

Roof Siphon Drainage System of Shanghai Science and Technology Museum in China

Xiangrui Kong¹ Yan Yin²

1. Shanghai Science and Technology Museum, Shanghai, 200127, China

2. Shanghai Lianchuang Design Group Co., Ltd., Shanghai, 200093, China

Abstract

The Shanghai Science and Technology Museum is a major social and cultural public welfare project built by the Shanghai Municipal Government in the 21st century to improve the scientific literacy of citizens. The main building of the Shanghai Science and Technology Museum, Building 1, has a large area, a unique form of roof, and various heterogeneous structures on the roof surface (such as crescent shaped drum platforms, hollow rings, and flying wings), which makes it difficult to use traditional gravity drainage systems for roof rainwater construction. After comparative calculation and design, the Shanghai Science and Technology Museum adopts a siphon rainwater drainage system for roof drainage, uses a pressure multi bucket drainage system, reasonably arranges the position of the collection well, divides the collection area, and sets up gutters to collect rainwater from different areas, meeting the design requirements to ensure smooth roof drainage. The paper provides a brief introduction to the composition and principle of the siphon rainwater drainage system, as well as the successful application of the roof siphon drainage system in the Shanghai Science and Technology Museum project. It summarizes the design of the roof siphon rainwater drainage system in the Shanghai Science and Technology Museum, providing a basis for the ongoing renovation of the museum and ensuring its subsequent operation.

Keywords

siphons the rain water; drainage system; science technology museum

中国上海科技馆屋面虹吸排水系统简述

孔祥锐¹ 尹艳²

1. 上海科技馆, 中国 · 上海 200127

2. 上海联创设计集团股份有限公司, 中国 · 上海 200093

摘 要

上海科技馆是上海市政府为提高市民科学素质, 而兴建的21世纪重大社会文化公益项目。上海科技馆主体1号楼建筑物因超大面积、特异形式屋面及屋面表面的多种异性构造物(月状圆鼓形平台、镂空环形和飞翼), 导致屋面雨水采用传统重力排水系统施工难度较大, 经过对比计算设计, 上海科技馆采用虹吸雨水排水系统进行屋面排水, 采用压力多斗排水系统, 合理配置集水井位置, 划分集水区域, 设置天沟收集不同区域雨水, 满足设计要求, 以保证屋面排水顺利进行。论文通过对虹吸雨水排水系统组成和原理的简介, 以及屋面虹吸排水系统在上海科技馆项目的成功应用, 总结上海科技馆屋面虹吸雨水排水系统的设计情况, 为上海科技馆正在进行的更新改造提供依据, 为后续运营提供保障。

关键词

虹吸雨水; 排水系统; 科技馆

1 引言

上海科技馆位于世纪大道 2000 号, 是上海重要的科普场馆, 占地面积约 6.8 万平方米, 建筑面积 10.06 万平方米, 2001 年 12 月 18 日正式开放, 从开馆至今已经历 20 多年的风雨历程, 目前正在进行大规模的更新改造工程, 其中对屋面虹吸雨水压力排水系统的更新改造是上海科技馆大修工程项目的重要组成部分, 而对上海科技馆原有屋面虹吸雨水系统的深入

了解探究, 是保证改造工程能够顺利进行的重要依据。

2 虹吸雨水系统简介

虹吸雨水系统是一种利用虹吸原理进行雨水排放的系统。它通过管道内的压力变化, 使得雨水在管道内形成虹吸效应, 从而实现屋面雨水的快速排放。虹吸压力雨水排放系统通过特殊类型压力雨水斗, 减少进入系统内空气, 使系统内水流尽快达到满流状态, 通过负压抽吸的虹吸作用, 加快屋面雨水排放。

虹吸雨水系统主要由以下几个部分组成:

①雨水斗: 安装在屋顶上, 通过天沟排水收集屋面雨

【作者简介】孔祥锐(1983-), 男, 中国山东泰安人, 硕士, 从事建筑给排水研究。

水。雨水斗一般设有整流格栅装置,在快速排除雨水的同时,还可以防止屋面雨水聚集形成较大的漩涡,稳定雨水斗前水位的同时,还可以防止系统内进入较多空气,破坏系统虹吸状态的形成。

②管道系统:包括连接管、悬吊管、雨水立管、埋地管和出户管等,用于将雨水从屋顶引导至排水系统。悬吊管可以连接一个或多个雨水斗,且安装无坡度要求。管道系统最大负压处为悬吊管与立管交接处,最大正压处为埋地管与排出管交接处。管道的材料宜采用承压塑料管、金属管、涂塑钢管、内部较光滑的带内衬的承压排水铸铁管等,其中因为需承受负压,塑料管管材抗负压力应大于 -80kPa ,防止出现管材的负压吸瘪。

