

# 芬兰的地层除铁技术

航空工业规划设计研究院 范懋功

〔内容提要〕本文介绍了芬兰地下水水质、地层除铁的渗流法和VYR法及分层抽水法并举了实例。 一编者

芬兰是首创地层除铁技术的北欧国家。1986年10月我访问瑞典时了解到一些芬兰地层除铁技术的情况，现简介如下。

## 一、地下水水质

芬兰的地下水为典型的软水，pH值略低于7，含有较多的游离CO<sub>2</sub>，水中溶解氧低，铁锰含量高，最高含铁量达18mg/L，锰达7.6mg/L。芬兰饮用水标准规定：铁应小于0.3mg/L，锰应小于0.1mg/L。芬兰的基岩中地下水和第四纪冲积层中地下水的铁锰含量都超过上述标准

芬兰地下水水质表（平均值） 表1

项目 mg/L	基岩地下水	芬兰东南部粘土层下第四纪冲积层地下水	芬兰东南部第四纪冲积层地下水
Fe	0.98	0.53	0.19
Mn	0.24	0.013	0.008
CO <sub>2</sub>	—	35	26
pH	6.8	6.6	6.3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	19.0	13.7	10.4
Si	8.5	8.4	7.1

## 二、地层除铁方法

### （一）渗流法

芬兰于1950年开始用渗流法去除地下水

运算结果（一） 表4

管段 编号	管长 L(m)	管径 D(mm)	管段流量 Q(l/s)	流速 V(m/s)	水头损失 h(m)	备注
5	137	300	81.14	1.148	0.974	
6	98	300	65.91	0.932	0.474	
7	450	300	60.86	0.861	1.977	
11	215	200	37.215	0.866	1.456	
14	175	200	14.535	0.463	0.371	
15	378	200	10.684	0.34	0.453	

注：①运算精度E3=0.001；迭代次数K0=17；总运算时间T=25分钟。

②实际运算结果已将计算草图中全部运算数据按表1、表2格式打印出来，这里只列举了计算草图中第I环的运算结果。

③计算结果表明14、15号管段管径偏大，但考虑到平行干管及水量发展需要，故未作变动。

运算结果（二） 表5

节点 编号	节点流量 QJO (l/s)	节点水压 HJO (m)	节点地面 标高 ZJO(m)	节点自由水头 HJF (m)	备注
5	8.20	326.982	247	79.982	
6	-147.05	327.959	250	77.959	
7	5.06	327.467	268	39.467	
8	15.78	325.62	290.9	34.72	
11	3.07	325.532	292.7	32.832	
12	6.28	325.166	300.3	36.866	

## 参考文献

- 1.《给水工程》同济大学主编，建工出版社，1980及1987年版
- 2.《论应用电子计算机进行管网水力分析》杨汉同，同济大学科情站1979.2
- 3.《电子计算机应用数学》杨汉引等，冶金工业出版社

中的铁锰和有机物。把含铁锰的地下水先进进行预氧化和慢滤，一般预氧化（曝气）过程是使水通过经过表面预处理的充填直径为30—70mm的碎石接触滤池，或通过一个斜坡进行曝气。例如，在SALO水厂，水流经100m的斜坡，曝气效率很高，水中总含铁量从23mg/L下降到0.25mg/L，含锰量在斜坡低处开始下降，pH从6.9提高到7.5。曝气后的水进入渗水池，水在渗水池中经砂和卵石层过滤后渗入地下含水层，然后用普通水井抽水。

### （二）VYR法

芬兰于1960年首创VYR法，把充氧水周期性地灌入水井周围的含水层激发微生物的活力，人工制造铁锰沉淀层作为地下铁锰截留区。水井抽水时，含铁锰水通过此区得到净化。

地层除铁过程是物管化学和生物过程。地下水未经处理前的氧化还原电位(Eh)低，含有少量的溶解氧，曝气后溶解氧含量迅速增加，过滤时又略为下降，但Eh在这两个处理阶段中都升高。芬兰地下水含有游离CO<sub>2</sub>，曝气时逸出部分CO<sub>2</sub>使pH值提高，过滤时又有一些CO<sub>2</sub>溶解到水中而使pH值下降。铁锰细菌的活力在地下水除铁除锰过程中的重要性在本世纪初已被人们所了解，但直到几十年后才进行全面的研究所。芬兰有些学者认为VYR法是铁锰的生物去除方法，在地层除铁过程中同时还起生物脱氮作用。含铁锰量高的地下水含氮化合物浓度常过量，微生物氧化含氮化合物并除去硝酸盐。

