

CONSTRUCTION CONTROL KEY TECHNOLOGY OF
CONTINUOUS RIGID FRAME
BRIDGE

ON THE HIGHWAY OF NANCHANG TO NINGDU

南昌至宁都 高速公路连续刚构桥 施工控制关键技术

徐义标 周小勇 张 峰 高 磊◎主编
刘云川◎主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

南昌至宁都高速公路连续刚构桥 施工控制关键技术

Construction Control Key Technology of Continuous Rigid Frame
Bridge on the Highway of Nanchang to Ningdu

徐义标 周小勇 张 峰 高 磊 主 编
刘云川 主 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

江西省昌宁高速公路龙坊高架桥和神龙高架四桥是大跨预应力混凝土连续刚构桥,最大跨径 105m,主梁采用悬臂挂篮施工。这两座桥梁集高墩大跨于一体,地形条件复杂、施工要求高、技术难度大,因此有必要对高墩施工质量控制、悬臂施工线形控制和应力监控进行系统研究总结,以便为同类桥梁的设计与施工积累经验。本书结合龙坊高架桥和神龙高架四桥的实际施工流程,从现场施工和理论研究两个方面着手,对连续刚构桥的施工技术和质量监控做了详细阐述,还提出了竖向预应力钢筋无损检测等对工程质量起着重要作用的新思路。

本书可供从事桥梁施工、监控、管理等工作的工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

南昌至宁都高速公路连续刚构桥施工控制关键技术 /
徐义标等主编. — 北京:人民交通出版社股份有限公司,
2015. 12

ISBN 978-7-114-12678-9

①南… II. ①徐… III. ①高速公路—连续刚构桥
—桥梁施工—江西省 IV. ①U448. 23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 305595 号

书 名:南昌至宁都高速公路连续刚构桥施工控制关键技术

著 作 者:徐义标 周小勇 张 峰 高 磊

责任编辑:卢俊丽 周 宇

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:720×960 1/16

印 张:12.25

字 数:224 千

版 次:2015 年 12 月 第 1 版

印 次:2015 年 12 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-12678-9

定 价:38.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

随着我国国民经济的持续发展,我国的公路事业得到了迅猛发展,大跨度桥梁作为公路建设中必不可少的重要组成部分,也得到了巨大的发展。预应力混凝土连续刚构桥具有良好的整体刚度、便捷的悬臂施工方法等特点,因此,不管从结构受力角度考虑还是经济性角度考虑,通常都会成为较大跨径范围内比较理想的选择。

高速公路的迅速发展对桥梁行车平顺舒适性的要求越来越高,对桥梁结构耐久性的要求也越来越高,因此,如何在施工过程中不断优化和改良施工技术、提高施工质量成为桥梁研究中的一个迫切需要得到解决的问题。

本书以昌宁高速公路龙坊高架桥和神龙高架四桥为实例,以实际施工情况为依托,结合以往连续刚构桥施工经验,对桩基础施工、大体积承台施工、空心薄壁墩施工、箱梁节段施工、挂篮悬浇施工等各个环节的施工流程进行了详细的阐述;对施工中遇到的难点和重要环节做了充分系统的分析和处理;不仅给出了详细的理论推导,还给出了合理的施工步骤,给国内同类桥梁的施工积累了经验并提供参考。主要工作如下:①介绍两座桥梁的关键施工工艺,包括高墩施工的模板技术、挂篮技术、主梁混凝土施工技术、预应力技术及病害防治、钢筋连接,为同类桥梁施工积累了经验并提供参考。②结合高墩大跨连续刚构的特点,论述施工控制的目的、内容、方法和误差调整理论,分析高墩大跨连续刚构桥的高墩及主梁施工线形、应力、温度的监测内容和方法,介绍悬臂施工线形控制理论在工程实践中的具体实现;制订了运营期连续刚构桥健康监测计划,以期对桥梁的服役状态进行合理有效的评估,为养护管理的科学决策提供依据。③创新提出了竖向预应力钢筋无损检测方法,此方法能有效防止施工期因竖向精轧螺纹钢筋预应力损失而导致的预应力混凝土箱梁桥腹板开裂。

