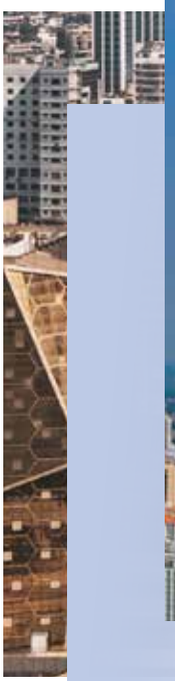
YAN XUE

研学



高铁站核心片区排水设计方案研究

文_李　幸（广西交通设计集团有限公司，工程师，硕士）
卢阳阳（广西交通设计集团有限公司，工程师，硕士）

高铁站前广场空间化是高铁经济时代发展的新趋势。高铁站前广场及配套路网、市政基础设施的建设，可整合利用公共空间、交通空间、商业空间，形成以高铁站为核心的城市交通—商业服务综合体，推动高铁站核心片区经济、旅游、商贸等各项事业发展。为保障高铁站核心片区城镇化开发建设，相应市政基础设施配套需完善，其中排水管网作为保证高铁站及站前广场的排水安全、避免内涝发生、保持高铁安全运行的重要设施，同步建设尤为重要。本文以南宁市马山站高铁核心区作为研究区域，根据片区近远期开发情况、水文及地形条件，结合内涝防治要求，提出合理的排水设计方案。

一、研究区域概况

（一）现状情况

马山高铁站核心区地处低纬度，太阳入射角大、辐射强、日照时间长、蒸发量大。该区域属南亚热带气候，四季多东北风，气温较高，雨量充沛，但降水分布不均匀。夏季多暴雨，易发生洪涝灾害；冬季少雨，易发生干旱灾害。

途经马山县的贵南高铁东部有蜿蜒而过的姑娘江，其被誉为“马山县城之肾”，承担着净化水质、维护生态系统等重要功能，是马山县的母亲河。

研究区域地势相对平坦，高差不大。由于受山体影响，用地呈带状分布。除山体外，区域海拔高程在155m～180m之间，地质条件相对较简单，未发育褶皱、断层等构造，区域稳定性较好，岩层主要为杂填土、黏土、石灰岩。

（二）建设情况

马山高铁站位于马山县白山镇内学村，地处马山县城北部，贵南高铁通车后，马山县将进入“南宁半小时经济圈”，马山高铁站将成为大化瑶族自治县、都安瑶族自治县、上林县及周边村镇通往珠三角最便捷的高铁站。

马山高铁站核心区为解决旅客快速进出高铁站及各项交通运输工具转换衔接的问题，高铁站前广场及两侧配套市政道路将与高铁站房同步建设。高铁站前广场建设内容包含站前广场、旅游集散中心、停车场、配套商业建筑、景观绿地等。站前广场两侧配套市政道路，起点与现状210国道相接，终点分别与贵南高铁路基段预留现状通道相接。片区内其余地块待远期逐步开发（见图1）。

图1 马山高铁站核心区规划效果图

二、排水设计要点分析

（一）竖向分析

马山高铁站核心区东侧为现状210国道，西侧为姑娘江，现状地势整体西高东低。高铁站位于现状210国道及山体中间，站台及两侧铁路为路基形式，站台标高参考姑娘江百年一遇洪水位，且两侧设有排水边沟连通至现状水渠，最终排入姑娘江。东侧有多座高山，其余为现状农田及果林，多为低洼地。市政配套道路雨水工程设计需根据片区竖向规划及现状地形考虑汇水区域划分。设计雨水管道路由及标高需结合道路竖向、站房及站前广场排水管道接入标高、未开发区域现状地形、在建铁路建设情况及水文条件确定，同时考虑内涝防治要求，保证高铁站房及站前广场范围无内涝现象发生。

