液态融雪剂在冬季公路除雪中的应用

□ 李彤英

河北省地处华北平原东北部，冬季一般持续4个月的时间，每年约有2-5次较大范围的降雪，冬季冰雪条件下公路行车环境的安全、快速、畅通，是关系交通运输行业安全发展和经济社会有序运行的重大议题。以笔者在冬季温度不超过-15℃的除雪经验，分析目前除雪工作现状及探索改变传统除雪理念和方式，研究科学高效的除雪方式，对解决冬季路面正常出行具有重大意义。

1、传统除雪模式

目前国内常规的除雪模式是降雪后采用机械、人工、和组合等方式进行作业。

1.1 人工除雪

养护工人将中央分隔带活动护栏开口处及桥面两侧、路侧、匝道上下道口及隔离墩处的积雪清除干净。人工除雪作业时间长、工作效率低、除雪彻底，但效率低、费用高、影响交通通行及行车安全、且不能长时间作业，主要适用于小雪及重难点路段的积雪清除。

1.2 机械除雪

目前主要的除雪设备主要有犁板刮铲式、抛扬式、刷扫式、高速气流吹扫式、热熔式等。相对人工除雪，效率高，适合于大面积机械化清除作业。但小于1cm的冰、雪层很难清除，整机利用率低、成本高，对路面保护能力差。

1.3 组合式除雪

组合式除雪是将机械、人工、固态融雪剂三种方式结合作业，是传统模式中应用最广泛的方式，传统除雪模式的一个显著特点是应用固态融雪剂，融雪剂多为钠基，除雪机理是降低冰点，加速积雪的融化，清除起来比较容易。固态融雪剂具有成本低廉、易于处理、方便储存、快捷使用等优点。但是，在冬季除雪过程中，固态融雪剂的使用弊端明显，主要表现在以下几个方面：一是固态融雪剂撒布作业时，路面较滑，弹出路面、洒落路肩和排水系统造成的浪费极大，加上风的影响，浪费比例高达30%；二是干燥融雪剂撒布在雪地上时，需要吸收热量和湿气，形成盐水溶液，降低冰点，起到融雪化冰的作用，干燥的盐颗粒在没有吸收足够的热量和湿气之前，是不起化学反应，不能融化冰雪的；三是固态融雪剂通常不能象液态融雪剂一样实施预热，融化冰雪所需时间较长，特别在气温较低的气候条件下。

鉴于固态融雪剂在冬季除雪中存在的问题与弊端，石黄管理处积极探索适应当地实际情况的除雪方式，大胆尝试应用液态融雪剂作为融雪介质。

2、液体融雪剂的优点及注意事项

相对于固态融雪剂，液体融雪剂在除雪方案中非常有效，已经逐步替代了固态融雪剂，其主要优势表现在以下几个方面，一是液体融雪剂可以在冰雪到来之前喷洒于任何平整路面，在降雪时与积雪混合稀释，可以有效的延缓冰雪的结冰点；二是液体融雪剂可以直接融化冰雪，以预湿方式缩短了固态融雪剂的融雪时间；三是液体融雪剂的使用，增加了与道路和积雪的粘着力，减少路面弹出的浪费，降低了融雪剂的使用成本，同时，在液体融雪剂中便于加入少量的防腐蚀剂，可以减少对混凝土路面和桥梁的腐蚀。

液体融雪剂的使用也存在一定的局限性，一是不适用于处理厚冰和积雪，在冰面上喷洒会使路面更滑，易从冰面上滑离；二是在温度低于-22℃时不能使用。

由于河北冬季天气不是特别冷，最低温度在-10℃至-15℃，因此，符合使用液体融雪剂的基本条件，喷洒液体融雪剂的主要作用是防止降雪形成结冰及融化机械除雪后剩余的厚度较薄的积雪、冰层。从2000年至今，石黄管理处养护部门全线使用了液态融雪剂，实践证明，液态融雪剂充分显示了其适应性和优越性。目前，已经形成了一套围绕以液态融雪剂为主的除雪方案 。

3、液态融雪剂的实施特点与效果

液体融雪剂使用有雪前喷洒和雪后喷洒两种方法，雪前施用融雪剂，可以防止雪降落后结冰于路面，可最大限度的节省融雪剂的使用量，加快除雪速度，减少对交通的影响，是目前提倡的除雪方式，也体现了“预防性养护”的理念。液体融雪剂的喷洒要重点控制好喷洒时间和喷洒量。

