

文章编号: 1673-9469 (2019) 02-0056-04

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2019.02.013

煤矿立井井筒排水管路导向卡选型研究

李建光

(中煤科工集团北京华宇工程有限公司, 北京 100120)

摘要: 针对煤矿立井井筒中导向卡力学分析缺乏问题, 采用定性与定量分析相结合的方法, 对煤矿立井井筒排水管路的布置方式, 管路载荷的分配组合以及导向卡力学模型等进行分析, 从而梳理出一个适用于工程设计的导向卡选型办法。

关键词: 煤矿; 立井井筒; 排水管路; 载荷组合; 力学分析; 导向卡选型

中图分类号: TD262

文献标识码: A

Research on Selection of Guide Card for Drainage Pipeline in Vertical Shaft of Coal Mine

LI JianGuang

(CCTEG Beijing Huayu Engineering Co., Ltd., Beijing, China, 100120)

Abstract: The mechanical analysis of guide card is missing. In order to fill this gap, the author uses the method of combining qualitative analysis with quantitative analysis to analyze the layout of drainage pipeline, the distribution and combination of pipeline load and the mechanical model of guide card in coal mine vertical shaft. Thus, a method of choosing guide card suitable for engineering design is sorted out.

Key words: coal mine; vertical shaft; drainage pipeline; load combination; mechanics analysis; guide card selection

随着煤矿开采深度的增加, 立井开拓已经成为主流, 井筒排水管路安装设计是不可缺少的设计内容之一^[1]。而导向卡作为其中一个部件, 普遍存在选型粗放, 依赖既有成果, 缺乏定量力学分析等问题。实际上, 导向卡作用远超想象, 直接关系到系统布置是否安全稳定, 可谓牵一发而动全身^[2]。为此, 文章就导向卡承受载荷类型, 导向卡本身承载能力计算, 以及导向卡选型等问题展开分析论述。

1 立井井筒排水管路常用布置方式

煤矿立井井筒排水管路, 常采用以下两种布置方式:

方式一: 管路从井口到井底, 每隔 4 ~ 10 m 用导向卡在防弯梁上固定 1 次, 作为常规固定。然后, 在井底用 90° 焊接带座弯头或焊接直管座与支撑梁

再固定 1 次, 作为保证安全的最后一道屏障。该方式适用于井筒深度小于 150 m 的矿井, 目前国内已不多见。

方式二: 除方式一外, 在井筒中每隔 100 ~ 150 m 设置中间支撑梁, 辅助底部支撑梁承担一些可变载荷。该方式适用于井筒深度 150 m 以上矿井, 国内绝大多数矿井采用该布置方式。

2 载荷组合分析

2.1 载荷类型

排水管路支撑梁的载荷有以下几种^[3]: ①梁自重; ②相应管路段管子和连接件以及防腐蚀材料的自重; ③管路中的水柱重; ④不能自由伸缩的管路段温度力; ⑤水锤力。

收稿日期: 2019-01-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (61375002); 中煤科工集团北京华宇工程有限公司 2017 年度科研项目

作者简介: 李建光 (1981-), 男, 河北邯郸人, 硕士, 高级工程师, 主要从事矿井大型固定设备选型设计工作。

2.2 管路温度锁定对载荷的影响

在进行载荷组合之前,有必要先介绍一下管路锁定温度的定义和重新锁定的方法,从而对载荷②和③预先进行对比分析。

受温度变化的影响而产生最小温度应力的温度称为锁定温度,这就要求安装排水管路时的井筒温度最好与锁定温度相接近,一般在4~5月份或9~10月份。施工安排不能满足时,管路安装完毕后,在上述月份需要重新进行一次锁定,其方法是:放掉管路中的水;放松导向卡的螺母,但不能放的太松,以免管路失稳;静置2~3h;重新拧紧。

导向卡螺母放松期间,支撑梁将从之前承担载荷①③转为承担载荷①②。常用排水管路自重和介质重量的对比结果显示:管路毛重介于清水(密度1 030 kg/m³)和煤泥水(密度1 450 kg/m³)之间,略小于煤泥水重量。也就是说,载荷②③基本相当,管路锁定期间,支撑梁载荷变化不大。

