管径较小，内径一般不超过 65mm，真空储存能力较小，真空度有限，因此决定了真空主管的铺设长度不宜大于 300m。

3.2.5 本条规定了无真空罐真空泵站的使用范围。无真空罐的真空泵站由于能力较小，占地面积也相对较小，泵的扬程一般较弱，因此一般适宜用于同层排水，不适合设置于对扬程要求高的领域。

3.2.6 本条规定了真空罐布置和设计的一般要求：真空罐内的真空度应维持在-0.05MPa~-0.07MPa 范围之内，罐体应能承受 0.09Mpa 的负压；钢制真空罐的内外壁表面均应进行防腐处理；真空罐的最高液位不应超过真空罐有效高度的 2/3，真空罐应设有单独的污水进出口和空气排出口，污水和空气应分别由不同的设备分开排放。

3.2.7 本条规定了真空泵组的选型的一般要求：真空泵分为水环式和旋叶式，其中旋叶式真空泵具有能效高，极限真空度高，且不会因为循环水温度过高造成气蚀现象而降低效率的特点，宜优先选择。真空泵组宜设置在真空机房内,单台真空泵不宜大于 15Kw，且排气量不宜大于 630m³/h,宜配置两台或者两台以上有相同运行能力的真空泵，其中一台为备用，安装真空泵的房间，室内温度宜维持在 5℃~40℃之间。

3.2.8 本条规定了污水排水泵使用要求。污水排水泵应有两台或两台以上有相同运行能力的污水排水泵，其中一台为备用泵。单台排水泵的排水能力应满足真空系统设计的排水要求。污水排水泵应在真空罐外部安装。当污水排水泵设置在真空机房内，采用干式安装排水泵，方便维修保养。污水排水泵与真空罐直接相连，故应考虑排水泵能在负压状态下工作，没有堵塞和气蚀现象。排水泵受真空罐内液位器控制，进行启动和关闭动作，要求排水泵能够频繁启动。因市政污水排水点位置和距离等不同，排水泵的扬程应根据场所的具体情况而选定。

3.2.9 一体化的无真空罐的真空泵站，集抽真空与污水排水功能于一泵，无需向外排气，但是真空能力相对有限，适用于水量少的真空排水区域，如，卫生间。每套真空泵站宜设置两台以上的同类型同型号同能力的泵，一台备用。分离式的无真空罐的真空泵站，一般设置一台独立的真空泵，一台独立的污水排水泵，系统需连接排气管道至室外，宜设置两套，其中一套备用。

3.3 真空界面单元

3.3.1 本条规定了真空界面单元在设计中应遵守的一般要求：

- 1 当真空界面阀打开，在大气压力的推动下，污水快速进入真空管道并快速流动，开启时间过短则污水无法完全排出，开启时间过长则造成系统真空能力浪费，且会产生令人不愉悦的噪声。因此，规定真空界面阀启闭时间应具备可调节性，控制在适当的范围。
- 2 室内真空排水系统除真空泵站产生真空或者排放污水时需要运行不同类型的设备依靠电力外，其余末端真空界面单元启闭方式宜采用稳定性高、无电力能耗、使用安全可靠的气动启闭方式，同时，气动启闭方式可有效避免由于系统内真空不足导致的污水回流（系统真空不足时，真空界面阀处于常闭，不会开启），或者由于电器元器件故障导致界面阀常开常闭后引起的真空泄漏或不能排放现象。
- 3 当真空管道内的真空值低于系统要求的最低启动值时，即使阀控制器接收到启动指令，真空界面阀也应暂缓启动，当真空值达到启动要求时，真空界面单元应自动启动，完成排放动作。此功能可有效避免由于系统短暂的真空不足引起的污水滞留问题以及用户误操作引起的污水回流问题。
- 4 室内真空排水系统的真空值在-30KPa~70KPa 之间,这就决定了真空排水系统采用提升管排放污水时，真空界面单元的理论排放高度最大不宜超过 7 米，污水提升高度越高，相对连续排水能力越弱，排水频率越低。