3.1 喷洒时间

由于河北冬季天气不是特别冷，最低温度在-10℃至-15℃，因此，符合使用液体融雪剂的基本条件，喷洒液体融雪剂的主要作用是防止降雪形成结冰及融化机械除雪后剩余的厚度较薄的积雪、冰层。对于一般路段，开放交通的情况下，从降雪开始1-2个小时内，在路面上喷洒液体融雪剂，通过车流的碾压、磨擦以及尾气、发动机等产生的热量，使雪层融化加快，不形成冰层。对于2cm以内的降雪，基本不需要采取其他的处理措施；对于2cm以上的降雪，通常只需再用雪铲等机械铲除一遍，即可达到比较满意的效果。对于特殊路段，如匝道、收费广场、桥面、坡道、曲线路段等，须提前喷洒，如果气温较低，可撒布固态融雪剂，以有效地防止路滑造成的车辆事故；对于机械除雪后，部分较薄的压实雪及冰层很难再用人工或设备清净，应及时喷洒液体融雪剂，分离融化冰雪与路面的粘结，达到理想的除雪效果。

3.2 依据雪情和车速控制融雪剂撒布量：

小雪或零星小雪（2cm以下），洒布量22.5g/㎡，车速60-80km/h；中雪（2-10cm以下）洒布量27.5g/㎡，车速50-60km/h；大雪（10-20cm以下）洒布量32.5g/㎡，车速30-40km/h；暴雪（20cm以上）洒布量44g/㎡，车速10-20km/h。确定喷洒融雪剂的剂量后，决定控制喷洒车辆的速度和人员配备。其中，主要设备有雪情巡查车、水车改造的喷洒车、警示车等。雪情巡报车主要负责雪天巡路，根据路上雪情及综台因素确定融雪剂撒布路段和数量。

3.3 不同降雪等级的具体除雪方法

（1）小雪或零星小雪的除雪方法

此时一般不封路，采取适量洒布融雪剂方法即可。一般15:00以后将路面融化的雪水清到路面外，以防止路面结冰。

（2）中雪、大雪和暴雪除雪方法

1）未封闭交通情况

下雪开始，立即洒布融雪剂。当积雪厚度超过2cm时，立即用铲雪车从超车道向右依次推除积雪。如果降雪继续，铲雪车铲完后再对路面进行二次洒布液态融雪剂，重复以上除雪程序，最后人工配合清除到路面以外。

2）封闭交通情况

下雪开始，立即洒布融雪剂。待雪停后立即用铲雪车推除路面浮雪，最后人工配合清除到路面以外。

4、结束语

液体融雪剂的应用是高速公路除雪的发展方向，也是“预防性养护”理念在冬季除雪保畅工作中的具体体现，尤其适用于中国中北部城市的除雪工作。它的推广应用，有利于提高除雪效率和道路通行能力，已取得了良好的环境及社会效益。

（审核专家 王一臣）

88+151+88m 预应力混凝土波形钢腹板连续梁桥仿真计算分析

□ 董万里

20世纪80年代，法国学者提出用强度高但质量小的直钢板来代替混凝土腹板，后经改善又采用了波形钢板，于是产生了一种新型桥梁结构，即预应力混凝土波形钢腹板连续梁桥[1]。由于该结构技术起步及发展较晚，施工过程复杂，并且混凝土的收缩徐变、温度、墩台不均匀沉降、预应力钢束等效应对桥梁有很大影响，因此计算复杂。因此本文利用有限元分析软件，以某高速跨南水北调特大桥88+151+88m为依托进行结构仿真，并结合相应规范主要对该桥抗裂性与承载能力进行分析与计算，从而提供了一种新的思路和方法。

1 工程概况

本桥上部结构为三跨预应力混凝土波形钢腹板连续箱梁，跨径布置为88+151+88m，主梁采用单箱单室截面，如图1所示。箱梁采用悬臂浇注的施工方法，梁高和底板厚度均以1.8次抛物线的形式由跨中向根部变化，箱梁在支点横梁附近的波纹腹板内侧设置内衬混凝工。

2 有限元模型建立

利用有限元分析软件2019版Midas Civil将全桥划分为106个节点，79个单元。对于模型的建立主要分为以下步骤：材料、截面的定义，对于墩顶腹板内衬混凝土部分将钢板按弹性模量等效为混凝土；使用悬臂法桥梁建模助手建立模型后用PSC桥梁建模助手修正箱梁截面；定义钢束特性与钢束形状；定义温度、二期荷载、支座沉降、汽车活载等工况；按照施工顺序定义施工阶段；定义荷载组合，查看分析结果。模型截面与整体结构如图2、图3所示：

