

文章编号: 1674—8247(2020)06—0085—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.06.016

铁路施工用水方案比选研究

岳 阳

(中国铁路设计集团有限公司, 天津 300142)

摘 要:在铁路工程建设中,合理的施工用水方案对水电价分析、编制概预算有着重要的影响。本文对水车地表水拉水、软管运水、自来水管运水、自行打井运水、农村自备井打井运水 5 个用水方案进行数学建模,得出了不同运水方案的综合运水单价函数表达式。并以 2 km 隧道供水为例,得出不同运距条件下投资最省的用水方案,进而形成具有普适性的用水方案优化设计方法。最后通过工程实例验证了水价函数的适用性。本文求得的水价函数表达式适用于快捷、准确地针对具体工点进行用水方案比选,得出最优用水方案,可为控制工程投资、提升编制概算的精确度提供数据支撑。

关键词:施工用水; 用水方案; 水价函数; 运水单价; 工程投资

中图分类号:U215 **文献标志码:**A

Study on Comparison and Selection of Water Use Schemes for Railway Construction

YUE Yang

(China Railway Design Corporation, Tianjin 300142 China)

Abstract: In railway engineering construction, the reasonable construction water scheme has an important influence on the water and electricity price analysis and the budget estimate preparation. In this paper, mathematical models are established for 5 water use schemes: surface water pumping by waterwheel, water transportation by hose, water transportation by tap water pipe, water transportation from wells drilled by construction contractors and water transportation from self-drilled wells in rural areas, and the comprehensive water transportation unit price functions for different water transportation schemes are obtained. Taking the water supply of 2 km tunnel as an example, the water use scheme with the least investment under different transport distances is obtained, and then a universal optimization design method of water use scheme is formed. Finally, the applicability of the water price function is verified by engineering examples. The water price function obtained in this paper is suitable for quick and accurate comparison of water use schemes for specific construction sites to obtain the optimal water use scheme, and can provide data support for controlling project investment and improving the accuracy of budgetary estimate preparation.

Key words: construction water; water use scheme; water price function; unit price of water transportation; engineering investment

铁路工程施工用水数量大,投资占比较高,合理的 施工用水设计方案对水电价分析、编制概预算等有着

收稿日期:2020-01-05

作者简介:岳阳(1993-),男,工程师。

引文格式:岳阳. 铁路施工用水方案比选研究[J]. 高速铁路技术,2020,11(6):85-89.

YUE Yang. Study on Comparison and Selection of Water Use Schemes for Railway Construction[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(6): 85-89.

重要的影响。Q/CR 9004 – 2018《铁路工程施工组织设计规范》^[1]规定:临时给水设施,根据沿线水资源情况,拟定施工供水方案,对距水源较远的工点或工程较集中的地段,可考虑修建给水干管路,根据用水量选定给水管路的标准,估算工程数量。

针对施工用水的现有研究成果主要集中于用水的施工组织和精细化计算。郑习羿^[2]通过计算施工用水量形成了施工用水方案,无水源地考虑永临结合,严重缺水且地下水不合格或不经济地段,采用汽车短距离运水与长距离运水相结合;贾建^[3]等人通过理性计算对施工临时用水进行决策,内容包括工程施工用水总量计算、水井计算、供水网络计算、水塔计算等一系列组合;邹宇亮^[4]等人提出应重视临时用水的方案设计和组织实施,其中包括正确计算、合理选择临时水管径、采用经济流速、优化管路布置等;祁彦泰^[5]结合投标经验,从水源的选择、给水系统的设置、给水管网的布置、用水量的计算、消防用水量、管网管径的计算和用水管理等方面对施工临水用水进行了分析探讨,提出施工临时用水是开工的必备条件之一;王善龙^[6]对施工现场收集的数据进行了汇总,应用灰色系统理论建立模型,形成了绿色施工水电消耗指标标准。

施工用水方案较多,根据水源种类分为地表水、地下水和自来水,根据拉水方式又分为水车拉水和软管抽水,根据地下水采水方式又分为自行打井和利用农村自备井。每种方案受到当地政策、地形地质、运输距离、工点需水量、水费、人工机械费等诸多因素的影响,很难进行合理的量化分析和比较。

