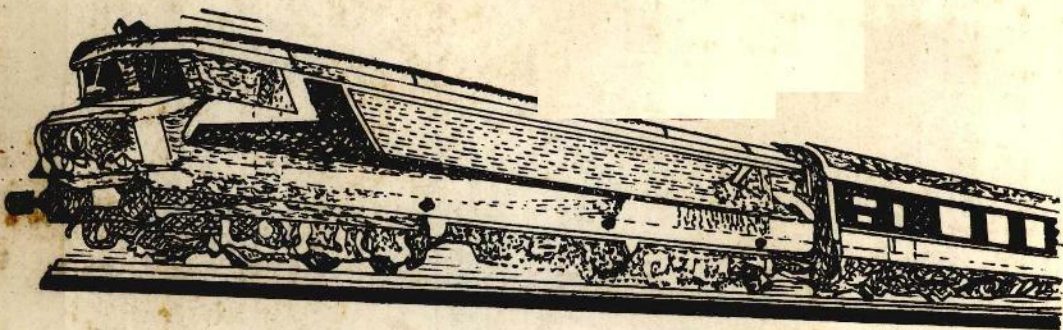


内部资料
注意保存

青藏铁路建设用机电产品 研究、试验报告汇编

(第二辑)



青藏铁路建设用机电产品研究、试验报告汇编
机电研究所

一九八〇年九月

编辑说明

本辑为《青藏铁路建设机电产品研究、试验报告汇编》之第二辑，内收路基施工机械、桩工机械、运输车辆及内燃机等机械产品的研究、试验报告十一篇。本辑各篇的序号、页码均按《汇编》第一辑连续排列。为便于读者参阅，在第二辑目录之前列出了第一辑目录。

我们对有些报告中的有关内容作了一定的删减以免重复，对于有些报告中错误及遗漏之处也作了适当的修改和补充。本辑中的《1975~1979年路基施工机械试验综合报告》（汇编之十五）及《1975~1979年路基施工机械专题试验报告（一）、（二）、（三）》（汇编之十六、十七、十八）等四篇对于WY100GD履带式液压挖掘机、ZL50GD轮式装载机及W—60GD轮式液压挖掘机的青藏高原现场和低温试验室的试验情况作了比较全面的介绍，故该三种机械的生产厂所编写的专题报告未再收入。

在本辑汇编过程中，我们得到了各报告编写单位及青藏铁路建设机电产品科研工作参加单位的大力支持，在此谨表深切谢意。

由于我们水平有限，编辑工作中定有不少缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

一九八〇年六月

青藏铁路沿线气象资料简明汇总表

站名	测站 海拔 高度 (米)	气温 (℃)					年平均 相对湿度 (%)	年降 水量 (毫米)	年蒸 发量 (毫米)	最大 积雪 深度 (毫米)	冻 土		风			太阳年 总辐射 量 (千卡/厘米 ² 年)	年雷 暴日 数	含氧量 (克/米 ³)	涝 点 (个)	记 录 年 代	
		年平均 气温	最冷月		极端						最大 冻土 深度 (厘米)	结 冻 解 冻 期 日 数	年平 均风 速 (米/秒)	最大 风速 (米/秒)	平均 大风 日数 ≥ 8级						
			平均 气温	最低 气温	最高 气温																
西 宁	2261	7.5	-8.6	-26.6	32.4	58	371.7	1750	18	134	11月~3月	1.9	15.1	41.1	146	36.9	225	92.7	54~70		
刚 察	3301	680.4	-0.8	-14.2	-31.0	54	374.2	2150	13	219	11月~4月	3.6	18	42.8	160	66.8	197	89.2	57~70		
天 峻	3417	871.9	-1.7	-15.2	-35.6	55	325.3	1700	18	<250	11月~4月	3.4	24	72.5	155	43.2	198	89.1	67~70		
德 令 哈	2881	714.7	3.0	-13.4	-37.2	40	121.4	2366.5	12	204	11月~3月	2.8	18	22.5	184	18.7	208	90.3	56~75		
察 尔 汗	2677	735.0	5.1	-10.4	-28.4	35.5	29	26.7	3587.9	5	88	11月~3月	4.1		24.3	180			81.65~70		
格 尔 木	2807	724.5	4.1	-11.0	-29.3	33.0	34	40.3	2597.1	5	>200	(多年冻土区)		9	163	33	181	86.6	75.8~76.1		
西 大 滩	4100	615.0	-3.3	-14.8	-29.1	23.7	47	311.2	1450.3	5	>200		4.2	28.0	90.5	155	45	168	84.7	59~75	
伍 道 梁	4545	577.4	-5.6	-17.1	-33.2	23.2	57	269.8	1437.5	14	>200		4.0	22.7		156	38	166	84.5	75.7~76.8	
风 火 山	4745	568.9	-6.6	-18.6	-34.0	17.6	55.2	385.5	1397.2	12	>200		3.9	21.3	102.5	158	68	172	85.2	59~75	
托 托 河	4533	584.0	-4.3	-16.8	-33.8	23.3	53	284.4	1456.3	18	>200		3.4	18	148.8	161	153.4	165	84.0	59~62	
温 泉	4888	562.2	-4.1	-17.9	-33.3	21.1	49	365.1	1500	12	>200		4.0	24	114.8		61.4	155.5	84.2	65~70	
安 多	4800	573.3	-3.3	-16.3	-36.7	19.2	48	408.9	1929.5	20	>302		2.8	20	91.8	159.4	86.2	178	85.2	56~70	
曲 曲	4507	587.4	-2.1	-14.4	-41.2	22.0	51	403.2	1810.8	17	278		2.3	18	63.0		68.4	180	86.2	62~70	
那 雄	4209	604.4	1.0	-10.8	-35.9	23.2	54	503.3	1891.4	14	>110	11月~3月	2.1	15.5	26.7	195	72.4	190	88.3	54~70	
当 拉	3658	651.9	7.5	-2.3	-16.5	29.4	45	453.9	2214.0	10	26	12月~2月									