本书第2~4章由江西交通咨询公司徐义标高级工程师编写完成;第5章、第6章由江西交通咨询公司周小勇高级工程师编写完成;第1章、第7章、第8章由山东大学岩土与结构工程研究中心张峰副教授和博士生高磊编写完成。本书由江西交通咨询公司刘云川教授级高级工程师主审。此外,安徽省公路桥梁工程有限公司和江西省公路机械工程局为本书的出版提供了大量的原始素材,在此表示由衷感谢。硕士生陆小蕊参与了本书的校核。

限于作者水平,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指出。

编 者

2015年12月于江西乐安县

目 录

1 工程概况	1
1.1 龙坊高架桥	2
1.1.1 地质地貌	2
1.1.2 桥梁结构形式	2
1.1.3 主要设计方案	3
1.1.4 施工节段布设	3
1.2 神龙高架四桥	4
1.2.1 地质地貌	4
1.2.2 桥梁结构形式	4
1.2.3 主要设计方案	4
1.2.4 施工节段布设	5
2 桩基础施工	6
2.1 一般规定	6
2.2 常见问题及预防处理措施	7
2.2.1 坍孔	8
2.2.2 导管堵塞	8
2.2.3 钢筋笼上浮	9
2.2.4 断桩或夹层	9
2.2.5 溶洞	10
2.3 桩基础施工工艺	12
2.3.1 钻孔灌注桩施工工艺流程	12
2.3.2 钻孔灌注桩施工工艺	12
2.3.3 水中钻孔灌注桩施工方法及流程	17
2.3.4 水中钻孔灌注桩施工工艺	18
3 大体积承台施工	20
3.1 一般规定	20
3.2 大体积混凝土施工期常见问题及其预防措施	21
3.2.1 质量问题及现象	21

3.2.2	原因分析	21
3.2.3	预防措施	21
3.2.4	处理措施	22
3.3	承台钢筋混凝土施工工艺	22
3.3.1	施工工艺流程	22
3.3.2	钢筋工程	22
3.3.3	冷却管安装	26
3.3.4	测温元件的安装	26
3.3.5	混凝土工程	29
3.3.6	工程大体积混凝土温控计算	30
3.3.7	质量保证措施	33
4	空心薄壁墩施工	36
4.1	一般规定	36
4.2	薄壁空心高墩施工期常见问题及预防措施	37
4.2.1	桥墩混凝土的浇筑	37
4.2.2	墩柱顶部水平裂缝	38
4.2.3	支座下的预埋钢板安装	38
4.2.4	桥墩滑模施工混凝土局部坍塌或掉角	39
4.2.5	桥墩滑模施工模板扭转及偏移	40
4.2.6	桥墩滑模施工混凝土出现贯穿裂缝	40
4.2.7	桥墩施工模板偏位和漏浆	41
4.3	薄壁空心墩施工工艺	41
4.3.1	薄壁空心墩翻模施工工艺	42
4.3.2	薄壁空心墩滑模施工工艺	53
5	箱梁节段施工	63
5.1	0号块、1号块施工	63
5.1.1	托架设计方案	64
5.1.2	托架预压方案	72
5.2	模板施工	74
5.2.1	模板安装	74
5.2.2	模板的拆除	74
5.3	钢筋工程	74
5.3.1	钢筋加工	74

5.3.2	钢筋的连接	75
5.4	混凝土施工	76
5.4.1	箱梁混凝土施工	77
5.4.2	振捣	78
5.4.3	收面、养护	79
5.5	预应力施工	79
5.5.1	预应力管道的埋设	80
5.5.2	压浆孔与排气孔的设置	81
5.5.3	预应力钢筋下料与安放	81
5.5.4	预应力的张拉	81
5.5.5	孔道灌浆	85
5.5.6	施工中应注意的几个问题	86
5.5.7	竖向预应力张拉	86
5.5.8	预应力施工期常见问题及预防措施	88
5.5.9	封锚	95
5.6	预埋件	95
5.6.1	挂篮预留孔	95
5.6.2	泄水孔	96
5.6.3	护栏预埋钢筋	96
5.7	质量保证措施	96
5.7.1	钢筋加工制作与绑扎	96
5.7.2	预应力钢束、波纹管及锚垫梁和螺旋筋的安装	96
5.7.3	混凝土浇筑及养生	97
5.7.4	预应力张拉及压浆	98
6	挂篮悬浇施工	100
6.1	挂篮的结构、形式及设计计算	100
6.1.1	挂篮的结构与形式	100
6.1.2	挂篮的设计概况(以神龙高架桥挂篮为例)	101
6.1.3	荷载计算	103
6.1.4	挂篮主构件强度与稳定性分析	110
6.1.5	吊杆验算	111
6.1.6	锚固系统验算	112
6.1.7	挂篮行走验算	112

