

双和公路彩虹岭特长隧道施工技术

黄经纬, 肖海苑, 曾新乐

(广东省长大公路工程有限公司, 广东 广州 510620)

摘 要: 目前公路隧道施工通常采用无轨运输的方式, 有轨运输方式较少, 本隧道施工针对客观的实际情况, 采用了无轨运输和有轨运输相结合的方式, 提高了劳动效率。同时介绍了彩虹岭特长公路隧道开挖、支护、监控量测等施工技术以及机械化设备配套方案。

关键词: 公路隧道; 机械设备; 锚喷支护; 施工技术

中图分类号: U455

文献标识码: B

文章编号: 1000-033X(2005)02-0042-03

Construction technology of super long tunnel of Caihongling

HUANG Jing-wei, XIAO Hai-yuan, ZENG Xin-le

(Guangdong Provincial Changda Highway Engineering Co. Ltd., Guangzhou 510620, China)

Abstract: This paper introduces the construction technology of super long tunnel of Caihongling from excavating, supporting and monitoring, gives the machineries schemes. The project adopted trackless and track transport according to the practical engineering.

Key words: highway tunnel; machineries; bolting and shotcreting; construction technology

1 工程概况

双和公路项目分两期施工, 首期投资约6.1亿元, 实施路线和单洞隧道工程, 隧道建筑限界: 净高5.0 m, 行车道宽度 2×3.75 m, 余宽 2×0.25 m, 路缘带宽度 2×0.5 m, 检修道宽度 2×0.75 m。彩虹岭隧道围岩分类为Ⅱ(80 m)、Ⅲ(323 m)、Ⅳ(1 145 m)、Ⅴ(1 220 m), 因隧道较长, 在隧道右侧设置了疏散通道, 同时设计了车行横洞(6处)、人行横洞(6处)及紧急停车带(6处)。车行横洞净宽4 m, 间距约500 m; 人行横洞净宽2 m, 净高2.2 m, 间距约500 m; 隧道内间隔500 m左右设一紧急停车带, 紧急停车带设在双洞单向行车方向右侧。隧道标准断面采用单心圆曲墙型内轮廓, 隧道中线与线路中线重合, 结构左右对称。紧急停车带采用三心圆曲墙型二期完善双洞隧道工程。彩虹岭隧道Ⅰ标段(进口工区) K14+210~K17+350, 隧道施工长2 768 m, 平导施工长2 791 m, 路基长353.23 m。

2 施工方案及开挖方法的选择

2.1 施工方案

依照新奥法设计施工原则, 结合本工程的具体情况, 技术人员针对围岩类型, 通过攻关, 制定出了Ⅱ类围岩地段采用中部留核心土的正台阶法施工; Ⅲ类围

岩地段采用正台阶法施工; 严重风化的围岩采用风镐开挖, 必要时采用风钻钻孔, 松动爆破; Ⅳ、Ⅴ类围岩采用手持风动凿岩机和三臂凿岩台车全断面开挖; 隧道进、出口正洞工区, 局部地段采用自制多功能台架或台车钻孔, 光面爆破, 装碴机装碴, 自卸汽车出碴, 无轨运输, 模板台车泵入混凝土模注、衬砌; 平导进出口工区、正洞中部采用有轨运输的施工方案。

2.2 开挖方法

(1) 平导洞 人工风钻开挖, 钻孔爆破, 1台立爪装碴机装碴, 梭式矿车、电瓶车有轨运输。

(2) 正洞 第一段(K14+582~990段)无轨装运出碴, 其余采用3台立爪装碴机装碴, 梭式矿车、电瓶车有轨运输出碴。Ⅲ(Ⅱ)类围岩人工台阶法风钻(Ⅱ类风镐), 钻孔爆破(人工开挖); Ⅳ、Ⅴ类围岩人工风钻或液压钻孔台车全断面钻孔爆破开挖。

(3) 行车横洞 人工风钻钻爆, 立爪、梭式矿车有轨装运出碴, 进入正洞段前20 m及后10 m, 采用人工风钻开挖爬高, 扩大至标准断面后, 再由人工风钻或液压钻孔台车开挖。