第二辑 目录

十五、1975~1979年路基施工机械试验综合报告	(1)
十六、1975~1979年路基施工机械专题试验报告(一)	(21)
十七、1975~1979年路基施工机械专题试验报告(二)——柴油机低温启动	(37)
十八、1975~1979年路基施工机械专题试验报告(三)——低温油料和低温橡胶密封件	(45)
十九、Q ₂ -16GD汽车起重机青藏高原现场试验报告	(61)
二十、桩工机械青藏高原现场试验报告	(77)
二十一、载重汽车青藏高原道路试验报告	(95)
二十二、解放牌汽车高原经济化油器的技术鉴定	(113)
二十三、柴油机高原恢复功率台架试验报告	(121)
二十四、载重汽车用柴油机青藏高原流动台架试验报告	(163)
二十五、柴油机高原增压的研究	(187)

第一辑 目录

序	(1)
青藏铁路概况	(2)
一、青藏高原不同海拔高度对通风机性能影响的试验报告	(5)
二、YV-6/8型空压机高原试验报告	(15)
三、高原对空压机排气量、比功率影响的模拟试验报告	(23)
四、青藏高原电工产品运行情况调查报告	(31)
五、ZP型整流管、KP型晶闸管青藏高原现场试验及人工模拟试验报告	(41)
六、青藏高原气候对铅蓄电池性能影响的研究	(63)
七、双金属片式热继电器动作特性受海拔高度变化影响的试验报告	(75)
八、海拔高度对QJM5-1型气动开关动作特性影响的试验报告	(113)
九、绝缘材料在青藏高原大气暴露试验和人工低气压下的电性能研究	(121)
十、大电机主绝缘材料和户外互感器绝缘材料青藏高原大气暴露后电气机械性能试验小结	(147)

录 目

1975—1979年路基施工机械 试检综合报告

天津工程机械研究所

内 容 提 要

本文综述了近几年来青藏铁路建设用的五种路基施工机械（ZL50GD轮式装载机、黄河180履带推土机、W4—60GD轮式液压挖掘机、WY100GD履带式液压挖掘机和CL7GD自行式铲运机）的试验、研究工作，对上述五种施工机械的整机和部分关键件的高原低温适应性能作了较详细的介绍，并对四种试验样机提出了改进意见。本文还讨论了我国高原低温型工程机械的研究方向，对目前存在的问题及近期和长期研究目标提出了建设性见解。

目 录

一、前言

二、工程机械高原低温的适应性

(一) ZL50GD轮式装载机

(二) 黄河180履带推土机

(三) CL7GD自行式铲运机

(四) WY100GD履带式液压挖掘机

(五) W₄-60GD轮式液压挖掘机

(六) 初步结论

三、部分关键件的高原低温适应性能

(一) 柴油机

(二) 司机室

(三) 橡胶密封件

(四) 油料

四、样机改进意见

(一) ZL50GD轮式装载机

(二) CL7GD自行式铲运机

(三) WY100GD履带式液压挖掘机

(四) W₄-60GD轮式液压挖掘机

五、关于“高原低温型工程机械”的研究方向

(一) 存在的问题 理 髮 容 内

(二) 今后的任务

1. 近期目标

2. 长期目标

1. 近期目标：在现有产品基础上，进行高原低温适应性改进，提高产品在高原低温环境下的可靠性和使用寿命。

2. 长期目标：研制开发高原低温型工程机械新产品，提高我国工程机械在高原低温环境下的竞争力。

3. 远期目标：建立高原低温型工程机械的研究开发基地，培养一支高水平的科研队伍。

4. 近期目标：开展高原低温型工程机械的标准化工作，制定相关标准。

5. 长期目标：开展高原低温型工程机械的可靠性研究工作，提高产品的可靠性。

6. 远期目标：开展高原低温型工程机械的智能化研究工作，提高产品的智能化水平。

一、前 言

建设青藏铁路需要适应高原低温环境的工程机械，这是一种新型的要求特殊的工程机械。过去我们国家还没有这种工程机械，据了解到的资料，目前国际上也没有适应海拔4000—5000米高原的工程机械。

