

探讨五个当高楼电气消防泵无法工作时供水给自动喷水灭火系统和消火栓系统的方案

张国斌¹ 何沛霖² 欧宣积²

(1. 香港大学建筑学院¹建筑系 香港特别行政区; 2. 香港大学工程学院机械工程系 香港特别行政区)

摘要: 在高层及超高层建筑火灾防控中, 若电气消防泵无法正常工作, 火灾会造成严重的生命财产损失。本文探讨了五个建筑内电气消防泵无法工作时的应对方案。前三个方案基于利用消防车水泵供水能力, 向高层建筑自动喷水灭火系统和消火栓系统供水, 分别是 (1) 消防车消防水泵直接从屋顶水箱汲水, 消防用水经过消防车加压后从水泵接合器向建筑内部供水; (2) 串联两台消防车水泵进行增压供水; 及 (3) 使用性能更强的新式消防水泵。方案四为“高层邻舍建筑消防互助方案”, 该措施通过适设管路连接邻近高层建筑消防系统, 使一小区内相似高度的高层建筑之消防系统能相互提供支持和保护。当一个建筑物的消防系统不能运行时, 可以启动附近相似高度的建筑物的自动喷水灭火系统、消火栓系统向失火建筑提供灭火设施所需的消防水压力和流量。方案五是, 采用直流水泵搭配电池向自动喷水灭火系统和消防卷盘系统提供初期火灾约 30 分钟的即时供水。该方案中可以使用备用电池保证直流泵长时间工作, 直流水泵的工作时间长短主要受限于配套屋顶消防水箱的储水量。其中, 前三个方案皆决定于消防车的水泵的运用, 而消防车可能需要超过十分钟才能到达火场、连接水带, 泵水进入建筑内部消防系统灭火; 实现方案四的“高层邻舍建筑消防互助方案”, 一方面需要附近存在相似高度的高层建筑, 另一方面还需要相关建筑业主和政府部门的批准, 使消防管道可以穿过公共地块实现互连。本文建议优先考虑采用方案一和方案五对高层建筑消防给水系统进行研究及改善, 保障电气消防水泵失效的情况下仍然即时供应消防系统用水。

关键词: 消防; 消防车水泵; 直流水泵; 即时供水

Acknowledgment : This project is supported in part by the Strategic Public Policy Research Fund, Research Grants Council, HKSAR Government [7002-SPPR-11].

A discussion on five schemes for supplying water to automatic fire sprinklers and landing valves in tall buildings upon failure of operation of all electrical fire pumps

K P Cheung¹, B P L Ho², X J Ou² ¹Department of Architecture, The University of Hong Kong, ²Department of Mechanical Engineering, HKU

Abstract

All people know that electrical pumps may fail in case fire, resulting in loss of life and property, a shortcoming in fire safety for buildings, especially tall and very tall buildings.

This paper discusses 5 schemes to overcome this shortcoming.

The first 3 schemes are on new ways using existing fire engine pumps to supply water to automatic fire sprinklers and landing valves of the building, respectively by arranging the fire engine pumps to draw water from the highest fire water tank of the building, by connecting 2 fire engine pumps in series to increase water pumped to topmost floors, and by using more powerful new fire engine pumps.

The fourth scheme is to allow nearby tall buildings of similar height to design and operate their automatic fire sprinkler systems and landing valve and wet riser systems, in such a way to offer mutual support and suitable connections, so that when the fire protection systems in one building fail to operate, the similar systems of nearby buildings of similar height will come in to suitably supply water sufficient water of the desirable pressure to fight the fire.

The fifth scheme is on using DC [i.e. direct electric current] pumps and batteries to supply no-time-break water to the automatic sprinklers and manual hoses for 20 to 30 minutes. Water storage limitation will limit the duration of operation, though spare batteries can be supplied to operate the DC pumps for long time by building operators.

