

智慧管控在沥青路面施工中的应用研究

李 勇¹ 王 鹏² 高 旭²

(1. 宁波舟山港主通道项目工程建设指挥部 舟山 316000;

2. 江苏东交智控科技集团股份有限公司 南京 210000)

[摘 要] 近几年,我国的高速公路建设迅猛发展,但工程质量管理中在出现质量问题时,不能及时识别问题环节,给分析问题原因和预防改进措施带来极大困难,而智慧管控技术的应用为上述问题提供了解决方案,可实现沥青路面的施工质量从事后把关,转向事前控制。文章重点介绍了智慧管控技术的在沥青路面施工中的应用情况。

[关键词] 沥青路面;管控技术;应用效果

1 前言

如何有效保证沥青路面施工质量,加强施工过程中的质量控制、提高工程质量的水平,成为当前的重中之重。因此,提高沥青路面的施工质量,必须对生产施工过程中的质量控制进行加强。智慧管控技术,则通过建立物联网信息管控平台,利用相关红外传感设备、数据采集设备、4G 网络设备对沥青路面施工质量关键指标进行实时采集、传输、分析、预警、评价,并形成相关的决策,达到沥青路面质量智能监管的目的,进一步提高工程质量监管水平。

2 智慧管控技术原理

沥青路面智慧管控技术,主要依据相关规范标准,以沥青生产过程实施监控、原材料运输轨迹监控、沥青混合料从拌和生产到施工现场管理的全过程作为管理对象,运用质量动态管理的方法,采用软硬件结合的手段,通过改造或利用现有的各类设备,充分利用传感技术和基于 2G 和 4G 的传输技术,将原材料的生产、运输过程、沥青混合料的生产过程、施工过程等数据信息进行实时采集,并采用无线网络传输,通过通信模块及时上报到服务器。此外,还提供分析预警机制,发现质量波动状况实时

预警,及时进行纠偏,动态、真实地反映工程质量状况,有效防范假数据、假资料等弄虚作假行为,实现各方对工程质量的动态控制。

3 智慧管控方法的研究

基于沥青路面常见病害原因的分析,为了做到在施工方面有效、及时的控制路面的施工质量,针对传统的管理方法,即事前检验、事后把关的管理方法,使得过程信息不明,不容易做到防患于未然,如何快速、及时、准确地收集生产、施工过程数据,实时对错误进行指导和调整,是施工中急需解决的问题。

针对上述问题的出现,智慧管控技术能够实现第一时间掌握试验、生产和施工相关关键参数,且应用现有智慧管控技术进行生产施工的控制、管理、监督是大势所趋。因此,借用智慧管控技术,我们提出动态监管办法,通过事前对试验确定配比、事中监督生产、施工,以及事后统计分析评定考核,运用计算机和通讯技术手段来保证施工计划目标的实现。

动态监管方法即通过软件系统的开发和相关射频识别设备、红外感应设备、全球定位系统等信息传感设备,按约定的协议,把传感设备安装到相应的试验、生产和施工设备中,与互联网连接起来,及时进行信息交换和通讯,

收稿日期:2021-07-01

作者简介:李勇(1976-),男,高级工程师,主要从事高速公路施工、建设管理工作。

以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理。动态监管方法能够实现管理单位对施工质量的整体把控和实时监督,随时随地获取施工过程控制的相关信息,及时发现并解决问题,实现工程质量从事后把关,转向事前控制,形成以预防为主,强化施工过程质量控制的管理模式,也是管理手段的一个重大革新。

通过开发沥青路面施工质量管控技术,充分利用智慧管控的传感技术和网络传输技术,研究建立沥青路面施工质量动态管控体系,研发成套的沥青路面施工动态管控设备,从而实现沥青路面试验、生产、施工过程的全面动态管控。

4 智慧管控的应用

沥青面层管控系统是在浙江省舟岱高速公路(舟山至岱山)安装应用的,宁波舟山港主通道(鱼山石化疏港公路)公路工程主线起于富翅互通,在岱山双合登陆。海中设置长白互通,连接长白岛。路线终点设置双合互通,全线设置隧道两座,互通立交三处(烟墩互通、长白互通、双合互通),其中长白互通为海上互通;双合互通为临时互通。主线起点桩号 K2+310,在入海处设置短链(K11+309.031=K12+000,短链长 690.969m),终点桩号 K28+660,主线全长 27.969km,跨海桥梁长度 17.355km。