本文选取 5 种典型用水方案进行数学建模与量化

计算,得出每种方案综合水单价的函数表达式,并以 2 km 隧道为例,得出不同运距条件下投资最省的用水方案,进而形成具有普适性的用水方案优化设计方法。

1 用水方案数模构建

综合水源、取水方式以及运水方式,对水车地表水拉水、软管地表水运水、软管利用自来水管运水、自行打井软管运水、农村自备井软管运水 5 种典型用水方案进行数学建模。假设 1 台班的工作时间为 8 h,台班单价各项费用依据《铁路工程施工机具台班费用定额》^[7]计列,其他消耗不计。

1.1 水车地表水拉水

1.1.1 假设与限制条件

假设单一工点有多辆水车循环拉水,全过程水量无损失。限制条件为附近有地表水或其他地表水,且不属于水源地保护区。

1.1.2 模型建立

水车拉水全过程包含从既有水源地抽水、汽车运输至蓄水池和蓄水池排水三部分,每吨水单价 W_1 由运水车台班费用 $W_{\text{台班}}$ 、水资源费 $W_{\text{水费}}$ 和抽水费用 $W_{\text{抽水}}$ 组成。

(1) 运水车台班费用

运水车台班费用可按式(1)计算。

$$W_{\text{台班}} = \text{台班单价} \times \text{台班数量} \tag{1}$$

对于洒水车台班单价,其人工费单价和汽油单价可通过调查所属地区得知,以安徽地区为例,人工费 145 元/工日,汽油单价 5.94 元/kg。洒水车台班单价如表 1 所示。

表 1 洒水车的台班单价表

代号	名称	基本折旧费/元	大修修理费/元	经常修理费/元	人工/(工日)	汽油/kg	台班单价/元
19378	洒水车≤5 000 L	53.90	8.91	38.22	1.05	29.96	431.24
19379	洒水车≤9 600 L	67.21	14.4	61.78	1.05	33	491.66

洒水车台班数量可按式(2)计算。

$$\begin{aligned} \text{台班数量} &= \frac{Q}{C} \\ C &= 8 \times \frac{60}{\frac{d_1}{v} \times 60 + t_{\text{抽水}} + t_{\text{放水}}} \times q \end{aligned} \tag{2}$$

式中: Q ——工点需水量;
 C ——台班产量;
 q ——运水车最大容量,有 5 t 和 9.6 t 两种;
 v ——运水车行驶速度,取 30 km/h;
 $t_{\text{抽水}}、t_{\text{放水}}$ ——抽水和放水时间,分别取 30 min 和 15 min;

d_1 ——水源点至蓄水池的汽车运距,可通过导航求得。

由此可得,大小两种洒水车的台班费用分别为:

$$\begin{aligned} W_{\text{台班(大)}} &= Q(0.213d_1 + 4.8) \\ W_{\text{台班(大)}} &= Q(0.359d_1 + 8.08) \end{aligned} \tag{3}$$

可以看出,9 600 L 洒水车的台班费用比 5 000 L 洒水车低,因此采用大型洒水车更节省投资。

(2) 水资源费

水资源费 $W_{\text{水费}}$ 可通过调查当地的水资源税求得,设地表水水费为 a 元/ m^3 ,则:

$$W_{\text{水费}} = a \times Q \tag{4}$$

(3)抽水费用
选取合理的离心清水泵,人工费和电费通过调查

所属地区求得,以安徽地区为例,离心清水泵抽的台班
单价计算表格如表 2 所示。

表 2 离心清水泵的台班单价表

电算代号	机械名称	基价 /元	基本折旧费 /元	大修理费 /元	经常修理费 /元	安拆及进出场费 /元	工费 /元	电费 /元	单位水量费用 /(元/m ³)
915312	单级离心清水泵 ≤280 m ³ /h-29 m	286	5.11	1.28	3.08	6.83	169	100	0.127