The fourth scheme of mutual fire protection backup will depend on the existence of suitable nearby tall buildings, and the agreement among the owners of the buildings and the government authorities to allow the related additional interconnection fire protection pipes to run over government land between the buildings

The first 3 schemes rely on pump operation of fire engines which may take more than 10 minutes to arrive and set up before water can be supplied to fight the fire.

It is recommended to develop the fifth scheme and the first scheme as a priority as the developing and modification work are carried out within each building for fire water supply enhancement, in case existing electrical pumps in the building fail to operate.

1 引言

总所周知，在火灾中电气消防泵的失效可能导致严重的生命财产损失，这是现行高层建筑消火栓消防系统和自动喷水灭火系统设计中的缺陷之一。^[1,2]近来的研究显示，随着重特大火灾和恐怖活动的出现，该缺陷已经迫切需要采取行动纠正解决。而重大火灾中往往伴有供电中断，紧急发电机故障等情况使得电气消防泵失效更加容易发生。

自动喷水灭火系统是第一时间反应的消防设施，应保障即时供水以控制火情。^[2]根据这一要求，本文认为应优先考虑自动洒水喷头和手动操作消防卷盘的即时供水控制初期火灾，尤其是在电气消防泵失效的情况下。

同时本文还研究了当电气消防泵失效，仅依靠消防车不能满足高层顶部楼层所需的压力时，怎样增强供水至高层建筑消防可靠性的方法。

2 电气消防泵无法工作之应对方案

2.1 方案一：消防车水泵直接从屋顶水箱汲水

如果建筑设置了屋顶水箱，将屋顶水箱和地面的出口接驳器用管道连接，消防员可以使用能承受高压的水龙带进一步连接出口接合器和消防车水泵。屋顶水箱出水经过消防车加压后从水泵接合器向建筑内部供水，使最高层消防设施所需的水压力和流量得到满足（如图 1 所示）。

