

设计经验

DOI: 10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.14.009

国家雪车雪橇中心消防供水系统设计方案比选

李茂林, 梁岩, 申静

(中国建筑设计研究院有限公司, 北京 100044)

摘 要: 2022年北京冬奥会延庆赛区的国家雪车雪橇中心是我国建设的第一座雪车雪橇标准场馆,也是冬奥会中设计难度最高、施工难度最大、施工工艺最复杂的场馆之一,具有占地面积大、建筑子项多、分布分散、地形高差大等特点,其消防供水系统设计具有较大挑战性。结合项目特点和市政条件情况,随着项目的推进和外界条件的演变,形成了四种消防供水系统方案,从工程量、可行性、可靠性三方面进行了比选分析,探讨了不同方案的优劣,最终采用了方案四,即出发区1、出发区2采用临时高压消防系统,赛区内其他单体建筑采用高压消防系统,两系统共用消防水池,形成高压与临时高压相结合的消防给水系统方案,可为山地大型场馆和山地建筑群组的消防供水系统设计提供参考。

关键词: 国家雪车雪橇中心; 消防供水; 高压消防给水系统; 山地; 可靠性

中图分类号: TU998.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)14-0061-05

Design Scheme Comparison and Selection of National Sliding Centre Fire Water Supply System

LI Mao-lin, LIANG Yan, SHEN Jing

(China Architecture Design & Research Group, Beijing 100044, China)

Abstract: The National Sliding Centre in Yanqing Competition Area of 2022 Beijing Winter Olympics is the first standard venue constructed in China. It is also one of the venues with the highest design and construction difficulty and the most complex construction technology in the Winter Olympics. It has the characteristics such as large floor space, multiple building subitems, scattered distribution and large terrain elevation difference. Therefore, its fire water supply system design is quite challenging. Combined with project characteristics and municipal conditions, four kinds of fire water supply system schemes were formed with the development of the project and the evolution of external conditions. The advantages and disadvantages of different schemes were discussed from three aspects including engineering quantity, feasibility and reliability. The scheme IV was eventually adopted. That is, the departure area 1 and departure area 2 adopt temporary high-pressure fire protection systems, while other single buildings in the competition area adopt high-pressure fire protection system. The two systems shared the same fire water tank, forming a combination of high-pressure and temporary high-pressure fire water supply system scheme, which can provide a reference for the design of fire water supply system of large venues in mountainous areas and mountain building groups.

Key words: National Sliding Centre; fire water supply; high-pressure fire water supply system; mountainous areas; reliability

1 项目背景

国家雪车雪橇中心是2022年北京冬奥会及冬残奥会延庆赛区场馆设施建设项目子项目之一,是我国建设的第一座雪车雪橇标准场馆。赛时承办了冬奥会的雪车、钢架雪车、雪橇的比赛,赛后将承办世界杯、世界锦标赛等国际、国内比赛,同时作为运动员训练基地及奥运遗产向大众开放。国家雪车雪橇中心占地18.69 hm²,建筑依山就势层层跌落,主要包括赛道、出发区1、出发区2、出发区3、结束区、训练道冰屋及团队车库、制冷机房、运营及后勤综合区等子项,建筑总面积59 363.5 m²,各单体建筑由赛道东侧的3号路串联,场地海拔高度为881~1 140 m不等,高差约259 m,场馆分布如图1所示。

示。场馆各子项±0.000 m标高对应绝对高程及建筑信息见表1。



图1 国家雪车雪橇中心建筑分布

Fig.1 Building distribution of the National Sliding Centre

表1 各子项±0.000 m标高对应绝对高程及建筑信息

Tab.1 Absolute elevation and building information corresponding to ±0.000 m elevation of each subitem

