

隧洞预应力混凝土衬砌中单层与双层钢绞线衬砌受力性能分析

曾 强

(辽宁润中供水有限责任公司, 辽宁 沈阳 110179)

【摘要】 本文通过对比分析不同围岩弹性抗力系数的情况下单层与双层钢绞线预应力衬砌受力性能的变化,找到合理的钢绞线布置方式。

【关键词】 钢绞线; 弹性抗力系数; 应力; 变形

中图分类号: TV554

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2017)01-0040-04

Analysis of single-layer and double-layer steel strand lining stress performance in tunnel prestressed concrete lining

ZENG Qiang

(Liaoning Runzhong Water Supply Co., Ltd., Shenyang 110179, China)

Abstract: In the paper, rational steel strand arrangement mode is searched through comparative analysis on the changes of single-layer and double-layer steel strand prestressed lining stress performance under the condition of different surrounding rock elastic resistance coefficients.

Key words: steel strand; elastic resistance coefficient; stress; deformation

大伙房水库输水(二期)工程是向抚顺、沈阳、辽阳、鞍山、盘锦、营口六座城市供水的输水工程。输水线路总长 253km, 其中抚顺段以隧洞为主, 隧洞长 29.1km。该工程引水规模 613 万 m^3/d 。

1 衬砌相关参数

工程隧洞级别为 I 级。输水隧洞采用圆形断面, 隧洞直径 6m。隧洞施工采用钻爆法, 围岩开挖后即进行喷锚支护, 预应力环锚混凝土衬砌, 衬砌厚度为 1/12 隧洞内径, 即 500mm。隧洞预应力混凝土衬砌的混凝土强度等级为 C40。预应力钢筋采用高强度低松弛

1860 级无黏结预应力钢绞线, 张拉控制应力 $\sigma_{con} = 0.75f_{pk} = 1395MPa$ 。普通钢筋采用标准热轧 II 级钢筋。

2 单层与双层钢绞线衬砌受力性能分析

2.1 隧洞衬砌对比分析计算参数

预应力衬砌混凝土在其他条件不变的前提下, 将钢绞线布置为单层双圈和双层双圈, 由于锚具槽深度、锚具槽间距、预应力钢筋变角偏转半径、预应力损失等方面必然存在差异, 单层与双层钢绞线预应力衬砌的受力性能必然存在相应的差异。

本文取围岩弹性抗力系数 $K = 1.0\text{MPa/cm}$ 和 1.5MPa/cm , 在基本荷载下开展单层与双层钢绞线预应力衬砌受力性能的对比分析。将钢绞线布置为单层双圈时, 预应力钢筋用量均取 $4 \times \phi^j 15.24@300$ 单层双圈、环锚, 相邻两锚具槽夹角均为 80° , 预应力筋摩擦损失取 $\mu = 0.06, \kappa = 0.004$, 预留内槽口长 1.3m , 中心深 0.15m , 宽 0.2m 。将钢绞线布置为双层双圈时, 预应力钢筋用量等效折算为 $6 \times \phi^j 15.24@450$ 双层双圈、环锚, 相邻两锚具槽夹角均为 80° , 预应力筋摩擦损失取 $\mu = 0.06, \kappa = 0.004$, 预留内槽口长 1.3m , 中心深 0.22m , 宽 0.2m 。