(4) 行人横洞 人工风钻钻孔爆破开挖, 人工手推车出碴至平导洞, 再由梭式矿车有轨装运出洞外。

2.3 II、III类围岩段施工方法

彩虹岭隧道 I 标段 II、III 类围岩段约占全隧道总长的 14.5%，采用微台阶法开挖，施工时用人工开挖或人工风钻钻眼，非电毫秒雷管弱爆破，挖掘机扒碴；对于无轨出碴段，用装载机装碴，自卸车运碴；对于有轨出碴段，用立爪装碴机，电瓶车牵引梭式矿车斗车出碴。台阶长 5~8 m，开挖后应紧跟初期支护。初期支护设置钢格栅(II 类)、锚杆、挂钢筋网及喷射混凝土支护，锚杆尾端与钢拱架(II 类)或钢筋网焊接，并进行注浆锚固。开挖预留变形量按 II 类围岩 15 cm，III 类围岩 10 cm 考虑，在施工中通过量测资料积累分析再对预留量作调整。II、III 类围岩段施工方法见图 1、图 2。

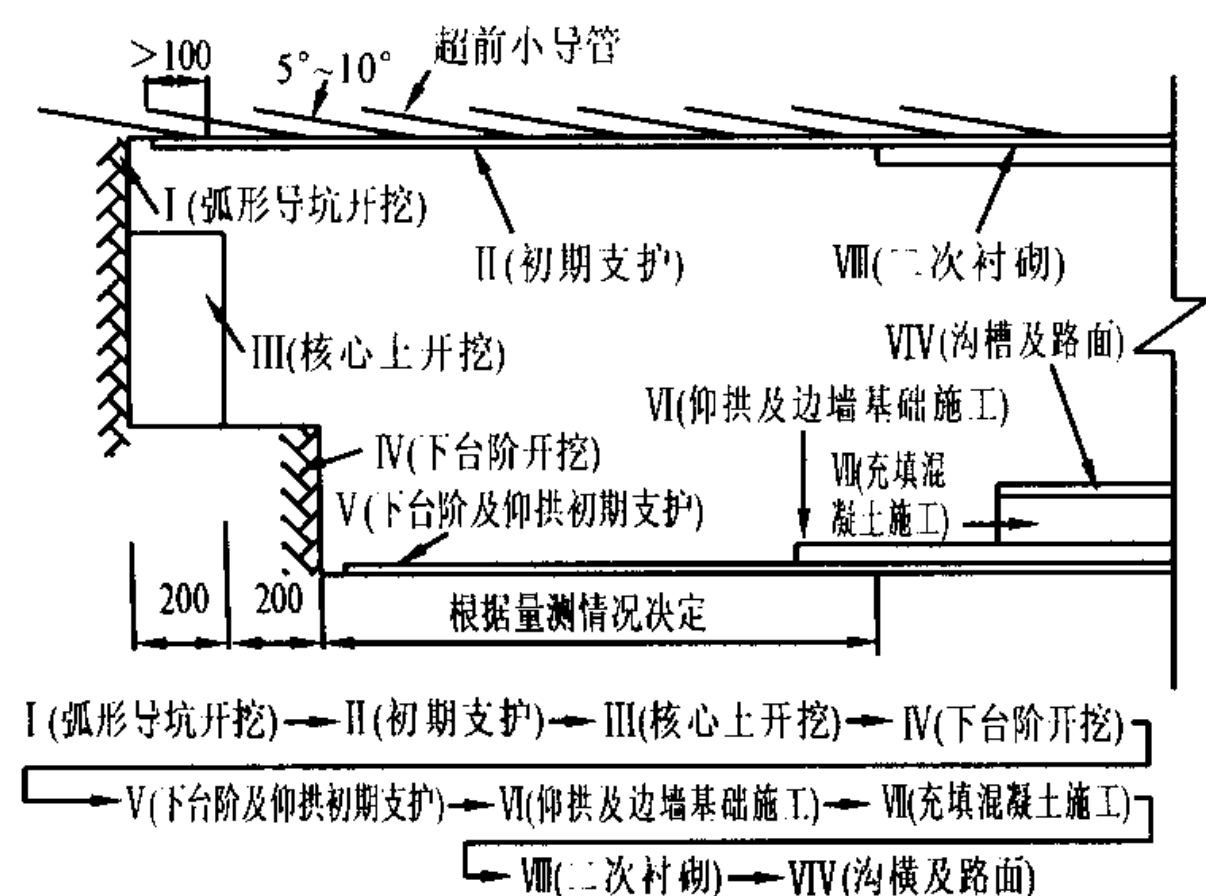


图1 II类围岩段施工方法

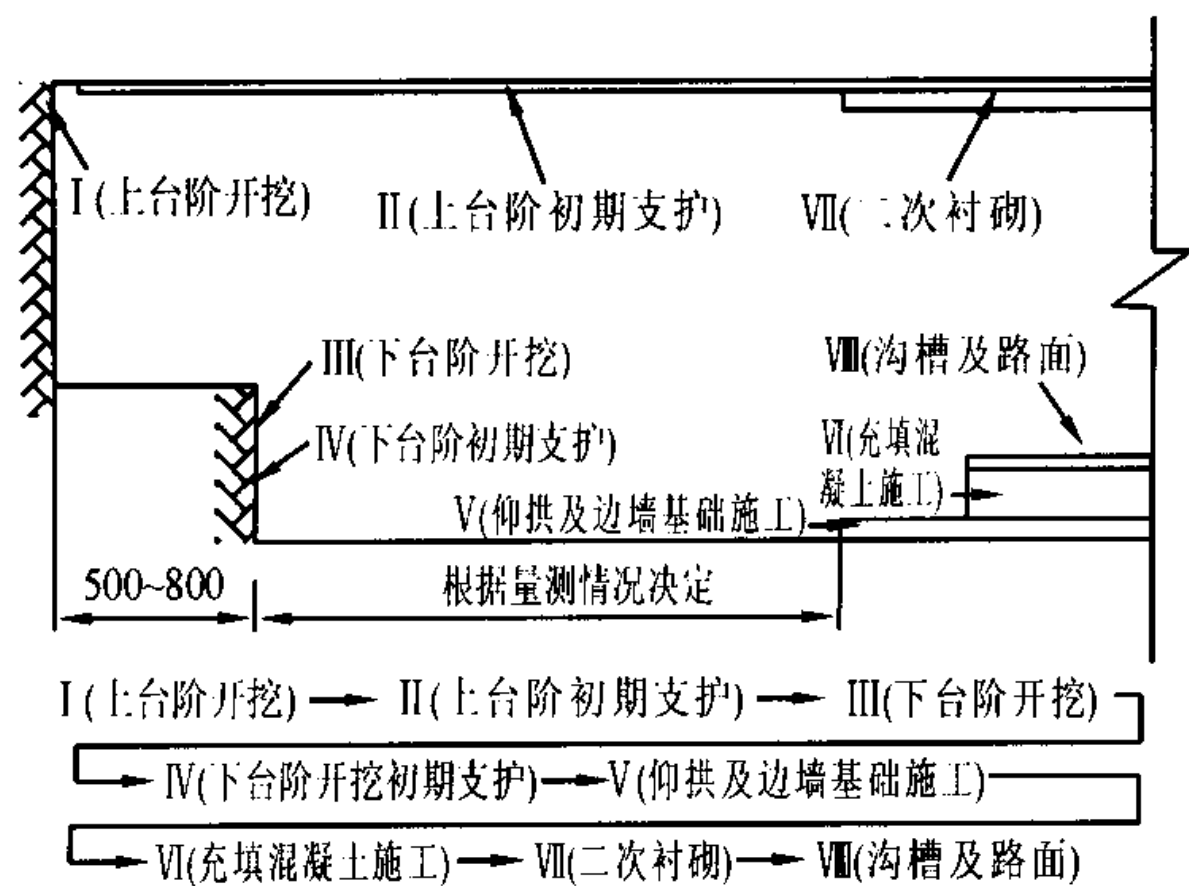


图2 III类围岩段施工方法

2.4 IV、V类围岩段施工方法

彩虹岭隧道 IV、V 类围岩段约占全隧道总长的 85.5%，采用全断面法开挖，人工风钻或凿岩台车钻眼，非电毫秒雷管爆破，立爪或装载机装碴，无轨(洞口段)或有轨运输出碴。初期支护：IV 类围岩采取系统锚杆、钢筋网、喷射混凝土，V 类围岩采取局部锚杆、喷射混凝土。开挖预留变形量按 IV 类围岩 5 cm，V 类围岩 10 cm 考虑，施工中根据量测资料进行调整。IV、V 类围岩段施工方法见图 3。

