湿操控和湿圆环测试道概述

朱 遥，施 磊，张榕梁
（中汽研汽车试验场股份有限公司，江苏 盐城 224100）

摘要：湿操控和湿圆环测试道作为整车及其零部件在产品研发阶段中使用的一条重要测试道路，存在造价高，施工难度大等特点。通过对比国内外4个试验场湿操控和湿圆环测试道的参数特点，从湿操控和湿圆环测试道的线型设计、喷淋系统及安全设施3个方面进行阐述，为湿操控和湿圆环测试道的前期技术输入以及快速发展的汽车市场专业测试需求提供参考。

关键词：湿操控；湿圆环；测试道；线型设计；喷淋系统；安全设施
中图分类号：U463.341；TQ336.1 **文章编号：**1006-8171（2022）03-0136-04
文献标志码：A **DOI：**10.12135/j.issn.1006-8171.2022.03.0136
OSID开放科学标识码（扫码与作者交流）

湿操控和湿圆环测试道作为整车、轮胎及其零配件在开发验证产品性能过程中的重要测试道路，可用于轮胎性能、整车操控[1]、侧向水漂[2]、驾驶培训、悬架、转向以及其他零部件的主观评价试验[3]。世界范围内大型的整车、轮胎企业及第三方汽车试验场均建有该测试道，在国外方面，具有代表性的Laurens轮胎试验场、IDIADA试验场、博世BOXBERG试验场、戴姆勒IMMENDINGEN测试中心和Mira汽车试验场；在国内方面，已经建成并投入使用的玲珑集团中亚轮胎试验场、玛吉斯轮胎昆山试验场、博世东海试验场，还有即将投入建设位于盐城的中汽试验场。

本工作对比国内外4个试验场湿操控和湿圆环测试道的参数特点，并对湿操控和湿圆环测试道的线型设计、喷淋系统及安全设施3个方面进行阐述，旨在为湿操控和湿圆环测试道的前期技术输入提供参考。

1 湿操控和湿圆环测试道参数

为直观地对比国内外试验场湿地操控测试道的参数情况，本文综合对比了4个试验场的湿操控和湿圆环测试道的参数，如表1所示。

作者简介：朱遥（1990—），男，江苏阜宁人，中汽研汽车试验场股份有限公司工程师，学士，主要从事整车及轮胎客观性能测试研究工作。
E-mail：zhuyao@catarc.ac.cn

2 湿操控和湿圆环测试道设计

2.1 线型设计

湿操控测试道的线型设计方案包括可快速行驶的直线路段以及转弯半径和坡度变化的弯道路段。弯道部分一般根据客户需求布置，采用大小弯道有机的结合；线型布置方面应当充分考虑安全测试的需求，在车辆高速行驶位置及可能冲出赛道的部分预留充足的缓冲区域；同时应充分考虑周边的水土环境及土地红线的限制，依据地形进行设计，尽可能减少填挖土方量，确保设计的道路满足经济性的前提下能与当地环境充分融合。线型设计方面比较有代表性为米其林Laurens轮胎试验场的湿地操控测试道，因外形酷似鸭子，也被称为“鸭子赛道”，如图1所示。该测试道线型设计可以满足不同驾驶行为需求，如快速过弯（侧向力加速度）和连续转向（受力转换）。

关于客户对湿操控和湿圆环测试道的需求，中汽试验场调研了6家企业客户的需求，其中整车企业有戴姆勒股份公司和浙江吉利控股集团有限公司，轮胎企业有安徽佳通乘用子午线轮胎有限公司、美国固特异轮胎橡胶公司、倍耐力轮胎有限公司和德国大陆轮胎公司，调研客户需求如下：（1）湿地操控测试道总长度为2 km，整车企业客户要求超过2 km；（2）水膜厚度均要求使用固定水膜，水膜厚度约为1 mm，喷水方式为漫水和低喷；（3）要求摩擦因数（μ）为0.55～0.60；（4）道路宽

