

高原多年冻土区桥梁钻孔扩底桩施工工法

(TGJGF-03·04-21)

中铁五局集团有限公司 中铁四局集团有限公司

一、前言

修建青藏铁路面临高原、冻土、环境三大技术难题,特别是冻土、环境问题,更向青藏铁路修建者提出了严峻的挑战。多年冻土地区桥梁工程施工后容易出现冻胀、融沉等病害,在桥梁基础的施工中,利用扩底桩不仅可以增大桩的承载力、抗拔力,还能有效防止冻胀。采用机械片式扩孔钻头配合旋挖钻机干取土施工桥梁钻孔扩底桩,扩孔易于控制,有效保证了施工质量,实现了快速施工,保护了冻土环境。在多年冻土区采用该工艺取得了很好的经济效益和环境效益,结合施工实践经总结形成本工法。

二、工法特点

1. 采用旋挖钻机干取土施工钻孔扩底桩,减小了对多年冻土的扰动和多年冻土水热平衡的干扰,孔径规范、孔壁光滑、浮土少、施工质量易于控制,成孔速度快,劳动强度大大降低,有效保证了扩底桩施工质量和冻土环境。

2. 机械片式扩孔钻具结构简单,制作和使用方便,扩孔时间短,节约成本,减少人力、机械的投入。

三、适用范围

本工法适用于多年冻土地区桥梁扩底桩基施工,也适用于一般地区桥梁扩底桩基和其它工程扩底桩基施工。

四、工艺原理

先等径钻至设计桩底,然后更换扩底钻头进行扩底施工。扩底钻头在钻杆的旋转和下压作用下张开切割孔壁,在切割的过程中钻头不断张开,至扩底桩径时,限位杆起作用,停止外扩。提起时钻头自重拉伸底座油缸钻头自行收拢,成孔完毕,经检查合格后安放钢筋笼、下放导管进行水下混凝土灌注。

五、施工方法

(一)施工工艺流程(见图1)