4.1 硬件安装改造

2020年7月上旬开展了舟岱大桥 LM01 标沥青路面施工质量动态智能管控体系研究与应用系统的实施安装工作,并于8月25日沥青中面层试铺前调试完成。本系统共分为拌和楼生产管理及施工管理两大方面。安装设备统计见表 4-1。

表 4-1 安装设备一览表

序号	应用位置	设备名称	套数	备注
1	拌和楼沥青混合料生产后场	沥青拌和站管控系统数据采集终端(DTU)	1	
		出料口红外测温系统	1	
		4G 无线传输模块	1	
		无线信号增强装置	1	

序号	应用位置	设备名称	套数	备注
2	沥青路面施工前场	摊铺机摊铺温度、速度监测	1	
		胶轮压路机碾压温度、速度监测	3	复压
		钢轮压路机碾压温度、速度监测	3	初、终压

4.2 数据校核验证

系统运行期间,为了沥青路面施工质量智能管控系统所采集的数据的准确性,将采用传统有效的测试方法持续跟踪,根据实际情况,定期对信息化技术所采集的数据进行验证,将实测方法采集的数据与信息化管理系统所采集的数据进行对比分析,利用线性回归方法,分析实测方法采集的数据与信息化采集的数据的误差比例,若偏差过大,则采取相应的措施,尽量消除误差,达到施工质量的精确监控,为以后信息数据的自动采集技术打下基础。

具体的验证方法见表 4-2:

表 4-2 关键参数验证方法

关键指标	验证方法
油石比	采用离心式抽提仪,对沥青混合料油石比进行对比分析,确定修正系数,实现对系统所采集数据的校准
出料口温度	在信息管理系统安装之前以及运行期间,采用经过标定的玻璃温度计、红外测温仪对系统所采集的温度进行对比分析,确定修正系数,实现对系统所采集数据的校准
摊铺温度	
碾压温度	
摊铺、碾压速度	在信息管理系统安装之前以及运行期间,采用钢卷尺、秒表等设备对系统所采集的速度进行对比分析,确定修正系数,实现对系统所采集数据的校准

根据前后场施工情况,进行的对比验证验证分析结果:

(1) 油石比

表 4-3 油石比采集对比表

序号	系统采集数据 (%)	实测数据 (%)	实测工具	精度	正误差 (%)	负误差 (%)
1	4.36	4.43	离心抽提仪	/	0.07	
2	4.36	4.36			0.00	
3	4.37	4.34				-0.03
4	4.36	4.51			0.05	
5	4.37	4.33				-0.04
6	4.36	4.38			0.02	
油石比平均误差					0.02	-0.01

(2) 出料口温度

表 4-4 出料口温度采集对比表 (手持红外测温)

序号	水银温度计 实测温度 (℃)	系统采集 温度 (℃)	误差 (℃)
1	162	163.1	1.1
2	162	162.6	0.6
3	162	163.8	1.8
4	165	166.6	1.6
5	162	163.4	1.4
6	168	169.2	1.2
7	161	159.3	-1.7
8	165	166.8	1.8
9	163	163.8	0.8
10	162	164.7	2.7
平均误差			1.185

(3) 摊铺速度

表 4-5 摊铺速度采集对比表

序号	系统采集 温度 (℃)	现场水银 温度计实测 (℃)	水银与系统 误差 (℃)
1	148.0	148	0
2	151.9	151	0.9
3	148.8	147	1.8
4	150.9	150	0.9
5	150.1	149	1.1
6	153.8	152	1.8
7	149.5	148	1.5
8	148.2	150	-1.8
9	152.1	151	1.1
10	154.3	153	1.3
平均误差			0.66

(4) 摊铺速度

表 4-6 摊铺速度采集对比表

序号	系统采集数据 (m/min)	实测数据 (m/min)	实测工具	正误差 (m/min)	负误差 (m/min)
1	1.2	1.1	秒表、 卷尺	0.1	
2	2.5	2.5		0.0	
3	2.2	2.3			-0.1
4	2.1	2		0.1	
5	2.4	2.2		0.2	
6	2.2	2.1		0.1	
7	2.1	2.2			-0.1
8	2.2	2.1		0.1	
9	2.2	2.3			-0.1
10	1.9	2.1			-0.2
速度平均误差				0.1	-0.13

(5) 初压温度

表 4-7 初压温度采集对比表

序号	系统采集 温度 (℃)	现场温枪 实测 (℃)	系统与温枪 误差 (℃)
1	148.1	147.7	0.4
2	146.8	145.6	1.2
3	149.5	148.7	0.8
4	142.4	141.3	1.1
5	147.8	146.4	1.4
6	143.5	142.6	0.9
7	144.5	143.8	0.7
8	146.7	144.7	2
9	152.3	151.2	1.1
10	150.2	149	1.2
平均误差			1.1