2.3 载荷组合

2.3.1 布置方式一:整个井筒只有底部1道支撑梁,极端情况下,上述5个载荷均由此梁承担,井筒数道导向卡理论上只用作导向。此即为支撑梁所承受载荷的上限(即最大值)。

但布置方式一存在3个问题:(1)管路数量多、规格大的情况下,支撑梁选型十分困难,随之而来的是梁的加工、运输、安装等一系列问题。(2)实际上,导向卡只要按正常预紧力拧紧,必然承担一部分载荷,完全不考虑它的分担作用,从技术经济上是不合理的。(3)防弯梁一般借用罐道梁或者梯子间梁,如果设计人员缺乏经验,认为导向卡只导向,不受力,防弯梁易选型偏小。

以往的工程设计经验是:导向卡按照相应管段支撑梁载荷的1%计算,垂直载荷近似取其水平载荷的30%^[4]。作者基于以上分析认为,在工程设计上,可以直接按导向卡承担部分支撑梁载荷来选型,具体为:设计允许的下限(即最小值)可以是载荷①③⑤由底部支撑梁承担,①②④由导向卡承担。

2.3.2 布置方式二:不仅有底部支撑梁,还有中间支撑梁,需分别讨论。

(1) 底部支撑梁

与布置方式一基本相同,唯一的区别是,载荷②相应管路段不再是井筒整根排水管路,而变为底部支撑梁与其上部紧邻中间支撑梁之间管路。

(2) 中间支撑梁

当排水管路垂高较大时,宜在中间加设若干直管座及其支撑梁,其间距可取100~150 m^[3]。不论何种情况下,载荷③⑤已经由底部支撑梁承担。重新锁定管路期间,载荷②必由中间支撑梁承担。所以设计的上下限之间只相差1个载荷④,即设计上限:考虑载荷①②④,设计下限:只考虑载荷①②。

(3) 管路伸缩装置对载荷组合的影响

在下端与支撑梁刚性连接的排水管路段,当上端设有支撑梁时,宜设置管路伸缩装置,并应与上端直管座连接^[3]。

采用设计上限时,导向卡相对偏弱,管路伸缩装置能够抵消管路上端剩余温度力引起的位移。管路下端与支撑梁采用刚性连接,且支撑梁已经考虑了温度力载荷,所以伸缩装置对载荷组合并无影响。如果不设伸缩装置,中间支撑梁可能受到下部管路向上的温度力支撑,在允许挠度范围内显然对梁的选型有利,超出允许范围将支撑梁拱起的情况,有待进一步研究。

采用设计下限时,导向卡已经将全部温度力抵消,伸缩装置完全用来抵消井筒变形等其它位移,伸缩装置的设置与否已无讨论之意义。

综上所述,管路伸缩器的设置是有必要的,但对于载荷组合的影响基本上可忽略不计。以上所有关于载荷组合的分析结果,见表1。

表1 载荷组合结论汇总表

Tab.1 Summary of conclusions on load combination

序号	位置	状态	布置方式一	布置方式二
1	底部支撑梁	设计上限	①②③④⑤	①②③④⑤
		设计下限	①③⑤	①③⑤
	防弯梁	设计上限	①	①
		设计下限	①②④	①②④*
2	中间支撑梁	设计上限	—	①②④
		设计下限	—	①②
	防弯梁	设计上限	—	①
		设计下限	—	①④