(二)操作要点

1. 施工准备

结合现场的实际情况,采用“宁填勿挖筑岛施工法”。平整场地,根据桥墩台位置统筹安排运输便道,保证施工机械和施工车辆进出通道畅通以及施工作业平台稳固。

根据桩位测量精度要求准确放样,施工前及时对放样的桩位和标高进行复核。设置护桩,以便随时对桩位和成孔质量进行检查。

2. 钻机就位

钻机就位前,夯实地表土层,铺设隔热层,防止钻孔施工时扰动冻土的热平衡。

就位时保证旋挖钻机钻杆中心与孔位中心偏差不大于2cm。

3. 埋设护筒

护筒用厚5mm钢板制作,护筒直径比桩径大100mm,护筒要埋

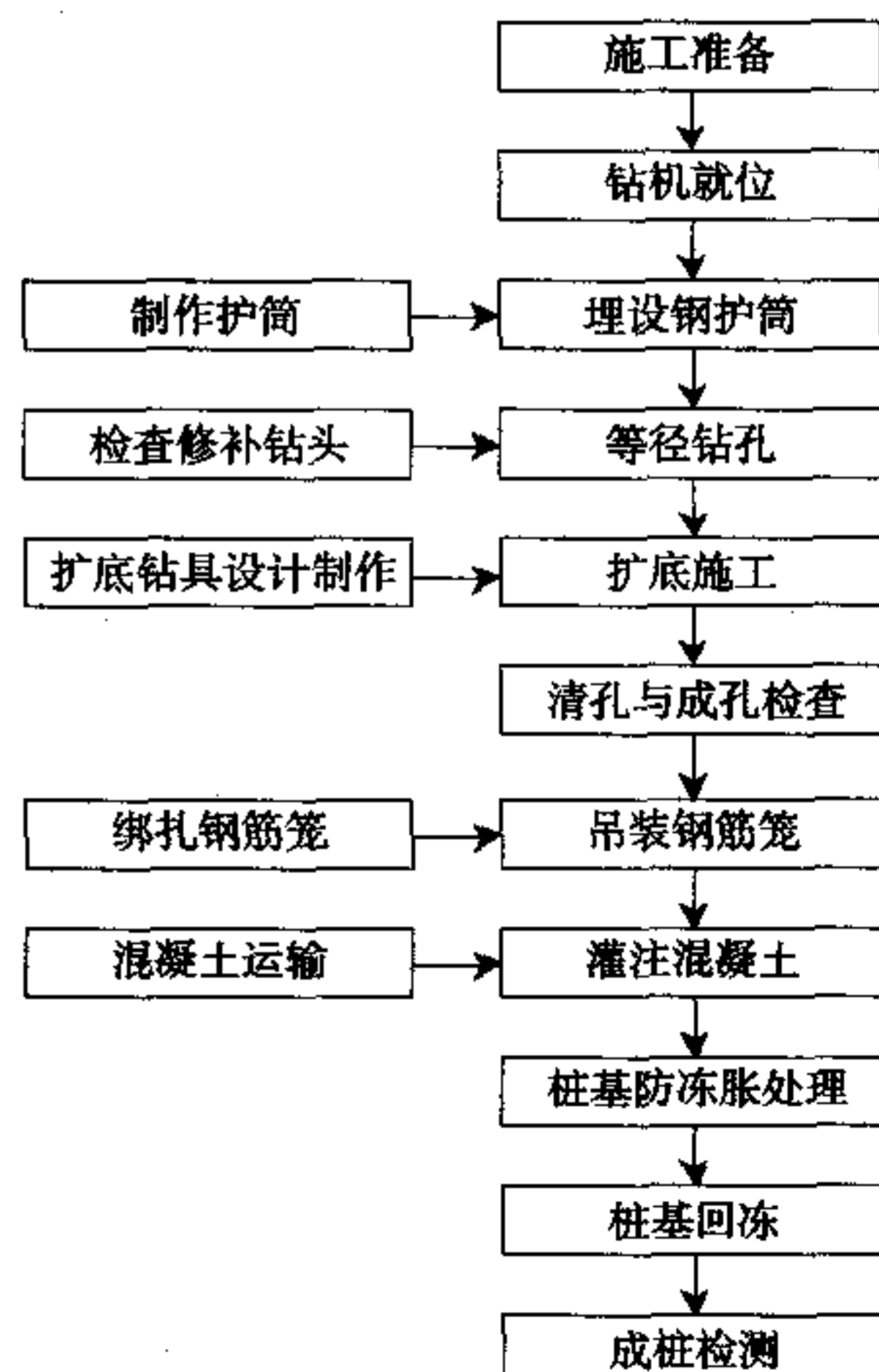


图1 施工工艺流程

至冻土上限以下 0.5m,上部高出地面 0.3m,在护筒外表涂厚 1cm 沥青油渣以防冻土对桩产生上拔作用。

先用旋挖钻机钻孔,钻到埋设护筒标高位置,钻机吊装护筒就位。

4. 等径钻孔

(1) 旋挖钻孔

旋挖钻机配有筒式钻头、螺旋钻头、专用清理钻头。筒式钻头用于砂土、粉质黏土地层,既可钻孔又可取土。螺旋钻头主要用于破碎钻孔中遇到的较大块石及冰层。专用清理钻头用于清理浮土。

旋挖钻机钻孔时,钻斗斗齿在钻杆的扭矩和加压系统的压力作用下旋转切削地层,实现进尺。切下的渣土在钻头的挤压作用下,进入钻斗,充满后取出弃掉,直至成孔。

钻孔采用中高转速、低扭矩、少进刀工艺,可以提高钻孔速度和质量。

(2) 钻孔垂直度

孔的垂直度主要是靠钻机的性能保证的。调整大臂和钻杆座孔的相对位置,通过刻度盘指针的指示使钻杆垂直于机座,机座上的水平仪将机座调平。使钻杆与地面垂直,工作时机座水平的轻微破坏可靠钻头自身调节,保证钻孔的垂直度。