③虹吸管件:包括弯头、三通、四通等,用于连接管道系统中的各个部分。

虹吸雨水系统相较传统重力雨水系统具有:雨水排放快速、排放量大、减少屋面施工开孔、减少管道铺设及立管数量、减少噪音、易于维护等优点。虹吸雨水整体排放系统见图1。

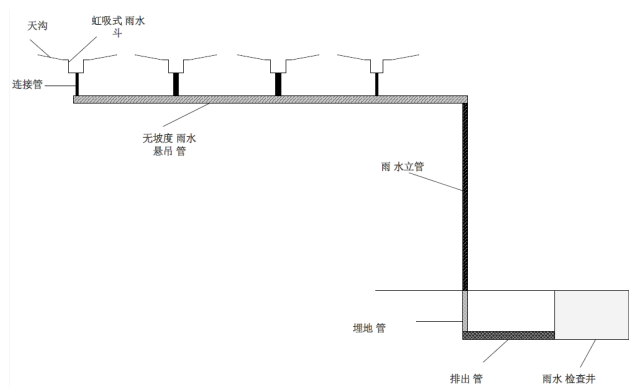


图1 虹吸式雨水排水示意图

虹吸式屋面排水系统虹吸作用的形成过程,基本可分为波浪流、脉冲流(脉动流)、活塞流(拉拔流)、泡沫流(乳化流)、满管流5个阶段^[1]。降雨初期,降雨量较小,屋面雨水系统排水仍以重力排水系统运行,随着降雨量逐渐增大,通过特殊压力流雨水斗的整流及空气隔绝作用,使管内流态逐渐从活塞流向泡沫流过渡,同时间歇形成虹吸满管流形态^[2]。

虹吸式屋面雨水系统利用屋面与地面的几何高差,雨水排水管道总水头损失与流出水头之和不得大于雨水管进出口的几何高差;并满足伯努利方程:

$$H+P_2+V_2^2/2g=H_x+P_x+V_x^2/2g+h_{2-x}$$

其中, H 、 H_x 分别为断面 2-2、x-x 的位置水头; P_2 、 P_x 分别为 2-2、x-x 的压强水头; V_2 、 V_x 分别为 2-2、x-x 的速度水头; h_{2-x} 为断面 2-2 到断面 x-x 水头损失。

系统分析图见图2。

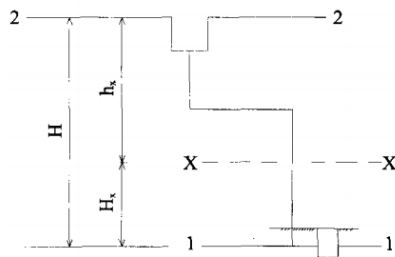


图2 系统分析图

3 上海科技馆屋面虹吸雨水排放系统介绍

上海科技馆主体建筑1号楼屋面为弧形的平面布局,由西向东呈现螺旋上升。屋面整体宽度95.50m,内弧最低端为屋面西南侧,标高11.36m,外弧最低端为西北侧,标高近15.50m;内弧最高端为东南侧,标高42.41m,外弧最高端为东北侧,标高49.90m;外螺旋上升角为 3.68° ,内弧螺旋上升角为 8.25° ; $R_{\text{外}}=169.50\text{m}$,外弧周长532.50m, $R_{\text{内}}=80.80\text{m}$,内弧周长213.90m;屋面投影面积约为3.4万 m^2 ^[3]。整个屋面分为A、B、C三区,A区为东区,有月状圆鼓形平台;B区与A区和C区以建筑伸缩缝为界,主体为圆球形玻璃厅,四周为镂空圆环;C区主体为5道凸起飞翼。整个屋面不仅造型独特,且屋面各区构筑物也造型各异,导致雨水收集排放难度进一步增大。上海科技馆屋面平面见图3。