注:1- 支撑梁的设计上、下限与防弯梁的设计上、下限是一一对应的关系。2- 对于布置方式二,底部和中间防弯梁设计下限虽不同,但应按较大值(*)合并统一考虑。

实际设计中,可根据现场情况,在上、下限范围内通过技术经济分析,确定最终的方案。作者本人建议靠近下限设计,不建议采用设计上限。

3 导向卡选型

3.1 导向卡阻力计算

为方便安装和检修,导向卡与防弯梁之间通常采用螺栓连接,见图1,下面通过螺栓预紧力的分析计算,反推导向卡承载能力。

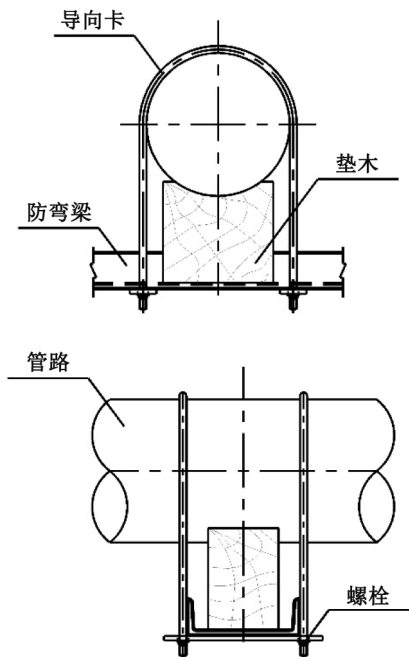


图1 一种典型排水管路导向卡示意图
Fig.1 A typical drainage pipeline guide card diagram

以性能等级为8.8级,M20的热轧圆钢为例,其预紧力:

$$F_0 = k \cdot \sigma_s \cdot A_s = 0.6 \times 640 \times 245 = 9\,480(\text{N})$$

式中: F_0 —螺栓预紧力,N; k —预紧力系数,通常要求该值不超过材料屈服极限的80%,煤矿常用的碳素钢螺栓取0.6~0.7,合金钢螺栓取0.5~0.6; σ_s —螺栓材料的屈服极限,MPa,见表2; A_s —螺纹公称应力截面积, mm^2 ,见表3。

导向卡与管路之间属于滑动摩擦,摩擦力由垂直于摩擦面的压力和滑动摩擦系数决定,即:

$$F = 2 \cdot n \cdot \mu \cdot F_0 = 2 \times 2 \times 0.15 \times 9\,480 = 56\,448(\text{N})$$

式中: F —导向卡与管路之间的摩擦力,即导向卡所能产生的阻力,N; n —1组导向卡中U形卡的数量; μ —摩擦系数,摩擦副材料为钢-钢时,静摩擦系数为0.15^[5]。管路和防弯梁通常采取长效防腐措施^[6],面层为环氧面漆或氯化橡胶面漆,以此材料作为摩擦副时,静摩擦系数通常在0.4左右^[7]。考虑到井筒环境恶劣,为安全起见,建议仍按0.15取值。

将导向卡阻力换算为质量,即上述1套导向卡可承载5 754 kg的质量,同理,该导向卡不同螺栓规格所能承载质量见统计表4。

3.2 相邻防弯梁间距计算

排水管路应卡定在井筒中的防弯梁上,相邻防弯梁的间距不得大于管路纵向稳定计算值^[3]。规范附录中亦有其计算方法,此处不再赘述。

3.3 选型方法

首先,根据载荷组合情况,计算出导向卡所受总载荷。然后,通过管路纵向稳定计算确定相邻防

表2 螺栓材料的屈服极限表
Tab.2 Yield limit table of bolted materials

性能等级	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
屈服强度 /MPa	190	240	340	400	420	480	640	720	940	1 100

表3 螺纹公称应力截面积表
Tab.3 Nominal stress section area table of thread

螺纹规格	M3	M3.5	M4	M5	M6	M7	M8	M10	M12	M14
截面积 / mm^2	5.03	6.78	8.78	14.2	20.1	28.9	36.6	58	84.3	115
螺纹规格	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M39
截面积 / mm^2	157	192	245	303	353	459	561	694	817	976

表4 导向卡(8.8级)承载质量统计表
Tab.4 Statistical table of bearing quality of guide card(8.8 grade)

导向卡规格	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M10	M12	M14
承载质量 /kg	118	206	334	472	679	860	1 362	1 980	2 701
导向卡规格	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M39
承载质量 /kg	3 687	5 754	7 116	8 291	10 780	13 176	16 299	19 188	22 923

弯梁间距,确定导向卡数量,并将总载荷进行分解。
最后,查表4确定导向卡规格。

4 结论

1) 导向卡承受载荷,应根据不同情况进行组合,载荷组合存在上、下限,最终可通过技术经济比较后确定。

2) 导向卡类型虽多,工程上均可采用滑动摩擦的力学模型,通过螺栓预紧力计算推导其所能承受的载荷大小。

参考文献:

[1] 姚贵英,李纯良,张晓四.提高立井井筒排水管路

安装设计质量的几点尝试[J].煤炭工程,2004(7):40-41.