通过采集对比的数据分析, 沥青路面施工质量智能管控系统所采集的数据是基本有效的。

5 智慧管控的应用效果

5.1 混合料生产预警监控

在依托工程实施过程中, 共发生预警次数如下:

通过本系统预警统计表明, 拌和楼总产量为 159521.7t, 总共生产盘数为 49237 盘, 预警盘数为 1012 盘, 预警率为 2.06%, 其中中级预

警 58 次，预警率为 0.12%；高级预警 39 次，预警率为 0.08%。各档材料都出现不同程度预警，

其中 1# 仓初级预警较高，且负偏差较多，且正预警较多。

预警级别	等级	总产量(t)	总盘数	预警盘数	预警率(%)	油石比	6#仓	5#仓	4#仓	3#仓	2#仓	1#仓	石料7	矿粉1	矿粉2	沥青
全线预警总数	总正	159521.7	49237	1012	2.06	0	34	8	94	91	16	83	0	1	4	82
全线预警总数	总负					13	20	45	174	102	32	441	0	0	2	11
全线初级	正初级	159521.7	49237	1012	2.06	0	29	7	94	89	16	82	0	1	1	46
全线初级	负初级					4	20	45	172	100	31	427	0	0	1	2
全线中级	正中级	159521.7	49237	58	0.12	0	4	1	0	2	0	1	0	0	0	7
全线中级	负中级					2	0	0	2	2	1	10	0	0	1	5
全线高级	正高级	159521.7	49237	39	0.08	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	29
全线高级	负高级					7	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4

图 5-1 拌和楼预警统计

每月预警情况统计如下：

表 5-1 拌和楼预警统计汇总表

月份	预警级别	总产量 (t)	总盘数 (盘)	预警盘数 (盘)	预警率 (%)
8 月	初级			25	0.97
	中级	8137.5	2576	0	0.00
	高级			0	0.00
9 月	初级			335	2.67
	中级	40961.3	12795	29	0.23
	高级			20	0.16
10 月	初级			160	1.39
	中级	31417.5	11470	11	0.10
	高级			7	0.06
11 月	初级			204	1.41
	中级	47292.3	14461	11	0.08
	高级			6	0.04
12 月	初级			277	4.00
	中级	22427.1	6933	7	0.10
	高级			6	0.09

系统运行的 8、9、10、11、12 月份，出现的高级预警分别为 0 次、20 次、7 次、6 次、6 次，属偶然现象并及时进行了处理，在高级预警出现较高的 9 月份，各参建方对预警信息进行了核实，并进行了问题分析及处治，对高级预警混合料及时进行了废弃处理，避免问题混合料摊铺到施工现场。高级预警原因汇总如下：

表 5-2 9 月高级预警原因汇总

日期	施工层面	预警情况描述	预警原因描述
2015.9.4	中面层	沥青用量正偏差 0.54%	沥青秤计量超
2015.9.7	下面层	沥青用量正偏差 0.50%	沥青秤计量超
2015.9.9	下面层	沥青用量正偏差 0.30%	沥青秤计量超
2015.9.13	中面层	沥青用量正偏差 0.47%	沥青秤计量超
2015.9.15	下面层	沥青用量正偏差 0.33%	沥青秤计量超
2015.9.15	下面层	整盘料全部异常	拌和楼气缸卡牢

表 5-3 10 月高级预警原因与处治

日期	施工层面	预警情况描述	预警原因描述
2015.10.1	下面层	油石比负偏差 0.32%	下面层转中面层操作不当
2015.10.1	下面层	油石比负偏差 0.32%	下面层转中面层操作不当
2015.10.1	中面层	沥青用量正偏差 0.50%	沥青秤计量超
2015.10.1	中面层	沥青用量正偏差 0.34%	沥青秤计量超
2015.10.27	中面层	沥青用量正偏差 0.34%	沥青秤计量超

表 5-4 11 月高级预警原因及处治

日期	施工 层面	预警情况描述	预警原因描述
2015. 11. 10	下面层	沥青用量 正偏差 0.45%	沥青秤计量超
2015. 11. 19	下面层	1#仓 0~3mm 负偏差 11.48%	热料仓仓门碎石 卡牢
2015. 11. 21	下面层	沥青用量 负偏差 0.44%	沥青换罐不及时
2015. 11. 21	下面层	沥青用量 正偏差 0.31%	拌和楼自动补偿 上一盘偏差
2015. 11. 22	下面层	1#仓 0~3mm 负偏差 9.2%	热料仓仓门碎石 卡牢
2015. 11. 27	上面层	沥青用量 正偏差 0.32%	沥青秤计量超