建筑子项	±0.000 m标高相当于绝对高程/m	建筑高度/m	建筑面积/m ²	建筑体积/m ³	建筑性质
出发区1	1 017.000	15.80	6 162	16 581	体育建筑
出发区2	991.000	17.30	2 461	6 765	体育建筑
出发区3	972.000	7.80	346	515	体育建筑
结束区	936.000	23.88	14 530	50 446	体育建筑
运营及后勤综合区	902.150	23.14	22 911	91 082	后勤、办公
训练道冰屋及团队车库	907.000	15.00	5 206	40 234	体育建筑
制冷机房	890.000	7.50	1 359	8 665	工艺配套机房

2 项目特点

国家雪车雪橇中心(以下简称“赛区”)为典型山地建设项目,是冬奥会中设计难度最高、施工难度最大、施工工艺最复杂的场馆之一,具有占地面积大、地形复杂、单体建筑分散、落差大的突出特点,目前国际上对雪车雪橇的相关研究主要集中在场馆整体规划和雪车雪橇运行本身,对于给水、消防、排水等单专业系统性设计参考案例不足。

另一方面,赛区远离城市建成区,在市政基础设施和公共服务设施方面基础十分薄弱,规划区域内没有现状供水管道系统,道路等市政基础工程和建筑工程需要同时设计,一切都是变量,没有绝对的定量,建筑给排水工程设计受到市政给排水条件的制约,需要不断适应新的市政给排水条件变化。因此,设计方案需要根据赛时需求逐步确定,同步进行比选研究、调整优化,特别是消防系统,城市消防车不易快速到达,外部救援困难,一旦发生火灾,区域内部消防系统的可靠性与稳定性就显得尤为重要。因此,其消防供水系统的设计具有较大挑

战性。

3 消防系统方案的提出

从定义上来看,消防给水系统中的高压、临时高压、低压^[1]是一种相对的概念,没有固定的压力值界限,现行规范的术语是以满足灭火设施所需的工作压力和流量时是否需要启动消防加压泵供水来定义的^[2],本项目对方案的论述也是基于以上概念定义。

在项目设计之初,为满足赛区用水要求,根据《2022冬奥会延庆赛区市政保障规划》,规划扩建佛峪口水厂,为冬奥会延庆赛区提供水量4 000 m³/d,且在1 050 m高程位置的塘坝水库附近规划建设1座生活调蓄水池,有效容积为4 000 m³,此生活调蓄水池即为赛区供水来源。考虑到本项目的重要性,和场馆建设范围、规模、市政条件的不断变化,经过比选研究逐步形成四种消防给水方案。

① 方案一:区域高压+单体临时高压给水系统

本方案计划室外消防用水采用生活调蓄水池通过重力供水输送,从3号路DN250给水管和南侧

松闫路 DN250 给水管各接出一根引入管进入用地红线形成室外给水环状管网。各单体室内消防用水自行解决,采用临时高压消防给水系统,分场馆建设消防泵房及消防水池。赛区整体消防系统示意如图 2 所示(图 2 中所标示的“海拔”,除最不利子项出发区 1 为消防水池所在标高外,其余均为各建筑单体±0.000 m 对应标高;4 000 m³水池为池底标高)。

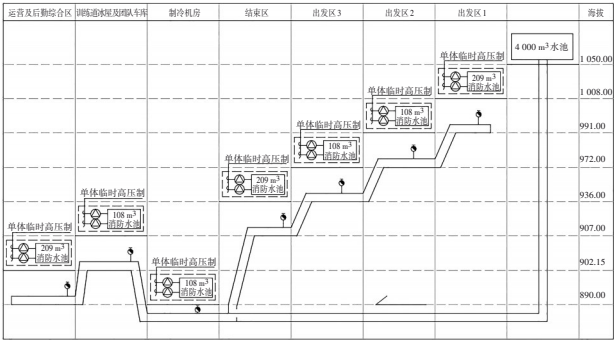


图 2 方案一赛区整体消防系统示意
Fig.2 Schematic diagram of option I of the overall fire protection system in the competition area