表1　国内外湿操控和湿圆环测试道参数比较

项　目	Mira汽车试验场	Laurens轮胎试验场	玲珑集团中亚轮胎试验场	中汽试验场[1)]
功能介绍	轮胎开发、悬挂及底盘系统开发、防抱死制动系统、车身稳定量、控制系统、扭矩矢侧向定水漂、驾驶培训和车辆评估	湿地操控特性、侧向水漂、横向附着特性和转向特性研究	轮胎研发、极限操控、侧向水漂测试、安全驾驶模拟，兼顾轮胎、整车等不同类型客户的测试需求	轮胎研发、极限操控、车辆适水漂测试、安全驾驶模拟，兼顾轮胎、整车、制动、模拟，兼顾轮胎、整车、制动、智能网联汽车等不同类型客户的测试需求
湿操控	①沥青摊铺路面，μ为0.50 ②总长度为1.6 km，宽度为6 m，弯道半径分布为22～85 m ③顺、逆时针方向皆可以行驶 ④侧向水漂半径为106 m，宽度为6 m	①沥青摊铺路面，路面构造（宏观/微观）为光滑/光滑，骨料结构为石灰石 ②主回路长度为1.45 km，短回路长度为0.72 km，路面横向坡度为0.5%，水膜厚度为1.5 mm	①沥青摊铺路面 ②主要试验道路长度为1 535 m，宽度为7 m，水膜厚度为1.0 mm，直线段动态区域长度为360 m，宽度为20 m，水膜厚度为1.0 mm ③测试道1长度为1 535 m，宽度为7 m，水膜厚度为1.0 mm ④测试道2长度为1 565 m，宽度为7 m，水膜厚度为1.0 mm ⑤侧向水漂长度为25 m，半径为100 m，宽度为7 m，水膜厚度为6.0 mm	①沥青摊铺路面，μ为0.60 ②主要试验道长度为1 875 m，宽度为7 m（动态区域20 m），弯道半径分布为25～140 m，试验道组合4种，弯道车辆行驶速度为35～90 km·h^{-1}，水膜厚度为1.0 mm，直线段动态区域长度为200 m，宽度为20 m，水膜厚度为1.0 mm ③顺时针行驶，共计14个弯道，左、右转弯分别为6和8个 ④侧向水漂长度为50 m，宽度为6 m ⑤侧向水漂半径为100 m，水膜厚度为8.0 mm
湿圆环	①沥青路面，μ为0.50，半径为62 m，宽度为5.7 m ②Bridport卵石路面，μ为0.40，半径为56 m，宽度为5.6 m ③玄武岩路面，μ为0.20，半径为46 m，宽度为5.0 m ④沥青路面，μ为0.40，半径为46 m，宽度为3.0 m	①B1（内环）：沥青赛道，半径为60 m，骨料为石灰石，水膜厚度为0.5 mm ②B2（外环）：抛光混凝土，半径为120 m，水膜厚度为1.0 mm	①高附沥青路面，μ为0.80，半径为50 m，宽度为10 m，向内倾斜坡度为1.0% ②低附沥青路面，μ为0.60，半径为40 m，宽度为10 m，向内倾斜坡度为1.0% ③抛光水泥路面，μ为0.40，半径为32 m，宽度为8 m，向内倾斜坡度为1.0% ④玄武岩路面，μ为0.30，半径为25 m，宽度为7 m，向内倾斜坡度为1.0% ⑤低附沥青路面，μ为0.60，半径为18 m，宽度为7 m，向内倾斜坡度为1.0%	①高附沥青路面，μ为0.80，半径为50 m，宽度为10 m，向内倾斜坡度为1.2% ②低附沥青路面，μ为0.60，半径为40 m，宽度为10 m，向内倾斜坡度为1.2% ③抛光水泥路面，μ为0.40，半径为30 m，宽度为10 m，向内倾斜坡度为1.2% ④抛光水泥路面，μ为0.30，半径为20 m，宽度为10 m，向内倾斜坡度为1.2%

注：1）设计阶段，暂未施工。

图1　米其林Laurens轮胎试验场湿地操控测试道

度约为7 m，能满足大部分客户的需求，其中2个客户要求道路宽度达到8 m；（5）多数客户对弯道半径要求为20～100 m，仅以高端轮胎开发为主的倍耐力客户要求为50～150 m；（6）仅戴姆勒客户对线型设计的直线段有需求，要求直线段长度为300～600 m，其他客户无此项需求；（7）50%的企业客户对侧向水漂有测试需求；（8）多数客户建议设计存在海拔高度差的道路；（9）除佳通和戴姆勒外，其他客户对湿圆环无测试需求。

2.2　喷淋系统

湿操控和湿圆环测试道的喷淋系统一般由泵站、供水管、喷淋设施和回水沟等组成。喷淋系统的工作原理为首先泵站将水通过压力管道泵至喷淋设施[4-5]，喷淋设施喷水形成湿滑路面，道路表面的水经由路面横纵向流淌至回水沟，最终通过排水管道汇集至蓄水池。收集水在进入蓄水池前应进行过滤处理，可将水中的砂石、杂草、轮胎磨损颗粒物分离去除，流向示意见图2。

