

多年冻土区拼装式涵洞施工工法

(TCJGF-03·04-02)

中铁十六局集团有限公司 中铁十二局集团有限公司

一、前言

青藏铁路施工中广泛运用了拼装涵施工技术。拼装式钢筋混凝土涵洞施工技术,就是将预制的混凝土或钢筋混凝土构件,按设计要求在工点拼装成涵洞,使涵洞施工实现了构件生产工厂化,现场施工装配化和构件安装机械化,是对涵洞工程传统施工方法的重大突破。经过一年多的现场实践总结后形成此工法。

二、基本原理

机械快速开挖基坑,基础和涵节由工厂预制,现场拼装成型,端翼墙现浇混凝土施工。

三、工法特点

1. 适合高原环境 混凝土矩形涵洞具有横向受力条件好,结构整体性强,能有效抵抗不均匀的冻胀融沉变形;涵洞基础、涵节集中预制,避免了混凝土现场浇注水化热破坏地基冻土的冷环境;基坑开挖、涵洞拼装均能快速完成,大大缩短了大气对裸露冻土的热扰动,保证了工程主体的稳定性;拼装技术减小了劳动强度,保护了劳动者在高寒缺氧低压条件下的健康。

2. 保证工程质量 涵洞基础、涵身构件集中生产,机械化流水作业,使材料采购统一化,施工人员专业化,施工作业标准化,有效地提高了工程质量。

3. 施工进度快 现场工作量少,劳动强度低,机械化程度高都将加快施工进度。

4. 成本低,效益高 设计的轻型结构,工厂化集中预制,必将大大节约、减少原材料,节省劳动力,提高效益,降低成本。

5. 利于高原环保 集中拼装作业占地少,时间短,最大限度地保护了现有环境。

四、施工工艺

(一) 工艺流程(见图1)

(二) 施工准备

1. 预制场地选址应在融区或远离线路500m以上;根据涵洞基础和涵身尺寸、数量计算预制场地面积,规划场地布局,合理安排车辆通道。工点现场认真规划施工临时场地、构件和机械设备停放范围,尽量少破坏植被。