（二）汇水区域分析

片区规划范围内主要用地构成为城市建设用地、村庄建设用地、农林用地与水域。现状村庄及农田、林地占比较大，其中大部分为农林用地，水域主要由姑娘江、现状水塘及灌溉渠组成。雨水管道设计需考虑近远期结合，管径计算需根据远期开发用地考虑。规划用地主要为高铁站前广场用地、商业用地、居住用地、教育用地、公共设施用地、绿地及广场用地等。为保证高铁站前广场及站房排水出路，高铁站前广场两侧道路配套排水管需在同时承接高铁站前广场雨水量、站房雨水量及上游相交道路转输雨水量后，自东向西排至姑娘江，总汇水面积约60.6hm^2。

（三）设计重难点分析

1.排水管道与在建铁路平面交叉

根据现状条件分析，姑娘江位于在建贵南高铁东侧，高铁站前广场及配套市政道路位于在建贵南高铁西侧，排水管道敷设无可避免需穿越在建铁路后排至姑娘江。高铁站前广场两侧道路与在建铁路路基段预留的人行通道衔接，根据《室外排水设计标准》（GB 50014—2021）相关要求，雨水管道应采用重力流，且需满足一定覆土要求，故雨水管不能架空敷设于通道内，且现状通道为整体式钢筋混凝土结构，若采用放坡开挖方式埋设管道，必会破坏通道结构。通道前后约1km均为铁路已建路基段，亦不可采用开挖方式埋设管道，影响铁路安全。因此，排水管道若考虑从路基段穿过铁路，则需采用顶管施工方式。由于管道位于铁路周边，铁路安全等级较高，涉铁段对顶管施工技术要求及所需工程费用较高（见图2）。

图2 铁路预留通道

2.片区内涝防治要求

马山高铁站核心区姑娘江常水位约152.4m，二十年一遇水位约153.8m。根据规划及道路竖向，高铁站北侧部分农林用地现状标高约153m～155m，为片区内低洼地，地势低于姑娘江二十年一遇水位。高铁站前广场两侧市政道路竖向标高最低点约157.5m，两侧道路雨水管道考虑沿线水力坡降，当姑娘江出现二十年一遇水位时，排出口位置可能出现淹没出流情况。为保证高铁站运行安全和高铁站前广场及两侧道路不受内涝影响，雨水管道设计应进行内涝核算，满足二十年一遇的排水要求。

三、排水设计方案研究

（一）设计标准

雨水流量的计算采用南宁市暴雨强度公式：

设计流量$Q=\psi\cdot q\cdot F$（L/s）

$$q=\frac{4306.586\left(1+0.516lgP\right)}{\left(t+15.293\right)^{0.793}}\quad(\mathrm{L/s\cdot hm^2})$$

其中：ψ为径流系数；q为暴雨强度；F为汇水面积；P为设计重现期（a）；t为降雨历时（min）。

根据高铁核心片区规划情况，马山高铁站核心区远期规划人口小于50万人，但高铁站属重要地区，因此高铁站站前广场及配套道路排水重现期取P=5a；片区内规划用地主要为居住、商业、广场及绿地，综合径流系数取ψ=0.7，地面径流系数取ψ=0.9，绿地径流系数取ψ=0.15。

（二）总体方案分析

针对排水管道与在建铁路平面交叉这一难点，为提出合理排水方案，本文结合贵南高铁建设情况及规划排水情况，对雨水管道布设线位及施工方式，提出两个方案进行比选。

1.方案一：雨水管下穿已建铁路路基段

本方案设计雨水管以就近排放为原则，高铁站前广场两侧道路设计雨水管收集站前广场、站房及上游相交道路雨水管转输的雨水量后，自东向西排放，下穿贵南高铁后排至下游雨水管。由于片区近期铁路北侧规划道路尚未实施，且高铁站附近无水系及低洼地，近期高铁站前广场两侧道路雨水管无出路。为解决高铁站前广场及站房排水出路问题，铁路以东至姑娘江段雨水主管需同步建设，即本方案设计雨水管穿越贵南高铁后，沿铁路根据东侧规划道路线位布设雨水管，自东向西排入姑娘江。