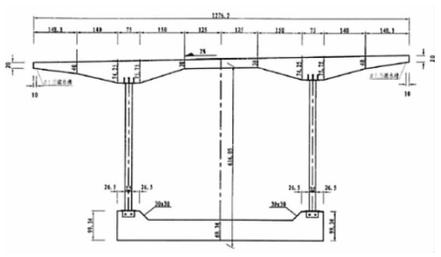

图1 箱梁截面图

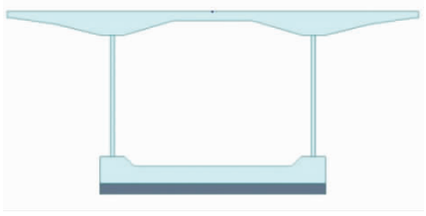

图2 模型截面图

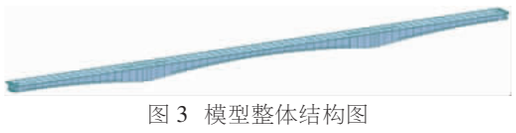

图3 模型整体结构图

3 分析结果

由于波形钢腹板的原因，本文重点对结构抗裂性与承载能力进行分析，其他分析过程与普通连续梁分析过程类似。

3.1 持久状况正常使用极限状态验算

3.1.1 正截面抗裂性验算

按照《公路桥涵设计通用规范（JTG D60-2015）》[2]第4.1.5-6条规定，频遇荷载组合为：结构重力+预应力+收缩徐变+基础变位+0.7活载作用+均匀温度+0.8梯度温度；准永久荷载组合为：结构重力+预应力+收缩徐变+基础变位+0.4活载作用+均匀温度+0.8梯度温度。频遇组合与准永久组合作用下混凝土梁体截面正应力包络图如图4所示。

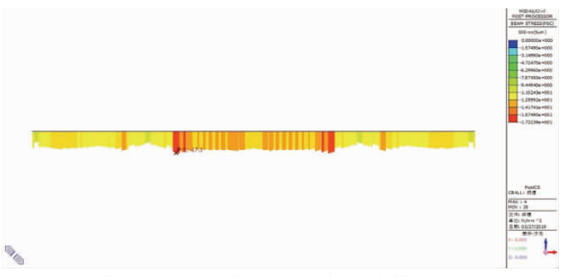

图4 混凝土梁体正应力包络图（MPa）

在持久状况频遇与准永久组合作用下，混凝土梁体截面包络正应力为1.57 MPa -17.32MPa，结构在持久状况正常使用极限状态下均不出现拉应力，因此结构正截面抗裂性满足规范《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》[3]第6.3.1条要求。

3.1.2 斜截面抗裂性验算

图5 混凝土梁体主应力包络图（MPa）

如图5所示，在持久状况频遇组合作用下，混凝土梁体斜截面包络主应力为1.57 MPa -12.67MPa，不出现主拉应力，因此结构斜截面抗裂性满足规范《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》[3]第6.3.1条要求。

3.2 持久状况承载能力极限状态验算

3.2.1 截面抗弯承载力验算

作用效应基本组合表达式：

$$\gamma_0 S_{ud} = \gamma_0\left(\sum_{i=1}^{m}\gamma_{Gi}S_{Gik} + \gamma_{Q1}S_{Q1k} + \psi_c\sum_{j=2}^{n}\gamma_{Qj}S_{Qjk}\right)$$