② 方案二:区域整体高压消防给水系统
本方案计划消防用水采用生活调蓄水池通过重力供水输送,室内、室外消防系统均由区域环状管道直接供给,即高压制,消防水量、水压均由高位生活调蓄水池提供,赛区整体消防系统原理如图 3 所示(图 3 中所标示的“海拔”含义同图 2)。

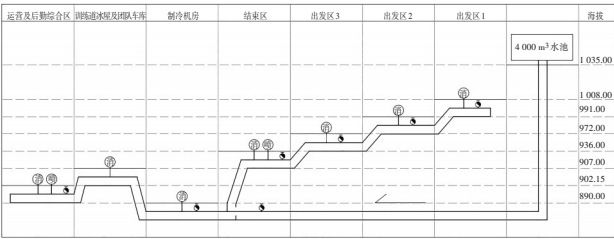


图 3 方案二赛区整体消防系统示意
Fig.3 Schematic diagram of option II of the overall fire protection system in the competition area

《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2014)第 3.1.2 条第 2 款规定“两座及以上建筑合用消防给水系统时,应按其中一座设计流量最大者确定”^[2],本项目设计流量最大建筑为运营及后勤综合区,消防用水标准和一次用水量如表 2 所示,消防用水总量约 497 m³,全部储存在高位生活调蓄水池内。

表 2 消防用水标准和一次用水量

Tab.2 Fire protection water consumption standard and total water consumption

子项名称	消防系统	用水量标准/ (L·s ⁻¹)	火灾延续 时间/h	一次灭火 用水量/m ³
运营 及后 勤综 合区	室外消火栓系统	40	2	288
	室内消火栓系统	15	2	108
	自动喷水灭火系统	28	1	101
	一次灭火总用水量			497

③ 方案三:区域整体临时高压消防给水系统
由于区域规划条件的不断变化,高位生活调蓄水池可能无法满足消防用水要求,且规划建设于 1 050 m 高程位置后修改为 1 035 m,考虑到局部及沿程损失,出发区 1 和出发区 2 无法满足重力高压要求,因此衍生出另一种消防系统,即“赛区”整体共用一套临时高压消防系统,整体消防系统原理如图 4 所示(图 4 中所标示的“海拔”,除最不利子项出发区 1 对应标高外,其余均为各建筑单体±0.000 m 对应标高;出发区 1 中 1 008.00 m 标高为消防水池所在地面标高,1 026.82 m 为高位消防水箱所在地面标高)。室内、室外均采用临时高压制,高位生活调蓄水池单路供水至消防水池(图 4 中省略未表示),消防泵房(消防水池有效容积 497 m³)及消防水箱间(有效容积 18 m³)位于出发区 1 子项。

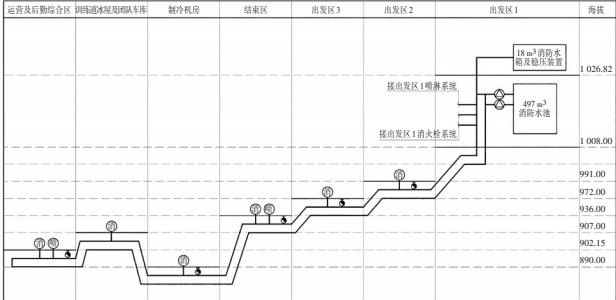


图 4 方案三赛区整体消防系统示意
Fig.4 Schematic diagram of option III of the overall fire protection system in the competition area

④ 方案四:区域高压+临时高压给水系统
方案四采用高压与临时高压相结合的区域消防给水系统,赛区整体消防系统原理如图 5 所示(图 5 中所标示的“海拔”含义同图 4)。出发区 1 设置消防泵房,生活调蓄水池单路供水至消防水池(图 5 中省略未表示),水池容积满足一次灭火总用水量,约为 497 m³。出发区 1、出发区 2 采用临时高压消防系统;赛区内其他单体建筑均采用高压消防系统。