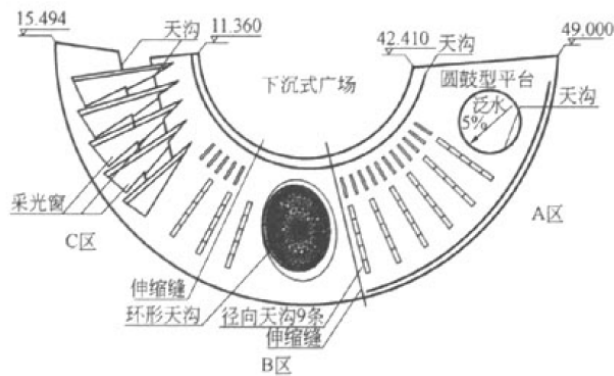


图3 上海科技馆屋面平面

屋面北侧为下沉式广场,广场内无排水管道系统;屋面北低南高;为保证下沉式广场排水安全及合理利用市政雨水管道系统,屋面雨水应有组织收集后排入南侧丁香路、迎春路雨水系统。

根据计算,若采用常规的重力流雨水排水系统,按照设计要求,雨水设计重现期5年,降雨历时5min,暴雨强度 $5.29\text{L}/(\text{s}\cdot 100\text{m}^2)$,屋面汇水面积按3.4万 m^2 进行估算。以DN100埋地管满流允许的汇水面积200 m^2 计算,当坡度取0.020时,则至少应设置320根雨水立管。当排水横管坡度取0.020时,从排水横管起点至排出管出墙处大约90m,则排水横管的坡降为1.80m。由此可见,排水管道量多和较

大的排水坡降会严重影响建筑室内有效净空高度,进而影响建筑物内部展示项目的正常演示效果,并且还会造成室外雨水井数量过多^[3]。

若采用虹吸雨水压力排水系统,重现期为5年,排水量1800L/s,屋面雨水溢水设计重现期为100年,屋面排水量2980L/s。屋面设计排水量按照溢流排水量设计管道系统,并按计算和屋面实际情况配置雨水斗和虹吸雨水管,不再设置溢流管道。

上海科技馆雨水斗为UV107型号,共103个,分布于32个集水井内。叶片护罩、空气挡板采用铝硅合金,本体及连接件采用316不锈钢,屋面虹吸雨水系统采用多斗压力系统;排水立管共设计31根,为内外涂环氧树脂铸铁管。

经计算,当降水量达到 $4.45\text{L}/(\text{s}\cdot 100\text{m})$ 时,管道内已可形成泡沫流,整个系统进入虹吸排水状态。经查证《建筑给水排水手册》,当重现期 P 取 $2a$ 时,降雨历时 5min 的暴雨强度为 $4.67\text{L}/(\text{s}\cdot 100\text{m}^2)$,已高于泡沫流启动流量 $4.45\text{L}/(\text{s}\cdot 100\text{m}^2)$ 。即当满足2年重现期时,管内雨水已可进入虹吸排水状态,屋面虹吸雨水系统正常运行,满足设计要求。

根据现场实际情况,上海科技馆屋面汇水面积划分主要分为以下六部分:①A区圆鼓形平台内的弧形月牙部分,设置天沟收集该区域内雨水;②A区外沿排气窗,收集最外侧雨水;③A区和C区九条纵向天沟,主要收集A区和

C区平面雨水;④B区球形外沿设置圆形天沟,主要收集B区球形区域雨水;⑤屋面内沿;⑥C区飞翼部分,在飞翼中部和底部分别设置雨水斗,用以收集飞翼处雨水。

因为上海科技馆屋面的非规则形态和屋面多种的构造物,汇水面积的划分充分考虑屋面各处的标高和异性结构,A区圆鼓形区域的弧形月牙、B区动感影院外、C区飞翼都分别设置集水井,单独进行汇水,相应汇水面积单独计算,保证虹吸系统正常作用。因为螺旋形屋面的异性结构,为保证雨水斗前水深要求,雨水斗集中安排在集水槽中,集水槽有效水深根据天沟及平面位置略有不同,但满足规范要求,有效水深均不小于250mm。

上海科技馆目前已经进入闭馆大修阶段,经过20余年考验的上海科技馆屋面虹吸雨水排水系统依旧能够满足初始设计要求。为更好地保障了上海科技馆的正常运行,并满足新的规范要求,上海科技馆大修工程也将对屋面虹吸系统进行部分升级改造,力争在今后运营中,使原有虹吸屋面雨水排放系统更好发挥作用,保障运营。

参考文献

- [1] 孙瑛.压力流(虹吸式)屋面雨水排水系统水利计算[J].给水排水,2002,28(1):77-81.
- [2] 经晶,沈致和,张丹汝.浅议虹吸式屋面雨水排水系统[J].建筑节能,2014(7):87-90.
- [3] 徐凤.上海科技馆屋面雨水压力流排水系统[J].给水排水,2007(S).