2.2 $K = 1.0\text{MPa/cm}$ 时预应力衬砌受力性能对比分析

基本荷载组合作用下单层双圈与双层双圈钢绞线预应力衬砌混凝土径向应力均较小(见表1)。

衬砌混凝土上半圆环环向压应力分布较为均匀, 在锚具槽和衬砌底部环向应力分布均匀性较差且应力

表1 $K = 1.0\text{MP/cm}$ 基本荷载组合预应力衬砌径向压应力 单位: MPa

序号	钢绞线布置方式	单层双圈	双层双圈
1	最大径向压应力	-0.98	-0.89
2	最小径向压应力	0.00	0.00

变化较为剧烈。上半圆环顶部衬砌内表面压应力较外表面要小, 双层双圈变化范围稍大; 在 30° 拱腰处外表面环向压应力较内表面要小, 单层双圈在上半圆环受力略优于双层双圈钢绞线预应力衬砌。单层双圈预应力衬砌, 在下半圆环衬砌底部外表面混凝土环向压应力最大, 内表面最小; 锚具槽位置处, 衬砌内外表面混凝土环向压应力变化较大, 内表面大于外表面, 在基本荷载组合作用下衬砌混凝土均处于环向受压状态。而对于双层双圈预应力衬砌, 由于锚具槽位置等的差异, 下半圆环衬砌混凝土环向应力变化相对单层双圈略平缓, 衬砌底部环向拉压应力变化剧烈, 双层双圈在下半圆环受力优于单层双圈(见表2、图1)。

表2 $K = 1.0\text{MP/cm}$ 基本荷载组合预应力衬砌环向压应力

单位: MPa

序号	钢绞线布置方式	顶部内表面	顶部外表面	30° 拱腰处内表面	30° 拱腰处外表面	锚具槽处内表面	锚具槽处外表面	底部内表面	底部外表面
1	单层双圈	-3.43	-4.36	-5.30	-3.15	-7.19	-0.67	0.00	-7.39
2	双层双圈	-3.03	-4.55	-5.48	-2.88	-6.93	-1.02	-0.90(拉)	-6.67

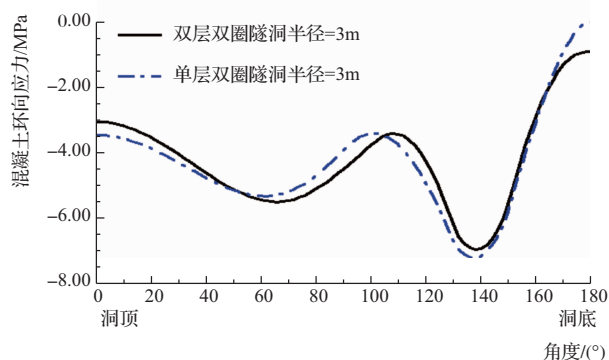


图1 $K = 1.0\text{MP/cm}$ 基本荷载组合预应力衬砌环向应力

单层双圈钢绞线预应力衬砌的预应力钢绞线与双层双圈钢绞线预应力衬砌的预应力钢绞线的拉应力两者差别不大(见表3)。

表3 $K = 1.0\text{MP/cm}$ 基本荷载组合预应力衬砌钢绞线拉应力

单位: MPa

序号	钢绞线布置方式	单层双圈	双层双圈
1	最小平均拉应力	725	723
2	最大平均拉应力	1020	1010

衬砌结构整体最大位移均位于衬砌结构顶部, 单层双圈与双层双圈钢绞线预应力衬砌数值分别为 3.33mm 和 3.47mm , 双层双圈略大(见图2)。

由上述结果可知, 在上半圆环, 单层双圈受力略优于双层双圈; 在下半圆环, 双层双圈受力则明显优于单层双圈。这是由于双层双圈钢绞线锚具槽位置偏转深度小于单层双圈所引起的。

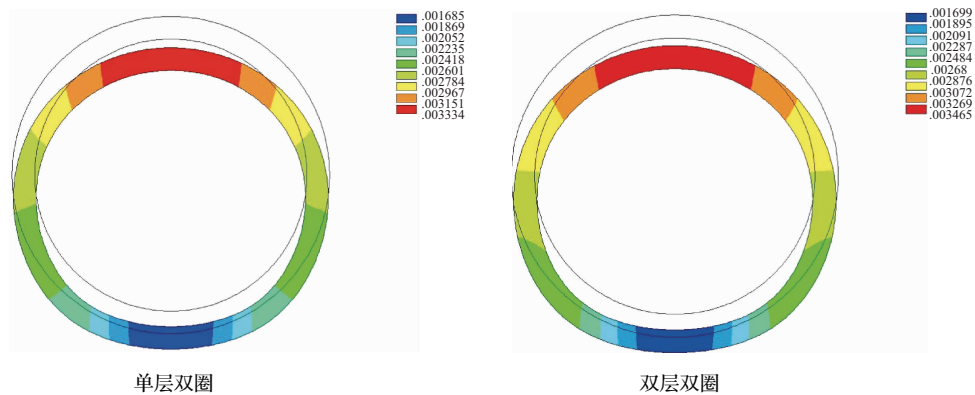


图2 $K=1.0\text{MPa/cm}$ 基本荷载组合预应力衬砌变形(形变比例 1:200)(单位:m)