其中各分项系数的取值见《公路桥涵设计通用规范（JTG D60-2015）》[2]式（4.1.5）。承载能力极限状态下箱梁弯矩包络图如图6所示：

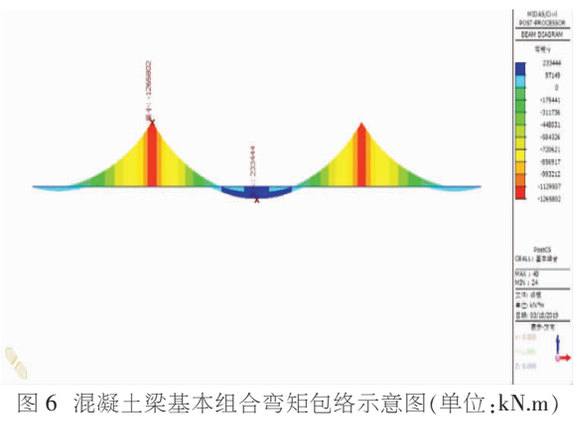

图6 混凝土梁基本组合弯矩包络示意图（单位：kN.m）

波形钢腹板组合箱梁的弯矩近似认为只由混凝土顶、底板承受，腹板不参与作用。

由 $\sum H = 0$ 得：$f_{cd}b_e x = f_{pd}A_{y1} + \sigma_{yu}A_{y2}$

式中：f_{cd} ——为混凝土轴心抗压设计强度；

b_e——顶、底板有效分布宽度；

σ_{yu}——受拉区体外预应力钢筋的极限应力；$\sigma_{yu} = \sigma_{yk} + \Delta\sigma_{yu}$ ；

σ_{yk}——扣除各种预应力损失后体外预应力筋的有效预应力；

$\Delta\sigma_{yu}$——为体外预应力筋在极限状态下的应力增量，目前没有简单通用的精确计算方法，偏保守地取 $\Delta\sigma_{yu} = 0$；

f_{pd} ——受拉区体内预应力钢筋的抗拉设计强度；

A_{y1}、A_{y2} ——受拉区体内、体外预应力钢筋面积；

h_{y1}、h_{y2} ——受拉区体内、体外预应力钢筋合力点到箱梁上缘的距离。

跨中截面抗弯承载力为

$$M_u = f_{pd}A_{y1}(h_{y1} - \frac{x}{2}) + \sigma_{yu}A_{y2}(h_{y2} - \frac{x}{2})$$

混凝土梁正截面抗弯承载力验算结果见表1所示。

表1 关键截面抗弯承载力（单位：kN.m）

截面位置	弯矩设计值	抗弯承载力	是否满足
墩顶	-1265634	-1602952	满足
跨中	233424	314837	满足

结果表明：截面的抗弯承载力大于弯矩设计值，截面抗弯承载力满足要求。

3.2.2 截面抗剪承载力验算

波形钢板的剪应力沿高度方向均匀分布，实用设计时波形钢板的剪应力按下式验算：

$$\tau_{wz} = \frac{S_w}{A_w} = \frac{S - S_p}{A_w}$$

式中：τ_{wz} ——腹板平均剪应力；

S_w ——腹板竖向剪力；

A_w ——腹板截面积（$A_w = th_1$，腹板高度 h 取顶底板间钢腹板净高）；

S ——总剪力；

S_p ——预应力竖向分力。

混凝土梁基本组合剪力图及钢腹板基本组合剪应力如图7、图8所示：

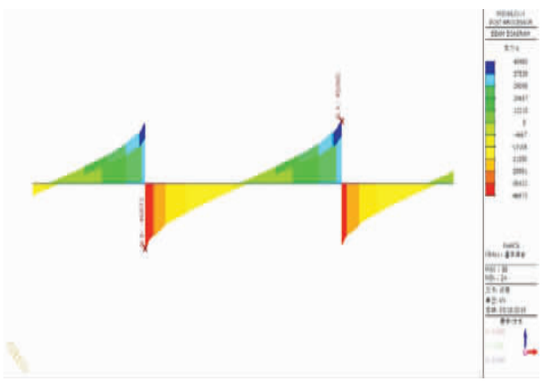

图7 结构基本组合剪力包络示意图（单位：kN）

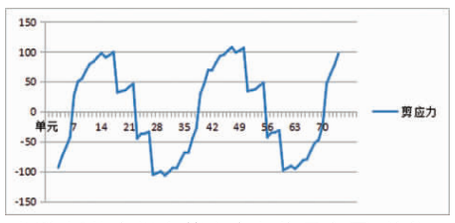

图8 钢腹板基本组合剪应力包络示意图（单位：MPa）

结果表明，持久状况标准值组合下波形钢腹板的最大剪应力为107Mpa，本桥采用Q345钢板，容许剪应力为155MPa，因此波形钢腹板满足抗剪强度要求。

4 结语

本文以一座88+151+88m波形钢腹板连续梁桥为例，通过midas Civil有限元分析软件建立仿真模型并分析计算。主要对结构抗裂性与承载能力进行了分析，分析结果均表明该结构满足相应规范要求。希望本文能对同类结构计算提供参考价值和帮助。

（审核专家 王一臣）

新闻集锦

保阜公司 复工复产不忘安全

本刊讯（通讯员李娟）为了保障复工复产工作顺利开展，消除各类安全隐患，保阜公司成立多个督导组对安全生产进行督导检查。3月25日，保阜公司第三督导检查组，对平阳收费站、阜平东收费站、阜平东养护工区进行复工复产督导检查。