喷淋系统形成的水膜条件是否均匀稳定，对

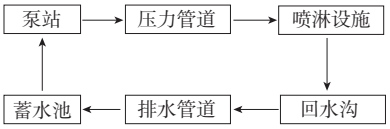

图2　喷淋系统的工作原理示意

驾驶员的重复测试评价产品的湿地性能有重要影响，同一区域的水膜条件若一直处于波动状态，驾驶员在评价产品湿地性能时会出现偏差[6]。为确保测试区域的水膜稳定，应尽量控制水膜的均匀性；喷淋设施技术方案的确定通常取决于以下方面：水膜厚度和喷淋系统的要求、测试路面拟进行的测试种类、喷淋路面的形状以及路面的纹理结构和材质[7]。喷淋设施的产品选择及后续的施工质量均对最终的水膜效果产生影响，应根据喷淋设施技术方案的要求选择相应的喷淋设施。目前常见的喷淋设施有以下几类。

2.2.1 溢出式排水沟

溢出式排水沟多用于轮胎水漂及湿圆环测试道，如图3所示。

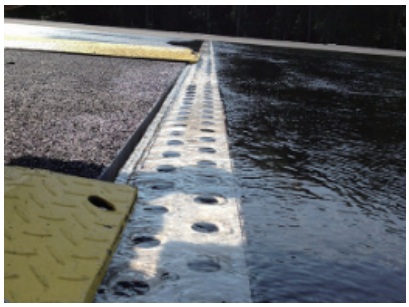

图3 溢出式排水沟

溢出式排水沟的优点包括可以提供一条拥有稳定水量的路面，形成均匀稳定的水膜厚度；水流出时不会喷淋至空中和轮胎表面，水量损失小，驾驶员的视野不受遮挡；车辆也可行驶至排水沟上，行车较安全；整个溢出式排水沟嵌入沥青路面，维护保养容易。其缺点为对路面的平整度要求极高，对于有坡度变化的路面不适用，路面结构一旦出现沉降[8]，喷淋质量无法保证。

2.2.2 低喷式喷淋设施

针对道路湿滑状态可采用低喷式喷淋设施的种类很多，广泛应用的一种低喷式喷淋设施如图4所示。

低喷式喷淋设施的优点包括喷淋头的压力和出水量可调节，喷洒的水膜均匀稳定；喷淋时不会对驾驶员视野造成影响，同时喷出的水不会直接喷射到制动盘表面；喷射面积大，无需布置过多的喷头；车辆可以直接行驶至喷头上，行驶较安全。其缺点为安装时需预制混凝土构件[9]和聚乙烯连

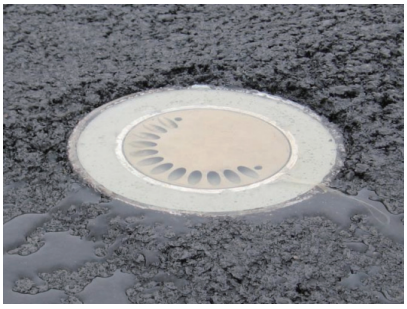

图4 低喷式喷淋设施（EVERTZ公司产品）

接管，成本昂贵，且后期维护费用相对较高。

2.3 安全设施

除道路自身的线型设计外，测试道路的缓冲区域及轮胎墙是车辆失控时主要的安全措施[10-11]。缓冲区域可采用如下形式布置：赛道内侧及外侧车辆可能冲出区域加装路肩，路肩外侧延伸沥青缓冲区域，沥青缓冲区外部铺设碎石草坪，该布置可发挥更好的缓冲效果。

除了缓冲区域，测试道路外侧可布置轮胎墙，其已被证明是在车辆发生碰撞时吸收能量的有效手段，还可减小碰撞的严重程度，从而降低驾驶员和车辆受损的风险。轮胎墙外侧可加装传送带，将传送带、轮胎墙和防撞护栏三者有效固定的安全设施如图5所示。