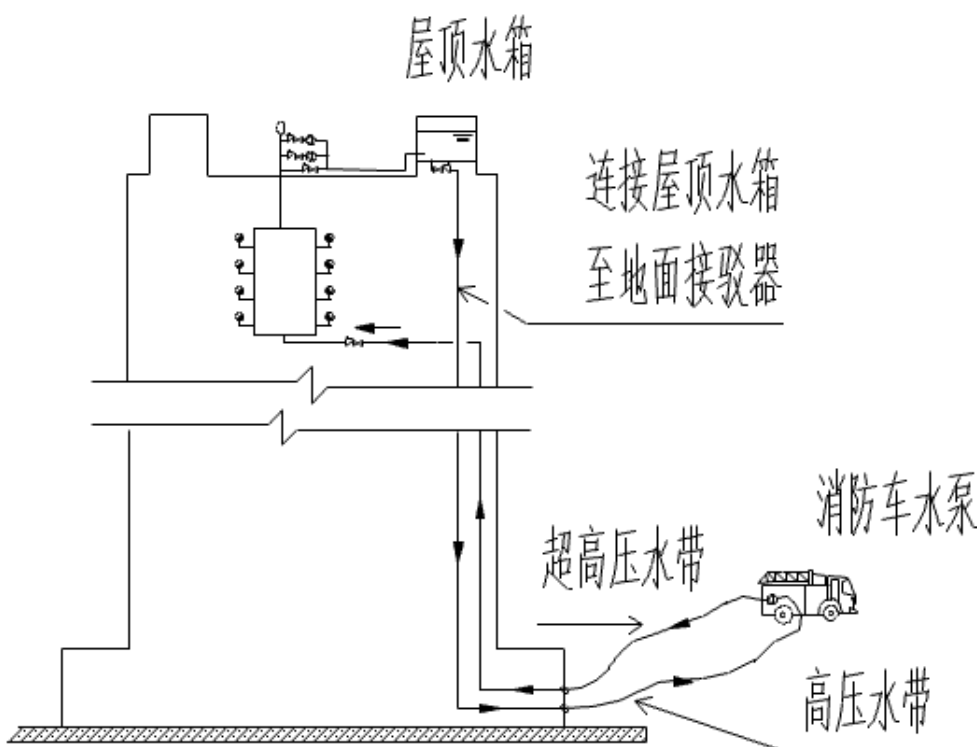


图 1. 消防车水泵直接从屋顶水箱汲水加压后供水到最高的消火栓

因为消防用水取自于屋顶水箱，消防车水泵提供的压力只需克服管路水头损失以及满足消火栓栓口压力。该压力总计约 0.80MPa， 在普通消防泵的正常加压范围之内。^[3]但值得注意的是，该方案中消防车水泵会承受屋顶水箱至地面的静水压力，并且当消防车水泵全速运转时还要加上泵出水压，因此应用该方案需要泵壳和其他部件具有一定的承高压能力。如果消防水箱位于楼顶下 60m 处，该方案仍然适用。因为管路水头损失以及消火栓栓口压力计约 1.4MPa， 仍在多数消防车消防水泵可以提供的压力范围内。

2.2 方案二：串联两台消防车水泵进行增压供水

目前普通消防车消防水泵可以最大输出压力约为 1.4MPa。^[3]若采用串联两台消防车水泵的方案，则第二台消防水泵的泵壳和其他部件，要能够承受在水泵全速运行时额外的 1.4MPa 压力。如果消防水泵承压强度能够满足，那么理论上 2 台相同的消防车水泵串联的压力输出可达 2.8MPa，可以满足 220 米以下的高层建筑消防系统的水量和水压要求（如图 2 所示）。

