

城市轨道交通盾构区间内置式废水泵房应用研究

宋 喆

中铁第一勘察设计院集团有限公司 陕西 西安 710043

【摘要】：结合工程实际，探讨和总结当前国内城市轨道交通工程中在盾构区间中设置的内置式废水泵房这一非传统的区间排水形式。通过对内置式废水泵房设计思路及对相关专业需求的讨论，分析该方案的优缺点，并针对现阶段存在的问题提出解决建议，可供相关工程设计借鉴。

【关键词】：城市轨道交通；盾构区间；内置式排水泵房

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.075

1 前言

我国城市轨道交通线路大多位于城市建成区域，因此多采用盾构法施工的地下区间。由于盾构区间一般位于地下水位以下，因此日常存在对于结构渗漏水的排放需求，此外，对于设置了区间消火栓的地下区间，还同时存在区间消防废水的排放需求。为保证地下区间的正常排水，会在区间线路的最低点设置区间废水泵房，传统的区间废水泵房通常结合区间联络通道一并设置，废水池设置于区间联络通道下方，通过预埋排水管将区间排水沟的废水在线路最低点引入其中并利用废水泵组进行排除。

与传统的区间废水泵房不同，区间内置式泵房是一种在城市轨道交通工程地下区间的线路最低点直接设置于区间道床或盾构管片结构内的排水设施。作为一种新型区间排水方案，目前区间内置式泵房已经在广州、宁波、无锡、天津及北京等地的部分轨道交通线路中已经得到应用。但整体来讲，其实际应用还处在摸索尝试的阶段。

2 内置式泵房设计研究

(1) 整体设计思路。区间内置式废水泵房的设计思路与传统废水泵房基本相同，首先应确定区间的排水量需求，其后根据排水量分析内置式泵房的水泵选型，最后确定废水池的容积和尺寸。主要区别在于内置式废水泵房无须考虑区间左右线的最低点里程差或区间联络通道位置，而是直接根据线路最低点的里程确定其设置位置，废水池的设置形式采用在道床中内凹的长条形集水坑。下面笔者将以地铁工程的区间内置式废水泵房作为研究对象进行设计研究。

(2) 设计水量计算。对于地铁工程，其地下区间内的设计排水量需要考虑平时工况的结构渗漏水及消防工况下的消防水量，根据《消防给水及消火栓系统技术规范》第 3.5.6 条，区间隧道的室内消火栓流量不小于 10L/s，消防流量远大于结构渗漏水，因此区间排水泵的设计排水量需按消防工况计，

即排水量不小于 36m³/h。

(3) 水泵选型。根据《地铁设计规范》(GB50157-2013)和《城市轨道交通给水排水系统技术标准》(GBT51293-2018)等规范标准的相关条文规定，集水池的有效容积不应小于最大一台泵 15~20min 的出水量。

前文已论述区间排水泵房的总排水量不小于 36m³/h，由于总排水量已经确定，因此集水池的有效容积就与并联设置的水泵台数相关，理论上来说并联的水泵台数越多，所需要的集水池有效容积就可以越小，从工程的实施角度来说也就会更经济和便利。但是根据水泵的并联工作原理，多台同型号水泵并联工作时，其中任何一台水泵的流量都会比单独工作时小，并联台数越多，单台水泵流量降低越多，所以也不能无限度地增加并联数量。

综合以上两方面因素考虑，笔者建议内置式泵房的水泵台数按 3 台考虑，2 用 1 备，单台水泵的设计流量不小于设计排水量的 1/2。工程中可选用 3 台设计流量为 20m³/h 的水泵，平时 2 用 1 备，事故工况下同时开启 3 台水泵，最大排水量可达到约 60m³/h，满足区间消防的排水量需求。

另外，由于内置式泵房的集水池设计很大程度上受制于对其高度的控制，因此对于水泵的控制水位设置就需要有较高的要求，否则会严重压缩集水池的有效空间。结合当前国内外水泵的工作性能水平，建议在设计阶段对水泵提出停泵水位不能高于 300mm 的要求。

