

地铁地下区间隧道排水方案设计探讨

闫杏丽

中铁工程设计咨询集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要:在常规地铁地下区间设计过程中,排水泵房应设置在区间线路最低点,一般与区间联络通道或区间风井合建。近年来,为降低施工风险,在工程实践中,也有很多将泵房与道床合并设置的方案。本文针对郑州地铁某地下区间的工程实例,针对“联络通道+泵房”及“道床内置式泵房”两种设计方案进行探讨,并对比两种方案在土建施工风险、潜污泵性能要求、后期运营及疏散影响等方面的优缺点,以期在地铁建设中根据具体情况选取不同排水方案。

关键词:地铁地下区间;排水设计;排水泵房

郑州地铁某地下区间圆形隧道,盾构法施工,区间为V形坡,左(右)线区间长度为2644.421m(2620.574m)。隧道外径及管片厚度分别为6200mm、350mm。该区间位于一般(中等)减振地段,轨道高度为760mm。若采用泵房与联络通道合建方案,即采用“冻土法加固土体,矿山法暗挖构筑”的施工工法,联络通道在主体隧道之后施工,会对成型隧道和周边环境产生一定影响,联络通道、泵房的施工既是该隧道工程的难点,也会影响施工工期^[1]。本文通过对该地下区间两种排水泵房的设置形式进行对比分析,探讨该地下区间排水设计方案。

1 区间排水设计

“联络通道+泵房”的设计方案是考虑将废水泵房设置在区间最低点,联络通道兼做废水泵房,下方设置集水池。区间隧道道床设置有排水沟,区间废水由排水沟收集后,引至集水池,后经潜污泵提升后,压力排水管通过区间隧道引至相邻风井,由风井排至室外排水系统。

“道床内置式泵房”的设计方案是将废水泵房设置在区间隧道道床内,在线路最低点处左、右线分别设置,利用轨道下方道床及隧道结构空间作为集水池。

2 区间排水量、泵房集水池尺寸及水泵扬程计算

(1) 区间排水量:地下区间排水量包括消防废水和区间结构渗漏水。消防废水排水量同消防用水量,根据《地铁设计规范》28.3.3条,地下区间消防用水量为10L/S,即地下区间消防废水量为36m³/h。根据《地铁设计规范》12.1.5.3条,隧道工程中渗水的平均渗漏量不应大于0.05L/m²·d,任意100m²防水面积渗漏量不应大于0.15L/m²·d。考虑到地下区间的实际渗漏水量受施工工艺水平、管片质量及抗渗能力等因素影响^[2],结构渗漏水量按隧道防水面积1L/m²·d估算,防水面积为区间断面周长与区间长度的乘积。

(2) 泵房集水池尺寸:根据《地铁设计规范》14.3.5条,区间废水泵房应设两台排水泵,平时应一台工作,必要时两台同时工作。则排水泵的总排水能力按照地下区间总排水量确定。根据《地铁设计规范》14.3.6条,区间废水泵房的集水池有效容积,不应小于最大一台排水泵15min~20min的出水量。根据《建筑给水排水设计标准》4.8.4.1条,污水泵每小时启动次数不宜超过6次。则集水池的尺寸需同时满足有效容积和有效深度的要求。

(3) 水泵扬程计算:根据《建筑给水排水设计标准》4.8.7.3条,水泵扬程 $H = H_1 + H_2 + H_3$,其中, H_1 为提升高度,即集水池最低水位与排出管高差; H_2 为管路系统水头损失,包括沿程水头损失和局部水头损失,局部水头损失按沿程水头损失的20%计算; H_3 为流出水头,取2m。

3 “联络通道+泵房”设置方案

(1) 水泵选型:根据以上区间排水量计算标准,该区间结构渗漏水量为4.27m³/h,则区间废水量为40.27m³/h。废水泵房提升高度 H_1 为28.5m。区间废水泵房选用2台25m³/h的潜污泵,压力排水管管径为DN100,泵房内的管路长度为20m;从泵房至区间风井的管路长度为930m,经计算, H_2 管路系统水头损失为19m(其中泵房内水头损失约1m),则水泵扬程=28.5m+19m+2m≈50m。

(2) 集水池容积:潜污泵流量为25m³/h,集水池的有效容积在6.25m³至8.33m³之间。结合先期线路运营经验,废水泵房集水池应预留一定的缓冲容量,以减少事故或水泵检修时对线路正常运行的影响,且废水泵房设置位置不在水域下方。则该区间废水泵房集水池有效容积按不小于20m³考虑。

(3) 集水池深度:二泵启泵水位与停泵水位差=集水池有效容积/(集水池长×集水池宽),在集水池有效容积为20m³、集水池尺寸3250mm×2800mm的条件下,

则集水坑二泵启泵水位与停泵水位差 = $20 / (3.25 \times 2.80) = 2.20\text{m}$ 。集水池停泵水位由水泵的性能决定，且为满足水泵电机降温冷却要求，低报警水位设置在水泵最低淹没水位之上。国内主要水泵厂家的样本中，水泵最低淹没水位相差较大，为了使无效水深减少，选用的水泵最