2.3 $K=1.5\text{MPa/cm}$ 时预应力衬砌受力性能对比分析

基本荷载组合作用下单层双圈与双层双圈钢绞线预应力衬砌混凝土径向应力均较小(见表4)。

表4 $K=1.5\text{MPa/cm}$ 基本荷载组合预应力衬砌
径向压应力 单位:MPa

序号	钢绞线布置方式	单层双圈	双层双圈
1	最大径向应力	-0.99	-0.90
2	最小径向压力	-0.01	-0.02

衬砌混凝土上半圆环环向压应力分布较为均匀,在锚具槽和衬砌底部环向应力分布均匀性较差且应力

变化较为剧烈。上半圆环顶部衬砌内表面压应力较外表面要小,双层双圈变化范围稍大;在 30° 拱腰处外表面环向压应力较内表面要小,单层双圈在上半圆环受力略优于双层双圈钢绞线预应力衬砌。锚具槽位置处,衬砌内外表面混凝土环向压应力变化较大,内表面大于外表面;在基本荷载组合作用下衬砌混凝土均处于环向受压状态。而对于双层双圈预应力衬砌,由于锚具槽位置等的差异,下半圆环衬砌混凝土环向应力变化相对单层双圈略平缓;衬砌底部环向拉压应力变化剧烈,双层双圈在下半圆环受力优于单层双圈(见表5、图3)。

表5 $K=1.5\text{MPa/cm}$ 基本荷载组合预应力衬砌环向压应力 单位:MPa

序号	钢绞线布置方式	顶部内表面	顶部外表面	30° 拱腰处内表面	30° 拱腰处外表面	锚具槽处内表面	锚具槽处外表面	底部内表面	底部外表面
1	单层双圈	-3.79	-4.27	-5.32	-3.32	-7.37	-0.72	-0.34	-7.31
2	双层双圈	-3.39	-4.46	-5.45	-3.09	-7.13	-1.07	-1.24(拉)	-6.60

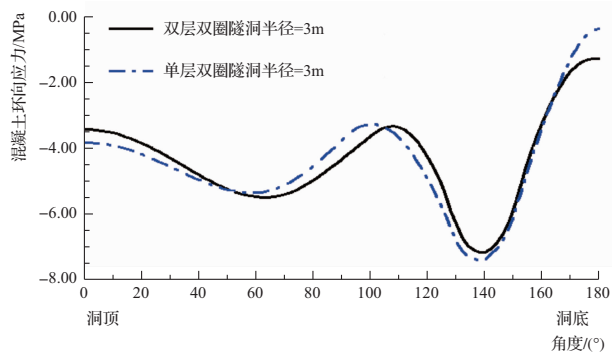


图3 $K=1.5\text{MPa/cm}$ 基本荷载组合预应力衬砌环向应力
(单位:MPa)