督导组检查了各单位的制度汇编、上级文件的落实情况、应急预案等内业资料，现场检查了收费广场、食堂、宿办楼用电及消防安全隐患。对检查发现的问题，要求各单位及时闭合整改。

检查中着重查看收费站、养护工区杀菌消毒、体温检测及新冠肺炎疫情防控工作等情况，督导组充分肯定了各单位的各项防疫措施和复工复产保障工作，并就进一步做好疫情防控及各项安全保障工作提出了指导性意见：一是持续做好内外防治工作；二是继续加强对重点部位及工作场所的清洁消毒，收费站、工区继续实行员工错峰就餐、分散用餐，强化对全体职工复工复产后疫情防治知识的科普宣传；三是持续做好防疫和复工复产道路保通保畅工作，收费站现场尤其要做好各类车辆不停车、不检测、不收费的“零障碍”通行保障工作，确保各收费站车道安全畅通。

大名县交通运输局路政站 排查安全隐患 助力复工复产

本刊讯（通讯员赵国军）近日，大名县交通运输局路政站本着“安全第一、预防为主”的工作指导方针，加强路政管理，排查安全隐患，助力复工复产。

一是全面摸清安全隐患和薄弱环节。要求各执法中队加大公路巡查力度，加强对所辖范围内公路沿线的危险路段、急弯陡坡、施工路段等安全隐患进行重点排查和统计，及时发现并消除安全隐患。二是进一步规范标志、标线的管理，及时对模糊不清、丢失、缺损的标志、标线进行维修补设（划），及时清除遮挡交通警示标志的植物、覆盖物等。三是继续深入开展公路两侧环境整治工作，对损坏、污损公路设施、非法设置的交通标志等坚决制止，对私自开设公路平交道口和一切有碍观瞻的涂鸦、标语等，坚决予以清理、清除和改正，确保国省干线公路畅通，助力复工复产安全顺利进行。

巨鹿县交通运输局 毫不放松抗疫情 绿化攻坚在行动

本刊讯（通讯员马云霞）近日，巨鹿县交通运输局在国省干线公路两侧紧锣密鼓地开展公路绿化相关工作。在做好疫情防控前提下，坚持做好公路的养护和绿化工作，为全县复工复产和居民出行营造畅通的道路通行环境。

加强道路养护。全面贯彻落实“加强养护、科学管理、提高质量、保障畅通”的公路养护方针，立足实际，务实工作。提前2天完成所列养的4条干线公路进行标准化路基整修任务。

加强国省干线公路两侧、县乡道路两侧绿化工作。该局利用19天时间完成南环至新定魏线、老漳河东岸农业园区路、巨广线与定魏线交叉口小游园3条农村公路两侧43220棵树木种植工作和全长11里观吕线公路两侧月季浇水工作。

加强道路安全防护工作建设。为消除道路交通安全隐患，该局进行实地勘察，组织报告，及时迅速地与市处相关科室接洽并完成对邢德线白寨路口两侧安装减速震荡线工作，进行清扫国省干线公路两侧路边沟杂草工作，美化路域环境。

切实做好解除离鄂通道管控后人员流动交通运输保障工作

（上接Z1版）可恢复进出武汉市的省际道路客运。按照“一车一方案”的原则，精心组织“点对点”运输。强化运输服务保障，提升道路客运安全、防疫、应急处置能力。

《通知》指出，细化落实进京管理要求，加强工作统筹，强化信息互通共享，及时掌握在鄂北京人员自驾返京动态。对持有湖北健康码“绿码”的人员，在做好健康管理、落实防控措施的前提下，确保安全有序通行。强化通行秩序，各高速公路管理单位和服务区保障离鄂返京人员车辆安全顺利便捷通行。严把关口不放松，对进入服务区司乘人员逐一检测体温，提醒佩戴口罩，对发热人员按照程序移交卫健部门。做好大流量疏堵保畅，提前分析研判流量，做好大流量应对准备，严防发生长时间长距离交通拥堵。

《通知》强调，全面加强安全生产管理。强化对道路客运市场的监督管理，加大对“黑车”等非法营运车辆打击力度，严格执行长途客运车辆凌晨2时至5时停车休息或者接驳运输规定。加大日常养护维护力度，确保公路设施设备状态良好、安全。加大公路联合治超管理，强化高速公路货车入口称重管理，严厉打击违法运输行为。加大路面执法检查力度，及时查纠超速、疲劳驾驶、非法营运等严重违法违规行为。严格落实客运场站、交通运输工具及办公场所消毒、通风、保洁等各项防控措施，交通运输司服人员健康、防护上岗，大力开展爱国卫生运动。