3.3.4 本条规定了真空隔油器在设计中应遵守的一般要求。在真空隔油器真空罐内的压力需维持在-0.05~-0.07MPa（即-0.5~-0.7bar 或 50~30kpa 绝对气压）之间。进入真空油脂分离器的含油餐饮废水，经油水分离后，油脂存放在油脂隔离区，当达到设定的液位后，油

脂可以通过排油泵自动排出，也可以通过人工定期排放（由于餐饮排污的油脂含量较难确定，含油比例浮动大，罐内的油脂量占比较难确定），而污水可通过排污泵直接排入重力污水管网。

3.4 室内真空排水系统管道

3.4.2 本条规定了真空排水管道铺设的要求。室内真空排水管道铺设宜采用袋型方式，由于真空管路的铺设坡度较小，为确保系统管路内的真空度及系统的稳定运行，管道铺设需设置呈“U”型结构的输送集水弯，参见图 9，便于污水在输送集水弯内形成较短的水柱塞，迅速在管道内移动，因此避免系统末端设备的真空匮乏。袋型管道铺设方式还适用于管道

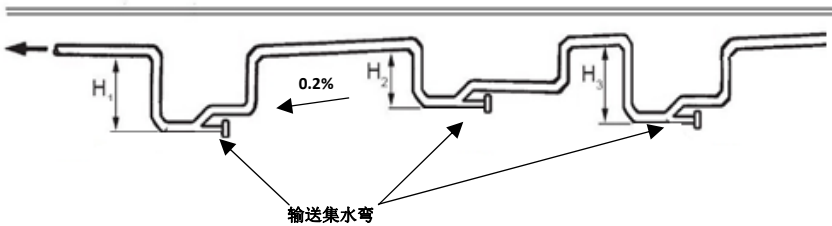


图 9：真空管道袋型铺设方式示意图

连续爬坡的情况。袋型断面的管道公称直径一般不宜大于 DN150。相邻输送集水弯之间没有最小间距要求，但最大间隔距离不应超过 25m，输送集水弯的数量没有限制。输送集水弯的设置间距参考表 1。

表 1 真空排水系统管道设置输送集水弯距离

管径	DN40	DN50	DN65	DN100	DN150
最大长度 m	8	10	15	25	25

3.4.3 本条规定了真空排水主管累积提升高度。真空排水系统受大气压的限制，沿程损耗等原因，累积高度不宜大于 5m，即通常情况下主管的最大压力水头之和不允许超过 5m，参见公式 1。海拔高度的增加会降低真空泵的能效，即海拔高度越高，爬坡高度越小，所以累积高度最大值应根据当地气压变化进行修正，参见图 9。

$$H_1+H_2+H_3+ \cdots +H_n\leqslant 5m$$

公式 1

3.4.5 本条规定了通气设置应遵循的相关规定。通气管宜采用耐高温、耐腐蚀、防冲击材料（如 HDPE、PTFE、碳钢、镀锌钢管、不锈钢管等），内径不宜小于 100mm，管口应设置防虫防雨措施。排气管材质若为金属，安装高度必须低于避雷针高度。

3.4.6 本条规定了真空排水系统管道材料的选用要求。当采用进口管路和管件时，应符合现行 DIN EN 1333 标准，管路和管件压力等级应不小于 DIN EN 1091 标准的额定压力 1.0 MPa。

采用 PVC-U 管材用于真空排水管路，公称外径与公称壁厚之比为 SDR-21。采用国内 U-PVC 管材应满足于现行国家标准《给水用硬聚氯乙烯（PVC-U 管材）》GB/T10002.1 的要求；采用进口 PVC-U 管材，应满足于欧洲标准《未增塑聚氯乙烯管. 一般质量要求. 检验》DIN 8061、《未增塑聚氯乙烯管（PVC-U. PVC-H）尺寸》DIN 8062 标准的要求。应注意 PVC-U 管路热膨胀系数为 0.08mm/(m.k)。粘接连接应先清洗粘接面，并在生产商的指导下进行安装。