(4) 集水池尺寸确定。在地铁工程的盾构区间内，由于道床高度有限，为了达到节省投资和减小工程施工难度的初衷，不额外增加区间隧道的断面规模，就需要将内置式泵房尽量地设置在道床结构内，因此其集水池的高度就要受到严格的限制。对于内径为 5900mm，轨面高度为 1050mm 的区间隧道，在扣除轨道、轨枕、集水池盖板等无法利用的高度后，道床结构内可供集水池使用的深度能够达到不小于 750mm。

在设计控制水位的高度时，由于设置了3台水泵，所以集水池中至少需要确定5个水位，分别是超低报警水位、停泵水位、一泵水位、二泵水位和三泵水位（兼作超高报警水位）。考虑到国内外水泵工作性能以及道床高度的限制，建议在以水泵吸水坑底为0.00m计时，设置超低报警水位为200mm，停泵水位为300mm，一泵水位为400mm，二泵水位为550mm，三泵兼超高报警水位为700mm。

按照单台水泵的设计流量 $20\text{m}^3/\text{h}$ 计算，集水池的总有效容积最小不应小于 5m^3 。结合控制水位的设置情况可知，集水池的有效深度为停泵水位至三泵兼超高报警水位之间的400mm，计算得集水池的面积不应小于 12.5m^2 。受轨枕影响，集水池的设计宽度取800mm，计算得集水池的理论长度不小于15.625m。考虑到安装管道、轨道横梁等不利因素的影响，集水池的设计长度取20m，此时集水池的有效容积为 6.4m^3 ，满足设计排水量需求。

为便于水泵吸水，水泵附近须设置10%坡度的回填面坡向水泵，另考虑到水泵的均匀布置有利于水泵同时工作时的水力条件，因此设置4处（考虑1处备用）2000mm长的吸水坑，吸水坑深度为750mm，底面为钢筋混凝土盾构管片，除吸水坑之外的集水池深度设置为600mm。

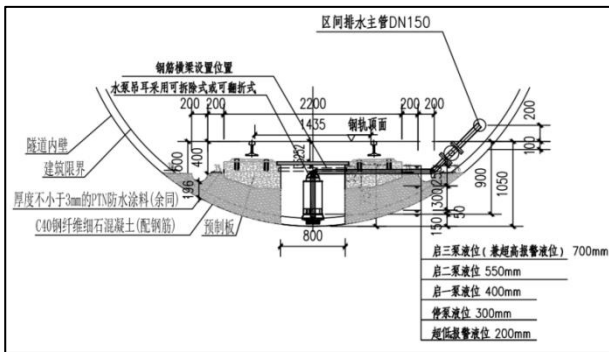


图1 内置式废水泵房吸水坑处纵剖面图

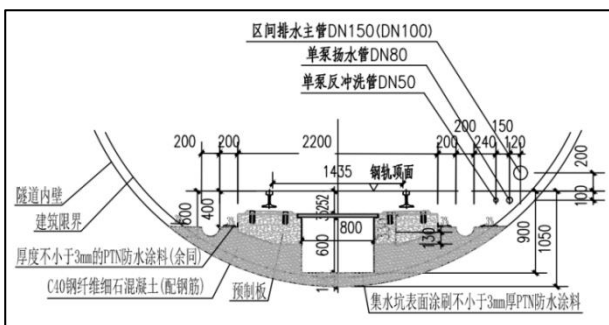


图2 内置式废水泵房集水池纵剖面图

综上所述，区间内置式泵房的集水池设置形式为在线路最低点设置 $20000\text{mm}\times 800\text{mm}\times 600\text{mm}$ 的通长集水池，中间设置4处 $2000\text{mm}\times 800\text{mm}\times 750\text{mm}$ 的吸水坑，每个吸水坑之间间隔1570mm。