青藏高原地势高、气压低、空气稀薄、气候寒冷多变、日温差大、冻结期长、降水少、每年大风日多、日照辐射强等恶劣的自然条件给工程机械提出了许多需要解决的特殊的技术问题。

为此，一机部一九七四年组织了青藏铁路机电产品考察队，对青藏铁路沿线的自然环境及对机械的特殊要求作了实地考察，此后组织安排进行了一系列机电产品高原低温试验研究工作。仅路基施工机械较大的试验共组织了五次。

第一次。一九七五年八月—十月，进行了施工机械高原性能试验。参加在风火山（海拔4923米）试验的样机有贵阳矿山机器厂的W4—60GD轮式液压挖掘机及黄河工程机械厂的黄河180履带推土机。参加关角隧道（海拔3500米）试验的样机是柳州工程机械厂的ZL50GD轮式装载机。

第二次。一九七六年七月，在风火山作了施工机械高原性能考核，参加样机有W4—60GD轮式液压挖掘机及黄河180履带推土机。

第三次。一九七七年八月—十一月，作了柴油机高原恢复功率台架试验，试验点在青海省的热水煤矿（海拔3810米）参加试验的柴油机有0185Q—1、4120N和6130Q—3三种。（详见汇编之二十三）。

第四次。一九七八年三月—四月在齐齐哈尔铁路局科技所低温试验室，对ZL50GD轮式装载机、WY100GD履带式液压挖掘机以及橡胶密封件、低温油进行了低温性能试验考核。

第五次。一九七八年九月—一九七九年一月，进行了施工机械高原低温现场考核试验，参加试验的样机有：

- ZL50GD轮式装载机二台（柳州工程机械厂改装）；
- CL7GD自行式铲运机二台（柳州工程机械厂改装）；
- PYG160平地机一台（天津工程机械厂改装）；
- WY100GD履带式液压挖掘机二台（上海建筑机械厂改装）；
- W4—60GD轮式液压挖掘机二台（贵阳矿山机械厂改装）。

这次试验分两阶段进行。第一阶段为300小时工业性考核，在海拔2700米的格尔木地区结合正线施工进行。第二阶段为高原低温性能试验，在海拔4100米的昆仑山脉西大滩地区进行。

通过这些试验考核，取得了许多原始数据，并对高原低温环境对机械的特殊要求有了进一步的认识，也为组织特殊环境下的科研工作积累了经验教训，为发展“高原低温型工程机械”迈出了第一步。

现将五年来，各种样机高原现场试验及试验室试验报告综合整理如后。这项试验研究工作还处在初步研究阶段，由于我们的水平有限，综合整理工作中缺点、错误在所难

免，请批评指正。

二、工程机械高原低温的适应性能

所谓工程机械高原低温的适应性能，是指普通型工程机械经过必要的改装后，对低温、低压高原环境的适应能力。这里是以各种机械（或同等级机械）普通机型的平原性能指标作衡量标准的。各机种改装情况见表15—1。

几年来，曾对以上六种路基施工机械在普通机型的基础上进行了部分改装，并在不同海拔高度的高原现场进行了考核试验，其试验结果与普通机型的对比见表15—2。

表15—2说明，改装后的各机种，其性能指标与平原机型相比，有以下特点：

(1) 各机种原机型数据均为平原实测数据或产品的设计值。

(2) 样机配套用的增压柴油机各性能参数为在海拔3810米高原台架试验数据。

(3) 改装后各样机的牵引性能：ZL50GD为海拔3500米试验数据，黄河180推土机为海拔4923米试验数据，CL7GD为海拔4100米试验数据。

(4) W4—60GD的液压功率（海拔4923米试验数据）为51.5马力，折算得柴油机功率为 $N_e = 63.8$ 马力。

(5) 改装后各样机的最高车速：ZL50GD为海拔3500米试验数据，黄河180推土机为海拔4923米试验数据，CL7GD为海拔4100米试验数据，PYG160和W4—60GD为海拔2700米试验数据。

(6) 作业生产率：ZL50GD为海拔3500米试验数据，黄河180推土机为海拔4923米试验数据，CL7GD为海拔2700米试验数据，其余生产率均为海拔4100米试验数据。作业时数均为海拔2700米数据。

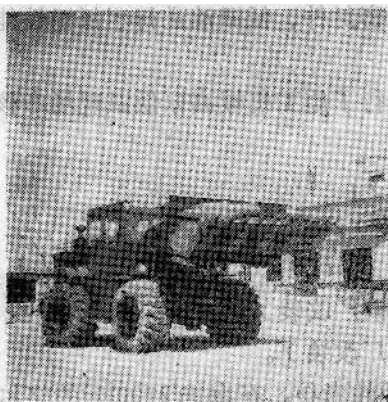


图15—1 ZL50GD轮式装载机

现在仅根据这些试验和考核结果，对样机在动力、作业等方面的高原低温适应性能进行初步分析。

(一) ZL50GD轮式装载机（见图15—1）

牵引性能是衡量装载机的高原低温性能的一个重要指标，牵引性能的好坏，是用牵引功率和牵引效率来评价的。ZL50GD装载机在海拔3500米高原的试验结果表明，该机的牵引性能比原机（Z450）平原指标有所下降。这是由于高原试验路面条件较差，轮胎有少量打滑，以及柴油机功率降低造成的。高