因此, $W_{抽水}W_{抽水费} = 0.127 \times Q$ 。

综上可得每吨水单价 W1 :

$$W1 = \frac{W_{台班} + W_{水费} + W_{抽水}}{Q} = a + 0.213d_1 + 4.92$$

(5)

式中:a——地表水资源税;

d_1 ——运水车运输距离。

由此可以看出,运水车的运水单价是运输距离以及地表水水资源税的一元二次函数,与运输量无关。

1.2 软管运水

1.2.1 假设与限制条件

假设单一工点单独使用一条软管运水,限制条件为附近有地表水或其他地表水,且不属于水源地保护区。

1.2.2 模型建立

软管抽水全过程包含从既有水源地抽水,软管运输至蓄水池和蓄水池排水三部分。软管抽水每吨水单价 W2 由抽水费用 $W_{抽水}$ 、水资源税 $W_{水费}$ 、运水水管与安装费 $W_{水管}$ 组成。管线型号应按照工点用水量大小进行选择^[8-9],为便于简化,暂定管径100 mm软管费用按 100 元/m 计列,管线安装费用按66 元/m 计列。则软管抽水每吨水单价按式(6)计算。

$$W2 = \frac{W_{水管} + W_{水费} + W_{抽水}}{Q} = a + \frac{166}{Q}d_2 + 0.12$$

(6)

式中:a——地表水水资源税;

d_2 ——水源地至蓄水池的管线距离。

由此可以看出,软管的运水单价与地表水水资源税和水源地至蓄水池的管线距离成正比,与运水量成反比。

1.3 自来水管运水

1.3.1 假设与限制条件

假设单一工点单独使用一条软管接入且新建水管长度不大于 1 km,限制条件为自来水管网覆盖区域。

1.3.2 模型建立

自来水管网供水每吨水单价 W3 由接口费 $W_{接口}$ 、

运水水管和安装费 $W_{水管}$ 、自来水费 $W_{水费}$ 组成,其中自来水费用由项目所在区调查求得。新建水管按照 1 km计列,接口费暂按照安徽地区 2 000 元/次计列,则:

$$W3 = \frac{W_{水管} + W_{水费} + W_{接口}}{Q} = b + \frac{168\,000}{Q}$$

(7)

式中:b——自来水费。

由此可以看出,自来水管运水单价与自来水费成正比,与工点需水量成反比。

1.4 自行打井运水

1.4.1 假设与限制条件

假设单一工点需一口井供水,限制条件为不属于禁采区且打井不存在倒灌,地下水埋深较浅区域。

1.4.2 模型建立

自行打井运水供水每吨水单价 W4 由打井费用 $W_{打井}$ 、运水水管和安装费 $W_{水管}$ 、抽水费 $W_{抽水}$ 、地下水水资源税 $W_{水费}$ 组成。其中打井费用根据地质条件不同,与打井深度呈指数型上升,这里予以简化,按打井费用 200 元/m 计列,则:

$$W4 = \frac{W_{水管} + W_{水费} + W_{打井} + W_{抽水}}{Q} =$$
$$c + 0.12 + \frac{166\,000d_3 + 200h}{Q}$$

(8)

式中:c——地下水水资源税;

d_3 ——打井点距离蓄水池的管线距离;

h ——打到浅层地下水的打井深度。

由此可见,自行打井用水的运水单价与地下水水资源税、打井点距离蓄水池的管线距离以及打井费用成正比,与工点需水量成反比。

1.5 农村自备井打井运水

1.5.1 假设与限制条件

假设单一工点需一口井供水,限制条件为沿线村庄区域才具备自备井。

1.5.2 模型建立

使用农村自备井费用较为复杂,实际使用时需与村民进行协商,应选取典型村落进行现场走访,去村镇级别的政府进行询问。以安徽地区为例,按照小时进

行收费,折合后约为 5 元/t,包含抽水电费、水费、水泵设备维修费等,不包含管线费。

因此,使用自备井每吨水单价 W_5 由 5 元/t 的使用费用和管线费 $W_{\text{管线}}$ 组成。

$$W_5 = \frac{W_{\text{使用费}} + W_{\text{管线}}}{Q} = \frac{166\,000d_4}{Q} + 5 \tag{9}$$