2. 搭设钢筋加工棚、锅炉房,铺设养生蒸汽管道。搭建水泥、外加剂库房,要有防潮、防风、防雨雪措施,如有条件,砂石料最好也堆放在室内。

3. 混凝土拌合采用配料机和能自动计量的750L强制式搅拌机。加工制作定型模板。

(三) 操作要点

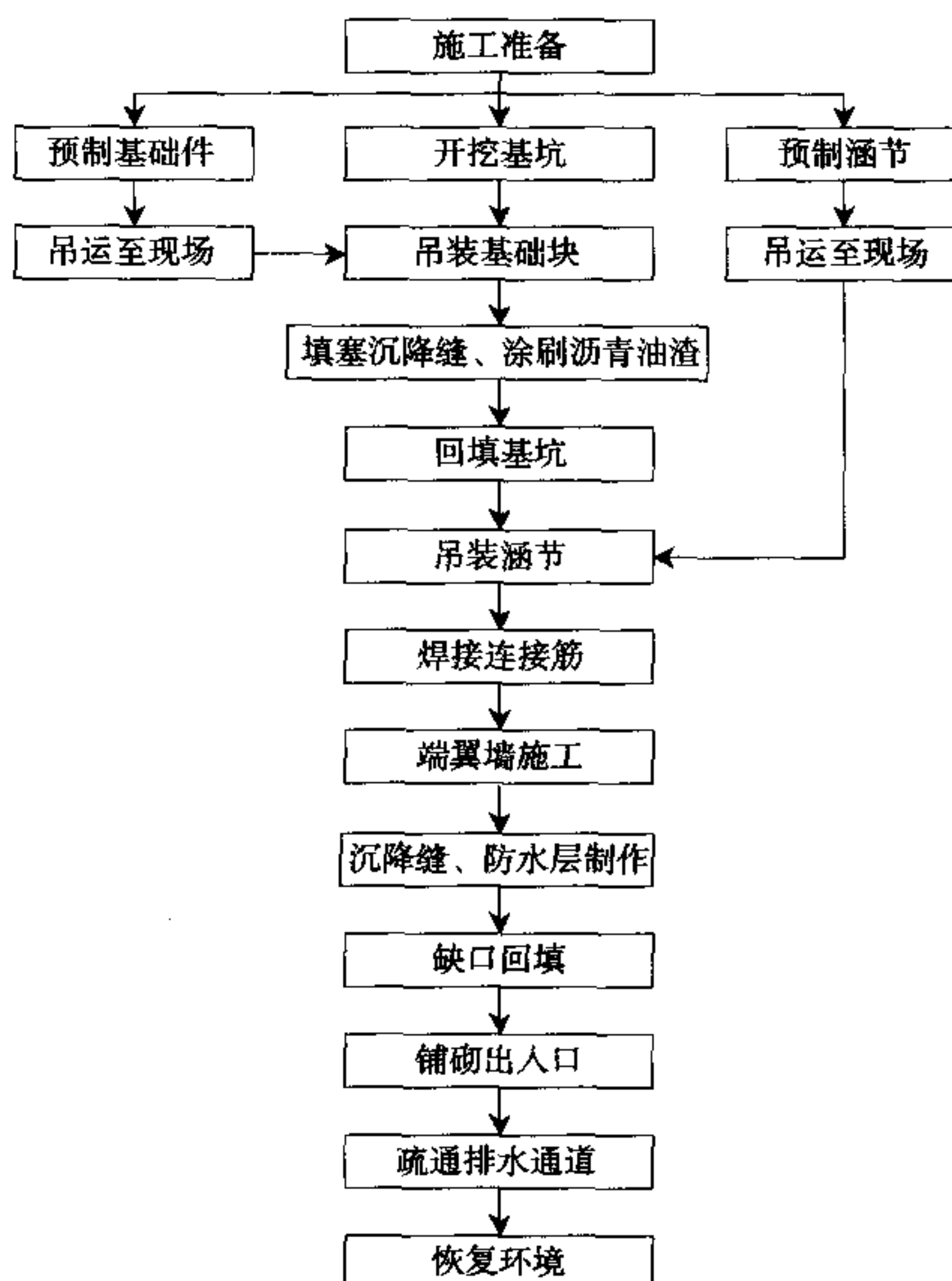


图1 多年冻土区矩形涵洞拼装施工工艺流程

1. 基础预制

(1) 涵洞基础分块 预制基础每块宽度以涵洞横向设计宽度为准,长度以涵洞纵向沉降缝分隔,高度根据块体重量计算确定,为保证吊装方便,每块重量不超过 10t 为宜。基础可分为 2~4 层,层与层间留 2cm 缝,拼装时用 M20 水泥砂浆填塞密实。如需在涵洞长度或宽度方向上再分割,则必须保证在高度方向上除沉降缝以外的施工缝错开设置,不出现通缝。块体接缝与涵节接缝也应错开。

(2) 模板拼装 侧模板采用组合钢模板。根据基础块尺寸组合拼装,用钢管支撑加固,内设对拉筋。板缝之间塞橡胶条或夹双面胶带。底模为混凝土地面上铺设厚 4mm 钢板。模板面必须光滑、平整,几何尺寸、平整度等符合规范要求。

(3) 混凝土灌注 混凝土由搅拌站严格按施工配合比准确计量统一拌制,由罐车运至预制场,人工配合分层入模,用 HZ-50 插入式震捣器振捣密实,人工收成毛面。预埋钢筋符合设计要求。每班次制作试件不少于 2 组,按规定养护。

(4) 混凝土养护 灌注完的预制块,暖季在混凝土初凝后、最迟不超过 11h,用草袋覆盖洒水养生;寒季在暖棚内蒸汽养生,棚内温度不应低于 5℃,养护时间不少于 7d,抗压强度达到设计强度的 30% 前不得受冻。

(5) 拆模 混凝土强度能保证构件不变形、棱角完整、灌注完 24h 后,即可拆除侧模。用红油漆标明型号、规格、制作日期。

2. 涵节预制

(1) 模板制作 采用定型钢模板。面板厚 4mm,横肋、竖肋用 50mm×6mm 扁钢,四周边框用厚 8mm 钢板。内外模均从涵节四角分块。

(2) 钢筋笼加工制作 按设计图纸下料、绑扎、焊接。确保钢筋长度、数量、弯折、布置符合施工规范的规定。

(3) 模板、钢筋笼的安装 模板安装前清除表面铁锈及污物。底模找平后安装内模。内模底肋上的螺栓孔与底模上的螺栓对应套入,拧紧螺母。内模块之间用 $\phi 12$ 螺栓连接,内模、底模装好后表面均匀满涂脱模剂。制作好的钢筋笼人工套入,在内模、底模与钢笼间加垫与钢筋保护层等厚的混凝土垫块,连接预埋件,调整钢筋笼与内模的位置,使间距均匀。外模均匀满涂脱模剂后安装就位。板缝间塞橡胶条或加贴双面胶带,防止漏浆。

(4) 涵节混凝土灌注、养护与拆模 涵节口面三次人工抹面至平整、光滑。余同基础块预制。

3. 基坑开挖

(1) 多年冻土区按保护冻土原则设计的基础,在厚层地下冰、地表沼泽化或径流大的地段基坑开挖选择在寒季施工;其它地段在暖、寒季交替期施工。

(2) 开挖采用松动爆破配合机械快速连续进行。开挖坡度视气温、地温以及土的类别而定,冻结状态为 1:0.1~1:0.2,其它情况为 1:0.75~1:1,预留宽 30cm 以上工作面。