(3) 钻孔过程中常见问题的处理

开始钻进或穿过软硬层交界处时,为保持钻杆竖直,宜缓慢进尺。钻进过程中如发现钻杆摇晃或难钻进时,可能是遇到硬石、石块或硬物等,应立即提钻检查,查明原因妥善处理后再钻,以免导致桩孔严重倾斜、偏移,甚至使钻杆、钻具扭断或损坏。钻进过程中应随时清除孔口积土和地面散落土。遇到孔内渗水、塌孔、缩颈等异常情况时,将钻具从孔内提出,研究处理方案。对于均质的冻土层、硬土层可采用小量进尺、均压钻进。遇到直径大于成孔直径 $1/4$ 的石块,宜用镶焊硬质合金的耙齿钻头慢速钻进。对于直径很大的块石、条石,可用镶有硬质合金的筒式钻头钻进。

经常检查钻头尺寸,适时进行补焊。

钻进时一般黏性土钻进速度保持在 5m/h ,钻进过快会造成孔内蓄热使冻土融化。提升钻头时先在原位空转 $10 \sim 20\text{s}$,然后匀速缓慢上提,提升速度保持在 $0.5 \sim 1\text{m/s}$,提升过快在下部易形成真空使孔壁坍塌。

钻进时偏差较大不易纠正或坍孔严重时,回填后重钻。对已发生坍孔的钻孔成孔后立即进行下一道工序。发现孔位有较小偏差时,采取校位后慢速钻进边钻边纠正。

采用湿钻成孔时,孔内要保持一定水头,以防坍孔,如孔壁稳定性差,有流砂层、流塑状软土层时,采取泥浆护壁或其他方法。护壁泥浆比重为 $1.3 \sim 1.4$,温度为 $0 \sim 5^{\circ}\text{C}$ 。

达到预定钻孔深度后,提起钻杆,用测绳(锤)在手电灯照明下测量孔深及虚土厚度。

(4) 孔底浮土清理

钻到预定孔深后,必须在原位空钻清土,不得再钻进。清后停钻,提出钻杆。提钻时不得回转钻杆。

5. 扩底

专用扩底钻头为机械片式钻头,主要由导向器、成形刀片组、限位杆、底座组成(图2)。顶部与钻杆连接部分和一般的旋挖钻头一样,导向器主要起导向和保护孔壁作用,成形刀片组用于扩底成孔;限位杆主要是限制成形刀片组外扩至设计要求时不再外扩;底座起支承作用,底面为一较大圆平面,接地比压较小,在遇到较松软土时也不会下陷。

钻头在升降时,钻头自重拉伸底座油缸,刀片组合拢,钻头直径小于实际孔径可以自由进出孔底。

当等径钻进至设计桩深时,旋挖钻机换上机械片式扩底钻具扩底。到达孔底后,钻机施压,钻头底座受压,油缸收缩,刀片向两边扩张,作用于孔壁。钻杆带动刀片旋转时,孔壁土被逐渐切削,随着刀片的不断扩张,孔不断增大,当刀片由于限位杆的作用不能继续扩张时,即达到扩底尺寸,此时钻头在原位不加压快速旋转 10 分钟左右停钻并向上匀速提出钻头,最后换上清理钻头将孔底土清理干净。