原柴油机台架试验结果表明，当6135Q—1型柴油机配11GJ—3型涡轮增压器时，柴油机的功率可以恢复到220马力/2000转/分。若该机选用配11GJ—3增压器的6135Q—1型柴油机，其高原牵引性能将会进一步改善。

行驶速度是轮式装载机另一个重要指标。海拔3500米高原试验结果表明，ZL50GD基本达到该机原机型平原水平，虽然样机最高行驶速度的高原试验值比平原指标低，但主要原因是高原使用宽基轮胎，滚动半径（0.718米）比平原使用普通轮胎，滚动半径（0.865米）较小所致。

表15-1

改装内容	样机名称	ZL50GD轮式装载机	黄河180履带推土机	CLTGD自行式铲运机	PYGG160平地机	WY100GD履带式液压挖掘机	W4-80GD轮式液压挖掘机
普通机型号		Z450型	黄河180	CLT型	P2-160型	W2-100型	W4-60型
柴油机型号		6135Q-1型柴油机	6135B型柴油机	6130Q-3型柴油机(普通机)型配用6120Q型柴油机		6135K-6型柴油机	4120F型风冷柴油机
增压器型号		GJ11型废气涡轮增压器(上柴)	无动10号废气涡轮增压器	无动11GJ-2型废气涡轮增压器		GJ11废气涡轮增压器((上海交大试验工厂))	无动5GJ-3型废气涡轮增压器
低温启动措施		120ZJQ型加湿器预热启动		120ZJQ型加湿器预热启动		同左	同左
蓄电池		6DQA-182型低温蓄电池	同左	同左		同左	同左
空滤(器)		天津动力机厂双级空滤器		杭州汽车发动机厂双级空滤器		天津动力机厂双级空滤器	同左
橡胶密封件		60%为低温胶料配方 40%为常规丁晴配方		低温胶料及常规胶料配方二种	全部为常规密封件	除个别用低温橡胶件外,均采用普通橡胶件	大部分用中、低丙烯晴配方胶料
油(料)		见本汇编十八、	92# 100#	见本汇编十八、	92# 同左	同左	同左
工作装置		30.5吨-110.2吨 30.5吨-55吨 40吨-55吨	加装了液压操纵松土器	60.5吨-95.5吨 90.5吨-120.5吨 120.5吨-150.5吨	60.5吨-95.5吨 90.5吨-120.5吨 120.5吨-150.5吨	(1)正反铲斗 (2)起重作业装置 (3)松土作业装置 (4)修坡作业装置 (5)侧向反铲作业装置	34.5吨-70.5吨 60.5吨-90.5吨 120.5吨-150.5吨

表15-2

性能	机种	轮式装载机		黄河180履带推土机		自行式铲运机	平地机	履带式液压挖掘机	轮式液压挖掘机
		Z450	ZL50GD	原机型	改装后	CL7型	P ₂ -180型	W ₂ -100型	W4-60型
柴油机	Nemax/rpm (马力/转/分)	220/2200	220/2200	180/1800	174.7	160/2000	160/2000	80/1800	80/1800
	Nemax/rpm (公斤米/转/分) Ge (克/马力小时)	80/1200~1400	71.6/2200	80/	74/	86.5/1200	86.5/1200	34.8/1400	31.8/1400
Tr (°C)		182	187	180		167.5	167.5	167.5	199.5
		557	636	585	700	530	530	488	647
牵引性能	最大牵引力 (吨)	15.2 (一档)	16.84 (一档)	15 (一档)	17.05 (一档)	6.43 (一档)			
	牵引速度 (公里/小时)	7.85	9.17		3.88				
	最大牵引功率 (马力)	120.8 (一档)	116.5 (一档)	94 (一档)	93.5 (二档)				
	牵引效率 (%)	60	54	55	53.5				
液压功率 (马力)									
最高行驶速度 (公里/小时)									
生产率		34.38 (二档)	35.84 (二档)	6.1 (四档)	9.54 (四档)	39.14 (四档)	40.04 (四档)	39 (六档)	51.5 (五档)
		204米 ³ /时 (散土)	204米 ³ /时 (散土)	松土器单齿作业对冻土层切入深度为100~150毫米采用三齿对硬脆含砾粘土与无砾粘土的粘结力松土作业可松动300毫米深	松土器单齿作业对冻土层切入深度为100~150毫米采用三齿对硬脆含砾粘土与无砾粘土的粘结力松土作业可松动300毫米深	生产率设计值按二级土质运距400米时计为0.8米 ³ /小时	1~2级土质运距100米时计为0.8米 ³ /小时	理论值为200斗/小时 (反铲作业)	94.1米 ³ /小时 (反铲作业)
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									
作业性能									