6.1.8	挂篮操作抗风要求	113
6.1.9	结论	113
6.2	挂篮安装及使用	114
6.2.1	挂篮的安装	114
6.2.2	挂篮的使用规定	116
6.2.3	挂篮荷载试验	116
6.3	悬浇施工	117
6.3.1	混凝土的浇筑施工	117
6.3.2	普通钢筋施工	119
6.3.3	挂篮的测量就位与调整	120
6.3.4	挂篮行走	120
6.3.5	挂篮施工注意事项	121
6.3.6	悬浇段施工期常见问题及预防措施	122
6.4	边跨现浇段施工	123
6.4.1	工序流程	123
6.4.2	托架预压	124
6.4.3	混凝土浇筑方式	124
6.5	合龙段施工	124
6.5.1	边跨合龙段的施工	125
6.5.2	跨中合龙段施工	127
6.5.3	合龙段施工中的其他事项	127
7	施工监控及运营期健康监测	128
7.1	桥梁施工监控及运营期健康监测目的	128
7.1.1	桥梁施工监控主要目的	128
7.1.2	连续刚构桥健康检测的主要目的	128
7.2	实施依据与规程规范	129
7.3	施工监控的方法及内容	129
7.3.1	施工仿真分析与控制	129
7.3.2	桥墩沉降监测	138
7.3.3	桥墩垂直度及变形监测	138
7.3.4	主梁线形监测	140
7.3.5	应力(应变)监测	144
7.3.6	温度监测	149

7.3.7	挂篮试验	150
7.3.8	裂缝观测	150
7.3.9	施工监控的精度与总体要求	150
7.4	运营期连续刚构桥健康监测	152
7.4.1	主梁变形观测	152
7.4.2	墩顶变位及墩身垂直度测量	154
7.4.3	混凝土应变与温度测试	154
7.4.4	裂缝检查	155
7.4.5	混凝土强度监测	157
7.4.6	钢筋位置及保护层厚度检测	157
7.4.7	钢筋锈蚀检测方法(半电池电位法)	158
7.4.8	碳化深度测试	159
7.4.9	附属设施观测	160
7.4.10	固有模态测试	160
7.4.11	桥梁运营状态评估理论	160
7.4.12	桥梁施工建设数据的移交	168
7.4.13	注意事项	169
7.4.14	定期检测频率	169
8	竖向预应力无损检测技术及工程应用	170
8.1	竖向预应力张拉质量检测主要目的	170
8.2	箱梁施工期竖向预应力损失对箱梁腹板应力影响分析	170
8.3	预应力损失无损检测方法	172
8.4	检测流程	177
8.5	检测数据整理	178
8.6	信息反馈	179
8.7	检测成果提交	179
8.8	工程应用	180
	参考文献	183

1 工程概况

南昌至宁都高速公路冈上至宁都段是新修编的《江西省 2020 年高速公路网规划》中增设的一条地方加密高速公路,是未来南昌—宁都—兴国—韶关国家高速公路的重要组成部分,也是江西省又一条南北向交通大通道,如图 1-1 所示。项目始于南昌县冈上镇境内的沪昆高速公路(设冈上枢纽互通),经南昌县、丰城市、乐安县、永丰县,终于宁都县赖村镇境内的泉南高速公路(设宁都南枢纽互通),路线全长 248.601km。