采用 HDPE 管材用于真空排水管路，公称外径与公称壁厚之比为 SDR-11。采用国内 HDPE 管材，应满足于现行国家标准《给水用聚乙烯（PE）管材》GB/T 13663 的相关要求；采用进口 HDPE 管材，应满足于欧洲标准《聚乙烯（PE）管. PE63, PE80, PE100, PE-HD 管. 尺寸》DIN 8074、《聚乙烯（PE）管. PE63, PE80, PE100, PE-HD 管. 一般质量要求. 检验》DIN 8075、《供水用塑料管系统-聚乙烯（PE）-第二部分：管材》DIN1220 的要求。应注意 HDPE 管路热膨胀系数为 0.2 mm/(m.k)。当采用电热熔焊接连接方式，必须由专业厂家完成。

若真空排水系统采用铸铁管和钢管，必须采取相应的措施，必须经过设计和系统承包商的审核确定，要求管路和管路连接必须能满足承受压力 1.0MPa，同时要保证在管路连接处的密封性。

3.5 系统设计要求

3.5.1 本条规定了室内真空排水系统与其他排水系统的兼容性。室外真空排水系统和室内真空排水系统其工作原理相同，只是局部的组成部分不同。所以在不同的使用场所可通过具体规划设计结合使用。同时室内真空排水系统也可以顺利接入传统排水系统。

3.5.4 本条规定了室内真空排水系统中真空系统备用电力及远程监视系统的要求。真空排水系统中的真空泵站是依靠电力运行的设备，即使在失去电力供应的一段时间内，系统仍然能够维持负压一段时间保证末端设备的运行，然而该持续时间是有限的。因此，真空泵站宜配备备用电力供应设备或措施。同时为了便于使用方实时掌握系统运行状况，宜配备远程监控系统，

3.5.6 本条规定了室内真空排水系统中控制系统的具体要求。室内真空排水系统必须设有实时监控系統，用于保障和维护真空排水系统的正常运行，尤其是真空泵、污水泵和真空罐等关键组成部分。

3.5.7 建议真空排水系统设计的优化措施：

- 1 调整储罐，真空泵和排水泵的规格，可以使真空泵和排水泵无需在同一时间开启，以达到减少能耗的目的，同时也能降低由于储罐中存在的真空对排水过程产生的压力。
- 2 可以通过使用总流量最大的一段主管道管径作为所有主管道管径，以最大限度的减少主管道尺寸数量，从而简化安装。（例如：第一条支路连接到的主管道只需要 DN65 的管径，而在最后各段主管道汇集处的主管道需要 DN80 的管径，则所有主管道管径均可设置为 DN80）。

4 系统计算和选型

4.0.1 由于气液流动的各种变化发生在系统的内部（传输袋、上升/下降管道、支管/主管），计算所需的部分实际数据无法确定，因此本规程在设计计算过程中，在管径设计环节考虑最不利的情况。

4.0.2 本条文规定了污、废水流量的计算方法。

公式 4.0.2 应根据表 4.0.2-1、表 4.0.2-2 进行计算。 Q_{ww} 用以计算每个时间段内某个特定类型的建筑在某区域中的不同类型的末端排水设备的流量。所得出的 Q_{ww} 最大值将和下一时间段内的 Q_{ww} 进行比较。根据建筑类型的不同，使用习惯的不同，某些设备在同一时间段内同时使用的情况不可能发生，因此采用此方法进行计算是为了避免计算得出不可靠（不可能出现）的峰值流量（比如，体育场公厕在体育场清理时的使用仅仅会发生于公众离开的时候）。 Q_{wa} 气流量会以相同的方法定义。

4.0.7 真空罐可以缓冲真空管网中真空压力的轻微变化，同时真空罐可以阻止某些可能通过排水泵进入真空管网的特殊物体。实际上真空罐充当提升泵站缓冲器以优化提升泵的启停频率。