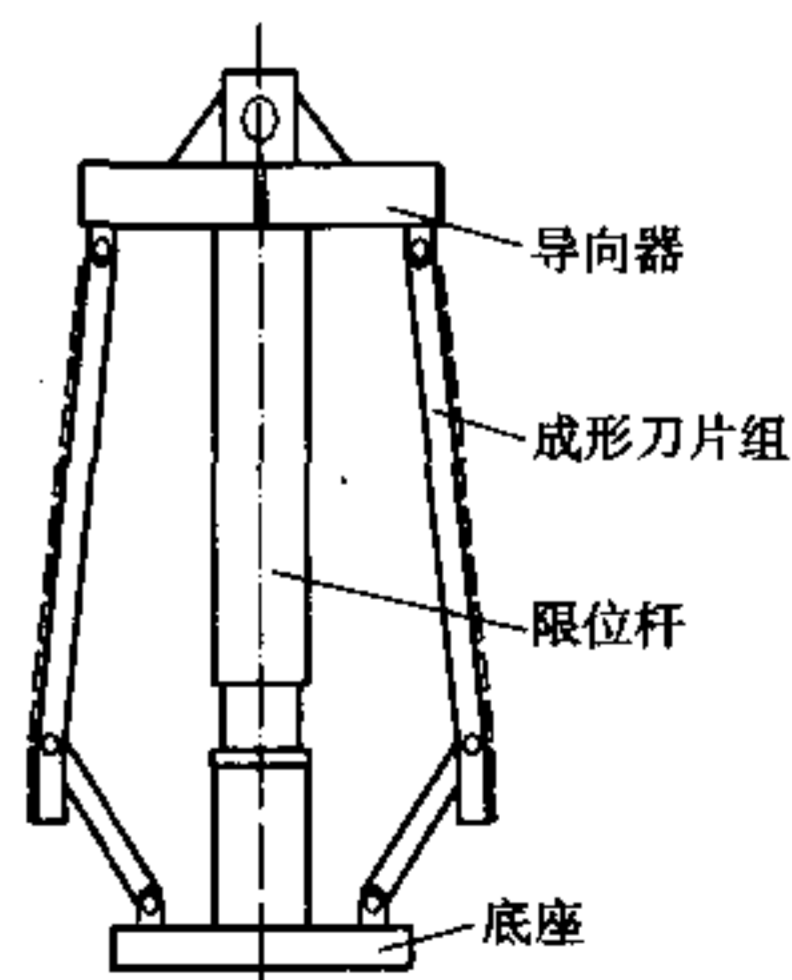


图2 扩孔钻头

6. 清孔及桩基检验

用筒式清理钻头清理孔底浮土或浮渣。利用测绳、检孔器及扩底钻具检查孔深、孔径、孔壁、垂直度,扩底部分应检查其扩底高度、扩底直径。

7. 吊装钢筋笼

钻孔灌注桩的钢筋笼在现场加工制作,加工钢筋笼采用箍筋成型法,焊接时要满足设计规范的要求。钢筋笼每隔2m在同一截面对称设置四个钢筋“耳环”,耳环钢筋直径12mm,以此控制钢筋笼保护层厚度。

钢筋笼用320kN吊车整体吊装。入孔定位标高要准确,底部处于悬吊状态下灌注水下混凝土。入孔后应将钢筋笼固定在钢护筒上,防止灌注混凝土时浮笼。

桩孔上部混凝土初凝后,解除钢筋笼的固定,使钢筋笼随同混凝土收缩,避免粘结力损失。

8. 灌注桩身混凝土

为保证混凝土的搅拌和运输质量,采用搅拌站集中拌合,运输罐车运输。混凝土为低温、早强、防腐、阻锈、耐久混凝土,入孔温度在0~5℃,坍落度18~22cm,各项指标满足耐久性八项要求。浇注过程控制其坍落度、泌水率、含气量三项指标。

桩基混凝土现场浇筑采用灌注水下混凝土的施工方法,以保证混凝土的施工质量。

水下混凝土要连续灌注,首盘封底导管埋深在1m以上,灌注过程中导管最小埋深大于2m,最大埋深不大于6m。为保证桩头混凝土质量,超灌1m。

若浇注过程中孔内存在地下水或泥浆,应边灌注边抽泥浆,为防止泥浆四处流溢,灌注混凝土时配备钢制泥浆箱,回收泥浆,及时清运到弃渣场。

灌注混凝土中途不得中断。必须在8小时内灌注完毕,以防顶层混凝土失去流动性,提升导管困难。来不及灌注混凝土时,用铁板覆盖,并用珍珠岩袋等盖严保温。

9. 桩基防冻胀处理和回冻

桩身混凝土灌注完后,及时按设计要求对桩基进行保温养护和防冻胀处理。桩基经过充分回冻后,方可进行墩台施工。

10. 成桩检测

桩身混凝土灌注完一星期后,即可对桩身质量进行检测,检测采用低应变反射波法进行。

六、主要机械设备

南口河1#大桥设备配备情况详见表1。

表1 主要机具设备(按一座大桥旋挖钻扩底桩基础配备)