2.5 隧道变断面过渡段和平行导坑施工方法

彩虹岭隧道 I 标正洞共有 6 段紧急停车带、6 处车

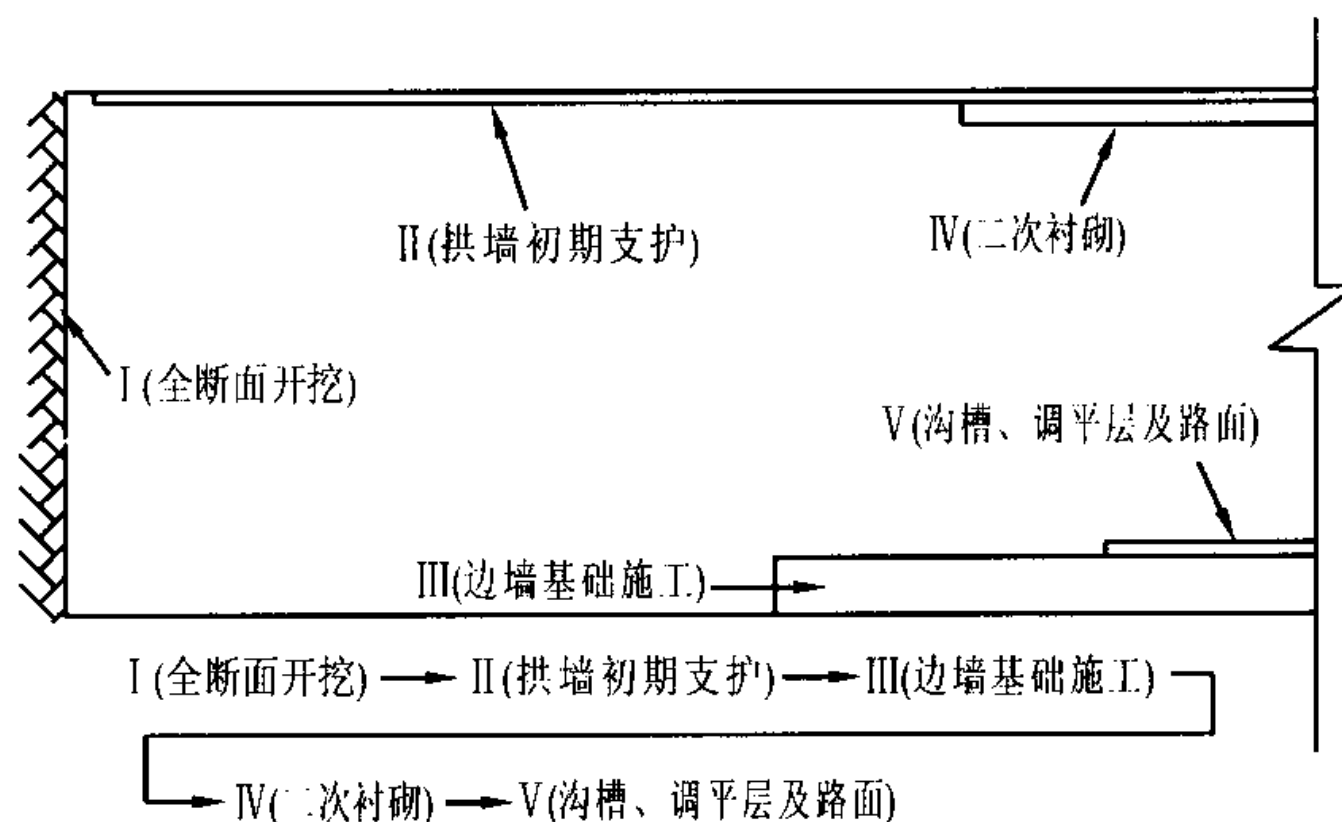


图3 IV、V类围岩段施工方法

行横洞、6 处人行横洞，平导共有 4 处避车道，均存在过渡断面。这些断面变化处有的断面尺寸相差不大，直接过渡即可；有的断面尺寸相差大，需采取技术措施才能实现过渡。将这些断面过渡分为 2 类：一类是由大断面过渡到小断面，过渡比较容易；另一类是由小断面过渡到大断面，过渡难度比较大一些。大断面过渡到小断面，常规的作法是将大断面全部施作到设计位置后封端，再破口进入小断面施工，初支封端采用单层喷混凝土支护，并设置系统锚杆。

平行导坑 II 类围岩采用台阶法人力开挖，III 类围岩以上采用全断面法开挖，液压钻孔台车或风钻钻眼，非电毫秒雷管爆破，立爪装碴，梭矿有轨运输出碴，初期支护紧跟施工面。

2.6 出碴施工方法

本隧道属于特长隧道，出碴速度对隧道的施工进度影响较大，因此出碴方法的选择十分关键。经过比较决定，隧道正洞从 SK14+582~SK14+990 段采用装载机装碴，汽车运输出碴；正洞 SK14+990~SK17+350 段及平行导坑的出碴方法均采用立爪装碴，电瓶车牵引梭式矿车有轨运输出碴。出渣与运输严格按照《公路隧道施工技术规范》JTJ 042-94 中的有关规定施工。正洞内有轨运输线均布设双线，装碴段均布置为三线；平行导坑内除装碴和会车段布置成双线外，其他地段均布设成单线。

3 机械化施工机械设备选用

机械化施工机械设备的选用具体如表 1 所示。

4 大型机械化设备配套方案

(1) 钻爆作业线 隧道通过主洞、隧道平导和行车横洞开展多个工作面开挖，采用三臂台车和风动凿岩机配合施工，光面控制爆破，非电毫秒起爆。