4.0.8 排水泵的选择可以和重力系统使用相同的原则，但需要在计算损失时增加真空负压这个因素。在选择泵的时候应考虑考虑负压抽吸型泵。同时泵的选型还应根据污水的类型进行选择。

5 安装

5.1 施工准备

5.1.1 本条规定了施工前准备工作内容要求：

- 1 施工图纸、材料清单、安装指导说明书及有关技术文件齐全，已进行图纸技术交底，施工要求明确；施工单位应编制施工组织方案；
- 2 施工方案和管材、管件、电焊机、切割机、钻床、专用电热熔机具供应等施工条件具备；
- 3 施工用地及材料贮放场地等临时设施和施工用电应满足施工需要；
- 4 校核设备搬运及固定就位的土建、装饰等交叉工作面条件是否符合。

5.2 真空泵站的安装

5.2.1 本条规定了配备真空罐的真空泵站的安装要求，施工承包方应按下列规定进行施工：

- 1 根据施工图中真空泵站设备基础尺寸、标高、定位尺寸，校核土建、装饰等交叉工作面条件，应留有足够的通道及安装空间；
- 2 复核真空泵站设备基础的标高及荷载能力；
- 3 将真空泵站各接口予以封堵，待真空泵站吊装到位，并校核各接口的标高，确保满足设计要求；
- 4 真空泵站真空罐内外壁及其固定配件应采取防腐措施；
- 5 真空泵站应牢固安装于基础上，电控箱防护等级应满足相关电气要求，压力传感器、液位控制器等控制器应有安全防护措施。
- 6 含真空罐的真空泵站一般需同时配置通气管及排污管，因此在安装前应对真空泵站通气管及排污管的走向、排出点予以充分考虑，应留由专用通道予以排出。

5.3 真空管道安装

5.3.5 本条规定了真空排水管道在铺设时支架设置的相关要求。根据管道管径的不同，支架应按照对应的固定距离沿管道设置，参见《管道支吊架技术规范》GB/T 17116.1，同时支架还应设置在：管道改变方向的所有转向点、输送集水弯两端、支管和检修口连接点、真空系统里固有的周期性的动力发生处等位置。

