

Research and Application of Multiple Groove Molding Device Technology

Zhonggang Yang

Gaoqing Yellow River Bureau, Zibo, Shandong, 255000, China

Abstract

According to the need of engineering design, a variety of excavator buckets of different shapes are designed and developed, the bucket size is the same as the size of the excavation section, so that the trench is formed at one time. The flat soil scraper device designed and installed above the bucket makes the shore on both sides of the groove automatically leveled, assists the groove to be formed at one time, avoids the secondary bank slope leveling, and meets the construction needs of all kinds of projects. The excavation ruler is installed on one side of the flat soil scraper, so that the excavation axis can be scattered for the excavation equipment in the straight line section, and only the cable of the excavation axis can be set on the side of the trench. The excavation device only needs to align the mark on the scale with the cable to realize the accuracy of the excavation axis. The cost of the device is low, the customization is strong, and different buckets are customized according to the different needs of various grooves to save cost and improve efficiency.

Keywords

multiple groove; formed at one time; bucket; technology research; application

多种沟槽一次成型装置技术研究与应用

杨忠刚

高青黄河河务局, 中国·山东 淄博 255000

摘要

根据工程设计需要, 设计研制出多种形态各异的挖掘机铲斗, 铲斗尺寸与需要开挖断面尺寸一致, 使开挖的沟槽一次成型。在铲斗上方设计安装的平土刮板装置, 使沟槽两侧岸边自动整平, 协助沟槽一次成型, 避免二次岸坡整平, 满足各类工程施工需求。在平土刮板的一侧加装开挖标尺, 这样在直线段就可以不需要为开挖设备撒开挖轴线, 只需要在沟槽一侧设置开挖轴线的拉线即可。挖掘装置只需要将标尺上的标志对准拉线就可实现开挖轴线的准确性。其装置造价低, 可定制性强, 根据各类沟槽的不同需求定制不同的铲斗, 节约成本, 提高效率。

关键词

多种沟槽; 一次成型; 铲斗; 技术研究; 应用

1 研究背景及目的

1.1 研究背景

近几年为解决耕地灌溉和农村人畜饮水而修建的田间灌排工程、小型灌区、灌区抗旱水源工程、小型水库、塘坝、蓄水池、水窖、水井、引水工程和中小型泵站等规划的小农水项目较多, 在这些项目施工过程中会遇到很多沟渠的开挖, 如梯形槽、U形槽、V形槽等的开挖, 这类槽的设计往往是开挖好土质沟槽之后进行混凝土衬砌, 所以渠底高程、渠底宽度、中心线位置、坡比、渠顶高程等尺寸要求较多且误差要求苛刻, 在施工过程中不易控制。这类项目所包含的渠道开挖工程量往往较大, 少则几千米, 多则几万米甚至十几万米。

在现阶段的施工过程中, 此类槽的施工工艺往往是挖掘机械挖除大部分土方, 基本成型之后再利用人工开挖到设计断面尺寸, 此种施工方法效率较低且尺寸要求不易控制, 大大制约施工进度。同时, 由于采用人工较多, 导致施工企业成本较高。

1.2 复杂沟槽开挖施工技术现状

目前施工过程中的沟槽开挖主要有以下两种形式。

(1) 人工开挖

虽然技术指标容易控制, 但是人工耗用量大, 生产效率低。

(2) 普通挖掘机开挖配合人工整修边坡

生产效率比前者有所提高, 但因普通挖掘机铲斗的结构

特点及性质,一般只能开挖出垂直边坡的沟槽,按设计要求的边坡坡度不易控制,只能再用人工整修边坡达到设计边坡要求,耗用人工量较大,生产效率不高,达不到一次成型的目标。

1.3 研究目的

本项目主要研究任务是根据各种复杂沟槽形式设计出合适的铲斗,铲斗不仅要使沟槽一次成型,还要保留挖掘机挖装固有属性,便于挖掘沟槽的弃土装车。同时,在施工过程中要保证铲斗中不存土,保证施工效率。

根据所需挖掘沟渠的断面特性,对挖掘机铲斗进行重新改装,将铲斗设计成与需要成沟槽的槽身断面尺寸一致,从而达到一次性成槽的目的,这不仅可以大大提高施工效率和成槽合格率,还可以在在一定程度上降低施工成本。其具有实用、新颖,能适应各类沟槽工程开挖作业特点,使沟槽开挖一次成型至设计标准,提高沟槽开挖生产效率”是研制该类多种沟槽一次成型装置的总体目标和专业要求。