预警情况表明,9月施工沥青预警率高的主要原因是拌和楼沥青计量系统故障导致沥青计量波动。因此施工方跟换部分配件,并进行了相关设备检修,保证拌和楼正常运行;对沥青温度偏低导致喷量偏少的情况,施工单位在储存上面层待用的沥青时,适当提高了沥青储存温度,有效保证沥青用量的稳定。因此,智慧管控系统可以实时监控混合料的生产情况,有效的保证了沥青混合料的质量。

表 5-5 12 月高级预警原因及处治

日期	施工 层面	预警情况描述	预警原因描述
2015. 12. 2	中面层	1#仓 0~3mm 负偏差 8.3%	热料仓仓门碎石 卡牢
2015. 12. 8	中面层	沥青用量 正偏差 0.86%	沥青秤计量超
2015. 12. 10	上面层	整盘料 全部异常	拌和楼气缸卡牢
2015. 12. 11	上面层	整盘料 全部异常	拌和楼气缸卡牢
2015. 12. 12	中面层	沥青用量 正偏差 0.74%	沥青秤计量超
2015. 12. 17	上面层	沥青用量 负偏差 0.31%	沥青秤计量超

5.2 现场检测效果

为检验管控技术的应用效果,对舟岱大桥 LM01 标段的检测数据与以往申苏浙皖、申嘉湖、申嘉湖杭、杭长 1 期以及杭长 2 期等项目进行对比分析,通过对比沥青路面面层的渗水系数、压实度、路面厚度以及沥青用量的波动情况,分析施工过程中上述技术指标的控制水平,评价了沥青路面施工质量管控系统的应用效果。

(1) 渗水系数

表 5-6 上面层路面渗水系数检测结果汇总

标段 渗水系数	舟岱大桥 LM01 标				以往项目平均水平			
	常规检测 /个	所占比例 /%	薄弱环节检测 /个	所占比例 /%	常规检测 /个	所占比例 /%	薄弱环节检测 /个	所占比例 /%
≤10ml/min	172	41.65	2	1.53	146	55.09	0	0.00
10~30ml/min	122	29.54	56	42.75	86	32.45	58	54.21
30~50ml/min	108	26.15	67	51.15	23	8.68	41	38.32
>50ml/min	11	2.66	6	4.58	10	3.77	8	7.48
总计 合格	402	97.34	125	95.42	255	96.23	99	92.52
不合格	11	2.66	6	4.58	10	3.77	8	7.48

表 5-7 中面层路面渗水系数检测结果汇总

渗水系数	标段	舟岱大桥 LM01 标				以往项目平均水平			
		常规检测 /个	所占比例 /%	薄弱环节检测 /个	所占比例 /%	常规检测 /个	所占比例 /%	薄弱环节检测 /个	所占比例 /%
≤10ml/min		202	44.59	16	12.60	129	42.57	9	7.44
10~30ml/min		131	28.92	63	49.61	93	30.69	73	60.33
30~50ml/min		110	24.28	40	31.50	68	22.44	29	23.97
>50ml/min		10	2.21	8	6.30	13	4.29	10	8.26
总计	合格	443	97.79	119.00	93.70	290.00	95.71	111.00	91.74
	不合格	10	2.21	8	6.30	13	4.29	10	8.26

表 5-8 下面层路面渗水系数检测结果汇总

渗水系数	标段	舟岱大桥 LM01 标				以往项目平均水平			
		常规检测 /个	所占比例 /%	薄弱环节检测 /个	所占比例 /%	常规检测 /个	所占比例 /%	薄弱环节检测 /个	所占比例 /%
≤20ml/min		76	30.89	19	19.79	133	63	20	16.67
20~40ml/min		80	32.52	42	43.75	42	19.9	68	56.67
40~60ml/min		78	31.71	25	26.04	24	11.4	14	11.67
>60ml/min		12	4.88	10	10.42	12	5.7	18	15.00
总计	合格	234	95.12	86	89.58	199	94.3	102	85.00
	不合格	12	4.88	10	10.42	12	5.7	18	15.00