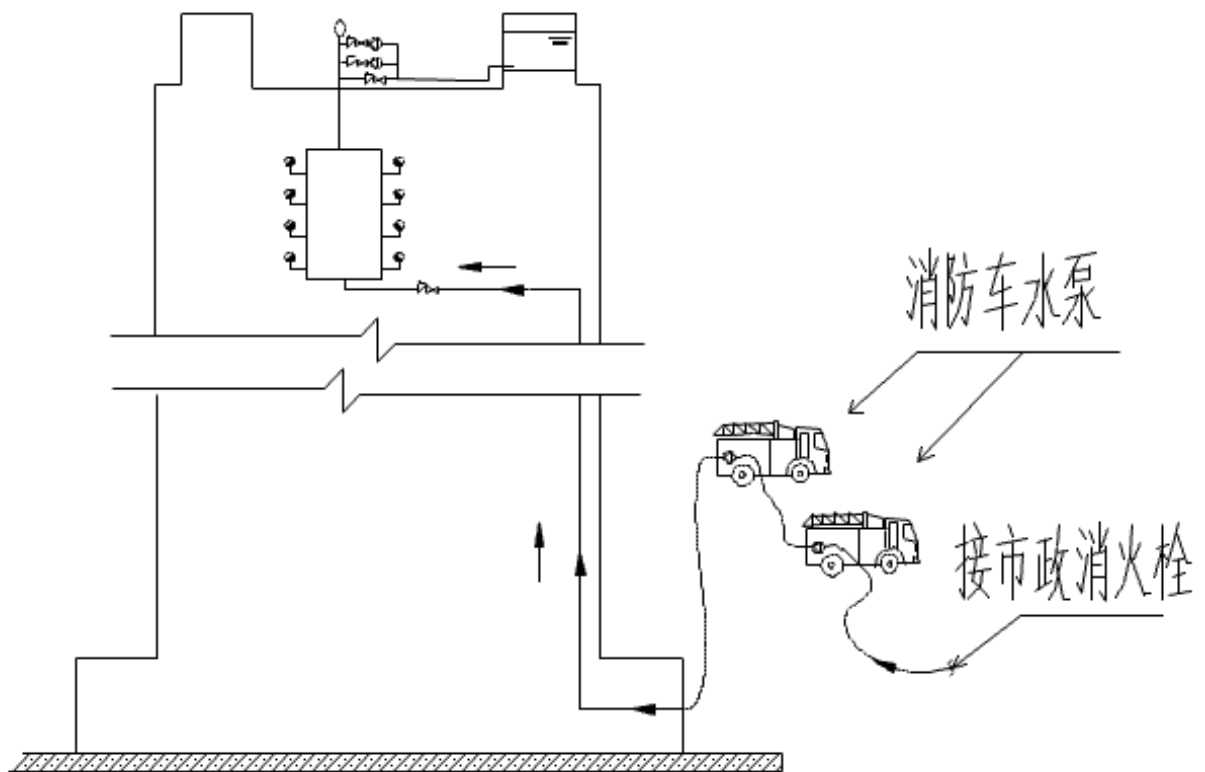


图 2. 串联两台消防车水泵进行增压供水

2.3 方案三：采用性能更强的新式消防车水泵进行供水

目前市场上已经出现了输出压力达 2.1MPa 的消防水泵，未来新式消防水泵或能提供更高输出压力至 3.0MPa，性能更强的水泵将进一步用于向高层建筑消防系统供水。[4] 该建议方案不仅要求水泵具有较高的输出压力，同时也要求连接消防水泵和水泵接合器的水带、配件必须具有较高的承压强度。[图 3]

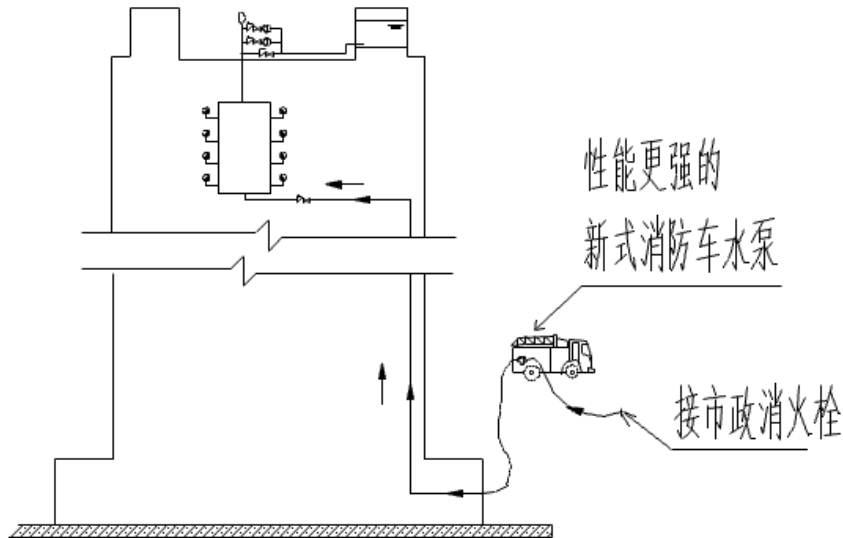


图 3. 采用性能更强的新式消防水泵进行供水

2.4 方案四：“高层邻舍建筑消防互助方案”

城市特定区域内的高层建筑具有相似的高度、相似使用类别和消防系统。建议对这些相似的高层建筑物的自动喷水灭火系统、消火栓系统进行互连，并进行适设的高度分区匹配和管道布置，从而互为备份。这样当某一建筑由于电气消防泵失效，消防系统无法操作时，能够启动其他附近建筑物的相应消防系统，起到即时补充消防供水的作用。[图 4]