序号	机械名称	规格型号	额定功率	单位	数量
1	旋挖钻机	日立 KH125-3	300kW	台	2
2	吊车	QY32T		台	1
3	扩孔钻头	机械片式(定制)		套	1
4	自卸汽车	东风	15t	台	2
5	发电机	200GD	200kW	台	1
6	电焊机	BX250	25kW	台	4
7	泥浆泵	BW250-50	15kW	台	1
8	混凝土搅拌站	HJZJ35A		座	1
9	装载机	ZL50		台	1
10	混凝土运输罐车	TZ5160	6000L	台	3
11	插入式震动器	Z30		台	2~3
12	钢筋调直机	GT4-10		台	1
13	钢筋切断机	GQ40-1		台	1
14	钢筋弯曲机	GBJ-40		台	1
15	水泵	扬程50m		台	3

七、劳动组织

劳动力配置见表2,表中劳动力按一座大桥旋挖钻孔扩底桩基础施工的一个台班配置,要求各类机械操作工人熟练作业,考虑到人在高原的劳动强度,每天应按两班配置。

表2 劳动组织

序号	工种	人数	序号	工种	人数
1	现场指挥人员	1	9	施工技术人员	2
2	试验人员	1	10	质检员	1
3	修理人员	2	11	电焊工	1
4	旋钻司机	2	12	汽车司机	5
5	吊车司机	2	13	搅拌机司机	2
6	发电机司机	1	14	装载机司机	1
7	钢筋工	8	15	混凝土工	10
8	电工	1	16	普工	2~4

八、质量要求

(一)质量标准

本工法严格执行以下标准:《铁路桥涵基本设计规范》(TB10002.1—99),《铁路桥涵施工规范》(TB10203—2002),《铁路桥涵工程质量检验评定标准》(TB10415—98),《青藏铁路高原多年冻土区桥涵工程施工技术细则》,《青藏铁路高原多年冻土区桥涵工程质量检验评定及验收标准》。

(二)质量控制

质量控制的关键是控制好桩的钻孔、扩底以及低温、早强、耐久混凝土拌制、运输和振捣等工序质量。施工过程中分别对桩位、桩径、桩长、扩底和垂直度及孔底虚土等进行检测。成桩允许偏差、检验方法及检验数量见表3。

表3 成桩检验方法

序号	项 目	允许偏差	检验方法	检验数量
1	孔径	0, +50mm	仪器测量施工记录,检孔器检查孔径、孔深	每根桩均应检测
2	孔深	不小于设计		
3	孔位中心	≤100mm	仪器测量施工记录	
4	扩底桩	0, +50mm		
5	倾斜度	≤1%孔深		
6	孔底虚土厚度	≤30cm		

1. 护筒埋设深度大于多年冻土上限0.5m,高出施工地面0.3m,河流融区中将护筒埋置在较坚硬密实的土层中0.5m以上。护筒顶高出施工水位或地下水位1.5~2.0m,同时高于桩基础顶面标高。护筒外表涂上渣油,成桩后不拔除护筒(融区除外),以减小外表的亲水程度,减小冻土对桩的上拔力。护筒中心应与孔位中心一致,筒顶面位置偏差不大于5cm,埋设护筒斜度不大于1%。

2. 成孔孔径不小于设计孔径,孔深不得小于设计孔深,孔位中心偏差小于5cm,倾斜度≤1%孔深。

3. 施工中要认真观察钻机行程表及深度表的变化情况,以掌握扩底钻具是否扩张至设计尺寸,扩底是否到位。扩底深度不得小于设计深度,扩底直径不得小于设计直径,扩底孔位偏差小于5cm,浇注混凝土前孔底沉渣厚度≤30cm。