为节省建设成本，避免重复开挖建设，铁路以东至姑娘江段雨水主管按远期建设规模建设，考虑两侧规划地块雨水量接入。经水力计算，北侧道路设计单根d1800雨水管，下穿铁路后，沿铁路东侧设计雨水管，自北向南排入南侧道路下游雨水管，南侧道路设计单根d1000～d1800雨水管，承接高铁站前广场、周边地块及北侧道路转输雨水后，经下游d2000～d2600雨水管，自西向东排至姑娘江。

由于与南、北侧道路相交的贵南高铁目前正在建设，路基段基本完成，铁路路基段预留的现状通道尺寸分别为北侧B×H=14m×5.5m，南侧B×H=8m×5.5m，南、北侧通道路面标高与道路标高齐平，下穿通道为整体式钢筋混凝土结构，为避免排水管道施工对通道结构影响，本方案下穿铁路段设计雨水管，需在通道两侧路基下方采用顶管施工，铁路前后分别布设9m×9m顶管工作井及9m×6m顶管接收井，根据《公路及市政道路下穿高速铁路技术规程》规定，顶管工作井及接收井需设置在高速铁路影响区范围外，过铁路段雨水管采用焊接钢管，外包钢筋混凝土套管（见图3）。

2.方案二：雨水管在下游铁路桥处采用放坡开挖

根据现场调查情况，北侧道路以北约750m处，为贵南高铁铁路桥梁段，已建桥墩间距为35m。本方案南侧道路设计d1000～d1800雨水管，承接高铁站前广场及周边地块雨水后，沿高铁站进站高架匝道下方道路线位布设雨水管，自南向北排至北侧道路，承接北侧道路d1800雨水管转输雨水量后，继续自南向北沿铁路西侧规划道路线位排放，排至北侧道路以北约750m铁路桥处，从铁路桥墩之间穿过，继续往东排至姑娘江。

北侧道路以北片区地块目前尚未开发，但为减少片区雨水管穿越铁路次数，本方案设计雨水管将作为片区排水主管，考虑承接高铁站前广场以北地块雨水量。

图3 雨水总体布置图（方案一）

本方案排水管道采用放坡开挖的施工方式，无须顶管施工。根据《公路及市政工程下穿高速铁路技术规程》规定，下穿铁路段桥墩3m范围内严禁深基坑开挖施工，本方案过铁路桥处设计雨水管采用放坡开挖，开挖深度约4.5m～5.5m，雨水管开挖面距两侧桥墩净距均大于10m，满足规范要求（见图4）。

图4 雨水总体布置图（方案二）

3.方案比选

针对上述两个方案，从施工技术要求、管道运行维护及工程建设费用方面进行对比分析。

（1）方案一管道总长及管径小于方案二，但需增加2座顶管工作井及2座顶管接收井；根据马山县地质情况，部分管道基础所在岩层为石灰岩，顶管施工工艺要求较高，且费用较常规顶管工艺高；管道埋设于铁路路基段下方，铁路运行后路基段无法开挖，不利于后续管道维护管理；顶管工作井及接收井不可占用高铁保护范围，施工前本方案需报铁路相关部门审批，或导致工期延长，无法与高铁站同步建设。

（2）方案二管道管径及总长度较大，但施工工艺采用沟槽放坡开挖，较顶管方案简单，为常规开挖方式，工期较短。管道与铁路已建桥墩平面距离10m以上，满足铁路相关规范要求；管道后期检修维护，可开挖地面，运行管理较方案一便利。

（3）方案一工程建设费用约2700万元，方案二工程建设费用约2600万元，两个方案工程费用差异较小。综合各方面影响因素，比较分析得出，方案二更优，即采用雨水管在下游铁路桥处放坡开挖的方案。