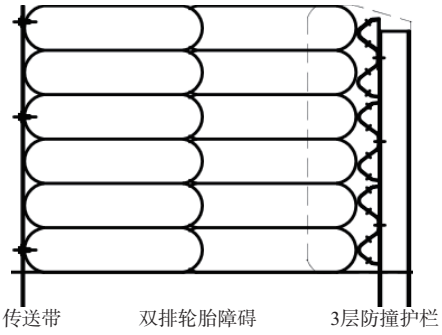

图5 安全设施

3 结语

随着社会对雨雪天气交通安全事故关注度的提升，越来越多的主机厂将车辆及其零部件在极限低附沥青测试道路下的性能表现纳入到其道路研发验证体系中，如制动系统、车身稳定系统在低附沥青路面的测试指标、整车底盘调整、轮胎侧向水漂和轮胎主观评价等。但目前我国大部分汽车试验场受各种因素影响，在湿操控和湿圆环测试

道方面，还存在建设相对滞后、综合能力偏弱、硬件设施配套不全等一系列问题，与快速发展的汽车市场不相匹配，无法充分满足专业测试需求。在此背景下，道路设计、施工建设和后续维护保养中的重难点是开发湿操控和湿圆环测试道的发展方向。

参考文献：

[1] 高磊. 基于操稳性能评价的轮胎与整车匹配方法研究[D]. 长春：吉林大学，2021.

[2] 刘清泉. 轮胎对路面设计和使用性能的影响[J]. 轮胎工业，2007，27(3)：131-134.

[3] 刘清泉. 国外有关水漂的研究以及我国在制定防滑标准中的考虑[J]. 公路，1986(9)：13-17.

[4] 杨康焱. 预制场智能喷淋系统[J]. 黑龙江交通科技，2021，44(10)：168-169.

[5] 朱宇. 桥梁工程成套自动喷淋养护工艺的创新应用[J]. 交通世界，2019(34)：121-122.

[6] 侯宏伟.市政道路沥青路面平整度的施工技术[J].建筑工程技术与设计，2016(16)：1883.

[7] 杨跃琴. 沥青路面宏观纹理的精确表征及抗滑性能衰减规律研究[D]. 北京：北京建筑大学，2021.

[8] 王丽芳. 路面平整度控制技术在道路施工中的应用[J]. 山东水利，2018(6)：46-47.

[9] 李胜强，杨博，金焕，等. 装配式混凝土结构体系研究及探讨[J]. 建筑技术开发，2021，48(19)：3-6.

[10] 曹俊，李文平，朱宏玮. 高速滑轨末端安全拦截装置[P]. 中国：CN 108639096A，2018-10-12.

[11] 张路青，马凤山，胡瑞林，等.一种利用废旧轮胎制作滚石防护棚缓冲垫层的方法[P].中国：CN 101982612A，2011-03-02.

收稿日期：2021-12-16

Overview of Wet Control and Wet Ring Test Track

ZHU Yao，*SHI Lei*，*ZHANG Rongliang*

（China Automobile Research Institute Automobile Proving Ground Co.，Ltd，Yancheng　224100）

Abstract：The wet control and wet ring test track were an important test track used in the product development stage of the whole vehicle and its parts. It had the characteristics of high cost and difficulty in construction. By comparing the parameter characteristics of wet control and wet ring test tracks in 4 domestic and foreign test sites，the linear design，spray system and safety facilities of wet control and wet ring test tracks were discussed. It provided a reference for the early technical input of wet control and wet ring test track and the professional test needs of the fast-developing automotive market.

Key words：wet control；wet ring；test track；track design；spray system；safety facility

含有4-乙氧基苯酚的矿用工程轮胎胎面胶及其制备方法

由泰凯英（青岛）专用轮胎技术研究开发有限公司申请的专利（公布号　CN 113234261A，公布日期　2021-08-10）“含有4-乙氧基苯酚的矿用工程轮胎胎面胶及其制备方法”，公开了一种含有4-乙氧基苯酚的矿用工程机械轮胎胎面胶及其制备方法。

矿用工程机械轮胎胎面胶配方为天然橡胶　80～100，乳聚丁苯橡胶　0～20，炭黑　45～55，白炭黑　10～15，硅烷偶联剂　2～3，氧化锌　3～5，硬脂酸　1～2，抗撕裂树脂　6～8，4-乙氧基苯酚　1～8，增粘树脂　1～3，加工助剂　1～3，对苯二胺类防老剂4020　1.5～2.5，酮胺类防老剂RD　1.5～2.5，微晶蜡　1～2，硫黄　1.3～1.6，促进剂　0.8～2。本发明矿用工程机械轮胎胎面胶具有拉伸强度、拉断伸长率和撕裂强度高、抗切割性能和耐磨性能好、生热低等优点，适用于矿用工程机械轮胎。

（本刊编辑部　马　晓）