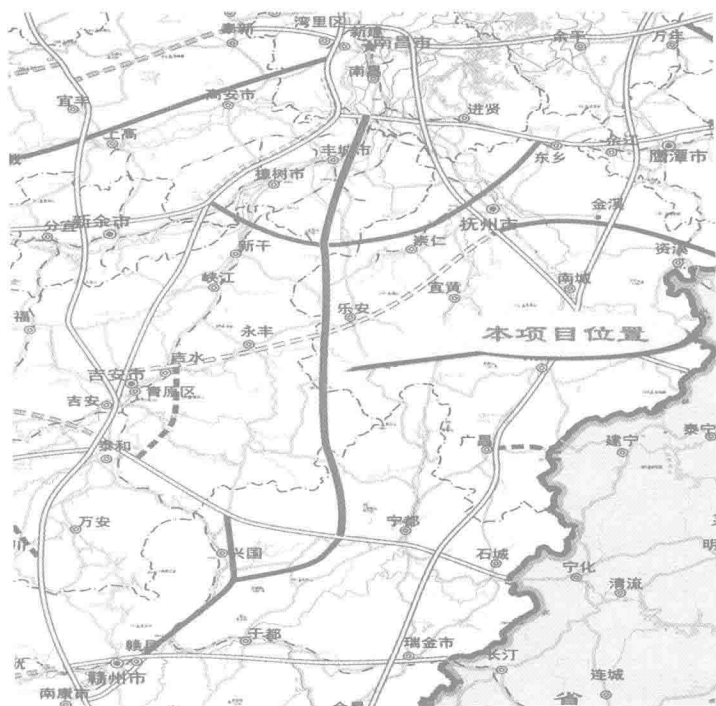


图 1-1 南昌至宁都高速公路项目冈上至宁都段线路图

该项目是江西省“四纵六横八射线”公路网主骨架的“第四射”。该项目连通江西境内的 3 条东西向高速公路(沪昆线、抚吉线和泉南线),路网和通道功能十分明显,未来将成为江西省连接周边省份、加强对外联系的高效公路,在江西省及国家公路网中具有十分重要的地位和作用。该项目的建设是服务国家战略和区域战略发展的需要;是改善沿线地区南北交通运输状况、促进区域社会经济发展、提高城镇化水平的需要;是开发沿线旅游资源、推动旅游事业发展的需要。该项目建设里程长,建设投资大,建设意义深远。

该项目全线有两座大跨连续刚构桥,即龙坊高架桥和神龙高架四桥(图 1-2),以下分别作简要介绍。



a) 龙坊高架桥



b) 神龙高架四桥

图 1-2 龙坊高架桥和神龙高架四桥

1.1 龙坊高架桥

1.1.1 地质地貌

龙坊高架桥位于低山区,跨越山间沟谷农田区、民房及乡村公路,地面高程 189.0~268.88m,地形起伏大,南北桥台均位于低山斜坡,坡度 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$,坡表覆盖层厚达 5~13.8m,沟谷处洪积碎石土厚达 21.8m,两侧山体植被发育较好,自然状态下,桥台稳定性较好。根据野外地质调绘及钻孔资料分析,桥区地层结构自上而下依次为:第四系(Q)粉质黏土及碎石土、石炭系上统大浦组(C2d)白云质灰岩、震旦系下统杨家桥群(Z1y)凝灰质千枚岩。

1.1.2 桥梁结构形式

桥梁中心桩号为 K172+405,全长 1 183m,由主桥和引桥两部分组成,全桥



纵断面处纵坡均为 2.2%，主桥为 56.8m+3×100m+56.8m 变截面三向全预应力混凝土刚构—连续组合结构(图 1-3)。

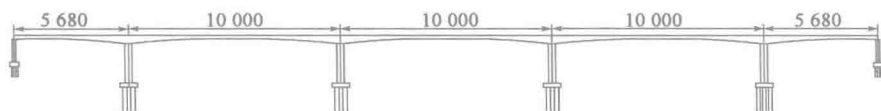


图 1-3 龙坊高架桥桥跨布置(尺寸单位:cm)