表1 排水方案综合对比分析表

	方案一	方案二
设计规模	雨水管：d800～d2600，合计1980m 顶管工作井：2座9×9m 顶管接收井：2座9×6m	雨水管：d800～d2800，合计2390m
施工及运行维护	1.有2处管道需穿过铁路路基段，采用顶管施工，地质情况需满足顶管施工，岩层顶管施工工艺要求较高； 2.由于铁路路基段无法开挖，后期运行维护较为困难； 3.顶管井需设在高铁两边20m位置铁路保护范围外。顶管方案实施前需报铁路部门审批，影响工期。	1.不需要穿过路基段高铁，仅1处管道穿过铁路桥，在桥墩中间放坡开挖，管道距两侧桥墩净距大于10m，开挖工作面对铁路桥桥墩无影响； 2.后期运行维护较方案一便利，对高铁的影响小。
工程费用	约2700万元	约2600万元

四、内涝核算分析

根据水系资料结合现场实测，排出口处姑娘江渠底标高为150.6m，常水位约152.4m，二十年一遇水位约153.8m。推荐排水方案雨水主管排出口管径为d2800，管内底标高为150.7m，管内顶标高为153.5m。可见，当姑娘江处于二十年一遇洪水位时，管道处于淹没出流状态。

（一）内涝防治标准

根据规范，本文采用内涝防治设计标准为：在降雨强度为二十年一遇时，保证道路中至少一车道中央积水深度不超过15cm。

基于推理公式法的雨水管道水力计算，不能完全体现管道流量随降雨历时产生的动态变化。为确保内涝核算准确性，本文根据《城镇内涝防治技术规范》（GB 51222—2017）内涝防治设计校核方法，采用水力计算与数学模型相结合的方法进行校核。

数学模型：结合研究区域现状地形、下垫面、道路及广场竖向标高、水系水文条件、管道布置等影响因素，采用Uwater-Drainage数值模拟软件构建马山高铁站核心区排水管网模型，进行内涝风险模拟验算。

水力计算：根据道路横断面计算符合内涝防治设计标准道路的最大允许流量，计算在二十年一遇降雨条件下，雨水管道设计流量与雨水管道最大过水能力之间的差值，由此得出需要通过路面的设计流量，并与道路最大允许流量进行比较和校验。

（二）模型建立

排水管网模型根据研究区域内近期实施内容构建，即高铁站前广场及其配套道路、雨水主管。模型根据雨水总体布置方案设置汇水区及下垫面，降雨采用南宁市暴雨强度公式，内涝防治设计重现期采用P=20a，设计雨型采用芝加哥雨型，降雨历时取3h，雨峰相对位置取0.2，演算方法采用动力波法。下垫面径流系数取值按排水设计标准提高12%，综合径流系数取值为0.84。设计雨型见图5。

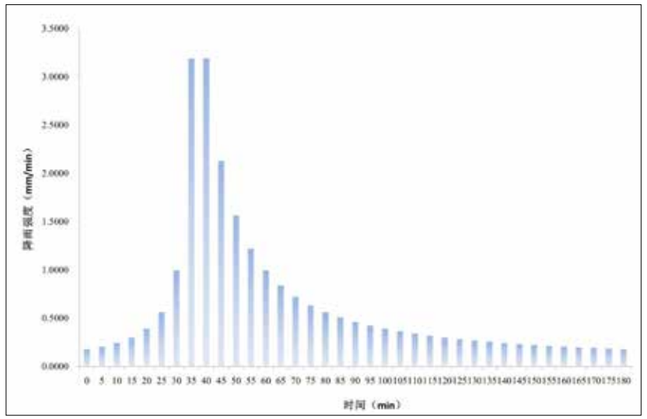


图5 设计雨型线

（三）数值模拟结果分析

模拟结果显示，片区竖向最低点为北侧道路与高铁站匝道相交处，该处检查井节点YN7管内底标高为152.97m，地面竖向标高为157.5m，检查井埋深为4.53m，检查井最大水深为4.19m，未溢出地面。北侧道路最低点至姑娘江段雨水管最大积水深度如图6所示，溢流量均为0。