(3) 暖季开挖时,先在基坑上游做临时排水,严防地表水流入基坑;基坑内的冻结层水和冻土本身融化积水采用抽水机远距离排放至水沟,保持不扰动冻土的热平衡。

(4) 在高含冰量地段或一般地段暖季施工时采用边开挖边用棉帐篷遮阳,合理组织快速施工,减少施工间隔时间,可昼夜连续施工,流水作业。

(5) 检查基坑尺寸,用触探仪测基底承载力,达到设计尺寸、承载力后,进行下道工序施工;若与设计不符,及时用帐篷封闭基坑开口,立即上报设计院,采取措施。

4. 基础拼装

基础块混凝土强度达到设计强度的 75% 以上时按编号顺序采用人工配合 250kN 汽车吊吊装。

先从入口端开始依次安装就位第一层,沉降缝处块与块之间插入厚 3cm 的木板,以保证沉降缝准确预留,就位准确后取出木板。第一层吊装完毕,用气割割掉吊环,用 M20 水泥砂浆找平后,吊装第二层。第二层与第一层上下、左右必须对位准确。依次装完上面各层,上下各层的沉降缝端面垂直、整齐,不得交错。

5. 沉降缝与沥青油渣施作

按照设计要求用沥青麻绳从四周填塞沉降缝。填塞必须密实,深 5cm。缝内禁止填冻胀性材料。

基础外侧面与土接触的部位,涂刷厚 1cm 的沥青油渣,防止基础冻胀破坏。沥青油渣涂刷应均匀,厚度不得小于 1cm。

6. 基坑回填

填料用砂砾土。从基坑两侧同时对称分层填筑。每层虚铺厚度不大于 20cm,采用电夯夯实不少于 5 遍,回填至与基础顶面平。

7. 涵节拼装

涵节采用人工配合汽车吊拼装。拼装前应再检查构件尺寸,先吊装入口端第一涵节,再依次接拼其余涵节至出口端。涵节拼装时应对准位置,安放平稳,调整涵节沉降缝与基础沉降缝对齐。

涵节接头凿毛处理冲洗干净后用 M20 水泥砂浆填塞饱满。砂浆宜在正温条件下拌制,在负温条件下拌制砂浆时,砂、水泥的温度要保持在 0℃ 以上,砂浆温度以 5 ~ 15℃ 为宜,必要时可考虑用热水拌合及加热砂。砂浆的水灰比和用水量在满足施工条件下应尽可能小,水灰比一般为 0.4 ~ 0.5。配制负温砂浆时要加入引气型防冻剂,使之能在负温条件下硬化增强,且硬化后具有良好的抗冻性及耐久性。砂浆捣实、抹平后,立即覆盖一层塑料膜保护,并在其上覆盖适当的保温材料。在负温条件下,拼装砂浆不得浇水养护。

8. 焊接连接筋

涵节就位固定后,焊接连接筋。相邻两涵节之间,用 $\phi 20$ 螺纹钢筋与预埋钢板双面焊连接,焊接按《铁路桥涵施工规范》的有关规定施工。

9. 端翼墙施工

端翼墙采用现浇混凝土施工,模板采用组合钢模板,钢管支撑加固;混凝土由搅拌站统一拌制,罐车运至现场人工配合入模;插入式震捣器振捣。冬季灌注完毕后,搭设篷布,内设火炉或电炉保持温度在正温下养护。初凝后用草袋覆盖,以保持混凝土表面湿润。

10. 沉降缝、防水层施作

沉降缝填塞时,将麻丝拧成条股放到热沥青中浸透,再行填塞。塞后在外侧表面涂抹热沥青,铺设一层沥青麻布、两层石棉沥青,内侧预留 5cm 用负温砂浆堵塞。

涵身及端墙外侧按设计要求涂刷热沥青,为确保沉降缝和拼装接头不渗漏水在涵洞两侧及顶面铺设一层土工布,并喷涂防水沥青油渣。

11. 涵洞缺口填土

涵洞主体圬工强度达到设计强度的 70% 以上,涵身沉降缝、防水层施工完成,经检查合格后,回填相邻的路基缺口土方。

涵洞缺口填土前先做涵洞两侧及顶面厚 15 ~ 20cm 通长不透水土壤保护层,然后将已成路堤挖成宽 1.0m、高 0.5m 的平台。回填时,从涵身两侧宽度不小于孔径 2 倍的范围内同时分层、对称、水平填筑夯实,分层厚度不大于 20cm,用小型机具夯实,严禁单侧回填,也不得使用大型机械压实。涵洞顶面填土厚度大于 1.0m 后,机械才能通过。