式中: d_4 ——自备井距离蓄水池的管线距离。

可见,农村自备井用水的运水单价与自备井距离蓄水池的管线距离以及用水单价成正比,与工点需水量成反比。

2 水价函数费用比选

为采用线性规划的方法进行比较,以求出费用最低的方案,需将每个方程的变量都简化成 Q 和 d 的形式,其他变量通过项目实地考察进行固定。以安徽某地区为例,其水费情况如表 3 所示。

表 3 安徽某地区水费情况表

取水类型	取用水户	费用组成	费用(元/m³)
自来水	一般工商业用水	合计	2.75
地下水	其他行业公共供水覆盖范围外	水资源费	0.15
地表水	一般类型水	水资源费	0.12

由表 3 可知,地表水水资源税 $a=0.12$,自来水费 $b=2.75$,地下水水资源税 $c=0.15$ 。打井深度暂按

200 m 计列。

考虑实际施工组织设计时,隧道以 2 km 作为一个工作面范围,桥梁以 3 km 作为一个工作面范围,参考《重点工程生产用水、用电参考指标》:4~10 km 隧道(双)的用水指标为 150 t/m,特大桥(双)的用水指标为 44 t/m。因此,单一工点需水量 Q 的限定范围设为 $(0,300\,000)\text{m}^3$ 。各方案运水距离 d 的限定范围设为 $(0,5)\text{ km}$ 。同时,令 $W_1=Z_1, W_2=Z_2, W_3=Z_3, W_4=Z_4, W_5=Z_5, d_1=x_1, d_2=x_2, d_3=x_3, d_4=x_4, Q=y \times 10\,000$,可得 5 种用水方案的水价函数分别为:

$$\begin{aligned} Z_1 &= 0.213x_1 + 5.04 \\ Z_2 &= 0.24 + \frac{16.6}{y}x_2 \\ Z_3 &= 2.75 + \frac{16.8}{y} \\ Z_4 &= 0.27 + \frac{16.6x_3 + 4}{y} \\ Z_5 &= \frac{16.6x_4}{y} + 5 \end{aligned} \tag{10}$$

其中, $x_1, x_2, x_3, x_4 \in (0,5), y \in (0,30)$ 。即每个因变量 Z 都是自变量 x 和 y 的函数。以运水距离为 x 轴,工点需水量为 y 轴,运水单价为 z 轴,可得水价函数的三维分布如图 1 所示。

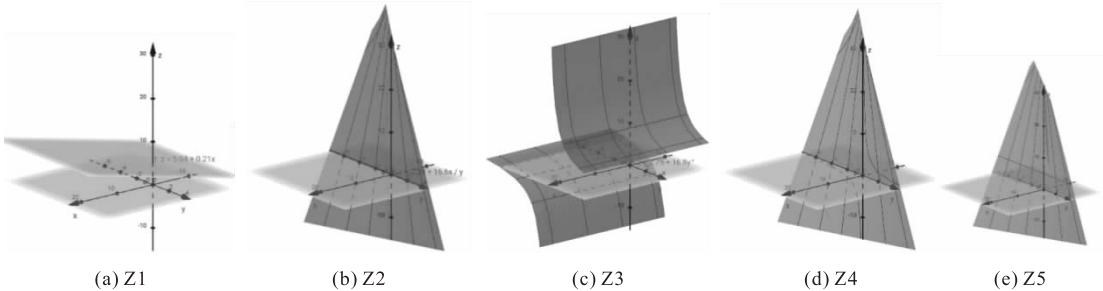


图 1 5 种运水方案的水价函数三维图

针对同一工点,需水量是一定的,但 5 种方案的运输距离却不同。假定工点为 2 km 的隧道,按照 100 t/m 的需水量计算,则 5 种方案供水单价 W 与运距 x 的关系如图 2 所示。

由图 2 可以看出,对于 2 km 的隧道工点,当运水距离在 5 km 以内时:

- (1) 自备井供水单价最高,水车地表水拉水其次,均远高于其他 3 种方案。
- (2) 当运距大于 4 km 时,自来水管运水的供水单价低于打井运水和软管地表水拉水的供水单价;当运距小于 4 km 时,自来水管运水的供水单价高于打井运水和软管地表水拉水的供水单价。