现在从动臂全负荷提升时间来分析样机在高原的生产率。Z450动臂满载提升时间设计值为7.5秒。ZL50GD在平原环温为+12℃时实测值为9秒,在低温-27℃时为11秒7,在海拔4100米高原气温-10℃时为13秒9。说明样机的工作装置作业循环周期随着环温的降低而增加,生产率也将随之有所下降。

(二) 黄河180履带推土机

牵引性能是履带推土机比较重要的性能指标之一。在海拔4928米高原的试验结果表明,经过改装的黄河180履带推土机,其最大牵引力、最大牵引功率与牵引效率接近或超过非增压原机型平原测定值。所配柴油机的功率可恢复到170马力以上,增压效果良好,基本满足高原要求。

生产率取决于牵引功率和牵引力的大小。试验表明,这两个参数的高原测定值都高于平原。而且最大牵引功率出现在Ⅰ档(原机最大牵引功率低,且在Ⅰ档),这些都将显示出改装后的样机在高原的生产率比原机在平原的生产率要高。

松土器作业试验表明,对于盐碱结晶硬层地带,作业性能良好,可以松动300毫米左右的深度。对于多年冻土地带,作业性能欠佳,仅能松深100~120毫米(饱冰冻土),170~180毫米(少冰冻土)。

根据以上分析,经过改装的黄河180推土机在高原上是可以用的,但是,它与目前国内水平的同等机型TY180推土机平原性能指标比较,尚有一段差距,牵引效率低。若与日本的D80A-12型推土机平原指标相比,则差距更大。三者性能对比见表15-3,同时,样机的耐久性和可靠性有待进一步考核。

表15-3

机 型 指 标 项 目	改装后的黄河 180 (高原指标)	TY180 (平原指标)	D80A-12 (平原指标)
额定功率 (马力)	180	180	180
额定转速 (转/分)	1800	1800	1850
最大牵引力 (吨)	17.05	18.74	17.65
最大牵引功率 (马力)	93.5 (Ⅰ档)	118 (Ⅰ档)	140 (Ⅰ档)
牵引速度 (公里/小时)	3.38	2.32	2.9
牵引效率 (%)	53.5	65.5	79
重量 (吨)	20	22.89 (使用重量)	21.85 (使用重量)

(三) CL7GD自行式铲运机

该机仅参加了格尔木—西大滩高原试验。

作试验途中,5号机工作85小时,牵引座折断。6号机工作100小时,因柴油机正时齿轮损坏,将两台样机组合成一台(仍为5号机)。5号机累计作业305小时。在海拔2700米测定,1—2档试验,运距100米,生产率为96米³/小时,不算低。高原性能试验项目较少,仅测定了空车最大牵引力,最高车速和制动距离。最大牵引力和最高车速与平原指标接近,高原制动性能差一些。

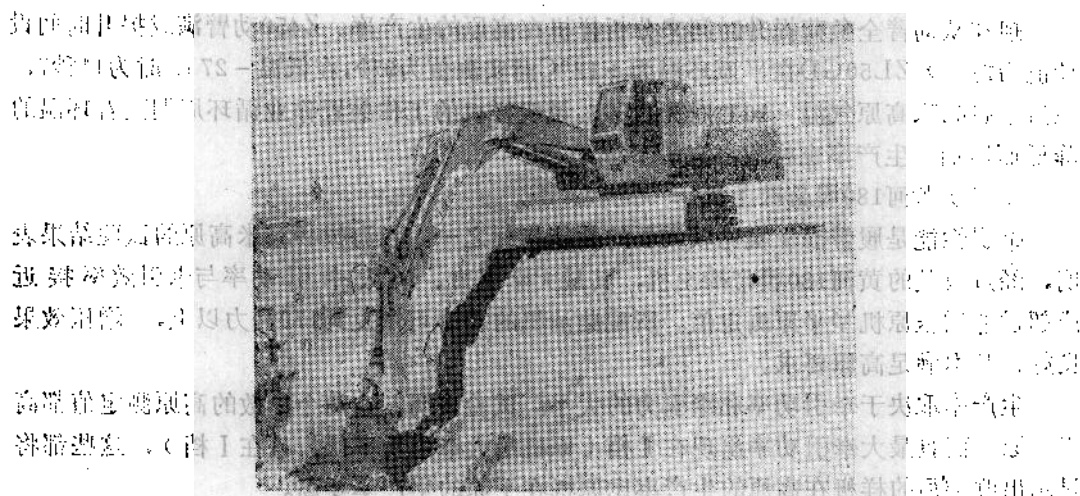


图15-2 WY100GD履带式液压挖掘机

(四) WY100GD履带式液压挖掘机

在海拔2700米格尔木地区进行的作业试验中, 81号机反铲作业工作165.5小时, 178号机正铲作业工作270小时。用相应的工作装置替换反铲斗, 进行起重作业、松土作业、修坡作业, 试验情况良好。侧向反铲斗作业, 反铲臂分为上下动臂两节, 中间用垂直销轴铰接, 可左右摆动各45°, 用梯形斗可开挖离机器中心线左右2米远的侧边沟渠。工作装置动作性能比设计值稍低(见表15-4)。作业情况参见图15-3~6。

