

葉甫蓋尼·伊凡諾維奇·普比列夫

《莫斯科上下水道設計研究中心》總經理、工學博士、教授

西南自來水公司制定臭氧-吸附作業廠房設計案

依目前世界上自來水處理的經驗顯示，大型水廠最適合傳統的混凝與沉澱，同時搭配臭氧與吸附處理。在淨水流程中使用臭氧與吸附劑有助於徹底分解不易氧化的有機化合物，降低氯化過程中產生的有毒有機氯化物含量。此外，還能有效解決病毒汙染，讓供應給用戶的水更符合感官指標的要求。

莫斯科的淨水廠都是《莫斯科上下水道設計研究中心》所設計。至 2014 年該公司已創立屆滿 75 周年。目前受莫斯科市政府所託，負責淨水設施的重建與全面更新等工程。無論就處理效能或設計的管線圖和建築工法，獨特性都可見一斑。莫斯科市政府已於 2004 年核准《莫斯科上下水道股份公司》在自來水廠興建臭氧-吸附作業廠房的提案，並於 2006 年 3 月 14 日頒布的第 176-PP 號命令《莫斯科市供水與排水系統至 2020 年之發展》，委託《莫斯科上下水道設計研究中心》負責這些廠房更新作業。

魯布留夫淨水廠和西南自來水公司都建有臭氧-吸附作業廠房。西南自來水公司西部淨水廠的臭氧-吸附作業廠房也已經啟用。建造這座廠房對研究中心的設計人員是一項相當棘手的任務，因為廠房預定地面積不大，僅占自來水公司的一半用地，設計人員卻必須在緊迫的期限內設計出處理效能和自來水公司不相上下的全套現代化自來水淨化設備，亦即該廠房每日的處理量得達到 250,000 立方公尺。於是裝設廠房的供水系統時，研究中心參考了過去在魯布留夫淨水廠的相關經驗，同時採用新的設計。

西部淨水廠新建的臭氧-吸附作業廠房有別於其他既有廠房，因為這是每日處理量達 250,000 立方公尺的廠房首次採用俄國國產的新一代設備（《莫斯科臭氧製造機股份公司》）來製造臭氧、進行氣水接觸和分解殘餘臭氧。此外，初步和二度氯化更摒棄液態和氣態氯，此舉大幅降低事故發生時可能對居民造成的危害風險。安裝設備的同時，研究中心一併繕造工作文件。為了避免工程延宕，研究中心制定出一套明確的工作時程，按時將工作文件交付業主。營造工作文件、和業主協調以及將文件交付業主存查都是為了讓設計人員、建商和《莫斯科上下水道股份公司》旗下的《莫斯科淨水生產管理處》能夠對當前的工程達到共識。



圖一 西部淨水廠的臭氧-吸附作業廠房

在各方條理分明、協調無間的合作下，新型的現代化自來水淨化設備（圖一）才得以在西南自來水公司的廠房預定地順利完工啟用。廠內主要設備有臭氧-吸附裝置、臭氧處理站，以及改建後的產業汙水處理設施。廠內的淨水流程包含添加粉狀活性炭、兩階段消毒（使用次氯酸鈉進行初步和二度氯化）、混凝、膠凝、沉澱、過濾、臭氧處理、吸附處理等步驟。



圖二 西部淨水場臭氧-吸附作業廠房的沉澱槽

臭氧-吸附作業廠房的設備大致分為兩條主要的處理線，每條都設有淨化階梯和臭氧-吸附裝置，其個別淨水效能每日可達 125,000 立方公尺。根據設計幾乎每個淨水步驟使用的都是最新的設備。原水首先添加粉狀活性炭和次氯酸鈉溶液進

行初步處理，水中接著注入混凝劑和膠凝劑的溶液，並在混合槽中高速攪拌。混合槽和絮凝槽都裝有《Milton Roy》生產的變速攪拌機，有助於水和溶液在沉澱前均勻混合，同時也可提高絮凝效率。

水流向沉澱槽（圖二）進行沉澱——槽中使用瑞典公司《Nordic Water》生產的薄層裝置與等速集水系統收集處理過的純淨水，如此一來不僅提高負載量，也減少沉澱槽的占地面積；清除沉積物用的則是瑞典公司《Zickert》製造的刮泥機。接著水通過快速沙濾（圖三），並在接觸槽注入臭氧氣體進行氣水接觸。結束臭氧處理後再以粒狀活性碳過濾的方式吸附汙染物質，不僅可以有效脫臭、消除異味，也能破壞人造的有機化合物。



圖三 過濾室

無論是快速沙濾器或活性碳過濾器都配有 TRITON 排水系統。這套系統在歐盟各國深受飲用水處理廠的青睞。然而考慮到水源保護區的因素，廠房預定地內不得拆卸清洗裝備，於是設計時便善加利用臭氧—吸附作業廠房的內部空間，將洗滌污水池和裝有《Flygt》沉水泵浦的過濾器清潔水泵站緊密安排在一起。臭氧處理除了製造空氣、產生臭氧、氣水接觸、破壞殘餘臭氧等步驟，臭氧—吸附作業廠房在送出濾液前會再用次氯酸鈉做二度處理並進行氯化作用。在《莫斯科上下水道股份公司》推薦下，廠房內的輸水管線全面安裝國產和進口的最新型隔離閥。

研究中心也為臭氧—吸附作業廠房設計並導入一套新的設備管理系統，同時依據這套系統選用智慧型操作裝置及內建微處理器的儀器，連線方面則採用數位高速頻道。不同於大多數傳統水廠將數據集中在系統控制器，這裡的每一個裝置都可以獨立處理數據。如此一來能避免使用大量區間可程式控制器、大幅降低電纜用量、縮短安裝時間。比起類比訊號，使用數位頻道還可以取得更多資訊，處理更

多由設備發出的診斷訊息。便捷的記憶圖表則能夠清楚顯示完整的淨水流程。



圖四 過濾器操作管理面板

廠內不用開關櫃和配電箱，而選用內建啟動防護設備的智慧型操作裝置，而且也改用加裝觸碰式螢幕的智慧型操作面板（圖四）取代有按鍵和燈號的舊式遙控器。因此，作業員不需要待在控制室的自動化工作站，可以直接在現場作業，而且一樣方便明瞭。

控制室導入最新的電腦技術，採用以主從式架構為基礎的高效率資料採集與監控系統。臭氧—吸附作業廠房的電腦軟硬體設備讓操作流程可以因應各種不同的情況，所以作業員無論身在廠房、控制室抑或是中央調度站，都一樣可以輕鬆掌握淨水流程。由於所有處理程序都已經全面自動化，必要時甚至可以設定為無人員操作模式。

協助資料整理

《莫斯科上下水道設計研究中心》專員

A.I.阿爾西波夫、T.G.符拉索娃、A.M.薩洛普

跨領域叢刊 2014 年 No.44

<http://www.slaviza.ru/1217-mosvodokanalniiproekt.html>