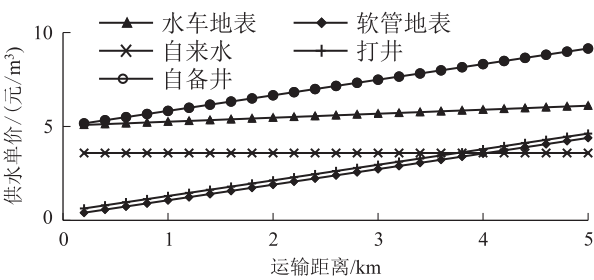


图 2 2 km 隧道 5 种方案供水单价与运距关系图

(3) 随着运距的增加,自备井、自行打井以及软管地表运水的供水单价增加较快,但水车拉水的供水单价随运距变化的改变不明显,这说明水车拉水的优势

在于远距离供水。由计算可知,当水车拉水距离达到 7 km 以上时,其供水单价低于相同运距软管抽水的供水单价。

因此,针对缺水地区,即近距离无法取得地表水、地下水或自来水,需远距离运水时,水车拉水为最优方案;当近距离可取地表水、地下水或自来水时,则需根据运距选取最优方案,相较于打井运水和软管地表水拉水,自来水方案在运距相对较大时具有优势。

3 实例应用

3.1 工程背景

某新建铁路地表水系非常丰富,有史河和琵琶河两条主干河流以及诸多地表河流,且存在梅河地表水等大量储水量丰富的地表水。水质达到混凝土用水标准,价格较为便宜,但该地区存在较多的水源地保护区,保护区内不可取用地表水。该地区自来水管网较为发达,覆盖面较广,中心城区范围均被自来水管网覆盖。自来水管网覆盖区范围内不允许进行打井取水,且大部分属于禁采区或限采区。

3.2 方案比较

以 CK 137 + 510 王家庄隧道斜井口和 CK 122 + 130 上营隧道斜井口为典型工点进行用水方案比选。考虑到该地区大部分为禁采区或限采区,故不考虑地下水,只针对取用地表水或自来水进行选择。统计当地各类水价,并对水源地保护区、主要地表水系位置、自来水管网覆盖区域等进行标明。

(1)CK 137 + 510 的王家庄隧道斜井口

斜井口附近有一条主干河流麻河,同时不属于水源地保护区,可正常取水,但不在自来水覆盖区范围内,无法使用自来水。因此,施工用水比选软管运水和运输车地表水运水两个方案。两方案均从麻河取水,运输车需通过新建隧道口引入便道进行运输,距离为 2. 281 km,软管输水管长度为 1. 624 km,王家庄隧道斜井口运水方案参数如表 4 所示。

表 4 王家庄隧道斜井口运水方案参数表

参数类型	需运水量 Q/m^3	软管输水管道 长度 $X2/\text{km}$	运输车运输 距离 $X1/\text{km}$	地表水资源 税 $a/(\text{元}/\text{m}^3)$
数值	111 000	1. 624	2. 281	0. 12

将表 4 中的参数代入各方案的水价函数公式中,计算得出软管运水的供水单价为 2. 67 元/ m^3 ,运输车地表水运水的供水单价为 4. 97 元/ m^3 。由此可见,软管运水的供水单价比运输车地表水运水的单价要低,故王家庄隧道斜井口采用软管运水的供水方案。

(2)CK 122 + 130 的上营隧道斜井口

斜井口有梅山地表水引出的支流,不属于水源地保护区;位于自来水覆盖区域内,可使用自来水供水。因此,施工用水考虑比选软管运水、运输车地表水运水和自来水管运水 3 个方案。软管运水和运输车地表水运水均从梅山地表水支流取水,运输车运输距离为 5. 1 km,软管输水管长度为 3. 6 km,上营隧道斜井口运水方案参数如表 5 所示。