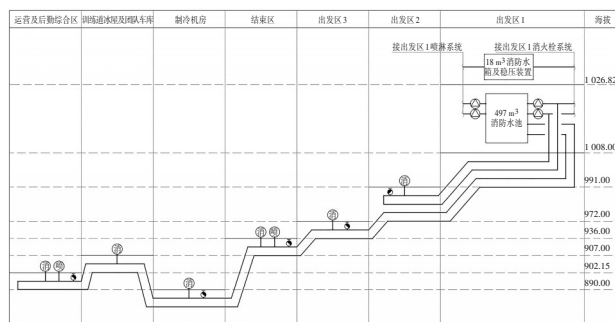


图5 方案四赛区整体消防系统示意

Fig.5 Schematic diagram of option IV of the overall fire protection system in the competition area

4 消防系统方案比选

4.1 工程量比较

各方案工程量对比见表3。

表3 工程量对比

Tab.3 Project quantity comparison

项目	供水设施	管网	入户减压阀组数/套
方案一	7套单体消防供水设施(消防泵房+水箱间)	利用2路给水管网(约2 412 m)	
方案二		利用2路给水管网(约2 412 m)	4
方案三	1套消防供水设施(消防泵房+水箱间)	1路给水管网(约1 206 m)+新建2路消防管网(约3 035 m)	5
方案四	1套消防供水设施(消防泵房+水箱间)	1路给水管网(约1 206 m)+新建4路消防管网(约3 113 m)	3

方案一为最常见的消防系统,各建筑均独立考虑,共需要7套消防供水设施,设备投资高、占地面积大。方案二提出与高位生活水池合用形成区域高压系统,能够充分利用重力高差产生的自然压力水头,不必设置消防泵与消防水池,系统简单,管网建设工程量低,最具经济性。方案三全部采用临时高压系统,设置一套消防供水设施供给赛区全部场馆室内外消防用水,虽节省管网建设费用,但造成低海拔场馆超压严重,增加减压阀组的设置,并且未能充分利用重力水头,与节能减排理念不符。在此基础上完善形成的方案四采用高压为主、临时高压为辅的消防供水方式,既充分利用了重力势能,也解决了高海拔处消防水压不足的问题。

4.2 实施可行性

3号路作为连接各场馆的主要道路,需满足中水(1根)、污水(1根)、热力(2根)、电信(1根)、高压电力(1根)、给水、消防管线敷设要求,道路宽度10 m左右,空间紧张,因此需要尽量减少3号路的管线数量设置。从这个角度来说,方案一和方案二充分利用市政供水管网,不新增消防管网,具有优势。方案三和方案四均需要新增消防管网,但相对地,室外给水管网可单路供水,因此可以减少一根给水管,后期经与总图专业协调,将其中一根消防管移至赛道西侧沿雪车雪橇赛道的伴随路布置,减轻了3号路管网铺设的压力。

因现场及其他不可控因素较多,导致生活调蓄水池容积和设置高度不断调整,可能产生生活重力水池无法满足消防水量及水压要求的风险。随着施工图完成的目标节点临近,赛区设计必须往前推进,为防止外部条件变化导致的消防系统颠覆性修改,逐步达成消防用水全部自筹的共识,可提高消防水源的可靠性,规避不可控的系统变化风险。

4.3 安全可靠

本项目为山林场馆群,远离城市建成区,各场馆依赛道而建,靠赛道串联,虽然建筑单体体量不大,但建筑位置分散,高差变化大,消防车不易快速到达,除建立完善的消防安保体系以及采用适应山地的特种消防车辆实施灭火外,消防系统的可靠性与灭火的及时性更是灭火的关键。高压消防给水系统在火灾延续时间内任何时刻(包括初期)均能维持满足灭火时所需流量和压力,相比临时高压系统,消防机械设备与联动控制设备更少,系统简单可靠、安全系数高,能够在建筑断电或机械故障时保证消防给水系统的正常运行。另一方面,高压系统管网随时处于压力状态,当发生火灾时,可以及时启动系统进行灭火,最大程度地保证生命及财产安全^[3]。