5.3.6 本条规定了真空管道铺设的基本原则。

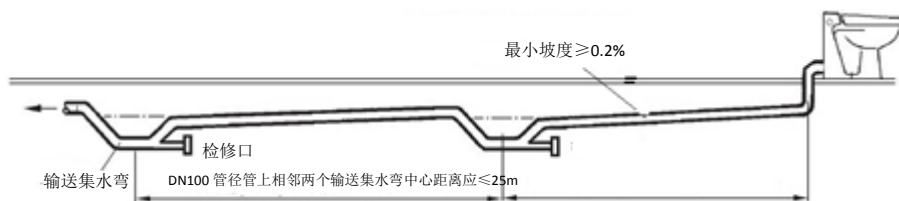


图 10, DN100 管径管道理想管道铺设示例

1 理想管道铺设示例

相邻两个输送集水弯的中心距离的确定, 应参考表 1。

2 输送集水弯的铺设尺寸应严格参照图 11 设置, 输送集水弯处可以设置检修口。

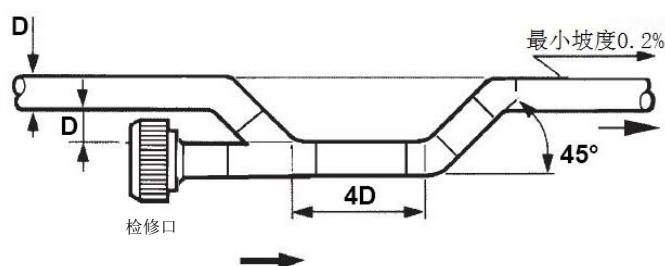


图 11: 输送集水弯标准尺寸示意图

3 在遇到障碍物时, 输送集水弯的安装方式参考图 12

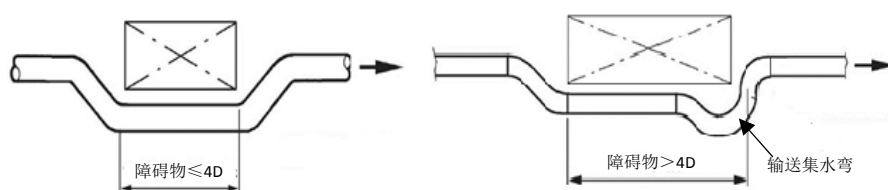


图 12, 障碍物处输送集水弯的铺设方法图示

4 支管铺设的基本原则: 管道汇集时应顺流连接, 支管汇入主管时应从上方沿顺流方向 45° 接入主管, 参见图 13

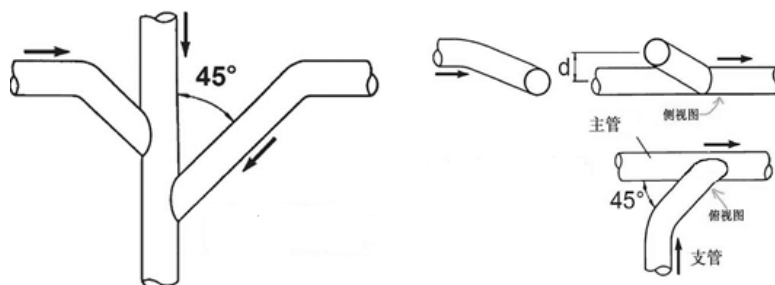


图 13, 支管铺设基本原则图示

5 真空界面单元提升管设置的基本原则，以真空大便器为例，参见图 14

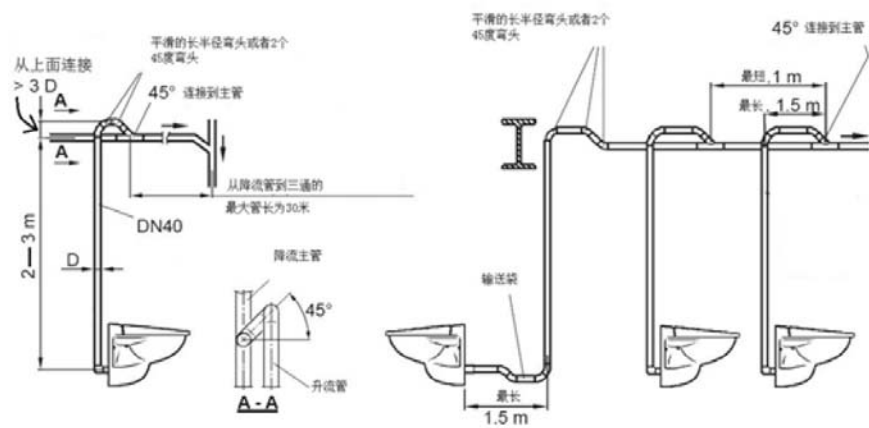


图 14，真空界面单元提升管设置的基本原则

6 严格禁止的管道铺设方式。

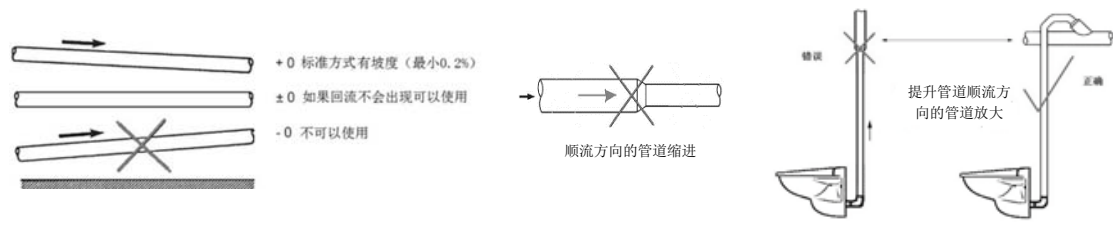


图 15，严格禁止的管道铺设方式

6 调试和验收

6.1 气密性测试

6.1.1~6.1.4 规定了系统气密性测试的要求，测试方法如下：

- 1 使用相应工具或配件阻断所有开口与大气的连接。如果只有局部管道参与测试，应当使其与其余系统管道独立。
- 2 使被测试系统或局部系统处于正常工作真空值中（0~+10%）。
- 3 记录环境压力，温度以及管道真空值。
- 4 应当在沿管道至少3个典型位置测量温度，作为计算平均值。
- 5 在测试阶段末期，再次记录环境温度，压力以及管道真空值。如果此时有温度变化，需要根据理想气体方程式计算正确真空值。

6.2 系统性能测试

6.2.1 本条规定了污水排放性能测试的要求，测试及通过验收的方法如下：

- 1 确定每根主管以及整个系统真空界面单元的数量。
- 2 对照表2，选择一条具有最大流速的管道，计算相应同时排放设备的数量。
- 3 再次对照表2为整套系统计算同时排放设备的数量。
- 4 选择在具有最大流速管道上距离真空泵站最远的设备。
- 5 为同时排放测试选择其他管道上所有的末端真空界面单元。
- 6 将选择的设备注水至溢流线。如果周边有安装浴缸或洗衣机，用他们替代洗脸盆。使用洗碗机替代厨房水槽。洗衣机和洗碗机应当满载运行。
- 7 按照下述方法对所选设备进行同时排放测试：真空界面阀单元运行至少3次，真空坐便器冲洗一次。
- 8 在步骤7之后，单独对每个连接设备进行排放测试以检测其性能。