1.1.3 主要设计方案

主桥上部结构采用变截面单箱单室箱梁,为三向全预应力混凝土连续刚构,箱梁断面采用直腹板断面。箱梁顶板宽 12.65m,底宽 6.50m,翼缘板悬臂长 3.075m,悬臂端部厚 15cm,悬臂根部厚 55cm。支点处梁高 6.0m,为跨径的 1/16.667,跨中梁高 2.5m,为跨径的 1/40,主墩中心两边各 1.8m 范围内(共 3.6m)梁高为 6.0m,其间按二次抛物线($y=2.5+3.5x^2/47.22$)变化;除 0 号块顶板厚度从 68cm 变化至 28cm 外,其余顶板厚为 28cm;底板跨中厚度为 28cm,距 0 号块中心两边各 1.8m 范围内(共 3.6m)为 100cm,其间按二次抛物线($h=0.28+0.00021669x^2$)变化;腹板厚度 1 号~8 号块为 70cm,10 号~12 号块以后为 45cm,在 9 号块范围内由 70cm 按直线变化为 45cm;箱梁顶板横坡与桥面横坡一致,箱底水平。16 号、17 号主墩与上部箱梁固结,15 号、18 号主墩与上部采用盆式橡胶支座连接。

主桥箱梁设计采用三向全预应力,纵、横向预应力均采用 $\phi^s 15.2$ 钢绞线,其中腹板纵向束为 19 股、17 股;顶板纵向束为 12 股、9 股;底板纵向束为 10 股、12 股;顶板横向钢束为每束 2 股,间距为 50cm。纵向钢束张拉控制应力采用 1395~1339.2MPa。横向钢束张拉控制应力采用 1395MPa,相应的张拉控制力为 390.6kN;竖向预应力筋采用直径为 JL32 及 JL25 的高强精轧粗螺纹钢筋,沿全桥箱梁腹板内布设,间距均为 50cm,其张拉控制应力为 650MPa,张拉控制力为 400.3kN 及 319.0kN。横竖向预应力应落后纵向 1 个节段张拉。

1.1.4 施工节段布设

主桥箱梁为双幅,分别独立采用挂篮悬臂浇筑法施工,各单 T 箱梁除 0 号块外分为 12 对梁段,对称平衡悬臂逐段浇筑施工。箱梁除 0 号块外纵向分段长度为(4×3m+8×4m),各单 T 箱梁墩顶 0 号块长 10m,中跨、边跨合龙段长度均为 2.0m,边跨现浇段长度为 5.8m。箱梁节段布设如图 1-4 所示。

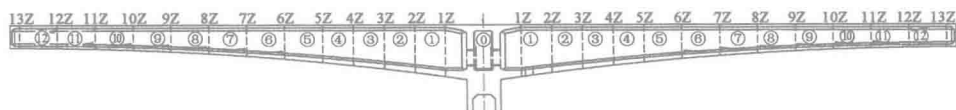


图 1-4 龙坊高架桥箱梁节段布设

1.2 神龙高架四桥

1.2.1 地质地貌

神龙高架四桥位于宁都县青塘镇老埠水库支流,支流与路线交角约 120° ,水面宽约 88m,测时最大水深 27m,水呈深绿色,水边山体岩石裸露。桥梁周边山体植被较好,大部分以灌木和低矮杂树林为主,未见地质灾害,山体保持完整。桥台处有 1~2m 的覆盖层,土壤主要以砂性土为主,覆盖层以下为基岩。

桥址区地貌上属构造剥蚀低山区,山体走向大致呈北东向,山间冲沟发育,植被较茂密。

1.2.2 桥梁结构形式

桥梁中心桩号 K233+687,设置为 $(60\text{m}+105\text{m}+60\text{m})+5\times 40\text{m}+5\times 40\text{m}$ 共三联预应力连续刚构+先简支后连续预应力混凝土 T 梁,桥长 634m,桥台均设 80 型伸缩缝,桥墩分联处设置 240 型和 160 型伸缩缝。主桥桥跨布置如图 1-5 所示。