方案三中共用一套区域临时高压消防系统导致消防系统服务规模大,各消防联动控制信号到消防泵房和消防控制中心的距离较长,可能造成信号衰减,无法及时启动消防泵。而方案四按区域划分,出发区1和出发区2采用临时高压系统,缩小了临时高压系统的服务范围,更加可靠。由场馆规模可知,出发区1和出发区2的最大建筑体积是出发区1(16 581 m³),主要用于满足雪橇赛事的出发需

求;体量最大的结束区($50\,446\text{ m}^3$)与运营及后勤综合区($91\,082\text{ m}^3$),主要功能是人员办公、观赛、安保用房、兴奋剂检测、新闻发布、餐饮等,具有体量大、人员密集程度高、火灾隐患大的特点,处于高压系统覆盖范围内,显然更加合理。

综上,方案一的优点是系统相对独立,受外界条件变化影响最小,能有效减少协调时间,保证设计进度;缺点是工程量较多,不经济。方案二的优点是充分利用了市政管网的压力和生活高位调蓄水池的水量,系统安全可靠、工程量也较小,从技术层面初步看是最优方案,其缺点是市政管网和高位生活调蓄水池自身就是变量,一旦发生变化,系统会发生颠覆性修改,不利于项目的实施,推进风险较大。方案三和方案四的优点是自筹了消防水量,不受市政条件变化的影响。方案三系统虽较为简单,但低海拔地区未能充分利用重力势能,加压后再减压,可靠性较差,也不符合低碳环保理念。而方案四兼顾方案一、方案二和方案三的优点,又相对平衡地克服了这三个方案的缺点,是众多方案中相对稳妥又较为适合的方案,因此最终选定了方案四作为本项目的消防给水系统设计方案。

5 结论

国家雪车雪橇中心处于典型复杂山地环境,与城市建设环境不同,其设计条件可能会随着建设的不断推进而改变并逐步确定,为保证工程设计的有序进行,就要求设计人员依靠现有资料做出多种方案进行比选研究,在保证合理性、经济性的条件下尽快确定方案。山地场馆消防设计虽有市政条件薄弱、地形复杂等不利因素,但同样具有天然地理优势,在方案制定过程中发现其与超高层建筑消防给水系统有着共通之处,并且高位消防水池的设置更加灵活,因此,如何充分利用这种优势,进行不同消防系统的合理匹配,是此类消防系统设计的关键。此外,对于举办冬奥会赛事的大型场馆,因为

设计及施工周期比较紧张,市政设施和建筑场馆群是同步设计和实施的,应充分预判市政条件变化带来的影响,避免产生消防系统颠覆性修改的问题。此外,还应考虑外界条件的制约和实施风险,最终确定的消防系统方案不一定是技术层面最优的,但一定是各方都能接受的、最为稳妥适合的。

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] 付金萍. 高校校区消防给水系统的优化研究——以某高校A校区改造为例[D]. 重庆:重庆大学,2018.
FU Jinping. Optimum Research on Fire Water Supply System in University—Illustrated by the Example of Transformation in Campus A [D]. Chongqing: Chongqing University, 2018(in Chinese).
- [3] 余杰生. 超高层建筑消防给水系统的可靠性应用研究[D]. 广州:华南理工大学,2013.
YU Jiesheng. The Applied Research on the Reliability of Fire Water Supply System in Super High-rise Building [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2013(in Chinese).

作者简介:李茂林(1989—),男,江西赣州人,工学硕士,高级工程师,注册公用设备工程师(给水排水),主要研究方向为建筑给排水和消防设计及理论、海绵型建筑与小区规划及设计。

E-mail:limaoLin2006@126.com

收稿日期:2022-06-17

修回日期:2022-08-26

(编辑:孔红春)