(2) 装运作业线 采用无轨运输和有轨运输方案，主洞工作面 2 台装载机同时装碴(斗容量 2 m³)，反铲配合，20 t 自卸汽车出碴运输；通过平导洞开展工作面出

表1 施工机械设备选用

序号	设备名称	规格型号	主要工作性能指标
一	支护工程施工设备		
1	混凝土喷射机	TK961	
2	注浆泵	CZJ-30Ca	3.5 MP
3	真空泵	MC-2	
二	土石方施工专用设备		
1	挖掘机	PC220-6	1.0 m ³ /斗
2	装载机	ZLC-50	3.0 m ³ /斗
3	推土机	T180	160 kW
4	压路机	YZ12B	120 kW
三	开挖施工专用设备		
1	三臂台车	Boomer353E	
2	凿岩机	7655	
3	电动空压机		20 m ³
4	轴流式通风机		
5	内燃空压机		25 m ³
6	电动立爪装渣机	LZ-80	
7	电力装岩机	Z-20L	0.2 m ³
四	出碴设备		
1	自卸汽车	5 t	
2	自卸汽车	10 t	
3	电瓶车	CDXT-2.5	
4	梭式矿车		2 m ³
五	混凝土施工设备		
1	混凝土输送泵	HBT60	
2	混凝土搅拌机	750	12.5 m ³ /h
3	混凝土衬砌台车	自制	10 m
4	衬砌拱架(套)	自制	

碴段,采用有轨出碴,用立爪装碴机,电瓶车牵引梭矿斗车出碴。

(3) 装锚作业线 每个工作面配备1台多功能作业台架、2台湿喷机同时喷混凝土,风动凿岩机打锚杆眼。

(4) 衬砌作业线 洞外设混凝土自动计量拌和站生产混凝土,采用2台自行可调式整体钢模板台车衬砌,1台60 m³/h混凝土输送泵、3辆6 m³混凝土运输车泵送混凝土入模。