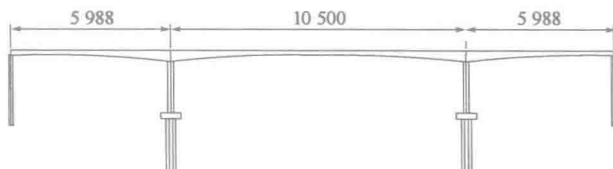


图 1-5 神龙高架四桥桥跨布置(尺寸单位:cm)

1.2.3 主要设计方案

主桥上部结构采用变截面单箱单室三向预应力钢筋混凝土连续箱梁,箱梁断面采用直腹板断面。箱梁顶板宽 12.65m,底板宽 6.65m,翼缘板悬臂长 3.0m,悬臂端部厚 15cm,悬臂根部厚 60cm。中支点处梁高 6.3m,为跨径的 $1/16$,跨中梁高

2.6m,为中支点梁高的 $1/2.42$ 。梁高从距离跨中1.0m至距主墩中心2.3m处,由2.6m按1.8次抛物线变化至6.3m。顶板厚28cm,底板厚度从跨中1.0m至距墩顶中心2.3m处由28cm变化至70cm;腹板厚度从墩顶中心至9号块为70cm,10号块由70cm按直线变化至50cm,11号块至跨中(至距离边跨梁端3.88m)为50cm;距离边跨3.88m至距离边跨梁端由50cm按直线变化为90cm;为改善箱梁根部截面受力,在0号块两端附近和边跨横梁截面顶、底板局部加厚;箱梁顶板横坡与桥面横坡一致,箱底水平,桥台处设置2.0m宽横隔梁,横梁设置80cm $\times$ 80cm人孔;中墩墩顶设置3.6m宽横隔梁,采用中空式横梁,空腔两侧采用0.8m横隔板,在横隔板靠近底板0.5m处设置120cm $\times$ 180cm人孔,中跨跨中设置0.4m厚横隔板,在横隔板中心设置140cm $\times$ 80cm人孔。

主桥箱梁设计采用三向预应力,纵、横向预应力采用 $\phi^S 15.2$ 钢绞线,纵向每束钢绞线根数分别为19根、12根和9根,横向每束钢绞线根数为2根,张拉控制力纵、横向均采用1350MPa,竖向预应力采用高强精轧螺纹钢筋,在0号~5号截面内采用直径为JL32的钢筋,其余梁段内采用直径为JL25的钢筋,沿全桥箱梁腹板内布置,间距50cm,精轧螺纹钢筋的标准强度为 $f_{pk}=785\text{MPa}$,张拉控制力为650MPa。

1.2.4 施工节段布设

该桥连续箱梁分别独立采用挂篮悬臂浇筑法施工,各单T箱梁除0号节段外分为13对梁段,对称平衡悬臂逐段浇筑施工。箱梁纵向长度为 $(4\times 3\text{m}+5\times 3.5\text{m}+4\times 4.25\text{m})$,箱梁墩顶块件(即0号节段)总长10m,边跨、中跨合龙段为2.0m,边跨现浇段长度为6.38m。箱梁节段布设如图1-6所示。

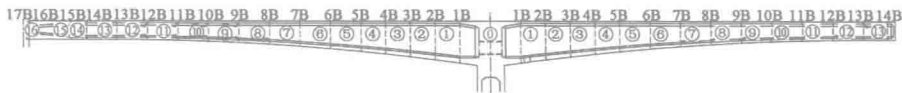


图 1-6 神龙高架四桥箱梁节段布设

2 桩基础施工

2.1 一般规定

(1)灌注桩基础是公路桥梁采用的主要基础形式。成孔有钻、挖孔方式,成桩按水下混凝土组织施工。施工期间应制订安全生产、环境保护措施。泥浆不得污染河道,河道内填物应及时清理,保障河道汛期的排洪安全。

(2)应根据桩位处的不同地层,选择不同的钻孔方法。若桩位处地质不易坍塌、地下水不丰富,可选择人工挖孔法成孔,但应有配套、可靠的通风供氧设备。若桩位处于填土、硬土、粉土、砂性土、砂卵砾石层、软~中硬基岩等地层,可选用旋挖钻机成孔,砂土、黏土地质可用循环钻机成孔。若桩位处地质构造复杂,有漂石、孤石、大卵石、探头石时宜用冲击钻成孔。若同一桩所处地质既有土层又有石层时,可采用循环钻成孔。