12. 附属工程

涵洞砌锥坡、护坡和河床铺砌均采用预制件。涵洞入口处基础外 50cm 内现浇厚 60cm 混凝土阻水墙;涵洞入口垂裙加深至天然冻层上限以下 50cm,在裙面及铺砌垫层下设置防水板并伸入阻水墙内 40cm 确保与基础密切结合;施作基底垫层,采用粒径不大于 5cm、含泥量不超过 4% 砂砾,垫层配合铺砌,随垫随铺;出入口伸缩缝用改性沥青麻绳填塞饱满。

砌前,坡面或基面要夯实、整平,铺砌应紧密、稳定、表面平顺。砌筑采用附加剂拌制负温砂浆,砂浆随拌随用,拌合时间比常温增加 0.5 倍。

附属工程完工后,抓紧时间疏通上下游沟槽,处理好取土坑和弃土堆,保证排水畅通。

五、主要机具设备(见表 1)

六、劳动组织(见表 2)

表1 主要机具设备

序号	机械名称	规格	单位	数量
1	拌合站	2 × 750L	套	1
2	装载机	ZLM40E2m ³	台	1
3	混凝土罐车	MR456m ³	辆	1
4	插入式震捣器	HZ - 50、HZ - 30	台	各3
5	钢筋切断机	φ6 - 40mm	台	1
6	钢筋弯曲机	φ6 - 40mm	台	1
7	吊车	QY250kN	台	1
8	拖车	25t	辆	1
9	挖掘机		台	1
10	电夯	2.5kW	台	2
11	电焊机	BX - 400	台	2
12	发电机	24kW	台	2
13	污水泵	2.2kW	台	3

表2 劳动组织

序号	工 种	人数	备 注
1	领工员	1	现场指挥、管理、协调
2	技术负责人	2	负责技术指导、交底
3	班长	2	落实与实现领工员的指令
4	搅拌机司机	1	搅拌混凝土
5	装载机司机	1	搅拌机上料
6	混凝土输送车司机	1	混凝土运输
7	挖掘机司机	1	开挖基坑
8	吊车司机	1	安装预制块
9	拖车司机	1	运输预制块
10	振捣工	3	振捣混凝土
11	钢筋工	6	钢筋制、安
12	电焊工	2	
13	电工	1	
14	普工	20	
	合计	43	

七、质量控制

(1) 涵洞施工尽量安排在寒季施工,减少热对涵洞基底的扰动。

(2) 模板制造及安装,钢筋加工制作安装,混凝土灌注、养生,冬期施工措施必须执行《铁路桥涵施工规范》及《青藏铁路高原多年冻土区桥涵工程施工技术细则》。

(3) 混凝土构件质量验收执行《铁路混凝土与砌体工程施工及验收规范》有关条文。

八、安全措施

(1) 预制场布置要规范化,符合安全规程要求。电线架设、电源开关布置符合规定。

(2) 施工人员必须戴好安全帽。

(3) 严禁吊车起重臂下站人,设专人指挥起吊,配合人员严防碰撞。

九、环保措施

(1) 规划每处施工场地和施工便道,设置明显标志。

(2) 施工机械必须沿便道行驶,不得随意碾压。便道修筑时原地面草皮不铲除,在上面直接铺垫厚 70 ~ 100cm 的土层,完工后清除,以保护植被。

(3) 临时驻地、施工现场选在植被稀少的地段,施工人员必须沿便道行走,严禁践踏植被。

(4) 基坑开挖的弃方应及时运至指定地点弃置并摊平碾压,不得乱堆乱放乱弃。

(5) 施工的生活生产垃圾,应分类堆放,集中收集,运至指定地点按要求处理,不得随意乱丢乱放。

(6) 施工现场做好排水设施,不得影响地表径流,基坑内积水挖集水坑收集,用污水泵抽出排入河道,

不得乱排,以免影响环境。

十、效益分析

该工法的应用,不仅可以节省大量劳动力,减轻工人劳动强度,同时由于采用轻型结构,能充分利用构件截面,减少圬工量,经济效益显著。

该工法的应用,施工速度快、基坑暴露时间短、对冻土的热扰动小,符合冻土区快速施工的要求,对青藏高原生态环境和冻土环境保护尤为有利,其社会效益显著。

十一、工程实例

中铁十六局集团施工的青藏铁路 16 标段共有拼装式钢筋混凝土矩涵 41 座,693 横延米,2002 年 7 月开始预制施工,2003 年 8 月完成拼装和附属工程,质量优良。

中铁十二局集团第四工程公司承建的青藏铁路清水河试验段(DK1024 + 400 ~ DK1027 + 400)有 7 座涵洞,涵节预制,基础为现浇混凝土。按多年冻土区涵洞拼装施工技术施工,质量符合规范要求。

执笔:朱卫东 宋晓兵 徐存良 张爱忠 苑仁增