表15-4

项 目	81号		设计值
	正 铲 作 业	反 铲 作 业	
回 转 (秒)	9	9.04	7.61
动臂油缸(全行程)(秒)	20.02	19.8	18.27
斗杆油缸(全行程)(秒)	13.4	13.4	11.28
铲斗油缸(全行程)(秒)	6.5	7	5.64

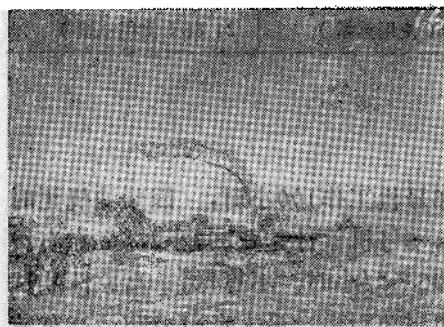


图15-3 WY100GD起重作业

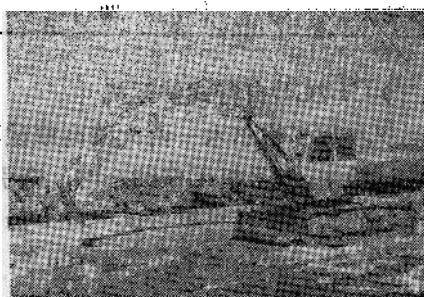


图15-4 WY100GD带松土器作业装置时整机外形

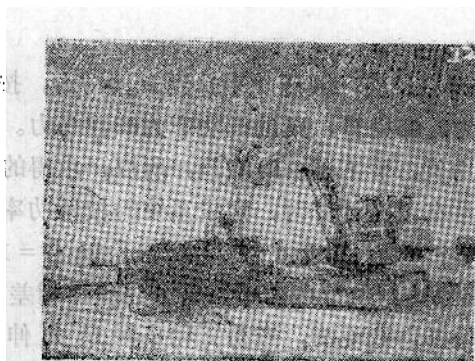


图15—5 WY100GD带修坡作业装置
时整机外形

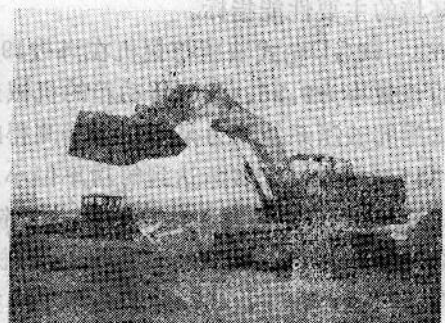


图15—6 WY100GD带侧向反铲作业装
置时整机外形

在海拔4100米高原实际测定反铲作业生产率为154斗/小时，作业循环时间为23秒，比理论值偏低（理论生产率为200米³/小时，作业循环时间为16—20秒）。其高原试验条件为气压465毫米汞柱，气温-14.5℃，挖深3米，卸载高度2.5米，回转90°左右，爆破冻土。

在环温为-9℃~-14℃时，经过1小时挖掘作业，液压系统温度在63℃渐趋平衡，说明机器可以正常使用。

由于无平原测定值，不便比较。但据铁道兵某部1977年反映，WY100GD挖掘机在察尔汗盐湖（海拔3000米）实地作业情况良好。从海拔4100米高原测定的生产率及其他一般性能来看，该机在高原上还是可用的。

（五）W4—60GD轮式液压挖掘机（见图15—7）

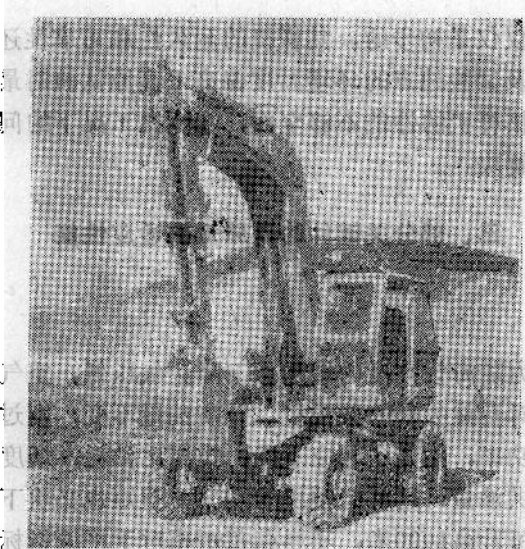


图15—7 W4—60GD轮式液压挖掘机

根据国内外有关人员研究，高原用液压挖掘机的性能，取决于柴油机高原功率恢复和功率的利用。功率的利用率取决于液压系统的性能，其性能的优劣，又主要反映在工作油的发热问题上。因此，柴油机功率恢复和功率利用是评价液压挖掘机适应高原