表 5 上营隧道斜井口运水方案参数表

参数类型	需运水量 Q/m^3	软管输水 管道长度 $X2$ $/\text{km}$	运输车运 输距离 $X1$ $/\text{km}$	地表水资源 税 $a/$ $(\text{元}/\text{m}^3)$	自来水 单价 $b/$ $(\text{元}/\text{m}^3)$
数值	129 000	3. 6	5. 1	0. 12	2. 75

将表 5 中的参数分别代入各方案的水价函数公式中,计算得出软管运水的供水单价为 4. 87 元/ m^3 ,运输车地表水运水的供水单价为 8. 1 元/ m^3 ,自来水管运水的供水单价为 4. 05 元/ m^3 。即自来水管运水方案的供水单价最低,其次是软管运水方案,运输车地表水运水方案的供水单价最高。故上营隧道斜井口采用直接接入自来水管网进行运水方案。

4 结束语

本文对水车地表水拉水、软管运水、自来水管运水、自行打井运水、农村自备井打井运水 5 个用水方案进行了数学建模,得出了不同运水方案的综合运水单价函数表达式。并以 2 km 隧道供水为例,得出不同运距条件下投资最省的用水方案,进而形成具有普适性的用水方案优化设计方法。最后通过工程实例验证了水价函数的适用性,本文求得的水价函数表达式适用于快捷、准确地针对具体工点进行用水方案比选,得出最优的用水方案,可为控制工程投资、提升编制概算的精确度提供数据支撑。

参考文献:

[1] Q/CR 9004 - 2018 铁路工程施工组织设计规范[S]. Q/CR 9004 - 2018 Code for Design of Railway Engineering Constraction Organization[S].
[2] 郑习羿. 铁路工程施工用水方案研究[J]. 山西建筑, 2011, 37(2): 117 - 119.
Zheng Xiyi. Study on Water Utilization Scheme for Railway Engineering Construction[J]. Shanxi Architecture, 2011, 37(2): 117 - 119.
[3] 贾建, 崔孝谦. 路桥工程施工临时用水计算[J]. 中国高新技术企业, 2014(14): 95 - 97.
JIA Jian, CUI Xiaoqian. Calculation of Temporary Water Consumption in Road and Bridge Construction [J]. China High-Tech Enterprises, 2014(14): 95 - 97.

(下转第 110 页)

梁于2017年8月24日开始施工,2017年10月24日完成转体并开通使用。通过采用圆弧形钢箱滑道梁、双镐同步顶推转体、临时钢垫块以及三维千斤顶等新技术,克服了现场地形、地物既不满足简支拱梁原位浇筑,也不满足简支拱梁吊装架设的施工条件等困难,确保了简支拱梁顶推转体和高位落梁的施工安全。在累计62 d的时间内,完成了简支拱梁孔跨全部临时工程和正式工程的施工,较原设计封锁既有铁路,原位修建简支拱梁的施工方案节约工期45 d,节约施工成本136万元,并避免了封锁铁路营业线105 d造成的运输收入损失和社会不良影响。为新通客专通辽特大桥铺轨架梁,通辽站高速场代替普速场过渡以及通辽站普速场改扩建施工等创造了极为有利的先决条件,确保了新通客专按期开通运营,可为今后同类工程建设提供参考借鉴。

参考文献:

- [1] 高英杰. 钢箱系杆拱桥异位拼装顶推施工技术的应用研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2019, 15(3): 161-163.
GAO Yingjie. The Steel Box Fastens the Pole Arched Bridge Difference to Put Together to Pack a Crest to Push to Start Construction Technical Application Study [J]. Journal of Guizhou University of Finance and Economics, 2019, 15(3): 161-163.
- [2] 黄林峰. 系杆拱桥施工技术研究[J]. 科技资讯, 2019, 17(8): 59-60.
HUANG Linfeng. Fasten Pole Arched Bridge to Start Construction Technique Research [J]. Science & Technology Information, 2019, 17(8): 59-60.
- [3] 宋郁民, 郝晋新, 赵志明. 大跨度系杆拱桥顶推施工技术研究[J]. 施工技术, 2017, 46(S1): 858-861.
SONG Yumin, HAO Jinxin, ZHAO Zhiming. Study on Incremental Launching Construction Technique for Long Span Tied Arch Bridge [J]. Construction Technology, 2017, 46(S1): 858-861.
- [4] 占有志. 双线钢管混凝土简支系杆拱桥顶推施工浅议[J]. 山西

建筑, 2010, 36(23): 314-315.