- 9 在步骤8之后，选取离具有最大可能静态损失的管道末端的真空界面单元测试。

测试通过标准：所有设备，不论单独或是同时排放，在排放结束后不能有污水经真空界面阀回流至设备中。真空坐（蹲）便器应当在设计真空恢复时间内能够正常冲洗。不论是同时使用，还是独立使用，设备应都能正常运行。

6.2.2 本条规定了管道真空测试的要求，具体测试方法及通过标准如下：

建筑类型/使用频率	建筑系统区域	器具	器具数量	器具每天运行时间																							
				0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
建筑类型1 (办公室, 大型厨房等)	区域1 (大学校园宿舍)	马桶																									
		洗手盆																									
		淋浴																									
		...																									
	区域2 (教室)	马桶																									
		洗手盆																									
	(食堂)	厨房水槽																									
		排水沟																									
		洗碗机																									
建筑类型2																											
污水流速 Q_{ww}				$Q_{ww1} = 0$						Q_{ww2}			Q_{ww3}			Q_{ww4}			Q_{ww5}		Q_{ww6}						
空气流速 Q_{wa}				$Q_{wa1} = 0$						Q_{wa2}			Q_{wa3}			Q_{wa4}			Q_{wa5}		Q_{wa6}						

表 2 同一真空系统不同时间段末端排水点设备排水量计算表

在预期产生最大静态损失管道末端的真空界面单元需就近安装一个真空表，在最高流速的管道末端需安装一个真空表（在某些情况下，这两个条件会发生在同一条管道上）。

测试通过标准为：除真空界面阀开闭循环的瞬间，管道内真空值应当保持高于真空界面单元的可操作真空值。按照设计流速，真空恢复时间应短于污水在污水缓存器中的滞留时间。真空马桶应当能够在真空恢复期间或规定时间内正常使用。

6.2.3 本条规定了断电自重启测试的要求，具体测试方法及通过标准如下：

- 1 在系统正常运行的状态下，切断系统供电（真空泵站控制系统电源开关处于开启状态），检测系统的真空值直至其下降到 0。
- 2 恢复系统供电。观察真空泵站自动启动状态，监控系统真空值的变化情况，并记录下真空值达到设计值所需的时间。

测试通过标准为：系统应当在规定时间内恢复正常使用。