根据上述数据分析, LM01 标段、以往项目中上面层以及中面层的常规检测合格率、薄弱环节检测合格率均大于 90, 下面层的常规检测合格率、薄弱环节检测合格率均大于 85, 均满足规范要求; 通过对比分析, 上、中、下面层, LM01 标段常规检测中的渗水系数比往项目中常规检测中的渗水系数分别大了 1.11%、2.08%、0.82%, LM01 标段薄弱环节中的渗水系数比往项目中薄弱环节中的渗水系数分别大了 2.90%、1.96%、4.58%, 由此, 无论是常规检测还是薄弱环节的检测, 渗水系数均有不同幅度的提升, 说明通过应用管控系统, 可以改善沥青路面渗水系数的合格率, 特别能够提高薄弱环节的合格率, 从而使得路面整体的抗渗性能得到了提高。

(2) 压实度

表 5-9 上面层压实度对比表

标段	舟岱大桥 LM01 标		以往项目平均水平	
	点数 /个	所占比例 /%	点数 /个	所占比例 /%
压实度				
<94%	0	0.00	0	0.00
94%~95%	75	32.47	107	40.07
95%~96.5%	156	67.53	160	59.93
≥96.5%	0	0.00	0	0.00
合格	231	100.00	267	100.00
总计				
不合格	0	0.00	0	0.00

表 5-10 中面层压实度对比表

标段	舟岱大桥 LM01 标		以往项目平均水平	
	点数 /个	所占比例 /%	点数 /个	所占比例 /%
压实度				
<93%	0	0.00	0	0.00
93%~94%	49	10.68	36	11.46
94%~95%	149	32.46	80	25.48

标段	舟岱大桥 LM01 标		以往项目平均水平	
	点数 /个	所占比例 /%	点数 /个	所占比例 /%
压实度				
95%~96%	164	35.73	83	26.43
96%~97%	97	21.13	115	36.62
≥97%	0	0.00	0	0.00
合格	459	100.00	314	100.00
总计				
不合格	0	0.00	0	0.00

表 5-11 下面层压实度对比表

标段	舟岱大桥 LM01 标		以往项目平均水平	
	点数 /个	所占比例 /%	点数 /个	所占比例 /%
压实度				
<93%	0	0.00	0	0.00
93%~94%	28	11.20	31	15.27
94%~95%	93	37.20	60	29.56
95%~96%	85	34.00	54	26.60
96%~97%	44	17.60	58	28.57
≥97%	0	0.00	0	0.00
合格	250	100.00	203	100.00
总计				
不合格	0	0.00	0	0.00

通过上述数据分析, LM01 标段、以往项目的路面压实度均 100% 的满足要求, 从整体上看压实效果均非常好。但通过对比, LM01 标段上、中、下面层的压实度集中控制在 95% 左右, 而以往项目中压实度处于 93%~97% 之间, 说明通过应用管控系统, 可以进一步改善沥青路面的压实效果。

6 智慧管控的应用总结

通过沥青路面施工智慧管控体系的研究应用, 建立了施工质量管控平台, 并利用相关传感设备, 实现了沥青混合料的生产、现场摊铺、碾压等沥青路面施工管控的关键指标提取技术、海量数据智能评判分析及智能管控平台的搭建。实现了预防为主、生产施工过程控制的质量保证体系, 达到沥青路面施工质量智能监管的目的, 进一步提高了工程质量监管水平, 同时也为沥青路面的工程施工提供了一种信息化的管理手段。

参考文献

- [1] 王信义, 查卫平等编著. 生产系统中的监控检测技术 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
- [2] 钟福金, 吴晓梅. 可编程控制器 [M]. 东南大学出版社, 2003, 1-11.
- [3] 南京明维自动化有限公司. 实时监控信息管理一体化系统. 中国专利 99120657. 6, 1999-12-22.
- [4] 于建华, 茶希林. 管控一体化和企业经济效益 [J]. 微计算机信息, 2000, 16 (4).
- [5] 何江海, 陈自勇. 企业管理控制一体化与组态软件 [J]. 湖南经济管理干部学院学报. 2002, 13 (3).
- [6] 季胜鹏, 陈永清. 郎昆自动化有限公司火电厂的管控一体化的研究与应用 [J]. 工业控制计算机, 2003. 16-10.
- [7] 吕丹, 杨晓华, 苏本良. 物联网技术在现代建筑行业中的应用 [J]. 山西建筑, 2011. 09.
- [8] 熊霞. 物联网技术在质量监控和计量管理中的应用 [J]. 中国计量, 2011. 10.
- [9] 张春红, 裘晓峰, 夏海伦, 马涛. 物联网技术与应用 [M]. 人民邮电出版社, 2011.