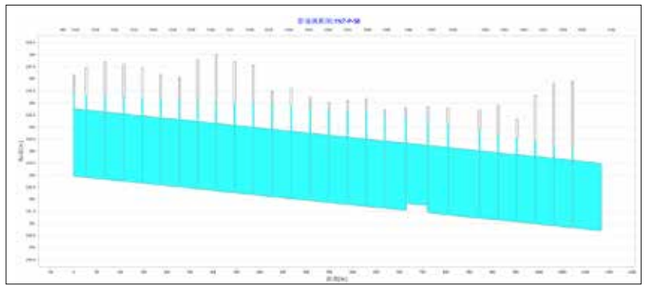


图6 管道最大积水深度图

研究区域降雨量在二十年一遇时，雨水主管均处于淹没出流状态，管道流量随降雨历时增加而变化，降雨量增加，管道流量增加，当降雨量达到峰值时，雨水主管均为满管状态，流量有溢出，但未形成地表径流，研究区域内无积水现象。检查井最大水深如图7所示。

（四）水力计算分析

站前广场北侧道路断面为30m，根据内涝防治设计标准，选取中间车道，宽度为3.75m，道路横坡为0.02，积水深度按0.15m考虑，计算得出道路允许最大流量为17.8.m^3/s。计算可得北侧道路设计d1800雨水管输水能力为13.1m^3/s，大于设计流量12.1m^3/s，路面无积水，与数值模拟结果一致。

（五）结论分析

模拟结果表明，在二十年一遇重现期下，排水管道设计满足内涝防治要求，片区无内涝及积水风险，方案基本可行。由于铁路北侧地块近期未开发，北侧地块现状为农田及果林，标高约153m～156m，为保证高铁站核心片区排水安全，建议远期地块开发结合姑娘江洪水位确定竖向标高，并在姑娘江河岸增设防洪堤及雨水排涝泵站。

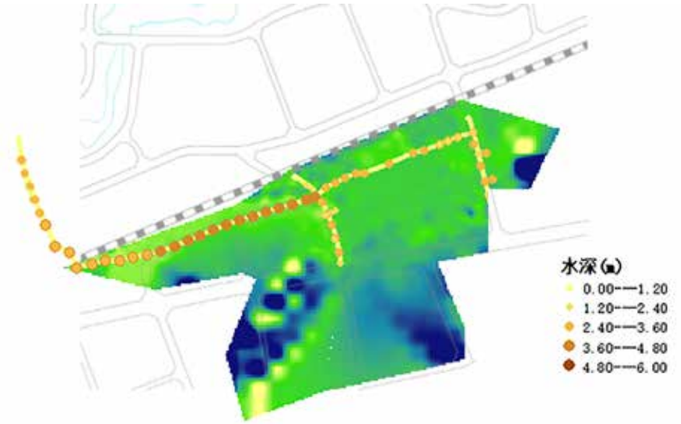


图7 检查井最大水深示意图

五、结语

高铁站作为重要的交通枢纽，以高铁站为核心的片区配套排水管网系统十分重要。片区排水设计方案应结合片区建设规模、道路竖向、现状地形等情况进行设计，排水管道路由及施工方法应充分考虑铁路实施情况，满足铁路相关规范要求，避免对已实施铁路造成影响。排水主管应根据水系水文资料，提高排水设计标准，确保高铁站及站前广场排水安全。

为保证洪水位下高铁站核心区排水安全，排水设计方案可结合排水管网进行数值模拟。根据模拟结果，对高铁核心片区提出有效应对内涝及积水风险的排水措施，如增设排涝泵站等，为高铁核心片区构建安全可靠的排水管网系统。