芬兰地层除铁水厂的原水、曝气水和净化水的水质比较见表2。

水的水质比较表

表2

项 目	原 水		曝 气 水		净 化 水	
	范 围	平 均	范 围	平 均	范 围	平 均
O <sub>2</sub> , mg/L	0—1.8	0.58	6.8—9.6	8.7	4.5—11.4	7.6
Eh, mV	+110—+440	+226	+380—+510	+470	+480—+560	+534
pH	6.85—7.2	6.87	6.41—7.83	6.96	5.91—7.80	6.90
CO <sub>2</sub> , mg/L	29.6—80.0	53.0	0.6—14.3	18.1	9.3—44.4	2.55
有机碳, mg/L	3.1—5.8	4.1			2.3—4.7	3.3
总铁, mg/L	1.0—23	6.44	0.35—0.6	2.41	0.03—0.33	0.16
Fe <sup>2+</sup> , mg/L	0.49—12	4.96	0.04—8.4	1.94	0.01—0.23	0.12
Mn, mg/L	0.07—0.62	0.21	0.04—0.61	0.18	0.01—1.03	0.24
Ca, mg/L	3.07—34.1	11.9				
Mg, mg/L	0.45—2.0	2.43				
K, mg/L	0.42—1.44	1.12				
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , mg/L	4.8—14.3	64.1				
Si, mg/L	7.4—11.7	9.7				

### 三、地层间铁VYR法和分层抽水

含铁锰地下水的水质在水平和垂直方向的变化很大。水质的不同的原因是由于氧化还原条件的差异。由于缺氧水侵入井中，原来出水水质好的井在抽水水质增加几天或几年后就会含有铁锰。水井抽水水位位于还原条件的水层时，抽出的水几乎总是含铁锰。试

验研究表明，可以人为地影响地下水的氧化还原条件。VYR法把充氧水导入地下，在高含氧水和低含氧水之间形成沉淀区，低含氧（含铁锰）水通过此区产生沉淀而得到净化。

地层除铁除锰成功的先决条件是使低含氧水不能到达抽水井。如果抽水井周围不能形成氧化区或氧化区大小，则低含氧水（含

# 豆坝发电厂水力除灰灰场石渣坝 施工技术概述

黄桶庄电厂工程筹建处 江树良

〔内容提要〕本文简要叙述了电厂水力除灰系统概况，灰坝构造特性，灰坝施工，坝体及过渡带材料特性试验，工程评述等内容。尚附有必要的图表，以供参考。

## 一、工程概述

豆坝发电厂位于宜宾县境内，距县城9公里。装机总容量30万千瓦。满负荷运行，年排灰渣量36万吨左右。灰渣排放采用分流制系统。液态渣由灰沟流入沉渣池，沉淀后经桥墩机提升至输渣皮带，送入渣塔，再由

火车运走。灰水混合物由冲灰沟流至灰浆池，经灰渣泵升压，由二根Dg300毫米管道输送入灰场贮存。

灰场设于铜罐溪山谷，距电厂3公里。灰场工程由输灰系统，排洪系统，灰坝等三部分主要构筑物组成。

铁锰量高)侵入井中。发现低含氧水以薄楔形侵入高含氧水层，使抽出水水质下降。芬兰VELI REIJONEN OY公司研究出一种低含氧水与高含氧水同时从地下含水层中抽水的方法。这种方法已取得专利，并在20多个国家中被应用。另外，用分层抽水法在低含氧水的来水方向上布置抽水井，用来抽出劣质的低含氧水。高含氧优质水则从其他井中抽出。当劣质低含氧水影响优质水的水井时就可用此抽水法使劣质水与优质水隔开。

实例：

1. KARIS 城 LANDSBRO VYR 水厂的一口井虽然进行过多次含氧水曝灌但仍不能使用。从不同水层同时进行抽水试验发现高含氧水和低含氧水都可进入此井中，优质水出水率为 $24\text{m}^3/\text{h}$ ，而低含氧水抽水量为 $7.2\text{m}^3/\text{h}$ 。水质分析见表3。

2. MARTTILA 市 PARRAVANAN 自来水公司 RANKIO 井群为高铁锰含量的井群。研究证明，在不同水层分别发现高含氧水和低含氧水。从不同水层分层抽水

时，优质水抽水率为 $24\text{m}^3/\text{h}$ ，低质水抽水率为 $6\text{m}^3/\text{h}$ 。此低质水抽出后不用。低质水原含铁为 $0.8\text{mg}/\text{L}$ ；含锰为 $0.19\text{mg}/\text{L}$ 。约经一年米后，低质水含铁量升高到 $3.3\text{mg}/\text{L}$ ，锰增加到 $0.21\text{mg}/\text{L}$ ，但优质水含铁量从 $0.11\text{mg}/\text{L}$ 降到 $0.02\text{mg}/\text{L}$ （水质分析见表4）。

分层抽水水质分析表 表3

项 目	优质水供使用	抽出排走的劣质水
pH	6.5	6.0
碱度,毫克当量/升	1.06	0.86
铁, mg/L	0.05	2.2
锰, mg/L	0.02	0.1
游离CO <sub>2</sub> , mg/L	33	76
总硬度, 德国度	6.3	8.5

水井水质表 表4

项 目 mg/L	12号井		12号井(1年半后)		32号井 使用水质
	使用水质	抽出不用的水	使用水质	抽出不用的水	
氧			5.0	0.3	
铁	0.11	0.8	0.02	3.3	0.007
锰	0.005	0.19	0.01	0.21	0.013

同时附近出水量为 $24\text{m}^3/\text{h}$ 的32号水井水质也有所改善。