(3)灌注桩施工应配有备用电力设备,开钻至灌注水下混凝土应连续进行。为配合钻进,应提供浮渣和护壁用的泥浆。护壁泥浆过厚会降低桩的摩擦力,因此合理增加泥浆的浮渣能力,又减少沉淀或护壁泥浆厚度,应是成桩过程中需要解决的主要矛盾。

(4)终孔后灌注水下混凝土前应清孔。清孔方法有换浆、抽浆、掏渣、空压机喷射、砂浆置换等,可根据泥浆浓度、沉淀厚度和施工工具采用一种或几种方法清孔。清孔和终孔阶段不得在孔内加清水。

(5)挖孔应在保证井下通风和安全作业的条件下连续挖掘。若有渗水、松软地层,宜挖掘及支撑护壁交替进行,不间断施工。挖孔内无积水或积水可处理时,可按普通混凝土浇筑法浇筑孔内混凝土。

(6)桩基钢筋骨架宜分节在特定模具上利用卡具制作成笼,在桩位处起吊分节入孔焊连成整体。骨架四周应设保护层,宜优先使用轮式混凝土垫块。钢筋骨架吊至设计位置后,应在上端用不少于3根的同直径钢筋固定至井口,以固定



钢筋笼位置并防止其上浮。

(7)水下混凝土应采用缓凝水泥配制,并加入适量缓凝剂。水下混凝土应使用商品混凝土或强制式搅拌机现场拌和,泵送或搅拌运输车运送,吊车或钻架起吊,垂直导管水下连续灌注。导管上口应高出孔内水位 3m 以上,以增加灌注压力,提高桩顶段落的成桩质量。灌注水下混凝土是成桩的关键性工序,若有故障发生,应采取合理的技术措施,及时设法补救。确有缺陷时,应立即冲击已入孔混凝土,重新成孔。

(8)冬季是灌注桩施工的黄金季节,但对混凝土应采取保暖措施。可通过原材料加热、掺防冻剂和加热拌和用水等,做到混凝土出机温度不低于 10°C ,入孔温度不低于 5°C 。混凝土入孔前温度是判断是否需加热的主要依据。

(9)桩基混凝土灌注高程应超过桩顶设计高程 1.0m 以上,以保证桩头混凝土的质量和不会产生缩径现象。桩基混凝土灌注结束后,可立即人工挖除多浇混凝土至桩顶设计高程以上 20cm 处,以减少凿除桩头的工作量,但不得扰动桩顶混凝土。

(10)桩基后压浆作业是对桩底和桩侧一定范围的土体通过渗入、劈裂、压密,起到加固作用,在成桩 7d 或成桩强度达到设计强度 80% 后开始,但不宜晚于成桩 30d 以后。对于饱和土中的复式压浆,顺序应先桩侧后桩端;对于非饱和土,应先桩端后桩侧;多断面桩侧压浆应先上后下;桩侧桩端压浆间隔时间应不小于 2h。注浆终止压力应不小于设计压力且不大于 10MPa,注浆量应不小于设计注浆量最低限值。水泥浆温度应不低于 5°C 且不高于 40°C 。水泥浆水灰比应符合设计要求。

(11)承台(系梁)施工应在桩身无破损检查后进行。干滩、浅水区宜以开挖基坑方法提供施工场所,深水中可采用套箱式模板、吊箱围堰等方法阻水施工承台。墩台钢筋应预埋入承台(系梁)混凝土中。

(12)桥梁钻孔灌注桩应全部采用超声波无破损检测。对超声波检测判定为 III、IV 类桩的桩全部冲掉重做。

2.2 常见问题及预防处理措施

钻孔灌注桩属隐蔽工程,影响其质量的因素较多,而且控制难度较大,若忽视则可能产生质量问题和事故。下面对钻孔过程中常见的质量问题的产生原因和预防及处理的控制措施进行简述。