该方案涉及到建筑业主和政府部门的协调，同时启动这些邻近高层建筑的匹配消防系统也需要一段短短的设备启动时间，例如打开阀门锁、启动特定接驳管道的常闭开关等。

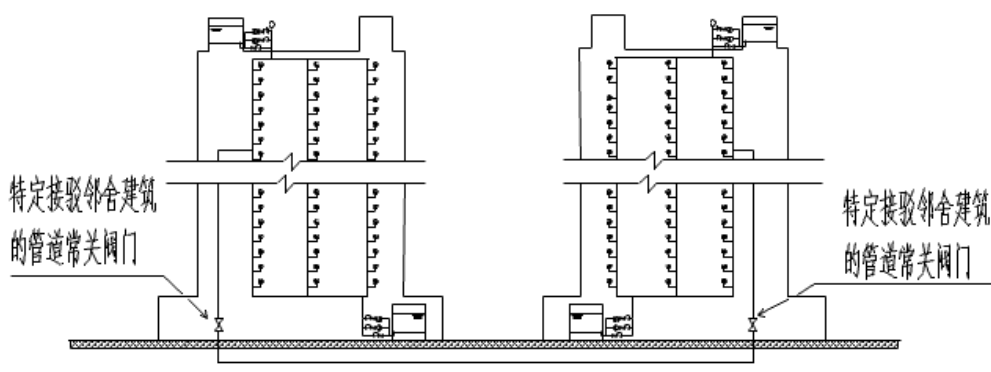


图 4. “高层邻近建筑消防互助方案”示意图

2.5 方案五：直流电水泵搭配电池进行即时供水

直流电水泵搭配电池能够向自动喷水灭火系统和消防卷盘提供初期火灾约 30 分钟的即时供水。该方案可以保证自动喷水灭火系统和人工操作的消防卷盘的即时用水要求，从而控制初期火灾。

对于 2 根消防卷盘喷枪，每根流量为 20 升/分钟，30 分钟的消防用水量为 1.2 m^3 ；对于 6 个洒水喷头，每个喷头流量为 60 升/分钟，30 分钟的消防用水量为 10.8 m^3 。该方案建议在屋顶添加或安装贮存这部份水量的水箱，并附设具备电池功能的直流电水泵连接到最高分区的消防系统，满足其压力要求，同时也通过设置一系列小型减压水箱从屋顶水箱取水，向整个建筑的其他楼层借助静水压力给水。本方案是基于现行消防规范和国际自动喷水灭火系统的基本重点以及市场上现有的直流水泵资料建议出来的。^[5, 6, 7]另外，方案中可以使用备用电池保证直流泵长时间工作，直流水泵有效的工作时间长短便受限于屋顶配套水箱的储水量。

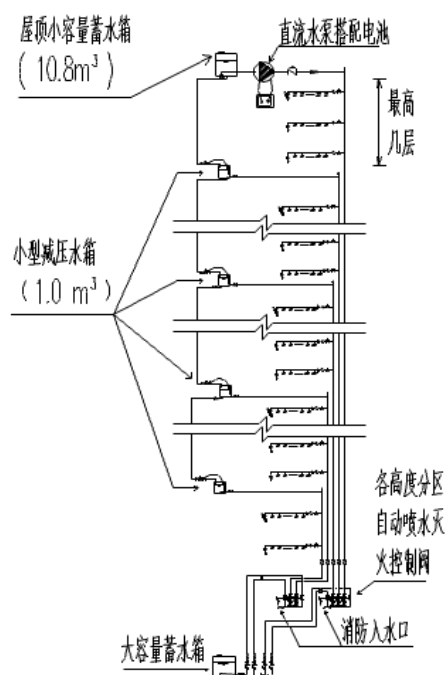


图 5. 直流水泵搭配电池进行即时供水，适用于所述自动喷水灭火系统

- (注：1. 现行自动喷水灭火系统规范照常实施，本建议方案是加设即时无间断供水的附加保障
2. 同样设计也适用于所述消防卷盘系统)

3 分析和讨论

第五个方案采用直流电水泵搭配电池向自动喷水灭火系统和消防卷盘提供初期火灾 30 分钟的即时供水。该方案中可以使用备用电池保证直流泵长时间工作。

方案四的“高层邻近建筑互助方案”的实现，一方面需要附近存在相似高度的高层建筑，另一方面还需要有关建筑业主和政府部门的批准，使消防管道可以穿过公共地块实现互连。

第一、二、三个方案的关键在消防水泵的运作，而消防车可能需要超过十分钟才能到达火场、连接水带、加压供水到高层建筑灭火。

方案五最突出的优点是自动喷水灭火系统和人工消防卷盘操作提供了即时供水；方案一的优点在于通过增加连接到消防车消防水泵的管路，充分利用了屋顶水箱水体的重力作用。对现有建筑应用方案一和方案五进行改良，需要考虑到新增管路和原建筑内部分管路应该具有的较高承压强度。