低淹没水位为500mm。则关于排水泵的水位控制，以池底标高为0.00，低报警水位为600，停泵水位为700，一泵启泵水位为2800，高峰时期二泵启动水位为3000及高报警水位为3100。集水池深度从接入管最低点至池底为3300mm。

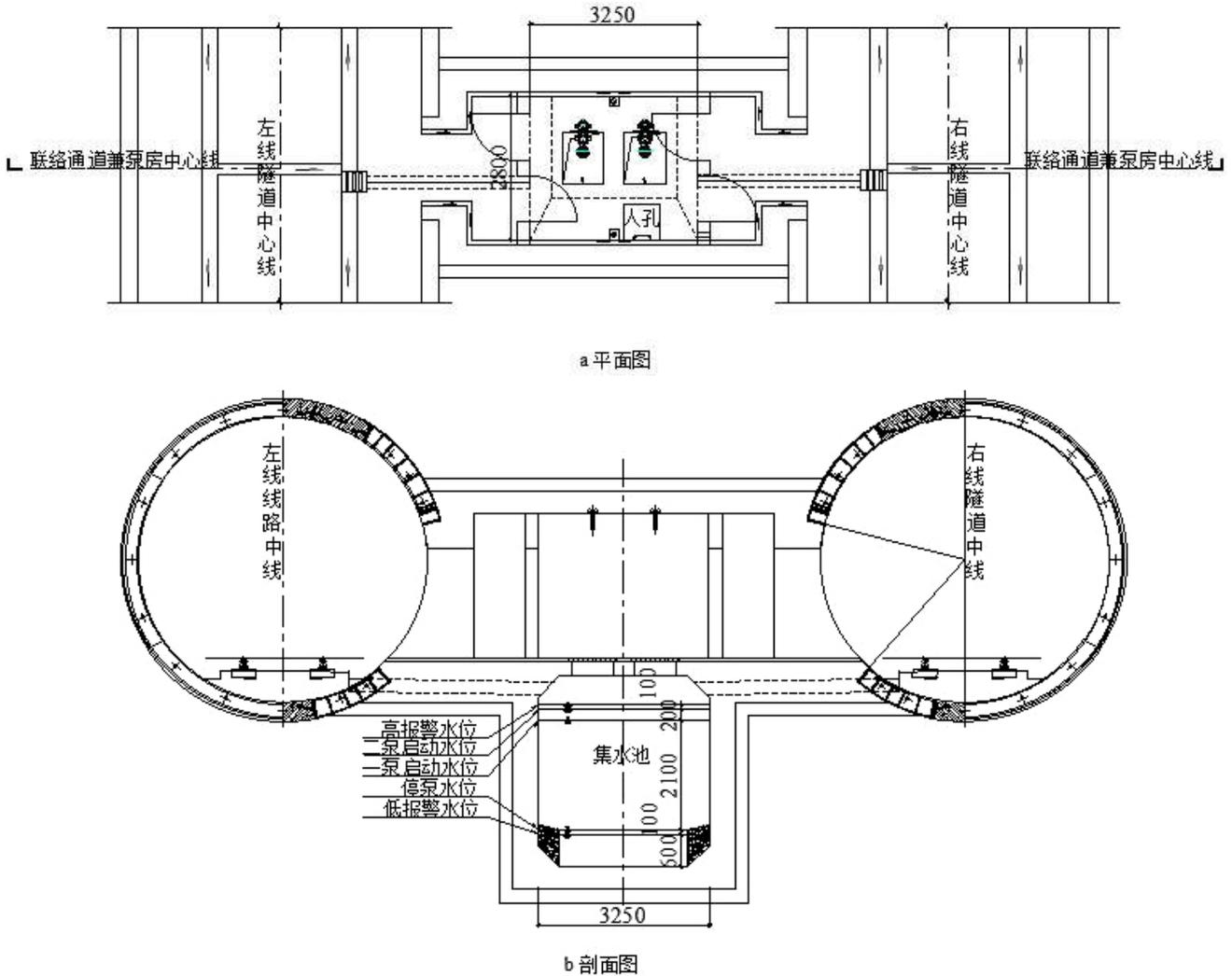


图1 “联络通道+泵房”的平面和剖面图

4 “道床内置式泵房”设置方案

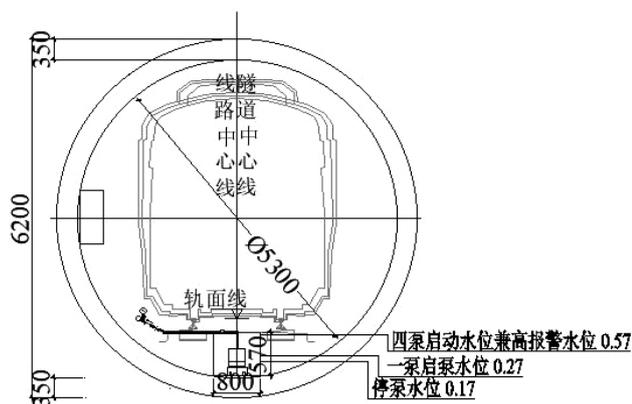
(1) 水泵选型：由于该泵房设置方案是利用轨道下方道床及隧道结构空间作为集水池，所以考虑通过增加水泵台数来减少集水池的有效容积，但是水泵并联台数增加，会使干管流速达不到冲淤的要求，且水泵运行工况不在高效区，水泵使用寿命受影响^[3]。故左、右线道床内置式泵房各选用4台10m³/h的潜污泵。而且为避免排水泵频繁启动，采用具备低水位保护和内循环冷却功能的进口泵^[4]，如赛莱默、威乐等厂家。

(2) 集水池尺寸：“道床内置式泵房”设置在普通

道床地段，轨道结构高度为760mm，在选用4台10m³/h的潜污泵条件下，经计算，集水池的有效容积在2.50m³至3.33m³之间。为压缩集水池尺寸，该区间废水泵房集水池有效容积按2.5m³考虑。集水池长 = 集水池有效容积/四泵启泵水位与停泵水位差 (0.30m) × 集水池宽 (0.8m)，故沿轨道方向的集水池长 = $2.5 / (0.8 \times 0.30) = 10.4\text{m}$ 。由于存在管道安装空间、轨道横梁占用空间等因素，集水池长度选用12环管片宽度，即集水池尺寸为800mm (宽) × 14400mm (长) × 570mm (深)。

则排水泵水位控制，以池底标高为0.00，停泵水位为

170, 一泵启泵水位为270, 四泵启动水位及高报警水位为570。



c 内置泵房横断面布置图

图2 “道床内置式泵房”的横断面布置图

5 两种泵房设置方案对比分析

(1) 土建施工风险：“联络通道+泵房”采用“冻土法加固土体，矿山法暗挖构筑”的施工工法，泵房深度、体量及施工难度较大，若加固质量控制不好，容易导致隧道塌方。“道床内置式泵房”降低了施工难度及施工风险，充分利用了轨面下的道床空间，降低了土方开挖的工程造价，既能保证工程质量，还可以缩短工程工期。