单层双圈钢绞线预应力衬砌的预应力钢绞线与双层双圈钢绞线预应力衬砌的预应力钢绞线的拉应力两者差别不大(见表6)。

表6 $K=1.5\text{MPa/cm}$ 基本荷载组合预应力衬砌
钢绞线拉应力 单位:MPa

序号	钢绞线布置方式	单层双圈	双层双圈
1	最小平均拉应力	725	723
2	最大平均拉应力	1020	1010

衬砌结构整体最大位移均位于衬砌结构顶部,单

层双圈与双层双圈钢绞线预应力衬砌数值分别为 2.7mm 和 2.83mm, 双层双圈略大(见图 4)。

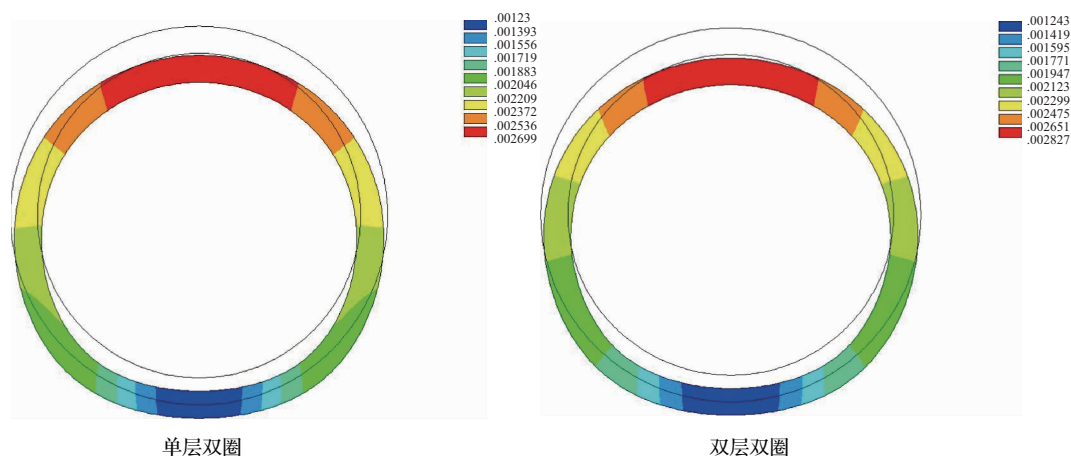


图 4 $K=1.5\text{MPa/cm}$ 基本荷载组合预应力衬砌变形(形变比例 1:200)(单位:m)

由上述结果可知,在上半圆环,单层双圈受力略优于双层双圈;在下半圆环,双层双圈受力则明显优于单层双圈。这是由于双层双圈钢绞线锚具槽位置偏转深度小于单层双圈所引起的。

3 结 论

当围岩弹性抗力系数 $K=1.0\text{MPa/cm}$ 或 1.5MPa/cm 时,预应力钢筋采用 $4 \times \phi^{15.24@300}$ 单层双圈布置可满足要求,将预应力钢筋等效折算为 $6 \times \phi^{15.24@450}$ 双层双圈布置同样也可满足设计要求,

(上接第 51 页)有效衔接;二是有关投资是否对当地国民经济发展产生明显拉动作用。

其他投资还包括建设管理费、经济技术服务费、工程建设监理费、联合试运转费、生产准备费、可研勘测设计费、工程质量检测费、工程保险费和其他税费等。上述有关工作尚未完成时,应以实际支付经费额度核算投资;有关工作结束并通过相关审查验收,应以预算价(或中标合同价)核算投资。如初步设计未批复时,可研勘测设计费应将已支付合同款纳入完成投资,批复后可研勘测设计费按预算价(或中标合同价)计入完成投资。

已完成中央投资和已完成地方投资应按照计划下达文件中明确的投资去向区分后进行统计,如无明确投资去向,按照《水利建设投资统计报表制度》要求,

且衬砌混凝土均处于环向受压状态。同等条件下各工况单层双圈钢绞线预应力衬砌上半圆环环向应力分布略优于双层双圈,下半圆环环向应力分布则刚好相反。双层双圈钢绞线预应力衬砌环向受力总体上略优于单层双圈。这是双层双圈钢绞线锚具槽位置钢绞线偏转深度小于单层双圈所致。◇

参考文献

王艺翔. 隧洞衬砌施工质量控制[J]. 水利建设与管理,2014(4).

应按下达计划比例进行统计,但在实际工作会造成投资未到位而完成投资率较高的悖论,按到位资金比例进行统计可能更符合实际情况。

4 结 语

随着国民经济和社会发展,经济社会管理制度和管理方式发生剧烈而深刻的变化,水利建设投资计划完成情况的统计核查工作应与时俱进,适应新形势、新要求,及时调整统计指标含义和核实方法,确保统计数据准确性。◇

参考文献

[1] 水利部. 水利建设投资统计报表制度[S].
[2] 何宏彬. 五项措施发挥水利统计整体功能[J]. 中国水利, 2007(18).