低温环境的主要性能指标。

W4—60GD轮式液压挖掘机在海拔4923米高原试验，液压功率达到51.5马力，按H70系的总效率为0.85、油泵传动箱的机械效率为0.95推算，柴油机功率为63.8马力。不过，这里的液压系统压力是压力表测得的平均值，而不是瞬时峰值，所以，求得的液压功率51.5马力，比实际达到的功率偏小。通常在粗略计算时，定量系统的液压功率是按公式 $N_r = 110q$ （马力）计算的， q 为反铲最大斗容量，此地 $q = 0.6$ 米³，所以 $N_r = 110 \times 0.6 = 66$ 马力。显然，W4—60GD挖掘机在高原达到的液压功率比这个经验值相差很大。但是，该机在海拔4923米高原现场的实际挖掘作业说明，当初臂和斗杆最大伸出时，挖掘机仍然能满斗提升，作业生产率每小时达到98米³，超过原机在平原地区的作业生产率（94.1米³/小时）。在海拔4100米高原，对爆破松散冻土作业，其生产率达到了37.3米³/小时。说明W4—60GD挖掘机在高原上工作时，液压功率能满足使用要求。据铁道兵某部反映，到78年，该机在高原已工作了3000多小时，很受欢迎，他们认为这台机器适合高原使用，功率满足要求，且机动性强。

海拔4923米高原热平衡试验。在环温0℃～-3℃时，W4—60GD挖掘机经过100分钟挖掘作业，工作油在62.5℃时接近热平衡，说明机器能正常使用。

（六）初步结论

1. 以上样机经过部分改装后，其整机在高原低温条件下的主要性能接近或达到原机型平原指标，基本满足高原使用要求。

2. 在高原低温条件下试验中暴露的问题和多数样机不能达到原定作业300小时的高原考核指标的原因主要是由于样机存在的基本质量问题，而不是高原低温环境下存在的特殊问题。

3. 试验取得的成绩仅仅是初步的。其样机的耐久性和可靠性还需要进一步考核。由于试验计划的不完整性及试验地点的环境温度偏高（高原试验时最低环温为-22℃，要求在-30℃以下），考核样机的性能不够全面，在低温工况下的问题还没有充分暴露出来。这些问题有待今后解决。

三、部分关键件的高原低温适应性

（一）柴油机

1. 功率的适应性

众所周知，大气压力随海拔高度的增加而下降。气压低，空气密度随之减小，空气中含氧量也随之减少。对自然吸气的柴油机，若喷油量不变，则过量空气系数减小，燃烧恶化，冒黑烟，随之功率、扭矩也相应下降，排温比油耗，烟度值增高。为了控制烟度值及排温，势必减小供油量，这样柴油机的功率、扭矩也必将下降。根据历次试验表明，自吸式柴油机海拔每升高1000米，功率和扭矩相对于平原指标下降约10%左右。

为了使柴油机适应高原地区使用，弥补由于海拔高度的增加，而引起的功率下降，一个办法是加大柴油机排量，即降低柴油机在平原地区的标定功率。例如黄河8吨载重车，原用6120Q柴油机配套，改用6130Q柴油机把平原标定功率由210马力/2000转/分调至160马力/2000转/分，其标定功率下降了24%。美国Caterpillar公司的3208自吸式柴

油机间隔功率标为210马力/2800转/分时,最大海拔高度在760米时不致降低功率,同样当标为175马力/2800转/分时,则最大海拔高度在2285米时不致降低功率,但此时标定功率下降了17%。补偿柴油机在高原使用时功率的下降,另一个办法是采用涡轮增压。或者两者联用,以提高柴油机在高原地区使用的适应性。例如CL7GD铲运机和PYG160平地机在平原用6120Q柴油机配套,在青藏高原上则改用6130ZQ—3柴油机。这样通过加大柴油机排量及采取增压,使主机在海拔4000米高原能恢复到平原的性能指标。

根据海拔3810米柴油机台架试验,柴油机增压后,其动力指标获得明显的改善。

总之采用增压是解决柴油机在高原使用时功率恢复的有效措施。平原增压主要是提高功率,因而对机械负荷与热负荷要二者兼顾,高原增压主要是恢复功率,因此则以降低柴油机的热负荷为主。(关于柴油机高原功率恢复可参考本汇编之二十三、二十四、二十五。编者)

2. 冷却系统的适应性

在高原地区使用的柴油机,其风扇的风量必须加大,这是由于高原空气密度减小,虽然风扇的体积流量不变,但重量流量却大为降低了,因而冷却效果变差。同时柴油机排温升高,热负荷恶化,致使柴油机不能正常工作。特别是风冷柴油机最大功率受热负荷(排温)的限制,当冷却强度不足,排温剧增,热负荷过高,性能则下降,甚至产生拉缸现象。

随着海拔高度的增加,水的沸点下降,一般每升高1000米,水的沸点下降 3.3°C 左右,而柴油机排温却随之升高。这样更要加强冷却措施,如加大水泵风扇的流量,增大水箱的散热面积,采用封闭式加压冷却系,否则柴油机冷却系会因经常“开锅”而影响正常工作,据资料介绍:冷却系统的表压为0公斤力/厘米²时水的沸点为 100°C ,当表压增加到1.0公斤力/厘米²时,水的沸点则为 120°C ,其散热量可增加32%。所以为解决高原“开锅”现象,可采用封闭式加压冷却。