(5) 路面作业线 混凝土路面通过混凝土自动计量拌和站生产混凝土,3台混凝土运输车进行作业。

5 锚喷支护

5.1 锚喷支护参数

Ⅱ类采用锚、网、喷混凝土结合钢格栅作初期支护,Ⅲ、Ⅳ类采用锚、网、喷混凝土作初期支护,V类采用局部锚杆、喷混凝土初期支护。隧道在不同围岩段的结构支护参数见表2。

表2 隧道结构支护参数

围岩类别	超前支护	初期支护	二次衬砌
Ⅱ	拱部超前小导管, L=3.5 m, 环向间距 0.4 m, 每 2.25 m 设置一环。	拱墙系统锚杆 L=3.5 m, 间距 1.0 m×1.0 m; 拱墙钢筋网 15 cm×15 cm; 钢架 0.75 m 一榀; 拱墙喷混凝土 20 cm。	拱墙 40 cm, 仰拱 40 cm, C25、S6 钢筋混凝土。
Ⅲ		拱墙系统锚杆 L=3.0 m, 间距 1.0 m×1.0 m; 拱墙钢筋网 15 cm×15 cm; 拱墙喷混凝土 20 cm。	拱墙 35 cm, 仰拱 35 cm, C25、S6 混凝土。
Ⅳ		拱墙锚杆 L=2.5 m, 间距 1.2 m×1.2 m; 拱部局部钢筋网 Φ6.5@120×12, 喷混凝土 10~15 cm。	拱墙 35~40 cm, C25、S6 混凝土, 铺底 >10 cm C15 混凝土。
V		局部锚杆 L=2.5 m, 喷混凝土 10~15 cm。	拱墙 30~35 cm C25、S6 混凝土, 铺底 >10 cm C15 混凝土。

5.2 喷射混凝土施工

喷混凝土采用TK961混凝土喷射机,压力为0.2~0.4 MPa。水泥采用425#普通硅酸盐水泥,砂率控制在50%,含泥量≤53%。粗骨料采用规格为7~15 mm的碎石,经试验选用石灰岩的各项指标均达到设计要求的碎石。经现场试验,最佳掺量为水泥用量10%,3 min初凝,6 min终凝,而且可大量减少回弹量。水灰比过大、过小都会使混凝土回弹量增加,浪费大量的材料,经现场多次试验确定,水灰比为0.47的混凝土喷射效果最佳。喷射混凝土后为缩短围岩的暴露时间,防止围岩进一步风化,必须先初喷混凝土3~5 cm后再封闭围岩;待钢格栅及钢筋网安设好后,再喷混凝土10~12 cm;最后在下一循环喷射混凝土时分2次喷射至设计厚度。

5.3 注浆

在初喷混凝土封闭围岩后按设计布设锚杆和注浆,锚杆孔位误差控制在《公路隧道施工规范》规定的误差范围之内。钻进采用7655手持式风动凿岩机凿孔并清孔,应沿径向进行钻孔,确保锚入稳定岩层的深度。注浆通过快速注浆接头将锚杆尾端和CZJ-30Ca注浆机连接。开动机器压注1:1水泥浆,掺水泥用量3%的40Be的水玻璃,为了保证锚固质量及改良围岩结构,注浆终压必须达到0.8 MPa。

5.4 挂钢筋安设钢格栅

钢筋网片采用Φ6.5圆钢,除锈处理后按设计加工成网片;挂设时网片必须随受喷面的起伏铺设,与受喷面间留有3 cm作为保护层,网片与系统锚杆焊接牢固,确保喷射混凝土时不移动。钢筋除锈后按设计要求分

(下转第57页)