(2) 潜污泵性能要求：“道床内置式泵房”集水池深度受到道床及隧道结构空间的影响，选用潜污泵时对其性能参数及液位控制的精度要求较高。国内设备厂家具备外循环冷却功能的水泵最低淹没水位在430mm左右，满足不了水泵安装和液位控制要求，需采用内循环冷却功能的进口泵。但需考虑到进口泵在后期的维修、配件更换等方面不方便，这就要求运营单位在设备招标时详细描述水泵功能，明确规定维修保养内容。使水泵不但能满足生产的需求，且应具有耐久性与可维护性。

(3) 对后期运营影响：“道床内置式泵房”设置在道床下面，容易使钢轨及扣件锈蚀且道床表面会出现破碎掉块、钢筋外露等现象。以至于影响对杂散电流的收集、排流，导致钢轨回流不畅或短路，发生打火现象、烧灼钢轨等问题，给工务造成较大的维修代价。运营期间，泵房的检修需要在隧道内完成，检修较为困难。废水泵房设置在道床下面，日常运营维护不方便。

(4) 对疏散影响：进口泵具备电机冷却系统，可供选择的水泵高度在572mm~625mm，这样造成潜污泵顶部高于道床面，因此潜污泵盖板需抬高道床面150mm，做钢盖板，以保证道床疏散功能。

结语：综上所述，通过对郑州地铁某区间两种排水泵房的设置形式的对比分析，可以得出，“道床内置式泵房”与“联络通道+泵房”从土建施工风险、潜污泵性能要求、对后期运营影响、对疏散影响等方面相比，前者施工工期短、工程造价及施工风险低，但是也存在后期维修运营更麻烦的问题。在工程实际中，不同地区地下区间长度、埋深及地质条件存在差异性，选取排水泵房的设置方案需结合具体情况来进行分析。若采用“道床内置式泵房”，建议与上下序专业，如结构、轨道、线路等进行配合，以在满足限界、排水要求及道床结构强度的前提下确定集水池尺寸，且集水池尽可能做成封闭型，从而使得区间排水更加安全、可靠、经济。

参考文献

- [1]杨壮志.北京地区盾构区间泵房设计及施工之若干建议[J].隧道建设,2015,35(10):1071—1076.
- [2]董飞,房倩,张顶立,等.北京地铁运营隧道病害状态分析[J].土木工程学报,2017,50(6):104—113.
- [3]刘宗洲.轨道交通隧道区间排水泵房设计[J].隧道建设,2011,31(5):588—592.
- [4]郑习羽.2018年技术中心调研报告[R].天津:天津轨道交通集团技术中心,2018:39.