对于节温器,在热水(3810米)试验中发现在 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 时就全开了,而在平原是 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 全开。在高原提前开启与气压有关。

3. 起动性能的适应性

低温是高原气候的特点之一,因而也存在柴油机低温启动问题,解决的方法与平原基本上相同。环境温度在 -15°C 以上,使用20或35号轻柴油,14号稠化柴油机油及低温蓄电池,能够启动,环境温度低于 -15°C ,则要采取措施,方可启动。

采取的措施以予热起动为主,即用加温器予热柴油机冷却液、机油和机体。也可采用向进气管内喷射易燃的起动液或用喷灯烤油底壳和进气管等应急起动措施。也可两者联用,考虑到高原缺氧的特点,不宜采用予热器直接加热进气管进气(电加热除外)。低温起动试验情况见本报告六(4)——柴油机的低温起动。

加大起动马达的功率及蓄电池采取加温保暖等措施,对改善柴油机的低温起动性能都是有利的。低温环境下使用的柴油机,首先要解决低温油料的问题,同时要妥善保管合理使用,对加温器予热起动等行之有效的措施要进一步考核其可靠性。

4. 其它

青藏高原风沙大,年大风日(八级以上)有的地区达185天,因而对柴油机的空滤

器、燃油滤清器和机油滤清器都有高的要求。例如空滤器的阻力每增加100毫米水柱,充气系数平均减小1.5%,柴油机的动力和经济性能指标减小0.9%。因而要求提供低阻力、大流量、高滤清效率、使用寿命长、维护简便、工作结构可靠的空气滤清器,以适应高原多尘工况的工作条件,同时要配置警报指示器。以便及时对空滤器进行维护保养。

为使柴油机更好地适应高原的特殊环境,除深入开展增压器与柴油机匹配工作的研究和提供性能可靠的增压器外,同时必须重视增压柴油机配套附件的研制。以使柴油机进一步适应高原环境。

(二) 司机室

为了适应青藏高原风沙大,气温低的特点和改善司机的工作条件,有必要对司机室采取密封采暖除霜等措施。为此许多主机厂作了不少努力,但通过试验,以上海建筑机械厂的WY100GD履带式液压挖掘机和天津工程机械厂的PYG160平地机的司机室较好。它们的共同特点是:在司机室壁板内加了泡沫塑料或者泡沫海棉(厚20毫米)作隔热层;框缝加海棉橡胶密封防尘保温;地面加一层橡胶板;窗户采用双层玻璃,为便于擦拭,前后窗玻璃采用活动式。

它们的不同点是:WY100GD挖掘机用独立式采暖装置(河北省泊镇七一机床厂的FJ-10/2—2冷风加热器)取暖;PYG160平地机利用柴油机高温废气加热暖气片取暖。前者在环温-4.1℃司机室温度为-40℃;长期冷冻状态下利用冷风加热器取暖12分35秒,室温升到+5℃,这表明该司机室的密封采暖性能已满足环温-40℃的使用要求。后者的温升效果差一点,在环温-20.5℃时,取暖30分钟,司机室温由-15℃升到+5℃。比较两者取暖方式,各有所长,前者取暖效果显著,但经济性不如后者;后者既经济又简单,但取暖效果不如前者,且在柴油机停机状态下失去供暖能力。

试验过程中WY100GD挖掘机的司机室窗户玻璃无霜冻现象。PYG160平地机在试验中司机室内有2名乘员,在环温-21℃,室温-15℃时,前窗玻璃结霜厚达0.3~0.4毫米左右,开动机器利用暖风除霜器除霜在27分30秒~40分时间内霜冻溶化并被吹干。

(三) 橡胶密封件

青藏高原地区由于气温低,橡胶密封件存在的最大问题是因低温而失去弹性,容易发生脆性损坏。为了弄清这个问题,进行了橡胶密封件低温试验及高原现场试验。为进一步研究高原地区使用的橡胶密封件提供了初步资料。

1.在低温试验室对铁岭橡胶研究所提供的五组低温胶料试片进行了硬度、扯断力及伸长率等物理性能试验。通过试验发现第四组丁腈—氯醇配方较理想,低温物理性能较稳定。试验结果详见本汇编十八、二—《低温橡胶密封件》。

2.五组低温胶料配方试片和聚醚型聚氨酯YB型密封圈、O形密封圈及骨架油封在-40℃时手感弹性良好,各组试片和密封圈均可作反复180°屈折及360°扭曲。

3.六种施工机械在海拔2700米的格尔木地区作了300小时左右的工业性试验。试验表明各种机械的橡胶密封件(包括低温及常温胶料配方)均能在-20℃以上的环境温度下使用,作业期间产生的漏点,基本上是平原常温工况下的老漏点。由于环境温度偏高,在最低气温为-22℃时,各种机械仅短时间轻载运转,密封件尚未受到-30℃以下