度为9时,表示前者比后者极端重要;标度为2、4、6、8时,为上述两个相邻判断的中间情况,表示后者比前者重要的情况。

4.2 计算权重

A_i 分项指标的权重计算公式为:

$$W_{Ai} = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}$$

根据此公式的计算结果可构造出子目标的权重向量 $W_A = (W_{A1}, W_{A2}, \dots, W_{An})$ 。

4.3 最终评价指标权重的计算

我们邀请多位专家为本评价模型评价指标打分,先分别计算专家确定的子目标层各因素的比率标度,应用特征向量法两两比较方法求出所对应的子目标层评价指标的权重,然后计算指标层各因素的比率标度,求出所对应的指标层评价指标的权重,最后运用计算机编程统计相应层次的分项权重值以获得最终权重值。

5 最终检查结果的确定

工程机械装备技术状况检查方法主要分为静态检查与全动检查两种,根据检查方法的不同,经20位工程机械装备领域的专家进行论证分析,每项所占的比例如下:静态,管理情况占60%,配套情况占40%;全动检查,管理情况占10%,配套情况占10%,动态检查占80%。在未作全动检查时,应全面了解机械的实际技术状况,特殊情况下可根据实际情况直接判定。模型分值计算公式为:综合评分结果 = \sum (各指标分值 \times 所对应权重),各项目检查均需按当量分数折算后再按上述比例系数计算总得分。本模型设定总分为100分,分值越高说明工程机械装备技术状况就越好,反之分值越低说

明技术状况水平就越差。鉴定结论一般分为四类:完好一类(储备小时 $\geq 50\%$, 得分 ≥ 80);完好二类(储备小时 $\geq 20\%$, 得分 ≥ 70);完好三类(得分 ≥ 60);待修、待报废(得分 < 60 或某一大项评判为低劣)。否决项为:静态检查中有三劣项或动态检查中有一劣项即判为总得分 < 60 。

6 结语

(1) 针对现阶段工程机械装备技术状况评价现状,本文从精确化管理这一思想出发,在构建工程机械装备技术状况综合评价指标体系的基础上,由专家给出相应指标所对应的权重,在定性评审的基础上适当引进定量分析,使评价内容更加科学化以及评价结果更加精确化。在评价方法上首次将属性综合评价理论应用于工程机械装备评价领域,构造了一个完整、有效的工程机械装备技术状况评价系统。另外本方法也为其他领域的管理评价工作提供了有益的参考。

(2) 在具体的评价过程中有一些细节问题对评价结果具有重要的影响。如子目标层与指标层范围的确定、属性集的划分、如何使比率标度的确定更加科学、采用何种识别准则(置信度准则、代价准则等)以至于算法的优选与改进等问题,这些还有待于我们在后续的工作中进一步探讨。

参考文献:

- [1] 许树柏.层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1988.
- [2] 张德麟.液压工程机械结构使用与维修[M].北京:金盾出版社,1994.
- [3] 刘文奇.一般变权原理与多目标决策[J].系统工程理论与实践,2000,20(3):36—39.
- [4] 冯中朝,李强.科研项目评估中专家权重确定的方法与模型[J].科技管理研究,2000,20(4):28—32.

收稿日期:2004-07-21

[责任编辑:林荣安]

(上接第44页)

节加工成型,钢格栅分节间通过钢板用螺栓联接。钢格栅严格按设计间距架立。为充分发挥钢格栅的承载能力,首先要求钢格栅必须垂直且与线路方向垂直;其次,架立拱部钢格栅时,严格控制左、右拱脚标高,以防拱架偏斜,影响与边墙钢格栅架的圆顺连接或侵入衬砌厚度。为方便拱部钢格栅与边墙钢格栅的连接,在拱脚连接处铺不小于20 cm厚的粗砂或石屑。边墙钢格栅底部必须置于基岩上,以防下沉变形。

5.5 监控量测

初期支护完成后,在拱顶、拱脚及边墙的内轨顶面标高处埋设测点,进行拱顶下沉和水平收敛量测。量测频率开始6 h观测1次,然后根据变形量的减小而减小量测频率,即12 h、24 h、48 h、72 h、168 h,根据量测结果及时调整工序及预留变形量、开挖进尺等,便于指导施工,确保施工安全。量测点每隔5 m布设1组。

收稿日期:2004-06-21

[责任编辑:林 通]