2 多种沟槽一次成型装置研制过程

2.1 梯形类沟槽一次成型装置的研制

研究小组根据工程需求,针对排水沟设计断面尺寸,对普通挖掘机的铲斗进行了设计改装,用同等材质的钢板,通过焊接、定型等,研制出与排水沟断面尺寸相同的梯形槽挖掘机铲斗。

在现场试验过程中发现,虽然开挖出的断面尺寸与设计尺寸相同,但是开挖的排水沟两侧岸边槽顶的土仍高低不平,仍需对其进行平整,需要花费部分人工或机械。

研究小组对该梯形槽挖掘机铲斗进行了进一步改良,对梯形斗两侧各加设了平土刮板装置,解决了铲斗改良前的问题,开挖过的排水沟两侧岸边非常平整,开挖过的沟槽两侧不但达到了设计要求,而且开挖的沟槽非常美观。

该试验取得圆满成功,沟槽能一次成型,达到设计尺寸,从而大大提高了工程施工进度,节约了工程施工成本。

2.2 U形类沟槽一次成型装置的研制

近年来,在各地的高效节水灌溉工程、高标准基本农田建设工程和小型农田水利工程日益增多,工程施工过程中,不但梯形类槽居多,而且U型类沟槽也明显增多。研究小组以此为契机,结合以前改装的梯形类多种沟槽一次成型装置中得出的经验,对普通铲斗挖掘机进行进一步改良,重新研

制出了U型类多种沟槽一次成型装置。

2.3 其他沟槽一次成型装置的研制

研究小组人员通过由梯形及U型沟槽开挖铲斗的设计与应用形成了一套完整严谨的设计体系。其他不同类型的沟槽进行设计及研制,均能通过设计铲斗两侧斗臂和设计边坡比一致的原则,研制出符合各种沟槽断面形状的挖掘机铲斗,并能保证挖掘机挖、装、卸的固有属性。

3 构造组成及工作原理

3.1 工作原理

通过对挖掘机铲斗的改进,挖掘机挖掘断面与沟槽设计断面一致,因此只需要控制沟槽的底部高程及沟槽轴线即可完成对沟槽的一次成型。

3.2 构造组成

挖掘机最基础的属具就是铲斗,多种沟槽一次成型装置主要包括侧板、底板、耳板、切削刀、平土刮板、开挖标尺等。

铲斗在回转过程中,要完成切割、装载物料作业。切割时要求斗齿能迅速切入物料。为此铲斗必须具有足够的强度和刚度,以便承受物料的反作用力。装载时要求物料能较通畅地流入铲斗(这样可减少切割阻力),同时在物料充填铲斗时,既要填满铲斗空间,又不能产生过大的挤压力,否则由于挤压力的增大,会使铲斗壁与物料的吸附力增大(在一定吸附系数下,吸附力与两物体之间的正压力成正比),造成排料时物料排不净等情况。

铲斗结构形状和参数的合理选择对挖掘机的作业效果影响很大,其应满足以下要求:

- (1) 有利于物料的自由流动。铲斗内壁不宜设置横向凸缘、棱角等,斗底的纵向剖面形状要适合于各种物料的运动规律。
- (2) 要使物料易于卸尽。
- (3) 为使装进铲斗的物料不易于卸出,铲斗的宽度与物料的粒径之比应该大于4,大50时,颗粒尺寸不考虑,视物料为均质。

3.3 铲斗宽度的计算

根据需要开挖的沟槽设计断面可以计算出断面的断面积,根据普通挖掘机原车铲斗乘以经验系数0.8可以计算出特种沟槽铲斗的斗容量。斗容量 q ,平均宽度 B ,转斗挖掘半径 R 和转斗挖掘满转角 2φ 是铲斗的四个主要参数。 $R, B, 2\varphi$,

三者之间有几何关系:

$$q = \frac{1}{2} R^2 B (2\varphi - \sin 2\varphi) K_s$$

式中,土壤松散系数 K_s 近似取值1.25,根据上式可由 $R, B, 2\varphi$ 中作任值求相应第三值。根据已经确定的挖掘机生产力,铲斗的容量,即可确定铲斗的宽度(B)^[1]。