ZHAN Youzhi. Brief Discussion on Incremental Launching Construction of Concrete Filled Double-lane Steel Pipe Simple Supported Tied Arch Bridge [J]. Shanxi Architecture, 2010, 36(23): 314-315.

- [5] 聂永明, 陈小正. 大跨系杆拱桥顶推施工技术[J]. 施工技术, 2010, 39(7): 62-65.
NIE Yongming, CHEN Xiaozheng. Pushing Technology of Large-span Tie Bar Arch Bridge [J]. Construction Technology, 2010, 39(7): 62-65.
- [6] 王栋, 陈少华. 钢箱系杆拱桥异位拼装顶推施工技术[J]. 施工技术, 2017, 46(15): 75-79.
WANG Dong, CHEN Shaohua. Ectopic Assembled Pushing Construction of Steel Box Tied Arch Bridge [J]. Construction Technology, 2017, 46(15): 75-79.
- [7] 黄旺明. 津秦客运专线113m简支系杆拱桥平转施工技术[J]. 桥梁建设, 2012, 42(3): 114-120.
HUANG Wangming. Construction Techniques for Horizontal Rotation of 113 m Span Simply-Supported Tied Arch Bridge on Tianjin-Qinhuangdao Passenger Dedicated Railway [J]. Bridge Construction, 2012, 42(3): 114-120.
- [8] 倪传志, 宋郁民, 王成波. 基于3G网络的大跨度连续钢系杆拱桥顶推施工监控研究[J]. 公路, 2018, 63(12): 111-115.
NI Chuanzhi, SONG Yumin, WANG Chengbo. Monitoring of Incremental Launching Construction for Large Span Continuous Steel Arch Bridge Based on 3G Network [J]. Highway, 2018, 63(12): 111-115.
- [9] 王宗丰. 城际铁路74m简支系杆拱桥设计[J]. 城市道桥与防洪, 2018(4): 65-68.
WANG Zongfeng. The City Fastens Pole Arched Bridge between Jian Zhi of the Railroad 74 m Design [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2018(4): 65-68.
- [10] 王成. 钢管混凝土柔性系杆拱桥转体法施工技术[J]. 铁道标准设计, 2006, 50(4): 38-41.
WANG Cheng. The Technology for Constructing the Steel-Pipe Concrete Flexible Tie Arch Bridge with the Swinging Erection Method [J]. Railway Standard Design, 2006, 50(4): 38-41.

(上接第89页)

- [4] 邹宇亮, 杨少林, 万芳, 等. 施工现场节水及水资源利用研究[J]. 建筑节能, 2018, 46(9): 145-148.
ZOU Yuliang, YANG Shaolin, WAN Fang, et al. Water Saving and Water Resources Utilization Research on Construction Site [J]. Building Energy Efficiency, 2018, 46(9): 145-148.
- [5] 祁彦泰. 浅谈施工现场的临时用水[J]. 山西建筑, 2001, 27(2): 119-120.
QI Yantai. Simple Discussion on Temporary Water of Construction Spot [J]. Shanxi Architecture, 2001, 27(2): 119-120.
- [6] 王善龙. 绿色施工节水节电指标及控制措施研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2016.

WANG Shanlong. Study on Water-saving and Electricity-saving Indicators and Control Measures of Green Construction [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2016.

- [7] TZJ 3004-2017 铁路工程施工机具台班费用定额[S].
TZJ 3004-2017 The Fixed Cost of Railway Engineering Construction Equipment [S].
- [8] TZJ 1001-2017 铁路基本建设工程设计概(预)算编制办法[S].
TZJ 1001-2017 Compilation Method of Railway Capital Construction Project Design [S].
- [9] TZJ 3001-2017 铁路基本建设工程设计概(预)算费用定额[S].
TZJ 3001-2017 Estimated Cost of Railway Capital Construction Project Design [S].