4. 做好钻孔记录,经常与设计对比,严重不符时要提请变更,清孔后及时将孔口用绝热板覆盖,防止热渗入破坏冻土引起塌孔。

5. 钢材、水泥、砂石料等各类原材料均应经过试验,合格后方可使用。

6. 桩基及承台混凝土施工完后,在桩基周边土回冻之前不得施工墩台身。

7. 加强对低温、早强、耐久混凝土施工过程的质量控制,严格控制其入模温度,既保证混凝土的施工质量又减少施工对地基冻土的热扰动。

8. 规划车辆行走范围,尽量减少车辆对桩基周围地基的扰动。

九、安全措施

1. 严格按照《铁路技术安全规则》和《铁路工程安全质量十不准》进行操作。

2. 施工前进行安全技术交底,使每道工序施工安全均有则可依,明确分工、清楚责任、统一指挥,提高施工人员安全意识与防范能力。

3. 各种机械的操作人员及机动车辆驾驶人员,必须经劳动部门专业培训和考试,取得合格证后,方可独立操作。

4. 所有工作人员必须体检合格后以及经过多年冻土地区桥梁旋挖扩底桩施工知识培训和安全教育培训,经考试合格后方可上岗。

5. 各种机械处于完好可靠状态。机械及电器设备由专人操作和保管,加强安全防护。

6. 工地内设有安全标志,夜间施工作业有照明设施。加强安全检查,针对施工中的安全用电、起吊作业进行重点检查,杜绝事故的发生。

7. 加强安全防护工作,对施工范围内的光缆、油管进行防护,制定防护措施。

十、技术经济效益

1. 机械片式扩孔钻具扩孔时间短,易于控制,能有效地保证扩底桩质量,实现快速施工,缩短工期。

2. 扩底桩工艺用于高含冰量多年冻土地区桥梁基础,承载力可提高 80% 以上,成本可降低 34% ~ 45%。在青藏线桥梁桩基施工中旋挖扩底施工较冲击钻施工,每米节约 440.9 元,节省发电机和造浆系统,能有效地防止冻胀或融沉。

3. 本工法施工无噪声、无振动,不出泥浆,干土外运,减少环境污染,能最大限度减少施工时对多年冻土水热平衡的干扰,减小对多年冻土的扰动,使生态环境不因工程活动而恶化,确保环境保护目标的实现。

十一、工程实例

1. 青藏铁路第五标段南口河 1 号大桥,中心里程 DK991 + 364,全长 506.95m,桥梁基础为扩底桩基础、高桩承台,桩长 17 ~ 22m,桩径 1.0m,扩底径 1.4m。本桥地势平缓,处少冰冻土、多冰冻土、富冰冻土以及含土冰层区。2 台旋挖钻机施工,1 台用于钻孔,1 台用于扩底,采用流水作业施工。2002 年 4 月 23 日开钻,5 月 18 日结束,历时 25d,成桩 67 根 1320m,平均每天成桩 52.8m,最快速度达到每天 4 根约 70m 的进尺。

2. 青藏铁路第五标段南口河 2 号大桥,中心里程 DK993 + 120,全长 480.68m。桥梁基础为扩底桩基础、低桩承台,桩长 17 ~ 20m,桩径 1.0m,扩底径 1.4m。本桥地势平缓,处富冰、饱冰、高含冰量冻土区。2002 年 5 月 28 日开钻,7 月 8 日结束,历时 42d,成桩 84 根计 1676m。施工中遇到过硬质岩层、过大的漂石、孤石,采用短螺旋钻头、岩石钻头钻进,也采用了孔下爆破的方法解决。

南口河 1 号、2 号大桥 151 根钻孔扩底桩施工完毕后,经第三方 100% 无损检测全部为 I 类桩。

3. 青藏铁路十五标段 DK1312 + 300 大桥长 147.63m,设计 4 孔 32m,该桥位于多年冻土区范围,桥址地质为高含冰量冻土,属高温不稳定区。设计为钻孔桩基础,桩长 25 ~ 33m,24 根,均设计为扩底桩,扩底尺寸由直径 1.25m 渐变至 1.45m,长 2m。2002 年 9 月开工,10 月完工,桩基经铁一院检测,均为 I 类桩。

执笔:王友芽 李多春 蔡书虹 申建标 毕清泉