3.4 挖掘机型号选择

挖掘机的工作对象是土壤,设计和使用时,都需要了解土壤的基本特性和切削土壤过程的一些基本知识。

铲斗的切削部分,以机械的方法将土块或土层从土壤中剥离出来的过程,成为土壤切削。

土壤切削是一个很复杂的过程。在楔形切削刀把土层从土壤中剥离的过程中,土壤受到挤压和剪切,是被剥离的土壤发生松散以及一部分受到压缩,因而产生了土壤原始结构的破坏阻力。土壤与土壤之间的摩擦力和土壤与切削刀具之间的摩擦力。

切削过程中,土壤作用在切削刃上的力称为切削阻力。为了研究方便,我们把铲斗和切削刃与土壤之间的摩擦力也当做切削阻力的一部分。切削力与切削装置作用在土壤上。其大小和土壤切削阻力大小相同,方向相反。

土壤被剥离后,将向铲斗内流动。流动过程中,土壤与土壤和土壤与切削装置之间产生摩擦。同时,土壤的流动受到铲斗后壁的阻碍还会产生附加阻力。因此,机械的切削装置除了克服上述切削阻力外,还有克服这些摩擦力和附加阻力。铲斗工作时,这些附加力形成装土阻力外。切削阻力和装土阻力之和称为挖掘阻力。不同的铲斗,装土阻力占挖掘阻力之比相差很大。

转斗挖掘时,土壤切削阻力随挖掘深度改变而有明显的变化,根据资料提供的公式:

$$F_1 = 5012C \left\{ R_D [1 - \cos \varphi_{\max}] \right\}^{1.35} k_B k_A k_Z k_X + 17000$$

式中, C ——表示土壤硬度的系数,IV级土取 $C=16\sim 35$,在此选31。

R ——铲斗与斗杆铰杆点至斗齿尖距离,即转斗切削半径, $R_3=L_3=1000m$ 。

φ_{\max} ——转都在挖掘过程中总的一半。

φ ——铲斗瞬时转角。

B ——切削刃宽度影响系数, $B=1+2.6b$,其中 b 为铲斗

平均宽度,单位为 cm 。

K_A ——切削角变化影响系数, $A=1.3$ 。

Z ——带有斗齿的系数 $Z=0.75$ 。

X ——斗侧壁厚度影响系数初步设计时, $X=1.15$ 。

D ——切削刃挤压土壤分力,据斗容量大小在 $D=10000\sim 20000N$ 范围内选取求得 F_{max} ,进而选择挖掘机功率,确定挖掘机型号^[2]。

3.5 铲斗生产工艺过程

3.5.1 铲斗材料选择

铲斗斗体外形大致为方桶型,分为斗前和斗后两个部件。斗前主要采用高锰钢(16Mn)与低合金钢(Q235)连接,还有耐磨板保护组成;斗后主要是低合金高强度板(Q345B)。

3.5.2 工艺路线

板类部件:火焰下料、校平、卷板、钻孔。

所需设备:火焰切割机、卷板机、摇臂钻。

组焊及焊接工艺:预热、搭焊、焊接、校正。

所需设备:二氧化碳气体保护焊机(1.2mm焊丝),普通卧式车床,乙炔焊^[3]。

4 主要创新点

4.1 开挖断面尺寸合格率高

铲斗是沟槽开挖铲土的主要部分,主要材料使用硬度高的钢板材料根据沟槽断面特性设计制作,铲斗边缘开挖部位强度高、耐磨性好,铲斗尺寸与需要开挖沟槽断面尺寸一致,使开挖的沟槽断面尺寸一次开挖就达到设计要求。同时,在铲斗上方设计安装平土刮板装置,使沟槽两侧岸边自动整平,协助沟槽一次成型,避免了二次岸坡整平,外观尺寸也达到设计要求^[4]。

4.2 铲斗改装灵活

由于工程设计施工图中,对各类工程中的沟槽要求不尽相同,比如:沟槽边坡比、底部结构、断面尺寸等。铲斗可根据工程设计需要,设计研制出多种形态各异的挖掘机铲斗,满足各类工程施工需求。

5 经济效益分析与推广应用

5.1 经济效益分析

下面以开挖断面尺寸适中,开挖机械为普通单斗挖掘机(1立方米铲斗)开挖沟槽为例对三种开挖方式进行单价分析,如表1、表2、表3所示。

表1 纯人工开挖沟槽单价分析表

工程单价计算表

人工沟槽工程

单价编号:

定额单位: 100m³

施工方法: 挖土、修底、抛土到槽边两侧0.5m以外。挖松、就近堆放。						
编号	名称	型号规格	计量单位	数量	单价(元)	合价(元)
1	直接费					1057.78
(1)	基本直接费					989.50
	人工费					974.88
	人工		工日	13.5400	72.0000	974.88
	材料费					14.62
	零星材料费		%	1.5000	974.8800	14.62
	机械使用费					
(2)	其他直接费		%	989.5000	6.9000	68.28
2	间接费		%	1057.7800	13.5000	142.80
3	利润		%	1200.5800	7.0000	84.04
4	材料价差					
5	未计价材料费					
6	税金		%	1284.6200	11.0000	141.31
7	合计					1425.93

表2 挖掘机配合人工开挖渠道单价分析

工程单价计算表

挖掘机配合人工开挖渠道工程

单价编号:

定额单位: 100m³

施工方法: 机械开挖、人工配合挖保护层, 修边、修底等。挖松、就近堆放。						
编号	名称	型号规格	计量单位	数量	单价(元)	合价(元)
1	直接费					469.33
1.1	基本直接费					439.04
1.1.1	人工费					292.32
	人工		工日	4.0600	72.0000	292.32
1.1.2	材料费					20.91
	零星材料费		%	5.0000	418.1300	20.91
1.1.3	机械使用费					125.81
	单斗挖掘机 液压 1m ³		合班	0.1600	786.3100	125.81
1.2	其他直接费		%	439.0400	6.9000	30.29
2	间接费		%	469.3300	10.5000	49.28
3	利润		%	518.6100	6.0000	31.12
4	材料价差					34.27
5	未计价材料费					
6	税金		%	584.0000	11.0000	64.24
7	合计					648.24

表3 沟渠一次成型装置开挖工程单价分析

工程单价计算表

沟渠一次成型装置开挖工程

单价编号:

定额单位: 100m³

施工方法: 开挖、就近堆放。						
编号	名称	型号规格	计量单位	数量	单价(元)	合价(元)
1	直接费					242.56
1.1	基本直接费					226.91
1.1.1	人工费					46.08
	人工		工日	0.6400	72.0000	46.08
1.1.2	材料费					7.84
	零星材料费		%	5.0000	156.8300	7.84
1.1.3	机械使用费					172.99
	单斗挖掘机		台班	0.2200	786.3100	172.99
1.2	其他直接费		%	226.9082	6.9000	15.66
2	间接费		%	242.5649	10.5000	25.47
3	利润		%	194.5100	6.0000	11.67
4	材料价差					
5	未计价材料费					
6	税金		%	279.7048	11.0000	30.77
7	合计					310.47

通过单价分析可以看出纯人工开挖单价为 14.26 元/m³、挖掘机配合人工开挖单价为 6.48 元/m³、沟槽一次成型装置单价为 3.1 元/m³。由此可见,沟槽一次成型装置每开挖一立方米比现行成本较低的挖掘机配合人工开挖还可以节省成本约 3.38 元/m³。

与纯人工开挖及挖掘机配合人工开挖沟槽进行实践应用对比和现场条件分析,进一步验证了本方案铲斗的实用性和新颖性,可快速、精准、美观地开挖出各类断面不同的沟槽。其铲斗制作成本根据常见沟槽尺寸可控制在五千元以内,且在开挖过程中,施工效率大大提高,大大节约了施工成本。

5.2 推广应用

研制过程中项目小组始终坚持“理论与实践相结合,用理论指导实践应用,以实践促进理论创新”的研制方法。多种沟槽一次成型装置断面尺寸合格率高,形态美观。为后续沟槽混凝土衬砌提供了良好的前提条件。研究人员经过

多项实践,认为该多种沟槽一次成型装置推广应用前景广阔,尤其对开挖工程量大的工程,有更高的推广应用价值。

6 建议

现在的装置需要根据施工图纸的沟槽断面尺寸,每个不同断面尺寸需要加工一个铲斗,通用性不强。建议进一步研究创新,制造出可变形的铲斗,随沟槽尺寸要求变换铲斗尺寸,实现通用化。

参考文献

- [1] 同济大学太原重型机械学院.单斗液压挖掘机[M].北京:中国建筑工业出版社,1983.
- [2] 唐金松.简明机械设计手册[M].上海:上海科学技术出版社,2000.
- [3] 冯鉴,何俊,雷智翔.机械原理[M].成都:西南交通大学出版社,2008.
- [4] 何挺继,朝勇.现代公路施工机械[M].北京:人民交通出版社,1999.