表 1. 五个方案在提供消防用水的时效性和利益相关上的对比

方案	提供后备消防用水的时效性	利益相关者
消防车消防水泵直接从屋顶水箱汲水	消防车需要约十分钟才能到达火场、连接水带进而出水灭火。	改动在建筑之内，由建筑所有人负责；需要对消防员进行培训，学习新方案工作方式，可在短期完成。
串联 2 台消防车水泵进行增压	同上	对现行消防部门的消防工作设备和方式进行重大调整，同时还要保证水泵和水带的承高压能力，需长期研究，逐步完善才能完成。
采用性能更强的新式消防车水泵供水	同上	同上
“高层邻近建筑互助方案”	启动邻近高层建筑的匹配消防系统需要一段短的设备启动程序时间	应取得政府相关部门、建筑业主及有关技术人员的一致同意。
直流电水泵搭配电池提供自动喷水灭火系统和消防卷盘系统初期火灾的即时供水。	无时间间断，电气消防泵失效时，可立即工作保障供水。	改动在建筑之内，由建筑业主负责，消防局接纳便可实施。

同时还应注意到经过消防水车加压的消防给水，应通过旁通管绕过任何减压阀和中途增压泵，使压力尽可能高的被消火栓利用。减压阀可以设置在管路系统中，但不宜直接安装在消火栓中，所以减压稳压消火栓是不宜使用的。^[5]

4 结论

建议优先考虑采用方案五对高层建筑消防给水系统进行研究及改善，保障在电气消防水泵失效的情况下提供即时供水给自动喷水灭火系统和消防卷盘系统，维持其 30 分钟基本正常运作。

同时本文还建议使消防车消防水泵能直接从屋顶水箱汲水，而这项建议的推广和发展上，消防部门具有主导性的地位。

参考文献

1. Cheung, K. P., Chan, D. H. W. A DISCUSSION ON ENHANCING WATER FIRE FIGHTING SYSTEMS FOR TALL BUILDINGS WITH AN ANTI-TERRORISM PERSPECTIVE. The 7th Asia-Oceania Symposium on Fire Science & Technology. The International Association for Fire Safety Science (IAFSS). 20-22 Sept 2007, Hong Kong. <http://www.iafss.org/> ; <http://www.iafss.org/publications/aofst/7/81/view>
2. K.A.M. Moinuddin, I.R. Thomas and S. Chea, I.D. Bennetts. FACTORS AFFECTING THE RELIABILITY OF SPRINKLER SYSTEM IN AUSTRALIAN HIGH RISE OFFICE BUILDINGS. Victoria University, P.O. Box 14428, Melbourne MC, Victoria 8001, Melbourne, Australia. *The 7th Asia-Oceania Symposium on Fire Science & Technology. The International Association for Fire Safety Science (IAFSS). 20-22 Sept 2007, Hong Kong.* <http://www.iafss.org/> ; <http://www.iafss.org/publications/aofst/7/80/view>

3. Cheung, K.P. Lecture notes on M Sc course on Fire Services Design, Department of Mechanical Engineering, HKU, April, 2006. Unpublished.

4. Power pump information of a fire pump manufacture.
https://issuu.com/darley/docs/low_res_pump_catalog-combined1

5. Codes of Practice for Minimum Fire Service Installations and Equipment and Inspection, Testing and Maintenance of Installations and Equipment. HKFSD. April 2016.
<http://www.hkfsd.gov.hk/eng/source/safety/File2012.pdf>

6. Loss Prevention Council Rules for Automatic **Sprinkler** Installations incorporating BS. EN12845. 2006, UK

7. A DC electric pump with data.
http://www.xylemflowcontrol.com/files/EVseries_XYL_110911_lowres.pdf