[2] 马海君.超深井筒排水管路及其梁系的安全性能分析[D].邯郸:河北工程大学,2016.

[3] GB/T 50451-2017,煤矿井下排水泵站及排水管路设计规范[S].

[4] 张晓四,姚贵英.基于系统工程的立井井筒排水管路优化设计[J].煤,2009(9):15-17.

[5] 成大先.机械设计手册:第1卷[M].北京:化学工业出版社,2002.

[6] MT/T 5017-2011,煤矿井筒装备防腐蚀技术规范[S].

[7] 赖勇平,胡芳.论油漆对摩擦系数的影响[J].沪东中华技术情报,2001(4):28-29.

(责任编辑 李新)

(上接第42页)增大而增大,最大地表沉降与最大侧移的比值 δ_{vm}/δ_{hm} 位于(0.46, 2.66)之间,平均值1.1。

参考文献:

[1] OU C Y, HSIEH P G, CHIOU D C. Characteristics of ground surface settlement during excavation[J]. Canadian Geotechnical Journal, 1993, 30(5): 758-767.

[2] 丁智,王达,王金艳,等.浙江地区软弱土深基坑变形特点及预测分析[J].岩土力学,2015,36(增刊1):506-512.

[3] 廖少明,魏仕锋,谭勇,等.苏州地区大尺度深基坑变形性状实测分析[J].岩土工程学报,2015,37(3):458-469.

[4] 杨罗沙.基于现场监测反馈分析的黄土地区超深基坑位移控制及工程应对措施研究[D].西安:西安建筑科技大学,2011.

[5] 刘均红.西安地铁车站深基坑变形规律现场监测与FLAC模拟研究[D].西安:西安科技大学,2010.

[6] 任建喜,张引合,张琨,等.西安地铁车站深基坑变形规律FLAC模拟研究[J].铁道工程学报,2011,28(3):90-93.

[7] 张婷.西安地铁韦曲南站深基坑变形规律现场监测研究[D].西安:西安科技大学,2013.

[8] 丰友山.西安大雁塔车站基坑开挖稳定性的研究[D].石家庄:石家庄铁道大学,2016.

[9] 林源.黄土超深基坑施工对周边环境的影响及对策研

究[D].西安:西安建筑科技大学,2011.

[10] 周国华.黄土地区地铁T形换乘站深基坑围护结构稳定性研究[D].长沙:湖南科技大学,2009.

[11] 李永辉.黄土深基坑施工监测分析与数值模拟[D].西安:西安建筑科技大学,2009.

[12] 杨睿,李冬生.西安地铁运动公园站深基坑变形规律现场监测研究[J].西安工业大学学报,2014,34(6):450-454.

[13] 成娟.西安地铁车站深基坑施工风险管理研究[D].西安:西安建筑科技大学,2011.

[14] 张慧文.西安地铁深基坑支护结构设计及稳定性研究[D].西安:西安科技大学,2017.

[15] 郭颖.西安某地铁车站深基坑围护结构设计及变形规律研究[D].西安:西安科技大学,2014.

[16] 侯小杰.西安地铁深基坑支护方案优选[D].西安:西安建筑科技大学,2014.

[17] 徐甜,薛丽媛,邓祥辉.西安地铁3号线某深基坑施工的控制技术[J].廊坊师范学院学报:自然科学版,2017,17(1):96-99.

[18] 王大军.某地铁车站深基坑有限元模拟及现场监测分析[D].西安:长安大学,2017.

[19] 傅震.黄土地区地铁车站深基坑变形规律的分析[D].西安:长安大学,2014.

[20] 刘杰.黄土地区地铁车站基坑围护结构变形规律监测与数值模拟研究[D].西安:西安科技大学,2008.

(责任编辑 李新)