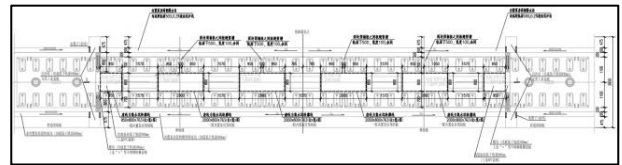


图3 内置式废水泵房纵平面图

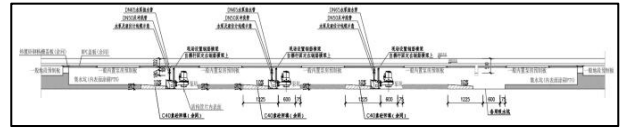


图4 内置式废水泵房纵剖面图

3 优缺点分析

相较于传统的区间废水泵房，区间内置式泵房的优点主要可以归结为以下几点：

(1) 区间泵房本身的投资造价得以节省。相较于传统的区间废水泵房来说，虽然内置式泵房的左右线共需要设置6台水泵，并增设一套压力排水管网，对于给排水、低压配电以及综合监控专业来说投资有所增加，但另一方面，内置式泵房无须设置外挂结构，大大节省了土建专业的造价投资，综合来看，设置内置式泵房可比传统泵房节省40%的造价。

(2) 内置式泵房的设置实现了泵房与联络通道的分离设置，避免了传统设计时需要将左右线的最低点在平面上就近设置来布置联络通道，区间的平面及纵断面设计均更为灵活，扩大了区间线路纵断面设计方案优化空间，同时也可以一定程度上减少区间埋深，节省区间隧道的施工造价。

(3) 施工难度及工程风险更加可控。传统泵房泵房段多采用矿山法施工，施工难度较大，存在发生土方坍塌及涌水涌沙，施工风险较大。而内置式泵房充分利用了轨道下方的空间，施工空间均在盾构隧道内部，施工过程中基本无风险，同时还可节约2~3个月的工期。

而其目前尚存在的缺点则主要体现在以下几个方面：

(1) 集水池深度有限，对水泵性能要求高。内置式泵房不仅对水泵的停泵水位有较高要求，并且集水池深度较小导致水泵需要长期在低水位状态下工作，对水泵的电机冷却不利^[1]。此外，由于不同控制水位之间的高差小，水泵启泵相较于传统泵房会更加频繁，其寿命也存在缩短的风险。

(2) 对于不同的区间隧道断面来说，由于道床高度也不同，集水池的设计需要进行详细的计算分析。如果道床高度过小，则设置内置式泵房有可能会影响限界设计。

(3) 对于设置内置式泵房的区间，由于集水池深度浅，加之泵房在轨道下方长期处于震动工况，集水池区域容易存在道床面积水或长期湿渍，轨道扣件腐蚀等方面的问题。



图5 道床扣件、钢轨等金属件锈蚀严重



图6 道床混凝土脱空、离析

4 解决建议

鉴于目前内置式泵房存在的缺点，笔者建议后续的内置式

泵房研究可从以下几个方面进行：

(1) 由于内置式泵房对水泵的要求较高，不仅需要应对频繁启停的工况，还要求体积小、液位控制精准、能够自冷却，且具备一定清除固体颗粒的能力等，因此在工程实际中多采用荷兰、意大利等国家生产的进口水泵。这也要求国产水泵厂家需要提高水平，问题导向，研究针对内置式泵房设置条件的水泵。

(2) 对于断面尺寸较小的盾构区间，需要考虑在水泵吸水坑位置使用钢管片替换钢筋混凝土盾构管片的方案。由于该方案的工程难度及造价会有所增加（但仍低于传统泵房），且钢管片的使用寿命也差于混凝土管片^[2]，因此仍需进一步研究更加经济安全的处理方法。

(3) 为避免内置式泵房处积水潮湿的情况，在设计阶段就应考虑尽量增加集水池深度和有效容积，包容性设计。同时要求运营人员应及时有效检查泵房密封，定期对水泵巡检和维护，确保泵房区域干燥或存在积水能够及时排出。

5 结语

区间内置式泵房目前在国内仍属新型技术，存在较大的研究空间。虽然该方案能够有效降低建设阶段的土建施工风险及造价，但在另一方面也显著增加了设备运营风险及运营人力成本。在实际工程中须结合区间隧道的平纵面设计及施工风险程度综合考虑是否采用内置式废水泵房。

参考文献：

- [1] 朱瑶宏.内置式泵房在城市轨道交通工程中的创新应用[J].城市轨道交通研究,2018.
- [2] 夏斌.轨道交通地下区间内置式废水泵房设计研究[J].城市轨道交通研究,2018.
- [3] 张远东.地铁地下区间废水泵房集水池设置研究[J].城市轨道交通研究,2018.